

2022

FAU Facultad de
Arquitectura
y Urbanismo



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

Doctorado en
Arquitectura
y **Urbanismo**

ESTRATEGIAS SUSTENTABLES PARA CONTROLAR LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN ESPACIOS URBANOS Y RESIDENCIALES

**Tecnologías de naturación urbana aplicada a
fachadas**

Tesis Doctoral presentada por la Arq. Ana María Rizzo La Malfa

Ante la Facultad de Arquitectura y Urbanismos de la Universidad
Nacional de La Plata

Para acceder al grado académico de **DOCTORA EN
ARQUITECTURA Y URBANISMO**

Dirección de tesis **Dr. Ing. Gustavo Basso** (UNLP)

Codirección **Dr. Ing. Patrizio Fausti** (UNIFE-Italia)

Noviembre, 2022





ESTRATEGIAS SUSTENTABLES PARA CONTROLAR LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN ESPACIOS URBANOS Y RESIDENCIALES

Tecnologías de naturación urbana aplicadas a fachadas

Tesis doctoral presentada por
ANA M. RIZZO LA MALFA

ante

la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad
Nacional de La Plata

para acceder al grado académico de
DOCTOR EN ARQUITECTURA Y URBANISMO

Director: Dr. Ing. Gustavo Basso – UNLP

Codirector: Prof. Dr. Ing. Patrizio Fausti – UNIFE – Italia

La Plata, Argentina

Diciembre de 2022



(...) No divido arquitectura, paisaje y jardinería porque para mí son uno (...)

Arq. Luis Barragán



A mis padres y mi hermano



AGRADECIMIENTOS

A mis padres y a mi hermano, por el afecto, el apoyo, la comprensión y la paciencia brindada.

A mi Director de tesis, Prof. Ing. Gustavo Basso por su gran paciencia, su permanente predisposición, su invaluable ayuda, su asesoramiento, su guía y sus buenos consejos.

A mi Co Director, Dr. Prof. Ing. Patrizio Fasuti por su aporte al conocimiento, su disponibilidad y su apoyo aún en la distancia.

Al Director del IIPAC, Dr. Gustavo San Juan por su respaldo incondicional, su ayuda permanente y su excelente calidad humana.

Al Director del Laboratorio Bio-Ambiental de la Universidad de Flores, Mg. Arq. Sebastián Miguel y su equipo la Ing. Analía Figueira y la paisajista Jhoanna Gabin Portmann, por ofrecer generosamente los prototipos para las mediciones, por la constante presencia y por el acompañamiento durante todo el proceso del presente trabajo, resultando un pilar fundamental en la base de mi formación.

Al Director del Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Prof. Ing. Pablo Ixtaina, y a los profesionales que me ayudaron desde los inicios y en el transcurso del trabajo, Ing. Ariel Velis, Ing. Carlos Posse e Ing. Federico Iasi, así como al personal de apoyo que participó en el riego y cuidado de las plantas.

A la Jefa del Departamento de Diseño Industrial de la Universidad de La Plata, DI Ana Elisa Bocos, al Titular del Taller de Diseño 2 a 5 Catedra A del DI Ricardo "Polo" Cortez por permitirme incluir como trabajo final del Taller 5 durante los años 2017-2019 el desarrollo de nuevos prototipos de jardines verticales, y a los graduados DI Francisco Ravagnani, DI Facundo Esnaola, DI Ian Feirge, DI Marlen García, DI Mariana Sirello, quienes pusieron lo mejor de cada uno para diseñar y producir prototipos novedosos.

Al Director del Laboratorio de Acústica y Electroacústica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Rosario y la Escuela de Ingeniería Electrónica, Prof. Ing. Federico Miyara, quien siempre demostró interés en mi trabajo y me brindo sus valiosos consejos.

Al Director del Doctorado en Arquitectura y Urbanismo UNLP, Dr. Arq. Juan Carlos Etulain y a su equipo por su permanente apoyo académico.

A mi amiga y docente Mónica Buey, quien generosamente me ha corregido y sugerido la sintaxis del texto con tanto afecto sincero.

A mis amigas, amigos, hermanos de la vida, les agradezco por su presencia y su acompañamiento permanente.



RESUMEN

El presente trabajo de investigación, teórico-experimental, aborda las estrategias basadas en la naturación destinadas a la mitigación y el control de la contaminación acústica en edificios ubicados en zonas urbanas residenciales críticas.

El planteo se enmarca en el contexto de la sustentabilidad con perspectiva biofílica mediante las Soluciones Basadas en la Naturaleza (NbS), orientándose hacia la naturación urbana o greening aplicada a las envolventes que, como en los sistemas de jardines verticales (SJV), aprovechan los espacios ociosos de los edificios en altura.

Los sistemas de jardines verticales aplicados a las fachadas ofrecen un conjunto de funciones específicas, o servicios ecosistémicos, entre las que se cuentan la reducción del ruido proveniente del exterior, el incremento de las superficies en la Infraestructura Verde Urbana y permiten los créditos ambientales en las construcciones sustentables.

Se analizaron varias tipologías tecnológicas de los sistemas de jardines verticales modulares aplicados en fachadas, a partir de modelos teóricos y de ensayos experimentales en laboratorio.

El análisis teórico de los sistemas de jardines verticales modulares se desarrolló a partir de la Teoría de los Sistemas Complejos, eficaz en este caso dada la interrelación e interdependencia entre los elementos que componen los ecosistemas principales, el natural y el construido, y los subsistemas asociados.

El análisis experimental se desarrolló en el Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (LAL-CIC) sobre una muestra representativa formada por un conjunto de módulos-prototipos fabricados por el Laboratorio Bio-Ambiental de la Universidad de Flores (UFLO), a los que se les aplicaron ensayos de aislamiento y absorción acústica.

Durante el trabajo se realizaron, además, análisis acústicos de ocho prototipos sustentables desarrollados con los alumnos del último año del Taller de Diseño Industrial (FA-UNLP) a partir de la consigna de optimizar las prestaciones acústicas de cada módulo.

Palabras clave:

control de la contaminación acústica; fachadas; sistemas de jardines verticales; aislamiento acústico; absorción acústica; soluciones basadas en la naturaleza.



ABSTRACT

This theoretical-experimental research work addresses strategies based on naturation for the mitigation and control of noise pollution in buildings located in critical urban residential areas.

The approach is framed in the context of sustainability with a biophilic perspective through Nature-Based Solutions (NbS), focusing on urban naturation or greening applied to building envelopes that, as in vertical garden systems (VGS), take advantage of idle spaces in high-rise buildings.

Vertical garden systems applied to façades offer a set of specific functions, or ecosystem services, among which are the reduction of noise from the exterior, the increase of surfaces in the Urban Green Infrastructure and allow environmental credits in sustainable constructions.

Several technological typologies of modular vertical garden systems applied on facades were analysed based on theoretical models and experimental laboratory tests.

The theoretical analysis of modular vertical garden systems was developed based on the Complex Systems Theory, which is effective in this case given the interrelation and interdependence between the elements that make up the main ecosystems, the natural and the built, and the associated subsystems.

The experimental analysis was carried out at the Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (LAL-CIC) on a representative sample made up of a set of prototype modules manufactured by the Laboratorio Bio-Ambiental de la Universidad de Flores (UFLO), which were subjected to acoustic insulation and absorption tests.

During the work, acoustic analyses were also carried out on eight sustainable prototypes developed with the students of the last year of the Industrial Taller de Diseño Industrial (FA-UNLP) with the aim of optimising the acoustic performance of each module.

Keywords:

noise pollution control; facades; vertical garden systems; acoustic insulation; acoustic absorption; nature-based solutions.



INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
INDICE GENERAL.....	7
INDICE DE FIGURAS.....	9
INDICE DE TABLAS.....	11
SIGLAS Y ABREVIATURAS.....	12

INTRODUCCION

1. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1 PLANTEO DEL PROBLEMA: CONSIDERACIONES GENERALES.....	17
1.2 CONTEXTUALIZACIÓN.....	18
1.3 EJE DE LA PROBLEMÁTICA.....	18
1.4 OBJETIVOS.....	18
1.4.1 Objetivo Principal.....	18
1.5 HIPÓTESIS DE PARTIDA.....	18
1.6 PREGUNTA GUIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.7 PREGUNTAS DERIVADAS.....	18
1.8 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	19
1.9 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	20
1.10 ESTRUCTURA DE LA TESIS.....	21

PARTE I MARCO TEORICO

2. ESTADO DEL ARTE.....	29
2.1 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	29
2.2 APROXIMACIONES CONCEPTUALES.....	37
2.2.1 Naturación urbana en las envolventes arquitectónicas.....	37
3. NATURACIÓN URBANA: ANTECEDENTES HISTORICOS.....	45
3.1 PRECEDENTES SIGNIFICATIVOS.....	45
3.2 LA TÉCNICA MODERNA DE LOS SISTEMAS DE JARDINES VERTICALES.....	63
3.3 PAISAJISMO VERTICAL.....	69
3.4 GRANJAS VERTICALES.....	71

PARTE II MARCO METODOLOGICO

4. SISTEMAS DE JARDINES VERTICALES: ABORDAJE DESDE LA PERSPECTIVA DE LA TEORIA DE SISTEMAS COMPLEJOS.....	82
4.1 INTRODUCCIÓN.....	82
4.2 CONTEXTUALIZACIÓN.....	85
4.3 ABORDAJE DE LA COMPLEJIDAD.....	86
4.3.1 El paradigma de la complejidad: aproximaciones teóricas.....	87
4.4 ANALISIS DEL SISTEMA DE JARDÍN VERTICAL DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS SISTEMAS COMPLEJOS.....	96
4.5 Funcionamiento del SJV.....	99
5. CONTAMINACIÓN ACUSTICA: MITIGACIÓN Y CONTROL.....	104
5.1 INTRODUCCIÓN.....	104
5.2 COMPORTAMIENTO DEL RUIDO EN ESPACIOS ABIERTOS.....	107
5.2.1 Las fuentes de ruido urbano.....	108
5.2.2 Medio de propagación.....	109
5.2.2.1 Distancia entre la fuente y el receptor.....	109
5.2.2.2 Dureza de las superficies.....	110
5.2.2.3 Influencia de los parámetros meteorológicos.....	110
5.2.2.4 Presencia de obstáculos.....	112
5.3 PERCEPCION DE LOS SUJETOS (RECEPTOR).....	116
5.4 EVALUACIÓN DEL RUIDO.....	118
5.4.1 Instrumental para el relevamiento.....	119
5.4.2 Niveles de contaminación urbana.....	120
5.5 GESTIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.....	121
5.5.1 Estrategias de control y mitigación de ruido.....	122
5.5.1.1 Intervención del ruido en la fuente.....	122
5.5.1.2 Cambio de las condiciones en el medio de propagación.....	123
5.5.1.2.1 Planificación del territorio.....	123
5.5.1.2.2 Cambios en el tráfico vehicular.....	124
5.5.1.2.3 Adecuación de los pavimentos.....	125
5.5.1.2.4 Geofencing y geovallas.....	126
5.5.1.2.5 Barreras acústicas.....	126
5.5.1.2.6 Paisaje sonoro saludable en áreas públicas.....	129
5.5.1.3 Protección de los individuos (receptores).....	130
5.5.2 Tratamiento normativo de la contaminación acústica.....	131
5.5.3 Educación y prevención.....	139
5.5.4 Participación ciudadana.....	140



6. ESTRATEGIAS SUSTENTABLES PARA CONTROLAR LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN FACHADAS.....	144
6.1 INTRODUCCIÓN	144
6.2 CONFORT ACÚSTICO EN FACHADAS	144
6.2.1 Fenómenos acústicos	145
6.3 JARDINES VERTICALES EN LA ENVOLVENTE	146
6.3.1 Antecedente: las barreras vegetales	146
6.3.2 Fenómenos acústicos asociados a las pantallas vegetales	147
6.3.3 Diseño de barreras acústicas vegetales	149
6.3.3.1 Taludes.....	149
6.3.3.2 Cortinas en altura.....	150
6.3.3.3 Barreras escalonadas	151
6.3.3.4 Barrera mixta	152
6.4 ASPECTOS ACÚSTICOS DEL SISTEMA DE JARDINES VERTICALES (SJV)	153
6.4.1 Estructura del sistema y variables intervinientes	155
6.4.1.1 Comportamiento acústico del ecosistema natural	156
6.4.1.1.1 Biodiversidad vegetal	156
6.4.1.1.2 Biodiversidad faunística y microfaunística.....	164
6.4.1.2 Comportamiento acústico del ecosistema construido	165
6.4.1.2.1 Sistema de jardines verticales (SJV)	166
6.4.1.2.2 Fachadas verdes	170
6.4.1.2.3 Comparación del comportamiento acústico entre las diferentes tipologías	171
6.4.1.2.4 Anclaje del jardín a la fachada	173
6.5 APLICACIÓN DE SJV EN LOS CAÑONES URBANOS.....	174
6.6 INTERVENCIÓN CON JARDINES EN GRANDES ÁREAS URBANAS	178
6.7 ALTERNATIVAS DE DISEÑO	180
6.8 Matriz general de todo el trabajo de investigación	182

PARTE III MARCO EXPERIMENTAL

7. JARDINES VERTICALES: CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA.....	206
7.1 HIPÓTESIS DE PARTIDA.....	206
7.2 LÍMITES DE LA INVESTIGACIÓN EMPÍRICA.....	206
7.3 OBJETIVO PRINCIPAL.....	206
7.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	206
7.5 MATERIALES Y MÉTODOS.....	207
7.5.1 Estudio experimental	207
7.5.1.1 PRIMERA ETAPA: ensayos de absorción acústica.....	207
7.5.1.1.1 Objetivos	208
7.5.1.1.2 Condiciones de ensayo	208
7.5.1.1.3 Resultados de los ensayos de absorción acústica.....	217
7.5.1.1.4 Análisis de los resultados de los ensayos de absorción acústica	219
7.5.1.1.5 Conclusiones de las prestaciones fonoabsorbentes de las muestras ensayadas	223
7.5.1.2 SEGUNDA ETAPA: mediciones de aislamiento acústico	224
7.5.1.2.1 Objetivos	224
7.5.1.2.2 Organización de los ensayos.....	224
7.5.1.2.2.1 BLOQUE 1: Método tradicional	225
7.5.1.2.3 Resultado de los ensayos de aislamiento acústico por el método tradicional.....	231
7.5.1.2.4 Corroboración de los ensayos de aislamiento utilizando las dos cámaras como emisoras	233
7.5.1.2.5 Conclusiones sobre los ensayos de aislamiento por el método tradicional	236
7.5.1.2.6 Comparación acústica entre las muestras y otros materiales.....	237
7.5.1.2.6.1 BLOQUE 2: Método intensimétrico.....	239
7.5.1.2.7 Resultados de los ensayos de aislamiento acústico por el método intensimétrico	244
7.5.1.2.8 Comparación de los ensayos de aislamiento acústico	246
7.5.1.3 Conclusiones sobre los ensayos de aislamiento acústico	249

PARTE IV CONCLUSIONES Y PROSPECTIVA

8. CONCLUSIONES GENERALES	255
8.1 RECOMENDACIONES BASADAS EN LA EXPERIENCIA REALIZADA.....	256
8.1.1 Generales	256
8.1.2 Con relación al ecosistema construido	257
8.1.3 Con relación al ecosistema natural	257
8.2 POSIBLES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A FUTURO.....	258

PARTE V ANEXOS

A. ASPECTOS GENERALES DE UN SJV-TIPOLOGÍAS.....	261
B. ASPECTOS BOTANICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	328
C. BENEFICIOS ECOSISTEMICOS Y DESVENTAJAS DE LOS SJV.....	361
D. RELEVAMIENTO FOTOGRAFICO.....	380
E. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	434
F. DESARROLLO DE PROTOTIPOS ALTERNATIVOS	471
G. GLOSARIO DE TODO EL TRABAJO	482
H. BIBLIOGRAFIA DE TODO EL TRABAJO	528
I. PUBLICACIONES Y CERTIFICACIONES DEL TRABAJO DE TESIS	584



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciudades del mundo con mayor contaminación acústica	30
Figura 2 Diferencias entre diseño degenerativo y regenerativo	32
Figura 3 Esquema de la Teoría de las 5 pieles realizado por Hundertwasser.....	32
Figura 4 Paris 2050 - Ciudad futurista	33
Figura 5 Aplicaciones de soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) en las ciudades	35
Figura 6 Implicaciones urbanas y socio- espaciales posteriores a la pandemia	40
Figura 7 Bryn Celli Ddu - Capilla funeraria del periodo mesolítico (3000 a.C.) - Isla galesa de Anglesey (UK)	45
Figura 8 Representación de los Jardines Colgantes de Babilonia	46
Figura 9 Fresco de un estanque y relieve de la cubierta vegetal de un edificio residencial.....	46
Figura 10 Reconstrucción de una granja nórdica - Þjóðveldisbærinn Stöng, en Þjórsárdalur Valley.....	47
Figura 11 Tummulus etrusco en Cerveteri (Roma S. IV) y reconstrucción.....	48
Figura 12 Reconstrucción de la Domus Tibetana	49
Figura 13 Detalles de la Villa d'Este (Tívoli, Roma) y la Villa Lante (Bagnaia, Viterbo)-Siglo XV	51
Figura 14 Detalles del Palacio de Versalles (Versalles, Francia) - Siglo XVII y XVIII	52
Figura 15 Ciudad-jardín propuesta por Howard.....	53
Figura 16 Locus Hill - Virginia, USA (Malcom Well, 1975)	55
Figura 17 Aplicación del concepto "verde sobre gris" en el Fukoka Prefectural International Hall (Ambasz, 1995).....	57
Figura 18 Hundertwasserhaus - Hundertwasser Village (Viena, Austria 1985).....	58
Figura 19 Centro urbano Zorlu Ecocity (Istanbul, 2008-2013)	59
Figura 20 Fachada con dinámica cromática con plantas trepadoras de hojas caducas (Hotel Oasia)	60
Figura 21 Bosco Verticale (Estudio Stefano Boeri, Milano, 2014).....	61
Figura 22 Proyecto urbano Cancún 2021 (Estudio Stefano Boeri).....	62
Figura 23 Edificio Ágora Garden (2014) y propuesta urbana para París 2010 (Estudio Callebaut).....	63
Figura 24 Detalles del jardín vertical modular liviano patentado por Stanley Hart White (Estados Unidos, 1938).....	64
Figura 25 Experimentación con plantas parásitas y epífitas en fachada (Paisajista Burle Marx, Brasil)	65
Figura 26 Jardín vertical de filtros en la fachada del Museo de Quai Branly Jacques Chirac.....	66
Figura 27 Edificio Santalaia (Biólogo Solano Cabello, Bogotá, 2016).....	67
Figura 28 Torre EDITT, Singapur- "Rascacielos Ecológico". Concepto de plantación asociado	68
Figura 29 Tree tower Archinature coexisting (Japon) 2022-Helico Sky-Rise.Green.....	69
Figura 30 Recuperación del espacio verde horizontal en el plano vertical.....	70
Figura 31 Plan maestro de Singapur para alcanzar el 80% de vegetación	71
Figura 32 Dibujo del Glove Tower publicado en la revista Life (1909)	72
Figura 33 Granja vertical futurista diseñada por Despommier (2012)	73
Figura 34 Edificio de oficina Pasona, Tokio.....	74
Figura 35 Pabellón American Food 2.0 - Feria de Milano 2015	74
Figura 36 The Farmhouse, 2019 (Estudio Precht).....	75
Figura 37 Línea histórica del jardín clásico al jardín vertical y el huerto vertical	76
Figura 38 Comportamiento de un sistema.....	87
Figura 39 Mapa del funcionamiento de un ecosistema.....	91
Figura 40 Composición a escala macro de un SJV en relación a la envolvente y el ambiente externo	97
Figura 41 Análisis de un SJV según el enfoque holístico-sistémico.....	98
Figura 42 Descomposición de los elementos compositivos de un SJV respecto al contexto	99
Figura 43 Interacciones de un SJV	100
Figura 44 Dimensiones acústicas y urbano-ambientales que afectan el espacio urbano.....	104
Figura 45 Objetivos, metas e indicadores del desarrollo sostenible relacionados con la salud urbana.	106
Figura 46 Condiciones para percibir un sonido	107
Figura 47 Fuentes de ruido urbano	108
Figura 48 Esquema de la Ley del cuadrado inverso.....	110
Figura 49 Comparación entre los efectos físicos de la propagación directa y con un obstáculo.	113
Figura 50 Factores que influyen en las molestias y daños debidos al ruido.....	116
Figura 51 Efectos directos e indirectos sobre la salud física y sociopatológicos de los receptores	117
Figura 52 Curva de ponderación A en función de las frecuencias sonoras.....	118
Figura 53 Niveles sonoros	119
Figura 54 Conformación de un decibelímetro.....	119
Figura 55 Relaciones causa-efecto del ruido.....	121
Figura 56 Instrumentos para mitigar la contaminación acústica	121
Figura 57 Posibles acciones para controlar la contaminación acústica.....	122
Figura 58 Propuestas de diseño arquitectónico en zonas acústicamente sensibles	124
Figura 59 Proyecto DRUIDA (CE).....	125
Figura 60 Distribución adecuada de los locales de la vivienda respecto a la calle.....	130
Figura 61 Mapa de Ruido de la Ciudad de Buenos Aires (CABA)	133
Figura 62 Mapa acústico interactivo del Ayuntamiento de Madrid	134
Figura 63 Ejemplo de una zonificación acústica.....	135
Figura 64 Zonificación en relación a las metas de calidad acústica.....	136
Figura 65 Mapa online europeo de la contaminación acústica en tiempo real	138
Figura 66 Fenómenos acústicos presentes en la fachada	146
Figura 67 Influencia de la difracción acústica en edificios escalonados.....	146
Figura 68 Comportamiento del sonido frente a una barrera vegetal	148
Figura 69 Pérdida de energía de las ondas sonoras debido a la transferencia de calor	148
Figura 70 Barreras vegetales en forma de taludes	149
Figura 71 Barreras vegetales tipo cortina.....	150
Figura 72 Barrera vegetal escalonada.....	151



Figura 73 Ejemplos de barreras vegetales mixtas.....	152
Figura 74 Barrera mixta de hormigón roto y vegetación en Madrid.....	153
Figura 75 Estructura de un SJV modular.....	155
Figura 76 Elementos del ecosistema natural: discriminación de los aportes en la reducción del ruido	156
Figura 77 Comparación entre las hojas de hiedra y prímula.....	160
Figura 78 Fenómenos acústicos generados en la estructura de una planta	161
Figura 79 Tipología de los ecosistemas construidos y sus relaciones	166
Figura 80 Simulaciones de SJV en fachadas (modulares y continuas).....	167
Figura 81 Ejemplo de un un sistema modular: Sistema GroWall	167
Figura 82 Ensayos de absorción acústica de módulos pre cultivados en laboratorio.....	168
Figura 83 Instalación del SJV hidropónico L'Oasis D 'Aboukir (Paris). Autor: Patrick Blanc (2013).....	169
Figura 84 Muro paisajístico propuesto por la empresa Urbanarbolismo	170
Figura 85 Ejemplos de fachadas verdes indirectas	171
Figura 86 Tipologías de jardines verticales relevados por Wong (2010).....	172
Figura 87 Ejemplo del anclaje de una fachada verde indirecta.....	174
Figura 88 Fenómenos acústicos en la fachada	175
Figura 89 Perfiles de cañón urbano	176
Figura 90 Ejemplos de intervención con vegetación en cañón urbana	178
Figura 91 Barreras bajas divisorias entre carriles de tránsito	179
Figura 92 SILENTVEG Project-Prototipo en célula Paslink para fachadas y barreras vegetales	180
Figura 93 Jardín vertical móvil en Valladolid (España)	181
Figura 94 Toldos triangulares en el eje peatonal de Zúñiga y Santa María (Valladolid).....	181
Figura 95 Características de la cámara reverberante del LAL-CIC.....	209
Figura 96 Disposición de los paneles para el ensayo de absorción acústica.....	210
Figura 97 Composición de cada módulo	211
Figura 98 Conformación del sistema de jardín vertical (segundo ensayo).....	212
Figura 99 Disposición de la muestra del SJV en una de las paredes de la cámara reverberante	213
Figura 100 Esquema del Tiempo de Reverberación de un recinto (TR ó TR60).....	214
Figura 101 Muestra A): Curva con los coeficientes de absorción acústica α_s , NRC y SAA	217
Figura 102 Traslado de la muestra en "condición ii" para su evaluación en cámara reverberante	219
Figura 103 Muestras A) y B): Coeficientes de absorción α_s , NRC y SAA	220
Figura 104 Influencia del porcentaje de cobertura respecto a las Muestras A) y B).....	221
Figura 105 Comparación de los coeficientes de absorción acústica de la	221
Figura 106 Comparación de las prestaciones fonoabsorbentes de diversos SJV	222
Figura 107 Planta de la cámara de transmisión del LAL-CIC	226
Figura 108 Esquema de la muestra	227
Figura 109 Construcción de pared para la inserción de la muestra	228
Figura 110 Disposición de la Muestra en la sala de transmisión del LAL-CIC	228
Figura 111 Foto de la muestra dentro de la cámara de transmisión	229
Figura 112 Posiciones de micrófonos y fuentes en relación a la muestra	230
Figura 113 Ensayo de aislamiento acústico de la Muestra C en las dos salas de la cámara de transmisión LAL-CIC.....	232
Figura 114 Ensayo de aislamiento acústico de la Muestra D con el detalle de las salas	233
Figura 115 Comportamiento fonoaislante de la muestra con panel vacío relevado	234
Figura 116 Coeficiente de aislamiento acústico R relevado en las dos salas de la cámara de transmisión	235
Figura 117 Comparación de la Muestra completa D respecto a la curva de referencia de la norma ISO 717-1:2020	236
Figura 118 Comparación entre los índices R en las dos condiciones (vacíos y SJV)	236
Figura 119 Índice de reducción R de diversos elementos constructivos	238
Figura 120 Detalle del instrumental y calibración de la sonda intensimétrica.....	240
Figura 121 Método por barrido: recorridos de la sonda intensimétrica.....	241
Figura 122 Recorridos de la sonda intensimétrica sobre la muestra.....	242
Figura 123 Muestra D. Trazado de las áreas para su barrido.....	243
Figura 124 Índice de reducción acústica por método intensimétrico en bandas de octavas (1000 a 2000 Hz)	245
Figura 125 Mapas de niveles de intensidad de sonido en cuatro bandas de tercio de octava.	246
Figura 126 Comparación entre los dos métodos de relevamiento	247
Figura 127 Comparación entre las Muestras C) y D).....	248



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación del trabajo de tesis según los diversos enfoques	20
Tabla 2 Etapas metodológicas de la Tesis	21
Tabla 3 Estructura y contenido de la Tesis.....	23
Tabla 4 Principios de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN).....	34
Tabla 5 Definiciones de jardines verticales a ecosistemas verticales artificiales (EVA)	85
Tabla 6 Fuentes del paradigma de la complejidad	87
Tabla 7 Aporte y tendencias del pensamiento sistémico	88
Tabla 8 Aporte y tendencias del pensamiento sistémico	94
Tabla 9 Parámetros meteorológicos que influyen en la propagación del sonido	112
Tabla 10 Fenómenos físicos generados en las barreras acústicas.....	115
Tabla 11 Tipos de pantallas o barreras	129
Tabla 12 Factores condicionantes para los fenómenos acústicos en las fachadas.....	145
Tabla 13 Atenuación del sonido por metro en presencia de césped y árboles en función de la frecuencia.....	152
Tabla 14 Fenómenos acústicos en los sistemas de jardines verticales (SJV).....	154
Tabla 15 Coeficiente de absorción de algunas especies en relación con otros materiales	157
Tabla 16 Características principales de las hojas.....	159
Tabla 17 Reducción del sonido en diferentes tipologías de jardines verticales	173
Tabla 18 Parámetros geométricos de un cañón urbano	177
Tabla 19 Matriz general del trabajo	200
Tabla 20 Muestra B): condiciones de humedad del sustrato	218



SIGLAS Y ABREVIATURAS

A	Área de absorción
app	Aplicativo
ASTM	American Society for Testing and Materiales (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)
AT	Área de absorción equivalente
AV	Agricultura vertical
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
C2C	Ciclo de vida cerrado o economía circular
C	Valores de adaptación espectral ruido rosa
CAR:	Control activo de ruido
CAS	Complex Adaptative System o Teoria de Sistemas Adaptativos
CO₂	Dióxido de carbono
COV	Compuestos orgánicos volátiles
COVID 19	Enfermedad respiratoria muy contagiosa causada por el virus SARS-CoV-2.
C_{tr}	Valores de adaptación espectral ruido de tráfico
C_x	Velocidad de propagación del sonido en el aire
dB	Decibel o decibelio
dBA	Decibel ponderado A (al oído humano)
DNN	Deep Neural Network (redes neuronales profundas)
EPA	Environmental Protection Agency
EVA	Ecosistemas verticales artificiales
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FAU	Facultad de Arquitectura y Urbanismo
GI	Green Infrastructure
GUI	Green Urban Infrastructure
GTS	Grey Theory System o Teoria de Sistemas Grises
Hab	Habitantes
Hz	Hertz o hertzio
HOSANNA	HOlistic and Sustainable Abatement of Noise by optimized combinations of Natural and Artificial means
IA	Inteligencia artificial
IAF	Índice de masa foliar
IIPAC-CONICET	Instituto de Investigaciones y Políticas del ambiente construido.
IoT	Internet of Things (Internet de las Cosas)
IRAM	Instituto Argentino de Normalización y Certificación
ISO	International Organization for Standarization (Organización Internacional para la Estandarización)
IVU	Infraestructura verde urbana
KHz	Kilohertz o kilohertzio
LA_{eq}	Level "A" equivalent (nivel sonoro equivalente A)
L_d	Level day (nivel día)
LAL-CIC	Laboratorio de Acústica y Luminotecnia-Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires
LEED	Leadership in Energy & Environmental Design
L_{in}	Level intensimetric (nivel de intensidad sonora promedio)
L_n	Level night (nivel noche)
log	Logaritmo
Lp	Level pression (nivel de presión)
L_{pA}	Level pression "A" (nivel de presión sonora A)
L_{px}	Nivel de presión acústica promedio
L_x	Nivel de presión sonora promedio

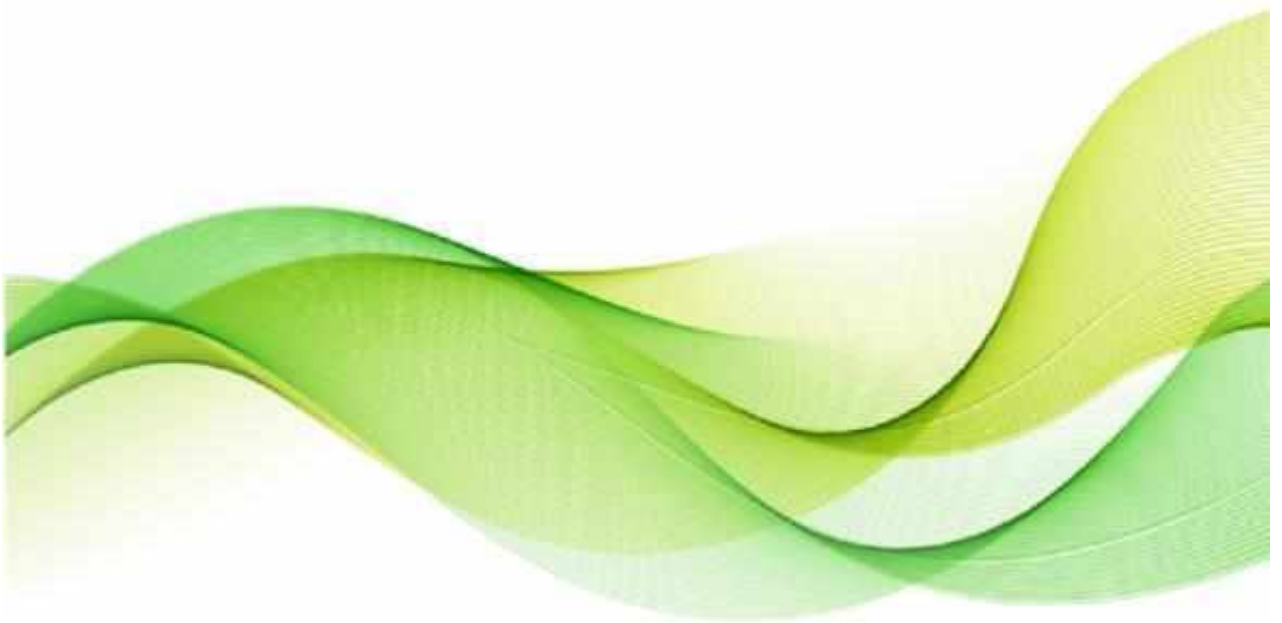


m²	Metro Cuadrado
m³	Metro cubico
mm	Milímetro
m_x	Coefficiente de atenuación sonora
NBS	Nature-Based Solution
NRC	Noise Reduction Coefficient (coeficiente de absorción sonora)
OCDE	Organización para la Economía, Cooperación y Desarrollo
ODS	Objetivos de desarrollo sostenible
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONAC	Office of Noise Abatement and Control
ONU	Organización de las Naciones Unidas
pH	potencial hidrogeno
Leq	Nivel sonoro continuo equivalente
Pa	Pascales
R	índice de aislamiento acústico
R_{in}	Reduction noise intensimetric (índice de reducción de sonido según el método intensimétrico)
Rw	Índice de aislamiento acústico promedio
S	Área
SAA	Sound Absorption Average (Absorción Media del Sonido)
SbN	Soluciones basadas en la naturaleza
SJV	Sistemas de jardines verticales modulares livianos
SPL	Sound pression level (nivel de presión sonora)
TGS	Teoría General de Sistemas
TIC	Tecnologías de la información y la comunicación
TR ó TR60	Tiempo de reverberación
T_x	Tiempo de reverberación
UE	Unión Europea
UNLP	Universidad Nacional de La Plata
V	Volumen
VGI	Volunteer Geographic Information (información geográfica voluntaria)
VGS	Vertical greenery system
VTV	Verificación Técnica Vehicular
WHO	World Health Organization (Organización Mundial de la Salud)
α	Índice de reducción acústica alfa
α_p	Coefficiente de absorción sonora practica
α_w	Coefficiente de absorción sonora ponderada
μPa	Micropascales



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN





(....) La naturaleza es mi manifestación de Dios. Acudo a la naturaleza todos los días en busca de inspiración en el trabajo diario. Sigo en la construcción los principios que la naturaleza ha utilizado en su dominio (...)

Frank Lloyd Wright



SÍNTESIS

Este capítulo presenta las reflexiones iniciales sobre el problema del ruido urbano, su contextualización, la hipótesis de partida, los objetivos, la metodología de trabajo y la estructura de la tesis.



1. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEO DEL PROBLEMA: CONSIDERACIONES GENERALES

Los efectos perjudiciales de la contaminación acústica en las zonas urbanas se han convertido durante los últimos años en una importante problemática medioambiental, al punto tal de ser parte de los *Objetivos de Desarrollo Sostenible* de la *Agenda XXI Local* de la *ONU* y, más recientemente, de su *Agenda 2030*.

Las fuentes de ruido urbano son consecuencia de las actividades antrópicas desarrolladas en el territorio, siendo el tráfico rodado la más significativa debido a su acción directa sobre la salud psicofísica y la calidad de vida de las personas y al impacto económico asociado.

En las últimas décadas las estrategias para mitigar y controlar la contaminación acústica urbana en áreas sensibles reúnen diversos enfoques teóricos y metodológicos que se traducen en propuestas concretas, muchas veces acompañadas por incentivos normativos. Entre las soluciones posibles se encuentran aquellas de bajo impacto ambiental inspiradas en la naturaleza, tema del presente trabajo de Tesis.

El marco teórico del trabajo se basa en el análisis de algunos procedimientos sostenibles inspirados en la perspectiva *biofílica* relacionadas con las *Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)* a escala urbana e implementada a escala edilicia, que proponen acciones concretas sobre las envolventes conocidas como *técnicas de naturación o greening* que pueden aplicarse en el cañón urbano.

La naturación aplicada a la fachada, conocida como *sistema de jardín vertical (SJV)*, resulta una práctica innovativa que, además de incrementar el espacio verde urbano, ofrece un conjunto de *servicios ecosistémicos* al edificio entre los que se encuentra la reducción del ruido. El uso de material vivo en la fachada, reemplazando las tradicionales superficies duras y altamente reflectantes del sonido, permite mitigar el ruido y aportar una interesante cuota de sostenibilidad ambiental.

Los *SJV* representan un conjunto de elementos mixtos que incluyen un *ecosistema natural o vivo* y un *ecosistema artificial o inerte*, que dependen de un *subsistema de alimentación y mantenimiento* para la subsistencia de la vegetación. Los *SJV* permiten un abordaje desde una visión sistémica y holística basada en la *Teoría General de Sistemas (TGS)*. El estudio de los *SJV* aplicados en fachada demanda, desde el punto de vista acústico, del análisis diferenciado de sus elementos constituyentes, desde el anclaje a la pared portante hasta el entorno natural-construido cercano.

La formulación y el desarrollo de la tesis corroboran la hipótesis de partida, dado que el *SJV* aplicado a las fachadas resultó efectivo para la mitigación del ruido externo que afecta a los edificios residenciales urbanos.



1.2 CONTEXTUALIZACIÓN

Esta tesis se ha desarrollado bajo las líneas de investigación referidas al *Hábitat, energía y ambiente* del *Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido*, Facultad de Arquitectura, Universidad de La Plata (IIPAC-FAU-UNLP), Institución presidida por el *Prof. Dr. Arq. Gustavo San Juan*.

El trabajo fue dirigido por el *Prof. Dr. Ing. Gustavo Basso*, docente e investigador cat. 1, titular de la *Cátedra de Acústica Musical* de la *Facultad de Artes, Universidad Nacional de La Plata (FdA-UNLP)*.

En la co-tutela, acompaña el *Prof. Dr. Ing. Patrizio Fausti*, docente e investigador, Profesor asociado en la *Cátedra de Física Técnica* y docente en las *Cátedras Impianti Tecnici Civili, Termodinamica, Trasmissione del Calore e Termofisica degli Edifici y Acustica Edilizia ed Ambientale* del *Dipartimento di Ingegneria, Universita' degli Studi di Ferrara, (UNIFE)*, Italia.

1.3 EJE DE LA PROBLEMÁTICA

La investigación plantea examinar la efectividad acústica de las estrategias sustentables basadas en la naturación aplicadas en las fachadas de edificios ubicados en áreas residenciales y zonas sensibles.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Principal

Diseñar e implementar estrategias ambientalmente sustentables que permitan reducir los niveles de ruido percibidos dentro de las viviendas en zonas acústicamente críticas, incorporando el uso de tecnologías verdes de *naturación urbana* en fachadas a fin de mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

1.5 HIPÓTESIS DE PARTIDA

Es posible disminuir la contaminación acústica en zonas urbanas con altos niveles de ruido integrando al diseño de la fachada tecnologías de naturación.

1.6 PREGUNTA GUIA DE LA INVESTIGACIÓN

¿Qué estrategias sustentables pueden aplicarse en las fachadas para reducir la contaminación acústica que afecta al espacio urbano y que llega al interior de las viviendas?

1.7 PREGUNTAS DERIVADAS

¿Es posible acercarse a los principios de sustentabilidad urbana a partir de considerar al ruido como variable de peso en el diseño?



¿Qué importancia tiene la morfología de la fachada en el ruido percibido dentro de las viviendas?

¿Qué rol cumple el diseño y la elección de la tecnología constructiva de la fachada en el ruido percibido?

¿Qué elementos constitutivos de la fachada resultan críticos frente a la contaminación acústica?

¿Cuánto disminuye el ruido incorporando las tecnologías de naturación basadas en SJV?

¿Cómo se pueden implementar los SJV en los edificios construidos y cuáles son sus límites y alcances?

¿Es posible obtener beneficios asociados en la implementación de los SJV?

¿Se puede discriminar el aporte de los elementos constitutivos de un SJV en la reducción del ruido?

A través del proceso se busca responder las preguntas anteriores y las puedan surgir durante el desarrollo de la investigación.

1.8 TIPO DE INVESTIGACIÓN

En la **Tabla 1** se encuadran los diversos enfoques que categorizan el trabajo de Tesis.

CLASIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN SEGÚN LOS DIVERSOS ENFOQUES		
Enfoque	Tipología	Descripción
Propósito	<i>Investigación tecnológica aplicada</i>	Se orienta principalmente hacia la mejora de la eficiencia en el sector de la acústica en fachadas.
Obtención de datos	<i>Mixta: documental, de campo y/o de laboratorio</i>	Busca reunir información de fuentes secundarias (documentales) y de fuentes primarias mediante la investigación de laboratorio.
Alcance	<i>Exploratoria</i>	La investigación se desarrolla con el objetivo de indagar de manera preliminar la temática para establecer el marco de referencia y elaborar la hipótesis.
	<i>Proyectiva</i>	Plantea el interés en el diseño de jardines verticales aplicados a fachadas como elementos que puedan reducir los niveles de ruido percibido.
	<i>Explicativa</i>	Se centra en identificar las relaciones de los jardines verticales aplicados en fachadas y su interacción con el entorno urbano.



	<i>Interpretativa</i>	Proyecta el estudio de los jardines verticales en fachadas como material arquitectónico para reducir el ruido percibido en el interior.
Información base	<i>Cualitativa</i>	Se enfoca en el relevamiento de distintas técnicas y métodos de investigación documental, de laboratorio, registros y la observación directa. Uno de sus objetivos es indagar de manera más profunda la significancia de los jardines verticales aplicados a las envolventes.
	<i>Cuantitativa</i>	Se orienta en cuantificar o evaluar las dimensiones de la envolvente vegetal vertical mediante proceso de análisis y herramientas informáticas.
Fuentes	<i>Primaria</i>	Los datos son recolectados directamente de la fuente, en este caso los datos relevados en laboratorio y mediante prototipos experimentales a escala.
	<i>Secundaria</i>	Se desarrolla con información de fuentes basadas en la literatura científica, publicaciones, documentos, tesis y toda otra información recolectada previamente.
Período de la medición	<i>Sincrónica</i>	Se enfoca en observar los fenómenos en sincronía temporal, es decir en el momento en el que se desarrollan, en este caso se toma en consideración el comportamiento en laboratorio.
	<i>Diacrónica</i>	La investigación diacrónica estudia la evolución de la tecnología de naturación aplicada a fachadas durante su evolución en los últimos años.
Planificación toma de datos	<i>Retrospectiva</i>	Se utilizan registros de datos e información que se generaron de manera previa a la investigación.
	<i>Prospectiva</i>	Los datos e información utilizados comienzan a registrarse después del diseño de la investigación.
Intervención investigadora	<i>Experimental</i>	Se desarrolla a través de la aplicación directa de la variable del ruido para identificar o descubrir el efecto que puede causar en el jardín vertical en fachada. Se realizan en condiciones estrictamente controladas según normativa.
Número de ocasiones de la medición	<i>Transversal</i>	Se analizan variables sobre la muestra (prototipo jardín vertical) definida durante un tiempo determinado.

Tabla 1 Clasificación del trabajo de tesis según los diversos enfoques

Fuente: elaboración propia

1.9 METODOLOGÍA DE TRABAJO

La investigación busca ofrecer soluciones al problema del ruido exterior que impacta sobre el confort en edificios emplazados en zonas acústicamente conflictivas, a partir del tratamiento de sus fachadas con tecnologías sustentables y amigables con el ambiente. Para alcanzar este objetivo se parte de dos premisas complementarias: el ruido como condicionante del terreno y la fachada como elemento-barrera entre ruido exterior e interior.

La metodología propuesta para alcanzar el objetivo final de la Tesis posee diferentes etapas que incluyen actividades, objetivos y herramientas (**Tabla 2**).



ETAPA	OBJETIVO	ACTIVIDAD	INSTRUMENTOS
EXPLORATIVA Recolección - identificación	Estudiar y procesar cuantitativa y cualitativamente toda la información relevada mediante la interpretación gráfico-numérica a fin de facilitar la interpretación y diagnóstico de la problemática	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recopilar, seleccionar y clasificar datos generales y específicos relevados de fuentes primarias y secundarias ▪ Buscar antecedentes locales, nacionales e internacionales que resulten de interés para el desarrollo del presente trabajo. ▪ Clasificar la información recabada a fin de conformar una base de datos 	Material bibliográfico: publicaciones científicas, divulgativas, tesis, normativas técnicas, artículos, etc.
INTERPRETATIVA Descripción -Explicación - Diagnóstico	Estudiar, interpretar y diagnosticar la problemática a fin de conocer el estado actual del conocimiento en referencia al ruido que afecta a las viviendas en zonas con altos niveles de contaminación acústica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analizar, comprender y clasificar la información relevada durante el estudio ▪ Elaborar un diagnóstico de la situación ▪ Detectar los aspectos sensibles la problemática ▪ Definir prioridades de trabajo ▪ Proponer soluciones 	Material bibliográfico: publicaciones científicas, divulgativas, tesis, normativas técnicas, artículos, etc.
DEMOSTRATIVA Construcción - Experimentación	Producir un modelo experimental representativo de la problemática planteada que pueda ser sometido a la experimentación de las prestaciones acústicas en laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Construir un prototipo de naturación urbana en fachadas a modo de jardín vertical aplicable a las viviendas ▪ Aplicar ensayos de absorción y aislamiento acústico en laboratorio según Normas IRAM correspondientes. ▪ Estudiar los resultados obtenidos ▪ Detectar limitaciones y potencialidades del sistema ▪ Proponer nuevas pautas de diseño en las fachadas afectadas por la contaminación acústica. 	Material: Antecedentes científicos experimentales. Ensayos de laboratorio según normativas IRAM.
SINTÉTICA-ANALÍTICA Informe final	Elaborar recomendaciones para desarrollar diseños de jardines verticales en fachadas para zonas con altos niveles de contaminación acústica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recopilar y sistematizar toda la información relevada. ▪ Redactar las conclusiones y recomendaciones finales. ▪ Proponer líneas futuras de trabajo ▪ Presentar y defender el trabajo. 	Material: Informe de tesis del autor

Tabla 2 Etapas metodológicas de la Tesis

Fuente: elaboración propia

1.10 ESTRUCTURA DE LA TESIS

▪ INTRODUCCIÓN

El *Capítulo 1, Introducción*, expone la problemática en líneas generales, el enfoque de la



investigación, los Objetivos, la Hipótesis de partida y la Metodología de la Tesis. Se incluye de forma sintética la estructura de la Tesis dividida en tres Partes y ocho Capítulos y se plantea un recorrido desde el Estado del Arte a la experimentación en laboratorio como base para contrastar la hipótesis de partida.

- **PARTE I**

La *Parte I, Marco Teórico*, se compone de los Capítulos dos y tres. En ellos se aborda la etapa exploratoria para definir el estado del arte a través del relevamiento de antecedentes significativos, investigaciones previas, consideraciones teóricas y toda aquella información que sustenta la presente investigación.

- **PARTE II**

La *Parte II, Marco Metodológico*, está integrada por los Capítulos cuatro, cinco y seis y constituye la etapa metodológica de la investigación, formulada desde el enfoque de la Teoría General de Sistemas (TGS) incluyendo las estrategias de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) para la mitigación del ruido mediante la implementación de SJV a escala arquitectónica y urbana.

- **PARTE III**

La *Parte III, Marco Empírico*, ocupa el Capítulo siete y expone la etapa experimental, en la que se investigaron las prestaciones fonoaislantes y fonoabsorbentes de una muestra representativa de los SJV modulares con el fin de contrastar la Hipótesis de partida.

- **PARTE IV**

Finalmente, en la *Parte IV, Conclusiones*, en el Capítulo ocho, se presentan las reflexiones finales y las conclusiones de todo el trabajo de investigación, desde el contraste la de hipótesis de partida hasta las recomendaciones para mejorar los resultados obtenidos, y las posibles líneas de investigación futuras.

- **PARTE V**

Está compuesta por un conjunto de anexos con información complementaria al corpus central de la tesis. Incluye información adicional, fotografías, tablas y gráficos del trabajo experimental, un glosario, la bibliografía general y las publicaciones producidas a partir de la investigación.

En la **Tabla 3** se puede ver una síntesis del trabajo de investigación desarrollado:



**ESTRATEGIAS SUSTENTABLES PARA CONTROLAR LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN
ESPACIOS URBANOS Y RESIDENCIALES.**

Tecnologías de naturación urbana aplicado a fachadas

<p align="center">Capítulo 1 OBJETIVOS Y METODOLOGÍAS</p>	<p>Planteo del problema Contextualización Tipo de investigación Objetivos Hipótesis Metodología</p>	<p align="center">PRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA</p>	<p align="center">INTRODUCCIÓN</p>
<p align="center">Capítulo 2 y 3 MARCO TEÓRICO</p>	<p>Estado del arte</p>	<p align="center">ETAPA EXPLORATORIA (recolección -identificación)</p>	<p align="center">PARTE I</p>
<p align="center">Capítulos 4, 5 y 6 MARCO METODOLÓGICO</p>	<p>Tipo de investigación Muestra representativa Instrumentos de recolección Definiciones, variables Análisis, descripción y diagnóstico Definición problema</p>	<p align="center">ETAPA INTERPRETATIVA Descripción -Explicación - Diagnóstico</p>	<p align="center">PARTE II</p>
<p align="center">Capítulo 7 MARCO EMPÍRICO</p>	<p>Construcción prototipo Elaboración modelos experimentales Experimentación en laboratorio Condiciones de relevamiento Elaboración resultados Discusión Limitación y potencialidades</p>	<p align="center">ETAPA DEMOSTRATIVA Construcción - Experimentación</p>	<p align="center">PARTE III</p>
<p align="center">Capítulo 8 CONCLUSIONES Y PROSPECTIVA</p>	<p>Validación de la hipótesis de partida Conclusiones teórico-experimentales Contribuciones Desarrollos futuros Avances Líneas futuras</p>	<p align="center">ETAPA SINTÉTICA-ANALÍTICA Informe final Conclusiones-Contribuciones- Recomendaciones-Líneas futuras</p>	<p align="center">PARTE IV</p>
<p align="center">Anexos COMPLEMENTO TÉCNICO-CIENTÍFICO</p>		<p>MATERIAL COMPLEMENTARIO <i>ANEXO A Aspectos generales de un SJV-Tipología</i> <i>ANEXO B Aspectos botánicos</i> <i>ANEXO C Beneficios Ecosistémicos y desventajas de los SJV</i> <i>ANEXO D Relevamiento fotográfico</i> <i>ANEXO E Ensayos de laboratorio</i> <i>ANEXO F Desarrollo de prototipos</i> <i>ANEXO G Glosario</i> <i>ANEXO H Bibliografía</i> <i>ANEXO I Publicaciones</i></p>	<p align="center">PARTE V</p>

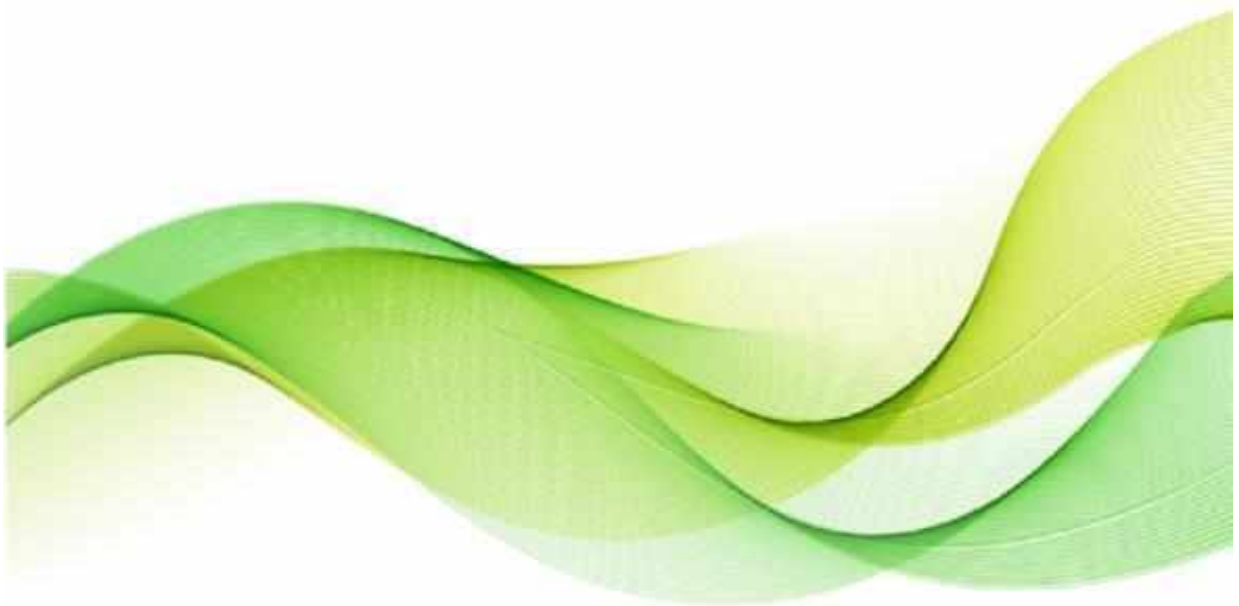
Tabla 3 Estructura y contenido de la Tesis

Fuente: elaboración personal



PARTE I

MARCO TEORICO





OBJETIVO PRINCIPAL

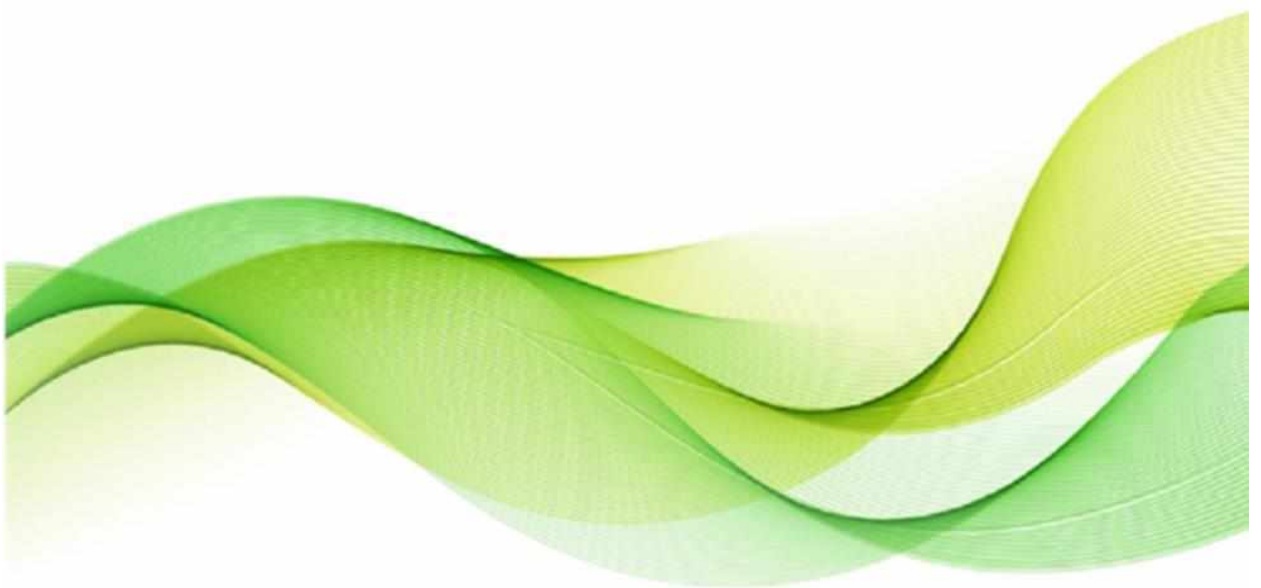
La Parte I representa la etapa interpretativa del trabajo de investigación orientado al relevamiento, descripción, análisis e interpretación de información relevante, a fin de comprender la complejidad de la problemática de la contaminación acústica a escala arquitectónica y urbana.

La información obtenida permite obtener una aproximación teórico-conceptual de los sistemas de jardines verticales en sus prestaciones ecosistémicas para reducir los niveles de ruido urbano.



CAPÍTULO 2

ESTADO DEL ARTE





(...) Los arquitectos en el pasado han intentado concentrar su atención en el edificio como un objeto estático. Creo que las dinámicas son más importantes: las dinámicas de las personas, su interacción con los espacios y condición ambiental. (...)

John Portman



SÍNTESIS

El presente capítulo describe las nuevas propuestas de control de ruido a escala urbana y arquitectónica inspiradas en las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), como la naturación urbana aplicada a las envolventes, con el fin de aprovechar los beneficios ecosistémicos que ofrece.



2. ESTADO DEL ARTE

2.1 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Durante las últimas décadas, conocido como periodo del *Antropoceno*, la sociedad enfrenta nuevos desafíos a consecuencia de los crecientes procesos de urbanización inéditos en la historia de la humanidad, situación que fue conformando una matriz compleja de problemáticas urbano-ambientales que produjeron el deterioro en la salud y la calidad de vida. El éxodo rural hacia las ciudades en busca de oportunidades ha generado un avance de urbanización sobre la frontera agrícola reduciendo y degradando significativamente el territorio. Dicha situación ha producido desequilibrios urbano-ambientales generando una diversidad de problemáticas complejas que afectan sensiblemente la calidad del medio ambiente (Brown y Rhagu, 1998), la salud (Stansfeld y Matheson 2003; Sobotova et al., 2010; Babisch, 2005) y la calidad de vida (Seidman y Standring, 2010) de la población.

La situación expuesta podría generar un panorama aún más complejo a futuro si se toman en consideración los escenarios previstos por la *ONU* hacia el año 2050, los cuales estiman que el porcentaje de la población mundial en áreas urbanas podría alcanzar una cifra cercana al 70%. (ONU, 2014)¹. Dicho crecimiento demográfico supondrá urbes desbordadas, degradadas y empobrecidas, con una población numerosa y vulnerable (FAO, 2010).

En la actualidad, las ciudades no están preparadas para acoger un crecimiento descontrolado con las actividades y la infraestructura de soporte existentes, observándose complejas problemáticas en el ambiente entre las que se encuentra la contaminación acústica. Este fenómeno resulta paradójico ya que por una parte representa un indicio del desarrollo urbano y por la otra se expone como uno de los factores más negativos en la calidad de vida urbana. Entre las características principales de este tipo de poluentes, se encuentra la invisibilidad (Bronzaft y Hagler, 2009) y la escala de afectación, ya que puede alterar la salud poblacional de un pequeño sector e incluso, en circunstancias especiales, gran parte de una ciudad.

La contaminación acústica es un fenómeno creciente que afecta todas las ciudades del mundo, principalmente las más pobladas y desarrolladas (Gidlöf-Gunnarsson y Öhrström, 2007) y ello puede observarse claramente en la ilustración que se presenta en la **Figura 1**.

¹ (...) El 54 por ciento de la población mundial actual reside en áreas urbanas y se prevé que para 2050 llegará al 66 por ciento, según datos de un informe de la ONU (...) Disponible en: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>

World's most noise polluted countries: India comes in top

Noise Pollution measured in 2017 (by country)

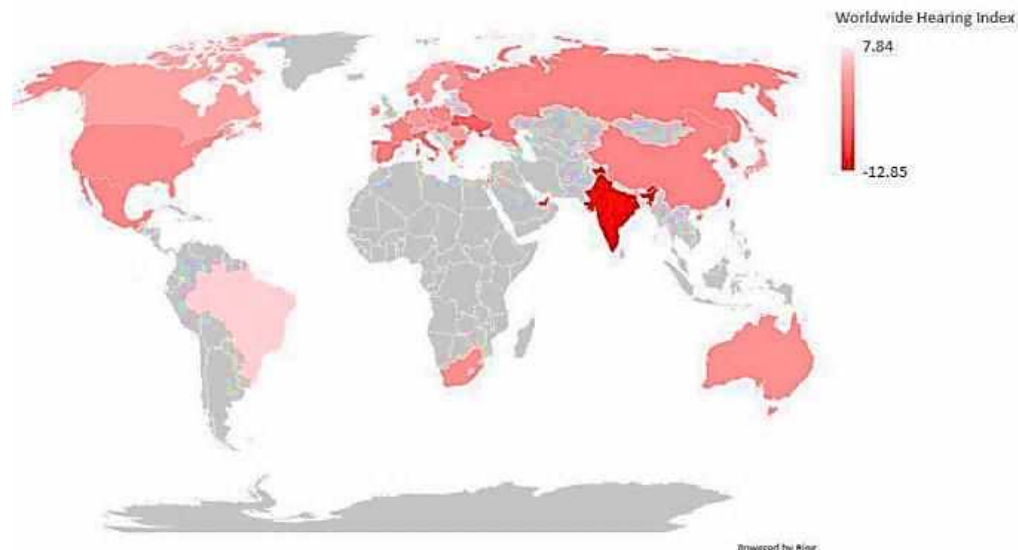


Figura 1 Ciudades del mundo con mayor contaminación acústica

Fuente: Worldwide Hearing Index 2017

La contaminación acústica en las ciudades es el resultado de una multiplicidad de factores relacionados con las fuentes de ruido urbano (Goines y Hagler, 2007) a consecuencia de las actividades cotidianas (tránsito ferroadmotor, actividades comerciales y recreativas, etc.), las condiciones del medio en el que se propaga y por último, con la sensibilidad de la población.

El ruido urbano afecta todo tipo de edificios, sin embargo, los más susceptibles son aquellos destinados a las viviendas ya que podría afectar las actividades y la salud psicofísica de los habitantes durante un mayor período de tiempo.

Tomando en consideración que el ruido urbano ingresa al edificio a través de la envolvente, elemento constructivo que define el exterior del interior, resulta de gran importancia las características morfológicas y tecnológicas que la componen.

Un diseño arquitectónico apropiado, sostenible e innovativo de la envolvente edilicia que incluya las tecnologías vivas podría reducir significativamente el nivel de ruido percibido en el interior.

El concepto de sostenibilidad se ha convertido en una idea clave en los debates nacionales e internacionales que fueron generando un mayor interés, compromiso y responsabilidad a partir de la publicación del *Informe Brundtland* (1987), la *Cumbre de la Tierra de Río* de 1992, la *Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible* de 2002 en Johannesburgo (Doughty, y Hammond, 2004) y con la *Conferencia de Copenhague* más reciente de 2009. Dicho contexto resultó el sustento para la introducción del concepto de sostenibilidad en el entorno



construido, que puede definirse como arquitectura sostenible o *ecoarquitectura*, la cual representa un modo de pensar, hacer y construir respondiendo a los problemas ambientales globales buscando reducir los impactos ambientales derivados de la industria de la construcción los cuales incluyen el agotamiento de los recursos naturales, la reducción de la emisión de CO₂ y otros gases que del efecto invernadero (Pulselli et al., 2006).

Por otro lado, la *Agenda 2030* de las *Naciones Unidas* (2015) acompaña las iniciativas postuladas anteriormente, ya que adopta entre sus *17 Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS)* la creación de *Ciudades Sostenibles* con la inclusión de espacios verdes (Hough, 1995) como una de las estrategias principales para la promoción de la salud en las comunidades, concepto profundizado por la *Nueva Agenda Urbana de Hábitat III* (2016).

Las nuevas concepciones de ciudad surgen con el interés participativo de los mismos ciudadanos, configurando una especie de nueva revolución agraria silenciosa (Brown, 2002) con sentido de permanencia. Dicho contexto plantea un nuevo paradigma de la arquitectura que plantea mantener una nueva relación con la naturaleza.

(...) La incorporación de vegetación al sistema urbano genera beneficios en las tres esferas de acción de la sustentabilidad, la social, la económica y la ambiental, debiendo ser de manera holística. En la parte social, mejorando la calidad de vida de los habitantes de las ciudades creando ambientes más confortables para la convivencia, el desarrollo de actividades deportivas y la generación de identidad y comunicación. En la parte ambiental, describir los múltiples beneficios de la vegetación al mitigar los efectos urbanos que interfieren con el medio natural, tales como mejorar la temperatura, disminuir el ruido, mejorar la imagen urbana y como auxiliar para evitar inundaciones. En el aspecto económico, al mejorar la calidad ambiental de las ciudades se genera un beneficio social en sus habitantes elevando su calidad de vida y revaluando el suelo ya que obtiene mayor plusvalía en estas zonas de la ciudad (...). Galindo y Victoria, 2012

La perspectiva de la arquitectura sostenible se encuentra en proceso de transformación (Cole, 2004; Pedersen Zari y Jenken, 2009) ya que no alcanza con reducir los impactos ambientales, sino que resulta necesario obtener beneficios de la naturaleza (Rees, 1999; Pedersen Zari y Jenken, 2009; Shady, 2018). Así, emerge una posición superadora representada por el diseño regenerativo (Del Caz, 2017) que busca la coparticipación humana en las esferas socio-culturales y las esferas del beneficio mutualista (Reed, 2007) que tiendan a buscar un sano equilibrio en todo el ecosistema. (**Figura 2**)

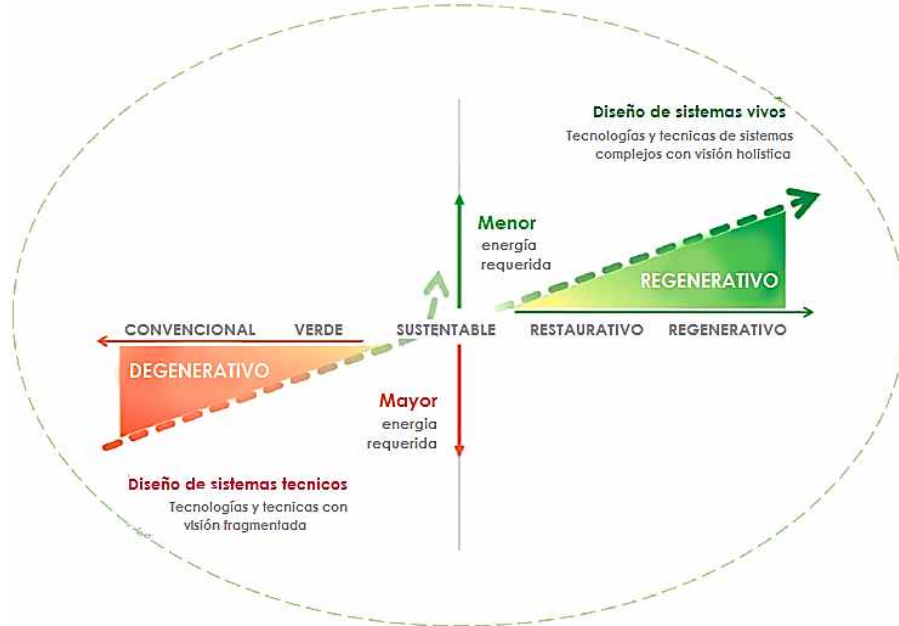


Figura 2 Diferencias entre diseño degenerativo y regenerativo

Fuente: Mang y Reed, 2012

La *arquitectura regenerativa* conecta los edificios y sus usuarios con el ecosistema natural de manera conciliadora, planteando una coevolución respetuosa que mantiene el equilibrio ambiental bajo la responsabilidad humana, que debe considerarse durante el diseño a través de la combinación apropiada de materiales y productos que propendan al *ciclo de vida cerrado* o *economía circular (C2C)*². Dicho planteo encuentra sus raíces en autores como el arquitecto austriaco *Friedensreich Hundertwasser*, quien estudiaba los productos para alcanzar un ciclo de vida cerrado e incluso planteaba en su *Teoría de las Cinco Pielas* la relación hombre-ecosistemas para diferentes niveles (Figura 3).

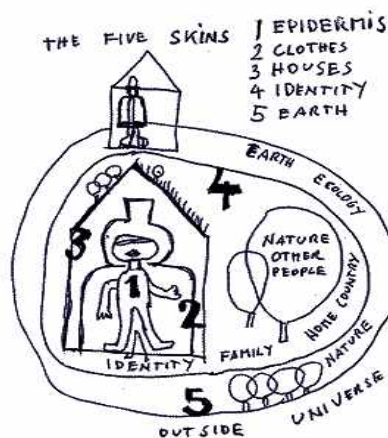


Figura 3 Esquema de la Teoría de las 5 pieles realizado por Hundertwasser

Fuente: Pinterest

2 C2C, sigla en inglés de *cradle to cradle* (de la cuna a la cuna)², representa cero basuras en los objetos construidos, asimilado a los ecosistemas naturales.

Hundertwasser ha interpretado las ciudades como entidades vivientes pertenecientes a un ecosistema planetario más amplio, creando una nueva ecología urbana de transición.

(...) Mientras la razón principal de la arquitectura ha sido proteger al hombre contra la naturaleza, la ciudad contemporánea se esfuerza por reconciliar a los seres humanos y los ecosistemas naturales. El jardín ya no está ubicado detrás, delante o al lado del edificio. ¡Es el edificio! La arquitectura se vuelve cultivable, comestible y sostenible (...) Callebaut, 2014

Dentro de los exponentes de la emergente arquitectura regenerativa se puede mencionar al belga Vincent Callebaut, quien se autodefine arquibiotecto y plantea en su diseño urbano para París 2050 el protagonismo de la simbiosis arquitectura-naturaleza o del verde sobre gris en línea con los postulados de Ambasz (

Figura 4).



Figura 4 Paris 2050 - Ciudad futurista

Fuente: Callebaut, 2014-2015

En el marco de la nueva *arquitectura regenerativa*, surgen algunas propuestas conocidas como las *Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)* cuyo origen deriva de la transdisciplinariedad de saberes relacionados con la biología, la arquitectura y el urbanismo, buscando aportar valores ecológicos, ambientales, paisajísticos y de salud.

En su esencia, aborda la conexión entre flora y fauna de manera equilibrada, promoviendo la biodiversidad, la *biofilia*, ayudando a reducir los impactos ambientales negativos en el entorno construido y la consecuente degradación de la calidad de vida. Las intervenciones forman parte de una estrategia sostenible (Sheweka y Magdy, 2011; Ghaffarianhoseini et al., 2013; Zhang et al., 2012) de rehabilitación urbana y de rehabilitación de edificios (Saadintian et al., 2013; Mazzali et al., 2013).

Las *Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)* son intervenciones que abordan problemas



de sostenibilidad social, económica y ambiental de manera simultánea, presentando así un enfoque multifuncional, que produce beneficios interrelacionados orientados a ofrecer propuestas que propician el aumento de la sostenibilidad urbana (Cohen-Shacham et al., 2016; Dorst et al., 2019; EC 2015). Dichas intervenciones pueden ser diversas como la inclusión de parques, redes ecológicas, permacultura, naturación urbana, etc.

La *Unión Europea (UE)* define a las *SbN* como las soluciones inspiradas, respaldadas e incluso imitadas a la naturaleza, que brindan en simultáneos beneficios ambientales y socio-económicos ayudando a producir una mayor resiliencia en las ciudades.

Este tipo de propuestas se rigen en ocho principios básicos que se indican en la **Tabla 4**.

Nº	PRINCIPIOS DE LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (SbN)
1	Las SbN adoptan las normas y principios de la conservación de la naturaleza.
2	Las SbN se pueden implementar de forma autónoma o integrada con otras soluciones a retos de la sociedad, por ejemplo soluciones tecnológicas y de ingeniería.
3	Las SbN vienen determinadas por contextos naturales y culturales específicos de los sitios, que incluyen conocimientos tradicionales, locales y científicos.
4	Las SbN aportan beneficios sociales de un modo justo y equitativo que promueve la transparencia y una participación amplia.
5	Las SbN mantienen la diversidad biológica y cultural y la capacidad de los ecosistemas de evolucionar con el tiempo.
6	Las SbN se aplican a escala de paisaje.
7	Las SbN reconocen y abordan las compensaciones entre la obtención de unos pocos beneficios económicos para el desarrollo inmediato y las opciones futuras para la producción de la gama completa de servicios ecosistémicos.
8	Las SbN forman parte integrante del diseño general de las políticas y medidas o acciones encaminadas a hacer frente a un reto concreto de la sociedad.

Tabla 4 Principios de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)

Fuente: elaboración propia

Las prácticas expresadas pueden ser tanto variadas como flexibles, admitiendo su implementación de manera simultánea, interconectada y complementaria con áreas verdes periurbanas (De Felipe & Briz, 1998; Rudolf, Malhau, & Merino, 1995; Rudolf, & Rudolf, 1994) e incluso con intervenciones puntuales en el contexto de la *Infraestructura Verde Urbana (IVU)*.

Entre las propuestas resolutivas basadas en las *SbN* existen aquellas que pretenden aumentar la superficie verde urbana para acercarse 9 m²/habitante mínimo sugerido por la *ONU/Hábitat* al deseable de 15 m²/habitante recomendado por la *OMS*. En tal sentido, un creciente cuerpo de investigadores sugiere la reintroducción de un mayor número de verdes urbanas a fin de reducir algunas de los impactos negativos de la urbanización (Chiesura, 2004; Currie y Bass, 2008; Pérez-Urrestarazu et al., 2015), resultando una herramienta prometedora en el contexto de las nuevas tendencias de *renaturalizar ciudades* para volverlas *biofílicas*, *resilientes* y *sostenibles* frente a las actuales crisis ambientales.

En el marco de las SbN, se inscriben las *tecnologías de naturación urbana* definidas por Urbano-López (2013), como (...) *la acción de incorporar la vegetación al medio urbano con el objetivo de amortiguar el desequilibrio entre la urbanización y la conservación del medio ambiente* (...), resultando una herramienta promisoriosa para maximizar los *servicios ecosistémicos* de la *Infraestructura Verde Urbana (IVU)*.

La *naturación* no resulta un conocimiento nuevo, ya que ha sido utilizada a lo largo de la historia por diversas culturas que pretendían obtener un beneficio estético o bien productivo. Sin embargo, hoy día representa una técnica renovada y resignificada que adiciona además la interrelación de las dimensiones ecológicas y sostenibles.

(...) *La naturación urbana es pieza clave de un urbanismo que no se produce como invasor, sino de una forma holística, utilizando el propio paisaje como una fuerza más del mismo que propicia los usos, las funciones, la vida y la relación de las personas. Cualquier tipo de espacio puede adoptar soluciones de naturación adecuadas. Es fundamental eliminar las barreras que impiden un mayor desarrollo de las naturaciones urbanas y las mayores barreras son como siempre las del desconocimiento y la falta de interés que muchas veces se tiene por adquirir ese conocimiento (...) ya que se lo debe valorar como "material base de la construcción (...) Sicilia, 2017*

En la práctica, la *naturación* se refiere a la gestión amplia de la vegetación urbana representada por espacios y zonas verdes incluyéndose la jardinería, la agricultura urbana, la permacultura y la silvicultura urbana (Fernández Cañero et al, 2015) buscando fomentar la flora y fauna autóctona de manera aceptable, coherente y sostenible (De Felipe y Briz, 2010). La aplicación de la naturación urbana es posible a través de tres formas: creando espacios de zonas verdes de diversas escalas (**Figura 5**); generando corredores verdes en vías de circulación y aplicando la vegetación en los muros y envolventes de edificios mediante sistemas constructivos (Briz, 2003).



Figura 5 Aplicaciones de soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) en las ciudades

Fuente: elaboración personal

Los enfoques planteados se centran en el impacto positivo de la vegetación en la arquitectura, conocido como *arquitectura biofílica* o *diseño biofílico* (Kohler, Schmidt y Laar, 2003) o *vegetación integrada en el edificio* (Grant, 2006). En tal sentido, algunos autores (Santosh,



G., 1998) consideran que los diseños urbanos que internalizan la vegetación en sus propuestas exponen un nuevo paradigma de ciudad, que ofrece superar la concepción de ciudad dinámica e industrial a la de ciudad más verde, saludable y funcional (Tîrlă et al., 2014). De hecho, la UE, reconociendo las bondades de la vegetación en ámbito urbano, ha comenzado a impulsar la financiación de proyectos e iniciativas tales como: la *Green Infrastructure Strategy, Europe's Natural Capital* (2013) acompañada por una agenda de políticas de investigación e innovación de las *Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN)*; la *Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities* (2015) para la regeneración de ciudades; el *Supporting the Implementation of Green Infrastructure* (2016a) que incentiva la inclusión de las SbN como infraestructura verde urbana; entre otros.

Por otro lado, en los últimos años dentro del contexto de la UE surgen nuevos programas para fomentar la eficiencia en la investigación e innovación en el tema de la vegetación, surgiendo iniciativas como el *Urban Green UP* que busca mitigar los impactos ambientales en ciudades europeas y no europeas mediante soluciones innovadoras basadas en SbN; el *Grow Green Project* con el objetivo de generar herramientas que incluyan las SbN en diversas escalas urbanas; el *Connecting Nature* que impulsa la innovación en el uso de las tecnologías de naturación, entre las más destacadas.

Bajo las mismas premisas de la UE, países del sudeste asiático como Singapur comienzan a implementar un ambicioso plan transversal con implicaciones en múltiples áreas que propone llevar a cabo una transformación profunda en el modelo de desarrollo de la ciudad-estado, llamado "*Singapur Green Plan 2030*". El objetivo final es impulsar un modelo económico e industrial sostenible, incentivando estrategias que propician la creación de una ciudad-jardín moderna basada en la sostenibilidad edilicia y en el creciente protagonismo de la vegetación. En el marco de las SbN las tecnologías de naturación, además de representar una herramienta para el aumento de la superficie vegetal, ofrecen un amplio conjunto de *servicios ecosistémicos* urbano-edilicios cuyo impacto positivo dependerán, entre otros, de la escala de intervención, aunque ofrece la posibilidad de aplicarse de manera flexible.

Entre los *beneficios ecosistémicos*³ se encuentra el aumento de la biodiversidad, la regulación de la humedad, la reducción de los efectos de la isla de calor, la mejora térmica, la mejora en la percepción del ruido, etc.

Respecto al comportamiento frente a la contaminación acústica, existen antecedentes interesantes en numerosos trabajos de investigaciones relacionados los efectos positivos en el uso de la vegetación para la reducción del ruido percibido dentro de los edificios (Horoshenkov et al., 2013; Azkorra et al., 2015; Dunnett y Kingsbury, 2004; Yang et al, 2012;

³ Se desarrolla con mayor profundidad en el Anexo C.



Wong et al., 2010; Thomazelli et al., 2017; Dunai et al, 2016; Van Renterghem et al., 2014), la mejora acústica en el entorno urbano (Van Renterghem y Botteldooren (2009); Kang, 2007; Wong et al., 2010; Zhang et al., 2017), tanto a escala arquitectónica como urbana. En tal sentido, existen referencias significativas mediante la implementación de políticas e iniciativas que incentivan la utilización de este tipo de tecnologías como el *Proyecto HOSANNA*⁴ (Unión Europea, 2013), cuyo interés se basa en el aprovechamiento de las superficies ociosas de las envolventes edilicias situadas en los corredores viales (cañones urbanos) a través de la implantación de sistemas de jardines verticales y techos verdes, apoyado por grandes hileras de masas arbóreas conformando así importantes corredores vegetales tendientes a reducir el ruido percibido dentro de las viviendas, así como mejorar la calidad del entorno acústico urbano.

En la misma línea de la iniciativa precedente, se ha promovido y financiado un programa específico llamado *SILENTVEG* (UE, 2014), cuyo objetivo ha sido mejorar las prestaciones acústicas en zonas con altos niveles de ruido cercanos a corredores viales con la implementación de los sistemas de jardines verticales, luego acompañado por el *Programa Harmony 2020* sobre movilidad sostenible.

En algunos países existen regulaciones que impulsan el uso de la naturación urbana para la reducción del ruido, tales son los casos del *Green roof and wall policy in North America Regulations, Incentives, and Best Practices* (2019) de Estados Unidos y Canadá; y el *Growing Green Guide: A guide to green roofs, walls and facades in Melbourne and Victoria* (2014) de Australia.

Por último, el grupo internacional e interdisciplinario *ARUP*⁵ *Venture* orientado al desarrollo sostenible realizó un trabajo de investigación denominado “*Cities Alive: Green Building Envelope*” (ARUP, 2016) en el que se indagó sobre las prestaciones ecosistémicas de la naturación urbana aplicada a las envolventes para conocer su comportamiento frente al calentamiento global, la reducción del material particulado y la disminución de los niveles de ruido percibidos.

2.2 APROXIMACIONES CONCEPTUALES

2.2.1 Naturación urbana en las envolventes arquitectónicas

Existen múltiples definiciones sobre la envolvente arquitectónica, muchas de las cuales se refieren a cerramiento o separación entre el espacio exterior e interior adjudicándole funciones tales como soporte, iluminación, ventilación, protección higrotérmica, control de ruidos externos, seguridad, estética y distribución de servicios.

⁴ HOlistic and Sustainable Abatement of Noise by optimized combinations of Natural and Artificial means (2009-2013).

⁵ Su nombre tiene origen en su fundador, el ingeniero y filósofo Sir Ove Arup.



Sin embargo, se pueden trazar dos criterios básicos en la materialidad de una envolvente:

- ✓ *Criterios arquitectónicos: se refieren a la tendencia de dividir las funciones arquitectónicas según formas, estructuras y materiales a lo largo de la historia de la arquitectura.*
- ✓ *Criterios constructivos: apunta a la elección y combinación de los materiales, al diseño y a los procesos constructivos.*

Posteriormente han surgido propuestas que redefinen a la envolvente a partir de concebirla como un moderador ambiental (Wang *et al.*, 2012) que se comporta como una interfaz entre los factores ambientales externos y las demandas internas de los ocupantes (Del Grosso & Basso, 2010). En tal sentido, la envolvente resulta un elemento determinante para el confort dentro del ambiente interno más allá de las condiciones exteriores (Sadineni *et al.*, 2011). Desde hace algunos años se estudian alternativas innovadoras y sustentables para las envolventes, siendo la naturación urbana una de ellas, que representan ecosistemas vivos adaptados y reactivos a las condiciones cambiantes del entorno externo, representando una herramienta de diseño y una solución tecnológica innovativa con altas potencialidades para resolver los requerimientos de la envolvente como interfaz.

La aplicación de las tecnologías de naturación en los edificios resulta una estrategia significativa para la recuperación de la naturaleza en el entorno construido, propiciando la creación de ambientes más verdes (Briz *et al.*, 2015) y saludables.

El concepto de *naturación* implica involucrar la vida urbana y rural a través de la recuperar el protagonismo de la naturaleza mediante la creciente inclusión de especies vegetales al ambiente construido a fin de mejorar las condiciones de vida de manera sostenible.

El ingeniero agrónomo *Briz* (2003) realiza un aporte interesante al definir a la *naturación* como la acción de incorporar o fomentar la naturaleza en nuestra vida cotidiana a través de la recuperación de biodiversidad autóctona de una manera aceptable y coherente, buscando la viabilidad de un mantenimiento que nos lleve a una naturación sostenible.

La *técnica de naturación urbana* incorpora la vegetación especialmente adaptada (Urbano y Briz, 2004; Neila *et al.*, 1999) a las superficies edificadas horizontales, verticales e inclinadas mediante un tratamiento técnico específico (Rudolf, 1992), conformando una segunda capa multifuncional (Urbano López Meneses, 2013) vital y dinámica que *transforma el edificio en un biotopo* (De Felipe & Briz, 1998).

Entre las características principales de la técnica de naturación, se encuentran su capacidad de adaptación e interacción con el entorno construido ya que lo integra al edificio como un



elemento constructivo (Babtiwale, 2012) materializado como sistemas de cubiertas verdes y jardines verticales.

La adición de una *piel viva* a la envolvente presenta numerosos beneficios ambientales (Rowe, 2007; Pallares-Barbera et al. 2012), similares a las *Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)*.

La pandemia producida por el *coronavirus* o *COVID 19* ha impulsado el replanteo del diseño de la ciudad y de la vivienda. Dicho escenario se ha presentado de manera espontánea para instalar un modo de vida diferente al que se había transitado y conocido como “moderno”, en el que la relación entre superficies verdes y construidas fue reducida a la mínima expresión. En dicho contexto, muchos profesionales comenzaron a cuestionar sobre cómo debería ser el nuevo urbanismo y la vivienda frente a las necesidades sanitarias imperantes.

El nuevo urbanismo que se está gestando en la actualidad puede asimilar su punto de partida en la doctrina higienista de fines de Siglo XIX y principios del Siglo XX, que postula la necesidad de resolver las consecuencias de las ciudades insalubres causadas por la revolución industrial y la rápida propagación de enfermedades altamente contagiosas entre la población hacinada en viviendas precarias. En dicho contexto, se impulsaron las *teorías de las ciudades jardines* propuestas en Inglaterra por *Howard* a fin de equilibrar la relación campo-ciudad mediante el nuevo “urbanismo saludable” que tuvo mucha difusión en diversos puntos del mundo. Así, se tomaron en consideración para el diseño urbano-arquitectónico experiencias científicas en cuanto a las dimensiones y volúmenes espaciales necesarios para optimizar la oxigenación, el asoleamiento y el espacio verde, plasmándose en diversas intervenciones urbanas internacionales e incluso en nuestro país a través del trazado de la ciudad de *La Plata*.

Los antecedentes expresados pueden ayudar para reinterpretar las nuevas exigencias del “espacio mínimo habitable”, frente al escenario de confinamiento pandémico y desconfinamiento post-pandémico, desde una multiplicidad de conocimientos (**Figura 6**).

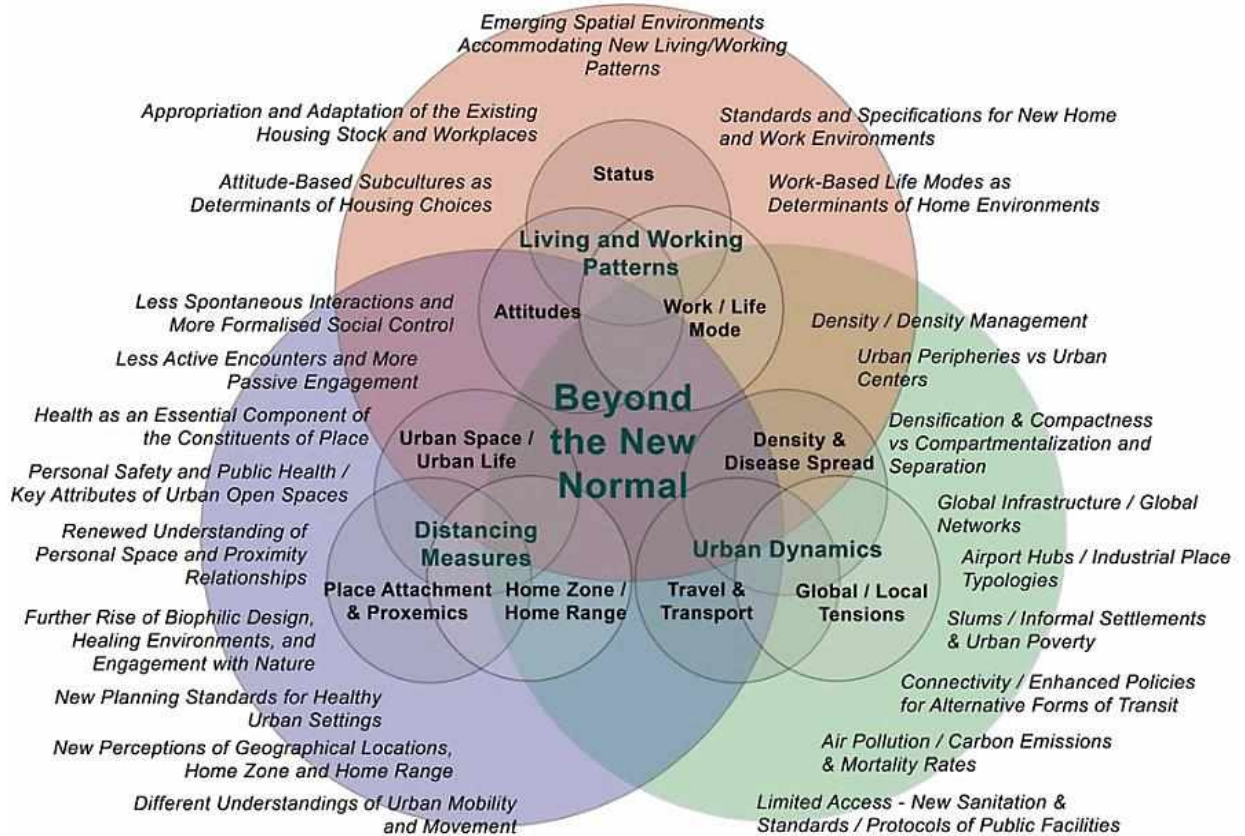


Figura 6 Implicaciones urbanas y socio- espaciales posteriores a la pandemia

Fuente: Salama, 2020

Las circunstancias actuales generan una nueva mirada sobre la calidad y espacialidad del hábitat, ya que la emergencia de posibles pandemias exige un mayor tiempo de ocupación de los espacios. Los cambios de hábitos relacionados con la virtualidad y la conectividad resultan condiciones necesarias para desarrollar actividades como el teletrabajo y la educación a distancia. La recreación e incluso la actividad física se han trasladado al interior del hábitat.

(...) la pandemia actual trae aparejada la cuestión del diseño..." por tanto, el desarrollo de entornos saludables debe ser fundamental para la arquitectura y el urbanismo del futuro ya que la salud parece estar ausente en la formación y la práctica de la arquitectura, diseño y planificación urbana (...) Forsyth, 2020.

Con escenarios pandémicos, la *Infraestructura Verde Urbana (IVU)* constituida por espacios como plazas, parques, espacios recreativos, deportivos y culturales, cambia de modo de utilización, por lo que toda oportunidad de desarrollar desde la vivienda un escenario interactivo e inclusivo con la naturaleza resulta positivo.

Los espacios ociosos de las viviendas, como es el caso de las envolventes, ofrecen la oportunidad de crear lugares vegetados innovativos, donde el concepto de interfaz exterior-



interior supera la función de protección, estética e incluso ecosistémica para cumplir un rol de apropiación que reconecta con la naturaleza mediante el uso recreativo, e incluso utilitario, a través de huerto domestico destinado a la soberanía alimentaria de baja escala. Dicho espacio edilicio con “superficies sembrables” y eventualmente “cosechables”, crea la posibilidad de reconectar con el espacio exterior en busca de luz, ventilación natural y contacto directo con la naturaleza, sin la necesidad de ocupar el terreno en planta baja.

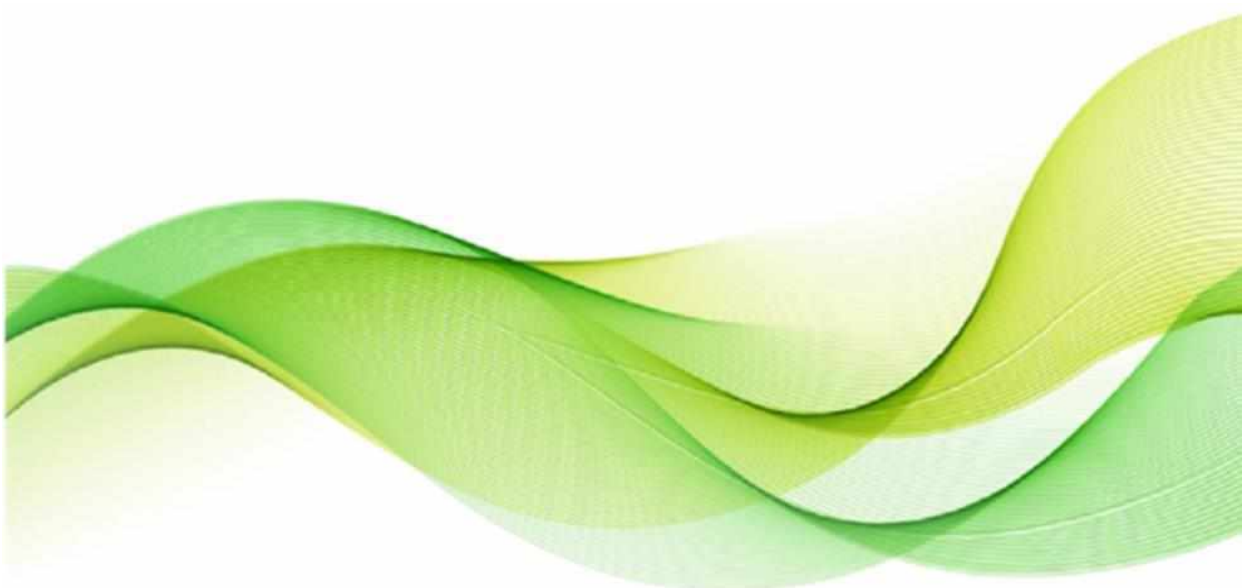
Las superficies vegetadas, como en el caso de los *sistemas de jardines verticales*, pueden diseñarse de modo tal que funcionen como una barrera natural frente a la polución del aire interior mediante la creación de un *biofiltro* (jardín vertical activo), que puede reducir las altas concentraciones de CO_2 en el ambiente interior (Fraser et al., 2016), como técnica de *fitorremediación* cuando se seleccionan las especies vegetales adecuadas.

El desafío que plantea este tipo de propuesta es elegir las especies con las prestaciones adecuadas con el fin de favorecer una sinergia positiva entre el edificio, sus ocupantes y el ambiente.



CAPÍTULO 3

NATURACIÓN URBANA: Antecedentes históricos





(...) La arquitectura es la voluntad de una época trasladada al espacio. [...] toda arquitectura está vinculada a su tiempo, es un arte objetivo que solamente puede regirse por el espíritu de su época (...)

Mies van der Rohe, 1924



SÍNTESIS

A lo largo de la historia la naturación ha presentado diferentes usos e interpretaciones, desde el concepto de sacralidad de la civilización griega, la de protección de los vikingos, el valor utilitario de los romanos, el estético de los babilonios y de los renacentistas, hasta su inclusión como servicio ecosistémico.

El presente capítulo propone un recorrido histórico de la naturación desde sus inicios hasta la actualidad, llegando a los sistemas de jardines y huertos verticales.

3. NATURACIÓN URBANA: ANTECEDENTES HISTORICOS

3.1 PRECEDENTES SIGNIFICATIVOS

El interés por incorporar espacios y elementos vegetales al diseño urbano-arquitectónico ha permanecido vigente a lo largo de la historia de la civilización, representando una impronta cultural y temporal en la relación hombre-naturaleza.

Desde los inicios, las prácticas de la jardinería han experimentado transformaciones, fundamentalmente con la irrupción de nuevas herramientas, técnicas constructivas y conocimientos sobre botánica, extendiendo este tipo de prácticas a nuevos espacios como es el caso de las envolventes.

Los primeros antecedentes del hábitat cubierto por vegetación se pueden encontrar en las primitivas civilizaciones humanas, representadas por la cueva como refugio improvisado (**Figura 7**) y las viviendas trogloditas (Blanc, 2015).



Figura 7 Bryn Celli Ddu - Capilla funeraria del periodo mesolítico (3000 a.C.) - Isla galesa de Anglesey (UK)

Fuente: anglesey.digital

La utilización de espacios naturales y elementos derivados de la naturaleza destinados a la construcción de espacios habitables se atribuye principalmente a la urgencia por resolver la problemática con aquellos elementos que se disponía en la zona, lo que expresa un reconocimiento intuitivo de los materiales capaces de resistir las inclemencias climático-ambientales.

Sin embargo, los primeros orígenes de los sistemas de jardines verticales, según el arqueólogo *Sir Leonard Woolley* (Petty, 2008), se remontan a la más antigua cultura mesopotámica conocida por el hombre ubicada en la ciudad de *Ur*. Allí se descubrió la estructura escalonada de un zigurat que presentaba perforaciones regulares en el adobe, interpretándose como un proto sistema de drenaje para el cultivo de árboles y arbustos en las terrazas ascendentes del edificio.

Figura 8).



Figura 8 Representación de los Jardines Colgantes de Babilonia

Fuente. Google imágenes

El edificio se componía de terrazas y jardines colgantes que revelaban un conocimiento de la geometría, la matemática, la astronomía, la ingeniería y la biología. Como mínimo, se necesitaron técnicas especiales que permitieran incorporar grandes volúmenes de especies vegetales y asegurasen tanto el riego como el drenaje del complejo sistema (Getter y Rowe, 2006). La aplicación de vegetación directamente sobre la envolvente del edificio representa una primera aproximación a las actuales técnicas de naturación urbana (Nizzero et al., 2006).

Los hallazgos arqueológicos de la antigua civilización egipcia muestran el uso de una simbología sacra de la naturaleza, siendo los árboles instrumentos de los dioses que se manifestaban en determinado momento. De hecho, los jardines resultaban espacios importantes para la sociedad egipcia de la época (Acevedo y Arriagada, 2018). Sin embargo, la vegetación también poseía un fin utilitario, ya sea como sombra y/o alimento, como se puede ver en las pinturas, grabados y relieves de los antiguos templos. En el fragmento de un fresco en la *Tumba del faraón Nebanum* (Tebas, Egipto) puede distinguirse la presencia de vegetación diversificada y una de las prácticas habituales de la época: la cubierta vegetal y la plantación de árboles en las terrazas de piedra de los templos (

Figura 9).



Figura 9 Fresco de un estanque y relieve de la cubierta vegetal de un edificio residencial

Fuente: Wikipedia y Singulargreen.com

Por otra parte, desde el siglo IX a.C, las antiguas comunidades vikingas de los países nórdicos diseñaban sus viviendas “con la naturaleza”, buscando una conexión visual y espiritual con los paisajes, concepto que aún mantienen en nuestros días fundamentalmente en las zonas rurales (Adamic, 2016). Las construcciones vikingas de Islandia y Noruega se conocen en inglés como *turf houses* o *turf building* (casas o edificios de césped). Utilizaban una estructura de madera sobre las que se aplicaban voluminosas envolventes naturales constituidas por tierra y césped del lugar, a fin de mejorar el aislamiento térmico necesario por el contexto climático extremo en el que se erigían (**Figura 10**).



Figura 10 Reconstrucción de una granja nórdica - Þjóðveldisbærinn Stöng, en Þjórsárdalur Valley.

Fuente: Wikipedia

Para la cultura griega, la naturaleza o *physis* representaba una cosmovisión mística diferente a la de sus antecesores, los egipcios. Existen interesantes ejemplos descritos por los pensadores presocráticos, quienes exponían en sus textos la preocupación por mantener una relación armónica entre el hábitat natural y construido, entre el amor a la naturaleza y la mimesis como forma de expresión. De hecho, la literatura y la mitología griega describen los jardines desde una perspectiva espiritual y religiosa, expresando que en las sombras de los árboles habitaban dioses, ninfas y sátiros (Añón Feliú, 2001).

El Imperio Romano ha (...) recogido la herencia del pueblo griego, cuya cultura admiraba a las viejas herencias indoeuropeas y mediterráneas de los países conquistados, los aportes orientales, asimilando y asegurando su supervivencia. La religión itálica había conservado el sentido de las fuerzas profundas de la naturaleza y los jardines romanos han sido a su vez una reserva de naturaleza y una reserva de cultura (...) (Añón Feliú, 2001). En la península itálica se encontraron antecedentes de terrazas y jardines colgantes, y algunos monumentos funerarios etruscos poseían sepulcros en forma de cúpulas -llamados *túmulos*- que se recubrían con la vegetación del terreno en el que se implantaba. La costumbre del túmulo se mantuvo durante el *Imperio Romano*, y se desarrolló en obras que poseían estructuras sólidas capaces de soportar la carga de las pesadas capas de sustratos y plantas (Urbano y Briz, 2004). En tal sentido, se pueden mencionar el *Mausoleo del emperador Adriano*, actual *Castel Sant'Angelo*, y el *Mausoleo Augusto*, que cumplían las funciones de tumba y jardín (**Figura 11**).



Figura 11 Tummulus etrusco en Cerveteri (Roma S. IV) y reconstrucción del Mausoleo de Adriano (Tívoli, Roma 130 a.C.)

Fuente: Google imágenes

Vitruvius Polion expresó en uno de los libros de su *Tratado*⁶ la relación arquitectura-naturaleza de esta manera: (...) la arquitectura es una imitación de la naturaleza. Como las aves y las abejas construyen sus nidos, los seres humanos construyen vivienda a partir de materiales naturales, que les da refugio contra los elementos (...) (Bermúdez-García, 2015).

La inclusión de los jardines incorporó diversas prácticas ingenieriles que se aplicaron no solo a los monumentos funerarios de sus emperadores y a edificios institucionales, sino también como una extensión del edificio (*domus*) en el espacio público destinado a las clases bajas y en el espacio privado de las villas de la alta sociedad. La *Villa de Adriano* (Tívoli, Roma), constituye una obra emblemática de la arquitectura romana, fuente de inspiración en la equilibrada relación arquitectura-jardín (Añón Feliú, 2001).

Por otro lado, se configuró en dicho periodo histórico el jardín privado, conocido como *hortus*, que proporcionaba funciones estéticas y alimentarias tanto en las viviendas como en los palacios. Una variante del *hortus*, denominada *Horti pensilis*, basaba su técnica en la colocación de plantas en el techo de los palacios previo tratamiento de impermeabilización⁷, técnica que incluía la incorporación de una gruesa capa de mortero de cerámica apisonada, arena y cal (o piedra caliza finamente molida), llamado de *cocciopesto* u *opus signinum*, que alcanzaba sus propiedades definitivas cuando se endurecía (fraguado).

Uno de los edificios que aplicó la técnica del *horti pensilis* en la cubierta con fines ornamentales fue el palacio del emperador *Tiberio* (*Domus Tiberiana*) en *Roma*, cuya estructura se aprecia en la

Figura 12.

⁶ Tratado "De Architectura" es una serie de diez libros se identifican los diferentes elementos que hay que tener en cuenta a la hora de crear una nueva ciudad o construir una vivienda. Es uno de los textos clásicos más antiguos que se conoce, escrito aproximadamente en el Siglo XV a. C. el cual fue apreciado por los arquitectos renacentistas.

⁷ Se utilizaba un mortero llamado "cocciopesto u opus signinum" conformado por tejas partidas en pequeños trozos, mezcladas con cemento, y posteriormente apisonadas.

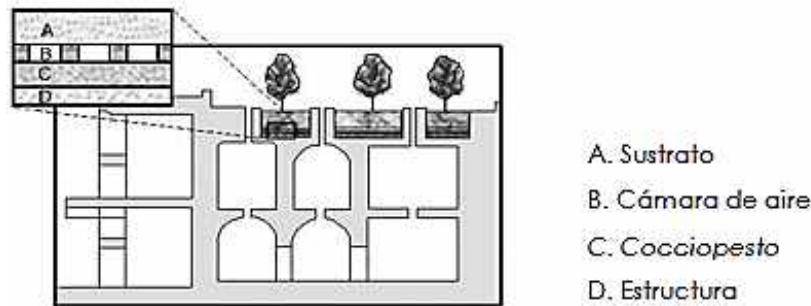


Figura 12 Reconstrucción de la Domus Tiberiana

Fuente: singulargreen.com

Es interesante destacar que sobre el *cocciopesto* se colocaban placas de cerámica elevadas que formaban una cámara de aire para mejorar la estanqueidad y evitar que las raíces de la vegetación dañasen la estructura del edificio. Dicho tratamiento buscaba disimular la estructura sólida capaz de soportar los sobrepesos de las plantas y los sustratos (Urbano y Briz, 2004). Esta intervención representa uno de los primeros antecedentes de los sistemas de naturación urbana aplicados en las cubiertas.

En cuanto al tratamiento de los palacios y las grandes villas romanas, se aplicaron diseños más exuberantes que aquellos heredados del paisajismo griego, agregándoles elementos decorativos relacionados con el agua. Así surgen fuentes, estanques, galerías cubiertas y esculturas que más adelante representaron una referencia importante en los jardines renacentistas y barrocos.

A pesar de la destrucción infligida a *Roma* por parte de las tribus vándalas, sus contribuciones perduraron durante algunos siglos e influyeron en las tradiciones de la jardinería islámica a través de la ruta de *Bizancio* (Bowe, 2004). En tal sentido, el patio islámico fue modelado de igual forma que los antiguos jardines de peristilo romanos, con la diferencia de la connotación religiosa y cultural típica de los persas. Existe poca evidencia que sustente el uso de estructuras en forma de pérgola en el diseño del jardín islámico. Sin embargo, se conocen glorietas revestidas por enredaderas o arbustos cuidadosamente seleccionados para enfatizar la verticalidad.

En la *América* precolombina, mientras tanto, se desarrollaron jardines con fines utilitarios que se adaptaron a la superficie siguiendo la tipología del cultivo en altura en forma de terrazas. Una de las características más importantes de dicho jardín era el diseño del sistema de riego, que se adecuaba a las necesidades de la vegetación mediante un manejo equilibrado del recurso hídrico, comparable a la distancia con la agricultura sustentable.

En la India los jardines se desarrollaron a partir de múltiples vertientes como las persas, las griegas y las romanas. Los mismos, Presentaban un trazado más informativo que formal,



poniendo énfasis en el juego de las luces y las sombras, además de los efectos del agua y la elección de las especies vegetales con atributos olfativos, en particular las fragancias florales. Con la caída del *Imperio Romano* y la invasión de los bárbaros, Europa atravesó un periodo que trasladó la cultura del jardín medieval hacia el interior de los monasterios. Los jardines medievales cobraron un nuevo significado, relacionándose ahora con la introspección y la contemplación divina. Así surgen los jardines de carácter intimista, privados y pequeños, donde los monjes realizaron grandes avances en el conocimiento sobre las plantas y el cultivo y uso de hierbas medicinales. En algunas ciudades medievales se colocaban jardines colgantes en las murallas defensivas.

Durante el siglo XV se pone en crisis el sistema de valores representado por lo divino, lo mágico y lo simbólico, transmutando paulatinamente a valores apegados a lo terrenal y preanunciando el periodo renacentista que proponía una revalorización del pasado clásico. Surge un incipiente interés por la cultura romana, expresada con la búsqueda de espacios amplios y renovados con un jardín que recobra su rol protagónico tanto desde el punto de vista estético como formal, proponiendo una lectura unificada de lo natural y de lo construido. Los antiguos castillos medievales amurallados con jardines acotados, protagonistas del medioevo, dieron lugar a las grandes villas cuyos jardines discurrían y se fusionaban con el paisaje como forma de apropiación del territorio, configurando una transición entre la arquitectura y el paisaje.

En la concepción renacentista el emplazamiento del edificio se elegía con mucho cuidado, optando preferentemente por terrenos con pendientes para generar efectos particulares de perspectiva, para fundir visualmente el edificio con el entorno natural, y juegos de agua a partir de complejas obras hidráulicas.

Uno de los arquitectos más influyentes del período fue *León Batista Alberti*, cuya obra literaria *De Architectura* representa la piedra angular para la construcción de los edificios y jardines de la época. *Alberti*, inspirado en las fuentes clásicas, había establecido que los jardines al aire libre debían vincularse con el edificio, principio que se utilizó en diversas villas de la época, que se transformaron en espacios artísticos de dominancia geométrica. Una de las obras representativas del estilo es el *Palazzo Piccolomini* (Roma), que convirtió las paredes en galerías con vegetación como si la naturaleza más “civilizada” de la villa discurriera con el paisaje del entorno y se perdiera a la distancia. Otra obra emblemática fue la *Villa Quarracchi*, cuyo jardín presentaba un conjunto de pérgolas de diseño cruciforme que lo atravesaban y les proporcionaban sombra a sus visitantes.

Durante los siglos XV, XVI y XVII se construyeron en Italia villas más suntuosas como la *Villa Medici*, la *Villa Borghese*, la *Villa d’Este*, la *Villa Lante* y tantas otras obras emblemáticas que incluían imponentes jardines en sus diseños. (

Figura 13)

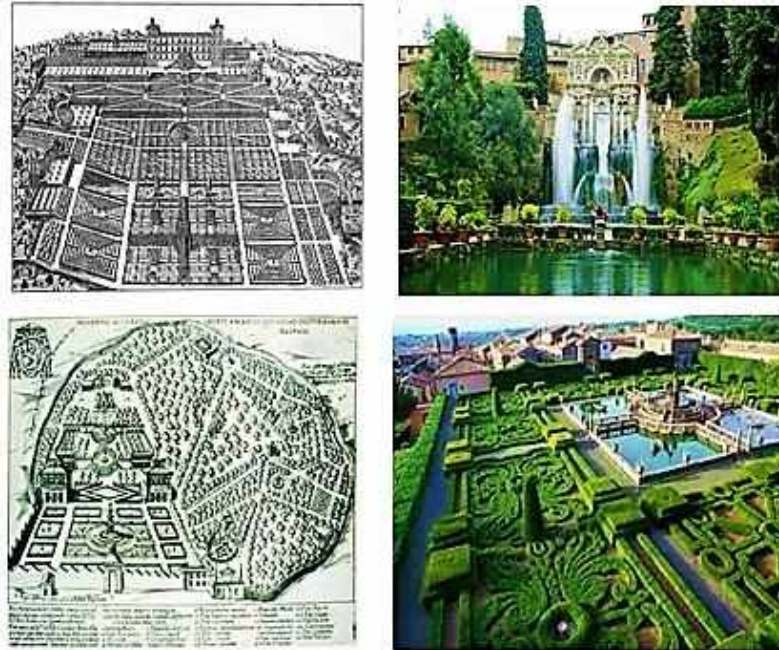


Figura 13 Detalles de la Villa d'Este (Tívoli, Roma) y la Villa Lante (Bagnaia, Viterbo)-Siglo XV

Fuente: naturaearificio.it; Google imágenes

La incorporación de los jardines dentro de las villas como diseño integrado simétrico, policrómico y fluido, fue asimilándose en otras urbes renacentistas e incluyeron planos escalonados, rampas, esculturas, huertos e incluso espacios privados conocidos como el “giardino segreto”, que acompañaba el recorrido del jardín principal. La transición entre la masa mural (vivienda) y la masa arbórea (jardín) se daba mediante logias, pórticos, gradas, jardines colgantes e incluso estructuras de terrazas ajardinadas. Así surgieron los jardines de *Villa Medici* en Fiesole, *Villa Madama*, *Villa Giulia*, *Villa d'Este* de Caprarola y *Villa Lante*, que incluían en su diseño una exquisita articulación de los jardines con las colinas. Durante este periodo, el *Papa Pio II* ordenó la construcción de la primera cubierta verde en un palacio de la ciudad de *Pienza*, tomando como inspiración las “domus tiberiana” del imperio romano, que se utilizaba para la realización de las audiencias (Bliss et al., 2009).

Hacia fines del siglo XVII y durante el siglo XVIII, *Francia* reformuló el jardín renacentista italiano para adaptarlo a las nuevas corrientes del *Barroco*, que ponía a la razón por encima de la naturaleza. El territorio francés presenta superficies más llanas respecto al italiano, permitiendo un diseño paisajístico diferente, con un amplio dominio visual del espacio a través de la perspectiva larga del recorrido que lo unía a la edificación. El diseño del jardín incluyó en su traza formas geométricas, rítmicas y simétricas sobre ejes principales, con la presencia de elementos como canales, fuentes danzantes, estatuas, parterres, terrazas, grutas privadas, balaustradas, rampas, canales, y la rica ornamentación que le otorgaba una impronta particular.

Entre los paisajistas que tuvieron un rol protagónico se puede mencionar a *André Le Nôtre*, cuyos diseños incluían la participación de pintores y escultores que le daban el toque ornamental a las obras del *Palacio Vaux-le-Vicomte* (Maincy) y del *Palacio de Versailles* (Versalles) que se puede ver en la

Figura 14.



Figura 14 Detalles del Palacio de Versailles (Versalles, Francia) - Siglo XVII y XVIII

Fuente: google imágenes

En cuanto a los aportes más destacados de los jardines franceses, se puede mencionar la perspectiva larga, los detalles del diseño en cuanto a la forma y el color, la simetría, y el desarrollo de los sistemas de riego sistematizado.

Los jardines barrocos se difundieron hacia otros países como Italia y España, aunque su importancia no alcanzó la de *Francia*.

Las influencias del renacimiento italiano y del barroco francés llegaron a Inglaterra, plasmándose en interesantes obras que buscaron su impronta estilística a partir de la adecuación al clima y el entorno de la región. Ya en el siglo XVIII, los jardines ingleses propusieron un diseño con poca intervención humana y escasa elaboración, con dominancia del paisajismo natural. Dicho estilo se inspiraba en los jardines orientales de imagen informal basados en el naturalismo, despojado de toda artificialidad, con el fin de estimular el paseo y la reflexión. El diseño del jardín inglés rompió con las simetrías y el dominio omnipresente del paisaje propuesto por el paisajismo francés, dando paso al paisaje natural poco intervenido, que buscaba mimetizarse con el territorio agreste. Se destacaron por ajustarse a las particularidades topográficas del terreno natural, muchas veces armonizado visualmente y estéticamente a través de intervenciones sutiles e inadvertidas como masas arbóreas, puntos de atracción a través de elementos exóticos, esculturas, estanques, cascadas, etc. La naturaleza cobra tal protagonismo que convive en un todo con la vivienda, pudiendo incluso envolverla con vegetación que cubre las fachadas en las zonas rurales, costumbre que aún permanece. Este estilo fue denominado *naturalismo inglés*, *parque inglés* o *paisajismo inglés*, y fue retratado por pintores a través de la "pintura natural", que anticipó en parte al romanticismo alemán.

Para la misma época la cobertura vegetal de los edificios fue popular entre la nobleza rusa. Una de sus obras emblemáticas fueron los jardines colgantes de uno de los palacios del Kremlin, que incluían la presencia de un estanque y una fuente (Bliss et al., 2009).

Hacia el Siglo XIX, el paisajismo cobró un renovado protagonismo que no se limitó a los aspectos estéticos y sociales, sino que avanzó hacia la función utilitaria de la vegetación. La irrupción de la revolución industrial configuró un cambio disruptivo en la ocupación del territorio debido a la concentración de la población en las grandes urbes con viviendas hacinadas, que produjeron importantes desequilibrios ambientales que teóricos del socialismo como *Marx*, *Engels* y *Vigorelli* criticaron en sus escritos sobre la vida insalubre de los barrios obreros. Se abrió un debate sobre la sociedad ideal, basada en la experiencia colectiva y solidaria, la calidad del espacio habitado, la ausencia de espacios verdes y la necesidad de construir un urbanismo saludable que incluyese grandes parques urbanos.

En el contexto mencionado, surge el socialismo utópico que conjugaba el idealismo social y el urbanismo con iniciativas, como la ciudad-jardín de *Sir Ebenezer Howard* en Inglaterra, cuya propuesta buscaba generar un ambiente saludable a través de valorizar el aspecto ecológico.

(...) Howard proponía construir unas comunidades relativamente autosuficientes, equilibradas, sostenidas por una industria local con una población permanente, con una densidad limitada en número de habitantes, en unos terrenos rodeados por extensiones de campo abierto dedicadas a la agricultura, al recreo, y a las ocupaciones rurales. La propuesta de Howard reconocía las bases sociales y biológicas, junto a las presiones psicológicas que subrayan los actuales desplazamientos a las zonas residenciales (...) Munford, 1956

La propuesta se basaba en la sustitución de las grandes ciudades industriales concentradas por otras más pequeñas y alejadas que propiciaban el equilibrio entre lo construido y lo natural en simbiosis con el paisaje (

Figura 15).

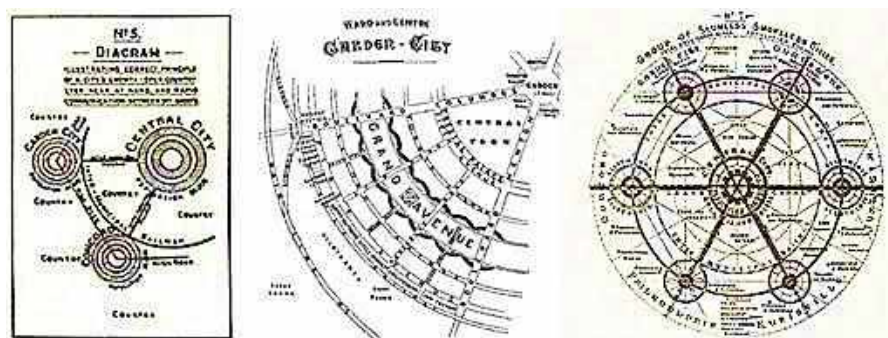


Figura 15 Ciudad-jardín propuesta por Howard

Fuente: grcstudio.es



Las ideas innovativas de Howard se diseminaron hacia otros puntos del mundo y sus premisas se retomaron posteriormente con el higienismo, el *marxismo ecológico*⁸ e incluso representaron un acercamiento al urbanismo sustentable.

Para la misma época, surgió una línea urbanística que buscaba resolver la problemática de la creciente contaminación antrópica derivada de la actividad industrial. Así, el arquitecto alemán *Von Rabitz*, considerado el padre de las cubiertas verdes modernas (Barreca, 2016), expone en su primer libro (1865) los aspectos funcionales y ecológicos (Abram, 2004) de dichas tecnologías, las que resultaron un antecedente destacado para su posterior implementación. Las propuestas de *Von Rabitz* llegaron a Estados Unidos, aplicándose a diversas obras cuyas azoteas verdes se impregnaron como un nuevo espacio vital con potencialidades para desarrollar múltiples funciones. Así, se implementaron en Nueva York cubiertas vegetales como el *Teatro Casino en Broadway* (Bliss et al., 2009), cuya popularidad promovió la construcción de cubiertas verdes en edificios de hoteles, tal el caso de los hoteles *Waldorf Astoria*, el *Astor* e incluso en la *Academia de Ciencias de California*, en los que se instalaron cubiertas verdes con vegetación nativa (Maddox, 2014), además de utilizarse en restaurantes y en condominios.

Desde el punto de vista de la vegetación en la arquitectura, surgió una creciente inquietud por alcanzar el equilibrio natural-construido que se reflejó en las obras de *Sven Markelius* (Suecia), *Alvar Aalto* (Finlandia), *Frank Lloyd Wright* (Estados Unidos) y *Le Corbusier* (Francia).

Le Corbusier, aun con sus propuestas racionalistas, retoma la obra de *Von Rabitz* incluyendo la terraza-jardín en sus obras (Abram, 2004) como impronta de la nueva arquitectura moderna, que plasmó en su famoso manifiesto *Cinco puntos para la nueva arquitectura* y en su *Teoría de la cubierta-jardín* (1927). Dicha teoría expresa cómo la planta ocupada por la vivienda debe ser reintegrada a la naturaleza en forma de jardín en la cubierta del edificio, convirtiendo este espacio en un ámbito aprovechable para el esparcimiento, que además permite mantener las condiciones de aislamiento térmico sobre las nuevas losas de hormigón.

La introducción de las azoteas verdes por *Le Corbusier* comenzó como una gestualidad en su emblemática obra *Ville Savoye* (Poissy, París) para fines recreativos, una forma discursiva relacionada con el entorno natural y un aporte simbólico para el incremento del verde urbano (Nigel and Kingsbury, 2008).

De todos modos, cabe aclarar que el racionalismo moderno, tanto en el plano de la arquitectura como del urbanismo, han exhibido una sensibilidad limitada hacia el medio ambiente natural puesto que se centraban en las novedades tecnológicas y el progreso humano (Petty, 2008).

⁸ Su nombre se debe al libro "*La ecología de Marx. Materialismo y naturaleza*" de John Bellamy Foster, escrito en el año 2004

Por otro lado, hacia fines del Siglo XIX y principios del Siglo XX, comenzó un periodo capitalista que tuvo su correspondencia con la expansión urbana, que se expresó como una mancha urbana desmedida, sin planificación, que avanzó sobre las fronteras rurales reduciendo a la vegetación al rol estético, simbólico e incluso decorativo.

La etapa mencionada, conocida como modernismo, generó en los años 60 y 70 del siglo XX fuertes reacciones debido a las alteraciones producidas en el medio ambiente. Surgen así movimientos teóricos que, a través de textos como *Silent Spring* (1962) de *Rachel Carson* y *Design with Nature* (1968) de *Ian McHarg*, expresaron la urgencia de postular diseños ecológicos, respetuosos con el ambiente, que propusieran una relación equilibrada entre el entorno natural y el construido.

Las nuevas corrientes contestarías impulsaron movimientos contraculturales que instaban a recuperar la conexión con la naturaleza. En tal sentido, empezaron a surgir actitudes exploratorias para integrar los principios postulados por la ecología moderna en las propuestas proyectuales. Así, aparecen ejemplos teóricos como los de *James Wines*, del grupo neoyorkino *SITE*, que materializaron arquitectos de la talla de *Malcom Wells* con su obra *Locus Hill* (**Figura 16**).



Figura 16 Locus Hill - Virginia, USA (Malcom Well, 1975)

Fuente: raven-rocks.org

Wells incorpora al diseño arquitectónico los principios de la planificación ecológica e incluso avanza sobre el tema al adosar la naturaleza viva al edificio, entendiendo que cualquier imposición sobre el entorno natural presentaba consecuencias en el entorno construido.

Hacia la década del 80, con la presentación del *Informe de Brundtland* (ONU, 1987), comenzó la preocupación más comprometida hacia el ambiente y la sostenibilidad ambiental. La misma se expresó a través de tres dimensiones o pilares fundamentales: el social, basado en un modelo de crecimiento económico sin exclusión; el económico, que propuso un modelo equitativo; y el ambiental, que buscó la preservación de los recursos naturales.



Los principios del ambiente sustentable se trasladaron al diseño arquitectónico a través de la corriente de la *arquitectura sustentable*, que ha propuesto el uso racional de los recursos naturales, la eficiencia energética, la reducción en la generación de residuos durante el ciclo de vida del edificio, el mejoramiento tecnológico, el uso de materiales sostenibles (Givoni, 1997), la salubridad, la flexibilidad y la vida útil (Foster and Partners, 2003).

El nuevo concepto arquitectónico propuso una concepción innovadora al incluir al edificio como parte del sistema natural que incluso puede contribuir a su restauración (Widiastuti, 2015). En dicho contexto surgieron propuestas arquitectónicas como la de *Emilio Ambasz*, considerado uno de los padres de la arquitectura verde y precursor de los sistemas de naturación, quien aplicó su teoría autodefinida como *verde sobre gris* que planteaba reconciliar arquitectura y naturaleza:

(...) Debemos diseñar un "pacto de reconciliación" en el que tengamos ambos elementos, "el edificio y el jardín", es decir, el 100% de cada uno, orgánicamente integrados. En dicho concepto, el edificio "devuelve", en forma de vegetación accesible para la comunidad, la máxima cantidad posible de la tierra que abarca (...) Ambasz, 2011

Este deseo por "restituir" a la comunidad, en forma de parques y jardines, el equivalente del suelo que abarca la huella del edificio, es una de las constantes en la obra de este arquitecto:

(...) Durante los últimos treinta años, he tratado de encontrar una manera de construir que integre la arquitectura con la naturaleza (...) Ambasz, 2011

Ambasz aplica su teoría en su paradigmática obra *Fukuoka Prefectural International Hall* (1995) de Japón, un claro ejemplo del estilo urbano e innovador que conjugó armoniosamente su técnica de naturación en los planos horizontales, verticales e inclinados mediante terrazas escalonadas que imitaban una montaña. (

Figura 17)

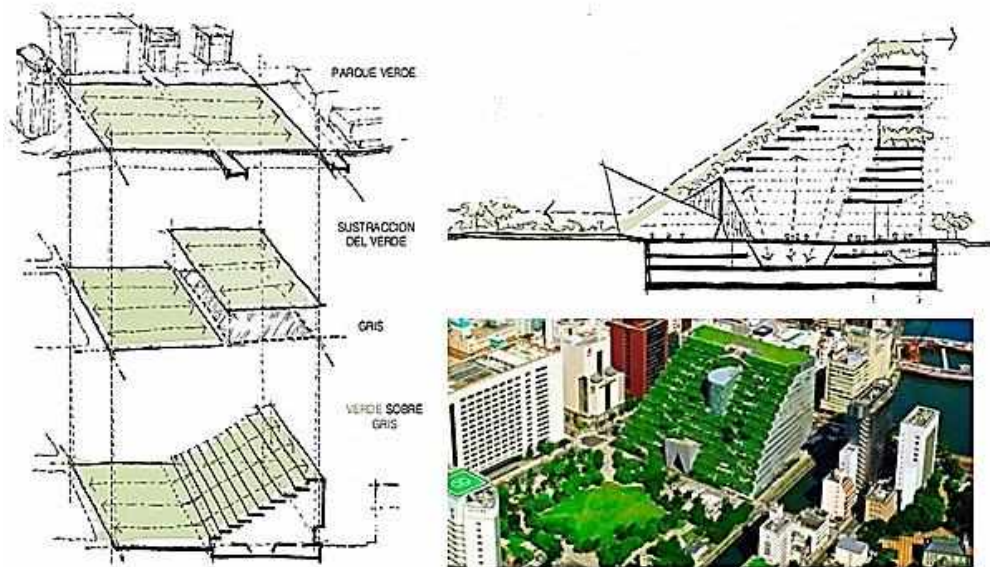


Figura 17 Aplicación del concepto "verde sobre gris" en el Fukoka Prefectural International Hall (Ambasz, 1995)

Fuente: slideshare, Pinterest

La corriente de la *arquitectura sostenible*, también conocida como *arquitectura verde*, fue asimilando el uso de la vegetación en la envolvente que propició la mimetización del edificio *gris* con el entorno *verde natural*, creando una especie de *continuum vegetal* sin interrupciones para evitar la percepción de su pérdida.

En la arquitectura, como en otras artes, siempre irrumpieron personajes visionarios, contestatarios e inconformistas cuya mirada escapa a las etiquetas. Tal es el caso del artista plástico, ecologista y arquitecto vienés *Friedenreich Hundertwasser*, cuyo pensamiento representó la conjunción de la filosofía, el humanismo, la estética y el arte armonizando con la naturaleza, que plasmó en sus obras y exhibió en sus manifiestos:

(...) Nos asfixiamos en las ciudades a causa de la contaminación atmosférica y la falta de oxígeno. La vegetación que nos permite vivir y respirar está siendo destruida sistemáticamente. Nuestra existencia está perdiendo dignidad. Pasamos por delante de fachadas grises y estériles, sin darnos cuenta que estamos condenados a vivir en celdas de cárcel. Si queremos sobrevivir, todos tenemos que actuar. Cada uno de nosotros debe diseñar su propio ambiente (...) Hundertwasser, 1972

Hundertwasser fue un expreso detractor de *Adolf Loos*, el racionalismo, el funcionalismo, la geometría, la línea recta y la rigidez.

Las obras del arquitecto vienés se mediatizaban con sus pinturas coloridas y brillantes, además de una estética orgánica dominada por suaves líneas curvas, muchas veces espiraladas, que buscaban conectar a los moradores con el ambiente natural representado por "el árbol", un coprotagonista e inquilino de sus edificios (

Figura 18).



Figura 18 Hundertwasserhaus - Hundertwasser Village (Viena, Austria 1985)

Fuente: adolsson. photo

En su rol de arquitecto, *Hundertwasser* había diseñado y construido el hábitat con una visión sociológica y una impronta artístico-ambientalista, que, en el marco teórico plasmado a través de sus manifiestos como la *Teoría de las 5 pieles*, explicaba la conexión del hombre y el cosmos⁹.

Las contribuciones del vienés a la arquitectura sostenible han sido múltiples, entre las que se destacan los techos verdes, el uso del compost, el concepto del reciclado y diseños urbano-arquitectónicos que buscaban reducir la contaminación.

La innovadora producción arquitectónica de *Hundertwasser* trascendió las fronteras austriacas. Influyó, por ejemplo, sobre el arquitecto italiano *Stefano Boeri* en su emblemática obra *Bosco Verticale*, un edificio cubierto de árboles ubicado en *Milán*.

Hacia los años 90, se reinterpreta la relación natural-construido que se plasmó con arquitectos como el malasio *Ken Yeang*, que postularon un nuevo paradigma arquitectónico. *Yeang* fue considerado un pionero de la innovadora corriente arquitectónica conocida como “ecológica”, que incluía aspectos ecológicos, e incluso a la vegetación, dentro de la construcción. Sus teorías se expresaron en obras literarias como *Designing with Nature (1995)* (Proyectar con la naturaleza), en la que postula una visión del diseño basado en la *Teoría de Sistemas*. Dicha perspectiva situó el eje de interés en la *biointegración* entre un *ecosistema construido* (edificio) y un *ecosistema natural* (entorno) bajo una estética futurista:

⁹ Se desarrolló en el Capítulo 2

(...) la arquitectura ecológica, como arquitectura sostenible, ha de consistir en proyectar con la naturaleza de una manera ambientalmente responsable, al tiempo que ha de suponer una contribución positiva. Conseguir simultáneamente esos dos objetivos mediante el proyecto es, probablemente, el mayor reto que pueda afrontar el proyectista ecológico de hoy (...) Yeang, 2001

El concepto de *ecosistema construido* fue reemplazado por el de *sistema viviente construido*, una diferenciación necesaria y disruptiva, para alejarlo de la antigua noción de estructura desnaturalizada e inerte (Yeang, 2016). Los trabajos de Yeang se centraron en propuestas bioclimáticas pasivas que incluyeron la vegetación en las fachadas, con una *estética ecoamigable*, que se articulaban con un relato discursivo del entorno natural. La adición en las fachadas de ecosistemas naturales representó mucho más que un “implante” meramente gestual y/o estético, ya que buscó alcanzar *beneficios ecosistémicos* además de aumentar la biodiversidad nativa en el entorno construido.

Malasia, pionera y cuna de la arquitectura ecológica, reinventó la estética de los rascacielos y las intervenciones urbanas con el protagonismo de la vegetación conocido como “diseño urbano vertical” (**Figura 19**), cuyo impacto logró expandirse hacia países como Singapur, Turquía, Emiratos Árabes, Canadá, Inglaterra e incluso Kazajistán.



Figura 19 Centro urbano Zorlu Ecocity (Istanbul, 2008-2013)

Fuente: Ken Yeang

El estudio *WOHA*¹⁰ de Singapur desarrolló proyectos arquitectónicos cuyos diseños incluyeron a la vegetación generando su propio ADN con una estética osada y futurista. Las propuestas resolutivas de *WOHA* se basaron en adicionar a la envolvente arquitectónica los *ecosistemas vivos* que interactuaban con el paisaje urbano y lo reconectaban al entorno natural.

¹⁰ Siglas de los arquitectos Wong Mun Summ y Richard Hassell.

(...) *La única forma de preservar la naturaleza es integrándola a nuestro entorno construido*
(...) *WOHA, 2016*

La *estética biofílica* se aplicó en las fachadas creando una interfase de tipo “porosa y perforada”, que buscaba generar movimientos del aire que se enfatizaron con la selección de vegetación caduca y/o perenne poco invasiva. (

Figura 20) Dichas iniciativas de diseño, que el *grupo WOHA* denominó “crear edificios que respiren” (WOHA, 2016), buscaron disminuir el consumo energético además de ofrecer otros *servicios ecosistémicos* tales como mitigar el efecto de isla de calor, la retención de aguas de lluvia, la captación de polvos volátiles, etc.



Figura 20 Fachada con dinámica cromática con plantas trepadoras de hojas caducas (Hotel Oasis)

Estudio WOHA, Singapur, 2016

Fuente: Pinterest

La mayor parte de la producción arquitectónica de *WOHA* se desarrolló en la ciudad de Singapur a partir de una decisión municipal, que buscó convertirla en una ciudad-jardín. EL grupo signó su producción edilicia con la premisa de ir más allá de crear espacios verdes en sus diseños, buscando instaurar “criterios de generosidad cívica” que facilitasen la vida pública en la urbe (Wong, 2016). La experiencia de *WOHA* se desarrolló en el libro *Garden City Mega City: Rethinking Cities for the Age of Global Warming* (Bingham-Hall & WOHA, 2016), una especie de manifiesto en el que plantea una propuesta provocativa para salvar las ciudades y el planeta a través de diseño, inspirado en el *movimiento de la ciudad-jardín*, que enlaza los espacios públicos y la cultura cívica con los prerrequisitos ambientales y el avance del cambio climático.

En consonancia con lo anterior, surgió en Italia un interés análogo de integrar la naturaleza a la arquitectura de manera franca y directa. El arquitecto *Stefano Boeri* se interesó desde sus primeras obras en diseños integrados al entorno natural mediante propuestas holísticas que plantearon intervenciones sostenibles e innovativas, como su emblemático edificio *Bosco Verticale* (2014), ubicado en la ciudad de Milán que fue replicada en otras ciudades del mundo. (

Figura 21)



Figura 21 Bosco Verticale (Estudio Stefano Boeri, Milán, 2014)

Fuente: aryse.org

La propuesta resolutoria de *Boeri* se basó en dos torres cuyas terrazas individuales se cubrieron de macetas con especies vegetales nativas de la zona, ocupando una superficie verde total de 30.000 m².

La vegetación utilizada, previa selección, se desarrolló dentro de viveros en escenarios similares a los de las diferentes alturas del edificio en función del efecto del viento, de las condiciones climatológicas, de la seguridad y de los incendios. Dichas particularidades representaron las premisas básicas para la selección de especies a fin de evitar posibles roturas, la caída de ramas hacia las plantas inferiores, accidentes y posibles focos ignífugos.

La visión de la urbe según *Boeri* fue plasmada recientemente en el proyecto de *Cancún 2021*, cuyo planteo propone integrar armónicamente la naturaleza para crear una ciudad-bosque que conecta a través de un hilo conductor los “bosques verticales de las fachadas” con las áreas bosquivas del entorno manteniendo una interacción permanente (

Figura 22).



Figura 22 Proyecto urbano Cancún 2021 (Estudio Stefano Boeri)

Fuente: revistaad.es

Las iniciativas urbano-arquitectónicas de *Boeri* buscaron ofrecer diseños sostenibles que aumentaban el porcentaje del espacio verde urbano asociado al enriquecimiento de la biodiversidad urbana, además de aprovechar sus servicios ecosistémicos como estrategia para mitigar los contaminantes ambientales, reducir el consumo energético y disminuir el ruido percibido.

Más recientemente, el arquitecto belga -o “arquibiotecto”, como él mismo se autodefine- *Vincent Callebaut* avanzó sobre un concepto de arquitectura sostenible que toma en consideración ciertos criterios desarrollados por *Ken Yeang*, el grupo *WOHA* y *Stefano Boeri*, a los cuales adicionó criterios propios. La arquitectura desarrollada por *Callebaut*, a la que define con su neologismo “arquibiotectura”, expresa su modo de proyectar en el que conecta las esferas de los nuevos conocimientos sobre la arquitectura, la biotecnología, las tecnologías de la información y las comunicaciones. Así, en sus diseños asoman aportes del parametricismo, la mimesis, la biomimesis, la ingeniería ecológica, la ingeniería tecnológica, el uso de las energías limpias y la *fisionica*, entre otros. Además de incluir las tecnologías más innovadoras, ofrece un rol preponderante a la naturaleza y a los servicios ecosistémicos que ésta ofrece, buscando relaciones simbióticas entre el edificio y sus habitantes como forma de apropiación directa del espacio por parte del usuario, mediante sistemas de jardines verticales en altura diseñados como paisajismo vertical, que discurre armónicamente con el entorno.

Uno de los proyectos más interesantes de la *arquibiotectura* lo representa el edificio *Ágora Garden* desarrollado en Taiwán (2015-2020), cuyo diseño helicoidal se inspira en la doble cadena del ADN que crece y se desarrolla a partir de un eje central.

Figura 23).



Figura 23 Edificio Ágora Garden (2014) y propuesta urbana para París 2010 (Estudio Callebaut)

Fuente: inhabitat / elmundo.es

La producción de *Callebaut* resulta original en las funciones ofrecidas y en la estética, atravesada por la premisa de incorporar materiales sostenibles que presentan el ciclo de vida completo (economía circular) considerando sus huellas ecológicas.

3.2 LA TÉCNICA MODERNA DE LOS SISTEMAS DE JARDINES VERTICALES

A principios del Siglo XX, específicamente entre los años 1931-38, el arquitecto paisajista *Stanley Hart White* de la Universidad de Illinois realizó estudios teóricos para desarrollar jardines en posición vertical. En tal contexto, diseñó un sistema novedoso que patentó con el nombre de *Estructura y sistema arquitectónico con vegetación* (1938), más conocido como “ladrillos botánicos” (**Figura 24**), representando el primer sistema de jardines verticales modulares divulgado.

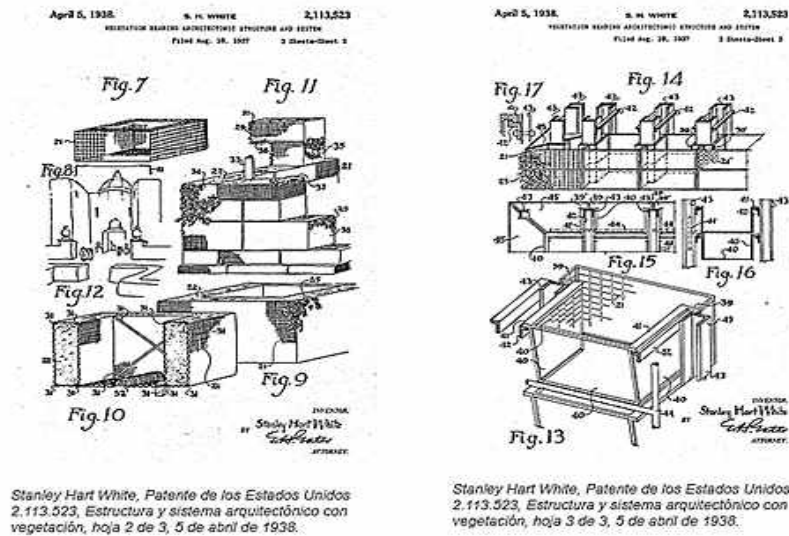


Figura 24 Detalles del jardín vertical modular liviano patentado por Stanley Hart White (Estados Unidos, 1938)

Fuente: grahamfoundation.org

La invención se basó en simples unidades o módulos que permitían el crecimiento de especies vegetales perennes con la flexibilidad de colocarse en cualquier altura, forma o tamaño, además de brindar la posibilidad de crear efectos paisajísticos sobre superficies verticales. En sus escritos sobre el tema, *Hart White* describió el arte de crear sistemas de jardines verticales para múltiples funciones como ferias mundiales, patios de ciudades, jardines interiores y otros proyectos.

(...) La trascendencia de este invento tiene "provocaciones aún sin realizar"(...) la invención en sí es pura genialidad, sintetizando ideas de la teoría moderna del paisaje y la arquitectura, las ciencias de la construcción, la horticultura y las artes industriales por igual (...) aunque los precursores tecnológicos y materiales de la invención se remontan a los primeros experimentos hortícolas capaces de ser industrializados como material moderno de construcción (...) el profesor White revela el nuevo arte de cultivar plantas dentro o sobre un sustrato arquitectónico vertical marco de sujeción, y en el proceso describe un nuevo tipo de jardín vertical que no se realizó por completo hasta después de su muerte en 1979 (...) Con el descubrimiento de su patente para el primer muro verde conocido, como *Botanical Bricks*, también se le puede acreditar como inventor e innovador tecnológico, conceptualizando el jardín vertical y pionero en el modernismo verde (...) En un ensayo titulado "¿Qué es moderno?", White analiza la pared verde como una solución de diseño para el jardín moderno, lo que permite la preservación de un plano y composición libres de un jardín en la dimensión vertical. Sus referencias a Walter Gropius, Le Corbusier, Frank Lloyd Wright, Louis Sullivan, Walt Whitman, Charlie Chaplin, Norman Bel Geddes, Adolph Appia, Sheldon Cheney, Walt Disney y otros, sitúan el trabajo entre un grupo de 'modernos' preocupados por cambiando vidas a través del arte y la arquitectura (...) Hindle, R., 2012

El sistema de jardines verticales modulares patentado por *White* se reveló como el primer antecedente tecno-histórico (Hindle, 2012) documentado con gran cantidad de detalles técnicos, y fue desarrollado un lustro después por el botánico francés *Patrick Blanc*.

Por otro lado, en Sudamérica, el paisajista y artista brasileño *Burle Marx* experimentó sus primeras prácticas con la jardinería vertical en fachadas (Dunnett y Kingsbury, 2008), tomando

en consideración especies nativas¹¹ presentes en hábitats naturales que no requerían de suelo (epífitas y parásitas), además de poca intervención humana (**Figura 25**).



Figura 25 Experimentación con plantas parásitas y epífitas en fachada (Paisajista Burle Marx, Brasil)

Fuente: shortlife-quotes.blogspot.com

Hacia los años '80 y '90, el botánico y paisajista francés *Patrick Blanc* desarrolló los primeros sistemas de jardines verticales experimentales a partir de los trabajos de sus antecesores *White* y *Burle Marx*. La inquietud por crear sistemas de jardines verticales innovadores surgió a consecuencia de sus primeros viajes a los países asiáticos, cuando observó que ciertas especies vegetales podían subsistir en contextos de escasa luz natural y en terrenos rocosos (epífitas). Así creó una tipología patentada como invención en 1988 con el nombre de "muro vegetal". El *muro vegetal* de *Blanc* se conformó por estratos de fieltros sintéticos que tapizaban la fachada y se fijaban mediante una estructura metálica. Sobre dicha estructura se enraizaban in situ las plantas y se colocaba el sistema de alimentación formado por agua con nutrientes.

La tecnología del muro vegetal de *Blanc* se difundió a través de la construcción de 200 jardines en distintos países del mundo. Uno de los trabajos que lo consagró fue la intervención con vegetación en la fachada del *Musée du Quai Branly-Jacques Chirac* de París (**Figura 26**), obra del prestigioso arquitecto *Jean Nouvel* (2004).

¹¹ Se interesa en las especies que se encuentran comúnmente entre los afloramientos de rocas de granito en la región de Río de Janeiro (bromeliáceas y variedades de saxicoles y otras especies presentes abundantes en la flora nativa de los bosques tropicales.



Figura 26 Jardín vertical de filtros en la fachada del Museo de Quai Branly Jacques Chirac
(Botánico Patrick Blanc, Paris, 2004)

Fuente: verticalgardenpatrickblanc.com

Por otro lado, el biólogo español *Ignacio Solano Cabello*, fundador del grupo *Paisajismo Urbano*, avanzó y redefinió el concepto del jardín vertical de *Blanc* a través de una propuesta resultado de años de estudio sobre diversos ecosistemas a partir de la observación de los procesos y las simbiosis interespecíficas producidas entre la flora y la microfauna que lo conforman. El nuevo concepto de *Solano*, al que patentó con el nombre de *ecosistema vertical*, buscó acercarse al comportamiento de un ecosistema virgen no alterado por la intervención humana. El ecosistema vertical se estructuraba a partir de una base de sustrato inerte sobre el que se colocaba la vegetación y microorganismos, como bacterias y hongos, para alentar la simbiosis de los componentes vivos de modo de lograr un ambiente de recursos casi ilimitados.

(...) un Ecosistema Vertical está basado en la complejidad de todas las interacciones de la naturaleza en una pared: hongo-planta / planta-planta / hongo-bacteria / planta-hongo-bacteria (...) Si buscamos la perdurabilidad no se puede tratar simplemente desde la jardinería, sino que es fundamental aplicar conceptos de biología (...) Solano, 2017

La propuesta de *Solano* se perfeccionó con el uso de las nuevas herramientas basadas en las *Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)*, como la *domótica*, con el fin de reducir las intervenciones necesarias para su mantenimiento. La domótica aplicada a los ecosistemas verticales permite el monitoreo y control a distancia de los diversos parámetros relacionados con el conjunto de forma eficiente.

Figura 27).



Figura 27 Edificio Santalaia (Biólogo Solano Cabello, Bogotá, 2016)

Fuente: paisajismo urbano

Los nuevos elementos constructivos adosados a los edificios se ven teñidos de cierta “artificialidad vegetal” dada su desvinculación del contexto natural “ortodoxo” (Mestre Martínez, 2014) que lo arraigan al terreno. Las prácticas contemporáneas de la “jardinería vertical 2.0” evolucionaron hacia una estética más ecológica y funcional, con el potencial de mejorar significativamente la calidad del entorno construido (Petty, 2008).

En los últimos años, la aplicación de este tipo de propuestas se impone en los rascacielos, cobrando relevancia a partir de las obras del arquitecto malasio *Ken Yeang* (1999), considerado el padre del ecodiseño al introducir el concepto de “rascacielos verdes o ecoskycraper”. *Yeang*, propone *diseños biomiméticos* que intentan mejorar las prestaciones ecosistémicas de tipo térmicas mediante el uso racional de la energía asociado a la estética del paisajismo vertical, a fin de alcanzar un ambiente confortable y ecoamigable. Según la teoría del *rascacielos verde*, un edificio exitoso no solo debe restaurar el espacio verde en el plano cero, sino que además debe integrar armónicamente los sistemas naturales de la biosfera con el mínimo impacto negativo. Una posibilidad es la de utilizar vegetación autóctona reintroducida de manera adecuada de modo que requiera menor mantenimiento y recursos (agua, fertilizantes y energía) mediante estrategias de reciclado o recuperación (**Figura 28**).

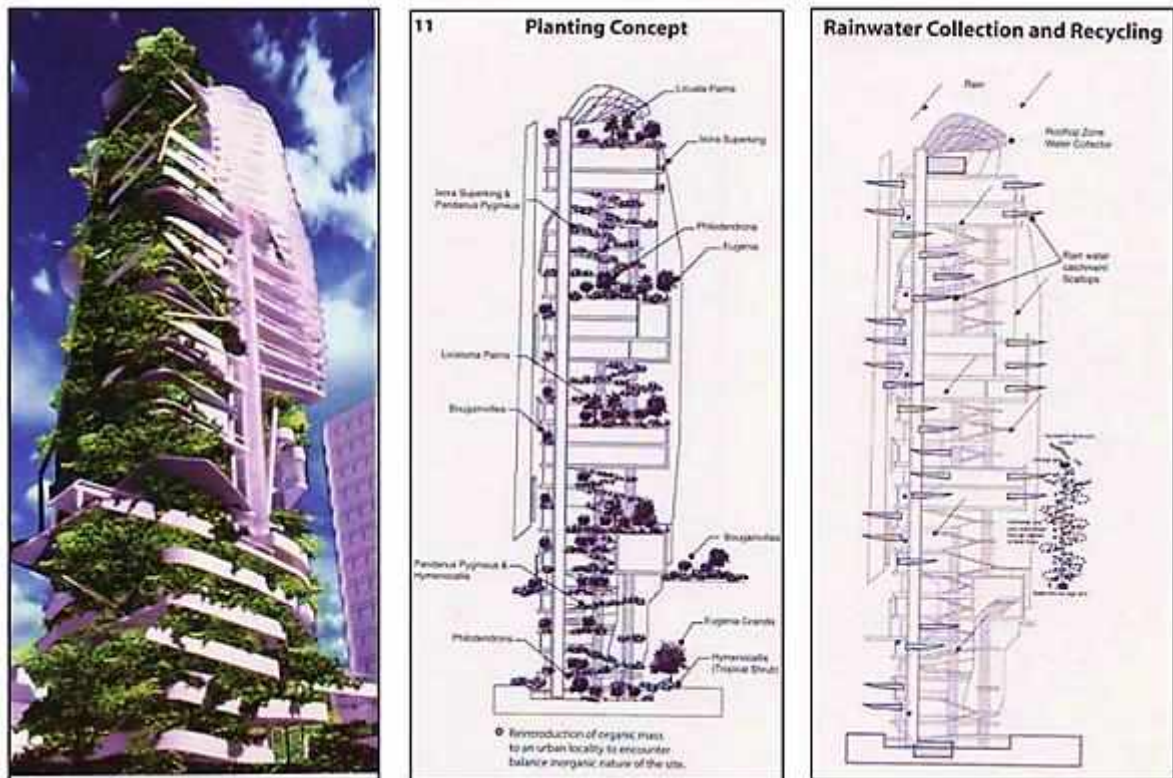


Figura 28 Torre EDITT, Singapur- “Rascacielos Ecológico”. Concepto de plantación asociado al proceso de recolección y reciclaje de agua de lluvia.

Fuente: Yeang, 2006.

La arquitectura de Yeang resulta un referente para los *diseños biofílicos icónicos* de bajo impacto, que buscan obtener certificaciones ambientales tipo *LEED*¹².

Para lograr una continuidad verde en las fachadas de los rascacielos urbanos es necesario producir el efecto de "paisajismo vertical" a través de los sistemas vinculados como "zonas de plantación continua", que se alcanzan a través de tres estrategias de diseño vegetal: por yuxtaposición a partir de concentrar vegetación en uno o más lugares, por integración en la que se colocan las plantas de manera distribuida y en "parches", y por una combinación de las anteriores. La generación de una fachada verde a modo de un *continuum vegetal* aumenta la eficacia de las funciones ecosistémicas buscadas.¹³

En los últimos años se concibieron edificios verdes-vivos a partir de las propuestas estudios como el grupo *WOHA* (*Wong Mun Summ* y *Richard Hassell*), *ADDP Architects*; *Ramboll Studio Dreiseitl* y *DNA Barcelona Architects*, entre los más destacados (**Figura 29**).

¹² Son certificaciones edilicias sostenibles tales como *LEED* (Estados Unidos); *BREEAM* (Gran Bretaña); *SBTOOLS* (Canadá); *CASACLIMA NATURE* (Alemania); *GREEN STAR* (Australia); *GREEN GLOBES* (Estados Unidos).

¹³ El Anexo C de la presente investigación presenta los beneficios ecosistémicos a escala urbana y arquitectónica.



Figura 29 Tree tower Archinature coexisting (Japon) 2022-Helico Sky-Rise.Green
Luxury Apartaments (Singapur)-2020

Fuente: Moshe Katz Architect- DNA Barcelona Architects

La inclusión de los SJV en los rascacielos y edificios en altura alcanza una mayor visibilidad a través de obras emblemáticas diseñadas por los arquitectos Jean Nouvel (*Musée du Quai Branly* de París), Stefano Boeri (*Bosco Verticale de Milano*), Jacques Herzog y Pierre de Meuron (sede del *Caixa Forum en Madrid*), el Estudio WOHA (*Oasia Hotel*, Singapur) y Vincent Callebaut (*Tao Zhu Yin Yuan*, Taipei), entre otros.

Más allá de las problemáticas de aplicabilidad técnica y de las limitaciones prácticas que aún persisten, países como China, Holanda, Corea del Sur, Japón, Canadá, Italia, Estados Unidos, Singapur, Emiratos Árabes Unidos e Inglaterra están incorporando de manera creciente los SJV en sus diseños edilicios (Sivamani et al., 2013 citado por Kalantari, 2017). En la actualidad, los sistemas de jardines verticales tienden a implementarse a gran escala, mediante el *paisajismo vertical*, para conseguir efectos beneficiosos al ampliar e interconectar diversas zonas verdes, favoreciendo la constitución de grupos de *biotopos* (Torres Quintana, 2016) dentro de la región.

3.3 PAISAJISMO VERTICAL

Los precedentes del *urbanismo verde vertical*, o *paisajismo vertical*, aparecen en los años '70 con las concepciones proyectuales del arquitecto italiano Paolo Soleri, discípulo de Frank Lloyd Wright, al poner en crisis el concepto de "densidad vertical gris" de Le Corbusier (Ingersoll, 2012, citado por Mestre Martínez, 2014) al introducir la noción de *arcología*. La *arcología* de Soleri, fusión de los conceptos "arquitectura" y "ecología", definida en su libro *Arcology: City in the Image of Man*, expone una perspectiva sostenible del desarrollo de las ciudades con sobrepoblación a partir del diseño de ciudades autosuficientes, con grandes

edificios en altura de bajo impacto ambiental y alta eficiencia en el uso de los recursos, en oposición a la expansión ilimitada de las ciudades actuales sobre el territorio.

La versión más cercana al paisajismo vertical se puede ver en algunos países del sudeste asiático, como Singapur y Malasia, con *SJV* en las envolventes de torres y rascacielos para restituir los espacios verdes ocupados en planta baja (Yeang, 2016). Las novedosas propuestas urbanas cuestionan la condición de horizontalidad del paisaje al postular un pacto armonico en la relación natural-artificial (Serres, 1992 citado por Mestre Martínez, 2014).

La relación de reciprocidad natural-artificial agrega una dimensión social al contrato natural, que Serres denomina "contrato simbiosis" ya que plantea la inclusión armónica de la vegetación en las envolventes edilicias a modo de "corrección ecológica". Dicha intervención agrega además la capacidad de brindar prestaciones ecosistémicas en altura, postura que va má allá de la función predominantemente protectora de la fachada.

Figura 30.

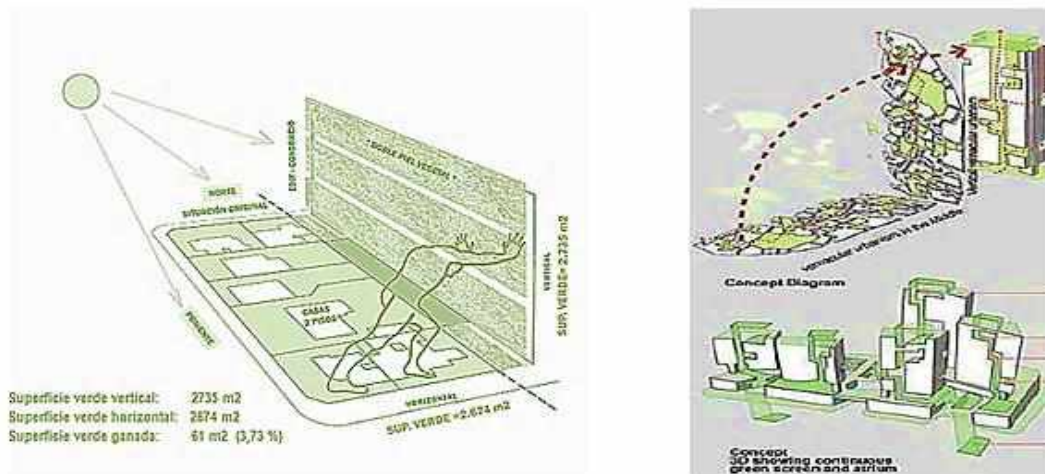


Figura 30 Recuperación del espacio verde horizontal en el plano vertical

Fuente: Yeang & Yeang, 2008; plataformaarquitectura.cl

Algunas ciudades densamente pobladas, como Singapur y Kuala Lumpur, están aplicando este tipo de diseños, muchas veces acompañados por estímulos normativos. En la ciudad-estado de Singapur, a partir del lanzamiento de un plan maestro en el año 2005, se promueve la construcción de rascacielos sostenibles y respetuosos con el medio ambiente cuya meta es alcanzar hacia el año 2030 un "enverdecimiento" del 80% de su superficie (**Figura 31**).

Singapore Green Building Masterplan: Build our green future together

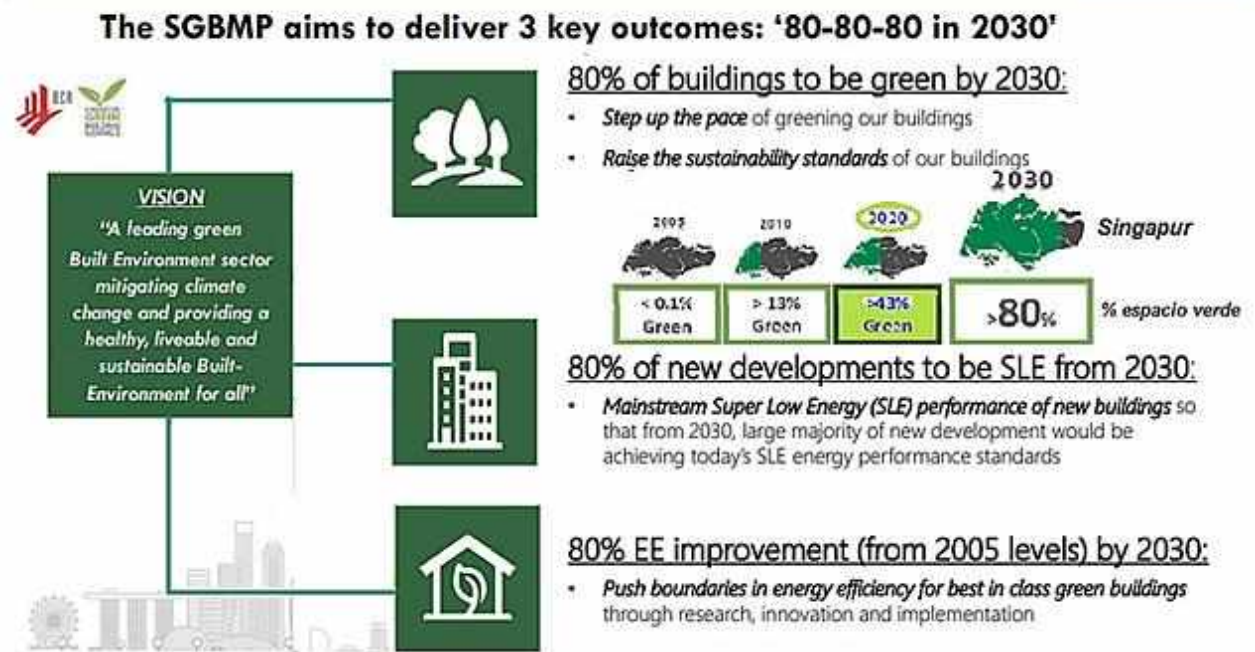


Figura 31 Plan maestro de Singapur para alcanzar el 80% de vegetación

Fuente: bca.gov.sg

El objetivo es convertirla en una "ciudad inserta en la naturaleza" y alcanzar el *Sello Verde* (*Green Mark*) como parte de las estrategias de mitigación para el cambio climático. En tal sentido, Singapur reconvierte su capital al transformarla en una "ciudad dentro de un jardín", como alternativa a la ciudad jardín (Poon, 2012), a partir de incentivos económicos que, como el *Landscaping for Urban Spaces and High Rises* (LUSH, 2017), estimulan y favorecen el aumento de la superficie verde urbana por habitante (Ng, 2008).

Además de Singapur, otros países como Malasia, Filipinas, Indonesia, Vietnam; Tailandia y China buscan aumentar la superficie verde a través de sus edificios en altura. En el Anexo A de este trabajo se ilustran y describen algunos de ellos.

3.4 GRANJAS VERTICALES

El aumento de la densidad poblacional en las ciudades, en paralelo al crecimiento exponencial de la población mundial y del avance de la ciudad sobre la frontera agrícola, supone un escenario de mayor demanda de alimentos en todo el mundo (Banerjee y Adenauer, 2014 citado por Kalantari et al., 2017). Una posible respuesta es el de la *agricultura vertical* (AV) o *vertical farming* (Kalantari et al., 2017) desarrollada en huertas y granjas verticales, fundamentalmente del tipo hidropónica, que se aplican en edificios en altura tipo torre formando un "paisaje productivo apilado" (Sentkiewicz, 2011).

Las granjas verticales encuentran sus primeras referencias en una viñeta de la revista *Life* publicada en 1909, que exhibía el esquema de una construcción denominada “Globe Tower” (**Figura 32**) extraída del texto *Delirious New York: A Retroactive Manifesto for Manhattan* (1978).

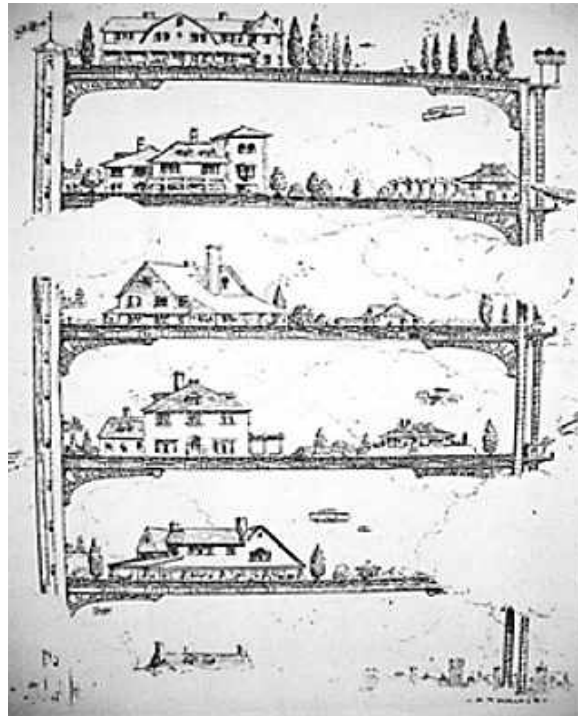


Figura 32 Dibujo del Glove Tower publicado en la revista *Life* (1909)

Fuente: Walker citado por Januszkiewicz & Jarmusz, 2017

La imagen, que se hizo muy conocida en su momento, representó la base para el desarrollo del *Teorema de Koolhaas*¹⁴ o de la gran dimensión (1994), que postulaba al rascacielos como un dispositivo utópico para la producción ilimitada de alimentos en altura en zonas vírgenes metropolitanas (Koolhaas, 1994 citado por Januszkiewicz & Jarmusz, 2017), propuesta que fue reinterpretada y resignificada en las numerosas obras del arquitecto *Callebaut*.

El término “agricultura vertical” fue acuñado por el geólogo *Gilbert Bailey* en su libro *Vertical Farming* (Bailey, 1915), cuya interpretación difiere de la actual ya que se centraba en el origen del suelo y el contenido de nutrientes tanto como en los sistemas radiculares y flujos verticales de subsistencia.

El concepto tal y como se lo conoce en la actualidad se adjudicó a quien es considerado el padre del sistema, el ecologista *Dickson Despommier*, quien argumentó en su libro *The*

¹⁴ Remment Lucas "Rem" Koolhaas conocido como Rem Koolhaas, arquitecto británico-holandés ganador del premio Pritzker en el año 2000.

Vertical Farm: Feeding the World in the 21st Century (Despommier, 2009) que, frente al explosivo crecimiento de la población mundial (Thomaier et al., 2015 citado por Kalantari, 2017) y la demanda de alimentos, el cultivo de plantas en rascacielos representaría una buena solución para la soberanía y sabiduría alimentaria. Las novedosas “granjas verticales” de *Despommier* se representan como rascacielos ecológicos de estética futurista (**Figura 33**) que reinventan la agricultura local a través de diseños verticales de tipo hidropónicos, con uso de energías limpias para su funcionamiento.



Figura 33 Granja vertical futurista diseñada por Despommier (2012)

Fuente: hoerschaudt.com

Algunos autores definen estas novedosas y recientes intervenciones como “paisajes comestibles” (Naranja, 2011), otros las denominan sistemas de “jardines verticales comestibles”, “huertas o granjas verticales”, “agricultura sin suelo”. Lo cierto es que este tipo de soluciones combinan ciencia y creatividad, ayudan a liberar tierras rurales y a recuperar ecosistemas naturales (Despommier, 2009).

Existen otros antecedentes que deben considerarse en línea con este tipo de propuestas, como el edificio de oficinas *Pasona* en Tokio, considerado la granja vertical urbana más grande de Japón que cultiva hortalizas para el autoconsumo de sus empleados. La granja vertical urbana utiliza una mezcla sustratos de tipo hidropónico que requiere de un control del ambiente para el buen desarrollo de las especies vegetales (**Figura 34**).



Figura 34 Edificio de oficina Pasona, Tokio

Fuente: google imágenes

Otra obra emblemática es el stand *American Food 2.0*, desarrollado para Estados Unidos por el estudio *Biber Architect* para la *Exposición Universal de Milán 2015*. La propuesta tenía como premisa brindar soluciones sustentables para proporcionar alimentos abundantes, saludables y seguros con impacto positivo para el ambiente. El stand exploró tecnologías inteligentes con implementación de energías limpias y sistemas avanzados de construcción (**Figura 35**).

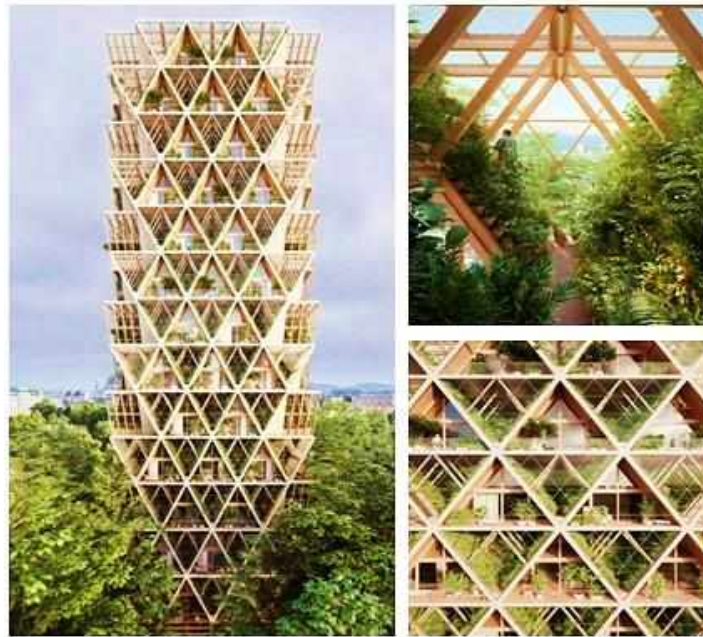


Figura 35 Pabellón American Food 2.0 - Feria de Milán 2015

Fuente: world-architect.com

Otra contribución destacable se observa en las obras del arquitecto *Ken Yeang* quien expuso en su libro *Reinventing the Skyscraper: A Vertical Theory of Urban Design* (Yeang, 2002) la formulación de rascacielos con huertos verticales destinados a la comunidad residente como forma de producir sus propios alimentos y reconectar a las personas con la agricultura sostenible.

Figura 36).

**Figura 36** The Farmhouse, 2019 (Estudio Precht)

Fuente: precht.at

Las granjas verticales del edificio Farmhouse se diseñaron de forma modular con la flexibilidad del uso, de modo tal que ofrecieran la posibilidad de utilizarse de forma privada o comunitaria. Los espacios presentan la forma de “V” y proporcionan zonas de amortiguación entre los apartamentos, además de facilitar el acceso de la luz natural necesaria para la subsistencia de la vegetación y de proveer la ventilación natural para cada departamento.

La inclusión de huertos en los edificios resulta una idea novedosa para los investigadores y profesionales ya que, además de proporcionar alimento saludable, fomenta la cohesión social, reduce el consumo energético y de transporte, y contribuye a mitigar las huellas ambientales. Las granjas verticales procuran compensar la falta de suelo fértil en las zonas urbanas, ofreciendo beneficios tales como: reducción en el uso de la superficie horizontal; facilitación y reducción de la cadena productiva al acercar los alimentos directamente al consumidor; propiciando; disminución de la demanda energética, de transporte y de costos; utilización controlada del recurso hídrico destinado al riego; producción de alimentos orgánicos sin la utilización de pesticidas; mejora en la eficiencia, la adaptabilidad y la adición de los servicios ambientales; entre los más destacados.

Además de los beneficios indicados, las granjas se incluyen en el *Objetivo 2 de Hambre Cero* del capítulo “soberanía alimentaria” de los *Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS)* de la *Agenda 2030*.

Amodo de síntesis gráfica de los antecedentes históricos de los *SJV* y de las *granjas verticales*, en la **Figura 37** se muestra una línea de tiempo con sus hitos más destacados.

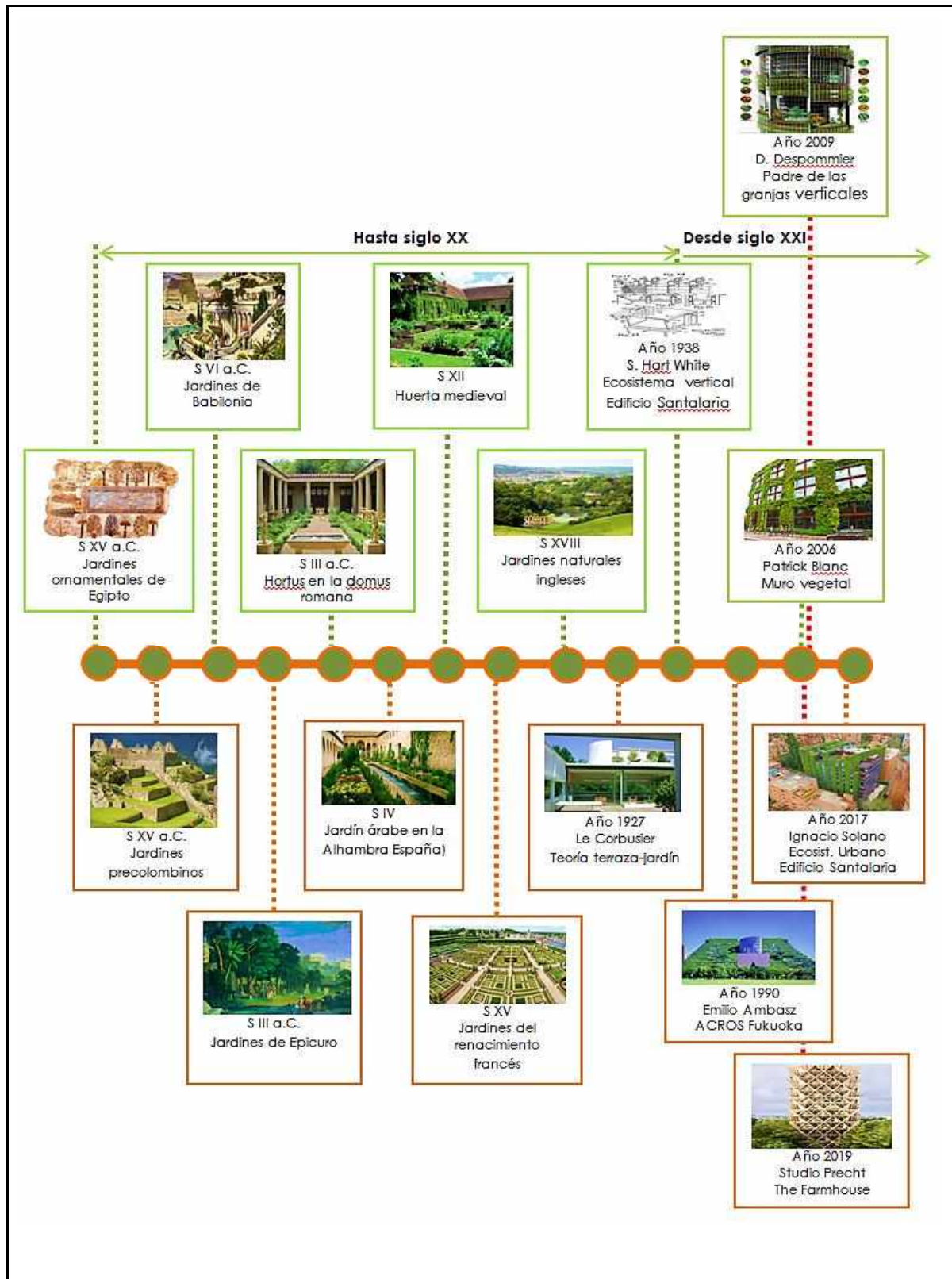


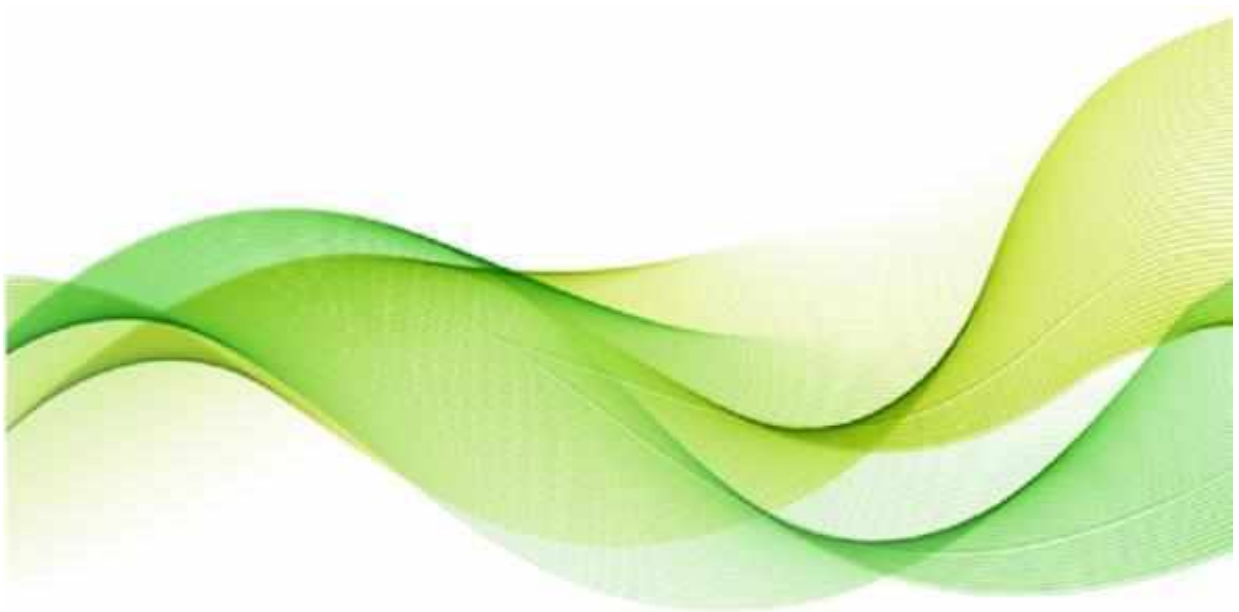
Figura 37 Línea histórica del jardín clásico al jardín vertical y el huerto vertical

Fuente: elaboración propia



PARTE II

MARCO METODOLÓGICO





OBJETIVO PRINCIPAL

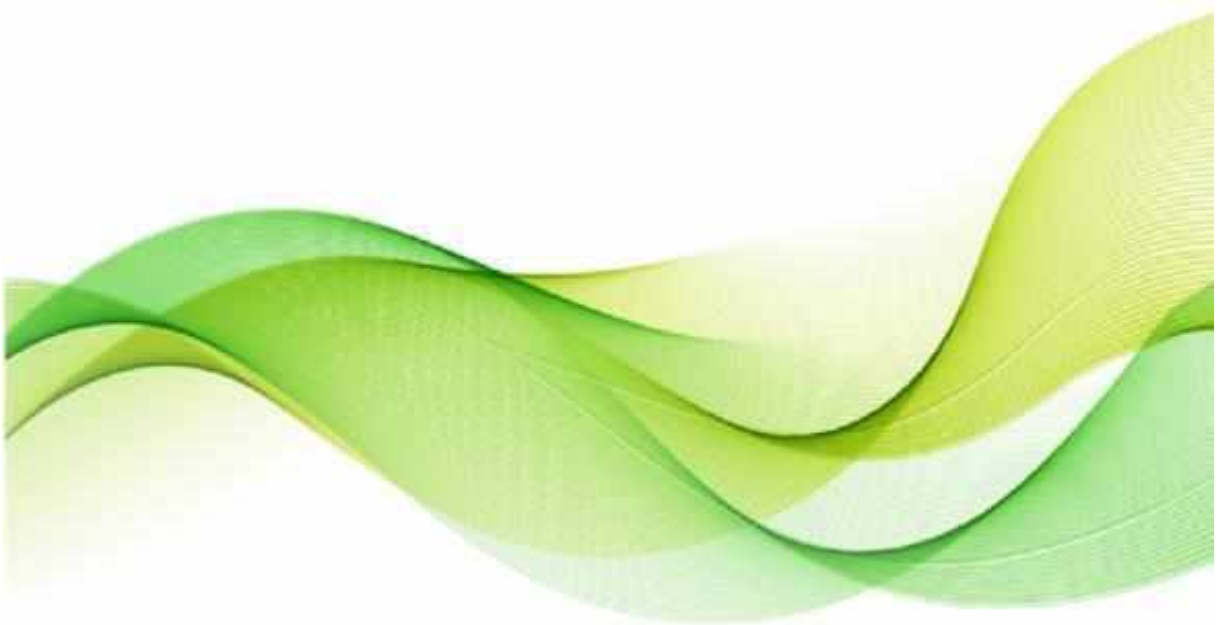
La Parte II constituye la etapa metodológica de la investigación, en la que se plantea el enfoque y las herramientas necesarias para el trabajo de investigación sobre la mitigación del ruido a partir de los jardines verticales a escala arquitectónica y urbana.

Se propone una aproximación a los SJV desde del enfoque de la teoría de los sistemas complejos.



CAPITULO 4

SISTEMAS DE JARDINES VERTICALES: Abordaje desde la perspectiva de la Teoría de los Sistemas Complejos





*(...) El ser humano debe aspirar a que sus edificios se reconecten
con el ecosistema, así sus habitantes (nosotros)
podremos reconectarnos con la vida (...)*

Ken Yeang



SÍNTESIS

El presente capítulo expone un análisis de los sistemas de jardines verticales desde el enfoque del pensamiento complejo, sistémico y holístico, a fin de dar cuenta de los elementos y factores inter e intra dependientes que los definen.



4. SISTEMAS DE JARDINES VERTICALES: ABORDAJE DESDE LA PERSPECTIVA DE LA TEORÍA DE SISTEMAS COMPLEJOS¹⁵

4.1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha buscado enfocar la perspectiva del diseño sostenible hacia el diseño *regenerativo* (Boullosa, 2011)¹⁶, *proactivo y sinérgico mediante* propuestas ecoinnovativas, tales como los sistemas de *naturación urbana* que se enmarcan en las *Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)*, que integran la naturaleza al edificio como una forma de equilibrar el entorno natural y el construido.

La naturalización del elemento arquitectónico se materializa a través de los procesos de mimesis, contraste, inmersión o reconstrucción, que abre un nuevo sendero para el *edificio híbrido natural-artificial* en la contemporaneidad, bajo una renovada mirada ecológica sobre la arquitectura y sus procedimientos (Mestre Martínez, 2014). Así, la *machine à habiter* de la Modernidad, postulada por *Le Corbusier*, cede su paso al concepto de *habitar la máquina* (Kuroda y Kajima 2001 citado por Mestre Martínez, 2014), a la medida y servicio tanto para la ciudad como el medio ambiente.

Las *SbN* contemplan diversas formas como la de maduración urbana o "*urban greenery systems*" (Urbano-López de Meneses, 2013) basadas en la acción de incorporar la naturaleza al diseño de los edificios, integrándolo a la envolvente mediante "...una vegetación conspicua en forma de terrazas o cubiertas vegetadas y jardines verticales (o granjas verticales)..." (Benassi, 2015).

La naturaleza, expresada con las plantas, crece en superficies verticales recubriéndolas de forma simplificada (De la Cruz, 2012 citado por Miranda Morales, 2018) sin la necesidad de amarrarse a un sustrato de tierra significativo sino a uno de poco espesor, ligero, inerte o mixto, e sobrevive artificialmente a través de soluciones nutridas que circulan a su alrededor (Green over grey, 2009 citado por Radic, 2019) vinculados con las envolventes (Loh y Stav, 2008 citado por Radic et al., 2009).

El novedoso concepto de jardín comienza a disociarse de la "tierra" al acoger un paisaje paramétrico en que la gravedad no juega un papel relevante, que presenta la potencialidad de "curvarse, plegarse y distorsionarse en la envolvente" en un intento por colocar jardines y espacios verdes en aquellos sectores en los que resultaría imposible en superficie (De la Cruz, 2012 citado por Miranda Morales, 2018). Dicho espacio innovativo, flexible, artificial y heterogéneo, se enfrenta al horizontal continuo de la *Modernidad* (Mestre Martínez, 2014),

¹⁵ Se aclara que el capítulo considera como referencia los lineamientos y características generales de la teoría de los sistemas complejos (TGS) en el contexto de los SJV a fin de explicar las diversas profundidades de análisis.

¹⁶ "Regenerativo" y "sostenible" tienen esencialmente el mismo significado, aunque, mientras en el paradigma "sostenible" los ecosistemas perdidos no son reparados, los sistemas regenerativos pretenden devolverles la vida. (Extraído de la publicación)



definiendo una nueva estrategia en el diseño arquitectónico urbano (Kyoungphile & von Bohemen, 2008).

La *naturación urbana* como tal lleva implícita la premisa de sostenibilidad ambiental, dado que las propuestas no se limitan exclusivamente a reducir los daños, sino que además se vinculan con la *biointegración* y la *regeneración ambiental* pudiendo implementarse en los niveles de escala urbana en cañones viales (Wood et al., 2014 citado por Radic et al., 2019) y para la escala arquitectónica aplicándose a la envolvente (Perini et al., 2011; Wood et al., 2014) a fin de aprovechar la multifuncionalidad brindada por sus *servicios ecosistémicos activos*¹⁷ (Loh y Stav, 2008 citado por Radic et al., 2019). En tal sentido, entre los beneficios a escala urbana en cañones pueden mencionarse: la reducción del efecto isla de calor urbano; la mejora en la calidad del aire mediante el secuestro de carbono; la demora pluvial y el alivio al escurrimiento local (Benassi, 2015); el atractivo estético; el impacto psicológico positivo en los habitantes urbanos; el aporte en el aumento de la biodiversidad a través de la creación de hábitats naturales; la reducción en la percepción de ruido en las calles (Wood et al., 2014; Loh 2008), para mencionar solo los más notorios.

Para el caso de la escala arquitectónica, los beneficios ecosistémicos en las envolventes posibles son: el aumento en la eficiencia energética edilicia; la disminución del calor por evapotranspiración; el incremento en la protección de la envolvente (Benassi, 2015); la reducción del ruido externo percibido; la revalorización de la propiedad (Wood et al., 2014); la reducción de la escorrentía de aguas pluviales (Roehr et al., 2008); el aumento de los efectos sociales positivos (Jialin, 2013) y el educativo (Sheweka, 2011), etc.

Dentro de la *naturación urbana* aplicada a las envolventes, en las últimas décadas surge el concepto de Sistema de Jardín Vertical *SJV* acuñado por el botánico francés *Patrick Blanc* (2015), considerado el precursor de esta tecnología emergente, quien la define como la aplicación de vegetación sobre las superficies verticales edilicias. La implementación de los *SJV* en la envolvente edilicia ha iniciado una nueva tipología de carácter híbrido que busca equilibrar la relación natural y construida, que ha ganado mayor importancia en la concepción de los edificios sostenibles (Hopkins & Goodwin, 2011; Blanc, 2008; Uffelen, 2011, citados por Radic et al., 2019), muchas veces acompañados por incentivos como los créditos ambientales para obtener certificaciones tipo *LEED*. La noción instaurada por Blanc representa un campo que exhibe obstáculos, ambigüedades y confusiones derivada de las diferentes denominaciones que la definen (Radic et al., 2019), de los distintos autores y de su evolución en el tiempo. En la **Tabla 5** se muestran algunas de las definiciones más difundidas.

¹⁷ En el Anexo C del trabajo se analizan los beneficios ecosistémicos a escala urbana y arquitectónica.



TERMINOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	CITACIÓN
<i>Jardín vertical</i> o <i>Vertical garden</i>	Es un término general de tipo descriptivo utilizado para referirse a todas las formas de superficie vegetal de un muro y/o envolvente.	Peck S.W et al. (1999) Bass B. and Baskaran B. (2001) Alexandri and Jones (2008) Perini et al. (2011)
<i>Fachada verde</i> o <i>Green facade</i>	Sistema de doble piel en el que las plantas trepadoras o colgantes cubren las estructuras de soporte especialmente diseñadas. Se enraízan en la base de estas estructuras, ya sea en el suelo y/o en maceteros intermedios. Las plantas suelen tardar entre 3 y 5 años para alcanzar la cobertura total de la superficie.	Green Roofs for Healthy Cities GRHC (2008)
<i>Pared verde</i> o <i>Green wall</i>	Es un término similar en su concepción al de "jardín vertical" Las tecnologías de pared verde se pueden dividir en dos grandes categorías: fachadas verdes y paredes vivas.	Green Roofs for Healthy Cities GRHC (2008),
<i>Pared viva</i> o <i>Living wall</i>	Consiste en paneles pre-vegetados o in situ, ya sea mediante módulos verticales o fieltros que se fijan verticalmente a una pared o marco estructural. Estos paneles pueden ser de plástico, poliestireno expandido, tela sintética, arcilla, metal o concreto.	Green Roofs for Healthy Cities, GRHC (2008) Birkeland (2009),
<i>Espacio verde vertical</i> o <i>Green space wall</i>	Se refiere a una ecosfera que funciona como una pared exterior o como espacios mixtos interiores / exteriores. Aporta un equilibrio entre el espacio verde (plantas) y el espacio duro (concreto, acero, vidrio). Estos muros pueden crear múltiples usos sinérgicos del espacio, ofreciendo servicios ambientales tales como mejorar la calidad del aire, proveer alimentos, aumento de biodiversidad, provisión de un nuevo espacio social, expresión artística, etc.	Birkeland (2008)
<i>Estructuras verdes</i> o <i>Green scaffolding</i>	Esta denominación se aplica principalmente a la modernización ecológica. Básicamente, se trata de una envolvente conformada por una estructura ligera aplicada como una segunda piel en los edificios existentes a fin de proporcionar una amplia gama de servicios ecosistémicos.	Birkeland (2008)
<i>Biofachadas</i> o <i>Biofacade wall</i>	Se refiere a la fachada verde con un sistema de soporte mediante estructuras como cables tensores, para el desarrollo de la vegetación en vertical.	Abdul et al. (2011)
<i>Sistemas vegetales verticales</i> o <i>Vertical Greenery System</i>	Hace referencia a cualquier forma que puedan cultivarse las plantas sobre la fachada/pared de un edificio, ya sea como revestimiento, doble piel con tensores, balcón o sistema vertical hidropónico.	Wong et al. (2009) Cheng et al. (2010) Wong et al. (2010)
<i>Paisajismo vertical</i> o <i>Vertical Landscape</i> ¹⁸	Son áreas de vegetación que se hacen crecer directamente en la fachada de un edificio o en sistemas estructurales separados. Por lo general, se componen de unidades modulares, esteras con vegetación o enrejados unidos a paredes o marcos estructurales.	Tamási & Gergely (2016)
	Propone un sistema tecnologizado con monitoreo continuo. El ecosistema vertical artificial plantea un enfoque más complejo y evolucionado. Refiere a un	Solano Cabello (2017)

¹⁸ Contribución de la autora.



<i>Ecosistema vertical</i> ¹⁹	ecosistema natural formado por organismos vivos que habitan dentro de un ecosistema artificial representado por un medio físico, que comparten un contexto físico-ambiental determinado además de requerir alimentación y mantenimiento para su subsistencia. Se trata de un sistema biológico que incluye las complejas interacciones de la naturaleza en una pared: hongo-planta / planta-planta / hongo-bacteria / planta-hongo-bacteria.	
<i>Ecosistema vertical artificial (EVA)</i>	Concepto amplio que representa un sistema biológico basado en las complejas interacciones de la naturaleza aplicadas a una pared. Dichas interacciones median con sistema artificial que incluye un sustrato especialmente diseñado o hidropónico. Los ecosistemas pueden ser de tipo: modular o in situ; adosado a la estructura de la envolvente/ pared de manera directa o indirecta; con riego automatizado o inteligente a través del monitoreo continuo.	Neologismo aportado por la autora basado en Solano (2017)
<i>Sistemas de jardines verticales modulares livianos (SJV)</i>	Refiere a un sistema complejo interdependiente, que se conforma por módulos livianos que contienen un ecosistema construido como soporte de un ecosistema natural (especies vegetales y sustrato). Dichos ecosistemas son a su vez sustentados por un subsistema de alimentación (riego y nutrición) y el subsistema de mantenimiento (ecosistema construido y natural).	Neologismo aportado por la autora

Tabla 5 Definiciones de jardines verticales a ecosistemas verticales artificiales (EVA)

Fuente: en base a Jaffar et al, 2011

Dado que resulta difícil integrar la diversidad de definiciones existentes, el presente trabajo propone tomar como base el de *sistemas de jardines verticales (SJV) modulares livianos*²⁰ aplicables a los edificios en altura.

A fin de comprender en profundidad el concepto de *SJV*, sus relaciones y funcionamiento, resulta necesario contextualizarlo.

4.2 CONTEXTUALIZACIÓN

La intervención en la envolvente mediante la naturación expresa una estrategia positiva para mejorar la calidad no solo a escala arquitectónica sino además urbana mediante el aumento del verde urbano, el amortiguamiento de los desequilibrios urbano-ambientales, la mejora en la calidad de vida, la introducción de beneficios ecosistémicos²¹ en diversos niveles, entre otros.

Por otra parte, constituye una visión arquitectónica *transdisciplinaria* asociada al enfoque del *ecodiseño*, postulado por el arquitecto *Ken Yeang* en su libro *Proyectar con la naturaleza: bases ecológicas para el proyecto arquitectónico* (Yeang, 1999):

¹⁹ Contribución de la autora.

²⁰ En inglés vertical greenery system (VGS).

²¹ En el *Anexo C* se amplían los beneficios indicados en estas listas.



(...) Es el manejo del uso de los procesos de un ecosistema y recursos no renovables a través del eco-mimetismo. Sus principales objetivos son la integración física y mecánica de las formas e infraestructuras construidas con las características y los procesos del ecosistema de un sitio determinado; la prevención del agotamiento de los recursos de energía, agua y materias primas; la prevención de la degradación ambiental causada por las instalaciones y su ciclo de vida; y la creación de una bio-integración entre el entorno construido y el entorno natural, cualquier forma de diseño que minimice los impactos destructivos del medio ambiente mediante la integración física, sistemática y temporal con los procesos vivos del entorno natural (...) Yeang y Woo, 2010

En la perspectiva de Yeang, se plantea la evolución del diseño arquitectónico meramente estético para acercarse al diseño edilicio que emula a un *ecosistema vivo* en todos sus aspectos (Yeang et al., 2008), incluyendo el funcional, al esbozar un deseable desperdicio cero inherente a la naturaleza en sus propuestas, que incluyen el concepto *Cradle to Cradle*²² (C2C), punto de partida de la *economía circular* que plantea un modelo basado en el reciclado y la reutilización de los materiales retomando la visión del arquitecto vienes Hundertwasser. Para Yeang, el edificio como *ecosistema vivo* resulta un elemento integrado al entorno natural expresándose como un *continuum verde*, que “dialoga y se complementa equilibradamente con el gris”, encontrándose en una posición mejorada de la de Ambasz al incluir los aspectos *estéticos* y *funcionales* en las envolventes verdes.

Dado que el objeto de estudio incluye un *ecosistema vivo complejo que interactúa con el edificio y el entorno*, el enfoque de la investigación admite un abordaje analítico desde el pensamiento complejo (holístico-sistémico).

4.3 ABORDAJE DE LA COMPLEJIDAD

Un SJV aplicado en la envolvente involucra la introducción de un conjunto de componentes vivos y artificiales cuyo comportamiento, como elemento constructivo, se interpreta como sistémico y holístico al reconocer ciertas complejidades propias de su naturaleza híbrida. Los SJV son sistemas abiertos, heterogéneos y complejos que comprenden un conjunto de elementos dinámicos de diferente naturaleza que se encuentran interconectados y que sufren transformaciones de sus condiciones de acuerdo con procesos no lineales. Cada cambio en el contexto del SJV, ya sea generado por causas naturales o por la mano del hombre, afecta el equilibrio del sistema pudiendo activar sinergias o conflictos de difícil predicción que alteran sus propiedades ecosistémicas.

Un SJV involucra comportamientos relacionales entre el entorno natural y el construido (*interacciones*), entre los elementos constitutivos (*conexiones internas*) y entre variables (*emergencia*). Dichas interacciones suceden en diferentes ritmos o patrones (procesos no lineales) respondiendo y adaptándose frente a la imprevisibilidad (resiliencias), ajustándose mediante cambios endógenos del sistema (*autoorganización*) (

²² Término en inglés que se traduce de la cuna a la cuna, utilizado en el diseño productos y sistemas con enfoque biomimético que busca acercarse a los procesos de la naturaleza, donde los materiales se ven como nutrientes que circulan en metabolismos saludables y seguros.

Figura 38).



Figura 38 Comportamiento de un sistema

Fuente: Chávez López, C.

Por las razones indicadas, el tratamiento de la problemática desde un enfoque reduccionista resulta insuficiente, ya que debe contemplar las premisas del dinamismo, la imprevisibilidad, la retroalimentación, la multiescalaridad y la multitemporalidad, para evitar tanto las generalizaciones como la simplificación excesiva. La mirada de un SJV asociada al paradigma de los sistemas complejos resulta la perspectiva más adecuada para el abordaje del tema.

4.3.1 El paradigma de la complejidad: aproximaciones teóricas

El paradigma de los sistemas complejos se nutre en un sentido amplio e inclusivo a partir de la confluencia de numerosas aproximaciones, entre las que se pueden identificar: el pensamiento o enfoque sistémico, el pensamiento complejo y la ciencia de la complejidad, cuyas particularidades se indican en la **Tabla 6**.

VERTIENTES DEL PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD		
Vertiente de la complejidad	Concepción del conjunto	Concepción del cambio
Pensamiento sistémico	Sistema complejo, sistema dinámico	Trasformación sistémica
Ciencias de la complejidad	Sistema de complejidad creciente	Tiempo como complejización (doble flecha del tiempo: entropía y evolución)
Pensamiento complejo	Totalidad organizada, organización	Proceso de metamorfosis (conservación / transformación)
Paradigma ecológico	Eco-sistema	Doble flecha del tiempo: entropía y evolución
Enfoques holistas	Holos, totalidad	Co-evolución (tiempo y grandes escalas de tiempo)

Tabla 6 Fuentes del paradigma de la complejidad

Fuente: Luengo, E



▪ **El pensamiento y los enfoques sistémicos.**

Representa una de las primeras vertientes y se basa en los términos de conectividad, relaciones y contexto. Concibe a los sistemas como una totalidad integrada cuyas propiedades no pueden reducirse a sus partes, y en conjunto genera propiedades emergentes.

El pensamiento sistémico coloca su foco en las relaciones e interrelaciones dentro y fuera del sistema. Los aportes y tendencias que contribuyeron al pensamiento sistémico se muestran en la **Tabla 7**.

APORTES Y TENDENCIAS DEL PENSAMIENTO SISTEMICO		
Warren Weaver (1884-1978)	Sistema como complejidad organizada	Algunos problemas pueden concebirse como sistemas con una complejidad organizada.
Claude E. Shannon (1916-2001)	Teoría de la información	Teoría de la información o teoría matemática de la comunicación. Consiste en una serie de reglas o leyes matemáticas en los sistemas de comunicación para la transmisión, procesamiento, medición y representación de la información.
Norbert Wiener (1894-1964)	Cibernética de primera generación o teoría de las máquinas autónomas	Desarrollo de máquinas autoconducidas y autorreguladas que permiten mecanismos de comunicación y control. Se introduce la idea de retroalimentación, retroacción o <i>feedback</i> .
Heinz von Foerster (1911-2002)	Cibernética de segunda generación o constructivismo radical	Introduce la autorreferencia, la reflexividad y la creatividad en el sistema, con lo que supera la visión de sistema como máquina autorregulada y determinista. Además, reconoce que el orden puede surgir del desorden o caos.
Ludwig von Bertalanffy (1901-1972)	Teoría general de sistemas	Insiste en la vinculación de la cibernética y la teoría de sistemas con el pensamiento evolucionista —que enfatiza el cambio, el crecimiento y el desarrollo— y la termodinámica.
Jay Forrester (1918-2016)	Sistemas dinámicos o dinámica de sistemas	Sistemas complejos aplicados inicialmente a la ingeniería y gestión de empresas, después a las ciencias sociales.
Ilya Prigogine (1917-2003)	Sistemas abiertos lejos del equilibrio, creación de estructuras disipativas	La vida entendida como un proceso de transiciones de unas estructuras disipativas a otras, es decir, entendida como autoorganización.
Hermann Haken (1927-)	Teoría de la sinérgica	Estudia los cambios de fases de no equilibrio y la autoorganización (formación espontánea de estructuras organizadas a partir del caos). En este tránsito pueden encontrarse los principios para entender el origen de la materia viviente y los problemas de la evolución.
Henri Atlan (1931-)	Ruido y desorden como creadores de información	En las organizaciones dinámicas coexisten un orden repetitivo y una variedad infinitamente compleja. La adaptación y la creatividad son respuestas de la interrelación entre orden y desorden ante situaciones inesperadas.
Humberto Maturana (1928-) y Francisco Varela (1946-2001)	Sistemas autoorganizados	Los seres vivos como sistemas o entidades autoorganizadas a partir de su relación con su entorno.

Tabla 7 Aporte y tendencias del pensamiento sistémico

Fuente: Luengo, E.

Sin embargo, la complejidad se nutre de otras fuentes, entre ellas:



- **El paradigma ecológico.**

Surge como una crítica al modelo depredador de la civilización occidental y de las nuevas teorías y disciplinas científicas (ecología; pensamiento sistémico; teoría de sistemas vivos; termodinámica).

El paradigma ecológico pretende la comprensión de los sistemas vivos complejos e integrados y de la interrelación en sus diversos niveles.

- **Los enfoques holistas.**

El enfoque holístico de la complejidad propone concebir, analizar e interpretar los sistemas y sus propiedades como una totalidad.

Las *teorías de la complejidad*, poseen un recorrido historiográfico cuyos primeros antecedentes se asientan en la filosofía aristotélica, que consideraba “el todo más que la suma de sus partes”. Dicha concepción se enriqueció y complementó con los aportes de *Galileo*, quien subdividió el estudio del “todo” en pequeños elementos, idea que se retoma con posterioridad a través de *Hegel* (1966) con su texto *Fenomenología del espíritu* (1807) al indagar sobre la complejidad de los sistemas. Hacia la mitad del siglo XX comienza un interés creciente por estudiar las diversas relaciones generadas entre los elementos constitutivos de sistemas específicos, con la consolidación de una nueva forma de observación fenoménica conocida como *enfoque sistémico* (Mendieta-Ramírez, 2012). Sin embargo, el biólogo alemán *Von Bertalanffy* prosigue con las ideas de *Hegel* y las profundiza a través de su *Teoría General de Sistemas* (TGS) desarrollada para aplicar a los *sistemas vivos* (abiertos). Según *Von Bertalanffy*, un sistema puede definirse como *una* “complejidad de elementos que interactúan y presentan cierto carácter de totalidad más o menos organizada” (Navarro Cid, 2002), cuya conexión resulta tan estrecha que “si uno de los elementos se modifica, los otros también se transforman y por tanto el todo se altera” (Sierra M. A., 2000). La interrelación entre los elementos se produce dentro de un límite espacial (Martínez y Requena, 1986), presentando diferentes propiedades y estructuras espaciales (Navarro Cid, 2002).

(...) Uno de los aportes más importantes de la teoría sistémica formulada por Bertalanffy, es el reemplazo de la concepción todo/partes por la concepción sistema/entorno. La formación de los sistemas no depende de una estructura dada, sino que se logra a través de la interacción con el entorno. El entorno deja de ser un factor condicionante de la construcción del sistema para pasar a ser un factor constituyente de ella. El problema que se plantea es la fijación de los límites entre sistema y entorno. El sistema, para poder ser sistema, debe diferenciarse o independizarse del entorno, pero a la vez debe mantener una dependencia del entorno si quiere sobrevivir y evolucionar. El entorno es a la vez, fuente de perturbaciones y desequilibrios y fuente inagotable de recursos que posibilitan la supervivencia y el cambio del sistema (...) Moreno, 2002



En el caso del objeto de estudio, los elementos que componen el SJV “(...) asemejan su *comportamiento como totalidades dentro de la totalidad* (...) dependiendo del lugar y la *función* dentro del contexto total el que, a su vez, podría verse alterado por cambios locales (...)” (Arnheim R., 1988 citado por Castaldo Suau, 2012) cuando se intercambia información con el medioambiente circundante.

A su vez, los elementos compositivos del conjunto pueden *jerarquizarse* en *subsistemas* con propiedades individuales que los diferencian, pudiendo interactuar con diversos suprasistemas, de acuerdo con la propuesta desarrollada por *Kenneth Boulding* (1956).

Los fundamentos de las teorías de sistemas incluyen aspectos tales como: *la concepción de los sistemas dentro de otros sistemas; las funciones dependientes de su estructura; la relación con el entorno por tratarse de sistemas abiertos; los intercambios dinámicos dentro y fuera de los bordes del sistema; la evolución durante su ciclo de vida*, entre otros.

“(...) Las nuevas ciencias de la complejidad son aquellas que se desarrollan desde una posición diferente del determinismo clásico y del reduccionismo de todo fenómeno a leyes mecanicistas.

(...) Las categorías que configuran a la complejidad como ciencia son conceptos tales como: sistemas complejos y comportamientos complejos, bifurcación, caos, atractores extraños, fenómenos de autoorganización, rupturas de simetría y bifurcación, estados en equilibrio, cercanos al equilibrio, lejanos al equilibrio y estados caóticos, estructuras disipativas, autopoiesis, no linealidad, sistemas abiertos, sinergia, bucles de retroalimentación, recursividad, entropía, emergencia. Y sus problemas son, por ejemplo, los sistemas dinámicos, lógicas no lineales, sistemas conservativos y sistemas disipativos, simulación, interdependencia, comportamiento probabilístico y estrategias de adaptación. Aquellos conceptos y estos problemas dan lugar al lenguaje de la complejidad (...)” Payares Loyo, 2011

Los puntos mencionados resultan relevantes para caracterizar las tres funciones básicas de un sistema: 1. *Entrada* (fuerza de inicio operativo), 2. *Proceso* (medio) y 3. *Salida* (resultados). Dichas funciones presentan sus propias particularidades tal como se observa en el mapa conceptual (**Figura 39**).

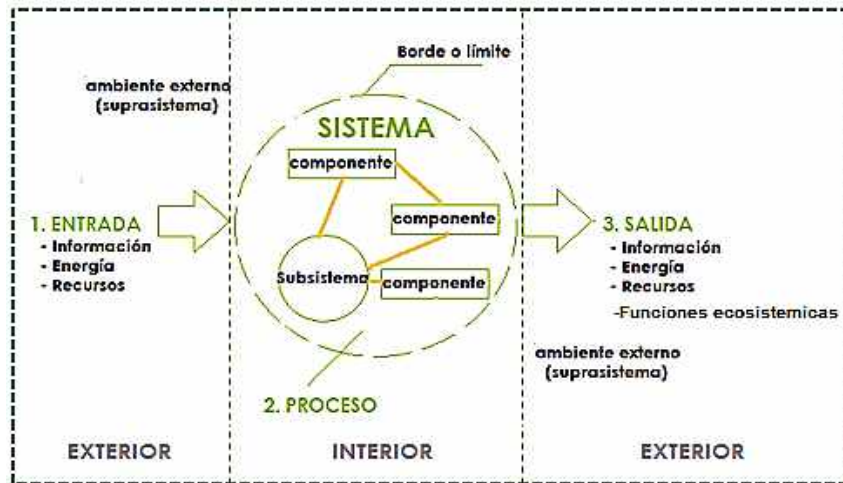


Figura 39 Mapa del funcionamiento de un ecosistema

Fuente: elaboración propia

A continuación, se describe cada función:

1. Entradas

Las entradas llegan desde afuera del sistema y se definen a partir de la información, la energía y los recursos asociados.

2. Procesos

Son las asociaciones e intercambios de materia y energía en función de las condiciones contextuales que regulan las adaptaciones.

3. Salidas

Constituyen el resultado de los procesos producidos por el sistema (emisión de O₂, producción de alimento, elementos estéticos y elementos funcionales ecosistémicos).

A partir de la *Teoría General de Sistemas (TGS)*, surge en el transcurso del último tercio del siglo XX un nuevo tipo de pensamiento sistémico que plantea un cambio paradigmático a nivel interdisciplinar (Mandressi, 2001 citado por Castillo Sarmiento et al., 2017), conocido como *Paradigma de la Complejidad*, que incluye las dimensiones del *propósito*, el *equilibrio*, la *adaptabilidad*, y la *auto organización* (Maturana, 1997 citado por Castillo Sarmiento et al., 2017).

La nueva concepción postula que los componentes interaccionan de manera continua, presentando una articulación no-lineal, con especificidades interpretativas del entorno y una gestión de los conflictos inmersos en dicho contexto.



Ente las caracterizaciones de la complejidad pueden mencionarse: la *auto-reorganización*; la *evolución dinámica y anticipada* (Holland, 1995 citado por Castillo Sarmiento et al., 2017); la *internalización de los principios sistémicos* (recursividad, totalidad, regulación, transformación entropía, homeostasis y sinergia (Mosquera, 2007, citado por Castillo Sarmiento et al., 2017; la *visión holística*; la *diferenciación y jerarquización*; la *equifinalidad*; entre aquellos más distintivos.

En la década de 1980 emerge un nuevo enfoque a la complejidad, conocido como la *Teoría de los Sistemas Complejos Adaptativos de Holland (Complex Adaptive Systems o CAS)*, también conocido como la *Ciencia de la Complejidad*, que postula una clase específica de sistema abierto que procesa la información a partir de la adaptación. El proceso de la información permite que los componentes del sistema identifiquen regularidades y se anticipen a las consecuencias de sus acciones si el patrón es conocido o, lo que es lo mismo, *adaptarse-evolucionar a partir del aprendizaje*. Los CAS son sistemas abiertos que carecen de equilibrio y requieren un flujo de energía para mantenerlos.

La constitución de los sistemas complejos adaptativos se forma a partir de numerosos componentes o agentes que se agregan y disgregan en una jerarquía organizativa que lleva implícita la tendencia a la autoorganización en la que se producen frecuentes y robustas interacciones con los diversos niveles organizativos. Los *Sistemas Complejos Adaptativos (CAS)* presentan como rasgo distintivo su condición *no lineal*, es decir, la dirección y escala de las modificaciones no son directamente proporcionales al proceso/procesos que las causan ya que pequeños cambios pueden producir grandes transformaciones en cascada y viceversa. Dicha "sensibilidad a las condiciones iniciales", conocida coloquialmente como *efecto mariposa* (Lorenz, 1995), es una presuposición de la ciencia de la complejidad e implica que los CAS se mueven entre el orden y el caos, es decir, están lejos del equilibrio (Prigogine, 1987).

La ausencia de linealidad complica la predicción de los cambios del sistema a partir de las propiedades de sus componentes y se relaciona con la última propiedad de los sistemas complejos: la *emergencia*. Para sobrevivir, los elementos o agentes deben ajustarse de manera constante a las condiciones endógenas y exógenas del conjunto, cuyo grado de complejidad determinará sus interacciones y niveles organizativos pudiendo afectar sus especificidades y coevolución a lo largo de su vida útil.

Por otra parte, en el contexto de los *sistemas complejos*, Morín realiza su aporte al establecer que las relaciones de los elementos resultan convergentes (1997, citado por Castillo Sarmiento et al., 2017) avanzando sobre las características que la definen. En tal sentido, indica que "todas las cosas causadas y causantes, ayudadas y ayudantes, mediatas e inmediatas, subsisten por un lazo natural e insensible que liga a las más alejadas y a las más diferentes" (Lewin, 1992 citado por Castillo Sarmiento et al., 2017). Morín interpreta al sistema



como *unidad global capaz de manifestar propiedades que no pueden ser explicadas a partir de las individualidades de sus componentes, sino desde su interrelación dinámica* (Barberousse, 2008) *con el conjunto*, debido a sus *propiedades emergentes y colectivas en un todo indisoluble* que se expresa como *complejo y complementario*.

El avance de *Morín* ofrece una nueva perspectiva que requiere del abordaje transdisciplinario y multireferenciado, como lo expresa en uno de los párrafos de su libro *El Método I*:

(...) un sistema es una interrelación de elementos que constituyen una entidad global o unidad global. Tal definición comporta dos caracteres principales: el primero es la interrelación de los elementos y el segundo es la unidad global constituida por estos elementos en interacción (...) se puede concebir el sistema como unidad global organizada de interrelaciones entre elementos, acciones o individuos (...) Morín, 1977

El aporte fundamental del autor a la *Teoría de la Complejidad* como método se incorpora al “pensamiento relacional” (Giraldo Montoya, 2005), cuyas propiedades resultan claramente identificatorias: *conectividad; interdependencia; diversidad; adaptación; no linealidad*; entre las más destacadas. En dicho marco, el nuevo objeto de estudio deja de ser interpretado como simple y sustancial para convertirse en “complejo”, dadas las propiedades del sistema en el que la “parte es parte y a su vez, es un todo” y “el todo, es mucho más que la suma de las partes”. En tal sentido, la interpretación de *Morín*, supera los postulados de *Hegel* al dejar entrever en su punto de vista una organización implícita.

El estudio de la complejidad desde la nueva perspectiva, “...habilita e incorpora en un sentido no exhaustivo cuestiones relativas: *al desorden; el caos; la no-linealidad; el no-equilibrio; la indecibilidad; la incertidumbre; la contradicción; el azar; la temporalidad; la emergencia y la autoorganización...*” (Rodríguez Zoya y Leónidas Aguirre, 2011). Además, incluye dimensiones como: *la interdependencia; la diversidad y la adaptabilidad de los agentes; el espacio de posibilidades; la coevolución; la auto-similitud*; entre los más destacados.

Las diferencias entre las *Ciencias de la Complejidad* o *Sistemas Complejos Adaptativos* y los *Sistemas Complejos* se exponen en la **Tabla 8**.



COMPARACIÓN ENTRE CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD Y EL SISTEMA COMPLEJO

Características	Ciencias de la complejidad	Pensamiento complejo
Denominación según varios pensadores	Complejidad restringida (Morin). Complejidad simplificada (Byrne). Complejidad como ciencia (Maldonado). Complejidad como conjunto de algoritmos, formalismos o modelos de simulación que cuentan con herramientas informáticas aplicables (Reynoso). Ciencia compleja reduccionista (Richardson y Cilliers). Ciencia (Phelan).	Complejidad generalizada (Morin). Complejidad compleja (Byrne). Complejidad como método (Maldonado). Complejidad como grandes teorías, globales y genéricas; como construcciones filosóficas o marcos teóricos abarcativos (Reynoso). Pensamiento complejo (Richardson y Cilliers). Seudociencia (Phelan).
Epistemología	Aproximación centralmente metodológica. No necesariamente implica una visión paradigmática distinta a la ciencia normal o clásica. El conocimiento científico suele considerarse por encima de otro tipo de conocimientos.	Aproximación centralmente epistemológica. Implica una visión paradigmática distinta a la de la ciencia normal o clásica. Los argumentos de la racionalidad del conocimiento científico clásico son apropiados para el estudio de la complejidad.
Realidad	No toda la realidad es compleja.	Realidad ontológicamente compleja.
Énfasis	Énfasis metodológico, técnico o procedimental. Crítica epistemológica a la ciencia y al método científico clásico. Investigación empírica sólida.	Énfasis epistemológicos e implicaciones filosóficas y ético-políticas. Epistemología del sujeto entendida como estrategia de conocimiento donde el sujeto construye y redefine su objeto en el proceso de conocimiento.
Procedencia de sus métodos	Métodos desarrollados considerando los antecedentes históricos de la ciencia, particularmente de la física y matemáticas aplicadas* (en ocasiones, transferidos acriticamente al mundo social). No necesariamente incluye la dimensión ético-política del conocimiento. Tradición estadounidense (iniciada en el Santa Fe Institute).	Métodos relacionados con argumentos epistemológicos o método hermenéutico (como filosofía de la libertad). Incluye la dimensión ético-política del conocimiento científico. Tradición europea, particularmente francesa.
Cientificidad técnico-instrumental	Desarrollo de herramientas formales, mediciones matemáticas y simulaciones computacionales. Empleo de modelos, identificación de patrones e isomorfismos. Énfasis matemático y formalista. Lenguaje formal.	No desarrollo de herramientas o instrumentos técnico-metodológicos de investigación. Empleo de metáforas, isomorfismos y narrativas de los sistemas complejos. Énfasis metafórico y narrativo. Lenguaje natural.
Rigor científico	Rigor científico y sustento experimental (cuando es posible).	Falta de rigor científico o anticientificidad. Falta de sustento experimental.
Avances del conocimiento científico	Integra avances del conocimiento científico de punta.	No integra avances de las ciencias de la complejidad (particularmente de las últimas décadas).
Origen	Santa Fe Institute (1984), a partir de la teoría de sistemas, cibernética, teoría de las estructuras disipativas, de los sistemas complejos adaptativos, teoría de redes, teoría de las catástrofes, teoría de la autopoiesis.	Edgar Morin (décadas de los setenta y ochenta), a partir de aportes de la teoría de sistemas, cibernética, teoría de las estructuras disipativas, teoría de las catástrofes y teoría de la autopoiesis.
Autores citados más reconocidos	M. Gell-Mann, J. Holland, Stephen Wolfram, S. Kauffman, Robert Axelrod	E. Morin, I. Prigogine, H. von Foerster, H. Maturana, F. Varela, H. Atlan, J. Ibáñez
Estrategias de producción del conocimiento	Pensamiento e investigación en redes (vs. visiones agregacionistas o de sumatoria) en múltiples institutos y centros de investigación en diversas partes del mundo.	Algunos centros de investigación, por ejemplo: Centre Edgar Morin (EHESS) y Fondation des Sciences de l'Homme, Francia; University College, Londres; y varios en Latinoamérica, Grupo de estudios de la complejidad (GRECOM) en Brasil, Centro Studi Internazionale di Filosofia della Complessità "Edgar Morin" (Italia). francesa.

Tabla 8 Aporte y tendencias del pensamiento sistémico

Fuente: Luengo, E.



Por su parte, *Chapouthier* (2009) ofrece una contribución sustancial a la teoría de la complejidad a partir del estudio de los sistemas vivos, ya que los considera como un conjunto de pequeños elementos o “teselas” capaces de conservar su autonomía y sus características propias en un todo, resultando un “mosaico vivo” con individualidades reconocibles, concepción de gran interés para el objeto de estudio. Si bien se cuenta con gran cantidad de información sobre el sistema que se estudia, dada su complejidad persiste un porcentaje del que se conoce poco o se tiene poca información, que se considera el “gris”²³ del conjunto, situación que fue estudiada por el investigador chino *Julong Deng* en su *Teoría de Sistemas Grises o Grey System Theory (GST)* Según el autor de *GST*, la información que provee un sistema gris es pobre, incompleta e incierta. En este sentido, gran cantidad de sistemas complejos son grises porque varios de sus parámetros son inciertos o desconocidos.

En los inicios de los años '70, los biólogos chilenos Humberto Maturana y Francisco Varela dan a conocer el concepto de *autopoiesis* en su libro *De Máquinas y Seres Vivos* (Maturana y Varela, 1995, p.69), condición de existencia de los seres vivos en la continua producción de sí mismos y pieza clave para el entendimiento de la complejidad en los sistemas biológicos. Desde la llamada biología del conocimiento tanto Varela y principalmente Maturana se acercaron a los conceptos principales sobre *complejidad y sistemas complejos adaptativos*, mediante los aportes de la organización y estructural. En tal contexto, los seres se *autoconstruyen* mediante interacciones que crean dimensiones superiores de dinámica cerrada determinadas en su estructura. Son sistemas tales que cuando algo externo incide sobre ellos, los efectos dependerán de ellos mismos, de su estructura en ese instante.

Por otra parte, la relación con el entorno se sostiene por las cualidades de los seres biológicos como pauta para el análisis de la realidad desde una validación individual, colectiva y única. Los aspectos más distintivos de la autopoiesis devienen de su definición: “Una *máquina autopoietica* es una máquina organizada como un sistema de procesos de producción (transformación y destrucción) de componentes que: (i) generan los procesos (relaciones) de producción que los producen a través de sus continuas interacciones y transformaciones (ii) constituyen a la máquina como una unidad en el espacio físico. Por consiguiente, una máquina autopoietica continuamente específica y produce su organización a través de la producción de sus propios componentes como variable que mantiene constante, bajo condiciones de continua perturbación.

Una propiedad relevante es su autorregulación continua: aunque un sistema autopoietico se mantenga en desequilibrio, es capaz de conservar su consistencia estructural absorbiendo permanentemente la energía de su entorno. Los criterios de validación para sostener que nos

²³ Los sistemas con información completa son sistemas “blaqueados” (whitening) o “blancos”, los que carecen completamente de información son sistemas “negros” y los que contienen información pobre o incompleta son sistemas grises.



encontramos frente a un sistema autopoiético (vivo) se pueden resumir en tres puntos relacionados entre sí:

✓ *Borde semipermeable:*

Se define como un límite o borde semipermeable del sistema que le permite discriminar entre el interior y el exterior en relación con sus componentes relevantes.

✓ *Red de reacciones:*

Los componentes del sistema son producto de una red de reacciones que opera al interior de la barrera.

✓ *Interdependencia:*

a red de reacciones es regenerada por condiciones producidas por la existencia de la barrera misma, es decir, que los pasos anteriores son interdependientes.

En resumen, puede afirmarse que el paradigma de la complejidad propone estudiar las totalidades complejas con un enfoque diferente al de las ciencias clásicas analíticas y reductivas, configura un campo conceptual con límites borrosos cuya formulación abarca un conjunto de teorías en el sentido amplio, y que no existe una única teoría que lo sintetice y sistematice de forma explícita (Reynoso 2009 citado por Zoya y Aguirre, 2011).

4.4 ANALISIS DEL SISTEMA DE JARDÍN VERTICAL DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS SISTEMAS COMPLEJOS

La mayor parte de los enfoques de diseño de SJV son de tipo proyectual, es decir la construcción de un objeto parte de una representación asociada a una estructura lógico-formal. Sin embargo, bajo la perspectiva del *paradigma de la complejidad* debe considerarse desde una escala mayor, ya que el SJV interactúa e interrelaciona con la envolvente edilicia y con el ambiente externo (contexto natural-construido) por el que se propaga la contaminación acústica. Tomando en consideración dichas premisas, el sistema a escala macro puede descomponerse en otros sistemas (**Figura 40**).

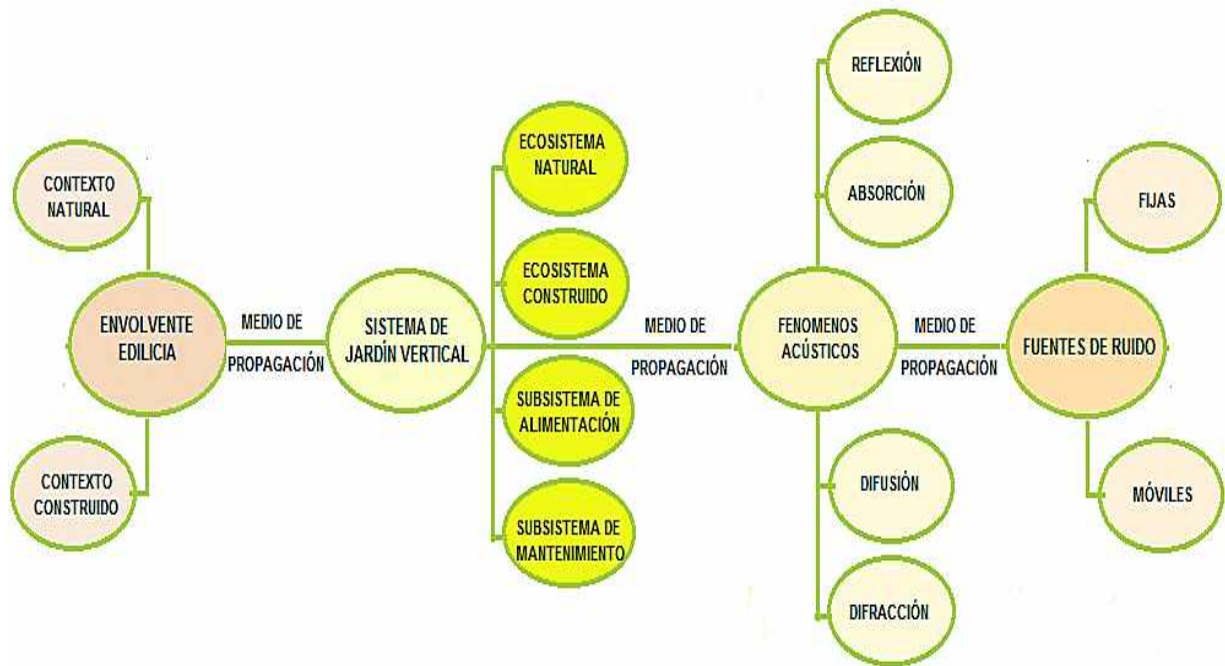


Figura 40 Composición a escala macro de un SJV en relación a la envolvente y el ambiente externo

Fuente: elaboración propia

La complejidad organizada de un *SJV* desde el abordaje sistémico reclama la necesidad de articular tres conceptos unidos y diferenciados: las interrelaciones, la organización y el sistema.

La idea de “interrelación” remite a los tipos y formas de unión entre los elementos y la totalidad en una única estructura conexas que los mantiene en equilibrio relativo.

Un *SJV* aplicado a la envolvente se comporta como un *sistema híbrido abierto*, cuya reacción no lineal se encuentra expuesto a un entorno variable que lo obliga a experimentar una dinámica de fluctuaciones y ciclos adaptativos para la subsistencia. El conjunto lleva implícito el concepto de *resiliencia* frente a las incertidumbres, las interacciones no-lineales, los impactos y los factores de estrés. Dichas características lo inscriben dentro del universo de los *sistemas complejos adaptativos* que dependen e interaccionan en diferentes escalas temporales y espaciales con el entorno para auto-organizarse y re-organizarse de manera colaborativa ante la imprevisibilidad, aprendiendo de la experiencia para adaptarse.

Aplicando las teorías de la complejidad, los componentes de un *SJV* pueden descomponerse jerárquicamente en otros sistemas más pequeños. Sin embargo, tal ordenamiento resulta relativo, ya que un sistema situado en un nivel jerárquico puede ser el componente de otro de nivel superior. En tal sentido, el *SJV*²⁴ como sistema híbrido se descompone en: un ecosistema artificial que sustenta a su vez al ecosistema natural o vivo, que dependen para la subsistencia

²⁴ Los Anexos A y B proporcionan mayor información al respecto.

de sistemas complementarios (subsistema de alimentación; subsistema de mantenimiento) (Figura 41).



Figura 41 Análisis de un SJV según el enfoque holístico-sistémico

Fuente: elaboración personal

La agregación de componentes produce propiedades emergentes, diferenciando el comportamiento a escala macro (SJV) y micro (los cuatro sistemas que lo componen). Cada uno de los sistemas y subsistemas de los SJV presentan ciertas particularidades en su composición de modo que la interacción e interdependencia se retroalimenta en diferentes niveles para auto organizarse, adaptarse continuamente y cambiar de una manera impredecible. Debido a dichas particularidades, resulta necesario comprender la estructura y los patrones de interacción intra e intersistemas a partir de los cuatro componentes del SJV para resolver la multiplicidad de factores que entran en juego. En la **Figura 42** se describe la conformación básica de los sistemas natural y artificial y de los subsistemas de alimentación y mantenimiento, en relación con el conjunto completo.

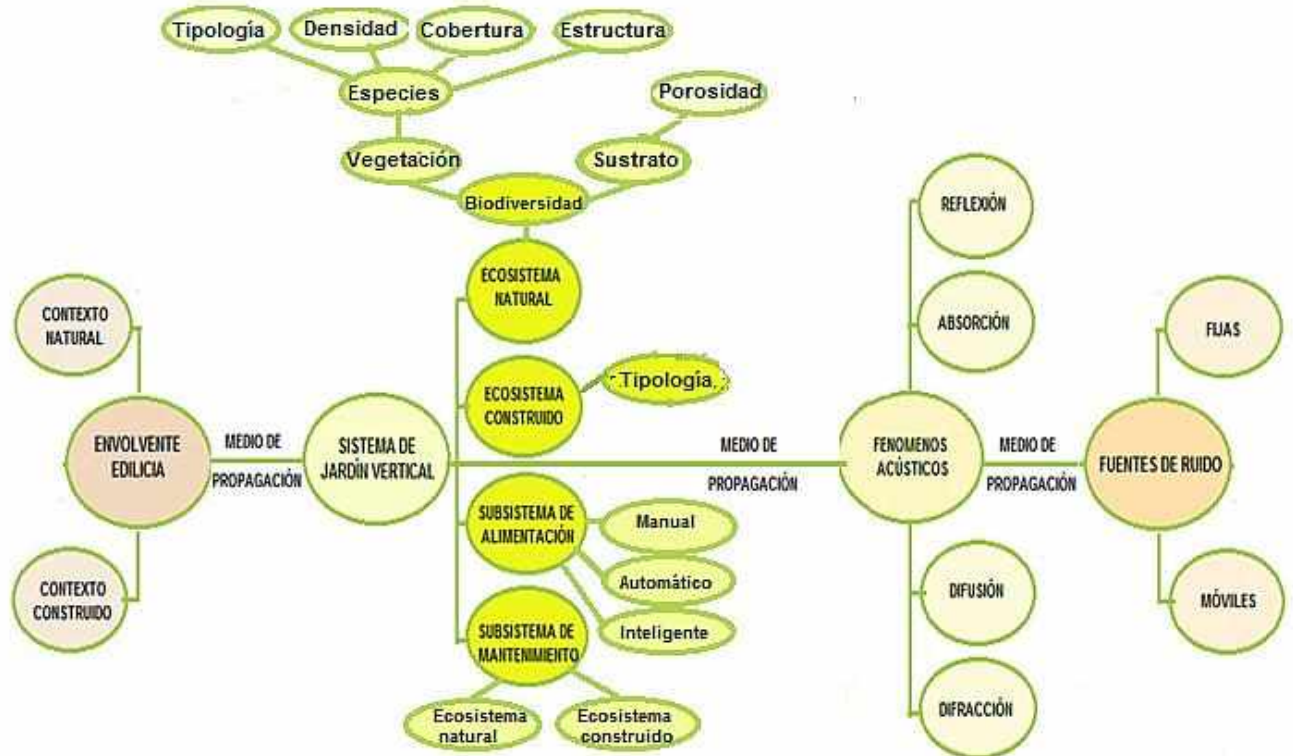


Figura 42 Descomposición de los elementos compositivos de un SJV respecto al contexto

Fuente: elaboración propia

Cada uno de los sistemas y subsistemas pueden a su vez descomponerse nuevamente en sistemas menores, como se observa en los *puntos 6.4.1 y 6.4.2 del Capítulo 6* del presente trabajo.

4.5 **Funcionamiento del SJV**

El funcionamiento de un SJV aplicado a una fachada y expuesto a un entorno abierto cambiante incluye las instancias de *entradas-procesos-salidas*.

Las *entradas (1)*, relacionadas al contexto natural y construido, incluyen la disponibilidad del agua para el riego, la disponibilidad energética para el mantenimiento del conjunto y las condiciones microclimáticas, entre las más destacadas

Los *procesos (2)* representan la instancia en la que se producen asociaciones e interacciones entre los elementos constitutivos del ecosistema vivo (*bióticos*) y los componentes físicos (*abióticos*), representados por el sustrato artificial (*ecosistema construido*). Este último se encuentra contenido dentro de una estructura ubicada en determinados bordes o límites, cuya subsistencia depende además de la alimentación (*sistema de alimentación*) y del mantenimiento (*sistema de mantenimiento*).²⁵

²⁵ Poda, limpieza y nutrición

Durante la instancia del *proceso* se llevan a cabo las interacciones entre los elementos del SJV relacionadas con *la adaptación continua, las dinámicas de retroalimentación, la autoorganización y las interacciones endógenas y exógenas, entre otras*. Dichas interrelaciones se mantienen abiertas al exterior, emulando un *hábitat* natural con una dinámica variable y susceptible de mantener el equilibrio frente a posibles cambios durante todo su ciclo de vida.

Las *salidas* (3), dependerán estrechamente de los *procesos* (2) desarrollados, destacándose en este caso los servicios ecosistémicos²⁶ destinados a reducir los niveles de ruido y a percibido como estrategias para controlar la contaminación acústica urbana.

El proceso completo se muestra en la **Figura 43**.

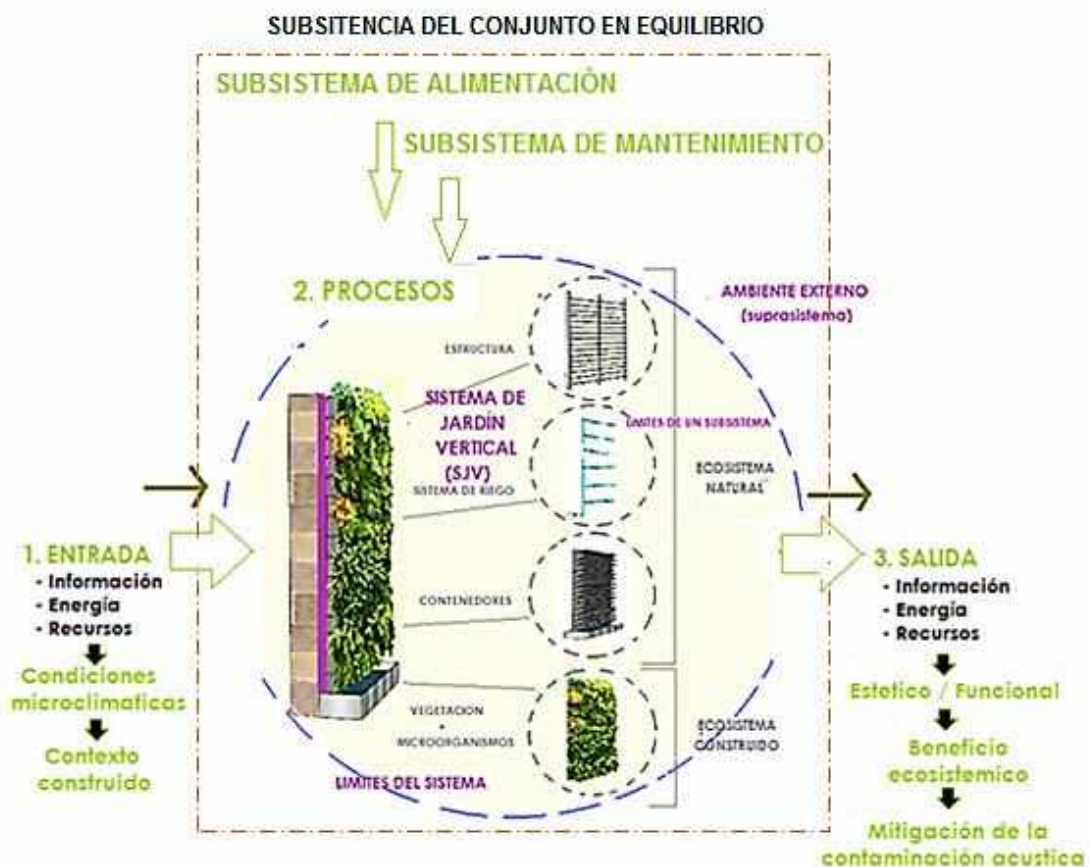


Figura 43 Interacciones de un SJV

Fuente: elaboración propia

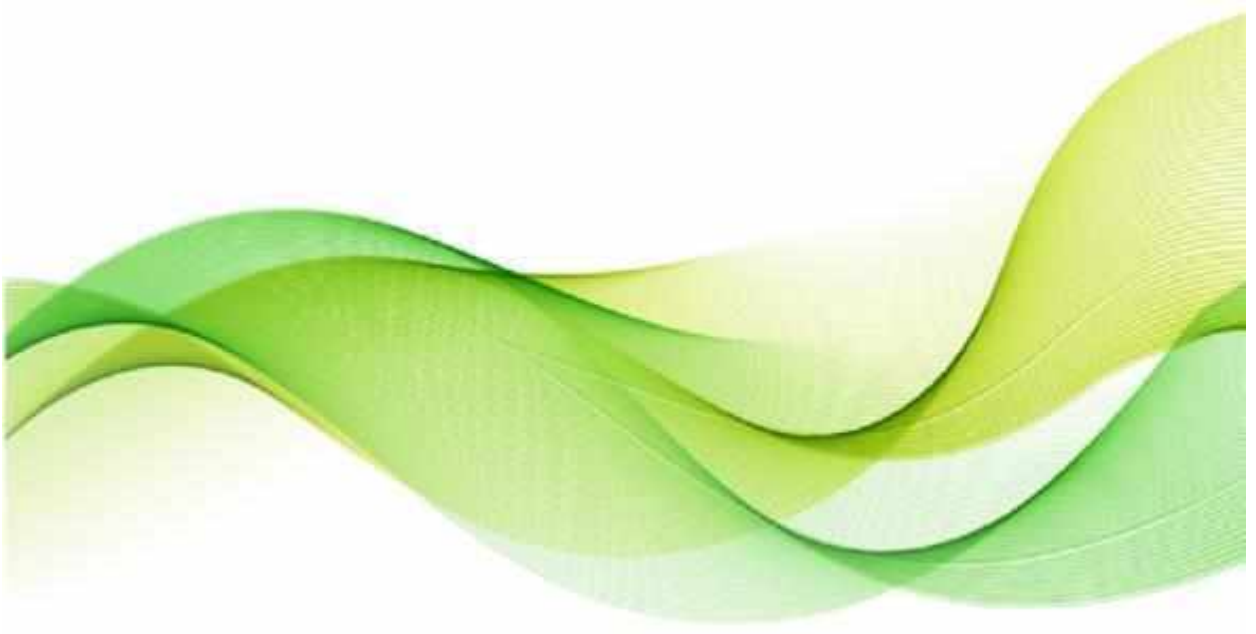
Por último, el análisis de los elementos del conjunto son la base para la confección de una *Matriz General* que ayuda a identificar dimensiones, variables e indicadores y se expone en el *Capítulo 6* de este trabajo.

²⁶ El Anexo C profundiza los servicios ecosistémicos a escala urbana y arquitectónica.



CAPITULO 5

CONTAMINACIÓN ACÚSTICA: Mitigación y Control





*(...) El sonido llega a lugares a los que la vista no puede.
El sonido se zambulle por debajo de la superficie.
El sonido penetra hasta el corazón de las cosas (...)*

R. Murray Shafer



SÍNTESIS

Este Capítulo analiza la contaminación acústica en las ciudades.

Se examinan los factores que componen la cadena sonora (fuente-medio-receptor), los fenómenos acústicos, su evaluación y gestión, y la mitigación y el control de la contaminación acústica.

Se tratan con especial atención los casos de las barreras vegetales y mixtas, antecedentes relevantes de los jardines verticales.

5. CONTAMINACIÓN ACÚSTICA: MITIGACIÓN Y CONTROL

5.1 INTRODUCCIÓN

La *Revolución Industrial* produce un punto de inflexión en la historia de la humanidad en el que la población rural comienza a migrar hacia las áreas urbanas, creando nuevas problemáticas sanitarias y ambientales entre las que se encuentra la contaminación acústica. La *contaminación acústica* es un factor omnipresente de origen *antropogénico* que reduce la calidad de vida en las ciudades modernas. En la actualidad, el *ruido ambiental* es considerado como el segundo contaminante más importante dentro de la polución aérea luego de la producida por material particulado, ya que afecta la salud psicofísica y el bienestar de la población urbana (European Environment Agency, 2014).

(...) *Más de dos tercios de la población mundial vivirán en ciudades para el año 2050, principalmente en los grandes centros metropolitanos del mercado económico mundial, ya que brindarán mayores oportunidades a sus ciudadanos en busca del desarrollo profesional y social (...) (Sassen, 1991, citado por Gasco et al., 2020).*

Sin embargo, evaluar el impacto de la contaminación acústica resulta complejo ya que es un fenómeno multidimensional (**Figura 44**).



Figura 44 Dimensiones acústicas y urbano-ambientales que afectan el espacio urbano

Fuente: elaboración propia basada en Huaquin Mora



En los últimos años el tema cobra tal relevancia que se incluye como uno de los *Indicadores Locales de Sostenibilidad* planteado por la ONU a través de la *Agenda 21* de aplicación municipal. El *indicador del ruido* considerado como agente contaminante toma la denominación *B6* y se construye a partir de *tres sub-indicadores básicos* (Hernández Aja E, 2009), a saber:

- ✓ *Primer sub-indicador*, refiere a los efectos psicofísicos del ruido en la población, definido a partir de 22 factores interrelacionados que se disparan a partir de la superación de los límites de ruido fijados por la OMS.
- ✓ *Segundo sub- indicador*, conocido como “control del ruido”, se define a partir de 14 factores originados en las actuaciones o denuncias por ruido realizadas en los municipios.
- ✓ *Tercer sub- indicador*, conocido como “fuentes del ruido”, se describe a partir de 4 factores relacionados con las fuentes generadoras de ruido, especialmente las derivadas de la circulación vehicular.

Los dos últimos sub-indicadores resultan relevantes para la implementación de iniciativas municipales en el ámbito de la *Agenda 21 Local* (ONU) en jurisdicciones con población mayor a 100.000 habitantes. Los estudios a futuro previstos por la ONU (2021) suponen que el escenario de crecimiento demográfico hacia el año 2050 producirá un impacto acústico en el territorio que podría volverlo insostenible (Altabella y Rueda, 2012). Por dicho motivo se reemplazaron los *Objetivos de Desarrollo Sostenible* previstos por la *Agenda XXI Local* por los de *Salud Urbana en la Agenda 2030* (Ramírez-Rubio et al., 2019). En el *Objetivo 11 de las Ciudades y Comunidades Sostenibles* la contaminación acústica es considerada un factor significativo de salubridad urbana, declaración que se complementa con el *Objetivo 3*, dirigido a la *Buena Salud y Bienestar de la población*. El esquema completo se puede ver en la **Figura 45**.

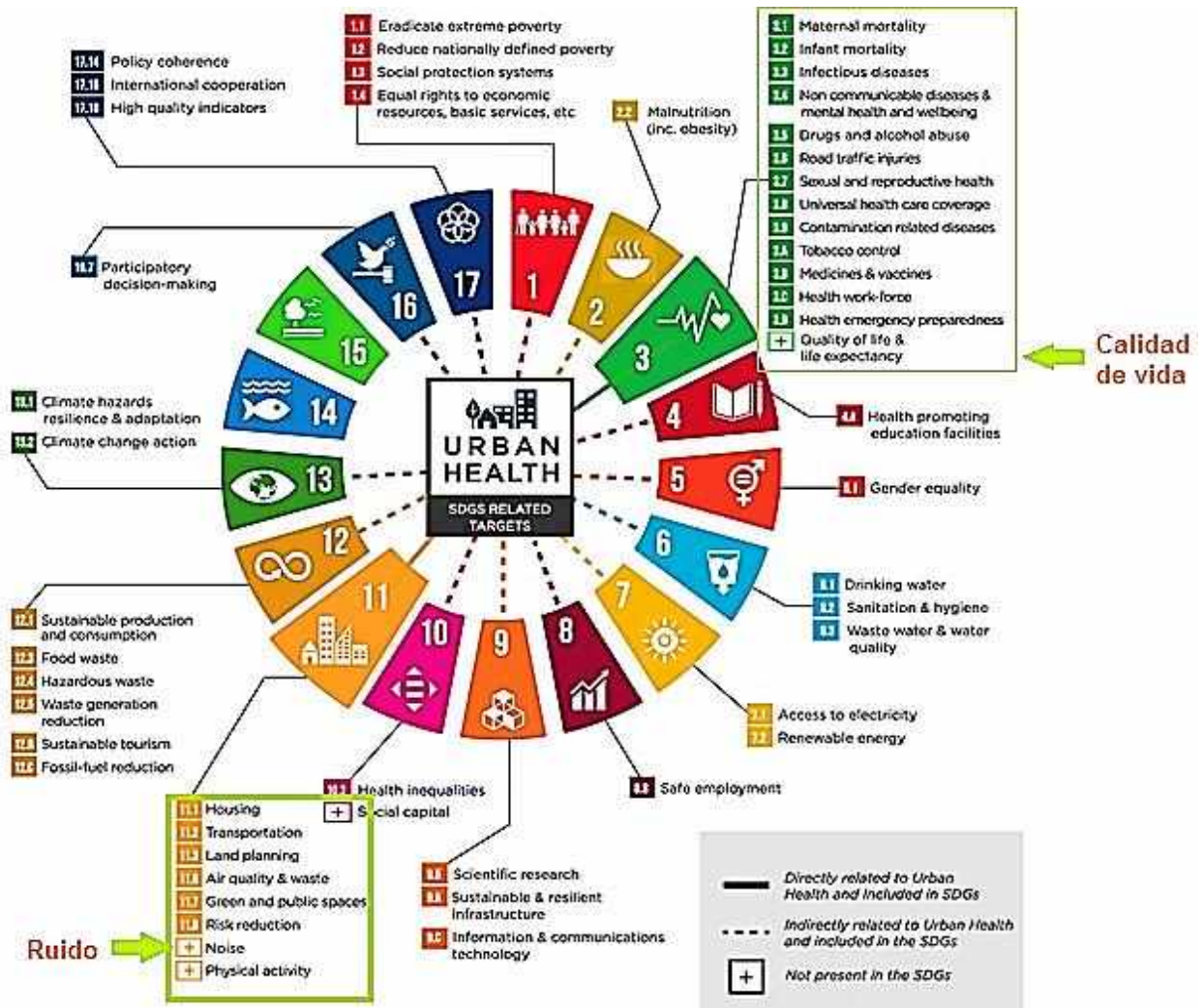


Figura 45 Objetivos, metas e indicadores del desarrollo sostenible relacionados con la salud urbana.

Fuente: Ramírez Rubio et al. 2019

La contaminación acústica se describe como un agente con una impronta propia definida a partir de las siguientes características:

- **Doble significancia**

El ruido presenta una dimensión subjetiva (Lobos Vega, 2008) en relación con la experiencia auditiva individual (Sommerhoff, 2001) y otra dimensión objetiva, basada en parámetros físicos. Los mismos no siempre coinciden ya que la sensibilidad auditiva de cada receptor resulta variable (Lobos Vega, 2008).

- **Limitada afección ambiental**

El ruido, en sí mismo, no afecta a los elementos abióticos del sistema ambiental (aire, agua, suelo) que constituyen su medio de propagación. Se trata de una contaminación que puede

definirse como “limpia”, que sólo existe mientras haya una fuente de ruido activa, que una vez desaparecida no deja efecto residual (Pérez-Porto, 2016).

- **Otros efectos**

La contaminación acústica tiene la potencialidad de provocar o incidir sobre una gran variedad de derechos y bienes jurídicos significativos para la población.

El ruido como contaminante tiene la capacidad de afectar a un sector considerable, o incluso a la totalidad, de una ciudad bajo ciertas condiciones particulares. A fin de comprender la complejidad del fenómeno de la contaminación acústica urbana, es necesario analizar primero el comportamiento del ruido en espacios abiertos.

5.2 COMPORTAMIENTO DEL RUIDO EN ESPACIOS ABIERTOS

En términos simples, el sonido representa la energía producida por una fuente que se propaga a través de un medio elástico causando una alteración en la presión o un desplazamiento de las partículas de material, pudiendo reconocerse a través del sentido auditivo de una persona (receptor) o relevarse por un instrumento conocido como decibelímetro o sonómetro (Beranek, 1969).

Tomando en consideración la definición indicada, las condiciones necesarias para que exista el fenómeno del sonido son tres: una *fuentes*, un *medio de propagación* y un *receptor* o *instrumento* (decibelímetro o sonómetro).

En el caso del ruido urbano, los tres elementos pueden observarse a través de la **Figura 46** que se exponen de manera “idealizada” ya que en la realidad las limitaciones espaciales de cada uno no son exactas.



Figura 46 Condiciones para percibir un sonido

Fuente: elaboración propia

Seguidamente se ahonda brevemente las tres condiciones en el ruido urbano:

5.2.1 Las fuentes de ruido urbano

El *ruido urbano* se genera a partir de un conjunto de *fuentes fijas y móviles* de diversa naturaleza, tal como se aprecia en la **Figura 47**.



Figura 47 Fuentes de ruido urbano

Fuente: elaboración personal en base a la información del Blog Derecho Ambiental

Las *fuentes fijas* exhiben son las que se ubican en un punto espacial permanente. Entre las múltiples fuentes fijas pueden mencionarse: las actividades vecinales (gritos, martillazos, etc.), las actividades comerciales, administrativas y recreativas cercanas, la aglomeración de personas en un punto, las actividades en la vía pública (obras en construcción, reparación de calzadas, etc.), las actividades industriales (relacionadas con las máquinas), etc. En la misma categoría se encuentran las fuentes colectivas formadas por un conjunto de fuentes fijas ubicadas dentro de un espacio público específico, como un cañón urbano, una plaza, una calle, etc.

Las *fuentes móviles* son aquellas que se desplazan originando el “ruido de tránsito”. El transporte de mercancías (Hien et al., 2020; Lagonigro et al., 2018; Rocha et al., 2017), el transporte público (He et al., 2018; Forman y Wu, 2016; Zhou et al., 2016; Sun et al., 2016; Brueckner, 2000; Peng, 1997) y el rodado automotor particular (Hickling, 1998; Arenas, 2008; Zannin et al., 2006; Arenas, 2008) son las principales fuentes de ruido urbano. En algunos casos se incluye el transporte ferroviario y aéreo.

Los niveles de ruido generados por las fuentes móviles dependen del tipo de vehículo (liviano, pesado; automotor, ferroviario), de su estado (motor, escape, frenos, fricción generada por los neumáticos, presión de inflado de los neumáticos, bocinas, etc.), de la velocidad de desplazamiento, de las formas de conducir (frenadas, aceleraciones), del ordenamiento del tránsito (ondas verdes, sendas exclusivas, etc.) y del estado y tipo de calzada (Indoria 2009).



También se consideran fuentes móviles la publicidad ambulante y las manifestaciones callejeras (cortes, marchas, piquetes, etc.).

Las zonas con mayores niveles de contaminación acústica derivada de las fuentes móviles son, por lo general, las cercanas a los centros comerciales y administrativos de las ciudades, que poseen los mayores flujos de tránsito.

▪ **Ruido de fondo**

Una ciudad genera un *ruido de fondo* característico debido a las fuentes que funcionan de forma casi permanente siguiendo ciclos diarios, mensuales o anuales. Es una especie de “rumor indefinido y deslocalizado” (Altabella y Rueda, 2012).

El ruido de fondo muchas veces connota una valoración positiva pues lo componen los sonidos característicos de un lugar, propios de un momento o de una determinada actividad, que constituyen una “identidad reconocible” por los habitantes. El musicólogo Murray Shafer lo llamó “paisaje sonoro o *soundscape*”.

5.2.2 Medio de propagación

El *medio de propagación* del sonido debe ser elástico y no vacío para que las partículas microscópicas que conforman la materia respondan a las variaciones de presión que produce la fuente acústica.

Las señales sonoras se propagan por el medio elástico de manera radial en todas las direcciones (Harris, 1995). Los niveles acústicos a los que llega la onda sonora dependen de varios factores, entre los que pueden mencionarse la distancia entre la fuente y el receptor, la naturaleza de las superficies en las que se reflejan las ondas sonoras, las condiciones meteorológicas (Arango Duke y Molina Toro, 2010) y micro-meteorológicas del lugar y las características de los obstáculos físicos (naturales/construidos) interpuestos entre la fuente y el receptor.

5.2.2.1 Distancia entre la fuente y el receptor

La intensidad del sonido proveniente de una fuente puntual se atenúa con el cuadrado de la distancia (*Ley de la inversa del cuadrado, ley cuadrática inversa o ley del cuadrado inverso de la distancia*), tal como se observa en la **Figura 48**.

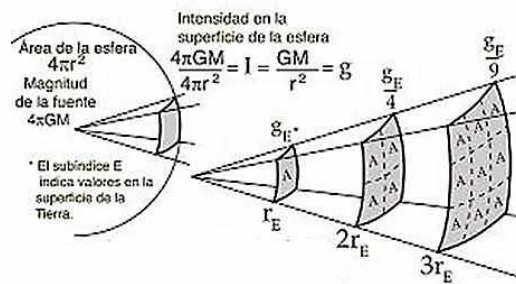


Figura 48 Esquema de la Ley del cuadrado inverso

Fuente: hyperphysics.phy-astr.gsu.edu

En la figura precedente se puede ver que, al duplicarse la distancia a la fuente, la energía se esparce sobre un área cuatro veces mayor: la intensidad acústica se reduce cuatro veces. El valor del ruido urbano, por lo tanto, es función de la distancia a la que encuentra el receptor con relación a la fuente de ruido.

5.2.2.2 Dureza de las superficies

La presencia de grandes superficies duras, reflexivas al sonido, como las fachadas y pavimentos presentes en los perfiles urbanos, puede agudizar la contaminación acústica. A partir de esas reflexiones se produce un fenómeno físico conocido como *reverberación urbana*, que se expresa como el aumento de los niveles de ruido respecto a un espacio completamente abierto y sin obstáculos (Robles et al., 2019).

5.2.2.3 Influencia de los parámetros meteorológicos

La propagación del sonido aéreo en espacios exteriores depende de algunas variables meteorológicas (Heimann, 2003; Miyara, 2005), que la favorecen o entorpecen. Entre las variables climáticas más significativas pueden mencionarse la temperatura, la velocidad y dirección del viento, la humedad relativa, la presencia de lluvias y la absorción presente entre el aire y el suelo. Los efectos se muestran en la **Tabla 9**.

TIPO	CARACTERISTICAS
INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA	<p>Existe una relación directa entre la velocidad de propagación y la temperatura del aire: a mayor temperatura, mayor velocidad del sonido.</p> <p>La velocidad es variable con la altitud y las ondas sonoras curvan su trayectoria. Dicha situación facilita o entorpece la propagación del sonido en función del gradiente de temperatura. Se pueden dar tres situaciones básicas:</p> <p>Gradiente negativo: es el más común, ya que la temperatura habitualmente decrece con la altura. En este caso, las ondas se curvan hacia arriba y aparecen zonas de sombra acústica.</p> <div data-bbox="624 495 1163 797" data-label="Image"> <p style="text-align: center;">Efecto gradiente negativo</p> </div> <p>Gradiente positivo: conocido como inversión térmica, implica que la temperatura aumenta con la altitud. Puede darse de noche cuando el suelo se enfría, o en días soleados con presencia de nieve o agua. En este caso las ondas se curvan hacia abajo, aumentando los niveles de ruido a la distancia.</p> <div data-bbox="660 916 1142 1182" data-label="Image"> <p style="text-align: center;">Efecto gradiente positivo</p> </div> <p>Gradiente escalonado: es la situación menos habitual y suele ser de corta duración ya que se produce al amanecer o con cambios bruscos de clima. Por ejemplo una concatenación de gradientes dado por un comienzo de gradiente negativo, luego un tramo positivo, sucedido finalmente por otro negativo.</p>
EFECTO DEL VIENTO	<p>El efecto del viento es el resultado de la suma de la velocidad del sonido más la velocidad del viento. Puede provocar variaciones del orden de 5 dB(A) entre las distintas situaciones que pueden plantearse (García Boscá, 2010).</p> <p>En presencia del viento, el sonido no se propaga en línea recta sino según líneas curvas.</p> <p>El efecto del viento aumenta con la altura. Para los casos de distancias emisor/receptor superiores a 50 m, el viento podría presentar un factor destacado en los resultados de las mediciones (García Boscá, 2010).</p> <p>La modelización del efecto del viento en la atenuación del ruido es compleja debido a la dinámica de los vientos dominantes en el lugar.</p> <p>Si el sonido se propaga en la misma dirección del viento, los rayos sonoros se curvan hacia el suelo (García Boscá, 2010; Pérez López, 1989).</p> <p>Cuando el sonido se propaga contra el viento los rayos sonoros se curvan hacia lo alto. A partir de una cierta distancia de la fuente (normalmente superior a los 200 metros) se forma una zona de sombra acústica. La velocidad total aumenta con la altura de la superficie. En dichas condiciones puede incrementarse el nivel sonoro en puntos lejanos de la fuente (Pérez López, 1989).</p> <div data-bbox="475 1809 1299 2018" data-label="Image"> </div>



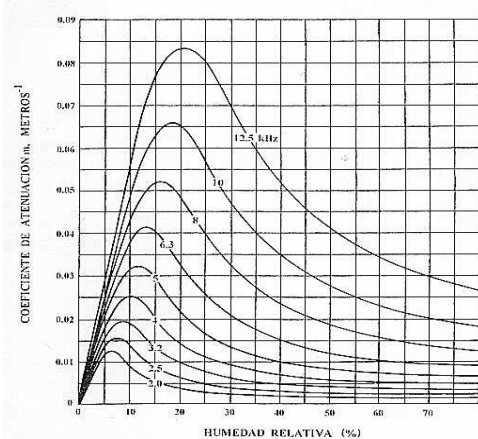
<p>IMPORTANCIA HUMEDAD RELATIVA</p>	<p>La concentración de vapor de agua puede modificar las condiciones del medio de propagación y, dependiendo de la viscosidad del aire, la absorción de la energía acústica.</p> 																																																																																																																																																																																									
<p>ABSORCIÓN AIRE Y SUELO</p>	<p>Es un fenómeno físico en el que parte de la energía sonora se transforma en calor debido a la vibración molecular.</p> <p>La absorción del sonido en la superficie del terreno produce una reducción de los niveles acústicos que varía en función de la temperatura, la humedad relativa, el viento, la distancia y la frecuencia, tal como se observa en la tabla.</p> <table border="1" data-bbox="619 1048 1166 1435"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Temperatura</th> <th rowspan="2">Humedad relativa, %</th> <th colspan="5">Frecuencia, Hz</th> </tr> <tr> <th>125</th> <th>250</th> <th>500</th> <th>1000</th> <th>2000</th> <th>4000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">30 °C (86 °F)</td> <td>10</td> <td>0,96</td> <td>1,8</td> <td>3,4</td> <td>8,7</td> <td>29</td> <td>96</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>0,73</td> <td>1,9</td> <td>3,4</td> <td>6,0</td> <td>15</td> <td>47</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>0,54</td> <td>1,7</td> <td>3,7</td> <td>6,2</td> <td>12</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0,35</td> <td>1,3</td> <td>3,6</td> <td>7,0</td> <td>12</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>70</td> <td>0,26</td> <td>0,96</td> <td>3,1</td> <td>7,4</td> <td>13</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>90</td> <td>0,20</td> <td>0,78</td> <td>2,7</td> <td>7,3</td> <td>14</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">20 °C (68 °F)</td> <td>10</td> <td>0,78</td> <td>1,6</td> <td>4,3</td> <td>14</td> <td>45</td> <td>109</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>0,71</td> <td>1,4</td> <td>2,6</td> <td>6,5</td> <td>22</td> <td>74</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>0,62</td> <td>1,4</td> <td>2,5</td> <td>5,9</td> <td>14</td> <td>49</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0,45</td> <td>1,3</td> <td>2,7</td> <td>4,7</td> <td>9,9</td> <td>29</td> </tr> <tr> <td>70</td> <td>0,34</td> <td>1,1</td> <td>2,8</td> <td>5,0</td> <td>9,0</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>90</td> <td>0,27</td> <td>0,97</td> <td>2,7</td> <td>5,3</td> <td>9,1</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">10 °C (50 °F)</td> <td>10</td> <td>0,79</td> <td>2,3</td> <td>7,5</td> <td>22</td> <td>42</td> <td>57</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>0,58</td> <td>1,2</td> <td>3,3</td> <td>11</td> <td>36</td> <td>92</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>0,55</td> <td>1,1</td> <td>2,3</td> <td>6,8</td> <td>24</td> <td>77</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0,49</td> <td>1,1</td> <td>1,9</td> <td>4,3</td> <td>13</td> <td>47</td> </tr> <tr> <td>70</td> <td>0,41</td> <td>1,0</td> <td>1,9</td> <td>3,7</td> <td>9,7</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>90</td> <td>0,35</td> <td>1,0</td> <td>2,0</td> <td>3,5</td> <td>8,1</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">0 °C (32 °F)</td> <td>10</td> <td>1,3</td> <td>4,0</td> <td>9,3</td> <td>14</td> <td>17</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>0,61</td> <td>1,9</td> <td>6,2</td> <td>18</td> <td>35</td> <td>47</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>0,47</td> <td>1,2</td> <td>3,7</td> <td>13</td> <td>36</td> <td>69</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0,41</td> <td>0,82</td> <td>2,1</td> <td>6,8</td> <td>24</td> <td>71</td> </tr> <tr> <td>70</td> <td>0,39</td> <td>0,76</td> <td>1,6</td> <td>4,6</td> <td>16</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>90</td> <td>0,38</td> <td>0,76</td> <td>1,5</td> <td>3,7</td> <td>12</td> <td>43</td> </tr> </tbody> </table> <p>Coefficiente de atenuación del aire (dB/km) para una presión ambiental de 1 atmósfera a nivel del mar (101,3 kPa) para propagación del sonido en el exterior.</p> <p>Fuente: Calad, 2014</p>	Temperatura	Humedad relativa, %	Frecuencia, Hz					125	250	500	1000	2000	4000	30 °C (86 °F)	10	0,96	1,8	3,4	8,7	29	96	20	0,73	1,9	3,4	6,0	15	47	30	0,54	1,7	3,7	6,2	12	33	50	0,35	1,3	3,6	7,0	12	25	70	0,26	0,96	3,1	7,4	13	23	90	0,20	0,78	2,7	7,3	14	24	20 °C (68 °F)	10	0,78	1,6	4,3	14	45	109	20	0,71	1,4	2,6	6,5	22	74	30	0,62	1,4	2,5	5,9	14	49	50	0,45	1,3	2,7	4,7	9,9	29	70	0,34	1,1	2,8	5,0	9,0	23	90	0,27	0,97	2,7	5,3	9,1	20	10 °C (50 °F)	10	0,79	2,3	7,5	22	42	57	20	0,58	1,2	3,3	11	36	92	30	0,55	1,1	2,3	6,8	24	77	50	0,49	1,1	1,9	4,3	13	47	70	0,41	1,0	1,9	3,7	9,7	33	90	0,35	1,0	2,0	3,5	8,1	26	0 °C (32 °F)	10	1,3	4,0	9,3	14	17	19	20	0,61	1,9	6,2	18	35	47	30	0,47	1,2	3,7	13	36	69	50	0,41	0,82	2,1	6,8	24	71	70	0,39	0,76	1,6	4,6	16	56	90	0,38	0,76	1,5	3,7	12	43
Temperatura	Humedad relativa, %			Frecuencia, Hz																																																																																																																																																																																						
		125	250	500	1000	2000	4000																																																																																																																																																																																			
30 °C (86 °F)	10	0,96	1,8	3,4	8,7	29	96																																																																																																																																																																																			
	20	0,73	1,9	3,4	6,0	15	47																																																																																																																																																																																			
	30	0,54	1,7	3,7	6,2	12	33																																																																																																																																																																																			
	50	0,35	1,3	3,6	7,0	12	25																																																																																																																																																																																			
	70	0,26	0,96	3,1	7,4	13	23																																																																																																																																																																																			
90	0,20	0,78	2,7	7,3	14	24																																																																																																																																																																																				
20 °C (68 °F)	10	0,78	1,6	4,3	14	45	109																																																																																																																																																																																			
	20	0,71	1,4	2,6	6,5	22	74																																																																																																																																																																																			
	30	0,62	1,4	2,5	5,9	14	49																																																																																																																																																																																			
	50	0,45	1,3	2,7	4,7	9,9	29																																																																																																																																																																																			
	70	0,34	1,1	2,8	5,0	9,0	23																																																																																																																																																																																			
90	0,27	0,97	2,7	5,3	9,1	20																																																																																																																																																																																				
10 °C (50 °F)	10	0,79	2,3	7,5	22	42	57																																																																																																																																																																																			
	20	0,58	1,2	3,3	11	36	92																																																																																																																																																																																			
	30	0,55	1,1	2,3	6,8	24	77																																																																																																																																																																																			
	50	0,49	1,1	1,9	4,3	13	47																																																																																																																																																																																			
	70	0,41	1,0	1,9	3,7	9,7	33																																																																																																																																																																																			
90	0,35	1,0	2,0	3,5	8,1	26																																																																																																																																																																																				
0 °C (32 °F)	10	1,3	4,0	9,3	14	17	19																																																																																																																																																																																			
	20	0,61	1,9	6,2	18	35	47																																																																																																																																																																																			
	30	0,47	1,2	3,7	13	36	69																																																																																																																																																																																			
	50	0,41	0,82	2,1	6,8	24	71																																																																																																																																																																																			
	70	0,39	0,76	1,6	4,6	16	56																																																																																																																																																																																			
90	0,38	0,76	1,5	3,7	12	43																																																																																																																																																																																				

Tabla 9 Parámetros meteorológicos que influyen en la propagación del sonido

Fuente: elaboración propia

5.2.2.4 Presencia de obstáculos

La presencia de obstáculos de cualquier naturaleza entre la fuente emisora y el receptor modifica el camino de propagación. Los obstáculos pueden ser objetos topográficos, vegetales o construidos, y se los denomina *barreras* acústicas (Figura 49).

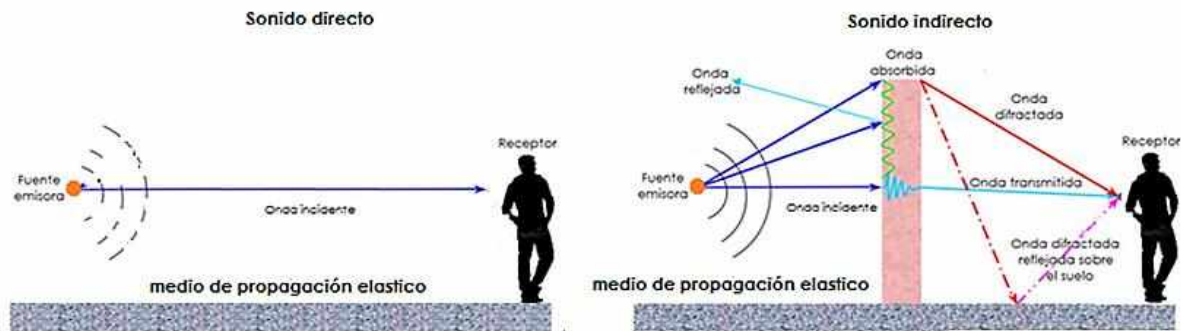


Figura 49 Comparación entre los efectos físicos de la propagación directa y con un obstáculo.

Fuente: en base a Sistema de Información sobre la Contaminación Acústica (SICA) y García Boscá

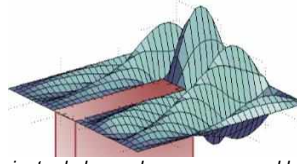
Desde el punto de vista físico, cuando una onda sonora se encuentra frente a un obstáculo sólido se genera un *conjunto de fenómenos acústicos*: una parte de la energía se *refleja* hacia la fuente debido a la presencia del obstáculo; otra parte es *absorbida* por el obstáculo (penetrando en su interior y transformándose en vibraciones mecánicas); una fracción de la energía "bordea" el obstáculo por *difracción* (Segués, 2007; Flores Perita, 1990); por último, parte de la energía se *transmite* a través del obstáculo hacia el lado donde se encuentra el receptor (Herrington, 1976; Harris, 1979 Fang C. y Ling D., 2003). En la **Tabla 10** se describen estas etapas.

TIPO	CARACTERÍSTICAS
AISLAMIENTO	<p>El aislamiento acústico muestra la capacidad de los materiales para comportarse como una barrera más o menos efectiva. El aislamiento acústico de un material depende de sus características físicas, entre las que pueden mencionarse:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Masa Representa el factor determinante para realizar una rápida evaluación del aislamiento: a mayor masa superficial por unidad de área (kg/m²), mayor resulta el aislamiento que ofrece un material. Los mejores aislantes acústicos son aquellos regidos por la Ley de Masa, cuya expresión aproximada dice que al duplicarse la masa el aislamiento crece alrededor de 6 dB. ● Estructuras multicapa Una manera de aumentar el aislamiento es disponer la barrera en capas de diferentes materiales dispuestas de forma adecuada. Por ejemplo, si se coloca una cámara de aire entre un estrato o material y otro, el aislamiento aumenta por encima de lo predicho por la ley de la masa. ● Disipación Una alternativa que mejora del aislamiento acústico de una barrera es colocar material fonoabsorbente poroso de baja densidad entre dos capas de una estructura multicapa.

REFLEXIÓN	<p>La reflexión acústica se genera cuando las ondas sonoras (rayo incidente) se reflejan contra una superficie cambiando su dirección original. La dureza de la superficie determina el porcentaje de reflexión y las superficies altamente reflejantes (asfalto, cemento, piedra, mármoles, etc.) se comportan de forma similar a la de los espejos con la luz.</p> <div style="text-align: center;"> <p>Rayo incidente Normal Rayo reflejado Medio a Ángulo de incidencia i Ángulo de reflexión r $i = r$ Superficie incidente</p> <p><i>Reflexión de las ondas sonoras</i> Fuente: Blog acústica y control del ruido</p> </div> <p>La teoría de la reflexión acústica se basa en modelos geométricos que suponen la propagación del sonido en línea recta (Segués, 2007), similares a los empleados en óptica geométrica.</p> <div style="text-align: center;"> <p><i>Descomposición en forma de rayos de las reflexiones.</i> Fuente: Sistema de Información sobre la Contaminación Acústica (SICA)</p> </div>
REFRACCION	<p>La refracción del sonido es un cambio en la dirección de la onda cuando pasa de un medio a otro diferente (aire y agua, gradientes de temperatura, etc.).</p> <div style="text-align: center;"> <p>ONDA INCIDENTE ONDA REFLEJADA ONDA REFRACTADA</p> <p>Punto B Aire frío Punto A Aire caliente</p> <p>Punto B Aire caliente Punto A Aire frío</p> <p><i>Comportamiento de la onda refractada</i> Fuente: google imágenes</p> </div>
ABSORCIÓN	<p>La absorción acústica ocurre cuando la energía incidente se disipa en contacto con un material y se transforma en calor.</p> <p>La capacidad absorbente de un material acústico depende sus características físicas y de la frecuencia del sonido incidente.</p> <p>Los materiales más absorbentes a media y alta frecuencia son porosos (materiales de estructura alveolar, granular, fibrosa, etc.).</p> <p>La cuantificación de la absorción de un material se realiza utilizando un indicador conocido como coeficiente de absorción α o alfa Sabine, que indica la fracción de energía absorbida. Aunque este coeficiente resulta fundamental para el tratamiento de espacios cerrados, en el caso de barreras permite reducir el ruido reflejado hacia la fuente.</p> <p>Puede aplicarse absorción acústica cuando se busca reducir el ruido en presencia de superficies duras como mármoles, piedras, hormigón, vidrios, etc., habituales en fachadas y cañones urbanos.</p>

DIFRACCIÓN

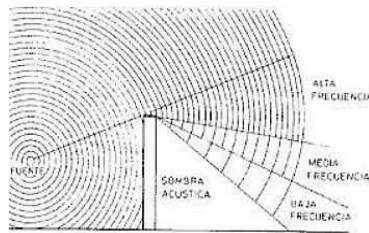
Es un fenómeno ondulatorio que se produce cuando la onda sonora incidente, al encontrarse frente a un obstáculo, lo rodea al propagarse. (Basseda Peradalta, 2015).



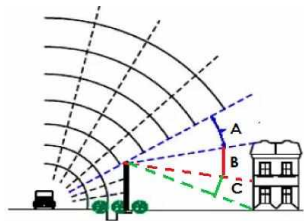
Comportamiento de las ondas sonoras en el borde superior.
Fuente: Zicla, Ecoplack

La difracción se presenta también ante aberturas u oquedades, y la importancia de su efecto depende de su tamaño y de la frecuencia de la onda incidente.

En términos generales, la atenuación por difracción se puede cuantificar teóricamente considerando la altura de la barrera, la distancia a la fuente, la distancia desde el punto de recepción y la altura del punto de recepción con respecto a la calzada.



Se produce detrás de la barrera una zona que se conoce como "sombra acústica" (zona protegida situada detrás de un obstáculo) cuyo comportamiento es variable con la frecuencia. La sombra producida por difracción se puede dividir en rangos de frecuencias: es mayor para las altas frecuencia (ángulo A), disminuyendo para las frecuencias medias (ángulo B) y bajas (ángulo C).



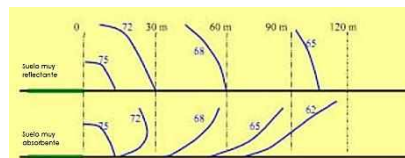
Difracción y sombra acústica de una onda sonora
Fuente: Basseda Peradalta

Las barreras resultan efectivas cuando se colocan cerca de las fuentes de ruido ya que aumentan el ángulo A y, por lo tanto, el alcance de la sombra acústica.,
El fenómeno de difracción acústica es relevante en las fachadas con balcones, salientes, marquesinas y aleros, entre otros.

EFFECTO SUELO

La absorción acústica del suelo genera un fenómeno conocido como "efecto suelo o atenuación por el terreno", que modifica las condiciones de propagación al reflejarse o absorberse parte de la energía acústica (Segués, 2007).

En las proximidades del suelo los gradientes de temperatura y humedad son capaces de generar refracción del sonido.



Curvas experimentales para el comportamiento del sonido en la relación tipo de suelo/distancia
Fuente: Sistema de Información sobre la Contaminación Acústica (SICA)

El efecto suelo, combinado con la presencia de vegetación y obstáculos con una altura de hasta 10 metros, puede ralentizar la propagación del sonido al aumentar la absorción acústica (Segués, 2007). Existen modelos experimentales precisos sobre el comportamiento de las ondas sonoras en el suelo que permiten predecir el comportamiento de una barrera acústica en presencia de diversos tipos de suelo.

Tabla 10 Fenómenos físicos generados en las barreras acústicas

Fuente: elaboración propia

5.3 PERCEPCION DE LOS SUJETOS (RECEPTOR)

Son numerosos los estudios e investigaciones desarrolladas por diversos organismos internacionales sobre el efecto de la contaminación acústica urbana en la salud psicofísica (Accolti y Miyara 2010; Hagler et al. 2012; Dzhambov y Dimitrova 2015 citado por Robles, 2018). Abarcan la alteración de la salud física y psicopatológica, la interferencia en el desarrollo de actividades humanas, la afectación en diverso grado de la calidad de vida (WHO, 1999) y la sensación de discomfort acústico dentro del hábitat (Zannin et al., 2002 citado por Arenas, 2008; Ohrstrom, 2004, citado por Arenas, 2008). Los factores relacionados con los efectos del ruido sobre las personas se pueden ver en la **Figura 50**.



Figura 50 Factores que influyen en las molestias y daños debidos al ruido

Fuente: ECODES - GAES. DKV

El exceso de ruido puede generar efectos negativos directos sobre el sistema auditivo, desde la interferencia en la comunicación hasta la pérdida de la audición. En cuanto a los efectos indirectos, algunos estudios detectaron que la población menor a los 70 años, expuesta a elevados niveles de ruido durante un lapso prolongado, presenta un riesgo de leve a moderado de padecer una enfermedad cardiovascular e incluso de sufrir un infarto de miocardio (Willich et al, 2006).

Otros problemas de salud asociados a los altos niveles de ruido son dolores de cabeza, aceleración del pulso (taquicardia), hipertensión, incremento de la frecuencia respiratoria, aumento de la secreción ácida del estómago, aumento de la secreción de hormonas suprarrenales, etc. Y se agregan patologías asociadas con la salud mental, emocional y social (sociopsicológicas) como irritabilidad, conductas violentas, insomnio, fatiga, estrés, malestar,

ansiedad, falta de concentración, déficit de atención y problemas de aprendizaje, entre las más destacadas. En la **Figura 51**, se pueden ver los efectos negativos derivados de la contaminación acústica.

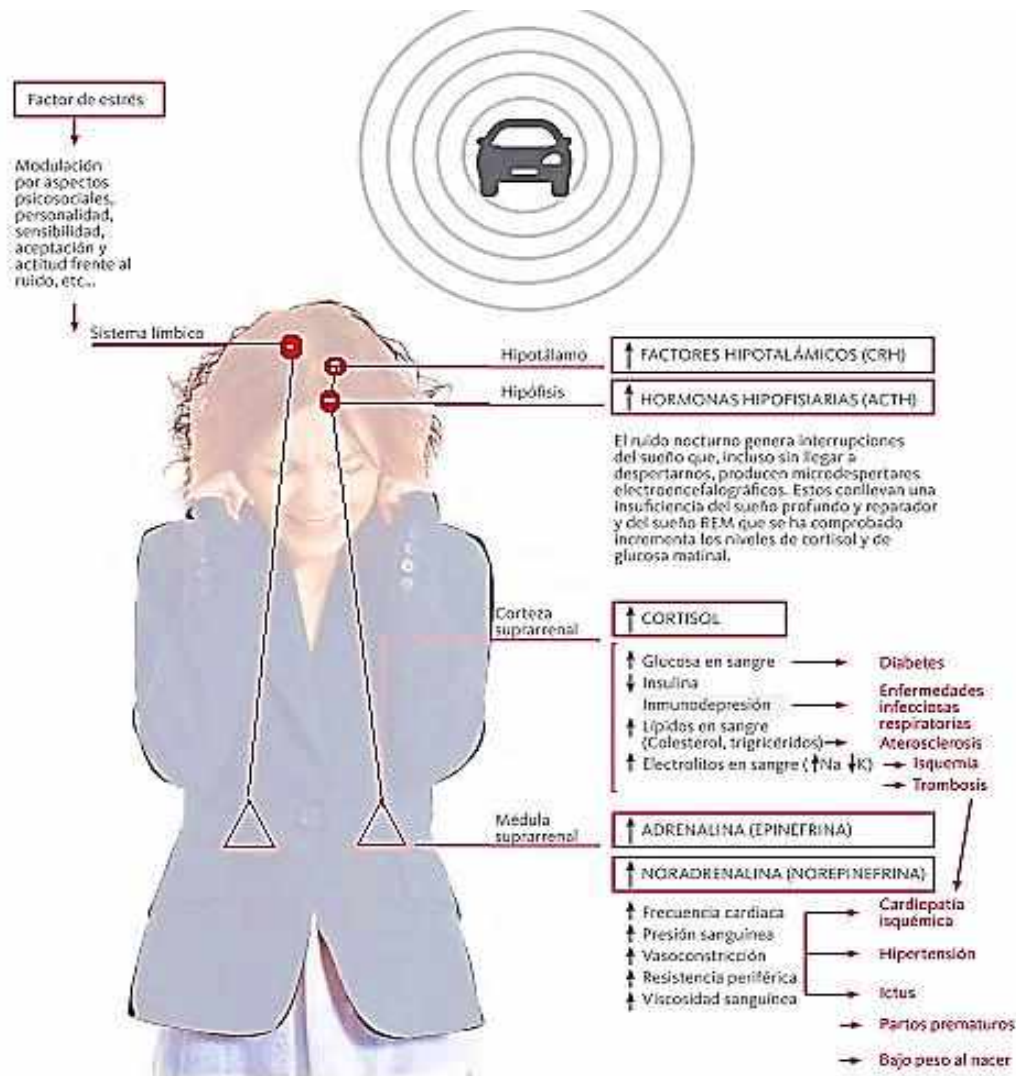


Figura 51 Efectos directos e indirectos sobre la salud física y sociopatológicos de los receptores

Fuente: ECODES - GAES. DKV

La magnitud del daño es función del tiempo exposición al ruido al que se ven sometidos los individuos, o “dosis de exposición”, parámetro muy utilizado en el ámbito de la higiene laboral. Por último, cabe mencionar que el ruido presenta una dimensión social y económica no siempre contemplada. En las grandes ciudades existe un “acostumbramiento” de los habitantes a los altos niveles de ruido, muchas veces considerado como parte del costo a pagar por vivir en ellas. La dimensión socio-económica de la contaminación acústica es conocida como el “costo social del ruido” y su impacto representa el 0.4% del PBI total de la UE. (Información extraída del sitio web oficial HOSANNA Project).

5.4 EVALUACIÓN DEL RUIDO

Desde el punto de vista físico, el ruido es una oscilación de energía que se propaga a través de un medio elástico que puede relevarse cualitativamente y cuantitativamente mediante descriptores específicos.

Para evaluar cuantitativamente la contaminación acústica se utiliza una amplia gama de parámetros. La magnitud base es la *presión sonora* (p) que se expresa en *pascales* (Pa). Dado el amplio espectro de presiones perceptibles por el oído humano, es más utilizado el *nivel de presión sonora* (Spl o Lp) cuya unidad es el *decibel* (dB). El *nivel de presión sonora* es una magnitud logarítmica que evalúa el cociente entre presión sonora a medir y una presión de referencia de $20 \mu Pa$. El nivel de presión sonora depende de la *frecuencia* de la señal, expresada en *Hertz* (Hz).

Como el oído humano que es más sensible a los sonidos agudos a los graves (Rodríguez et al. 2019), se aplica una curva de equalización, conocida como *curva de compensación A*, que acerca la medición en decibeles a la percepción del oído humano (**Figura 52**).

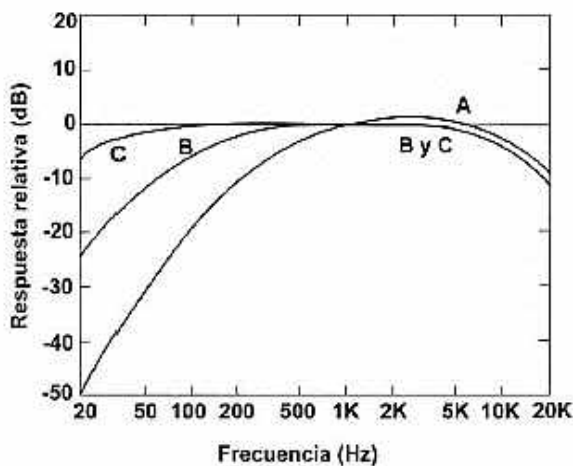


Figura 52 Curva de ponderación A en función de las frecuencias sonoras

Fuente: elaboración propia

Las mediciones con compensación A se denotan L_{pA} o L_A , cuya unidad es dB_A .

Los niveles de ruido asociados a la audición humana van de 0 a 120 dB_A , siendo 0 dB_A el umbral de audición y 120 dB_A el nivel de los sonidos que generan dolor o una gran incomodidad.

En la **Figura 53** se pueden ver niveles sonoros asociados a algunas las actividades urbanas.

INTENSIDAD ASOCIADA A LA ACTIVIDAD



Figura 53 Niveles sonoros

Fuente: elaboración propia

Cabe recordar que la contaminación acústica de origen antropogénico no sólo afecta a los seres humanos, sino también a los animales (Méndez et al., 2010; Kunc & Schmidt, 2019; Blickley & Patricelli, 2010), e incluso ciertas investigaciones indican que puede influir negativamente en el desarrollo de las plantas (Sordello et al., 2020).

Para determinar las características y la magnitud de la contaminación acústica es preciso relevarla mediante instrumental especializado.

5.4.1 Instrumental para el relevamiento

El relevamiento del ruido se realiza mediante un instrumento específico conocido como *medidor de nivel sonoro*, comúnmente denominado *decibelímetro* o *sonómetro*. En la actualidad es habitual que incorpore un software programable (**Figura 54**) capaz de promediar los niveles específicos durante un tiempo determinado por el tipo de estudio que se desee realizar y según la normativa *IRAM* o *ISO* específica.

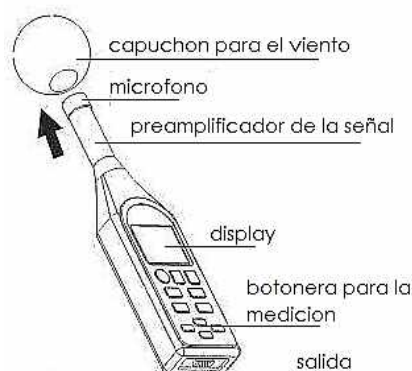


Figura 54 Conformación de un decibelímetro

Fuente: elaboración personal

Las mediciones se realizan en el área y/o objeto de interés con uno o más decibelímetros ubicados in situ, por lo general apoyados sobre un trípode a la distancia y altura que especifica la norma *IRAM/ISO* correspondiente.



En la actualidad se consiguen aplicaciones (*apps*), gratuitas y pagas, para los teléfonos inteligentes que, aunque no son aptas para mediciones en norma, lo convierten en un sistema acústico de bastante precisión si se calibra su micrófono y que son de gran utilidad para la participación ciudadana en la gestión del ruido urbano. Algunas de ellas son *Decibel X*, *Decibel Sound Meter Pro*, *NIOSH Sound Level Meter*, *Noise Meter* y *Sonómetro*.

5.4.2 Niveles de contaminación urbana

El ruido producido en las ciudades, conocido como *ruido urbano* o *ruido comunitario*, presenta un comportamiento fluctuante en el tiempo cuya evaluación se realiza promediando los niveles sonoros durante un tiempo preestablecido. El nivel promediado toma el nombre de *nivel sonoro continuo equivalente* (L_{Aeq}), parámetro fundamental para la medición de la contaminación acústica en las ciudades. A partir de dicho nivel equivalente se pueden obtener indicadores estadísticos específicos conocidos como *niveles percentiles*.

(...) existen indicadores específicos como el espectro, un indicador multidimensional de aplicación en ciertos criterios de confort, así como en la ingeniería de control de ruido, o niveles estadísticos que se utilizan para describir la variabilidad del ruido conocido como percentiles, tales son los casos de L_{10} , L_{50} , L_{90} (...) Miyara, 2004.

Entre los percentiles se incluyen los niveles de ruido correspondientes al día (L_d) y a la noche (L_n). Por ejemplo, la OMS recomienda no exceder 55 dB durante el día y 50 dB durante la noche, aunque marca que ambos superan los 70 dB en grandes ciudades (Berlung et al. 1999). Algunos organismos más exigentes recomiendan que los L_n no excedan los 40 dB (Accolti y Miyara, 2010; Hagler et al., 2012; Dzhamboy y Dimitrova, 2015) e incluso menos, si las autoridades pretenden una mejora sustancial de la calidad acústica en zonas residenciales. Por su parte, la *Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (O.C.D.E)* aporta información adicional al indicar que la población expuesta a niveles superiores a los 55 dBA diurnos recomendados por la OMS supera los 130 millones de personas, mientras que otros 300 millones de habitantes sufren de incomodidad acústica por encontrarse sometidos a niveles que oscilan entre los 55 y 65 dB. (Ureña Aguirre, 2013).

El Informe "*Community Noise*" (CE), toma en consideración los antecedentes indicados y centra su interés en los niveles de ruido nocturnos (L_n), debido a que afectan las horas de sueño, sugiriendo que los niveles en las áreas externas a los dormitorios no deben exceder los 45 dB L_{Aeq} (Berglund et al 1999).

Toda la información recabada a lo largo del tiempo por los organismos e investigaciones específicas es canalizada por la CE a fin de promover normativas para sus países miembros a través de *Directivas* específicas que van evolucionando con el tiempo.

5.5 GESTIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

A fin de gestionar la contaminación acústica resulta necesario comprender la complejidad del fenómeno. En la **Figura 55** se ven algunas relaciones de causas y efectos asociados al ruido urbano.



Figura 55 Relaciones causa-efecto del ruido

Fuente: elaboración personal

Para alcanzar la calidad acústica mediante la gestión efectiva del ruido urbano deben tomarse consideración los diversos instrumentos empleados para su gestión **Figura 56**.

INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS DE LUCHA CONTRA EL RUIDO Y POR LA CALIDAD SONORA

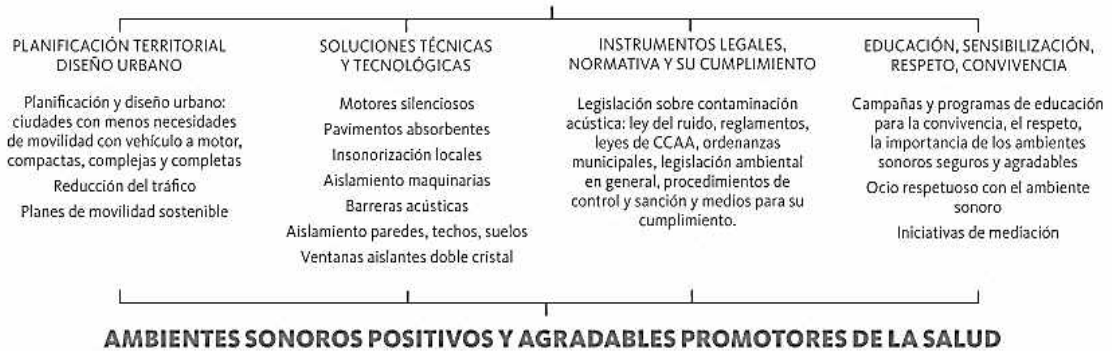


Figura 56 Instrumentos para mitigar la contaminación acústica

Fuente: ECODES - GAES. DKV

En términos generales, la gestión se aborda desde cuatro grandes pilares: *el control y mitigación; la legislación; la educación y prevención; la participación ciudadana*. Estos, se desarrollan seguidamente:

5.5.1 Estrategias de control y mitigación de ruido

Las estrategias para el control y mitigación del ruido de origen antropogénico representan las dos formas más difundidas para reducir la contaminación acústica. Las estrategias de mitigación hacen referencia a la introducción de técnicas generalmente onerosas, mientras que las de control buscan alcanzar condiciones aceptables de confort acústico con el menor costo económico-social posible.

Las estrategias para el control de ruido pueden aplicarse en tres instancias: *Intervención en la/s fuente/s; Cambio de las condiciones en el medio de propagación; Protección de los sujetos.*

En la **Figura 57** se muestran algunos ejemplos de intervención sobre cada uno de estos ejes.

CONTROL DE RUIDOS EN LA CIUDAD



Figura 57 Posibles acciones para controlar la contaminación acústica

Fuente: elaboración personal.

5.5.1.1 Intervención del ruido en la fuente

La estrategia consiste en reducir la emisión de las fuentes, fijas o móviles, externas a los edificios.

En el caso de las fuentes fijas, el origen del ruido por lo general deviene de su uso: impacto; frotamiento; flujo; fuerzas mecánicas: mal funcionamiento; desgaste de piezas; etc. La identificación del origen del ruido producido por una fuente fija guía la propuesta de soluciones efectivas, entre ellas pueden mencionarse: la restricción en el uso de la fuente, el alejamiento



de la fuente respecto al receptor, la reubicación de la fuente en el emplazamiento, el aumento del área de impacto, la introducción de una superficie elástica para reducir el impacto, el revestimiento de la fuente con material fonoabsorbente (encapsulado), la sustitución de piezas desgastadas (Flores, 1990), la reducción de la vibración en los componentes, los cambios en la operación de las máquinas (evitando horarios nocturnos, mejoras en el manejo, etc.) (Harris, 1995) y el cambio de las tareas de mantenimientos, entre otros.

En el universo de las fuentes fijas urbanas también se incluyen los ruidos derivados de las actividades colectivas destinadas al esparcimiento (bares, cervecerías, restaurantes, discotecas, etc.) y los ruidos derivados del movimiento de personas y vehículos en torno al espacio. El control del ruido en las actividades de esparcimiento es responsabilidad de quienes gestionan los espacios y, fundamentalmente, de las autoridades locales que, mediante herramientas normativas (códigos de ordenamiento urbano) para regular las actividades (habilitaciones) dentro del territorio, deben proteger a la población afectada.

En el caso del ruido originado por fuentes móviles urbanas, las soluciones para disminuir los niveles de ruido deben contemplar, entre otras acciones, el control del estado de los vehículos (VTV), el control de la conducción de los vehículos (velocidad, maniobras permitidas) y la reducción del flujo vehicular.

5.5.1.2 Cambio de las condiciones en el medio de propagación

Cuando no es posible o resulta insuficiente el control del impacto acústico en las fuentes, se requiere la intervención en el medio de propagación del sonido. Aunque está influida por numerosos factores (Pérez López, 1989), existen modelos teóricos sobre la propagación del sonido en el aire libre que permiten predecir con cierta precisión el comportamiento de las ondas desde la fuente hasta el receptor.

Entre las medidas generales que permiten reducir el ruido actuando sobre su propagación, pueden mencionarse la planificación urbana, el diseño arquitectónico diferenciado para zonas, el reordenamiento del tráfico vehicular, la colocación de barreras acústicas y el tratamiento de las fachadas expuestas al ruido. A continuación, se describen brevemente las más destacadas.

5.5.1.2.1 Planificación del territorio

En este caso se considera la posición relativa entre la fuente y el contexto construido en el que se pretenden reducir los niveles de ruido (Harris, 1995).

Una de las estrategias más sencillas es la construcción de edificios sensibles en zonas alejadas a las grandes vías de tráfico y autopistas. Como criterio general, se aconseja colocar franjas restrictivas de aproximadamente 100 m, paralelas a las vías de alto tráfico, que las alejen de las áreas acústicamente sensibles.

Algunas alternativas de planificación urbana como estrategia para reducir el ruido pueden verse en la **Figura 58**.



Figura 58 Propuestas de diseño arquitectónico en zonas acústicamente sensibles

Fuente: elaboración personal

5.5.1.2.2 Cambios en el tráfico vehicular

Dentro de las acciones económicas y efectivas para reducir la contaminación acústica urbana causada por el tráfico vehicular, pueden mencionarse: restricción de la circulación de vehículos en el área céntricas, cambios en los recorridos y/o circulación, introducción de carriles preferenciales o exclusivos para diversos tipos de transporte, reducción del tráfico, modificación de los límites máximos de velocidad, introducción de una onda verde de semáforos, creación de bicisendas, implementación de vías exclusivas para el transporte público, redistribución de la circulación de tráfico pesado en zonas identificadas como acústicamente contaminadas, colocación de badenes reductores de velocidad, incentivar la micromovilidad urbana y los desplazamientos de a pie o en bicicleta, generación de nodos de transporte intermodal o multimodal, elección del tipo, dimensiones, geometría y materialización de la calzada (pavimentos fonoabsorbentes), entre otros.

Para sectores con alta congestión vehicular las acciones pueden basarse en prohibir la circulación de vehículos pesados en aquellas zonas acústicamente sensibles, en cuyo caso se deben implementar alternativas como desviar o direccionar el tránsito hacia rutas menos

conflictivas, reorganizar la traza de las calles y/o descentralizar los centros locales urbanos (Zuluaga Echeverry, 2009).

Una de las iniciativas más recientes para reducir el tránsito vehicular en ciertas áreas de la ciudad es la del *Proyecto DRUIDA* (CE), inspirado en las *tecnologías TIC* que instauran un modelo de gestión participativo a partir de la conciencia ciudadana y la responsabilidad individual inspirada en el crowdfunding. El *Proyecto DRUIDA* pretende restringir, disuadir o desincentivar el acceso de los vehículos a determinadas áreas mediante mecanismos que desagregan en tiempo real el aporte individual y diferenciado de cada vehículo al nivel de contaminación acústica total. Para alcanzar dicho objetivo se discrimina según tipo de vehículo, tiempo de permanencia en la zona, recorrido, modo de conducir y estimación de la población afectada. Dada la complejidad del proyecto, se utiliza un modelo que asocia las *TIC*, el *GPS*, las *apps*, las soluciones *IoT* (*internet de las cosas*), la *minería de datos*, el *big data* y la *Inteligencia Artificial (IA)*, tal como se muestra en la **Figura 59**.

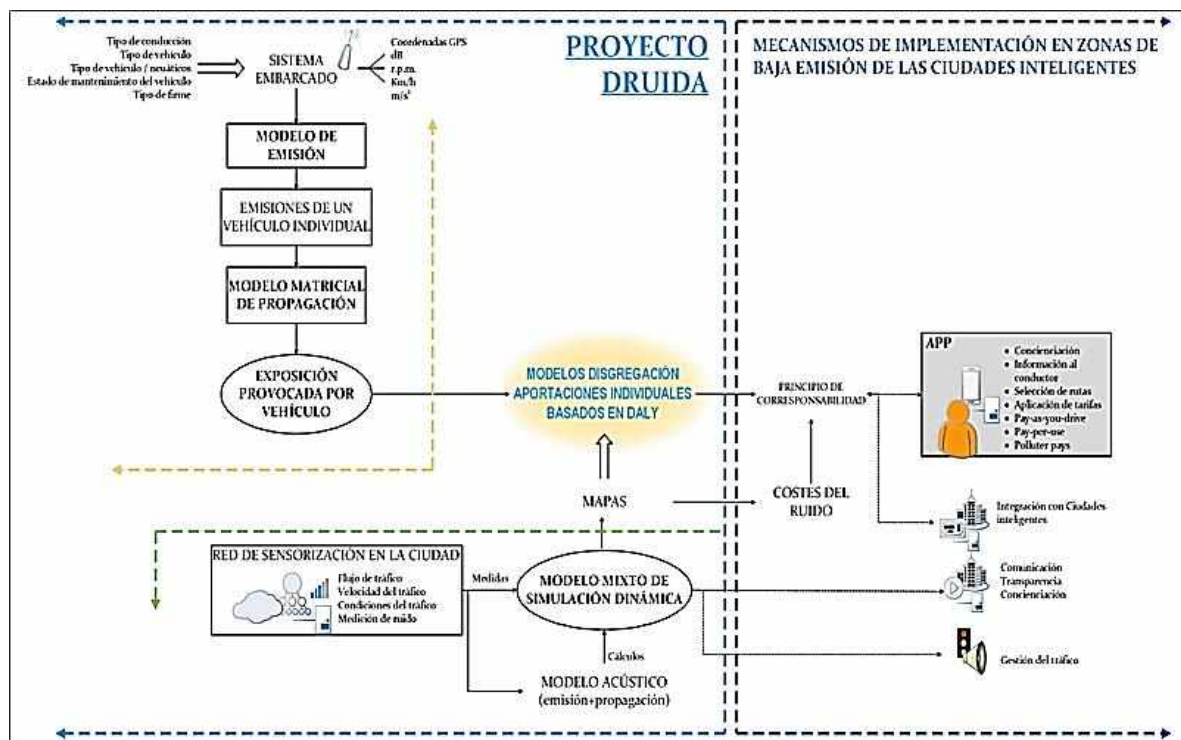


Figura 59 Proyecto DRUIDA (CE)

Fuente: esmartcity.es (ciudades inteligentes)

El *Proyecto DRUIDA* ofrece información en tiempo real a las autoridades que deben implementar las políticas de control, a los conductores/usuarios a fin de generar conciencia ciudadana, y a los habitantes en general.

5.5.1.2.3 Adecuación de los pavimentos

Las condiciones y el tipo de pavimento constituyen factores relevantes porque la interacción neumático-pavimento determina parte del nivel de ruido generado por el tráfico vehicular



(Zuluaga Echeverry, 2009). El mantenimiento, renovación y reparación del pavimento desgastado, a fin de lograr una superficie lisa y uniforme, reduce significativamente los niveles de ruido asociado (Zuluaga Echeverry, 2009).

Cuando solo es posible intervenir en los pavimentos una alternativa a contemplar es la de colocar pisos fonoabsorbentes formados con materiales porosos, conocidos técnicamente como *pavimentos microgranulados o de granulación discontinua*. Los pavimentos fonoabsorbentes pierden eficacia con el tiempo porque la porosidad se obstruye con polvo y residuos particulados. Se los debe limpiar regularmente con agua a presión, un mantenimiento oneroso que debe considerarse al evaluar la relación costo-beneficio del sistema.

5.5.1.2.4 Geofencing y geovallas

El *Programa Horizon 2020-ERA-NET*, bajo la órbita del *GeoSense Project* (Hansen et al., 2020) de la CE, propone la implementación de las tecnologías *TIC* para gestionar un transporte inteligente, ecológico e integrado. La información relevada, por ejemplo, a través de *apps* con conexión *GPS*, activa una acción pre-programada cuando un vehículo ingresa o sale de un límite virtual georreferenciado conocido como *geofence o geovallas*.

5.5.1.2.5 Barreras acústicas

Una de las medidas tradicionales y más efectivas para mitigar el ruido que afecta las zonas habitadas cercanas a vías con elevado flujo de tránsito son las pantallas o barreras acústicas (Arenas, 2006; Brambilla et al., 2013; Baldauf, 2017; Halim et al., 2015). Es una solución considerada por algunos investigadores como una estrategia necesaria cuando *fracasa la planificación del transporte y el territorio* (Segués Echazarreta, 2007 citado por Serrano Pérez et al., 2009).

Las barreras o pantallas acústicas se colocan en el camino de propagación del ruido, entre la fuente y el receptor (Halim et al. 2015), siendo su función obstaculizar la difusión de las ondas sonoras hacia las zonas sensibles y/o vulnerables (Arenas, 2008). Su uso comienza hacia los años '60 en países como Estados Unidos y Reino Unido, que construyeron barreras con suelo o tierra que se integraban con el paisaje. En la década de 1990 se desarrollaron nuevas propuestas tecnológicas que tomaban cuenta el espectro sonoro de la fuente, las dimensiones y geometría de la barrera, su materialidad, la distancia emisor-receptor (Aylor, 1972), la sensibilidad del receptor/es y el contexto natural-construido (Flores Pereita, 1990).

- **Diseño**

El diseño de una barrera acústica se define básicamente a partir de:

- ✓ *la dimensión y geometría de la barrera (altura, longitud y forma);*

- ✓ *la ubicación relativa emisor-receptor;*
- ✓ *la materialidad de la barrera (composición, geometría);*
- ✓ *las características acústicas del entorno donde se instala la barrera.*


El comportamiento de una barrera se calcula mediante modelos computacionales que incluyen además parámetros contextuales como el tipo de carretera, la topografía del terreno y las condiciones climáticas. Una barrera requiere de un mantenimiento mínimo y es deseable que su vida útil alcance los 40 años (Arenas, 2008).

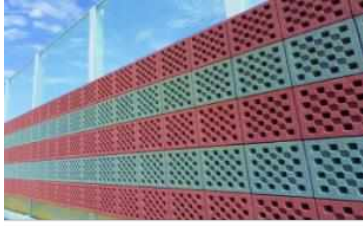






La extensa bibliografía sobre barreras acústicas incluye trabajos teóricos sobre modelado y diseño (Maekawa, 1968; Kurze y Anderson, 1971; Simon et al., 1998; Menge et al., 1998; Pamanikabud y Tansatcha, 2003; Li y Wong, 2005a; Arenas, 2007a), sobre parámetros de diseño centrados en la protección del receptor (Arenas y Monsalve, 2001; Ishizuka y Fujiwara, 2004; Li y Wong 2005b), y sobre la atenuación de la energía acústica reflejada (Kogan y Arenas, 2003).

● Clasificación

Existen numerosas clasificaciones de barreras acústicas que toman en cuenta los niveles y la frecuencia del ruido a atenuar, sus características morfológicas (geometría, ancho-largo-alto, material, etc.), el costo de construcción y de mantenimiento, la factibilidad de instalarla eficazmente en el terreno, la valoración del entorno natural, las condiciones climatológicas - fundamentalmente para las zonas sujetas a climas extremos-, entre las más importantes.

A modo de ejemplo, en la **Tabla 11** se reproduce una clasificación basada en el material constitutivo (Kotzen e English, 1999).

Tipo	Características
 <p data-bbox="323 1980 544 2007">Pantalla de hormigón</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Se construye con elementos tradicionales que se encuentran en el mercado con una amplia variedad de formas, dimensiones y colores, pudiendo ofrecer buenas soluciones desde el punto de vista estético y estructural, adaptándose a las necesidades paisajísticas de cada zona. ● Se erigen in situ con elementos prefabricados, lo que facilita el ensamblaje y colocación. ● Se arman con placas de hormigón estructural y hormigón poroso de alta calidad absorbente. ● Presentan alta resistencia al fuego, al impacto, a las heladas y requieren bajo mantenimiento.

 <p>Pantalla de cerámicas o ladrillos absorbentes</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● En el mercado se ofrecen pantallas cerámicas con diferente forma y colocación. ● La colocación de los elementos cerámicos debe incluir una sujeción con barras verticales y horizontales ancladas a la cimentación para aumentar su resistencia estructural. ● Cada la pieza es un ladrillo multiperforado en una de sus caras (la que recibe la onda incidente) que posee una buena absorción acústica. ● La instalación de ladrillos monolíticos de forma continua aumenta el aislamiento acústico.
 <p>Pantalla de madera</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Esta tipología resulta común en países nórdicos y centroeuropeos. ● El material puede ser pino nórdico u otras maderas de alta densidad, exóticas o tropicales. ● Son resistentes a la humedad. ● Se comportan como buenos absorbentes acústicos dada la porosidad de las maderas.
 <p>Pantalla metálica</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Muy utilizada por su relación costo-beneficio, bajo peso, flexibilidad, variedad de formas, dimensiones y color. ● Es un material adecuado para grandes barreras o pantallas. ● Se forma con un conjunto de capas paralelas. La capa interna es una carcasa metálica en acero galvanizado o aluminio con perforaciones para agregar absorción junto al núcleo de material absorbente. La capa externa es una carcasa metálica en acero galvanizado o aluminio sin perforaciones. ● Deben ser sometidas a un tratamiento anticorrosión.
 <p>Pantalla transparente</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Se la utiliza por razones estéticas a fin de mantener la perspectiva del paisaje. ● Los materiales pueden ser vidrio y/o plásticos transparentes (polimetilmetacrilato. PMMA y policarbonato). ● El vidrio posee cualidades de durabilidad y autolimpieza, que combinado con policarbonato ofrece una buena resistencia frente a choques y cambios climatológicos. ● El polimetilmetacrilato resulta menos resistente a los impactos, aunque es más económico y posee buenas condiciones de durabilidad. ● Se comportan como barreras reflectantes dada la dureza del material.
 <p>Pantallas mixtas</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Poseen una parte transparente y otra opaca. ● La parte transparente puede ser de vidrio o plástico. ● La parte opaca utiliza por lo general una estructura en metal o taludes de tierra. ● Ofrecen absorción acústica en la parte inferior. ● Se las elige resistentes al fuego y a las inclemencias climáticas.
 <p>Diques de tierra</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Conocida además como berma o dique, son formados por el amontonamiento de tierra del lugar. ● Son de grandes dimensiones en la base, cubriéndose por lo general de vegetación o de elementos que facilitan la revegetación. ● La absorción acústica la aportan la tierra y su inclinación. ● También se los puede construir en piedra, roca o escombros. ● El costo resulta relativamente bajo ya que el material se encuentra en el lugar.
 <p>Pantalla vegetal</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Son masas de vegetación densa, alta y ancha implantadas de modo tal que se obtiene una buena absorción acústica. ● Se emplean diferentes especies de plantas en función a la altura (hierba, matorral, arbusto...), tipo de hoja (perenne o caduca) y compatibilidad climática (regiones áridas o húmedas). ● Suele considerarse de baja efectividad para reducir el ruido, aunque depende de otros factores. ● Presenta un efecto psicológico positivo.



 <p>Pantalla en jardín vertical</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● La tipología presenta una cara exterior, hacia la vía de circulación, compuesta por módulos prefabricados generalmente de hormigón a modo de macetas. ● Son propuestas flexibles que pueden adaptarse a diferentes especies vegetales para macetas. ● La absorción acústica la aporta principalmente el hormigón con huecos o entrantes y salientes (asimilable a un material poroso). ● La función de las plantas es la mimetización con el paisaje y el efecto visual positivo.
 <p>Otras pantallas</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Son pantallas de cobertura total o parcial en calzadas o vías de circulación. ● Se utilizan muy poco debido a su elevado costo. ● Pueden resultar eficaces para el control del ruido.

Tabla 11 Tipos de pantallas o barreras

Fuente: elaboración propia en base a Basseda Peradalta, 2015

El presente trabajo incluye barreras acústicas vegetales y mixtas, relacionadas con los sistemas de jardines vegetales.

5.5.1.2.6 Paisaje sonoro saludable en áreas públicas

Desde hace algunas décadas se analiza el aspecto positivo del ruido a partir de valorizar los *activos sonoros*. Murray Schafer introdujo el concepto de *paisaje sonoro* (“*soundscape*”), que expresa la impronta acústica identitaria de una zona a partir de conjugar las variables tiempo-espacio-sonido, reconocibles por sus habitantes en el entramado urbano.

(...) Murray Schafer usa los términos paisaje sonoro ("soundscape") y ecología acústica para describir críticamente nuestro medio ambiente como un campo humano-ecológico ubicado entre "el sonido y el ruido". A partir de allí desarrolla la idea de una disciplina futurista, con claras influencias de la Bauhaus, el diseño acústico (...) La "escuela de la audición" de Schafer tiene por objetivo entrenar la percepción auditiva y se conecta con otras cuestiones aún abiertas de la ecología de la percepción. ¿Cómo enfrentar un medio ambiente conformado por "sonidos y ruido", que o bien no estaría para nada estructurado, o bien estaría sobreestructurado, "sobreestilizado" y "sobrevestido" desde un punto de vista comercial, mientras que el espacio público se hundiría en un ruido coloreado de desechos sonoros? ¿Y qué sería exactamente lo que diferenciaría el desecho acústico del diseño comunicativo? (...) Werner H 1995

Tomando en consideración la importancia del paisaje sonoro público, algunos estudios recientes detectan que los sonidos de la naturaleza resultan un recurso valioso, cuya gestión puede generar beneficios ambientales, en salud pública, urbanística, cultural y/o social (Kogan, 2019).

El paradigma de los *Paisajes Sonoros* tiene además la capacidad de ofrecer una mejora relevante en la calidad de vida y la calidad acústica tanto a nivel individual como colectivo, dado sus beneficios psicofísicos y emocionales frente a la contaminación acústica (Kogan,

2021), y habilita la mejora del ambiente a partir de la restauración del paisaje en áreas urbanas que se desean preservar.

Una de las iniciativas más significativas sobre el tema del diseño y gestión del espacio público, relacionadas con la preservación de áreas frente a la contaminación acústica, es el documento *Development and application of practical criteria for the recognition of potential Health Restoration Soundscapes (HeReS) in urban greenspaces* (Kogan, P.; Gale, T.; Arenas, J.; Arias, C., 2021) que plantea 5 condiciones para calificar como “HeReS”: 1) en el ambiente deben predominar los elementos naturales como árboles, plantas, césped, lagunas o fuentes de agua; 2) los niveles de ruido antrópico-tecnológico, como tráfico, maquinaria y celulares, sean muy bajos; 3) la percepción de sonidos naturales debe encontrarse por encima de los demás sonidos; 4) la valoración subjetiva del paisaje sonoro por parte de los usuarios debe ser alta (medida mediante la aplicación de un modelo perceptual validado); 5) debe existir una coherencia entre las expectativas acústicas de los usuarios, el paisaje visual, el paisaje sonoro y la percepción olfativa.

5.5.1.3 Protección de los individuos (receptores)

Cuando no es posible intervenir en la fuente ni en el camino de propagación para reducir el ruido urbano, se actúa protegiendo a los sujetos afectados durante las actividades sensibles, como las de descanso o concentración, que se asocian al confort y a la salud psicofísica.

Se puede proteger al receptor a partir de intervenciones directas e indirectas. Entre las estrategias de intervención directa es posible mencionar, entre otros: el alejamiento de la fuente, la colocación de protectores y/o tapones auditivos, la educación y concientización.

En las estrategias de intervención indirecta se separa acústicamente al receptor aislando el espacio que ocupa. A escala arquitectónica, durante la etapa de diseño se debe pensar en la zonificación adecuada de los espacios tomando en consideración los niveles adecuados para cada actividad. Por ejemplo, las áreas que requieren menores niveles de ruido (dormitorios y áreas de concentración) deben ubicarse alejados de las fachadas expuestas al ruido externo (**Figura 60**).



Figura 60 Distribución adecuada de los locales de la vivienda respecto a la calle



Fuente: FHWA manual

Por otro lado, para alcanzar un buen aislamiento, es necesario diseñar adecuadamente la envolvente, contemplando aspectos como la morfología, tipo de pared, material, presencia de terrazas, balcones, marquesinas, molduras y salientes, dimensiones de los vanos, tipología de las ventanas, espesor de vidrios, entre otros.

En los casos de edificios construidos, la intervención tiene como objetivo amortiguar los niveles de ruido externo mediante el agregado de materiales fonoabsorbentes y/o fonoaislantes. Algunas intervenciones menores, como la introducción de una ventana doble o segunda ventana, la inclusión de burletes, el reemplazo de los vidrios por vidrios especiales o doble vidriado hermético, o la colocación de tratamiento absorbente en balcones o mamparas, resultan efectivas si se las materializa correctamente.

5.5.2 Tratamiento normativo de la contaminación acústica

Los primeros antecedentes sobre el tratamiento normativo de la contaminación acústica en la era moderna fueron los de la ciudad de Nueva York en la década de 1930, cuya norma fue un intento por regular del ruido de transporte que alteraba el desarrollo de las actividades cotidianas. En 1957 la ciudad de Chicago dicta una norma que especifica los niveles máximos admisibles para la emisión de ruido tomando en consideración la percepción de los habitantes.

(...) La Ordenanza de 1957 de Chicago introduce criterios basados en la compatibilidad económica para los usos comerciales y estándares ambientales para los usos industriales (ruido, olores, emisiones, vibraciones, tránsito, etc. (...)) Trecco M. 2006.

En el año 1972 la *Organización Mundial de la Salud (OMS)*, en el contexto de la *Conferencia de Estocolmo*, declara formalmente al ruido como un *agente contaminante peligroso para la salud*, precedido en importancia por la contaminación del aire y el agua. Dicha declaración fue un punto de inflexión al asociar directamente al ruido con problemáticas de índole sanitaria, y el antecedente de los numerosos estudios sobre los efectos psicofísicos en la población que le siguieron (Alves et al., 2015; Merchan et al., 2014; Nedic et al., 2014; Ongel y Sezgin, 2016; Pathak et al., 2008).

(...) Se recomienda que el órgano intergubernamental competente en las cuestiones ambientales que se establezca dentro del sistema de las Naciones Unidas tome las medidas pertinentes para la realización de los estudios precisos sobre la necesidad y las posibilidades técnicas de elaborar normas internacionalmente aceptadas para medir y limitar las emisiones de ruido (...)) Conferencia Naciones Unidas, 1972



A partir de la asociación ruido-salud, comienza un proceso orientado hacia la búsqueda de propuestas concretas tendientes a controlar y mitigar los efectos del contaminante. En ese sentido, la *Environmental Protection Agency* (EPA) presenta numerosos documentos, como el *Noise Control Act* (1972), dedicado al ruido y la salud en áreas urbanas, la *Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with an Adequate Margin of Safety* (1974), que define los niveles de ruido ambiental relacionados con la salud, el *Protective Noise Levels* (1978), que recomienda niveles de protección acústica, entre los más destacados. La EPA crea, además, un ente específico conocido como la *Office of Noise Abatement and Control* (ONAC), principal entidad responsable de la *Ley del Ruido* y su fiscalización en el territorio estadounidense (1981).

Desde la década de 1990 aparece la necesidad de determinar la correspondencia entre el incremento de la contaminación acústica urbana y el creciente aumento de las fuentes sonoras fijas y móviles. Entre las iniciativas más interesantes aparecen las *Guidelines for Community Noise* (OMS, 1999), documento que introduce los “niveles de referencia” para el ruido y, el *Libro Verde de la Política de la Lucha contra el Ruido* (1996) desarrollado por la UE, que constituye uno de los primeros instrumentos legislativos con un conjunto de acciones concretas basadas en un enfoque holístico.

Estas directivas evolucionan hasta proponer, hace un par de décadas, un conjunto de herramientas estratégicas para el control del ruido como las líneas guía, los niveles límite de emisión de ruido y los niveles recomendables.

Hacia 2002 se formula una directiva aún vigente orientada al relevamiento, diagnóstico, ordenamiento y gestión del ruido urbano, que se traduce en instrumentos específicos tales como *los Mapas de Ruido*, *la Zonificación Acústica*, *la Gestión del Ruido* y *los Planes de Acción*, cada uno con una función específica.

Un “Mapa de Ruido” representa el primer peldaño para el tratamiento de la contaminación acústica y se expresa como un elemento de diagnóstico cartográfico, a modo de una “fotografía instantánea”, que facilita la identificación de los niveles de ruido dentro del territorio tomando en consideración las variables del tiempo y el espacio. Permite la individualización gráfica de los sectores afectados por la contaminación asociado a las diversas tipologías de fuentes sonoras, información relevante para clasificar el territorio en zonas con similares niveles sonoros.

(...) *El Mapa de Ruido "...Constituye una herramienta para establecer objetivos realistas de reducción del ruido y para utilizar de un modo más eficaz los controles de la planificación con el fin de reducir el ruido generado a partir de las nuevas fuentes acústicas, proteger los nuevos emplazamientos sensibles al ruido de las fuentes emisoras existentes e identificar, proteger y crear zonas tranquilas. Los mapas también se pueden utilizar como una herramienta para ofrecer información al público, a los políticos y a los profesionales relacionados con el ruido, sobre los problemas que existen al respecto en una ciudad y la ubicación de esos problemas (...)* Párrafo extraído de la publicación web del Gobierno de la

Ciudad de Buenos Aires, Calidad Ambiental, Red de Monitoreo de Aire y Ruido en la Ciudad de Buenos Aires.

Gracias a la evolución de las TIC, en la actualidad se pueden configurar mapas simulados aplicando alguno de los softwares específicos que se ofrecen en el mercado. La Ciudad de Buenos Aires cuenta con dicha herramienta, cuyos valores fueron validados en parte mediante mediciones sonoras in situ (**Figura 61**).



Figura 61 Mapa de Ruido de la Ciudad de Buenos Aires (CABA)

Fuente: Secretaría de Ambiente – CABA

Actualmente los mapas de ruido pueden construirse en tiempo real a partir de mediciones continuas en puntos estratégicos durante todo el año, generándose un instrumento conocido como “mapa de ruido interactivo”. Un ejemplo de *mapa interactivo* es el de Madrid, ciudad en la que el Ayuntamiento utiliza una *Red fija de Control de la Contaminación Acústica* formada por una serie de estaciones remotas georreferenciadas e identificables a partir de una base cartográfica, que reúnen información sobre las condiciones acústicas en puntos específicos de la ciudad (**Figura 62**).

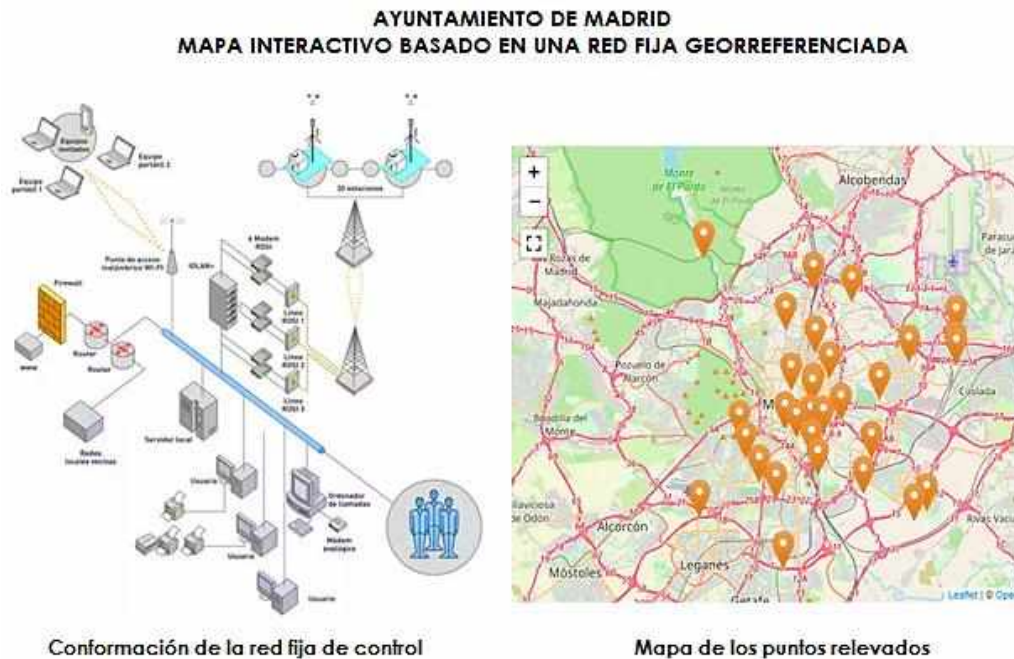


Figura 62 Mapa acústico interactivo del Ayuntamiento de Madrid

Fuente: elaboración propia

La propuesta del Ayuntamiento de Madrid con la red fija se complementa con los datos relevados por una *Red Móvil de Control de la Contaminación Acústica*, asociada a los datos de geolocalización (GPS), utilizada principalmente para el control de las actividades de ocio nocturno.

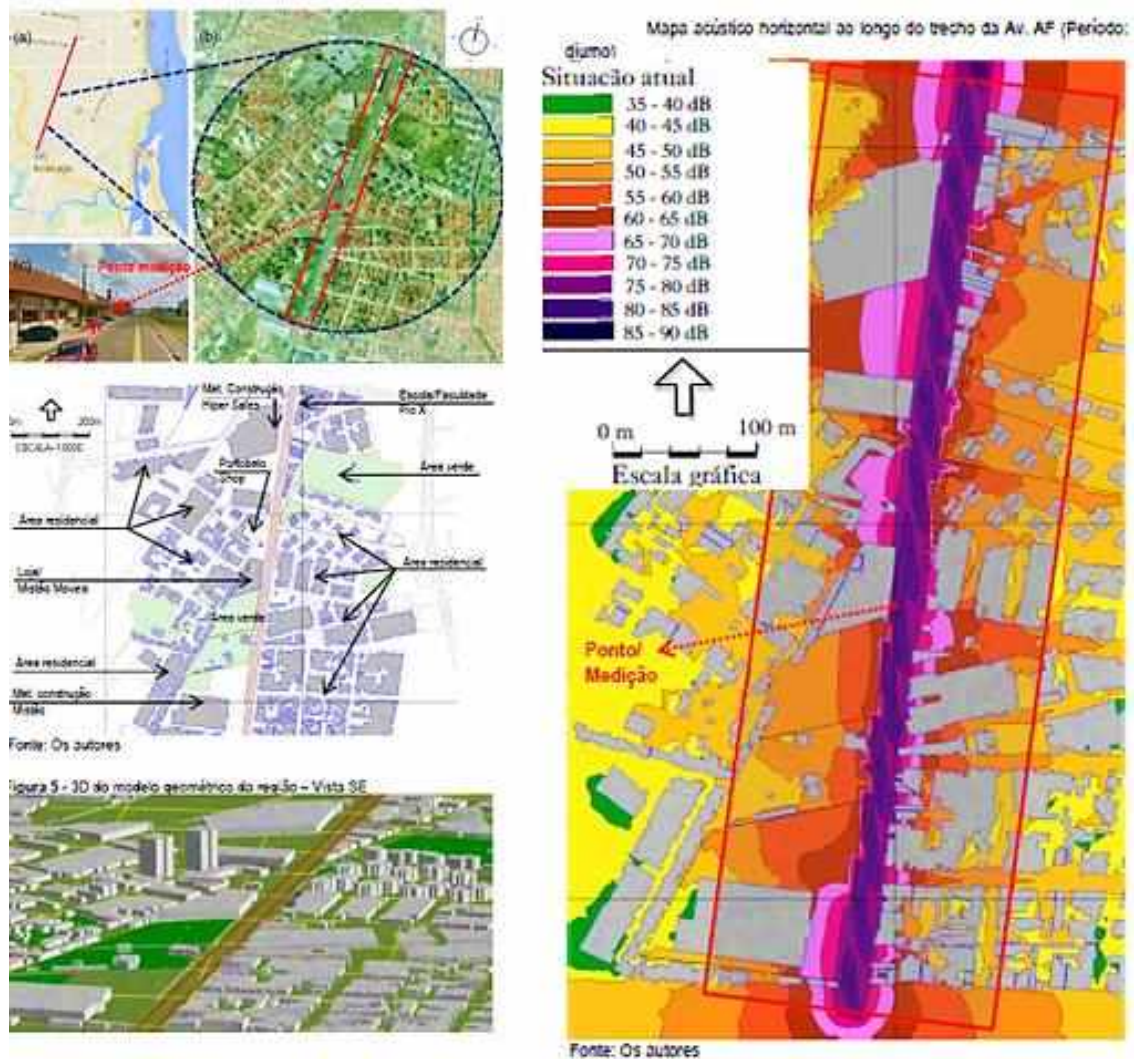
La información recabada a través de las dos redes se vuelca al *Sistema de Actualización Dinámica del Mapa Acústico de Madrid (SADMAM)*, se vuelca en un modelo de cálculo que permite realizar un *mapa estratégico de ruido*, instrumento que se difunde en una página web pública.

Un mapa interactivo puede enriquecerse a partir de las intervenciones de los ciudadanos a partir de iniciativas como el *Proyecto Noise Capture*, basado en el principio VGI (*Volunteer Geographic Information*) en el que cada participante descarga en su teléfono inteligente una *app* específica, asociada al GPS para georreferenciar el sitio medido.

Las áreas relevadas mediante un mapa de ruido, tradicional o interactivo, pueden analizarse y clasificarse cartográficamente en función de determinadas variables, dando lugar a una nueva herramienta estratégica para la mitigación del ruido urbano conocida como *Zonificación Acústica*.

La zonificación acústica permite clasificar el territorio urbano en zonas más o menos homogéneas que poseen niveles de ruido similares.

La zonificación se denota mediante una cartografía específica que usa una escala de colores estandarizada agrupada por rangos de niveles sonoros (**Figura 63**).



CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS	LIMITE DIURNO (0.6.00-22.00 HS)	LIMITE NOCTURNO (22.00-06.00 HS)	ESCALA DE COLOR
I	Área particularmente protegida	40 dBA	35 dBA	
II	Área prevalentemente residencial	45 dBA	40 dBA	
III	Área mixta	55 dBA	50 dBA	
IV	Área con intensa actividad humana	60 dBA	55 dBA	
V	Área prevalentemente industrial	70 dBA	65 dBA	
VI	Área exclusivamente industrial	80 dBA	75 dBA	

Figura 63 Ejemplo de una zonificación acústica

Fuente: Montalvão Guedes y Rolla Bertoli

La *Zonificación Acústica* facilita el ordenamiento de las actividades dentro del territorio, de modo que resulten compatibles entre sí (**Figura 64**).



Figura 64 Zonificación en relación a las metas de calidad acústica

Fuente: Fuentes et al, 2008

A partir de la zonificación se establecen los *Niveles Acústicos de Calidad* mediante la introducción de las *Metas de Calidad Acústica*. Los Niveles Acústicos de Calidad son niveles de ruido deseables para una actividad o zona específica y forman parte del proceso de tratamiento, control y mitigación de la contaminación acústica, e integran la “Gestión del Ruido” sobre el territorio mediante los *Planes de Acción* concretos. Los planes de acción pueden incluir, entre otras, acciones concretas de mitigación, la redefinición de las prioridades acústicas dentro de la jurisdicción de interés, la discusión de políticas futuras, la creación de programas y proyectos específicos y el replanteo de las normas urbanísticas en cuanto al uso del suelo.

Un ejemplo concreto de un Plan de Acción es el *HOSANNA Project –HOlistic and Sustainable Abatement of Noise by optimized combinations of Natural and Artificial means–* aplicado en varios de los países miembros de la CE. El *HOSANNA Project (2009-2015)* proporciona un conjunto de recomendaciones y estrategias inspiradas en las SbN, que incluye la *naturación* aplicada en diversas escalas urbanas.

(...) la inserción de la edificación en la estrategia de vegetación urbana... (...)...plantea como objetivos de sustentabilidad edilicia los siguientes puntos: 1) Requerir un planeamiento a escala territorial y urbana que demanda de una estrategia de vegetación urbana tomando en consideración sus efectos y, extrajera el máximo aprovechamiento posible; 2) Generar los instrumentos legales que permitan que la estrategia se exprese a nivel de edificación privada mediante su extensión hacia las fachadas, cubiertas y medianeras, así como a patios interiores y jardines particulares; 3) Establecer líneas de investigación en el uso de nuevos materiales en la edificación que mejor se adapten a la flexibilidad de las estructuras sociales y familiares, los requerimientos de la nueva sociedad del conocimiento y la sostenibilidad (...) *Libro Verde de Sostenibilidad Urbana y Local en la Era de la Información*, que en punto “4.2.2, Agenda 21, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Gobierno de España, 2012.



La propuesta fomenta el uso de vegetación dentro de los corredores viales a través de barreras vegetales, cortinas de árboles en veredas, jardines verticales en fachadas, techos verdes, aumento del arbolado público, etc. El HOSANNA Project incentiva el uso de materiales reciclados asociados a la vegetación para el tratamiento específico de las superficies viales y de las barreras mixtas.

Otro plan de acción de la CE es el *Quadmap Project (Quiet Urban Areas)*, inserto dentro del *Life+ Program (2010)*, cuyo objetivo principal es la creación de zonas en base a la *Directiva europea sobre Ruido Ambiental (2002)*, que propone la creación de *Mapas Estratégicos y Planes de Acción*. La directiva del 2002 recomienda la unificación de las normativas en los países involucrados mediante estrategias simplificadas que incluyen la aplicación de métodos de cálculos flexibles, capaces de ofrecer equivalencias en los resultados obtenidos para facilitar su comparación.

(...) Respecto a las actuaciones contra el ruido, simplemente recordar que como prácticamente todos los problemas ambientales las actuaciones habría que abordarlas desde el principio, desde la planificación de las infraestructuras y la ordenación del territorio. Tendríamos que seguir recordando que la mejor actuación contra el ruido sería alejar en el espacio y diría que también en el tiempo, las fuentes y los receptores, no podríamos evitar que se produjese ruido, pues vamos a intentar que no moleste al receptor; y en último término sería cuando tendríamos que actuar en el medio de propagación, planteando la construcción de una barrera acústica o una pantalla (...) Segúes Echazarreta, 2007 citado por Pérez et al., 2009.

Los países de la CE que avanzaron con la implementación de los *Planes de Acción* introdujeron el uso de herramientas *TIC* en interfase con una red de monitoreo en tiempo real, que facilitan la vigilancia de los niveles de ruido y el control de la eficacia del programa. En el ámbito de la CE el control de la contaminación acústica lo realiza un organismo creado ad hoc llamado *Observatorio del Ruido*, que funciona bajo la órbita de la *Agencia Europea de Ambiente*. La información relevada diferencia entre tipo de fuentes fijas (industria, recreación) y móviles (carreteras, ferrocarriles, aeropuertos) a través de “layers” específicos (**Figura 65**):

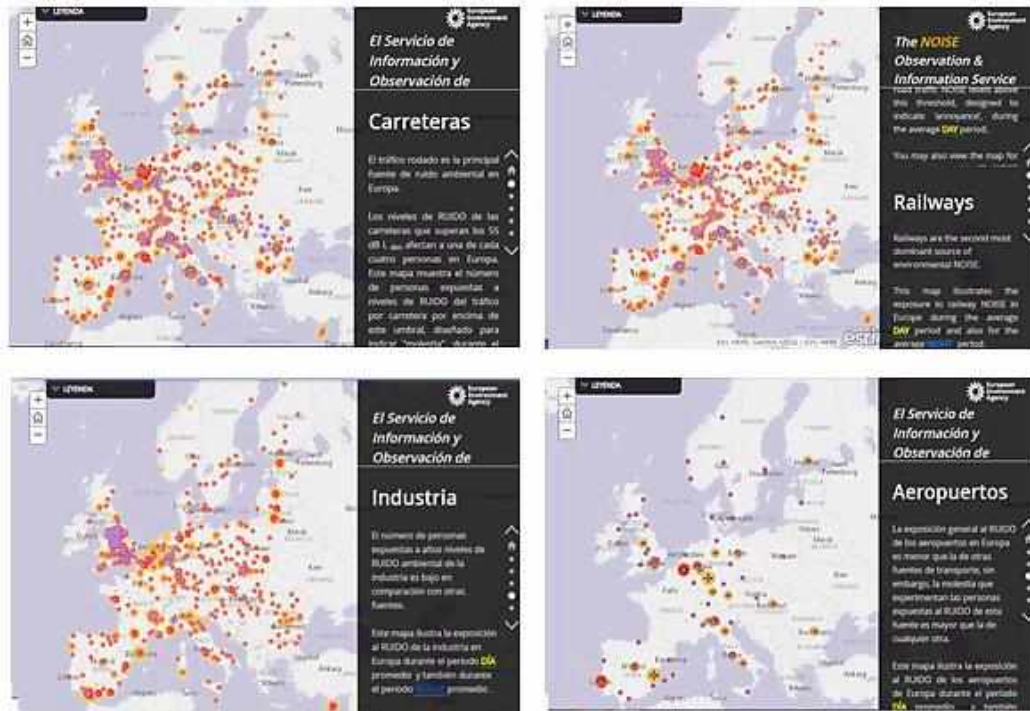


Figura 65 Mapa online europeo de la contaminación acústica en tiempo real

Fuente: European Environment Agency

Como información adicional, los mapas ofrecen la posibilidad de acceder a información específica sobre las características de cada fuente sonora en particular.

Respecto a nuestro país, el tratamiento legislativo de la contaminación acústica muestra una situación totalmente diferente a la descrita. Hasta la fecha no existen normas de rango nacional y/o provincial de la envergadura expuesta, más allá de los numerosos intentos a través de dos décadas con la presentación de varios proyectos legislativos que parten del Art. 41 de la *Constitución de la Nación Argentina* (1994) que declara que se (...) *garantiza el derecho a un ambiente sano y equilibrado a todos los habitantes y establece la obligación de preservarlo (...)*.

En la actualidad el manejo de la contaminación acústica se circunscribe a la jurisdicción municipal y, en algunos casos, interjurisdiccional. Los municipios han buscado, mediante ordenanzas, ofrecer respuestas concretas en el ámbito de los "ruidos molestos" en el vecindario, una perspectiva reduccionista y alejada de la visión holística de la CE, que deja sin resolver la cuestión de fondo.



(...) *Que no se superen los 65 decibeles puede parecer utópico en las metrópolis, pero aquí se pasan incluso los 70 en la mayor parte del Casco” advierte Velis: “y con 78 decibeles, por ejemplo, no se puede sostener una conversación en tono normal. Nadie se va a quedar sordo, de hecho, las leyes laborales vigentes establecen que se puede trabajar hasta ocho horas con 85 decibeles. Sin embargo, estas situaciones condicionan el descanso, la comunicación y provocan estrés, por lo que pueden enfermar física y psicológicamente (...) Párrafo extraído de la nota periodística del Diario El Día al Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la CIC, 18 de agosto del 2013.*

Varios municipios se preocuparon por confeccionar un Mapa de Ruidos para conocer el estado acústico de su territorio. En algunos casos, la elaboración de los mapas devino de trabajos de investigación realizados por instituciones públicas y/o privadas a partir de inquietudes particulares, que sentaron las bases para producir el documento “*Protocolo de Mediciones para el Trazado de los Mapas de Ruido Normalizados*” (Viro et al, 2002).

Cabe destacar que en el país existe el caso excepcional de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), que posee la *Ley 1540 - Control de la Contaminación Acústica*, que regula y controla la contaminación acústica en su jurisdicción a partir de una propuesta alineada con las Directivas de la CE.

A modo de síntesis, puede afirmarse que los instrumentos legales orientados a la mitigación de la contaminación acústica en las grandes ciudades deben provenir de normas superiores emanadas de las Administraciones Nacionales y Provinciales para unificar criterios. No obstante, son las autoridades locales quienes cumplen un rol protagónico ya que la problemática por lo general es de índole local. Los municipios deben insistir en la creación de normas superiores a fin de contar con herramientas unificadas que les permitan intervenir dentro de su territorio.

5.5.3 Educación y prevención

El objetivo de la educación y de la prevención, fundamentalmente en el rango etario de los adolescentes y adultos jóvenes, es generar el conocimiento y la concientización de los riesgos psicofísicos a los que se exponen los individuos y la potencial perturbación sonora que generan en su entorno.

En nuestro país existe un conjunto de iniciativas educativas, tanto estatales como generadas por colegios y asociaciones profesionales, para concientizar a la ciudadanía sobre la pérdida de calidad de vida a causa de la contaminación acústica.



5.5.4 Participación ciudadana

La participación comunitaria representa una instancia de colaboración pro-activa de los ciudadanos para mitigar el ruido. La colaboración se basa en el diálogo, el debate y el intercambio de experiencias, a fin de instalar la responsabilidad individual y colectiva.

Existe un conjunto de herramientas basadas en la divulgación, los programas y la comunicación pública a través de diversos medios de comunicación que facilitan la toma de conciencia que, además de generar espacios de interrelación con todos los actores sociales involucrados, permite conducir un cambio de conducta social.

Una de las herramientas tradicionales para indagar sobre el comportamiento de la población frente al ruido es a través de encuestas de opinión direccionadas a la información que se pretende obtener, que actualmente pueden realizarse online. Existen nuevos instrumentos que facilitan la tarea (Silva et al., 2017 citado por Gasco et al., 2020), por ejemplo, los sistemas participativos de *crowdsourcing* a gran escala (*app*), que permiten relevar datos sobre los niveles de ruido en tiempo real e incluso enriquecer la información al permitir la introducción de cuestionarios orientados a la caracterización de los ruidos urbanos. Algunos sistemas analizan los patrones sonoros mediante *redes neuronales profundas (DNN)*, que contienen diversas capas de información provistas por herramientas de bajo costo.

Otra fuente de información valiosa, de uso generalizado y masivo, son las *redes sociales*, en las que se aplican los tags (etiquetas) con imágenes georreferenciadas, que recogen datos capaces de caracterizar y cuantificar la dimensión ambiental del ruido (Aiello et al, 2016). El uso de las redes sociales resulta de gran ayuda como canal para detectar y monitorear quejas sobre ruidos.

Redes como *Twitter*, una de las plataformas digitales más participativas, puede ayudar a ponderar el impacto acústico en la percepción de los sujetos (Gasco et al., 2017; 2019) e incluso facilitar el análisis de los movimientos de las masas en tiempo real cuando se producen grandes eventos recreativos en los espacios urbanos (Lorente-Riverola y Ruiz-Sánchez, 2018).

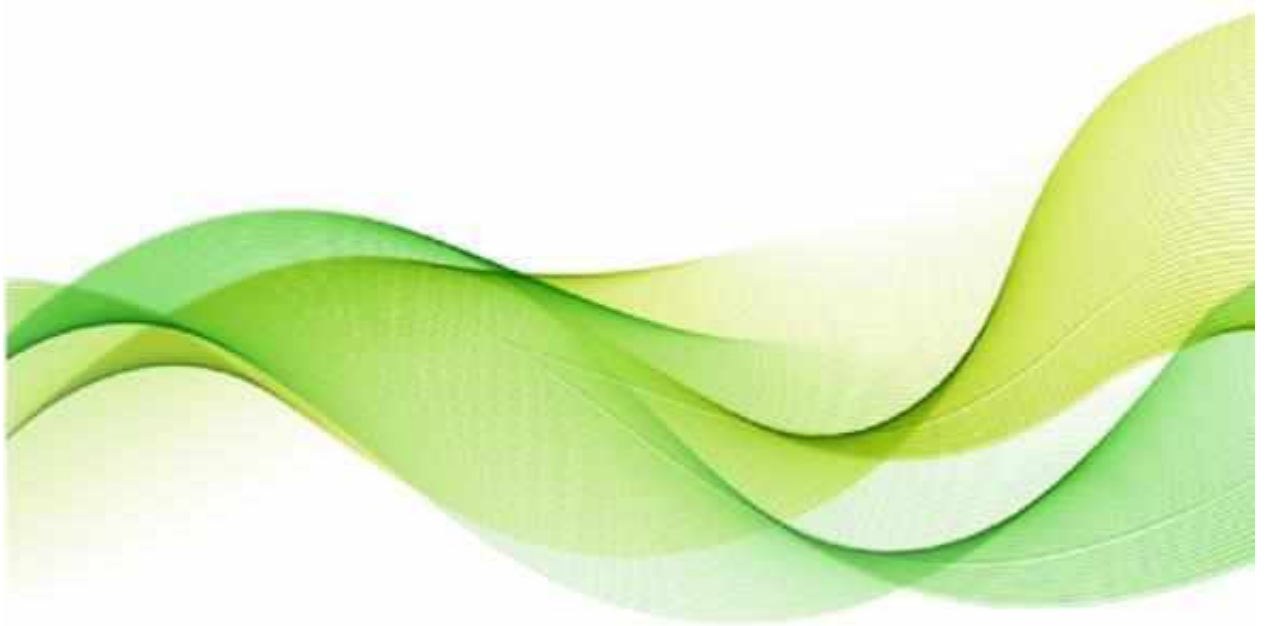
En síntesis, se puede afirmar que (...) *el uso de las redes sociales sería muy útil para modelar de manera efectiva el pulso de la vida urbana a una escala y granularidad que sería difícil de lograr con los métodos tradicionales (...)* (Gasco et al., 2020).

La información conseguida a través de las redes sociales y de otras estrategias de participación ciudadana resulta de gran utilidad cuando se las emplea en el diseño de políticas de gestión del ruido.



CAPÍTULO 6

ESTRATEGIAS SUSTENTABLES PARA MITIGAR LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN FACHADAS: Sistemas de Jardines Verticales





*(...) En el jardín el arquitecto invita a colaborar con el reino vegetal.
Un jardín bello es presencia permanente de la naturaleza,
pero la naturaleza reducida a proporción humana y puesta
al servicio del hombre, y es el más eficaz refugio
contra la agresividad del mundo contemporáneo (...)*

Luis Barragán



SÍNTESIS

En el presente Capítulo se analizan los aspectos acústicos de los jardines verticales aplicables a las envolventes como elemento de protección frente al ruido urbano.

Se describe la eficacia de un sistema de jardín vertical (SJV), en especial el aporte de la estructura vegetal, para la reducción del sonido.

También se plantea la posible aplicación de los SJV a escala urbana mediante su introducción en los cañones urbanos.

Al final se muestra una tabla que resume el comportamiento acústico frente al ruido urbano de los jardines verticales más representativos.



6. ESTRATEGIAS SUSTENTABLES PARA CONTROLAR LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN FACHADAS

6.1 INTRODUCCIÓN

Las fachadas constituyen el "(...) paramento exterior del edificio que forma un espacio transicional (interfase) entre el interior y el exterior, que a su vez dialoga con el espacio público. La fachada, además, es soporte y expresión de diversas lógicas compositivas, formales y estilísticas que, por su valor simbólico-estilístico, es reconocida por la sociedad a lo largo de la historia. Una de las características principales es su representación a través de la utilización de recursos expresivos que aportan los componentes ornamentales (elementos estético-identitarios) que se integran con la intención de “embellecerlas”, además de otorgarles un valor y/o impronta propia (...)" (Hojman y Rimbaud).

Desde el punto de vista de la materialidad, las fachadas tradicionales se forman básicamente por dos superficies: la opaca, simbolizada por la parte mural, y la transparente, encarnada por los vanos y/o aberturas y, en las últimas décadas, por las grandes pieles de vidrio.

Los materiales empleados en las fachadas, incluido el vidrio, resultan superficies duras y altamente reflejantes frente al ruido urbano, cuyo efecto se magnifica en los cañones urbanos. La contaminación acústica que afecta de manera directa a la envolvente o “piel” del edificio se introduce hacia su interior a través de los vanos, afectando la calidad de vida y la salud psicofísica de los ocupantes (Krimm, 2018; Dunnet y Kingsbury, 2008). A su vez, el ruido que llega a la fachada es un fenómeno complejo que involucra otros factores de dependencia dinámica. Entre los factores asociados pueden mencionarse las características de las fuentes de sonido (frecuencia, ubicación; composición), la cantidad de fuentes fijas y móviles, el contexto artificial (elementos construidos) y natural (vegetación, suelo), las condiciones atmosféricas y microclimáticas (velocidad y dirección del viento, temperatura del aire y humedad), etc. El diseño y la elección de los materiales constitutivos de la envolvente edilicia resultan determinantes en la percepción del ruido por los ocupantes del edificio.

6.2 CONFORT ACÚSTICO EN FACHADAS

La energía acústica que llega desde el exterior al edificio como ruido incidente a las fachadas, sufre un conjunto de fenómenos acústicos cuyas características se resumen en la **Tabla 12**.

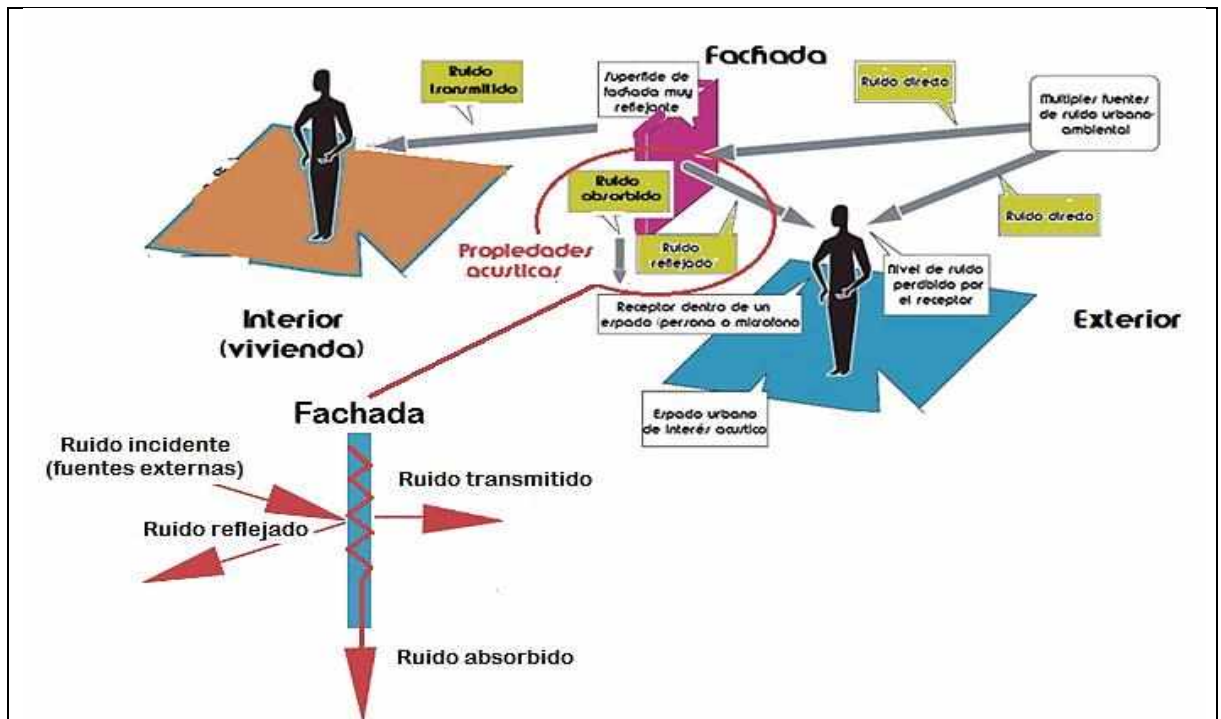
ASPECTOS RELACIONADOS CON EL FENOMENO ACUSTICO	
Receptor	<p><u>Características</u> Refiere a dos variables importantes que relacionan al receptor con la fuente: Ubicación: altura, distancia, orientación Aspectos individuales: sensibilidad frente al ruido percibido; problemas de salud, etc.</p>
Contexto natural	<p><u>Presencia de vegetación y suelos</u> La presencia de árboles, arbustos, césped en forma continua como barrera o cortina, así como grandes concentraciones vegetales puede disminuir potencialmente los niveles de ruido debido a los fenómenos acústicos que se generan en su interior. Por otra parte, la presencia de suelos porosos propicia la absorción del sonido.</p> <p><u>Topografía</u> Las particularidades topográficas del suelo, pueden resultar beneficiosas o perjudiciales en la reducción del ruido. Así por ejemplo, cuando el receptor se encuentra por detrás de un elemento que hace las veces de barrera natural, se considera como una situación ventajosa para el receptor</p>
Contexto construido	Está representado por el universo de elementos construidos ubicados en la cercanía del objeto de estudio. Estos, poseen la capacidad de interferir en la propagación del sonido debido a su ubicación, diseño y particularidades morfo-materiales.
Factores Meteorológicos y microclimáticas	Los factores climático-ambientales (velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad, etc.) logran favorecer o no la propagación del sonido. Dicho factor resulta trascendente en áreas grandes y/o cañones urbanos.

Tabla 12 Factores condicionantes para los fenómenos acústicos en las fachadas

Fuente: elaboración personal

6.2.1 Fenómenos acústicos

La exposición de la envolvente al ruido puede generar un conjunto de fenómenos acústicos como se observa seguidamente en la **Figura 66**:



FENOMENOS ACUSTICOS EN FACHADAS	
TIPO	CARACTERISTICAS
Reflexión	<ul style="list-style-type: none"> ● El sonido se refleja cuando choca con superficies duras y poco absorbentes a las ondas incidentes. ● La presencia de materiales rígidos en las envolventes, aceras y pavimentos acrecientan las reflexiones. ● En los casos de cañones urbanos, fundamentalmente con anchos de calle estrecha y la presencia de superficies duras prolongan la presencia del ruido en el área afectada.
Absorción	<ul style="list-style-type: none"> ● El fenómeno de la absorción, tiene relación con la porosidad que presenta el material constitutivo frente a la onda incidente. ● La porosidad tiene la capacidad de "captar" parte de la energía acústica incidente. ● La presencia de vegetación tupida y suelos naturales en el entorno cercano a las superficie altamente reflejante como las fachadas, pueden conformar una superficie acústicamente porosa, capaz de propiciar la absorción.
Aislamiento	<ul style="list-style-type: none"> ● Representa un fenómeno ligado a la capacidad de protección de un material frente al sonido incidente. ● Esta propiedad, tiene relación con las características de la materialidad, especialmente con su masa ya que se rige por la ley teórica de masa y frecuencia (Ley de Berger). ● En líneas generales, la ley de masa, indica que el aumento de la masa de un material, propicia un aumento en la capacidad del aislamiento acústico.
Difracción	<ul style="list-style-type: none"> ● La difracción acústica en la envolvente y/o elementos del entorno, se produce cuando presentan salientes y/o entrantes como balcones, terrazas, marquesinas, etc. ● El fenómeno, es consecuencia del choque de la onda sonora con las salientes durante su camino de propagación, generando un cambio de dirección que presenta dos trayectorias posibles: a) bordeando el edificio en su parte superior; b) rodeándolo en sus laterales (Simón et al., 1999). ● En el caso a), presenta alta protección acústica cuando la altura es significativa. ● Para el caso b), depende de las configuraciones de los bordes laterales (esquinas de los edificios).

Figura 66 Fenómenos acústicos presentes en la fachada

Fuente: Elaboración propia basado en Acoustically effective façades. A+ BE

Por ejemplo, el fenómeno de difracción puede resultar beneficioso o perjudicial. Un caso de difracción acústica positiva se da en ciertos edificios prismáticos, con fachadas escalonadas, en presencia de muros-balcones que funcionan como pantallas (**Figura 67**).

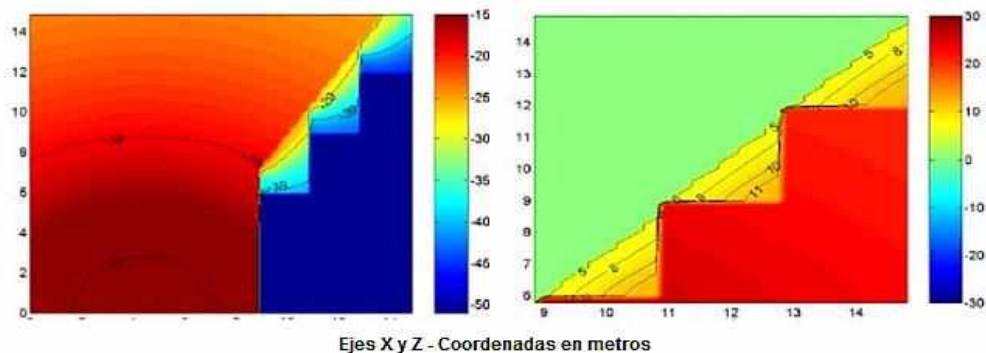


Figura 67 Influencia de la difracción acústica en edificios escalonados

Fuente: Simón et al.

6.3 JARDINES VERTICALES EN LA ENVOLVENTE

6.3.1 Antecedente: las barreras vegetales

Las barreras o pantallas acústicas vegetales surgen como una solución para proteger del ruido de tráfico a los residentes ubicados en zonas cercanas a las carreteras (Samara y Tsitsoni



2011; den Boer y Schrotten 2007; Pigasse y Kragh, 2011). A los beneficios acústicos que ofrece una barrera acústica se agregan los que aporta la vegetación adosada, como la mejora ecoamigable-mimética, el incremento del verde urbano y con sus servicios ecosistémicos (Nowak et al. 2014, Tong et al. 2016). Las barreras acústicas vegetales más eficaces se arman con especies nativas de tipo perennifolias con alta tasa de cobertura y estructura arbórea densa (Fang C. y Ling D., 2003). Pueden diseñarse aprovechando la biodiversidad en cuanto al tamaño, alturas, áreas, densidad, con la incorporación de tipologías arbóreas y arbustivas (Ayaz y Arshad 1998; Pal et al. 2000; Yaomin et al. 2006); Van Renterghem et al.2012), herbáceas e incluso rastreras tapizantes, dependiendo del tipo de barrera vegetal en cuestión. Existen especies vegetales aplicables a barreras que no requieren suelo o sustrato para su supervivencia, como el caso de los musgos sembrados (Gorbachevskaya & Schreiter 2013), que son capaces de ofrecer prestaciones ecosistémicas como la de retener el material particulado emitido por los vehículos (Baldauf et al. 2008).

Dentro de la familia de los musgos también existen especies que pueden utilizarse como sustrato, con una alta porosidad, reducido requerimiento de agua y bajas exigencias en el mantenimiento, aunque solo admiten especies acidófilas y su costo inicial es elevado. Este tipo de sustratos agrega, a consecuencia de su estructura cavernosa, absorción acústica al conjunto (Luncheon D. & Gauvreau, B.; 2016).

Estudios realizados por el *proyecto HOSANNA* llegaron a la conclusión que la barrera vegetal reduce los niveles de ruido hasta 3 dB, proporcionando beneficios a largo plazo (Nilsson, Bengtsson, & Klæboe, 2014).

Las barreras acústicas vegetales pueden considerarse, en cierto sentido, como “proto-sistemas de jardines verticales”.

6.3.2 Fenómenos acústicos asociados a las pantallas vegetales

En líneas generales, una barrera acústica vegetal representa un elemento eficaz para reducir el ruido en el entorno urbano (Eyring, 1946, citados por Zhang et al, 2016). Sin embargo, la eficacia de sus prestaciones depende en gran medida de las características físico-morfológicas de las especies seleccionadas (Aylor D., 1972a, 1972b, Fang C. y Ling D., 2003, Peng et al. 2014 citados por Zhang et al, 2016), el medio de cultivo (suelo) y la geometría del espacio con relación a la barrera.

En relación con los fenómenos acústicos asociados, puede resaltarse que la vegetación presenta la potencialidad de reducir los niveles de sonido de tres formas: primero, el sonido puede reflejarse y disiparse (difractarse) a través de la estructura vegetal, es decir tronco, ramas y hojas (**Figura 68**).



Figura 68 Comportamiento del sonido frente a una barrera vegetal

Fuente: elaboración propia en base a López Jiménez

Según las investigaciones realizadas a través del *proyecto HOSSANNA* (2014), se determinó que las características morfológicas de las especies intervinientes incidirán en la magnitud de los fenómenos producidos.

Uno de los fenómenos acústicos más importante en presencia de la vegetación es la absorción, producida por el “efecto de suelo acústico” (Azkorra et al., 2015), generado por interferencia destructiva de las ondas sonoras en presencia del suelo, por los “efectos termo-visocosos” de la capa límite presentes en la interfase vegetación-aire (Azkorra et al., 2015) y por los “efectos de la vibración mecánica” de las ondas sonoras debido a las características intrínsecas de la vegetación. A partir de las vibraciones mecánicas una parte de la energía es retransmitida hacia el aire y otra parte es eliminada por los elementos más rígidos de la vegetación (troncos, ramas, suelo entre otras). De esta manera, gran parte de la energía que generan las ondas sonoras se disipa convirtiéndose en calor (**Figura 69**).

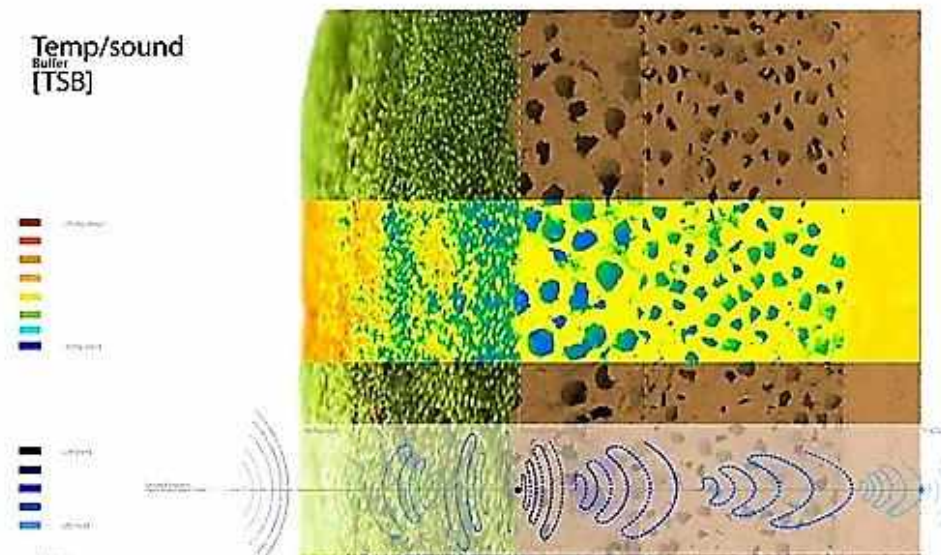


Figura 69 Pérdida de energía de las ondas sonoras debido a la transferencia de calor

Fuente: López-Giménez

Para interpretar el gráfico se incluyeron dos escalas. La primera expresa una escala térmica descendente (°C), en rojo la temperatura máxima y en azul la mínima.

La segunda escala se consideran los niveles de ruido (dB), más oscuro los máximos y más claros los mínimos. Cuando las ondas sonoras impactan en la superficie de la vegetación se alcanzan los mayores niveles sonoros, que correspondiendo con la mayor temperatura. Conforme las ondas sonoras van penetrando hacia el interior de la planta, los niveles sonoros se atenúan al igual que las temperaturas, dado que una parte de la energía ya fue absorbida en la superficie de la planta.

Los niveles sonoros en el ambiente externo son afectados, además, por factores ambientales y climáticos como la dirección del viento, la temperatura y la humedad.

6.3.3 *Diseño de barreras acústicas vegetales*

El diseño y materialización de las pantallas o barreras vegetales toma en cuenta la tipología, el espacio disponible, el entorno natural/construido inmediato y las condiciones microclimáticas en las que se ubicarán.

A modo de ejemplo, se describen brevemente tres casos representativos de barreras diseñadas para la reducción del ruido: los taludes o diques de tierra, las cortinas o barreras escalonadas y las barreras mixtas.

6.3.3.1 *Taludes*

Los taludes de tierra resultan una opción interesante, accesible y económica ya que los suelos ofrecen una estructura porosa que favorece la absorción acústica (**Figura 70**).



Figura 70 Barreras vegetales en forma de taludes

Fuente: elaboración propia

Desde la perspectiva acústica, el suelo posee poros interconectados entre sí que permiten que las moléculas de aire vibren y se transformen en calor (Cálad et al., 2014). Algunos estudios indican que los suelos naturales con estratos mayores a 10 cm resultan efectivos como absorbentes sonoros (Cálad et al., 2014) en una cortina de árboles de igual altura, aunque otras evaluaciones experimentales y teóricas han arrojado resultados diferentes (Arenas, 2007b).

La presencia de cultivos y matorrales frondosos (Aylor, 1972), con especies vegetales de baja altura, tapizantes rastreras y/o césped, pueden contribuir a la reducción del ruido (Ishii, 1994 citado por Fang C. Y Ling D., 2003).

Los setos que actúan como cortavientos pueden ayudar a reducir el sonido transmitido cuando se seleccionan adecuadamente las especies (Herrington, 1976 citado por Fang C. y Ling D., 2003; Kragh, 1979 citado por Pereira Fernández, 2016).

6.3.3.2 Cortinas en altura

Las cortinas en altura son una sucesión de árboles de tipo perennifolia distribuidos de forma alineada respecto a una vía de tránsito (**Figura 71**).

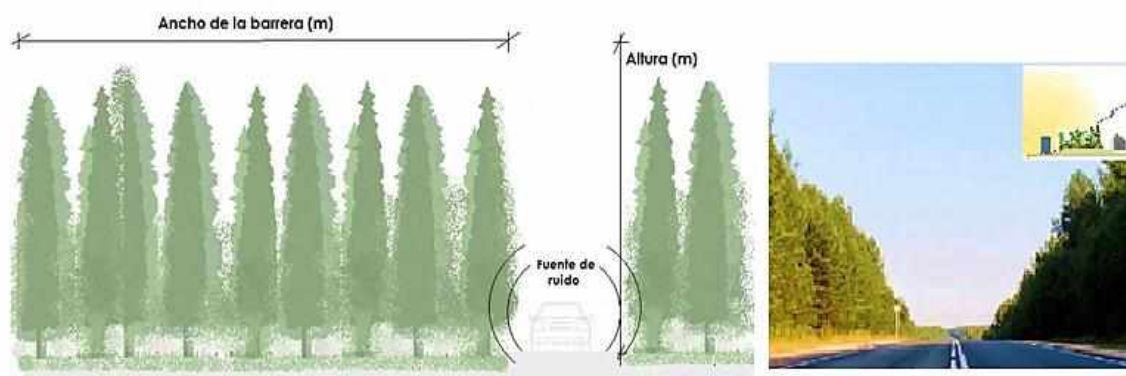


Figura 71 Barreras vegetales tipo cortina

Fuente: elaboración propia

Se han realizado numerosas investigaciones sobre el tema, entre ellas las Van Renterghem et al., 2012 citado por Azkorra et al., 2015; Brambilla et al. 2013, Baldauf 2017; Pérez López, 1989 y Aylor, 1972.

Las cortinas resultan acústicamente efectivas a partir de un ancho de 30 m, siendo más eficaces a partir de los 60 m (Reethof, 1973; Cook y Haverbeke, 1971 citado por Fang C. y Ling D., 2003).

En cuanto a la altura del cinturón, algunas experiencias demuestran que solo se logra reducir los niveles de ruido con especies de gran porte, con una altura entre 7,5 y 10 m (Meister y Ruhrberg, 1959 citados por Givoni, 1989, Ochoa de la Torre, 1999 y Posada et al., 2009), ya que al ofrecer una mayor superficie frente a la onda sonora aumentan la difusión y absorción acústica (Cook y Haverbeke, 1971 citado por Fang C. y Ling D., 2003).

Las cortinas con mayor densidad arbórea (cantidad de especies/m²) se logran con especies coníferas (Burns, 1979; Huisman y Attenborough, 1991 1971 citado por Fang C. y Ling D., 2003; Kragh, 1979 citado por Pereira Fernández, 2016). Ofrecen reducciones acústicas del

orden de los 5 a 8 dB (Cook y Haverbeke, 1971), pudiendo llegar a los 9 dB cuando se trata de abedules, olmos y hayas. Con el agregado de arbustos pueden alcanzar los 10 dB (Cook y Haverbeke, 1971).

Sin embargo, las cortinas acústicas son efectivas a frecuencias medias y altas, para bandas menores a los 1000 Hz sus prestaciones acústicas se reducen considerablemente (Bullen y Fricke, 1982; Kragh, 1981 citados por Fang et al., 2010).

En síntesis, para aumentar la efectividad acústica de una cortina debe aumentarse el ancho y la densidad (Grey et al, 1978, citado por Pudjowati et al, 2013).

En un contexto urbano, las cortinas pueden mejorar los tiempos de reverberación en los cañones urbanos debido a la absorción acústica que ofrecen las hojas (Givoni, 1989 citado por Posada et al., 2009).

6.3.3.3 Barreras escalonadas

Las barreras basan su diseño en un ordenamiento de altura creciente a partir de especies perennifolias que incluyen plantas herbáceas, arbustivas, arbustos y arboles (Onder y Kockeber, 2012). escalonadas (**Figura 72**)

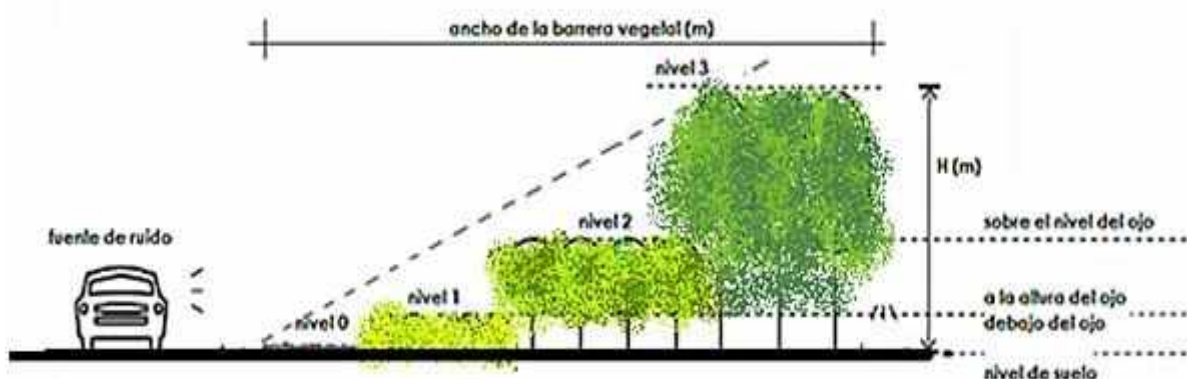


Figura 72 Barrera vegetal escalonada

Fuente: elaboración propia

Algunos estudios indican que la disposición escalonada puede resultar positiva para controlar el ruido del tráfico (Zhang et al., 2016; Pudjowati et al., 2013; Herrington y Brock, 1977 citado por Posada et al., 2009). Al igual que con la cortina, la efectividad para reducir el ruido se relaciona con el tipo de especie seleccionada (Onder y Kockeber, 2012; Posada et al., 2009), la altura y el ancho de cada sección (Cook y Haverbeke, 1971 citado por Fang C. y Ling D., 2003; Pudjowati et al., 2013), y el tamaño, las características foliares y de ramificación de cada especie (Cook y Haverbeke, 1971 citado por Fang C. y Ling D., 2003).

En la

Tabla 13 se muestra la atenuación del ruido en función de la distancia y la frecuencia que ofrecen diferentes tipos de vegetación.

ATENUACION SUPERFICIAL (dB/m)				
Frecuencia (Hz)	Césped fino (01 -0.2 m)	Césped grueso (0.4 – 0.5 m)	Arboles perennes	Arboles caducos
125	0.005	0.005	0.07	0.02
250	---	---	0.11	0.04
500	---	---	0.14	0.06
1000	0.03	0.012	0.17	0.09
2000	---	---	0.19	0.12
4000	---	0.15	0.20	0.16

Tabla 13 Atenuación del sonido por metro en presencia de césped y árboles en función de la frecuencia
Fuente: Pérez – López

Es posible aumentar la prestación acústica de una barrera escalonada agregando un talud de tierra, que aporta una reducción en el rango de las bajas frecuencias, según algunos estudios en la banda de 250 a 500 Hz (The University of Tennessee *Agricultural Extension Service*, 1998 citado por Pereira Fernández, 2016).

Las cortinas escalonadas resultan una solución aplicable sólo si se dispone de suficiente espacio, por ejemplo, en plazas, parques y grandes áreas verdes.

6.3.3.4 Barrera mixta

Una barrera mixta, que combina la vegetación con materiales y/o elementos inertes como cercas o paredes, suele ser acústicamente más efectiva (Onder & Kockeber 2012) que las exclusivamente vegetales.

En este tipo de soluciones la vegetación puede agregarse como elemento compositivo o como un revestimiento de la parte inerte a fin de mimetizar la barrera con el ambiente circundante, reducir el impacto visual y producir una sensación de confort psicológico (Brink et al.2016).

En la **Figura 73** se pueden ver algunos ejemplos de barreras mixtas en zonas urbanas.



Figura 73 Ejemplos de barreras vegetales mixtas
Fuente: elaboración propia

En algunos casos las barreras mixtas se generan de forma natural o espontánea debido a la acción de los agentes polinizadores transportados por el aire (Kotzen 2004; Baldauf et al. 2008; Chiquet, 2014).

Las barreras mixtas pueden ser prefabricadas, modulares, a medida y construidas in situ. Algunos diseños incluyen terraplenes cementicios escalonados para insertar la vegetación (**Figura 74**).

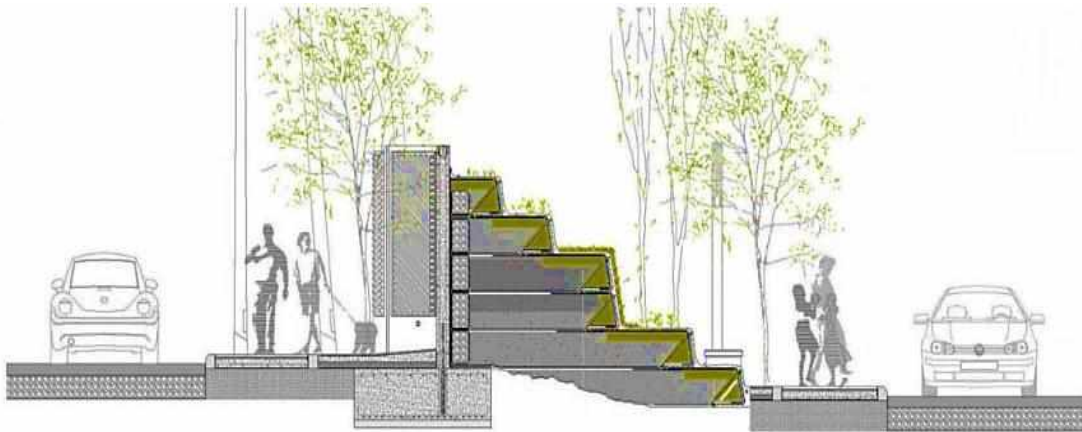


Figura 74 Barrera mixta de hormigón roto y vegetación en Madrid

Fuente: Estudio MVN Arquitectos

Una barrera mixta diseñada correctamente puede reducir potencialmente el ruido incidente hasta 8 dB (Cook, D.; and Van Haverbeke, 1977 citado por Azkorra, 2015), en frecuencias superiores a los 1000 Hz (Yang, Kang y Cheal, 2013 citado por Pereira Fernández, 2016).

6.4 ASPECTOS ACÚSTICOS DEL SISTEMA DE JARDINES VERTICALES (SJV)

La integración de sistemas vivos a las envolventes edilicias mediante jardines verticales constituye una estrategia de las *Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)* para reducir el ruido que ingresa a los edificios (Wong et al. 2010b; Pudjowati et al., 2013) y las áreas cercanas, a partir de los diversos los acústicos involucrados (**Tabla 14**).



FENOMENO ACÚSTICO	CARACTERÍSTICAS
<p style="text-align: center;">ABSORCIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Forma de reducir las reflexiones a través de vibraciones mecánicas en presencia del sustrato y la estructura interna de las plantas (Smyrnova et al., 2012). ▪ Algunas tipologías de jardines verticales, se diseñan especialmente para reducir las reflexiones sonoras a partir de aumentar la absorción acústica dentro del espacio urbano (Yang, 2013). ▪ Según algunas investigaciones sobre el tema, se puede alcanzar una absorción acústica de hasta el 50% de la energía acústica incidente (Wong et al., 2010 citado por Horoshenkov, 2013) conformando fachadas con superficies altamente porosas (elementos esponjosos, flexibles, cavidades de aire, etc.) que incorporan materiales basados en geotextiles en su diseño o bien diseñan los jardines con sustratos especiales de alta porosidad. ▪ Investigaciones más recientes, basadas en simulaciones y experimentaciones en el campo de las tecnologías cuánticas, indagaron sobre el aumento de la absorción acústica de los SJV a partir de combinar la vegetación con un sustrato altamente poroso basado en los metamateriales acústicos. Dichos estudios, estimaron una altísima efectividad en la absorción, cercana al 90%, fundamentalmente en los rangos de frecuencias audibles bajas y medias, independientemente del ángulo de incidencia que presente la onda sonora (Zhu et al., 2020).
<p style="text-align: center;">AISLAMIENTO</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El fenómeno de aislamiento, se puede alcanzar solo con algunas tipologías de jardines cuyos diseños presentan capas superpuestas para propiciar la creación de masa. En tal sentido, los estratos se conforman por: las plantas, el sustrato, el aire intercalado entre las plantas (Dunnett y Kingsbury, 2004), los elementos contenedores, una capa rígida para el sostén del conjunto y la estructura de soporte. Dicho sistema, debe anclarse a la fachada de forma desacoplada a fin de conformar una cámara de aire (masa acústica) de espesor variable ya que la misma depende de la distancia disponible entre el paramento y el conjunto. ▪ Algunos estudios, se han ocupado en evaluar in situ el aislamiento acústico para los casos de los SJV aplicado a una fachada frente al ruido de tráfico (Pérez et al., 2016), pudiendo observar un aporte cercano a 1 dB respecto a una pared desnuda.
<p style="text-align: center;">DIFRACCIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En los casos que los sistemas de jardines verticales presenten en el diseño del elemento inerte salientes o macetas con ángulos, cuando choca la energía incidente cambia de dirección.

Tabla 14 Fenómenos acústicos en los sistemas de jardines verticales (SJV)

Fuente: elaboración propia

Algunos trabajos, como los de *Van Renterghem et al. (2012)*, analizaron las prestaciones acústicas de los SJV a través de las técnicas de simulación aplicadas a materiales (Horoshenkov et al., 2013). Encontraron, en coincidencia con otros autores, que las variables de peso en los SJV eran similares a las de las barreras vegetales (Aylor, 1972; Ayaz & Arshad 1998; Fare & Clatterbuck 1998; Pal et al.2000; Pathak et al. 2008; Van Renterghem et al.2012; Tyagi et al.2013).

Algunas tipologías de SJV presentan un sustrato de volumen considerable, que debe pensarse como un material poroso capaz de ofrecer prestaciones fonoabsorbentes en función de su textura (granulometría) y capacidad de retener humedad (Horoshenkov et al., 2006; Horoshenkov et al., 2011; Yang et al., 2013).

Para comprender la incidencia de los elementos constitutivos de los SJV en los fenómenos acústicos resulta necesario profundizar en su estructura y en los condicionantes externos.

6.4.1 Estructura del sistema y variables intervinientes

A partir de la *Teoría General de Sistemas (TGS)*, desarrollada en el Capítulo 4, un sistema de jardín vertical (SJV) modular aplicado a una envolvente edilicia es un conjunto de sistemas y subsistemas que interaccionan entre sí y con el contexto ambiental en el que se instalan, que incluye el ruido al que se ven expuestos. En lo que sigue se analizarán los aportes de los elementos compositivos del SJV (*sistema natural; sistema artificial o construido; subsistema de alimentación; subsistema de mantenimiento*)

Cada uno de los subsistemas posee sus propias variables y éstas, a su vez, se pueden subdividir en otras como se aprecia de manera simplificada en la **Figura 75**.

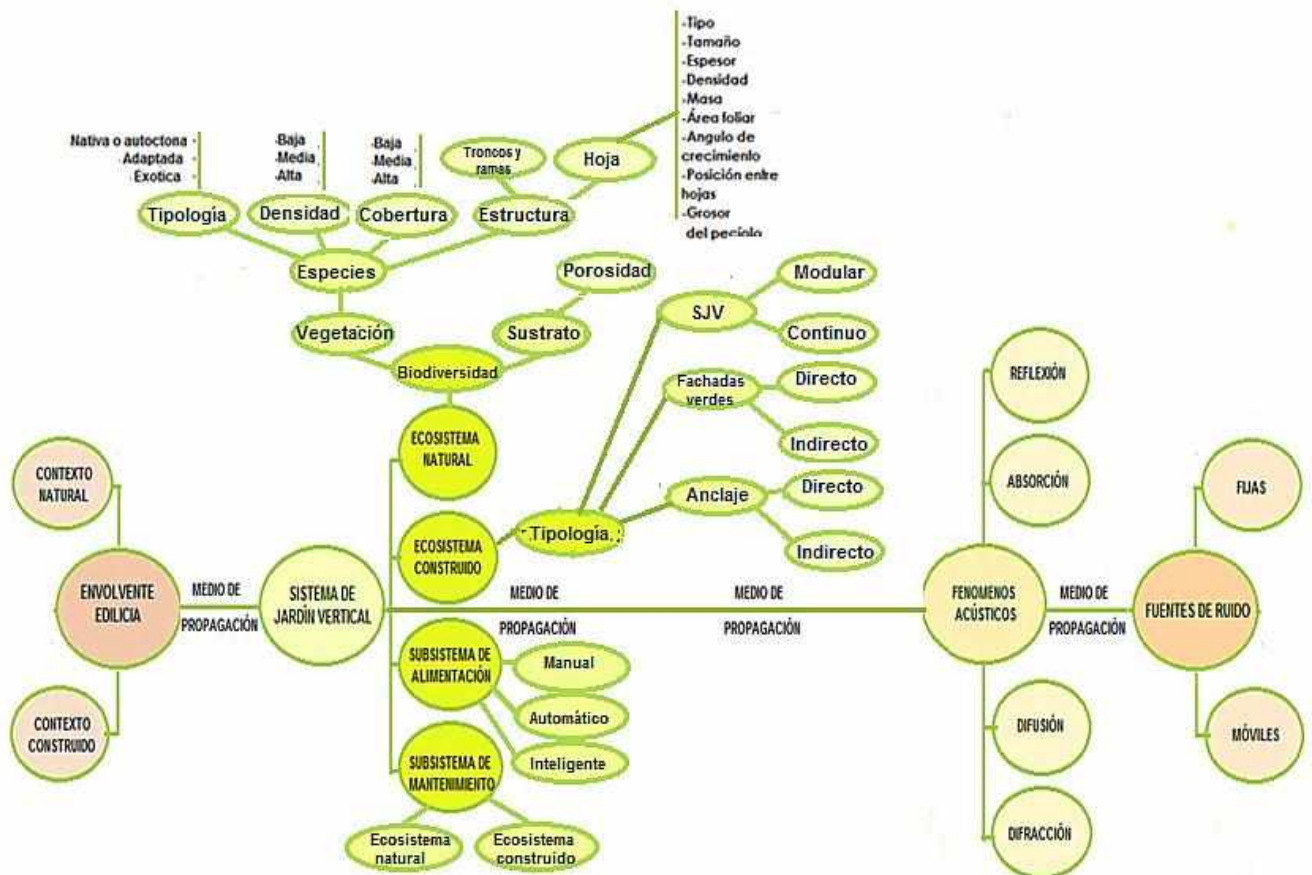


Figura 75 Estructura de un SJV modular

Fuente: elaboración personal

El gráfico precedente expresa en líneas generales los elementos compositivos de la escala macro y micro mostrando el grado de complejidad e interdependencia sinérgica de los sistemas y subsistemas involucrados.

Tomando en consideración la delimitación del estudio, el SJV modular se forma básicamente por cuatro sistemas²⁷ que se relacionan de forma sinérgica e interdependiente. Estos son el *ecosistema natural*, el *ecosistema construido*, el *subsistema de alimentación* y el *subsistema de mantenimiento*.

6.4.1.1 Comportamiento acústico del ecosistema natural

El sistema resulta eficaz para reducir el ruido a través de la absorción acústica que ofrece la masa vegetal (espesor, densidad, características foliares, etc.) y el sustrato liviano donde se desarrolla.

En la

Figura 76 se distinguen los aportes de los elementos que componen el ecosistema natural (País & Bertoli, 2019).

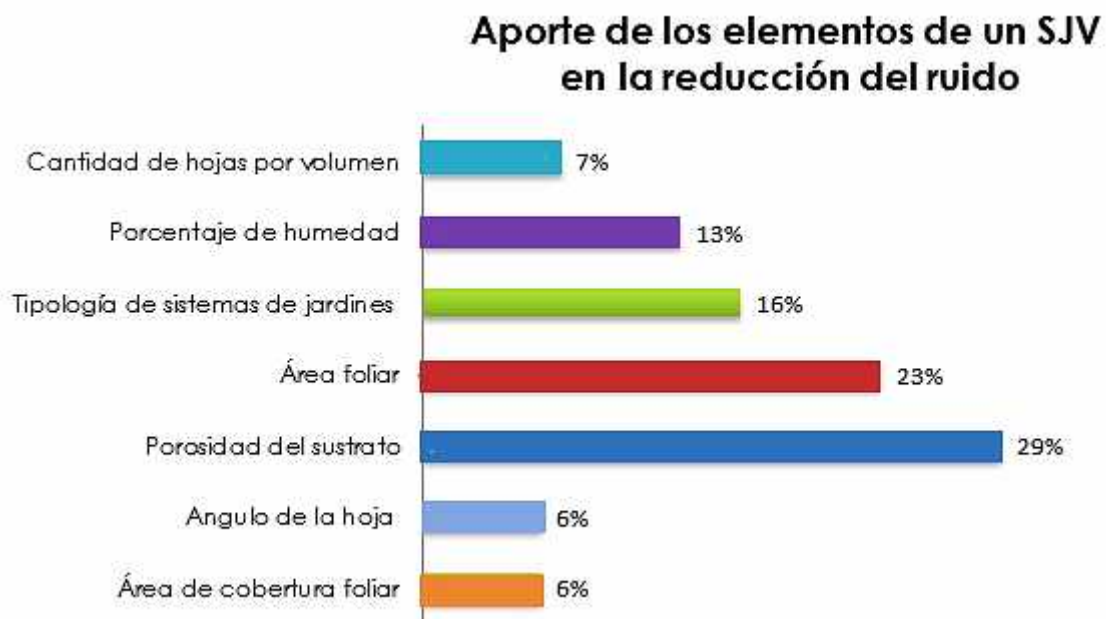


Figura 76 Elementos del ecosistema natural: discriminación de los aportes en la reducción del ruido

Fuente: País & Bertoli

6.4.1.1.1 Biodiversidad vegetal

Para mantener el equilibrio ecológico de un SJV modular, la biodiversidad vegetal y microfaunística deben interactuar de manera sinérgica. La elección de las especies vegetales debe orientarse hacia las especies autóctonas y/o adaptadas, que ofrecen una mayor

²⁷ Los Anexos A y B del presente trabajo contienen mayor información al respecto.



resistencia frente a posibles plagas y enfermedades (Jung et al., 2018) y cuya competencia por la luz y el volumen de espacio ocupado no resulte invasiva para el conjunto (Erdogan y Yazgan, 2009).

Por lo general, no se recomienda diseñar un SJV basándose en una sola especie vegetal (monocultivo), ya que podría colapsar el ecosistema si eventualmente sufre el ataque de una plaga o patología vegetal, disminuyendo a su vez tanto las prestaciones ecosistémicas como las acústicas. Un buen diseño debe contemplar una selección minuciosa de las especies que conforman la biodiversidad vegetal y su adaptación a la estructura del sustrato (Yang, 2013).

a) Características acústicas de la vegetación

Existen algunas características vegetales que determinan sus características acústicas en relación con los fenómenos acústicos de absorción, reflexión y difracción (Dunnett y Kingsbury, 2004 citado por Ismail, 2013), entre las que pueden mencionarse:

- **Selección de especies**

Numerosos trabajos experimentales han investigado sobre la absorción acústica que aportan diferentes especies vegetales (Aylor D., 1972a, 1972b, Fang C. y Ling D., 2005, Wong et al., 2010; Peng et al. 2014; Ottele, 2011; Pais & Bertoli, 2019).

En general, aunque las especies nativas presentan un buen comportamiento absorbente (Arenas et al., 2008; Arenas y Asdrubali, 2017), algunas especies adaptadas poseen ciertas ventajas comparativas (Babakhani et al., 2020).

En la **Tabla 15** se puede ver la contribución fonoabsorbente de algunas especies vegetales, medidas en laboratorio, respecto a otros materiales utilizados para la construcción, (Horoshenkov; 2013; Ottelé, 2011).

Coeficientes de absorción (α)						
Especies vegetales	Frecuencias (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
<i>Ficus benjamina</i>	0.06	0.06	0.10	0.19	0.22	0.57
<i>Howea forsteriana</i>	0.21	0.11	0.09	0.22	0.11	0.08
<i>Dracaena fragrans</i>	0.13	0.14	0.12	0.12	0.16	0.11
<i>Spathiphyllum wallisii</i>	0.09	0.07	0.08	0.13	0.22	0.44
<i>Dracaena marginata</i>	0.13	0.03	0.16	0.08	0.14	0.47
<i>Schefflera arboricola</i>	-	0.13	0.06	0.22	0.23	0.47
<i>Philodendron candens</i>	-	0.23	0.22	0.29	0.34	0.72
Otros materiales						
corteza	0.05	0.16	0.26	0.46	0.73	0.88
alfombra mullida	0.15	0.25	0.50	0.60	0.70	0.70
cartón-yeso	0.30	0.15	0.10	0.05	0.04	0.05
nieve fresca 100 mm	0.45	0.75	0.90	0.95	0.95	0.95

Tabla 15 Coeficiente de absorción de algunas especies en relación con otros materiales

Fuente: Ottelé, 2011



Si bien se aprecia un comportamiento desigual entre las especies estudiadas en relación con la banda de frecuencia, en general resultan buenos materiales fonoabsorbentes.

Un aspecto de gran importancia, no siempre contemplado en la selección de las especies vegetales para los *SJV* aplicables a fachadas, es su capacidad de propagar el fuego. Las *especies pirófilas*, aquellas que potencialmente podrían acelerar y prolongar el incendio de un edificio, han sido materia de estudio en diversos proyectos europeos en materia de prevención y gestión de riesgo de incendios en edificios, que sugieren que las especies vegetales a ubicarse en las proximidades de las fachadas deben seleccionarse tomando en consideración su baja ignifugidad, especialmente en zonas secas (Diputació de Girona, 2013). El documento europeo indica que, de no aplicarse la vegetación sugerida en la fachada, se recomienda como mínimo colocarlas en las proximidades de los sectores más sensibles al fuego, por ejemplo, las aberturas.

Las especies que cumplen a la vez con los requisitos acústicos y de baja ignifugidad son aquellas cuya estructura y foliación poseen un alto contenido de agua estructural, como el caso de las *crasas* y *suculentas*. Aunque estas especies poseen un alto costo inicial, brindan dos beneficios interesantes: bajo requerimiento de agua para el riego, lo que reduce la huella hídrica, y una menor demanda de mantenimiento.

Algunos trabajos encontraron que las plantas son sensibles a las señales sonoras de su entorno (Mishra et al., 2016 citado por Jung et al., 2018) a través de un órgano sensitivo no identificado (Jung et al., 2018), sobre todo a las vibraciones asociadas (Jung et al., 2018). Los elevados niveles de ruido pueden alterar su desarrollo, crecimiento, reproducción, y perturban su equilibrio fitosanitario (Jung et al., 2018). Las perturbaciones acústicas a largo plazo pueden generar estrés en las especies, afectando desde unas pocas plantas a un ecosistema complejo.

▪ **La estructura vegetal**

La propagación del sonido dentro de la planta se ve afectada por la presencia de las capas termo viscosas cercanas a la superficie foliar, que tiene la capacidad de generar dispersión acústica en el rango de las altas frecuencias (Yang et al., 2013; Aylor 1972; Pal et al. 2000). Para el caso de la estructura vegetal, el aporte se relaciona con las amortiguaciones internas de tipo mecánicas debido a la oscilación de las ramas y los tallos (Bucur, 2006), que convierten la energía acústica incidente en calor (Pereira Fernández, 2016; Price et al., 1998; Martens et al., 1985; Tang et al., 1986; Martens, 1981; Attenborough, 1988 citados por Yang et al., 2013).

▪ **El rol de las hojas**

La energía sonora incidente se propaga por el aire, penetra en la planta “golpeando” y haciendo vibrar las hojas que encuentra en su camino, y de prosigue su camino hacia el resto de la estructura vegetal. En las hojas, la magnitud de los fenómenos de reflexión, absorción, difracción y difusión, depende no sólo de las características foliares, sino además de la masa de aire presente entre los diversos estratos de las hojas, de la arquitectura de la planta y de la presencia y tipo de sustrato.

Algunos autores señalan que la reducción del ruido ocurre en el rango de las bajas frecuencias, por debajo de los 500 Hz (Bullen y Fricke, 1982), mientras que otros afirman que se observa en rangos superiores a los 1000 Hz (Price et al., 1998; Asdrubali et al., 2014), e incluso mayores a los 2000 Hz (Peng et al., 2014).

El aporte de las diversas capas o estratos de hojas estaría dado en la dispersión sonora causada por las reflexiones entre las ellas (Costa y James, 1995; Bullen y Fricke, 1982). Sin embargo, los resultados varían entre distintas especies debido a las diferentes arquitecturas foliares (Yang et al., 2010). El tamaño, la masa, la tipología, el espesor, la posición entre hojas, el grosor del pecíolo (Li & Kang, 2020), la densidad (Martens, 1980 citado por Horoshenkov, 2013), el área foliar (IAF) y el ángulo de crecimiento foliar (Horoshenkov et al., 2013 citado por Azkorra et al., 2015; Miki, 1990 citado por Horoshenkov et al., 2013), determinan en gran parte el comportamiento de las hojas frente al ruido (Horoshenkov et al., 2013) (**Tabla 16**).

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS HOJAS
<ul style="list-style-type: none"> ● contorno de la hoja ● vellosoidad (*) ● curvatura (concavidad/convexidad)(*) ● textura (rugosidad y microrelieves)(*) ● área foliar (IAF) (tamaño) ● ángulo de crecimiento ● periodicidad (caducifolias/perennifolias) ● cobertura ● disposición ● densidad ● almacenamiento de agua (*)
(*) podrían verse afectados por el polvo y el estrés hídrico

Tabla 16 Características principales de las hojas

Fuente: elaboración personal

A continuación, se describe el aporte acústico de cada una de las características foliares.

▪ **Área foliar**

Uno de los factores más significativos con relación a la absorción acústica es el área foliar o índice de masa foliar (IAF) (Aylor, 1972 citado por Horoshenkov, 2013; Martens et al., 1985) y sus factores dependientes (Watanabe y Yamada, 1996). A mayor área foliar mayor absorción (Tahezadeh et al., 2012 citado por Horoshenkov, 2013), que se vincula con la flexibilidad y facilidad de vibración (Grey et al., 1978 citado por Pudjowati et al., 2013). Las especies con *hojas compuestas* (conjunto de pequeños folíolos) son también acústicamente efectivas debido a su gran área foliar relativa (Yuliarti, 2002).

▪ **Textura**

La textura y rugosidad de las hojas aumenta el *índice de área foliar (IAF)*, fundamentalmente cuando se trata de hojas con superficie membranosa o cavernosa. Algunas características distintivas de la textura, tales como la *cutícula*, la *epidermis* y los *tricomas* de las hojas, juegan un papel importante en la reducción de los niveles sonoros (Yuliarti, 2002 citado por Pudjowati et al., 2013). Estudios sobre sistemas de paredes vivas compararon el comportamiento acústico en función de la textura en dos especies: la *hiedra común (Hedera hélix)*, cuya superficie foliar es lisa-lacerada, y la *primula (Primula vulgaris)*, de superficie rugosa (**Figura 77**).



Figura 77 Comparación entre las hojas de hiedra y primula

Fuente: Google imágenes

Los resultados obtenidos mostraron que la hiedra común absorbe alrededor del 10% de energía recibida debido a su alta reflectancia foliar, mientras que la primula, con hojas rugosas de mayor área foliar, absorben cerca del 60% de la energía acústica incidente (Martens et al., 1985; Azkorra et al., 2015). Estudios dedicados a otras especies foliares altamente rugosas, como la hortensia (*Bergenía crassifolia*), confirman los resultados anteriores (Romanova et al., 2019 citado por Brković et al., 2019).

▪ Ángulo dominante de la hoja

La importancia del ángulo dominante de la hoja y el eje de crecimiento de la planta con relación a los fenómenos acústicos, han sido estudiados por algunos investigadores (Horoshenkov, 2013), destacando que su influencia resulta significativa en el fenómeno de absorción (Figura 78).



Figura 78 Fenómenos acústicos generados en la estructura de una planta

Fuente: elaboración personal

El estudio demuestra que el incremento del ángulo de la hoja se asocia a mayores valores de absorción acústica (Horoshenkov, 2013) pues la onda incidente impacta sobre una mayor superficie foliar. Por otra parte, existe una relación entre la superficie y el ángulo dominante. Así, cuando la onda sonora se encuentra con una superficie lisa, aumentan las reflexiones a medida que se acrecienta el ángulo (Martens et al., 1985). Cuando se compara el comportamiento de las hojas frente a ángulos dominantes similares, las hojas más rugosas resultan más absorbentes (Horoshenkov, 2013).

Otro aspecto de interés con relación al ángulo está vinculado al comportamiento foliar durante el día. Ciertas especies poseen una dinámica de movimiento en la posición de sus hojas (*nastias*), conocida como *nictinastia foliar*, que alude a los movimientos diarios determinados por el ciclo circadiano de las plantas. En algunas especies tropicales las hojas se orientan en posición vertical y paralela respecto al tallo (cerradas) durante la noche, y en posición horizontal (abiertas) durante el día (Salisbury y Ross, 1994, Barcello-Coll et al. 1987 citado por Ferraroto y Jauregui, 2008). Cuando se diseña un SJV en fachadas, con objeto de reducir el ruido, empleando especies tropicales, debe considerarse que las prestaciones acústicas no serán uniformes durante el día.



- **Cobertura**

En línea con los apartados anteriores, las especies con patrón foliar denso resultan más efectivas frente a la absorción acústica (Pudjowati et al., 2013; Wong et al., 2010, Horoshenkov, 2013), fundamentalmente para el rango de frecuencias audibles bajas y medias (Wong et al., 2010), mientras que en los rangos superiores a los 2000 kHz su influencia es menor (Yang et al., 2013).

- **Periodicidad foliar**

La periodicidad foliar clasifica a las especies en función del comportamiento foliar durante el año, dividiéndolas en caducas y perennes (hojas durante todo el año). Para su uso en los SJV destinados a la reducción del ruido, se prefieren las de tipo perenne ya que de esa forma se pueden mantener las prestaciones acústicas relativamente estables en el tiempo. Especies como las suculentas y las crasas, con hojas gruesas que almacenan agua todo el año, no varían su absorción con las estaciones (Li & Kang, 2020).

b) El suelo natural y el sustrato

En líneas generales, los suelos naturales y los sustratos se comportan de diferente modo frente a la energía sonora incidente.

El suelo in situ usa por lo general especies vegetales trepadoras y enredaderas perennes que se adhieren a la fachada mediante tutores, tensocables, grillas, etc.

Los suelos in situ contribuyen a la reducción del ruido (Serra et al., 2017 citado por Brkovic et al., 2019; Van Renterghem et al., 2015) debido a sus características porosas (Lindsay, 2006) al proveer absorción acústica (Yang et al., 2013; Horoshenkov et al., 2013 citado por Yang et al., 2020). Si los poseen una alta rugosidad superficial se incrementa la absorción acústica asociada (Attenborough et al., 2005 Pereira Fernández, 2016), mientras que en los suelos duros o arcillosos, cuya superficie resulta predominantemente dura y reflexiva del sonido (Horoshenkov et al., 2013 citado por Azkorra et al., 2015), el comportamiento fonoabsorbente resulta menor (Horoshenkov, 2013). Por último, debe contemplarse la posibilidad de la presencia de césped, que aporta porosidad incrementando las prestaciones fonoabsorbentes.

En los SJV indirectos se emplean sustratos específicos, dispuestos en función de una vegetación determinada, que se colocan en los bolsillos, contenedores o macetas. Los sustratos utilizados se eligen, en base a las características físico-químicas y de comportamiento de las especies vegetales, con el fin de garantizar tanto el anclaje radicular como el soporte de la vegetación.

La estructura de los sustratos se compone de una mixtura de elementos sólidos, livianos y altamente porosos, cuya constitución difiere de la del suelo in situ al contener materiales de



origen orgánico, inorgánico y sintético. Pueden contener fibras naturales, partículas inertes como la perlita y/o gel polimérico, materia orgánica o sphagnum, entre otros.

La porosidad del sustrato favorece la absorción del sonido hacia su interior, acercándose hacia el enraizamiento de la planta, gracias a la fricción y a los intercambios térmicos (Attenborough, 2002 citado por Pereira Fernández, 2016).

El sustrato presenta tres fases interrelacionadas e interdependientes: *fase sólida*, *fase acuosa* y *fase gaseosa* (Attai et al., 2021).

La *fase sólida* se define por la estructura de los poros en cuanto a la geometría, compactación, el espacio que ocupan los poros, la densidad de sus capas (Van Renterghem et al., 2015), la profundidad del sustrato (Smyrnova et al., 2012), la fracción de volumen de aire y el contenido de humedad (Smyrnova et al., 2012; Horoshenkov et al., 2013 citado por Attal et al., 2021), entre los más destacados.

La *fase líquida* se define por el tamaño de los poros. Los espacios más pequeños del sustrato, conocidos como *microporos*, retienen el agua, mientras que los espacios más grandes, denominados *macroporos*, participan del drenaje del agua y de la entrada de aire (Schulker et al., 2020; Attai et al., 2021). La demanda de agua para el desarrollo de cada especie depende de las características del sustrato (tamaño de los poros, fracción volumétrica de aire y contenido de humedad), de las exigencias durante las etapas vegetativas de la especie, y de las condiciones meteorológicas estacionales (Horoshenkov et al., 2011; Oshima et al., 2015; Xu et al., 2021).

En general, a mayor humedad en los sustratos porosos menores son las prestaciones acústicas del sistema (Horoshenkov et al., 2013 citado por Attal et al., 2021; Yang et al., 2013). El exceso de agua colmata los espacios de aire presente entre las partículas del suelo (poros), disminuyendo su esponjosidad y transformándolo en un material más compacto (Braticovic et al., 2016 citado por Brkovic et al., 2019). Una vez que los poros se saturan el comportamiento acústico se mantiene relativamente (Yang et al., 2013; Azkorra et al., 2015; Nakawajana et al., 2021).

Algunos investigadores estudiaron la relación entre la profundidad del sustrato y sus prestaciones fonoabsorbentes: aun en presencia de capas delgadas, con profundidades de 50 mm, es posible alcanzar un coeficiente de absorción acústica α cercano al 0,9 para frecuencias próximas a los 1000 Hz, con ligeros cambios cuando la profundidad se duplica (Azkorra et al., 2015). Otros autores ensayaron sustratos con diversas profundidades variando además el porcentaje de humedad (Horoshenkov et al., 2011).

Otro factor a considerar en la fase acuosa es el *pH* del agua, diferente en la de riego y en el agua de lluvia. Aunque existen escasas referencias asociadas a los sustratos empleados en los SJV, es posible extrapolar los resultados obtenidos sobre el comportamiento del sonido en aguas acidificadas: la disminución del pH en el agua (aumento de la acidez) reduce la



absorción del sonido entre el 10 y el 20% (Ilyina et al., 2009), y puede llegar al 40% para el rango de bajas frecuencias menores a 1000 Hz (Reeder & Chiu, 2010). En un pH ácido, cercano a 6, la capacidad de absorción disminuye en torno al 60% (Ilyina et al., 2009).

Respecto a la *fase gaseosa*, estrechamente relacionada con la fase líquida, es importante la capacidad de un sustrato para almacenar las cantidades de agua y aire destinados a la planta, que se vincula directa e indirectamente con las características de la estructura porosa (Yang et al., 2013; Horoshenkov et al., 2013 citado por Attal et al., 2021). El balance afecta la resistividad del flujo de aire, la impedancia acústica del suelo (Bradley et al., 2020; Kennard et al., 2020; Sabatier et al., 1990 citado por Attal et al., 2021) y la velocidad y atenuación del sonido. La importancia del sustrato en su interacción con el sonido incidente es tal que ciertas experiencias lograron proporcionar información sobre su composición a partir de datos exclusivamente acústicos (Gorthi et al., 2020 citado por Attal et al., 2021).

Varios estudios aportaron información sobre la importancia de la composición basada en dos tipos de sustratos livianos (por ejemplo, humus y fibras de coco) empleados en los SJV, en tres situaciones: exclusivamente sustratos de cultivo, sustratos de cultivo con plantas y sustratos con plantas en presencia de agua (Braticevic et al., 2016 citado por Brkovic et al., 2019). Los resultados demostraron que la fibra de coco presenta un mejor desempeño en la absorción de la energía sonora debido a su estructura granular-porosa. En cuanto a los sustratos livianos empleados para plantas tropicales, si se combinan de manera adecuada el espesor, la densidad y el contenido de humedad se pueden alcanzar muy buenas prestaciones acústicas, con una absorción de hasta el 80% de la energía sonora incidente (Van Renterghem et al., 2012; Horoshenkov et al., 2013; Yang et al., 2013 citado por Azkorra et al., 2015).

Dada la efectividad acústica del sustrato liviano aplicado al SJV, constituye una alternativa atractiva respecto a los tratamientos convencionales (Khan et al., 2011 citado por Horoshenkov et al., 2011), sobre todo cuando se aplica a gran escala.

6.4.1.1.2 Biodiversidad faunística y microfaunística

La microfauna está formada por microorganismos que forman parte del ecosistema natural los SJV y que transforman las propiedades del sustrato/suelo al intervenir en la formación de los poros, la infiltración de agua y la humidificación y mineralización de la materia (Cabrera, 2012).

Algunos diseñadores, como el biólogo español *Solano Cabello*, comenzaron a incluirlos en sus propuestas mediante un “cóctel de bacterias”, al que define como el *conjunto de microorganismos* que forman parte del diseño con el fin de garantizar el buen funcionamiento de sus *ecosistemas verticales (EV)*.



Cuando las especies vegetales necesitan de aves e insectos polinizadores, la contaminación acústica puede afectarlas indirectamente:

(...) Los sonidos antrópicos como los producidos por las industrias y automóviles se concentran en frecuencias más bajas (...) que podrían limitar la eficiencia en la búsqueda del alimento (Luo et al., 2015; Russo y Ancillotto, 2015; Egert-Berg et al., 2021 citado por Dzul Cauich, 2021) y, desde la perspectiva de la planta, reducir el éxito reproductivo (...) Bunkley et al., 2015 citado por Dzul Cauich, 202.)

En pocas palabras, si bien acústicamente la fauna y microfauna no presentan una incidencia directa en las prestaciones del ecosistema natural, impacta de forma indirecta en los resultados alcanzados.

6.4.1.2 Comportamiento acústico del ecosistema construido

En líneas generales, el comportamiento acústico de los ecosistemas construidos refiere de manera directa a la tipología del SJV²⁸ seleccionado y a su diseño. Dada la amplitud de alternativas resolutivas y las posibles relaciones con la envolvente vertical a la que se aplica, sus prestaciones acústicas varían considerablemente. En la **Figura 79** se propone una clasificación básica en dos grandes familias de jardines verticales: los SJV y las *fachadas verdes*.

²⁸ El Anexo A presenta con mayor profundidad las diversas tipologías acompañadas con ejemplos.

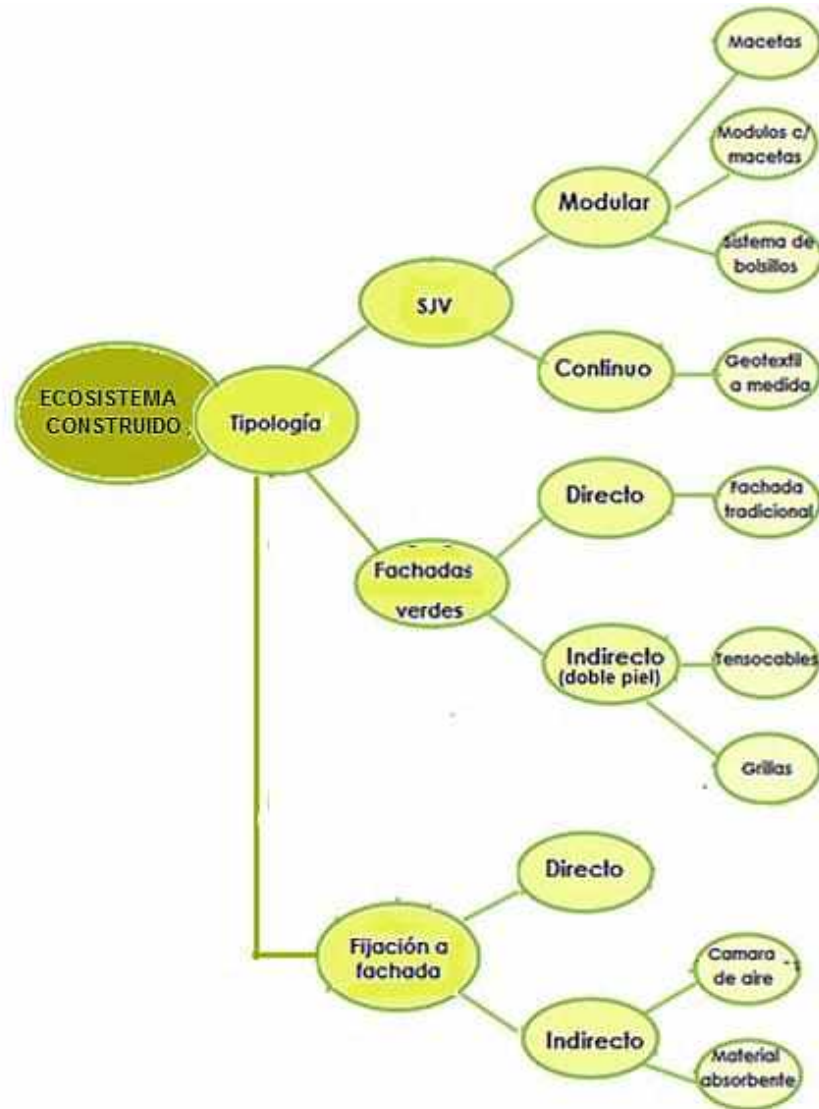


Figura 79 Tipología de los ecosistemas construidos y sus relaciones

Fuente: elaboración propia

6.4.1.2.1 Sistema de jardines verticales (SJV)

Son sistemas aplicables a fachadas de edificios construidos, a construir y en refacción, que representan la posibilidad de brindar prestaciones ecosistémicas, entre las que se encuentra la reducción del ruido. Sus características principales son: la flexibilidad de adaptarse a diversas superficies (Suarez et al., 2018), la multiescalaridad (Johnston et al., 2004), la posibilidad de sembrarse in situ o en vivero (pre-cultivados) de forma directa o indirecta a la fachada, ser modulares o continuos, etc. (Figura 80).



Figura 80 Simulaciones de SJV en fachadas (modulares y continuas)

Fuente: elaboración personal

Si bien existen diferentes clasificaciones de SJV aplicables en fachadas, aquí vamos a utilizar la que se basa en la técnica constructiva y que los subdivide en dos grandes grupos: modulares y continuos.

a) **Modulares**

Son los sistemas más difundidos y utilizados en el mercado. Están formados por módulos-contenedores como macetas anidadas (plásticos, metálicos o de otro material liviano) que retienen el sustrato y las plantas para luego ser fijados a una estructura de soporte que lo vincula a la fachada, como se muestra en la **Figura 81**.



Figura 81 Ejemplo de un sistema modular: Sistema GroWall

Fuente: atlantiscorporation.com.au

En los *módulos-contenedores* se introduce el *sustrato poroso-liviano* que presenta características particulares dependiendo del tipo de especies vegetales que se cultivan y cuyo

volumen está condicionado por el diseño del elemento que resultan altamente positivos para la absorción del sonido. En este caso, el sistema de alimentación, compuesto por agua y nutrientes, puede incluirse dentro del diseño de los módulos o implementarse de manera independiente.

Dentro de la clasificación se encuentran los sistemas modulares pre-cultivados, conformados por pequeñas plantas de altura variable entre los 20-30 cm con poco volumen de de sustrato adosados a la fachada capaces de reducir 1 dB el ruido vehicular (Pérez et al., 2016 citado por Brković et al., 2019).

En cuanto a las propiedades fonoabsorbentes, se detecta un estudio experimental de laboratorio con sistemas modulares conformados por cajas rígidas multiperforadas para con alta densidad de cultivo cuyos resultados expresan una reducción del 40% de la energía sonora incidente (Azkorra et al., 2015). En este caso la absorción acústica la ofrece exclusivamente la vegetación ya que el sustrato se encontraba confinado dentro de la caja rígida y reflejante (**Figura 82**).



Figura 82 Ensayos de absorción acústica de módulos pre cultivados en laboratorio

Fuente: fotografías de la Dra. Azkorra

Los *sistemas hidropónicos* son diseños basados en paneles modulares de base rígida, recubiertos con un *geofiltro* y con bolsillos del mismo material en los que se desarrollan las especies escogidas. El filtro, altamente poroso, resulta el medio inerte que contiene al sustrato liviano y poroso (mezclas orgánicas e inorgánicas, espumas, lana mineral, geles polimérico o sphagnum), cuyo volumen está condicionado por las dimensiones de los bolsillos. Los diseños de *SJV* modulares basados en paneles con bolsillos en materiales geotextiles con sustrato presentan un buen comportamiento fonoabsorbente.

Respecto a las prestaciones fonoaislantes de los *SJV*, varios estudios demostraron su potencialidad para atenuar el ruido cuando los diseños presentan un sustrato de gran volumen, una cobertura densa-perenne que se acerque al 100%, juntas entre módulos selladas para que el módulo se comporte como un elemento cuasi monolítico y un anclaje

firme a la fachada (Coma et al., 2016; Azkorra et al., 2015). En general, es conveniente añadir una cavidad de aire entre la fachada y el sistema (Ottel , 2011).

Estos sistemas constituyen el universo experimental del presente trabajo y serán desarrollados en el *Capítulo 7* con información complementaria en los *Anexos A y B*.

b) Continuos

Los *SJV continuos*, aplicados a fachadas, pueden construirse in situ y a medida, comportándose como unidad. Son una opción aplicable a grandes superficies que apuestan al diseño paisajístico vertical, con prestaciones ecosistémicas reconocidas. Fueron difundidas, entre otras, a través de las obras del biólogo francés *Patrick Blanc*.

Se componen de grandes paños confeccionados en fieltros geotextiles solapados cuidadosamente entre sí, sobre los que se colocan las plantas con el sustrato **Figura 83**.



Figura 83 Instalación del SJV hidropónico L'Oasis D 'Aboukir (Paris). Autor: Patrick Blanc (2013)

Fuente: zinetrip.com

Varios estudios sobre la eficacia acústica de la tipología sealan que el sonido sobre el geotextil y el sustrato tiende a ser absorbido en las frecuencias medias y bajas, mientras que las plantas aportan absorpci n en las frecuencias más altas (Dunnet & Kingsbury, 2008 citado por Azkorra et al., 2015). Se ha detectado que los SJV continuos muy porosos aplicados a fachadas, ofrecen reducciones del 40% del ruido incidente por efecto fonoabsorbente (Azkorra et al., 2015 citado por Brkovi  et al., 2019 Brkovi  et al., 2019).

La capacidad fonoaislante del este tipo de sistemas oscila entre los 2 y 4 dB, dependiendo del porcentaje de cobertura de la fachada (Van Renterghem et al., 2013; Wong et al., 2010b citado por Thomsit-Ireland, 2019).

Algunas empresas ofrecen productos con altas prestaciones en materia de aislamiento y de absorpci n acústica. Entre ellos se pueden mencionar el *Vertiflore* de la francesa *Tracer*, el *Mur*

végetalisé antibruit de la empresa *Canevaflor*, diseñado en el contexto del *HOSANNA Project*, y el muro paisajístico patentado por la empresa española *Urbanarbolismo* (**Figura 84**).

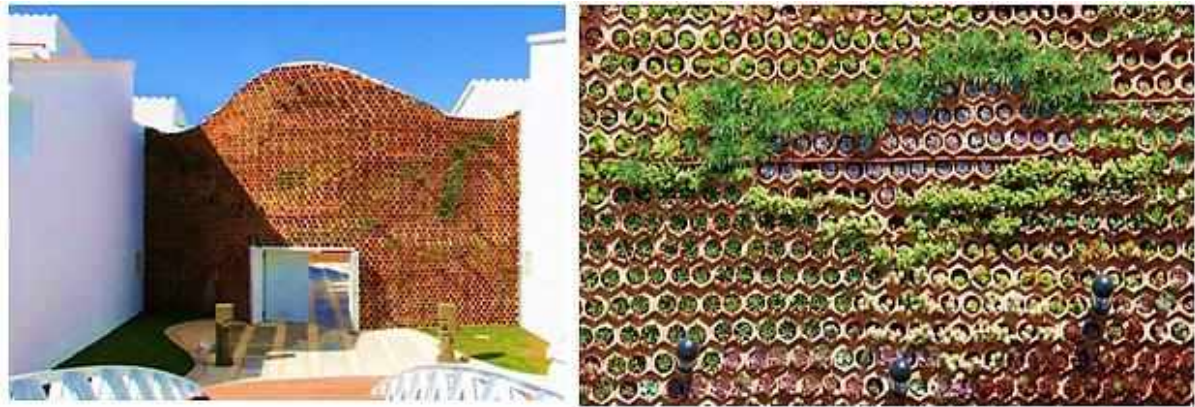


Figura 84 Muro paisajístico propuesto por la empresa Urbanarbolismo

Fuente: Google imágenes

En resumen, a partir de los datos obtenidos en simulaciones, en laboratorio e in situ, puede afirmarse que los *SJV continuos* resultan eficaces tanto para la absorción del sonido como para el aislamiento acústico de los edificios (Azkorra et al., 2015 citado por Brković et al., 2019).

6.4.1.2.2 Fachadas verdes

Las fachadas verdes, con de especies vegetales perennes sembradas desde el suelo e in situ - trepadoras, enredaderas y/o colgantes- se sostienen con tutores directos o indirectos (Suarez et al., 2018). La tipología puede dividirse en dos grandes grupos:

a) Directas o tradicionales

Las plantas tienen la capacidad de tapizar un paramento sin elementos intermediarios, cubriéndolo lentamente en el tiempo.

b) Indirectas

Resulta una evolución de las directas y pueden subdividirse en dos grupos:

- **doble piel**, formada por elementos como rejas, enrejados modulares, estructuras autoportantes, de mallas; y
- **cortina**, basada en macetas a diversas alturas.

Algunos ejemplos de fachadas verdes indirectas se pueden observar en la **Figura 85**.



Figura 85 Ejemplos de fachadas verdes indirectas

Fuente: imágenes de Google; proyecto finalista del Concurso Alacero 2013 (Argentina)

Las fachadas indirectas tienen varios puntos en común con los SJV, a tal punto que muchos autores las incluyen dentro de este último grupo.

Desde el punto de vista acústico, el aporte lo ofrece solo cuando se trata de vegetación con alta cobertura perenne.

6.4.1.2.3 Comparación del comportamiento acústico entre las diferentes tipologías

Entre los antecedentes relevados sobre el comportamiento acústico de las tipologías de jardines, existe un estudio significativo que compara los SJV y las fachadas verdes realizado en Singapur por Wong et al. (2010). Dicho estudio se desarrolló en el campus experimental de HortPark sobre 8 muestras tipológicas diferentes, de similares superficies y colocadas en condiciones análogas respecto a la fuente de ruido para su relevamiento simultáneo. La pared desnuda del edificio se tomó como referencia. Los resultados de reducción acústica, obtenida según la tipología ensayada, discrimina el aporte de los elementos compositivos del ecosistema.

Los resultados obtenidos se pueden ver en la **Figura 86**.



Figura 86 Tipologías de jardines verticales relevados por Wong (2010)

Fuente: elaboración personal

El estudio de Wong concluye que los jardines verticales no ofrecen una protección homogénea frente al ruido, y solo en los casos de tipologías que incluyen un sustrato de tamaño considerable se logra alcanzar una buena absorción acústica para el rango de frecuencias medias y bajas.

Otros autores centraron su atención en las prestaciones fonoaislantes de los jardines verticales con masas vegetales con alta densidad de siembra y volumen de sustrato elevado, demostrando que se pueden alcanzar disminuciones que oscilan entre los 5 y 10 dB (citado por Azkorra, 2015).

En general, los SJV aplicables a fachadas tienen la potencialidad de amortiguar el sonido reflejado en superficies duras como las envolventes edilicias (Timur et al., 2013 citado por Brković et al., 2019; Wong, 2010), las estructuras viales y otros elementos urbanos, independientemente de la tipología de jardín en cuestión.

Sin embargo, a través de la investigación se relevaron más trabajos dedicados al estudio de las prestaciones acústicas de los jardines verticales los cuales se presentan, a modo de síntesis, en la

Tabla 17.

JARDINES VERTICALES

Tipología	Especificidad	Resultados	Fuente	
Sistema de jardines verticales	No se especifica	Se ha demostrado que los SJV reducen el ruido	Loh et al., 2008	
		Aislamiento acústico mejorado (hasta 30 dB) respecto a la pared expuesta	Haggag, 2010	
		Reduce el ruido exterior y la vibración (hasta 40 dB) Reduce el ruido exterior y la vibración (hasta 40 dB)	Timur et al., 2013	
		La influencia de las plantas marcadas como significativas en un rango de 500 Hz a 2 Hz.	Braticevic et al., 2016	
	continuo	utilizado como barrera acústica en Ibiza, España	Urbanarbolismo, 2019	
	Continuo / Sistema de filtro geotextil	Valores altos del coeficiente de absorción acústica se encuentran entre 250 Hz y 3800 Hz	Wong et al., 2010	
	Módulos en jaulas de alambre	Pérdida de la inserción entre 2 y 3,9 dB	Serra et al., 2017	
	Sistema de celdas con sustrato	Reducción de alrededor de 5 a 10 dB para rango de frecuencia baja a media	Wong et al., 2010	
	Sistema modulares Plug-in (acoplables)	Pérdida de inserción de 2 dB a 3,9 dB		
	Sistema de bolsillos de geotextil	Reducción de alrededor de 5 a 10 dB para rango de frecuencia baja a media Pérdida de inserción entorno a los 8,8 dB		
	Sistema de macetas	La presencia de plantas con una densidad de área de hojas relativamente alta puede mejorar significativamente las propiedades de absorción de una pared viva, particularmente en el rango de frecuencia media y alta, es decir, por encima de 1000 Hz.	Romanova et al., 2019	
	Boxes modulares		Índice de reducción del sonido ponderado de 15 dB y coeficiente de absorción acústica ponderado α de 0,40	Azkorra et al., 2015
			Pérdida de la inserción entre 2 y 3,9 dB	Wong et al., 2010
Aumento del aislamiento acústico de 1 dB para el ruido del tráfico, aumento del aislamiento de 2 dB para el ruido rosa			Pérez et al., 2016	
Sistemas de jardines verticales y fachadas/paredes verdes	No se especifica	Reducen entre 2 y 5 dB	Wong et al., 2010	
Fachadas verdes	Indirectas (doble piel)	Reducción entre los 5 y 10 dB en los rangos de las bajas y medias frecuencias.	Wong et al., 2010	
	Indirecto (doble piel)	Aumento del aislamiento acústico de 1 dB para ruido de tráfico, aumento del aislamiento de 3 dB para ruido rosa	Pérez et al., 2016	
	No especifica	La influencia en la pérdida promedio de inserción de ruido del tráfico en la carretera sobre el patio se mantiene dentro de 1 dB.	Renterghem et al., 2013	

Tabla 17 Reducción del sonido en diferentes tipologías de jardines verticales

Fuente: Brković et al.

6.4.1.2.4 Anclaje del jardín a la fachada

El Anclaje del jardín a la fachada es relevante desde el punto de vista acústico, ya que ciertos SJV y *fachadas verdes indirectas* permiten la generación de una cámara de aire de gran tamaño entre la estructura de la fachada verde y el edificio (**Figura 87**), que posibilita la

ventilación de la fachada del edificio, que puede producir una mejorara significativa en el aislamiento acústico asociado al jardín (Suarez et al., 2018).

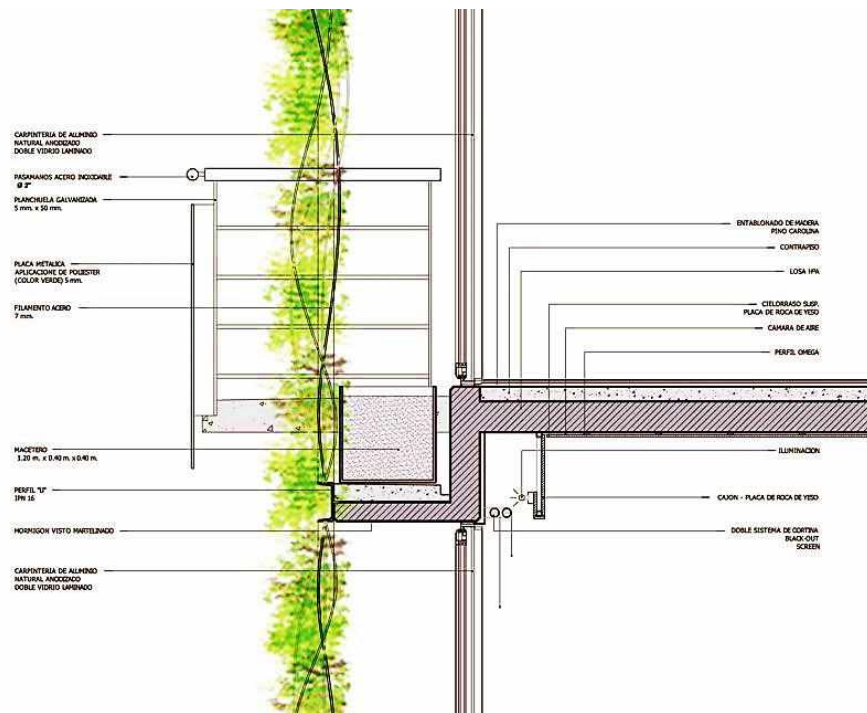


Figura 87 Ejemplo del anclaje de una fachada verde indirecta

Fuente: Pinterest

Sin embargo, para alcanzar la mejora indicada se requiere de una buena hermeticidad entre las uniones del sistema y los bordes para evitar un posible *flanqueo* del ruido (Suarez et al., 2018).

Cuando el espacio de la cámara es lo suficientemente amplio se pueden incrementar las prestaciones fonoaislantes incorporando en su interior material fonoabsorbente (Haggag, 2010 citado por Brković et al., 2019).

6.5 APLICACIÓN DE SJV EN LOS CAÑONES URBANOS

La disposición de los edificios en una calle o vía de tráfico define el perfil urbano (*cañón*), cuyas características acústicas constituyen un componente relevante de la contaminación acústica en áreas densamente construidas (den Boer & Schroten 2007), que afecta tanto a residentes como a transeúntes (Magrini y Lisot, 2015). La configuración del cañón urbano determina sus características acústicas que pueden generarse en su interior y permite de describir el *clima sonoro urbano* del área (Echevarría et al., 2015).

Las ondas sonoras provenientes de las fuentes, fijas y móviles, encuentran en su propagación obstáculos de diferente comportamiento acústico que determinan, junto a su geometría, el campo sonoro dentro del cañón (Hornikx, 2016) **Figura 88**.

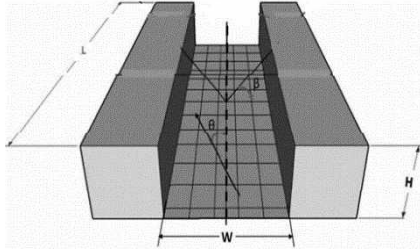
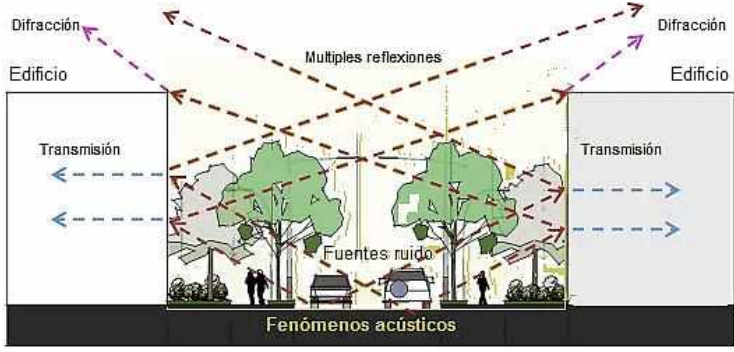
FENOMENOS ACÚSTICOS	CARACTERÍSTICAS
<p>Los cañones urbanos, se definen básicamente por tres variables: la altura máxima (H); el ancho entre los bordes inferiores de los edificios (W); y, la longitud de los bloques edilicios (L).</p>  	<ul style="list-style-type: none"> ● Reflexión Se origina en presencia de superficies duras (suelo, fachadas edilicias, techos, barreras, etc.). ● Difracción Se genera en los bordes de barreras, balcones, salientes y techos de edificios, dispersando la energía acústica hacia el entorno. ● Dispersión Producida por la presencia de superficies rugosas como fachadas irregulares y elementos vegetales. ● Refracción Causada por el gradiente de temperatura y el viento en la atmósfera.

Figura 88 Fenómenos acústicos en la fachada

Fuente: elaboración personal

La morfología del cañón urbano es determinante para el establecimiento y la extensión de los fenómenos acústicos. En la **Figura 89** se puede ver una clasificación posible (Picaut et al., 2001 citado por Sánchez G. et al., 2015).

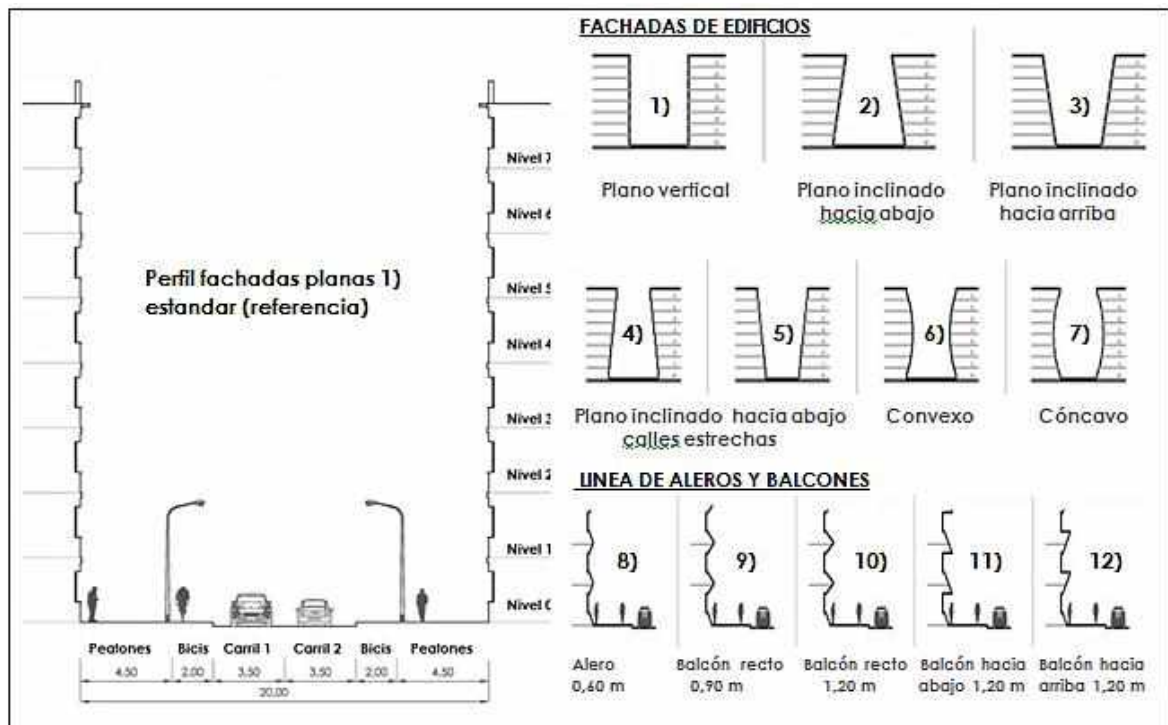


Figura 89 Perfiles de cañón urbano

Fuente: en base a Sánchez, G. et al (2015)

En el análisis de simulaciones derivadas de los perfiles de cañón urbano de la Figura 97, se establecieron dos condiciones de partida: una distancia fija entre las líneas municipales y los bloques edilicios, y una atenuación acústica del suelo nula (Sánchez G. et al., 2015).

La fachada de referencia que permite comparar los resultados es un perfil urbano con la fachada plana en ambos lados del corredor vial (caso 1).

En los casos de fachadas inclinadas hacia abajo y/o hacia adentro, -perfiles 2, 4, 5, 6 y 7-, el comportamiento acústico tiende a producir un cambio de dirección desfavorable en los primeros reflejos de las ondas sonoras, provocando un mayor nivel sonoro en la acera.

En el caso 3, con una apertura mayor hacia la parte superior, hay una reducción del sonido en la calzada debido a que las reflexiones sonoras se dirigen hacia arriba (Sánchez et al., 2015).

En general, los niveles de ruido en los pisos más altos tienen una relación directa con la geometría edilicia, mientras que para los pisos más bajos y a nivel peatonal los niveles sonoros están también determinados por los objetos próximos a la fuente (Sánchez G. et al., 2015).

La *rugosidad superficial* de la fachada, debido a la presencia de aleros, balcones y salientes, es importante para difundir la energía proveniente de las fuentes acústicas. Como contrapartida, dichas salientes protegen parcialmente las ventanas que quedan por encima, fundamentalmente en los niveles superiores del edificio (Sánchez et al., 2015).



Otros factores que inciden en el comportamiento acústica de los cañones urbanos son, entre otros, el tipo de calle (Kang et al., 2005 citado por Sánchez G. et al., 2015), los vanos en las fachadas edilicias (Janczur et al., 2011 citado por Sánchez G. et al., 2015), as formas de los balcones (Naish et al., 2014; Dien et al., 2005; El Dien, 2003; El Dien & Woloszyn, 2004 citados por Sánchez G. et al., 2015), El material y el ancho de las veredas, la presencia de elementos vegetales -arboles, cercos, césped, etc.- en uno o ambos lados de la calle, y la presencia de barreras.

La reflexión de las ondas sonoras en la superficie de los pavimentos, de las envolventes (Romanova et al., 2019 citado por Brković et al., 2019) y de los objetos que encuentran en su camino genera un fenómeno acústico conocido como *efecto cañón*, que aumenta significativamente los niveles acústicos en su interior (Attenborough, 2007 citado por Magrini y Lisot, 2015). Entre las estrategias para atenuar dichas reflexiones se encuentra la naturación urbana, en particular cuando se trata de cañones estrechos (Smyrnova, 2012). Por ejemplo, una simulación que incluye vegetación en ambos lados del cañón urbano en la forma de barreras bajas, predice reducciones del ruido en torno a los 3 dB (Nilsson, Bengtsson, & Klæboe, 2014), y alcanza 7 dB cuando se las combina con los SJV (Arenas, 2008).

En la **Tabla 18** se listan las variables que inciden en la acústica de un cañón urbano.

PARÁMETROS ACÚSTICOS DE UN CAÑÓN URBANO	
Nombre	Especificidades
Calles	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Materiales ▪ Morfología ▪ Tipo ▪ Dimensiones ▪ Características acústicas de las superficies viales (por ejemplo, referidas a carreteras, áreas de tráfico peatonal, etc.)
Edificios	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Altura ▪ Morfología ▪ Irregularidades superficiales ▪ Retiro línea municipal ▪ Presencia de balcones, salientes y aberturas en los edificios (Ismail, 2000; Ismail, 2010; Oldham e Ismail, 2003) ▪ Propiedades absorbentes sonoras de las fachadas (Hornikx, 2016)
Vegetación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ presencia de vegetación en el área (Magrini y Lisot, 2015) ▪ Superficie ▪ Porcentaje de cobertura ▪ Proximidad plazas y parques, etc.
Meteorológicos y microclimáticos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperatura ▪ Humedad ▪ Régimen de lluvia ▪ Vientos dominantes

Tabla 18 Parámetros geométricos de un cañón urbano

Fuente: elaboración personal

6.6 INTERVENCIÓN CON JARDINES EN GRANDES ÁREAS URBANAS

La contaminación acústica en las ciudades ha dado nacimiento a programas que proponen el incremento del verde urbano como forma de renaturalizarlo bajo una estética eco-amigable. Uno de estos programas es el *Proyecto HOSANNA (HOListic and Sustainable Abatement of Noise by combination of Natural and Artificial means)*, una iniciativa de la CE con el objetivo de ofrecer soluciones concretas, holísticas, sistémicas y sustentables. La iniciativa se basa en las *SbN* (Horoshenkov et al., 1999) dado el potencial fonoabsorbente de los *materiales vivos porosos* (vegetación y sustratos). Las experiencias desarrolladas en el contexto del *Proyecto HOSANNA*, se orientaron a la caracterización del ruido a través de simulaciones de grandes superficies verdes con alta densidad de cultivo (**Figura 90**).

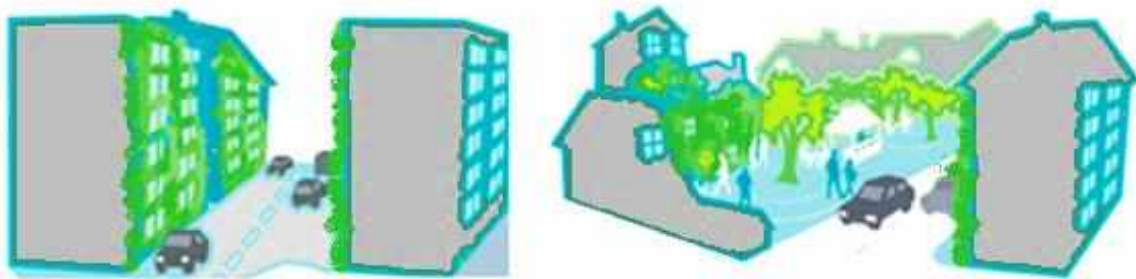


Figura 90 Ejemplos de intervención con vegetación en cañón urbana

Fuente: la European Union Seventh Framework Programme

Durante el desarrollo del estudio se simularon diversas combinaciones para aumentar la *masa vegetal fonoabsorbente* a través de diferentes estrategias: inclusión de parques, ubicación de arboleda en ambos bordes de los cañones urbanos, adición de plantas arbustivas y herbáceas en veredas tales para generar barreras escalonadas, aplicación de *naturación o greening* mediante el tapizado de las envolventes en fachadas y azoteas (SJV modulares con sustrato, SJV geotextiles continuos, paredes verdes con plantas trepadoras perennes, etc.), instalación de barreras vegetales bajas en las divisorias entre carriles de tránsito (**Figura 91**), introducción de barreras vegetales móviles, y colocación de toldos verdes, entre otras intervenciones posibles.



Figura 91 Barreras bajas divisorias entre carriles de tránsito

Fuente: google imágenes

Las simulaciones realizadas en el contexto del proyecto *HOSANNA* muestran que la presencia de vegetación espesa en las fachadas de edificios en altura disminuye el nivel de ruido en función de la altura. Por ejemplo, la presencia de masa vegetal en parte inferior (1,5 a 4 m de altura) logra reducir entre 2 a 3 dBA, mientras que con la vegetación ubicada a mayor altura la disminución llega solo a 1 dBA.

Otro programa de la CE, el *SILENTVEG Project* (2012-2014), estuvo orientado al desarrollo de sistemas vegetales flexibles y modulares que, como la célula *térmica Paslink*, fueron estudiados en la *Universidad del País Vasco* (España).

Cada módulo incluye una base formada por una caja cerrada con tapa de polietileno reciclado resistente a la radiación (dimensiones 600 mm de ancho por 400 mm de alto y 80 mm de espesor), en cuyo interior se coloca el sustrato en el que se inserta la vegetación. Se eligen plantas perennes adaptadas a la zona compuesta por una sola especie (monocultivo), el *curri*, que se coloca en cada una de las 24 perforaciones para darle la máxima densidad vegetal al módulo. La elección de la especie se basa en su valor culinario y floración, una tasa de cobertura cercana al 100%, una altura máxima de 50 cm y bajo mantenimiento en cuanto a podas.

En la **Figura 92** se puede ver un prototipo con 10 módulos montados sobre una de las caras de la célula *Paslink*, previa instalación de una estructura de acero como soporte con cámara de aire de 5 cm.

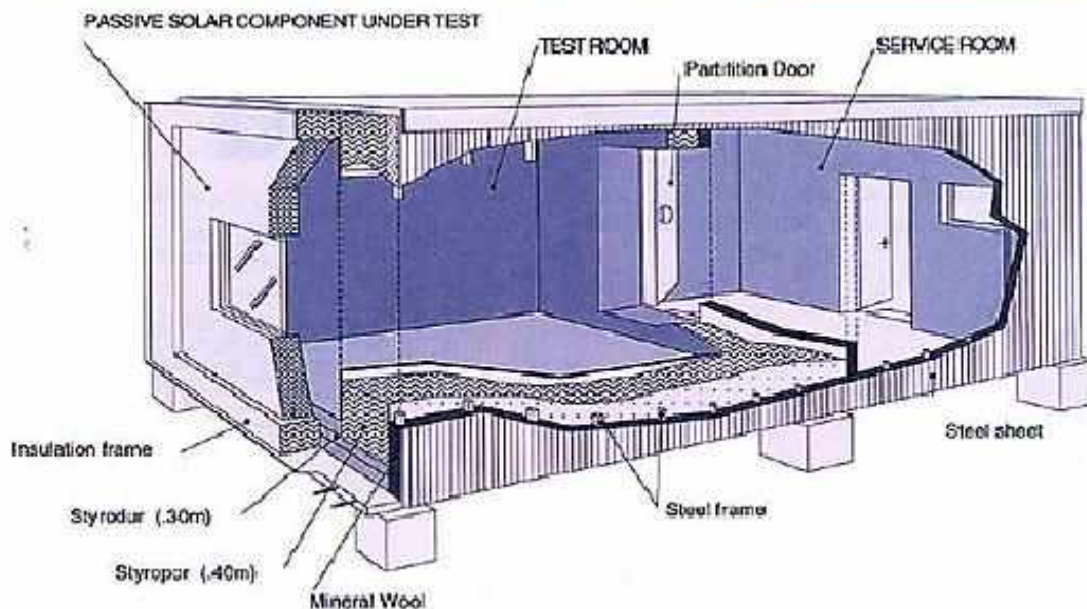


Figura 92 SILENTVEG Project-Prototipo en célula Paslink para fachadas y barreras vegetales

Fuente: ENEDI-Universidad del Pais vasco

El prototipo presentó un comportamiento fonoaislante acotado, cercano a los 15 dB, mientras que el fonoabsorbente se mostró relativamente eficaz, alcanzando una reducción del 40% del sonido incidente.

6.7 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Una de las variantes de diseño que comenzaron a implementarse son los SJV móviles (**Figura 93**), que pueden cumplir la función de barrera baja en cañones urbanos para reducir el ruido de fuentes fijas.



Figura 93 Jardín vertical móvil en Valladolid (España)

Fuente Blog Singulargreen

Otra alternativa es la introducción de *toldos vegetales triangulares* o *toldos verdes*, propuestos por el *Urban GreenUp* que se encuadra el Proyecto *Horizonte 2020*. Los primeros toldos verdes se instalaron en calles peatonales de Valladolid (**Figura 94**).



Figura 94 Toldos triangulares en el eje peatonal de Zúñiga y Santa María (Valladolid)

Fuente: de la Fuente Val

Los toldos verdes de Valladolid se construyen partir de una pieza estructural triangular recubierta por una lámina rígida de PVC sobre la que se coloca material geotextil con un sustrato granular orgánico-inerte. Sobre este sustrato se siembran semillas de especies



autóctonas tipo crasas o sedum (de la Fuente Val, 2021) que requieren baja demanda de nutrientes y agua. La propuesta, además de económica y sustentable, colabora en la reducción tanto de la contaminación acústica como de la huella hídrica.

6.8 Matriz general de todo el trabajo de investigación

El análisis de todo el conjunto desde la *Teoría de los Sistemas Complejos* expuesto en el *Capítulo 4*, incluyendo los aspectos relacionados con la *contaminación acústica* en el *Capítulo 5* y las *Estrategias para mitigar y controlarla con los SJV* desarrolladas en el presente *Capítulo*, representan el sustento para la confección de una *Matriz General*

MATRIZ GENERAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN						
IDENTIFICACIÓN DE DIMENSIONES, VARIABLES E INDICADORES						
UNIDAD DE ANALISIS	VARIABLE	TIPO	ESCALA	INDICADOR	FUENTE	CODIFICACIÓN (ponderación discriminada)
1. SISTEMA MORFO/TIPOLOGICO	Urbanística Arquitectónica	Morfología del tejido	Ortogonal Radial Irregular	Densidad	Cartografía Relevamient o satelital	Ortogonal (3) Radial (32) Irregular (3)
		Ordenamiento del territorio	Intervalo	Delimitación municipal en áreas y zonas	Cartografía	U/A (1), U/C (2), U/A (3) R/U (1), C/IM (5)
		Uso de suelo	Intervalo	Relación espacio cubierto / Espacio descubierto Densidad edilicia	FOS (Sup. Cub. P.B /Sup. Parcela) (función) FOT (Sup Cubierta total /sup. Parcela) (función)	0.60 (2) +0.60(1) -0.60(3) 1.2 +1.2 a 3 (2)
		Traza urbana	Homogéneo Heterogéneo Específico	Disposición manzanas en el territorio		Homogéneo (1) Heterogéneo (2) Específico (2)
		Tejido urbano	Homogéneo Heterogéneo Específico	Densidad constructiva	Planimetría/ Cartografía Relevamient o satelital	Homogéneo (1) Heterogéneo (2) Específico (2)
		Cañón urbano	Plazas/Parques Peatonal /Bicisenda Boulevard Calle estrecha Calle doble mano Avenida Ruta Autopista	Relación altura línea edilicia/ ancho vía de transito	Planimetría/ Cartografía Relevamient o satelital/ Relevamient o in situ	Plazas/Parques (5) Peatonal / Bicisenda (1) Boulevard (3) Calle estrecha (1) Calle doble mano (2) Avenida (3) Ruta (4) Autopista (5)
		Elementos urbanos	Setos verdes Veredas c/césped Vereda c/arbollado		Planimetría/ Cartografía	Setos verdes (1) Veredas c/césped (2) Vereda c/arbollado (2)



Urbanística Arquitectónica		Boulevard con árboles Vereda s/arbollado Boulevard sin árboles Sin vereda	Espacio de circulación peatonal	Relevamiento o satelital/ Relevamiento in situ	Boulevard con árboles (2) Boulevard sin árboles (4) Vereda s/arbollado (4) Sin veredas (4)
	Retiro de la Línea Municipal	Si / No	Retiro en metros	Planimetría / Cartografía / Relevamiento in situ	Si (1) No (2)
	Altura	Baja Media Alta	Cantidad de niveles	Planimetría/ Cartografía Relevamiento o satelital	Hasta 6 niv (1) Entre 6 y 10 niv (2) Mayor 10 niv (3)
	Tipología	Residencial Otros	Función del edificio	Planimetría / Relevamiento in situ	Residencial (1) Otros (2)
	Sustentabilidad	Sustentable No sustentable	Impacto ambiental	Legajo de obra / Relevamiento in situ	Sustentable (1) No sustentable (2)
	Materiales	Absorbentes del ruido Reflejantes del ruido	Coefficiente α Índice R	Legajo de obra / Relevamiento in situ	Absorbentes del ruido (1) Reflejantes del ruido (1)
	Diseño edilicio	Considerando el ruido Sin considerar el ruido	Percepción del ruido en el interior	Legajo de obra / Relevamiento in situ	Considerando el ruido (1) Sin considerar el ruido (2)
	Tecnología	Muros de 30 Muros dobles Muros con cámara de aire Muros de 20 Vidrio Otros	Reducción del ruido en el interior- Observación	Legajo de obra / Relevamiento in situ	Muros de 30 (1) Muros dobles (1) Muros con cámara de aire (1) Muros de 20(3) Vidrio (4) Otros (4)
	Cerramientos	Ventanas Puertas Puerta/Ventana	Entrada del ruido- Observación Medición	Legajo de obra / Relevamiento in situ	Ventanas (1) Puertas (1) Puerta/Ventana (1)
	Dispositivos de oscurecimiento y seguridad	Cortina de enrollar Persianas Parasoles Parasoles Otros	Protección ante la entrada del ruido- Observación Medición	Legajo de obra / Relevamiento in situ	Cortina de enrollar (1) Persianas (1) Parasoles (1) Otros (1)
	Tipo de apertura	De abrir Corrediza Plegadiza Batiente Oscilo-batiente Otros	Protección ante la entrada del ruido- Observación Medición	Legajo de obra / Relevamiento in situ	De abrir (1) Corredizo (1) Plegadiza (1) Batiente (1) Oscilo-batiente (1) Otros(1)
	Hermeticidad de apertura	Si / No	Prueba in situ	Legajo de obra / Relevamiento in situ	Si (1) No (2)
	Tipo de vidrio en cerramientos de fachada	Monolítico Laminado Templado Doble vidriado hermético De seguridad	Protección ante la entrada del ruido- Observación Medición	Legajo de obra / Relevamiento in situ	Monolítico (1) Laminado (1) Templado (1) Doble vidriado hermético (1) De seguridad (1)
	Presencia Cercos o muros perimetrales	Si / No	Protección ante la entrada del ruido- Observación	Planimetría/ Cartografía/ Relevamiento in situ	Si (1) No (2)
	Aislamiento	Si / No		Legajo de obra /	Si (1)



	Urbanística Arquitectónica			Coefficiente de aislamiento R	Relevamient o in situ	No (2)	
		Antigüedad	construido a construir	Intervención frente al ruido	Legajo de obra/ relevamiento in situ	Construido (2/ a construir (1)	
		Estado de conservación edilicia	bueno regular malo	Intervención frente al ruido	Legajo de obra/ relevamiento in situ	Bueno (1) Regular (2) Malo (3)	
2. SISTEMA URBANO-ARQUITECTONICO DEL NTORNO	Natural	Suelos	Porosos No porosos	Absorción acustica	Relevamient o in situ y/o información requerida	Porosos (1) No porosos (3)	
		Sustratos	Orgánicos Inorgánicos Mixtos	Porosidad del suelo /absorción acústica	Relevamient o in situ y/o información requerida	Orgánicos (1) Inorgánicos (2) Mixtos (2)	
		Topografía	Regular Irregular	Elementos que influyen en los fenómenos acústicos	Planimetría /relevamient o digital/inform ación in situ	Regular (1) Irregular (2)	
		Presencia de barreras	Si/No	Protección áreas habitadas	Cartografía/ Relevamient o satelital/ In situ/	Si (1) No (3)	
		Tipología de barreras	Naturales Artificiales Mixtas	Protección áreas habitadas	Planimetría /relevamient o digital/inform ación in situ	Naturales (1) Artificiales (1) Mixtas (1)	
		Barreras naturales	Cortinas de árboles Cortina escalonada Talud Talud con césped	Protección áreas habitadas	Planimetría /relevamient o digital/inform ación in situ	Cortinas de árboles (3) Cortina escalonada (2) Talud (1) Talud con csped (1)	
		Presencia de vegetación	Si / No	% / superficie (m2)	Cartografía Relevamient o satelital/in situ	Si (1) No (2)	
		Grandes áreas verdes	Bosque Parque Jardín	Superficie (m2)	Cartografía Relevamient o satelital/in situ	Bosque (1) Parque (1) Jardín (1)	
		Arbolado publico	Boulevard con árboles Vereda s/arbollado Boulevard sin arboles	Espacio de circulación peatonal Cercanía a superficies con vegetación	Planimetría/ Cartografía Relevamient o satelital/ Relevamient o in situ Cartografía Relevamient o satelital / in situ	Setos verdes (1) Veredas c/césped (2) Vereda c/arbollado (3) Boulevard con árboles (3) Boulevard sin arboles (4) Vereda s/arbollado (4) Sin veredas (3)	
		Vegetación en envolventes	Si / No	Vegetación en muros y/o techos	Relevamient o in situ y/o satelital	Si (1) No (2)	
		Elementos urbanos	Cantidad Dimensiones (m2) Materiales Morfología	Fenomenos acústicos en el camino de propagación del ruido	Planimetría/ Cartografía Relevamient o satelital/ Relevamient o in situ	Cantidad (1) Dimensiones (m2) (1) Materiales (1) Morfología (1)	
				Plazas/Parques			Plazas/Parques (1)



	<i>Artificial</i>	Cañón urbano	Peatonal /Bicisendas Boulevard Calle estrecha Calle doble mano Avenida Ruta Autopista	Relación altura línea edilicia/ ancho vía de transito	Planimetría/ Cartografía Relevamiento o satelital	Peatonal / Bicisenda (2) Boulevard (3) Calle estrecha (1) Calle doble mano (2) Avenida (4) Ruta (4) Autopista (4)
		Tipos de vías de transito	Autopista Ruta Vías rápidas Avenidas Calles muy transitadas Calles poco transitadas Ciclovías Peatonales	Según Norma	Cartografía Relevamiento o satelital	Plazas/Parques (1) Peatonal / Bicisenda (2) Boulevard (3) Calle estrecha (1) Calle doble mano (2) Avenida (4) Ruta (4) Autopista (4)
		Flujo de trafico	Cantidad de vehic. / hora	Nivel de congestión de transito	Sensores/ Espiras magnéticas/ manguera	>1000 veh/hora (2) Hasta 4000 veh/hora (1) <4000 veh/hora(1)
3. SISTEMA MICROCLIMATICO	<i>Escala urbana</i>	Factores meteorológicos	Orientación Vientos domin. Radiación Temperaturas Humedad Precipitaciones Presión atmosférica	Condicionantes para la propagación del ruido	Datos meteorológicos/ Cartografía/ Relevamiento o satelital/Relevamiento in situ	Orientación (1) Vientos domin. (1) Radiación (3) Temperaturas (1) Humedad (1) Precipitaciones (3) Presión atmosférica (1)
4. SISTEMA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	<i>Escala Urbana</i>	Fuente	Fijas Móviles	Niveles sonoros (dB)	Relevamiento o in situ	<65(1) >65 (2)
		Distancia de las fuentes de ruido fija	- 10 m + 10 m	Contaminación acústica Percepción social	Cartografía Relevamiento o satelital/ In situ	- 10 m (1) + 10 m (2)
		Medio de propagación	Solido Liquido Gaseoso	Niveles sonoros (dB)	Relevamiento o in situ	Solido (1) Liquido (1) Gaseoso (1)
		Cantidad de receptores afectados	Morador Peatón	% población afectada por altos niveles de ruido	Relevamiento o in situ Encuesta Aplicativo	Cercano 100% (1) Entre 50 y 75% (2) Entre 25 y 50% (3) Menos 25% (3)
		Fenómenos acústicos	Aislamiento	Índice aislam. R	Relevamiento o in situ	Aislamiento (1)
			Absorción	Coefficiente α		
			Difracción	Si No		
Difusión						
Refracción						
Tipo de calle	Plazas/Parques Peatonal / Bicisendas Boulevard Cañón de calle estrecha Cañón calle doble mano Cañón Avenida Calle	Relación altura línea edilicia/ ancho vía de transito	Cartografía Relevamiento o satelital/Relevamiento in situ	Plazas/Parques (1) Peatonal / Bicisendas (2) Boulevard (3) Calle estrecha (1) Calle doble mano (3) Avenida (3)		



Escala urbana		Avenida Ruta Autopista			Ruta (4) Autopista (4)
	Espacios verdes urbanos	Setos verdes Veredas c/césped Vereda c/arbollado Boulevard con árboles Boulevard sin árboles Vereda s/arbollado Sin veredas	Espacio de circulación peatonal	Cartografía/ Relevamiento o in situ	Setos verdes (1) Veredas c/césped (2) Vereda c/arbollado (2) Boulevard con árboles (2) Boulevard sin árboles (4) Vereda s/arbollado (4) Sin veredas (7)
	Tipos de vías de tránsito	Autopista Ruta Vías rápidas Avenidas Calles muy transitadas Calles poco transitadas Ciclovías Peatonales	Particularidades de los medios de propagación del ruido	Cartografía Relevamiento o satelital/ Relevamiento in situ	Autopista (4) Ruta (4) Vías rápidas (4) Avenidas (2) Calles muy transitadas (1) Calles poco transitadas (3) Ciclovías (1) Peatonales (1)
	Flujo de tráfico	Cantidad de vehic. / hora	Nivel de congestión de tránsito	Sensores/ Espiras magnéticas/ manguera	>1000 veh/hora (2) Hasta 4000 veh/hora (1) <4000 veh/hora(1)
	Cañón urbano	Tipo de calle Ancho Altura Morfología Materiales reflejantes Presencia de vegetación	Relación altura-ancho línea edilicia/	Relevamiento o satelital / in situ	Ancho (1) Altura (1) Morfología (2) Materiales reflejantes (1) Presencia de vegetación (2)
	Objetos urbanos	Mobiliario Luminarias Esculturas Decoraciones fijas	Objetos para realizar actividades al aire libre Fenómenos acústicos en cañón urbano	Relevamiento o in situ	Mobiliario (1) Luminarias (4) Esculturas (3) Decoraciones fijas (3)
	Obstáculos	Muros Cercos Marquesinas Macetas Mobiliario	Obstáculo en el camino de propagación Fenómenos acústicos en cañón urbano	Relevamiento o in situ	Muros (1) Cercos (1) Marquesinas (1) Macetas (3) Mobiliario (2)
	Morfología edilicia	Compacta Irregular	Visualización textura Fenómenos acústicos en cañón urbano	Planimetría/ Cartografía Relevamiento o satelital/ in situ	Compacta (1) Irregular (1)
	Altura	Hasta 6 Entre 6 y 10 niv Mayor 10 niv	Cantidad de niveles Fenómenos acústicos en cañón urbano	Planimetría/ Cartografía Relevamiento o satelital / in situ	Hasta 6 (1) Entre 6 y 10 niv (2) Mayor 10 niv (3)
	Tipología	Residencial Hospitalario Escolar Otros	Función del edificio	Planimetría/ Relevamiento in situ	Residencial (1) Hospitalario (1) Escolar (1) Otros (3)
	Diseño edilicio	Considerando el ruido Sin considerar el ruido	Percepción del ruido en el interior Fenómenos acústicos en cañón urbano	Legajo de obra / Relevamiento o in situ	Considerando el ruido (1) Sin considerar el ruido (2)
	Retiro de la línea municipal	Si / No		Legajo de obra/ Cartografía/	Si (1) No (3)



<i>Escala arquitectónica</i>			Entrada del ruido al edificio	Relevamiento o satelital	
	Sustentabilidad Materiales	Sustentable No sustentable	Impacto ambiental	Legajo de obra / Relevamiento o in situ	Sustentable (1) No sustentable (3)
	Presencia Cercos o muros perimetrales	Si / No	Protección frente al ruido Fenómenos acústicos en cañon urbano	Legajo de obra/ Cartografía/ Relevamiento o satelital	Si / No
	Barreras Naturales construidas	Cortinas de árboles Cortina escalonada Talud Taludes de tierra con césped	Protección áreas habitadas Fenómenos acústicos en cañon urbano	Relevamiento o satelital/ In situ	Cortinas de árboles (1) Cortina escalonada (2) Talud (2) Talud con césped (2)
	Barreras Artificiales modulares	Metálicas Transparentes Hormigón Madera Mixtas	Protección áreas habitadas Protección áreas habitadas Fenómenos acústicos en cañon urbano	Relevamiento o satelital/ In situ /cartografía Cálculos estimativos / Simulaciones	Metálicas (3) Transparentes (2) Hormigón (3) Madera (1) Mixtas (1)
	Muros	Muros con tratamiento acústico Muros sin tratamiento acústico	Aislamiento acústico en el interior	Legajo de obra / Relevamiento o in situ	Muros con tratamiento acústico (1) Muros sin tratamiento acústico (3)
	Diseño	Considerando el ruido Sin considerar el ruido	Protección receptores Fenómenos acústicos en cañon urbano	Legajo de obra / Relevamiento o in situ	Considerando el ruido (1) Sin considerar el ruido (3)
	Material	Madera Ladrillo visto Revocado Cerámicos Aluminio Vidrio Hormigón Mármol /piedra	Fenómenos acústicos en cañon urbano Aislamiento y absorción frente al ruido	Visualización Planos Legajo de obra Relevamiento o in situ	Madera (1) Ladrillo visto (2) Revocado (3) Cerámicos (3) Aluminio (4) Vidrio (4) Hormigón (4) Mármol /piedra (4)
	Elementos salientes	Balcones Aleros Marquesinas Pérgolas	Fenómenos acústicos en cañon urbano Difracción	Legajo de obra / Relevamiento o in situ	Balcones (1) Aleros (1) Marquesinas (1) Pérgolas (1)
Superficie de Fachadas	Reflejante Absorbente Difractante	Fenómenos acústicos en el cañon urbano	Legajo de obra Relevamiento o in situ	Reflejante (1) Absorbente (1) Difractante (1)	
Cerramientos	Ventanas Puertas Puerta/Ventana	Entrada del ruido al interior del edificio	Legajo de obra / Relevamiento o in situ	Ventanas (1) Puertas (1) Puerta/Ventana (1)	
Tipo de apertura	De abrir Corrediza Plegadiza Batiente Oscilo-batiente Otros	Entrada del ruido al interior del edificio	Planimetría/ Legajo de obra / Relevamiento o in situ	De abrir (1) Corredizo (2) Plegadiza (3) Batiente (4) Oscilo-batiente (5) Otros (6)	
Dispositivos de oscurecimiento y seguridad	Cortina de enrollar Persianas Postigos Parasoles Otros	Entrada del ruido al interior del edificio	Legajo de obra / Relevamiento o in situ	Cortina de enrollar (1) Persianas (1) Postigos (1) Parasoles (3) Otros (2)	



<i>Escala envolvente</i>	Hermeticidad de apertura	Si / No	Entrada del ruido al interior del edificio	Legajo de obra / Relevamiento o in situ	Si (1) No (2)
	Tipo de vidrio en cerramientos de fachada	Monolítico Laminado Templado Doble vidriado hermético De seguridad	Entrada del ruido al interior del edificio Fenómenos acústicos en cañón urbano	Legajo de obra / Relevamiento o in situ	Monolítico (1) Laminado (2) Templado (2) Doble vidriado hermético (1) De seguridad (3)
	Aislamiento Acústico en la envolvente	Si / No	Coefficiente de aislamiento R	Legajo de obra / Relevamiento o in situ	Si (1) No (4)
<i>Estrategias mitigación y control del ruido a Escala Urbana</i>	Intervención en la fuente	Fijas Móviles Fijas y móviles	Niveles sonoros (dBA)	Relevamiento o in situ y cartográfico	<65(1) >65 (2)
	Intervención en el medio de propagación	Planificación del territorio Cambios del tráfico vehicular Adecuación pavimentos Geofencing/geo vallas Barreras acústicas Jardines verticales Jardines móviles Toldos verdes Paisajes sonoros	Factibilidad de implementación	Planimetría Cartografía Relevamiento o satelital Relevamiento o in situ Simulaciones Matrices multicriterio	Planificación del territorio (1) Cambios del tráfico vehicular (1) Adecuación pavimentos (1) Geofencing/geo vallas (2) Barreras acústicas (1) Jardines verticales (1) Jardines móviles (1) Toldos verdes (2) Paisajes sonoros (2)
	Intervención en el individuo	Dentro de la vivienda En los receptores	Calidad acústica (dBA)	Relevamiento o in situ/ Cartografía	Dentro de la vivienda (1) En los receptores (2)
	Mapas acústicos	<35 a > 80 dB	Intervalos - Niveles de contaminación	Cartografía Escala colores x rango de niveles	<35 (1) >65 (1) >80 (1)
	Zonificación	Intervalo I a VII	Zonas con similar nivel de ruido (Tipos)	Cartografía con rango de colores	Verde I, VI y VII (1) Amarillo/naranja II y III (1) Rojo /violeta IV y V (1)
	Plan de Acción	Si / No	Normas /Planes	Políticas de Acción	Si (1) No (4)
	Normas legales	Si / No	Niveles de ruido / Calidad acústica (dBA)	Relevamiento o bibliográfico	Si (1) No (4)
	Educación y prevención	Si / No	ruido / Calidad acústica (dBA)	Relevamiento o bibliográfico/ relevamiento in situ/ Aplicativos	Si (1) No (3)
	Participación ciudadana	Si / No	Niveles de ruido / Calidad acústica (dBA)	Encuestas in situ/online Aplicativos	Si (1) No (3)
	Naturación urbana	Jardines verticales Techos verdes Jardines móviles Toldos verdes Barreras bajas	Atenuación nivel de ruido externo	Diseño/ Cálculos estimativos / Simulaciones	Jardines verticales (1) Techos verdes (1) Jardines móviles (2) Toldos verdes (2) Barreras bajas (2)
				Planimetría	



	<i>Estrategias mitigación y control del ruido a Escala Urbana</i>	Diseño	Considerando el ruido No considerando el ruido	Protección de los receptores	Cartografía Relevamiento o satelital Relevamiento o in situ Simulaciones	Considerando el ruido (1) No considerando el ruido (3)
		Dimensiones del edificio	Largo Ancho	Superficie afectada	Planimetría Cartografía Relevamiento o in situ Simulaciones	Largo Ancho
		Tipo de Jardín vertical (ecosistema construido)	Directo	Tradicional Hormigón biológico	Planimetría Cartografía Relevamiento o satelital Relevamiento o in situ Simulaciones Matrices multicriterio	Tradicional (1) Hormigón biológico (1)
			Indirecto	Doble piel modular Doble piel no modular		Doble piel modular (1) Doble piel no modular (1)
			Modular	Sustrato FytoCELL		Sustrato FytoCELL
			Hidropónico	In situ Precultivados		In situ (1) Precultivados (1)
			Especial	In situ Prefabricados		In situ (1) Prefabricados (1)
		Ecosistema natural	Biodiversidad vegetal	Tipología Densidad Cobertura Estructura	Planimetría Cartografía Relevamiento o satelital Relevamiento o in situ Simulaciones Matrices multicriterio	Tipología (1) Densidad (1) Cobertura (1) Estructura (1)
			Suelos Sustratos	% porosidad		Suelos (1) Sustratos (1)
			Biodiversidad microfaunística diseñada	Si / No		Si (1) No (1)
		Subsistema alimentación	Manual Automático Inteligente	Disponibilidad agua y energía	Planimetría Cartografía Relevamiento o satelital Relevamiento o in situ Simulaciones Matrices multicriterio	Manual (3) Automático (1) Inteligente (1)
		Subsistema de mantenimiento	Directo Indirecto	Externo andamio Interno edificio		Externo andamio (1) Interno edificio (1)
		Fijación a la fachada	Directa Indirecta	Influencia del ruido incidente		Directa (1) Indirecta (1)
		Asoleamiento en altura	Muy expuesto Poco expuesto En sombra	Desarrollo del ecosistema natural		Muy expuesto (3) Poco expuesto (1) En sombra (3)
Peso	Liviano Pesado	Kg	Liviano (1) Pesado (2)			
Ignifugidad	Baja Alta	Incendio del sistema	Baja (1) Alta (3)			
Costo	Alto Bajo	Accesibilidad de adquisición y mantenimiento del SJV	Relevamiento información/ Simulaciones	Alto (3) Bajo (1)		
4. BENEFICIOS ECOSISTEMICOS	Contaminación atmosférica	Mitigación del cambio climático Reducción efecto isla de calor Captación material particulado y CO2 Protección ante inundaciones	Aporte en la mejora en la calidad de vida urbana- reducción uso energético-	Mitigación del cambio climático Reducción efecto isla de calor Captación material particulado y CO2 Protección ante inundaciones		
	Incremento biodiversidad	Si / No	Aumento biodiversidad	Si (1) No (4)		



	<i>Escala urbana</i>			vegetal y faunística	Planimetría Cartografía Relevamiento o satelital Relevamiento o in situ Simulaciones Matrices multicriterio	
		Generación de nuevos espacios urbanos	Si / No	Nuevos espacios generados		Si (1) No (4)
		Restauración espacios degradados	Si / No	Mejora de los espacios verdes degradados		Si (1) No (4)
		Implementación agroecología urbana	Si / No	Oportunidad de la producción de alimentos a escala urbana		Si (1) No (4)
		Reducción contaminación lumínica	Si / No	Reducción de los deslumbramientos		Si (1) No (4)
		Mejora paisaje sonoro y olfativo	Si / No	Reducción del ruido Nuevos espacios sensitivos		Si (1) No (4)
		Beneficios sociales	Si / No	Espacios de sociabilización		Si (1) No (4)
		Producción biocombustibles Revalorización económica	Si / No	Reutilización de podas y hojas secas Revalorización propiedad		Si (1) No (4)
	Reducción ruido en cañón urbano	Si / No	Reducción del ruido a escala urbana-residencial y peatonal	Si (1) No (4)		
	<i>Escala arquitectónica</i>	Mejora térmica	Efecto sombreo Enfriamiento evapotransp. Aislamiento por masa foliar Control de humedad Refrescamiento por efecto viento	Confort térmico Reducción energética	Efecto sombreo (1) Enfriamiento evapotransp. (1) Aislamiento por masa foliar (1) Control de humedad (2) Refrescamiento por efecto viento (1)	
		Disminución polvo	Si / No	Mejora calidad de aire- Reducción alérgenos	Si (1) No (4)	
		Mejora calidad ambiente interior	Si / No	Calidad interior	Si (1) No (4)	
		Reutilización aguas grises	Si / No	Reducción huella hídrica	Si (1) No (4)	
		Bioprotector fachada	Si / No	Aumento de la vida útil de la fachada	Si (1) No (4)	
		Barrera física	Si / No	Barrera para el acceso de personas	Si (1) No (4)	
		Generación nuevos espacios	Si / No	Nuevos espacios para los moradores	Si (1) No (4)	
	<i>Escala arquitectónica</i>	Revalorización estética	Si / No	Estética sustentable y biofílica	Si (1) No (4)	
		Expresión artística o imagen corporativa	Si / No	Oportunidad de publicidad sustentable Antigraffiti	Si (1) No (4)	
		Reducción contaminación acústica	Si / No	Mejora calidad sonora interior	Si (1) No (4)	
Otros beneficios		Si / No	Otros beneficios	Si (1) No (4)		



5. SISTEMA SOCIO/ECONOMICO	Social	Confort acústico	Quejas / Denuncias	Multas / Intimaciones	Cálculos estimativos	Confortable (1) No confortable (4)
	Económicas	Plusvalía del hábitat urbano y residencial	\$ / dB/ año	Valoración de la reducción del ruido	Cálculos estimativos / simulaciones	Ahorro \$ / dB/ año (1) Perdida \$ / dB/ año (4)
		Costo inicial	Presupuesto gastos estimativos (\$)	\$ / instalación y puesta a punto	Cálculos estimativos	Bajos (1) Medios (2) Altos (4)
		Costo mantenimiento	Gastos ponderados (\$)	\$/ periodo de tiempo	Cálculos estimativos	Bajos (3) Medios (2) Altos (1)
6. SISTEMA DE HABITABILIDAD	Ambiental	Servicio ecosistémico	Servicio ecosistémico Biomaterial Ciclo de vida Huellas ambientales	Seguridad, confort durabilidad Créditos ambientales	Cálculos estimativos / Matriz multicriterio Simulación Certificaciones	Servicio ecosistémico (1) Biomaterial (2) Ciclo de vida (1) Huellas ambientales (1)
	Socio / Económicas	Bienestar habitacional	Confort Acústico Confort Térmico Verific Mecánica Resist al Fuego	Seguridad, confort y durabilidad	Ponderación Matriz multicriterio Simulaciones	Confort Acústico (1) Confort Térmico (2) Verific Mecánica (4) Resist al Fuego (2)

Referencias		
Ponderación	Valor	Impacto
1	Muy importante	Altamente positivo
2	importante	Positivo
3	Escasa importancia	Regular
4	Mínima importancia	Malo

Tabla 19 a modo de síntesis a fin de identificar dimensiones, variables e indicadores.

MATRIZ GENERAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ²⁹						
IDENTIFICACIÓN DE DIMENSIONES, VARIABLES E INDICADORES						
UNIDAD DE ANALISIS	VARIABLE	TIPO	ESCALA	INDICADOR	FUENTE	CODIFICACIÓN (ponderación discriminada)
1. SISTEMA MOREOTIPOLOGICO	Morfología del tejido		Ortogonal Radial Irregular	Densidad	Cartografía Relevamiento o satelital	Ortogonal (3) Radial (32) Irregular (3)
	Ordenamiento del territorio		Intervalo	Delimitación municipal en áreas y zonas	Cartografía	U/A (1), U/C (2), U/A (3) R/U (1), C/IM (5)
	Uso de suelo		Intervalo	Relación espacio cubierto / Espacio descubierto	FOS (Sup. Cub. P.B /Sup. Parcela) (función)	0.60 (2) +0.60(1) -0.60(3)

²⁹ Indicativa y no exhaustiva



Urbanística Arquitectónica			Densidad edilicia	FOT (Sup Cubierta total /sup. Parcela) (función)	1.2 +1.2 a 3 (2)
	Traza urbana	Homogéneo Heterogéneo Específico	Disposición manzanas en el territorio		Homogéneo (1) Heterogéneo (2) Específico (2)
	Tejido urbano	Homogéneo Heterogéneo Específico	Densidad constructiva	Planimetría/ Cartografía Relevamiento o satelital	Homogéneo (1) Heterogéneo (2) Específico (2)
	Cañón urbano	Plazas/Parques Peatonal /Bicisenda Boulevard Calle estrecha Calle doble mano Avenida Ruta Autopista	Relación altura línea edilicia/ ancho vía de tránsito	Planimetría/ Cartografía Relevamiento o satelital/ Relevamiento o in situ	Plazas/Parques (5) Peatonal / Bicisenda (1) Boulevard (3) Calle estrecha (1) Calle doble mano (2) Avenida (3) Ruta (4) Autopista (5)
	Elementos urbanos	Setos verdes Veredas c/césped Vereda c/arbollado Boulevard con árboles Vereda s/arbollado Boulevard sin árboles Sin vereda	Espacio de circulación peatonal	Planimetría/ Cartografía Relevamiento o satelital/ Relevamiento o in situ	Setos verdes (1) Veredas c/césped (2) Vereda c/arbollado (2) Boulevard con árboles (2) Boulevard sin árboles (4) Vereda s/arbollado (4) Sin veredas (4)
	Retiro de la Línea Municipal	Si / No	Retiro en metros	Planimetría / Cartografía /Relevamiento in situ	Si (1) No (2)
	Altura	Baja Media Alta	Cantidad de niveles	Planimetría/ Cartografía Relevamiento o satelital	Hasta 6 niv (1) Entre 6 y 10 niv (2) Mayor 10 niv (3)
	Tipología	Residencial Otros	Función del edificio	Planimetría /Relevamiento in situ	Residencial (1) Otros (2)
	Sustentabilidad	Sustentable No sustentable	Impacto ambiental	Legajo de obra / Relevamiento o in situ	Sustentable (1) No sustentable (2)
	Urbanística Arquitectónica	Materiales	Absorbentes del ruido Reflejantes del ruido	Coefficiente α Índice R	Legajo de obra / Relevamiento o in situ
Diseño edilicio		Considerando el ruido Sin considerar el ruido	Percepción del ruido en el interior	Legajo de obra / Relevamiento o in situ	Considerando el ruido (1) Sin considerar el ruido (2)
Tecnología		Muros de 30 Muros dobles Muros con cámara de aire Muros de 20 Vidrio Otros	Reducción del ruido en el interior- Observación	Legajo de obra / Relevamiento o in situ	Muros de 30 (1) Muros dobles (1) Muros con cámara de aire (1) Muros de 20(3) Vidrio (4) Otros (4)
Cerramientos		Ventanas Puertas Puerta/Ventana	Entrada del ruido- Observación Medición	Legajo de obra / Relevamiento o in situ	Ventanas (1) Puertas (1) Puerta/Ventana (1)
		Cortina de enrollar			



Urbanística Arquitectónica	Dispositivos de oscurecimiento y seguridad	Persianas Parasoles Parasoles Otros	Protección ante la entrada del ruido- Observación Medición	Legajo de obra / Relevamient o in situ	Cortina de enrollar (1) Persianas (1) Parasoles (1) Otros (1)	
	Tipo de apertura	De abrir Corrediza Plegadiza Batiente Oscilo-batiente Otros	Protección ante la entrada del ruido- Observación Medición	Legajo de obra / Relevamient o in situ	De abrir (1) Corredizo (1) Plegadiza (1) Batiente (1) Oscilo-batiente (1) Otros(1)	
	Hermeticidad de apertura	Si / No	Prueba in situ	Legajo de obra / Relevamient o in situ	Si (1) No (2)	
	Tipo de vidrio en cerramientos de fachada	Monolítico Laminado Templado Doble vidriado hermético De seguridad	Protección ante la entrada del ruido- Observación Medición	Legajo de obra / Relevamient o in situ	Monolítico (1) Laminado (1) Templado (1) Doble vidriado hermético (1) De seguridad (1)	
	Presencia Cercos o muros perimetrales	Si / No	Protección ante la entrada del ruido- Observación	Planimetría/ Cartografía/ Relevamient o in situ	Si (1) No (2)	
	Aislamiento	Si / No	Coefficiente de aislamiento R	Legajo de obra / Relevamient o in situ	Si (1) No (2)	
	Antigüedad	construido a construir	Intervención frente al ruido	Legajo de obra/ relevamiento in situ	Construido (2) a construir (1)	
	Estado de conservación edilicia	bueno regular malo	Intervención frente al ruido	Legajo de obra/ relevamiento in situ	Bueno (1) Regular (2) Malo (3)	
2. SISTEMA URBANO-ARQUITECTONICO DEL NTORNO	Natural	Suelos	Porosos No porosos	Absorción acustica	Relevamient o in situ y/o información requerida	Porosos (1) No porosos (3)
		Sustratos	Orgánicos Inorgánicos Mixtos	Porosidad del suelo /absorición acústica	Relevamient o in situ y/o información requerida	Orgánicos (1) Inorgánicos (2) Mixtos (2)
		Topografía	Regular Irregular	Elementos que influyen en los fenómenos acústicos	Planimetría /relevamient o digital/información in situ	Regular (1) Irregular (2)
		Presencia de barreras	Si/No	Protección áreas habitadas	Cartografía/ Relevamient o satelital/ In situ/	Si (1) No (3)
		Tipología de barreras	Naturales Artificiales Mixtas	Protección áreas habitadas	Planimetría /relevamient o digital/información in situ	Naturales (1) Artificiales (1) Mixtas (1)
		Barreras naturales	Cortinas de árboles Cortina escalonada Talud Talud con césped	Protección áreas habitadas	Planimetría /relevamient o digital/información in situ	Cortinas de árboles (3) Cortina escalonada (2) Talud (1) Talud con csped (1)
					Cartografía	Si (1)



		Presencia de vegetación	Si / No	% / superficie (m ²)	Relevamiento o satelital/in situ	No (2)	
		Grandes áreas verdes	Bosque Parque Jardín	Superficie (m ²)	Cartografía Relevamiento o satelital/in situ	Bosque (1) Parque (1) Jardín (1)	
		Arbolado publico	Boulevard con árboles Vereda s/ arbolado Boulevard sin arboles	Espacio de circulación peatonal Cercanía a superficies con vegetación	Planimetría/ Cartografía Relevamiento o satelital/ Relevamiento o in situ Cartografía Relevamiento o satelital / in situ	Setos verdes (1) Veredas c/césped (2) Vereda c/ arbolado (3) Boulevard con árboles (3) Boulevard sin arboles (4) Vereda s/ arbolado (4) Sin veredas (3)	
	Vegetación en envolventes	Si / No	Vegetación en muros y/o techos	Relevamiento o in situ y/o satelital	Si (1) No (2)		
	<i>Artificial</i>	Elementos urbanos	Cantidad Dimensiones (m ²) Materiales Morfología	Fenomenos acústicos en el camino de propagación del ruido	Planimetría/ Cartografía Relevamiento o satelital/ Relevamiento o in situ	Cantidad (1) Dimensiones (m ²) (1) Materiales (1) Morfología (1)	
		Cañón urbano	Plazas/Parques Peatonal /Bicisendas Boulevard Calle estrecha Calle doble mano Avenida Ruta Autopista	Relación altura línea edilicia/ ancho vía de transito	Planimetría/ Cartografía Relevamiento o satelital	Plazas/Parques (1) Peatonal / Bicisenda (2) Boulevard (3) Calle estrecha (1) Calle doble mano (2) Avenida (4) Ruta (4) Autopista (4)	
		Tipos de vías de transito	Autopista Ruta Vías rápidas Avenidas Calles muy transitadas Calles poco transitadas Ciclovías Peatonales	Según Norma	Cartografía Relevamiento o satelital	Plazas/Parques (1) Peatonal / Bicisenda (2) Boulevard (3) Calle estrecha (1) Calle doble mano (2) Avenida (4) Ruta (4) Autopista (4)	
		Flujo de trafico	Cantidad de vehic. / hora	Nivel de congestión de transito	Sensores/ Espiras magnéticas/ manguera	>1000 veh/hora (2) Hasta 4000 veh/hora (1) <4000 veh/hora(1)	
	3. SISTEMA MICROCLIMATICO	<i>Escala urbana</i>	Factores meteorológicos	Orientación Vientos domin. Radiación Temperaturas Humedad Precipitaciones Presión atmosférica	Condicionantes para la propagación del ruido	Datos meteorológicos/ Cartografía/ Relevamiento o satelital/ Relevamiento in situ	Orientación (1) Vientos domin. (1) Radiación (3) Temperaturas (1) Humedad (1) Precipitaciones (3) Presión atmosférica (1)
	4. SISTEMA		Fuente	Fijas Móviles	Niveles sonoros (dB)	Relevamiento o in situ	<65(1) >65 (2)



Escala Urbana	Distancia de las fuentes de ruido fija	- 10 m + 10 m	Contaminación acústica Percepción social	Cartografía Relevamiento o satelital/ In situ	- 10 m (1) + 10 m (2)	
	Medio de propagación	Sólido Líquido Gaseoso	Niveles sonoros (dB)	Relevamiento o in situ	Sólido (1) Líquido (1) Gaseoso (1)	
	Cantidad de receptores afectados	Morador Peatón	% población afectada por altos niveles de ruido	Relevamiento o in situ Encuesta Aplicativo	Cercano 100% (1) Entre 50 y 75% (2) Entre 25 y 50% (3) Menos 25% (3)	
	Fenómenos acústicos	Aislamiento	Índice aislam. R	Relevamiento o in situ	Aislamiento (1)	
		Absorción	Coefficiente α		Absorción (1)	
		Difracción	Si No		Difracción (1)	
		Difusión			Difusión (1)	
	Refracción				Refracción (1)	
		Tipo de calle	Plazas/Parques Peatonal / Bicisendas Boulevard Cañón de calle estrecha Cañón calle doble mano Cañón Avenida Calle Avenida Ruta Autopista	Relación altura línea edilicia/ ancho vía de tránsito	Cartografía Relevamiento o satelital/Relevamiento in situ	Plazas/Parques (1) Peatonal / Bicisendas (2) Boulevard (3) Calle estrecha (1) Calle doble mano (3) Avenida (3) Ruta (4) Autopista (4)
			Espacios verdes urbanos	Setos verdes Veredas c/césped Vereda c/arbollado Boulevard con árboles Boulevard sin árboles Vereda s/arbollado Sin veredas	Espacio de circulación peatonal	Cartografía/ Relevamiento o in situ
Tipos de vías de tránsito				Autopista Ruta Vías rápidas Avenidas Calles muy transitadas Calles poco transitadas Ciclovías Peatonales	Particularidades de los medios de propagación del ruido	Cartografía Relevamiento o satelital/Relevamiento in situ
	Flujo de tráfico			Cantidad de vehic. / hora	Nivel de congestión de tránsito	Sensores/ Espiras magnéticas/ manguera
		Cañón urbano		Tipo de calle Ancho Altura Morfología Materiales reflejantes Presencia de vegetación	Relación altura-ancho línea edilicia/	Relevamiento o satelital / in situ
			Objetos urbanos	Mobiliario Luminarias Esculturas	Objetos para realizar actividades al aire libre	Relevamiento o in situ



<i>Escala arquitectónica</i>			Decoraciones fijas	Fenómenos acústicos en cañon urbano		Decoraciones fijas (3)
		Obstáculos	Muros Cercos Marquesinas Macetas Mobiliario	Obstáculo en el camino de propagación Fenómenos acústicos en cañon urbano	Relevamiento o in situ	Muros (1) Cercos (1) Marquesinas (1) Macetas (3) Mobiliario (2)
		Morfología edilicia	Compacta Irregular	Visualización textura Fenómenos acústicos en cañon urbano	Planimetría/ Cartografía Relevamiento o satelital/ in situ	Compacta (1) Irregular (1)
		Altura	Hasta 6 Entre 6 y 10 niv Mayor 10 niv	Cantidad de niveles Fenómenos acústicos en cañon urbano	Planimetría/ Cartografía Relevamiento o satelital / in situ	Hasta 6 (1) Entre 6 y 10 niv (2) Mayor 10 niv (3)
		Tipología	Residencial Hospitalario Escolar Otros	Función del edificio	Planimetría /Relevamiento in situ	Residencial (1) Hospitalario (1) Escolar (1) Otros (3)
		Diseño edilicio	Considerando el ruido Sin considerar el ruido	Percepción del ruido en el interior Fenómenos acústicos en cañon urbano	Legajo de obra / Relevamiento o in situ	Considerando el ruido (1) Sin considerar el ruido (2)
		Retiro de la línea municipal	Si / No	Entrada del ruido al edificio	Legajo de obra/ Cartografía/ Relevamiento o satelital	Si (1) No (3)
		Sustentabilidad Materiales	Sustentable No sustentable	Impacto ambiental	Legajo de obra / Relevamiento o in situ	Sustentable (1) No sustentable (3)
		Presencia Cercos o muros perimetrales	Si / No	Protección frente al ruido Fenómenos acústicos en cañon urbano	Legajo de obra/ Cartografía/ Relevamiento o satelital	Si / No
		Barreras Naturales construidas	Cortinas de arboles Cortina escalonada Talud Taludes de tierra con césped	Protección áreas habitadas Fenómenos acústicos en cañon urbano	Relevamiento o satelital/ In situ	Cortinas de arboles (1) Cortina escalonada (2) Talud (2) Talud con césped (2)
	Barreras Artificiales modulares	Metálicas Transparentes Hormigón Madera Mixtas	Protección áreas habitadas Protección áreas habitadas Fenómenos acústicos en cañon urbano	Relevamiento o satelital/ In situ /cartografía Cálculos estimativos / Simulaciones	Metálicas (3) Transparentes (2) Hormigón (3) Madera (1) Mixtas (1)	
<i>Escala envolvente</i>		Muros	Muros con tratamiento acústico Muros sin tratamiento acústico	Aislamiento acústico en el interior	Legajo de obra / Relevamiento o in situ	Muros con tratamiento acústico (1) Muros sin tratamiento acústico (3)
		Diseño	Considerando el ruido Sin considerar el ruido	Protección receptores Fenómenos acústicos en cañon urbano	Legajo de obra / Relevamiento o in situ	Considerando el ruido (1) Sin considerar el ruido (3)
			Madera Ladrillo visto Revocado Cerámicos	Fenómenos acústicos en	Visualización Planos	Madera (1) Ladrillo visto (2) Revocado (3) Cerámicos (3)



<i>Escala envolvente</i>	Material	Aluminio Vidrio Hormigón Mármol /piedra	cañon urbano Aislamiento y asorción frente al ruido	Legajo de obra Relevamient o in situ	Aluminio (4) Vidrio (4) Hormigón (4) Mármol /piedra (4)
	Elementos salientes	Balcones Aleros Marquesinas Pérgolas	Fenomenos acústicos en cañon urbano Difraccion	Legajo de obra / Relevamient o in situ	Balcones (1) Aleros (1) Marquesinas (1) Pérgolas (1)
	Superficie de Fachadas	Reflejante Absorbente Diractante	Fenomenos acústicos en el cañon urbano	Legajo de obra Relevamient o in situ	Reflejante (1) Absorbente (1) Difractante (1)
	Cerramientos	Ventanas Puertas Puerta/Ventana	Entrada del ruido al interior del edificio	Legajo de obra / Relevamient o in situ	Ventanas (1) Puertas (1) Puerta/Ventana (1)
	Tipo de apertura	De abrir Corrediza Plegadiza Batiente Oscilo-batiente Otros	Entrada del ruido al interior del edificio	Planimetría/ Legajo de obra / Relevamient o in situ	De abrir (1) Corredizo (2) Plegadiza (3) Batiente (4) Oscilo-batiente (5) Otros (6)
	Dispositivos de oscurecimiento y seguridad	Cortina de enrollar Persianas Postigos Parasoles Otros	Entrada del ruido al interior del edificio	Legajo de obra / Relevamient o in situ	Cortina de enrollar (1) Persianas (1) Postigos (1) Parasoles (3) Otros (2)
	Hermeticidad de apertura	Si / No	Entrada del ruido al interior del edificio	Legajo de obra / Relevamient o in situ	Si (1) No (2)
	Tipo de vidrio en cerramientos de fachada	Monolítico Laminado Templado Doble vidriado hermético De seguridad	Entrada del ruido al interior del edificio Fenomenos acústicos en cañon urbano	Legajo de obra / Relevamient o in situ	Monolítico (1) Laminado (2) Templado (2) Doble vidriado hermético (1) De seguridad (3)
	Aislamiento Acústico en la envolvente	Si / No	Coefficiente de aislamiento R	Legajo de obra / Relevamient o in situ	Si (1) No (4)
	<i>Estrategias mitigación y control del ruido a Escala Urbana</i>	Intervención en la fuente	Fijas Móviles Fijas y móviles	Niveles sonoros (dBA)	Relevamient o in situ y cartográfico
Intervención en el medio de propagación		Planificación del territorio Cambios del tráfico vehicular Adecuación pavimentos Geofencing/geo vallas Barreras acústicas Jardines verticales Jardines móviles Toldos verdes Paisajes sonoros	Factibilidad de implementació n	Planimetría Cartografía Relevamient o satelital Relevamient o in situ Simulacione s Matrices multicriterio	Planificación del territorio (1) Cambios del tráfico vehicular (1) Adecuación pavimentos (1) Geofencing/geo vallas (2) Barreras acústicas (1) Jardines verticales (1) Jardines móviles (1) Toldos verdes (2) Paisajes sonoros (2)
Intervención en el individuo		Dentro de la vivienda En los receptores	Calidad acústica (dBA)	Relevamient o in situ/ Cartografía	Dentro de la vivienda (1) En los receptores (2)
Mapas acústicos		<35 a > 80 dB	Intervalos - Niveles de contaminación	Cartografía Escala colores x rango de niveles	<35 (1) >65 (1) >80 (1)



	<i>Estrategias mitigación y control del ruido a Escala Urbana</i>	Zonificación	Intervalo I a VII	Zonas con similar nivel de ruido (Tipos)	Cartografía con rango de colores	Verde I, VI y VII (1) Amarillo/naranja II y III (1) Rojo /violeta IV y V (1)
		Plan de Acción	Si / No	Normas /Planes	Políticas de Acción	Si (1) No (4)
		Normas legales	Si / No	Niveles de ruido / Calidad acústica (dBA)	Relevamiento o bibliográfico	Si (1) No (4)
		Educación y prevención	Si / No	ruido / Calidad acústica (dBA)	Relevamiento o bibliográfico/ relevamiento in situ/ Aplicativos	Si (1) No (3)
		Participación ciudadana	Si / No	Niveles de ruido / Calidad acústica (dBA)	Encuestas in situ/online Aplicativos	Si (1) No (3)
		Naturación urbana	Jardines verticales Techos verdes Jardines móviles Toldos verdes Barreras bajas	Atenuación nivel de ruido externo	Diseño/ Cálculos estimativos / Simulaciones	Jardines verticales (1) Techos verdes (1) Jardines móviles (2) Toldos verdes (2) Barreras bajas (2)
		Diseño	Considerando el ruido No considerando el ruido	Protección de los receptores	Planimetría Cartografía Relevamiento o satelital Relevamiento o in situ Simulaciones	Considerando el ruido (1) No considerando el ruido (3)
		Dimensiones del edificio	Largo Ancho	Superficie afectada	Planimetría Cartografía Relevamiento o in situ Simulaciones	Largo Ancho
		Tipo de Jardín vertical (ecosistema construido)	Directo	Tradicional Hormigón biológico	Planimetría Cartografía Relevamiento o satelital Relevamiento o in situ Simulaciones Matrices multicriterio	Tradicional (1) Hormigón biológico (1)
			Indirecto	Doble piel modular Doble piel no modular		Doble piel modular (1) Doble piel no modular (1)
			Modular	Sustrato Fytozell		Sustrato Fytozell
			Hidropónico	In situ Precultivados		In situ (1) Precultivados (1)
			Especial	In situ Prefabricados		In situ (1) Prefabricados (1)
		Ecosistema natural	Biodiversidad vegetal	Tipología Densidad Cobertura Estructura	Planimetría Cartografía Relevamiento o satelital Relevamiento o in situ Simulaciones Matrices multicriterio	Tipología (1) Densidad (1) Cobertura (1) Estructura (1)
			Suelos Sustratos	% porosidad		Suelos (1) Sustratos (1)
Biodiversidad microfaunística diseñada	Si / No		Si (1) No (1)			
Subsistema alimentación	Manual Automático Inteligente	Disponibilidad agua y energía	Planimetría Cartografía	Manual (3) Automático (1) Inteligente (1)		
Subsistema de mantenimiento	Directo Indirecto	Externo andamio Interno edificio		Externo andamio (1) Interno edificio (1)		



		Fijación a la fachada	Directa Indirecta	Influencia del ruido incidente	Relevamiento o satelital Relevamiento o in situ Simulaciones Matrices multicriterio	Directa (1) Indirecta (1)
		Asoleamiento en altura	Muy expuesto Poco expuesto En sombra	Desarrollo del ecosistema natural		Muy expuesto (3) Poco expuesto (1) En sombra (3)
		Peso	Liviano Pesado	Kg		Liviano (1) Pesado (2)
		Ignifugidad	Baja Alta	Incendio del sistema		Baja (1) Alta (3)
		Costo	Alto Bajo	Accesibilidad de adquisición y mantenimiento del SJV	Relevamiento información/ Simulaciones	Alto (3) Bajo (1)
4. BENEFICIOS ECOSISTEMICOS	Escala urbana	Contaminación atmosférica	Mitigación del cambio climático Reducción efecto isla de calor Captación material particulado y CO ₂ Protección ante inundaciones	Aporte en la mejora en la calidad de vida urbana-reducción uso energético-		Mitigación del cambio climático Reducción efecto isla de calor Captación material particulado y CO ₂ Protección ante inundaciones
		Incremento biodiversidad	Si / No	Aumento biodiversidad vegetal y faunística	Planimetría Cartografía Relevamiento o satelital Relevamiento o in situ Simulaciones Matrices multicriterio	Si (1) No (4)
		Generación de nuevos espacios urbanos Restauración espacios degradados	Si / No	Nuevos espacios generados Mejora de los espacios verdes degradados		Si (1) No (4)
		Implementación agroecología urbana	Si / No	Oportunidad de la producción de alimentos a escala urbana		Si (1) No (4)
		Reducción contaminación lumínica	Si / No	Reducción de los deslumbramientos		Si (1) No (4)
		Mejora paisaje sonoro y olfativo	Si / No	Reducción del ruido Nuevos espacios sensitivos		Si (1) No (4)
		Beneficios sociales	Si / No	Espacios de sociabilización		Si (1) No (4)
		Producción biocombustibles	Si / No	Reutilización de podas y hojas secas		Si (1) No (4)
		Revalorización económica	Si / No	Revaloración propiedad Reducción del ruido a escala urbana-residencial y peatonal		Si (1) No (4)
		Reducción ruido en cañón urbano	Si / No			Si (1) No (4)
Mejora térmica	Efecto sombreo Enfriamiento evapotransp. Aislamiento por masa foliar Control de humedad Refrescamiento por efecto viento	Confort térmico Reducción energetica		Efecto sombreo (1) Enfriamiento evapotransp. (1) Aislamiento por masa foliar (1) Control de humedad (2) Refrescamiento por efecto viento (1)		



	<i>Escala arquitectónica</i>	Disminución polvo	Si / No	Mejora calidad de aire- Reduccion alergenosen	Planimetría Cartografía Relevamient o satelital Relevamient o in situ Simulacione s Matrices multicriterio	Si (1) No (4)
		Mejora calidad ambiente interior	Si / No	Calidad interior		Si (1) No (4)
		Reutilización aguas grises	Si / No	Reduccion huella hidrica		Si (1) No (4)
		Bioprotector fachada	Si / No	Aumento de la vida útil de la fachada		Si (1) No (4)
		Barrera física	Si / No	Barrera para el acceso de personas		Si (1) No (4)
	<i>Escala arquitectónica</i>	Generación nuevos espacios	Si / No	Nuevos espacios para los moradores		Si (1) No (4)
		Revalorización estética	Si / No	Estetica sustentable y biofilica		Si (1) No (4)
		Expresión artística o imagen corporativa	Si / No	Oportunidad de publicidad sustentable Antigraffities		Si (1) No (4)
		Reducción contaminación acústica	Si / No	Mejora calidad sonora interior		Si (1) No (4)
		Otros beneficios	Si / No	Otros beneficios		Si (1) No (4)
5. SISTEMA SOCIO/ECONOMICO	Social	Confort acústico	Quejas / Denuncias	Multas / Intimaciones	Cálculos estimativos	Confortable (1) No confortable (4)
	<i>Económicas</i>	Plusvalía del hábitat urbano y residencial	\$ / dB/ año	Valoración de la reducción del ruido	Cálculos estimativos /simulacione s	Ahorro \$ / dB/ año (1) Perdida \$ / dB/ año (4)
		Costo inicial	Presupuesto gastos estimativos (\$)	\$ /instalación y puesta a punto	Cálculos estimativos	Bajos (1) Medios (2) Altos (4)
		Costo mantenimiento	Gastos ponderados (\$)	\$/ periodo de tiempo	Cálculos estimativos	Bajos (3) Medios (2) Altos (1)
6, SISTEMA DE HABITABILIDAD	<i>Ambiental</i>	Servicio ecosistemico	Servicio ecosistemico Biomaterial Ciclo de vida Huellas ambientales	Seguridad, confort durabilidad Créditos ambientales	Cálculos estimativos / Matriz multicriterio Simulación Certificacion es	Servicio ecosistemico (1) Biomaterial (2) Ciclo de vida (1) Huellas ambientales (1)
	<i>Socio / Económicas</i>	Bienestar habitacional	Confort Acústico Confort Térmico Verific Mecánica Resist al Fuego	Seguridad, confort y durabilidad	Ponderación Matriz multicriterio Simulacione s	Confort Acústico (1) Confort Térmico (2) Verific Mecánica (4) Resist al Fuego (2)

Referencias		
Ponderación	Valor	Impacto
1	Muy importante	Altamente positivo
2	importante	Positivo
3	Escasa importancia	Regular
4	Mínima importancia	Malo

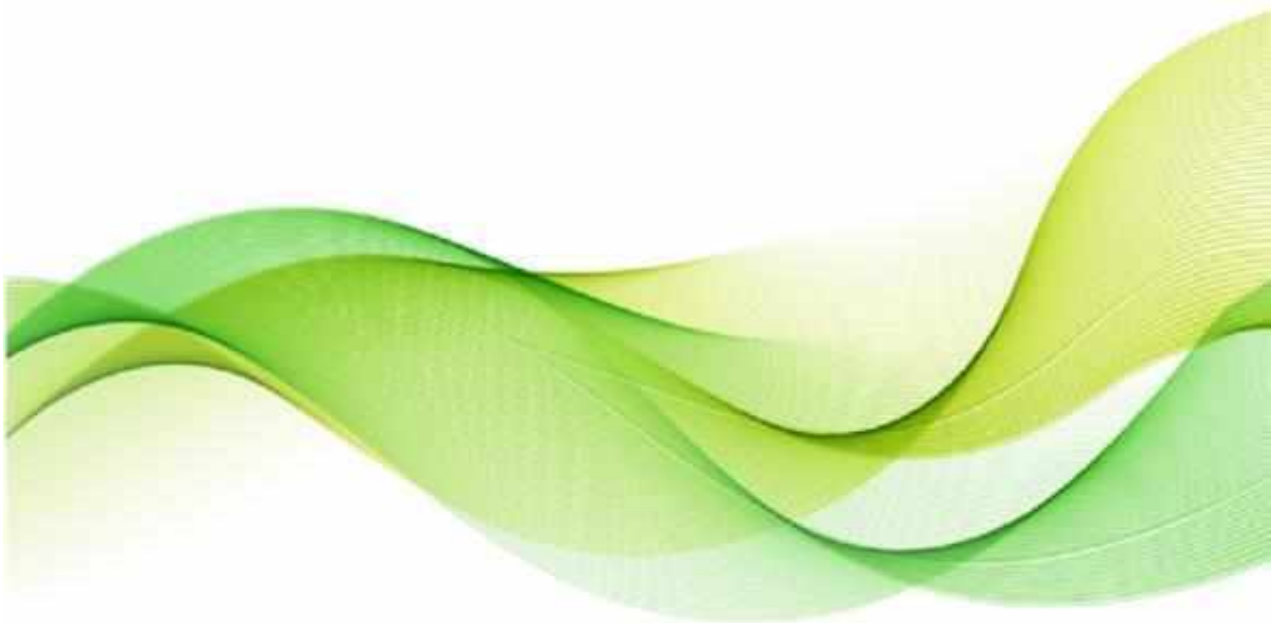
Tabla 19 Matriz general del trabajo

Fuente: elaboración propia



PARTE III

DESARROLLO EXPERIMENTAL





OBJETIVO PRINCIPAL

En la Parte III se expone la etapa experimental del trabajo, necesaria para contrastar y discutir la hipótesis de partida, en la que se ensayaron en laboratorio diferentes muestras desarrolladas a partir de un prototipo de SJV modular.

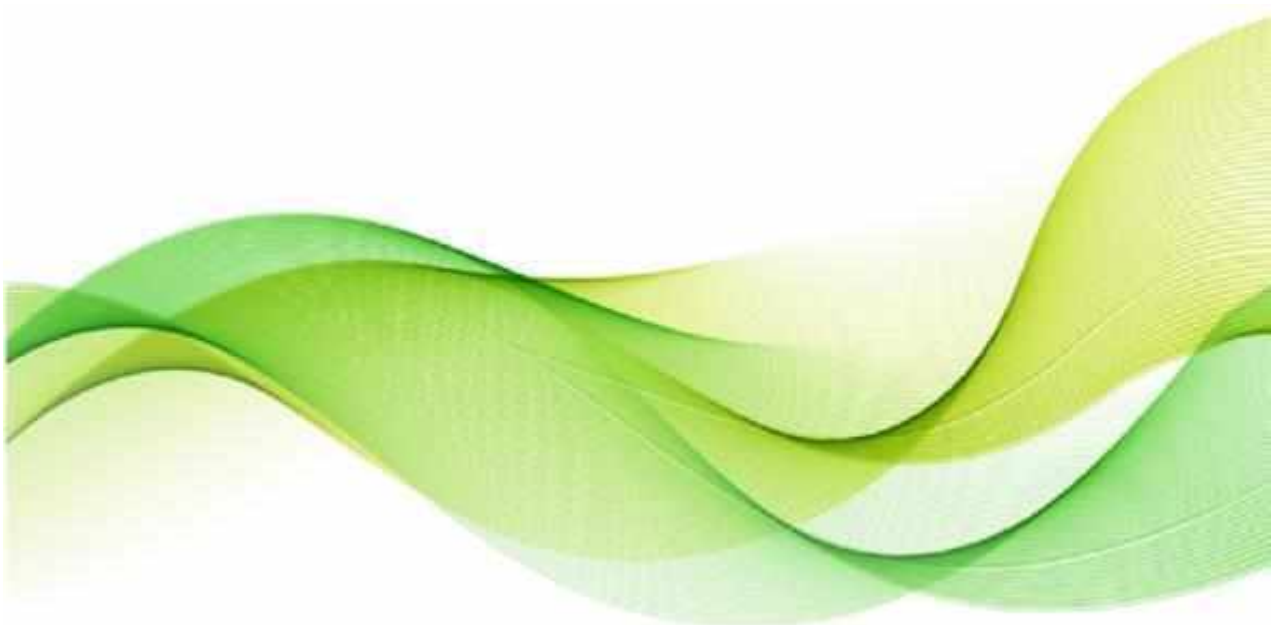
Los ensayos acústicos para determinar el poder fonoaislante y fonoabsorbente de las muestras se realizaron en el laboratorio del LAL-CIC de acuerdo con normativas ISO específicas.

El estudio experimental en laboratorio se desarrolló en dos etapas durante un lapso de 3 años (2017 a 2019).



CAPÍTULO 7

JARDINES VERTICALES: Caracterización acústica





(...) El primer estímulo para desarrollar mis ideas lo sentí en Toscana, donde vi resueltos, en el silencio y la meditación, los problemas del individuo y de la colectividad.

Este es un binomio necesario para la armonía y, desde el comienzo, quise hacer ciudades que permitiesen solucionar la dialéctica entre ese binomio, con la intervención de las condiciones naturales. Es como una inmensa sinfonía, difícil, pero la técnica moderna permite ejecutarla (...)

Le Corbusier



SÍNTESIS

En este capítulo se exponen el desarrollo y los resultados de los ensayos de absorción y aislamiento acústico de un sistema de jardín vertical modular, realizados en laboratorio según las normativas ISO e IRAM correspondientes.

Se le prestó especial atención al relevamiento de información sobre algunos factores críticos del conjunto bajo ensayo, como bordes y uniones entre módulos, porcentaje de humedad del sustrato, y el porcentaje de cobertura vegetal, a fin de conocer su incidencia en los resultados obtenidos.



7. JARDINES VERTICALES: CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA

7.1 HIPÓTESIS DE PARTIDA

El presente capítulo contrasta y discute desde el punto de vista experimental la hipótesis de partida del presente trabajo, que postula que: *Es posible disminuir la contaminación acústica en zonas con altos niveles de ruido en las ciudades, integrando al diseño de la fachada las tecnologías de “naturación” urbana.*

7.2 LÍMITES DE LA INVESTIGACIÓN EMPÍRICA

Se propone investigar experimentalmente, en el ámbito controlado de un laboratorio, los fenómenos acústicos de absorción y aislamiento asociados a las fachadas en presencia de los sistemas de jardines verticales (SJV) livianos.

Se sigue, como precedente para el presente estudio experimental, la investigación realizada por la *Doctora Ing. Zaloe Azkorra Larriñaga* dedicada al *Estudio del aislamiento acústico y absorción acústica de una fachada vegetal*, publicada el marco de su tesis doctoral.³⁰

7.3 OBJETIVO PRINCIPAL

El objetivo principal del estudio experimental es evaluar las prestaciones acústicas de un prototipo de SJV liviano, aplicable a las fachadas, mediante ensayos de absorción y aislamiento de ruido aéreo en laboratorio bajo condiciones controladas y según las normativas ISO correspondientes.

7.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- *Discriminar el aporte de los elementos constitutivos del SJV modulares livianos en la reducción del ruido aéreo.*
- *Desarrollar ensayos de absorción acústica a partir de dos muestras posibles: módulos vacíos (Muestra A) que representa el hipotético colapso de la vegetación y un SJV modular completo en estado de equilibrio (Muestra B).*
- *Determinar la incidencia del porcentaje de humedad del sustrato en las prestaciones fonoabsorbentes relevadas.*
- *Indagar el comportamiento fonoaislante de las dos configuraciones posibles (Muestra C y D) a partir de dos metodologías de ensayos homologadas (convencional e intensimétrica), considerando a la Muestra C el SJV frente a un hipotético colapso de la vegetación y del SJV completo en estado de equilibrio.*

³⁰ Estudio comparativo de Eficiencia energética: Fachada ventilada frente a Fachada vegetal, Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV / EHU) para el doctorado en Ingeniería Térmica del Departamento de Máquinas y Motores Térmicos, Bilbao, 2015.



- *Detectar y cuantificar las pérdidas energéticas en los puntos críticos: uniones y bordes.*

7.5 MATERIALES Y MÉTODOS

En la presente sección se describe el desarrollo de la etapa experimental en laboratorio a través de los procedimientos, enfoques y tratamiento según la normativa correspondiente. Comprende las condiciones contextuales para el relevamiento acústico según la norma específica para cada caso, que incluye técnicas de recolección de datos, las características de las muestras y la duración del estudio, entre otros.

7.5.1 Estudio experimental

Los ensayos en laboratorio abarcan el periodo comprendido entre junio de 2017 a marzo de 2019, dividido en dos etapas. Durante la primera etapa (2017-2018), se estudió el comportamiento fonoabsorbente de las muestras, que se componían por la *Muestra A*³¹, con los SJV modulares vacíos, y la *B* con el sistema completo. En ambos casos se siguieron las pautas indicadas por la norma *ISO ISO-354/2003*, dedicada a mediciones de absorción acústica según la metodología de presión sonora para ruido de origen aéreo.

Durante la segunda etapa (2019), se estudia el desempeño fonoaislante del objeto de estudio para las dos configuraciones posibles de los SJV modulares (*Muestras C y D*). En dichas muestras se realizan ensayos según dos metodologías: la convencional o de presión sonora, según la norma *ISO 10140-2*, y la intensimétrica bajo norma *ISO 15186-1*.

La decisión de aplicar dos enfoques metodológicos diferentes para los ensayos de aislamiento acústico se fundamenta en la necesidad de complementar y contrastar los resultados y obtener información específica respecto a los puntos críticos del conjunto.

7.5.1.1 PRIMERA ETAPA: ensayos de absorción acústica³²

La absorción acústica de un elemento constituye uno de los mecanismos pasivos aptos para la reducción del ruido. Se define como la capacidad que posee un material para extraer la energía del campo acústico cuando la onda sonora incide sobre su superficie expuesta.

La energía acústica absorbida por el material, elemento constructivo, objeto, persona o espacio, se cuantifica mediante el *Coefficiente de Absorción acústica alfa* (α), que es el porcentaje o fracción de energía acústica que absorbe un material cuando es alcanzado por la onda sonora incidente. El *Coefficiente* α , que es función de la frecuencia, puede tomar cualquier valor entre 0 y 1, siendo 0 la absorción mínima y 1 la máxima.

³¹ Las especificidades de las *Muestras A), B), C) y D)* se detallan en los *Anexos B y D*.

³² El detalle de los ensayos se encuentra en el Anexo D y E.



La eficacia de un material y/o elemento absorbente en el control de ruido depende en principio de sus propiedades físicas, como porosidad y densidad. Otros factores que contribuyen son humedad y la temperatura [Harris, 1993; Glé et al, 2011]. La humedad, factor que se contempló durante el presente trabajo, puede afectar las propiedades físicas de un sustrato frente al del ruido y ha sido considerado de importancia en investigaciones precedentes (Attai et al., 2021; Horoshenkov et al., 2013 citado por Attal et al., 2021; Yang et al., 2013). Las propiedades del sustrato, independientemente del riego, pueden variar según las estaciones del año, las condiciones externas, e incluso la etapa evolutiva de las especies (Kennard et al., 2020). Dichas variaciones pueden generar cambios en la microestructura del sustrato y consecuentemente en las prestaciones fonoabsorbentes del conjunto (Xu et al., 2021; Attai et al., 2021; Asdrubali et al., 2012; Veisten et al., 2012; Bradley et al., 2020).

La importancia de la humedad es tal que algunos investigadores han obtenido información sobre las características del sustrato -textura, cantidad de materia orgánica, compactación, entre otras- (Kennard et al., 2020), a partir de la velocidad de propagación de las ondas sonoras en su interior (Gorthi et al., 2020).

7.5.1.1.1 Objetivos

i. Objetivo general

El objetivo de los ensayos de absorción acústica, para las dos configuraciones de la muestra, fue obtener información sobre la contribución de los elementos constitutivos en diferentes condiciones de humedad.

ii. Objetivo particular

Determinar la incidencia del porcentaje de humedad ponderado del sustrato en las prestaciones fonoabsorbentes.

7.5.1.1.2 Condiciones de ensayo

Las condiciones de ensayos de absorción acústica fueron las siguientes:

a) Normativa

La Norma *ISO-354:2003 (Acoustics Measurement of sound absorption in a reverberation room)* y su equivalente local *IRAM 4065:95 (Acústica. Medición de absorción de sonido en cámara reverberante)* especifica las condiciones de las instalaciones, del instrumental utilizado, las características de la muestra y el proceso de cálculo para obtener el *Coefficiente*

de Absorción o alfa Sabine³³ (α), considerando como constantes las variables temperatura y humedad.

b) Instalaciones

Los ensayos se realizaron en el *Laboratorio de Acústica y Luminotecnia*, centro dependiente de la *Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (LAL-CIC)*.

Para las mediciones de absorción acústica se utilizó la *cámara reverberante* del laboratorio, que es un espacio con paredes no paralelas cuyas superficies son muy reflejantes. El propósito es el de obtener un campo sonoro difuso, en el que el sonido se difunde de manera uniforme en todas las direcciones, que se completa con difusores suspendidos -esferas y superficies convexas-.

La cámara reverberante del *LAL-CIC* posee una superficie interior de 208 m² y un volumen de 189 m³ (**Figura 95**).

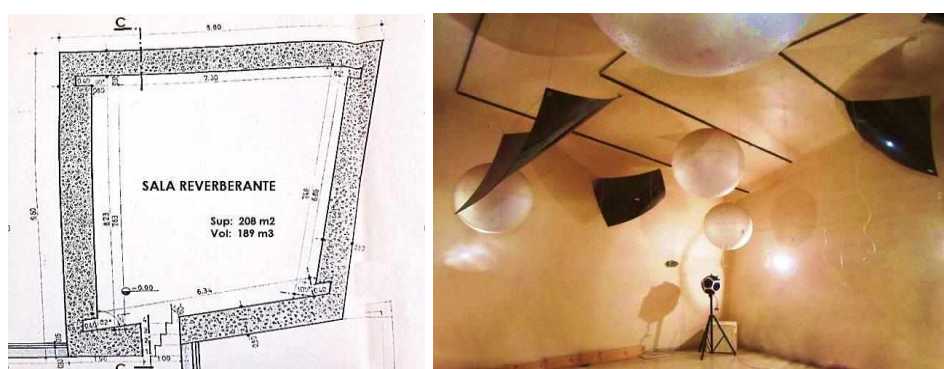


Figura 95 Características de la cámara reverberante del LAL-CIC

Fuente: fotos de los planos según obra y foto del relevamiento personal

La sala cumple con los requisitos de la *Norma ISO-354/2003 (Acoustics Measurement of sound absorption in a reverberation room)* y su equivalente normativo local *IRAM 4065/95 (Acústica. Medición de absorción de sonido en cámara reverberante)* exigidos para el desarrollo de ensayos de absorción acústica en laboratorio.

c) Instrumental

El instrumental empleado en las mediciones de absorción acústica fue el siguiente:

- ✓ *Medidor de nivel sonoro y analizador de espectros en tiempo real marca Brüel & Kjaer, Type 2250 con pre-amplificador de micrófono marca Brüel & Kjaer, Type ZC-0032 y micrófono de ½" marca Brüel & Kjaer Type 4189.*

³³ La definición de alfa Sabine toma el nombre del físico Wallace Clement Sabine.

- ✓ Software de medición de tiempo de reverberación, marca Brüel & Kjaer, Type BZ-7227.
- ✓ Amplificador de audio frecuencia marca Pyramid, modelo PA1000X.
- ✓ Fuentes sonoras de la cámara reverberante (2 baffles cúbicos de 3 parlantes cada uno).

d) Descripción de las muestras representativas

Las muestras representativas fueron 12 módulos-prototipos similares, desarrollados y aportados por el Laboratorio Bio-Ambiental de la Universidad de Flores³⁴ (CABA), dirigido por el Mg. Arq. Sebastián Miguel en el marco de un convenio específico con el LAL-CIC, dirigido por el Mg. Ing. Pablo Ixtaina.

Fueron dos configuraciones representativas: módulos vacíos, o ecosistema construido de los SJV modulares (*Muestra A*) y módulos de SJV completos con vegetación y sustrato especialmente seleccionados para la zona (*Muestra B*), cuyos detalles se describen en el Anexo B.

La decisión de realizar los dos ensayos se fundamentó en la necesidad de determinar la contribución acústica independiente de cada parte de un SJV. La *Muestra A* correspondía a un SJV cuyo sistema vivo se encontraba teóricamente colapsado, mientras que la *Muestra B* a un SJV completo en estado de equilibrio e hidratación media.

Las dimensiones de las muestras fueron 3,60 m de alto (4 columnas) por 3,20 m de ancho (3 filas), cubriendo una superficie total de 11,52 m² (**Figura 96**). La superficie total de la muestra cumplía con lo exigido por la norma ISO-354:2003 que prescribe que un valor entre 10 y 12 m².

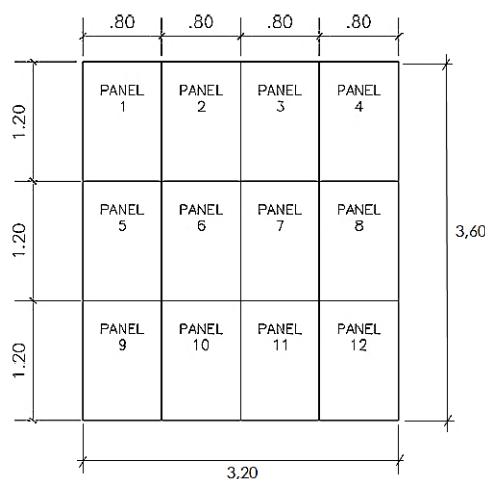


Figura 96 Disposición de los paneles para el ensayo de absorción acústica

Fuente: elaboración propia

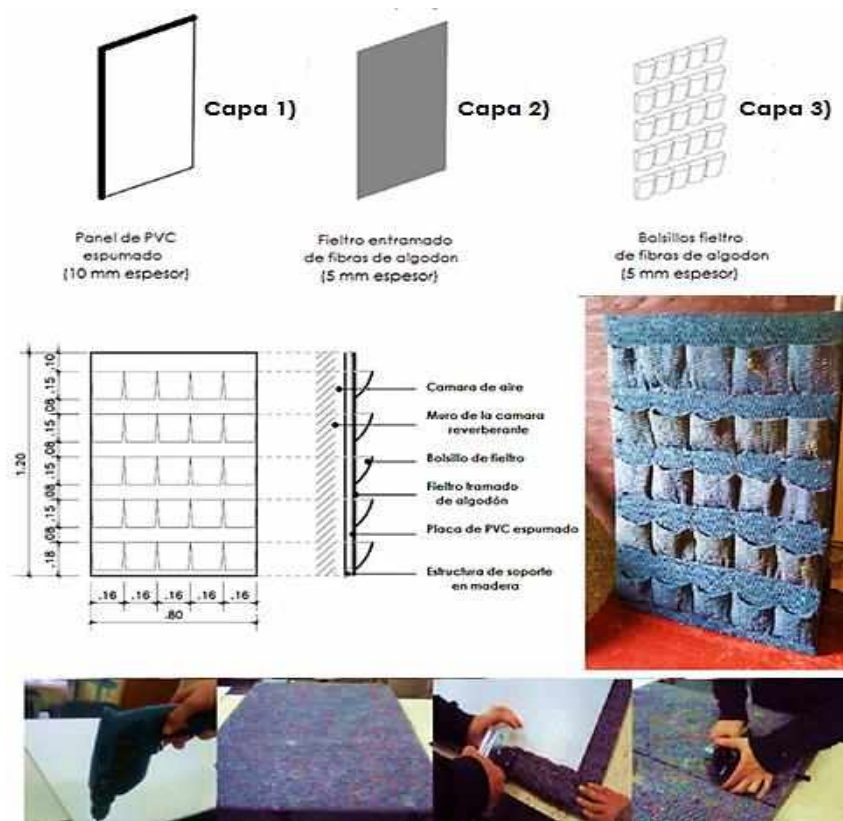
³⁴ Laboratorio Bio-Ambiental, Facultad de Planeamiento Socio-Ambiental – Arquitectura, Universidad de Flores. Consulta Recuperado de: <https://www.ufo.edu.ar/area.php?t=lyD&id=51>

Las muestras se instalaron en una de las paredes de la cámara reverberante del *LAL-CIC*, colocando cada módulo de forma vertical, en condiciones similares a las que se encuentra un jardín vertical aplicado a una fachada. Tema no menor pues la mayor parte de los estudios sobre el tema han ubicado las muestras en posición horizontal.

Las muestras se fijaron a la pared de la cámara reverberante, que hizo las veces de fachada, a través de una estructura de madera en forma de grilla. La estructura se construyó con listones de madera de perfil rectangular (5,0cm x 7,6cm), que permitió generar cavidades de aire anidadas de 5,0cm de espesor para evitar la producción de humedad en la pared de fijación.

CONSTRUCCIÓN DE LA MUESTRA A)

La *Muestra A* se construyó con 12 paneles similares de dimensiones 0,80 m x 1,20 m cada uno, compuestos por tres estratos diferentes sin desgaste por exposición al ambiente externo. Los detalles de cada panel se muestran en la **Figura 97**.



Legenda

Capa 1: base rígida de placas aislantes de PVC espumado de 10 mm de espesor y dimensiones 0.80m x 1,20 m.

Capa 2: filtro tramado de fibras de algodón reciclado de 5 mm de espesor que recubrió la capa 1.

Capa 3: ídem capa 2, recubriéndola con 25 bolsillos (5 filas y 5 columnas) del mismo material para albergar 25 plantines de diferentes especies con sus respectivos sustratos especialmente seleccionados.

Figura 97 Composición de cada módulo

Fuente: elaboración propia

CONSTRUCCIÓN DE LA MUESTRA B)

La *Muestra B* se incluyó los 12 paneles de la *Muestra A* a los que se agregó la vegetación y el sustrato con un desarrollo de 11 meses en ambiente externo³⁵ (2017 al 2018). Los paneles se ubicaron en las paredes exteriores del *LAL-CIC* para asegurar la adaptación del conjunto en las condiciones de ambiente externo con un entorno climático-ambiental similar al que encontraría en una fachada real.

Un despiece de la *Muestra B* se puede ver en la **Figura 98**.

ELEMENTOS COMPOSITIVOS DE LAS MUESTRAS				
Modulo tipo Muestra B)				
Modulo tipo Muestra A)				
Ecosistema construido				
Ecosistema natural				
Elemento	Capa 1)	Capa 2)	Capa 3)	Capa 4)
	Panel de PVC espumado (10 mm espesor)	Filtro entramado de fibras de algodón (5 mm espesor)	Bolsillos filtro de fibras de algodón (5 mm espesor)	Plantines con sustrato envase vol. 10/12
	5,278 Kg	2,022 Kg	2,022 Kg	14 Kg (hidratado) 17,875 Kg (saturado)
Peso	Peso total por modulo tipo A)		9,322 Kg	
	Peso total por modulo tipo B)		Hidratado	21,3 Kg
			Saturado	25,175 Kg

Figura 98 Conformación del sistema de jardín vertical (segundo ensayo)

Fuente: elaboración propia

Los detalles del montaje y del desarrollo Muestra B se pueden ver en el Anexo D.

³⁵ Los detalles del montaje y del desarrollo se pueden ver en el Anexo D.

Para el ensayo de absorción acústica, la medición de la *Muestra B* se realizó sobre la pared de la cámara reverberante del LAL-CIC en condiciones similares al de la *Muestra A* (**Figura 99**).



Figura 99 Disposición de la muestra del SJV en una de las paredes de la cámara reverberante
Fuente: relevamiento propio

e) Metodología de los ensayos de absorción acústica en laboratorio

Los ensayos de absorción acústica aplicados a las *Muestras A* y *B* se realizaron según la metodología convencional de presión sonora en condiciones de laboratorio -es decir controlables, repetibles y reproducibles-, siguiendo las especificaciones de las *Norma ISO 354/2003*. El parámetro a determinar era el *Coefficiente adimensional de Absorción acústica alfa* (α) en función de la frecuencia.

f) Cálculos

Figura 100).

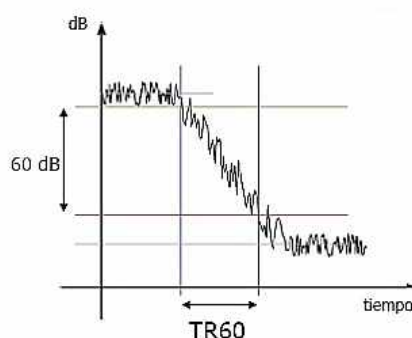


Figura 100 Esquema del Tiempo de Reverberación de un recinto (TR ó TR60)

Fuente: google imágenes

El *tiempo de reverberación* se calcula mediante una expresión matemática propuesta por Sabine, conocida como “fórmula de Sabine”, que plantea una relación entre volumen de la sala (en este caso la cámara reverberante) y la absorción total en el interior de la sala. La fórmula que permite calcular el *TR* es la siguiente:

$$TR = 0,161 \left(\frac{V}{A} \right)$$

Donde:

- TR*: tiempo de reverberación [seg]
V: volumen del recinto [m³]
A: área de absorción total [m²]

La medición del *TR* a sala vacía debe realizarse antes y después de las mediciones de las muestras.

Para el caso de la *Muestra A*, la segunda medición del *TR* se realizó en presencia de los paneles vacíos (ecosistema construido) instalados en una de las paredes internas de la



cámara reverberante, mientras que para el caso de la *Muestra B* se efectuó con los SJV modulares, completos con la vegetación y el respectivo sustrato.

En cuanto a la ubicación del instrumental para el relevamiento del *TR*, se respetaron las condiciones prescritas por la *Norma ISO-354/2003*, ubicando las fuentes sonoras en 2 posiciones diferentes y los micrófonos en 6 posiciones. Se realizaron 3 registros para cada combinación fuente-micrófono, obteniendo los promedios de los *TR* resultantes de las 36 caídas.

Además del *TR*, la norma indica que debe calcularse el *área de absorción equivalente (AT)* para cada muestra, que se determina a través de la siguiente fórmula:

$$AT = 55,3 * V \left(\frac{1}{c_{2...T2}} - \frac{1}{c_{1...T1}} \right) - 4 V (m_2 - m_1)$$

Siendo:

- V*: volumen de la cámara reverberante en m^3 ;
- C_i*: velocidad de propagación del sonido en el aire dentro de la cámara reverberante vacía (m/s);
- C_z*: velocidad de propagación del sonido dentro de la cámara reverberante en presencia de la muestra;
- T₁*: tiempo de reverberación de la cámara reverberante cuando se encuentra vacía (s);
- T₂*: tiempo de reverberación de la cámara reverberante en presencia de la muestra (s);
- m₁*; *m₃*: coeficientes de atenuación sonora del aire calculados según normativa ISO 9613-1 en función de las condiciones climáticas en la cámara reverberante.

Una vez obtenidos los *TR* y el *AT* se computan los coeficientes de absorción α_s (adimensional), discriminándolos por bandas de tercios de octavas para el rango de frecuencias comprendidas entre los 100 y los 5000 Hz, que se obtienen a través de la siguiente fórmula:

$$s = \frac{AT}{S}$$

Donde,

- AT*: área de absorción equivalente de la muestra (m^2);
- S*: área de la muestra ensayada (m^2)

También se calcularon otros dos indicadores definidos por la *Norma ISO 11654:1997 (Sound Absorbers for use in buildings. Ratings of sound absorption)*, el *Coefficiente de absorción sonora práctica (ap)*, que (...) representa los valores del coeficiente de absorción sonora para bandas de octavas tomando como datos de partida los valores de α_s obtenidos de acuerdo con la norma *IRAM 4065*. Para cada banda de octava comprendida entre 125 y 4000 Hz los valores de α_p se obtienen promediando los valores de α_s de sus 3 respectivos tercios de octava. Se calculó el valor medio hasta el segundo decimal y el resultado se redondea por



pasos de 0,05 hasta un máximo de $\alpha_p = 1,00$ para los valores medios redondeados $> 1,00$ (...) (Extraído de la memoria técnica de las mediciones del LAL-CIC).

El otro indicador adicional es el *Coefficiente de absorción sonora ponderada* (α_w), que es el "(...) Valor global, independiente de la frecuencia, obtenido a partir de la comparación de la curva de valores del coeficiente de absorción sonora práctico α_p para bandas de octava tomando una curva de absorción como referente establecido en la norma *ISO 11654*. El valor del Coeficiente de absorción sonora ponderada α_w es igual al valor de la curva de referencia a 500 Hz después de haberla desplazado en pasos de 0,05 hasta que la suma de las desviaciones desfavorables sea menor o igual que 0,10. Si algún valor del coeficiente de absorción sonora práctica α_p excede en 0,25 o más al valor de la curva de absorción de referencia desplazada, deben agregarse indicadores de forma al coeficiente α_w . Si el exceso ocurre en 250 Hz debe agregarse una L, si ocurre 500 Hz o 1000 Hz debe agregarse una M y si ocurre en 2000 o 4000 Hz debe agregarse una H (...)" (Extraído de los ensayos desarrollados por el LAL-CIC).

De los *coeficientes adimensionales de absorción* α_s se obtuvieron por cálculo los coeficientes *NRC* y *SAA*, especificados en la norma *ASTM C 423-02a*³⁶ (*Standard test method for sound absorption and sound absorption coefficients by the reverberation room method - Método de prueba estándar para absorción de sonido y coeficientes de absorción de sonido por el método de sala de reverberación*). El método *ASTM C 423-02a* incluye los números únicos calculados mediante *NRC* y *SAA*.

El *Noise Reduction Coefficient (NRC)* (...) es un valor numérico único que oscila entre 0.0 (máxima reflexión) a 1.0 (máxima absorción) y describe la absorción acústica media de un material en el espectro del habla humana. El *NRC* se obtiene del promedio de los coeficientes de absorción sonora α_s para las bandas de tercios de octavas centradas en las frecuencias 250, 500, 1000 y 2000 Hz, redondeado al valor más próximo de 0,05 (...) (Extraído de los ensayos desarrollados por el LAL-CIC).

El *Sound Absorption Average (SAA)* (...) es un número único que expresa el promedio de los coeficientes de absorción sonora α_s de las bandas de tercios de octava comprendidas entre 200 y 2500 Hz, redondeado al valor más próximo de 0,01 (...) (Extraído de los ensayos desarrollados por el LAL-CIC).

Los indicadores *NRC* y *SAA* son aptos para realizar una rápida evaluación de las prestaciones fonoabsorbentes de un material. Cuanto mayor es el valor *SAA* o *NRC* mejor resulta su comportamiento fonoabsorbente.

³⁶ ASTM es la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, sus normas técnicas se utilizan principalmente en los EE.UU. pero también gozan de prestigio internacional. *ASTM C423* es una norma para clasificar la absorción de sonido de un material y sus coeficientes se miden por medio de una cámara reverberante.

7.5.1.1.3 Resultados de los ensayos de absorción acústica ³⁷

EVALUACIÓN DE LA MUESTRA A

Los resultados obtenidos de la *Muestra A*, tanto los coeficientes de absorción α_s (adimensional), como los derivados de la norma ASTM C 423-02A (coeficientes NRC y SAA), se pueden ver en la **Figura 101**.

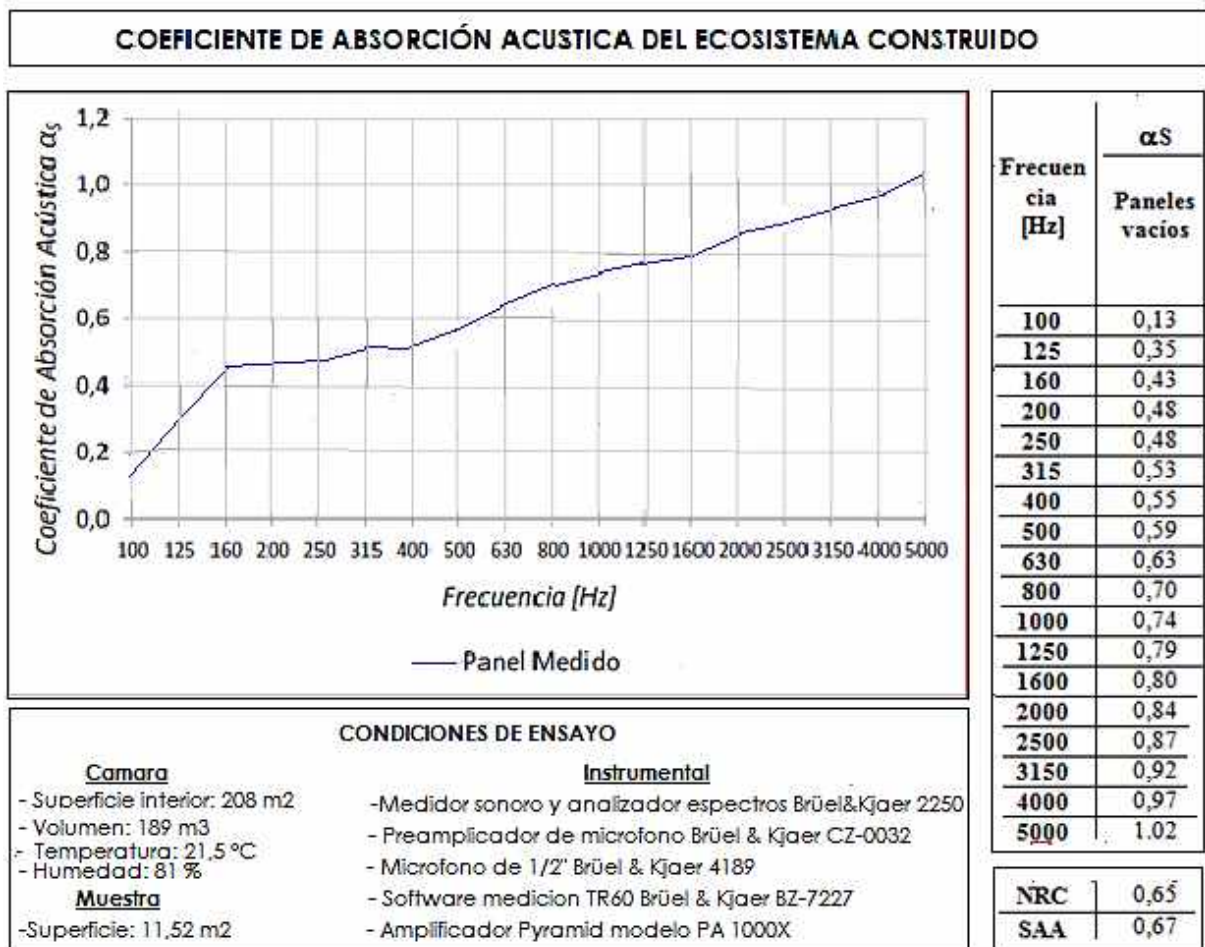


Figura 101 Muestra A): Curva con los coeficientes de absorción acústica α_s , NRC y SAA

Fuente: LAL-CIC

A partir de los resultados obtenidos se puede observar que la absorción crece monótonamente con la frecuencia, comportamiento que resulta atribuible a las características altamente porosas de los materiales, en especial al doble fieltro que recubre el panel rígido y con el que se formaron los bolsillos para albergar al ecosistema natural. Puede asignarse una pequeña

³⁷ El detalle de los ensayos, incluyendo tablas y graficos se encuentra en el Anexo E.



contribución fonoabsorbente a la estructura de madera con cámara de aire de 5,0 cm sobre la que se montó el conjunto.

EVALUACIÓN DE LA MUESTRA B EN TRES ESTADOS DE HUMEDAD

El relevamiento de la *Muestra B*, que contiene los 12 módulos completos con el sustrato y las especies vegetales seleccionadas, se realizó en condiciones similares al de la *Muestra A*, pero en tres estados de hidratación del sustrato, representativos de los posibles escenarios que podría presentar un SJV aplicado a una fachada externa. En cada caso se requirieron dos días consecutivos de exposición a la humedad de modo que pudieran estabilizarse las condiciones del sustrato. Las características de cada condición de humedad se pueden ver en la **Tabla 20**.

Numero de ensayo	Condición	Humedad ponderada del sustrato	Particularidades del ensayo	Peso (Kg)
<i>Primero</i>	<i>ii</i>	Hidratación media o de estado de equilibrio	Respetando la metodología de ensayo prescripto por la norma <i>ISO-354/2003</i> , durante el primer día se relevaron los <i>TR</i> (tiempos de reverberación) con la cámara reverberante vacía sin la presencia de la muestra. Se desmontaron los paneles ubicados en la pared externa del LAL-CIC a fin de posicionarlos verticalmente sobre la estructura de madera montada en la cámara reverberante. La medición se ejecutó mientras transcurría el ensayo del <i>TR</i> con la cámara vacía.	22,8
<i>Segundo</i>	<i>i</i>	Hidratación mínima	Finalizado el primer ensayo, se dejó la <i>Muestra B</i>) dentro del recinto hasta el día siguiente a fin de producirse la evaporación necesaria para que propicie la condición hipotética de "subsistencia o de hidratación mínima del sustrato".	21,3
<i>Tercero</i>	<i>iii</i>	Hidratación máxima o de saturación	Al término del segundo ensayo, se regó la totalidad de la <i>Muestra B</i>) con abundante agua hasta saturar los poros del sustrato y empapar totalmente el fieltro de los paneles del conjunto. Dicha situación, simulaba un alto caudal de lluvias, anegamiento y/o rotura del sistema de riego.	25,2

Tabla 20 Muestra B): condiciones de humedad del sustrato

Fuente: Laboratorio Bio-Ambiental-UFLO

Una vez finalizadas las mediciones de las muestras en los tres estados de hidratación, se midió nuevamente el *TR* a sala vacía para realizar las correcciones necesarias indicadas por la norma.

En la

Figura 102 se pueden ver algunas imágenes del traslado desde el exterior y la preparación de la muestra en la pared interna del laboratorio.



Figura 102 Traslado de la muestra en “condición ii” para su evaluación en cámara reverberante

Fuente: relevamiento personal

7.5.1.1.4 Análisis de los resultados de los ensayos de absorción acústica

A fin de cotejar el comportamiento fonoabsorbente en laboratorio de la *Muestra B* con los diversos estados de humedad respecto a la *Muestra A*, se siguieron los lineamientos especificados por la norma *ISO-354/2003* y su equivalente local, *IRAM 4065/95*. Los valores de *NRC* y *SAA* siguieron los de la norma *ASTM C 423-02a*. En todos los casos se usaron bandas de tercios de octavas entre 100 y 5000 Hz. Los resultados obtenidos se muestran en forma gráfica y de tablas en la **Figura 103**.

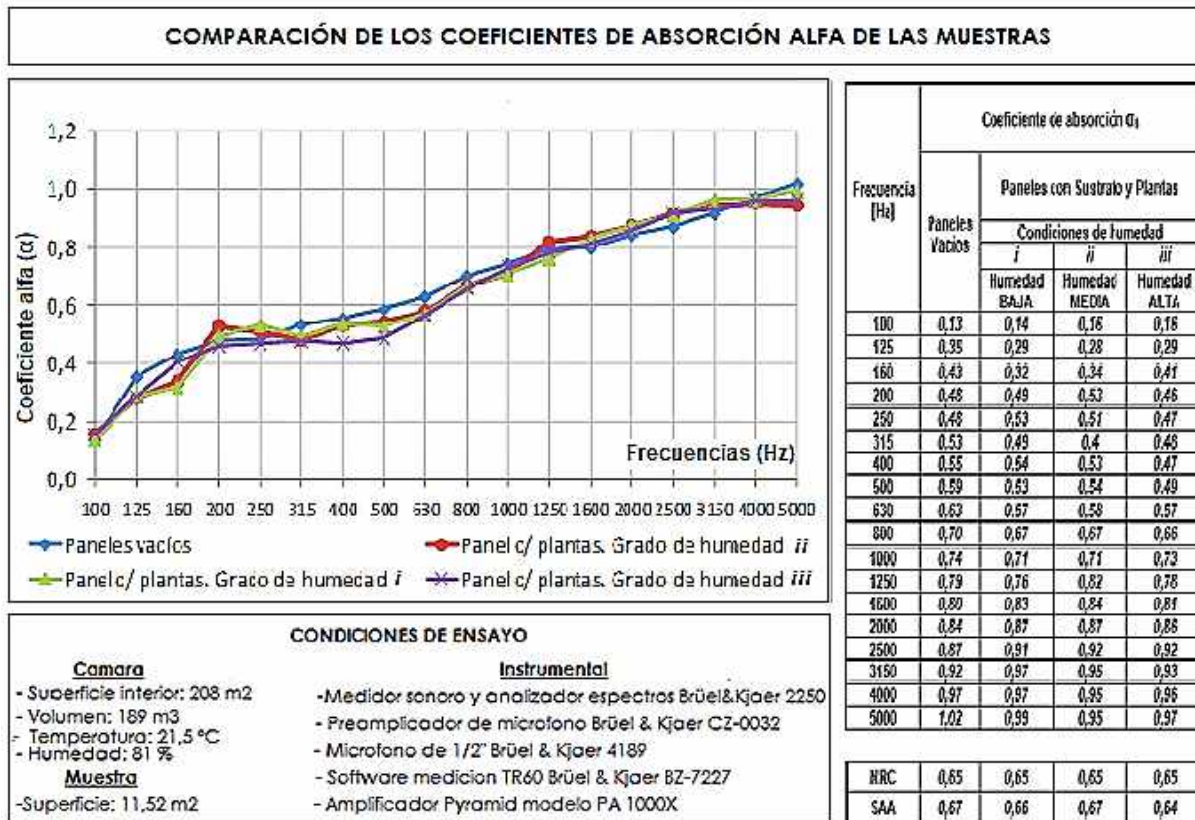


Figura 103 Muestras A) y B): Coeficientes de absorción α_s , NRC y SAA

Fuente: LAL – CIC

Los resultados promedio obtenidos a partir de las tres condiciones de humedad de la muestra, indican un alfa ponderada $\alpha_w = 0,65$, valor similar al de otros estudios análogos (Yang et al., 2013; Attai et al., 2021; Horoshenkov et al, 2011).

Respecto a la influencia del porcentaje de cobertura vegetal en la prestación fonoabsorbente, se compararon los resultados obtenidos de la *Muestra A*, vacía, y de la *Muestra B* con una cobertura del 85%. En la **Figura 104** se grafican estos resultados junto a los del trabajo realizado por Wong³⁸ et al. (2010) con coberturas del 43%, 71% y 100%.

³⁸ La muestra que se utilizó en el estudio de Wong et al. constaba de dos marcos de madera con diferentes bastidores inclinados hacia el interior, donde se colocaron varias macetas de plantas para simular una fachada vegetal. Dependiendo del número de macetas colocadas en cada estante, la cobertura vegetal variaba de modo que era posible lograr el 43, 71 y 100% de cobertura vegetal.

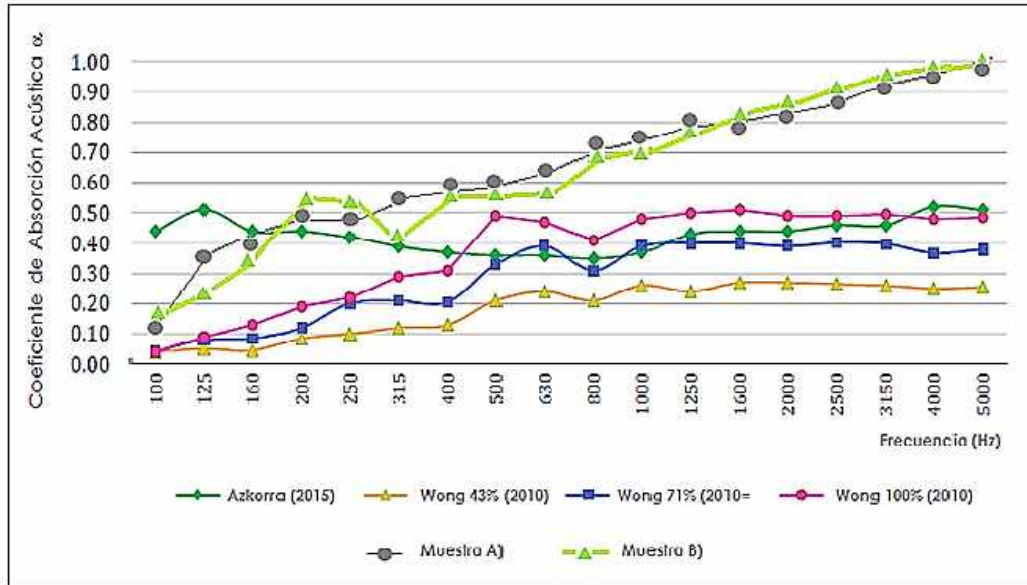


Figura 104 Influencia del porcentaje de cobertura respecto a las Muestras A) y B)

Fuente: en base a Azkorra

También se cotejó el comportamiento fonoabsorbente de diversos materiales utilizados en fachadas respecto a la *Muestra B* en el estado de equilibrio (*condición ii*), a la que se llamó *Muestra Promedio* (Figura 105).

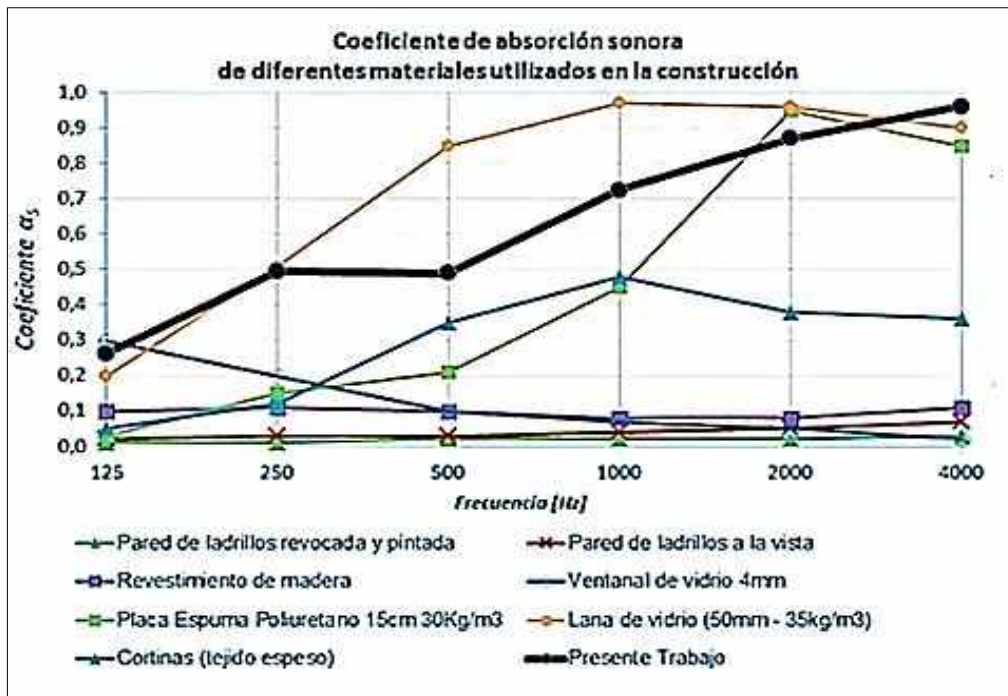


Figura 105 Comparación de los coeficientes de absorción acústica de la Muestra Promedio respecto a otros elementos constructivos

Fuente: LAL - CIC

Del gráfico se puede concluir que la *Muestra Promedio* presenta un buen comportamiento fonoabsorbente ($\alpha_w = 0,65$), comparable al de materiales considerados como elementos fonoabsorbentes puros como la lana de vidrio. La curva de absorción muestra un crecimiento sostenido a partir de los 500 Hz, concordando con otros trabajos relacionados (Azkorra, 2015). En la región cercana a los 200 Hz presenta un pico no habitual en los materiales fonoabsorbentes de tipo poroso puro como el fieltro que se puede asociar a la presencia de la cámara de aire de 5 cm de espesor entre los módulos y el muro de la sala reverberante, que es una contribución interesante y positiva en las prestaciones fonoabsorbentes del conjunto, tal como sostienen algunos autores como Azkorra et al. (2015) y Thomazelli et al. (2016).

A partir de la información relevada puede concluirse que las prestaciones fonoabsorbentes del SJV modular objeto de estudio son independientes de la presencia de las especies vegetales y del sustrato. Dicho resultado se basa en el buen comportamiento fonoabsorbente del doble fieltro de algodón, que recubría la estructura y formaba los bolsillos para las plantas en el primer ensayo (*Muestra A*), que concuerda con los resultados de estudios de tipologías similares basadas en fieltros aún sin la presencia de la vegetación y el sustrato, con buenas prestaciones en la zona de alta frecuencia (Davis et al., 2016; Wong 2010).

Sin embargo, cabe aclarar que el comportamiento fonoabsorbente de un SJV modular depende además de otros factores relacionados directa y/o indirectamente con su diseño (Azkorra et al., 2015; Thomazelli et al., 2016). En la **Figura 106** se compara la absorción en tercios de octava de la *Muestra Promedio* con la de otros estudios similares.

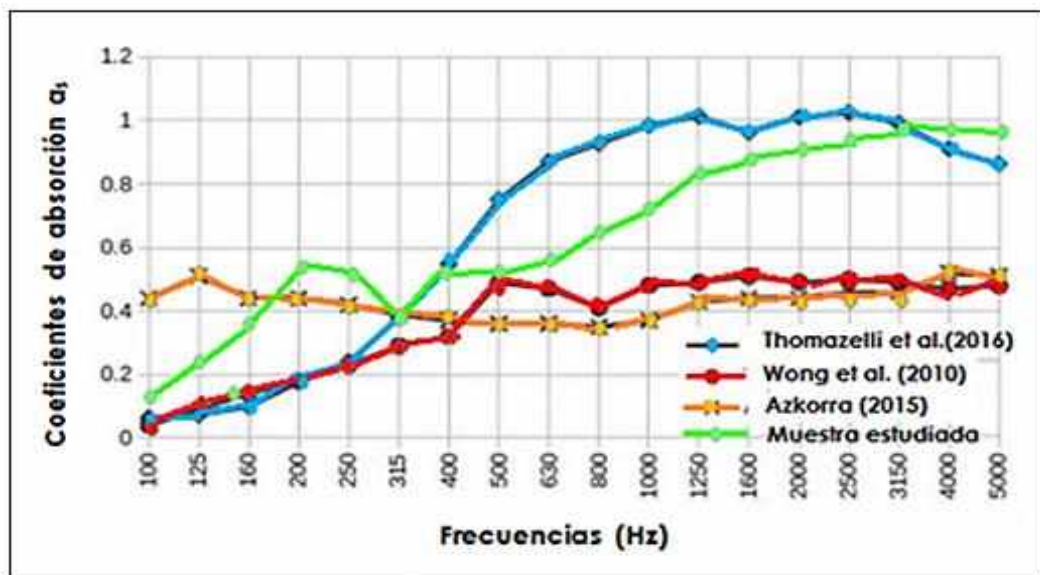


Figura 106 Comparación de las prestaciones fonoabsorbentes de diversos SJV

Fuente: en base a Thomazelli et al.



En el ensayo de Thomazelli et al. (2016) se midió un SJV con módulos de bolsas de geotextil en las que se insertaron las especies vegetales y el correspondiente sustrato. El de Azkorra et al. (2015) evaluó un SJV con módulos tipo boxes plásticos con el sustrato y vegetación basada en monocultivo con alta densidad de siembra (**Figura 92**). Wong et al. (2010), por su parte, ensayó 8 tipologías diferentes de jardines verticales, una de ellas el SJV modular de la **Figura 86**.

La *Muestra Promedio*, en contraste con los estudios citados, expuso un buen comportamiento fonoabsorbente, sobre todo tomando en consideración el reducido volumen y el bajo peso por m² del conjunto. Debe considerarse, sin embargo, que la prestación acústica depende del estado en que se encuentre el fieltro, por lo que es necesario evaluar el desgaste del material por exposición al ambiente externo.

En síntesis, puede afirmarse que los SJV estudiados poseen buenas prestaciones fonoabsorbentes con relación a su uso a escala edilicia y urbana.

7.5.1.1.5 Conclusiones de las prestaciones fonoabsorbentes de las muestras ensayadas

A partir de los resultados obtenidos de los ensayos en cámara reverberante se puede inferir que:

- 1) *El SJV modular liviano estudiado reveló una buena capacidad fonoabsorbente.*
- 2) *Dadas sus características, la prestación fonoabsorbente se mantiene elevada ante el colapso del ecosistema natural o el anegamiento del conjunto.*
- 3) *La vegetación en el sistema estudiado ofreció un aporte acotado para la atenuación del sonido, fundamentalmente en alta frecuencia, a causa del efecto de dispersión.*
- 4) *No se observó una correspondencia entre el porcentaje de cobertura vegetal y el incremento del coeficiente de absorción acústica.*
- 5) *Aunque las especies vegetales incluidas en el estudio fueron adecuadas para la zona, para lograr mejores prestaciones fonoabsorbentes se sugiere utilizar plantas de estructura porosa, con hojas pilosas y/o cavernosas), para que las plantas también contribuyan a la reducción de los niveles de ruido.*
- 6) *Si bien el SJV modular investigado contenía poco sustrato por la limitación de sus bolsillos, los SJV modulares livianos con un volumen mayor de sustrato podrían resultar más eficaces para la reducción del ruido en baja y media frecuencia.*
- 7) *La presencia de una cámara de aire entre el SJV modular y la fachada del edificio contribuye a la mitigación del ruido.*
- 8) *La magnitud de la contribución fonoabsorbente no debe generalizarse ya que depende del diseño específico, de los materiales constitutivos del SJV y del mantenimiento del conjunto.*



7.5.1.2 SEGUNDA ETAPA: mediciones de aislamiento acústico³⁹

El aislamiento acústico es la capacidad de los materiales, las técnicas y las tecnologías para reducir, atenuar o anular la transmisión del sonido entre dos espacios. Se expresa a través de un número único conocido como *Índice de Reducción R*, que se determina mediante una metodología especificada en la norma *IRAM* correspondiente.

En general, el aislamiento acústico es función de la masa del material y, tal como se pudo ver en el *Capítulo 6*, solo algunas tipologías de jardines con varias capas superpuestas y estratos de vegetación intercaladas con aire poseen una masa significativa (Dunnett y Kingsbury, 2004). Los SJV aplicados en fachadas contribuyen a su aislamiento acústico (Azkorra et al., 2015 citado por Brković et al., 2019), sobre todo cuando poseen una cámara de aire significativa (Suarez et al., 2018).

7.5.1.2.1 Objetivos

i. Objetivo general

El objetivo de los ensayos, en las dos configuraciones de la muestra, fue medir y analizar el aislamiento acústico aportado por un SJV modular liviano frente al ruido externo.

ii. Objetivos específicos

- ✓ *Comparar en el laboratorio los métodos de ensayo tradicional e intensimétrico, a fin de obtener la mayor cantidad de información respecto al comportamiento fonoaislante.*
- ✓ *Relevar la muestra en las dos direcciones. La normativa ISO específica exige colocarla del lado más absorbente de la sala emisora.*
- ✓ *Estimar las pérdidas del poder fonoaislante en los puntos críticos de la muestra a través del método intensimétrico.*

7.5.1.2.2 Organización de los ensayos

La investigación sobre el poder fonoaislante de las muestras en relación al ruido aéreo se desarrolló con configuraciones similares a los ensayos de absorción acústica. El ecosistema construido para los ensayos en cuestión se denominó *Muestra C*, mientras que el del SJV modular completo con las especies vegetales y el sustrato con hidratación en equilibrio se le asignó el nombre de *Muestra D*. Se realizaron en total seis ensayos de aislamiento acústico en la *cámara de transmisión* del laboratorio *CIC-LAL*, cuyo fin fue determinar el *Índice de Reducción R* a través de dos metodologías diferentes en similares condiciones, de modo que

³⁹ El detalle de los ensayos se encuentra en los *Anexos D y E*.



se pudieran comparar sus resultados.

Los ensayos en las *Muestras C y D* se dividieron en dos bloques definidos a partir de la metodología empleada.

7.5.1.2.2.1 BLOQUE 1: Método tradicional

Los ensayos de aislamiento acústico por el método tradicional o de presión sonora se realizaron según las siguientes pautas y condiciones:

a) Normativa

La norma *ISO 10140-2 (Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements — Part 2: Measurement of airborne sound insulation)*, equivalente a la norma *IRAM 4043-3 (Medición del aislamiento del sonido en edificios vía aérea en fachadas y sus elementos)*, se usó para el método de ensayo tradicional o de presión sonora. La norma especifica la condición de las instalaciones, en este caso la *cámara de transmisión*, el instrumental requerido, las características de la muestra representativa y el método de cálculo para obtener el *índice de aislamiento acústico ponderado R_w* de los materiales y/o sistemas.

b) Instalaciones

Los ensayos se realizaron en la *Cámara de Transmisión del Laboratorio de Acústica y Luminotecnia*, centro dependiente de *Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (LAL-CIC)*, cuyas características constructivas siguen la *Norma ISO* mencionada, que son:

La *cámara de transmisión* debe estar formada por dos espacios contiguos, la *sala emisora* y la *sala receptora*, separados entre sí por una pared con una abertura (*porta-muestra*) en la que se aloja la muestra.

En el caso de la cámara de transmisión del *LAL-CIC*, los volúmenes de la *sala emisora* y *sala receptora* son de $97,4 \text{ m}^3$ y $99,2 \text{ m}^3$ respectivamente, con una abertura de $2\text{m} \times 2 \text{ m}$ para la colocación de una muestra, cuya superficie máxima no debe superar los 4 m^2 (

Figura 107).

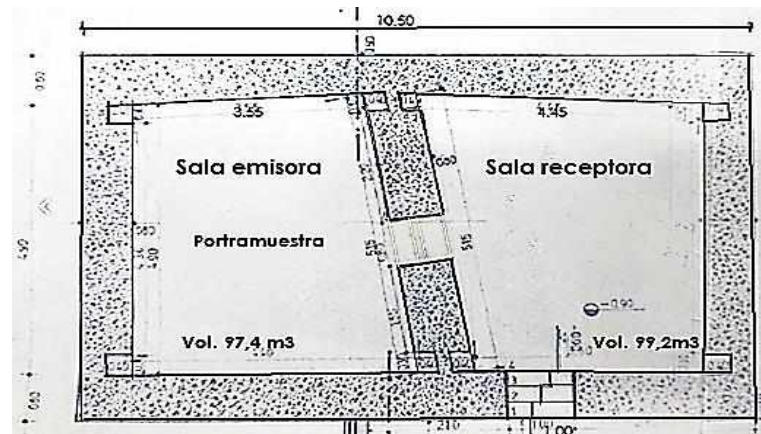


Figura 107 Planta de la cámara de transmisión del LAL-CIC

Fuente: documentación provista por el LAL-CIC

c) Instrumental

El instrumental empleado para los ensayos de aislamiento acústico al ruido aéreo con el método convencional de presión sonora fue:

- ✓ *Medidor de nivel sonoro y analizador de Nivel Sonoro marca Brüel & Kjaer, modelo 2250*
- ✓ *Pre-amplificador de micrófono marca Brüel & Kjaer, Type ZC-0032*
- ✓ *Micrófono de ½" marca Brüel & Kjaer Type 4189.*
- ✓ *Altavoz potenciado marca Full Energy.*
- ✓ *Fuente sonora dodecaédrica omnidireccional*

d) Descripción de las muestras

Cada una de las dos *Muestras* para los ensayos de aislamiento acústico se armó con 2 módulos similares a los usados para medir las prestaciones fonoabsorbentes y se colocaron en el *portamuestra* de la *sala de transmisión*. Las dimensiones individuales de las muestras fueron de 1,66 m de ancho por 1,23m de alto, con una superficie total de 2,04⁴⁰ m² (**Figura 108**).

⁴⁰ La superficie de las Muestras era de 2,34 m² pero se redondeó a 2,04 m²

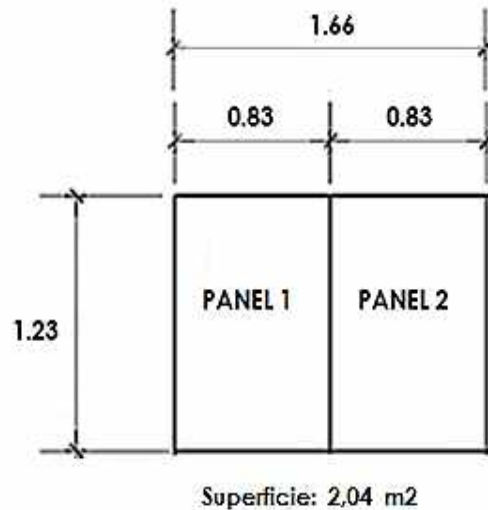


Figura 108 Esquema de la muestra

Fuente: elaboración propia

Las muestras investigadas fueron armadas en base a dos configuraciones: módulos vacíos - o ecosistema construido de los SJV modulares (*Muestra C*)- y módulos de SJV con vegetación y sustrato especialmente seleccionados (*Muestra D*).

Las mediciones de aislamiento al sonido aéreo en laboratorio incluyen solo la energía que llega a la sala receptora por vía directa. En condiciones reales también puede llegar por vía indirecta.

CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA MUESTRA C

En la *Muestra C* ensayada el material no presentaba desgaste físico ya que no fue expuesta al ambiente externo.

La instalación de la muestra en el *portamuestra* de la cámara de transmisión requirió la construcción de una pared de 20 cm en ladrillos huecos revocada en ambos lados, sobre la cual se amuró un marco de madera (

Figura 109).



Figura 109 Construcción de pared para la inserción de la muestra

Fuente: relevamiento personal

El *portamuestra* se armó con un marco de madera de 1,68 m de ancho x 1,25 m de altura que sirvió de estructura para el montaje de los dos paneles, colocados de forma adyacente y fijados mediante con tornillos autoperforantes. La cara visible de la muestra, la que presenta los bolsillos, se dispuso en la sala de transmisión tal como si fuera una fachada siguiendo las indicaciones de la norma ISO (

Figura 110).



Figura 110 Disposición de la Muestra en la sala de transmisión del LAL-CIC

Fuente: relevamiento personal

CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA MUESTRA D

La *Muestra D* fue expuesta durante tres años al ambiente externo en dos locaciones externas diferentes⁴¹ cuyas particularidades en cuanto a la orientación, el contexto ambiental, la alimentación y el mantenimiento se detallan en el *Anexo D*.

En la **Figura 111** se puede ver una imagen de la muestra colocada en la sala de transmisión.



Figura 111 Foto de la muestra dentro de la cámara de transmisión

Fuente: elaboración propia

e) Metodología de los ensayos de aislamiento acústico de laboratorio

Los ensayos de aislamiento acústico según el método tradicional o de presión sonora practicados en las *Muestras C* y *D* se realizaron en condiciones controladas, repetibles y reproducibles, siguiendo las especificaciones de las *Norma ISO 10140-2* y su equivalente nacional *IRAM 4043-3* a fin de obtener el *Índice de Reducción (R)* expresados en dB, que especifica las características de las muestras, del campo sonoro difuso, del posicionamiento de las fuentes sonoras y de los micrófonos dentro de la sala.

La señal acústica empleada (sonido incidente) fue una banda de *ruido blanco*⁴², generado a partir de un barrido de frecuencias comprendidas entre los 50 y 5000 Hz, emitido por una fuente sonora omnidireccional. La fuente se ubicó en 2 lugares diferentes y los micrófonos se situaron en 5 puntos fijos respetando lo prescrito en la normativa indicada (**Figura 112**).

⁴¹ Primero la muestra se ubicó sobre una de las fachadas del LAL-CIC (2017-2018), luego se la trasladó a la terraza de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo-UNLP (2019), espacio ocupado por el Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC).

⁴² Sonido que reúne todas las frecuencias que el oído humano es capaz de captar con la misma amplitud y potencia. Es llamado así en alusión a lo que sucede con la luz: la luz blanca es la suma de todos los colores.



Figura 112 Posiciones de micrófonos y fuentes en relación a la muestra durante la medición de aislamiento acústico.

Fuente: LAL – CIC

La norma indica que, para los casos de muestras con las dos caras diferentes, la cara más absorbente debe colocarse en la sala emisora. En el caso del presente estudio se decidió realizar el ensayo en ambos sentidos para analizar las posibles diferencias: se realizaron dos ensayos, una desde la sala transmisora hacia la receptora y el otro en sentido inverso.

f) Cálculos

El cálculo para determinar el *Índice de Reducción acústica R* por el *método convencional* se define mediante la siguiente expresión:

$$R (dB) = L1 - L2 + 10 * \text{Log } S/A$$

Donde,

L1 es el nivel de presión sonora promedio del ruido blanco emitido desde la fuente omnidireccional hacia la sala emisora;

L2 es el nivel de presión sonora promedio medido en la sala receptora

S: es el área de la muestra en m²

A: es el área de absorción sonora equivalente en el recinto receptor, en m²

A los niveles *R* relevados se les aplicaron correcciones en base al *ruido de fondo*⁴³ y al *tiempo de reverberación (TR)* indicados en la norma. Para la corrección al *tiempo de reverberación (TR)*, previo y post medición, se aplicó la fórmula de *Sabine*.

⁴³ Cualquier sonido no controlable que se produce de forma simultánea a la realización de una medición de ruido y que puede afectar el resultado.



Cada medición de nivel sonoro tuvo una duración de 20 segundos,⁴⁴ con 3 registros por cada combinación fuente-micrófono, calculándose el valor de TR a partir del promedio de 30 caídas. Además del *índice de reducción acústica* R para el ruido aéreo, los ensayos incluyeron los *índices globales de valoración del aislamiento acústico* -el *Índice de aislamiento ponderado* R_w y los *valores de adaptación espectral* C y C_{tr} , de acuerdo con la norma *ISO 717-1* y la norma nacional correspondiente *IRAM 4043-1*.

El índice R_w es el *aislamiento acústico ponderado* al ruido aéreo, relevado en laboratorio, un número único en decibeles (dB), que ofrece menos información espectral que la curva R pero que facilita la comparación entre diversos materiales. Los parámetros C y C_{tr} , son términos de adaptación espectral del R_w , C relacionado con fuentes de espectro similar al ruido rosa y C_{tr} , que destaca las bajas frecuencias, asociado al ruido del tráfico urbano, a la música en discotecas y a ciertas actividades industriales (Azkorra, 2015). La *adaptación* C por ruido rosa, se asocia al ruido del transporte ferroviario en alta velocidad, de ciertas actividades cotidianas (hablar, música, TV) y algunos ruidos producidos dentro de la vivienda (Azkorra, 2015).

7.5.1.2.3 Resultado de los ensayos de aislamiento acústico por el método tradicional

EVALUACIÓN DE LA MUESTRA C

Para establecer los índices de reducción acústica R y R_w y los valores de adaptación C y C_{tr} se realizaron mediciones en los dos sentidos entre las salas de la cámara de transmisión (**Figura 113**).

⁴⁴ La norma especifica un mínimo de 6 segundos.

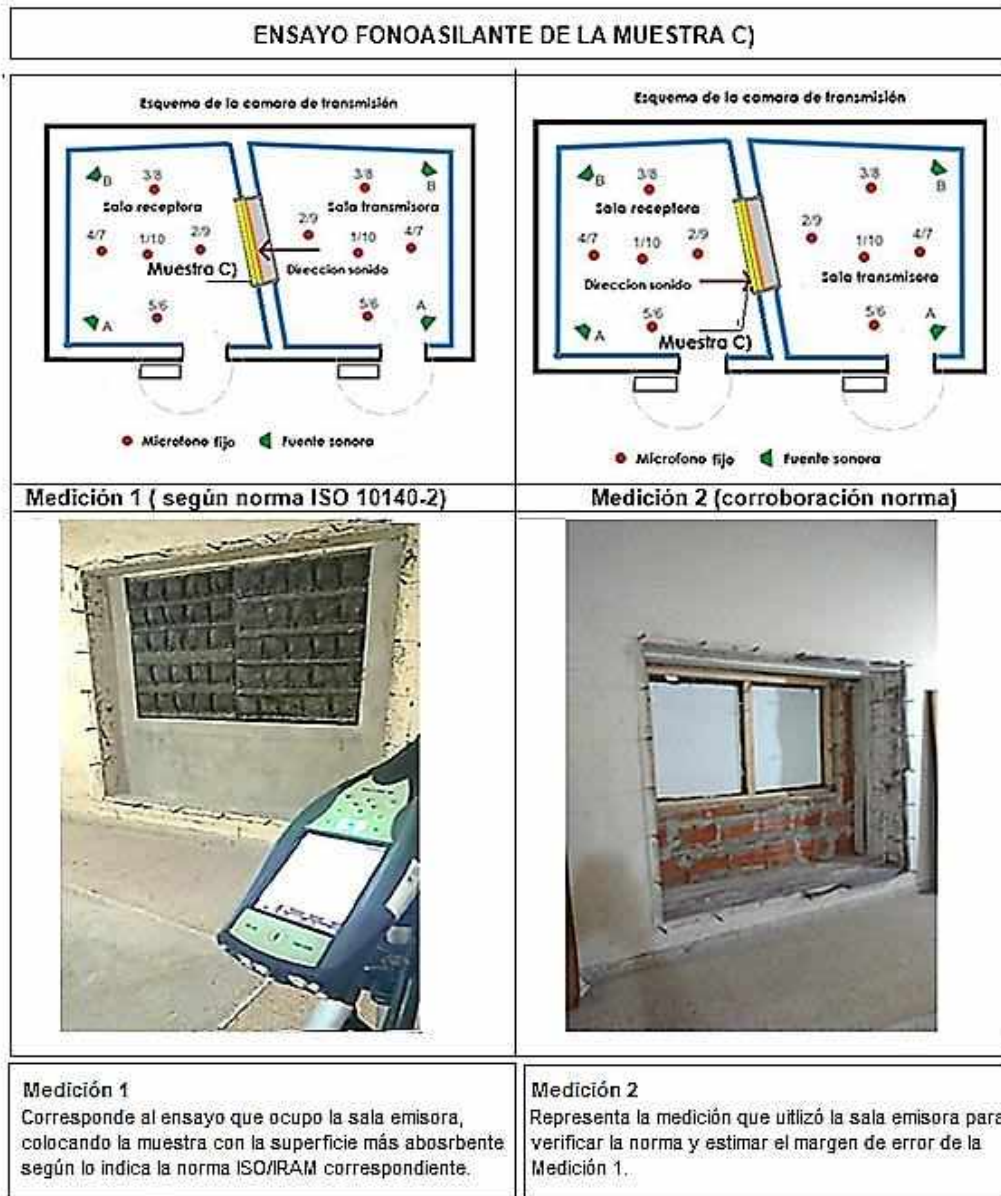


Figura 113 Ensayo de aislamiento acústico de la Muestra C en las dos salas de la cámara de transmisión LAL-CIC

Fuente: LAL – CIC / elaboración propia

EVALUACIÓN DE LA MUESTRA D

Las mediciones se realizaron en similares condiciones a las de la *Muestra C* (**Figura 114**).

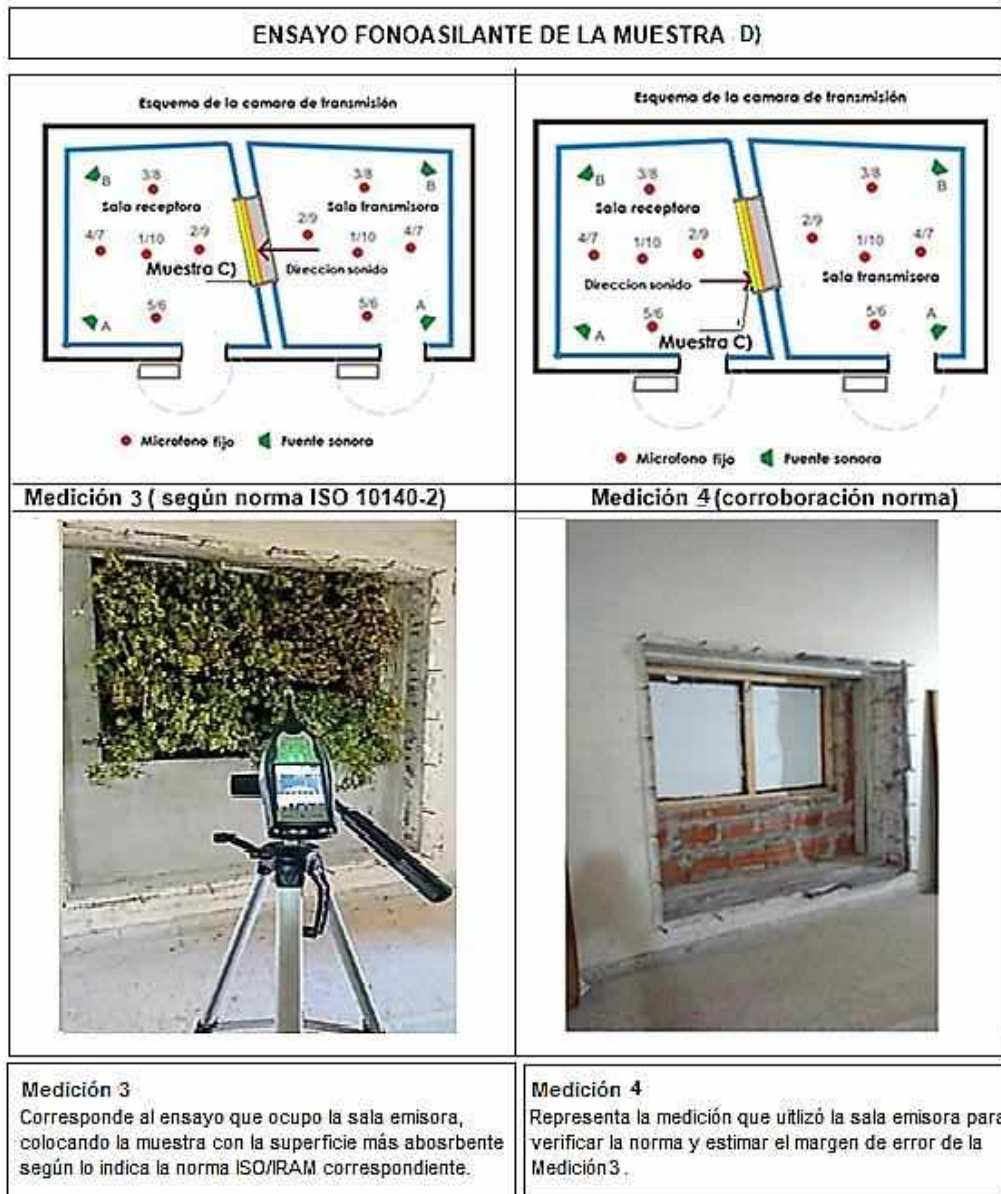


Figura 114 Ensayo de aislamiento acústico de la Muestra D con el detalle de las salas emisora y receptora de la cámara de transmisión.

Fuente: LAL – CIC

7.5.1.2.4 Corroboración de los ensayos de aislamiento utilizando las dos cámaras como emisoras

Los resultados de los ensayos de aislamiento acústico aplicados a la *Muestra C* se pueden ver en la **Figura 115**.

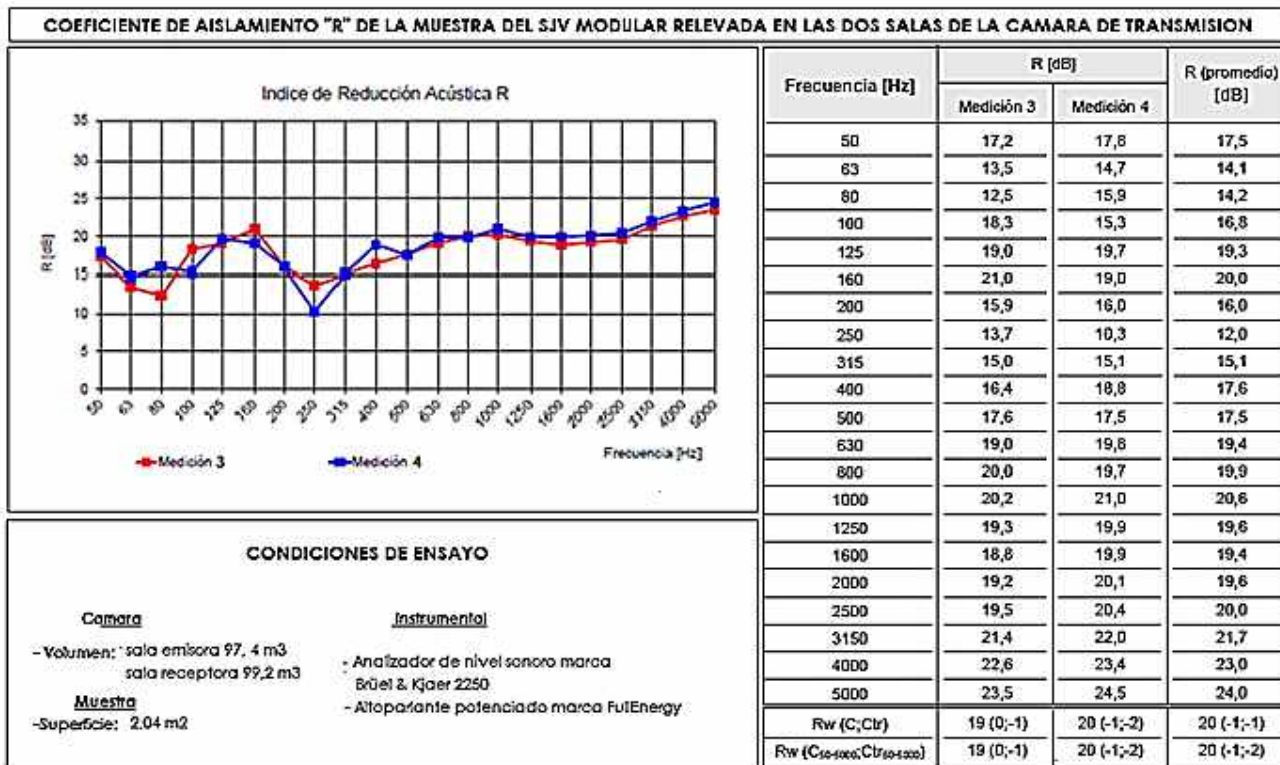


Figura 115 Comportamiento fonoaislante de la muestra con panel vacío relevado con las dos salas de la cámara reverberante.

Fuente: LAL – CIC

De la observación de los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

- ✓ Las curvas correspondientes a la Muestra C muestran comportamientos fonoaislantes similares en ambos sentidos de las salas ($R_w = 21$ dB), con una pequeña sobrestimación de las prestaciones en las bajas y medias frecuencias en el caso de la medición según norma.
- ✓ Las mediciones en los dos sentidos mostraron un patrón inestable en las bajas frecuencias, incrementando su capacidad fonoaislante en las altas frecuencias, en especial a partir de los 2000 Hz.

Los resultados de los ensayos de aislamiento acústico aplicados a la *Muestra D* se pueden ver en la **Figura 116**.

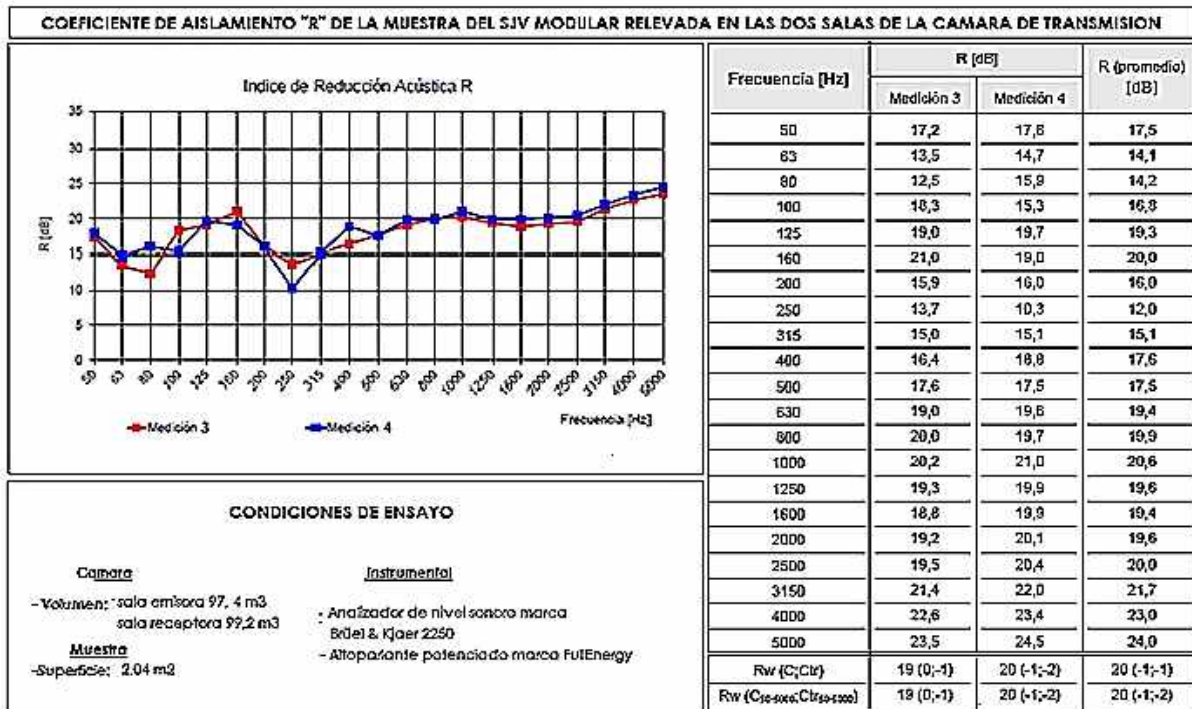


Figura 116 Coeficiente de aislamiento acústico R relevado en las dos salas de la cámara de transmisión

Fuente: LAL-CIC

A partir del examen de dichos valores recabados, se puede concluir que:

- ✓ Las curvas relacionadas con la Muestra D mostraron un comportamiento similar al de la Muestra C, aunque en este caso la sobreestimación recayó en el rango de las bajas frecuencias.
- ✓ Para el caso de las frecuencias medias y altas las curvas en ambas mediciones resultaron similares.

El índice ponderado de reducción del sonido R_w de la Muestra D se comparó con la curva de referencia de la norma ISO 717-1:2020, conocido como perfil desplazado (Figura 117).

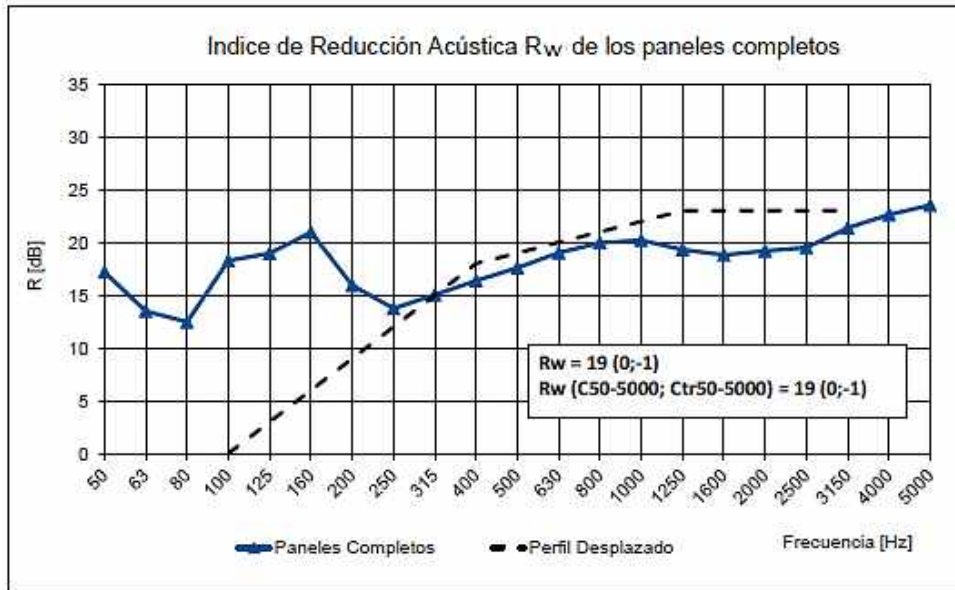


Figura 117 Comparación de la Muestra completa D respecto a la curva de referencia de la norma ISO 717-1:2020

Fuente: LAL-CIC

La curva medida muestra mejores prestaciones que el perfil de referencia en el rango entre 100 y 315 Hz.

7.5.1.2.5 Conclusiones sobre los ensayos de aislamiento por el método tradicional

A fin de discutir los resultados obtenidos en las dos configuraciones (Muestras C y D), en la **Figura 118** se comparan los valores de R en tercios de octava.

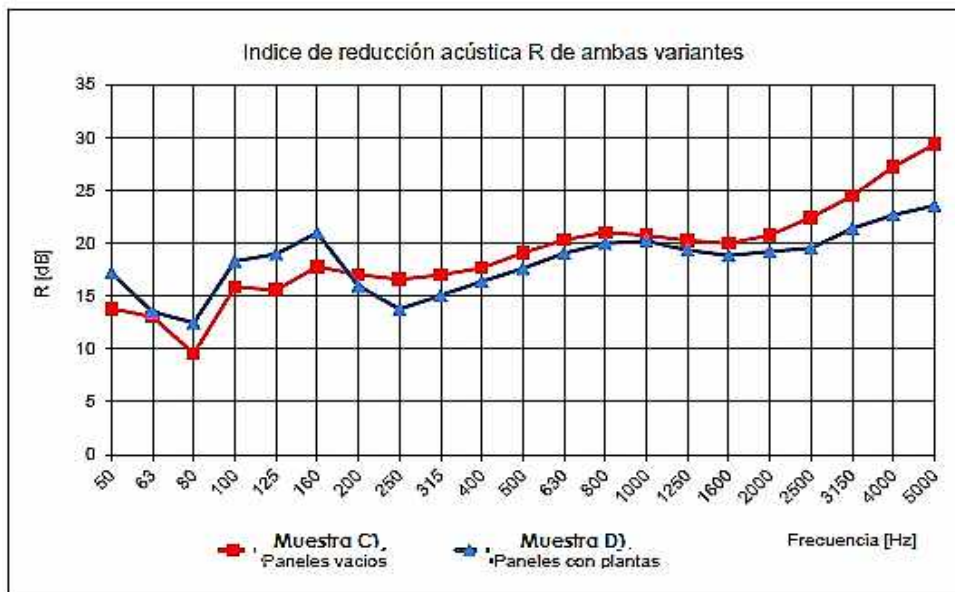


Figura 118 Comparación entre los índices R en las dos condiciones (vacíos y SJV)

Fuente: LAL - CIC



Del gráfico se puede destacar:

- ✓ *El conjunto, en las dos configuraciones, ofrece un bajo aislamiento acústico debido a su diseño liviano, con escasa masa/m² aún con la vegetación.*
- ✓ *Los resultados obtenidos coincidieron en gran medida con investigaciones similares sobre el tema (Azkorra, 2015; Thomazelli et al., 2016).*
- ✓ *Las curvas R, para las dos configuraciones, son relativamente estables a lo largo de todo el rango en frecuencias, hecho que resalta el escaso aporte de la vegetación.*
- ✓ *Se encontraron algunas diferencias de hasta 5 dB, tanto en las zonas de bajas frecuencias (entre 100 y 250 Hz) como en las zonas de frecuencias medias y altas (por encima de 300 Hz).*
- ✓ *La presencia de especies vegetales, y sobre todo del sustrato, transformaron las características de la masa del conjunto al modificar las condiciones de resonancia del conjunto.*
- ✓ *La Muestra D mostró problemas fonoaislantes, fundamentalmente en las áreas de las juntas causadas por su diseño no unificado, la falta de hermeticidad y las uniones deficientes por el desgaste del material. Dichas fugas de sonido se manifestaron claramente en los ensayos por el método intensimétrico.*
- ✓ *Es posible alcanzar mejoras considerables en las prestaciones fonoaislantes si se aumenta la masa del conjunto como el aumento del espesor del panel, del fieltro, etc.*
- ✓ *El poder fonoaislante se puede mejorar incrementando mejorando la hermeticidad, agregando una cámara de aire con material fonoabsorbente entre el conjunto y la pared de anclaje y/o desacoplando el anclaje de la fachada, entre otros.*

7.5.1.2.6 Comparación acústica entre las muestras y otros materiales

Es posible comparar el comportamiento de las Muestras C y D respecto a otros materiales de construcción en base a los coeficientes de reducción R (Figura 119).

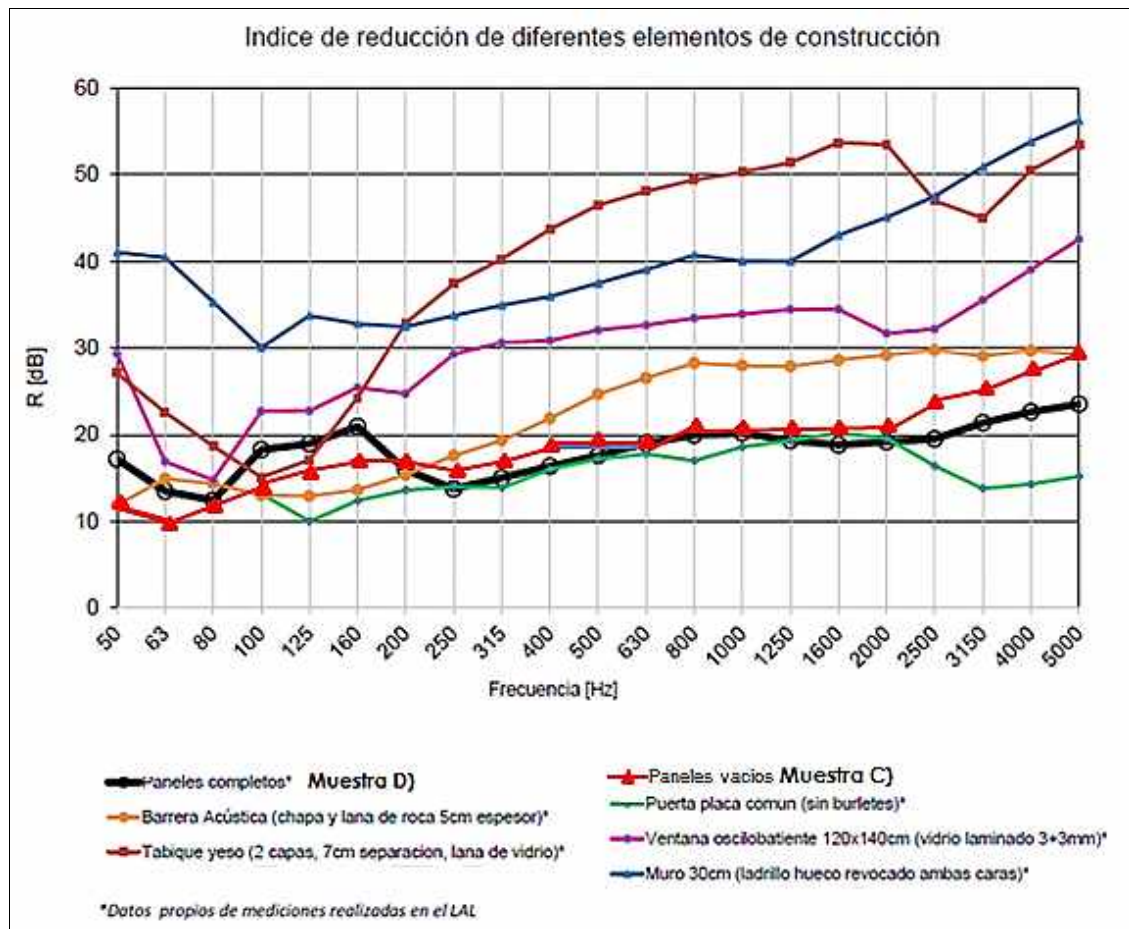


Figura 119 Índice de reducción R de diversos elementos constructivos

Fuente: LAL-CIC

A partir de la observación del gráfico anterior se puede comentar que:

- ✓ Los coeficientes R de las muestras ensayadas son inferiores a los de otros materiales y soluciones constructivas.
- ✓ En base a la Ley de Masa⁴⁵, el bajo aislamiento se relaciona principalmente con la escasa masa /m². La Muestra D, la de mayor masa, pesó cerca de 23 kg/m², mucho menor a la del ladrillo con unos los 200 kg/m².
- ✓ Se puede concluir las muestras estudiadas no aportan un aislamiento acústico significativo. Los valores medidos son similares a los de una puerta sin burletes.

⁴⁵ La Ley de masa o Berger indica que existe una relación entre la efectividad del aislamiento acústico, la masa superficial (masa/unidad de superficie) y la frecuencia de sonido. En tal sentido, la ley indica que duplicando la masa se reducen 6 dB del sonido incidente.

7.5.1.2.6.1 BLOQUE 2: Método intensimétrico

Las condiciones de los ensayos de aislamiento por el método intensimétrico son:

a) Normativa

La norma empleada para la realización de los ensayos de aislamiento mediante el método intensimétrico fue la *ISO-15186-1 (Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements using sound intensity - Part 1: Laboratory measurements)*, que describe las condiciones y los procedimientos estandarizados para obtener el *índice de reducción del sonido R_{in}* por el método intensimétrico.

b) Instalaciones

Las instalaciones utilizadas fueron las mismas usadas para los ensayos por el método de presión sonora o convencional.

c) Instrumental

El instrumental empleado para el método intensimétrico fue:

- ✓ Sistema portátil de intensimetría sonora Tipo 2270 Brüel & Kjaer.
- ✓ Analizador Portátil Tipo 2270 Brüel & Kjaer.
- ✓ Calibrador Tipo 4297 Brüel & Kjaer
- ✓ Software de intensidad sonora BZ-7233 Brüel & Kjaer.
- ✓ Kit de sonda de intensidad sonora Tipo 3654 para análisis y cálculos Brüel & Kjaer.
- ✓

Figura 120 se pueden ver algunos de los instrumentos utilizados.





Figura 120 Detalle del instrumental y calibración de la sonda intensimétrica

Fuente: relevamiento propio

d) Muestras

Las Muestras C y D fueron las mismas utilizadas en el *Bloque 1*.

e) Metodología de ensayo

Los ensayos de aislamiento acústico de las *Muestras C* y *D*, para el *Bloque 2*, fueron realizados para determinar el *Índice de Reducción Acústica* R_{in} a través del método intensimétrico siguiendo las especificaciones de la norma *ISO-15186-1*. La *intensidad sonora* es la cantidad de energía acústica por unidad de superficie y el método intensimétrico mide el “vector de intensidad” que contiene información sobre la magnitud, dirección y sentido de la onda. El vector de intensidad se mide con un instrumento conocido como *sonda intensimétrica*, que consta de dos micrófonos enfrentados y separados por una pequeña distancia mediante un elemento llamado espaciador.

A través de la diferencia de presión sonora entre los dos micrófonos es posible determinar la velocidad media de las partículas y, con ese valor, calcular la intensidad.

El relevamiento de intensidad sonora se realiza con la sonda intensimétrica en los puntos establecidos por una *grilla-guía*, elaborada ad hoc, de dos formas: a través de los entrecruzamientos (puntos) y/o mediante el barrido del área en sentido horizontal y vertical. La medición se puede realizar de forma manual, con una sonda portátil, o con un brazo. En este caso se utilizó la técnica de barrido indicada en la norma *ISO*, en la que el operador de la sonda portátil se coloca a un lado de la muestra para que su cuerpo no interfiera en los resultados. La sonda intensimétrica debe calibrarse antes y después de cada medición. Figura 121.

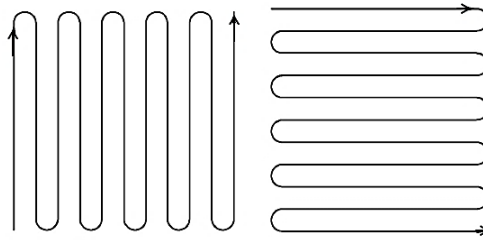


Figura 121 Método por barrido: recorridos de la sonda intensimétrica

Fuente: elaboración propia

Los barridos de las *Muestras C y D* fueron realizados con la sonda intensimétrica portátil en la sala receptora de la cámara de transmisión del *LAL-CIC*, con la fuente sonora activa en el recinto emisor.

Figura 122).

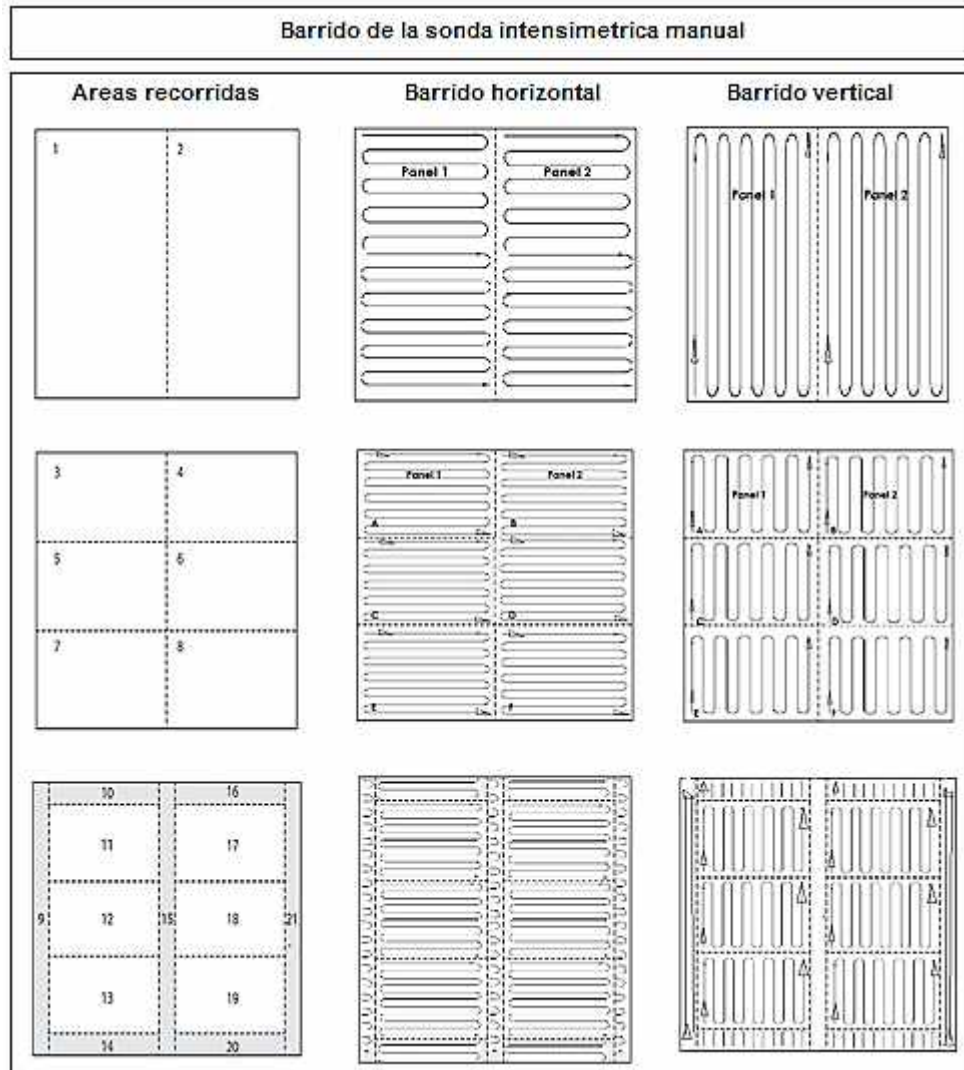


Figura 122 Recorridos de la sonda intensimétrica sobre la muestra
Fuente: elaboración propia en base a Fausti et al.

Figura 123).



Figura 123 Muestra D. Trazado de las áreas para su barrido

Fuente: relevamiento fotográfico personal

f) Cálculos

El cálculo del índice de reducción sonora por el método de intensidad se realizó en base a la norma *ISO 15186-1*. La expresión que define el R_{In} , es la siguiente:



$$R_{in} = L_{p1} - 6 - L_{in} + 10 \log \log \frac{S_m}{S}$$

Donde:

- L_{p1} : nivel de presión acústica promedio en la sala emisora;
- L_{p2} : presión sonora promedio;
- S : área de la sala expresada en m^2 ;
- S_m : área normal a la superficie de medición;
- L_{in} : nivel de presión acústica promedio en la sala receptora.

El nivel de intensidad de sonido normal (L_{in}) es:

$$L_{In} = 10 \log \log \left(\frac{1}{S_m} \sum_i S_{m,i} 10^{0.1L_{In,i}} \right)$$

Donde:

- L_{in} : nivel de intensidad del sonido normal;
- $S_{m,i}$: área normal a la superficie de medición de cada muestra medida en m^2 ;
- S : área de la superficie de la sala medida en m^2 ;

El nivel de *intensidad sonora promedio* L_{In} , se midió utilizando un escaneo manual con la sonda portátil siguiendo las trayectorias horizontales y verticales en cada área de las *Muestras C y D*.

7.5.1.2.7 Resultados de los ensayos de aislamiento acústico por el método *intensimétrico*

Los índices de reducción de sonido según el método *intensimétrico* (R_{in}), calculados para las dos configuraciones de las muestras, se enuncian en bandas de tercio de octava para el rango de frecuencias comprendidas entre los 1000 Hz a 2000 Hz. Las curvas del R_{in} obtenidas se pueden ver en **Figura 124**.

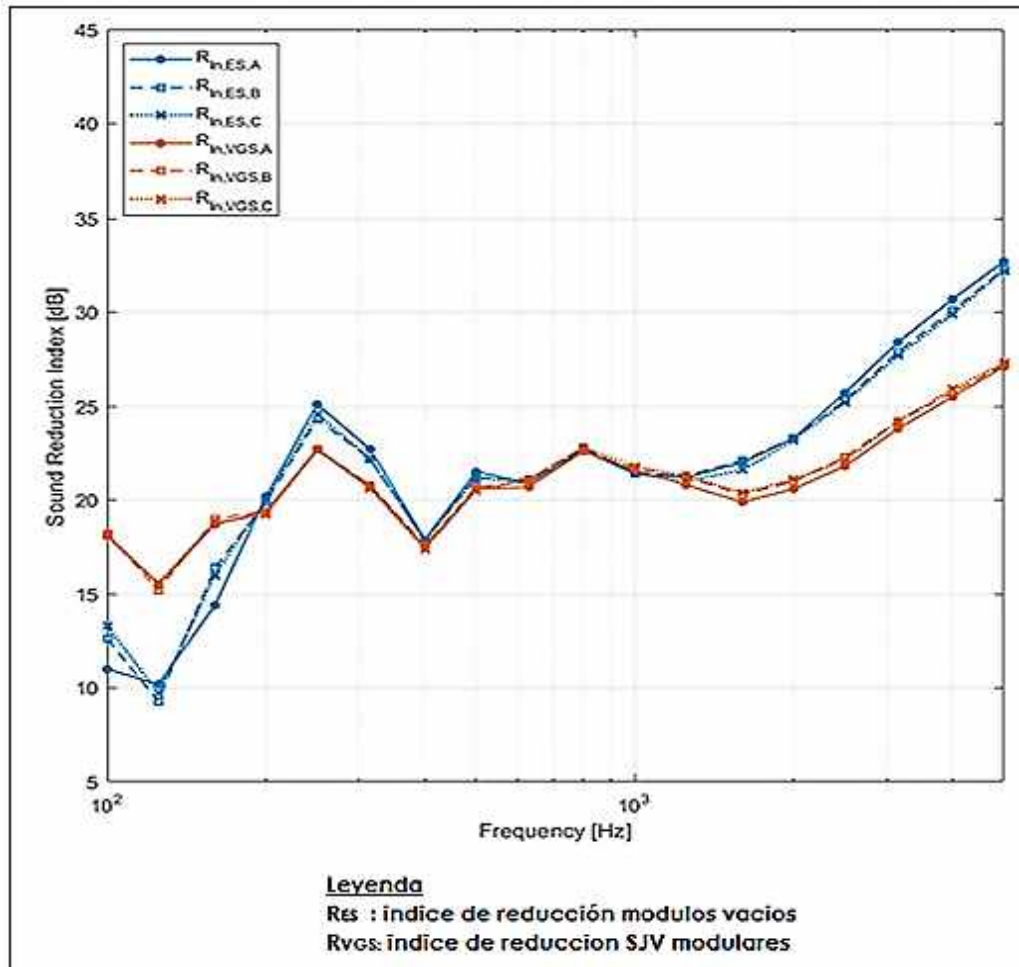


Figura 124 Índice de reducción acústica por método intensimétrico en bandas de octavas (1000 a 2000 Hz)

Fuente: Fausti et al.

En el gráfico se puede ver que existen diferencias mínimas entre las dos configuraciones ensayadas. Se puede inferir que la presencia de vegetación no aporta un aumento del aislamiento significativo y que, dado el desgaste por la exposición externa del material que recubre los módulos, entorpece la unión hermética de las juntas.

Los resultados de los ensayos de aislamiento acústico realizados con el método intensimétrico coincidieron con los realizados por el método convencional de presión sonora. El método intensimétrico ofrece la posibilidad de construir mapas para las diferentes bandas de frecuencias, que ayudan a detectar las áreas críticas (bordes y juntas). (Figura 125).

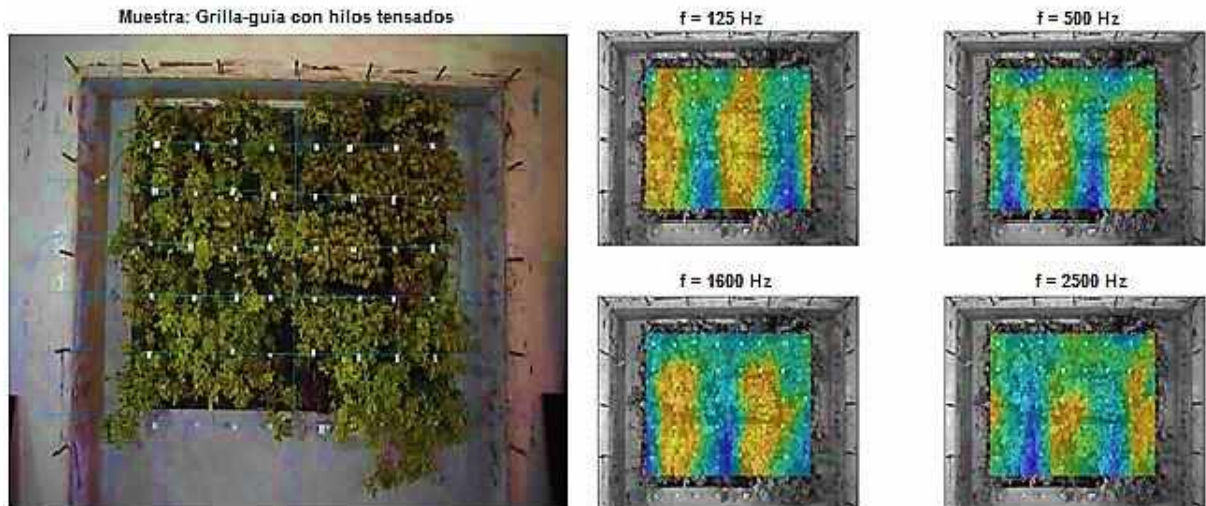


Figura 125 Mapas de niveles de intensidad de sonido en cuatro bandas de tercio de octava.

Fuente: Fausti et al.

Se pueden observar los mapeos diferenciados en cuatro bandas de tercio de octava (125, 500, 1600 y 2500 Hz) enmarcadas por la cuadrícula-guía. A excepción de la banda centrada en 1600 Hz, se encontró una importante transmisión del sonido a través puntos y/o puentes acústicos como el perímetro interno del marco de soporte y en las juntas no herméticas de los módulos.

La frecuencia crítica del sistema se manifiesta en la reducción del *índice de reducción del sonido* R_{in} , en el rango de 1000 a 2000 Hz, específicamente en el tercio de octava de 1600 Hz. Los niveles de intensidad sonora más elevados fueron radiados por los dos módulos.

7.5.1.2.8 Comparación de los ensayos de aislamiento acústico

SEGÚN EL MÉTODO DE ENSAYO

A fin de conocer la precisión de los dos ensayos de aislamiento acústico aplicados a las *Muestras C y D* se cotejaron las curvas obtenidas (**Figura 126**).

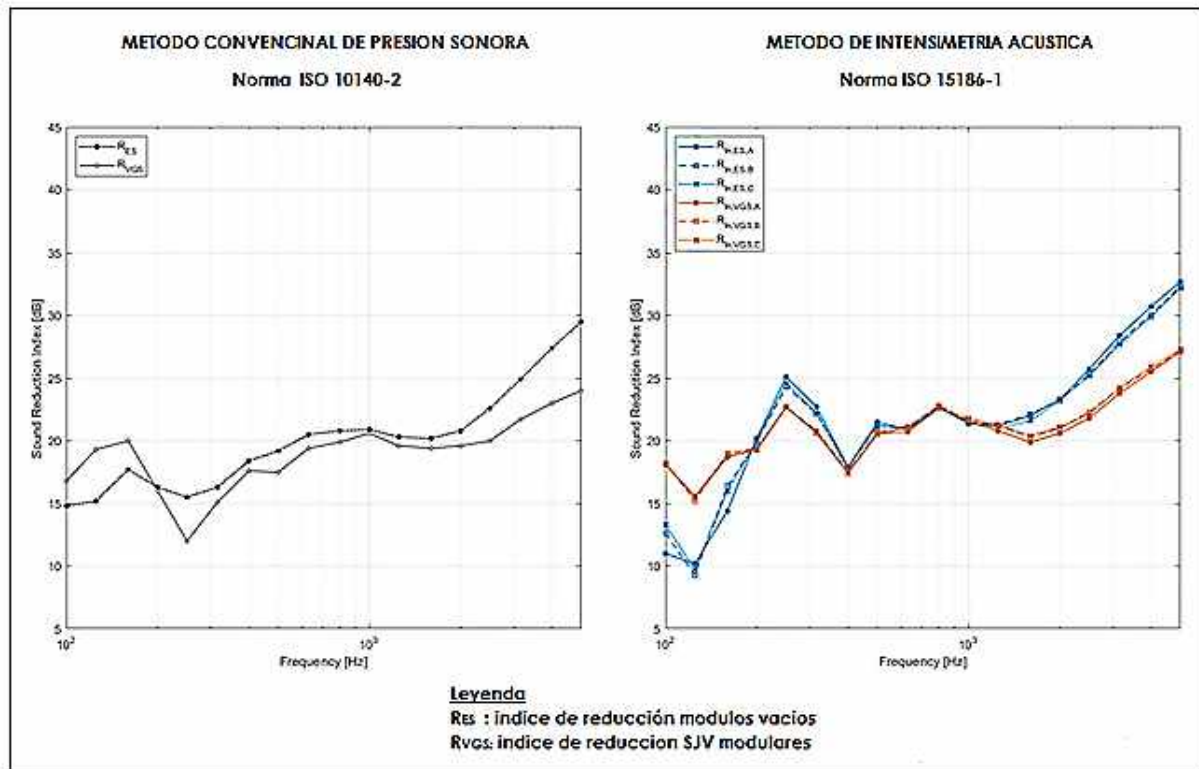


Figura 126 Comparación entre los dos métodos de relevamiento

Fuente: Fausti et al.

De la comparación de los gráficos se aprecian diferencias mínimas en los resultados de los dos métodos de ensayo, aunque el método intensimétrico ofrece mayor información. En líneas generales, las *Muestras C* y *D* poseen bajas prestaciones fonoaislantes, con escaso aporte de la vegetación en los resultados finales. En el caso de la *Muestra D*, además de la poca masa del conjunto, hay que sumar la degradación causada por los 3 años de exposición al ambiente externo y una cobertura vegetal poco compacta.

SEGÚN EL COMPORTAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Figura 127.

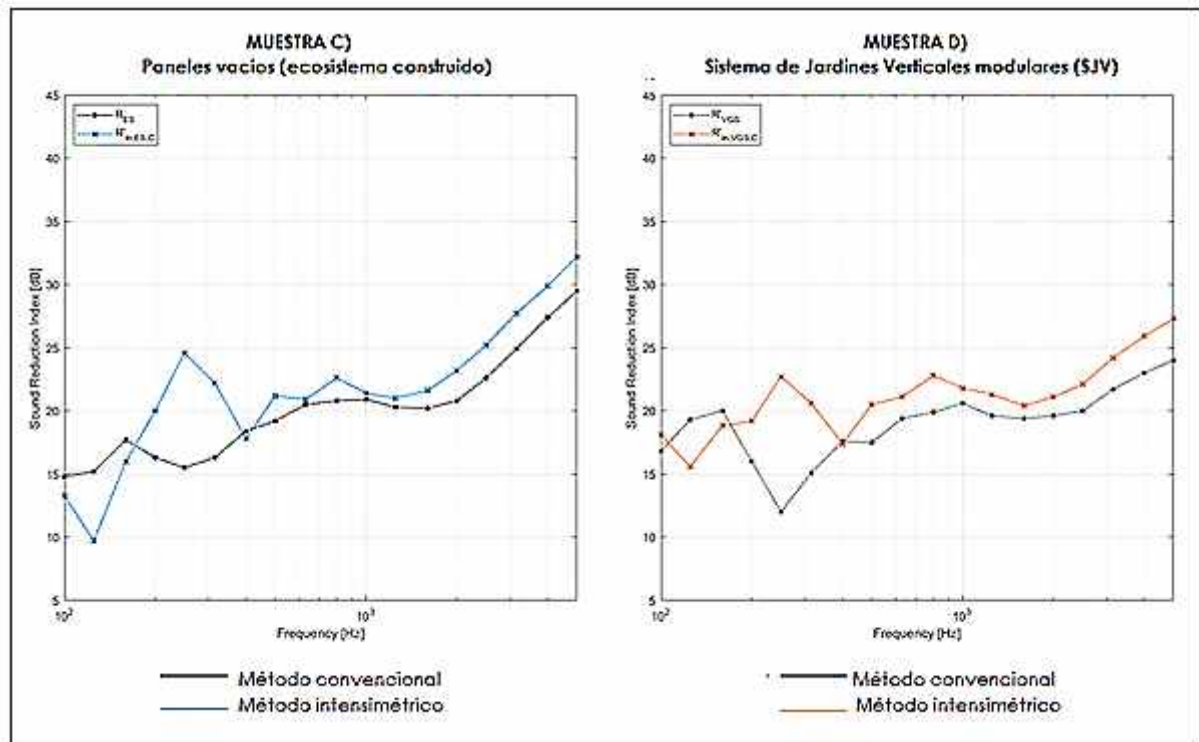


Figura 127 Comparación entre las Muestras C) y D)

Fuente: Fausti et al.

A partir del análisis de los resultados se puede comentar que los dos enfoques metodológicos producen resultados consistentes. El método intensimétrico sobreestima el indicador R_{in} respecto al método tradicional en todo el rango de frecuencia, probablemente a causa de la transmisión del sonido en los sectores de los bordes y en la unión de los módulos. Se descarta la existencia de una divergencia sistemática entre los valores de aislamiento estimados por presión y por intensidad (Fausti et al, 2020). En tal sentido, se presupone que en condiciones óptimas de trabajo casi no debería haber discrepancias basadas en la metodología de ensayo. En el caso particular de la muestra colocada con su cara más absorbente (frente) en la sala receptora, según lo indica la norma ISO específica, la divergencia queda justificada por la reabsorción de una porción considerable de la energía sonora que se introdujo en la sala receptora a través de la partición.

Por último, cabe resaltar que algunos estudios señalan al método de presión sonora como el menos apropiado para estimar el aislamiento en bajas frecuencias cuando se trata de salas con gran volumen, objeción que no aparece en media y alta frecuencias (Machimbarrea Gutiérrez, 2002).



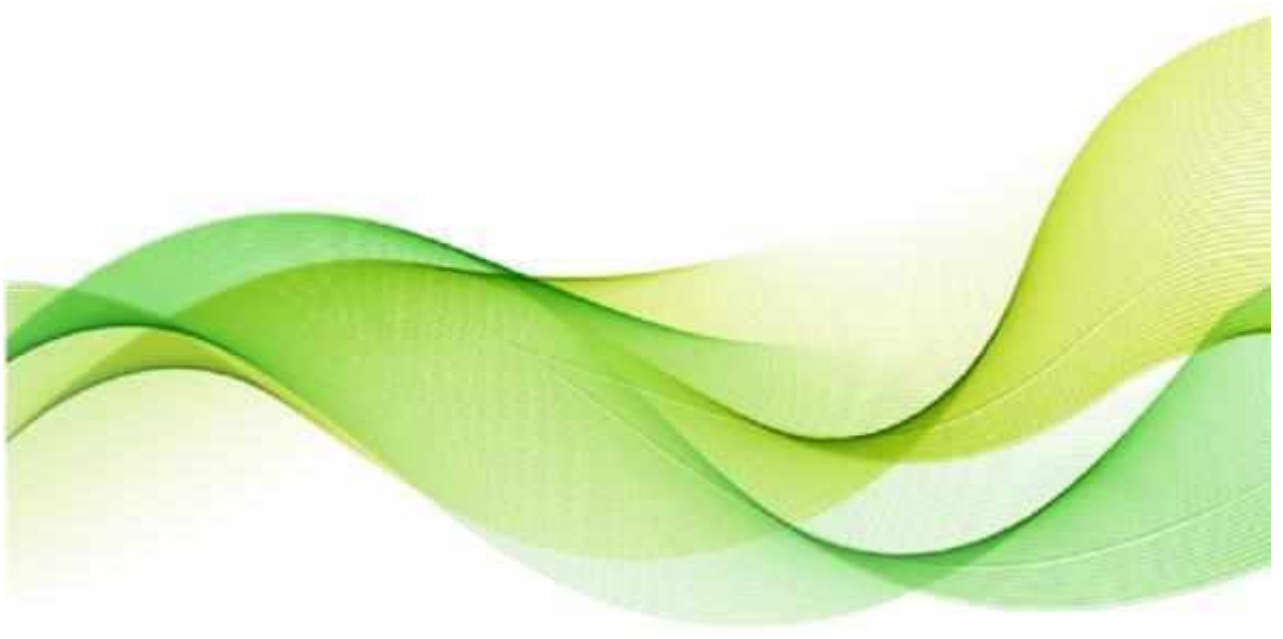
7.5.1.3 Conclusiones sobre los ensayos de aislamiento acústico

- 1) *La tipología de SJV modular liviano estudiado ofreció escasas prestaciones fonoaislantes, aún en presencia de vegetación, a causa de la escasa masa del sistema.*
- 2) *Los dos métodos de medición utilizados proporcionaron resultados similares, aunque las mediciones intensimétricas los sobreestimaron los valores respecto a los ensayos convencionales.*
- 3) *Fue descartada una diferencia sistemática entre los métodos de presión e intensidad.*
- 4) *El método de intensimetría acústica proporcionó información que no puede obtenerse con el método tradicional o de presión sonora.*
- 5) *Se observó una disminución en el índice de reducción acústica R para el caso de la configuración con la vegetación (Muestra D), que puede vincularse al envejecimiento de la estructura que fue expuesta al ambiente externo durante tres años.*
- 6) *Los mapas de intensidad sonora brindaron información detallada sobre los puntos críticos de fuga en las zonas del marco de soporte, de los bordes de la muestra y de las juntas estructurales.*
- 7) *Las características estructurales del soporte para el montaje de los paneles constituyen uno de los principales aspectos a considerar para la mejora y optimización del desempeño fonoaislante.*
- 8) *La distancia entre la estructura de soporte del SJV modular y la envolvente puede ofrecer una oportunidad para incrementar las prestaciones fonoaislantes a través de la generación de una cámara de aire.*
- 9) *Los SJV modulares livianos pueden contribuir eficazmente al incremento del aislamiento acústico en las fachadas edilicias si se contemplan ciertos aspectos críticos en su diseño, de lo contrario su contribución resulta muy limitada.*



PARTE IV

CONCLUSIONES Y PROSPECTIVA





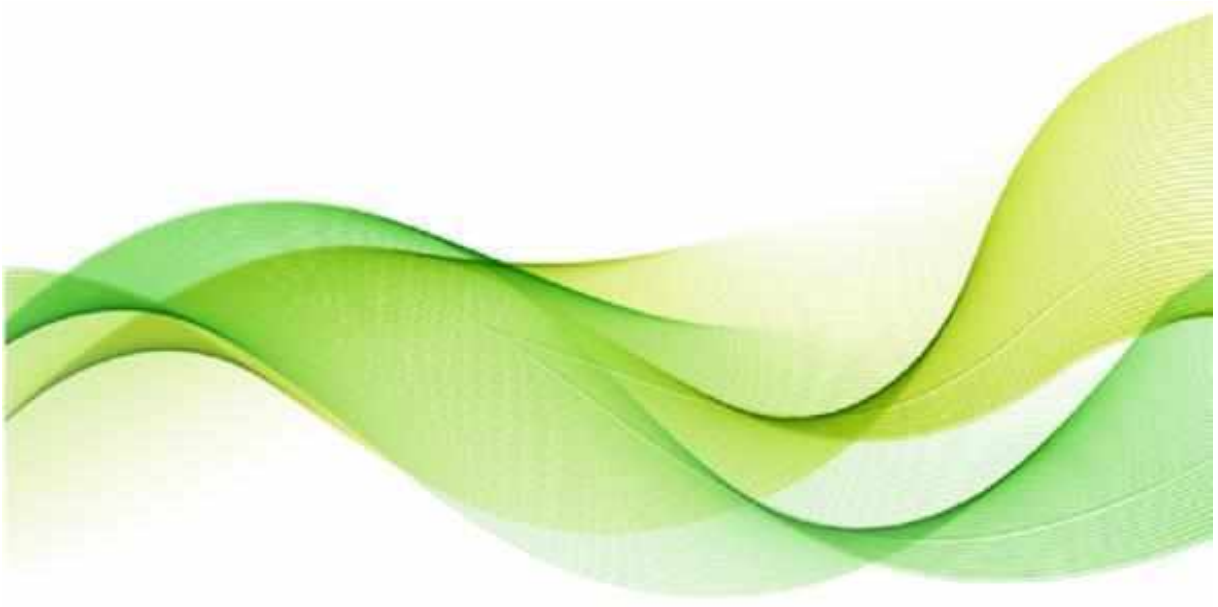
OBJETIVO PRINCIPAL

En la Parte IV se desarrollan las conclusiones teórico-experimentales del presente trabajo de Tesis. También se incluyen recomendaciones en base a la experiencia y una lista de posibles líneas futuras de investigación.



CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES, CONTRIBUCIONES, RECOMENDACIONES Y LINEAS FUTURAS





(...) El arquitecto del futuro se basará en la imitación de la naturaleza, porque es la forma más racional, duradera y económica de todos los métodos (...)

Antonio Gaudí



SÍNTESIS

El presente capítulo presenta sintéticamente las principales conclusiones de esta tesis. Se agregan además las recomendaciones, avances y posibles líneas de investigación a futuro que fueron surgiendo a lo largo del proceso de investigación.



8. CONCLUSIONES GENERALES

El trabajo de investigación se centró en las estrategias sustentables de tipo *biofilicas*, basadas en las *Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)*, para controlar la contaminación acústica en los espacios urbanos y residenciales. Los resultados obtenidos con la aplicación de tecnologías de naturación urbana en fachadas, en especial con los *SJV modulares*, demostraron su utilidad e importancia con relación a la mejora de las condiciones medioambientales vinculadas al ruido.

La hipótesis de partida de la *Tesis*, que enuncia que *Es posible disminuir la contaminación acústica en zonas con altos niveles de ruido, integrando al diseño de la fachada las tecnologías de naturación urbana*, adopta como premisa que los medios de transporte generan un impacto negativo en relación a los modos actuales de crear y construir espacios habitables dentro de la ciudad, y afirma que resulta posible disminuir la contaminación acústica en zonas urbanas sensibles con las tecnologías de naturación, fundamentalmente cuando se aplican a gran escala en cañón urbano. Los análisis expuestos en el *Marco Teórico y Metodológico (Parte I y II: Capítulos 2 al 6)* y, sobre todo, en la *Etapa Experimental (Parte III: Capítulo 7)*, permitieron corroborarla.

La investigación se ocupó, además, del aporte diferenciado de los elementos constitutivos de los *SJV modulares* en la reducción del ruido como servicio ecosistémico, considerándolo desde el enfoque de la *Teoría de los Sistemas Complejos*, enfoque que permitió estudiarlos a partir de la descomposición del conjunto principal en subsistemas interdependientes, conectados y multinivel. Los elementos constitutivos de un *SJV modular* se dividieron en un *ecosistema construido* y un *ecosistema natural*, con subsistemas de *alimentación* y *mantenimiento*, con sus correspondientes variables.

Se construyeron un *ecosistema construido* individual (modulo sin vegetación ni sustrato) y un *SJV modular completo*, que fueron medidos y analizados en el laboratorio *LAL-CIC* para determinar sus capacidades fonoaislantes y fonoabsorbentes.

Durante el desarrollo del trabajo de Tesis, entre los años 2016 y 2019, se incorporaron alumnos del último año de la carrera de Diseño Industrial (FDA-UNLP) quienes crearon ocho prototipos diferentes con el objetivo de aumentar la sustentabilidad de la propuesta general.

Las conclusiones más relevantes del trabajo fueron las siguientes:

- ✓ Las prestaciones acústicas de los componentes artificiales, o *ecosistema construido*, dependen de su tipología constructiva y de su interacción con el *ecosistema natural*. Los subsistemas de *alimentación* y de *mantenimiento* también juegan un papel en se sentido.



- ✓ En el ecosistema natural, que aporta los componentes vivos del sistema, la selección de las especies (tipo de hojas, textura, área foliar, ángulo dominante de la hoja y porcentaje de cobertura entre otros), el tipo de sustrato utilizado (composición, textura-porosidad, y la presencia de microfauna (microorganismos), determina sus principales prestaciones.
- ✓ La contribución de los subsistemas de alimentación y mantenimiento al comportamiento acústico del conjunto resulta fundamental, pues de ellos depende la salud y el buen desarrollo del ecosistema natural.
- ✓ Los ensayos de absorción acústica mostraron que las prestaciones fonoabsorbentes de los SJV se relacionan tanto con las características porosas del ecosistema natural como de las del construido.
- ✓ Las especies vegetales cuyas hojas tienen grandes superficies rugosas, cavernosas y con presencia de pilosidad, suelen presentar las mejores prestaciones fonoabsorbentes.
- ✓ En líneas generales, las propiedades fonoabsorbentes del sistema resultaron muy buenas, siendo el coeficiente de absorción alfa (α) de 0,65 en todo el rango de frecuencias medido.
- ✓ Los ensayos de aislamiento acústico mostraron que, al menos para las muestras estudiadas, los sistemas no ofrecen buenas prestaciones fonoaislantes. La causa es que el aislamiento acústico de un material depende principalmente de su masa, que en el caso de las SJV livianos ensayados fue muy baja.
- ✓ Las muestras ensayadas mostraron una baja capacidad fonoaislante en todo el rango de frecuencias medido ($R_w = 20$ dB), comparable al de una puerta simple sin burletes.

8.1 RECOMENDACIONES BASADAS EN LA EXPERIENCIA REALIZADA

8.1.1 Generales

- ✓ Es necesario realizar en primera instancia un relevamiento lo más completo posible del edificio y el entorno: Entre los principales están el estado de la fachada -si está construido-, la vegetación en la zona, los elementos que puedan generar sombras y las condiciones microclimáticas.
- ✓ En los casos que se introduzcan SJV modulares en fachadas existentes, debe contemplarse su estado en cuanto a su deterioro y capacidad de carga.
- ✓ Para aquellos edificios construidos que disponen de espacio delante de la fachada, se debe considerar la construcción de una estructura independiente para el montaje del SJV modular.



- ✓ Cuando se trate de SJV modulares en altura y/o de gran envergadura, se sugiere utilizar sistemas inteligentes mediante la introducción de las tecnologías TIC con sensores vinculados a una app para monitorear en tiempo real el estado del conjunto frente a cualquier eventualidad.
- ✓ Se debe considerar el aporte ignífugo que ofrecen el ecosistema natural y el construido del SJV aplicado en fachada.
- ✓ Cuando se pretende controlar y mitigar la contaminación acústica de una zona amplia debe considerarse la implementación de los SJV a gran escala en los cañones urbanos, ya que las intervenciones individuales resultan poco eficaces.
- ✓ A fin de alcanzar mejores resultados en la reducción del ruido, la intervención a escala urbana puede asociarse a elementos adicionales como barreras vegetales bajas, toldos verdes y jardines verticales móviles, que actúan en el sector más bajo de los edificios y en la zona peatonal.

8.1.2 Con relación al ecosistema construido

- ✓ Para mejorar las prestaciones fonoabsorbentes y fonoaislantes es necesario sellar las uniones entre los paneles y los bordes a fin de otorgarle hermeticidad.
- ✓ El comportamiento fonoaislante de un SJV puede mejorarse aumentando la masa de los elementos constitutivos del SJV modular, inclusive adosando una cámara de aire.
- ✓ Cuando se busca aumentar la sustentabilidad de los SJV modulares basados en bolsillos debe elegirse con especial atención el tipo de fieltro, recomendándose los de base orgánica.

8.1.3 Con relación al ecosistema natural

- ✓ A fin de aumentar las capacidades fonoabsorbentes del ecosistema natural se sugiere seleccionar especies vegetales perennifolias de estructura densa, con grandes hojas que presenten superficies cavernosas con vellosidades, como las especies crasas.
- ✓ La elección de un sustrato con alta porosidad puede incrementar las propiedades fonoabsorbentes. Los sustratos pueden volverse más porosos cuando se incorporan microorganismos en su interior.
- ✓ En zonas de clima seco y con reducida disponibilidad de agua para riego, se sugiere plantar especies crasas o suculentas.
- ✓ Si se desea aumentar la huella hídrica asociada con créditos ambientales se puede contemplar un diseño que tome en consideración la captura del agua de lluvia para su uso, la reutilización de aguas grises tratadas y/o la recirculación de las aguas de riego, entre otras propuestas posibles.



8.2 POSIBLES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A FUTURO

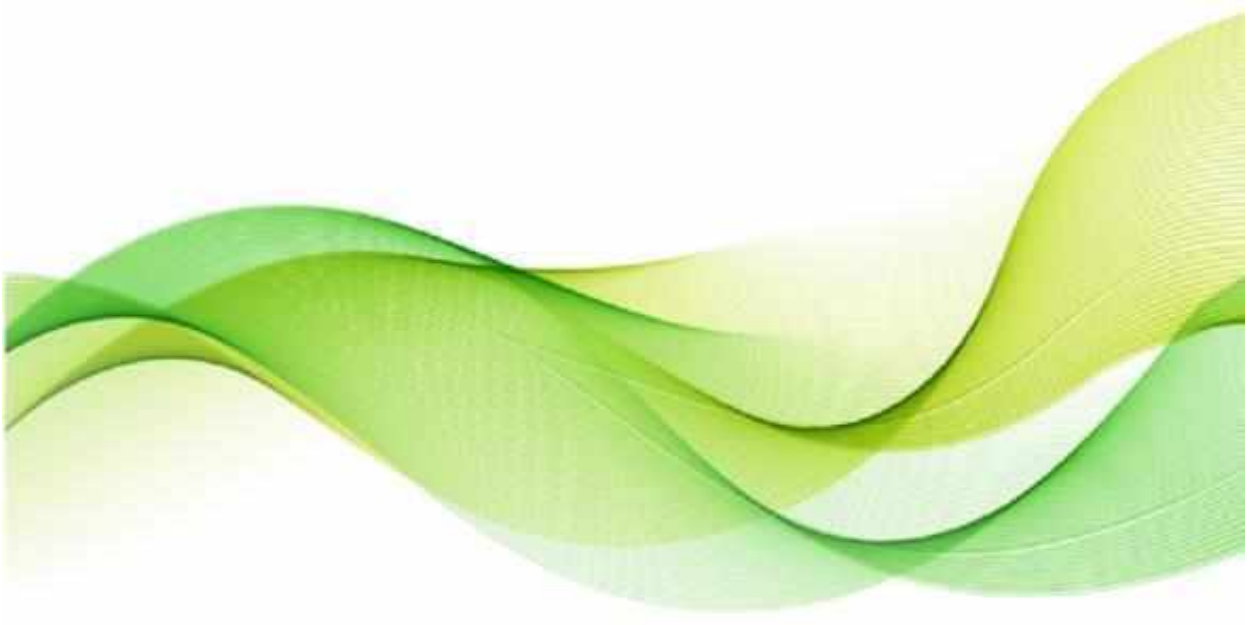
Tomando en consideración los resultados obtenidos es posible esbozar algunas líneas de investigación que permitan mejorar las prestaciones acústicas de los SJV modulares. Entre ellas:

- ✓ Estudiar el aporte en la reducción del ruido de un SJV modular aplicado a la fachada asociado a un techo verde.
- ✓ Cuantificar la mitigación de la contaminación acústica aplicando los SJV a gran escala en cañón urbano.
- ✓ Analizar las tecnologías aplicadas al ecodiseño y a la ecoinnovación que centran su atención en el análisis del ciclo de vida (ACV) y en el valor de la reutilización, inspirados en el concepto de Diseño C2C (Cradle to Cradle) para reducir las huellas ambientales.
- ✓ Experimentar las prestaciones acústicas de los biomateriales.
- ✓ Desarrollar sistemas de SJV modulares livianos que incorporen la alimentación (riego y nutrición) como parte integrada.
- ✓ Profundizar el análisis del costo-beneficio de los SJV modulares livianos en función de las prestaciones ecosistémicas que ofrecen.



PARTE V

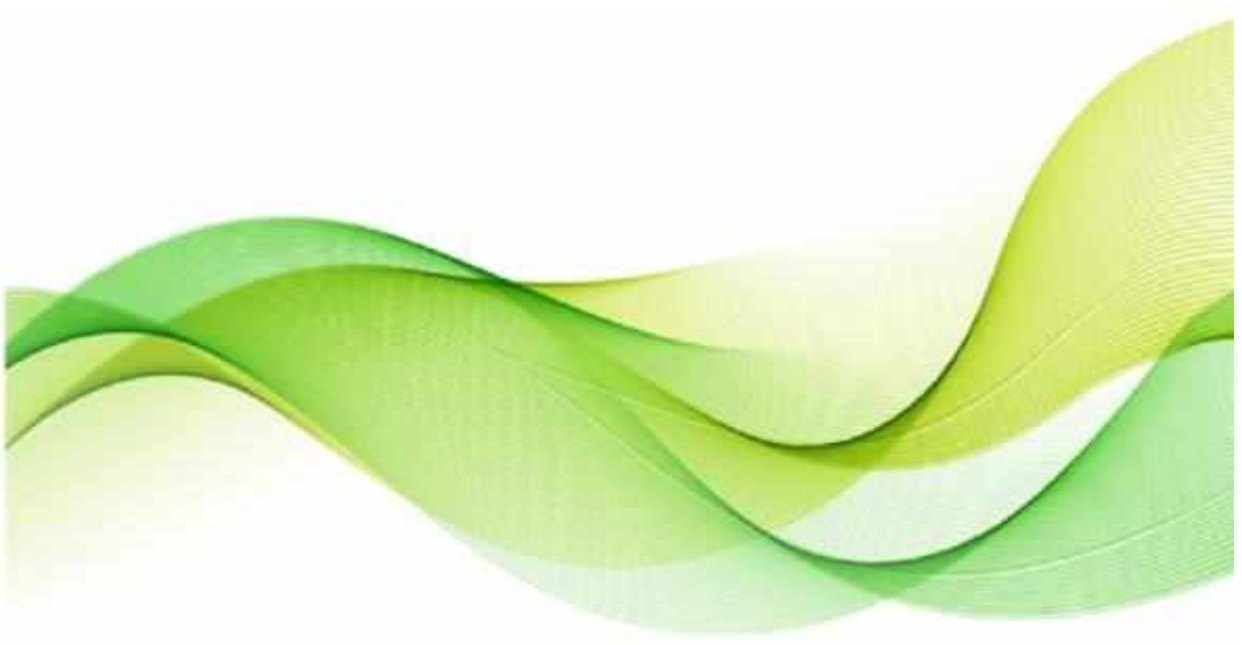
ANEXOS





ANEXO A

Aspectos generales de un SJV - Tipología





A. ASPECTOS GENERALES DE UN SJV-TIPOLOGÍAS

El tipo de SJV elegido, condiciona el desarrollo del ecosistema natural en cuanto a la magnitud de las especies y el sustrato, por ende, se relaciona con la calidad de los servicios ecosistémicos que ofrece el conjunto.

El diseño de los ecosistemas artificiales presenta diversos aspectos que se interrelacionan ya que ello condiciona el modo que las especies vegetales actúan sinérgicamente entre sí en cuanto a su competencia por la luz, la orientación, la disponibilidad de agua y las limitantes del entorno.

Los aspectos a considerar en el siguiente apartado dependen directa e indirectamente con el diseño del ecosistema construido. Estos son:

Etapa	Especificidades
ESTUDIOS PREVIOS	<p>a) Ubicación Refiere a lugar de la edificación donde se colocará se montará el sistema de jardín vertical en este caso, la fachada. Más allá del SJV elegido, el mismo deberá cumplir las exigencias a las que se someterá.</p> <p>b) Condiciones de contexto urbano-ambiental El entorno natural y construido resulta de gran importancia para el desarrollo de un jardín vertical. El sistema de jardín vertical utilizado en fachadas funciona como una envolvente más que interactúa con el contexto relacionado con el medio físico y natural que pueden ser aprovechados a favor si se ponen en consideración en el momento de instalar el sistema. Seguidamente se desarrolla sobre los mismos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medio físico Refiere a los factores relacionados con el medio físico tanto a escala urbana como arquitectónica. La escala urbana está representada por el emplazamiento en la zona en cuanto a la trama, relación con el entorno, perfil urbano, etc. Para el caso de la escala arquitectónica expresa la materialidad de la envolvente en cuanto a su antigüedad, estado constructivo, sistema constructivo, diseño, componentes, obstáculos y barreras, etc. • Medio natural En el caso de los factores naturales, se refiere al entorno inmediato y las condiciones climatológicas tanto macroclimáticas como microclimáticas en las que se ubica el SJV. El entorno natural inmediato se vincula a la presencia de vegetación, jardines, etc. como factor que podría representar un obstáculo que genere sombra o afecte la competencia entre especies del jardín. Respecto a los factores climáticos, los mismos varían dependiendo de la ubicación geográfica, así como con el aspecto del sitio y su altura, incluyéndose los efectos de los edificios circundantes. Resulta importante comprender el clima del lugar a fin de tomar decisiones sobre qué especies de plantas resultan las más adecuadas. Para las condiciones climatológicas se tiene en cuenta: la estación del año y su variabilidad; el asoleamiento; las temperaturas estacionales; la variabilidad de la humedad; régimen pluvial; régimen de vientos dominantes; etc. Dada la importancia de los factores climatológicos en el buen desarrollo de un SJV, seguidamente se expresa mediante una tabla aquellos más destacados:



ASPECTO	CARACTERISTICAS
Viento	<ul style="list-style-type: none"> Las velocidades medias del viento son mayores en altura que a nivel del suelo. Los vientos pueden ser fuertes alrededor de los bordes de los edificios o por las corrientes de aire causadas por los edificios altos. Es necesario comprender la probable carga de viento a la que se verá sometido un jardín vertical de modo que pueda construirse para resistir dichas fuerzas. El viento a gran altura también influirá en la temperatura, además del efecto deshidratante directo sobre la vegetación- El diseño de SJV en altura, debe contemplar la selección de especies que se verán sometidas al fenómeno del viento así como ajustar los requisitos de riego cuando se realizan los cálculos.
Precipitaciones y riego	<ul style="list-style-type: none"> Es importante establecer si las precipitaciones u otra fuente de agua pueden recolectarse en otros sectores para su almacenamiento y abastecimiento del riego, a fin de minimizar la huella hídrica. El agua de lluvia en ciertos sectores pueden contener sustancias tóxicas, por tanto hacer un análisis de calidad podría ser de gran utilidad. Resulta de gran importancia realizar los cálculos de la demanda de agua de riego para estimar los eventuales aportes del agua de lluvia.
Radiación solar	<ul style="list-style-type: none"> La intensidad de la luz tiende a ser mayor en altura respecto al nivel del suelo. En altura se presenta una mayor reflexión de los edificios y las superficies adyacentes (como el vidrio y las paredes de colores claros). La presencia de edificios en altura pueden generar largas sombras. El análisis del sombreado se puede utilizar para evaluar las áreas de luz y sombra. Tomar en consideración que presenta un efecto dinámico durante el año debido a los cambios de estaciones además de la potencial variabilidad en el tiempo frente a posibles construcciones.
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> En entornos urbanos, las temperaturas tienden a aumentar debido al efecto de isla de calor urbano. Estimar el rango de temperatura probable de la zona es fundamental en el diseño del jardín vertical, sobre todo para el caso de temperaturas extremas. Si bien las bajas temperaturas rara vez resulta un problema para la vegetación, pueden existir situaciones localizadas que deben considerarse en la selección de especies.
Microclima	<ul style="list-style-type: none"> Los espacios cerrados, como los cañones urbanos, pueden crear su propio microclima que pueden intensificar las turbulencias del viento, la acumulación de contaminación, la humedad y la temperatura. El clima localizado de estas áreas cambiará las condiciones de crecimiento de las plantas y debe considerarse al planificar y diseñar paredes verdes.

c) Orientación

La orientación de las plantas es fundamental para alcanzar su óptimo desarrollo ya que no todas las especies logran aclimatarse en cualquier orientación siendo uno de los factores determinante para su supervivencia. Así hay plantas que gustan del sol pleno, mientras otras prefieren la sombra o semisombra.

En nuestro hemisferio sur se toma en consideración la orientación más benévola para recibir luz todo el año, es decir, el norte.

d) Iluminación

La principal fuente de energía es el sol, pero también se puede usar la iluminación artificial mediante la energía eléctrica.

• Iluminación natural

Casi la totalidad de las plantas son dependientes de la energía solar (fotoperiodo) para obtener la energía, desarrollar la fotosíntesis, además de ser el alimento necesario para su crecimiento y productividad.

El crecimiento y rendimiento de una planta (medidos en términos de tamaño, número de flores y otros atributos) está influenciado por la cantidad total de luz que recibe durante todo el día, mientras que la morfología de una planta (altura y forma) está relacionado con la calidad de luz (longitud de onda azul, roja o extremo roja).

La fotosíntesis es afectada principalmente por la cantidad e intensidad de luz.

En un jardín vertical las plantas están expuestas a diferentes intensidades luminosas durante el año. Así en las estaciones de verano están sujetas a intensidades luminosas altas, cuyo exceso puede aumentar el proceso de transpiración obligando a cerrar las estomas de las hojas, lo cual afecta la fotosíntesis.

En invierno, por el contrario, la menor radiación solar reduce el proceso de transpiración, lo cual ocasiona una menor absorción de agua y nutrientes a través de las raíces.

El resultado final es una planta débil, alargada con hojas, tallos y raíces delgadas.

Por otro lado, cuando se trata de una planta grande las hojas superiores generan un sombreado sobre las hojas inferiores, situación que reduce la intensidad luminosa.

• Iluminación artificial

En el caso de aplicarse la iluminación artificial en exteriores se lo hace cuando esta no es lo suficientemente brillante. La cantidad de luz requerida dependerá del tipo de planta y del nivel de luz natural existente.

En la iluminación artificial se intenta alcanzar longitudes de onda que puedan reproducir una respuesta natural en las plantas buscando asemejarse al comportamiento que tendrían con iluminación solar.

Cabe aclarar que no todas las plantas pueden crecer con este tipo de iluminación por ello la importancia en la selección de las especies y sobretodo del tipo de lámparas que la iluminarán.

Antes de seleccionar el tipo de iluminación se debe tener en consideración: la medición de la luz existente en la zona del jardín; distancia y ubicación de las lámparas respecto al jardín; tipo y características de las luminarias; el efecto estético que se pretende mostrar; etc.

Si bien se han utilizado lámparas: incandescentes, fluorescentes y lámparas de vapor de alta presión, las más recomendadas son las de tipo led. Estas emiten poca a nula emisión de calor, no queman las hojas ni pueden dañar las plantas y pueden ser regulables.

**e) Disponibilidad y calidad del agua**

En un jardín vertical, el agua junto con la luz, representan los elementos vitales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, por ello es necesario contar con suficiente cantidad de agua de buena calidad.

- **Cantidad de agua**

La primera consideración en relación a la fuente de agua para el riego es asegurarse que estará suficientemente disponible durante todo el año.

La disponibilidad de agua que no sea de red, ya sea por fuentes superficiales o de pozo deberá ser testeada previo a la implementación de un SJV por si eventualmente requieren de un tratamiento previo al riego.

La cantidad de agua que necesita el jardín depende de factores tales como las especies seleccionadas; la etapa de desarrollo; el tipo de sustrato; el tipo de sistema; la época del año y el contexto en el que se encuentra.

El déficit y/o exceso de agua genera un estrés hídrico que se evidencia claramente en las plantas y el sustrato ya que en el estado de equilibrio se manifiesta una masa foliar brillante y turgente.

- **Calidad del agua**

La calidad de agua deberá ser una de las primeras consideraciones en la evaluación del sitio, ya que puede resultar económicamente muy costoso y a veces imposible de mejorar.

Una pobre calidad de agua puede causar un conjunto de problemáticas e inconvenientes en el jardín vertical, entre los que se puede mencionar: destrucción de la estructura del suelo /sustrato, disminuyendo la infiltración del agua y la porosidad; daño en hojas y raíces; posible toxicidad en los casos que presente alto contenido de Boro, Flúor, nitratos, Hierro, pesticidas u otro elemento tóxico para las plantas; eventual deficiencia en los nutrientes como Calcio o Magnesio; cambios en el pH de medio y reducción de la absorción de nutrientes que puede causar deficiencias severas; introducción y diseminación de enfermedades fungosas y bacterianas; detención de crecimiento y un pobre desarrollo de flores; entre otras.

Ello se debe a diversas causas tales como:

- **La Salinidad**

Una alta concentración de sales puede disminuir la germinación, dañar raíces y quemar hojas. Dicha concentración puede deberse a excesos de fertilizantes químicos y orgánicos; prácticas de riego con aguas de mala calidad, pobre drenaje entre los principales.

La conductividad eléctrica del agua (CEa) es una medida indirecta de la concentración de sales de una solución que se indica en los sustratos, basada en el hecho de que, si bien el agua pura es mala conductora de la electricidad a las sales les sucede lo contrario.

- **El pH y la Alcalinidad**

El pH del agua debe fluctuar entre 5 – 6.5, debido a que la mayoría de elementos y otros productos químicos, como los reguladores de crecimiento, fungicidas y pesticidas son solubles a esos niveles de pH.

Cuando el agua presente un pH más alto se puede reducir la eficiencia de algunos pesticidas.

En sistemas de jardines verticales inteligentes, los factores hídricos tales como pH, son controlados mediante sensores, que avisan cuando se produce cualquier desequilibrio.

Este tipo de indicadores de la calidad de agua resulta de gran importancia ya que aun eligiendo correctamente las especies y el sustrato cuente con los nutrientes adecuados, cuando el agua presente un pH muy alto o muy bajo no se podrá disponer de los mismos.

- **Los nutrientes**

Los nutrientes son sustancias esenciales para las funciones del metabolismo y fotosíntesis en las plantas incluyendo los macro nutrientes (ejemplo nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre) y los micronutrientes (hierro, magnesio, zinc, etc.).

- **Cloro**

El cloro es uno de los elementos que más abundan en el agua de riego, es indispensable para el desarrollo de la planta, pero cuando su concentración es muy alta, el cloruro puede convertirse en un elemento tóxico ya que puede producir necrosis en la punta de las hojas, caída de flores, frutos y hojas y reducción del crecimiento de la planta.

f) Estado de la fachada

Expresa un aspecto importante ya que presenta la potencialidad de afectar al sistema y/o la envolvente e incluso ocasionar problemas en el interior del edificio o la estructura edilicia.

La cuantificación del porcentaje de humedad de un elemento, se puede realizar con un detector profesional de humedad o estimarse mediante una escala asimilable al porcentaje de humedad absorbida por una losa (Blanc, 2012c citado por Corredor Acuña, 2016).

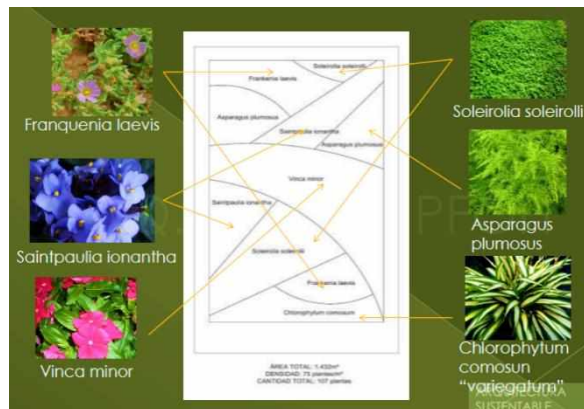
g) Impacto ambiental

En este aspecto, se ponderan los materiales utilizados en el conjunto a través de la asignación de puntajes (Dunnett & Kingsbury, 2013 citado por Corredor Acuña, 2016) y se estima el impacto (De Garrido, 2011b citado por Corredor Acuña, 2016).

Cabe aclarar, que en el caso de los SJV el parte evaluado la conforman los elementos constitutivos del ecosistema construido o artificial en cuanto a su reciclabilidad, ya que el ecosistema natural no genera un impacto al ambiente.

h) Diseño

Es la expresión del "paisajismo vertical" representado a modo de tapiz dinámico e interactivo con escenarios cambiantes durante todo el año creando un conjunto sensaciones y emociones positivas en los seres humanos. La composición del diseño puede ser estática, dinámica, simétrica, asimétrica, ondulante, etc.



Dentro del diseño debe contemplarse el destino o uso del SJV ya que también pueden utilizarse como huerto doméstico o colectivo representadas por las granjas verticales.

El diseño del jardín vertical depende de la escala de intervención, aunque básicamente se trabaja como un proyecto de paisajismo. El mismo, consiste en cuatro fases:

- **Fase I: necesidades, condicionantes y presupuesto**

Toma en consideración toda la información del relevamiento adicionando las mensuras in situ (superficie y altura), presencia de límites físicos y condicionantes, planteo del programa de necesidades del comitente y estimación del presupuesto.

En las condicionantes y limitaciones se incluye el estado estructural del muro ó envolvente a intervenir.

- **Fase II: Anteproyecto**

Primeros bocetos de posibles alternativas tecnológicas considerando la Fase I.

Se plantea la estética del jardín a partir de la interpretación del programa de necesidades tomando en consideración el dinamismo de la paleta cromática durante las cuatro estaciones, alternativas de efectos especiales por sector con texturas, etc.

Dependiendo de la complejidad del jardín y el sistema tecnológico seleccionado el mantenimiento puede ser externo o interno, lo cual debe contemplarse en esta etapa.

El anteproyecto debería considerar un estudio de cargas para estimar el peso del jardín/m² en estado de saturación hídrica (poros del sustrato colmatados) y estimar si se requiriese de un sistema de sujeción adicional.

Para los casos de jardines en altura y rascacielos, se deberán adicionar un estudio del comportamiento de la presión de viento y calcular su carga.

Es necesario contemplar los aspectos de seguridad de todo el sistema.

- **Fase III: Proyecto y ejecución**

Confección de planos generales y de detalle. Se incluye plano del diseño general del jardín (plano de conjunto), plano detalles tecnológicos del sistema de jardín, plano de diseño del sistema de riego, detalle de la selección de especies tapizantes, cálculos adicionales del sistema (cargas propias y externas), etc.

- **Fase IV: Dirección de obra**

Seguimiento de la obra según el proyecto.

Dependiendo de la escala requerirá de la intervención de otros especialistas para su materialización.

- **Fase V: Planificación mantenimiento**

Periodicidad para el control del crecimiento, plagas y enfermedades, sistema de riego, etc.

Durante el mantenimiento se debe observar el daño radicular, la humedad de la pared, erosión del material, etc.

Tipo de cargas	Características
Peso propio	Considera el peso construido que incluye todos los elementos construidos y los componentes asociados con el montaje de la pared, incluidos las plantas, el sustrato de cultivo y el agua contenida en el sistema.
Peso por mantenimiento del sistema	El peso de las personas que usarán el espacio y de cualquier equipo móvil que se usará periódicamente en el sitio, por ejemplo si se incorporó una plataforma de mantenimiento transitable en el sistema.
Peso eventual	Cargas en movimiento, rodantes o de corta duración, incluida la actividad eólica y sísmica.

i) Sistema de riego

El riego de la vegetación depende de cuatro factores: el clima; las características de las especies involucradas; el tipo de sustrato; la eficiencia del riego utilizado.



Cuando se calculan las necesidades de riego, se puede escoger el tipo de sistema, de acuerdo al tipo de eficiencia para que la cantidad de agua suministrada llegue a la planta. Dichos sistemas se pueden clasificar en:

Tipos de riego

Tipo	Funcionamiento	
	Gravedad	Presurizados
Tradicionales	Con pendiente	Por aspersión
	Sin pendiente	Por microaspersión
	Por medio de surcos	Por goteo
Tecnificados	Mediante la conducción por tuberías	
	Por dosificadores dirigidos a los surcos	
	Por riego continuo o con dos caudales	

Los sistemas de riego tradicionales por gravedad suelen ser menos eficientes que los presurizados que permiten ahorrar agua y mano de obra, pero requieren infraestructura para su funcionamiento. A continuación, se describen tres sistemas utilizados para los SJV.

Sistemas de riego

Sistema	Características
Riego por goteo	Método que permite el uso óptimo del agua infiltrando el suelo cerca de la raíz por medio de tuberías y emisores. Se adapta a terrenos irregulares y evita el crecimiento de maleza. Existe sistema autocompensantes que tienen caudal fijo a lo largo de la línea de riego; sistema antidenante que cierra automáticamente cuando baja la presión evitando la entrada de aire; y sistema regulable de modo mecánico. Se compone de una bomba de agua, un dispositivo de filtrado, la red de tuberías de PVC y tanque para el abonado y nutrientes.
Riego hidropónico	Se usa en los montajes con sustrato inerte como perlita, lana de roca y fibra de coco, aplicando los nutrientes y el agua directamente sobre la raíz en forma de aerosol o niebla. Este sistema se automatiza por medio de un programador de riego que se une al cabezal de riego y soporte de plantas, para que el equipo de bombeo envíe por medio de los canales, las disoluciones de nutrientes a los sacos para finalmente recoger los residuos o excesos en las bandejas de drenaje.
Riego automático	Sistema de control de riego que minimiza la mano de obra, el costo de mantenimiento y se optimiza el estado de las plantas. Se compone de sensores, actuadores, la unidad de control, protección eléctrica y sistema de comunicación con acceso remoto.

a) Impacto ambiental y análisis del ciclo de vida

En este aspecto se ponderan los materiales utilizados en el conjunto a través de la asignación de puntajes (Dunnett & Kingsbury, 2013 citado por Corredor Acuña, 2016) y se estima el impacto (De Garrido, 2011b citado por Corredor Acuña, 2016).

Cabe aclarar, que en el caso de los SJV la parte evaluada la conforman los elementos constitutivos del ecosistema construido o artificial en cuanto a su reciclabilidad, ya que el ecosistema natural no genera un impacto al ambiente. Respecto al análisis del ciclo de vida (ACV), este expresa la forma de evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, a través de la identificación, cuantificación y evaluación en el uso de materia y energía como las emisiones al entorno, a fin de determinar el impacto del producto en el uso de recursos y las emisiones a fin de implementar en la práctica estrategias ambientalmente sustentables⁴⁶.

La evolución del concepto en los últimos años, incluyendo la introducción de la ecoinnovación aporta la impronta del paradigma con valor ambiental basado en la reutilización del producto (C2C), proponiendo un nuevo diseño de producto y procesos inspirados en el comportamiento de los sistemas naturales (biomimesis).

Este ítem resulta de gran interés cuando se desean obtener certificaciones ambientales edilicias como el LEED, BREAM, etc. por tanto debe contemplarse en el momento que se diseña un SJV.

b) Comportamiento frente a incendios

Los SJV deben contar con un riego adecuado para que la vegetación pueda desarrollarse, ello significa que el agua quedará en el sustrato por tanto cuanto mayor sea el sustrato mayor será el volumen retenido y es por esta razón que se lo considera como retardador de incendios.

La falta de mantenimiento y los sistemas de riego inadecuados podrían provocar la sequía de las plantas, creando un riesgo considerable de incendio.

El contenido de humedad de una planta es uno de los factores más críticos que afectan su inflamabilidad ya que las plantas secas pueden encenderse fácilmente e intensificar la propagación vertical del fuego.

Existen varios factores a considerar en el momento de instalar los SJV que se relaciona con las características del viento en la zona; el ecosistema construido cuando en su composición existen materiales ignífugos; la composición del sustrato; el tipo de plantas y la disposición geométrica.

Las simulaciones sobre la propagación de fuego y humo en sentido horizontal es más lento que en el vertical, afectando enormemente la evacuación.

Dada la situación planteada, se sugiere especial cuidado en la elección de las especies y suelen recomendarse para climas secos y calurosos la elección de plantas perennes con alto contenido de agua en su estructura.

⁴⁶ Incluye Huella Ambiental, Huella de Carbón, Huella Hídrica,

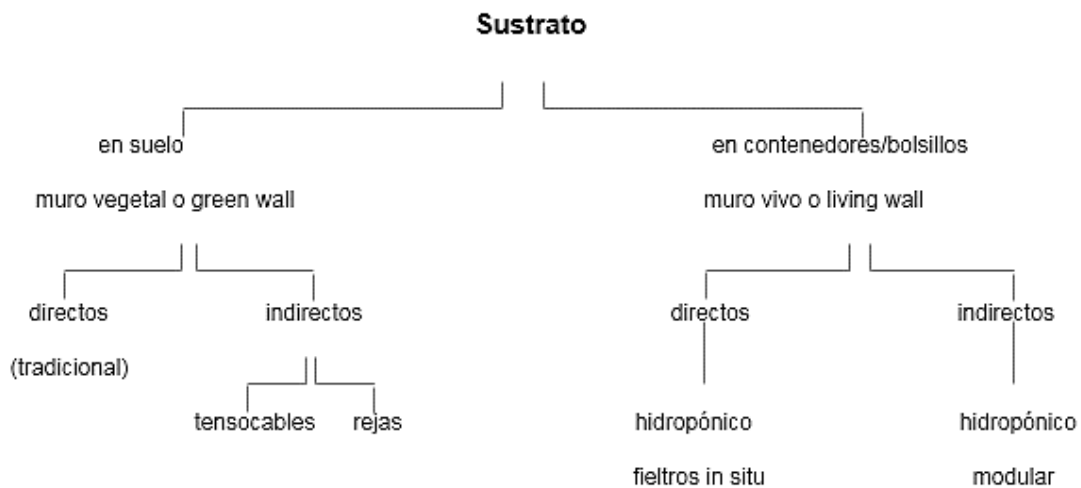


MANTENIMIENTO	<p>El mantenimiento del SJV, debe realizarse tanto en el ecosistema natural como en el construido y representa un costo que se compone de múltiples factores (Blanc, 2012 citado por Corredor Acuña, 2016).</p> <p>El monto del mantenimiento, depende de múltiples factores relacionados con la altura en que se encuentre; las dimensiones del conjunto; el grado de complejidad; el requerimiento o no de un sistema adicional para acceder; la necesidad de contar con personal especializado; entre otros.</p> <p>Eventualmente, cuando se trate de SJV cuyo diseño no contempló áreas de acceso para el mantenimiento o las mismas se encuentran ubicadas en niveles muy altos, deben adicionarse los costos para realizar las tareas de mantenimiento y eventualmente tramitar los permisos municipales necesarios para solicitar los cortes de calle si requiriese acceso el acceso desde el exterior.</p> <p>Las tareas de mantenimiento del ecosistema construido básicamente se representan por: el control de todo el sistema de riego; la verificación de la calidad del agua; control del anclaje; control de los elementos compositivos de los paneles; entre otros.</p> <p>En cuanto al ecosistema natural, puede mencionarse: control del sustrato; la poda y recortes, reposición de plantas si fuere necesario; fertilización; nutrición; control de plagas y enfermedades; entre otros.</p>
----------------------	---

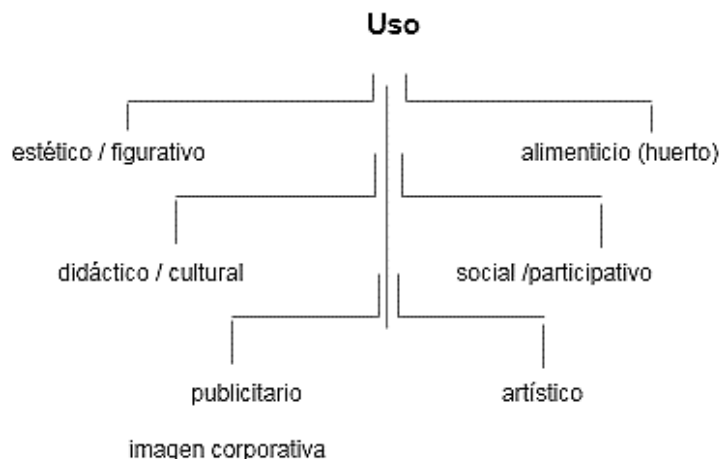
CLASIFICACIONES GENERALES DE SISTEMAS DE JARDINES VERTICALES

La clasificación de los SJV puede realizarse tomando en consideración diferentes aspectos tal como los que se enuncian a continuación:

a) Según el medio en el que se enraíza la vegetación

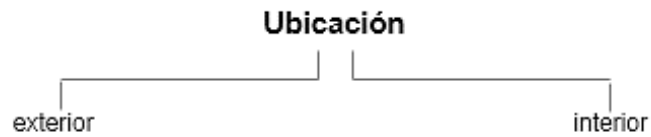


b) Según el uso

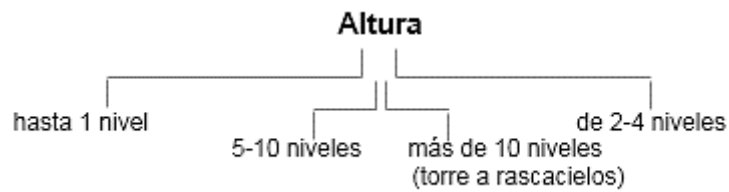




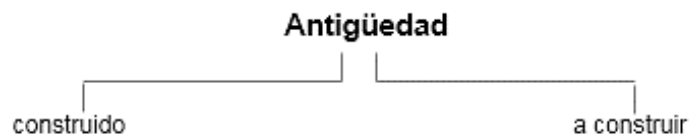
c) Según su ubicación en el edificio



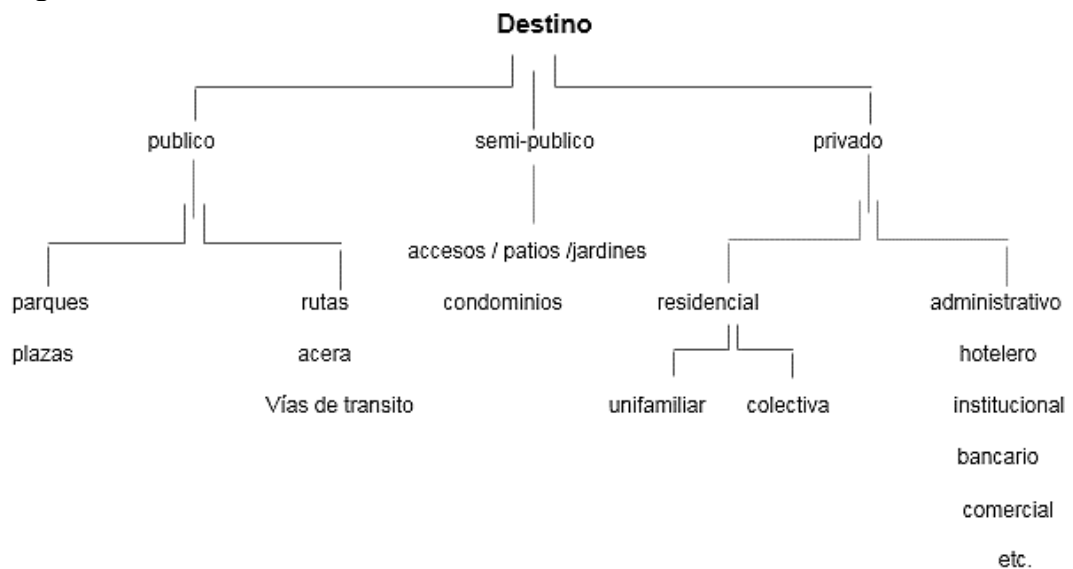
d) Según la altura



e) Según la antigüedad de la fachada portante

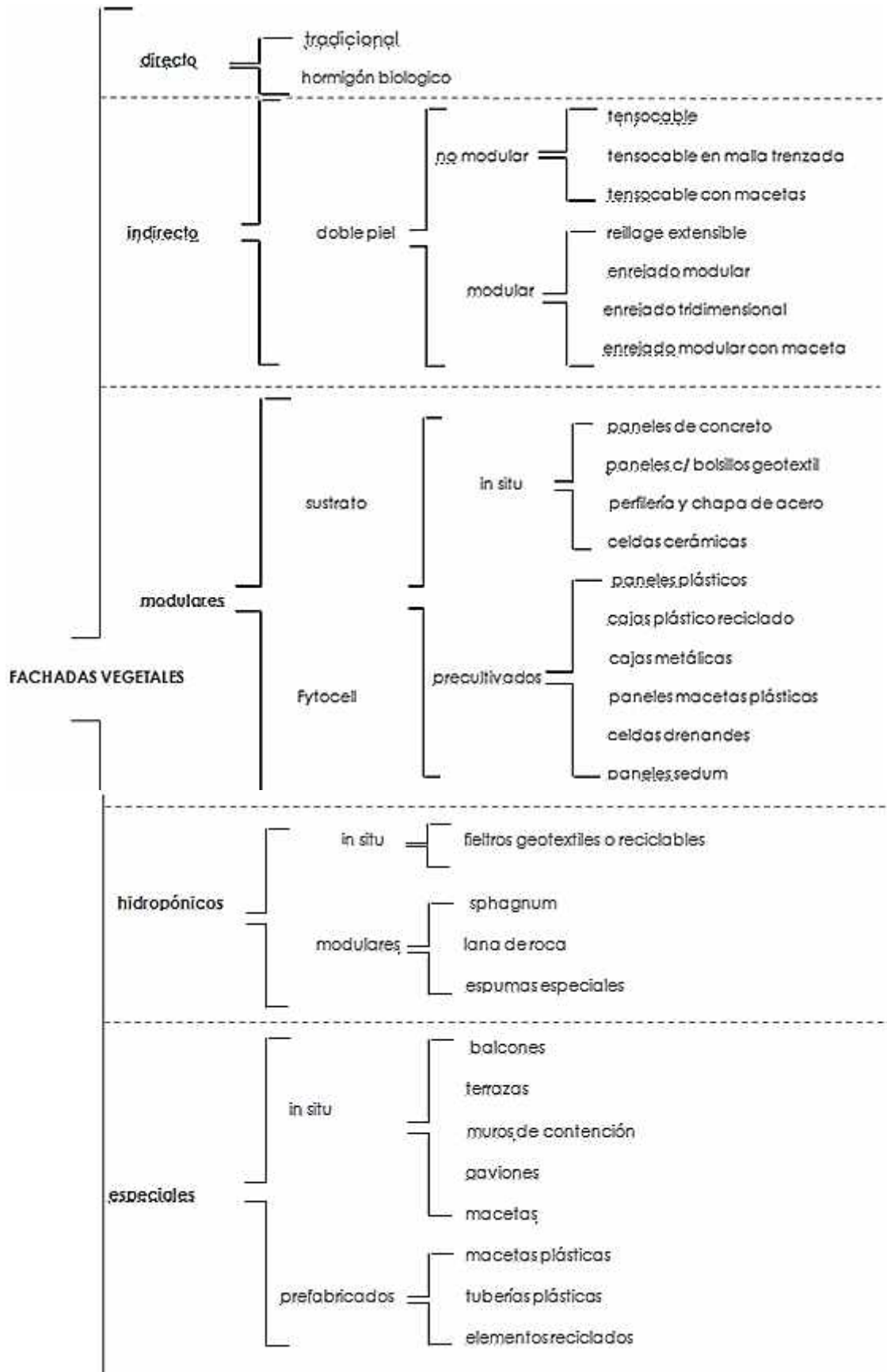


f) Según el destino



g) Según el sistema de jardín vegetal⁴⁷

⁴⁷ Debido a que la mayoría de las clasificaciones toman este aspecto como principal, el mismo se desarrolla con mayor profundidad los aspectos técnicos y detalles constructivos con ejemplos en el Anexo A.

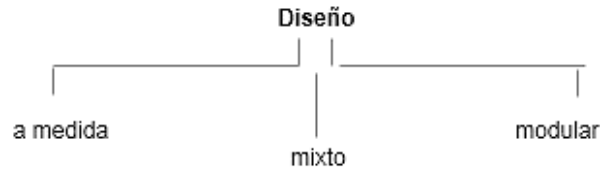




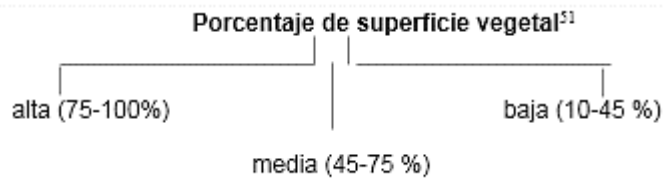
h) Según el tipo de vegetación:



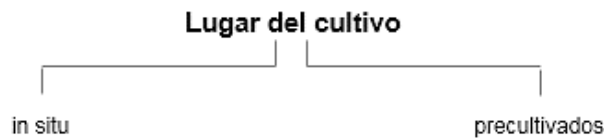
i) Según el diseño



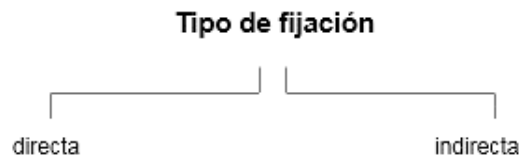
j) Según la cobertura de la superficie⁴⁸



k) Según el lugar donde se cultiva la vegetación del jardín

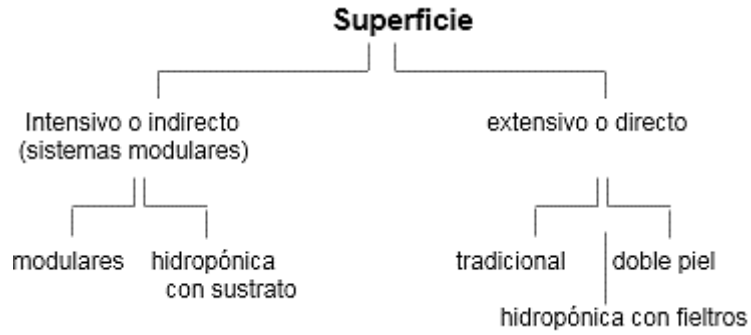


l) Según la fijación del sistema a la fachada:

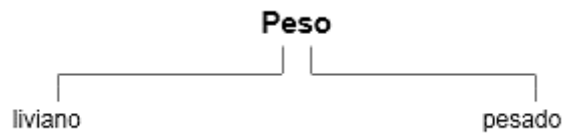


m) Según el tipo de aplicación en la superficie

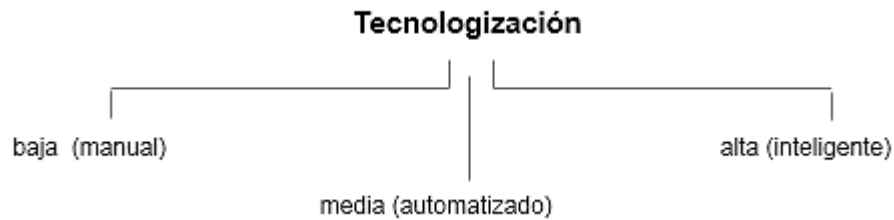
⁸ Estimado.
La diferenciación se realiza cuando el SJV es asociado con otro elemento decorativo y/o constructivo.



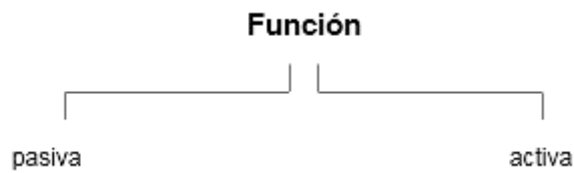
n) Según el peso del sistema



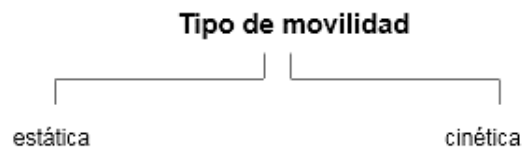
o) Según la tecnologización del sistema



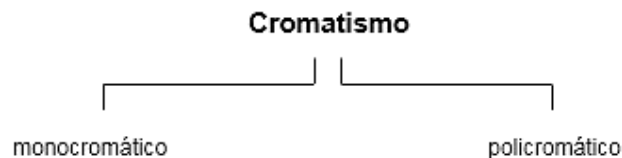
p) Según la prestación térmica



q) Según la movilidad

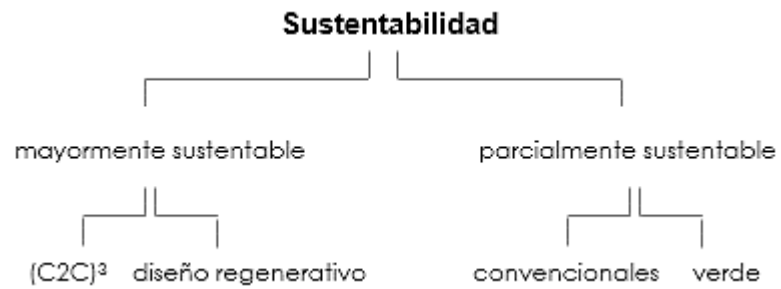


r) Según el diseño cromático





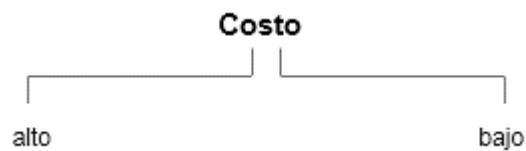
s) Según la sustentabilidad



t) Según la complejidad para el mantenimiento



u) Según el costo (inicial / mantenimiento)



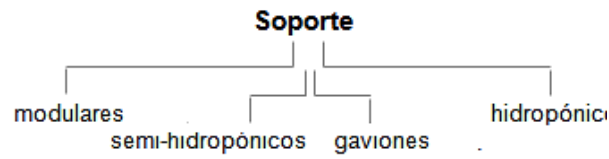
v) Según el medio de crecimiento



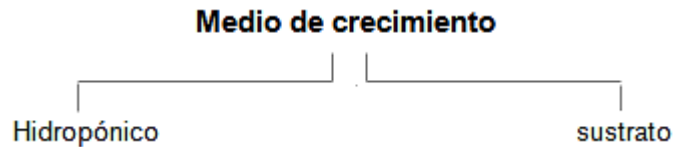
w) Según el sistema de riego



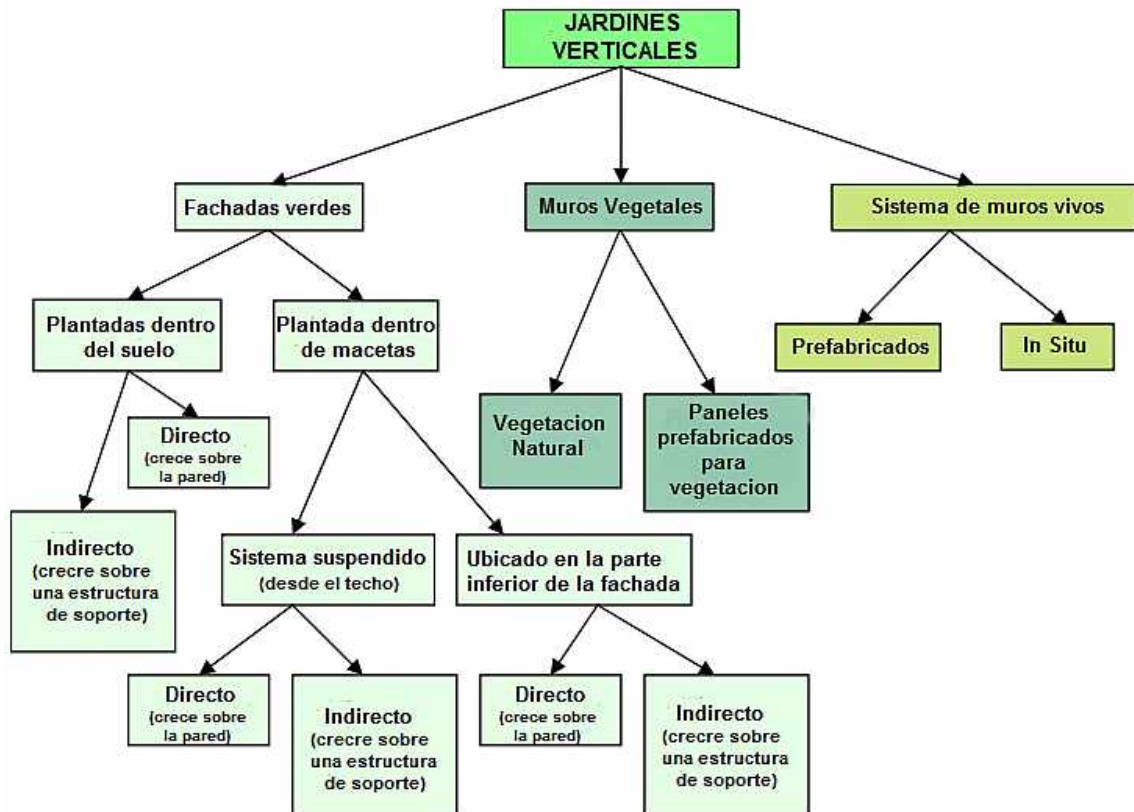
x) Según el soporte



y) Según el medio que crecen



OTRAS CLASIFICACIONES



TIPOLOGÍAS SEGÚN EL SISTEMA DE JARDÍN VERTICAL (SJV)

Seguidamente, se desarrolla la clasificación más difundida: según la tipología de sistema de jardín vertical

En la actualidad existe una gran diversidad de sistemas de jardines verticales (SJV) aplicables a edificios.

Entre todos ellos, cabe diferenciar tres grupos principales: 1) *los directos* conocidos como **tradicionales o fachadas vivas** y; 2) los **indirectos o doble piel** que utilizan algún sistema de soporte para especies vegetales trepadoras perennes o caducas; 3) **de sustrato**; 4) **hidropónico** 5) **especiales** (macetas perimetrales, balcones-terraza, jardines suspendidos, etc.)

Las particularidades de la tipología **1) de jardines directos o tradicionales**, se exponen seguidamente:





1		
TRADICIONALES	Características	<p>Las fachadas vegetales tradicionales son sistemas de fachada en las que plantas ya sean enredaderas o arbustos de porte colgante se desarrollan de forma dirigida, utilizando el propio muro de la vivienda. Las plantas se suelen colocar directamente en el suelo y se van desarrollando hasta tapizar completamente el muro o fachada.</p> <p>Las plantas crecen desde el suelo donde tienen sus raíces. Las plantas utilizan una superficie vertical, como una pared, para apoyarse, pero no reciben ningún tipo de humedad y nutrientes de ella. Los ejemplos más comunes incluyen a los edificios cubiertos de hiedra o enrejados.</p> <p>Especies vegetales: Las diferentes especies de hiedras (<i>Hedera helix</i>) son comúnmente elegidas para cubrir edificios. Estas se apoyan en los paramentos mediante raíces aéreas que pueden penetrar en grietas o juntas. Algunos tipos de plantas trepadoras, especialmente del género <i>Parthenocissus</i>, como la hiedra de Boston (<i>Parthenocissus tricuspidata</i>) o Virginia Creeper (<i>Parthenocissus quinquefolia</i>) no disponen de raíces aéreas. En su lugar, se adhieren a las superficies mediante zarcillos adhesivos que terminan en forma de copa.</p> <p>Por lo que no son una amenaza para la mampostería del edificio, aparte de dejar unas pequeñas marcas, y por lo tanto son la mejor elección dentro de las hiedras para fachadas vegetales</p>
	Ventajas	<p>Sombreo: La sombra que produce la vegetación de hojas caducas en las ventanas permite la entrada de luz en invierno al perder la hoja y, por el contrario, reduce las cargas de refrigeración, al limitar la ganancia solar en el verano.</p> <p>Mantenimiento: Requieren un mantenimiento bastante escaso, se basa simplemente en la poda regular de las hojas que crecen frente a las ventanas, por lo que el mantenimiento en sí es poco costoso.</p> <p>Costos: Esta es la principal ventaja de este tipo de fachadas es el costo y su instalación. En general, es el sistema más barato de fachada vegetal disponible y más fácil de implementar.</p>
	Beneficios ecosistémicos	<p>Daños en las fachadas de los edificios: Algunas especies de hiedras se apoyan por raíces aéreas, las cuales pueden penetrar en fisuras, juntas o grietas existentes en la fachada acelerando el proceso de deterioro y degradación de una fachada en mal estado y provocando manchas y marcas en ellas</p> <p>Aislamiento térmico: Al tener una inercia térmica tan pequeña el efecto aislante es muy pequeño</p> <p>Protección de edificios: La protección contra los elementos atmosféricos es bastante escasa respecto a otros sistemas vegetales.</p> <p>Cobertura en la fachada: Es posible una de las mayores desventajas de dicho sistema puesto que para que se pueda cubrir por completo mediante plantas una fachada se necesitan un número bastante elevado de años. Por lo que, si una de estas plantas muriese, se necesitarían muchos años para llenar el vacío que ha dejado esa planta.</p> <p>Protección de edificios: La protección contra los elementos atmosféricos es bastante bajo en este tipo de sistemas.</p> <p>Estética: En este tipo de fachadas vegetal hay una importante limitación en lo que respecta a la libertad artística del proyectista por la limitación en el uso de diferentes especies de plantas para crear patrones y diseños.</p>

Los sistemas **2) indirectos o de doble piel** tienen como objetivo crear una segunda protección separada de la pared de la fachada del edificio. De esta forma se pretende obtener un elemento que funciona como aislante fundamentalmente de tipo térmico a través de diversas formas: captación de la radiación solar debido a la masa foliar vegetal; sombreado como

consecuencia de la presencia vegetal; refrigeración en la fachada debido a los procesos de fotosíntesis y evaporación de las plantas; entre otros.

En este tipo de sistemas, se utilizan elementos separados de la fachada utilizando diferentes sistemas de apoyo tales como: entramados metálicos tipo malla; tensocables; enrejados modulares; estructuras ad hoc, entre otros que se comportan como “tutores” para las plantas trepadoras caducas y/o perennes.

A continuación, se exponen algunos ejemplos del sistema mediante fichas técnicas:

<h1>2</h1>	<h2>Ficha técnica</h2>	
	Nombre obra: Newton Suites, Singapur	
TIPOLOGÍA 2: SISTEMA DOBLE PIEL	Doble malla	   
		<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • El jardín vertical recorre toda la altura de un sector del edificio. • El sistema de jardín está conformado por un sistema de doble malla metálica sobre el cual crecen y se desarrollan plantas trepadoras nativas. • El ajardinamiento del edificio se articula con un amplio jardín creando un área paisajística muy atractiva.

3	Ficha técnica	
	Nombre obra: Edificio Consorcio Santiago, Chile	
TIPOLOGÍA 2: SISTEMA DOBLE PIEL	Doble malla	
		<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una de las fachadas presentaba graves problemas de calor durante el verano diseñándose una doble fachada: una conformada por termopaneles y la externa de parasoles horizontales acompañados de un jardín vertical. • Esta “doble piel vegetal” (parrón vertical) de unos 2.700 m2 está constituida por especies de tipo enredaderas caducas que enfatizan el paso de las estaciones del año y su cambiante colorido (como <i>bouganvilleas</i>, <i>ampelopsis</i> y <i>plumbagos</i>). • Las plantas se distanciaron 1,40mts. de la primera superficie exterior del edificio de modo que la separación asegurase corrientes de aire ascendentes además de asegurar el espacio de crecimiento, el acceso para limpiar la fachada de termo paneles y el mantenimiento del jardín. • El sistema de riego es automatizado por goteo.

4	Ficha técnica	
	Nombre obra: CH2 Melbourne City Council House 2 Melbourne, Australia	
TIPOLOGÍA 2: SISTEMA DOBLE PIEL	Malla de cables de acero tensados en forma de grilla	
		<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • El jardín vertical conforma pantallas verticales de sombreado vegetal en los laterales de las hileras de balcones ubicados en la fachada norte. • Cada pantalla verde, está constituida por macetas inicialmente negras de plástico reciclado en cada balcón por ambos lados y estructuras de mallas de cables tensados tipo x-ten mesh de 150 mm de apertura. • En las macetas se cultivan plantas trepadoras nativas o adaptadas en sustratos especialmente preparado tipo Hydrocell⁴⁹ que reduce la demanda de agua entorno al 50% además de aumentar la aireación del mismo. • Se instaló un sistema de riego automático, en cada una de las macetas ayudo por gránulos tipo • Las macetas negras se reemplazaron ya que recalentaban el sustrato y recalentaban las pequeñas raíces.

⁴⁹ http://fytogreen.com.au/products-page/growing_media/

5	Ficha técnica	
	Nombre obra: Le Nouvel (KLCC), Kuala Lumpur, Malasia	
TIPOLOGÍA 2: SISTEMA DOBLE PIEL	Malla de cables de acero tensados en forma de grilla	
		<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le Nouvel KLCC comprende dos esbeltas torres, de 43 y 48 pisos que se elevan sobre el principal distrito financiero de la capital, el Centro de la Ciudad de Kuala Lumpur (KLCC). • Para crear los jardines verticales, el arquitecto paisajista y botánico francés Patrick Blanc aplicó una cuadrícula de cables de acero inoxidable a través de las fachadas de vidrio de los edificios y los enroscó con variedades de enredaderas. Debido a que la variedad de factores que afectan la vida de la planta, incluidos los insectos, la luz solar y los vientos intensos, varía de un nivel a otro, Blanc tuvo que usar 243 especies de la planta para adaptarse a las disparidades.

6

Ficha técnica

Nombre obra: The Tree House Condominium, Singapur

TIPOLOGÍA 2: DOBLE PIEL


Jardines verticales en fachada con trama metálica




Características


- El edificio principal del complejo fue diseñado con la impronta de la sostenibilidad enfatizada principalmente en la orientación del mismo y la inclusión de jardines verticales en fachada cuyo objetivo es producir un filtro natural, disminuir el CO₂ además de mitigar la ganancia de calor a partir del sombreado y refrescamiento para generar un ahorro en la demanda energética todo lo cual ha buscado reducir la huella de carbono.
- Visualmente, el muro verde fue conceptualizado como una extensión natural de los parques circundantes que forman un tapiz continuo de vegetación y asciende por la fachada. La conectividad entre el suelo y la pared verde se logró mediante la creación de una conexión enrejada a modo de exoestructura que recorre toda la fachada y se estrecha desde el nivel del suelo. El aluminio blanco inspirado en las xilemas⁵⁰ vincula el jardín vertical agregando un acabado que se identifica con el lenguaje de diseño del edificio.
- Se decidió realizar un jardín vertical económico, rentado y de baja complejidad para su mantenimiento de modo que los residentes pudieran participar en el sustento.
- Otro de los objetivos sustentables del complejo fue reducir la demanda de agua. Así se incluyó el uso de aguas a debido a la frecuencia de dicho fenómeno. Para lograr tal objetivo se trabajó con un equipo de ingenieros mecánicos que crearon un modelo computacional para calcular la dinámica a escala macro.

⁵⁰ Tejido vegetal formado por células muertas, rígidas y lignificadas que conducen la savia y sostienen la planta. Por los xilemas llega la savia a las hojas.

<h1>7</h1>	<h2>Ficha técnica</h2>	
	Nombre obra: Oasia Hotel, Downtown, Singapur	
TIPOLOGÍA 2: DOBLE PIEL		
	Jardines verticales en fachada con trama metálica	<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • El edificio es un rascacielos sustentable cuya fachada es recubierta por una doble piel vegetal con el aspecto de un jardín vertical "naturalista salvaje" que crece sobre una exoestructura color rojo vibrante y la recorre en toda su altura. • Las consideraciones botánicas en la fachada la convirtieron en un gigante mosaico orgánico dinámico de diferentes especies, texturas, colores y patrones como si fueran "pintados". Dicho mosaico vivo cambia con el tiempo dejando que las plantas encuentren su propio equilibrio ambiental en el espacio. • El objetivo fue colocar a la naturaleza como protagonista del diseño como envolvente viva, se pensó para que aportase una mejora térmica al edificio, aumentase la biodiversidad urbana y redujere el efecto de la isla de calor en el entorno.

8	Ficha técnica	
	Nombre obra: School of the Art, Singapur	
TIPOLOGÍA 2: DOBLE PIEL Jardines verticales en fachada malla metálica		
	<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escuela secundaria especializada en artes visuales y escénicas ubicada en el corazón de la ciudad de Singapur. • El diseño plantea un objeto urbano de grandes dimensiones compuesto por dos volúmenes interconectados por puentes para que llegue la luz natural y la ventilación natural en todas las áreas del edificio. • El conjunto posee una envolvente integral que cubre fachadas y techo. • Las fachadas son jardines verticales que funcionan como filtros ambientales que ayudan a eliminar el polvo, mantener las áreas frescas y ventiladas, disminuir la demanda energética, reducir la percepción del ruido, aportar espacios verdes y mejorar las visuales. • Se estudió la influencia de la dirección del viento en el diseño para lograr los mejores resultados. • El edificio posee además una cubierta vegetal que funciona como un gran parque recreativo. 	


9	Ficha técnica	
	Nombre obra: IDEO Morph 38 Tower, Bangkok, Tailandia	
TIPOLOGÍA 2: DOBLE PIEL Jardines verticales en fachada malla expandida modular		
	<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • El proyecto consta de dos edificios residenciales cuya estrategia de diseño ha sido la "integración". La misma se alcanza articulando el espacio público y privado mediante un espacio de jardines unificado que visualmente se prolonga hacia las fachadas vegetales. • Una cada de cada uno de los bloques se recubre de un jardín vegetal con objeto de mitigar la penetración del calor en el edificio, sino que también ayudan a minimizar el impacto del deslumbramiento en el entorno general. • La "piel" exterior es una forma artística de paneles de hormigón prefabricados y paredes verdes a través de una serie de estudios cuidadosos sobre la relación entre "ver afuera" y "ser visto". • Se ha buscado que el paisaje y el diseño arquitectónico compartiesen un mismo lenguaje en todo momento para generar la lectura de unidad. 	

10	Ficha técnica	
	Nombre obra: Pasona Headquarters, Tokyo, Japon	
TIPOLOGÍA 2: DOBLE PIEL	Jardines verticales con macetas y grilla de metal	
		<p style="font-weight: bold;">Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • La propuesta parte de la renovación y refuncionalización de un viejo edificio para convertirlo en oficinas con cafetería, manteniendo su envolvente y estructura. • La fachada verde de doble piel que presenta diversas especies que crean una pared verde viva y una identidad dinámica para el público. • Los balcones ayudan a dar sombra y aislar los interiores al tiempo que proporcionan aire fresco con ventanas operables, una característica práctica no solo rara para un edificio comercial de mediana altura que además ayuda a reducir las demandas energéticas del edificio. • El interior del edificio se convierte en una granja, conocida como Pasona Urban Farm en la que se cultivan frutas, verduras y hortalizas que en contexto como Japón con poco territorio resulta una interesante propuesta que además resulta un espacio educativo de la agricultura hidropónica urbana sostenible en espacios reducidos abierto a la comunidad nipona. • Todo lo que se cosecha y cultiva dentro del edificio, se utiliza para el consumo dentro del edificio a través de la cafetería.

Respecto a la **tipología 3)** de SJV basados en *sustratos*, existen diversas variedades tales como: *modulares* e *in situ*.

Los sistemas vegetales modulares están constituidos por módulos de diferentes materiales tanto metálicos, de polietileno, de chapa, de plástico, etc. que sirven al material vegetal como soporte. Los módulos se fijan a la fachada mediante estructuras metálicas


especialmente diseñadas. Normalmente, estos módulos se encuentran precultivados y se pueden albergar una gran diversidad y densidad de plantas. Suelen requerir un mantenimiento más intenso y costoso que las fachadas vegetales. Seguidamente se expone un ejemplo de aplicación mediante una ficha técnica:

11	Ficha técnica	
	Nombre obra: Hotel Intercontinental, Santiago de Chile	
TIPOLOGÍA 3: SISTEMA DE SUSTRATO	Jardines verticales en cajas de metal precultivado	
		<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • El edificio hotelero se emplaza como un proyecto de características singulares y en un lugar emblemático para Santiago y para la compañía, con una fachada verde y diseño de vanguardia digna de destacar y posicionar la imagen corporativa para ofrecer el mensaje de una compañía que cuida y respeta el medio ambiente buscando reducir el uso de energías convencionales altamente contaminantes. • La propuesta que contempla la inclusión de la tecnología de fachada vegetal mediante sistemas de jardines verticales especialmente diseñados que revisten una estructura de hormigón armado y ladrillos. Las mismas, funcionan como una suerte de parque vertical, un gran pulmón verde urbano para ese sector de la ciudad. • Los sistemas de jardines se estructuraron a modo de muro-cortina con el objeto de reducir costos en el consumo de energías, elemento de control pasivo de iluminación y confort térmico al maximizar la luz natural y disminuir la radiación, además sirve de colchón acústico para entregar el confort adecuado al pasajero. • El sistema de plantación e instalación consiste en pequeñas cajas de aluminio llenas de tierra de 70 x 70 cm y 8 cm de profundidad dividida como caja de huevos con calados en sus costados, lo que permite que las raíces se entrelacen naturalmente y formen una verdadera malla de tierra armada muy firme que impide su caída reforzándolo al muro del edificio. • Genera además una emblemática y especial fachada con jardín vertical cuyo colorido cambia según la estación.

Respecto a la tipología 4) *hidropónicos, pared viva o living Wall*, representa a los jardines verticales que se siembran en cualquier tipo de pared. Este tipo de sistema es un novedoso sistema vertical de cultivo hidropónico urbano. Se denominan “muros vegetales” “muros verticales” o “biomuros” en el que las plantas no necesitan tierra, únicamente un soporte, minerales, luz, y dióxido de carbono.

Las paredes vivas actúan como barreras contra el sol y ruido, mientras que funcionan como filtros vivos de sustancias tóxicas del ambiente. Su uso se ha incrementado sobre todo en zonas donde el espacio horizontal es escaso y el vertical es abundante.

Seguidamente se presentan algunos ejemplos aplicativos mediante fichas técnicas:

<h1>12</h1>	<h2>Ficha técnica</h2>	
	Nombre obra: One Central Park, Sydney, Australia	
TIPOLOGÍA 4: SISTEMA HIDROPONICO + TIPOLOGÍA 2: DOBLE PIEL	Jardines verticales combinado: paneles hidropónicos + cables tensores en maceta	
		<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • El complejo edilicio comprende dos torres de apartamentos residenciales y un complejo comercial. Se considera uno de los más grandes de Australia. • El diseño se centró en la doble piel representada por jardines verticales de tipo hidropónico. Dichos jardines descartan el uso de suelo para la supervivencia de las plantas ya que incluye agua y nutrientes que se dispersan mecánicamente para facilitar su crecimiento y supervivencia. • Los jardines fueron pensados como si colgasen desde los edificios muros vivos verticales. • Los sistemas de jardines se conforman por módulos que incluyen los soportes y los marcos de aluminio, representando una de las primeras de ese tipo. • Los jardines conforman un tapiz flotante y vivo de 50 m. de altura compuesto por plantas, flores y enredaderas que se ha convertido en uno de los jardines verticales más altos del mundo.

<h1>13</h1>	<h2>Ficha técnica</h2>	
	Nombre obra: Trio Residential Towers Sydney-Australia	
TIPOLOGÍA 4: SISTEMA HIDROPONICO PATENTADO PATRICK BLANC	Jardines vertical estructura de paneles con fieltro aplicado uniformemente	
		<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • El reconocido botánico francés, Patrick Blanc, ha creado su jardín vertical más alto en un desarrollo residencial en el interior del oeste de Sydney. Sin embargo, el muro verde orientado al norte de 33 pisos • El jardín vertical de Blanc comprende 4528 plantas nativas y más de 70 especies, incluidas Géneros <i>Acacia</i>, <i>Allocasuarina</i>, <i>Carex</i>, <i>Correa</i>, <i>Dianella</i>, <i>Goodenia</i>, <i>Grevillea</i>, <i>Lomandra</i>, <i>Poa</i>, <i>Themeda</i> y <i>Viola</i>. "Se puede observar que muchas de estas especies crecen silvestres en los acantilados marítimos o a lo largo de los acantilados y las laderas rocosas en las zonas montañosas, haciendo de este proyecto una especie de" Jardín Botánico Vertical • son alimentadas por un sistema de riego por goteo de aguas grises

<h1 style="font-size: 48px; margin: 0;">14</h1>	<h2 style="margin: 0;">Ficha técnica</h2>	
	<p>Nombre obra: PNC Financial Services Group Inc., Pittsburgh-Estados Unidos</p>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">TIPOLOGÍA 4: SISTEMA HIDROPONICO</p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Jardín de cajas metálicas modulares preplantados</p>	
		<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • El sistema del jardín vertical ubicado en la fachada del edificio, ha buscado ofrecer como imagen corporativa del banco una imagen "verde" de su marca ya que la institución tiene un perfil sustentable. • El sistema mismo está compuesto por más de 602 bandejas modulares de aluminio de 61 x 61 x10 cm tabicada en el interior donde se siembran las plantas en forma horizontal durante algunas semanas hasta su enraizamiento. • El sistema alberga más de 12,000 especies perennes autóctonas resistentes a los diferentes requerimientos según la radiación en altura a la que están expuestas. El peso es aproximadamente de unas 24 toneladas con altura de 26 metros. • La obra tiene un sistema de monitoreo remoto único y de vanguardia sobre todos los comportamientos de todo el jardín. Los sensores individuales en la pared miden y recopilan datos importantes sobre la pared verde las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Estos datos se utilizan para maximizar la eficiencia del agua y la salud de las plantas que crecen en la pared. • El sistema de riego por goteo de bajo volumen tiene una línea por cada 61 cm (altura del módulo), siendo el agua bombeada en la parte superior y luego va por gravedad. tiene una demanda de agua muy baja, siendo necesario 15 minutos de riego una vez por semana durante los meses más cálidos y 15 minutos de riego una vez al mes durante los meses más fríos.

15

Ficha técnica

Nombre obra: **Palacio Congresos de Europa**
(Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz), Bilbao-España

TIPOLOGÍA 4: SISTEMA HIDROPONICO

Jardín mixto paneles trasdosados + doble fieltro



Características

- Sistema hidropónico o mixto compuesto por un trasdosado de paneles impermeables SG-P10 anclados una estructura de aluminio. Sobre los paneles se ancla una doble capa de tejido no tejido SG-M500 por donde discurre una solución hidropónica (Agua + Nutrientes).
- Es de rápido montaje y bajo peso 35kg/m².
- Las especies vegetales se plantan y sustituyen muy fácilmente, sin necesidad de afectar al resto del jardín.
- Las instalaciones de riego se sitúan entre las capas del tejido no tejido por lo que su mantenimiento y sustitución son muy sencillas.
- Crea un ecosistema con las condiciones ideales para el desarrollo de las plantas, esto permite la colonización espontánea de nuevas especies mejorando la interacción ecológica con el entorno

<h1>16</h1>	<h2>Ficha técnica</h2>	
	Nombre obra: Edificio Santalaia, Bogotá, Colombia	
TIPOLOGÍA 4: SISTEMA HIDROPONICO PATENTADO f + p (Paisajismo Urbano)	Jardines vertical estructura de paneles con fieltro aplicado uniformemente	
		<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es uno de los jardines verticales más grandes del mundo y único de este tipo en Bogotá, que incluye en su diseño plantas de la selva colombiana pensadas para purificar el aire y estudiadas previamente in vitro. • Diseño innovador de la envolvente vegetal en forma de "costillas verdes" que rematan en la cubierta conformando una pérgola rodeada de vegetación colgante. • Se trabajó con un grupo interdisciplinario incluyendo ingenieros especializados para resolver dos cuestiones: aquellas relacionadas el soporte estructural; y las referidas al circuito cerrado de riego ya que incluye la utilización de las aguas grises del edificio, la captación de las aguas pluviales y la incorporación de aguas sobrantes del riego, las cuales requieren pretratamiento para regular el pH. • Desde la construcción del edificio genera oxígeno para más de 3,000 personas al año, filtra más de 2,000 toneladas de gases nocivos y atrapa 400 kilos de polvo anualmente

17	Ficha técnica	
	Nombre obra: The Athenaeum Hotel, Londres, Inglaterra	
TIPOLOGÍA 4: SISTEMA HIDROPONICO PATENTADO PATRICK BLANC	Jardines vertical estructura de paneles con filtro aplicado uniformemente	
		<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • El edificio es un hotel 5 estrellas que buscó renovar su imagen y tener una impronta distintiva, en tal contexto se instaló un jardín vertical en una fachada lateral buscando un acercamiento sutil a un parque cercano. • El icónico jardín vertical que tiene una altura de 10 pisos, es uno de los primeros en Londres, proporciona un importante refugio de biodiversidad en la ciudad y brinda un diseño innovativo al edificio. • Un sitio visualmente impresionante y el envío perfecto para los viajeros en tránsito que aporta una adición a la infraestructura verde de Londres.

18	Ficha técnica	
	Nombre obra: Quai Branly Museum, Paris, Francia	
TIPOLOGÍA 4: SISTEMA HIDROPONICO PATENTADO PATRICK BLANC	Jardines vertical estructura de paneles con filtro aplicado uniformemente	
		<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • El museo Quai Branly, diseñado por el arquitecto Jean Nouvel, es uno de los principales referentes culturales de Francia cercano a la Torre Eiffel, un espacio destinado “al arte y la cultura de todas las civilizaciones de África, de Asia, de Oceanía y de las Américas. • El Quai Branly ofrece una fantástica fusión entre la modernidad y la naturalidad mediante un diseño tan novedoso como amigable con el ecosistema. • El edificio, cuya envolvente es una mezcla de volumen vidriado con una segunda piel vegetal expresado como naturaleza en estado puro. • El jardín vertical conformado por una multiplicidad de especies vegetales autóctonas y exóticas, se aplicó a modo de envolvente le da un toque diferente e icónico que exponen el sentido de universalidad del museo. • Las plantas forman una especie de tapiz ya que fueron dispuestas en la envolvente vertical según su color, textura, densidad, follaje y necesidades de subsistencia de modo que se crease una composición armoniosa y perdurable. • Los jardines de la fachada se prolongan en la planta baja que engalanan el acceso principal al edificio, aportando un espacio armonioso para la contemplación y el esparcimiento antes de ingresar al museo.

<h1>19</h1>	<h2>Ficha técnica</h2>	
	Nombre obra: Caixa Forum, Madrid, España	
TIPOLOGÍA 4: SISTEMA HIDROPONICO PATENTADO PATRICK BLANC	Jardines vertical estructura de paneles con fieltro aplicado uniformemente	
		<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • En el marco de la renaturalización propuesta por el Ayuntamiento de Madrid, surge la idea de incluir los jardines verticales como los de la Caixa Forum, representando para los visitantes de la ciudad, un punto de interés turístico. • La aplicación del sistema de jardín hidropónico de 24 m de altura, fue pensada en sus inicios como una idea de intervención sobre un edificio considerado patrimonio histórico que no podría ser alterado. • Dada la complejidad del sistema, se requirieron para su materialización estudios biológicos y estructurales fundamentalmente orientados a la interacción pared-naturaleza a fin de alcanzar la adaptación de las plantas en las condiciones requeridas y su buen funcionamiento sin que resultase demasiado muy costoso su mantenimiento. • El sistema propuesto ha buscado ofrecer una alternativa resolutive para reducir los efectos del calentamiento global y de la contaminación, tomando en consideración que cada m² del mismo representa el oxígeno consumido por una persona durante todo el año.

20

Ficha técnica

Nombre obra: Centro Comercial Il Fiordaliso, Rozzano, Milano, Italia

TIPOLOGÍA 3: SISTEMA DE SUSTRATO SPHAGNUM

Jardines vertical estructura de cajas metalicas con preplantado



Características


- El jardín vertical del centro comercial Il Fiordaliso ha sido patrocinado por la empresa telefónica ENEL y el Departamento de Desarrollo Territorial de la Municipalidad de Milano con la intención de ofrecer una fachada diferente al edificio.
- La propuesta del jardín, que cubre la fachada de 8 m de longitud, buscó ofrecer un efecto escenográfico de metamorfosis cromática y multisensorial a partir del juego de texturas y colores durante las estaciones del año.
- La cobertura de la envolvente con una piel vegetal de importante espesor, ayuda la mejora del balance térmico del edificio, ya que la gran masa vegetal puede protegerlo frente a la radiación solar en verano y la dispersión del calor en invierno, lo cual beneficia a la reducción del consumo energético.
- Se consideró en el diseño la optimización del consumo de energía de la estructura que lo "aloja", mediante un sistema de control y gestión del riego inteligente.
- La intervención aporta además beneficios ambientales por la escala de la obra, es decir, una mejora general en la calidad del aire, retención de polvos finos, absorción de CO₂, disminución del efecto de la isla de calor, reducción en los niveles de ruido percibidos dentro del edificio, etc.
- Este proyecto también aporta valor agregado al haber estudiado el ciclo de vida, cumpliendo con el principio C2C⁵¹ en el cumplimiento del principio de reversibilidad, sinónimo de eco-sostenibilidad total. El sistema de jardín vertical se creó de tal manera que pudiera desmontarse fácilmente y utilizarse efectivamente como compostaje, mientras que las estructuras de acero se pueden reciclar.

⁵¹ "Cradle to Cradle" - Ciclo de vida íntegramente "verde", que se basa en 3 principios: *Reducir, reutilizar, reciclar*

<h1>21</h1>	<h2>Ficha técnica</h2>	
	Nombre obra: B3 Hotel Virrey, Bogotá, Colombia	
TIPOLOGÍA 4: ISTEMA HIDROPONICO PATENTADO f + p (Paisajismo Urbano)	Jardines vertical estructura de paneles con fieltro aplicado uniformemente	
		<h3>Características</h3> <ul style="list-style-type: none"> • El hotel de 8 niveles, representa el primer proyecto ecosostenible de Colombia enfocando a un diseño vanguardista amigable con la naturaleza, buscando redefinir con la propuesta el concepto de “alojamiento verde” que se ha convertido en un referente de la ciudad. • El proyecto ha utilizado recursos sostenibles y novedosos que permiten no solo un bajo impacto ambiental, sino también diferentes propuestas estéticas y arquitectónicas en todo el edificio. • La idea apunta a la construcción pensada para cuidar el planeta, pues desde los acabados interiores hasta el diseño de la fachada giran en torno a la sostenibilidad. • Sin embargo, la apuesta más innovativa para el edificio fue pensada para la fachada pensando no solo asignándole una identidad corporativa visible cercana a la sustentabilidad, sino que además pudiere cumplir una función en el confort termo-acústico necesarios en los hoteles. • La función termo-acústica destinada a lograr un buen balance termo-energético y la reducción de ruido, se resolvió mediante la implementación de una fachada con una segunda piel vegetal y la inclusión de ventanas con altas prestaciones. • La segunda piel está conformada por un sistema de jardín vertical hidropónico, uno de los más grandes de Sudamérica, conforma un ecosistema complejo autopolinizante⁵² que repele insectos, en el que se seleccionaron especies autóctonas que pudieren aportar en la mejora termo-acústica de la fachada. • El jardín en la fachada es como un “colchón” que minimiza el impacto de la contaminación del aire, aporta oxígeno y aumenta la biodiversidad. • El riego se hace en parte con aguas recuperadas de las lluvias y humedad ambiente. • Dada la complejidad del sistema se requirió de un equipo interdisciplinario compuesto por arquitectos, ingenieros, consultores medioambientales, técnicos, naturalistas, biólogos y especialistas.

En cuanto a la tipología 5) de **SJV especiales**, lo conforma una heterogeneidad de propuestas de diseño tales como las que se expresan a través de las siguientes fichas técnicas:

⁵² Refiere al proceso en el cual la planta no requiere de la intervención de animales ni viento para polinizar ya que se encuentra en los estambres y lo polinizan al entrar en el estigma de las flores.

<h1 style="font-size: 48px; margin: 0;">22</h1>	<h2 style="margin: 0;">Ficha técnica</h2>	
	<p>Nombre obra: Fukuoka Prefectural International Hall(ACROS) Fukuoka, Japan</p>	
<p>TIPOLOGÍA 5: SISTEMA ESPECIAL</p>	<p>Jardín-cubierta aterrazada de tipo intensiva</p>	
		<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • Edificio fue diseñado por arquitecto y diseñador industrial argentino Emilio Ambasz, uno de los padres del movimiento de sostenibilidad. • Se propone convertir el edificio en un parque tridimensional en alegoría a una montaña boscosa, integrándolo al espacio público en una de sus fachadas mediante la unificación de la cubierta-fachada en forma de cascada hacia el parque que se formaliza mediante 15 terrazas bajas escalonadas y ajardinadas. • Cada uno de las terrazas de los 14 niveles del edificio ha sido tratado e impermeabilizado como una cubierta verde intensiva⁵³ con una profundidad variable de entre 30 a 60 cm. • En la actualidad con una variedad de especies entorno a las 120 variedades y un total estimado en 50,000 plantas.

⁵³ Nota: son aquellas cubiertas vegetales que debido a la profundidad permite una amplia variedad de especies y se comporta similar a un jardín convencional.

<h1 style="font-size: 48px; margin: 0;">23</h1>	<h2 style="margin: 0;">Ficha técnica</h2>	
	<p>Nombre obra: Perez Art Museum, Miami-Estados Unidos</p>	
<p>TIPOLOGÍA 5: SISTEMAS ESPECIALES</p>	<p>Jardines verticales de columnas suspendidas</p>	
		<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • El museo es un edificio contemporáneo dedicado a la colección y exposición de arte internacional entre los siglos XX y XXI. • La construcción ubicada en medio de la naturaleza se emplaza en una zona de parques frente al mar en la bahía de Key Biscayne (Miami), y debido a su proximidad con el agua se levantó del suelo para que el nivel de las mareas y tempestades no lo afectare. • El diseño del edificio es abierto de hormigón y madera cuyos pilotes de apoyo se convierten en columnas que sostienen un dosel sombreado, que cubre todo el lugar, generando un espacio público con generosas vistas que da la bienvenida a los visitantes al museo y el parque que además suele utilizarse como espacio para exposiciones temporales. • En el espacio exterior que conforma la terraza se colocó un jardín vertical constituido por columnas colgantes cuyo diseño representan una obra artística en sí mismas por su originalidad. • Las columnas colgantes que enmarcan el acceso al edificio están formadas tubos de acero donde se desarrollan plantas autóctonas adaptables a las exigencias climáticas del caribe cuya función es darle identidad y ayudar a generar un microclima que ayude a reducir la temperatura cálida en el interior del edificio.

24

Ficha técnica

Nombre obra: Agora Graden Tower (Tao Zhu Yin Yuan),
Taipei Taiwan




TIPOLOGÍA 5: SISTEMA ESPECIAL

Jardín vertical macetas corridas en balcones

Características

- El edificio plantea la asociación de los seres vivos (Bios), las biotecnologías (energías renovables y nanotecnologías) y las NICT (Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación).
- Representa un concepto pionero de ecoconstrucción residencial sostenible con el fin de limitar la huella ecológica de sus habitantes a través de un equilibrio entre el ser humano y la naturaleza, proponiendo una especie de fragmento de paisaje vertical con bajo consumo energético
- El edificio sustentable y autosuficiente desde lo energético y lo alimentario que tiene la impronta biotecnológica y simbiótica hombre-naturaleza.
- Plantea una postura de edificio metabólico a través de la integración del reciclaje de la autosuficiencia alimentaria, desechos orgánicos, de las aguas grises, las energías renovables y otras nuevas nanotecnologías de vanguardia (BIPV solar fotovoltaica, reciclaje de agua de lluvia, compost, etc.)
- Uno de los principales objetivos ha sido generar un máximo de cascadas de jardines al aire libre suspendidos. En dicho contexto el área verde de los balcones supera el 40% de la superficie cubierta del edificio.
- Los jardines de los balcones, incluyen el concepto de granja vertical habitada como verdaderos huertos suspendidos, huertos orgánicos, jardines aromáticos y otros jardines medicinales y son cultivados por sus habitantes,
- En los balcones se plantaron árboles frutales, hortalizas y aromáticas de forma orgánica, incluyendo en el concepto el compostaje, la reutilización del agua de riego con, el uso de las aguas de lluvia y la reutilización de las aguas grises generadas en el edificio a través de especies vegetales que funcionan como biofiltros.
- El diseño incluye el concepto Cradle to Cradle (C2C) nada se pierde, todo se transforma no solamente en la elección de los materiales sino además en el rol transformador de la naturaleza dentro del edificio.

25	Ficha técnica	
	Nombre obra: Walan Tower Brisbane, Australia	
TIPOLOGÍA 5: SISTEMA ESPECIAL	Balcones-terrazas en fachada	
		<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cada departamento fue pensado para tener conexión directa con la naturaleza que además ayuda al efecto del refrescamiento en las estaciones más cálidas. • La fachada hace referencia a la orilla del río y se basa en las fisuras y aberturas del acantilado circundante que incrusta el edificio en el paisaje de Kangaroo Point. • La característica sobresaliente está conformada por un bosque vertical que se desarrolla a modo de columna vertebral inspirándose en los acantilados adyacentes de la zona. • Se busca que cada jardín se acerque a un jardín suburbano, al tiempo que hace referencia al acantilado y al paisaje fluvial del área inmediata. • Los árboles utilizados son de gran tamaño y se incluyeron arbustos maduros que crecen en todo el edificio, emergiendo cada dos niveles.

26

Ficha técnica

Nombre obra: **Bosco Verticale, Milano, Italia**

TIPOLOGÍA 5: SISTEMA ESPECIAL

Balcones-terrazas en fachada



Características

- Pensado como dispositivo arquitectónico paradigmático de supervivencia ambiental para la ciudad contemporánea que promueve la coexistencia entre arquitectura y naturaleza favoreciendo la creación de ecosistemas urbanos complejos en zonas densamente pobladas
- Densifica y diversifica el tejido urbano creando relaciones entre el ambiente antropizado y el natural.
- Ofrece la regeneración urbana mediante la forestación de alta densidad al multiplicar el número de árboles en las ciudades mediante prestaciones ambientales relacionadas con el aumento de la biodiversidad, producción de oxígeno, reducción de la isla de calor, el aumento de la permeabilidad de los suelos, la reducción del consumo energético, la mejora en la calidad de vida, etc.
- El edificio devuelve de manera multiplicada el suelo sustraído para la construcción.
- Los jardines fueron pensados con alta diversidad vegetal y animal para reducir el uso de pesticidas frente a las plagas y enfermedades de las plantas.
- Se estudiaron diversos escenarios cromáticos para el edificio según la estación del año de modo que ofreciera una interesante dinámica.

27

Ficha técnica

Nombre obra: **Park Royal on Pickering Hotel, Singapore**



TIPOLOGÍA 5: SISTEMA ESPECIAL

Jardines verticales suspendidos

Características

- Edificio que presenta bloques de torre vidriados que armonizan con los edificios de altura circundantes.
- Estructura verde icónica que incluye un jardín en altura que aporta que no solo aporta las visuales de un jardín en altura al edificio sino también a la zona altamente densificada.
- El planteo de los jardines en cuatro niveles son podios contorneados conformados por elementos de hormigón prefabricado que siguen el diseño topográfico de los paisajes naturales ofrece especies diversificadas de plantas que se contrastan con cascadas y otros elementos para crear un aspecto exuberante.
- Presenta un sólido diseño sostenible que combina a la perfección prácticas y tecnologías innovadoras y respetuosas con el medio ambientales tales como maximizar el uso de la luz y ventilación natural, el ahorro energético, la reutilización de las aguas para la reducción de su demanda, el reciclaje responsable, etc.

28

Ficha técnica

Nombre obra: La Tour des Cedres, Lausanne, Suiza

TIPOLOGÍA 5: SISTEMA ESPECIAL

Jardines verticales en balcones-terrazas



Características

- El edificio, diseñado por Stefano Boeri tiene igual concepto que su anterior proyecto: el “Bosco Verticale” de Milán.
- Plantea una arquitectura capaz de producir biodiversidad dentro de la ciudad, mejorar la calidad del aire atrapando polvo fino, absorbiendo dióxido de carbono y produciendo oxígeno.
- La torre presenta diferentes terrazas de diversos tamaños cubiertos por árboles de hoja perenne, especialmente los cedros ya que resultan de una variedad cromática interesante durante el año además de ser de las especies más resistentes a las exigencias climáticas.
- El proyecto se realizó en colaboración con ingenieros y paisajistas para el cálculo de las losas que soporta la vegetación de cada nivel.
- El edificio se encuentra en etapa de construcción.

29

Ficha técnica

Nombre obra: **The Clearpoint, Colombo, Sri Lanka**

TIPOLOGÍA 5: SISTEMA ESPECIAL

Jardines verticales terrazas en fachada



Características

- El edificio fue diseñado resulta uno de los pioneros como torres sostenibles buscando mantener un equilibrio con la naturaleza y su entorno.
- Se planteó como objetivo reducir el consumo energético y la demanda de agua además de postular la inclusión del uso de la energía solar para espacios comunes, vendiendo los excesos de la misma a la red eléctrica.
- Dada la orientación del edificio, la ganancia de calor por radiación a través de la luz solar directa que afectaba las ventanas, se resolvió extendiendo los balcones para transformarlos en terrazas voluminosas e incluso parte de su losa sirve como contenedor de las plantas, además de proporcionar la ventilación cruzada para la ventilación natural.
- Las plantas proporcionan sombra, enfrían las terrazas, atenúan el calor radiante, además de aportar una mejora en la calidad del aire, captación del polvo volátil mediante las hojas como un filtro natural.

30

Ficha técnica

Nombre obra: **Tower Flower, Paris, Francia**


TIPOLOGÍA 5: SISTEMA ESPECIAL

Jardines verticales macetas premoldeadas perimetrales




Características


- El edificio de vivienda social, plantea la experimentación del bloque abierto urbano y “vivo” y representa un icono de la arquitectura contemporánea.
- La planta baja se abre hacia el exterior como un deseo de contactar directamente con la naturaleza.
- El diseño presenta losas en voladizo donde se empotraron maceteros gigantes prefabricados en todo su perímetro inspirándose en los maceteros parisinos.
- Las plantas cubren tres lados del edificio, mostrando el concreto rustico en una curiosa mezcla gris / blanca que le da un aspecto inacabado, buscando que dicho efecto marcara el contraste.


<h1>31</h1>	<h2>Ficha técnica</h2>	
	Nombre obra: The Urban Forest, Brisbane, Australia	
TIPOLOGÍA 5: SISTEMA ESPECIAL	Jardines verticales balcones-terrazas perimetrales	
		<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • Torre residencial conocida como 'Bosque Urbano (The Urban Forest)' se diseñó con el fin de ser el edificio más verde del mundo, estableciendo un record de espacio verde en un reducido espacio urbano que busca aumentar la biodiversidad urbana y reducir la huella ecológica en la ciudad. • <i>La torre celebra la identidad única de Brisbane: verde, abierta, ligera y permeable. El paisajismo expone una combinación de especies autóctonas y exóticas, ofreciendo como resultado una expresión de bosques originales verdes y jardines residenciales familiares de Brisbane.</i> • La relación parcela/ verde es del 29% respecto al 100% de un parque verde plano, plantea un paisajismo vertical llamativo, dinámico que se relaciona dialécticamente con un parque diseñado en el nivel cero


Seguidamente a través de fichas específicas se expondrán los diversos sistemas de jardines verticales implementados en obras arquitectónicas indicando además características particulares para cada caso.


EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 2; Doble piel malla 3D modular	2 	DISEÑO DELJARDIN	Edificio basado en los principios del diseño pasivo de control climático. El diseño de los jardines verticales se incluyó desde el inicio para la fachada orientada al norte. Cobertura verde en relación a la fachada: 10 %
	Newton Suites, Singapur Estudio WOHA Architects (Hassel & Wong) Jardín vertical: Cicada Pte. Ltd. (landscape) Tipo de uso: Residencial Altura: 36 niveles Año: 2007	SISTEMA CONSTRUCTIVO	Sistema de malla metálica protegido por otra malla perimetral (modular 3D)
		SISTEMA DE RIEGO	Sistema de riego automático con sensores de tiempo.
		ESPECIES DE PLANTAS	Para lograr colores vivaces se utilizaron las especies <i>Thunbergia grandiflora</i> , <i>Plumaria</i> , <i>Iris amarillo Boston fer.</i>
		PROTECCION /CUIDADOS	El sistema se impermeabiliza con materiales elastomericos en forma de fluido.
		MANTENIMIENTO DELSISTEMA	Colocación de una escalera adyacente a la fachada vegetada de fácil acceso. La facilidad de accesibilidad a la pared mediante una escalera exterior ayuda a reducir los costos para el mantenimiento del sistema.
	APORTE	El periodo de tiempo requerido para el desarrollo del sistema de jardines verticales, ayudo a evaluar la visibilidad del mismo. La facilitación del acceso para su mantenimiento, redujo los costos laborales.	

EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 2: Doble Piel -Cables de acero tensados en forma de malla	3 	DISEÑO DELJARDIN	Planta en forma de bote con parasoles horizontales perimetrales en aluminio distanciados por un corredor perimetral de 1,40m respecto a la línea de fachada y con orientación al noroeste. El jardín vertical comienza se ha colocado entre los niveles 4º y 15º, mientras los niveles inferiores se han cubierto con árboles. El objetivo principal ha sido estético y termo-energético. Superficie del jardín: 2700 m ² Cobertura verde en relación a la fachada: 22 %.
	Edificio Consorcio Santiago, Chile Estudio: Enrique Browne + Borja Huidobro Arquitectos Jardín vertical: Green Paisajismo Tipo de uso: residencial Superficie cubierta: 26.751 m ² Niveles: 17 Año: 1990	SISTEMA CONSTRUCTIVO	Jardín vertical de doble piel, con plantas que crecen en macetas Estructura de soporte; parasoles horizontales de aluminio que soportan una trama de cables de acero inoxidable que sirven como medio trepador para las plantas para cada nivel.
		SISTEMA DE RIEGO	Sistema automatizado de riego por goteo, regulado según la época del año.
		ESPECIES DE PLANTAS	Los tres primeros niveles se incluyeron plantas caducas coloridas (principalmente <i>Acer Japonicos</i>) en el nivel cero. Para el jardín vertical, se buscó enfatizar la caducidad foliar a través del colorido que proporcionan durante las estaciones del año (como <i>bouganvilleas</i> , <i>ampelopsis capensis</i> , <i>rosas blancas de bangsia</i> y <i>plumbagos</i>). La selección incluyó el bajo mantenimiento vegetal. Ofrece un aspecto cambiante, pero de permanente validez.
		PROTECCION /CUIDADOS	El sistema se impermeabiliza con materiales elastomericos en forma de fluido.
		MANTENIMIENTO DELSISTEMA	El corredor de 1,40 m en concreto permite simplificar el mantenimiento de la vegetación (poda, desmalezado, control de sanidad, colocación de abonos y nutrientes, etc.) desde el interior sin necesidad de estructuras externas o andamiajes. Baja complejidad y costo. Sistema simplificado para mantener el jardín y la fachada vidriada posterior.
	APORTE	El objetivo del sistema vegetal ha sido aportar una mejora en el rendimiento termo-energético del edificio mediante las especies caducas de modo que se gane calor en invierno y se aisle en verano. El uso de la fachada vegetal, significa un ahorro anual del 20% en gastos de energía. Edificio emblemático, ganador de múltiples premios por su diseño en Chile y el exterior.	

EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 2: Doble Piel -Cables de acero tensados en forma de malla	4		
		DISEÑO DELJARDIN	La presencia de jardines verticales en la fachada forma parte de una estrategia para la mejora termo-energética edilicia. La colocación de la vegetación se ubicó del lado norte en ambos lados de balcones cuyo diseño tiene en consideración el ángulo de incidencia solar y el deslumbramiento funcionando como filtro a fin de resultar una estrategia de sombreo en las ventanas Cobertura verde en relación a la fachada: 2%
		SISTEMA CONSTRUCTIVO	Sistemas de maceteros modulares colocados en balcones externos al edificio y sostenidos por un enrejado de malla X-tend de acero inoxidable de apertura 150 mm. La pared verde consiste en macetas de plástico recicladas, que sostienen las vides que trepan la malla metálica. Las plantas crecen sobre las mallas de cable de acero inoxidable.
		SISTEMA DE RIEGO	Sistema de riego automático para las macetas. Cada maceta tiene sustrato Hydrocell producto que cuenta con aditivos sintéticos y reduce 50% el requerimiento de agua y aumenta aireación del mismo.
		ESPECIES DE PLANTAS	Las especies seleccionadas se realizaron en función de las exigencias del contexto no solo climático sino además del comportamiento en altura con alta radiación solar. Las especies trepadoras elegidas han sido <i>Akebia quinata</i> , <i>Cissus antarctica</i> .
		PROTECCION /CUIDADOS	Sistema de riego automático para las macetas. Cada maceta tiene sustrato Hydrocell producto que reduce 50% el requerimiento de agua y aumenta su aireación.
		MANTENIMIENTO DELSISTEMA	El diseño simplificado del jardín colocado a lo largo de los laterales de los balcones facilita mucho el mantenimiento que se puede realizar en el interior de cada balcón. El mantenimiento del sistema resulta facilitado por los accesos desde los balcones además de economizar los costos.
	APORTE	El edificio fue diseñado para minimizar el consumo energético. Ha sido galardonado con múltiples premios: Imagining the Future Award, Year of The Built Environment Awards 2007 National Best Green Building Award (joint winner), World Environment Day Awards 2007 Sustainable Architecture Award, Australian Institute of Architects (VIC) 2007 President's Award, Australian Property Institute Excellence Awards 2007 Sustainable Architecture Award, Australian Institute of Architects (National) 2008 Best Commercial Architecture, Asia Pacific Property Awards 2009.	
<p><i>Council House 2 (CH2), Melbourne- Melbourne, Australia</i> Estudio: City of Melbourne + Mick Pearce with Design Inc Jardín vertical: City of Melbourne + Mick Pearce with Design Inc Tipo de uso: edificio de administración publica Superficie cubierta: 12.536 m² Niveles: 10 Año: 2006</p>			

EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 2: Doble Piel-Cables de acero tensados	5		
		DISEÑO DELJARDIN	La propuesta han sido dos torres con seis niveles de diferencia entre sí. Ambos edificios, tienen plantas enredaderas que parten desde el nivel cero y cubren la totalidad de la las alturas en todas las caras de los edificios. Cobertura verde: 8,000 m2 (aprox.) Estimación por cada una de las 2 torres Cobertura verde en relación a la fachada: 35 %.
		SISTEMA CONSTRUCTIVO	Jardín vertical de doble piel perimetral en las dos torres.
		SISTEMA DE RIEGO	Jardín vertical conformado por un sistema de doble piel a través de un conjunto de tensores y macetas que recorren la totalidad de fachadas en toda la altura. El sistema de riego altamente tecnologicado con riego automatizado con sensores.
		ESPECIES DE PLANTAS	El diseño incluyo 200 especies diferentes de plantas trepadoras que se adaptan a las exigencias climáticas y de diseño. Los jardines verticales se instalaron en las 8 fachadas de las 2 torres del complejo residencial ya que los jardines rodean perimetralmente en toda la altura de los mismos.
		PROTECCION /CUIDADOS	La vegetación crece en los 1000 maceteros que cubren dos tercios de cada.
		MANTENIMIENTO DELSISTEMA	El mantenimiento del sistema permite que se mantenga utilizando mano de obra mínima ya que el diseño ha previsto pasarelas perimetrales que facilita el acceso del personal sin interrumpir a los ocupantes del edificio Se eligieron los cables como tutores para las plantas enredaderas, instalación relativamente económica y sustentable.
	APORTE	Le Nouvel ha recibido muchos reconocimientos prestigiosos en el ámbito arquitectónico global. Es galardonado con el Premio Pritzker de Arquitectura 2016 en honor a su talento, visión y compromiso, que ha hecho importantes contribuciones a la humanidad y al entorno construido.	
<p><i>Le Nouvel, Kuala Lumpur (KLCC) – Malasia</i> Estudio: DNP Property Management Sdn Bhd Jardín vertical: Patrick Blanc Tipo de uso: residencial Superficie cubierta: 79,356 m2 Niveles: 43 y 49 Año: 2016</p>			

TIPOLOGÍA 2: Doble piel con tramas metálicas		EDIFICIO	PARTICULARIDADES
	<p>6</p>  <p><i>The Tree House</i> Singapur Estudio: ADDP Architects LLP Jardín vertical: COEN Design International Pte Ltd Tipo de uso: residencial Superficie cubierta: 52.438m² Torres: 4 Niveles: 24 Año: 2012</p>	<p>DISEÑO DEL JARDIN</p>	<p>El condominio es una creación inspirada no solo en el entorno paisajístico sino también en el biomimetismo. Posee 3 niveles de jardines en con enredaderas que crecen a partir de un soporte circular. El objetivo principal ha sido mitigar las ganancias de calor en el edificio mediante una "bio-envolvente" frondosa. Visualmente, el muro verde fue conceptualizado como una extensión natural de los parques circundantes que formarían un tapiz continuo de vegetación que trepa por la fachada arquitectónica. Se planteó una conectividad entre el suelo y la pared verde. El sistema funciona como pulmones verdes.</p>
		<p>SISTEMA CONSTRUCTIVO</p>	<p>Fue un diseño de sistema de pared verde basado en dos niveles de macetas con 60 cm de profundidad para que enraicen cómodamente y retengan bien la humedad las plantas trepadoras que crecen en tramas metálicas. Un tercero es responsable del mantenimiento y realiza inspecciones visuales semanales desde el suelo e inspecciones mensuales para verificar la salud e hidratación de las plantas, así como realizar podas y reemplazar las plantas según sea necesario.</p>
		<p>SISTEMA DE RIEGO</p>	<p>En el techo de la torre se recoge el agua de lluvia y se la almacena en un tanque de agua para regar los jardines en forma de goteo por gravedad. El fertilizante va por la misma línea.</p>
		<p>ESPECIES DE PLANTAS</p>	<p>Las dos especies de plantas dominantes son <i>Thunbergia grandiflora</i> y <i>Bauhinia kockiana</i>. La <i>Thunbergia grandiflora</i> de rápido crecimiento y la <i>Bauhinia kockiana</i>, de crecimiento más lento, se intercala en la siembra para como otra capa de vegetación. Una tercera especie de plantas trepadoras, <i>Quisqualis indica</i>, se intercala aleatoriamente para enriquecer el potencial de la pared verde para convertirse en un hábitat de mariposas. Esta planta también agrega textura, ya que habitualmente crece hacia afuera en lugar de adherirse a la estructura de la pared verde. Enredaderas frondosas como <i>Vernonia elliptica</i> cubren la abertura y suavizan el duro paisaje del aparcamiento.</p>
		<p>PROTECCION /CUIDADOS</p>	<p>Monitoreo de todo el sistema permite el control de la situación en además del mantenimiento regular todo momento in situ.</p>
		<p>MANTENIMIENTO DEL SISTEMA</p>	<p>Las macetas están ubicadas cada dos plantas, cada una con su propia pasarela de mantenimiento de aluminio, que se coloca por encima del nivel del suelo de las macetas para ahorrar espacio. Los accesos se realizan mediante una pequeña ventana para crear puntos de acceso que permitan podar y limpiar las hojas muertas y otros desechos.</p>
		<p>APORTE</p>	<p>Parks Skyrise Greenery Award 2013 (Special Award - Best Design for Maintenance) PUB ABC Waters Award 2010 BCA: Construction Excellence Awards 2015 (Merit) BCA: Construction Productivity Awards 2015 (Platinum) BCA: Design and Engineering Safety Excellence Awards 2015 (Merit) BCA: Universal Design Mark Award 2014 (Gold) BCA: Green Mark Awards 2010 (Platinum) Guinness World Record 2014 (World's Largest Vertical Garden) MIPIM Asia Awards 2013 Gold (Best Innovative Green Building) Singapore Landscape Architecture Awards 2013 (Merit) FIABCI Singapore Property Award 2014 (Sustainable Category) Landscape Excellence Assessment Framework 2014 (Certificate of Recognition - Outstanding Project)</p>

TIPOLOGÍA 2: Doble piel malla 3D modular		EDIFICIO	PARTICULARIDADES
	<p>7</p>  <p><i>Oasia Downtown</i> Singapur Estudio: WOHA Architects Jardín vertical: Sitetectonix Pte.Ltd</p>	<p>DISEÑO DEL JARDIN</p>	<p>Esta "torre viviente" con la impronta de alta biodiversidad paisajística tanto en su aspecto como en su tratamiento interior, crea una serie de estratos diferentes en cada nivel del edificio a modo de un gran pulmón verde en una zona con alta densidad de ocupación. La tecnología de jardines verticales se aplica como una segunda piel vegetal, ligera y transparente que permite mantener las visuales, crear corrientes de ventilación cruzada y reducir la demanda termo-energética del edificio. Se complementa con 4 terrazas a lo largo del edificio destinados a la comunidad.</p>
		<p>SISTEMA CONSTRUCTIVO</p>	<p>Esta "torre viviente" con la impronta de alta biodiversidad paisajística tanto en su aspecto como en su tratamiento interior, crea una serie de estratos diferentes en cada nivel del edificio a modo de un gran pulmón verde en una zona con alta densidad de ocupación. La tecnología de jardines verticales se aplica como una segunda piel vegetal, ligera y transparente que permite mantener las visuales, crear corrientes de ventilación cruzada y reducir la demanda termo-energética del edificio. Se complementa con 4 terrazas a lo largo del edificio destinados a la comunidad.</p>
		<p>SISTEMA DE RIEGO</p>	<p>Se instaló un sistema automático de riego y fertirrigación, organizado por estaciones en cada nivel con controles basados en la demanda de agua de las plantas, en 3 grandes grupos: grandes, medianos y bajos.</p>
			<p>Sobre la doble piel se plantaron en maceteros alrededor de 21 especies diferentes de enredaderas, exuberantes, floridas y resistentes a las exigencias climáticas según la altura (exposición solar, vientos, lluvias, etc.), que proporcional el alimento para las aves y los insectos. Las enredaderas forman un mosaico con cada tipo que se corona en la terraza.</p>


	<p>(landscape) Tipo de uso: <i>hotelería</i> Superficie cubierta: 19.416 Niveles: 60 Año: 2016</p>	ESPECIES DE PLANTAS	Las especies que se ubican en las fachadas se colocaron en relación a las exigencias de luz solar o las sombras generadas por el entorno; la velocidad de crecimiento y cobertura, etc. Por otro lado, se seleccionan otras 33 especies de plantas y árboles, lo que hace un total de 54 especies de plantas y árboles para mejorar la biodiversidad en el centro de la ciudad.
		PROTECCION /CUIDADOS	El monitoreo de todo el sistema permite el control de la situación en todo momento además del mantenimiento regular in situ.
		MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	Para facilitar el acceso al edificio para el mantenimiento en cada nivel del sistema se incluyeron escalera gato.
		APORTE	June 2018, the Council on Tall Building and Urban Habitat (CTBUH) gave the 16th annual Best Tall Building Worldwide.

EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 2: Doble piel malla metálica modular	8  <i>School of the Arts Singapur (SOTA) Singapur</i> Estudio: <i>WOHA Architects</i> Jardín vertical: <i>Cicada Pte. Ltd. (landscape)</i> Tipo de uso: <i>Educación</i> Superficie cubierta: <i>52945 m²</i> Niveles: <i>10</i> Año: <i>2011</i>	DISEÑO DEL JARDIN	El diseño es un nuevo paradigma de edificio escolar que plantea un volumen importante perforado para que acceda la luz natural y la ventilación en toda su superficie más allá del volumen. Las fachadas incorporan vegetación a modo de filtros ambientales capaces de eliminar el resplandor, el polvo, reducir el ruido proveniente del exterior, disminuir los consumos termo-energéticos y el efecto de isla de calor. Porcentaje cobertura de vegetación en fachada: 26%.
	SISTEMA CONSTRUCTIVO	El sistema es una doble piel con malla modular en metal sobre la que crecen las plantas trepadoras.	
	SISTEMA DE RIEGO	Sistema automatizado de riego que cae a una canaleta que recolecta el agua sobrante y los drena en rejillas.	
	ESPECIES DE PLANTAS	Se decidió colocar la especie <i>thumbergia</i> en todo el edificio para unificar la fachada.	
	PROTECCION /CUIDADOS	Se buscó costo efectivo y mínimo mantenimiento	
	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	Se puede acceder a los módulos de los jardines para el mantenimiento mediante corredores de servicio.	
	APORTE	Jørn Utzon Award for International Architecture in the 2011 National Architecture Awards.	


EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 2: Doble piel malla expandida modular	9  <i>IDEO Morph 38 Tower Bangkok, Tailandia</i> Estudio: <i>Somdoon Architects</i> Jardín vertical: <i>Shma Co., Ltd.</i> Tipo de uso: <i>mixto en PB es publico y las torres son residenciales</i> Superficie cubierta: <i>26.158 y 10.885</i> Torres: <i>2</i> Niveles: <i>10 y 32</i> Año: <i>2013</i>	DISEÑO DEL JARDIN	Las dos torres están interconectadas visualmente a través de una doble piel vegetal en las fachadas térmicamente más conflictivas, buscando generar un ambiente más confortable además de aumentar el espacio verde por habitante. Los jardines verticales se articulan con el tratamiento paisajístico en la planta baja. El proyecto adquiere una relación simbiótica con el medio ambiente debido a su lenguaje de diseño sensible con fachadas vegetadas. Sup. Fachada: 233613 m ² Porcentaje de vegetación en fachada: 23%
	SISTEMA CONSTRUCTIVO	El sistema está compuesto por dos elementos: a) macetas que se construyen en el suelo de 60 cm de profundidad; b) de módulos de malla expandida sobre las que crecen las plantas trepadoras.	
	SISTEMA DE RIEGO	Sistema de riego automático que recorre las macetas con buenos drenajes para evitar obturaciones.	
	ESPECIES DE PLANTAS	Las especies son plantas trepadoras tropicales que toleran el viento para responder las exigencias en los niveles superiores donde la presión del viento es mayor. Además, dos lados de la fachada del edificio orientados hacia el este y el oeste están cubiertos por plantas trepadoras de rápido crecimiento y bajo mantenimiento que crecen en maceteros de 60 cm, las cuales ayudan a mitigar el calor que penetra en el edificio además de minimizar el impacto del deslumbramiento en el entorno. Especies: <i>tumbergia laurifolia</i> ; <i>tumbergia grandiflora roxb</i> ; <i>pasiflora alato-caerulea lindl</i> .	
	PROTECCION /CUIDADOS	El monitoreo de todo el sistema permite el control de la situación en todo momento además del mantenimiento regular in situ.	
	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	El mantenimiento del sistema se realiza mediante un corredor de servicio accesible.	
	APORTE	<ul style="list-style-type: none"> World Architecture Festival 2013 - Shortlisted, under the Housing (completed) Category, awarded by World Architecture Festival MIPIM Asia 2013 - Silver Award, under Category of Best Residential Development, organized by Reed MIDEM Asia Pacific Awards Architecture - Best, under Category of High-rise Architecture, Thailand 2013-2014, awarded by International Property Awards Tall Building Award, Asia & Australasia region 2014 - Finalist, awarded by Council on Tall Buildings and Urban Habitat 	

		• The International High-rise Award 2014 - Nominated, awarded by City of Frankfurt, Dutsches Architekturmuseum and DekaBank.
--	--	--

EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 2: doble piel	10	 <p><i>Pasona Headquarters Tokyo, Japon</i></p> <p><i>Estudio: Moore Ruble Yudell Architects, Paul Cremoux Studio</i></p> <p><i>Jardin vertical: Sou Fujimoto Architects, Hiroyuki Shimozaki Architects</i></p> <p><i>Tipo de uso: oficinas Superficie edificada: 20.000 m² Niveles: 8 Año: 2010</i></p>	<p>DISEÑO DELJARDIN</p> <p>El jardín vertical se propuso como forma de renovación de un edificio de 50 años de antigüedad manteniendo su envolvente y superestructura. El proyecto consiste en una fachada verde de doble piel, oficinas, un auditorio, cafeterías, un jardín en la azotea y, sobre todo, instalaciones agrícolas urbanas integradas dentro del edificio. Sup. Fachada: 6.266 m² Porcentaje de cobertura vegetal en fachada: 20%</p> <p>SISTEMA CONSTRUCTIVO</p> <p>Sistema de doble piel que crece dentro de macetas donde las plantas se desarrollan sobre una estructura de rejillas de 3" de profundidad que dan sombra y refrescan durante el verano. La altura de los jardines es de 34 m y la superficie de los jardines es de 1.124 m².</p> <p>SISTEMA DE RIEGO</p> <p>Sistema de riego automático. El riego por goteo es la principal fuente de agua para la planta y también transporta el nutriente a las macetas. Además, hay un sistema de riego por neblina que limpia las hojas de las contaminaciones del aire y mantiene la humedad en las propias hojas. Todas las plantas se riegan dos veces por semana durante el invierno. Se usó una membrana impermeabilizante monolítica en aerosol para cubrir toda la losa de concreto dentro del área del balcón donde hay salidas de drenaje para drenar adecuadamente tanto la lluvia como el agua de riego.</p> <p>ESPECIES DE PLANTAS</p> <p>Presenta flores de temporada y naranjos que crean una pared verde viva y una identidad dinámica para el público.</p> <p>PROTECCION /CUIDADOS</p> <p>Dependiendo de la temporada, las plantas se podan tanto como una vez cada dos días o tan poco como una vez por semana. Los pesticidas en aerosol se usan para proteger las plantas y flores de los insectos.</p> <p>MANTENIMIENTO DELSISTEMA</p> <p>Para permitir un proceso de mantenimiento eficiente, se accede al área del balcón a través de las ventanas y puertas operables del sistema de fachada interior acristalada que separa el espacio del balcón del espacio de la oficina.</p> <p>APORTE</p> <p>El edificio se reconvirtió en una de las sedes más grandes para el desarrollo de la agricultura urbana tecnologicada en su interior.</p>

EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 3: sistema de sustrato	11	 <p><i>Hotel Intercontinental Santiago, Chile</i></p> <p><i>Estudio: Alemparte Barreda y Asociados Arquitecto</i></p> <p><i>Jardin vertical: Vivian Castro-Impacto Verde</i></p> <p><i>Tipo de uso: hotelería Superficie edificada: 12.130 m² Niveles: 16 Año: 2011</i></p>	<p>DISEÑO DELJARDIN</p> <p>Presenta una estructura de hormigón armado, cuya fachada está revestida en ladrillo y tapizada con una envolvente vegetal. Sup. Fachada: 1.579 m² Porcentaje de vegetación en fachada: 29%</p> <p>SISTEMA CONSTRUCTIVO</p> <p>El sistema de jardín vertical consiste en pequeñas cajas de aluminio de 70 x 70 cm y 8 cm de profundidad dividida como caja de huevos con calados en sus costados cubiertas de sustrato. Debido a la conformación de las cajas, las raíces se entrelazan naturalmente y forman una verdadera malla de tierra armada muy firme que impide su caída. Para reforzar su anclaje las cajas van consolidadas al muro-fachada del edificio con un sistema especial. Superficie del sistema del jardín: 1.620 m²</p> <p>SISTEMA DE RIEGO</p> <p>Detrás de las cajas van todos los sistemas de cañería de riego por goteo automático para facilitar la salud de las plantas. Posee un sistema de sensores que hacen un control permanente y son programados por un computador.</p> <p>ESPECIES DE PLANTAS</p> <p>Se eligieron tres especies perennes en base a los aspectos estéticos y cromáticos buscando que los jardines puedan presentar diferentes coloridos y texturas cambiantes durante las estaciones del año. Las mismas son: la <i>Ayuga</i>, que tiene un follaje verde intenso con hojas gruesas y flores color lila; el <i>Ophiopogon</i>, planta herbácea perenne semejante a un pasto grueso de color verde parejo; y la <i>Ceratostigma</i> mezclada con musgo, que durante el otoño desaparece y solo deja a la vista el musgo de color verde, y en primavera y verano tiene flores de color azul intenso y follaje rojo. Para su diseño, se realizaron estudios y ensayos botánicos de especies y tipo de plantación y riego, insertando esta obra en el patrimonio ecológico y sustentable de nuestro país y su arquitectura. Se plantaron 110.000 especies en las dos fachadas.</p> <p>PROTECCION /CUIDADOS</p> <p>El monitoreo de todo el sistema permite el control de la situación en todo momento además del mantenimiento regular in situ</p> <p>MANTENIMIENTO DELSISTEMA</p> <p>El control de la vegetación se realiza con mayor frecuencia los primeros años y luego en lapsos más distanciados. A su vez se chequea interiormente cada departamento que tiene las plantas además de las fachadas exteriormente cuando se requiera.</p> <p>APORTE</p> <p>El edificio se pretende instalar como un proyecto de características singulares y en un lugar emblemático para Santiago y para la compañía, con una fachada verde y diseño de vanguardia para destacar y posicionar la imagen corporativa de Intercontinental Santiago, como una compañía que cuida y respeta el medio ambiente.</p>

EDIFICIO		PARTICULARIDADES		
TIPOLOGIA 4: Sistema Hidropónico + TIPOLOGÍA 2 : Doble piel con tensores	12	 <p><i>One Central Park Sydney, Australia Estudio: Jean Nouvel Atelier Jardin Vertical: Patrick Blanc Tipo de uso: residencial Superficie cubierta: 255.000 m² Torres: 2 Niveles: 34 y 12 Año: 2012</i></p>	DISEÑO DELJARDIN	<p>El edificio combina la visión artística, el mundo natural y el beneficio público que se erige como una columna verde distinta de las torres y almacenes circundantes. Esculpido arquitectónicamente, las irregularidades de los balcones del edificio, el uso de vidrio y un voladizo enorme crean una estética impresionante, incluso antes de considerar los miles de plantas con flores que bordean el exterior.</p> <p>El uso estratégico de la vegetación es significativo siendo premiado como el Mejor Edificio en altura a nivel mundial (2014) debido a su enfoque innovador y sostenible que representa la inclusión de la vegetación en todas las fachadas de las 2 torres y su riego que integra el reciclado de aguas provenientes del edificio.</p> <p>Porcentaje de cobertura verde en relación a la fachada: 50 %</p>
	SISTEMA CONSTRUCTIVO		<p>Está conformado por un sistema hidropónico que cuelga del edificio. Paralelamente se colocaron un conjunto de macetas diseñadas individualmente con cables tensores de acero para crear el efecto de "muro vegetal" en las fachadas a modo de doble piel</p> <p>El edificio alberga 23 paredes verdes, lo que equivale a un área total de 1.200 m²</p> <p>Las plantas cumplen una función térmica, protegiendo el edificio en verano y permitiendo la entrada de radiación en invierno</p>	
	SISTEMA DE RIEGO		<p>El sistema de riego utiliza aguas residuales tratadas, aguas pluviales locales y aguas subterráneas para proporcionar agua adecuada para su propósito.</p> <p>Se diseñó de manera que el riego individual por cada tramo vertical se gestione de forma centralizada a través de un sistema de gestión de edificios que puede monitorear y dar cuenta de las condiciones ambientales.</p>	
	ESPECIES DE PLANTAS		<p>Los jardines están conformados por 35.000 plantas trepadoras y colgantes exóticas y nativas de Australia.</p> <p>Se seleccionaron aproximadamente unas 350 especies, 250 autóctonas australiana, algunas de las cuales son de tipo caduca.</p> <p>Se identificaron las diferentes zonas de exposición de la vegetación al viento y al sol en la fachada del edificio ayudo posicionar las plantas.</p> <p>Se realizaron estudios en el túnel de viento además de estudios térmicos complementarios para recabar más información en la selección de las especies más apropiadas</p>	
	PROTECCION /CUIDADOS		<p>El monitoreo del jardín incluye la sanidad de las plantas (incluidas las plagas y enfermedades), la poda y la eliminación de basura.</p> <p>Gran parte del trabajo se realiza desde una plataforma integral suspendida</p>	
	MANTENIMIENTO DELSISTEMA		<p>Un tercero es responsable del mantenimiento y realiza inspecciones visuales semanales desde el suelo e inspecciones mensuales para verificar la salud e hidratación de las plantas, así como realizar podas y reemplazar las plantas según sea necesario.</p> <p>Los ocupantes de los departamentos no tienen acceso a las paredes vegetales para su mantenimiento por la propia salud y seguridad.</p>	
	APORTE		<ul style="list-style-type: none"> • 2015 UDIA Awards (National), High Density Development • 2015 MIPIM Awards (Global), Best Innovative Green Building • AILA (NSW), Award for Design in Landscape Architecture • Council for Tall Buildings and Urban Habitat Awards (Global), Best Tall Building Worldwide • 2014 LEAF Awards (Global), Overall Winner • 2014 LEAF Awards (Global), Sustainability Award • 2014 World Green Infrastructure Congress (Global), International Green Infrastructure Award • 2014 Sydney Engineers Australia Awards (NSW), Building & Structures • 2014 Sydney Design Awards, Landscape Design • 2014 UDIA Awards (NSW), High Density Development • 2014 UDIA Awards (NSW), Design & Innovation • Urban Taskforce (National), Development of the Year • 2014 Australian Institute of Builders Awards (NSW) • Best Tall Building in Asia and Australia 	

EDIFICIO		PARTICULARIDADES		
TIPOLOGIA 4: Hidropónico de fieltro	13	 <p><i>Trio Residential Towers , Sydney-Australia Estudio: Fender Katsalidis Architects</i></p>	DISEÑO DELJARDIN	<p>La propuesta ha buscado regenerar un espacio para que resulte eco-referencial. Para tal fin, se cubrió la parte media de la fachada en forma de un paño verde continuo de colores azules brillantes que buscaron suavizar los grises del concreto. El diseño incluyó la recolección de agua de lluvia para el riego del jardín.</p> <p>Superficie del jardín: 165 m² (33 m alto x 5 ancho)</p> <p>Cobertura verde en relación a la fachada: 0,7%</p>
	SISTEMA CONSTRUCTIVO		<p>La pared verde recibe soporte estructural a través de un marco de acero y plástico reciclado que sostiene los bolsillos de tela reciclada en los que se plantan las diversas especies.</p> <p>Fieltro no biodegradable (patentado por Blanc), multicapa, altamente resistente y cubierto de malla, donde las plantas logran enraizarse cómodamente.</p>	
	SISTEMA DE RIEGO		<p>Utiliza sistema de riego automático por goteo. Se incluyó al sistema el aporte por agua de lluvia.</p> <p>Para el mantenimiento se incluyó un acceso cada 3 m.</p>	
	ESPECIES DE PLANTAS		<p>Las plantas nativas australianas entre ellas <i>Acacia</i> y <i>Poa</i> que resultan resistentes para la exposición a plena luz solar. En la parte inferior se requiere de menos luz solar y riego se eligieron plantas como <i>Goodenia</i> y <i>Viola</i>.</p>	
	PROTECCION /CUIDADOS		<p>El sistema se impermeabiliza con materiales elastomericos en forma de fluido.</p>	

	<p>Jardín vertical: Phillip Johnson Landscape /Patrick Blanc/ Tipo de uso: residencial Niveles: 16 Año: 2010</p>	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	Mensual para verificar la salud de la planta y la presencia de malezas. Requiere 2 personas para controlar el jardín. Mantenimiento de baja complejidad. Reducción de costos en la etapa de instalación donde el material utilizado para el marco se utiliza plástico reciclado.
		APORTE	El objetivo de la inclusión del jardín ha sido generar un impacto positivo-directo en el medio ambiente además de una contribución para el cambio climático ya que el sistema basado en filtros patentados por Patrick Blanc, se comporta como un sistema natural de purificación del aire que mitiga las emisiones de efecto invernadero.


EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 4: Hidropónico modular pre plantado	14		
		DISEÑO DEL JARDIN	Jardín vertical orientado al sur, se utiliza como imagen corporativa. El diseño del jardín-mural está inspirado en los artistas Joan Miró y Alexander Calder, con una paleta dominante en la gama del verde. Superficie del jardín: 221 m ² Cobertura verde en relación a la fachada: 5 %
		SISTEMA CONSTRUCTIVO	Sistema modular pre plantado inteligente de jardín vertical. Se trata de paneles G-O2 Living Wall patentados, conformado por cajas metálicas pre plantadas. El sistema lleva sensores que detectan la humedad del sustrato, la temperatura, y la salinidad a distancia.
		SISTEMA DE RIEGO	Sistema de riego cerrado controlado a distancia por software.
		ESPECIES DE PLANTAS	La elección de las plantas nativas ha tenido relación con la paleta de colores para armar el jardín-tapiz en la gama de los verdes tales como <i>carex ice dance</i> , <i>lysimachia nummularia aurea</i> . Para lograr los toques oscuros se utilizaron: <i>ajuga bronze beauty</i> y <i>heuchera place purple</i> . Se conforma de 602 bandejas de plantación modulares individuales que albergan más de 12.000 plantas perenne
		PROTECCION /CUIDADOS	Se decidió proteger la fachada del edificio separando el sistema de jardín vertical mediante la inclusión en el diseño de una cámara de aire. Se tuvieron consideraciones especiales para la protección de la masa radicular del jardín a fin de aislarla correctamente sin perjudicarlas funcionalmente.
		MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	Mensual para verificar la salud de la planta y la presencia de malezas mediante andamios colgados en altura. Requiere 2/3 personas para controlar el jardín. Mantenimiento de media complejidad. El sistema inteligente, reduce a la mitad el uso de agua
	APORTE	El edificio posee certificación LEED. La alta tecnologización del sistema de jardín vertical resulta costosa.	
	<p>PNC Financial Services Group Inc., Pittsburgh-Estados Unidos Estudio: Welton Beckett Associates Jardín vertical: Plant Connection Inc.</p> <p>Tipo de uso: edificio de oficinas Superficie cubierta: 74.000 m² Niveles: 30 Año: 2009</p>		


EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 4: Sistema Hidropónico	15		
		DISEÑO DEL JARDIN	La propuesta ha sido una rehabilitación a un edificio construido en el año 1989, buscando volverlo más sostenible fundamentado orientando la búsqueda a la reducción de la demanda energética. El diseño toma como referencia los ecosistemas del entorno físico de la zona de Vitoria-Gasteiz y los reproduce a lo largo de la fachada. En el área central de la fachada se colocaron perfiles de aluminio para reproducir la conformación de las parcelas de la zona. Cobertura verde: 1.492 m ² (aprox.). De los cuales 1.000 m ² son jardines verticales del sistema f+ p hidropónico Cobertura verde en relación a la fachada: 29%
		SISTEMA CONSTRUCTIVO	Sistema hidropónico F+P Preplantado realizado con diseño específico. Se adicionó al diseño 492 m ² de plantas trepadoras que cubren los ventanales. Se anexo un huerto vertical del cual se obtienen algunas especies comestibles según la temporada.
		SISTEMA DE RIEGO	Sistema hidropónico F+P Preplantado realizado con diseño específico. Se adicionó al diseño 492 m ² de plantas trepadoras que cubren los ventanales. Se anexo un huerto vertical del cual se obtienen algunas especies comestibles según la temporada.
		ESPECIES DE PLANTAS	Jardín vertical + 492 m ² de trepadoras caducifolias en los ventanales. 33.000 especies autóctonas y endémicas al entorno del Ayuntamiento de Vitoria. Se monitorean a control remoto.
		PROTECCION /CUIDADOS	El monitoreo de todo el sistema permite el control de la situación en todo momento además del mantenimiento regular in situ
		MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	Físicamente es accesible desde el exterior. El mantenimiento es similar a los jardines tradicionales: "poda, reposición de abono, control fitosanitario, control del sistema riego, etc.
	APORTE	Desde el punto de vista energético, el jardín propuesto supone un aumento en el aislamiento térmico sobre la fachada entorno al 270 %, ayudando significativamente al ahorro energético. El edificio obtuvo el primer Premios de Construcción Sostenible de Castilla y León en la categoría de equipamiento (2012); Premio Europeo de la Excelencia a las políticas Verdes En Edificación (2013).	
	<p>Palacio de Congresos Europa - Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, Bilbao, País Vasco, España Estudio: Urbaser + Zikotz Jardín vertical: Urbanarbolismo + Unusualgreen</p> <p>Tipo de uso: edificio público destinado a congresos y exposiciones Superficie cubierta: 9.911 m² Niveles: 2 Año: 2013</p>		

EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 4 : Sistema Hidropónico	16 	DISEÑO DELJARDIN	El proyecto fue pensado para mejorar la habitabilidad a través del uso de alternativas ecológicas que pudieran enmendar el impacto de la construcción, y transformar el denso entorno urbano con un ejemplo de sostenibilidad a gran escala. Cobertura verde: 3.100 m ² (aprox.)
	<p><i>Edificio Santalaia Bogotá, Colombia</i></p> <p><i>Estudio: Exacta Proyecto Total</i></p> <p><i>Jardín vertical: Groncol + Ignacio Solando + Paisajismo urbano</i></p> <p><i>Tipo de uso: Edificio multifamiliar</i> <i>Superficie cubierta: 33.550 m²</i> <i>Niveles: 9</i> <i>Año: 2015</i></p>	SISTEMA CONSTRUCTIVO	La base tecnológica para el proyecto utilizó un sistema hidropónico de pared verde de Paisajismo Urbano, ("Sistema F + P") sobre una gran estructura metálica diseñada especialmente para este jardín. Se compone por un trasdosado de paneles impermeables anclados a una estructura de aluminio. Sobre los paneles se ancla una doble capa de tejido no tejido SG-M500 por donde discurre una solución hidropónica (Agua + Nutrientes). Sistema más utilizado por su rapidez de montaje y bajo peso 35kg/m ² . Las especies vegetales se plantan y sustituyen muy fácilmente, sin necesidad de afectar al resto del jardín.
		SISTEMA DE RIEGO	El sistema de riego incluyó el reciclaje de agua y el tratamiento de aguas grises. Debido a la gran diversidad de especies presentes en el jardín y el tipo de aguas, los parámetros químicos del agua y los nutrientes que recibe la cobertura vegetal, deben estar ajustados correctamente. Las líneas de riego, compuesto por 42 canales, se sitúan entre las capas del tejido no tejido por lo que su mantenimiento y sustitución son muy sencillas se sitúan entre las capas del tejido no tejido por lo que su mantenimiento y sustitución son muy sencillas. Para optimizar el consumo de agua, así como una planta de tratamiento de agua para no desperdiciar agua.
		ESPECIES DE PLANTAS	Las plantas endémicas y naturalizadas adaptadas al clima incluyen <i>Hebe Mini</i> , <i>helecho de espárragos</i> , <i>romero</i> , <i>vinca verde</i> , <i>vinca variegata</i> , <i>chefflera</i> , <i>tradescantia verde</i> , <i>hebe</i> , <i>aptenia</i> y <i>spathiphyllum</i> , entre otros. En total son alrededor de 115,000 plantas de 10 especies diferentes y 5 familias.
		PROTECCION /CUIDADOS	Monitoreo inteligente a distancia que incluye la instalación de sensores de humedad y radiación para el ahorro en el uso del agua.
		MANTENIMIENTO DELSISTEMA	El mantenimiento incluye un equipo básico de 2 personas a tiempo completo que podría aumentar cuando se requiera
		APORTE	El jardín vertical más grande del mundo, situado en la ciudad de Bogotá, Colombia. El segundo jardín vertical más grande del continente americano

EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 4: Sistema Hidropónico	17 	DISEÑO DELJARDIN	Hotel cinco estrellas de estilo neoclásico inglés al cual se le buscó proporcionar un importante refugio de biodiversidad en la Capital londinense. Cobertura verde: 5.832 m ² (aprox.)
	<p><i>The Athenaeum Londres, Inglaterra</i></p> <p><i>Estudio: Jill Higgins</i></p> <p><i>Jardín vertical: Patrick Blanc</i></p> <p><i>Tipo de uso: hotelería</i></p> <p><i>Tipo de uso: hotel</i> <i>Niveles: 10</i> <i>Año: 2009</i></p>	SISTEMA CONSTRUCTIVO	El sistema hidropónico que comienza en el nivel cero y llega hasta el décimo piso. El sistema se armó in situ a partir de un marco en una pared, luego se colocó una lámina impermeable conformando una cámara de aire entre la pared y el marco. Posteriormente, se pone el fieltro reciclado al cual se va cortando conformando un bolsillo y se colocan las plantas con algo de tierra. Finalmente se engrapan para que se enraícen. Todo el sistema lo contiene un enrejado.
		SISTEMA DE RIEGO	El sistema de riego se hizo específicamente para este jardín. El mismo mantiene el fieltro húmedo con una solución fertilizante cuya resolución se inspira en el agua que lluvia que cae en las copas de los árboles. Algunas plantas requieren muy poca agua, algunas más, y también debes calcular los diferentes niveles de pH.
		ESPECIES DE PLANTAS	El jardín tiene una gran biodiversidad y está compuesto por una mezcla de plantas nativas y exóticas. Se plantaron 12.000 plantas que incluye 280 variedades de plantas para resistir las condiciones expuestas del muro: entre ellas, <i>aspidistra</i> , <i>solanácea</i> , <i>hostas</i> , <i>hortensias</i> , <i>lavanda</i> , <i>redhot póker</i> , <i>lirio africano</i> <i>Iris japonica</i> y <i>Fuchsia hatschbachii</i> del sur de Brasil. Según las exigencias ambientales en relación a la altura del jardín se eligió la especie a plantar.
		PROTECCION /CUIDADOS	Uno de los problemas más importantes para el control del sistema es la altura, incrementando significativamente los costos. Por otro lado, ubicándose en una zona transitada genera cortes en la zona para las operaciones de mantenimiento. Dada la ubicación del jardín en la ciudad, afecta las especies más sensibles que muchas veces hay que reponer en altura
		MANTENIMIENTO DELSISTEMA	Los trabajos de mantenimiento de rutina incluyen la eliminación de malezas y mantener la sanidad vegetal. La poda sigue los mismos patrones estacionales que en la horticultura horizontal, pero en altura y con una logística compleja dado los 10 niveles que ocupa lo que requiere de grúas para el trabajo en altura.
		APORTE	La introducción del jardín vertical en una de las esquinas del hotel a través de un diseño interesante y llamativo para el hotel que terminó siendo el símbolo distintivo del hotel.

EDIFICIO		PARTICULARIDADES		
TIPOLOGIA 4 : Sistema Hidropónico	18	 <p>Quai Branly Museum, Paris, Francia</p> <p>Estudio: Jean Nouvel & Associates</p> <p>Jardín vertical: Patrick Blanc</p> <p>Tipo de uso: Museo</p> <p>Superficie cubierta: 40.600 m²</p> <p>Niveles: 10</p> <p>Año: 2006</p>	DISEÑO DELJARDIN	El edificio presenta una mezcla entre el arte contemporáneo y la naturaleza en estado puro. A su vez, la cara externa de Quai Branly muestra una espectacular pared de vidrio de 200m2 de largo por 12m de alto. Acto seguido, nos encontramos con el imponente jardín vertical que completa su espectacular fachada. Toda la fachada que ha sido rediseñada con el objetivo principal de fortalecer el aislamiento térmico y acústico del edificio. Cobertura verde: 730 m ² (aprox.)
	SISTEMA CONSTRUCTIVO		Las plantas forman una especie de tapiz de musgo sobre mallas metálicas, que forman paneles rectangulares. Las mismas están hechas de láminas de PCV y fieltro . Las plantas de amarran a la malla y absorben nutrientes de la tierra fijada a los muros.	
	SISTEMA DE RIEGO		El sistema de riego se hizo específicamente para este jardín	
	ESPECIES DE PLANTAS		Las especies fueron organizadas según su color, textura, densidad, follaje y necesidades para subsistir, esto con el fin de crear una composición armoniosa y perdurable. Actualmente, alrededor de 15000 plantas (2017) Allí, 376 especies vegetales cientos de flores exóticas provenientes de China, Japón, Estados Unidos y Europa central. Asimismo, decenas de alhelies, helechos, fucsias, entre otras flores, conviven aferradas a los muros del museo.	
	PROTECCION /CUIDADOS		Uno de los problemas más importantes para el control del sistema es la altura ya que mide 47 m, lo cual incrementa significativamente los costos.	
	MANTENIMIENTO DELSISTEMA		Los trabajos de mantenimiento para mantener la sanidad vegetal, controlar el estado del material y las líneas de riego, resultan de cierta complejidad ya que requieren de una logística para desarrollarlos en altura.	
	APORTE		El jardín vertical del museo, obra que consagró al botánico Patrick Blanc e hito para los jardines verticales, no tuvo paralelo durante mucho tiempo. Hoy día sigue siendo uno de los más atractivos y grandes del mundo tanto en los términos de su superficie como la biodiversidad que lo compone.	

EDIFICIO		PARTICULARIDADES		
TIPOLOGIA 4 : Sistema Hidropónico	19	 <p>Caixa Forum Madrid, España</p> <p>Estudio Herzog & DeMeuron</p> <p>Jardín vertical: Patrick Blanc</p> <p>Tipo de uso: Museo</p> <p>Niveles: 7</p> <p>Año: 2008</p>	DISEÑO DELJARDIN	El Ayuntamiento de Madrid ha buscado estrategias para la renaturalización de la ciudad para aportar más espacios verdes y mitigar los efectos del calentamiento global. En dicho contexto surge la propuesta de crear el jardín vertical a modo de tapiz natural en un viejo edificio de la Caixa Fórum ubicado junto al Museo del Prado responde al Real Jardín Botánico al otro lado de la calle. Dicho edificio además debía cumplir un desafío ya que antes de su intervención fue declarado patrimonio histórico y debía respetarse la fachada.
	SISTEMA CONSTRUCTIVO		El sistema hidropónico llamado "Le Mur Végétal", ha sido patentado por Patrick Blanc. Se configura comenzando con una lámina de poliuretano, malla de plástico y una manta de tipo fieltro no biodegradable con bolsillos que se usan para colocar las plantas. Las raíces de las plantas se desarrollan muy bien sin tierra sobreviviendo solo con agua y nutrientes. Para su implementación requiere de estudios biológicos y estructurales en casa lugar que se instale el jardín. El peso vertical total del jardín se estima en 30 kilos por metro cuadrado.	
	SISTEMA DE RIEGO		El riego es vertical por capas, utilizando la gravedad desde los 24 m. de altura para humedecer los fieltros extendiéndose por las plantas. Las líneas del sistema de riego se colocan dentro de los fieltros alimentados por una bomba. Por el sistema viaja no solo el agua sino además los nutrientes necesarios para la supervivencia de las especies. El agua escurre por las hojas y plantas y cae al suelo es recuperada para su circulación.	
	ESPECIES DE PLANTAS		Teniendo en consideración las condiciones ambientales y climatológicas de Madrid con veranos muy cálidos/secos e inviernos muy fríos se seleccionaron las especies. Así el jardín contiene 15000 plantas de más de 300 especies. Entre ellas <i>deltoides</i> , <i>lonicera nitida</i> , <i>yuccafilamentosa</i> , <i>cistus purpureus</i> , <i>cedrus deodara</i> , <i>pilosela aurantiaca</i> , <i>arameria montana</i> , <i>bergenia codifolia</i> , <i>cornus sanguinea</i> , <i>lonicera pileata</i> , <i>sedum alpestre</i> , <i>camanula takesimina</i> , <i>garrya elliptica</i> , <i>diferentes begonias</i> .	
	PROTECCION /CUIDADOS		Todo el sistema está automatizado con monitoreo permanente.	
	MANTENIMIENTO DELSISTEMA		Para monitorear el sistema se colocó una lámina de poliuretano anclada en la pared del edificio con espacio para controlar el sistema de riego en diferentes alturas. Las exigencias del clima durante el verano con temperaturas tórridas y secas pueden causar la pérdida de especies. Para monitorear el sistema se colocó una lámina de poliuretano anclada en la pared del edificio con espacio para controlar el sistema de riego en diferentes alturas. Las exigencias del clima durante el verano con temperaturas tórridas y secas pueden causar la pérdida de especies.	
	APORTE		El jardín vertical de la CaixaForum Madrid no sólo es el primero que se instala en España, sino que también es el más grande hasta la fecha emplazado en una fachada sin hendiduras, ya que tiene una superficie sembrada de 460 metros cuadrados y alcanza 24 metros de altura.	


EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 3 : Sistema de sustrato spaghnum preplantado	20		
		DISEÑO DEL JARDIN	La propuesta ha buscado integrar visualmente y materialmente mediante un jardín vertical en fachada el centro comercial con las áreas verdes de la zona buscando generar un continuum entre lo construido y lo natural. El edificio tiene uno de los jardines más grandes del mundo. Superficie del jardín: 1,263 m ² Porcentaje de cobertura en fachada: 14 %
	<i>Centro comercial Il Fiordaliso, Rozzano, Milano, Italia</i>	SISTEMA CONSTRUCTIVO	El sistema se conformó de una malla metálica sobre la cual se montaron 4 grandes contenedores biodegradables que poseen 11.000 cajas metálicas para el preplantado. Allí se cultivaron alrededor de 44,000 plantas herbáceas perennes de 200 especies distintas cultivadas sobre un sustrato de <i>sphagnum magellanicum</i> , un género de musgo con fibras largas que crecen en turberas y zonas pantanosas chilenas. La particularidad del sustrato, un producto natural y 100% biodegradable, es su estructura con eleva aireación, lo cual evita asfixia y podredumbre de las plantas; un pH ácido de 5,5 que le brinda propiedades fungicidas y antibacterianas; su retención de agua, alrededor de 20 veces su peso, lo cual evita la humedad. El cultivo se mantuvo durante un año de manera horizontal dentro de un vivero en condiciones similares a las que estarían expuestas las plantas de modo que tuvieran buen crecimiento y no sufrieran el estrés del trasplante.
	<i>Estudio: Francesco Bollani,</i>	SISTEMA DE RIEGO	El sistema de riego se montó luego de la colocación de la malla. Posee un interesante sistema de irrigación inteligente a distancia mediante una canalización que permite distribuir el agua y la nutrición según el estado de las plantas respecto al clima.
	<i>Jardín vertical. Francesco Bollani – Sviluppo & C</i>	ESPECIES DE PLANTAS	Se tuvo una especial atención en la selección de las plantas, considerando la resistencia que tuvieron en el vivero durante el año que crecieron de forma vertical y la adaptación al clima. Con esas premisas luego se decidió poner en énfasis en el aspecto cromático, buscando contrastes que le pudieran dar carácter al jardín. Se jugó con el verde brillante, el blanco y el rojo intenso para darle un toque escenográfico y multisensorial. Entre las plantas elegidas se encuentran la <i>festuca tenuifolia</i> , <i>delosperma cooperi</i> , <i>coreopsis</i> , <i>campanule</i> .
	<i>Tipo de uso: centro comercial</i>	PROTECCION /CUIDADOS	La tecnología utilizada para el monitoreo posee control remoto por medio de una app que conecta el modem a las cisternas como forma de reducir la intervención manual in situ en las estaciones del año más estresantes para las plantas: entre la primavera-verano y el otoño-invierno. En temperaturas menores a 4°C se bloquea automáticamente el riego.
	<i>Superficie cubierta: 750 m²</i>	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	El mantenimiento del sistema prevé controles periódicos para la limpieza y calibración de los sensores fundamentalmente para el control del pH y los fertilizantes, así como el lavado de los filtros además del control total en el caso que se requiera la reparación y/o sustitución de piezas.
<i>Niveles: 10</i>	APORTE	Ha obtenido la Certificación BREEAM, también conocido como Building Research Establishment's Environmental Assessment Method. Considerado por el Libro Guinness 2013 el jardín más grande del mundo y uno de los mas grandes de Italia.	
<i>Año: 2009</i>			

EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 4 : Sistema Hidropónico	21		
		DISEÑO DEL JARDIN	El hotel situado en Bogotá posee una fachada revestida con jardines. Se le considera uno de los edificios verdes más ricos en biodiversidad en la capital colombiana. Sup. Fachada: 3.360 m ² Porcentaje de cobertura vegetal en fachada: 15%
	<i>B3 Hotel Virrey Bogotá, Colombia</i>	SISTEMA CONSTRUCTIVO	Esta fachada verde es un trabajo de Paisajismo Urbano, una empresa española que tiene su propia patente de construcción de jardín vertical hidropónico de fieltros, similar al empleado por el conocido Patrick Blanc. Se compone de cuatro capas: 1) rastrelado metálico; 2), paneles rígidos impermeables sobre capa anterior; 3) una doble capa de fieltros textiles sintéticos livianos con juntas selladas que se fijan a los paneles y serán el soporte del sistema hidropónico en los que se inserta el sistema de riego enriquecido con nutrientes para las plantas crezcan en vertical y no necesiten sustrato; 4) cobertura vegetal. Esta disposición por capas, entre las que se encuentran cámaras de aire, permite crear una estructura muy ligera, con un peso promedio de 35 kg/m ² . El jardín mide 15 m de altura por 35 m de ancho cubriendo toda de la fachada menos los vanos.
	<i>Estudio: Billy Escobar y Luis Alberto Bautista (Diseño Integral S.A)</i>	SISTEMA DE RIEGO	Sistema de riego sofisticado que lleva un control electrónico (múltiples sondas y mensajería) de las condiciones químicas y las posibles incidencias que pudieran darse. Los mensajes llegan por app al celular. El sistema de riego está controlado para cada especie de modo que llega la cantidad de agua adecuada en el tiempo determinado según las condiciones climáticas.
	<i>Jardín vertical: Paisajismo Urbano</i>	ESPECIES DE PLANTAS	25.000 plantas para la que se ha utilizado un total de 55 especies diferentes, el 40% autóctonas. Entre estas la <i>bergenia</i> , <i>el helecho</i> o <i>la browalia</i>
	<i>Tipo de uso: hotelería</i>	PROTECCION /CUIDADOS	Posee monitorización del sistema en todo momento por medio de telecontrol. El control a distancia permite además intervenir en el caso de que haya algún problema, ya sea con ajustes en el riego o en la composición de la solución de nutrientes. El sistema de monitoreo se encuentra en un sector seco y ventilado.
<i>Superficie cubierta: 4.700 m²</i>	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	El sistema hidropónico garantiza que el mantenimiento necesario será mínimo, y que, en el caso de que sea necesario sustituir plantas o alguna de las piezas, este proceso sea muy sencillo.	
<i>Niveles: 8</i>			

	Año: 2012	APORTE	El edificio fue desarrollado por Ignacio Solano por Paisajismo Urbano y la empresa Groncol SAS, Colombia. Es considerado uno de los jardines más grandes de Colombia
--	-----------	---------------	---

EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 5: Jardín vertical-techo verde intensivo	22	DISEÑO DELJARDIN	La fachada sur enfatiza la continuidad de un parque y la imagen de una montaña adoptando un jardín escalonado que se funde con la naturaleza y se convierten en un acogedor anfiteatro al aire libre para toda la ciudad. Cobertura verde: 5.326 m ² (aprox.) Cobertura verde en relación a la fachada: 28%
	 <p><i>Fukuoka Prefectural International Hall (ACROS), Japón</i></p> <p><i>Estudio: Emilio Ambasz & Associates Nihon Sekkei</i></p> <p><i>Jardín vertical: Greenroofs.com</i></p> <p><i>Tipo de uso: comercial</i></p> <p><i>Superficie cubierta: 97.252 m²</i></p> <p><i>Niveles: 14</i></p> <p><i>Año: 1994</i></p>	SISTEMA CONSTRUCTIVO	Se creó un parque inclinado con pendientes 2% mediante 15 escalones tratados como un sistema de cubiertas verdes intensivas donde se desarrolla vegetación cuya superficie duplica la del parque adyacente. El sistema de cubierta verde intensivo permite una gran amplitud de especies para el diseño, tales como césped, arbustos e incluso árboles, es decir funciona similar a un jardín tradicional.
		SISTEMA DE RIEGO	El sistema de riego está compuesto por aspersores y filtros de agua.
	ESPECIES DE PLANTAS	Inicialmente, había 76 variedades con un total de 37.000 plantas. Sin embargo, las aves ayudaron al aumento en la variedad mediante la polinización cruzada, aumentando la diversidad a 120 variedades y un total de 50,000 plantas en el jardín.	
	PROTECCION /CUIDADOS	Presenta la misma protección de las cubiertas verdes intensivas que incluyen trabajos de inspección, mantenimiento y limpieza de la estructura, el riego, el desagüe, la vegetación, etc.	
	MANTENIMIENTO DELSISTEMA	La simplicidad en el diseño del sistema facilita su acceso para el mantenimiento. Un techo verde intensivo, lleva mucho trabajo en cuanto a gestión de los diferentes tipos de plantas por separado y mantenimiento. Se trata de un jardín en toda regla.	
	APORTE	El edificio le devuelve a la ciudad el terreno que le habría quitado, y permite que exista una gran estructura urbana simbióticamente con el recurso invaluable del espacio público abierto. La obra ha sido premiada. Entre los premios: Architectural Grand Award otorgado por el AIA (instituto estadounidense de arquitectos) cum Business Week Magazine por el edificio de la Prefectura de Fukuoka y el Salón Internacional, Japón (2000) Primer Premio del Instituto Japonés de Arquitectos por la Prefectura de Fukuoka y el Salón Internacional, Japón (2001).	

EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 5: Columnas vegetales suspendidas	23	DISEÑO DELJARDIN	El diseño del jardín tuvo que adecuarse y resistir a las condiciones extremas del lugar: resistir el sol directo, los fuertes vientos, la neblina salina, las fuertes lluvias e incluso posibles huracanes. La propuesta se basa en aplicar 12 diferentes columnas suspendidas, alrededor de las cuales se aplica el diseño botánico según los requerimientos lumínicos de las diferentes especies elegidas
	 <p><i>Perez Art Museum, Miami-Estados Unidos</i></p> <p><i>Estudio: Herzog & de Meuron Architects</i></p> <p><i>Jardín vertical: Patrick Blanc</i></p> <p><i>Tipo de uso: museo</i></p> <p><i>Superficie cubierta: 18.605 m²</i></p> <p><i>Niveles: 3</i></p> <p><i>Año: 2013</i></p>	SISTEMA CONSTRUCTIVO	El sistema consiste en un conjunto de columnas de acero cubiertas con capas de fieltro a los cuales se aplican múltiples bolsillos.
		SISTEMA DE RIEGO	El sistema de riego se diseñó considerando el clima tropical de la zona. Se consideró la recolección de agua de lluvia proveniente del techo que se distribuye hacia los bolsillos de las columnas mediante un sistema de goteo. La técnica de riego busca ofrecer la sostenibilidad mediante el ahorro de agua y la disminución de costo.
	ESPECIES DE PLANTAS	Patrick Blanc utilizó 80 especies diferentes de plantas nativas que habitan desde la fuerte luz a las sombras ya que algunas columnas están frente al mar y el sol mientras que para el caso de las columnas más alejadas se buscaron plantas que viven bien en la sombra. El resultado ha sido un jardín natural de colorido variado.	
	PROTECCION /CUIDADOS	El jardín está protegido por el techo que además recolecta el agua de lluvia para la subsistencia de la vegetación.	
	MANTENIMIENTO DELSISTEMA	El mantenimiento del sistema de jardín vertical se hace mediante una estructura de andamios y el control de riego debe incluir el acceso al techo Resulta de bajo costo frente a las exigencias climáticas desafiantes.	
	APORTE	El edificio combina hormigón y naturaleza, donde la vegetación es un contrapunto a las líneas geométricas del edificio Esta obra obtuvo la certificación LEED.	


EDIFICIO		PARTICULARIDADES		
TIPOLOGIA 5: macetas perimetrales en fachada	24	 <p><i>Agora Graden Tower (Tao Zhu Yin Yuan) Taipei Taiwan</i></p> <p><i>Estudio: Vincent Callebaut</i></p> <p><i>Tipo de uso: residencial</i></p> <p><i>Superficie cubierta: 42.335,34 m²</i> <i>Niveles: 21</i></p> <p><i>Año: 2017</i></p>	DISEÑO DEL JARDIN	Edificio eco sustentable e inteligente cuyo objetivo principal es reducir la huella de carbón frente al calentamiento global. La propuesta de diseño estético-alimentario se inspira en el fractal ⁵⁴ de Mendelbrot, la secuencia de Fibonacci ⁵⁵ que determina las formas en caracol al igual que la geometría sagrada, las proporciones áureas del renacimiento y la doble hélice de la cadena ADN. Así el edificio se compone de la descomposición material en la rotación sobre un eje de un mismo nivel (objeto) Cada nivel se recubre con macetas perimetrales que acompañan el movimiento. Cobertura verde: 3.264 m ² (aprox.) Cobertura verde en relación a la fachada: 40%
	SISTEMA CONSTRUCTIVO		Maceteros perimetrales embutidos en las losas de balcones,	
	SISTEMA DE RIEGO		Sistema de riego inteligente que utiliza el agua de lluvia, las aguas grises tratadas mediante biofiltros. El sistema es cerrado y el agua es controlada para su recirculación.	
	ESPECIES DE PLANTAS		Cuenta con más de 23.000 plantas entre árboles, arbustos, herbáceas, etc. que cumplen un rol estético-alimenticio. Las especies seleccionadas debían ser muy buenas absorbentes de la contaminación atmosférica para que puedan reducir la huella de carbón.	
	PROTECCION /CUIDADOS		El monitoreo de todo el sistema permite el control de la situación en todo momento además del mantenimiento regular in situ.	
	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA		El mantenimiento del sistema de jardín vertical se hace in situ ya sea por los habitantes y/o por personal especializado. Los costos para mantener el sistema son similares a los jardines orgánicos: "poda, reposición de abono, control fitosanitario, control del sistema riego, etc."	
	APORTE		El complejo edilicio se considera unas obras más paradigmáticas de la arquitectura sustentable, ganador de múltiples premios tales como: el LEED GOLD y el Nivel Diamante de las construcciones bajas en carbono.	

EDIFICIO		PARTICULARIDADES		
TIPOLOGIA 5: macetas en fachada	25	 <p><i>Walan Tower Brisbane, Australia</i></p> <p><i>Estudio: Cam Ginardi GBW Group & Bureau Proberts</i></p> <p><i>Jardín Vertical: no se encontró información</i></p> <p><i>Tipo de uso: residencial</i></p> <p><i>Superficie cubierta: 8.000 m²</i> <i>Niveles: 14</i></p> <p><i>Año: 2018</i></p>	DISEÑO DEL JARDIN	Edificio Inspirado en la naturaleza como tributo al paisaje subtropical de Queensland que busca honrar sus bosques nativos que se buscó reproducir en cada departamento. Esta conexión profunda con el paisaje circundante continúa en los interiores del edificio. La torre representa una construcción icónica para el área.
	SISTEMA CONSTRUCTIVO		Bosque vertical con árboles de gran tamaño y arbustos maduros que crecen en todo el edificio, emergiendo cada dos pisos. La materialidad se alcanza a través de maceteros en fachada.	
	SISTEMA DE RIEGO		Cada contenedor-macetero tiene el riego automatizado.	
	ESPECIES DE PLANTAS		Arboles de gran tamaño, arbustos maduros y plantas herbáceas autóctonas.	
	PROTECCION /CUIDADOS		Monitoreo permanente in situ y a distancia.	
	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA		El mantenimiento del sistema de jardín vertical se hace in situ ya sea por los habitantes y/o por personal especializado. Los costos para mantener el sistema son similares a los jardines en terraza: "poda, reposición de abono, control fitosanitario, control del sistema riego, etc."	
	APORTE		2019 QMBA Awards Queensland Residential Building 2019 QMBA Awards Brisbane Residential Building 2019 AIA Awards Brisbane Regional John Dalton Award for Building of the Year (Bureau ^ proberts) Premio AIA 2019 Brisbane Reconocimiento regional para arquitectura residencial - Vivienda múltiple (Bureau ^ proberts).	

⁵⁴ Un fractal se puede entender como un patrón repetitivo; esto quiere decir que una misma forma se repite al observar la naturaleza en diferentes escalas. Mendelbrot fue quien le dio el nombre a los fractales.


⁵⁵ Es una sucesión matemática infinita. Consta de una serie de números naturales que se suman de a 2, a partir de 0 y 1. Básicamente, la sucesión de Fibonacci se realiza sumando siempre los últimos 2 números (Todos los números presentes en la sucesión se llaman números de Fibonacci de la siguiente manera: 0, 1 (0+1), 1, 2 (1+1), 3(1+2), 5 (2+3), 8 (5+3), etc.

TIPOLOGIA 5: terrazas en fachada		EDIFICIO	PARTICULARIDADES
	<p>26</p>  <p><i>Bosco Verticale Milano, Italia</i></p> <p><i>Estudio: Stefano Boeri Architects</i></p> <p><i>Jardín vertical: Laura Gatti</i></p> <p><i>Tipo de uso: residencial</i></p> <p><i>Superficie cubierta: 51.500 m²</i></p> <p><i>Torres: 2</i></p> <p><i>Niveles: 25 y 36</i></p> <p><i>Año: 2015</i></p>	<p>DISEÑO DEL JARDIN</p> <p>El Bosque Vertical de Milán ha buscado representar una de las soluciones arquitectónicas que buscan ayudar a contrarrestar los efectos del cambio climático al integrar la naturaleza viva como un componente fundamental del edificio.</p> <p>La obra es de hormigón armado postensado y tiene el porcentaje de vegetación aplicado en el edificio es capaz de absorber 30 toneladas de dióxido de carbono, producir 19 toneladas de oxígeno y descomponiendo 80 kg de polvo fino cada año.</p> <p>Según algunos estudios, el edificio también puede reducir la demanda energética durante el verano al disminuir la temperatura hasta 3 °C.</p> <p>Cobertura verde en relación a la fachada: 42%.</p>	
		<p>SISTEMA CONSTRUCTIVO</p> <p>El sistema está conformado por contenedores-maceteros que se colocaron en las terrazas en voladizo de 3.3m de profundidad. Allí se puso la vegetación: árboles pequeños y grandes, arbustos y plantas.</p> <p>Dimensiones del contenedor de árbol: 1.10 m de profundidad x 1.10 m de ancho pintados con membrana impermeabilizante bituminosa y lamina protectora anti raíces⁵⁶.</p> <p>Las dimensiones de arbustos y arbustos: un mínimo de 0.5 m de profundidad y 0.5 m de ancho</p> <p>La vegetación cubre las cuatro caras del edificio.</p>	
		<p>SISTEMA DE RIEGO</p> <p>Cada contenedor-macetero tiene el riego automatizado.</p>	
		<p>ESPECIES DE PLANTAS</p> <p>Las especies elegidas son de tipo perennes y caducifolias, se incluyen hayas, acacias amarillas, robles, arces, fresnos, helechos, hiedra.</p> <p>Se plantaron 480 árboles grandes, 300 árboles pequeños, 11.000 plantas y 5000 arbustos.</p> <p>La superficie equivale a 20.000 m² de bosques.</p> <p>. El sustrato de la vegetación se compone principalmente de material inorgánico entre los cuales se destaca el lapilli volcánico⁵⁷ de diferentes granulometrías el cual es mezclado con compost verde y tierra vegetal.</p> <p>Las plantas que se utilizaron en el edificio se cultivaron previamente en un vivero durante un año para su adaptación en las condiciones similares de los balcones.</p>	
		<p>PROTECCION /CUIDADOS</p> <p>Posee 2 estaciones centralizadas de monitoreo; 280 sistemas de control de agua (uno por terraza).</p>	
		<p>MANTENIMIENTO DEL SISTEMA</p> <p>El control de la vegetación se realiza cada 3 meses los primeros 4 años y luego cada 2 años. A su vez se chequea internamente cada departamento cada 3 meses.</p> <p>El jardín también se controla desde el exterior una vez al año.</p>	
		<p>APORTE</p> <p>International Highrise Award 2014 Best Tall Building Worldwide 2015</p>	

TIPOLOGIA 5: Jardines suspendidos		EDIFICIO	PARTICULARIDADES
	<p>27</p>  <p><i>Park Royal on Pickering Hotel Singapore</i></p> <p><i>Estudio: WOHA Architects</i></p> <p><i>Jardín Vertical: Tierra Design (S) Pte Ltd</i></p> <p><i>Tipo de uso: hotel</i></p> <p><i>Superficie cubierta: 29.811 m²</i></p> <p><i>Niveles: 16</i></p> <p><i>Año: 2013</i></p>	<p>DISEÑO DEL JARDIN</p> <p>Diseñado como un jardín en voladizo con formas curvilíneas entre dos bloques de habitaciones.</p> <p>La vegetación florece en todo el complejo, y los árboles y jardines del hotel parecen fusionarse con los del parque contiguo como un barrido continuo de zonas verdes urbanas.</p> <p>Se buscó generar un ambiente cromático similar a las aguas de Singapur siendo los bloques de vidrio azul en contraste con la vegetación.</p> <p>Posee 4 pisos de jardines.</p> <p>Cobertura verde: 15.000 m²</p> <p>Porcentaje de cobertura verde en fachada 11%</p>	
		<p>SISTEMA CONSTRUCTIVO</p> <p>Está conformado por jardines verticales suspendidos y escalonados.</p> <p>Se planteó para ser autosuficientes y consumir energía mínima mediante el uso de células solares, sensores de movimiento, recolección de agua de lluvia y agua recuperada.</p>	
		<p>SISTEMA DE RIEGO</p> <p>Sistema no utiliza el agua potable, sino que es autosuficiente de riego por gravedad.</p> <p>Se utiliza toda la escorrentía superficial del agua de lluvia colectada en el primer piso que luego va irrigando los pisos inferiores por gravedad, la cual canaliza hacia el tanque de recolección de aguas grises para regar todos los jardines.</p>	
		<p>ESPECIES DE PLANTAS</p> <p>Se utilizaron 50 variedades de especies para crear los exuberantes jardines en altura con grandes capas de hojas. Se incluyeron especies tales como palmeras altas, frangipani, árboles de sombra, plantas con flores, helechos arbustos frondosos y enredaderas colgantes que se unen para crear un entorno tropical exuberante que es atractivo no solo para la gente sino también a insectos y pájaros.</p>	
		<p>PROTECCION /CUIDADOS</p> <p>Se utiliza un sistema de monitoreo permanente de modo que las posibles fugas puedan identificarse rápidamente.</p>	
		<p>MANTENIMIENTO DEL SISTEMA</p> <p>El mantenimiento se realiza de manera independiente para todos los niveles.</p>	
		<p>APORTE</p> <p>El edificio ha sido premiado por el Green City Hotel – World Travel Award (2018). Cuenta con el Certificado BCA Green Mark</p>	


⁵⁶ Es una capa impermeable que pueda repeler la acción destructiva del sistema radical de las especies vegetales, por el mayor tiempo posible. Se utiliza en los techos o cubiertas verdes

⁵⁷ Fragmentos sólidos de materia volcánica (lava), de dimensiones comprendidas entre 1 y 64 mm, que son arrojados en una erupción.

EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 5: terrazas en fachada	28		
		DISEÑO DEL JARDIN	Este rascacielo orgánico es la misma que en Bosco Verticale, en Milán, es decir, mejorar la calidad del aire atrapando polvo fino, absorbiendo dióxido de carbono y produciendo oxígeno. Boeri considera su prototipo Bosco Verticale es repetible en distintas partes del mundo como forma de aumentar la vegetación en altura. Cobertura verde: 3.000 m ² (aprox.).
	<i>La Tour des Cedres Lausanne, Suiza</i>	SISTEMA CONSTRUCTIVO	Sistema de maceteros embutidos en los techos de las terrazas salientes de cada nivel, cuyas medidas son 3 x3 x 3m. Se realizaron en concreto e in situ junto con el armado de losas. Allí se colocaron especie perenne previa pintada con membrana impermeabilizante bituminosa y lamina protectora anti raíces.
	<i>Estudio: Stefano Boeri Architects</i>	SISTEMA DE RIEGO	Las plantas son regadas con 500 m ³ de agua de lluvia.
	<i>Jardin vertical: Laura Gatti y BuroHappold Engineering.</i>	ESPECIES DE PLANTAS	Se utilizaron especies perennes fundamentalmente cedros y coníferas de diversos tamaños. Se conforma de 100 árboles de cedro, 6000 arbustos y 18.000 plantas , todas ellas de hoja perennes. Se eligió el cedro altamente resistente a las condiciones climáticas extremas además del cambio de colorido y morfología durante el año.
	<i>Tipo de uso: mixto (residencial- administrativo- recreativo)</i>	PROTECCION /CUIDADOS	Posee estaciones centralizadas de monitoreo y sistemas de control de agua por nivel.
<i>Niveles: 36</i>	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	El control de la vegetación se realiza con mayor regularidad durante los primeros años y luego más espaciado. A su vez se chequea interiormente cada departamento cada para controlar las especies. El jardín también se controla desde el exterior una vez al año. Las tareas de mantenimiento son llevadas a cabo por profesionales a fin de garantizar el trabajo.	
<i>Año: 2017</i>	APORTE	Proyecto ganado por concurso y es el primer rascacielos del mundo cubierto con árboles de hoja perenne. Se trata de un edificio que juega con volumetrías con dominancia de la vegetación. Representa una de las mayores biodiversidades vegetales de Europa.	

EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 5: terrazas en fachada	29		
		DISEÑO DEL JARDIN	Primer edificio sostenible de ese país, diseñado para reducir la huella de carbono y los gastos de mantenimiento fundamentalmente térmico.
	<i>The Clearpoint Colombo, Sri Lanka</i>	SISTEMA CONSTRUCTIVO	El sistema se conforma por losas-terrazas de concreto con membrana impermeabilizada con sustratos livianos y grava. Dentro de la losa se colocan las plantas cada dos niveles.
	<i>Estudio: Milroy Perera Associates</i>	SISTEMA DE RIEGO	Sistema automatizado de riego cerrado por goteo en todo el edificio para que los jardines se mantengan sin que los ocupantes tengan que regar las plantas. Habrá un sistema de goteo en lugar de un sistema de rociadores que ahorrará agua". Para ahorrar agua, cada jardín tendrá un sistema de riego incorporado, lo que significa que los jardines se mantienen constantemente sin necesidad de atención. El líquido se recogerá de las duchas y lavabos que pasará por un sistema de reciclaje que procesará el agua para luego ser mezclarla con el agua de lluvia y se utilizará para el riego por goteo y los lavabos del baño.
	<i>Tipo de uso: edificio de vivienda</i>	ESPECIES DE PLANTAS	Las especies plantadas son 82 árboles frutales como especies raras de mango ciní ek gura amba, mee amba que son especies endémica pero amenazada. Se incluyen otras especies vegetales como arbustos y herbáceas para darle un mayor carácter a la intervención en las fachadas. Se colocaron piso por medio permitiendo una altura de hasta 7 m. El objetivo principal ha sido aumentar la biodiversidad y aumentar especies amenazadas.
	<i>Superficie cubierta: 44,528 m² Niveles:47 Año: 2017</i>	PROTECCION /CUIDADOS	Posee estaciones centralizadas de monitoreo y sistemas de control de agua por nivel.
	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	El control de la vegetación se realiza con mayor frecuencia los primeros años y luego en lapsos más distanciados. A su vez se chequea interiormente cada departamento que tiene las plantas además de las fachadas exteriormente cuando se requiera.	
	APORTE	Platinum Rating Certification under the GREEN Rating System for Built Environment, at the Annual Green Building Awards Ceremony 2018	

EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 5: macetas perimetrales	30		
		DISEÑO DEL JARDIN	Ubicado frente al parque, Tower Flower es una extensión vertical. Con sus macetas gigantes colgando de los balcones, está inspirado en maceteros parisinos que a veces son verdaderas proezas botánicas. Se ha buscado que el edificio se mimetice con el entorno. Porcentaje de vegetación en fachada: 23%
		SISTEMA CONSTRUCTIVO	Macetas individuales prefabricadas de hormigón de 1 m de altura en todo el perímetro del edificio.
		SISTEMA DE RIEGO	Riego automático y usa agua de lluvia.
		ESPECIES DE PLANTAS	380 macetas de solo plantas de bambú por el rápido crecimiento y la resistencia que preserva del sol en verano.
		PROTECCION /CUIDADOS	Se buscó costo efectivo y mínimo mantenimiento dado su destino como edificio de viviendas sociales.
		MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	El mantenimiento del sistema se realiza mediante un corredor de servicio accesible en cada nivel.
		APORTE	Tower Flower es una extensión vertical. Con sus macetas gigantes colgando de los balcones, está inspirado en maceteros parisinos que a veces son verdaderas proezas botánicas. Sus elementos de fachada constituyen una de las primeras aplicaciones de Ductal (Lafarge). Las viviendas destinadas a la propiedad de viviendas se liberan de cualquier muro de carga. Se benefician del susurro del bambú y de una luz filtrada por el follaje.
	<p><i>Tower Flower</i> Paris, Francia</p> <p><i>Estudio: Edouard François</i></p> <p><i>Jardín vertical: Patrick Blanc</i></p> <p><i>Tipo de uso: vivienda social</i></p> <p><i>Superficie construida: 2600 m²</i></p> <p><i>Niveles: 8</i></p> <p><i>Año: 2004</i></p>		

EDIFICIO		PARTICULARIDADES	
TIPOLOGIA 5: terrazas en fachada	31		
		DISEÑO DEL JARDIN	El diseño proporciona una forma construida que responde al sitio teniendo en cuenta la ubicación, la proximidad a los parques y espacios abiertos, construyendo desde una fuerte conexión con el paisaje y el espacio verde imbuidos de un sentido ecológico integrado a través de las estaciones. La torre "celebra" la identidad de Brisbane: verde, abierta ligera y permeable. La base de la torre posee una serie de esculturales "truncos de árboles" que sostienen el edificio de arriba, dando vida al concepto del edificio como un "bosque que crece desde el plano del suelo".
		SISTEMA CONSTRUCTIVO	El sistema está conformado con terraza-jardín con maceteros que contienen diferentes especies de plantas. El mantenimiento de los jardines no recae en los propietarios de cada unidad funcional, sino que dependerá de un tercero que se ocupará de la salud vegetal durante la vida de las plantas.
		SISTEMA DE RIEGO	Sistema automatizado de riego cerrado por goteo en todo el edificio para que los jardines se mantengan sin que los ocupantes tengan que regar las plantas. Habrá un sistema de goteo en lugar de un sistema de rociadores que ahorrará agua. Para ahorrar agua, cada jardín tendrá un sistema de riego incorporado, lo que significa que los jardines se mantienen constantemente sin necesidad de atención. El líquido se recogerá de las duchas y lavabos que pasará por un sistema de reciclaje que procesará el agua para luego ser mezclada con el agua de lluvia y se utilizará para el riego por goteo y los lavabos del baño.
		ESPECIES DE PLANTAS	El jardín lo constituyen 1.003 árboles y 20.000 plantas de diferentes especies incluyendo del tipo colgantes. Se combinan especies de plantas autóctonas y exóticas en los diferentes niveles. Los jardines cubren aproximadamente 3 veces más que el área ocupada. El jardín lo constituyen 1.003 árboles y 20.000 plantas de diferentes especies incluyendo del tipo colgantes. Se combinan especies de plantas autóctonas y exóticas en los diferentes niveles. Los jardines cubren aproximadamente 3 veces más que el área ocupada. Cada balcón tendrá una terraza exterior de aproximadamente 28 m ² y un espacio de jardín entorno a los 15 m ² que contiene como mínimo 2 árboles y 30 arbustos + herbáceas
		PROTECCION /CUIDADOS	El monitoreo de todo el sistema permite el control de la situación en todo momento además del mantenimiento regular in situ.
		MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	Para garantizar el éxito del jardín se ha diseñado una estrategia para que el mantenimiento resulte garantizado para que sea accesible desde áreas comunes sin que se requiera un equipo especializado.
		APORTE	Conocido como 'Bosque Urbano', la relación de parcela verde del edificio se calcula alrededor del 292%, estableciendo un récord para un edificio residencial en cualquier lugar.
	<p><i>The Urban Forest,</i> South Bank, Brisbane, Australia</p> <p><i>Estudio:</i> <i>Koichi Takada Architects</i></p> <p><i>Tipo de uso: vivienda</i></p> <p><i>Superficie construida:</i></p> <p><i>Niveles: 30</i></p> <p><i>Año: en construcción</i></p>		

La ubicación geográfica de algunos de las obras indicadas se expone seguidamente:





ACROS Fukuoka
Fukuoka, Japón 1995
Altura del edificio: 60 metros
Plantas: 14
Superficie total de cobertura verde: 5,326 m²
Máxima cobertura verde en una sola fachada: 5,326 m² (84%)
Cobertura verde de la fachada total: 28%



Pasona Headquarters
Tokio Japón, 2010
Altura del edificio: 34 metros
Plantas: 9
Superficie total de cobertura verde: 1,224 m²
Máxima cobertura verde en una sola fachada: 720 m² (37%)
Cobertura verde de la fachada total: 20%



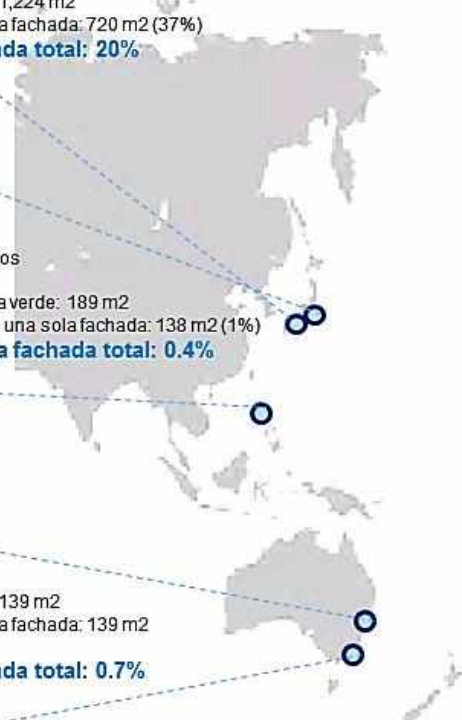
Gramercy Skypark
Makati Filipinas, 2013
Altura del edificio: 244 metros
Plantas: 73
Superficie total de cobertura verde: 189 m²
Máxima cobertura verde en una sola fachada: 138 m² (1%)
Cobertura verde de la fachada total: 0.4%



Trio Apartments
Sydney, Australia 2009
Altura del edificio: 39 metros
Plantas: 16
Superficie total de cobertura verde: 139 m²
Máxima cobertura verde en una sola fachada: 139 m² (5%)
Cobertura verde de la fachada total: 0.7%



CH2 Consejo Casa 2
Melbourne Australia, 2006
Altura del edificio: 42 metros
Plantas: 10
Superficie total de cobertura verde: 420 m²
Máxima cobertura verde en una sola fachada: 420 m² (19%)
Cobertura verde de la fachada total: 7%





The Met
Bangkok Tailandia, 2009
Altura del edificio: 231 metros
Plantas: 69
Superficie total de cobertura verde: 7.170 m²
Máxima cobertura verde en una sola fachada: 3.385 m²
(18%)
Cobertura verde de la fachada total: 14%



IDEO Morph 38 Tower
Bangkok Tailandia, 2013
Altura del edificio: 134 metros
Plantas: 32
Superficie total de cobertura verde: 5.850 m²
Máxima cobertura verde en una sola fachada: 1.276 m²
(66%)
Cobertura verde de la fachada total: 23%



Solaris
Singapur, 2011
Altura del edificio: 79 metros
Plantas: 15
Superficie total de cobertura verde: 3.065 m²
Máxima cobertura verde en una sola fachada: 1.449 m²
(N / A)
Cobertura verde de la fachada total: 15%



Newton Suites
Singapur, 2007
Altura del edificio: 120 metros
Plantas: 36
Superficie total de cobertura verde: 1.274 m²
Máxima cobertura verde en una sola fachada: 734 m² (21%)
Cobertura verde de la fachada total: 10%



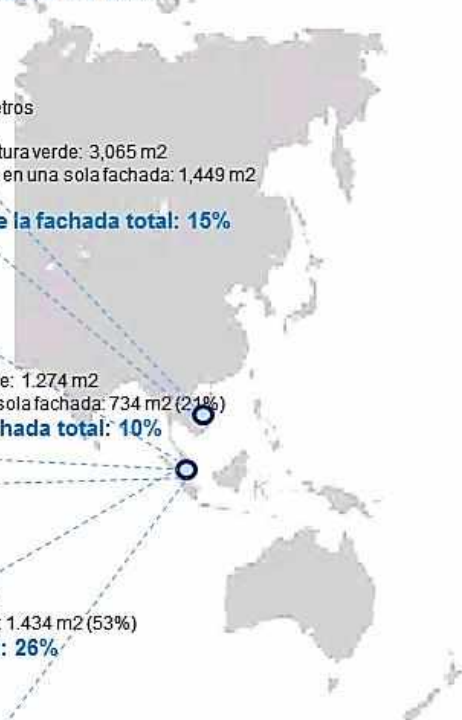
Escuela de las artes
Singapur, 2010
Altura del edificio: 56 metros
Plantas: 10
Superficie total de cobertura verde: 6.446 m²
Máxima cobertura verde en una sola fachada: 1.434 m² (53%)
Cobertura verde de la fachada total: 26%



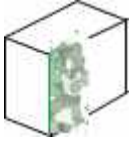


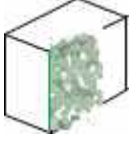


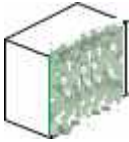


Helios Residence
Singapur, 2011
Altura del edificio: 94 metros
Plantas: 20
Superficie total de cobertura verde: 1.652 m²
Máxima cobertura verde en una sola fachada: 1.142 m² (15%)
Cobertura verde de la fachada total: 7%



PARKROYAL en Pickering
Singapur, 2012
Altura del edificio: 89 metros
Plantas: 15
Superficie total de cobertura verde: 4.827 m²
Máxima cobertura verde en una sola fachada: 2.257 m² (16%)
Cobertura ecológica de la fachada total: 11%

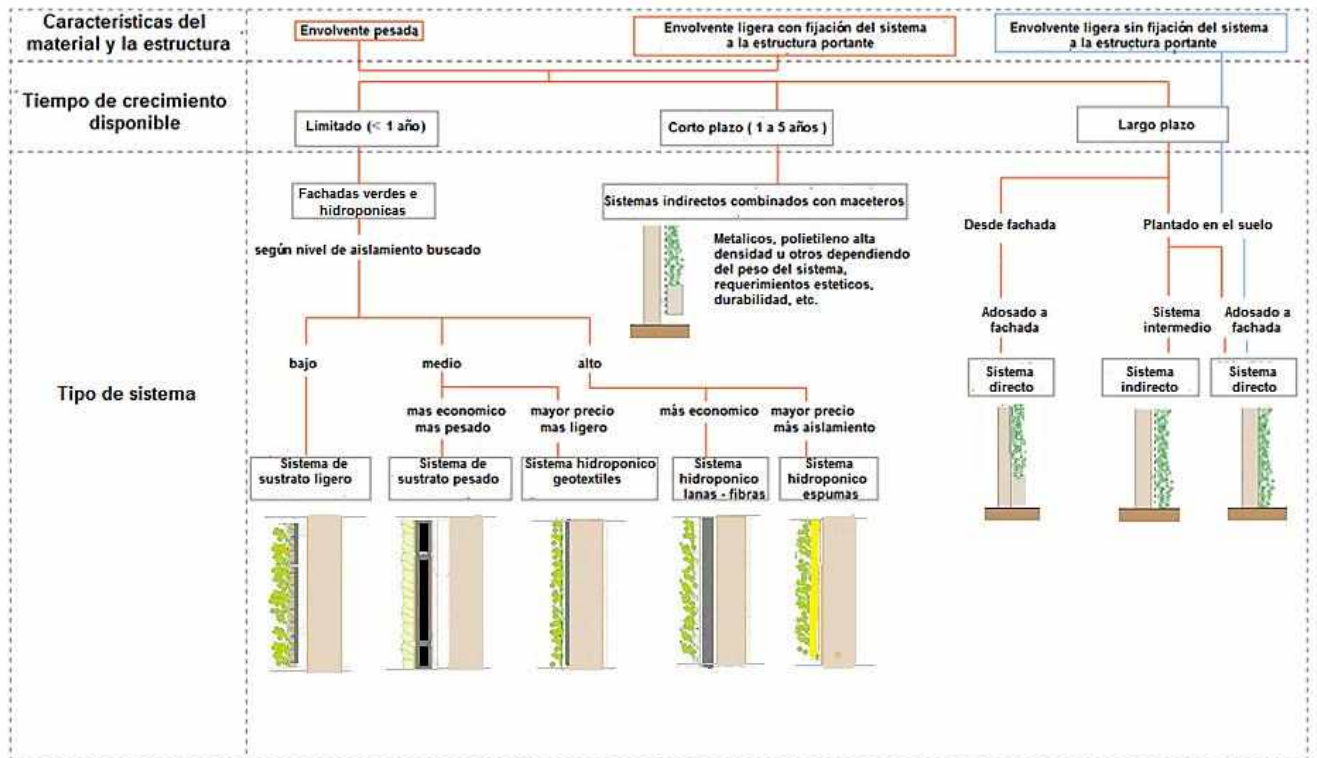


EJEMPLOS DE TIPO Y PORCENTAJE DE COBERTURA VEGETAL EN LA ENVOLVENTE VERTICAL

Tipología		APLICACIONES DE JARDINES VERTICALES			
		Porcentaje cobertura	Ejemplo edilicio		
TIPOLOGÍA 4: HIDROPONICO	De fieltros	 30-50% fachada	Ejemplo 12  Trio Residential Towers, Camperdown, Sydney-Australia	Modular Preplantado	Ejemplo 13  13 PNC Financial Services Group Inc., Pittsburgh-Estados Unidos
	Grilla 3 D modular	 50-70 % fachada	Ejemplo 1  Newton Suite -Singapur	Fieltros tipo Patrick Blanc	Ejemplo 16  The Athenaeum Londres, Inglaterra
	Sistema Hidropónico F+P	 70-100 % fachada	Ejemplo 15  Edificio Santalaia Bogotá, Colombia	Sistema Hidropónico de fieltros	Ejemplo 20  B3 Hotel Virrey Bogota, Colombia

Tipología		APLICACIONES DE JARDINES VERTICALES			
		Porcentaje cobertura	Ejemplo edificio		
TIPOLOGÍA 6: ESPECIALES	Macetas perimetrales	 50-80% fachada	Ejemplo 23  Agora Graden Tower (Tao Zhu Yin Yuan) Taipei Taiwan	 80% fachada	Ejemplo 29  Tower Flower Paris, Francia
		 50-80 % fachada	Ejemplo 25  Walan Tower Brisbane, Australia	 80 % fachada	Ejemplo 28  The Clearpoint Colombo, Sri Lanka
	Terrazas en fachada	 100 % fachada	Ejemplo 30  The Urban Forest, Brisbane, Australia	 100 % fachada	Ejemplo 25  Bosco Verticale Milano, Italia
		 50-70% fachada	Ejemplo 26  Park Royal on Pickering Hotel Singapore	 70-100% fachada	Ejemplo 21  Fukuoka Prefectural International Hall (ACROS), Japón

Seguidamente se presenta una grafico que relaciona las características de las fachadas, el tipo de estructura y el tiempo de crecimiento.



A forma de cierra se presentan las matrices de los SJV:

ITEM	Tipología	SINOPSIS CARACTERISTICAS TIPOLOGICAS DE LOS PRINCIPALES JARDINES VERTICALES PASIVOS												
		TIPO 1	TIPO 2		TIPO 3				TIPO 4			TIPO 5		
		Tradicional	Fachada directa		Fachada verde o Doble piel				Sistemas de jardines verticales modulares			Hidroponico		
	Directa	Pánelas de concreto	Hormigon biologico	Directo	Directo	Indirecto	Indirecto	Contenedores	Espuma	Panel rigido + sistema bolsillos filtro	Sphagnum	Filtros / geotextil con bolsillos	Lana de roca	
	Esquema													
ECOSISTEMA CONSTRUIDO	Sistema de soporte	---	Revestimien to modular cementicio de tipo albeolar	Directo in situ	---	---	tensores / grilla	cables modular y 3D	modular contenedor plástico & metalico	modular contenedor metalico	modular maqueta plastica reciclado o no	directo in situ con aislamiento	Modular con panel rigido de polietileno u otro	Modular contenedor plastico reciclable
	Cavidad de aire (mm)	0	0	0	0	0	2000 > 5		50	50	50	50	50	



ECOSISTEMA NATURAL	Cavidad de enraizamiento	0	0	0	0	0	≥3000 > 5		≥ 50			≥ 50			
	Espacio de enraizamiento	pared	panel	cimenticio	suelo	sustrato	suelo	sustrato	sustrato	Fytocell [®]	fieltro/geotextil	sphagnum	fieltros	lana de roca	
	Especies de plantas nativas	trepadoras caducas	herbáceas perennes	biopelícula de microalgas hongos liques musgos epífitas	enredaderas caducas y/o perennes				herbáceas perennes arborescentes pequeñas perennes colgantes perennes suculentas			especies aciofilas (pH menor que 7)	herbáceas perennes colgantes perennes		
	Máxima altura de crecimiento (mm)	depende de la especie	depende de la especie	≥40	≥300				depende de la especie			depende de la especie	depende de la especie		
	Sistema de riego	Fuente	agua de red/ agua de lluvia /	agua de red/ agua de lluvia / recuperación aguas de lluvia / agua grises tratadas	humedad / agua de lluvia	agua de red/ agua de lluvia / recuperación aguas de lluvia / agua grises tratadas				agua de red/ agua de lluvia / recuperación aguas de lluvia / agua grises tratadas			agua de red/ agua de lluvia / recuperación aguas de lluvia / agua grises tratadas		
		Tipo	Manual / automático	Manual / automático	-	Manual / automático	Sistema de riego automático / riego inteligente	Manual / automático	Sistema de riego automático / riego inteligente	Sistema de riego automático / riego inteligente			Sistema de riego automático / riego inteligente	Sistema de riego automático / riego inteligente	
		Frec.	Depende de la especie	Depende de la especie	-	Depende de la estación del año				Depende de la estación del año	50% ahorro de agua	Depende de la estación del año	20 veces ahorro de agua	Depende de la estación del año	50% ahorro de agua
	Nutrientes	In situ	In situ	-	in situ				in situ			In situ	Nutrientes en el agua de riego		
	Plantas/ m ²	-	<10	-	4				<30	<22 / 26	<26	<26	<25	<27	

Espesor aproximado del sistema (mm)	< 300	< 350	<35	≥200	≥200	≥100	≥100	< 450	<500	<350	<500	<500	<400
Peso del sistema saturado (kg/m ²)	-	>300	>50	>5,5	>5,5	>4,5	>4,5	>150	>120	>100	>35	>40	>60
Expectativa de vida de la vegetación (años)	≥ 100	≥ 50	-	≥ 50				10	3,5	5	4	5	≥ 3,5
Biodegradable (kg)	si-planta	solo planta	todo el sistema	solo-planta				planta /contenedor solo el es biodegradable	todo el sistema menos el sistema de riego	solo plantas y fieltros	solo sustrato y plantas	todo el sistema menos el sistema de riego	todo el sistema menos el sistema de riego
Mantenimiento	poda / recorte	poda / recorte	-	poda / recorte				poda / recorte / reemplazo			poda / recorte / reemplazo		
Tiempo para cubrir la fachada (años)	<4	≥1	<1	<5	≥2-3	<5	≥2-3	<1	<1	<1	<1	<1-3	<1
Instalación Prefabricado / In situ	In situ	Prefabricado o Montado In situ	-	Prefabricado Montado In situ				Prefabricado Montado In situ			Pre-plantado / prefabricado montado In situ	Prefabricado / In situ	Pre-plantado / prefabricado montado In situ
Precio (€ / m ²)	-	-	≥10	≥30-45	≥200	≥40-75	≥100-800	≥400-600	≥750-1200	≥35-50	≥35-50	≥350-750	≥500-750

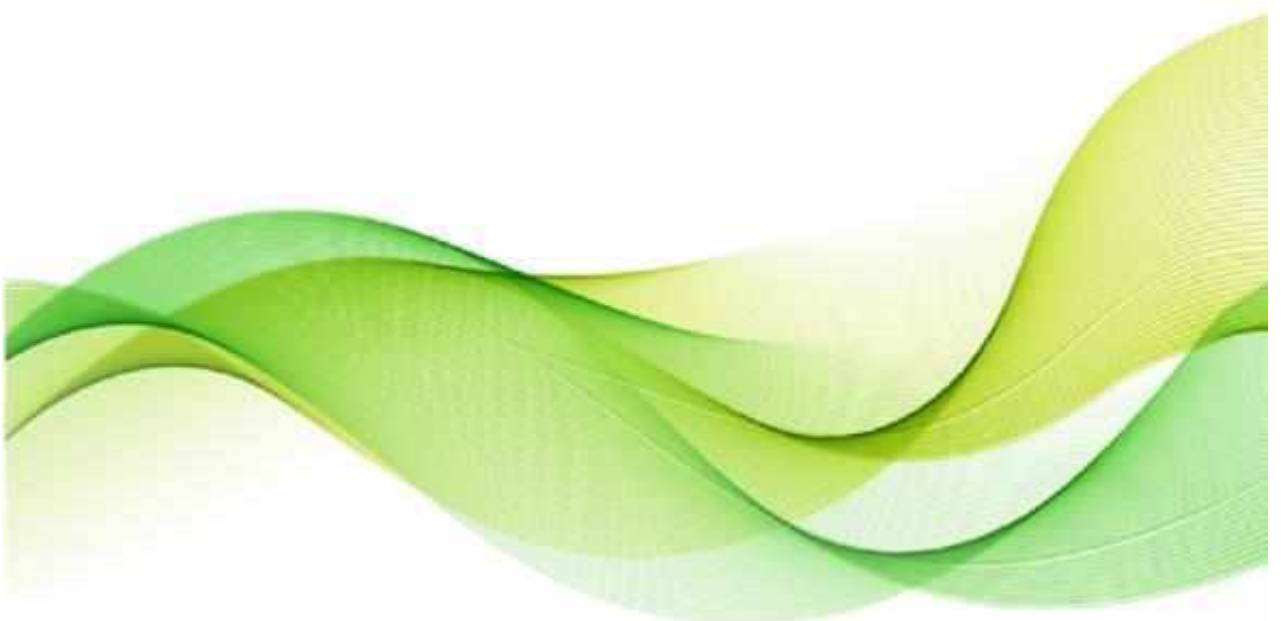


		SINOPSIS ASPECTOS RELACIONADOS CON LAS TIPOLOGICAS DE LOS JARDINES VERTICALES PASIVOS												
Tipología	TIPO 1	TIPO 2		TIPO 3				TIPO 4				TIPO 5		
	Tradicional	Fachada directa		Fachada verde o Doble piel				Sistemas de Jardines verticales modulares				Hidroponico		
	Directa	Paneles de concreto ²	Hormigón biológico	Directo	Directo	Indirecto	Indirecto	Contenedores	Espuma	Panel rígido + sistema bolsillos fletro	Sphagnum	Filtros / geotextil con bolsillos	Lana de roca	
Esquema														
ASPECTOS GENERALES	Reducción afecto isla de calor	X	X	XX	XX	XX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
	Absorción partículas finas	X	X	XX	XX	XX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
	Aumento de la biodiversidad	X	X	X	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
	Mejora confort térmico por sombreado	X	XX	---	XX	XX	XX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
	Reducción ruido percibido	---	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
	Creación microclima	X	X	---	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
	Mejora valoración estética	---	X	XX	XX	XX	XX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
	Incremento de la privacidad	---	---	---	X	X	X	X	XX	XX	XX	XX	XX	
	Costo de todo el sistema	---	X	X	X	X	XX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
	Costo mantenimiento	---	---	---	X	X	XX	XX	XXX	XXX	XXX	XX	XX	
	Complejidad sistema riego	---	---	---	---	X	---	X	XX	XX	XX	XX	XX	
	Cobertura vegetal a corto plazo	---	---	X	---	X	---	X	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
	Cobertura vegetal toda la fachada	---	---	XX	X	X	X	X	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
Posibles problemas en la fachada	X	X	---	XX	XX	---	---	---	---	---	---	---		
Eventual penetración raíces plantas	XX	XX	---	XX	XX	---	---	---	---	---	---	---		
Requerimiento mano de obra especializada	---	XX	---	---	X	XX	XX	XXX	XXX	XXX	XX	XXX		
Facilidad de reemplazo de elementos estructurales	---	---	---	---	---	---	X	X	XX	XX	XX	XX		
Eventual reposición de plantas	---	---	---	---	X	---	X	X	X	XX	XX	XX		



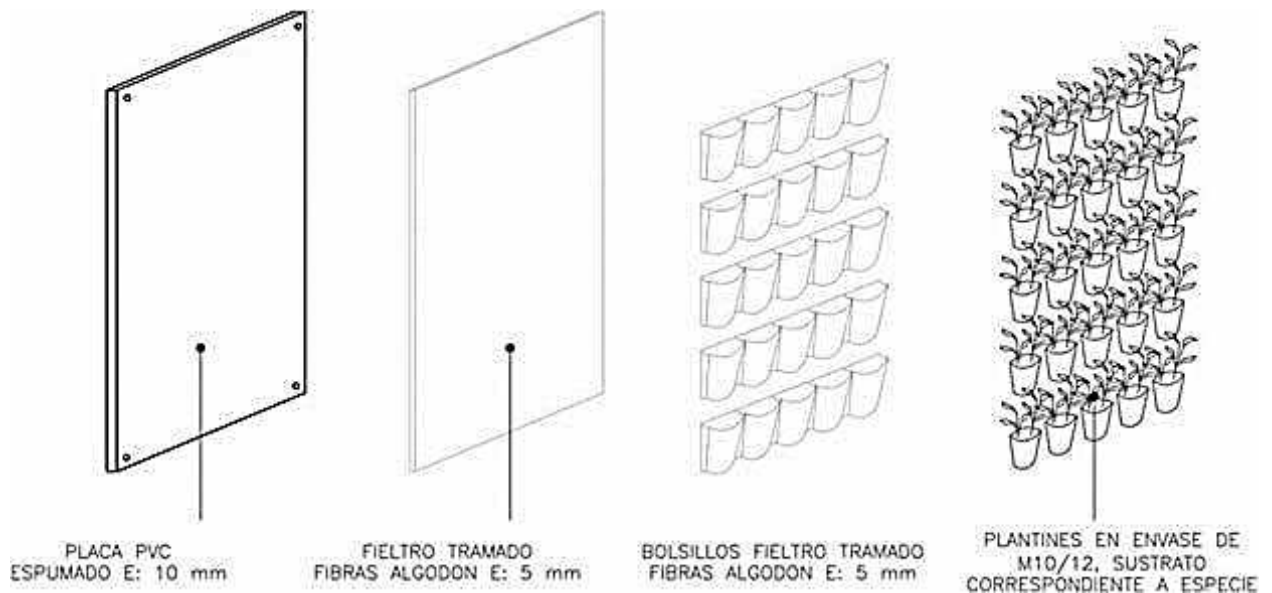
ANEXO B

Aspectos botánicos de la investigación



B. ASPECTOS BOTANICOS DE LA INVESTIGACIÓN ANÁLISIS DE EVOLUCIÓN DEL JARDÍN VERTICAL

- Componentes Iniciales del Proyecto.



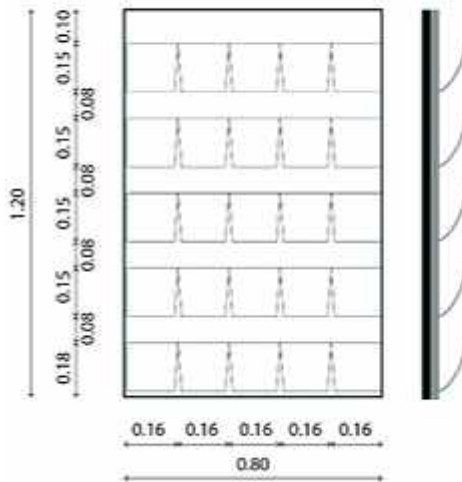
- Particularidades del ecosistema natural

Sustrato



pH	7,2 – 7,5
Conductividad eléctrica (C.E.)bv 	1,2 ms/cm
Materia orgánica (M.O.)	45%
Cenizas	55%
Densidad seca	470 gr/cm³
Porosidad total	72%

ESPECIFICACIONES DE LOS MODULOS



MODULOS JARDINES VERTICALES	
ESPECIFICACIONES	Kg./m ²
PLACA DE PVC ESPUMADO	5,278
FIELTRO TRAMADO FIBRA DE ALGODÓN	2,022
SUSTRATO + PLANTIN SATURADO	17,875
SUSTRATO + PLANTIN SECO	14
PANEL SATURADO	25,175
PANEL SECO	21,3

• **Detalle de la vegetación por modulo**



• **Composición de la muestra**

Cantidad total de plantas en los 13 módulos	325
--	------------

Espece	Cantidad	Porcentaje (%)
Incienso (<i>Plectranthus coleoides</i>)	81	24.92
Plectranthus (<i>Plectranthus neochilus</i>)	81	24.92
Tradescantia (<i>Tradescantia pallida</i>)	81	24.92
Salvia (<i>Salvia procurrens</i>)	82	25.23

• **ESPECIFICACIONES DE LAS ESPECIES UTILIZADAS**



Tradescantia purpurea, Purpurina

Nombre Científico o Latino:	tradescantia pallida
Nombre Común o Vulgar:	"péndula ", "purpurina", "amor de hombre", "pollo morado"
Familia:	comelináceas
Origen:	América de norte, endémica en México
Características	planta herbácea perenne, péndula, muy ramificada, con los tallos articulados, glabros o velludos, de color purpura intenso. Tiene uso medicinal
Tipo de hoja:	lanceoladas, cubiertas de pelos pálidos de 5-10 cm. de largo
Tipo de flores:	pequeñas de 3 pétalos rosadas. Alcanza hasta 1cm de diámetro
Altura máxima:	alcanzan los 30 a 60 cm de altura
Época de floración:	verano
Ubicación adecuada:	jardín, balcón y maceteros protegidos del frío
Adaptación:	buena, rústica y de fácil cultivo
Tipo de suelo:	liviano y fértil; sustrato compuesto por resaca de río, turba y tierra negra
Propagación:	por raizamiento y por esqueje en primavera.
Exposición a la luz:	requiere de lugares con abundante luz, incluso a pleno sol. También tolera la sombra. En verano debe protegerse del sol al mediodía.
Tolerancia climática:	se desarrolla bien en climas cálidos (mínima -3°C), sensible a las heladas, rebrota en primavera.
Zona climática:	templado fresco.
Humedad ambiental:	sin necesidad específica
Riego:	moderado, cada 3-4 días en verano y semanal en invierno El exceso de agua provoca la pudrición de la planta.
Plagas y enfermedades:	pulgones, hongos, arañas rojas.
Mantenimiento y cuidado:	eliminar las hojas marchitadas.



Plectranthus neochilus

Nombre Científico o Latino:	plectranthus neochilus
Nombre Común o Vulgar:	"boldo rastrero"
Familia:	lamiaceae.
Origen:	África Sub-Sahariana, India e incluso Australia.
Características	planta herbácea muy aromática con fuerte olor a almizcle, perenne, muy ramificada; tiene un crecimiento bastante rápido hacia lo ancho por autoreproducción, utilizándose como planta rastrera, tapizante o cubresuelos. Espanta plagas. Posee uso medicinal
Tipo de hoja:	suculentas, carnosas son de color verde grisáceo y tienen los bordes ondulados.
Tipo de flores:	pequeñas, múltiples en forma de espiga, color azul o púrpura
Altura máxima:	alcanzan los 30 a 45 cm de altura
Época de floración:	primavera hasta casi el otoño. En climas cálidos florece casi todo el año
Ubicación adecuada:	jardín, balcón, maceteros, en el suelo, pero protegidos del frío
Adaptación:	buenas, rústica y de fácil cultivo
Tipo de suelo:	no es exigente. Buena adaptación
Propagación:	por esqueje y división de mata
Exposición a la luz:	sol pleno. Se adecua a la sombra, pero florece menos
Tolerancia climática:	soporta fríos y heladas moderadas, climas áridos y rocosos
Zona climática:	cálidos. Templado fresco
Humedad ambiental:	No es exigente. Puede desarrollarse con poca humedad
Riego:	moderado, cada 3-4 días en verano y semanal en invierno. Resistente a la falta de agua. Sensible al encharcamiento, tiende a pudrirse
Plagas y enfermedades:	pocos ataques de insectos, caracoles pueden comerse las hojas y pulgones; ocasionalmente atacados por araña roja y mosca blanca.
Mantenimiento y cuidado:	requiere podas



Salvia procurrens

Nombre Científico o Latino:	salvia procurrens, salvia hederaceae
Nombre Común o Vulgar:	"yerba terrestre", "hiedra terrestre".
Familia:	lamiaceae
Origen:	autóctona, originaria de Uruguay, sur del Brasil y noreste argentino.
Características	planta perenne de tallos rastreros, nudos radicantes, glanduloso-pubescente o glabra. Ideal cubresuelo, rastrera, tapizante. Puede ser invasiva si tiene buena adaptació. Uso medicinal
Tipo de hoja:	hojas acorazonadas opuestas, peciolo largo; lamina foliar circular de borde crenado, glabra o pubérula en la cara superior, glandulosa en la inferior.
Tipo de flores:	pequeñas, bilabiadas dispuestas en largos ejes (asemejan espigas); cáliz glanduloso, corola azulada. Colores violetas y blancas
Altura máxima:	30 cm de altura si está en el suelo
Época de floración:	primavera-verano
Ubicación adecuada:	ideal en suelo ya es rastrera. Ideal para contenedores o sitios de difícil resolución con especies vegetales
Adaptación:	buena, rústica y de fácil cultivo en condiciones aptas
Tipo de suelo:	húmedos, liviano y fértil; sustrato compuesto por resaca de río y tierra negra
Propagación:	Por rizomas y estolones. Es radicante en cada nudo que toca el suelo.
Exposición a la luz:	sombra plena o media sombra, siendo ideal debajo de arboles
Tolerancia climática:	se ve afectada a las heladas, pero rebrota en primavera
Zona climática:	en zonas húmedas, orillas de arroyos, lagunas, etc
Humedad ambiental:	prefiere atmósfera húmeda
Riego:	requiere buen riego. No tolera la falta de agua
Plagas y enfermedades:	babosas, caracoles y orugas
Poda:	realizar eliminando hojas marchitadas.



Plectranthus coleoides

Nombre Científico o Latino: "Marginatus"	plectranthus coleoides, plectranthus Madagascariensis,
Nombre Común o Vulgar:	incienso, falso incienso, plectranto
Familia:	lamiaceae.
Origen:	Australia oriental, islas Fidji y Nueva Caledonia
Características	planta herbácea perenne, siempreverde de porte erguido luego colgante, muy vistosa
Tipo de hoja:	ovadas dentadas con bordes vistosos de 2-8 cm. de largo, provistas de pelillos. La variedad más vistosa es la "Marginatus" con los bordes blanquecinos
Tipo de flores:	racimos de pequeñas flores color pastel o blanco
Altura máxima:	alcanzan los 30 cm de altura
Época de floración:	otoño-invierno
Ubicación adecuada:	plantas de interior o de terraza siendo muy adecuadas para macetas colgantes.
Adaptación:	buena, rústica y de fácil cultivo
Tipo de suelo:	compost y mantillo de hojas bien descompuesto, a partes iguales, a la que se añadirá un poco de arena silíceo y turba
Propagación:	por esqueje
Exposición a la luz:	preferentemente semisombra, pero sin falta de luminosidad
Tolerancia climática:	Tolera la sequía. Debe protegerse de las temperaturas extremas y cambios bruscos.
Zona climática:	templado húmedo. No tolera el frío por debajo de los 13 °C
Humedad ambiental:	prefiere atmósfera húmeda
Riego:	moderado. Debe mantenerse húmedo, pero nunca encharcado.
Plagas y enfermedades:	pulgones y hongos cuando el clima es fresco/húmedo
Poda:	despuntar tallos en otoño

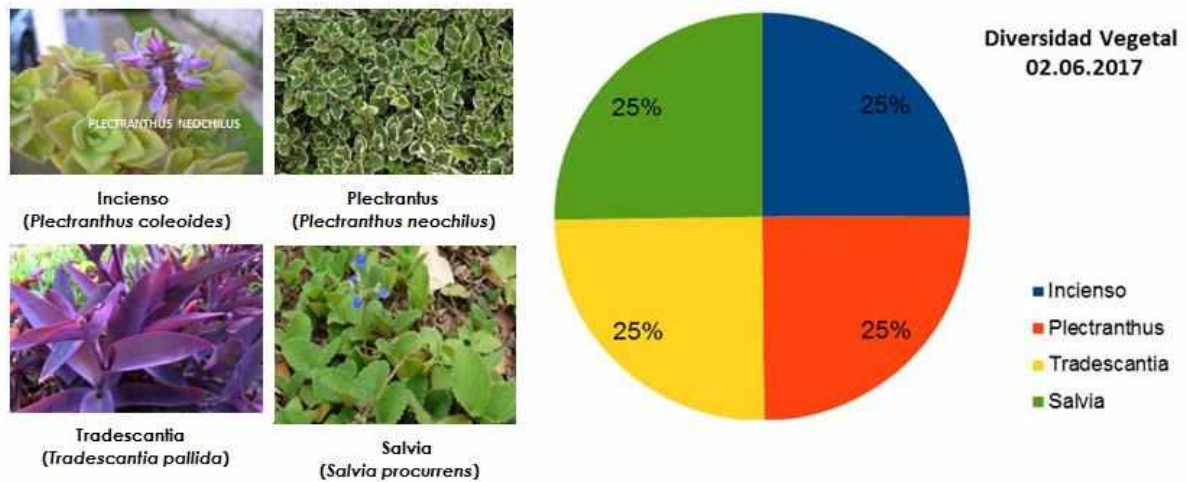


Drosanthemum floribundum

Nombre Científico o Latino:	Drosanthemum floribundum
Nombre Común o Vulgar:	"manto de virgen", "rayito de sol" "rocio rosa", "drosantemo"
Familia:	aizoaceae
Origen:	Sudáfrica
Características	suculenta rastrera o colgante muy ramificadas, con ramas laxas que caen en forma de cascada capaces de alcanzar metros Es una excelente alfombrante, no pisable, de rápido crecimiento y espectacular floración Útil como cubierta de suelo y sustituto de césped donde escasee el agua. Tiene crecimiento rápido
.Tipo de hoja:	de hojas trifoliadas, sésiles, cilíndricas, pequeñas y carnosas.
Tipo de flores:	flores de tamaño bicentimétrico, atractivo color violeta más o menos intenso hasta prácticamente blanco con cinco pétalos bien separados entre sí y truncados en la base, con 5 sépalos hirsutos caducos que cubren el follaje dando una imagen de manto rosado
Altura máxima:	10-15 cm de altura
Época de floración:	Abundante floración primaveral
Ubicación adecuada:	plantas de interior o de terraza siendo muy adecuadas para macetas colgantes.
Adaptación:	buena en casi todos los climas
Tipo de suelo:	Tolera suelos secos, áridos y pobres.
Propagación:	esqueje y semilla
Exposición a la luz:	pleno sol y media sombra
Tolerancia climática:	Soporta temperaturas bajas. Resiste hasta -5°C.
Zona climática:	variedad climática
Humedad ambiental:	media
Riego:	3 veces por semana, o excepcionalmente todos los días
Plagas y enfermedades:	resistente a plagas y enfermedades, salvo cuando tiene mucha agua
Poda:	después de florecer, recorte para hacerlas compactas.

PRIMERA LOCACION DE LOS PANELES DE LA MUESTRA

- **Ubicación:** Espacio externo de la cámara reverberante del Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la Provincia de Buenos Aires - Gonnet
- **Comienzo del seguimiento:** 02 de junio 2017
- **Sistema de riego:** manual
- **Estado inicial de los módulos**



- **Evolución durante la primera etapa**

Referencias:

ESPECIES	
● 1 = Incienso (<i>Plecranthus coleoides</i>)	
● 2 = Plecranthus (<i>Plecranthus neochilus</i>)	
● 3 = Tradescantia (<i>Tradescantia pallida</i>)	
● 4 = Zebrina (<i>Tradescantia zebrina</i>)	
● 5 = Salvia (<i>Salvia procurrens</i>)	
● 6 = Manto de... (<i>Mesembryanthemum</i>)	

CRECIMIENTO	
■ M = Malo	
■ R = Regular	
■ B = Bueno	
■ E = Excelente	

ORIENTACIÓN DEL PANEL	
PANEL XX	Nord Oeste (NO)
PANEL XX	Nord Est (NE)

REFERENCIA ESPECIAL	
■	Bolsillo con 2 especies
■	Especie dominante

PERIODO DE TIEMPO CONSIDERADO EN EL ESTUDIO	
SIEMBRA :	2 DE JUNIO DEL 2017
RELEVAMIENTO :	21 DE FEBRERO DEL 2018
TIEMPO EVOLUTIVO:	264 días (8 meses, y 19 días)

Aclaración: los bolsillos con 2 especies se detallan debajo de cada cuadro, dejando en la celda original la especie más desarrollada.



Estado evolutivo discriminado por panel al 21-02-2018

Fecha: 21/02/2018

	AA		BB		CC		DD		EE	
PANEL 01	ESP	CREC	ESP	CREC	ESP	CREC	ESP	CREC	ESP	CREC
1	1 E	2 E	3 B	1 E	2 E	3 B	1 E	2 E	3 B	1 E
2	1 E	3 B	2 E	3 B	2 E	3 B	1 E	3 B	2 E	3 B
3	1 B	2 E	1 B	2 E	1 B	2 E	1 B	2 E	1 B	2 E
4	2 E	1 E	3 B	2 E	3 B	2 E	3 B	2 E	3 B	2 E
5	1 R	3 R	3 R	3 R	3 R	3 R	1 E	3 B	3 R	3 R
	5 R									

Distribución de especies en el panel 1) con orientación NO			Evolución del crecimiento			
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente
Inciense	9	34,61	-	1	2	6
Plectranthus	7	26,93	-	-	-	7
Tradescantia	8	30,77	-	3	3	2
Zebrina	1	3,84	-	-	-	1
Salvia	1	3,84	-	1	-	-

	AA		BB		CC		DD		EE	
PANEL 02	ESP	CREC	ESP	CREC	ESP	CREC	ESP	CREC	ESP	CREC
1	3 R	2 E	3 B	3 B	1 E	2 E	3 B	1 E	2 E	3 B
2	1 B	3 B	2 E	3 B	2 E	3 B	1 E	3 B	2 E	3 B
3	1 R	2 E	1 B	2 E	1 B	2 E	1 B	2 E	1 B	2 E
4	2 E	1 E	3 B	2 E	3 B	2 E	3 B	2 E	3 B	2 E
5	1 B	3 R	3 R	3 R	1 E	3 B	3 R	3 B	3 R	3 B

Distribución de especies en el panel 2) con orientación NO			Evolución del crecimiento			
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente
Inciense	7	28,00	-	1	2	6
Plectranthus	8	32,00	-	-	-	7
Tradescantia	9	36,00	-	3	5	2
Zebrina	-	0,00	-	-	1	1
Salvia	1	4,00	1	-	-	-

	AA		BB		CC		DD		EE	
PANEL 03	ESP	CREC	ESP	CREC	ESP	CREC	ESP	CREC	ESP	CREC
1	3 B	2 E	3 B	3 B	1 E	2 E	3 B	1 E	2 E	3 B
2	1 E	3 B	2 E	3 B	2 E	3 B	1 E	3 B	2 E	3 B
3	1 R	2 E	1 E	2 E	1 E	2 E	1 E	2 E	1 E	2 E
4	2 E	1 E	3 B	2 E	3 B	2 E	3 B	2 E	3 B	2 E
5	5 M	3 M	2 E	3 B	1 E	3 B	3 B	3 B	3 B	3 B

Distribución de especies en el panel 3) con orientación NO			Evolución del crecimiento			
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente
Inciense	9	36,00	-	2	2	5
Plectranthus	8	32,00	-	1	-	7
Tradescantia	7	28,00	1	-	4	2
Zebrina	-	0,00	-	-	-	-
Salvia	1	4,00	1	-	-	-

	AA		BB		CC		DD		EE	
PANEL 04	ESP	CREC	ESP	CREC	ESP	CREC	ESP	CREC	ESP	CREC
1	3 B	2 E	3 B	3 B	1 E	2 E	3 B	1 E	2 E	3 B
2	1 E	3 B	2 E	3 B	2 E	3 B	1 E	3 B	2 E	3 B
3	2 B	2 E	1 E	2 E	1 E	2 E	1 E	2 E	1 E	2 E
4	2 E	1 E	3 B	2 E	3 B	2 E	3 B	2 E	3 B	2 E
5	4 E	4 E	1 R	3 B	2 E	3 B	2 E	3 B	2 E	3 B
	5 R	3 B								

Distribución de especies en el panel 4) con orientación NO			Evolución del crecimiento			
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente
Inciense	8	29,63	-	1	1	6
Plectranthus	10	37,04	-	-	1	9
Tradescantia	6	22,22	-	1	3	2
Zebrina	2	7,41	-	-	-	2
Salvia	1	3,70	-	1	-	-

	AA		BB		CC		DD		EE	
PANEL 05	ESP	CREC	ESP	CREC	ESP	CREC	ESP	CREC	ESP	CREC
1	3 B	2 E	3 B	3 B	1 E	2 E	3 B	1 E	2 E	3 B
2	1 E	3 B	2 E	3 B	2 E	3 B	1 E	3 B	2 E	3 B
3	1 R	2 E	1 E	2 E	1 E	2 E	1 E	2 E	1 E	2 E
4	2 E	1 E	3 B	2 E	3 B	2 E	3 B	2 E	3 B	2 E
5	1 B	3 B	3 B	3 B	1 E	3 B	1 E	3 B	3 R	3 B

Distribución de especies en el panel 5) con orientación NE			Evolución del crecimiento			
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente
Inciense	11	44,00	-	1	4	6
Plectranthus	7	28,00	-	-	-	7
Tradescantia	7	28,00	-	1	5	1
Zebrina	-	0,00	-	-	-	-
Salvia	-	0,00	-	-	-	-

	AA		BB		CC		DD		EE	
PANEL 06	ESP	CREC	ESP	CREC	ESP	CREC	ESP	CREC	ESP	CREC
1	3 B	2 E	3 B	3 B	1 E	2 E	3 B	1 E	2 E	3 B
2	1 E	3 B	2 E	3 B	2 E	3 B	1 E	3 B	2 E	3 B
3	4 B	2 E	1 E	2 E	1 E	2 E	1 E	2 E	1 E	2 E
4	2 E	1 E	3 R	2 E	3 R	2 E	3 R	2 E	3 R	2 E
5	1 R	3 R	3 R	3 R	1 E	3 B	3 R	3 R	3 M	3 R

Distribución de especies en el panel 6) con orientación NE			Evolución del crecimiento			
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente
Inciense	10	40,00	-	2	-	8
Plectranthus	7	28,00	-	-	3	4
Tradescantia	7	28,00	-	1	5	1
Zebrina	1	4,00	-	-	1	-
Salvia	-	0,00	-	-	-	-



	AA		BB		CC		DD		EE	
PANEL 07	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE
1	3	R	2	E	3	R	1	E	3	B
2	1	M	3	R	2	E	1	E	2	M
3	1	B	2	E	1	E	3	E	2	E
4	2	E	1	E	3	R	2	E	1	E
5	1	R	3	R	2	E	1	E	3	B

Distribución de especies en el panel 7)			25	Evolución del crecimiento			
con orientación NE							
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente	
Inciense	9	36,00	1	1	1	6	
Plectranthus	8	32,00	1	-	3	4	
Tradescantia	8	32,00	-	1	5	1	
Zebrina	-	-	-	-	-	-	
Salvia	-	0,00	-	-	-	-	

	AA		BB		CC		DD		EE	
PANEL 08	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE
1	1	B	2	B	3	B	1	B	1	B
2	1	B	3	R	2	B	1	B	2	B
3	3	B	2	E	1	M	3	B	1	B
4	2	B	1	B	3	R	2	B	1	B
5	1	B	3	R	3	R	1	R	3	R

Distribución de especies en el panel 8)			26	Evolución del crecimiento			
con orientación NE							
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente	
Inciense	11	42,31	1	1	1	9	
Plectranthus	6	23,08	-	-	3	3	
Tradescantia	8	30,76	-	3	4	1	
Zebrina	-	-	-	-	-	-	
Salvia	1	3,85	-	1	-	-	

	AA		BB		CC		DD		EE	
PANEL 09	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE
1	2	B	2	B	2	R	1	B	3	B
2	1	B	3	R	2	B	1	R	2	B
3	2	E	2	E	1	E	3	B	1	R
4	2	E	1	E	3	R	2	E	1	E
5	1	M	3	R	1	B	1	E	3	R

Distribución de especies en el panel 9)			27	Evolución del crecimiento			
con orientación NE							
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente	
Inciense	9	33,33	-	2	3	4	
Plectranthus	9	33,33	-	1	4	4	
Tradescantia	7	25,93	-	5	2	-	
Zebrina	-	-	-	-	-	-	
Salvia	2	7,41	1	1	-	-	

(fotos 06)

	AA		BB		CC		DD		EE	
PANEL 10	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE
1	1	R	2	R	3	R	1	B	3	R
2	1	E	3	R	2	E	1	E	2	E
3	1	E	2	E	1	E	3	R	1	E
4	2	E	1	E	3	R	2	E	1	E
5	2	E	2	B	1	E	1	E	3	R

Distribución de especies en el panel 10			26	Evolución del crecimiento			
con orientación NE							
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente	
Inciense	11	42,30	-	1	1	9	
Plectranthus	8	30,77	-	1	1	6	
Tradescantia	7	26,93	-	7	-	-	
Zebrina	-	-	-	-	-	-	
Salvia	-	-	-	-	-	-	

	AA		BB		CC		DD		EE	
PANEL 11	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE
1	1	E	2	B	3	R	1	B	1	E
2	1	R	3	R	2	E	2	E	2	E
3	2	B	2	B	1	E	3	B	1	E
4	2	E	2	E	3	R	2	E	1	B
5	3	R	1	R	2	E	2	E	3	B

Distribución de especies en el panel 11			25	Evolución del crecimiento			
con orientación NE							
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente	
Inciense	8	32,00	-	2	2	4	
Plectranthus	11	44,00	-	-	2	9	
Tradescantia	6	24,00	-	4	2	-	
Zebrina	-	-	-	-	-	-	
Salvia	-	-	-	-	-	-	

	AA		BB		CC		DD		EE	
PANEL 12	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE
1	1	B	2	B	3	E	1	B	2	B
2	1	E	3	E	2	E	3	B	2	E
3	2	B	2	B	1	E	3	B	1	B
4	2	E	1	E	1	B	2	E	1	E
5	2	B	3	R	2	E	1	E	2	B

Distribución de especies en el panel 12			27	Evolución del crecimiento			
con orientación NE							
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente	
Inciense	9	33,33	-	-	4	5	
Plectranthus	11	40,75	-	-	6	5	
Tradescantia	7	25,92	-	4	3	-	
Zebrina	-	-	-	-	-	-	
Salvia	-	-	-	-	-	-	

(fotos 09)

	AA		BB		CC		DD		EE	
PANEL 13	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE
1	1	B	2	B	3	B	1	B	1	B
2	1	B	3	R	2	E	1	B	2	E
3	3	R	2	E	1	E	3	B	1	B
4	2	E	1	E	3	B	2	B	1	E
5	2	B	1	B	2	B	1	B	1	E

Distribución de especies en el panel 13			25	Evolución del crecimiento			
con orientación NE							
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente	
Inciense	12	48,00	-	-	8	4	
Plectranthus	8	32,00	-	-	4	4	
Tradescantia	5	20,00	-	2	3	-	
Zebrina	-	-	-	-	-	-	
Salvia	-	-	-	-	-	-	



21/02/2018

Cantidad total de plantas:		334
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)
Incienso	123	36,83
Plectranthus	108	32,34
Tradescantia	92	27,54
Zebrina	4	1,20
Salvia	7	2,10

02/06/2017

Cantidad total de plantas:		325
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)
Incienso	81	24,92
Plectranthus	81	24,92
Tradescantia	81	24,92
Salvia	82	25,23

21/02/18

Paneles con orientación NO		
Cantidad de plantas:		103
Crecimiento	Cantidad	Porcentaje (%)
Malo	3	3
Regular	17	17
Bueno	24	23
Excelente	59	57

21/02/18

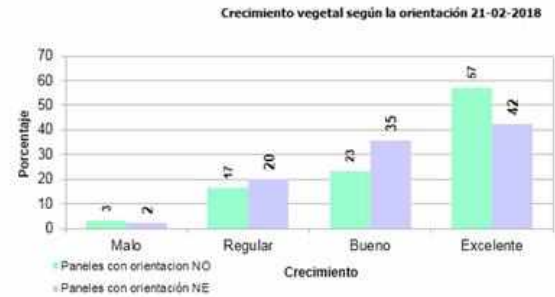
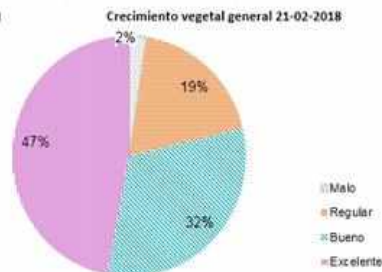
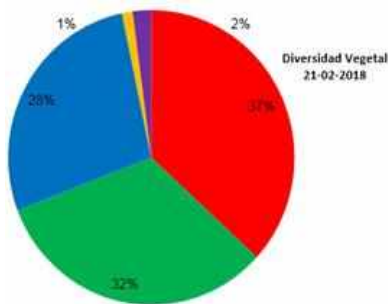
Crecimiento	Cantidad	Porcentaje (%)
Malo	8	2,40
Regular	63	18,86
Bueno	106	31,74
Excelente	157	47,01

2/06/17

Crecimiento	Cantidad	Porcentaje (%)
Malo	0	0,00
Regular	325	100,00
Bueno	0	0,00
Excelente	0	0,00

21/02/18

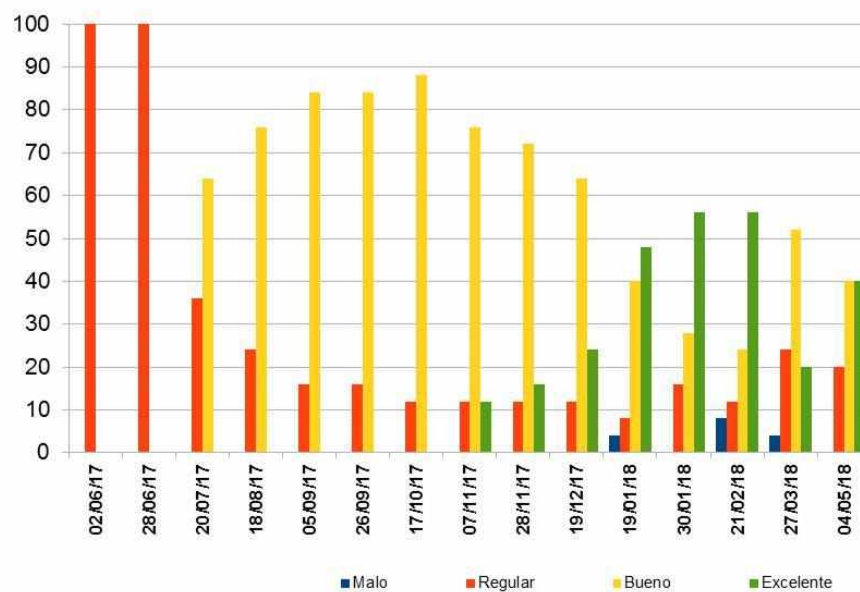
Paneles con orientación NE		
Cantidad de plantas:		231
Crecimiento	Cantidad	Porcentaje (%)
Malo	5	2
Regular	46	20
Bueno	82	35
Excelente	98	42



- Observación de la evolución de algunos paneles como testigo

Panel 3

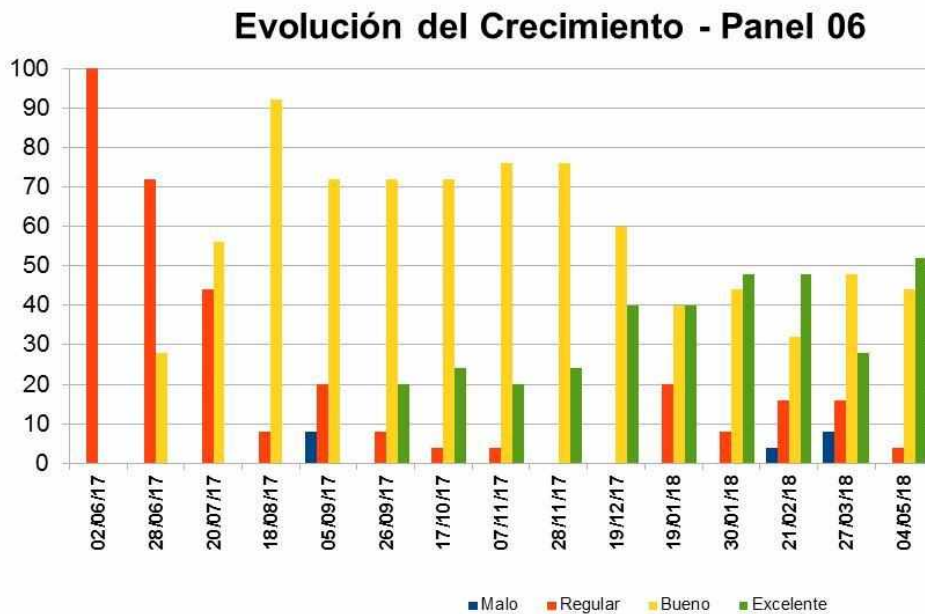
Evolución del Crecimiento - Panel 03



El crecimiento del panel es un poco más lento respecto al resto de la muestra ya que durante las primeras fechas del muestreo el mismo se encontraba situado en una pared más expuesta al viento, por lo cual enlenteció el desarrollo luego de su caída.

Por las razones expuestas no se logró la cobertura total esperada.

Panel 6



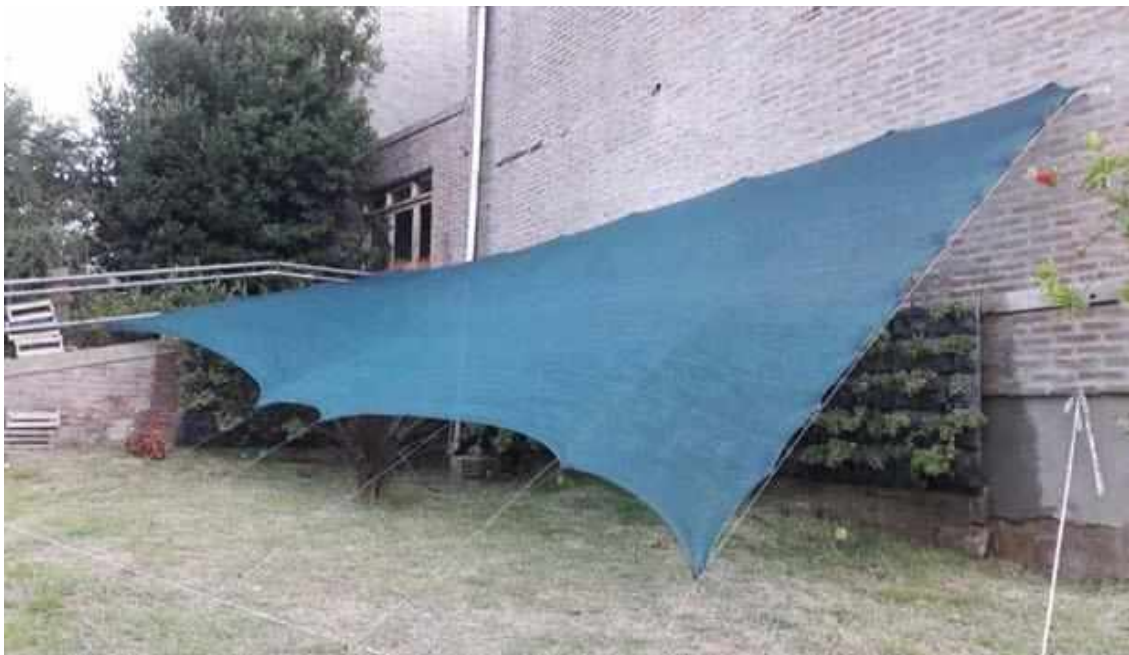
En este caso el panel se ubicó en un sector protegido de los vientos dominantes situación que propició un crecimiento intenso, alcanzando una cobertura entorno al 80%.

- **Detalles de la Muestra**





- **Protección frente a la radiación**



- **Conclusiones**

Como reflexión final de la primera etapa es posible expresar que, si bien inicialmente se plantaron la misma cantidad de plantas de cada especie, durante el transcurso del proyecto el crecimiento no fue similar. En tal sentido que la especie *plectranthus* cubrió gran parte de cada panel.

En cuanto al *incienso* presentó en sus inicios una respuesta similar al *plectranthus*, sin embargo, al colocarle una cobertura con media sombra para los meses de mayor radiación



evitando riegos frecuentes durante el día, su comportamiento decayó considerablemente por falta de luz solar.

En cuanto a la especie *tradescantia* tuvo un crecimiento lento y de pocas hojas que no lograron cubrir el panel como se esperaba.

La *salvia*, resultó una especie poco robusta para el proyecto, dado que se observó que demandan mayor cantidad de agua para riego y por esta razón fueron las primeras afectadas al punto de reducirse casi en su totalidad.

Por último, se agregaron dos especies para cubrir algunos bolsillos en los que se recambiaron plantas de los paneles, pero con el poco tiempo de crecimiento.

Tampoco se logró establecer ningún índice de las especies *tradescantia zebrina* y *manto de virgen* durante la primera etapa.

Respecto a la estructura de los bolsillos, se comprobó un deterioro significativo del material situación que se resolvió colocando una malla plástica en el ancho de cada hilera.

SEGUNDA LOCACION DE LOS PANELES DE LA MUESTRA

- **Ubicación:** Terraza de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo –UNLP- La Plata
- **Comienzo del seguimiento:** 01 de junio 2018
- **Sistema de riego:** automatizado con goteros autocompensados
- **Estado inicial de los módulos**

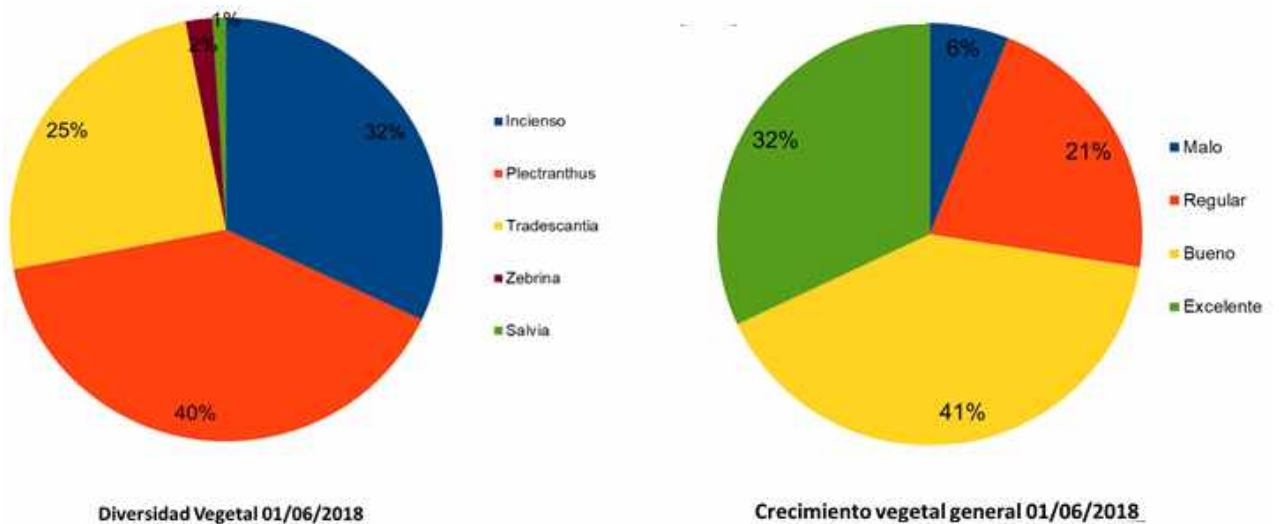


Durante la primera inspección ocular se observó que el 41% de las plantas presentaron un crecimiento bueno, mientras que el 32% resultó muy favorable.

Inicialmente, las especies con mejor crecimiento fueron la *plectranthus* con un 40%, mientras que el segundo lugar lo ocupó el *incienso* con un 32%.

Según la instalación los jardines verticales se ubicaron al Noroeste, protegidos de los vientos fuertes con la presencia de sombras proyectadas debido a las construcciones del entorno durante las tardes.

En el inicio de la investigación las condiciones de los paneles fueron las siguientes:



- Seguimiento del desarrollo por modulo durante el periodo 01/06/2018 al 02/12/2018

EVOLUCION DEL PANEL N° 1



01/06/2018



27/06/2018



24/08/2018



14/09/2018



12/10/2018



02/11/2018



23/11/2018



2/12/2018

EVOLUCION DEL PANEL N° 2



01/06/2018



27/06/2018



24/08/2018



14/09/2018



12/10/2018



02/11/2018



23/11/2018



2/12/2018

EVOLUCION DEL PANEL N° 4



01/06/2018



27/06/2018



24/08/2018



14/09/2018



12/10/2018



02/11/2018



23/11/2018



2/12/2018

EVOLUCION DEL PANEL N° 5



01/06/2018



27/06/2018



24/08/2018



14/09/2018



12/10/2018



02/11/2018



23/11/2018



2/12/2018

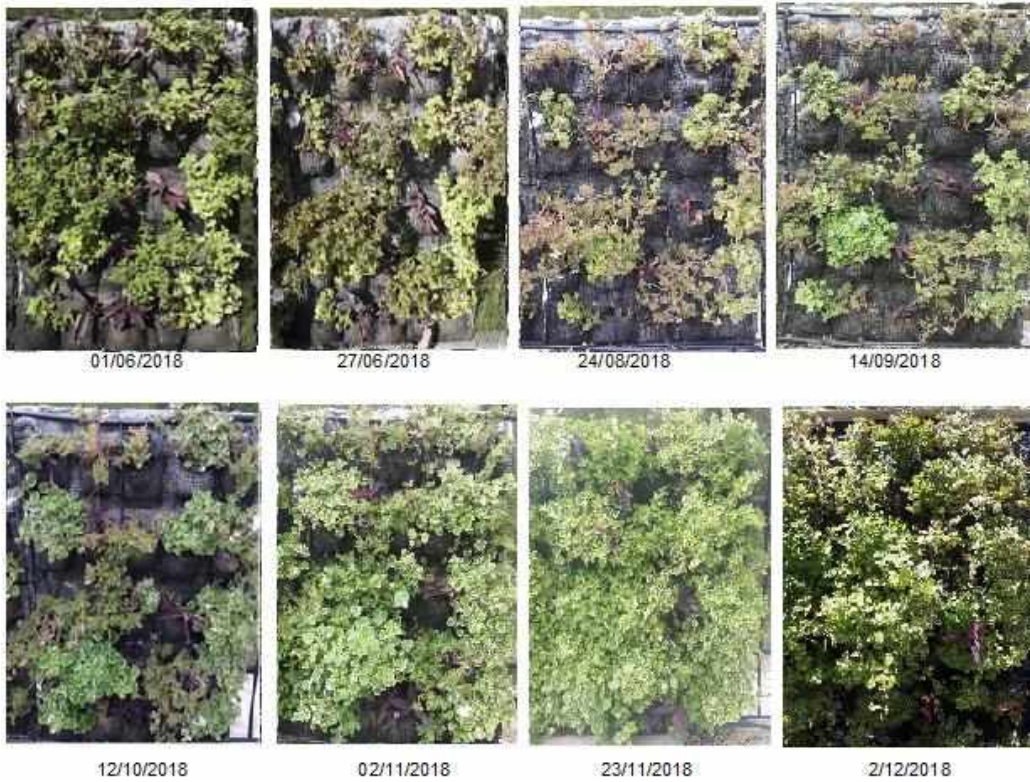
EVOLUCION DEL PANEL N° 6



EVOLUCION DEL PANEL N° 7



EVOLUCION DEL PANEL N° 8



- Seguimiento del desarrollo del conjunto durante el periodo de estudio





- Evolución de la muestra en la segunda locación discriminada por panel

Referencias:

ESPECIES	
● 1 =	Incienso (<i>Plectranthus coleoides</i>)
● 2 =	Plectrantus (<i>Plectranthus neochilus</i>)
● 3 =	Tradescantia (<i>Tradescantia pallida</i>)
● 4 =	Zebrina (<i>Tradescantia zebrina</i>)
● 5 =	Salvia (<i>Salvia procurrans</i>)
● 6 =	Manto de (<i>Mesembryanthemum</i>)

CRECIMIENTO	
■	M = Malo
■	R = Regular
■	B = Bueno
■	E = Excelente

ORIENTACIÓN DEL PANEL	
PANEL XX	Nord Oeste (NO)
PANEL XX	Nord Est (NE)

REFERENCIA ESPECIAL	
■	Bolsillo con 2 especies
■	Especie dominante

PERIODO DE TIEMPO CONSIDERADO EN EL ESTUDIO	
SIEMBRA :	2 DE JUNIO DEL 2017
RELEVAMIENTO :	21 DE FEBRERO DEL 2018
TIEMPO EVOLUTIVO:	264 días (8 meses, y 19 días)

Aclaración: los bolsillos con 2 especies se detallan debajo de cada cuadro, dejando en la celda original la especie más desarrollada.



Estado evolutivo discriminado por panel al 27-03-2018

Estado evolutivo discriminado por panel al 27-03-2018																		
PANEL 01	AA	BB	CC	DD	EE	Distribución de especies en el panel 25 con orientación NO			Evolución del crecimiento									
	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente	
	1	●1	■E	●2	■B	●3	■E	●1	■B	●3	■B	Incienso	9	36,00	2	2	2	3
	2	●1	■E	●3	■B	●2	■E	●1	■E	●2	■E	Plectranthus	8	32,00	-	-	2	6
	3	●1	■R	●2	■E	●1	■R	●2	■E	●3	■R	Tradescantia	7	28,00	-	1	5	1
	4	●2	■E	●1	■B	●3	■B	●2	■E	●4	■R	Zebrina	1	4,00	-	1	-	-
5	●1	■M	●3	■B	●2	■B	●1	■M	●3	■B	Salvia	-	-	-	-	-	-	
PANEL 02	AA	BB	CC	DD	EE	Distribución de especies en el panel 25 con orientación NO			Evolución del crecimiento									
	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente	
	1	●3	■B	●2	■E	●3	■E	●1	■R	●2	■B	Incienso	4	16,00	3	1	-	-
	2	●1	■M	●3	■B	●2	■E	●4	■B	●3	■E	Plectranthus	9	36,00	-	-	4	5
	3	●2	■B	●2	■E	●3	■E	●3	■E	●2	■E	Tradescantia	10	40,00	-	-	6	4
	4	●2	■B	●2	■B	●3	■B	●2	■E	●3	■B	Zebrina	2	8,00	-	-	2	-
5	●1	■M	●3	■B	●4	■B	●1	■M	●3	■B	Salvia	-	0,00	-	-	-	-	
(fotos 12) PANEL 03	AA	BB	CC	DD	EE	Distribución de especies en el panel 25 con orientación NO			Evolución del crecimiento									
	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente	
	1	●3	■B	●2	■E	●3	■B	●1	■B	●1	■R	Incienso	8	32,00	-	5	3	-
	2	●1	■B	●3	■E	●2	■E	●2	■M	●2	■E	Plectranthus	10	40,00	1	-	5	4
	3	●1	■R	●2	■B	●1	■R	●3	■B	●2	■B	Tradescantia	6	24,00	-	-	5	1
	4	●2	■B	●1	■R	●3	■B	●2	■E	●1	■R	Zebrina	1	4,00	-	1	-	-
5	●2	■B	●3	■B	●2	■B	●1	■B	●4	■R	Salvia	-	-	-	-	-	-	
PANEL 04	AA	BB	CC	DD	EE	Distribución de especies en el panel 25 con orientación NO			Evolución del crecimiento									
	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente	
	1	●3	■E	●2	■B	●3	■B	●1	■B	●3	■B	Incienso	8	32,00	3	2	3	-
	2	●1	■R	●3	■B	●2	■E	●1	■M	●3	■E	Plectranthus	10	40,00	-	-	2	8
	3	●3	■E	●2	■E	●1	■B	●3	■B	●1	■M	Tradescantia	7	28,00	-	-	5	2
	4	●2	■E	●1	■B	●3	■B	●2	■E	●1	■B	Zebrina	-	-	-	-	-	-
5	●2	■B	●3	■B	●1	■M	●2	■E	●2	■E	Salvia	-	-	-	-	-	-	
PANEL 05	AA	BB	CC	DD	EE	Distribución de especies en el panel 25 con orientación NE			Evolución del crecimiento									
	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente	
	1	●3	■B	●2	■E	●3	■E	●1	■E	●1	■B	Incienso	10	40,00	-	1	6	3
	2	●1	■E	●3	■B	●2	■B	●1	■B	●2	■B	Plectranthus	9	36,00	-	-	5	4
	3	●3	■E	●2	■E	●1	■B	●3	■B	●1	■R	Tradescantia	6	24,00	-	-	4	2
	4	●2	■B	●1	■E	●2	■B	●2	■E	●2	■E	Zebrina	-	-	-	-	-	-
5	●1	■B	●3	■B	●1	■B	●2	■B	●1	■B	Salvia	-	-	-	-	-	-	
(fotos 03) PANEL 06	AA	BB	CC	DD	EE	Distribución de especies en el panel 25 con orientación NE			Evolución del crecimiento									
	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	ESP	CRE	Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente	
	1	●3	■B	●2	■B	●3	■B	●1	■B	●2	■B	Incienso	10	40,00	1	3	4	2
	2	●1	■B	●3	■B	●2	■E	●1	■E	●2	■E	Plectranthus	9	36,00	-	-	5	4
	3	●4	■R	●2	■E	●1	■R	●2	■B	●1	■E	Tradescantia	5	20,00	1	-	3	1
	4	●2	■E	●1	■B	●2	■B	●2	■B	●1	■B	Zebrina	1	4,00	-	1	-	-
5	●1	■M	●3	■E	●3	■M	●1	■R	●1	■R	Salvia	-	-	-	-	-	-	



	AA	BB	CC	DD	EE
PANEL 07	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE
1	3 R	2 E	3 R	1 R	3 B
2	1 B	3 R	2 E	1 B	2 B
3	1 R	2 E	1 E	3 E	2 E
4	2 B	1 B	3 R	2 B	1 B
5	1 R	3 R	2 E	1 R	3 R

Distribución de especies en el panel con orientación NE			Evolución del crecimiento			
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente
Incienso	9	36,00	-	4	4	1
Plectranthus	8	32,00	-	-	3	5
Tradescantia	8	32,00	-	6	1	1
Zebrina	-	-	-	-	-	-
Salvia	-	-	-	-	-	-

	AA	BB	CC	DD	EE
PANEL 08	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE
1	1 B	2 B	3 B	1 B	1 R
2	1 B	3 E	2 E	1 E	2 E
3	3 B	2 E	1 R	3 B	1 R
4	2 B	1 R	4 R	2 B	3 R
5	1 R	3 E	3 B	2 B	3 B

Distribución de especies en el panel con orientación NE			Evolución del crecimiento			
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente
Incienso	9	36,00	-	5	3	1
Plectranthus	7	28,00	-	-	4	3
Tradescantia	8	32,00	-	1	5	2
Zebrina	-	-	-	-	-	-
Salvia	-	-	-	-	-	-

	AA	BB	CC	DD	EE
PANEL 07	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE
1	3 R	2 E	3 R	1 R	3 B
2	1 B	3 R	2 E	1 B	2 B
3	1 R	2 E	1 E	3 E	2 E
4	2 B	1 B	3 R	2 B	1 B
5	1 R	3 R	2 E	1 R	3 R

Distribución de especies en el panel con orientación NE			Evolución del crecimiento			
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente
Incienso	9	36,00	-	4	4	1
Plectranthus	8	32,00	-	-	3	5
Tradescantia	8	32,00	-	6	1	1
Zebrina	-	-	-	-	-	-
Salvia	-	-	-	-	-	-

	AA	BB	CC	DD	EE
PANEL 08	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE
1	1 B	2 B	3 B	1 B	1 R
2	1 B	3 E	2 E	1 E	2 E
3	3 B	2 E	1 R	3 B	1 R
4	2 B	1 R	4 R	2 B	3 R
5	1 R	3 E	3 B	2 B	3 B

Distribución de especies en el panel con orientación NE			Evolución del crecimiento			
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente
Incienso	9	36,00	-	5	3	1
Plectranthus	7	28,00	-	-	4	3
Tradescantia	8	32,00	-	1	5	2
Zebrina	-	-	-	-	-	-
Salvia	-	-	-	-	-	-

	AA	BB	CC	DD	EE
PANEL 11	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE
1	1 B	2 B	3 R	1 B	1 B
2	4 E	3 R	2 E	2 B	2 B
3	2 B	2 E	1 B	3 R	1 B
4	2 E	2 E	3 R	2 E	1 R
5	3 M	1 M	2 E	2 B	3 R

Distribución de especies en el panel con orientación NE			Evolución del crecimiento			
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente
Incienso	7	28,00	1	1	5	-
Plectranthus	11	44,00	-	-	5	6
Tradescantia	6	24,00	1	5	-	-
Zebrina	1	4,00	-	-	-	1
Salvia	-	-	-	-	-	-

	AA	BB	CC	DD	EE
PANEL 12	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE
1	1 R	2 B	3 B	1 B	2 R
2	1 B	3 R	2 E	3 M	2 B
3	2 B	2 E	1 E	3 M	1 B
4	2 E	1 B	1 B	2 B	1 B
5	2 E	3 B	2 E	1 B	2 R

Distribución de especies en el panel con orientación NE			Evolución del crecimiento			
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente
Incienso	9	36,00	0	1	7	1
Plectranthus	11	44,00	-	2	4	5
Tradescantia	5	20,00	2	1	2	-
Zebrina	-	-	-	-	-	-
Salvia	-	-	-	-	-	-

	AA	BB	CC	DD	EE
(fotos 09) PANEL 13	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE	ESP CRE
1	1 B	2 B	3 B	2 R	1 B
2	1 B	3 R	2 E	1 B	2 E
3	3 R	2 E	1 R	3 B	1 B
4	2 E	1 B	3 R	2 B	1 E
5	2 E	1 M	2 B	1 R	1 B

Distribución de especies en el panel con orientación NE			Evolución del crecimiento			
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)	Malo	Regular	Bueno	Excelente
Incienso	11	44,00	1	2	7	1
Plectranthus	9	36,00	-	1	3	5
Tradescantia	5	20,00	-	3	3	-
Zebrina	-	-	-	-	-	-
Salvia	-	-	-	-	-	-



27/03/2018

Cantidad total de plantas:		325
Especie	Cantidad	Porcentaje (%)
Incienso ●	113	34,77
Plectranthus ●	116	35,69
Tradescantia ●	87	26,77
Zebrina ●	8	2,46
Salvia ●	1	0,31

27/03/2018

Crecimiento	Cantidad	Porcentaje (%)
Malo 	16	4,92
Regular 	62	19,08
Bueno 	153	47,08
Excelente 	94	28,92

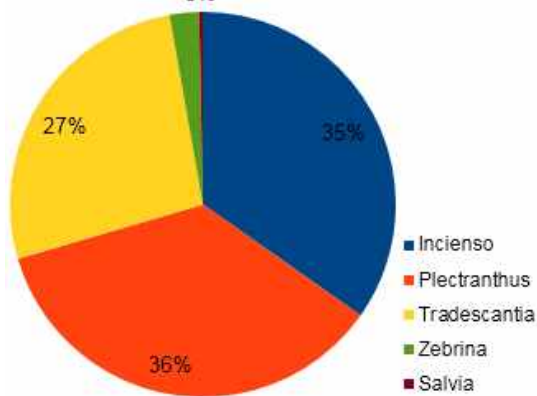
27/03/2018

Paneles con orientación NO	
Cantidad de plantas:	100
Crecimiento	Porcentaje (%)
Malo 	9
Regular 	13
Bueno 	44
Excelente 	34

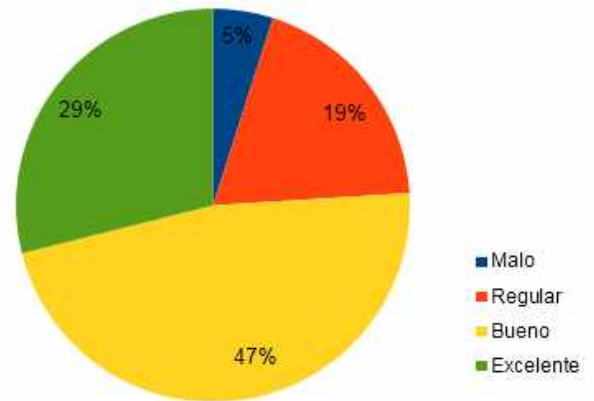
27/03/18

Paneles con orientación NE	
Cantidad de plantas:	225
Crecimiento	Porcentaje (%)
Malo 	7
Regular 	49
Bueno 	109
Excelente 	60

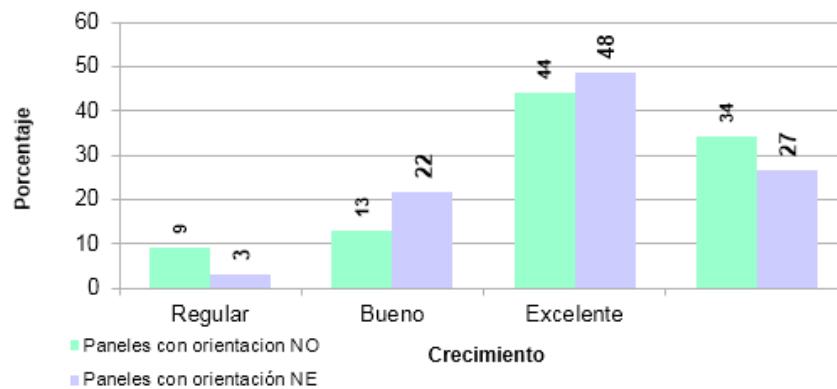
Diversidad Vegetal 27-03-2018



Crecimiento Vegetal General 27-03-2018



Crecimiento vegetal según la orientación 27-03-2018





- **Conclusiones**

La segunda locación Como reflexión final de la primera etapa es posible expresar que si bien Inicialmente se plantaron la misma cantidad de plantas de cada especie, durante el transcurso del proyecto el crecimiento no fue similar. En tal sentido que la especie *plectranthus* cubrió gran parte de cada panel.

En cuanto al *incienso* presentó en sus inicios una respuesta similar al *plectranthus*, sin embargo, al colocarle una cobertura con media sombra para los meses de mayor radiación evitando riegos frecuentes durante el día, su comportamiento decayó considerablemente por falta de luz solar.

En cuanto a la especie *tradescantia* tuvo un crecimiento lento y de pocas hojas que no lograron cubrir el panel como se esperaba.

La *salvia*, resultó una especie poco robusta para el proyecto, dado que se observó que demandan mayor cantidad de agua para riego y por esta razón fueron las primeras afectadas al punto de reducirse casi en su totalidad.

Por último, se agregaron dos especies para cubrir algunos bolsillos en los que se recambiaron plantas de los paneles, pero con el poco tiempo de crecimiento.

Tampoco se logró establecer ningún índice de las especies *tradescantia zebrina* y *manto de virgen* durante la primera etapa.

Respecto a la estructura de los bolsillos, se comprobó un deterioro significativo del material situación que se resolvió colocando una malla plástica en el ancho de cada hilera.

CATALOGO DE LA VEGETACIÓN UTILIZABLE PARA LOS JARDINES VERTICALES EN ARGENTINA

Trepadoras	Sin ayuda	Con ayuda	Colgante	Sol	Semiosombra	Sombria	Caliente	Templado	Frio	Humedo	Seco	Húmedo	Lento	Figura	
	Nombre Científico (Nombre Común)		Tipo Trepador	Luz	Clima Tropical	Agua	Crecimiento	Observaciones		nº					
<i>Decumaria barbata</i>		X			X		X	X		X				Follaje y ramillete de flores	19
<i>Euonymus fortunei corniculatus</i>		X	X	X			X			X			X	Follaje - flores	20
<i>Euonymus fortunei coloratus</i>		X	X	X			X	X	X				X	Follaje	21
<i>Euonymus fortunei kiewiana</i>	X		X	X	X		X	X	X				X	Trepa como la Hiedra	22
<i>Euonymus fortunei var. radicans</i>	X		X	X			X	X	X				X	Follaje	23
<i>Ficus pumila</i>	X		X	X			X	X	X				X	Hojas verdes	24
<i>Ficus sagittata</i>	X	X	X											Follaje verde - variegado	25
<i>Hedera colchica</i>	X	X	X				X	X	X				X	Follaje verde - variegado	26
<i>Hedera helix subsp. Cononiensis</i>	X	X	X	X				X	X				X	Follaje	27
<i>Hedera helix subsp. Helix</i>	X	X	X	X			X	X	X				X	Follaje	28
<i>Hedera helix var. Hibernica</i>	X	X	X	X			X	X	X				X	Follaje	29
<i>Hydrangea anomala subsp. Feticularis</i>	X	X	X	X	X			X		X			X	Follaje - flores blancas	30
<i>Iponoea ip (Bintanglin)</i>	X	X	X	X			X	X	X	X			X	Flores de varios colores	31
<i>Jasminum floridum</i>		X	X	X	X			X	X	X				Flores amarillas	32
<i>Jasminum multiflorum</i>	X		X	X	X			X	X	X			X	Flores blancas	33
<i>Jasminum officinale</i>		X	X					X		X			X	Flores blancas y rosadas fragantes	34
<i>Jasminum polyanthum</i>		X	X	X			X		X				X	Flores blancas fragantes	35
<i>Jasminum x stephanense</i>		X	X				X	X	X				X	Flores rosadas	36

...continúa






















Plantas trepadoras para SJV
Fuente: Genot Minke

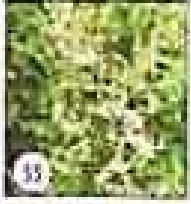
Trepadoras												Figura			
Nombre Científico (Nombre Común)	Sim ayuda	Con ayuda	Colgante	Sof	Semi sombra	Sombra	Caliente	Templado	Frio	Humedo	Seco	Rápido	Lento	Observaciones	Figura
	Tipo Trepador	Luz	Clima Tropical	Agua	Crecimiento										
<i>Actinidia chinensis</i>	X		X	X				X		X	X			Follaje - Frutos	1
<i>Aeschynanthus speciosus</i>			X	X	X		X	X		X	X			Largas flores naranjas	2
<i>Antigonon leptopus</i>	X		X				X			X				Flores rosadas	3
<i>Aristolochia elegans</i>	X			X			X			X	X			Flores grandes acorazonadas	4
<i>Besleria grandiflora</i>	X	X		X			X	X		X			X	Grandes flores blancas	5
<i>Begonia coccineola</i>		X		X	X			X		X	X			Racimo de flores rojo - amarillentas	6
<i>Bougainvillea glabra</i>		X	X	X			X	X			X		X	Bráctea coloridas	7
<i>Bougainvillea spectabilis</i>		X	X	X			X	X			X		X	Bráctea coloridas	8
<i>Cardiogenium hillebrandii</i>		X	X	X	X		X	X			X	X		Frutos abultados	9
<i>Cissus antarctica</i>	X		X	X			X		X	X				Follaje	10
<i>Cissus discolor</i>	X		X	X			X			X	X			Follaje	11
<i>Cissus incisa</i>	X			X			X	X	X	X	X			Follaje verde	12
<i>Cissus rhombifolia</i>		X		X	X		X		X	X	X			Follaje verde	13
<i>Clematis armandii</i>		X		X	X			X	X	X				Flores blancas aromáticas	14
<i>Clematis florida</i>		X		X				X	X	X				Atractivas flores	15
<i>Cobaea scandens</i>	X		X	X	X			X	X	X	X			Flores	16
<i>Columnnea hirta</i>			X		X			X	X	X	X			Flores rojas o amarillas	17
<i>Columnnea microphylla</i>			X		X			X	X	X	X			Flores	18



continúa






Plantas trepadoras para SJV
Fuente: Genot Minke

Trepadoras										Figura					
Nombre Científico (Nombre Común)	Sin ayuda	Con ayuda	Colgante	Sol	Semisombra	Sombra	Caliente	Templado	Frio	Humedo	Seco	Rápido	Lento	Observaciones	Nº
	Tipo Trepador	Luz	Clima Tropical	Agua	Crecimiento										
<i>Polygonum subroti</i>	X	X	X				X	X	X	X				Flores blancas	53
<i>Polygonum baldschuanicum</i>	X		X	X			X	X	X					Flores rosadas	56
<i>Rosa banksiae</i>	X	X	X				X	X	X					Flores	57
<i>Rosa wichuriana</i>	X		X				X	X	X	X				Flores rosadas - blancas	58
<i>Rubus flagelliformis</i>	X			X	X		X	X	X	X				Foliage	59
<i>Rubus henryi</i>	X	X		X	X		X	X	X	X				Foliage	60
<i>Rubus ulmifolius 'bellidiflorus'</i>	X	X		X			X	X	X	X				Flores frutis	61
<i>Senecio confusus</i>	X	X	X				X	X	X	X				Flores anaranjadas	62
<i>Senecio mikanioides</i>	X	X	X				X	X	X	X				Flores amarillas	61
<i>Solanum jasminoides</i>	X	X	X	X				X	X	X				Flores blancas	54
<i>Thunbergia napensis (Invasora)</i>	X			X	X		X	X	X	X				Flores	65
<i>Thunbergia grandiflora</i>	X	X	X	X			X	X	X	X				Flores azules	66
<i>Tropaeolum majus</i>	X	X	X	X				X	X	X				Flores anaranjadas - rojas	67
<i>Vinca major</i>	X	X	X	X				X	X	X				Flores	68
<i>Vinca minor</i>	X	X	X	X				X	X	X				Flores	69
<i>Vitis vinifera</i>	X		X				X	X		X	X			Foliage - frutis	70
<i>Wisteria floribunda</i>	X		X				X	X	X			X		Flor	71
<i>Wisteria sinensis</i>	X		X				X	X	X			X		Flor	72
























Plantas trepadoras para SJV
Fuente: Genot Minke

Trepadoras										Figura					
Nombre Científico (Nombre Común)	Sin ayuda	Con ayuda	Culquieta	Sol	Semisombra	Sombra	Caliente	Templado	Frio	Humedo	Seco	Aljofa	Lento	Observaciones	Figura
	Tipo Trepador	Lea	Clima Tropical	Agua	Crecimiento	Figura									
<i>Lonicera henryi</i>	X		X	X			X	X	X				X	Flores variegadas	37
<i>Lonicera japonica</i>	X	X	X	X			X	X	X				X	Flores aromáticas	38
<i>Lonicera sempervirens</i>	X	X	X	X			X	X	X				X	Flores rojo anaranjado	39
<i>Lonicera x Brownii</i>	X	X	X	X			X	X	X				X	Flores rojo anaranjado	40
<i>Parthenocissus henryana</i>	X			X	X		X	X	X			X		Follaje caduco - rojo en otoño	41
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	X			X	X		X	X	X			X		Follaje caduco - rojo en otoño	42
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	X			X	X		X	X	X			X		Follaje caduco - amarillo en otoño	43
<i>Passiflora comata</i>	X	X	X	X			X	X	X	X	X			Flores	44
<i>Passiflora racemosa</i>	X	X	X	X			X		X		X			Flores rojas - frutas	45
<i>Passiflora edulis</i>	X	X	X				X		X		X			Flores - frutas	46
<i>Passiflora quadrangularis</i>	X		X	X			X		X		X			Frutas grandes	47
<i>Passiflora racemosa</i>	X		X	X			X	X	X		X			Flores	48
<i>Philodendron domesticum</i>	X	X	X		X	X	X	X	X		X		X	Follaje	49
<i>Philodendron erubescens</i>	X	X	X		X	X	X	X	X		X		X	Follaje	50
<i>Philodendron panduriforme</i>	X	X	X		X	X	X	X	X		X		X	Follaje	51
<i>Philodendron sanguinum</i>	X	X	X		X	X	X	X	X		X		X	Hojas verdes - rojizas	52
<i>Philodendron scandens</i>	X	X	X		X	X	X	X	X		X		X	Follaje	53
<i>Philodendron saxatile</i>	X	X	X		X	X	X	X	X		X		X	Follaje	54

...continúa






















Plantas trepadoras para SJV
Fuente: Genot Minke

Plantas para muros hidropónicos y otros elementos verticales	Sol	Semiosombra	Sombria	Caliente	Templado	Frio	Húmedo	Seco	Rápido	Lento	Agarrador	Hidropónico	Figura	
	Int	Col	Clima Tropical	Agua	Crecimiento	Observaciones	Nº							
<i>Chrysanthemum</i>	X			X	X	X		X			X		Flor	91
<i>Collinum variegatum</i>	X			X	X		X	X			X		Foliaje colorido	92
<i>Conoclinium salsibacis</i>	X					X		X	X		X		Flor	93
<i>Cornus suecica</i>		X				X			X	X	X		Foliaje flor	94
<i>Cryptanthus</i>		X	X	X				X	X				Rosetas 15 cm ø	95
<i>Cerculigo capitata</i>			X		X	X	X	X				X	Hojas como palmas	96
<i>Cyrtanthium foliatum</i>		X	X		X	X	X		X				Foliaje	97
<i>Davallia</i> ("Helecho")			X	X			X				X		Foliaje	98
<i>Fimbridium penichicum</i>			X			X							Foliaje flor	99
<i>Escholtzia californica</i>	X				X	X		X	X				Flores amarillentas	100
<i>Euphorbia robbiae</i>	X	X			X	X	X	X			X		Foliaje	101
<i>Ficus pumila</i> ("Lila de gato")	X				X	X	X	X	X	X	X		Foliaje	102
<i>Fittonia Verschaffeltii</i>		X			X		X				X		Hojas laminares	103
<i>Fragaria</i> ("Fresa")	X				X	X	X	X	X	X	X		Frutos	104
<i>Geranium palustre</i>		X			X	X	X	X					Flor	105
<i>Geranium robertianum</i>		X			X	X	X	X			X		Flor	106
<i>Cynura</i>	X			X	X		X	X			X		Hojas coloridas	107
<i>Nakonechtia macro</i>	X	X			X	X	X	X					Foliaje	108


...continúa




Plantas para SJV de tipo hidropónicas y otros sistemas verticales
Fuente: Genot Minke

Plantas para muros hidropónicos y otros elementos verticales	Sol	Semi-sombra	Sombra	Caliente	Templado	Frio	Humedo	Seco	Rápido	Lento	Agarrador	Hidropónico	Figura	
	Lat	Clima Tropical			Agua	Crecimiento		Observaciones						Nº
<i>Ajuga reptans</i>	X						X	X	X	X			Hojas verdes y moradas - flores	73
<i>Ajuga reptans</i>	X	X					X	X				X	Hojas verdes y moradas - flores	74
<i>Aichemilia mollis</i>	X				X	X	X	X				X	Follaje	75
<i>Alocasia plumbea</i>		X		X			X	X					Hojas grisáceo - prorrizo	76
<i>Anthurium andraeanum</i>		X	X	X	X		X		X			X	Flores rojas, blancas, amarillentas	77
<i>Anthurium crystallinum</i>		X	X		X		X		X			X	Hojas con nervaduras vistosas	78
<i>Aptenia cordifolia</i>	X	X		X	X	X		X	X			X	Flores rojo púrpura	79
<i>Aplisium nidus-avis</i>			X	X			X		X				Follaje	80
<i>Aplisium scopendrium</i>			X				X		X				Follaje	81
Astilbe			X		X	X			X				Flores	82
<i>Baccharis genistifoloides</i>	X				X	X	X	X				X	Follaje	83
<i>Begonia evansiana</i>		X	X		X			X				X	Follaje flor	84
<i>Bergenia coccinea</i>	X	X		X	X	X			X				Follaje Flor	85
<i>Blechnum spicant</i> ("Helecho")			X		X	X						X	Follaje	86
<i>Bromelaceae purpurina</i>		X	X		X	X	X	X	X				Flor	87
<i>Carex siderosticta</i>	X	X			X		X	X				X	Follaje	88
<i>Carex testacea</i>	X	X			X		X	X					Follaje	89
<i>Ceropega lineari subsp. Woodii</i>		X	X		X	X	X	X	X				Follaje	90

...continúa



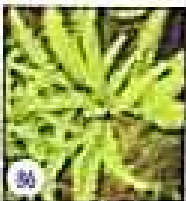














Plantas para SJV de tipo hidropónicas y otros sistemas verticales
Fuente: Genot Minke

Plantas para muros hidropónicos y otros elementos verticales	Sol	Semiombra	Sombra	Caliente	Templado	Frio	Humido	Seco	Rápido	Lento	Apartador	Hidropónico	Figura	
	Lat	Clima Tropical	Agua	Crecimiento	Observaciones	Nº								
<i>Polypodium vulgare</i> (Helecho)		X		X								X	Follaje	127
<i>Ruellia squarrosa</i>	X	X		X			X		X			X	Flores moradas	128
<i>Ruscus</i>			X	X	X		X				X		Follaje	129
<i>Salvia greggii</i> , <i>Salvia microphylla</i>		X			X		X	X				X	Follaje flor	130
<i>Saxifraga cernuosa</i> , s. <i>italandica</i>			X				X				X	X	Plantas en rosetas - Follaje	131
<i>Saxifraga tomentosa cernuosa</i>		X			X	X					X	X	Plantas en rosetas - Follaje	132
<i>Sedum cambichaticum</i> , s. <i>spunkum</i>	X			X	X		X	X					Follaje flor	133
<i>Sedum spectabile</i> , s. <i>telephium</i>	X			X	X		X	X					Follaje flor	134
<i>Scaevola taccada</i>		X		X			X	X				X	Flores blancas	135
<i>Synzoyia</i>			X	X	X		X	X				X	Follaje variegado	136
<i>Tolmiea</i>			X		X	X		X		X	X		Follaje	137
<i>Tropaeolum andinum</i>	X	X		X	X		X	X				X	Colgante	138
<i>Trifolium elegans</i>	X				X	X		X					Follaje	139
<i>Vinca major</i>		X		X	X		X	X		X			flores azul morado, colgante	140
<i>Xanthoxoma lindleyi</i>		X		X			X	X				X	Hojas con nervaduras blancas	141


127


128


129


130


131


132


133


134


135


136


137


138


139








140






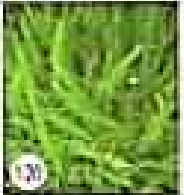

141







Plantas para SJV de tipo hidropónicas y otros sistemas verticales
Fuente: Genot Minke

Plantas para muros hidropónicos y otros elementos verticales	Sol										Figura			
	Sol	Semisombra	Sombra	Caliente	Templado	Frio	Humedo	Seco	Alpino	Lento		Agarrador	Hidropónico	
Nombre Científico (Nombre Común)	Luz	Clima Tropical			Agua	Crecimiento					Observaciones	Nº		
<i>Hebe helix</i> ("Hebecha")		X			X	X							Follaje	109
<i>Pedicularis elapsa</i>	II				X	X		X					Flor	110
<i>Hemigraphis colorata</i>	II		II			X		X				X	Hojas verde y violáceo	111
<i>Heschlera</i>		X			X	X		X				X	Follaje flor	112
<i>Hosta variegata</i>		X	X		X	X		II					Follaje	113
<i>Houttuynia</i>	X				X	X							Follaje colorido	114
<i>Lamproloma producta</i>	X				X	X		II	II				Flores púrpura	115
<i>Limpodera</i>					X	X	X					II	Colgante	116
<i>Lunata tylosiae</i>			II		X	X			X	X	II		Follaje	117
<i>Miranda ivanowiae</i>		X		X		X		II				II	Hojas variegadas	118
<i>Monarda</i>			X	X	II		X		X				Hojas grandes perforadas	119
<i>Nepenthes exaltata</i> ("Helecha")			X		II		X						Follaje	120
<i>Ophiopogon japonicus</i>		II				X	X		II				Hojas verde claro	121
<i>Ophiopogon japonicus</i> ("Pais mondo")	II				X	X	X				II	X	Follaje	122
<i>Plebeodium sp</i>			X			X	X		X			X	Follaje	123
<i>Ptycomium</i> ("Helecha")			X	II	X		X			X		X	Follaje	124
<i>Plectranthus coloratus</i>		X		II			X		X				Hojas con borde crema o blanco	125
<i>Polygonum persicaria</i>	X	X			X	X	X		X			X	Follaje	126

...continúa

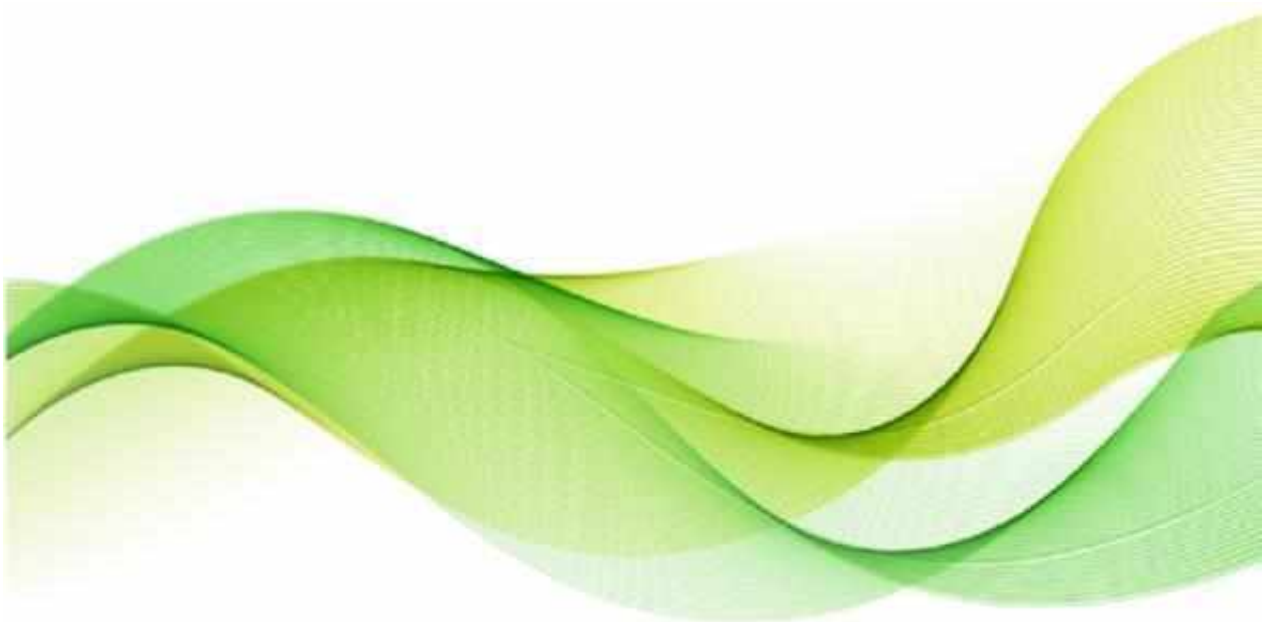







Plantas para SJV de tipo hidropónicas y otros sistemas verticales
Fuente: Genot Minke



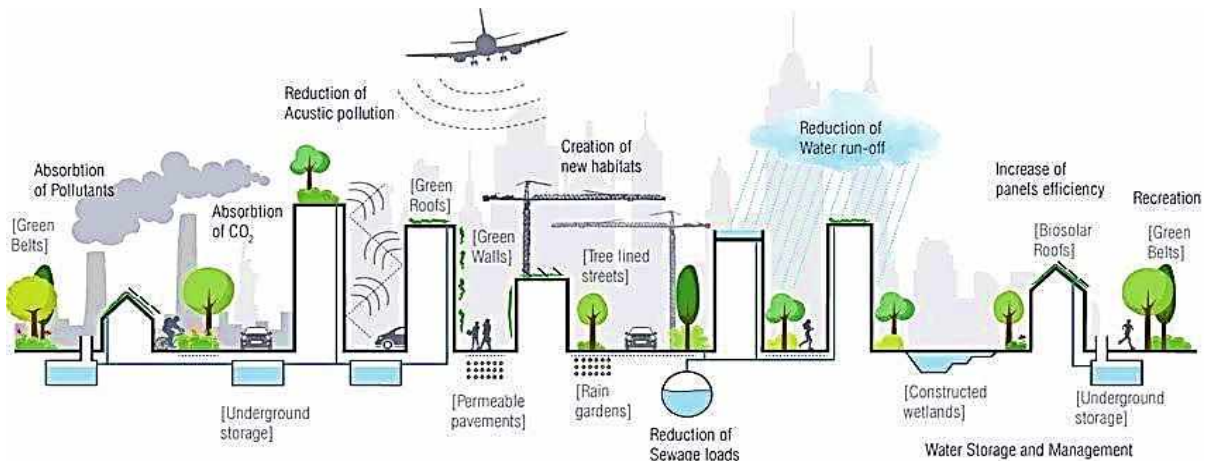
ANEXO C

Beneficios ecosistémicos y desventajas de los SJV



C. BENEFICIOS ECOSISTEMICOS Y DESVENTAJAS DE LOS SJV

El concepto de naturación urbana aplicado a envolventes incluye los sistemas de jardines verticales y de cubiertas verdes. Al formar parte de la *Infraestructura Verde Urbana (IVU)* tiene la capacidad de brindar un conjunto servicios ecosistémicos para reducir los impactos antrópicos sobre el territorio (Moreno et al, 2014).



Servicios ecosistémicos de los sistemas de naturación urbana

Fuente: Catalano et al, 2017

Los beneficios multifuncionales de este tipo de propuestas, son aplicables a los edificios urbanos al incorporar los sistemas naturados que ayudan a crear un hábitat seminatural (Dover 2006). Este, representa un campo en desarrollo como estrategia para aumentar la sostenibilidad urbano-arquitectónica (Bass y Baskaran, 2001).

Las ciudades más pobladas ofrecen una mayor superficie vertical “ociosa” disponible para su enverdecimiento (Mir, 2011) en comparación con las horizontales. Dicha situación, resulta una oportunidad para acrecentar los beneficios (Köhler, 2009) además de una solución atractiva para reducir los impactos ambientales negativos (Emilsson et al., 2007) en pos de la creación de ciudades más sostenibles en concordancia con los ODS de la Agenda 2030 y los principios de la transición ecológica.

Los beneficios ecosistémicos de este tipo de propuestas resultarían aplicables tanto a escala arquitectónica como urbana. Los mismos son profundizados a través de las siguientes tablas:

BENEFICIOS ECOSISTÉMICOS A ESCALA URBANA

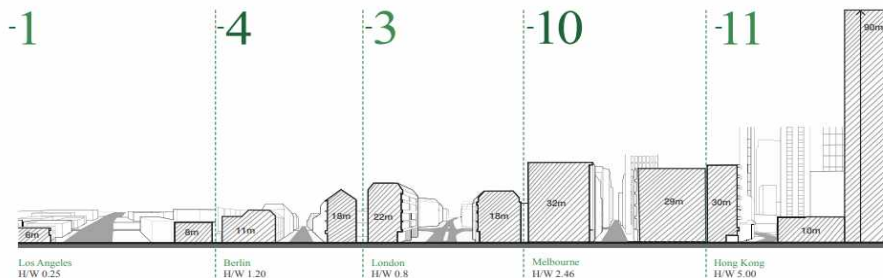
Aspecto	Características
<p>Contaminación atmosférica</p>	<ul style="list-style-type: none"> <p>Mitigación y adaptación frente al Cambio Climático</p> <p>Los efectos del Cambio Climático, se presentan como un proceso meteorológico que se presentaría de impacto global que se atribuye directa o indirectamente a diversas causas tales como: las actividades humanas derivadas de procesos negativos de desarrollo desde el punto de vista ecológico y social; el mal uso y la sobreexplotación de los recursos naturales; entre otras causas.</p> <p>El cambio climático, tiene el potencial de causar alteraciones en la atmósfera global que repercuten en la variabilidad climática (Hoyano, 1998 citado por Cabrera Vallejo, 2016). Esta, produce el deterioro ambiental y el aumento de la vulnerabilidad tanto en los ecosistemas naturales como poblacionales.</p> <p>Una de las posibles soluciones que pueden implementarse para mitigar los efectos del cambio climático a escala urbana se representa con la renaturalización de espacios urbanos. En tal sentido, “...implementar medidas en las ciudades que estén ligadas al aumento de espacios verdes (...) mediante diversas acciones que “reverdecen” la ciudad como jardines verticales, toldos vegetados, suelos drenantes o permeables o, incluso, llanuras de inundación ayudarían para controlar (...) el efecto directo del cambio climático⁵⁸...” (Rodríguez - Bustamante, 2019).</p> <p>La acción de incorporar vegetación a los edificios, resulta una opción con alto valor transformador del paisaje urbano (Newton et al, 2007) fundamentalmente en aquellos casos que no se dispusiera de suficiente espacio para la plantación de árboles y arbustos, ya que su introducción en las envolventes utiliza un espacio edificio generalmente olvidado (Dinsdale et al, 2006).</p> <p>Reducción del efecto “isla de calor urbana”</p> <p>Este tipo de fenómenos, resulta un problema creciente en gran parte de las ciudades (Safikhani et al., 2014a) debido a cuestiones complejas que se relacionan con el balance energético en los espacios urbanos (López Gómez, 1988).</p> <p>La intensidad del efecto se vincula con múltiples aspectos como: la geografía, la topografía y morfología urbana; la alta densidad edilicia; la reducción de espacios verdes; el aumento de calles asfaltadas en relación a la absorción del calor (Oke, 1991) y su irradiación nocturna (Getter et al., 2006); la sustitución de las superficies vegetales reemplazadas por edificios y superficies impermeables como calles, plazas, etc. (Ottelé, 2011); la absorción solar de los diferentes materiales; las emisiones energéticas (Mihalakakou et al, 2002) generadas por fuentes antropogénicas (industrias, edificios, automóviles, etc.); la contaminación atmosférica (Tunimi, 2010); entre otros.</p> <p>En tal sentido, la introducción de vegetación de manera innovativa para aumentar el espacio verde urbano y reducir las temperaturas constituye una estrategia atractiva en el marco de las ciudades sustentables.</p> <p>La vegetación desarrolla funciones biológicas para la supervivencia que resultan beneficiosos en la resolución de la problemática térmica (Perini et al, 2011). Uno de las funciones es la evapotranspiración que propicia a la reducción de la temperatura de la atmósfera circundante, incrementando la humedad ambiental (Ottelé, 2011), situación que en los ambientes secos y áridos resulta altamente beneficiosa (Alexandri y Jones, 2008). Otro aporte relevante de las plantas, es el refrescamiento que puede crear un microclima confortable (Santamouris et al, 2007) sobre todo cuando se aplica a gran escala en las envolventes (Santamouris, 2014), pudiendo reducir significativamente el efecto de la isla de calor urbano (Wong et al, 2013).</p> <p>Sin embargo, cabe aclarar que la reducción de la isla de calor depende de otros factores como: las características climáticas, la cantidad de vegetación, la geometría urbana (Lipp, 2014), especialmente cuando se trata de los casos de cañones urbanos (Wong et al., 2003a). En este último caso, los modelos matemáticos han demostrado que la aplicación de jardines verticales en las envolventes dentro de los cañones urbanos resulta eficaz (Alexandri y Jones, 2008) para aumentar el confort térmico externo (Emmanuel et al, 2007; Ali-Toudert y Mayer, 2006).</p> <div data-bbox="683 1467 1098 1736" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">Efecto de la vegetación aplicada en ambos lados del cañón urbano</p> <p style="text-align: center;">Fuente: pinterest</p> <p>Por otro lado dado que el incremento de la densidad edilicia en las áreas centrales de las ciudades reduce significativamente el porcentaje de vegetación, el efecto del enfriamiento natural derivado de la evaporación y evapotranspiración (agua del suelo y las hojas) se ve disminuida. Dicha situación puede restaurarse con la adición de vegetación en las envolventes, principalmente en fachadas ya que simulaciones al respecto determinaron que resultan altamente positivas en los casos de alta exposición a la radiación solar (Shashua-</p>

⁵⁸ Texto extraído del artículo online “Medidas de mitigación y adaptación de las ciudades para el cambio climático” (Rodríguez - Bustamante, 2019)

Bar et al, 2000; Bourbia et al 2004), temperaturas extremas y cargas de viento (Stec et al 2005).

ESCENARIOS SIMULADOS PARA LA APLICACIÓN DE VEGETACIÓN EN DIVERSOS CAÑONES URBANOS

Cambio potencial en la temperatura del aire debido a las fachadas verdes en relación de H / W (en ° C)



Escenarios simulados para determinar la reducción de la temperatura en cañones urbanos

Fuente: ARUP, 2016

a.3) Disminución de la contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica expresa el principal riesgo ambiental para la salud y la Organización Mundial de la Salud estima que una de cada nueve muertes en todo el planeta se relaciona con ello (WHO, GBoD 2016, WHO, 2016a).

Para reducir la contaminación atmosférica, contempla principalmente la captación del material particulado y la reducción del CO².

a.4) Captación del material particulado y CO₂

El material particulado, representa uno de los contaminantes más importantes del aire (Beckett et al., 1998; Dzierżanowski y col. 2011). Dichos productos derivan de la quema de productos fósiles, muy presentes en los entornos construidos (Beckett et al, 1998) y alta presencia de tráfico rodado (Brüll et al, 2011).

La composición del material particulado se conforma por compuestos orgánicos volátiles tales como hidrógeno, oxígeno, flúor, bromo, azufre o nitrógeno de diferente grosor que poseen la capacidad de convertirse fácilmente al estado gaseoso (vapor o gas) como el caso del dióxido de carbono (CO₂), pudiendo encontrarse sustancias asociadas al síndrome del edificio enfermo (Kostiainen1995).

La introducción de vegetación en la envolvente, puede reducir la presencia de compuestos volátiles (Fujii et al., 2005; Krüger et al., 2011; Lohr y Pearson-Mims, 1996; Yang et al., 2008) y mejorar la calidad del aire (Ottelé et al., 2010; Sternberg et al., 2010; Strohbach et al., 2012). Ello se debe a que las plantas poseen la capacidad de filtrar y depositar gran parte de las partículas presentes en el aire en toda la estructura de la planta, adhiriéndose en las dos caras de las hojas, tronco y ramas para finalmente ser depositado en el suelo por efecto de la gravedad (van Bohemen et al, 2008). Las partículas depositadas, se metabolizan por medio de los microorganismos presentes en el suelo (hongos y bacterias) quienes ayudan a degradar ciertas partículas nocivas para la salud. Dicho proceso representa el principio de la biorremediación (Torres Rodríguez, 2003).

Ciertas características de las hojas favorecen la mayor captación de las partículas volátiles. Así pueden mencionarse: el incremento en la superficie de las hojas (área foliar, (Ottele et al 2010); la mayor pilosidad y rugosidad (Ottelé, 2011) de la superficie; la presencia de humedad o adherencia (Tonnejck y Blom-Zandstra, 2002; Wesseling et al., 2004), entre otras.

En el caso del CO₂ su importancia reside en mantener la temperatura adecuada para la vida en el planeta, vinculándose al oxígeno necesario para cumplir los ciclos respiratorios de las plantas y los animales.

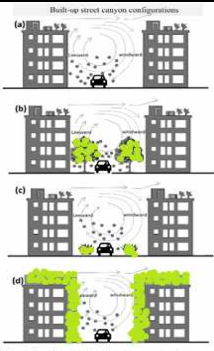
El aumento en las emisiones de este gas, genera múltiples problemáticas y dada su importancia ha propiciado el interés para encontrar soluciones innovativas en base a la vegetación debido a su capacidad de extraer parte del CO₂ presente en el aire mediante el proceso físico-químico de la fotosíntesis ayudando a liberar el oxígeno (O₂) a la atmosfera.

Algunos estudios referidos a la captura del CO₂ en una estructura vegetal como la cubierta verde, discriminaron que el 45% se realizaba en la parte aérea, el 28% por la raíz y el 27% mediante en el sustrato (Getter et al., 2009).

En determinadas situaciones climatologías como las turbulencias del viento y/o fuertes lluvias, la vegetación puede resultar un sitio temporal para la captación de las partículas, ya que debido al efecto de arrastre tienden a re suspenderse en el aire entorno al 50% (Nowak et al., 1994). Dicha particularidad, representa un recurso interesante para la fitorremediación que busca remover, reducir, transformar, mineralizar, degradar, volatilizar o estabilizar contaminantes (plomo, cadmio y otros minerales), (Delgadillo-López et al, 2011).

Respecto a la dispersión de los contaminantes atmosféricos en cañones urbanos la fuente principal está representada por los vehículos, cuyo comportamiento ha sido materia de múltiples estudios (Lipp, 2014) y en dicho contexto se desarrollaron modelos de dispersión basados en la dinámica de los fluidos (Huang, et. al., 2000; Chu, et. al., 2005) determinando que los SJV aplicados a las fachadas pueden resultar soluciones efectivas para la captación de partículas y polvos volátiles en zonas urbanas (Joshi y Ghosh, 2014; Marchi et al., 2014) en diversas configuraciones de cañones urbanos (Pugh et al., 2012).

Contaminación atmosférica

<p>Contaminación atmosférica</p>	<div style="text-align: right; margin-bottom: 10px;">Descripción</div>  <p>(a) cañón de calle libre de vegetación (b) cañón de calle con árboles (c) cañón de calle con arbustos (d) cañón de calle con fachadas y cubiertas vegetales.</p> <p style="text-align: center;"><i>Patrones de flujo y dispersión de contaminantes en un cañón de calle</i> Fuente: Abhijith et al, 2017</p> <p>Considerando lo expresado anteriormente, se puede asumir que la vegetación actúa como un eficiente filtro biológico para eliminar cantidades significativas de partículas presentes en la atmósfera y el ambiente urbano.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protección ante las inundaciones y mejora escorrentía aguas pluviales <p>El crecimiento de las ciudades muchas veces sin planificación, con grandes superficies impermeables, redujeron significativamente los espacios verdes que favorecerían el drenaje de las aguas recibidas durante las lluvias.</p> <p>La vegetación utiliza parte del agua para la supervivencia y el resto la filtra hacia la tierra, sin embargo, para alcanzar los máximos beneficios depende de las especies, la cobertura la adaptación del entorno y las estaciones del año (Ostendorf et al., 2011).</p> <p>Algunos estudios, detectaron que los beneficios de la naturación urbana aplicada como cubierta resulta más efectiva respecto al jardín vertical, pudiendo captar hasta el 13% del total de las lluvias recibidas (Roehr et al, 2008).</p> <p>Respecto a la retención de lluvias por parte de la vegetación, estudios recientes detectaron que las hojas pueden captar entre 54 y 94% y las ramas, entre el 10 a 55% (Tiwary et al, 2018).</p> <p>Respecto a las raíces, éstas pueden filtrar y reducir la cantidad de las impurezas en el suelo ya que absorben el nitrógeno y el fósforo que utiliza la planta para su crecimiento (Johnston y Newton, 2004).</p> <p>En los últimos años, a consecuencia del cambio climático comenzaron a generarse copiosas lluvias, breves y puntuales, fundamentalmente en las ciudades, situación que fue conllevando al aumento de la escorrentía de aguas superficiales, los desbordes y la saturación de los sistemas de alcantarillado, llegando incluso a producir inundaciones.</p> <p>Una de las soluciones más novedosas se representa en propuestas basadas en los bioswales o canales de filtración e infiltración biológica. Un ejemplo de sus aplicaciones es el Barrio de Brooklyn en New York a través del Proyecto "Creating green buffers in the greenpoint industrial área at New York" (2018) que postula la revalorización paisajística mediante el tratamiento de aguas pluviales a escala urbana y arquitectónica mediante planes de incentivo para la incorporar en las envolventes cubiertas verdes y jardines verticales.</p>
<p>Incremento de la biodiversidad en la zona</p>	<p>El crecimiento de las ciudades introdujo inestabilidades en los ecosistemas naturales que alteraron el equilibrio biológico a través de la pérdida de biodiversidad, variación de paisajes, etc. (Frank, 2000). Sin embargo, ello no debería representar un obstáculo ecológico ya que las zonas densamente pobladas también ofrecen la oportunidad de incrementar espacios vitales (Sukopp y Werner, 1991 citado por Fariña-Tojo, 2001) para la flora y fauna a través del uso de la naturación urbana en las envolventes. Esta puede transformarse en un revestimiento vivo a través de la cubierta y los jardines verticales atrayendo la biodiversidad hacia los nuevos de espacios (Villalobos, 2010) capaces de ofrecer la oportunidad para el desarrollo de especies (Ottelé, 2011) al brindar nuevas fuentes de alimento, refugio, corredores de anidación, reproducción, entre otros, además de representar un espacio para las especies en extinción.</p>
<p>Generación de nuevos espacios urbanos</p>	<p>La conexión profundamente arraigada entre el ser humano y la naturaleza expresa el resultado de la coevolución entre ambos (Beatley y Newman, 2013), contexto que produce reacciones y respuestas positivas (Kaplan, 1995).</p> <p>Los nuevos espacios bajo las formas de SJV en cañones urbanos pueden proporcionar beneficios cercanos a las áreas verdes de mayor envergadura ya que lo que el factor principal está simbolizado por la calidad del espacio verde (De Vries et al., 2013) y los posibles se expresan como nuevas formas de socialización (Peschardt et al. 2012) y el bienestar psicofísico (van den Berg et al., 2003).</p> <p>Los espacios generados, pueden recorrerse creando un punto de atracción social además de mejorar la calidad de las áreas urbanas agregando "<i>naturaleza donde el hombre la eliminó</i>" (Blanc, 2015).</p>



<p>Restauración de espacios degradados</p>	<p>La naturación resulta una herramienta transformadora del paisaje urbano ya que mediante la ecologización de las envolventes arquitectónicas (El-Barmelgy, 2013) es posible aportar restauración en aquellos espacios degradados (Gehl, 2011) e incluso producir sectores con identidad propia (Jacobs, 1961) dentro de la ciudad.</p>
<p>Incentivo a la implementación de la agroecología urbana</p>	<p>Una de las alternativas de creciente interés son las prácticas agroecológicas sustentables y autosuficientes en las ciudades. Este tipo de intervención puede ayudar a la conversión de áreas degradadas, a la complementación de sectores recreativos como forma de educación e incluso podría ser parte de un área productiva mayor multifuncional, situación que propicia la mejora en la microeconomía. Los huertos urbanos generan un conjunto de impactos positivos tanto en el aspecto de la salud, el bienestar comunitario, la reducción de las emisiones como en el consumo energético en relación al transporte de los alimentos (Martínez et al, 2010).</p> <p style="text-align: center;">Impactos de los huertos urbanos</p> <p style="text-align: center;">Impactos de los huertos urbanos</p> <p style="text-align: center;">Fuente: elaboración propia</p> <p>Desde hace unos pocos años se acrecentó el interés en la implementación de este tipo de prácticas aplicándose en las envolventes bajo la forma de jardines verticales y cubiertas vegetales orgánicas a escala doméstica. La producción de alimentos frescos, seguros, accesibles y de calidad en la vivienda resulta una forma de agroecología urbana a baja escala capaz de contribuir al crecimiento de la ecología urbana, la planificación y la gestión de ciudades sostenibles propiciando el modelo de seguridad y soberanía alimentaria (Gordillo, 2013-FAO-ONU; Walloth et al. 2014; Arisona et al. 2012). Por otro lado, este tipo de huertas promueven el cultivo de productos frescos in situ jugando un papel práctico, educativo y ecológico, roles no considerados en la producción de alimentos a gran escala (Nagle et al, 2017). En el mercado existe una amplia variedad de sistemas de granjas verticales y horizontales incluyéndose las de tipo modular que flexibiliza su uso en diferentes espacios (Hammerling Navas Navarro, et al, 2012).</p>
<p>Reducción contaminación lumínica</p>	<p>La presencia de superficies altamente reflectantes produce contaminación lumínica natural que puede a través de la introducción de la vegetación a fin de debilitar la intensidad reflejada debido al deslumbramiento, situación que propicia la generación de ambientes confortables con iluminación más uniforme (Díaz, 2005). Algunos estudios demostraron que la aplicación de jardines verticales, produce un sombreado fundamentalmente en épocas estivas, que favorece una adecuada iluminación interior para alcanzar el confort visual (Pérez et al. 2011a; Gonzalo et al, 2007).</p>
<p>Mejora paisaje sonoro y olfativo</p>	<p>Las intervenciones urbanas que introducen vegetación en las envolventes, conforman "espacios más tranquilos" capaces de favorecer la audición de los sonidos emitidos por algunas especies de pájaros, grillos, saltamontes, etc. que se encuentran en el entorno de las plantas. Además de la mejora del "paisaje sonoro", presentan el potencial de aportar el "paisaje olfativo" de la ciudad dado que ciertas especies vegetales generan perfumes intensos y atractivos cuya impronta le otorgan identidad propia (Al-Kodmany Kheir, 2018).</p>



<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Mejora bienestar de la población</p>	<p>La presencia de vegetación en las envolventes aporta beneficios emocionales, intelectuales y físicos para los seres humanos (Johnston y Newton, 2004).</p> <p>Desde el punto de vista de las problemáticas psicológicas y psiquiátricas se detectó que, en aquellas zonas con alta densidad poblacional, existe una mayor tasa de incidencia para los casos de depresión, estrés, ansiedad y psicosis (Sundquist et al., 2004 citado por Thomsit-Ireland, 2019; Castro et al., 2018). En dicho contexto, se demostró que el contacto visual y físico con las plantas resulta una experiencia positivas para la población con problemas de salud mental (Martínez-Soto et al., 2016), ayudando a la mejora de patologías como: el estrés; la recuperación y reducción de la dependencia de los analgésicos (Ulrich, 1984); disminución de la fatiga mental y la agresión (Kuo y Sullivan, 2001 citado por Thomsit-Ireland, 2019); la tasa de recuperación de personas enfermas que se encuentran en tratamiento; la inmunidad frente a las enfermedades (Sheweka et al., 2011); entre los más destacados.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Beneficios sociales</p>	<p>Los beneficios sociales de naturación urbana, más allá de la escala de intervención, resulta similar a la ofrecida por la infraestructura verde urbana, es decir las oportunidades recreativas, lúdicas, estéticas, laborales, reducción de la delincuencia, mejora en los lazos sociales y educativos (Zhou & Rana, 2012).</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Oportunidad recreativa y valor colectivo Los espacios verdes logran fomentar un valor colectivo visible como forma socializadora e identitaria de una comunidad que comparte intereses, conocimiento y acceso a espacios comunes. Desde dicha perspectiva, existen comunidades capaces de desarrollar el sentido de pertenencia e incluso conformarse como movimiento social con propuestas atractivas para mejorar la calidad de vida, la salud y el bienestar para aquellos sectores sociales más desfavorecidos (Metcalf et al, 2016). ● Nuevas oportunidades laborales Este tipo de sistemas aplicados en las envolventes, crean nuevas oportunidades laborales en el mercado local, ya sea como iniciativa individual o colectiva pudiendo participar los gobiernos locales y/o del sector privado. ● Mejora en el rendimiento laboral Aquellos entornos cercanos a la naturaleza ayudan a mejorar la concentración y la productividad laboral. ● Experiencia pedagógica inclusiva Existen experiencias pedagógicas a nivel escolar e incluso universitario que demuestran cómo ámbitos naturales en este caso representados por SJV (García Lozada et al., 2016) resultan prácticas saludables, ecoeficientes y seguras (Tejada Rodríguez, 2018). Las propuestas pedagógicas (didácticas-educativas-formativas-inclusivas), buscan diseñar, e implementar las técnicas de naturación urbana como forma de crear conciencia ambiental, uso adecuado de los recursos naturales y cuidado responsable de las plantas, así como la promoción de la biodiversidad, la implementación de huertas, la nutrición sana, la vida saludable y la autosuficiencia alimentaria (García Lozada et al., 2016). ● Reducción en la delincuencia Algunos estudios (Jialin, 2013 citado por Radic et al., 2019) señalaron un impacto positivo en la disminución de la tasa delictiva (reducción del miedo y comportamiento menos agresivo) en aquellas zonas que presentan edificios con jardines verticales.
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Producción de biocombustibles</p>	<p>Los desechos de la poda y el mantenimiento de los jardines, por lo general se destinan a los basureros como residuo y eventualmente para utilizarse como compost. Sin embargo, dada su naturaleza orgánica, presentan el potencial de generar una importante cantidad de biomasa que puede utilizarse como biocombustible y bioproducto de alto valor agregado para la generación de energía además de aportar a la reducción de los gases emitidos a la atmósfera.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Revalorización económica</p>	<p>El aumento de la superficie vegetal que aporta este tipo infraestructura verde urbana, supone no solo una mejora en relación espacio verde/habitante para un área determinada, sino además representa la oportunidad de revitalizar y/o renaturalizar sectores de la ciudad a partir de producir una utilidad extra en las envolventes arquitectónicas ociosas.</p> <p>Las intervenciones resultan interesantes para ser aplicadas en áreas altamente densificadas, degradadas, susceptibles de intervención y/o con necesidad de diferenciarse como identidad urbana (Ichihara, et al., 2011) todo lo cual no solo aporta una mayor sostenibilidad urbano-ambiental, sino que además aumenta la sostenibilidad económica (Perini & Rosasco, 2016).</p> <p>Investigaciones recientes han logrado identificar, modelar y cuantificar los beneficios económicos de las cubiertas verdes y los jardines verticales durante su ciclo de vida (Berardi et al., 2014; Shafique et al, 2018; Vijayaraghavan, 2016; Besir & Cuce, 2018).</p> <p>Entre los beneficios económicos estudiados, se destacan: la promoción del ahorro energético (Besir & Cuce, 2018); la reducción en la percepción del sonido en el interior de los edificios (Ascioni et al., 2020); la contribución en el tratamiento de aguas grises (Pradham et al, 2018) y el aumento en la vida útil de la envolvente (Radic et al., 2019), etc.</p>

BENEFICIOS ECOSISTÉMICOS A ESCALA ARQUITECTÓNICA

Aspecto	Características
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Mejora térmica</p>	<p>El diseño y la construcción eficiente de la envolvente edilicia, protegen al edificio no solo de las inclemencias climáticas sino además favorece desde el punto de vista térmico el confort interior con el menor impacto energético.</p> <p>Los sistemas de envolventes vegetales (SJV) al igual que con otras formas de infraestructura verde, presentan la capacidad de enfriar los edificios mediante la intercepción de la radiación solar antes que llegue a la envolvente (Holm 1989; Hoyano 1988). La eficacia de los mismos, tiene relación con los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • las características materiales y morfológicas de la envolvente vertical incluyéndose la orientación en la que se coloca el jardín vertical (Jim y He, 2011; McPherson et al. 1988; Holm 1989). • el sistema de jardín vertical adoptado (Wong et al., 2010). • las características del ecosistema vegetal (elección de las especies vegetales; tipo de sustrato; características del follaje; porcentaje y densidad de la cobertura; régimen de evapotranspiración, etc.) (Cheng et al., 2010; Köhler et al., 2009; Pérez et al., 2011; Jim y He, 2011; Perini et al., 2011; Fernandez Cañero et al., 2012; Berardi et al., 2014; Vox et al., 2015; Djedjig et al., 2017). • las condiciones climáticas de la zona y el contexto circundante (Berardi et al, 2014; Fernández- Cañero et al., 2012; Santamouris, 2012; Perez at al., 2011; Perini et al., 2011; Francis y Lorimer, 2011; Jim y He, 2011; Fioretti et al., 2010; Castleton et al., 2010; Kontoleon y Eumorfopoulou, 2010; Spala et al., 2008; Wong et al., 2003; Wong et al., 2010; Benvenuti, 2014; Rowe2011; Köhler, 2008). <p>La reducción de la temperatura implementando sistemas de fachadas vegetales o jardines verticales, se relaciona con los procesos simultáneos metabólicos- biológicos que desarrollan las plantas</p> <p>Por otro lado, la inclusión de una segunda piel vegetal en la fachada contribuye a la mejora en la apariencia visual de la misma (Kontoleon et al, 2010). Además de los beneficios en la mejora del confort.</p> <div data-bbox="651 898 1102 1308" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;">Mejora térmica con la incorporación de una segunda piel Fuente: Pinterest</p> <p>El confort se alcanza debido a: las condiciones térmicas en el interior; la eficiencia energética (Kontoleon y Eumorfopoulou, 2010; Wong et al. 2009); el aporte al microclima urbano (Kontoleon et al, 2010) fundamentalmente en zonas con altas temperaturas.</p> <p>Estudios referidos al comportamiento de la vegetación en fachada determinaron que la totalidad de la energía solar recibida en la masa foliar puede discriminarse de la siguiente manera: 5-30% se refleja; 5-20% se utiliza para la fotosíntesis; el 10-50% se transforma en calor; el 20-40% se emplea para la evapotranspiración; el 5-30% pasa a través de la hoja (Hadba et al., 2017).</p> <p>Los procesos involucrados en la transferencia de calor se categorizan en: (i) <i>efectos del sombreado</i>, (ii) <i>enfriamiento por fenómeno evapotranspiración</i> (Jim & He 2011) y alteración del movimiento del aire (Pérez et al 2011a & b), (iii) <i>aislamiento</i> por la presencia de la masa foliar, que en los casos de una doble piel se adiciona la capa de aire entre el follaje y la pared del edificio. (Wong et al., 2010; Cameron et al., 2014; Chen, Li y Liu, 2013; Jim y He, 2011), entre los principales.</p> <p style="text-align: center;">i) Efectos del sombreado</p> <p>La presencia de vegetación puede producir un sombreado capaz de reducir significativamente la temperatura interior y exterior llegando a disminuir la transmisión térmica solar diaria entorno al 50 % respecto al concreto (Wong NH, 2010). Ello, se logra mediante la obstrucción, filtración y reflexión de los rayos solares directos que imposibilitan entre el 50 y el 90 % el ingreso de los los mismos (Hoelscher et al., 2015; Pérez et al., 2011a; Susorova et al., 2013; Jim and He, 2011).</p> <p>En el caso de los SJV, la eficacia del sombreado vegetal depende del sistema seleccionado (Soria-Meliá, 2013), la densidad de cobertura foliar (Wong et al, 2009), del color de sus hojas y de la superficie de las mismas⁵⁹ (Azkorra Larriñaga, 2015).</p> <p>En edificios de rascacielos, la implementación de sistemas de jardines verticales con tensores y especies de</p>

⁵⁹ Índice de masa foliar-IMF

enredaderas, logra reducir no solo el porcentaje de radiación solar incidente, sino además propiciaría la reducción de la temperatura y la reflectancia en la zona, tal como se observa en los edificios diseñados en Singapur por Ken Yeang.

ii) Enfriamiento por evapotranspiración

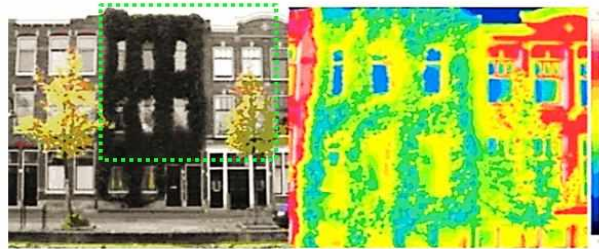
La promoción de la evapotranspiración se origina a partir de la combinación de dos procesos: la evaporación desde el suelo y desde la superficie cubierta por las plantas; la transpiración desde las hojas de las plantas

Las plantas regulan la evapotranspiración a sí mismas y al ambiente a partir de liberar agua a la atmósfera mediante microscópicas aberturas en sus hojas denominadas estomas. Dependiendo de la humedad ambiental, la vegetación ajusta de manera eficiente la emisión de agua, reduciéndola en los entornos húmedos y aumentándola en los secos a partir de absorber más agua proveniente del sustrato.

La eficiencia de los procesos evapotranspiración se asocia a factores tales como: el clima; la temperatura ambiental; la radiación solar; los vientos; la humedad relativa; el tipo de especies y su desarrollo; el porcentaje de cobertura vegetal (Köhler et al., 2008); el sustrato (espesor, densidad y contenido de humedad) además de las condiciones locales y regionales (Soria Meilá, 2013).

Estudios sobre este aspecto han demostrado que la transpiración de las plantas logra aumentar la humedad del aire interior entre el 3 y el 5% (Lohr, 1992), situación que genera niveles de humedad cercanos al rango de confort humano (Fjeld et al., 1998; Fernández Cañero, 2012).

En cuanto a las especies, algunas investigaciones detectaron que las especies caducas varían su capacidad de refrescamiento en relación a la superficie de la hoja (Cameron et al., 2014). En tal sentido, para alcanzar el máximo efecto por enfriamiento de la superficie vertical debe contemplarse además el área y la morfología foliar (Ross et al, 2014; Widiastuti et al. 2018).



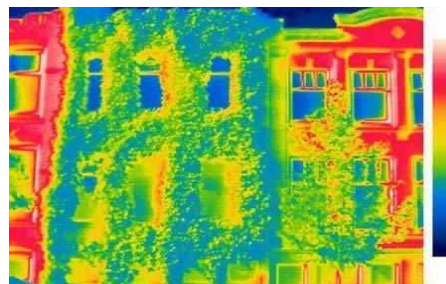
Potencial de enfriamiento de plantas trepadoras caducas (foto infrarroja)

Fuente: (Wong et al, 2010)

Respecto a la implementación de plantas perennes, diversas experiencias demostraron que los mejores resultados se alcanzan en el enfriamiento para aquellas regiones con altas temperatura, mientras que zonas frías no ofrece prestaciones significativas (Kontoleon y Eumorfopoulou, 2010; Price, 2010).

iii) Aislamiento debido a la masa foliar

El aislamiento lo aporta la masa foliar, lo cual debe aprovecharse con especies que cubran la mayor parte de las superficies de la fachada como por ejemplo con aquellas especies trepadoras de tipo perennifolias. En tal sentido, la hiedra demostró capacidad para reducir significativamente las temperaturas de la superficie (Cameron et al., 2014).



Características: hiedra
(Parthenocissus) enraizada en
suelo

Ubicación: Delft, Países Bajos

Condiciones: verano de 2009, 12
p.m., temperatura del aire 21 ° C

Fotografía infrarroja de una fachada cubierta por vegetación

Fuente: Perini et al, 2011

Una alternativa para utilizar en fachadas las especies son aquellos SJV basados en tensores, mallas o tramas con cámara de aire que demostraron una mejora en el confort térmico (Ip et al., 2010; Stec et al., 2005), sobre todo si se presente una doble capa vegetal pudiendo reducir la temperatura superficial de la fachada entre los 4 / 5 °C (Wong et al, 2010).

La inclusión de SJV con un volumen de sustrato considerable pueden presentar un potencial para disminuir la temperatura de gran interés para climas cálidos y húmedos (Azkorra, 2015).

Por último, la cobertura vegetal además de proteger a los edificios de la variabilidad térmica, lo resguarda del viento, las lluvias y la nieve (Sternberg et al. 2011).

iv) Control de la humedad

Contrariamente al pensamiento popular, las fachadas cubiertas de vegetación pueden conformar una defensa natural a la excesiva humedad invernal, ya que las hojas evitan que el agua de lluvia entre en contacto directo

<p>Mejora térmica</p>	<p>con la mampostería (Dunnet & Kingsbury, 2008; Johnston & Newton, 2004). Algunas investigaciones detectaron que Los jardines verticales bien desarrollados, con densa cobertura foliar perenne constituyen una barrera de protección eficaz frente a las precipitaciones (Perini et al., 2011).</p> <p>v) Refrescamiento por efecto del viento</p> <p>Los efectos del viento se pueden aprovechar de manera positiva en la etapa de diseño ya que de esa forma es posible alcanzar el confort térmico mediante el refrescamiento (López - Benítez, 2016) a partir de la generación de microturbulencias cuando pasa la corriente de viento delante de la masa vegetal.</p> <div data-bbox="628 465 1145 824" data-label="Diagram"> </div> <p style="text-align: center;">Efecto del paso del viento sobre un jardín vertical aprovechándolo para refrescamiento Fuente: elaboración propia</p>
<p>Disminución de polvo y partículas</p>	<p>Para los casos de edificios en altura y torres, la presencia de vegetación evita el ingreso de partículas en suspensión y de polvos hacia el interior cuando se abren las aberturas (Minke, 2012 citado por López Benítez, 2016).</p>
<p>Mejora en la calidad del aire interior</p>	<p>En la actualidad, el promedio de las personas transcurre entre el 80 y el 90% del tiempo en espacios cerrados (Darlington y Arsenault, 2012; Moya et al., 2017), situación que podría afectar la salud dada la contaminación del aire interior que generada oír diversas fuentes (Carazo Fernández et al, 2013). La contaminación interior son el resultado de la interacción entre el sistema edilicio (diseño original y las subsecuentes modificaciones tanto sobre la estructura como en los sistemas mecánicos); las técnicas de construcción; las fuentes de contaminación (materiales de construcción y mobiliario, humedad, procesos y actividades dentro del edificio), los ocupantes del edificio y las fuentes externas (Franchi et al, 2006). Las nuevas tendencias buscan resolver la problemática con alternativas sostenibles como por ejemplo aquellas inspiradas en las SbN, en las que los sistemas de jardines verticales se comportan como biofiltros (jardín vertical activo), una tecnología prometedora con alto potencial para reducir los contaminantes del aire interior (Mikkonen et al., 2018). Dicha opción, resulta efectiva cuando se diseña de forma correcta, contribuyendo a la mejora en la calidad del aire además de aportar una estética atractiva, sostenible y de reconexión con la naturaleza (Darlington y Arsenault, 2012).</p> <p>Para depurar el aire, el biofiltro realiza dos procesos: filtración del aire a través de una membrana biológicamente activa con presencia de fauna microbiana beneficiosa que degrada contaminantes (COV) y, el segundo proceso es la fitorremediación que utiliza las plantas para propiciar el crecimiento de la microfauna (Darlington y Arsenault, 2012).</p> <div data-bbox="555 1653 1232 2007" data-label="Diagram"> </div> <p style="text-align: center;">Ejemplo de un biofiltro (jardín vertical activo) Fuente: Moya et al., 2017</p>

<p>Mejora en la calidad del aire interior</p>	<p>La selección de las plantas constituye un factor decisivo ya que de ello dependerá la capacidad de degradar humos tóxicos, formaldehídos, monóxido de carbono, COV, tricloroetileno, benceno, xileno, etc. (Oyabu et al., 2003; Wolverton & Wolverton, 1993; Darlington y Arsenault, 2012). Los resultados documentados indican que los jardines verticales activos que funcionan como biofiltros resultan propuestas positivas e innovadoras para la acreditación del programa LEED del US Green Building Council para mejorar la calidad del aire interior (Darlington y Arsenault, 2012).</p>
<p>Reutilización de aguas grises domesticas</p>	<p>Las aguas grises se representan por los líquidos residuales no cloacales derivados del uso en los edificios, a los que actualmente se los reconoce como una fuente alternativa de agua (Rysulova et al, 2017). Los requisitos necesarios para la reutilización segura de las aguas grises se vinculan con la cantidad, regularidad y la calidad del agua. Dichas características están asociadas a los hábitos de comportamiento del usuario quien contribuye a generar un amplio rango de concentraciones de diferentes contaminantes. En los últimos años como forma de contribuir a la sostenibilidad y reducir la huella hídrica, se comenzó a utilizar las aguas grises para el riego de los jardines previo tratamiento de las mismas. Las tecnologías de tratamiento deben diseñarse de modo tal que se pueda manejar las variaciones de la concentración de contaminantes contenidos en las aguas grises a fin de producir un efluente seguro con la calidad adecuada (Winward et al., 2008 citado por Rysulova et al., 2017). Existen experiencias interesantes al respecto con jardines verticales de plantas ornamentales que toleraron las condiciones de anegamiento con alto porcentaje de nutrientes (Fowdar et al., 2017) que trataron sus aguas grises como si fueran humedales artificiales incluyendo la piedra leca para áreas pequeñas logrando buenos resultados en el riego (Rysulova et al, 2017; Masi et al., 2016). Dicha iniciativa se acerca considerablemente a un jardín vertical de ciclo cerrado que además propicia el aumento de la sustentabilidad y reduce considerablemente la huella hídrica.</p> <div data-bbox="671 954 1107 1267" data-label="Image">  </div> <p>Prototipo de jardín vertical desarrollado en la India para el tratamiento de aguas grises destinadas al riego. Fuente: Masi et al., 2016</p>
<p>Elemento bioprotector de la fachada</p>	<p>Existe la convicción que los jardines verticales, fundamentalmente los tradicionales de plantas trepadoras, presentan algunas problemáticas a medida que se van desarrollando pudiendo afectar los revocos e incluso generar humedad a la fachada (Johnston & Newton 2004; Viles et al. 2011) efecto conocido como biodestrucción. Sin embargo, se desarrollaron estudios para revertir la situación y transformar a los SJV en elementos bioprotectores. Dicha práctica resultaría muy útil para preservar los muros de las consecuencias del biodeterioro y los efectos climáticos a los edificios históricos y patrimoniales (Sternberg et al. 2011) como el caso de la Caixaforum (Madrid) obra del botánico francés Patrick Blanc.</p> <div data-bbox="411 1565 879 1854" data-label="Image">  </div> <p>Intervención con un jardín vertical en edificio patrimonial (2007).</p> <p>La Caixaforum, Madrid Fuente: madridsecreto.com</p> <p>La bioprotección mediante los jardines verticales reduce los efectos frente a: el efecto de la expansión-contracción térmica del material (Sternberg et al., 2011); la de barrera física contra la lluvia (Johnston y Newton, 2004; Minke, 2012 citado por López Benítez, 2016); la de reducción de la exposición a la luz ultravioleta recibida por los materiales (Grant & Heisler, 1996); el aumento de la vida útil de los materiales y reducción de costos en mantenimiento de fachadas (Perini et al, 2011), entre otras.</p>

<p>Barrea física</p>	<p>La vegetación proporciona protecciones visuales, contra el viento, los rayos solares, pero además la oportunidad de controlar el acceso no deseado de animales y personas (López Benítez, 2016).</p>
<p>Nuevos espacios</p>	<p>La instalación de jardines verticales con uso estético y/o alimenticio crea nuevos espacios a partir de la envolvente que ofrecen la oportunidad de ser utilizados para el esparcimiento, el descanso e inclusive como huertos. Sin embargo, no son las únicas utilidades espaciales ya que en grandes espacios constituye un atractivo elemento divisorio entre el espacio público, semipúblico y privado.</p>
<p>Revalorización estética y visual</p>	<p>La estética que aporta la vegetación en el campo de la arquitectura puede “integrarse al edificio como elemento constructivo” (Grant, 2006) o bien desarrollando diseños con la naturaleza conocido como “diseño biofílico o arquitectura biofílica” (Kohler et al., 2003).</p> <p>En los casos que las fachadas presenten una estética urbana y edilicia indeseable, puede resolverse mediante la aplicación de una interfaz vegetal mediante SJV a modo de doble piel vital cubierta de plantas (Basdogan y Cig, 2016; Crowe 1994 citado por Chiquet, 2014), lo que Ambasz denominó la técnica del “verde sobre gris”. En el plano estético-visual las coberturas vegetales pueden diseñarse de forma dinámica (Ottelé, 2011), de modo que ofrezcan durante el año cambios en cuanto al color, la textura, los efectos sensoriales, etc.</p> <p>Muchos de los incentivos que se impulsan para la colocación de SJV se basa en su atractivo visual (Dover 2006 citado por Chiquet, 2014) y estético (Perini et al., 2011) además de la promoción de “lo verde” (Stav, 2016) en el marco de los edificios sustentables que pueden utilizarse como una revitalización en las viejas fachadas.</p> <div data-bbox="628 853 1150 1227" data-label="Image"> <p>PROJECT : SEMIAHMOO SKY GARDEN</p> <p>August 2010</p> <p>October 2010</p> <p>CLIENT : SURREY</p> <p>PROJECT : SEMIAHMOO SKY GARDEN</p> <p>LOCATION : 815 - 152ND STREET, SURREY</p> <p>BASIC TECHNICAL DETAILS</p> <p>Total height : 22.88m</p> <p>No. of individual plants : 10,800</p> <p>No. of layers : 120</p> <p>Water tanks : 37% total coverage</p> <p>Drainage system : 37% total coverage</p> <p>Project history : 100%</p> <p>Project name : Semiahmoo Sky Garden</p> </div> <p>Intervención fachada de la Biblioteca Semiahmoo (Vancouver, Canadá) 2010 Fuente: gardeninggrrl.wordpress.com</p>
<p>Expresión artística e imagen corporativa</p>	<p>El arte público representa una obra o expresión artística ubicada en espacios urbanos accesibles a la comunidad (Chang, 2008) de forma permanente o temporal.</p> <p>En el caso de los SJV, funcionan como una expresión artística (Mustafa, 2009) de los valores colectivos que exaltan el medio ambiente, transforman el paisaje y aumentan la conciencia hacia el entorno (Bach, 2001 citado por Albahori et al., 2014).</p> <p>Exploraciones sobre el tema para determinar el impacto artístico de incluir a la naturaleza “domesticada” mediante muros y fachadas verdes en reemplazo de los revestimientos convencionales, puede representar una contribución a favor del “arte ecológico” (Bakar et al., 2014). En tal sentido, los jardines verticales están reescribiendo las reglas convencionales de la jardinería ya que presentan patrones interesantes con la potencialidad de convertirlo en arte urbano (Séguin, 2012 citado por Bakar et al, 2014).</p> <div data-bbox="501 1588 1281 1955" data-label="Image"> </div> <p>Jardín vertical en una vivienda de San Francisco (California, USA). Fuente: inhabitat</p>

Este tipo de intervenciones artísticas sostenibles y ecológicas, pueden ofrecer carácter y riqueza a un sector de la ciudad, un barrio y/o un edificio tomando en consideración las constantes actualizaciones tecnológicas sobre los SJV.

Una alternativa interesante como forma de arte ecológico, es la imagen corporativa e institucional sea en ámbito público y/o privado. Si bien se trata de una intervención “gestual” para la mejora del ambiente y la sostenibilidad urbana, puede representar un campo a futuro para explorar nuevas propuestas resolutivas de SJV. Tal es el caso del sistema modular de jardín vertical precultivado del PNC Financial Service Group Inc. que se instalaría en Pittsburgh (USA).



PNC Financial Service Group Inc. - Pittsburgh, USA, 2009

Jardín vertical modular como imagen corporativa con prestaciones ecosistémicas
Fuente: Rain, core77.com

La propuesta se presenta como un sistema altamente tecnologizado en su funcionamiento, pero totalmente orgánico en su composición que ofrece como un pequeño aporte ecosistémico en cuanto a la reducción de la contaminación atmosférica; la reducción del smog; la mitigación de la isla de calor; el aumento de la biodiversidad urbana; además del incremento del espacio verde y los efectos psicológicos positivos.

- **Publicidad innovativa y sustentable**

Hace pocos años comenzó el interés por incluir la vegetación en las envolventes mediante un sistema híbrido que combina los SJV en altura con las pantallas multimedia. Una obra representativa de este tipo de intervenciones, es el Pixel Green en Hong Kong (Khoo & Wee, 2019).

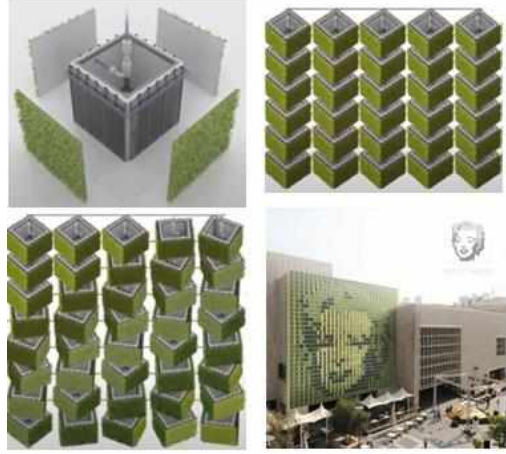


Simulación del Pixel Green en envolventes de Hong Kong
Fuente: techxplore.com

Propuestas de este tipo ofrecen una gran oportunidad para entornos urbanos densamente poblados con poca disponibilidad de espacios verdes.

Una alternativa atractiva y novedosa son los muros verdes cinéticos destinados a la publicidad que se tratan como un lienzo “biotecnológico”.

Un avance superador sobre la publicidad señalada, se conforma por módulos cuadrados individuales, cada uno de los cuales recubre con vegetación las cuatro caras (píxeles) permitiendo una rotación mediante un motor programado para conformar diversas figuras inspiradas en el famoso Cubo de Rubik o Cubo Mágico. Un ejemplo de estas propuestas biotecnológicas se representa con el prototipo conocido como *Kinetic Green Canvas* (2017) creado por el estudio Built by Associative Data.

<p>Expresión artística e imagen corporativa</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Prototipo Kinetik green cambas Fuente: elaboración propia</p> <p>Los grafitis y el vandalismo expresan una problemática potencial en las envolventes, por tanto, la implementación de SJV tanto en edificios privados como públicos puede resultar un elemento disuasorio (Brunson et al., 200) y eficaz que además con el adicional del aporte a una mayor conciencia ecológica debido a su estética (Huntington, 2018) además de una nueva forma de apropiación del espacio (Brunson et al., 2001).</p> <p>En tal sentido, surgen normativas en países como Australia y los Países Bajos comenzaron a implementarlo como forma disuasiva (Huntington, 2018) ya que las pinturas no son eficaces sobre material vegetal y, en el caso de vandalismo, las plantas pueden regenerarse naturalmente e incluso reponerse a un costo relativamente económico (Carrera Acosta, 2011).</p> <p>Algunos estudios han sugerido el uso de especies que presenten una estructura compacta y densa de crecimiento rápido no espinosas a fin que no se requieran años para cubrir la superficie (Mir, 2011).</p>
<p>Servicios ecosistémicos de costos no ponderados</p>	<p>La inversión inicial para la colocación de un jardín vertical, tiene relación con el SJV seleccionado, sin embargo, deben considerarse los el ahorro debido a los beneficios. En este sentido, se detecta un ahorro en la demanda energética de largo plazo; la preservación de la fachada en cuanto a su vida útil; la prevención de ataques vandálicos / grafitis; la mejora acústica; e incluso reutilización de aguas de lluvia entre otros (Moya Vicuña, 2018).</p>

Los jardines verticales presentan además un conjunto de desventajas que algunos estudios expusieron de manera clara (De Garrido, 2012) y que se indican seguidamente:

DESVENTAJAS DE LOS JARDINES VERTICALES	
Aspecto	Características
<p>Costo inicial y de mantenimiento</p>	<p>La inversión inicial, los costos de mantenimiento y el comportamiento impredecible de un sistema vivo resultan los principales obstáculos para la implementación de este tipo de soluciones (Perini et al., 2011; Raji et al., 2015; Pérez et al., 2016).</p> <p>Por otro lado, el tipo de sistema elegido es uno de los factores que condiciona el costo inicial no solo en relación a las particularidades de la estructura que debería soportar sino además por la cantidad de plantas/m² (Perini & Rosasco, 2016).</p> <p>Respecto a los costos de mantenimiento se encuentran aquellos referidos al recorte y la poda de las plantas y aquellos sobre la demanda de agua y energética para el funcionamiento de las bombas y sistemas asociados.</p> <p>Los diseños más sustentables que están ganando créditos para adquirir las certificaciones, reducen los costos del agua reutilizando las aguas grises y recuperando las de lluvia mediante la implementación de tecnologías inteligentes. Dichas intervenciones disminuyen las huellas hídricas y de carbono.</p>



	<p>Existen otros costos que merecen considerarse como el caso del factor corrosión de ciertos elementos de un SJV cuando se implementen soportes metálicos ya que requieren de tratamiento para evitar el deterioro a la humedad del sistema de riego.</p> <p>Otro aspecto que puede generar un costo adicional se vincula con la elección errónea de las especies o el diseño inadecuado para las condiciones del entorno.</p> <p>Por último, cabe resaltar que deben considerarse costos indirectos, muchas veces imponderables tales como las alergias al polen (Cariñanos et al., 2011), o el posible contacto con animales que podrían picar, infectar e incluso producir enfermedades como es el caso de la enfermedad de Lyme producida por la garrapata (Hansford et al., 2017).</p>
Mantenimiento y limpieza	<p>Una de las principales barreras para la implementación de este tipo de soluciones es el mantenimiento periódico in situ mediante planillas (checklist) ya que requiere de personal idóneo e incluso de permisos municipales para acceder desde el exterior del SJV cuando no se contempló en el diseño el ingreso interno.</p> <p>Los trabajos de mantenimiento deben seguirse según procedimientos, horarios, equipos y métodos de trabajo adecuados, con una supervisión adecuada del lugar, fundamentalmente por el posible riesgo de caída del personal en altura, así como la caída de objetos e incluso material vegetal.</p> <p>Sin embargo, para reducir las intervenciones y garantizar la salubridad del sistema, se comenzaron a instrumentar el uso de las TIC que facilitaron el monitoreo y la vigilancia de forma continua a través de soportes inteligentes (hard y soft) e incluso app para realizar el control desde los celulares.</p>
Peso del sistema	<p>Uno de los factores de gran importancia a considerar en el momento de diseñar es el peso del conjunto, factor importante cuando se pretende aplicar un SJV a un edificio construido.</p> <p>El peso es variable, oscilando entre despreciable en el caso de plantas trepadoras enraizadas en el suelo que utilizan tensocables, mallas y/o rejas, al peso medio-alto para los sistemas modulares con sustrato e hidropónicos que deben calcularse con poros saturados.</p> <p>En los casos que se decida colocar los sistemas de jardines verticales en altura, se debe tomar en consideración las cargas derivadas de las presiones de viento.</p>
Consumo de agua	<p>La demanda de agua necesaria para los SJV se obtiene de los cálculos que consideran las variables relacionadas con: los requerimientos de las especies vegetales y el sustrato en relación a los m² que ocupa; la distancia y altura del jardín; la pérdida de presión del agua; la disponibilidad del agua apta para el riego; el diseño del sistema de riego; las condiciones microclimáticas de la zona; la época del año; las superficies reflejantes y absorbentes del contexto; la radiación según la estación del año; la iluminación natural, entre otros factores determinantes.</p> <p>El agua juega un papel vital en las plantas, por ende, cualquier desequilibrio podría causar una disfunción en sus procesos celulares, siendo la evapotranspiración el más afectado.</p> <p>Para el caso de climas cálidos y secos, así como los periodos estivos la demanda es mayor para mantener el equilibrio de las plantas a fin de evitar el estrés y colapso debido a la deshidratación.</p> <p>Entre las tipologías de jardines verticales se encuentran los hidropónicos que requieren para la subsistencia de soluciones conformada por agua + nutrientes que circulan por todo el sistema y deben renovarse periódicamente debido al consumo.</p> <p>Para reducir la demanda de agua para riego se deben conformar sistemas de riego por circuitos diseñándolos con especies vegetales de similares requerimientos de agua de modo que se pueda programar y controlar a distancia mediante sensores. Si bien el costo inicial resulta mayor, se amortiza con el uso.</p>
Daños a la estructura	<p>Los daños estructurales, representa una de las principales problemáticas que se presentan principalmente para los sistemas tradicionales con ciertas especies vegetales que crecen desde el suelo ya que se adhieren directamente a la envolvente pudiendo generar su parte aérea daños relevantes si no se la controla su crecimiento (Sternberg, Viles & Cathersides, 2011).</p> <p>Las consideraciones a considerar cuando se desea colocar una segunda piel es evaluar el estado de la estructura en cuanto a su robustez y antigüedad, además de estudiar el desarrollo de la planta sobre la envolvente, fundamentalmente en lo referido a la masa radicular ya que ciertas plantas podrían causar daños en las cañerías.</p> <p>Otro punto a considerar se relaciona con la preservación de la envolvente mediante la impermeabilización previo a la colación de las plantas, con pintura antigrafiti (Thomsit-Ireland, 2019) de modo que la adhesión sobre la estructura no resulte tan agresiva. En el momento de impermeabilizar, se debe tomar los recaudos con las ventanas de modo que se evite tanto la fuga como la corrosión.</p> <p>Por último, el mantenimiento de la vegetación tiene relación directa con la velocidad de crecimiento y la presencia de elementos limitantes como ventanas, canalones o puertas (Ottelé 2011). Por las razones indicadas, se sugiere mantener la planta hasta cierta altura de modo que pudiere reducirse los efectos desfavorables y evitar costos económicos más altos.</p>
	<p>En el diseño de los jardines verticales en altura, la seguridad contra incendios constituye un factor altamente significativo ya que las plantas y el sustrato pueden resultar elementos altamente inflamables si no se realiza la limpieza, la poda regular y se mantiene correctamente el funcionamiento del sistema de riego.</p> <p>El contenido de humedad de las plantas se relaciona con la inflamabilidad del sistema dado que puede tomar fuego rápidamente pudiendo intensificar la propagación del fuego hacia arriba del edificio (Dahanayake et al 2020).</p> <p>Algunas simulaciones sobre los jardines verticales en altura, han proporcionado información relacionada con la propagación del fuego y el humo, fundamentalmente en el sentido vertical observándose que la irradiación es más rápida en este sentido respecto al plano horizontal, una problemática compleja si se debe evacuar adecuadamente el edificio (Dahanayake et al, 2020).</p>



Resistencia al fuego	<p>En cuanto a la elección de especies, los factores más destacados son la densidad y humedad interior dentro de su disposición geométrica (Chow et al., 2018). En tal sentido, se recomienda que en los climas secos y calurosos la elección de las especies perennes debe contener un alto contenido de agua en su estructura ya que presentan baja ignifugidad.</p> <p>Algunos países cuentan con normas al respecto, como el caso de la “<i>Fire Performance of Green Roof and Wall</i>” que se aplica en Inglaterra (2013) y toma en consideración el viento en la zona, la composición de los materiales que conforman el sistema, el tipo de sustrato, las especies de plantas seleccionadas y la disposición geométrica.</p>
seguridad del sistema	<p>Este ítem toma en consideración:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anclaje <p>Los paneles de vegetación verticales instalados deben colocarse de forma segura. La estructura del jardín, la fijación de las plantas, el anclaje a los elementos estructurales y otros detalles deben considerarse en la etapa de diseño.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ventilación <p>Para aquellos edificios que en su diseño se integró la ventilación natural, la instalación de SJV en las fachadas no debe comprometer el área de las aberturas ni la vegetación comprometer algún elemento mecánica, eléctricos e incluso accesos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consideraciones en terrazas y/o macetas perimetrales <p>Muchos diseños de jardines verticales incorporan terrazas y/o macetas perimetrales conteniendo arbustos y árboles pequeños y medianos. Estas, deben seleccionarse cuidadosamente ya que si bien estéticas podrían sufrir caídas de frutos y ramas debido al efecto de gravedad o vientos resultando elementos peligrosos para las plantas inferiores e incluso la calle.</p> <p>Las intervenciones con SJV deben garantizar la seguridad de todos los usuarios dentro y fuera del espacio a través de la correcta elección de las especies, distancias adecuadas en los bordes de las fachadas y mantenimiento regular.</p>

ANALISIS FODA

En base a todo lo que se presentó, es posible realizar el análisis de un SJV a partir de una matriz FODA ("Fortalezas", "Debilidades", "Oportunidades" y "Amenazas").

Las principales Oportunidades y Fortalezas representan aquellas ventajas ampliamente demostradas tanto a escala arquitectónica como urbana, difundidas en diversos estudios e investigaciones. Dicha situación puede resultar aún más beneficiosa cuando se aplica a gran escala en diversos sectores de la ciudad, fundamentalmente en aquellos altamente densificados para alcanzar beneficios ecosistémicos (Ascioni et al., 2020).

En cuanto a los aspectos negativos que se expresan como Debilidades y Amenazas, barreras que podrían disminuir su impacto a futuro con mejores propuestas tecnológicas de bajo impacto ambiental y profesionales formados específicamente en la cuestión. (Ascione et al, 2020).

Las principales críticas se relacionarían con: los altos costos de inversión y mantenimiento; la falta de un estándar constructivo compartido; la compleja interpretación de los datos experimentales, generalmente no unificados en su criterio; la falta de disponibilidad del comportamiento mediante modelos de simulación certificados.

Muchos de los aspectos negativos están cambiando a partir de la implementación de este tipo de soluciones en países como Singapur, Australia e Inglaterra han introducido estándares



normativos orientados a regular y mejorar los jardines verticales tanto a nivel público como privado.

A continuación, se expondrían a modo de ejemplo algunos puntos indicativos y no exhaustivos de la Matriz de FODA para la aplicación de jardines verticales:

<p style="text-align: center;">FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • REDUCCIÓN DEL EFECTO ISLA DE CALOR: disminución de la temperatura a escala urbana. • AHORRO ENERGÉTICO: refiere a la disminución del gasto energético en relación a las condiciones climáticas, poniendo el interés en el aporte del área foliar de la especie, el % cobertura, la orientación, la composición del sustrato, etc. • CONFORT INTERIOR: posible mejora en el estado de comodidad. • CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE: posibilidad de filtrado y retención de material particulado presente en el aire. • GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES: contribución a la mitigación del pico en los alcantarillados. • REDUCCIÓN DE RUIDO: disminución del nivel sonoro percibido en el interior del edificio. 	<p style="text-align: center;">DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • DEMANDA DE AGUA: la cantidad utilizada depende de factores tales como el clima, tipo de sustrato, tipo de especie, contexto físico. • COSTO DE MANTENIMIENTO: se debe contemplar el reemplazo periódico de la planta y otros cuidados, pudiendo requerir de personal para trabajo en altura, maquinarias, permisos e incluso corte de calles. • INFORMACIÓN TÉCNICA: muchas veces no se dispone de estándares comunes de diseño sobre los materiales utilizados. • DISEÑADORES: requiere de diseñadores con conocimientos en el tema y trabajadores especializados. • SUSCEPTIBILIDADES: posibles riesgos frente al fuego, la humedad y el ataque de hongos e insectos.
<p style="text-align: center;">OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • MAYOR VIDA ÚTIL DE FACHADA: la vegetación podría proteger la envolvente edilicia. • CONTRIBUCIÓN A LA BIODIVERSIDAD URBANA: potencialmente sería posible aumentar las especies en la zona. • MEJOR EN LA APARIENCIA ESTÉTICA: el valor arquitectónico podría aumentar significativamente si se implementare tanto en edificios a construir como construidos. • DIVERSIFICACIÓN DEL MERCADO DE LA CONSTRUCCIÓN: la nueva tecnología aplicada en la fachada podría resultar una alternativa innovadora y atractiva. • REUTILIZACIÓN AGUAS PARA RIEGO: podría resultar una oportunidad para el uso de aguas grises y aguas meteóricas para el riego a fin de reducir la huella hídrica del edificio. 	<p style="text-align: center;">AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA: la viabilidad del sistema debería evaluarse a lo largo de la vida útil. • COSTO INICIAL: algunos sistemas podrían resultar costosos para su implementación debido a la complejidad del sistema. • COSTE DURANTE EL CICLO DE VIDA: debería considerarse los gastos iniciales, de mantenimiento, así como el tipo y estado del sistema de riego artificial a lo largo de la vida. • PESO DEL CONJUNTO: resultaría necesaria la verificación de la pared de base y los sistemas de anclaje antes y durante el ciclo de vida. • DAÑOS ESTRUCTURALES: deberían considerarse los posibles daños al edificio por posibles bajo mantenimiento, defectos de instalación y/o desgastes propios de la exposición del sistema. • FALTA DE HERRAMIENTAS TÉCNICAS: aún no se dispondrían de heramientas para la simulación consolidada de los sistemas de modo que pudiesen generarse escenarios diferentes a futuro para comprender el comportamiento de un jardín ya que básicamente es un elemento vivo que depende de multiplicidad de variables.

Matriz FODA de un sistema de jardín vertical

Fuente: en base a Ascione et al, 2020



EL PARADIGMA DE LOS EDIFICIOS VERDES

Los nuevos edificios verdes, ofrecen beneficios que atraen el interés y la atención en varios campos de la investigación, tanto teórica como empírica (Despommier, 2013; Specht et al., 2014 citado por Kalantari, 2017) fundamentalmente cuando se trata de incrementar los créditos ambientales.

La implementación de *SJV* y *granjas verticales* en diferentes escalas, se incrementa en algunas ciudades del mundo dada su potencialidad para adicionar los créditos ambientales y las certificaciones tipo *LEED* (USA), *BREEAM*, *VERDE* (España), *HQE* (Francia), *DGNB* (Alemania), *BREEAM* (UK), etc. debido a beneficios ecosistémicos que ofrecen.

A modo de ejemplo, en la Tabla 2 se muestran las puntuaciones asignadas por en *LEED*:

Categoría LEED®	Créditos y puntos asociados que un muro verde ayuda a ganar	
Sitios sostenibles ›	Crédito 3: Plan Integrado de Manejo de Plagas, Control de Erosión y Manejo del Paisaje (1 punto)	~
	Crédito 5: Desarrollo del sitio: proteger o restaurar el hábitat abierto (1 punto)	+
	Crédito 6: Control de cantidad de aguas pluviales (1 punto)	0
	Crédito 7.1: Reducción de la isla de calor: sin techo (1 punto)	0
	Crédito 8: Reducción de la contaminación lumínica (1 punto)	~
Eficiencia de agua ›	Crédito 3: Paisajismo eficiente en agua (1-5 puntos)	+
Energía y Atmósfera ›	Crédito 1: Optimizar el rendimiento de eficiencia energética (1-18 puntos)	+
Materiales y recursos ›	Crédito 3: Compras sostenibles: alteraciones y adiciones de instalaciones (1 punto)	~
Calidad ambiental interior ›	Crédito 1.4: Mejores prácticas de gestión de IAQ: reducir las partículas en la distribución de aire (1 punto)	+
	Crédito 2.1: Comodidad del ocupante: Encuesta del ocupante (1 punto)	+
	Crédito 3.6: Limpieza ecológica: Manejo integrado de plagas en interiores (1 punto)	~
Innovación en operaciones ›	Crédito 1: Innovación en operaciones (1-4 puntos)	+

Discriminación de los Certificados LEED asignados a los edificios verdes

Fuente: elaboración propia en base a los créditos LEED

Tomando en consideración la tabla, se ejemplifican algunos casos:

✓ *Crédito para Sitios Sustentables:*

Diseño del paisaje que minimiza el impacto de las islas de calor urbano dado que la naturación reduce la *reflectancia solar* de una estructura (1 pt).



✓ *Créditos de eficiencia del agua:*

Paisajismo eficiente del agua, considera que los edificios pueden incorporar en su diseño un sistema de recolección de aguas pluviales asociado a una cisterna para el riego de las fachadas y techos verdes.

En este caso, el crédito se asigna al agua capturada, reciclada o no potable (1 a 2 pts.).

✓ *Crédito de eficiencia del agua:*

Tecnologías innovadoras de aguas residuales como las grises, derivadas del lavado, para su utilización en el riego de las paredes y techos verdes (1 pt).

✓ *Crédito de energía y atmósfera:*

Optimizar el rendimiento energético como forma de proporcionar un aislamiento adicional e incluso enfriamiento natural mediante la implementación de técnicas de naturación, a fin de reducir la dependencia de sistemas de climatización (1 a 10 pts.).

✓ *Innovación en diseño:*

Innovación en diseño mediante la incorporación de las tecnologías de naturación como sistemas novedosos para el tratamiento de aguas residuales o de propiciar la ventilación (1 a 4 pts.).

✓ *Materiales y recursos*

Compras sostenibles: modificaciones y adiciones a las instalaciones, a través de las siguientes modalidades: el uso de especies vegetales autóctonas y/o adaptadas que se obtienen del lugar; la utilización de tejidos con fibras recicladas; la implementación de estructuras con maderas, metales reciclados u otros materiales sostenibles.

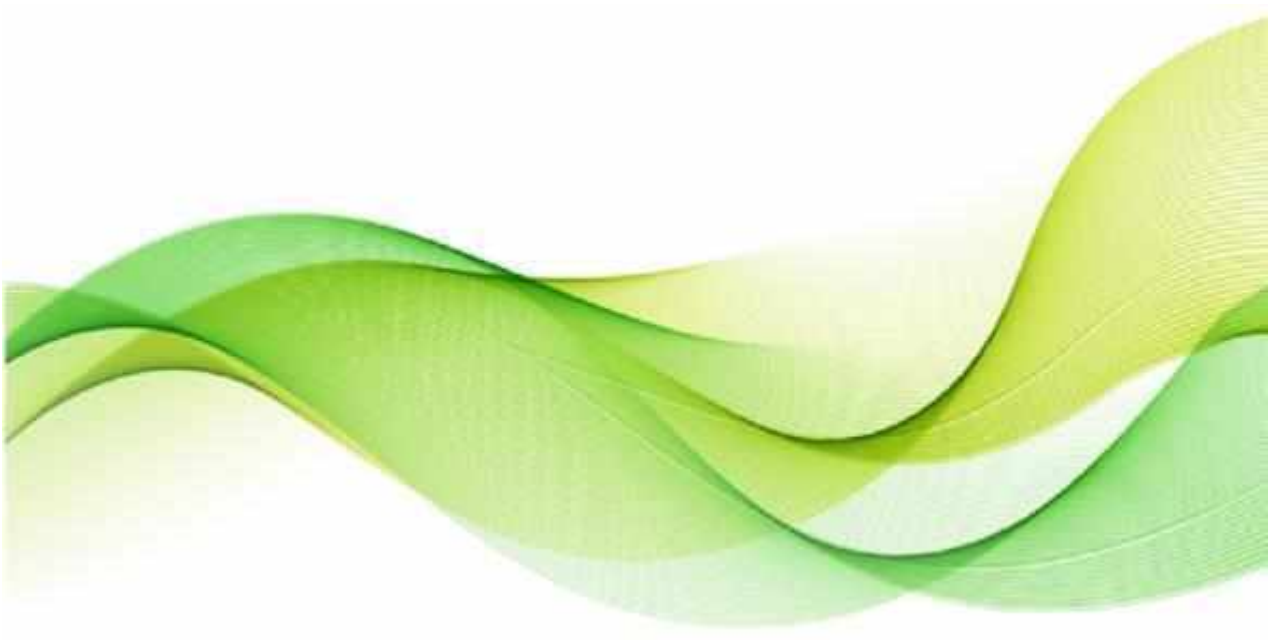
En este caso, se asocia el *ciclo de vida* y el C2C o ciclo cerrado de los materiales compositivos de los Sistemas de Jardines Verticales (SJV).

Por último, a modo de síntesis, se ilustra mediante una línea histórica la evolución del jardín vertical, desde el clásico a las técnicas de naturación, incluyendo las nuevas granjas verticales pensadas para la soberanía alimentaria de baja escala.



ANEXO D

Relevamiento fotográfico





D. RELEVAMIENTO FOTOGRAFICO

LABORATORIO DE ACUSTICA Y LUMINOTECNIA (LAL-CIC)



DESARROLLO DE LOS PANELES DE LA MUESTRA B)

Primera locación: espacio externo del LAL-CIC











Desarrollo de la vegetación





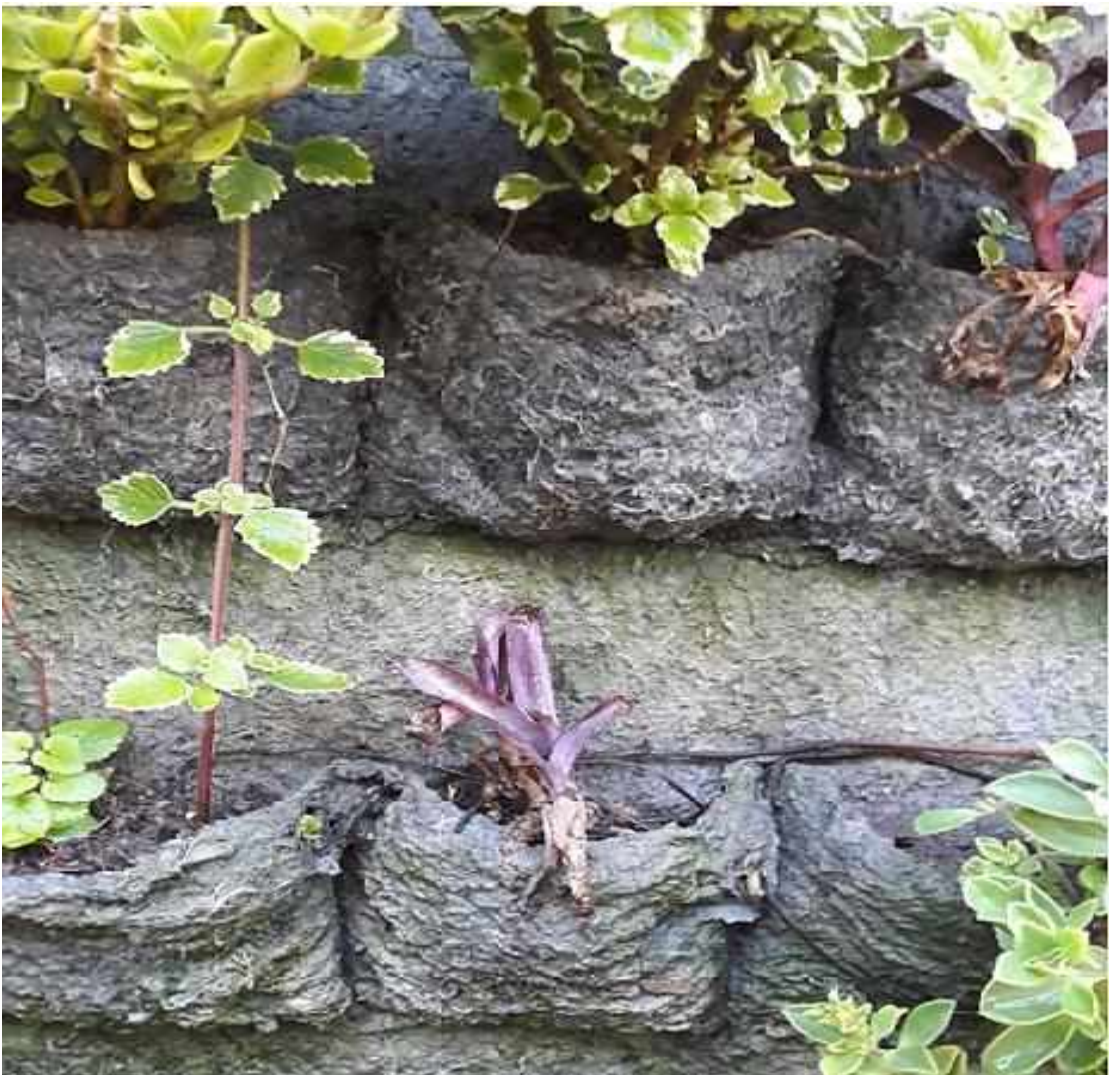
Plagas y enfermedades







Desgaste del material que recubre los paneles



Protección de la muestra a la radiación solar durante el verano













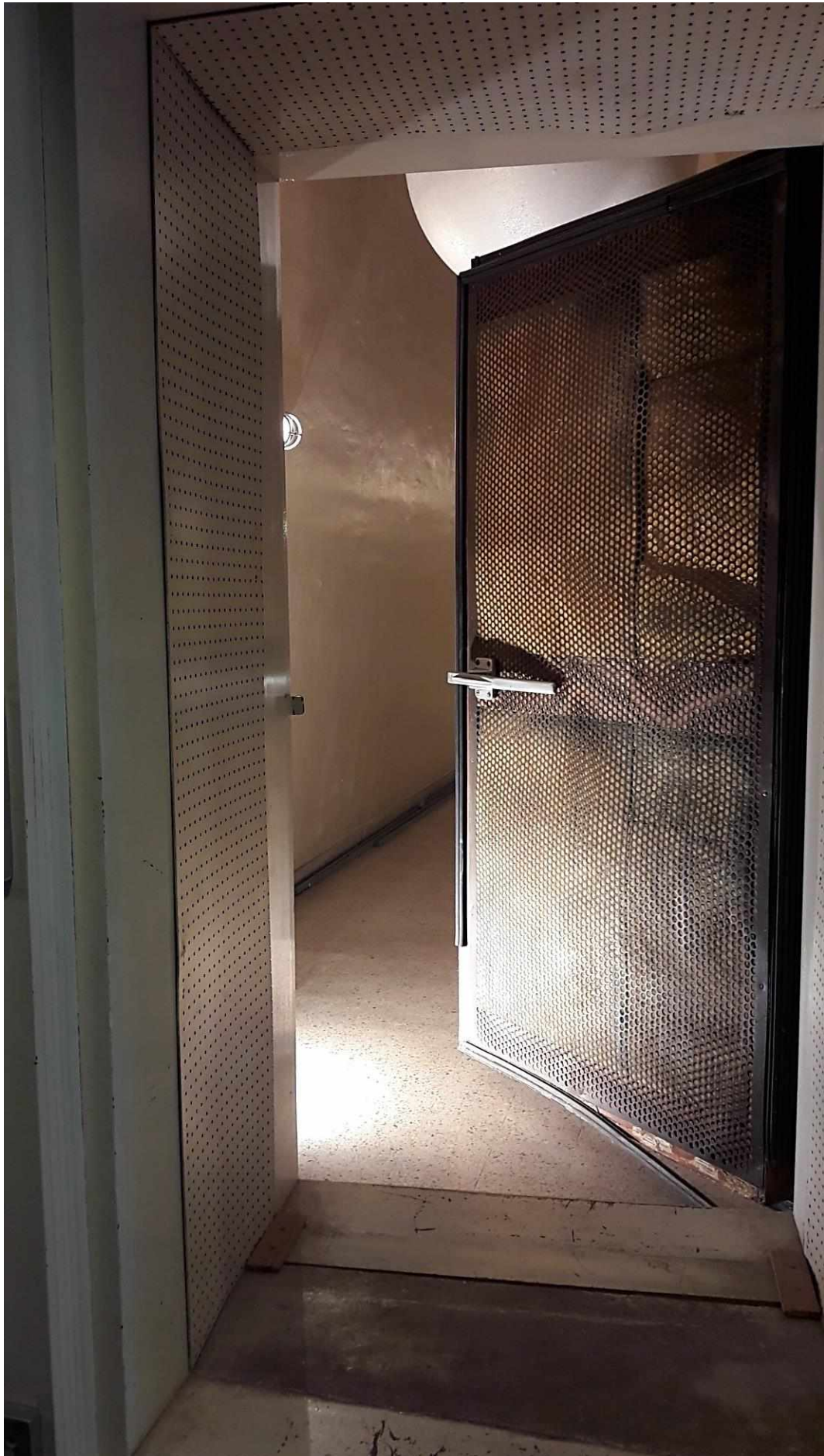
Generación de nuevos espacios para el anidamiento de las aves





Colocación de la Muestra A) en una de las paredes de la cámara reverberante del LAL-CIC













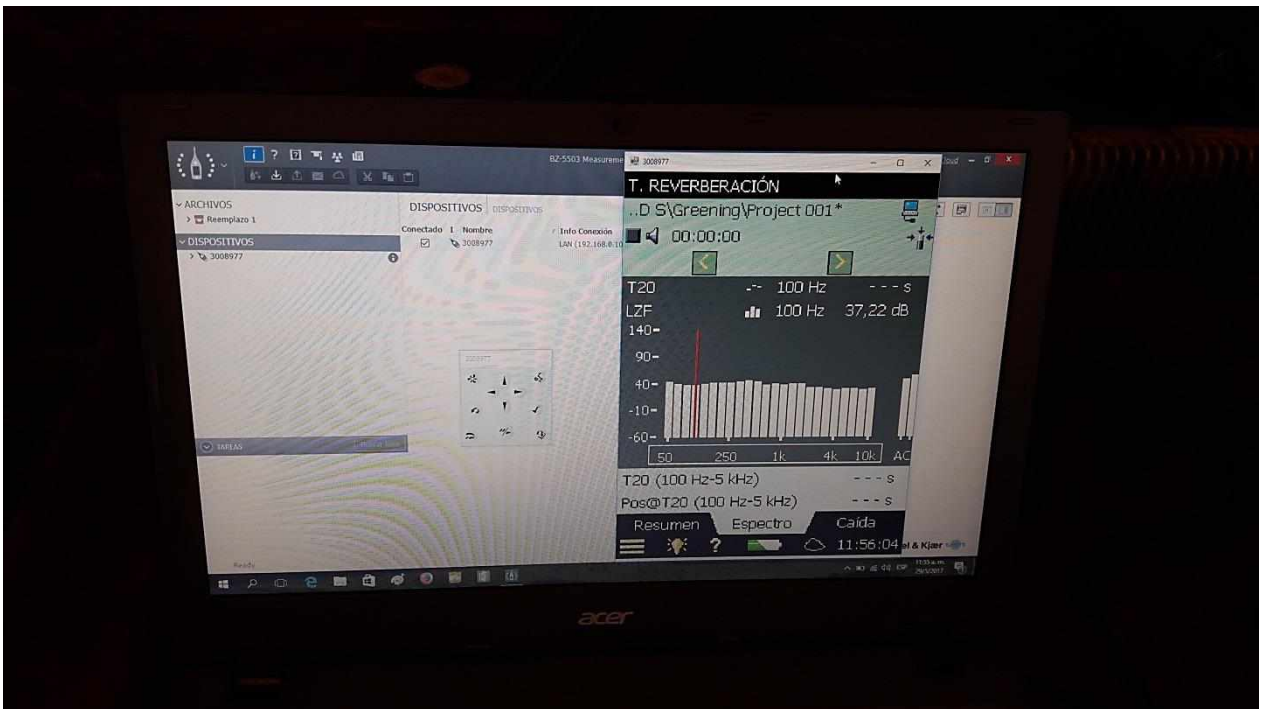


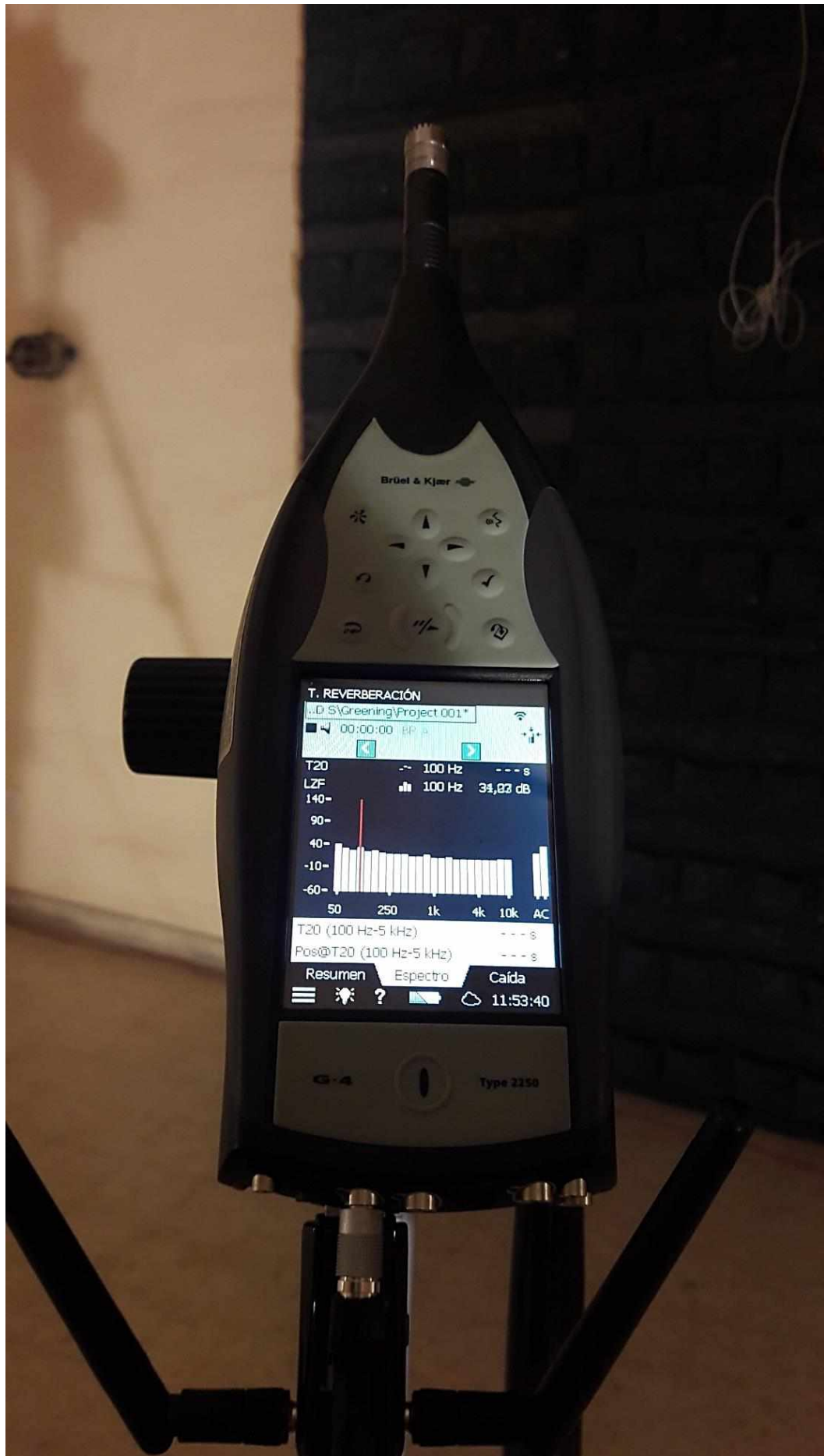


Ensayos de absorción acústica de la Muestra A)









Ensayos de absorción acústica de la Muestra B)









Desarrollo de las Muestras C) y D)
Segunda locación: terraza FAU-UNLP (2018)



Detalle del armado del sistema de riego automatico con goteros autocompensados



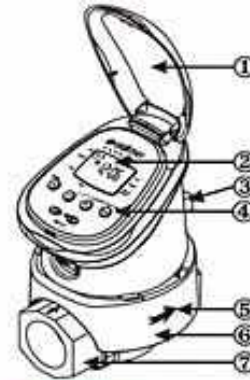




Estructura del Divisor

- 1. Entrada: 3/4"
- 2. Salida I: 3/4"
- 3. Salida II: 3/4"
- 4. Cuerpo del Divisor
- 5. Flecha del Selector de Cambio de Dirección - apuntando la dirección del agua en la próxima apertura de la válvula





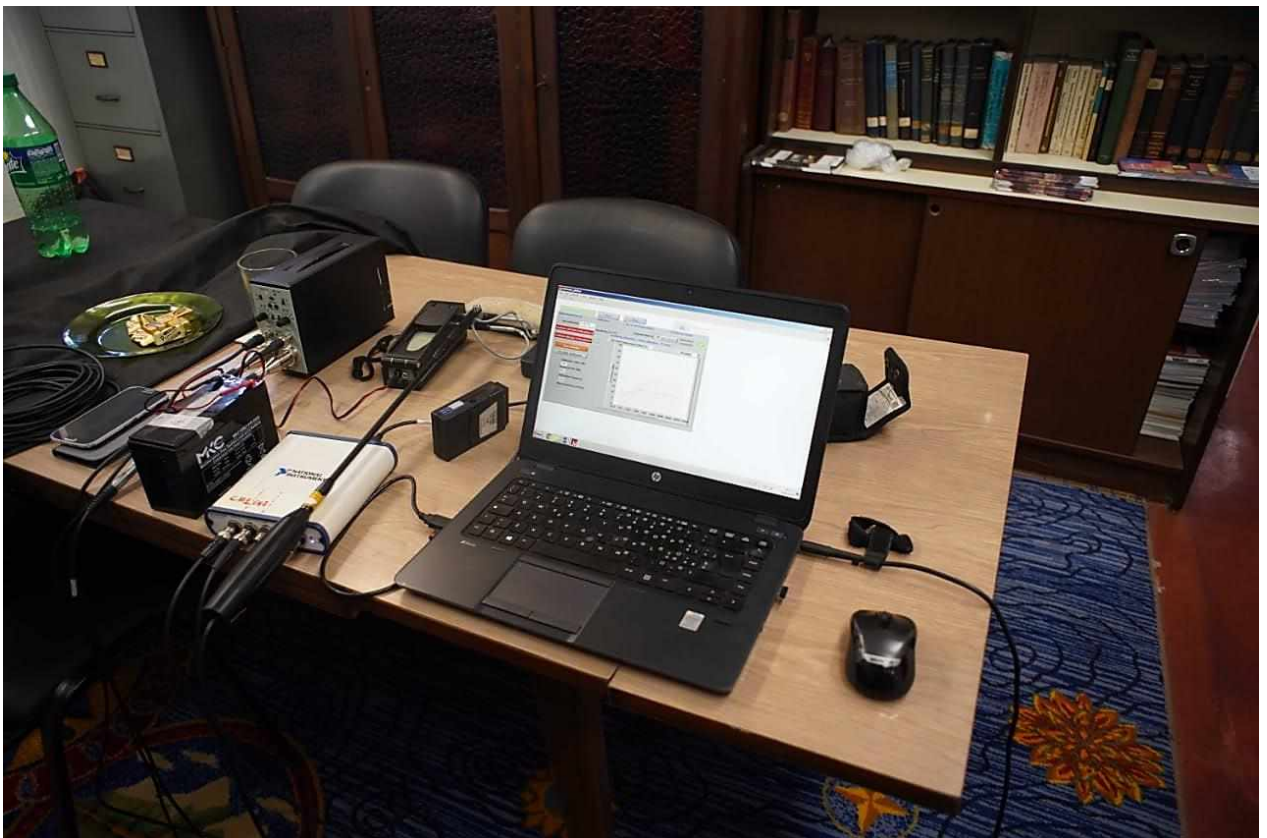
1. Tapa superior
2. Pantalla del programador
3. Mando de apertura manual (válvula).
4. Botones de programación y operación.
5. Flecha de dirección del flujo del agua
6. Protector
7. Válvula hidráulica







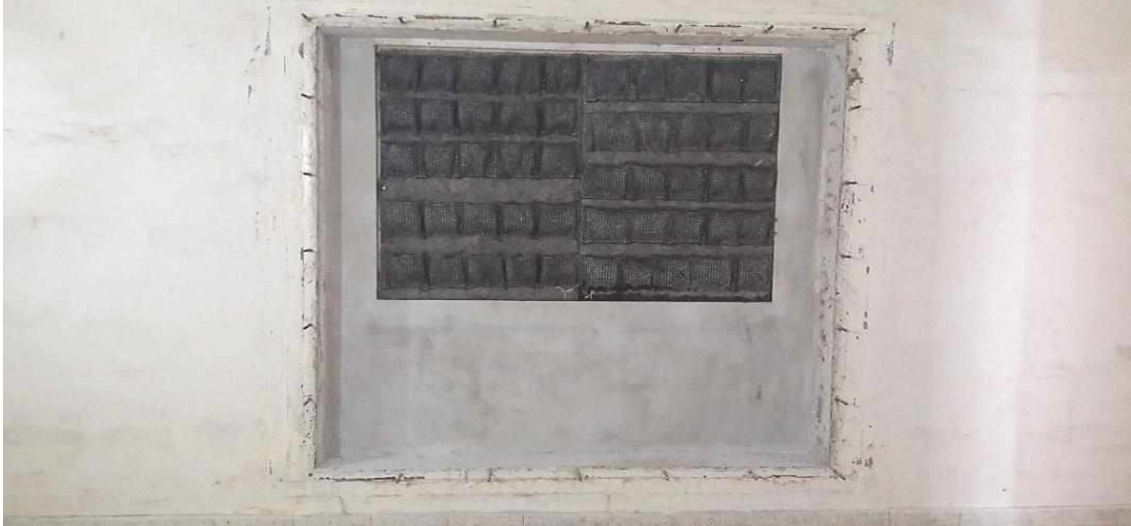
Ensayo de aislamiento acústico de la Muestra C)

















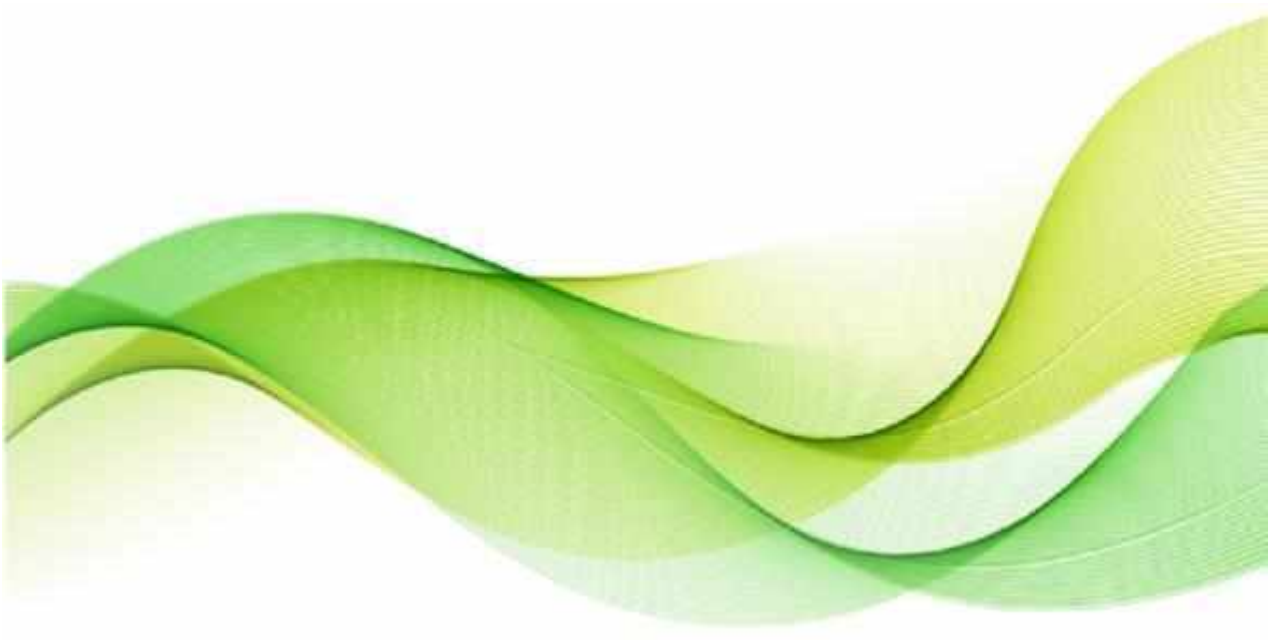






ANEXO E

ENSAYOS DE LABORATORIO





E. ENSAYOS DE LABORATORIO

PRIMERA ETAPA: ENSAYOS DE ABSORCIÓN ACÚSTICA

CONDICIONES DE ENSAYO

- **Normativa**

ISO-354/2003 (Acoustics Measurement of sound absorption in a reverberation room) y su equivalente IRAM 4065/95 (Acústica. Medición de absorción de sonido en cámara reverberante) para el proceso de cálculos del Coeficiente de Absorción (α).

- **Instalaciones**

Cámara reverberante del LAL-CIC en las siguientes condiciones

Volumen cámara reverberante V [m ³]	186,4
Temperatura interior t [°C]	21,4
Humedad relativa h [%]	73
Velocidad aproximada del sonido c [m/s]	343,84
Superficie muestra [m ²]	11,52
Cantidad de objetos n	1
Cantidad de caídas promediadas N	36
Resolución del instrumento	0,01

- **Instrumental**

- ✓ *Medidor de nivel sonoro y analizador de espectros en tiempo real marca Brüel & Kjaer, Type 2250 con pre-amplificador de micrófono marca Brüel & Kjaer, Type ZC-0032 y micrófono de ½" marca Brüel & Kjaer Type 4189.*
- ✓ *Software de medición de tiempo de reverberación, marca Brüel & Kjaer, Type BZ-7227.*
- ✓ *Amplificador de audio frecuencias, marca Pyramid, modelo PA1000X.*
- ✓ *Fuentes sonoras de cámara reverberante (2 baffles cúbicos de 3 parlantes cada uno).*

- **Particularidades de las Muestras**

Conformadas por 12 paneles de dimensiones 0.80 m x 1,20 m cada uno. El detalle de cada muestra se indica seguidamente:

Muestra A) paneles vacíos

Muestra B) paneles con vegetación y sustrato en tres estados de hidratación:

Hidratación mínima de subsistencia (**condición i**)

Hidratación media o de equilibrio (**condición ii**)Hidratación alta o saturación máxima (**condición iii**)**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS FONOABSORBENTES**• **MUESTRA A)**

Fecha: 27/05/2017

Muestra A) paneles vacíos

Banda	TR Sala con muestra (T2)	TR Sala vacía (T1)	A del arreglo [m2]	A del objeto [m2]	Coefficiente alpha
100	8,150	14,050	1,6	1,6	0,13
125	4,480	11,350	4,1	4,1	0,35
160	3,750	9,790	5,0	5,0	0,43
200	3,460	9,400	5,5	5,5	0,48
250	3,470	9,680	5,6	5,6	0,48
315	3,350	10,590	6,1	6,1	0,53
400	3,160	9,590	6,4	6,4	0,55
500	2,890	8,210	6,8	6,8	0,59
630	2,660	7,410	7,3	7,3	0,63
800	2,450	7,170	8,1	8,1	0,70
1000	2,360	7,150	8,6	8,6	0,74
1250	2,210	6,680	9,1	9,1	0,79
1600	2,100	5,860	9,2	9,2	0,80
2000	1,950	5,270	9,7	9,7	0,84
2500	1,810	4,550	10,0	10,0	0,87
3150	1,640	3,850	10,5	10,5	0,92
4000	1,470	3,240	11,2	11,2	0,97
5000	1,280	2,550	11,7	11,7	1,02
Coefficiente de reducción del ruido		NRC=	7,65	7,65	0,65
Media de la absorción sonora		SAA=	7,69	7,69	0,67

Nota: NRC y SAA se calculan haciendo la media en las frecuencias 250-2000 Hz y 200-2500 Hz

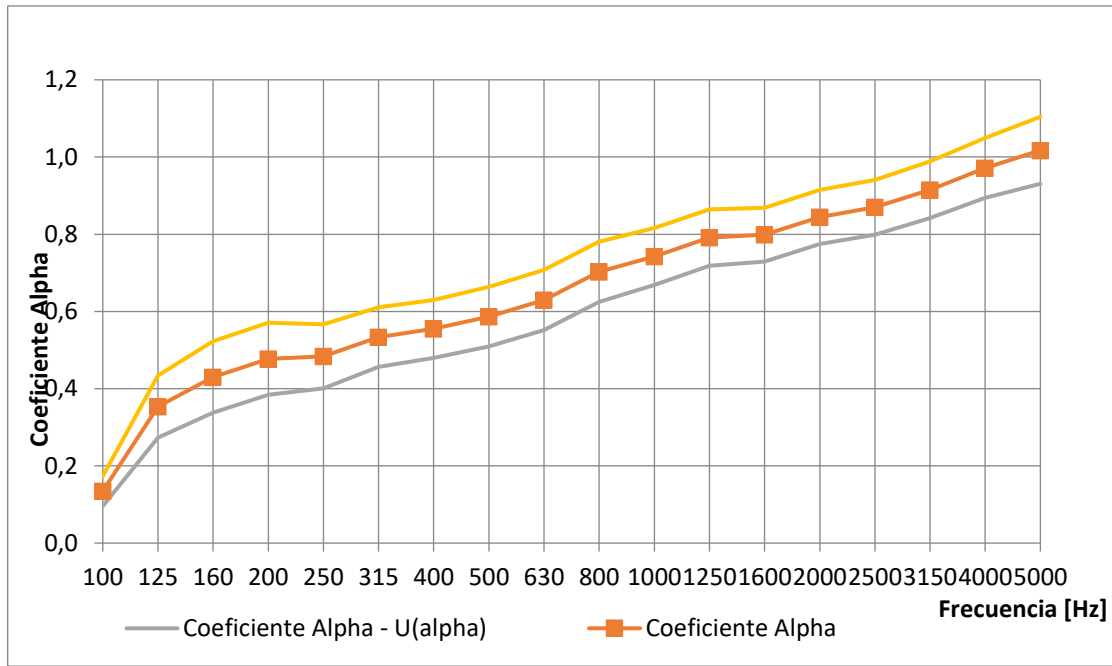


Grafico Alfa Muestra A)

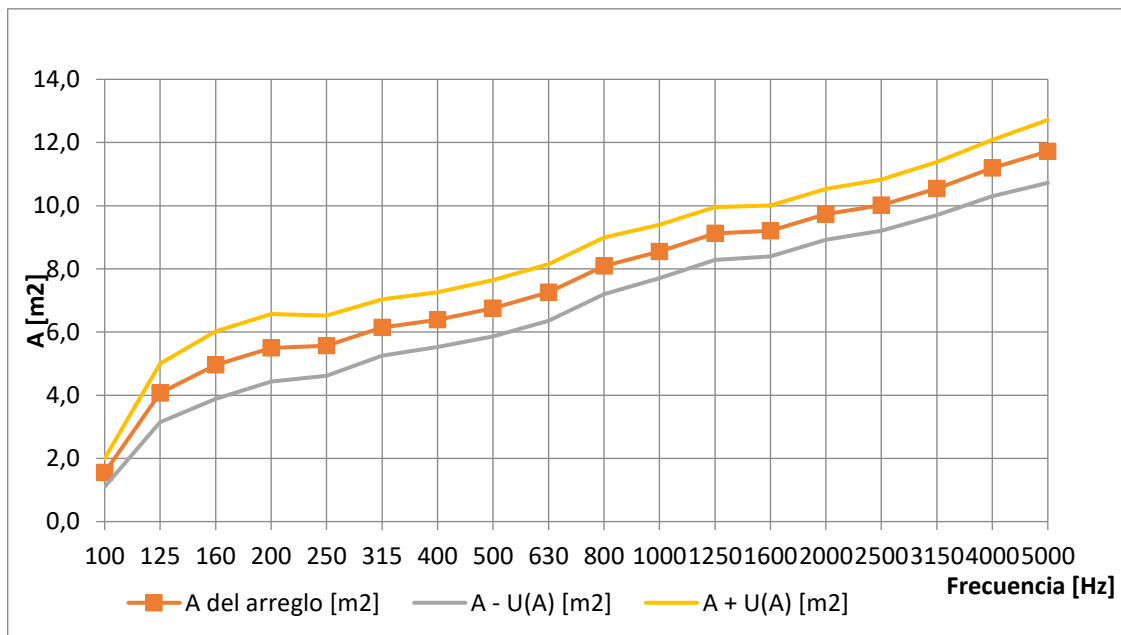


Grafico arreglo Muestra A)

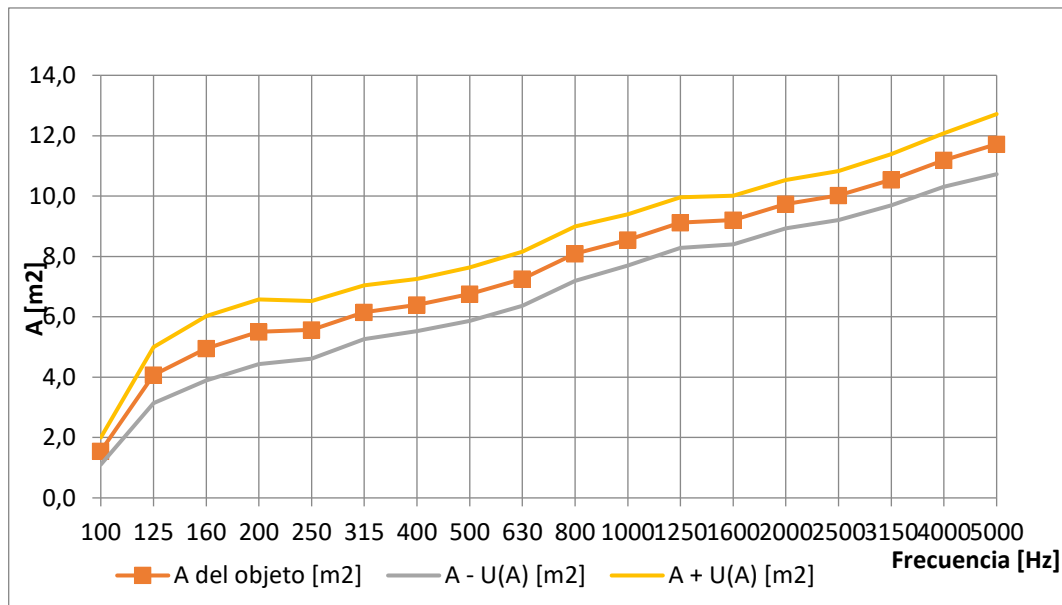


Grafico objeto Muestra A)

RESULTADOS ENSAYOS MUESTRA B) EN RELACIÓN AL PORCENTAJE DE HIDRATACION

- MUESTRA B) EN CONDICIÓN i

Fecha: 28/05/2017

paneles con vegetación y humedad media de mínima

Muestra: *subsistencia* (condición i)

Banda	TR Sala con muestra (T2)	TR Sala vacía (T1)	A del arreglo [m²]	A del objeto [m²]	Coefficiente alpha
100	7,680	12,910	1,6	1,6	0,14
125	4,870	10,620	3,3	3,3	0,29
160	4,410	9,590	3,7	3,7	0,32
200	3,270	8,640	5,7	5,7	0,49
250	3,170	9,080	6,2	6,2	0,53
315	3,470	10,200	5,7	5,7	0,49
400	3,170	9,160	6,2	6,2	0,54
500	3,040	7,970	6,1	6,1	0,53
630	2,790	7,190	6,6	6,6	0,57
800	2,490	6,850	7,7	7,7	0,67
1000	2,350	6,540	8,2	8,2	0,71
1250	2,180	6,020	8,8	8,8	0,76
1600	2,000	5,500	9,5	9,5	0,83
2000	1,860	4,960	10,1	10,1	0,87
2500	1,720	4,330	10,5	10,5	0,91
3150	1,580	3,820	11,1	11,1	0,97
4000	1,500	3,380	11,1	11,1	0,97
5000	1,360	2,830	11,5	11,5	0,99
		NRC=	7,65	7,65	0,65
		SAA=	7,60	7,60	0,66



Muestra B) con hidratación de subsistencia mínima (condición A)

Coefficiente practico de absorción del sonido (ap) según norma ISO 11654

Banda	Coefficiente alpha	Coefficiente alpha practico en octavas
100	0,14	0,25
125	0,29	
160	0,32	
200	0,49	0,50
250	0,53	
315	0,49	
400	0,54	0,55
500	0,53	
630	0,57	
800	0,67	0,70
1000	0,71	
1250	0,76	
1600	0,83	0,85
2000	0,87	
2500	0,91	
3150	0,97	1,00
4000	0,97	
5000	0,99	
NRC=	0,65	
SAA=	0,66	



Banda	Coefficiente alpha practico en octavas	Perfil inicial	Perfil final	desviaciones desfavorables	Indicador de forma
125	0,25			---	---
250	0,50	0,80	0,45	0,00	
500	0,55	1,00	0,65	0,10	
1000	0,70	1,00	0,65	0,00	
2000	0,85	1,00	0,65	0,00	
4000	1,00	0,90	0,55	0,00	H

UNE-EN ISO 11654:1998

Incremento	-7
Desviacion total	0,10
ALPHA w	0,65
Indicador de forma	H
aw + indicador de forma	0,65 (H)
Clase absorcion acústica	C

Debe ser menor o igual a 0,1

Clase absorción acústica	Alpha w
A	0,90 a 1,00
B	0,80 a 0,85
C	0,60 a 0,75
D	0,30 a 0,55
E	0,15 a 0,25
Sin clasificar	0,00 a 0,10

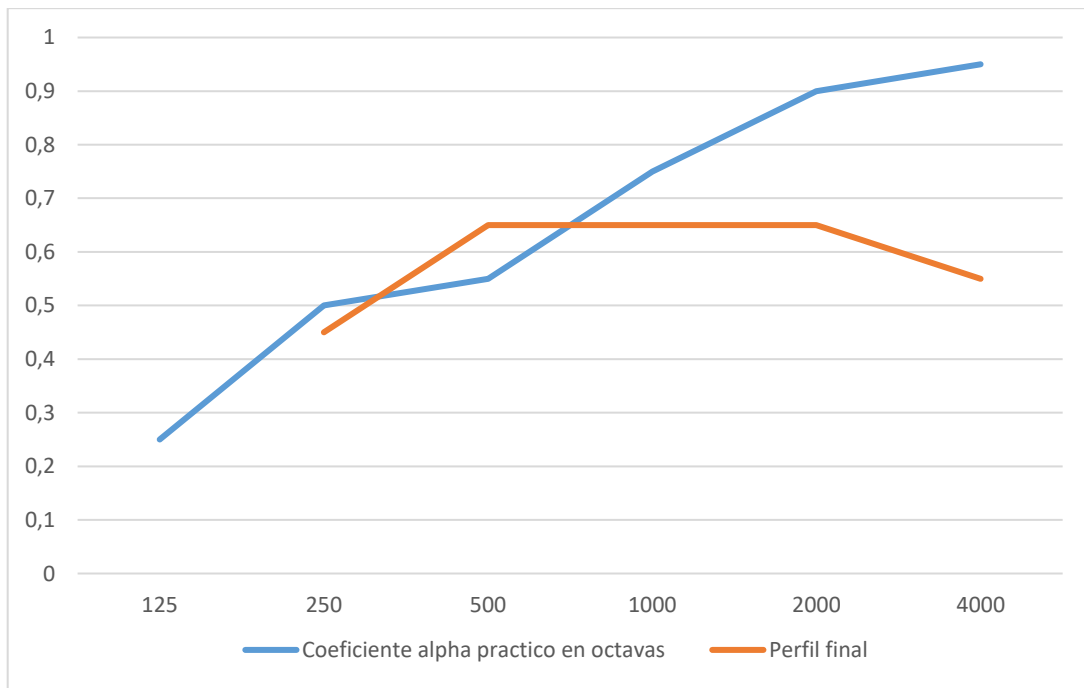


Grafico alfa practico de la Muestra B) con hidratación de subsistencia mínima

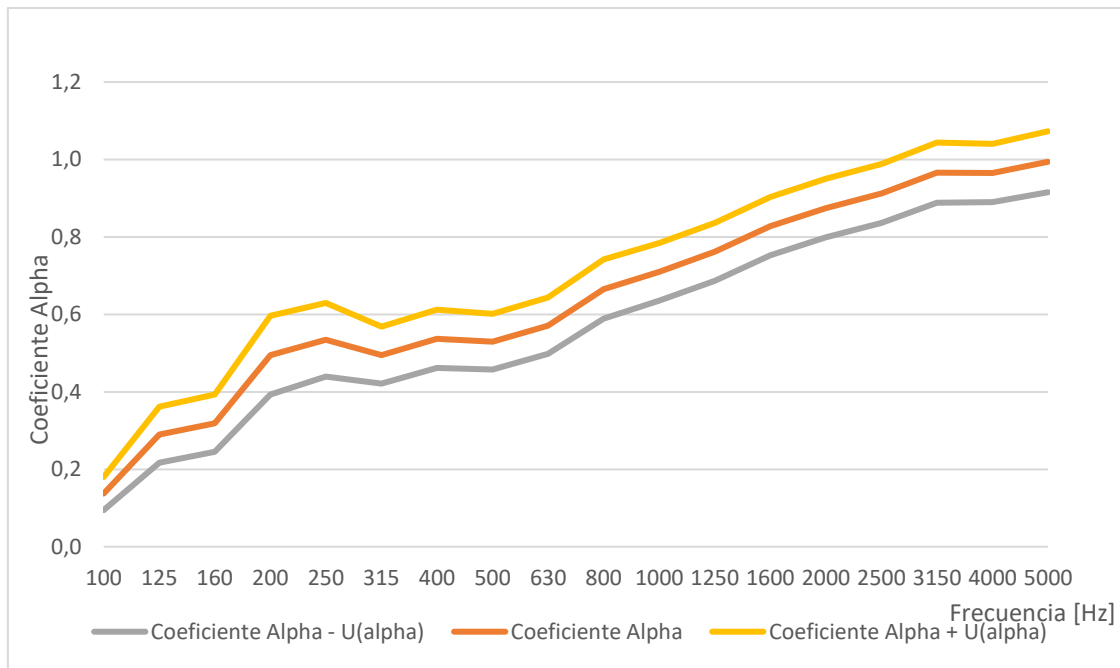


Grafico alfa de la Muestra B) con hidratación de subsistencia mínima

• MUESTRA B) EN CONDICIÓN ii

Fecha: 29/05/2017

Muestra: *paneles con vegetación y humedad media* (condición ii=equilibrio)

Banda	TR Sala con muestra (T2)	TR Sala vacía (T1)	A del arreglo [m2]	A del objeto [m2]	Coeficiente alpha
100	7,120	12,480	1,8	1,8	0,16
125	5,040	10,970	3,2	3,2	0,28
160	4,260	9,530	3,9	3,9	0,34
200	3,130	8,620	6,1	6,1	0,53
250	3,240	8,920	5,9	5,9	0,51
315	3,500	9,920	5,5	5,5	0,48
400	3,160	8,990	6,2	6,2	0,53
500	3,010	8,130	6,3	6,3	0,54
630	2,780	7,310	6,7	6,7	0,58
800	2,460	6,720	7,7	7,7	0,67
1000	2,350	6,570	8,2	8,2	0,71
1250	2,100	6,210	9,4	9,4	0,82
1600	2,000	5,600	9,6	9,6	0,84
2000	1,860	4,950	10,1	10,1	0,87
2500	1,720	4,370	10,6	10,6	0,92
3150	1,590	3,790	10,9	10,9	0,95
4000	1,490	3,280	11,0	11,0	0,95
5000	1,370	2,730	10,9	10,9	0,95
Coefficiente de reducción del ruido	NRC=		7,60	7,60	0,65
Media de la absorción sonora	SAA=		7,69	7,69	0,67



Coefficiente practico de absorción del sonido (ap) según norma ISO 11654

Banda	Coefficiente alpha practico en octavas	Perfil inicial	Perfil final	desviaciones desfavorables	Indicador de forma
125	0,25			---	---
250	0,50	0,80	0,45	0,00	
500	0,55	1,00	0,65	0,10	
1000	0,75	1,00	0,65	0,00	
2000	0,90	1,00	0,65	0,00	
4000	0,95	0,90	0,55	0,00	H

UNE-EN ISO 11654:1998

Incremento	-7
Desviacion total	0,10
ALPHA_w	0,65
Indicador de forma	H
α_w + indicador de forma	0,65 (H)
Clase absorcion acústica	C

Debe ser menor o igual a 0,1

Clase absorcion acústica	Alpha w
A	0,90 a 1,00
B	0,80 a 0,85
C	0,60 a 0,75
D	0,30 a 0,55
E	0,15 a 0,25
Sin clasificar	0,00 a 0,10

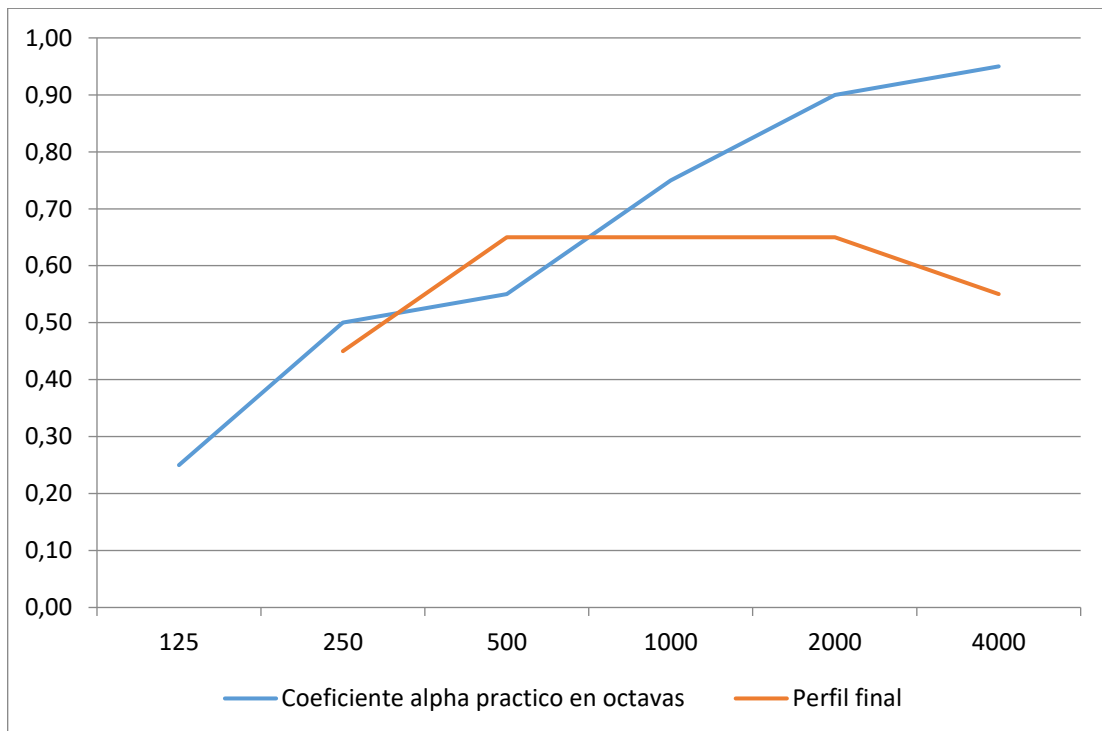


Grafico Alfa practico de la Muestra B) con sustrato hidratación media

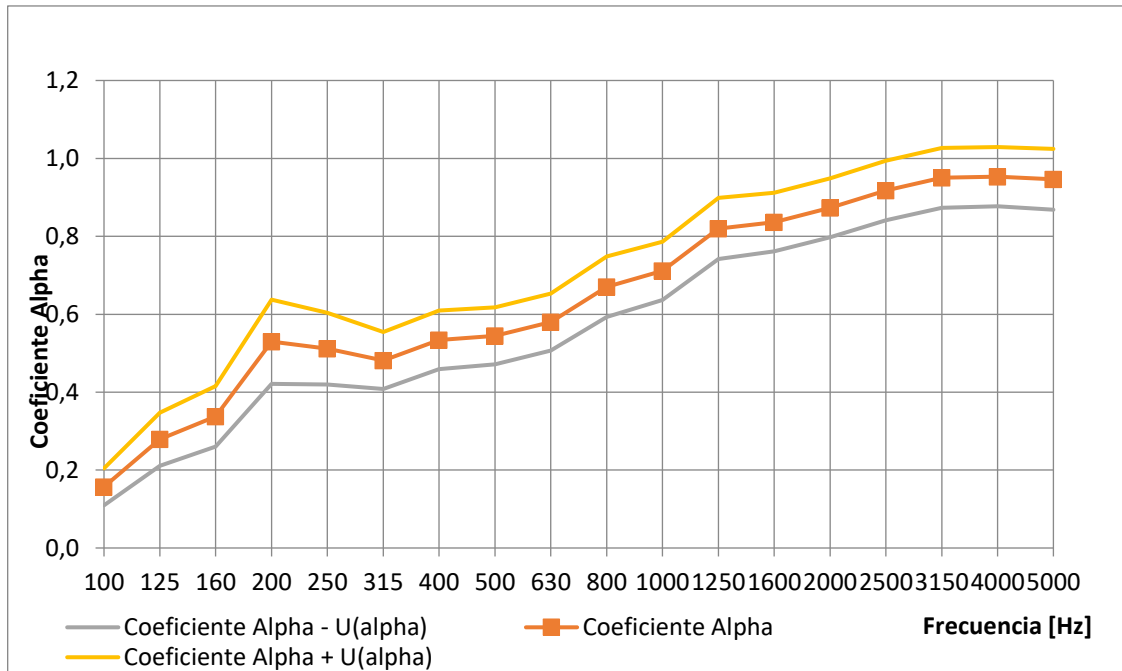


Grafico Alfa de la Muestra B) con sustrato hidratación media

- **MUESTRA B) EN CONDICIÓN iii**

Fecha: 29/05/2017

Muestra: *paneles con vegetación y sustrato con humedad alta*
(condición iii)



Banda	TR Sala con muestra (T2)	TR Sala vacía (T1)	A del arreglo [m ²]	A del objeto [m ²]	Coefficiente alpha
100	7,120	12,480	1,8	1,8	0,16
125	5,040	10,970	3,2	3,2	0,28
160	4,260	9,530	3,9	3,9	0,34
200	3,130	8,620	6,1	6,1	0,53
250	3,240	8,920	5,9	5,9	0,51
315	3,500	9,920	5,5	5,5	0,48
400	3,160	8,990	6,2	6,2	0,53
500	3,010	8,130	6,3	6,3	0,54
630	2,780	7,310	6,7	6,7	0,58
800	2,460	6,720	7,7	7,7	0,67
1000	2,350	6,570	8,2	8,2	0,71
1250	2,100	6,210	9,4	9,4	0,82
1600	2,000	5,600	9,6	9,6	0,84
2000	1,860	4,950	10,1	10,1	0,87
2500	1,720	4,370	10,6	10,6	0,92
3150	1,590	3,790	10,9	10,9	0,95
4000	1,490	3,280	11,0	11,0	0,95
5000	1,370	2,730	10,9	10,9	0,95
Coefficiente de reducción del ruido		NRC=	7,60	7,60	0,65
Media de la absorción sonora		SAA=	7,69	7,69	0,67

Nota: NRC y SAA se calculan haciendo la media en las frecuencias 250-2000 Hz y 200-2500 Hz

Coefficiente práctico de absorción del sonido (ap) según norma ISO 11654

Banda	Coefficiente alpha	Coefficiente alpha práctico en octavas
100	0,16	0,25
125	0,28	
160	0,34	
200	0,53	0,50
250	0,51	
315	0,48	
400	0,53	0,55
500	0,54	
630	0,58	
800	0,67	0,75
1000	0,71	
1250	0,82	
1600	0,84	0,90
2000	0,87	
2500	0,92	
3150	0,95	0,95
4000	0,95	
5000	0,95	
NRC=	0,65	
SAA=	0,67	



Banda	Coefficiente alpha practico en octavas	Perfil inicial	Perfil final	desviaciones desfavorables	Indicador de forma
125	0,25			---	---
250	0,50	0,80	0,45	0,00	
500	0,55	1,00	0,65	0,10	
1000	0,75	1,00	0,65	0,00	
2000	0,90	1,00	0,65	0,00	
4000	0,95	0,90	0,55	0,00	H

UNE-EN ISO 11654:1998

Incremento	-7
Desviacion total	0,10
ALPHA_w	0,65
Indicador de forma	H
α_w + indicador de forma	0,65 (H)
Clase absorcion acústica	C

Debe ser menor o igual a 0,1

Clase absorcion acústica	Alpha w
A	0,90 a 1,00
B	0,80 a 0,85
C	0,60 a 0,75
D	0,30 a 0,55
E	0,15 a 0,25
Sin clasificar	0,00 a 0,10

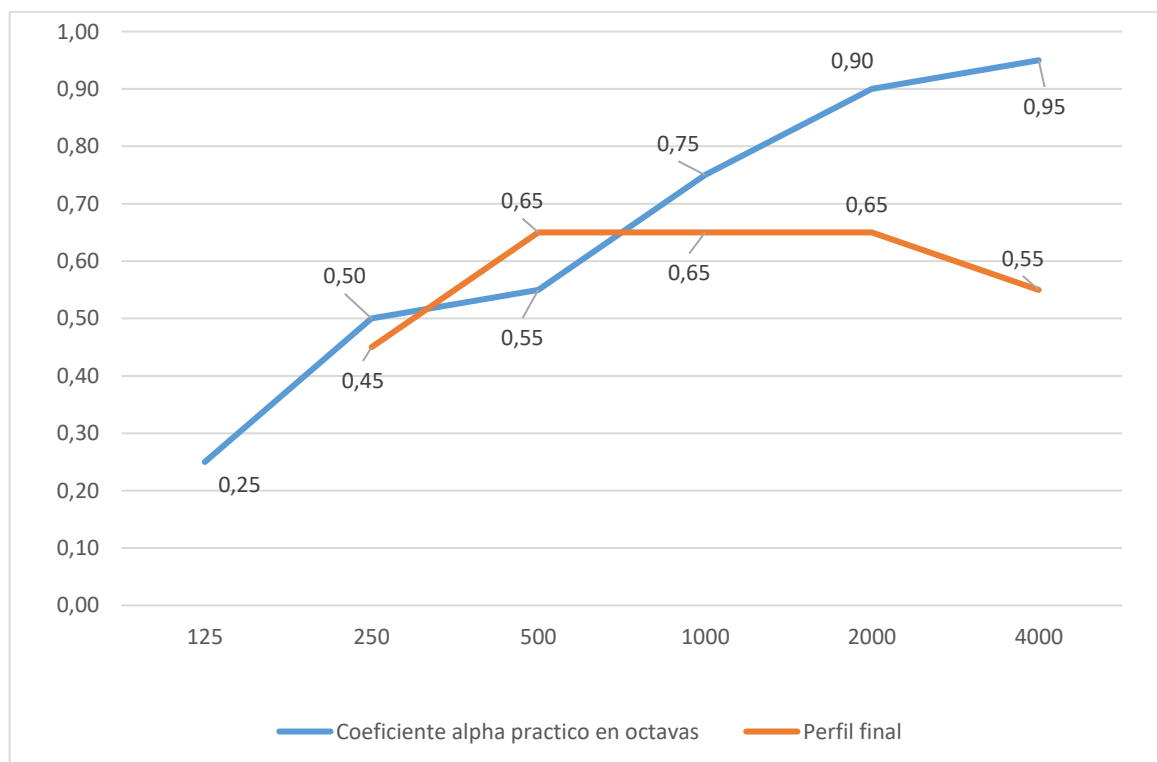


Gráfico Alfa práctico (ap)

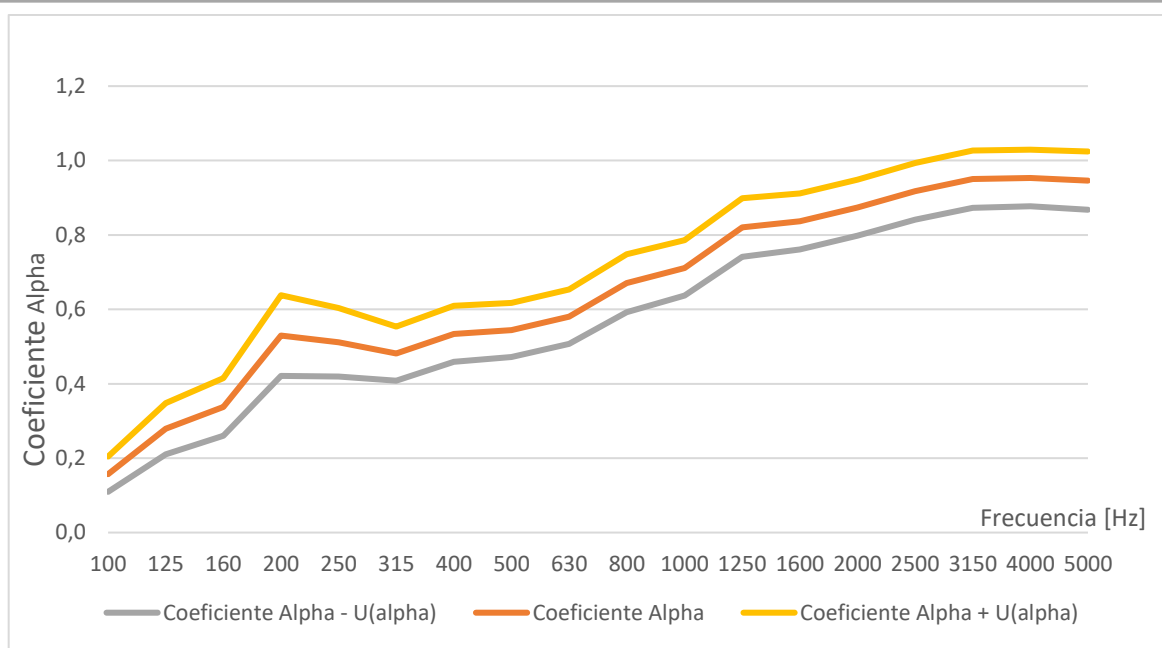
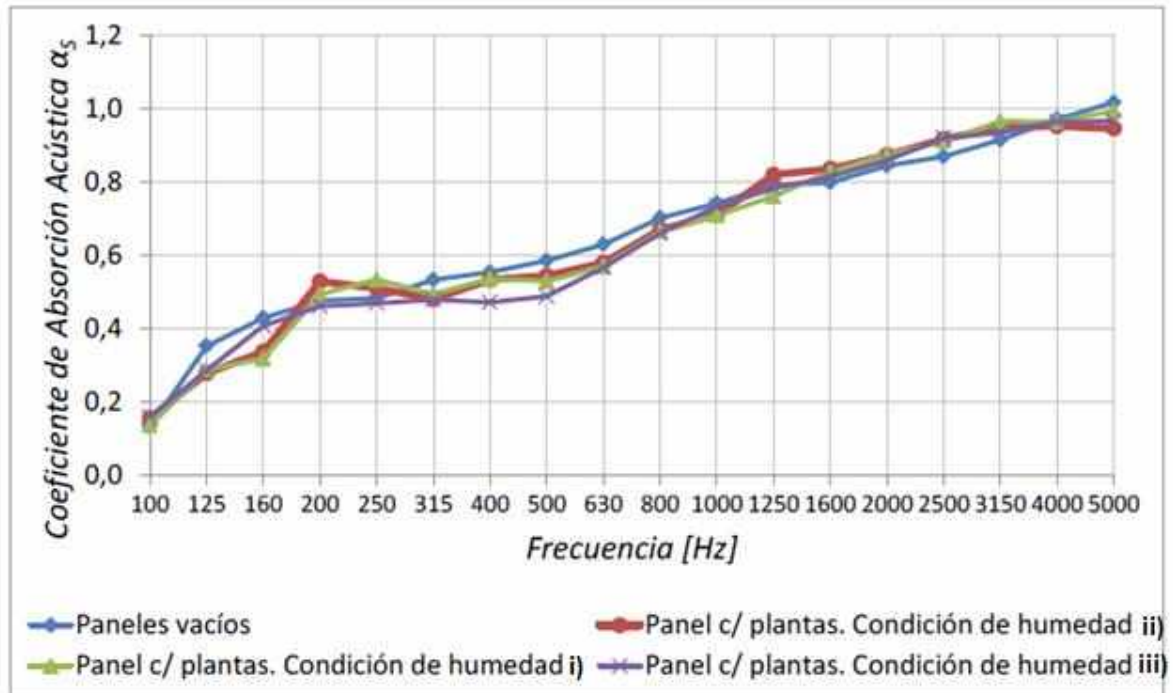


Grafico Alfa Muestra B) con humedad alta

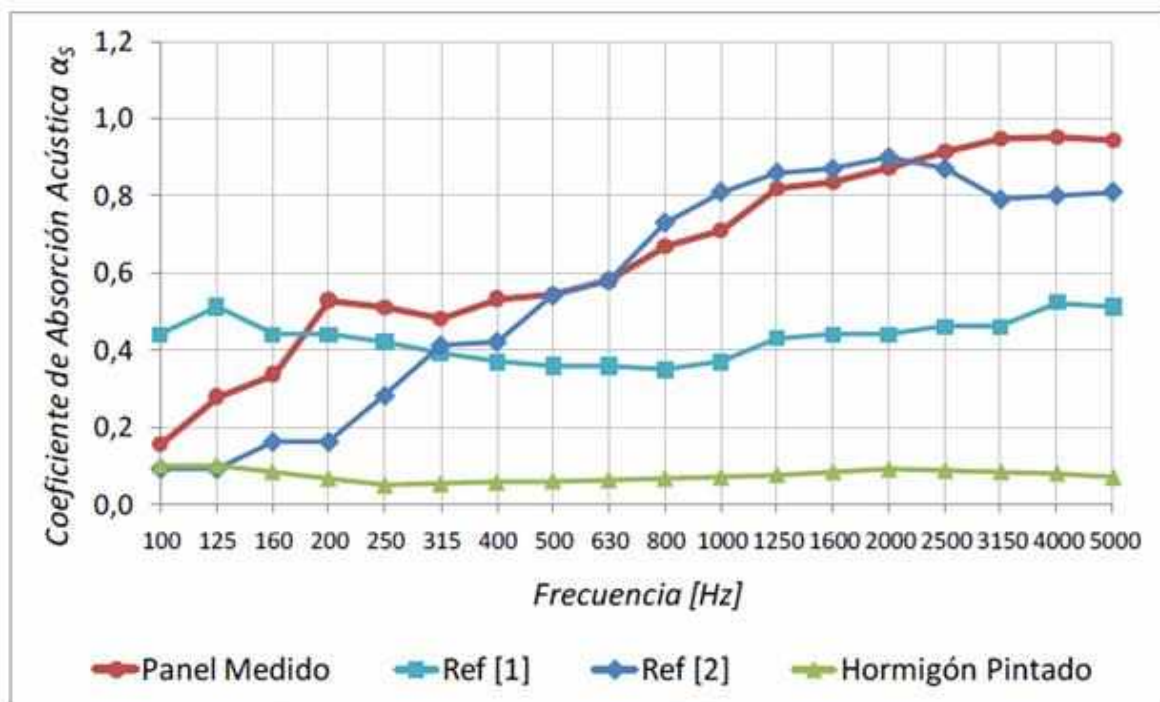
COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS FONOABSORBENTES

COEFICIENTE DE ABSORCIÓN α_s , NRC Y SAA

Frecuencia [Hz]	Paneles Vacios	Paneles con Sustrato y Plantas		
		Humedad BAJA	Humedad MEDIA	Humedad ALTA
100	0,13	0,14	0,16	0,16
125	0,35	0,29	0,28	0,29
160	0,43	0,32	0,34	0,41
200	0,48	0,49	0,53	0,46
250	0,48	0,53	0,51	0,47
315	0,53	0,49	0,4	0,48
400	0,55	0,54	0,53	0,47
500	0,59	0,53	0,54	0,49
630	0,63	0,57	0,58	0,57
800	0,70	0,67	0,67	0,66
1000	0,74	0,71	0,71	0,73
1250	0,79	0,76	0,82	0,78
1600	0,80	0,83	0,84	0,81
2000	0,84	0,87	0,87	0,86
2500	0,87	0,91	0,92	0,92
3150	0,92	0,97	0,95	0,93
4000	0,97	0,97	0,95	0,96
5000	1,02	0,99	0,95	0,97
NRC	0,65	0,65	0,65	0,65
SAA	0,67	0,66	0,67	0,64



Comparación de la absorción acústica de los paneles vacíos y con plantas con distintas condiciones de humedad



Comparación de la absorción acústica de los paneles medidos con condición de humedad B, frente a otros tipos de paneles y a un muro desnudo.

SEGUNDA ETAPA: ENSAYOS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO

Los ensayos se organizaron en dos bloques tomando en consideración la metodología empleada. Así se dividieron en mediciones por método de presión sonora o tradicional y, mediciones por método intensimétrico.

Cada una de las muestras, se relevaron colocando la fuente de emisión primero en el sentido indicado de la norma y luego en el sentido inverso de modo que se pudiere corroborar alguna diferencia.

CONDICIONES DE ENSAYO

BLOQUE UNO

- Normativa por método tradicional

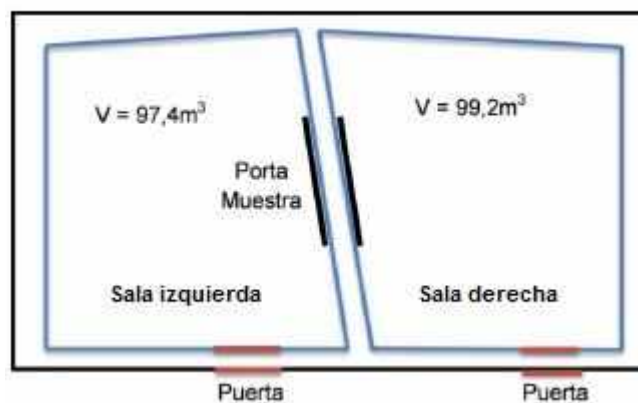
ISO 10140-2 (*Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements — Part 2: Measurement of airborne sound insulation*) equivalente a la norma IRAM 4043-3 (*Medición del aislamiento del sonido en edificios vía aérea en fachadas y sus elementos*) para calcular el índice de aislamiento acústico R_w de diversos materiales

- Instalaciones

Cámara de transmisión del LAL-CIC en las siguientes condiciones:

VOLUMENES DE LAS CAMARAS DE TRANSMISION [m ³]	Inferior	Izquierda	111,7	
		Derecha	113,9	
	Superior	Izquierda	97,4	Emisora/receptora
		Derecha	99,2	Receptora/emisora

Esquema en planta de la cámara de transmisión





- **Instrumental**

- ✓ *Medidor de nivel sonoro y analizador de Nivel Sonoro marca Brüel & Kjaer, modelo 2250 con pre-amplificador de micrófono marca Brüel & Kjaer, Type ZC-0032 y micrófono de ½" marca Brüel & Kjaer Type 4189.*
- ✓ *Altoparlante potenciado marca Full Energy.*
- ✓ *Amplificador de audio frecuencias, marca Pyramid, modelo PA1000X.*
- ✓ *Fuentes sonoras de cámara reverberante (2 baffles cúbicos de 3 parlantes cada uno).*

- **Particularidades de las Muestras**

Conformadas por 2 paneles de dimensiones 0.80 m x 1,20 m cada uno. El detalle de cada muestra se indica seguidamente:

Muestra C) paneles vacíos

Muestra D) paneles con vegetación y sustrato

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS POR METODO CONVENCIONAL

- **MUESTRA C) CON LAS DOS UBICACIONES DE LA FUENTE**

Muestra C)	Paneles vacíos Marzo de 2019 – Sala izquierda emisora	
Fecha:	18/03/2019	Valores chequeados el 20/8/2021

VOLUMENES DE LAS CAMARAS DE TRANSMISION [m3]	Inferior	Izquierda	111,7	emisora receptora
		Derecha	113,9	
	Superior	Izquierda	97,4	
		Derecha	99,2	



Cálculos de R y Rw de la Segunda Medición de aislamiento acústico para la Muestra C)
Sala izquierda emisora

IRAM 4063-3											
Banda	N1	N2	NF	N2-NF	N'2 (corrección por NF)	D2	TR	Corrección TR	Ri [dB]	N2 mín	R máx
50	72,1	56,3	26,1	30,2	56,3	15,8	7,280	-0,1	15,6	32,1	39,9
63	75,0	59,3	22,3	37,0	59,3	15,7	6,160	-0,9	14,9	28,3	45,9
80	81,4	66,7	21,9	44,9	66,7	14,6	3,540	-3,3	11,4	27,9	50,2
100	87,2	65,7	35,9	29,8	65,7	21,5	3,130	-3,8	17,7	41,9	41,5
125	87,5	67,1	25,8	41,3	67,1	20,5	3,700	-3,1	17,4	31,8	52,7
160	88,7	66,5	16,6	49,9	66,5	22,2	4,160	-2,6	19,6	22,6	63,5
200	88,5	66,4	11,9	54,5	66,4	22,1	3,580	-3,2	18,8	17,9	67,3
250	87,9	66,2	10,1	56,1	66,2	21,7	3,550	-3,3	18,4	16,1	68,5
315	88,0	66,0	9,6	56,5	66,0	22,0	3,630	-3,2	18,8	15,6	69,3
400	89,8	67,0	8,5	58,6	67,0	22,8	3,510	-3,3	19,5	14,5	72,1
500	89,6	65,5	10,0	55,5	65,5	24,0	3,670	-3,1	20,9	16,0	70,4
630	85,8	60,5	12,6	48,0	60,5	25,3	3,650	-3,1	22,1	18,6	64,1
800	86,0	59,8	10,8	48,9	59,8	26,2	3,500	-3,3	22,9	16,8	65,8
1000	86,3	60,3	11,6	48,7	60,3	26,0	3,390	-3,5	22,6	17,6	65,2
1250	85,1	59,6	14,6	45,0	59,6	25,5	3,400	-3,4	22,1	20,6	61,1
1600	86,6	61,1	14,9	46,2	61,1	25,4	3,270	-3,6	21,8	20,9	62,0
2000	86,7	60,4	10,0	50,4	60,4	26,3	3,190	-3,7	22,6	16,0	67,0
2500	86,3	57,9	9,1	48,8	57,9	28,3	2,940	-4,1	24,3	15,1	67,0
3150	86,2	55,3	9,4	45,9	55,3	30,9	2,620	-4,6	26,3	15,4	66,2
4000	89,8	55,8	9,8	46,0	55,7	34,1	2,360	-5,0	29,1	15,8	69,0
5000	89,0	52,1	8,7	43,5	52,1	36,8	2,040	-5,7	31,2	14,7	68,7
Calib.	92,4	92,4	0						Rw	23 (-1;-1)	
Temp.[°C]		26,3							Rw (C50-5000; Ctr50-5000)	23 (-1;-2)	
Vel. Aire c [m/s]		346,78							STC	23	
55,3/c =		0,159467097									
Sup. muestra [m2]		2,1082	(1,66 x 1,27)								
Vol. sala receptora [m3]		99,2									

Cálculos de R y Rw de la Primera Medición de aislamiento acústico para la Muestra C)

IRAM 4043-1											
Cálculo de Rw					(Ruido rosa ponderado A)			(Ruido de tráfico urbano ponderado A)			
Band a [Hz]	Ri [dB]	Perfil Inicial [dB]	Perfil Final [dB]	Desviación desfavor.	Espectro 1 Li1 [dB]	Li1-Ri [dB]	10^[(Li1-Ri)/10]	Espectro 2 Li2 [dB]	Li2-Ri [dB]	10^[(Li2-Ri)/10]	
50	15,6				-40	-55,6	2,7E-06	-25	-40,6	8,6E-05	
63	14,9				-36	-50,9	8,2E-06	-23	-37,9	1,6E-04	
80	11,4				-33	-44,4	3,6E-05	-21	-32,4	5,8E-04	
100	17,7	33	4	0,0	-29	-46,7	2,1E-05	-20	-37,7	1,7E-04	
125	17,4	36	7	0,0	-26	-43,4	4,6E-05	-20	-37,4	1,8E-04	
160	19,6	39	10	0,0	-23	-42,6	5,5E-05	-18	-37,6	1,7E-04	
200	18,8	42	13	0,0	-21	-39,8	1,0E-04	-16	-34,8	3,3E-04	
250	18,4	45	16	0,0	-19	-37,4	1,8E-04	-15	-33,4	4,6E-04	
315	18,8	48	19	0,2	-17	-35,8	2,6E-04	-14	-32,8	5,2E-04	
400	19,5	51	22	2,5	-15	-34,5	3,6E-04	-13	-32,5	5,6E-04	
500	20,9	52	23	2,1	-13	-33,9	4,1E-04	-12	-32,9	5,1E-04	
630	22,1	53	24	1,9	-12	-34,1	3,9E-04	-11	-33,1	4,9E-04	
800	22,9	54	25	2,1	-11	-33,9	4,1E-04	-9	-31,9	6,5E-04	
1000	22,6	55	26	3,4	-10	-32,6	5,5E-04	-8	-30,6	8,8E-04	
1250	22,1	56	27	4,9	-9	-31,1	7,8E-04	-9	-31,1	7,8E-04	
1600	21,8	56	27	5,2	-9	-30,8	8,3E-04	-10	-31,8	6,6E-04	
2000	22,6	56	27	4,4	-9	-31,6	6,9E-04	-11	-33,6	4,4E-04	
2500	24,3	56	27	2,7	-9	-33,3	4,7E-04	-13	-37,3	1,9E-04	
3150	26,3	56	27	0,7	-9	-35,3	3,0E-04	-15	-41,3	7,4E-05	
Pasos de 1 dB =				-29			5,9E-03			7,1E-03	
Promedio 16 bandas =				1,89	RA1a = -10 log (suma 1a) =		22	Rtr 2a = -10 log (suma 2a) =		22	
Rw =				23	C = RA1a - Rw =		-1	Ctr = Rtr 2a - Rw =		-1	
					Suma 1b =		5,9E-03	Suma 2b =		7,9E-03	
					RA1b = -10 log (suma 1b) =		22	Rtr 2b = -10 log (suma 2b) =		21	
					C50-5000 = RA1b - Rw =		-1	Ctr 50-5000 = Rtr 2b -		-2	

30,2



ASTM E 413				
Banda [Hz]	Ri [dB]	Perfil Inicial [dB]	Perfil Final [dB]	Desviación desfavor.
125	17,4	36	7	0,0
160	19,6	39	10	0,0
200	18,8	42	13	0,0
250	18,4	45	16	0,0
315	18,8	48	19	0,2
400	19,5	51	22	2,5
500	20,9	52	23	2,1
630	22,1	53	24	1,9
800	22,9	54	25	2,1
1000	22,6	55	26	3,4
1250	22,1	56	27	4,9
1600	21,8	56	27	5,2
2000	22,6	56	27	4,4
2500	24,3	56	27	2,7
3150	26,3	56	27	0,7
4000	29,1	56	27	0,0
Pasos de 1 dB =				-29
Promedio 16 bandas =				1,89
STC =				23

Muestra C)	Paneles vacíos Marzo de 2019 – Sala derecha emisora	
Fecha:	18/03/2019	Valores chequeados el 20/8/2021

VOLUMENES DE LAS CAMARAS DE TRANSMISION [m3]	Inferior	Izquierda	111,7	receptora emisora
		Derecha	113,9	
	Superior	Izquierda	97,4	
		Derecha	99,2	



Cálculos de R y Rw de la Segunda Medición de aislamiento acústico para la Muestra C)

Sala derecha emisora

IRAM 4063-3												
Banda	N1	N2	NF	N2-NF	N'2 (corrección por NF)	D2	TR	Corrección TR	Ri [dB]	N2 mín	R máx	
50	71,6	57,1	34,5	22,6	57,1	14,5	7,250	-0,1	14,5	40,5	31,1	
63	76,1	65,4	18,8	46,6	65,4	10,7	7,640	0,2	10,9	24,8	51,5	
80	83,9	68,9	22,9	46,0	68,9	15,0	5,340	-1,4	13,6	28,9	53,6	
100	86,1	69,5	39,0	30,5	69,5	16,6	5,900	-1,0	15,6	45,0	40,1	
125	87,4	69,5	34,7	34,8	69,5	17,9	5,730	-1,1	16,8	40,7	45,6	
160	87,0	66,9	24,2	42,7	66,9	20,1	6,350	-0,6	19,4	30,2	56,1	
200	83,6	65,5	18,5	47,0	65,5	18,1	6,280	-0,7	17,4	24,5	58,4	
250	83,4	65,5	20,5	45,0	65,5	17,9	5,140	-1,6	16,3	26,5	55,3	
315	86,0	66,7	17,4	49,3	66,7	19,3	4,890	-1,8	17,5	23,4	60,9	
400	90,4	67,2	15,8	51,4	67,2	23,2	4,530	-2,1	21,1	21,8	66,5	
500	88,9	65,6	14,8	50,9	65,6	23,3	4,300	-2,3	21,0	20,8	65,8	
630	86,3	60,6	15,2	45,4	60,6	25,7	3,600	-3,1	22,6	21,2	62,0	
800	85,7	60,0	15,0	45,0	60,0	25,8	3,420	-3,3	22,4	21,0	61,4	
1000	87,0	60,3	16,1	44,3	60,3	26,7	3,100	-3,8	22,9	22,1	61,2	
1250	85,7	59,7	14,8	45,0	59,7	26,0	3,060	-3,8	22,1	20,8	61,1	
1600	87,3	60,8	14,1	46,8	60,8	26,5	2,820	-4,2	22,3	20,1	63,1	
2000	87,0	60,0	14,0	46,0	60,0	26,9	2,780	-4,2	22,7	20,0	62,7	
2500	86,5	57,4	13,3	44,1	57,4	29,1	2,610	-4,5	24,6	19,3	62,7	
3150	86,6	54,6	14,0	40,6	54,6	32,0	2,390	-4,9	27,1	20,0	61,8	
4000	90,2	55,5	15,8	39,7	55,5	34,8	2,180	-5,3	29,5	21,8	63,1	
5000	89,1	51,7	14,8	36,9	51,7	37,4	1,950	-5,8	31,6	20,8	62,5	
Calib.	92,4	92,4	0						Rw	21 (1:0)		
Temp.[°C]	26,3								Rw (C50-5000; Ctr50-5000)	21 (1:0)		
Vel. Aire c [m/s]=	346,78								STC	21		
55,3/c =	0,159467097											
Sup. muestra [m2]	2,1082		(1,66 x 1,27)									
Vol. sala receptora [m3]	97,4											

IRAM 4043-1												
Cálculo de Rw					(Ruido rosa ponderado A)			(Ruido de tráfico urbano ponderado A)				
Band a [Hz]	Ri [dB]	Perfil Inicial [dB]	Perfil Final [dB]	Desviación desfavor.	Espectro 1 Li1 [dB]	Li1-Ri [dB]	10^((Li1-Ri)/10)	Espectro 2 Li2 [dB]	Li2-Ri [dB]	10^((Li2-Ri)/10)		
50	14,5				-40	-54,5	3,6E-06	-25	-39,5	1,1E-04		
63	10,9				-36	-46,9	2,1E-05	-23	-33,9	4,1E-04		
80	13,6				-33	-46,6	2,2E-05	-21	-34,6	3,5E-04		
100	15,6	33	2	0,0	-29	-44,6	3,5E-05	-20	-35,6	2,8E-04		
125	16,8	36	5	0,0	-26	-42,8	5,2E-05	-20	-36,8	2,1E-04		
160	19,4	39	8	0,0	-23	-42,4	5,7E-05	-18	-37,4	1,8E-04		
200	17,4	42	11	0,0	-21	-38,4	1,4E-04	-16	-33,4	4,6E-04		
250	16,3	45	14	0,0	-19	-35,3	2,9E-04	-15	-31,3	7,4E-04		
315	17,5	48	17	0,0	-17	-34,5	3,5E-04	-14	-31,5	7,0E-04		
400	21,1	51	20	0,0	-15	-36,1	2,5E-04	-13	-34,1	3,9E-04		
500	21,0	52	21	0,0	-13	-34,0	4,0E-04	-12	-33,0	5,0E-04		
630	22,6	53	22	0,0	-12	-34,6	3,5E-04	-11	-33,6	4,4E-04		
800	22,4	54	23	0,6	-11	-33,4	4,6E-04	-9	-31,4	7,2E-04		
1000	22,9	55	24	1,1	-10	-32,9	5,1E-04	-8	-30,9	8,1E-04		
1250	22,1	56	25	2,9	-9	-31,1	7,7E-04	-9	-31,1	7,7E-04		
1600	22,3	56	25	2,7	-9	-31,3	7,4E-04	-10	-32,3	5,8E-04		
2000	22,7	56	25	2,3	-9	-31,7	6,8E-04	-11	-33,7	4,3E-04		
2500	24,6	56	25	0,4	-9	-33,6	4,4E-04	-13	-37,6	1,7E-04		
3150	27,1	56	25	0,0	-9	-36,1	2,4E-04	-15	-42,1	6,2E-05		
Pasos de 1 dB =	-31						Suma 1a=	5,8E-03	Suma 2a=	7,4E-03		
Promedio 16 bandas=	0,62						RA1a= -10 log (suma 1a)=	22	Rtr 2a= -10 log (suma 2a)=	21		
Rw =	21						C = RA1a - Rw =	1	Ctr = Rtr 2a - Rw =	0		
9.9							Suma 1b=	5,8E-03	Suma 2b=	8,3E-03		
							RA1b= -10 log (suma 1b)=	22	Rtr 2b= -10 log (suma 2b)=	21		
							C50-5000 = RA1b - Rw =	1	Ctr 50-5000 = Rtr 2b -	0		



ASTM E 413				
Banda [Hz]	Ri [dB]	Perfil Inicial [dB]	Perfil Final [dB]	Desviación desfavor.
125	16,8	36	5	0,0
160	19,4	39	8	0,0
200	17,4	42	11	0,0
250	16,3	45	14	0,0
315	17,5	48	17	0,0
400	21,1	51	20	0,0
500	21,0	52	21	0,0
630	22,6	53	22	0,0
800	22,4	54	23	0,6
1000	22,9	55	24	1,1
1250	22,1	56	25	2,9
1600	22,3	56	25	2,7
2000	22,7	56	25	2,3
2500	24,6	56	25	0,4
3150	27,1	56	25	0,0
4000	29,5	56	25	0,0
Pasos de 1 dB =				-31
Promedio 16 bandas =				0,62
STC =				21

Muestra C)	Paneles vacíos Marzo de 2019 –Promedio	
Fecha:	18/03/2019	Valores chequeados el 20/8/2021

Ri promedio (informado) de la Muestra C) panel vacío

Banda	Medición 1	Medición 2	Promedio Ri [dB]
	Ri [dB]	Ri [dB]	
50	15,6	14,5	15,0
63	14,9	10,9	12,9
80	11,4	13,6	12,5
100	17,7	15,6	16,6
125	17,4	16,8	17,1
160	19,6	19,4	19,5
200	18,8	17,4	18,1
250	18,4	16,3	17,4
315	18,8	17,5	18,2
400	19,5	21,1	20,3
500	20,9	21,0	20,9
630	22,1	22,6	22,4
800	22,9	22,4	22,6
1000	22,6	22,9	22,7
1250	22,1	22,1	22,1
1600	21,8	22,3	22,1
2000	22,6	22,7	22,6
2500	24,3	24,6	24,4
3150	26,3	27,1	26,7
4000	29,1	29,5	29,3
5000	31,2	31,6	31,4
Rw (C; Ctr) =			21 (1;0)
Rw (C50-5000; Ctr50-5000) =			21 (1;0)
STC =			21

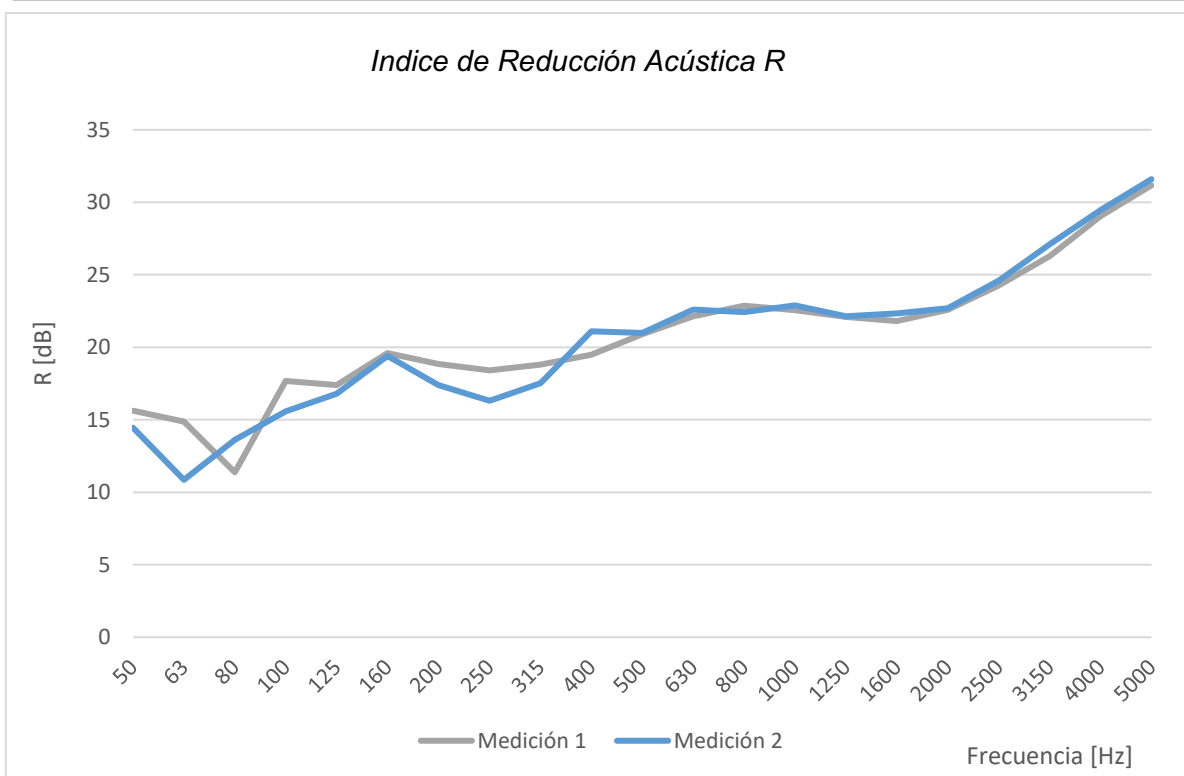


Grafico comparativo Coeficiente de reducción acústica R de la Muestra C) relevado en ambos sentidos

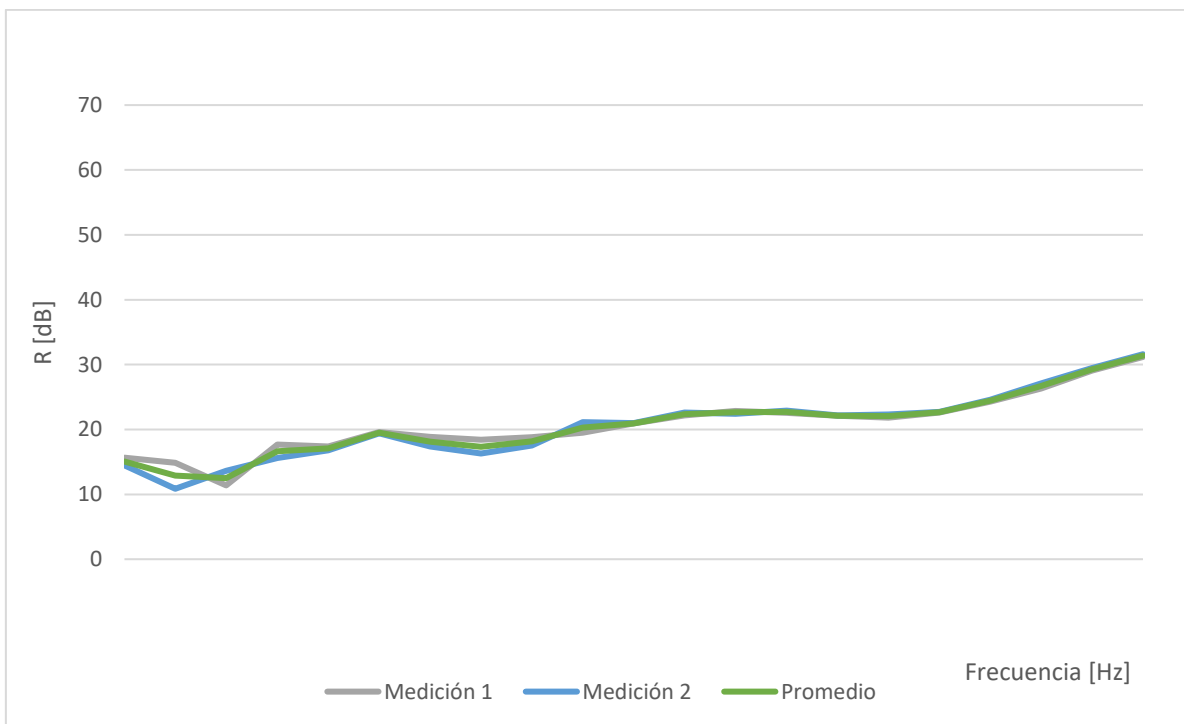


Grafico comparativo de los Coeficientes de reducción acústica R

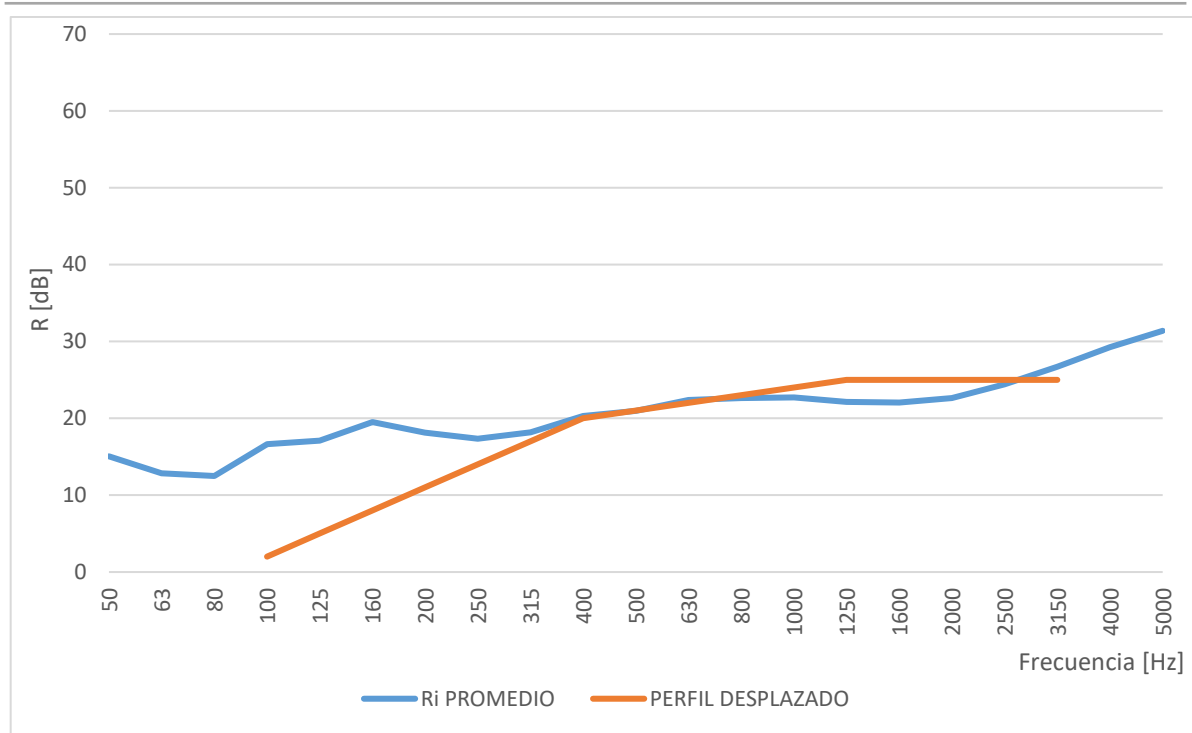


Grafico comparativo del R promedio y el perfil desplazado

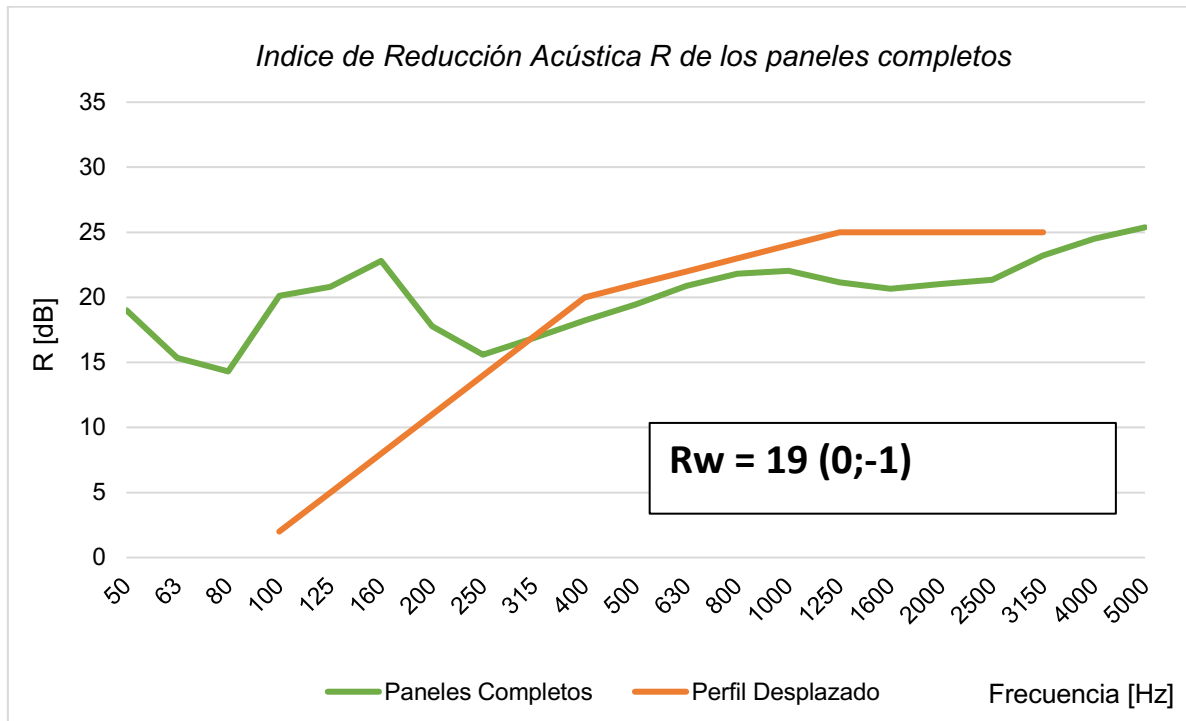


Grafico comparativo de la Muestra B) respecto al perfil desplazado



• MUESTRA D) CON LAS DOS UBICACIONES DE LA FUENTE

Muestra D)	Paneles Con Plantas (JARDIN VERTICAL) – Sala izquierda emisora	
Fecha:	20/03/2019	Valores chequeados el 20/8/2021

VOLUMENES DE LAS CAMARAS DE TRANSMISION [m3]	Inferior	Izquierda	111,7	emisora receptora
		Derecha	113,9	
	Superior	Izquierda	97,4	
		Derecha	99,2	

Cálculos de R y Rw de la Primera Medición de aislamiento acústico para la Muestra D)
Paneles con vegetación + sustrato

IRAM 4063-3											
Banda	N1	N2	NF	N2-NF	N'2 (corrección por NF)	D2	TR	Corrección TR	Ri [dB]	N2 mín	R máx
50	72,14	54,1	11,9	42,2	54,1	18,0	10,790	1,7	19,7	17,9	55,9
63	76,68	61,2	16,1	45,1	61,2	15,5	9,370	1,0	16,5	22,1	55,7
80	85,68	66,6	14,0	52,6	66,6	19,1	5,440	-1,3	17,8	20,0	64,4
100	88,08	69,9	14,0	55,9	69,9	18,2	5,750	-1,1	17,1	20,0	67,0
125	88,47	65,8	14,1	51,8	65,8	22,6	5,710	-1,1	21,5	20,1	67,3
160	89,49	67,4	14,4	53,0	67,3	22,1	5,520	-1,3	20,9	20,4	67,9
200	85,60	66,1	9,3	56,8	66,1	19,5	5,010	-1,7	17,8	15,3	68,6
250	81,99	67,8	8,0	59,8	67,8	14,2	4,600	-2,0	12,1	14,0	66,0
315	83,53	63,9	4,9	59,0	63,9	19,6	4,030	-2,6	17,0	10,9	70,0
400	89,83	66,2	7,9	58,3	66,2	23,6	3,750	-2,9	20,7	13,9	73,0
500	88,78	66,4	6,5	59,9	66,4	22,4	3,610	-3,1	19,3	12,5	73,2
630	86,76	61,4	7,9	53,4	61,3	25,4	3,080	-3,8	21,6	13,9	69,0
800	84,98	59,3	9,6	49,7	59,3	25,7	2,850	-4,1	21,6	15,6	65,3
1000	87,11	59,8	6,9	52,9	59,8	27,3	2,650	-4,4	22,8	12,9	69,7
1250	85,20	58,9	6,8	52,1	58,8	26,4	2,550	-4,6	21,7	12,8	67,8
1600	86,80	60,3	5,4	54,9	60,3	26,5	2,460	-4,8	21,8	11,4	70,6
2000	87,53	60,6	5,7	55,0	60,6	26,9	2,340	-5,0	21,9	11,7	70,9
2500	86,72	59,2	6,3	52,9	59,1	27,6	2,170	-5,3	22,3	12,3	69,1
3150	86,52	57,1	6,9	50,2	57,0	29,5	2,000	-5,7	23,8	12,9	68,0
4000	89,67	58,4	7,4	50,9	58,3	31,3	1,800	-6,1	25,2	13,4	70,1
5000	88,19	55,2	7,9	47,3	55,1	33,0	1,590	-6,7	26,4	13,9	67,7
Calib.	92,4	92,4	0						Rw	22 (-1;-2)	
Temp.[°C]	26,3								Rw (C50-5000; Ctr50-5000)	22 (-1;-2)	
Vel. Aire c [m/s]=	346,78								STC	21	
55,3/c =	0,159467097										
Sup. muestra [m2]	2,1082		(1,66 x 1,27)								
Vol. sala receptora [m3]	97,4										



IRAM 4043-1										
Cálculo de R_w					(Ruido rosa ponderado A)			(Ruido de tráfico urbano ponderado A)		
Band a [Hz]	R_i [dB]	Perfil Inicial [dB]	Perfil Final [dB]	Desviación desfavor.	Espectro 1 L_{i1} [dB]	$L_{i1}-R_i$ [dB]	$10^{((L_{i1}-R_i)/10)}$	Espectro 2 L_{i2} [dB]	$L_{i2}-R_i$ [dB]	$10^{((L_{i2}-R_i)/10)}$
50	19,0				-40	-59,0	1,3E-06	-25	-44,0	4,0E-05
63	15,3				-36	-51,3	7,4E-06	-23	-38,3	1,5E-04
80	14,3				-33	-47,3	1,9E-05	-21	-35,3	2,9E-04
100	20,1	33	2	0,0	-29	-49,1	1,2E-05	-20	-40,1	9,7E-05
125	20,8	36	5	0,0	-26	-46,8	2,1E-05	-20	-40,8	8,3E-05
160	22,8	39	8	0,0	-23	-45,8	2,6E-05	-18	-40,8	8,3E-05
200	17,8	42	11	0,0	-21	-38,8	1,3E-04	-16	-33,8	4,2E-04
250	15,6	45	14	0,0	-19	-34,6	3,5E-04	-15	-30,6	8,7E-04
315	16,9	48	17	0,1	-17	-33,9	4,1E-04	-14	-30,9	8,2E-04
400	18,2	51	20	1,8	-15	-33,2	4,8E-04	-13	-31,2	7,6E-04
500	19,4	52	21	1,6	-13	-32,4	5,7E-04	-12	-31,4	7,2E-04
630	20,9	53	22	1,1	-12	-32,9	5,2E-04	-11	-31,9	6,5E-04
800	21,8	54	23	1,2	-11	-32,8	5,2E-04	-9	-30,8	8,3E-04
1000	22,0	55	24	2,0	-10	-32,0	6,2E-04	-8	-30,0	9,9E-04
1250	21,2	56	25	3,8	-9	-30,2	9,6E-04	-9	-30,2	9,6E-04
1600	20,7	56	25	4,3	-9	-29,7	1,1E-03	-10	-30,7	8,6E-04
2000	21,0	56	25	4,0	-9	-30,0	9,9E-04	-11	-32,0	6,3E-04
2500	21,4	56	25	3,6	-9	-30,4	9,2E-04	-13	-34,4	3,7E-04
3150	23,2	56	25	1,8	-9	-32,2	6,0E-04	-15	-38,2	1,5E-04

Pasos de 1 dB =	-31	Suma 1a=	8,2E-03	Suma 2a=	9,3E-03
Promedio 16 bandas=	1,58	RA1a= -10 log (suma 1a)=	21	Rtr 2a= -10 log (suma 2a)=	20
R_w =	21	C = RA1a - R_w =	0	Ctr = Rtr 2a - R_w =	-1

Suma 1b=	8,2E-03	Suma 2b=	9,8E-03
RA1b= -10 log (suma 1b)=	21	Rtr 2b= -10 log (suma 2b)=	20
C50-5000 = RA1b - R_w =	0	Ctr 50-5000 = Rtr 2b - R_w =	-1

ASTM E 413				
Band a [Hz]	R_i [dB]	Perfil Inicial [dB]	Perfil Final [dB]	Desviación desfavor.
125	20,8	36	5	0,0
160	22,8	39	8	0,0
200	17,8	42	11	0,0
250	15,6	45	14	0,0
315	16,9	48	17	0,1
400	18,2	51	20	1,8
500	19,4	52	21	1,6
630	20,9	53	22	1,1
800	21,8	54	23	1,2
1000	22,0	55	24	2,0
1250	21,2	56	25	3,8
1600	20,7	56	25	4,3
2000	21,0	56	25	4,0
2500	21,4	56	25	3,6
3150	23,2	56	25	1,8
4000	24,5	56	25	0,5

Pasos de 1 dB =	-31
Promedio 16 bandas =	1,61
STC =	21



Muestra D)	Paneles Con Plantas (JARDIN VERTICAL) – Sala derecha emisora	
Fecha:	20/03/2019	Valores chequeados el 20/8/2021

**Cálculos de R y Rw de la Segunda Medición de aislamiento acústico para la Muestra D)
Paneles con vegetación + sustrato**

IRAM 4063-3											
Banda	N1	N2	NF	N2- NF	N'2 (corrección por NF)	D2	TR	Corrección TR	Ri [dB]	N2 mín	R máx
50	72,14	54,1	11,9	42,2	54,1	18,0	10,790	1,7	19,7	17,9	55,9
63	76,68	61,2	16,1	45,1	61,2	15,5	9,370	1,0	16,5	22,1	55,7
80	85,68	66,6	14,0	52,6	66,6	19,1	5,440	-1,3	17,8	20,0	64,4
100	88,08	69,9	14,0	55,9	69,9	18,2	5,750	-1,1	17,1	20,0	67,0
125	88,47	65,8	14,1	51,8	65,8	22,6	5,710	-1,1	21,5	20,1	67,3
160	89,49	67,4	14,4	53,0	67,3	22,1	5,520	-1,3	20,9	20,4	67,9
200	85,60	66,1	9,3	56,8	66,1	19,5	5,010	-1,7	17,8	15,3	68,6
250	81,99	67,8	8,0	59,8	67,8	14,2	4,600	-2,0	12,1	14,0	66,0
315	83,53	63,9	4,9	59,0	63,9	19,6	4,030	-2,6	17,0	10,9	70,0
400	89,83	66,2	7,9	58,3	66,2	23,6	3,750	-2,9	20,7	13,9	73,0
500	88,78	66,4	6,5	59,9	66,4	22,4	3,610	-3,1	19,3	12,5	73,2
630	86,76	61,4	7,9	53,4	61,3	25,4	3,080	-3,8	21,6	13,9	69,0
800	84,98	59,3	9,6	49,7	59,3	25,7	2,850	-4,1	21,6	15,6	65,3
1000	87,11	59,8	6,9	52,9	59,8	27,3	2,650	-4,4	22,8	12,9	69,7
1250	85,20	58,9	6,8	52,1	58,8	26,4	2,550	-4,6	21,7	12,8	67,8
1600	86,80	60,3	5,4	54,9	60,3	26,5	2,460	-4,8	21,8	11,4	70,6
2000	87,53	60,6	5,7	55,0	60,6	26,9	2,340	-5,0	21,9	11,7	70,9
2500	86,72	59,2	6,3	52,9	59,1	27,6	2,170	-5,3	22,3	12,3	69,1
3150	86,52	57,1	6,9	50,2	57,0	29,5	2,000	-5,7	23,8	12,9	68,0
4000	89,67	58,4	7,4	50,9	58,3	31,3	1,800	-6,1	25,2	13,4	70,1
5000	88,19	55,2	7,9	47,3	55,1	33,0	1,590	-6,7	26,4	13,9	67,7
Calib.	92,4	92,4	0						Rw	22 (-1;-2)	
									Rw (C50-5000; Ctr50-5000)	22 (-1;-2)	
									STC	21	



IRAM 4043-1											
Cálculo de R_w					(Ruido rosa ponderado A)			(Ruido de tráfico urbano ponderado A)			
Banda [Hz]	R_i [dB]	Perfil Inicial [dB]	Perfil Final [dB]	Desviación desfavor.	Espectro 1 L_{i1} [dB]	$L_{i1}-R_i$ [dB]	$10^{*}[(L_{i1}-R_i)/10]$	Espectro 2 L_{i2} [dB]	$L_{i2}-R_i$ [dB]	$10^{*}[(L_{i2}-R_i)/10]$	
50	19,7				-40	-59,7	1,1E-06	-25	-44,7	3,4E-05	
63	16,5				-36	-52,5	5,6E-06	-23	-38,5	1,1E-04	
80	17,8				-33	-50,8	8,4E-06	-21	-38,8	1,3E-04	
100	17,1	33	3	0,0	-29	-46,1	2,4E-05	-20	-37,1	1,9E-04	
125	21,5	36	6	0,0	-26	-47,5	1,8E-05	-20	-41,5	7,0E-05	
160	20,9	39	9	0,0	-23	-43,9	4,1E-05	-18	-38,9	1,3E-04	
200	17,8	42	12	0,0	-21	-38,8	1,3E-04	-16	-33,8	4,1E-04	
250	12,1	45	15	2,9	-19	-31,1	7,7E-04	-15	-27,1	1,9E-03	
315	17,0	48	18	1,0	-17	-34,0	4,0E-04	-14	-31,0	8,0E-04	
400	20,7	51	21	0,3	-15	-35,7	2,7E-04	-13	-33,7	4,3E-04	
500	19,3	52	22	2,7	-13	-32,3	5,9E-04	-12	-31,3	7,4E-04	
630	21,6	53	23	1,4	-12	-33,6	4,3E-04	-11	-32,6	5,5E-04	
800	21,6	54	24	2,4	-11	-32,6	5,5E-04	-9	-30,6	8,7E-04	
1000	22,8	55	25	2,2	-10	-32,8	5,2E-04	-8	-30,8	8,2E-04	
1250	21,7	56	26	4,3	-9	-30,7	8,4E-04	-9	-30,7	8,4E-04	
1600	21,8	56	26	4,2	-9	-30,8	8,4E-04	-10	-31,8	6,7E-04	
2000	21,9	56	26	4,1	-9	-30,9	8,1E-04	-11	-32,9	5,1E-04	
2500	22,3	56	26	3,7	-9	-31,3	7,5E-04	-13	-35,3	3,0E-04	
3150	23,8	56	26	2,2	-9	-32,8	5,2E-04	-15	-38,8	1,3E-04	
Pasos de 1 dB =					-30	Suma 1a =		7,5E-03	Suma 2a =		3,4E-03
Promedio 16 bandas =					1,36	RA1a = -10 log (suma 1a) =		21	Rtr 2a = -10 log (suma 2a) =		20
R_w =					22	C = RA1a - R_w =		-1	Ctr = Rtr 2a - R_w =		-2
Pasos de 1 dB =					-30	Suma 1b =		7,5E-03	Suma 2b =		3,7E-03
Promedio 16 bandas =					1,36	RA1b = -10 log (suma 1b) =		21	Rtr 2b = -10 log (suma 2b) =		20
R_w =					22	C50-5000 = RA1b - R_w =		-1	Ctr 50-5000 = Rtr 2b - R_w =		-2

31,3

ASTM E 413					
Banda [Hz]	R_i [dB]	Perfil Inicial [dB]	Perfil Final [dB]	Desviación desfavor.	
125	21,5	36	5	0,0	
160	20,9	39	8	0,0	
200	17,8	42	11	0,0	
250	12,1	45	14	1,9	
315	17,0	48	17	0,0	
400	20,7	51	20	0,0	
500	19,3	52	21	1,7	
630	21,6	53	22	0,4	
800	21,6	54	23	1,4	
1000	22,8	55	24	1,2	
1250	21,7	56	25	3,3	
1600	21,8	56	25	3,2	
2000	21,9	56	25	3,1	
2500	22,3	56	25	2,7	
3150	23,8	56	25	1,2	
4000	25,2	56	25	0,0	
Pasos de 1 dB =					-31
Promedio 16 bandas =					1,25
STC =					21



Muestra D)	Paneles Con Plantas (JARDIN VERTICAL) Marzo de 2019 - Promedio	
Fecha:	20/03/2019	Valores chequeados el 20/8/2021

Banda	Medición 1	Medición 2	Promedio Ri [dB]
	Ri [dB]	Ri [dB]	
50	19,0	19,7	19,3
63	15,3	16,5	15,9
80	14,3	17,8	16,0
100	20,1	17,1	18,6
125	20,8	21,5	21,2
160	22,8	20,9	21,8
200	17,8	17,8	17,8
250	15,6	12,1	13,9
315	16,9	17,0	16,9
400	18,2	20,7	19,5
500	19,4	19,3	19,4
630	20,9	21,6	21,2
800	21,8	21,6	21,7
1000	22,0	22,8	22,4
1250	21,2	21,7	21,5
1600	20,7	21,8	21,2
2000	21,0	21,9	21,5
2500	21,4	22,3	21,8
3150	23,2	23,8	23,5
4000	24,5	25,2	24,8
5000	25,4	26,4	25,9
Rw (C; Ctr) =	21 (0;-1)	22 (-1;-2)	21 (0;-1)
00; Ctr50-5000)=	21 (0;-1)	22 (-1;-2)	21 (0;-1)
STC =	21	21	21

IRAM 4043-1										
Banda [Hz]	Ri [dB]	Perfil Inicial [dB]	Perfil Final [dB]	Desviación desfavor.	(Ruido rosa ponderado A)			(Ruido de tráfico urbano ponderado A)		
					Espectro 1 Li1 [dB]	Li1-Ri [dB]	10*[(Li1-Ri)/10]	Espectro 2 Li2 [dB]	Li2-Ri [dB]	10*[(Li2-Ri)/10]
50	19,3				-40	-59,3	1,2E-06	-25	-44,3	3,7E-05
63	15,9				-36	-51,9	6,4E-06	-23	-38,9	1,3E-04
80	16,0				-33	-49,0	1,2E-05	-21	-37,0	2,0E-04
100	18,6	33	2	0,0	-29	-47,6	1,7E-05	-20	-38,6	1,4E-04
125	21,2	36	5	0,0	-26	-47,2	1,9E-05	-20	-41,2	7,6E-05
160	21,8	39	8	0,0	-23	-44,8	3,3E-05	-18	-39,8	1,0E-04
200	17,8	42	11	0,0	-21	-38,8	1,3E-04	-16	-33,8	4,2E-04
250	13,9	45	14	0,1	-19	-32,9	5,2E-04	-15	-28,9	1,3E-03
315	16,9	48	17	0,1	-17	-33,9	4,0E-04	-14	-30,9	8,1E-04
400	19,5	51	20	0,5	-15	-34,5	3,6E-04	-13	-32,5	5,7E-04
500	19,4	52	21	1,6	-13	-32,4	5,8E-04	-12	-31,4	7,3E-04
630	21,2	53	22	0,8	-12	-33,2	4,7E-04	-11	-32,2	6,0E-04
800	21,7	54	23	1,3	-11	-32,7	5,4E-04	-9	-30,7	8,5E-04
1000	22,4	55	24	1,6	-10	-32,4	5,7E-04	-8	-30,4	9,0E-04
1250	21,5	56	25	3,5	-9	-30,5	9,0E-04	-9	-30,5	9,0E-04
1600	21,2	56	25	3,8	-9	-30,2	9,5E-04	-10	-31,2	7,6E-04
2000	21,5	56	25	3,5	-9	-30,5	8,9E-04	-11	-32,5	5,6E-04
2500	21,8	56	25	3,2	-9	-30,8	8,3E-04	-13	-34,8	3,3E-04
3150	23,5	56	25	1,5	-9	-32,5	5,6E-04	-15	-38,5	1,4E-04

Pasos de 1 dB =	-31	Suma 1a =	7,8E-03	Suma =	9,2E-03
Promedio 16 bandas =	1,34	RA1a = -10 log (suma 1a) =	21	Rtr = -10 log (suma) =	20
Rw =	21	C = RA1a - Rw =	0	Ctr = Xa2 - Rw =	-1

21,5

Suma 1b =	7,8E-03	Suma 2b =	9,5E-03
RA1b = -10 log (suma 1b) =	21	Rtr 2b = -10 log (suma 2b) =	20
C50-5000 = RA1b - Rw =	0	Ctr 50-5000 = Rtr 2b - Rw =	-1



MEDICION 2

Aislamiento 2 Emisor Sala B		Aislamiento 2 Receptor Sala A		Ruido de Fondo Sala A		Tiempos de Reverberación Sala A	
SALA EMISORA (SUPERIOR IZQUIERDA)		SALA RECEPTORA (SUPERIOR DERECHA)					
Project 014		Project 015		Project 016		Project 020	
Frequency	LZeq	Frequency	LZeq	Frequency	LZeq	Frequency	T20
12,5 Hz	35,83	12,5 Hz	34,82	12,5 Hz	16,94	50 Hz	10,79
16 Hz	33,99	16 Hz	33,86	16 Hz	20,62	63 Hz	9,37
20 Hz	31,64	20 Hz	29,9	20 Hz	9,54	80 Hz	5,44
25 Hz	41,32	25 Hz	30,62	25 Hz	15,17	100 Hz	5,75
31,5 Hz	66,02	31,5 Hz	43,88	31,5 Hz	25,77	125 Hz	5,71
40 Hz	67,09	40 Hz	54,97	40 Hz	22,85	160 Hz	5,52
50 Hz	72,14	50 Hz	54,14	50 Hz	11,94	200 Hz	5,01
63 Hz	76,68	63 Hz	61,18	63 Hz	16,07	250 Hz	4,6
80 Hz	85,68	80 Hz	66,6	80 Hz	14	315 Hz	4,03
100 Hz	88,08	100 Hz	69,88	100 Hz	14,02	400 Hz	3,75
125 Hz	88,47	125 Hz	65,83	125 Hz	14,05	500 Hz	3,61
160 Hz	89,49	160 Hz	67,35	160 Hz	14,37	630 Hz	3,08
200 Hz	85,6	200 Hz	66,09	200 Hz	9,33	800 Hz	2,85
250 Hz	81,99	250 Hz	67,8	250 Hz	7,97	1 kHz	2,65
315 Hz	83,53	315 Hz	63,93	315 Hz	4,92	1,25 kHz	2,55
400 Hz	89,83	400 Hz	66,21	400 Hz	7,93	1,6 kHz	2,46
500 Hz	88,78	500 Hz	66,37	500 Hz	6,5	2 kHz	2,34
630 Hz	86,76	630 Hz	61,35	630 Hz	7,93	2,5 kHz	2,17
800 Hz	84,98	800 Hz	59,26	800 Hz	9,58	3,15 kHz	2
1 kHz	87,11	1 kHz	59,83	1 kHz	6,94	4 kHz	1,8
1,25 kHz	85,2	1,25 kHz	58,85	1,25 kHz	6,8	5 kHz	1,59
1,6 kHz	86,8	1,6 kHz	60,28	1,6 kHz	5,43	6,3 kHz	1,3
2 kHz	87,53	2 kHz	60,62	2 kHz	5,65	8 kHz	1,1
2,5 kHz	86,72	2,5 kHz	59,15	2,5 kHz	6,3	10 kHz	0,82
3,15 kHz	86,52	3,15 kHz	57,05	3,15 kHz	6,88		
4 kHz	89,67	4 kHz	58,35	4 kHz	7,44		
5 kHz	88,19	5 kHz	55,15	5 kHz	7,86		
6,3 kHz	89,01	6,3 kHz	52,82	6,3 kHz	8,25		
8 kHz	86,43	8 kHz	43,52	8 kHz	8,39		
10 kHz	83,73	10 kHz	43,29	10 kHz	8,17		
12,5 kHz	80,76	12,5 kHz	37,53	12,5 kHz	7,77		
16 kHz	75,76	16 kHz	30,77	16 kHz	7,58		
20 kHz	51,9	20 kHz	12,17	20 kHz	9,37		
A	99,05	A	71,78	A	19,34		
Z	100,76	Z	77,42	Z	32,99		

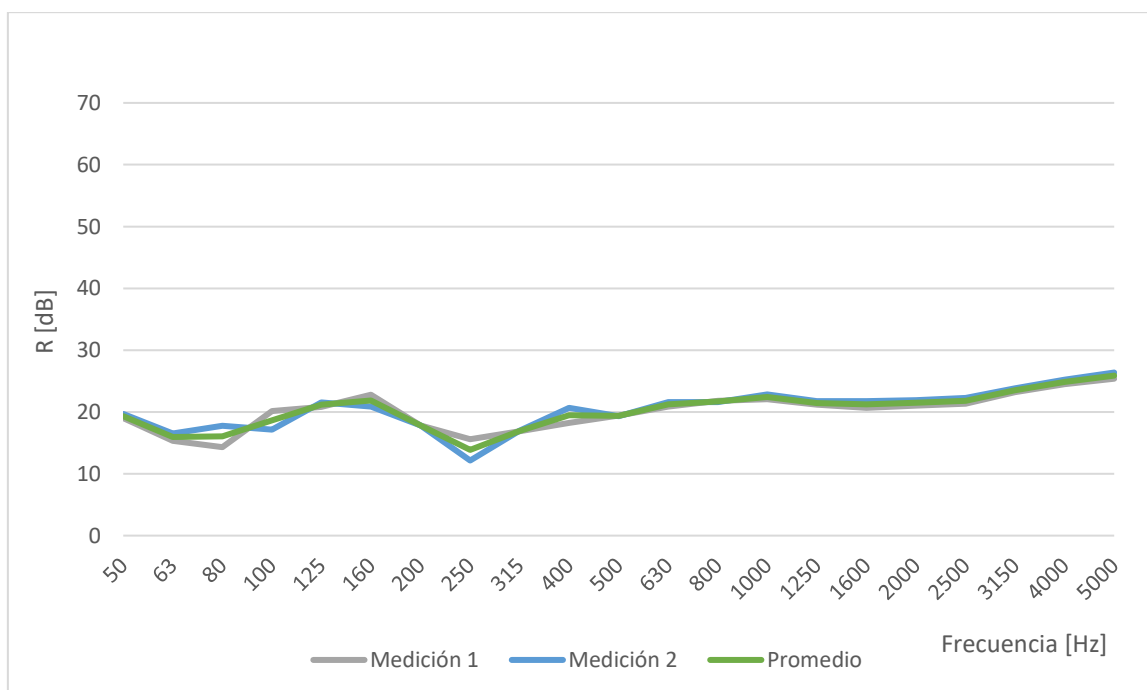


Grafico comparativo Coeficiente de reducción acústica R de la Muestra D) relevado en ambos sentidos

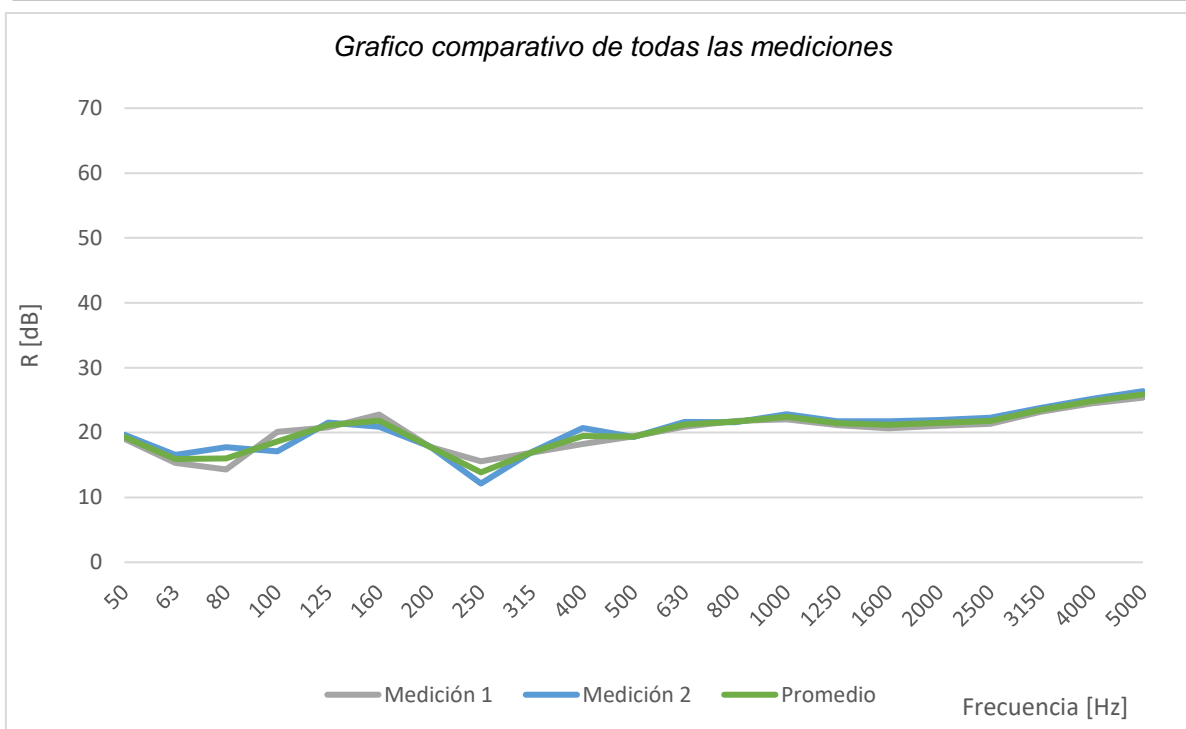


Grafico comparativo de las Muestras C) y D)

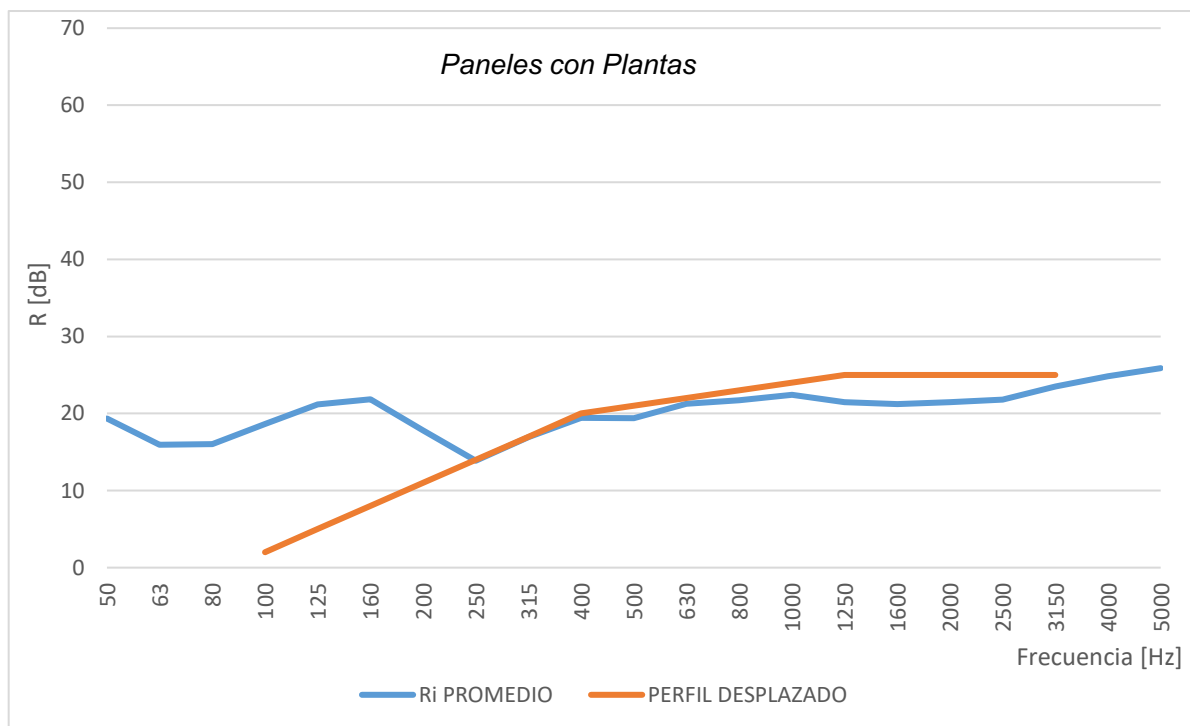


Grafico comparativo Coeficiente de reducción acústica R de la Muestra D) con perfil desplazado

BLOQUE DOS

- **Normativa por método intensimétrico**

ISO-15186-1 (*Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements using sound intensity - Part 1: Laboratory measurements*) para calcular el índice de reducción del sonido R_{in} .

En este caso en particular, se optó por el relevamiento de datos en forma manual por barrido con una sonda intensimétrica.

- **Instalaciones**

Idem Bloque Uno.

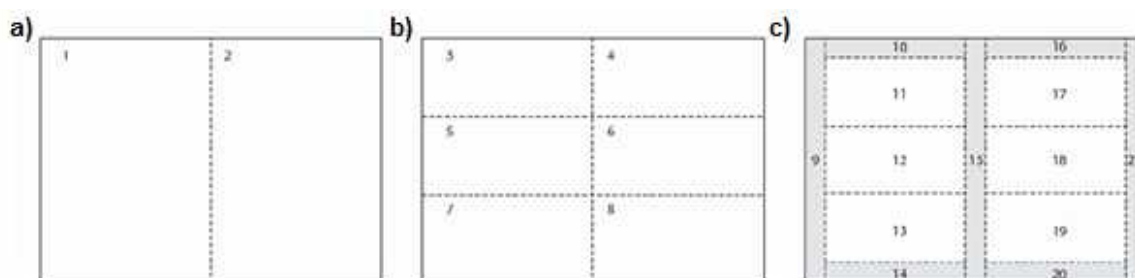
- **Instrumental**

- ✓ Sistema portátil de intensimetría sonora Tipo 2270 Brüel & Kjaer.
- ✓ Analizador Portátil Tipo 2270 Brüel & Kjaer.
- ✓ Calibrador Tipo 4297 Brüel & Kjaer
- ✓ Software de intensidad sonora BZ-7233 Brüel & Kjaer.
- ✓ Kit de sonda de intensidad sonora Tipo 3654 para análisis y cálculos Brüel & Kjaer.

- **Particularidades de las Muestras**

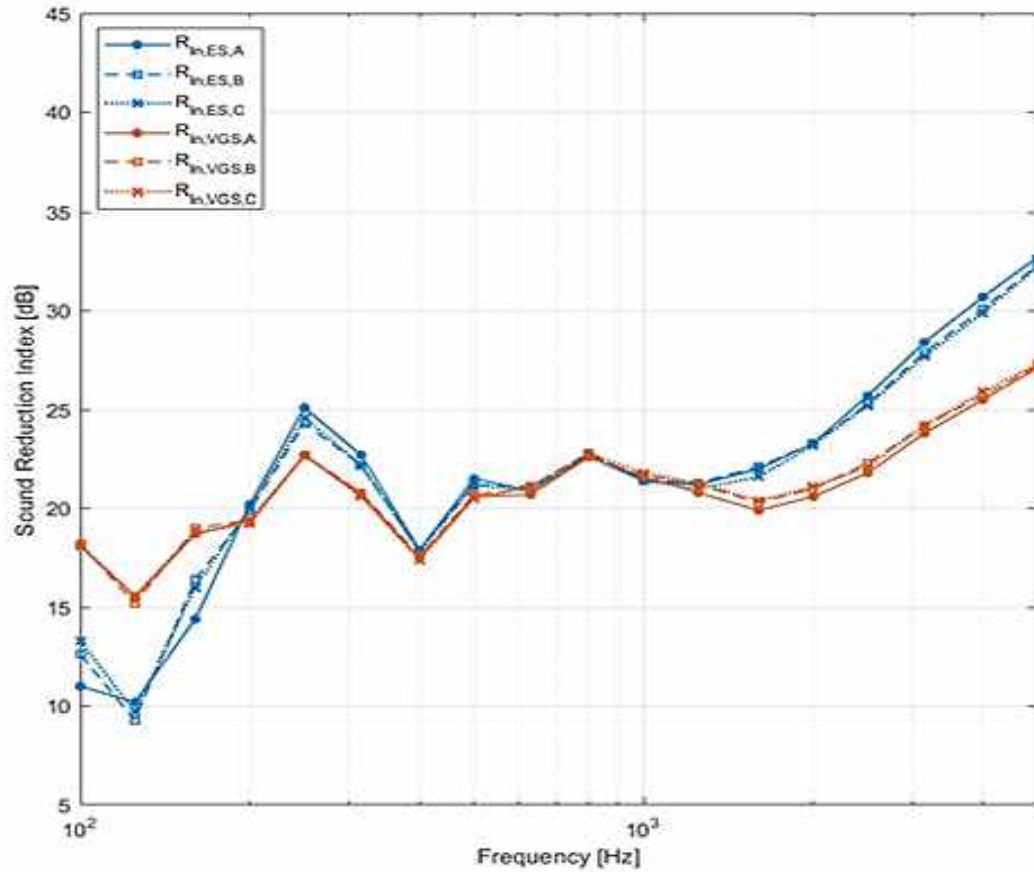
Idem Bloque Uno.

Para el caso del método intensimétrico se subdividió la muestra en dos, luego en ocho y finalmente en 21 secciones, tal como se indica a continuación:



RESULTADOS DE LOS ENSAYOS POR METODO CONVENCIONAL

Los ensayos realizados por el método intensimétrico para las dos configuraciones se expresan en las siguientes curvas:

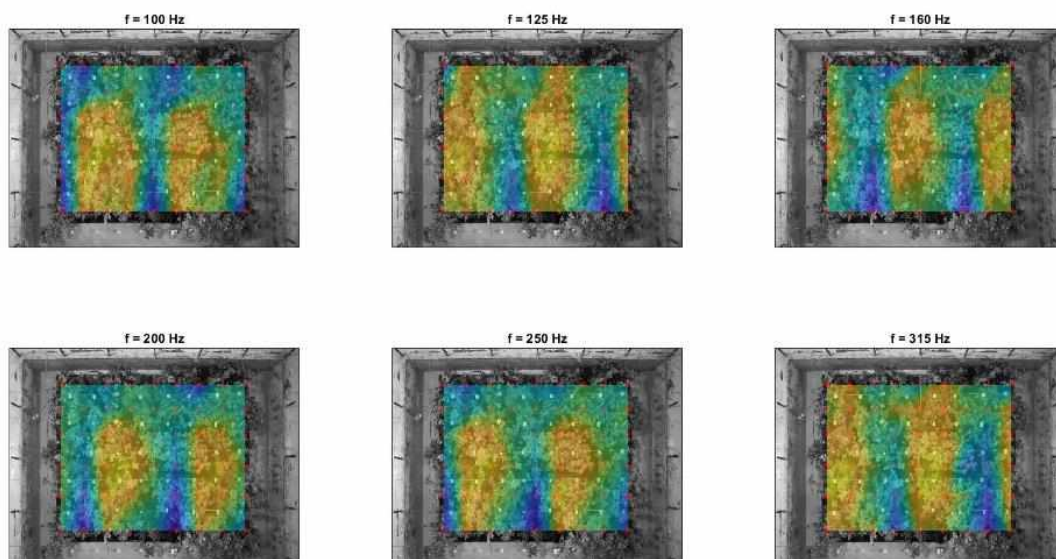


Leyenda

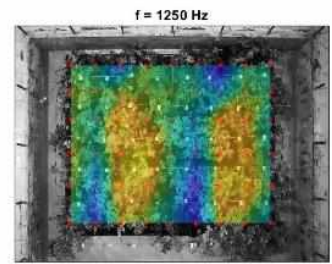
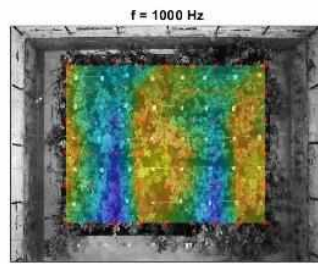
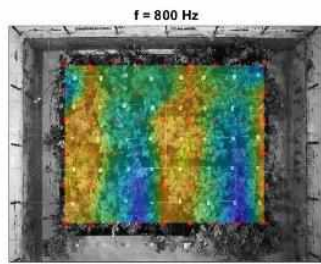
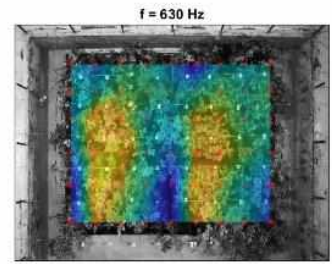
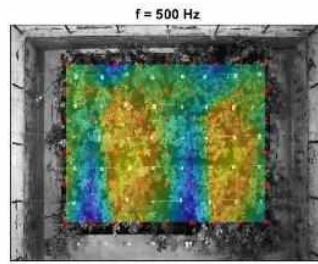
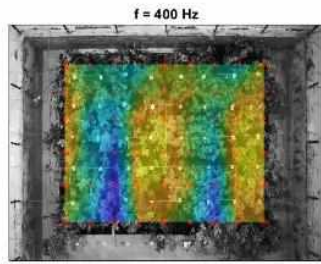
Res : índice de reducción modulos vacíos
Rvgs: índice de reducción SJV modulares

Como información complementaria, los resultados se expresan a través de los mapeos intensimétricos los cuales se exponen a continuación:

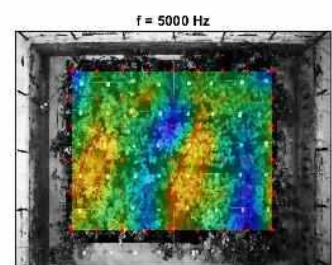
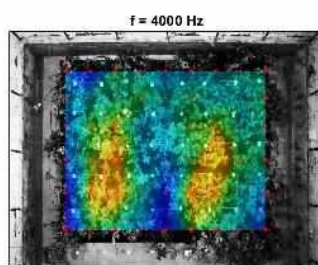
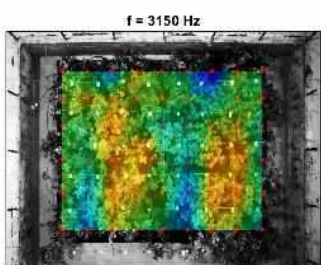
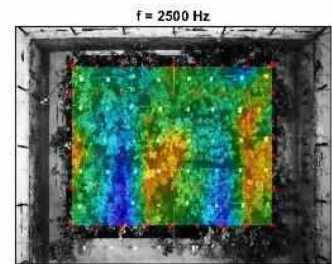
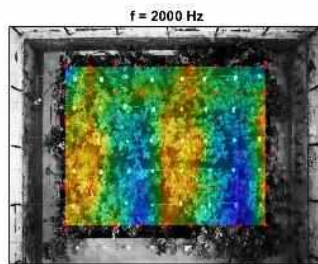
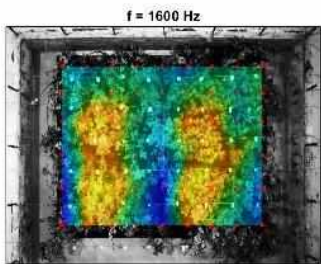
• **Caso a)**



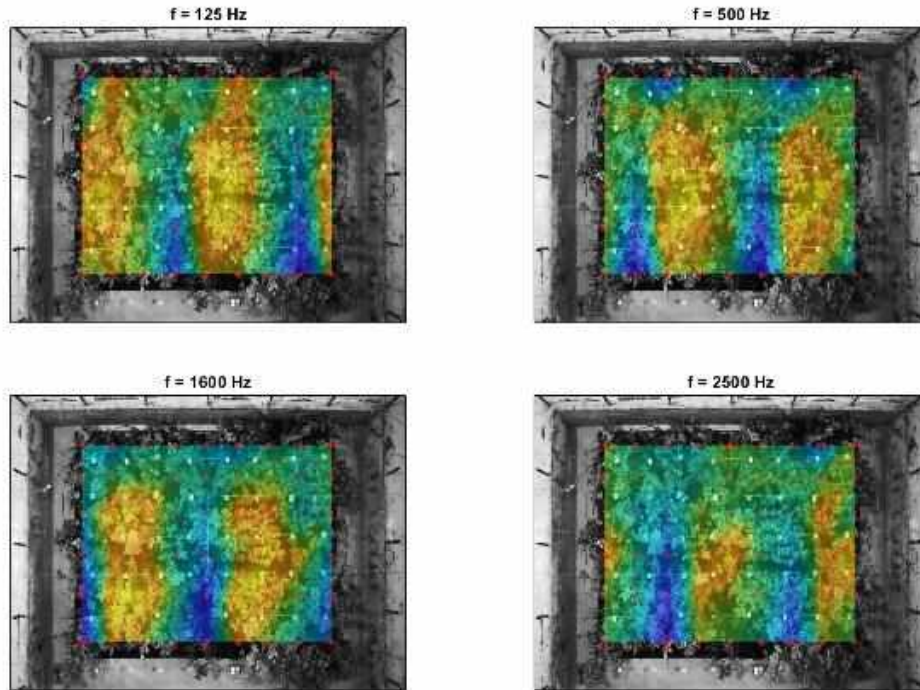
• **Caso b)**



• **Caso c)**

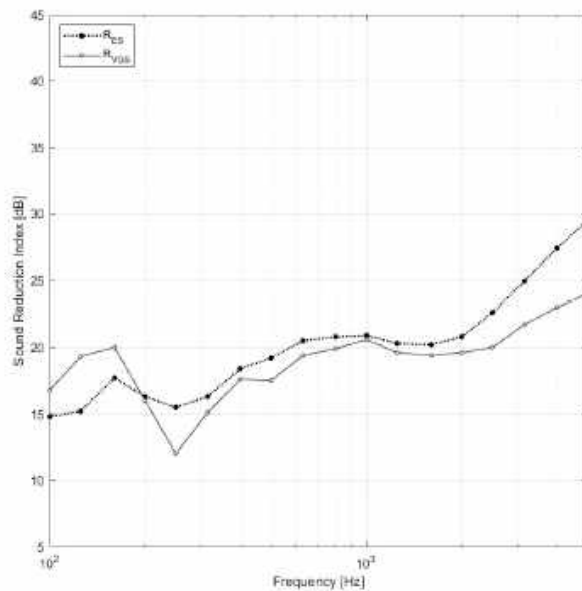


• Resultados promedio considerados

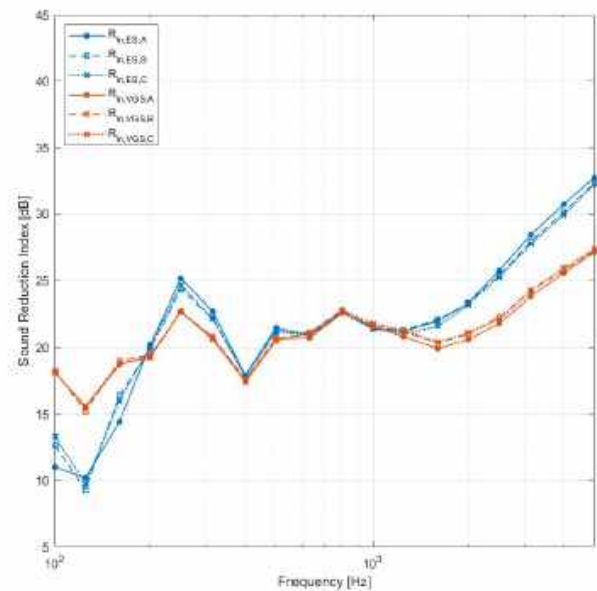


COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO SEGÚN LA METODOLOGÍA EMPLEADA

Índice R de reducción del sonido (dB) en las dos configuraciones



Resultados obtenidos según el metodo convencional-ISO 10140



Resultados obtenidos según metodo intensimetrico-ISO 15186

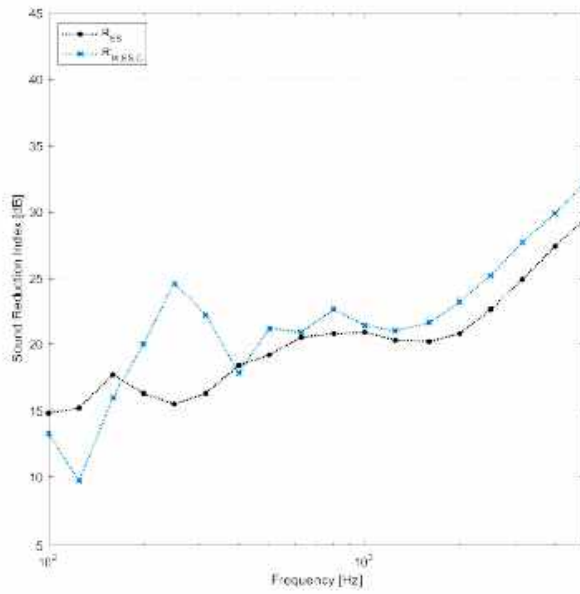
Leyenda

RES: Muestra de paneles vacíos

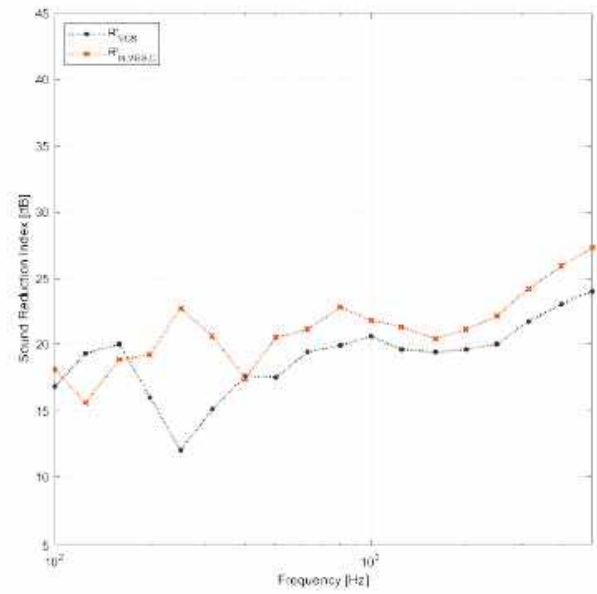
VGS: Muestra de SJV con vegetación y sustrato



Índice R_n de reducción del sonido (dB) de las dos configuraciones según el método intensimétrico y convencional



Muestra C) de paneles vacíos



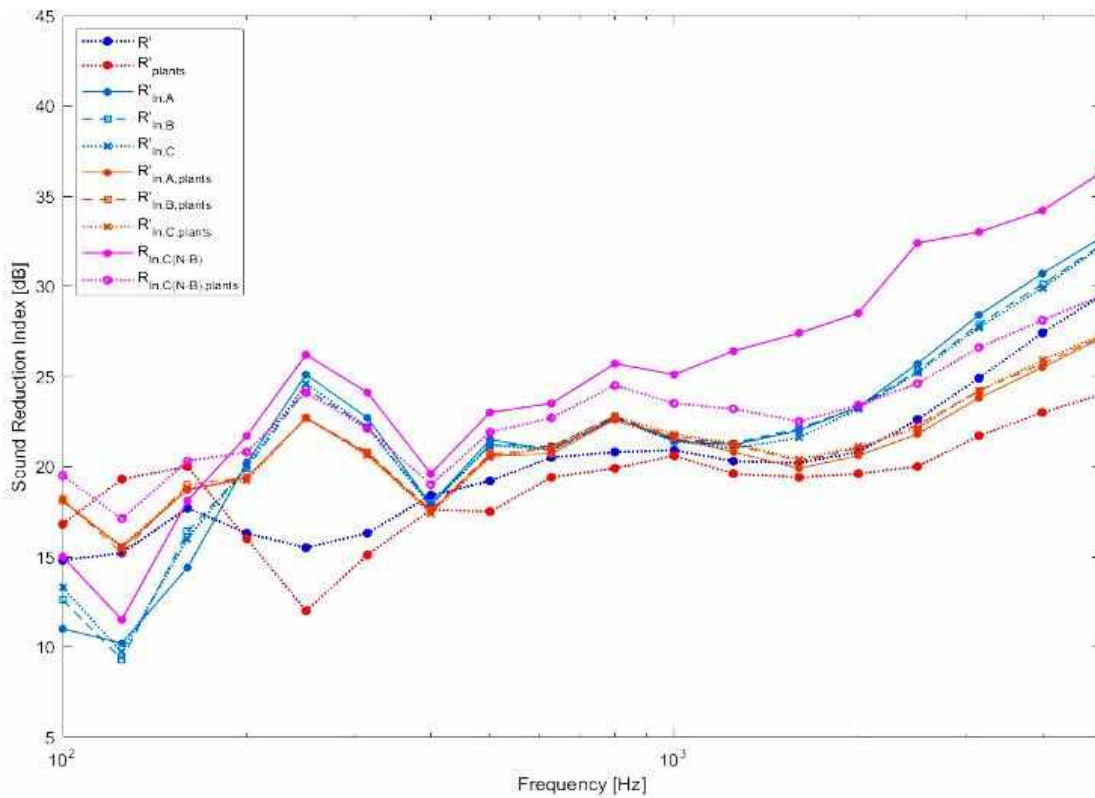
Muestra D) de paneles con vegetación y sustrato

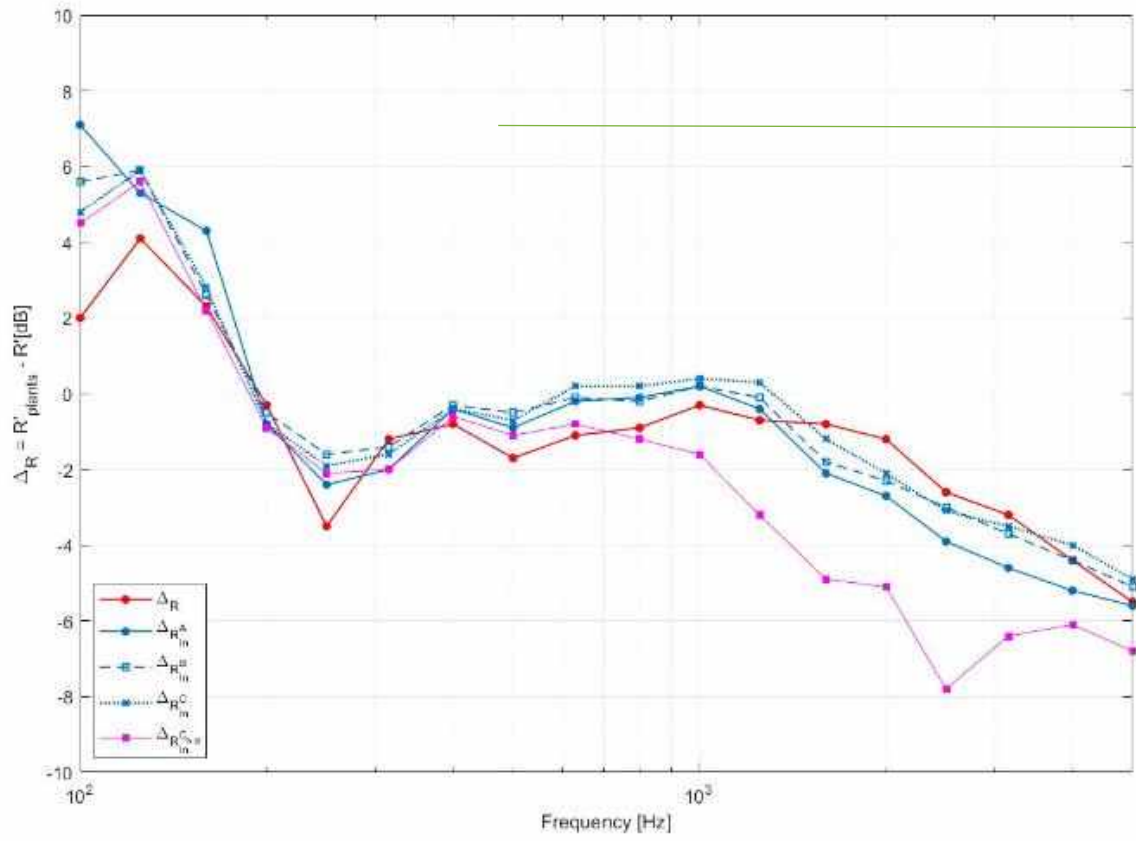
Leyenda

RES: Muestra de paneles vacíos

VGS: Muestra de SJV con vegetacion y sustrato

COMPARACIÓN DE TODOS LOS RESULTADOS

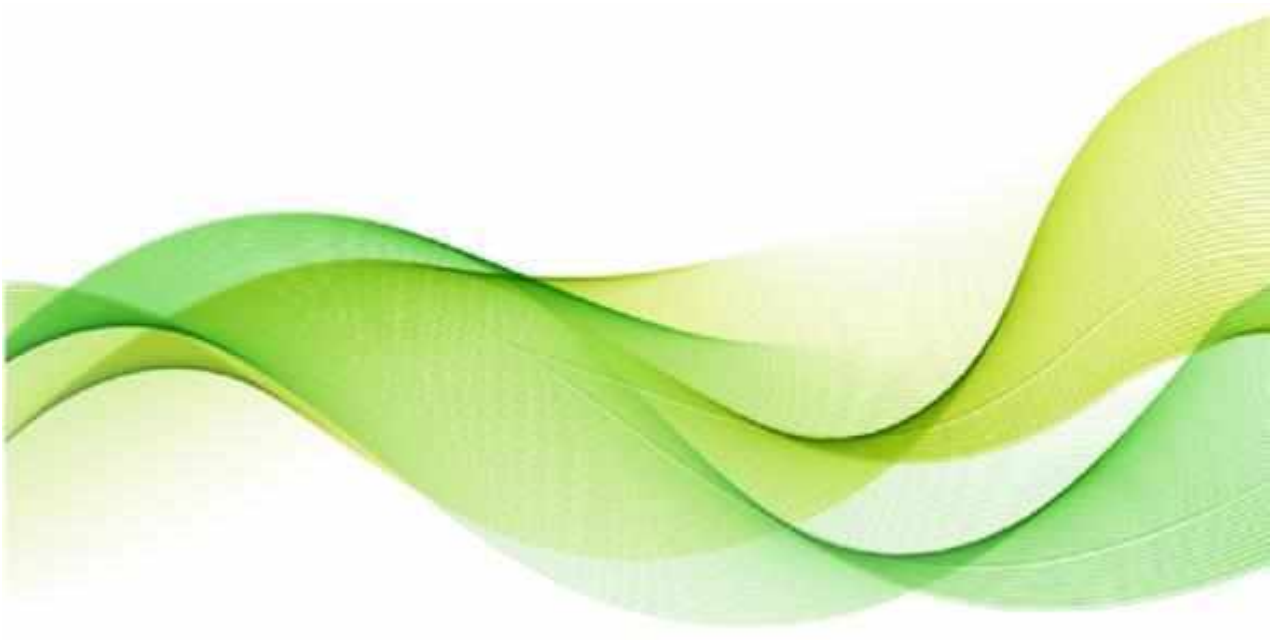






ANEXO F

Desarrollo de prototipos alternativos





F. DESARROLLO DE PROTOTIPOS ALTERNATIVOS

Durante el transcurso de la presente investigación e indagando sobre el comportamiento acústico del prototipo en estudio⁶⁰, surgió la inquietud de avanzar con propuestas superadoras ad hoc. En tal sentido, se contactó a la Cátedra de Taller 5 A (Ricardo Cortez-Martin Favré) de la carrera de Diseño Industrial a fin de trabajar con los alumnos sobre el tema en su tesis de grado durante los años 2017 y 2018.

Los alumnos, detectaron en la búsqueda de antecedentes que los SJV aplicables a fachadas, en su mayoría son implementados por empresas de patente extranjera llave en mano para comitentes comerciales cumpliendo una función estética o bien de imagen corporativa. Dicha situación resultó un incentivo para generar propuestas creativas de bajo costo con materia prima nacional.

Como apoyatura para el desarrollo de los prototipos, los alumnos contaron con el aporte del equipo de trabajo del Laboratorio Bio-Ambiental de Diseño-UFLO dirigidos por el Arq. Sebastián Miguel a fin de realizar una capacitación mínima para alcanzar los conocimientos necesarios para el trabajo.

Los trabajos, presentaron consignas específicas para el diseño, las cuales se indican seguidamente:

- *Bajo peso*
- *Flexibilidad de uso*
- *Simplificación de elementos constitutivos*
- *Aportes ecosistémicos al edificio*
- *Aplicabilidad en baja y alta escala*
- *Mejora en las prestaciones acústicas*
- *Facilidad de instalación*
- *Bajo mantenimiento*
- *Relación equilibrada costo-calidad*

El universo de propuestas, se indican seguidamente:

⁶⁰ Sistema modular donado por el Laboratorio Bio-Ambiental de la Universidad de Flores (UFLO) compuesto por placas de PVC espumado, revestido en fieltro tramado de fibras de algodón tramado con bolsillos superpuestos para alojar el sustrato y los plantines

AÑO 2017

NOMBRE DEL PROTOTIPO: "MODULO TRIVERT PARA ENREDADERAS"

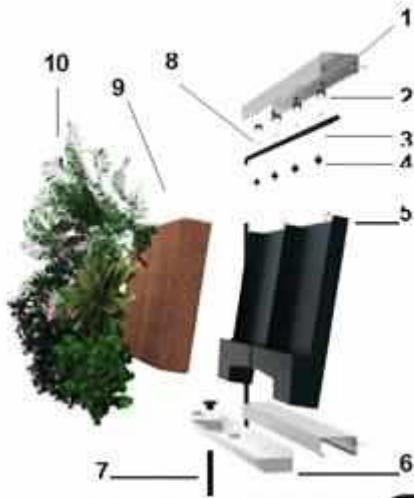
ALUMNO: FRANCISCO RAVAGAN





NOMBRE DEL PROTOTIPO: "MODULO PIXEL"

ALUMNO: IAN KEVIN FEIGE



- 1- Perfil estructural "C" galvanizado.
- 2- Grampas plásticas de sujeción.
- 3- Línea de riego.
- 4- Válvulas autorreguladas de goteo.
- 5- Estructura contenedora (PRFV).
- 6- Estructura de recolección (PVC).
- 7- Desagüe.
- 8- Tornillería autoperforante (T).
- 9- Soporte de Sphagnum.
- 10- Vegetación.



Algunas composiciones



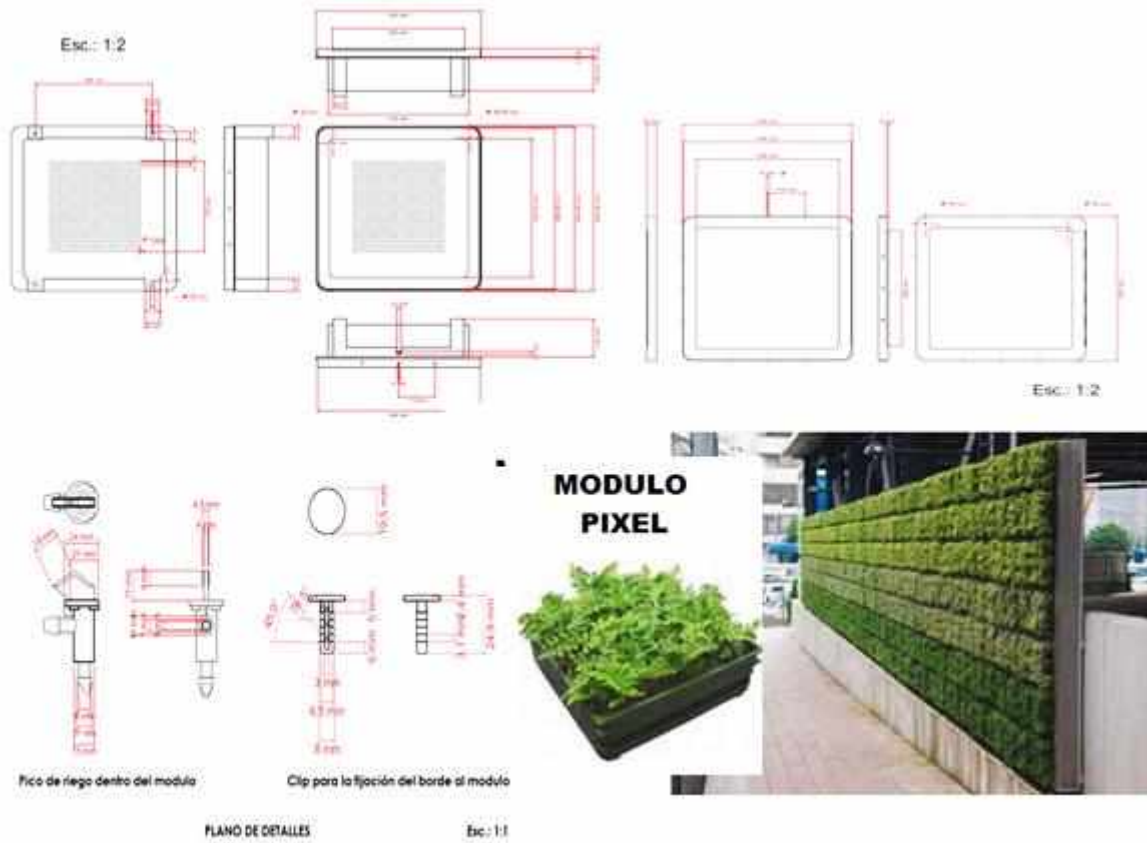
Prueba prueba con 'sphagnum'.



AÑO 2018

NOMBRE DEL PROTOTIPO: "MODULO PIXEL"

ALUMNO: CRISTIAN CORRAL

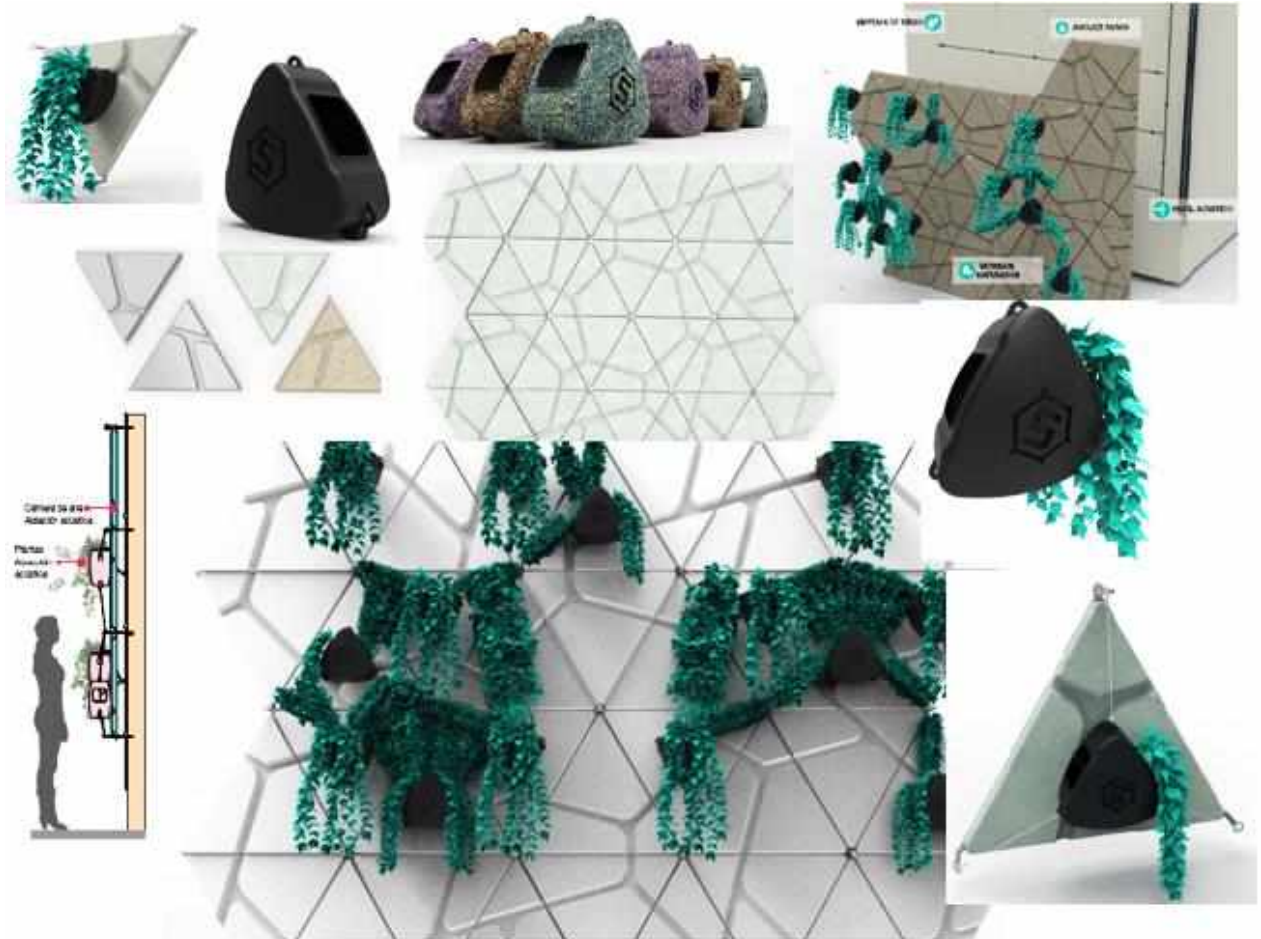


NOMBRE DEL PROTOTIPO: SISTEMA “SEMBRAR LA CIUDAD”

ALUMNO: MARIANA SIRELLO



NOMBRE DEL PROTOTIPO: MODULO “NATURAL”
ALUMNO: MARLEN GARCIA



NOMBRE DEL PROTOTIPO: MODULO "TREMOD"
ALUMNO: MARCOS LEVATO



NOMBRE DEL PROTOTIPO: MODULO “ROCA VIVA”
ALUMNO: FACUNDO ESNAOLA



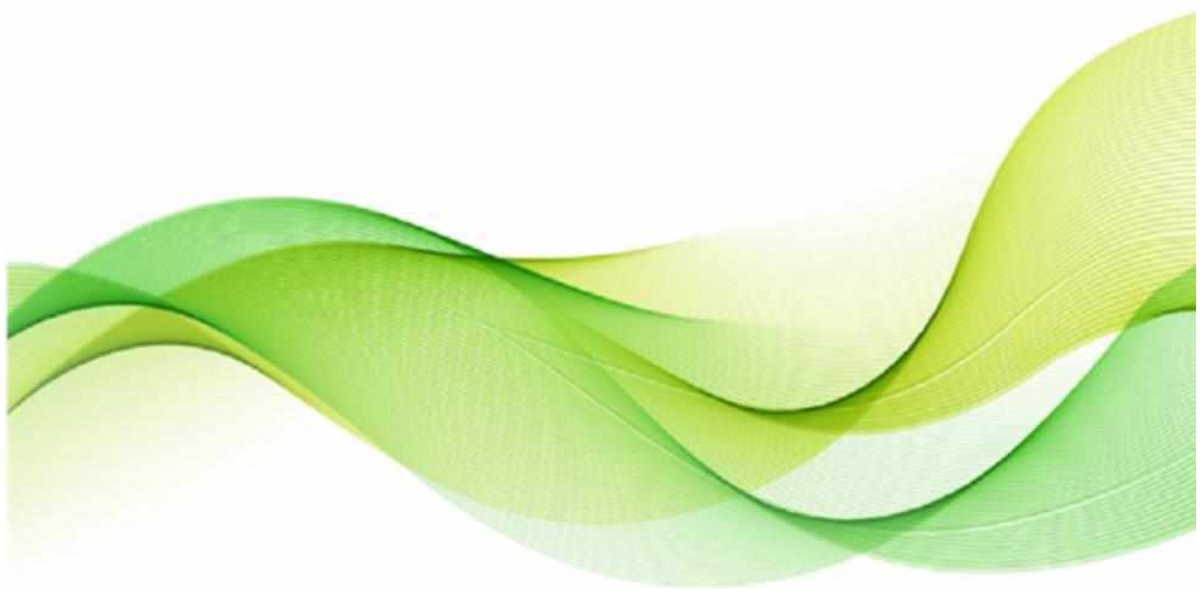
NOMBRE DEL PROTOTIPO: MODULO “ROCA”
ALUMNO: MARTIN HOTZ





ANEXO G

Glosario





G. GLOSARIO DE TODO EL TRABAJO

PARTE I MARCO TEÓRICO

CAPITULO 2

Antropoceno

Refiere al Intervalo geológico, aún no reconocido de manera oficial o unánime, caracterizado por disturbios ecológicos ocasionados por la acción humana. El término fue propuesto por el biólogo estadounidense Eugene F. Stoemer (1934-2012) en los inicios de los años '80 y retomado en el 2000 por el químico y meteorólogo holandés Paul Crutzen (1933-).

Deriva de dos vocablos griegos antropos, que significa "hombre", "humano" y kainos "nuevo", "reciente", en el sentido de algo recién creado.

Literalmente sería "tiempo o época recientemente caracterizada por el efecto de la acción humana".

Arquitectura regenerativa

Es una parte de la arquitectura que busca estar en comunión con la naturaleza, en lugar de existir a costa de ella. Su objetivo no es el diseño de bajo impacto, sino la construcción de estructuras autosuficientes y ecológicas. (arquitectura-sostenible.es)

Arquitectura sostenible

Es un término empleado para denominar aquellos diseños arquitectónicos creados bajo un concepto sustentable, teniendo como objetivo principal la utilización de sistemas que reduzcan el impacto ambiental a la vez que el empleo de recursos naturales. Hoy vamos a conocer algunas particularidades relacionadas con la arquitectura sostenible que también es denominada arquitectura sostenible, eco arquitectura o arquitectura verde.

Biodiversidad

Es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros sistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas. (Convenio sobre Diversidad Biológica de 1992).

Biofilia

Deriva latín "bio" que significa vivo y "philia" que es un tipo de amor fraternal que suele traducirse como amistad o afecto. El concepto fue utilizado por primera vez en 1973 por el psicólogo y filósofo Erich Fromm para referirse a "la atracción por la vida". Y luego, en 1984 por Edward O. Wilson en su libro Biophilia, donde el biólogo establece que la capacidad de maravillarnos por la vida que nos rodea es una tendencia innata, presente genéticamente en los seres humanos debido a que toda nuestra evolución ocurrió en medio -y gracias a- la naturaleza.

Biofiltro

Denominados filtros biológicos, son dispositivos que eliminan una amplia gama de compuestos contaminantes desde una corriente de fluido (aire o agua) mediante un proceso biológico. (Wikipedia)

Biomimesis

Etimológicamente hablando es "Imitar la vida". Viene de "Bios" que es Vida y "Mimesis" que es Imitar o emular. Refiere a la ciencia que estudia a la naturaleza como fuente de ideas para nuevos inventos y proyectos tecnológicos con la finalidad de aportar soluciones a los problemas que enfrenta el hombre frente al nuevo paradigma ambiental buscando imitar los procesos que la naturaleza ha sabido resolver en su adaptación durante millones de años.

C2C

Literalmente en inglés significa "Cradle to Cradle", es decir de la cuna a la cuna y surge del libro. Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things) publicado en 2002 por el químico-ecologista alemán y ex miembro de Green Peace Michael Braungart y el arquitecto-paisajista estadounidense William McDonough en el que se propone una nueva forma de interpretar el ecologismo para la próxima Revolución Industrial.

Es un concepto inspirado en la naturaleza, en la cual no se contempla la producción de residuos. Es lo que los creadores del C2C denominaron "basura=alimento", o sea lasa 3R: reusar, reducir, reciclar.

Cañón urbano

El término define a una calle conformada por edificios en ambos lados, que le otorgan una configuración de corredores o cañones. Las ciudades están formadas por cañones urbanos que forman estructuras complejas.

Ciudades resilientes

Describe la habilidad de cualquier sistema urbano de mantener continuidad después de impactos o de catástrofes mientras contribuye positivamente a la adaptación y la transformación. (ONU-Hábitat).

Coronavirus

Son una extensa familia de virus que pueden causar enfermedades tanto en animales como en humanos. En los humanos, se sabe que varios coronavirus causan infecciones respiratorias que pueden ir desde el resfriado común hasta enfermedades más graves como el síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS) y el síndrome respiratorio agudo severo (SARS). (OMS)



COVID 19

Enfermedad infecciosa causada por el coronavirus que se ha descubierto recientemente. (OMS)

Cubiertas verdes

Son cubiertas ajardinadas en forma parcial o total, ya sea directamente con suelo o con medios de cultivos apropiados.

Refiere a las tecnologías usadas en los techos para mejorar el hábitat o ahorrar consumo de energía, es decir tecnologías que cumplen una función ecológica. Se las conoce también como techos verdes y azoteas verdes.

Doctrina higienista

Expresa una corriente de pensamiento desarrollada principalmente por médicos y que tuvo su origen hacia fines del siglo XVIII y se expresa en los siglos XIX y principios del XX.

La raíz del pensamiento higienista se expresó en el espíritu europeo a consecuencia del impacto que produjo el proceso de la revolución industrial. (memoriachilena.gob.cl)

Ecosistemas

Es el conjunto de organismos vivos (biocenosis) que se relacionan entre sí en función del medio físico en el que se desarrollan (biotopo). Las características de cada ecosistema condicionan el tipo de vida que se desarrolla en cada entorno.

Envolvente edilicia

Es la piel que lo protege de la temperatura, aire y humedad exteriores. Es el elemento físico que separa interior y exterior. Su adecuado diseño permite mejorar el confort interior de sus ocupantes y, a la vez, optimizar el ahorro de energía. Se la conoce también como envolvente arquitectónica.

Espacio confinado

Es la acción que implica el encierro de uno o más individuos en un ámbito cerrado por un periodo de tiempo. (Elaboración propia)

Fitorremediación

Es una ecotecnología, basada en la capacidad de algunas plantas para tolerar, absorber, acumular y degradar compuestos contaminantes, que en la actualidad está siendo aplicada en diversos países para recuperar suelos contaminados tanto con compuestos orgánicos como inorgánicos. (ecologistasenaccion.org)

Grupo SITE (Sculpture in the Environment)

Organización dedicada a la arquitectura interdisciplinaria y al arte del entorno que se formó en 1970 en Nueva York con la finalidad de explorar nuevos conceptos de tipo visual sobre el entorno urbano/suburbano. Los integrantes del grupo pertenecían a diversas disciplinas artísticas y se especializó en el paisajismo, llamado arte ambiental, construyendo edificios de estilo post-moderno y alejado de la ortodoxia arquitectónica, lo que les valió el rechazo de la crítica especializada de la época.

Higienismo urbano-arquitectónico

Es una corriente surgida a principios del siglo XX a raíz de una serie de trabajos elaborados por varios médicos y políticos franceses que luchaban contra la propagación epidémica de la tuberculosis en París. Sus postulados arraigaron en una arquitectura que promovía la iluminación natural y la oxigenación de los edificios, facilita su limpieza interior e implementa nuevas medidas sanitarias en las ciudades como cloacas y agua corriente. (arquiterasa.wordpress.com)

Infraestructura Verde Urbana (IVU)

Es una red interconectada de espacios verdes urbanos, periurbanos, rurales y silvestres, que conserva y aporta funciones ecosistémicas y de servicios ambientales para la población humana.

Jardines verticales (sistemas)

Desde el punto de vista material, es una instalación vertical cubierta de plantas de diversas especies que son cultivadas en una estructura especial dando la apariencia de ser un jardín, pero en vertical.

Desde el punto de vista funcional es un ecosistema, es decir una comunidad de seres vivos cuyos procesos vitales se relacionan entre sí y se desarrollan en función de los factores físicos de un mismo ambiente".

Jardín vertical activo

Es un sistema ecológico de acondicionamiento y biofiltrado del aire. Puede funcionar de manera autónoma o integrada con la instalación de climatización y ventilación del edificio. (paimed.com)

Material particulado

Refiere a la mezcla de partículas líquidas y sólidas, de sustancias orgánicas e inorgánicas, que se encuentran en suspensión en el aire. El material particulado forma parte de la contaminación del aire. Su composición es muy variada y podemos encontrar, entre sus principales componentes, sulfatos, nitratos, el amoníaco, el cloruro sódico, el carbón, el polvo de minerales, cenizas metálicas y agua. Dichas partículas además producen reacciones químicas en el aire.

Naturación urbana

La naturación urbana es la acción de incorporar la vegetación al medio urbano con el objetivo de amortiguar el desequilibrio entre la urbanización y la conservación del medio ambiente. (Definición según Urbano-López de Meneses).



Objetivos Desarrollo Sustentable

Los Objetivos de desarrollo sostenible son el plan maestro para conseguir un futuro sostenible para todos. Dichos objetivos son 17, se interrelacionan entre sí e incorporan los desafíos globales a los que nos enfrentamos día a día, como la pobreza, la desigualdad, el clima, la degradación ambiental, la prosperidad, la paz y la justicia. Para no dejar a nadie atrás, es importante que logremos cumplir con cada uno de estos objetivos para 2030. (Naciones Unidas).

Pandemia

Propagación mundial de una nueva enfermedad. (OMS)

Permacultura

Es un término genérico para la aplicación de éticas y principios de diseño universales en planeación, desarrollo, mantenimiento, organización y la preservación de hábitat apto de sostenerse en el futuro.

La Permacultura también es una red y un movimiento internacional de practicantes, diseñadores y organizaciones, la gran mayoría de las cuales se han desarrollado y sostenido sin apoyo de corporaciones, instituciones o gobiernos. (tierramor.org)

Renaturalización urbana

es un proceso de modificación de una porción del espacio, ya sea edificio, manzana, barrio, parcela, paisaje, territorio, bajo el efecto de una extensión de la ocupación por medio de elementos naturales, flora, fauna, escurrimiento de aguas superficiales, actividad morfodinámica, etc.

Retención de aguas pluviales

En el caso de este estudio, se refiere a la estrategia ecológica para reducir los caudales máximos de aguas pluviales.

Servicios ecosistémicos

Son la multitud de beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad. La biodiversidad es la diversidad existente entre los organismos vivos, que es esencial para la función de los ecosistemas y para que estos presten sus servicios. (ONU-FAO)

Silvicultura

Deriva del latín "silva" que significa "selva", "cole" quiere decir "cultivar" más el sufijo "ura" que es la "actividad resultante de la acción" en la real academia lo definen como "cultivo de los bosques o montes" o "ciencia que trata de este cultivo". La silvicultura se trata del cuidado de los bosques, cerros o montes, así como de las técnicas que se aplican a las masas forestales para poder obtener de ellas una producción prolongada y sostenible de bienes y servicios demandados por la sociedad.

Sinergia positiva

Refiere a la situación donde varios elementos de un sistema o de una organización actúan concertadamente para obtener "el resultado es superior a la suma de los resultados de cada elemento o de cada parte actuando aisladamente". (Wikipedia)

Soluciones basadas en la naturaleza (SbN)

Acciones inspiradas, basadas o copiadas de la naturaleza que utilizan o mejoran soluciones existentes para afrontar diversos retos ambientales, sociales y económicos de manera sostenible y eficiente (definición de la Comunidad Europea). El término fue acuñado por el Banco Mundial y la International Union for Conservation of Nature. (IUCN)

Superficies sembrables

Es aquella que puede sembrarse. (Definición propia)

Superficie cosechable

Es aquella que puede cosecharse. (Definición propia).

Teoría de las cinco pieles

Teoría desarrollada por Friedrich Hundertwasser (1928-2000), pintor y arquitecto ecologista austriaco quien postula que estamos constituidos por cinco pieles, conformadas por la epidermis, las ropas, las casas, la identidad y la tierra, las cuales se perciben a lo largo de su obra artística, así como en su activismo ecologista.

CAPITULO 3

Arquibiotectura

Es un nuevo acercamiento transdisciplinario que me inventé en el 2008. (Es una palabra que nace de la combinación de las palabras arquitectura + biotecnologías + tecnologías de la información y de la comunicación). Definición de Vincent Callabaut

Arquitectura sostenible

Es aquella respetuosa con el medio ambiente al elegir las soluciones con menor impacto en él, siendo viables económicamente y equitativas para la sociedad.



Autopoiesis o autopoyesis

Es un neologismo que designa la cualidad de un sistema capaz de reproducirse y mantenerse por sí mismo. Fue propuesto por los biólogos chilenos Humberto Maturana y Francisco Varela en 1973 para definir la química de automantenimiento de las células vivas. Una descripción breve sería decir que la autopoiesis es la condición de existencia de los seres vivos en la continua producción de sí mismos.

Biointegración

Refiere a las acciones sobre el medio, deben ser de integración activa y, por lo tanto, colaborar dinámicamente con el medioambiente donde se insertan. Difiere de la noción de sustentabilidad básicamente en que ésta tiende a ser pasiva, es decir, busca reducir hacia lo mínimo posible el impacto sobre el medio. En principio, las ideas no son opuestas, si bien sus fundamentos desiguales pueden llevar a soluciones considerablemente divergentes. Y dado que tal dualidad de enfoque puede acarrear tal disparidad final, se hace necesario establecer el concepto con claridad y sus diferencias sin ambigüedad, de forma de que sean, sus alcances y limitaciones, ostensibles y evidentes en el plano teórico, al tiempo que resulte en una utilización sencilla en aplicaciones prácticas.

Biomimesis

Etimológicamente hablando es "Imitar la vida". Viene de "bios" que es vida y "mimesis" que es imitar. Imitar la naturaleza para vivir mejor.

BREEAM

Acronimo de Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology), publicado por primera vez por el Building Research Establishment (BRE) Gran Bretaña, en 1990, es el método más antiguo del mundo de la evaluación, calificación y certificación de la sostenibilidad de los edificios. Puede implementarse en viviendas a construir, construidas, restauradas.

El BREEAM, evalúa y certifica en base a criterios que evalúan procesos muy variados tales como gestión de energía y uso del agua, salud y bienestar, contaminación, transporte, materiales, residuos, ecología, etc. La escala de certificación es de bueno a óptimo.

Posee adaptaciones regionales que tienen otros nombres: GreenStar (Pacífico y Sudáfrica), HKBEAM (Asia), GreenGlobes (Américas).

Bromeliáceas

Es una familia de plantas monocotiledóneas que consta de arbustos o hierbas perennes, terrestres o epífitas, oriundas de las regiones tropicales y templadas de América.

Ciclo de Vida

Representa el aspecto esencial de este enfoque siendo el análisis del ciclo de vida (ACV), la forma de evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, a través de la identificación, cuantificación y evaluación en el uso de materia y energía como las emisiones al entorno, a fin de determinar el impacto del producto en el uso de recursos y las emisiones a fin de implementar en la práctica estrategias ambientalmente sustentables.

Economía circular

Es un sistema de aprovechamiento de recursos cuyo pilar es el uso de cuatro "R": reducir, reutilizar, reparar y reciclar. Es un modelo que va más allá del reciclaje y que se propone ir a la raíz del problema para ofrecer soluciones viables. (Ecoléc.es)

Ecosistema construido o artificial

Son ambientes donde intervienen los humanos, donde la mayoría de condiciones del tipo de suelo, organismos vivos sean plantas, animales o flora, pueden ser controlados por la mano del hombre o ha intervenido de alguna forma.

Ecosistema natural

Es un ambiente específico donde los procesos vitales de un grupo de seres vivos se encuentran interrelacionados. Los factores bióticos (como los animales, las plantas y los microorganismos) y los factores abióticos (el aire, el agua) forman parte de ese ambiente compartido.

Envolvente arquitectónica

La envolvente de un edificio es la piel que lo protege de la temperatura, aire y humedad exteriores. Es el elemento físico que separa interior y exterior. Su adecuado diseño permite mejorar el confort interior de sus ocupantes y, a la vez, optimizar el ahorro de energía.

Está compuesta por la cubierta, fachadas, pisos y elementos en contacto con el terreno y debe ser diseñada como un agente dinámico que interactúe favorablemente entre el exterior e interior, y actúe como un filtro térmico, acústico, lumínico, etc., capaz de modificar favorablemente la acción de los elementos naturales.

Fauna y flora nativa

También llamada especie nativa, especie indígena o autóctona, es una especie que pertenece a una región o ecosistema determinado. Su presencia en esa región es el resultado de fenómenos naturales sin intervención humana.

Fisionica

Estudia sistemáticamente estructuras complejas, en particular, los procesos que producen las organizaciones (como la normativa) o que las hacen evolucionar (como los espacios de cambio) son analizados y reubicados en relación con los sistemas previstos (célula, órgano, individuo, sociedad, ecosistema, etc.). Se privilegian los procedimientos íntimos y los mecanismos que



los subyacen (incluso a nivel celular y subcelular); sus significados y contextos puestos en perspectiva. El proyecto principal es comprender las fructíferas interacciones entre las unidades de los llamados niveles "inferiores" y considerar cómo la unidad global, una empresa o una empresa, actúa a cambio de los componentes más simples. El punto de partida de este nuevo enfoque, ya no es la morfología o la anatomía comparada, sino otra rama de la biología, la fisiología y, más precisamente, la fisiología de las regulaciones.

El concepto es superior a la simple imitación de formas o incluso de la simple analogía de estructuras y materiales (André Giordan-Extraído del artículo "La biónica de la física").

Huella ecológica o ambiental

Es la medida del impacto ambiental que genera un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida, permitiendo analizar el desempeño ambiental y su evolución en el tiempo para planificar las acciones necesarias para reducir el impacto ambiental y mejorar la gestión ambiental. Incluye la huella hídrica, la huella de cambio climático, la huella de recursos, la huella atmosférica, la huella de residuos y la huella de biodiversidad.

Huella de carbono

Se define como el conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero producidas, directa o indirectamente, por personas, organizaciones, productos, eventos o regiones geográficas, en términos de CO₂ equivalentes, y sirve como una útil herramienta de gestión para conocer las conductas o acciones que están contribuyendo a aumentar nuestras emisiones, cómo podemos mejorarlas y realizar un uso más eficiente de los recursos.

Huella hídrica

La huella del agua o huella hídrica es un indicador de uso de agua que tiene en cuenta tanto el uso directo como indirecto por parte de un consumidor o productor.

La huella hídrica se mide en términos de volumen de agua consumida, evaporada y contaminada.

El concepto fue creado por el Dr. Arjen Hoekstra quien, junto con los demás en la Water Footprint Network (WFN), desarrolló el marco y estableció la organización internacional como la principal red de investigación en la disciplina. (waterfootprintcalculator.org)

Horti Pensilis

En plural, jardines colgantes, es decir, formados por el arte de tal manera que las capas, levantadas en terrazas una encima de la otra, a modo de escalones, se apoyan o de manera suspendida en los escalones de mampostería o ladrillos abovedados como asientos en un teatro (Dictionnaire des antiquités romaines et grecques, Anthony Rich, 3º ed. 1883).

LEED

Acrónimo de Leadership in Energy & Environmental Design.

Es un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council), Estados Unidos.

Se compone de un conjunto de normas sobre la utilización de estrategias encaminadas a la sostenibilidad en edificios de todo tipo. Se basa en la incorporación en el proyecto de aspectos relacionados con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la mejora de la calidad ambiental interior (aquí se incluye el ruido), la eficiencia del consumo de agua, el desarrollo sostenible de los espacios libres de la parcela y la selección de materiales. Existen cuatro niveles de certificación: certificado (LEED Certificate), plata (LEED Silver), oro (LEED Gold) y platino (LEED Platinum).

Microfauna

Conjunto de animales microscópicos propios de un ecosistema.

Microorganismos

Todo ser vivo u organismo tan diminuto que solo puede ser visto por medio de un microscopio. La palabra microorganismo se forma de la unión del término griego mikro, que significa 'pequeño' o 'diminuto'; el término latino organum, que significa 'herramienta', 'instrumento', y el sufijo -ismo, que significa 'sistema'. A su vez, su sinónimo microbio, incluye la raíz griega bio, que significa 'vida'.

Parametricismo

Es un estilo dentro de la arquitectura vanguardista contemporánea, promovido como sucesor de la arquitectura posmoderna y la arquitectura moderna. El término fue acuñado en 2008 por Patrik Schumacher, socio arquitectónico de Zaha Hadid (1950-2016). El Parametricismo tiene su origen en el diseño paramétrico, que se basa en las restricciones en una ecuación paramétrica. Este se basa en programas, algoritmos y computadoras para manipular ecuaciones con fines de diseño.

Parterre

Deriva de la conjunción de dos vocablos francés par terre, es decir en el suelo.

Representa un jardín de diseño formar a nivel del suelo en el cual se plantan lechos de plantas de tipo perennes conformando una protección de lechos florales interiores, paseos y/o sendas.

Los Parterres son de formas geométricas, generalmente cuadrados o rectangulares, formando unas cajas de verdor dentro del diseño.

Está relacionado con el arte topiario, donde se recortan o podan árboles para conformar setos, macizos o formas individuales decorativas. (plantasyjardin.com)

Plantas epifitas

Se refiere a cualquier planta que crece sobre otro vegetal u objeto usándolo solamente como soporte, pero que no lo parasita nutricionalmente.



Plantas parásitas

Es la que obtiene alguna o todas las sustancias nutritivas que necesita para su desarrollo desde otra planta.

Policrómico

Refiere a todo aquello que presenta diferentes colores.

Relaciones interespecíficas

Relaciones ambientales que se establecen entre los organismos de la biocenosis (organismos vivos; plantas, animales, bacterias, hongos...etc.) se denomina relaciones bióticas, que depende de si son; las relaciones entre una misma especie, o se relacionan entre diferentes especies.

Saxicoles

Representa aquellas especies que habitan en las rocas o zonas rocosas

Servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos, servicios de los ecosistemas o servicios ambientales, son los beneficios que las personas obtienen de la naturaleza. Existen 4 tipos de servicios ecosistémicos: Servicios ecosistémicos de soporte, servicios ecosistémicos de regulación, servicios ecosistémicos de abastecimiento o provisión y servicios ecosistémicos culturales.

Simbiosis

La palabra simbiosis en biología fue acuñada por De Bary en 1879. Pretendía que fuera un término que describiera la convivencia de dos o más organismos que no están estrechamente relacionados en la filogenia (relación de parentesco entre especies), es decir, que no pertenecen a la misma especie, sin la implicación de intercambios beneficiosos per se. El uso moderno, normalmente asume que la simbiosis significa la dependencia mutua con resultado positivo para todos los implicados.

Socialismo utópico

El socialismo utópico, fue una etiqueta peyorativa" que utilizaban Marx y Engels y que se refería sobre aquellos pensadores ingenuos con ideas futuristas extravagantes y poco realistas. Para esa época, Engels escribió una obra conocida como el Anti-Dühring, con un texto cuyo nombre resultó revelador "Del socialismo utópico al socialismo científico" para evidenciar las diferencias entre las diferentes visiones.

Zigurat

Construcción babilónica característica de la arquitectura sumeria (3300-550 a. e.), con forma de pirámide escalonada y aterrada, en cuya cúspide se hallaba el templo. El zigurat no tenía función social ni habitacional, y solo los sacerdotes podían penetrar en él, pues era la morada de los dioses. El interior de adobe de los muros se protegía de la lluvia por fuera con paredes de ladrillo. (glosarios arquitectónicos.com).

PARTE II MARCO METODOLÓGICO

CAPITULO 4

Aguas grises

Son aguas residuales generadas por las actividades domésticas, tales como la lavandería, el lavado de platos, y el baño.

Alelopatía

Interacción entre dos organismos de la misma especie o entre organismos de especies diferentes en la cual un organismo perjudica (alelopatía negativa) o beneficia a otro (alelopatía positiva) mediante la acción de sustancias químicas.

Amensalismo

Interacción que es perjudicial para una de las especies y neutral para la otra.

Análisis Ciclo de Vida

El análisis de ciclo de vida (ACV), en inglés Life Cycle Assessment (LCA), es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio" (Definición según Norma ISO 14040). Es una herramienta de diseño que investiga y evalúa los impactos ambientales de un producto o servicio durante todas las etapas de su existencia: extracción, producción, distribución, uso y fin de vida (reutilización, reciclaje, valorización y eliminación/disposición de los residuos/desecho).

Arquitectura ecológica

Es un concepto amplio, que abarca desde el uso de materiales de construcción más sostenibles hasta un enfoque bioclimático, una eficiencia en el uso de los recursos o, por ejemplo, el logro de un mínimo impacto paisajístico. (ecologismos.com)



Arquitectura sostenible

Representa aquella respetuosa con el medio ambiente al elegir las soluciones con menor impacto en él, siendo viables económicamente y equitativas para la sociedad.

Bacterias

Organismo microscópico unicelular, carente de núcleo, que se multiplica por división celular sencilla o por esporas.

Biocenosis

(También llamada comunidad biótica, comunidad biológica, comunidad ecológica o simplemente comunidad) es el conjunto de organismos de todas las especies que coexisten en un espacio definido llamado biotopo, que ofrece las condiciones ambientales necesarias para su supervivencia.

Biofilia

Se define como una corriente filosófica que siente "un amor por la vida o los sistemas vivos", que busca la cercanía, el disfrute y la valoración de la naturaleza para alcanzar el bienestar psicofísico de las personas.

Biodiversidad regional

La diversidad biológica o biodiversidad de una región determinada, comprende los genes, las especies y los ecosistemas que se encuentran en ella.

Biointegración

Son aquellas acciones sobre el medio que buscan la integración activa, colaborando dinámicamente con el medioambiente en el que se insertan. Difiere de la noción de sustentabilidad básicamente en que ésta tiende a ser pasiva, es decir, busca reducir hacia lo mínimo posible el impacto sobre el medio.

Biotopo

En ecología, es un área de condiciones ambientales uniformes que provee espacio vital a un conjunto de flora y fauna. El biotopo es casi sinónimo del término hábitat con la diferencia de que hábitat se refiere a las especies o poblaciones mientras que biotopo se refiere a las comunidades biológicas. Término que en sentido literal significa ambiente de vida y se aplica al espacio físico, natural y limitado, en el cual vive una biocenosis. La biocenosis y el biotopo forman un ecosistema.

Calidad de aire

"...es un término más amplio usado para describir la contaminación del aire en ambientes al aire libre. La mala calidad del aire ambiental exterior ocurre cuando los contaminantes alcanzan concentraciones lo suficientemente altas como para afectar negativamente la salud humana y/o el medio ambiente. La contaminación del aire urbano al aire libre es un término más específico que se refiere a la contaminación del aire ambiental exterior en áreas urbanas, por lo general en las ciudades o en sus alrededores". (OPS, 2018)

Capacidad de carga

También llamada sustentación de una especie biológica en un ambiente es el tamaño máximo de población que el ambiente puede soportar indefinidamente en un periodo determinado, teniendo en cuenta el alimento, agua, hábitat, y otros elementos necesarios disponibles en ese ambiente.

Certificados BREEAM

Método internacional desarrollado por la organización BRE GLOBAL de Reino Unido que permite medir el grado de sostenibilidad ambiental de un edificio.

Certificados LEED

Los LEED (acrónimo de Leadership in Energy & Environmental Design) representan un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council), Estados Unidos.

Se compone de un conjunto de normas sobre la utilización de estrategias encaminadas a la sostenibilidad en edificios de todo tipo. Se basa en la incorporación en el proyecto de aspectos relacionados con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la mejora de la calidad ambiental interior (aquí se incluye el ruido), la eficiencia del consumo de agua, el desarrollo sostenible de los espacios libres de la parcela y la selección de materiales. Existen cuatro niveles de certificación: certificado (LEED Certificate), plata (LEED Silver), oro (LEED Gold) y platino (LEED Platinum). Puede implementarse en viviendas a construir, construidas, restauradas, materiales. Existen cuatro niveles de certificación: certificado (LEED Certificate), plata (LEED Silver), oro (LEED Gold) y platino (LEED Platinum). Puede implementarse en viviendas a construir, construidas, restauradas (US Green Building Council).

Ciclo de Vida

Representa el aspecto esencial de este enfoque siendo el análisis del ciclo de vida (ACV), la forma de evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, a través de la identificación, cuantificación y evaluación en el uso de materia y energía como las emisiones al entorno, a fin de determinar el impacto del producto en el uso de recursos y las emisiones a fin de implementar en la práctica estrategias ambientalmente sustentables.

Competencia

Expresa una interacción biológica entre seres vivos en la cual la aptitud o adecuación biológica de uno es reducida a consecuencia de la presencia del otro.



Créditos ambientales

Es un financiamiento dirigido a las actividades sostenibles.
El beneficiario debe buscar el uso responsable de los recursos naturales.
Se lo conoce también como créditos verdes.

Diseño biofílico

Representa aquellos diseños que incorporan elementos de la naturaleza en sus espacios mediante una conexión sensorial directa o indirecta para alcanzar el estado de confort.

Diseño ecológico

Diseño que minimiza los impactos ambientales destructivos al integrarse con los procesos vivos en la medida de lo posible. (Hopper, 2007)

Diseño paramétrico

Es aquel basado en un esquema algorítmico que permite expresar parámetros y reglas que definen, codifican y aclaran la relación entre los requerimientos del diseño y el diseño resultante.

El diseño paramétrico es un paradigma de diseño en el cual la relación entre los elementos se utiliza para manipular y comunicar el diseño de geometrías y estructuras complejas. El término "paramétrico" proviene de las matemáticas y se refiere al uso de parámetros o variables que permiten manipular o alterar el resultado final de una ecuación o sistema. Entre las fuerzas que interactúan con el modelo se cuentan los vientos, tormentas, nevadas, precipitaciones y cargas sísmicas, además factores asociados a la cultura (por ejemplo, el uso de determinadas formas), y el uso que se dará a la estructura, también forman parte del proceso de diseño.

Domótica

Conjunto de técnicas orientadas a automatizar una vivienda, que integran la tecnología en los sistemas de seguridad, gestión energética, bienestar o comunicaciones.

Ecodiseño

Es el diseño que consiste en incorporar criterios ambientales en la fase de concepción y desarrollo de cada producto (bien o servicio), tratando de tomar medidas preventivas con el objeto de disminuir los impactos ambientales en las diferentes fases de su ciclo de vida, desde la producción hasta la eliminación del mismo. Con ello se consigue considerar el factor ambiental como un requisito más del producto y con la misma importancia que pueden tener otros factores como el coste, la seguridad o la calidad.

Ecorregión

Se conoce por ecorregión o región ecológica al área biogeográfica que se destaca por diferentes características. En primer lugar, una ecorregión presenta un tamaño geográfico considerable además de un clima, flora, fauna, ecología y demás características únicas. Una ecorregión puede ser terrestre o acuática y cuenta con un área extensa que contiene una serie de características naturales distintivas.

Ecosfera

Conjunto de ecosistemas.

Ecosistema artificial

Un ecosistema es artificial cuando el modelo natural se aplica al margen de sus circunstancias de origen. El fin de estos ecosistemas es recrear o reproducir lo natural en un contexto no natural, es decir, artificial.

Ecosistema natural

Grupo de organismos unidos entre sí por un flujo de energía; también puede definirse como una comunidad de organismos y su entorno. (Marsh, 2010)

Economía circular

Es un sistema de aprovechamiento de recursos cuyo pilar es el uso de cuatro "R": reducir, reutilizar, reparar y reciclar. Es un modelo que va más allá del reciclaje y que se propone ir a la raíz del problema para ofrecer soluciones viables. (Definición de Ecolec.es)

Edificio híbrido

Según la definición RAE el término híbrido es un adjetivo biológico. Esta cualidad se establece según la siguiente definición: "individuo/organismo cuyos padres son genéticamente distintos con respecto a un mismo carácter". Esta heterogeneidad no implica por ahora ninguna superioridad funcional derivada.

Especies adaptadas

Son aquellas especies que se han adaptado a lo largo de los años en una región o ecosistema determinado.

Especies exóticas o alóctonas

Son aquellas especies no nativas del lugar o del área donde habita.



Especies nativas

También conocidas como especies indígenas o autóctonas son especies que pertenecen a una región o ecosistema determinados.

Factores microclimáticos

Se trata de una serie de variables atmosféricas que distinguen una zona o espacio medianamente reducido.

Fauna y flora nativa

Es el conjunto de especies vegetales que se pueden encontrar en una región geográfica o que habitan en un ecosistema determinado, atiende al número de especies mientras que la vegetación hace referencia a la distribución de éstas y la importancia relativa por número de individuos y tamaños de cada una de ellas.

Fenómeno “Isla de calor”

El fenómeno de la isla de calor urbana (Urban Heat Island-UHI), concepto acuñado en 1958 por el climatólogo inglés Gordon Marley, es el resultado de un conjunto de situaciones complejas que se dan en el interior de las ciudades superpobladas de media y alta escala como consecuencia de almacenar calor solar en el tejido urbano.

Fertirrigación

Técnica que permite la aplicación simultánea de agua y fertilizantes a través del sistema de riego. Se trata por tanto de aprovechar los sistemas RLAF (Riegos Localizados de Alta Frecuencia) para aplicar los nutrientes necesarios a las plantas.

Fieltro

Paño no tejido que resulta de pensar borra, lana o pelo.

Fitorremediación

Uso de plantas para eliminar contaminantes del aire, agua y suelo. Se ha demostrado que las plantas absorben los contaminantes del aire a través de sus estomas durante el intercambio normal de gases.

Hidropónico

Sistemas que utilizan soluciones balanceadas que proporcionan los nutrientes necesarios para los requerimientos de agua y alimentos de la planta. (Ottelé et al., 2011)

Hongos

Ser vivo heterótrofo (incapaz de producir su propia materia orgánica), carente de clorofila, hojas y raíces, que se reproduce por esporas y vive parásito o sobre materias orgánicas en descomposición; p. ej., el cornezuelo, el champiñón y el mildiu.

Horti Pensilis

En plural, jardines colgantes, es decir, formados por el arte de tal manera que las capas, levantadas en terrazas una encima de la otra, a modo de escalones, se apoyan o de manera suspendida en los escalones de mampostería o ladrillos abovedados como asientos en un teatro. (Definición de Vines)

Huella hídrica

La huella del agua o huella hídrica es un indicador de uso de agua que tiene en cuenta tanto el uso directo como indirecto por parte de un consumidor o productor.

La huella hídrica se mide en términos de volumen de agua consumida, evaporada y contaminada.

El concepto fue creado por el Dr. Arjen Hoekstra quien, junto con los demás en la Water Footprint Network (WFN), desarrolló el marco y estableció la organización internacional como la principal red de investigación en la disciplina. (waterfootprintcalculator.org)

Huella ecológica

Es un indicador que se utiliza para medir el impacto ambiental de la sociedad. De esta forma, mide el impacto generado por la demanda de recursos naturales existentes en el planeta, en relación con la capacidad que tiene este para regenerar estos recursos.

Huella hídrica

Indicador medioambiental que mide el volumen de agua dulce (litros o metros cúbicos) utilizado a lo largo de toda la cadena de producción de un bien de consumo o servicio.

LEED

Acrónimo de Leadership in Energy & Environmental Design.

Es un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council), Estados Unidos.

Se compone de un conjunto de normas sobre la utilización de estrategias encaminadas a la sostenibilidad en edificios de todo tipo. Se basa en la incorporación en el proyecto de aspectos relacionados con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la mejora de la calidad ambiental interior (aquí se incluye el ruido), la eficiencia del consumo de agua, el desarrollo sostenible de los espacios libres de la parcela y la selección de materiales. Existen cuatro niveles de certificación: certificado (LEED Certificate), plata (LEED Silver), oro (LEED Gold) y platino (LEED Platinum).



Microfauna

Conjunto de animales microscópicos propios de un ecosistema.

Microorganismos

Organismo microscópico animal o vegetal.

Mutualismo

Representa una interacción biológica, entre individuos de diferentes especies, en donde ambos se benefician y mejoran su aptitud biológica. Las acciones similares que ocurren entre miembros de la misma especie se llaman cooperación.

Nematodo

Son gusanos con forma cilíndrica y de pequeño tamaño que habitan bajo el interior del suelo.

Plantas epifitas

Son aquellas que viven sobre otra planta sin alimentarse a expensas de esta, como los musgos y líquenes.

Plantas parásitas

Son aquellas que para sobrevivir se alimentan a expensas de otra planta.

Reflectancia solar

Capacidad que un elemento constructivo para rechazar el calor solar.

Relación interespecíficas o asociación inter específica

Expresa la interacción que tiene lugar entre dos o más individuos de especies diferentes.

Salinidad

La salinidad de un suelo se define como la concentración de sales solubles que existe en la solución del suelo. Las sales que entran en el suelo (por riego y/o otro origen) se concentran como resultado de la evaporación y transpiración de la planta.

Semi-hidropónica

Término de cultivo que suele utilizarse cuando se emplean sustratos no inertes (turba, fibra de coco, corteza de pino, otros sustratos orgánicos, mezclas con fertilizantes de liberación controlada, etc.) que suministran una importante parte de los nutrientes a la planta.

Servicios ecosistémicos

Son aquellos beneficios que un ecosistema aporta a la sociedad y que mejoran la salud, la economía y la calidad de vida de las personas. Los servicios ambientales o ecosistémicos son aquellos servicios que resultan del propio funcionamiento de los ecosistemas.

Simbiosis

Es la relación entre dos o más especies, obligatoria, en las que todos o algunos de los simbioses salen beneficiados.

Sustrato

Representa todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta.

Tensocables

Cables tensores de acero.

Teoría de sistemas

Conocida también como Teoría General de Sistemas, surge en la década entre los años 1950-1960 a partir de conocimientos interdisciplinarios relacionados con las matemáticas, la ingeniería y la ciencia de la computación. La teoría de origen y aplicabilidad directa principalmente en las matemáticas y en la biología, también ha sido de gran utilidad para la explicación de algunos fenómenos de otras disciplinas como en algunas ciencias del hombre. En arquitectura y en el urbanismo, ya ha sido aplicada por algunos estudiosos para desarrollar análisis del funcionamiento del sistema de ciudades, para explicar los patrones de crecimiento o para analizar aspectos relativos a movimientos de población, entre otros.

Esta teoría puede servir de base para estudiar diversos fenómenos, teniendo como objetivo presentar y explicar nuevas concepciones sobre aquello que se estudia y, partiendo de sus principios y postulados, establecer metodologías específicas que puedan ser aplicadas al estudio de fenómenos complejos en arquitectura.

Transdisciplinariedad

Connota una estrategia de investigación que atraviesa límites disciplinarios para crear un enfoque holístico. Se aplica a los esfuerzos de investigación centrados en problemas que cruzan los límites de dos o más disciplinas y pueden referirse a conceptos o métodos que originalmente fueron desarrollados por una disciplina, pero son ahora usados por varios otros pero que ahora es ampliamente usado por otras disciplinas.



CAPITULO 5

Acústica ambiental

Es la parte de la acústica dedicada al estudio y control del ruido en el medio ambiente.

Absorción acústica

Es la transformación de la energía sonora a cualquier otra forma de energía, generalmente calorífica, a pasar a través de un medio o incidir sobre una superficie. Expresan la capacidad de absorción del sonido de un material y representa la relación entre la energía absorbida por el material y la energía reflejada por el mismo.

El valor varía entre 0 (toda la energía se refleja) y 1 (toda la energía es absorbida).

Acústica

Refiere al estudio del sonido y la forma en que lo percibimos.

Es la rama de la ciencia que trata de las perturbaciones elásticas sonoras. Originalmente aplicada solo a los sonidos audibles.

La palabra "acústica" procede de los vocablos griegos "akoustilos" (relativo al oído) y "akouo" (oír).

La acústica es la parte de la física que estudia las propiedades de los sonidos. (RAE, 2012)

El campo de la acústica se divide en diversas áreas de especialización.

Acústica arquitectónica

Campo de la acústica que estudia el comportamiento del sonido que se propaga hacia los edificios.

Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible

Plan de acción como nuevo paradigma de desarrollo para las personas, el planeta, la prosperidad, la paz y el trabajo conjunto.

Es un instrumento que plantea 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarca las esferas económica, social y ambiental.

Agenda 21 Local

Documento que contiene las estrategias consensuadas entre la administración, los ciudadanos y los agentes locales para alcanzar el desarrollo sostenible en un territorio a medio y largo plazo.

app

Es un acortamiento (no abreviatura, sigla ni diminutivo) de la palabra inglesa "application".

Una app o aplicación es un programa de software que está diseñado para realizar una función determinada directamente para el usuario, programa generalmente pequeño y específico que se usa particularmente en dispositivos móviles. El término app originalmente se refería a cualquier aplicación móvil o de escritorio, pero a medida que surgían más tiendas para vender aplicaciones móviles a usuarios de teléfonos inteligentes y tabletas, el término ha evolucionado para referirse específicamente a estos pequeños programas que pueden descargarse e instalarse a la vez en su dispositivo móvil.

Existen miles de apps diseñadas para ejecutarse en los teléfonos inteligentes y tabletas disponibles en el mercado actualmente. Algunas de estas aplicaciones se pueden descargar de forma gratuita, mientras que otras deben comprarse en una tienda de aplicaciones (App Store, Google Play, Microsoft Store, Amazon AppStore, Opera Mobile Store, entre otras).

Aislación

Características físicas intrínsecas del material en cuanto a su capacidad de atenuar las ondas sonoras [también se lo conoce por el nombre genérico de aislamiento].

Aislamiento

Diferencia de niveles entre dos recintos en los que interviene la aislación de los diversos elementos que lo limitan.

Árboles

Planta de tronco leñoso, grueso y elevado que se ramifica a cierta altura del suelo formando la copa.

Arbustos

Planta cuyo tallo principal (leñoso) se ramifica a poca altura sobre el suelo en varios troncos delgados y aproximadamente iguales.

Aspectos objetivos del sonido

Representa las características físicamente mensurables y cuantificables de un sonido.

Aspectos subjetivos del sonido

Refiere a las apreciaciones de los individuos frente a la generación de un sonido (agradable, desagradable, molesto, etc.).

Bandas de octava

Gama de frecuencias comprendidas entre dos que están en la relación 2/1. La banda de audiofrecuencias contiene aproximadamente 10 bandas de octavas.



Bandas de tercios de octava

Gama de frecuencias comprendida entre una frecuencia f y otra frecuencia.

Barreras acústicas

Representan estructuras especialmente diseñadas que se colocan en el exterior para reducir la contaminación acústica. Suele colocarse en las carreteras, vías férreas e industrias. Se los conoce también como pantalla acústica.

Big data

Son datos que contienen una mayor variedad y que se presentan en volúmenes crecientes y a mayor velocidad.

Campo sonoro

Es la región del espacio en la que existen perturbaciones elásticas.

Campo sonoro difuso

Campo sonoro caracterizado por las siguientes propiedades: distribución uniforme de la energía sonora, es decir, igual densidad media de energía en todos sus puntos; igual flujo medio de energía en todas las direcciones para todos los puntos; relación de fase arbitraria entre los trenes de onda que convergen en todos los puntos.

Campo sonoro en espacio libre

Es un campo sonoro en un medio homogéneo isótropo e ilimitado en el cual, prácticamente, los efectos de los límites son despreciables en la región de interés.

Cañones urbanos

Es una unidad urbana básica formada por las paredes de los edificios, el suelo, la calle entre edificios, y el volumen de aire contenido adentro.

CE

Sigla de la Comunidad Europea

Coefficiente absorción alfa o alfa sabine

El coeficiente de absorción o de atenuación se define como el cociente entre la energía absorbida y la energía incidente por una superficie o sustancia.

Las propiedades absorbentes de sonido de un material se expresan en el coeficiente de absorción de sonido, α , (alfa) en función de la frecuencia.

Condiciones microclimáticas

Conjunto de las condiciones climáticas particulares de un lugar determinado, resultado de una modificación más o menos acusada y puntual del clima de la zona en que se encuentra influido por diferentes factores ecológicos y medioambientales.

Las grandes ciudades conforman un microclima especial con variaciones de temperatura de hasta 10 °C; en los invernaderos se crea un microclima determinado para cada tipo de cultivo.

Confort acústico

Representa el bienestar y la sensación de los ocupantes de un edificio u hogar con respecto al entorno acústico (transporte, equipo, actividad, vecindario que produce ruido).

Contaminación acústica

Refiere a la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos.

Contaminación acústica antropogénica

Es aquella contaminación acústica que se genera a consecuencia de las actividades que desarrolla el hombre sobre el territorio.

Contaminante físico

Son las diferentes formas de energía que pueden producir alteraciones en el medio y afectar la salud de las personas.

Contexto natural-construido

En el sentido más amplio se refiere al ambiente o entorno que no es el resultado de la actividad o la intervención humana, mientras que el ambiente construido o artificial hubo participación del hombre.

Control Activo de Ruido (CAR)

Técnica capaz de atenuar el ruido acústico existente mediante la emisión de otro ruido acústico (señal), lo cual resulta posible cuando las ondas de presión acústica de ambos ruidos estén en oposición de fase propiciando la cancelación del ruido.



Coronamiento o cima de una barrera

Parte superior donde finaliza la estructura que conforma la barrera acústica.

Costo social del ruido

Valoración económica aproximada de los beneficios en la reducción del ruido generado por las diversas fuentes urbanas.

Crowdsourcing

Es una práctica por la cual se convoca a una gran cantidad de público para aportar ideas con la finalidad de encontrar la solución de una tarea.

Esta palabra fue creada en el 2006 por Jeff Howe periodista y editor de la revista electrónica Wired. La palabra proviene de los términos ingleses crowd (multitud) y sourcing (abastecimiento).

Esta práctica permite que una tarea que generalmente es realizada por un grupo de especialistas, sea realizada a través de una convocatoria abierta por un gran número de personas.

dB (decibel o decibelio)

Unidad que indica el nivel de potencia y presión acústica.

El rango habitual de las fuentes normales fluctúa de 0 a 120 dB, siendo 0 el silencio y 120 el ruido de un motor de avión.

dBA (decibel o decibelio ponderado A)

Decibel ponderado a la respuesta del oído humano, mediante la curva de compensación "A":

Decibel

Décima parte del Belio.

Decibelímetro

Es un instrumento compuesto de micrófono, amplificador, redes de ponderación e indicador de medida, destinado a la medida de niveles sonoros, siguiendo unas determinadas especificaciones. Se lo conoce también con el nombre de sonómetro.

Difracción acústica

Refiere a cuando el sonido se dispersa como consecuencia del encuentro con obstáculos que no son transparentes.

La difracción es un fenómeno físico característico por el cual una onda, en este caso una onda sonora, modifica su dirección de propagación al encontrarse con aberturas u obstáculos. Este fenómeno tiene la propiedad de rodear los obstáculos o doblar las esquinas dependiendo del obstáculo y su tamaño, además de la longitud de onda de la misma. Las ondas son capaces de traspasar orificios y bordear obstáculos interpuestos en su camino. Esta propiedad característica del comportamiento ondulatorio puede ser explicada como consecuencia del principio de Huygens y del fenómeno de interferencias. El cual afirma que cualquier punto de un frente de onda inicial puede considerarse como una fuente de ondas esféricas secundarias que se extienden en todas las direcciones con la misma velocidad, frecuencia y longitud de onda que el frente de onda del que proceden.

Difusión acústica

Eficacia con la que se distribuye la energía sonora de modo uniforme en un espacio determinado.

Cuando un campo acústico es difuso, el sonido se propaga en todas las direcciones por igual, situación que se recrea en los laboratorios dentro de sus salas de medición.

Un campo no difuso, el sonido puede dominar más en determinadas direcciones.

Dique de tierra

Un dique es un terraplén natural o artificial, por lo general de tierra, paralelo al curso de una vía, una ruta, un río o al borde del mar.

Disipación de energía

Desde el punto de vista físico, la disipación incluye el concepto de un sistema dinámico en el que importantes modos mecánicos, como las ondas o las oscilaciones, pierden energía con el paso del tiempo, normalmente debido a la acción de la fricción o la turbulencia. Por ejemplo, se dice que una onda que pierde amplitud, se disipa.

Dispersión acústica

Refiere al fenómeno físico de separación de las ondas de distinta frecuencia al atravesar un material.

DNN

Acronimo del inglés Deep Neural Network, es decir red neuronal profunda que expresa una red artificial con múltiples capas.

Dosel de un árbol

El dosel de un árbol individual se refiere a la capa superior de sus hojas.

Efecto de suelo acústico

Refiere a la incidencia del tipo de suelo en las condiciones de propagación de las ondas sonora. Así en suelos naturales porosos se presentan los fenómenos de reflexión, absorción y refracción del sonido, mientras que en asfaltos y hormigones predomina el efecto de la reflexión debido a la dureza de la superficie. También se lo conoce como atenuación por el terreno.



Energía sonora

En un volumen dado de un medio, es la energía total en este volumen, menos la energía que existiría si no hubiese ondas sonoras presentes.

Enmascaramiento acústico

Refiere a uno o más sonidos simultáneos que por sus características predomina por sobre los sonidos o ruidos de fondo. Incluye dos acepciones: 1] es el proceso por el cual el umbral de audición para un sonido se eleva en presencia de otro sonido [enmascarador]; 2] es la cantidad en que aumenta el umbral de audición por la presencia de otro sonido [enmascarador]. La unidad generalmente es el decibel.

EPA

Son las siglas en inglés de la Environmental Protection Agency o Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Esta, se preocupa por proteger la salud de los seres humanos, el medio ambiente y los recursos naturales.

Escenario sonoro

Información sonora que recibe un receptor del conjunto de fuentes pertenecientes al entorno espacial cercano y lejano.

Especies nativas

Las especies nativas, también conocidas como autóctonas o indígenas, se refieren a las especies vegetales que pertenecen a una región o ecosistema determinados.

Especies perennifolia

Son aquellas especies vegetales que conservan su verdor y sus hojas sin importar los cambios de estación ni los períodos de reposo vegetativo.

Espectro

Presenta dos acepciones: 1] en una función del tiempo, es la descripción del análisis en sus componentes, cada una de frecuencia diferente y, generalmente, con diferentes aptitudes y fases; 2] ordenación continua de componentes, generalmente amplia, dentro de la cual las ondas tienen alguna característica determinada común: por ejemplo, "espectros de audiofrecuencias".

Espectro sonoro

Se define el espectro de un sonido como la representación de la distribución de energía sonora de dicho sonido en función de la frecuencia.

European Environment Agency

Siglas en inglés de la Agencia Europea de Medio Ambiente (European Environment Agency).

Es la agencia reguladora del Unión Europea que se encarga de proporcionar información independiente sobre el medio ambiente, información que sirve de apoyo al ciudadano y a aquellos involucrados en desarrollar, adoptar, aplicar y evaluar las políticas ambientales.

Fonoabsorbente

Materiales y estructuras con la capacidad de transformar la energía sonora en calor.

Frecuencia sonora

Es la medida del número de repeticiones de un fenómeno por unidad de tiempo.

La frecuencia de las ondas sonoras determina su tono y se suele medir en hercios (Hz), una unidad que equivale a una onda por segundo. El oído humano es capaz de percibir un amplio rango de frecuencias: aproximadamente de 20 a 20.000 Hz.

Frecuencias altas

Un sonido de alta frecuencia es de unos 2,000 Hz y más alto.

Frecuencias bajas

Un sonido de baja frecuencia es de unos 500 Hz o menos.

Frecuencia de resonancia

Expresa una frecuencia natural de vibración determinada por los parámetros físicos del objeto vibrante.

Fuente fija

Elemento o conjunto de elementos localizados en un espacio sin movilidad o escasa, capaces de producir ruido que se transmite hacia el exterior a través del aire y el suelo.

Fuente colectiva

Acumulación de fuentes fijas ubicadas en un espacio público tales como un cañón urbano, una plaza, una calle, etc.



Fuente móvil

Refiere a las fuentes que poseen movilidad, por lo general estarían representadas por los vehículos.

Fuente de ruido

Dispositivo u objeto capaz de emitir sonidos a partir de las vibraciones mecánicas que produce como consecuencia de su funcionamiento normal o deficiente.

Fuerzas excitantes

Se refiere a la reducción de impactos o impulsos, la amortización de las fuerzas de rozamiento, el control del desgaste de las piezas, etc.

GPS

El GPS, o sistema de posicionamiento global, es un sistema de navegación global por satélite que proporciona información relativa a ubicación, velocidad y sincronización horaria.

El GPS está en todas partes. Puedes encontrar sistemas GPS en tu coche, tu smartphone y tu reloj. El GPS te ayuda a llegar a tu destino, desde un punto A hasta un punto B.

Geofencing

Es un servicio basado en la ubicación en el que una aplicación u otro software utiliza GPS, RFID, Wi-Fi o datos móviles para activar una acción pre-programada cuando un dispositivo móvil o etiqueta RFID ingresa o sale de un límite virtual configurado en un entorno geográfico ubicación, conocida como geofence.

Georreferencia

Es la técnica de posicionamiento espacial de una entidad en una localización geográfica única y bien definida en un sistema de coordenadas y datos específicos. Es una operación habitual dentro de los sistemas de información geográfica tanto para objetos ráster como para objetos vectoriales.

Geosense

Relativo a la aplicación del Geofencing.

Geovalla

Representa un instrumento georreferenciado que combina el conocimiento de la ubicación actual del usuario con el conocimiento de la proximidad del usuario a ubicaciones que podrían ser de su interés. Para marcar una ubicación de interés, especifica su latitud y longitud. A fin de ajustar la proximidad de la ubicación, agrega un radio. La latitud, la longitud y el radio definen una geovalla, que crea un área circular, o valla, alrededor de la ubicación de interés.

Puedes tener varias geovallas activas, con un límite de 100 por app y por usuario de dispositivo. Para cada geovalla, puedes pedirles a los Servicios de ubicación que te envíen los eventos de entrada y salida, puedes especificar una duración en el área de la geovalla para esperar, o permanecer, antes de activar un evento. Con el objetivo de limitar la duración de una geovalla, puedes especificar un vencimiento en milésimas de segundos. Una vez que vence la geovalla, los Servicios de ubicación la quitan automáticamente.

Gestión acústica

La gestión ambiental del ruido incluye todas las actuaciones que tienen por objeto prevenir o reducir la contaminación acústica a la que está expuesta la población, y la preservación y mejora de la calidad acústica del territorio. Las acciones pueden ser tanto de corrección como de prevención.

Gradiente de temperatura

Es la variación gradual de la temperatura con la distancia.

Hertz (Hz)

Unidad de frecuencia del Sistema Internacional, de símbolo Hz, que equivale a la frecuencia de un fenómeno periódico cuyo período es 1 segundo.

Hoja perenne

Hoja de una planta que no muere ni cae de la planta con la llegada del otoño, sino que se renueva paulatinamente a lo largo del año.

HORIZON 2020 ERA-NET

Es el instrumento financiero que implementa la Unión por la innovación (CE), una iniciativa emblemática de Europa 2020 destinada a asegurar la competitividad global de Europa que combina investigación e innovación en los sectores públicos y privados con énfasis en la excelencia de las ciencias, el liderazgo industrial y el abordaje de los desafíos sociales.

Horizonte 2020, es considerado un medio para impulsar el crecimiento económico y la creación de empleo, cuenta con el respaldo político de los líderes europeos y los miembros del Parlamento Europeo.

Imágenes georreferenciadas

Refiere a la información en forma de imágenes ráster e información vectorial que se georreferencia utilizando los sistemas de información geográfica (SIG).



Impedancia acústica

Expresa la resistencia de un medio que se opone a la propagación de las ondas sonoras.

Inteligibilidad

Representa la comprensión de un mensaje hablado.

Intensidad sonora

Expresa la potencia acústica transferida por una onda sonora por unidad de área normal a la dirección de propagación.

Ln (level night)

Nivel de ruido nocturno.

Lámina de agua

Cantidad de agua medida en una superficie horizontal y expresada en altura.

Ld (level day)

Nivel de ruido diurno.

Ley de masas o Ley de Berger

Describe la relación que existe entre la efectividad del aislamiento acústico, la masa superficial (masa por unidad de superficie) y la frecuencia del sonido. De acuerdo a esta ley, duplicando la masa se consigue una mejora de 6 dB en el aislamiento.

Leq (Level equivalent)

Nivel sonoro continuo equivalente.

Ley de la inversa del cuadrado o la ley del cuadrado inverso de la distancia

Se refiere a aquellos fenómenos físicos ondulatorios, como la luz y el sonido, cuya intensidad disminuye de forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia del centro donde se origina.

Leyes de la óptica

Es un cuerpo de leyes de la óptica geométrica que estudia el comportamiento de la luz al reflejarse o refractarse en objetos de un tamaño mayor que la longitud de la onda de luz.

Las leyes serían la de reflexión y refracción de la luz.

Lp (level pressure)

Nivel de ruido diurno.

LpA (level pressure A)

Nivel de presión sonora.

LIFE+ Program

Refiere al instrumento financiero para el medio ambiente (LIFE+) según Reglamento (CE) nº 614/2007 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de mayo de 2007.

El LIFE+ cofinancia proyectos en favor del medio ambiente en la Unión Europea y en varios terceros países (países candidatos a la adhesión a la UE, países de la AELC miembros de la Agencia Europea de Medio Ambiente, y países de los Balcanes Occidentales incluidos en el proceso de estabilización y asociación). Los proyectos financiados pueden estar propuestos por agentes, entidades o instituciones públicas o privados.

El programa LIFE+ se divide a su vez en tres ámbitos temáticos: LIFE+ «Naturaleza y Biodiversidad»; LIFE+ «Política y Gobernanza Medioambiental» y LIFE+ «Información y Comunicación».

El programa estratégico plurianual establecido en el anexo II del Reglamento especifica los ámbitos de acción prioritarios.

Líneas guía de ruido

Son aquellas directrices para alcanzar un objetivo específico en el ámbito del ruido.

Mapa de ruido

Es la representación cartográfica de los niveles de presión sonora relevados en una zona concreta durante un período de tiempo determinado.

Mapa de ruido interactivo

Se trata del mapa sonoro entendido como un conjunto de archivos de sonido presentados en formato mapa interactivo.

Material inerte

Es aquel que se encuentra inmóvil, quieta e incapacitada de cambiar de lugar, se puede clasificar en natural como el agua, aire, viento, las rocas, plásticos (PVC), aluminio, o artificial construido por el hombre como por ejemplo sillas, mesas, casas, entre otros.



Material fonoabsorbente

Representa un conjunto de materiales utilizados por su capacidad de absorber la mayor parte de la onda sonora que reciben, cuya característica principal es la porosidad que presentan.

Un material absorbente poroso: es el material absorbente cuya degradación de energía acústica tiene lugar fundamentalmente por efecto de la viscosidad al propagarse una onda acústica por el interior de sus poros, y por frotamiento del aire contenido en los poros con las paredes del material.

Medio de propagación

Refiere al medio material (aire o agua) por el que se difunde el sonido de la fuente al receptor ya que no podría transmitirse en el vacío.

Metas de calidad acústica

Conjunto de requisitos que, en relación con la contaminación acústica, deben cumplirse en un momento dado en un espacio determinado.

Microaglomerados

Es la aplicación superficial de mezclas fluidas en pequeños espesores (3 a 20 mm) compuestas de material pétreo seleccionado, emulsiones asfálticas de rompimiento controlado, polímeros y aditivos modificadores, mediante máquinas aplicadoras especialmente diseñadas para este trabajo.

Micromobilidad urbana

Modos de transporte urbano a través de vehículos muy ligeros, por lo general no contaminantes ni ruidosos tales como patinetas eléctricas, monopatines eléctricos, bicicletas, bicicleta eléctrica, bicicletas compartidas, bicicletas con asistencia, scooter eléctrico, etc.

Micropascal

Millonésima parte de un pascal, cuyo símbolo se expresa como μPa .

Minería de datos (data mining)

Es un proceso para detectar información de conjuntos grandes de datos, de la manera más automática posible.

Naturación

La "naturación" o "greening", urbano es la acción de incorporar la vegetación al medio urbano con el objetivo de amortiguar el desequilibrio entre la urbanización y la conservación del medio ambiente...". (Urbano-Lopez B. 2013)

Nivel [L]

En acústica, la incorporación del término Nivel [level] a una magnitud, quiere decir que se está considerando el logaritmo decimal del cociente del valor de la magnitud con respecto a otro valor de la misma, tomado como referencia.

Niveles de calidad acústica

Son aquellos que consideran los niveles de presión sonora máximos en el ambiente exterior, los cuales no deben excederse a fin de proteger la salud humana y de los animales.

Nivel de presión sonora (Spl o Lp).

Expresa el resultado de las variaciones de presión que experimentan las ondas de sonido en el aire. La presión acústica mínima que pueden oír las personas es el llamado umbral auditivo, y la mayor que se puede soportar es conocido como el umbral del dolor. También se lo conoce como presión acústica.

Se indica en inglés Spl (sound presión level) o Lp (level presión).

Niveles límite de emisión de ruido

Refiere a los niveles de ruido máximos que podrían introducir una o más fuentes dentro de un espacio.

Niveles de percentiles

Describe el comportamiento del sonido en el tiempo de medición.

Nivel sonoro continuo equivalente (Leq)

Es el nivel sonoro medio en el dB (A) de un ruido supuesto constante y continuo durante toda la jornada, cuya energía sonora sea igual a la del ruido variable medido estadísticamente a lo largo de la misma.

Niveles recomendables

Refiere a los niveles sugeridos para una zona o espacio.

Nivel sonoro

Es el nivel de presión sonora obtenido mediante las curvas de ponderación "A", "B" y "C".

La presión de referencia es del 2×10^{-5} Pascales.



Nivel diurno

Se expresa el nivel sonoro durante el día en inglés "level day".

El nivel sonoro continuo equivalente diurno LD, que representa el valor que se obtendría para dicho índice si se llevara a cabo una medida continua entre las 7 y las 22 h.

Nivel nocturno

Refiere al nivel sonoro nocturno que en inglés se llama "level night".

El nivel sonoro continuo equivalente nocturno LN, que representa el valor que se obtendría para dicho índice si se llevara a cabo una medida continua entre las 22 y las 7 h.

Niveles sonoros ponderados A (L_{pA})

El nivel sonoro de ponderación 'A' resulta una medición sonora que estaría relacionada con las frecuencias audibles diseñadas para reflejar la respuesta al ruido del oído humano, que no es muy sensible a frecuencias bajas y altas, pero sí lo es entre 500 Hz y 6 kHz.

OCDE

Sigla de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, que promueve políticas para mejorar el bienestar económico y social de las personas alrededor del mundo.

ODS

Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Octava

Intervalo entre dos frecuencias cuya relación es 2. Es corriente medir en octavas el intervalo que separa dos frecuencias cualesquiera; para ello, basta hallar el logaritmo en base 2 de la relación de frecuencias.

Office of Noise Abatement and Control (ONAC)

Sigla en inglés de la Oficina de Control y Reducción de Ruido, organismo fundado a partir de la Ley de Control de Ruido de 1972. La ONAC era responsable de exigir el etiquetado de productos, emitir estándares de emisión de ruido, facilitar el desarrollo de estándares de baja emisión, coordinar los programas federales de reducción de ruido, ayudar a los y los esfuerzos estatales de reducción del ruido, y la promoción de la educación y la investigación sobre el ruido.

Onda sonora

Patrón de perturbación que causa el movimiento de la energía sonora a través de un medio como el aire o el agua.

La magnitud de la perturbación es función del tiempo, y en un instante determinado, la magnitud considerada es función de la posición del punto.

Onda difractada

Onda cuyo frente ha sido cambiado de dirección por un obstáculo u otra no homogeneidad en un medio, y no por reflexión o refracción.

ONU

Son las siglas de la Organización de las Naciones Unidas, el organismo internacional más importante del mundo. Como tal, su función principal es servir como ente coordinador en los esfuerzos de cooperación entre las naciones en materia de Derecho internacional, seguridad mundial, desarrollo económico, derechos humanos y paz.

Paisaje sonoro

Se denomina "paisaje sonoro" al conjunto de sonidos cuyas principales características son identidad y pertenencia. Así por ejemplo los ruidos de un parque son rápidamente diferenciables de aquellos de una ciudad. (Definición personal).

En los años '70, el artista canadiense Ray Murray Schafer introdujo el término "soundscape" (paisaje sonoro) en la discusión estética. Partió de una visión crítica del entorno sonoro urbano, su contaminación acústica y la pérdida de sonidos naturales.

Según Murray Schafer, el "Paisaje Sonoro" se define como un ambiente acústico o un ambiente creado por el sonido. En su concepción original se refería al ambiente acústico natural: los sonidos de las fuerzas de la naturaleza, los animales y los seres humanos. De este modo construía R. Murray Schafer el concepto de "Soundscape". "Por ejemplo en un entorno natural el paisaje sonoro está representado por los pájaros que pían, las ranas que croan, el rumor del arroyo, ej. En un entorno urbano, el paisaje sonoro está dado por el tráfico, las bocinas, la gente que habla por la calle, las sirenas, etc. "

Paradigma de los Paisajes Sonoros

Refiere a la gestión y optimización del sonido en el espacio urbano, no sólo mitigando el ruido, sino que también promoviendo aquellas fuentes sonoras positivas para la sociedad, el ambiente, la salud pública y la cultura.

Pascal

El Pascal es igual a una fuerza de 1 newton actuando sobre una superficie de 1 metro cuadrado, y se abrevia 1 Pa.



Pavimentos drenantes

Pavimento compuesto por una serie de elementos que absorben y amortiguan fuerzas como son las resinas, los áridos y los elastómeros de poliuretano o caucho.

Los pavimentos drenantes no solo utilizan el agua, sino que evitan su transpiración o evaporación.

Percentiles

Forma normalizada de revisar la distribución estadística de niveles anteriores en los puntos correspondientes a los niveles del 1%, 5%, 10%, 50%, 90%, y 99% de los datos. Es decir, con la medida de un percentil, que no es más que una distribución acumulada, somos capaces de identificar aquel nivel de ruido ambiental en dBA (f) que no es superado en más de un "x %" del tiempo.

Plan de Acción

Modelo sistemático que prioriza las iniciativas más importantes para cumplir con ciertos objetivos y meta determinando las acciones prioritarias a realizar. De esta manera, un plan de acción se constituye como una guía que brinda un marco o una estructura para llevar a cabo un proyecto o un conjunto de actividades.

Ponderación A

Filtro utilizado habitualmente para la medición de ruidos que simula la sensibilidad auditiva en las diversas frecuencias de sonido.

Porosidad acústica

Cociente sin dimensiones entre el volumen del aire ocupado por los intersticios [comunicados o no entre sí, pero siempre en comunicación con el exterior], de un material poroso y el volumen total de ese mismo material.

Potencia sonora

Se define como la cantidad total de energía radiada a través de una fuente por unidad de tiempo emitida por una fuente determinada en forma de ondas sonoras.

Presión sonora

Es la diferencia entre la presión total instantánea en un punto cuando existe una onda sonora y la presión estática en dicho punto.

Proyecto DRUIDA

Proyecto que representa la Disgregación del Ruido producido por vehículos individuales para mitigar la contaminación acústica mediante gestión participativa del tráfico urbano.

Quadmap Project (Quiet Urban Areas Definition and Management in Action Plans)

Acronimo que significa QUADMAP significa zonas tranquilas Definición y Gestión de Planes de Acción.

El objetivo principal del proyecto QUADMAP sería desarrollar una metodología armonizada para la identificación, la evaluación (con la combinación de parámetros cuantitativos y cualitativos) y la gestión (la mitigación del ruido, el aumento del grado de utilización de las áreas y la satisfacción de los usuarios) de zonas urbanas tranquilas (QUAs, siglas en inglés), con el objetivo de superar el impasse actual y mejorar la situación en Europa.

RFID

El RFID o identificación por radiofrecuencia es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remotos que usa dispositivos denominados etiquetas, tarjetas o transpondedores RFID. El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto mediante ondas de radio.

Rayo incidente

Parte del rayo sonoro desde la fuente hasta el punto que se refleja.

Receptor

Es el elemento (una membrana muy liviana) que entra en vibración por efecto de las variaciones de presión en el medio transmisor.

Redes neuronales profundas

Una red neuronal profunda (Deep Neural Network ó DNN) es una red neuronal artificial (Artificial Neural Network ó ANN) se basan en un conjunto de capas ocultas interconectadas entre las capas de entrada y salidas.

Las redes neuronales se utilizan ampliamente en el aprendizaje supervisado y en los problemas de aprendizaje por refuerzo.

Reflexión acústica

Refiere a los fenómenos generados a partir del choque de toda onda sonora contra un obstáculo durante su camino de propagación produciendo un cambio en la dirección y sentido de las ondas incidentes.

Refracción acústica

Es el fenómeno por el cual una onda después de incidir oblicuamente sobre una superficie de otro medio con distinta densidad, la atraviesa cambiando de dirección.



Resonadores acústicos

Los resonadores acústicos conocidos también como resonadores Helmholtz es un tipo de absorbente acústico creado artificialmente para eliminar (absorber) un estrecho margen de frecuencias.

Los resonadores se basan en el artefacto acústico conocido como cavidad de Helmholtz; consisten en una cavidad con un orificio en el extremo de un cuello (como una botella) en cuyo interior el aire se comporta como una masa resonante.

Reverberación acústica

Fenómeno sonoro producido por la reflexión, que consiste en una ligera permanencia del sonido una vez que la fuente original ha dejado de emitir.

Ruido

Es todo sonido no deseado por el receptor. En este contexto están incluidas las características físicas del ruido y las psicológicas del receptor.

Ruido ambiente

Es el ruido total asociado con un ambiente dado, siendo generalmente una mezcla de sonidos de muchas fuentes cercanas y lejanas.

Ruido de fondo

Ruido presente de manera continua en un espacio tales como: voces, ventiladores, tráfico, máquinas, equipos, etc.

Ruidos molestos

Es aquel sonido indeseable para el oído más allá de los niveles emitidos ya que tiene relación con la sensibilidad de cada persona.

Servicios ecosistémicos

Son aquellos beneficios que un ecosistema aporta a la sociedad y que mejoran la salud, la economía y la calidad de vida de las personas. Los servicios ambientales o ecosistémicos son aquellos servicios que resultan del propio funcionamiento de los ecosistemas.

Sistemas de Control Activo de Ruido (CAR)

Sistema de control de ruido activo contiene un dispositivo electroacústico que atenúa el ruido no deseado mediante la generación de ondas de sonido (antirruído) de igual amplitud y fase opuesta. El ruido primario (el ruido no deseado) y el antiacústico combinan, dando lugar a la cancelación de ambos.

Soluciones IoT (internet de las cosas)

Es el proceso que permite conectar elementos físicos cotidianos al Internet: desde objetos domésticos comunes, como las bombillas de luz, hasta recursos para la atención de la salud, como los dispositivos médicos; también abarca prendas y accesorios personales inteligentes e incluso los sistemas de las ciudades inteligentes.

Sombra acústica

Es el fenómeno que se produce cuando las ondas sonoras no se propagan hacia el exterior debido a las interrupciones o barreras físicas como edificios, obstáculos geográficos, corriente de viento o barreras acústicas.

Sonido

Es un fenómeno que se produce cuando las vibraciones de un cuerpo se transmiten a través de un medio hasta llegar al oído humano. Por tanto, necesita tres elementos indispensables: el emisor, el medio de transmisión y el receptor.

Sonido aéreo

Ondas sonoras que se generan y propagan por el aire.

Sonidos graves

Sonidos que están a menos de 250 Hz.

Suelos blandos

Son aquellos suelos con textura porosa.

Tags (etiquetas)

Un tag o etiqueta representa un conjunto de palabras claves asociadas a una entrada o post que se esté realizando o de algún contenido que se haga.

El tag contiene toda la información necesaria para identificar el tema que se realiza y si se desee colocar varias etiquetas se separa cada palabra con una coma.

Talud de tierra

El talud o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que presenta una pendiente o cambios significativos de altura.



Tecnologías TIC

Las tecnologías TIC o tecnologías de la información y la comunicación, son tecnologías que utilizan la informática, la microelectrónica y las telecomunicaciones para crear nuevas formas de comunicación a través de herramientas de carácter tecnológico y comunicacional, esto con el fin de facilitar la emisión, acceso y tratamiento de la información.

Esta nueva forma de procesamiento de la información logra combinar las tecnologías de la comunicación (TC) y las tecnologías de la información (TI), las primeras están compuestas por la radio, la telefonía y la televisión. Las segundas se centran en la digitalización de las tecnologías de registro de contenidos. La suma de ambas al desarrollo de redes, da como resultado un mayor acceso a la información, logrando que las personas puedan comunicarse sin importar la distancia, oír o ver situaciones que ocurren en otro lugar y, las más recientes, poder trabajar o realizar actividades de forma virtual.

Tiempo de exposición al sonido

Es aquel tiempo que el receptor se encuentra sometido al sonido.

Tiempo de reverberación

Expresa el tiempo necesario para que la intensidad de un sonido disminuya a la millonésima parte de su valor inicial o, lo que es lo mismo, que el nivel de intensidad acústica disminuya 60 decibelios por debajo del valor inicial del sonido.

Transporte multimodal o intermodal

Refiere a la articulación de diferentes modos de transporte de carga desde el punto de producción al destino a fin de agilizar el traslado y reducir los niveles de ruido.

Unión Europea (UE)

Es una comunidad política de derecho constituida en régimen sui generis de organización internacional nacida para propiciar y acoger la integración y gobernanza en común de los Estados y los pueblos de Europa.

Verificación Técnica Vehicular (VTV)

Es el control periódico del estado mecánico, emisión de gases y ruidos contaminantes de los automotores.

Vibración

Es una oscilación rápida realizada por determinados cuerpos elásticos cuando actúan sobre ellos una fuerza que los saca de su posición de equilibrio.

Vibración acústica

Movimiento de las partículas de un medio elástico alrededor de la posición de equilibrio.

VGI (Volunteer Geographic Information)

Representa la Información Geográfica Voluntaria o Participativa es un término de reciente acuñación para definir el uso que se realiza de la Web con el fin de crear, reunir y difundir información geográfica proporcionada voluntariamente por personas.

VTV

Sigla de Verificación Técnica Vehicular.

Wi-Fi

Es la tecnología móvil que se usa para conectar computadoras, tablets, smartphones y otros dispositivos a Internet. Wi-Fi es la señal de radio que se envía desde un enrutador inalámbrico a un dispositivo cercano, que traduce la señal en datos que puedes ver y usar.

World Health Organization (WHO)

Es un organismo especializado de las Naciones Unidas que se ocupa de la salud pública internacional. Fue establecido el 7 de abril de 1948, con sede en Ginebra, Suiza. La OMS es miembro del Grupo de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Zonificación acústica

Áreas territoriales que comparten similares niveles de ruido y aspiran a similares objetivos de calidad acústica en relación al uso de suelo.

CAPITULO 6

Absorción acústica

Fenómeno producido al chocar una onda sonora con una superficie blanda y/o porosa. En este caso, dicha superficie amortigua el movimiento de la onda sonora, disipándose como calor (fricción). La absorción y la reflexión son inversamente proporcionales. El valor varía entre 0 (toda la energía se refleja) y 1 (toda la energía es absorbida).

Acústica

Es una rama de la física encargada de estudiar la producción, transmisión, almacenamiento, percepción y reproducción del sonido; es decir, éste estudia de manera detallada las ondas sonoras que se propagan a través de una materia, las cuales pueden estar en estado gaseoso, líquido o sólido, debido a que el sonido no se propaga en el vacío.



Agentes polinizadores

Representa un vector animal que traslada polen a través de sus órganos permitiendo que se efectúe un proceso conocido como fertilización.

Agua meteórica

Es aquella que se forma a través de la condensación o enfriamiento en la atmósfera (lluvia, nieve, granizo).

Aislamiento acústico

Propiedad de materiales y elementos constructivos que permiten reducir la transmisión de sonido entre dos áreas interiores, o entre el interior y el exterior.

Alta frecuencia sonora

Comprende los tonos agudos, frecuencias que van de los 2000 Hz a los 16.000 Hz (tres últimas octavas).

Área foliar

También conocido como índice de masa foliar (IMF).

Atenuación acústica

Reducción en la intensidad o en el nivel de presión acústica del mismo que se transmite de un punto a otro.

Aves polinizadoras

Son aquellas aves que se comportan como un vector que traslada el polen de las flores mediante sus órganos para que se desarrolle la fertilización.

Bajas frecuencias sonoras

Refiere al espectro audible que pueden producir objetos y animales y se caracterizan por viajar más rápidamente que otros sonidos y recorrer mayores distancias.

Comprende los tonos graves desde los 16 Hz a los 256 Hz (4 primeras octavas), siendo percibidas por el oído humano a partir de los 64 Hz.

Barrera acústica

Es una estructura exterior diseñada con material inerte para mitigar la contaminación acústica producida por las fuentes de ruidos puntuales y lineales en los casos de vías de tránsito generado por vehículos ferroadmotores.

Barreras mixtas

Es una estructura exterior diseñada con vegetación inerte y vegetación para mitigar la contaminación acústica producida por las fuentes de ruido puntuales y lineales en los casos de vías de tránsito generado por vehículos ferroadmotores.

Barreras o pantallas acústicas vegetales

Es una estructura exterior diseñada con una masa vegetal para mitigar la contaminación acústica producida por las fuentes de ruido puntuales y lineales en los casos de vías transitadas por vehículos ferroadmotores.

Biodiversidad vegetal

Variedad de especies vegetales que existen en un área entre las cuales se establecen relaciones entre sí y con el medio que los rodea.

Campo sonoro

Campo creado por una fuente de sonido en el medio que la rodea, produciéndose como consecuencia la aparición de ondas sonoras que se propagan a través del medio.

Cañones urbanos

Una configuración edilicia típica en las áreas urbanas es el cañón urbano o urban canyon que se forma en la dirección de una calle limitada por las líneas de edificios.

Un cañón urbano se define por tres parámetros principales (H, W, L), donde H es la altura máxima de los edificios en el cañón, W la anchura del cañón y L la longitud.

Clima sonoro

Clima sonoro: representaría la impronta acústica emitida por un conjunto de fuentes dentro de un área o sector ya sea natural o construido.

Cobertura foliar

Porcentaje de vegetación encontrada en un área determinada, el cual tiene relación con el IMF (índice de masa foliar).



Condiciones microclimáticas

Conjunto de las condiciones climáticas particulares de un lugar determinado, resultado de una modificación más o menos acusada y puntual del clima de la zona en que se encuentra influido por diferentes factores ecológicos y medioambientales. Las grandes ciudades conforman un microclima especial con variaciones de temperatura de hasta 10 °C; en los invernaderos se crea un microclima determinado para cada tipo de cultivo.

Confort acústico

Es la situación ambiental y psicológica en la que se encuentra una persona dentro de un ambiente sonoro, según el nivel de ruido y otros parámetros que puedan resultar perjudiciales para la concentración, la comunicación, el descanso o la salud.

Contaminación acústica

Presencia en el ambiente de ruido y/o vibraciones, cualquiera sea el emisor acústico (fuente) que los origine, que se relacionan con riesgo o daño para las personas, implican molestias y afectan el desarrollo de sus actividades o bienes de cualquier naturaleza, o bien que causen efectos significativos sobre los seres vivos y el medioambiente.

Contexto artificial

Término que refiere a todos los elementos construidos en las dimensiones física, geográfica, histórica y cultural.

Contexto natural

Representa todos aquellos elementos vegetales de diversa escala que se encuentran dentro del entorno construido.

Cortina verde

Sistema de cortinas compuesto por un componente vegetal el cual crece sobre un soporte fijo o removible, teniendo una finalidad térmica protegiendo mediante el sombreado las construcciones sobre las que se colocan.

Crecimiento vegetal invasivo

Expresa aquellas especies vegetales cuyo desarrollo se produce fuera de su área de distribución natural, en hábitats que no le son propios o introduciéndose en sectores que no le son propios, pudiendo comprometer estructuras edilicias y/o instalaciones.

Cutícula foliar

Capa cerosa externa que protege la hoja de la desecación frente a las inclemencias climáticas y al posible ataque de hongos y bacterias.

dB

Unidad que expresa la presión o intensidad acústica de los sonidos; símbolo: dB.

La escala de decibelios es una escala logarítmica en la que el doble de la presión de sonido corresponde a un aumento del nivel de 6 dB.

dBA

Es la unidad de nivel del ruido en la que se han filtrado las altas y bajas frecuencias, menos perceptibles para el oído humano que alcanza un máximo en las medias frecuencias. El motivo es ajustar esta unidad más adecuadamente a la percepción que tenemos del sonido. Esta unidad es útil porque refleja más fielmente nuestra percepción real del ruido.

Difracción acústica

Refiere a cuando el sonido se dispersa como consecuencia del encuentro con obstáculos que no son transparentes.

La difracción es un fenómeno físico característico por el cual una onda, en este caso una onda sonora, modifica su dirección de propagación al encontrarse con aberturas u obstáculos. Este fenómeno tiene la propiedad de rodear los obstáculos o doblar las esquinas dependiendo del obstáculo y su tamaño, además de la longitud de onda de la misma. Las ondas son capaces de traspasar orificios y bordear obstáculos interpuestos en su camino. Esta propiedad característica del comportamiento ondulatorio puede ser explicada como consecuencia del principio de Huygens y del fenómeno de interferencias. El cual afirma que cualquier punto de un frente de onda inicial puede considerarse como una fuente de ondas esféricas secundarias que se extienden en todas las direcciones con la misma velocidad, frecuencia y longitud de onda que el frente de onda del que proceden.

Difusión acústica

Dispersión de forma preferiblemente uniforme y en diferentes direcciones del sonido dentro de un espacio.

Dispersión sonora

Se define como la reflexión del sonido hacia múltiples estructuras con diferentes ángulos. Es decir, el sonido de una fuente que lo emite en una dirección fuertemente preferida, se pierde en esta dirección preferida ante uno de tales obstáculos. La dispersión depende de la frecuencia y de la longitud de onda.

Domótica

Conjunto de técnicas orientadas a la automatización. Estas integran la tecnología en la gestión de recursos, seguridad, comunicaciones, entre otras.



Ecologización

Proceso que incluye la acción y el efecto de incluir vegetación en una estructura. Se conoce también como greening.

Ecosistema construido de un SJV

Conjunto de elementos inertes que conforman un sistema de jardín vertical. Incluye la estructura, los contenedores o bolsillos y el sistema de riego.

Ecosistemas verticales

Es un espacio verde que está constituido por organismos vivos que están en constante interacción. Se sitúa en interior o exterior, ventaja que permite estar en contacto con un medio más natural.

Especies crasas

Son aquellas especies que en su raíz, tallo u hojas se han engrosado para permitir el almacenamiento de agua en mayores volúmenes que otras especies.
Se los conoce también como suculentas.

Especie vegetal

Expresa una unidad de clasificación botánica del reino vegetal.

Ecosistema natural

Conjunto de elementos naturales que conforman un sistema de jardín vertical. Incluye la biodiversidad vegetal y faunística que participan en los SJV.

Enfermedades vegetales

Expresa las respuestas de las células y tejidos vegetales a los microorganismos patogénicos o a factores ambientales que determinan un cambio adverso en la forma, función o integridad de la planta y puedan conducir a una incapacidad parcial o a la muerte de la planta o de sus partes.

Equilibrio ecológico

Concepto que dispone del uso excluyente en el campo del cuidado del medio ambiente, dominado por el estado dinámico y de total armonía presente entre los seres vivos y el medio ambiente en el que se halla.

Especies acidófilas

Especies que requieren sustratos ácidos para su correcto desarrollo y floración.

Especie arbustiva

Refiere a las especies vegetales leñosas que se ramifican desde la base pudiendo alcanzar varios metros de altura.

Especie nativa

Se refiere a la especie que pertenece a una región o ecosistema determinado sin la intervención humana.
Se la conoce también como especie nativa, indígena o autóctona.

Especie adaptada

Son aquellas especies adaptadas a un ambiente sí y solo sí las mismas han generado fuerzas selectivas que afectaron sus ancestros, modelando su evolución al dotarlas de rasgos que benefician la explotación de dicho ambiente.

Epidermis foliar

Tejido vegetal que recubre la superficie.

Especies colgantes

Son aquellas especies cuyos tallos no son erguidos ya que no pueden sostenerse por sí misma y/o tienden a crecer hacia el ras del suelo o bien se desarrolla de diferentes formas, como raicillas para trepar por una superficie vertical en busca de luz.

Especies enredaderas

Son aquellas especies que utilizan una serie de recursos para trepar y elevarse sobre otras plantas o soporte que puedan sostenerlas como un árbol, arbusto, tutor, poste, etc.

Especie nativa

Refiere a la especie autóctona.

Especies parásitas

Son aquellas que obtienen alguna o todas las sustancias nutritivas que necesita para su desarrollo de otra planta.



La planta que se encarama a un elemento vivo o muerto (muro, espaldera, etc.) parasitando mecánicamente, sin alimentarse del mismo. Este elemento se llama "hospedador". El recurso por el que compete la trepadora con su hospedador es la luz del Sol.

Especies tapizantes

Son aquellas especies capaces de cubrir totalmente el suelo, pared o estructura de manera frondosa.

Especies trepadoras

Son aquellas especies que utilizan una serie de recursos para trepar y elevarse sobre un soporte que puedan sostenerlas como pared, estructura, etc.

Especies tropicales

Representa aquellas especies que crecen en la franja que va entre el trópico de Cáncer y el de Capricornio, zonas de mucho calor y humedad que no resisten ningún tipo de helada. La radiación solar incide casi perpendicularmente sobre la planta, y el clima muestra muy pocas variaciones de temperatura a lo largo de todo el año.

La particularidad es la presencia de flores en colores nítidos con estructura llamativa.

Son conocidas también como plantas exóticas.

Especies suculentas

Son especies crasas.

Espumas especiales de polietileno

Son aquellos componentes de un sustrato para soluciones hidropónicas que utiliza como material de relleno las espumas de polietileno, para oxigenar y disminuir el peso de los mismos.

Estrategias competitivas entre las especies

Se puede considerar que la competencia representa «la captura de recursos esenciales de un grupo común y finito por parte de individuos vecinos». Es importante destacar que esta definición incluye el uso directo de recursos comunes, el efecto indirecto de una planta en la disponibilidad de un recurso para su vecino y procesos tales como la reducción de la oferta de recursos. Esto define la competencia de recursos como un proceso impulsado por mecanismos particulares y, a su vez, este proceso tiene resultados distintos, como la reducción de la biomasa, la reproducción y la persistencia. Los elementos comunes a todas las estrategias de captura de recursos existen frente a la competencia: (a) las plantas generalmente intentan capturar los recursos antes que sus vecinos, y (b) las plantas invierten preferentemente en estructuras que permiten la captura de los recursos con mayor demanda, lo que da como resultado compensaciones (por ejemplo, un mayor crecimiento de los brotes a expensas del crecimiento de la raíz) que puede afectar su capacidad para obtener otros recursos y competir.

Estrés hídrico

Representa al déficit de riego debido a un cálculo erróneo del sistema de riego a partir de la demanda de las especies y/o época del año. También puede deberse a un mal funcionamiento del sistema.

Estructura vegetal

Refiere a la morfología vegetal tomando como base su constitución externa e interna: forma, partes (raíz, tallo, hojas, flores y frutos), órganos, conformación de sus células y tejidos, alteraciones o transformaciones que experimentan a través del tiempo, ciclos de vida y su importancia individual o grupal en el mundo vegetal y/o reino plantae.

Fachada verde

Expresaría la inclusión de vegetación en la fachada mediante especies vegetales que presentan la capacidad de trepar sobre una superficie, las cuales se desarrollan en un medio de cultivo llamado sustrato. Estas, podrían crecer de manera directa o indirecta.

Fachada verde directa o doble piel

Son fachadas verdes en las que se desarrollan especies vegetales de manera directa a la superficie.

Fachadas verdes indirectas

Son fachadas verdes en las que se desarrollan especies vegetales de manera indirecta mediante una estructura.

Fase gaseosa

Representa el aire que contienen los poros del suelo no ocupados por el agua. El contenido de gases de aire del suelo es parecido al contenido atmosférico, siendo una mezcla de oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono.

Fase líquida

Es un estado de agregación de la materia en forma de fluido.



Fase sólida

Representa la estructura estable del suelo que es de tipo heterogénea formada por constituyentes orgánico e inorgánico. Se lo conoce como esqueleto o matriz que determina la circulación de agua y aire así como la disponibilidad de nutrientes.

Fenómenos acústicos

Representa aquellos fenómenos consecuencia de algunos efectos auditivos provocados por el sonido.

Fertilizantes

Son aquellas sustancias orgánicas, e inorgánicas que contienen nutrientes en formas asimilables por las plantas, para mantener o incrementar el contenido de estos elementos en el suelo, mejorar la calidad del sustrato a nivel nutricional y estimular el crecimiento vegetativo de las plantas.

Fibras naturales

Representaría los materiales filamentosos de origen biológico, cuyas características químicas, físicas y mecánicas.

Fibra de coco

Es el nombre con que se denomina la fibra natural extraída de la cáscara del coco.

Filtro geotextil

Es una tela permeable formada principalmente por materiales de polipropileno y poliéster y por su modo de fabricación puede ser del tipo no tejido o tejido en función de su utilización. La diferencia entre un tejido y un no tejido radica en la forma de producción.

Flanqueo

El flanqueo es aquel sonido que se transmite a través de la trayectoria estructural fundamentalmente en los puntos vulnerables como los bordes.

Frecuencia sonora audible

Cantidad de veces que ocurre un evento en un lapso de tiempo. En el sonido, es la cantidad de ciclos completos que se suceden en un segundo. La frecuencia está relacionada con la altura del sonido.

Fuente acústica

Es todo objeto que produce un sonido al vibrar. Podemos clasificar las fuentes sonoras como cualquier objeto o sistema que entre en vibración generada por el hombre y la naturaleza. Esto puede suceder por la aplicación de alguna fuerza, como un golpe, percusión, torsión, fricción, etc. La vibración resultante produce la perturbación en la presión de las partículas inmediatas (medio).

Fuente de ruido lineal

Es aquella que irradia un sonido de forma continua a lo largo de una línea imaginaria denominada eje. También se considera una fuente lineal a un grupo de estas con una distancia de separación entre ellas muy reducida (una columna de altavoces o una autopista son unos buenos ejemplos de este caso).

Fuente de ruido puntual

Es aquella que irradia un sonido de forma continua y de manera uniforme en todas las direcciones desde un punto relativamente fijo.

Gel polimérico

Representa un elemento polimérico en forma de gotas o perlas que se utiliza para reducir la demanda hídrica de las especies, fundamentalmente en zonas tropicales. Se lo conoce también como hidrogel.

Gestión ambiental del ruido

Refiere a todas las actuaciones que tienen por objeto prevenir o reducir la contaminación acústica a la que está expuesta la población, y la preservación y mejora de la calidad acústica del territorio.

Granjas verticales o agricultura en altura

Representa el cultivo de plantas dentro de edificios de varios pisos o rascacielos, llamados a menudo farmscrapers, derivado del término inglés skyscraper (o sea rascacielos). En estos edificios, que funcionan como invernaderos de gran dimensión, se usan tecnologías como la hidroponía o aeroponía para cultivar las plantas.

Hertz (Hz)

Unidad de medida de frecuencia. Corresponde a la cantidad de veces que se repite un suceso en un segundo.



Higrotérmico

Relativo a la combinación de temperatura y humedad en el ambiente.

Hojas

Órgano de las plantas que crece en las ramas o en el tallo, generalmente de color verde, ligera, plana y delgada, y que puede tener diversas formas; en este órgano se realizan principalmente las funciones de transpiración y fotosíntesis.

Hojas compuestas

La hoja compuesta es aquella que está formada por partes llamadas FOLIOLOS (también llamadas HOJUELAS), que son de aspecto similar a hojas, ya que poseen incluso un pequeño peciolo (llamado PECÍOLO). Sin embargo, mediante la observación podemos diferenciarlos de varias maneras.

HOSANNA Project

Sigla inglesa de Abatement of Noise by optimized combinations of Natural and Artificial means", El HOSANNA-Greener cities eu- Se aplicaría en diversos países europeos entre los años 2009-2013.

Huella ecológica

Representa la superficie ecológicamente productiva necesaria para producir los recursos consumidos por un individuo, así como la necesaria para absorber los residuos que genera.

Se lo conoce también como huella medioambiental.

Es una medida del impacto que la humanidad ejerce sobre el planeta.

Huella hídrica

La huella del agua o huella hídrica es un indicador de uso de agua que tiene en cuenta tanto el uso directo como indirecto por parte de un consumidor o productor.

La huella hídrica se mide en términos de volumen de agua consumida, evaporada y contaminada.

El concepto fue creado por el Dr. Arjen Hoekstra quien, junto con los demás en la Water Footprint Network (WFN), desarrolló el marco y estableció la organización internacional como la principal red de investigación en la disciplina. (waterfootprintcalculator.org)

Humus

Sustancia que se crea a partir de la descomposición de materias orgánicas presentes en la capa superficial de un suelo.

IAF (Índice de área foliar)

Es la expresión numérica adimensional resultado de la división aritmética del área de las hojas de un cultivo expresado en m² y el área de suelo sobre el cual se encuentra establecido, también expresado en m². El IAF permite estimar la capacidad fotosintética de las plantas y ayuda a entender la relación entre acumulación de biomasa y rendimiento bajo condiciones ambientales imperantes en una región determinada.

El índice que fue definido inicialmente por Watson (1947) y representa un número adimensional el total del área del tejido fotosintético por la superficie del terreno, que en otras palabras representa la cantidad de superficie foliar (m² (follaje) / m² (suelo). (Aguirre-Salado, 2011)

Ignifugidad

Ignifugidad es la característica de un tipo de construcción o material que es resistente al calor y al fuego. Es un tipo de medida pasiva que brinda protección a los materiales o a las estructuras ante el fuego mediante el uso de materiales o estructuras que son más resistentes al fuego.

Impactos acústicos

Expresa la alteración del medio ambiente acústico mediante la emisión de contaminantes ruido y vibraciones provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada, y que pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

Impedancia acústica del suelo

Representa la resistencia que opone un medio a las ondas sonoras que se propagan sobre este y por lo tanto es equivalente a la impedancia eléctrica, es decir una forma de disipación de energía de las ondas que se desplazan en un medio.

Jardines verticales móviles

Es una pared móvil que incorpora un jardín de plantas en crecimiento vertical.

Ley de masa y frecuencia (Ley de Berger)

Representa el aislamiento acústico de un elemento.

En la ley, cuanto mayor cuanto mayor sea su masa superficial (masa por unidad de superficie), es decir, más pesadas, y también es mayor para frecuencias altas.

Macroporos

Las dimensiones de los poros son >10µ, y aquí el agua bajo tensión gravitacional drena luego de la saturación.



Mapa acústico

Es una representación cartográfica de los niveles de ruido relevados en una zona concreta durante un período de tiempo determinado.

La utilidad del mapa de ruido es determinar la exposición de la población al ruido ambiental, para así adoptar los planes de acción necesarios para prevenir y reducir el ruido ambiental y, en particular, cuando los niveles de exposición puedan tener efectos nocivos en la salud humana.

Masa acústica

Resistencia a la transmisión del sonido, dependiente de la densidad y peso del objeto, opuesta por la inercia y elasticidad del medio por el que se transmite.

Material particulado (PM)

El término para una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire. Algunas partículas, como el polvo, la suciedad, el hollín, o el humo, son lo suficientemente grandes y oscuras como para verlas a simple vista. Otras son tan pequeñas que solo pueden detectarse mediante el uso de un microscopio electrónico.

Medio de propagación

Es el elemento encargado de propagar la vibración generada por el emisor. La función del medio transmisor es fundamental, ya que el sonido no se propaga en el vacío (necesita un medio material elástico para su propagación, a través de las vibraciones de las partículas que lo constituyen). En relación al sonido y los humanos, el aire es el medio transmisor por excelencia.

Medias frecuencias

Comprende los tonos medios, frecuencias que van de los 256 Hz a los 2000 Hz (tres últimas octavas).

Metamateriales acústicos

Un metamaterial acústico, cristal sónico o cristal fónico, es un material especialmente diseñado para controlar, dirigir y manejar las ondas sonoras. Se diseñan para transmitir, absorber, amplificar ondas sonoras en determinadas frecuencias.

El diseño se basa en un trabajo en tecnologías cuánticas y se manipulan parámetros tales como: volumen, densidad dentro de la estructura del material.

Microfauna

Conjunto de animales pequeños o diminutos, especialmente los imperceptibles a simple vista, o los que prosperan en hábitats restringidos.

Microrelieve foliar

Representa las ligeras irregularidades en la superficie foliar.

Microporos

El diámetro de los poros varía entre 0.2 a 10 μ . Allí, el agua en estos poros funciona como un "buffer" de estrés hídrico que no se usa bajo riego normal, sino que se extrae por las raíces de las plantas.

Modelos matemáticos semiempírico de fluidos

Modelos matemáticos semiempíricos de fluidos: refiere a modelos basados en la teoría y la experimentación en aquellas materias compuestas por moléculas atraídas entre sí de manera débil y que adquiere la forma del receptáculo que la contiene, aceptando que las partículas no cambian de posición fácilmente, sino que se resisten al desplazamiento

Módulos de ensayo PASLINK

Los módulos o células de ensayos PASLINK son una herramienta de diseño y simulación con la ventaja que proporcionan una sala de ensayo, que se encuentra totalmente controlada sin efectos de ocupación, de un tamaño real al de una habitación estándar de una vivienda. Se utilizan comúnmente para estudios térmicos.

Monocultivo

Sistema de producción agrícola que consiste en destinar la tierra disponible al cultivo a una sola especie vegetal.

Musgos

Son vegetales no vasculares que es frecuente hallar en lugares húmedos y fríos, depositados sobre los troncos arbóreos, piedras, aguas (especialmente si están estancadas) e incluso sobre paredes y suelos, con gran resistencia a las adversidades climáticas.

Nastias

Movimiento activo y reversible de un órgano vegetal frente a un estímulo externo y difuso basado en procesos de crecimiento y/o cambios variables frente a la reserva de agua. La reacción generaría movimientos no siempre relacionados con la dirección del estímulo.



Nictinastia foliar

Cambio temporal en la posición de las hojas en respuesta a los estímulos lumínicos en la sucesión día-noche.

Nutrientes

Sustancia que asegura la conservación y crecimiento de un organismo.

Ondas sonoras

El movimiento de las partículas de aire produce un frente de presión que se repite y se propaga. Esta propagación se conoce como una onda sonora. Para efectos de su estudio, las variaciones de presión que experimentan las partículas de aire se representan mediante un gráfico que describe un movimiento periódico en el tiempo.

Paisaje sonoro

Conjunto de sonidos de un lugar o un momento determinado que le brindan identidad.

Perennifolias

Es una especie vegetal que conserva su follaje todo el año.

Precultivado

Cultivo previo de las especies vegetales antes de su implantación definitiva. Puede realizarse en lugar cercano o vivero en condiciones similares a las que se colocarán a fin de alcanzar una buena adaptación.

Reflexión acústica

Refiere a toda onda sonora que al propagarse choca contra un obstáculo, cambiando de dirección y sentido.

Paisajismo vertical

Paisajismo vertical es el arte de proyectar, planificar, diseñar, gestionar y mantener un espacio verde en posición vertical aplicado sobre una estructura y/o pared de sostén.

Pantallas ligeras

Representa elementos constructivos livianos que se interponen en el camino del sonido, interceptando antes de que llegue del emisor al receptor. Básicamente sirve para tratar de atenuar la intensidad del ruido.

Peciolo

Apéndice de la hoja de una planta por el cual se une al tallo.

Perlita

Es un mineral minado que es apisonado y luego expandido a altas temperaturas. El material apisonado se expande como palomitas de maíz, es enfriado y tamizado en varios grados, basado en el tamaño de la partícula.

pH del agua

Sigla que refiere a potencial hidrógeno, e indica el coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa. Se mide con una escala de 0 a 14 y 7 es neutro. Si el número es mayor la solución es básica o alcalina, mientras si es menor es ácida.

Pirófilas

También conocidas como pirrófitas, son especies vegetales que tienen afinidad con el fuego.

Plagas

Es la desaparición o alteración del equilibrio natural que existe en un ecosistema determinado, creando de esta manera variaciones en él.

Planes de acción

Planes de Acción expresaría una herramienta concreta para redefinir las prioridades en el territorio, discutir políticas futuras, decidir acciones concretas, repensar las normas urbanísticas fundamentalmente en lo que respecta al uso de suelo y los corredores viales. Sin embargo, el objetivo último sería ofrecer un instrumento concreto para la concesión, administración y control de las habilitaciones municipales fundamentalmente en aquellos casos de actividades consideradas ruidosas o potencialmente ruidosas de modo que no pudieran afectar áreas más tranquilas del territorio.

Polifiltro fitoregenerante

Material textil conformado por fibras sintéticas tamponadas + 10% biodegradable (este 10% será sustituido por raíces en el futuro) Resistente al ácido y alcalinos.

Ignífugo por su saturación de agua (capa exterior) Permeabilidad al agua: 5 litros por m²/s Durabilidad: 150 años; bajo circunstancias de arraigamiento 25 años sin mantenimiento.



Presenta solidez al conjunto de arraigamiento y mejor reparto de nutrientes. Separación: evita la mezcla de partículas de sustratos distintos, impide el contacto entre materiales no compatibles. Actúa de barrera permeable entre sustratos de distinta estructura. Drenaje: conduce en el plano tanto agua y líquidos como gases gracias a la transitividad (permeabilidad en el plano). Elimina el exceso de agua en sustratos, asociada normalmente a geocompuestos de gran capacidad de conducción. Sirve soporte y de sustrato hidropónico.

Potencial gravitacional

Expresa el fenómeno debido al efecto de la fuerza de la gravedad la cual desplaza el agua hacia capas cada vez más profundas.

Porosidad material

Es la propiedad de un material vinculada a la cantidad de espacios vacíos presentes en el volumen de un cuerpo, superficie o estructura.

Porosidad de un sustrato

Es la porción no sólida del volumen del sustrato y representa el volumen de aire del material, seco en estufa, expresado como un porcentaje del volumen total. La capacidad de retención de agua de un medio es el volumen de agua que se retiene después del riego y el drenaje.

Propagación del sonido

Refiere al fenómeno de perturbación que se produce a partir la emisión de una fuente de sonido cuando se emite a través de un medio, conocido como propagación y cuya velocidad depende de la presión atmosférica, de la temperatura, de la cantidad de gases no diatómicos (CO₂, H₂O, etc..) además de la cantidad de partículas en suspensión, polvo, humedad, etc.

Normalmente las variaciones de temperatura dentro de una casa, las variaciones de presión y composición del aire no son muy grandes, un 5%, y la velocidad del aire se toma como constante, y es 340m/s.

Prestación ecosistémica

Son aquellos beneficios que un ecosistema aporta a la sociedad y que mejoran la salud, la economía y la calidad de vida de las personas.

Los servicios ambientales o ecosistémicos son aquellos servicios que resultan del propio funcionamiento de los ecosistemas.

Pre-plantado

Siembra y cultivo de especies en vivero buscando condiciones similares a las de su trasplante en el destino final.

Radiación solar

Es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas.

Rango de frecuencias audibles

Representa la medida del número de repeticiones del fenómeno sonoro por unidad de tiempo.

La frecuencia del sonido exhibe un patrón ondulatorio, indica el número de ciclos de onda repetitiva por segundo. Esta, es inversamente proporcional a la longitud de onda (distancia entre las dos crestas) e igual a la velocidad dividida por la longitud de onda.

El oído humano es capaz de captar sonidos cuyas frecuencias estén comprendidas entre 20 Hz y 20 KHz. Esto representa el ancho de banda del oído.

La unidad de frecuencia es el hercio o Hertz (Hz) en honor al físico alemán Heinrich Rudolf Hertz.

Rastrelado metálico

Conjunto de piezas de acero galvanizado diseñadas para formar un entramado. Se utiliza para la el montaje y soporte de estructuras además de la ventilación.

Receptor

Es el elemento (una membrana muy liviana) que entra en vibración por efecto de las variaciones de presión en el medio transmisor. Por lo general se refiere al tímpano, componente fundamental del sistema auditivo humano.

Recirculación del agua de riego

Retorno de una parte de agua residual parcial o totalmente derivada del riego que viaja a una unidad de proceso precedente.

Redensificación urbana

Refiere a la densificación o expansión de forma vertical u horizontal de la ciudad.

Densificar significa agregar superficie de construcción dentro de los límites existentes de la ciudad, mientras que la expansión significa agregar nuevas superficies al margen de estos límites.

Reflexión acústica

Fenómeno producido al chocar una onda sonora con una superficie dura. Esta superficie puede ser lisa, y generar una reflexión directa o irregular, en cuyo caso genera una difusión.



Refracción acústica

Refiere al sonido que pasa de un medio a otro, en la cual la desviación de la onda se relaciona con la rapidez de propagación en el medio.

Cuando el aire es caliente el sonido se propaga más rápidamente respecto al aire frío, ya que, al aumentar la temperatura, la rapidez de las moléculas en el medio aumenta, y ocasiona un incremento en la velocidad de propagación de la onda.

Relaciones sinérgicas

Constituye una relación en la que dos o más elementos que trabajan de manera conjunta con el fin de alcanzar el beneficio de todas las partes implicadas.

Renaturalización

Refiere a procesos de modificación de una porción del espacio, ya sea un edificio, manzana, barrio, parcela, paisaje o territorio.

Resistividad del flujo de aire

Se podría definir como la resistencia que opone un material a ser traspasado por un flujo de aire, por lo que expresa el retraso por fricción, en otras palabras, la resistencia del aire al flujo cuasi-estático a través de los poros que tiene el material.

Riego automático

Es un sistema para proveer con agua a las plantas del jardín de manera tecnificada, por medio de sistema de aspersión y/o goteo normalmente.

Riego inteligente

Consiste en utilizar las tecnologías de la información y comunicación (TIC) para gestionar de un modo óptimo la alimentación de especies vegetales dentro de un sistema.

El objetivo es hacer un uso más eficiente de los recursos de producción (agua, energía y fertilizantes). Y además de ahorrar en estos recursos, que aumente la producción.

Riego manual

Es el riego más común que existe, sobre todo por su simpleza; solamente se necesita una manguera, un par de conexiones y, a veces, un terminal.

Ruido

Cualquier señal (no se aplica exclusivamente al sonido) que no deseamos. En consecuencia, es un concepto subjetivo, aunque presenta un componente objetivo.

Ruido incidente

Refiere al sonido ambiental que incide directamente sobre una fachada, una estructura, superficie o barrera vertical que excluye el sonido refleja por el propio objeto de evaluación.

Ruido de tráfico

Representa el ruido generado por fuentes relacionadas con el transporte ferroautomotor (automóviles, camiones, motocicletas, trenes, tranvías y demás vehículos que ruedan por las ciudades).

Ruido urbano

Se define como el ruido emitido por todas las fuentes a excepción de las áreas industriales. Las fuentes principales del ruido urbano son el tránsito automotor, ferroviario y aéreo, la construcción y obras públicas y el vecindario (restaurantes, cafeterías, discotecas, etc.; música en vivo o grabada; competencias deportivas (deportes motorizados), áreas de juegos, estacionamientos y animales domésticos, como el ladrido de los perros).

Rugosidad foliar

Expresa las irregularidades de la superficie foliar

Salud psicofísica

Estado de bienestar físico, mental y social, con capacidad de funcionamiento, y no sólo la ausencia de afecciones o enfermedades (definición OMS).

Saturación hídrica

La saturación hídrica refiere a la colmatación de agua en los poros que conforman el sustrato.

SbN

Soluciones inspiradas y respaldadas por la naturaleza, que son rentables, proporcionan simultáneamente beneficios ambientales, sociales y económicos, además de ayudar a crear resiliencias. Dichas soluciones, aportan más naturaleza así como características y procesos naturales, y, con mayor diversidad, a las ciudades, paisajes terrestres y marinos mediante intervenciones localmente adaptadas, eficiente uso de los recursos y sistémicas. (Definición de la CE).



Sedum

El término sedo proviene del latín sedum, "sentado", debido a la forma en que algunas especies tipo crasas que se adhieren a las rocas.

Sensores informáticos

Son elementos que generan una señal como respuesta a determinadas condiciones del entorno, miden magnitudes físicas como la temperatura, la intensidad luminosa, la presión, etc. Esta señal se llama señal de entrada del sistema de control.

Servicios ecosistémicos

Son aquellos beneficios que un ecosistema aporta a la sociedad y que mejoran la salud, la economía y la calidad de vida de las personas. Los servicios ambientales o ecosistémicos son aquellos servicios que resultan del propio funcionamiento de los ecosistemas.

Sistema

Un sistema es un conjunto organizado de cosas o partes interactuantes e interdependientes, que se relacionan formando un todo unitario y complejo.

Sistema biosystems

Son aquellas tecnologías inteligentes basados en la bioingeniería que establecen conexiones funcionales entre la agricultura, la acuicultura animal, la biotecnología, la ciencia de los alimentos, la ingeniería agrícola, la economía y el espíritu empresarial, la conservación del medio ambiente, las ciencias de las plantas, productos y procesos.

Sistema de jardín vertical (SJV)

Es una pared que incorpora un jardín con las plantas en vertical, que se puede instalar tanto en interiores como en exteriores al aire libre.

SJV continúo

Representa los sistemas de jardines verticales que se construyen con elementos que lo expresan como una unidad. Resulta una buena opción para realizar paisajismo vertical.

SJV modular

Es un sistema de jardín vertical conformado por unidades o módulos que podrían cubrir de manera total o parcial una superficie vertical.

Sistema hidropónico

Es el cultivo de plantas sin usar suelo agrícola, con sustratos livianos y riego mediante agua con nutrientes.

Sistema semi-hidropónicos

Utiliza como sustrato bolsas o recipientes que contienen material inerte como perlita, lana de roca, turba, fibra de coco, etc.

Sphagnum

Conocido como musgo de turbera, resulta un material altamente poroso cuya característica principal sería su gran capacidad para retener el agua, en general 20 veces más que su peso propio en seco. Solo es apto para plantas acidófilas ya que su pH sería entorno a los 3 a 4,5.

Sonido

Sensación producida en el sistema auditivo por el cambio de presión generado por el movimiento vibratorio de los cuerpos sonoros, transmitido por un medio elástico. En consecuencia, para que haya sonido se requiere de tres factores: un emisor, un medio de transmisión y un receptor.

Sonido directo

Es aquel que proviene de su fuente sin ningún tipo de intermediación.

Sonido reflejado

Retorno de las ondas de un sonido después de chocar contra una superficie.

Suelos arcillosos

Es aquel tipo de suelo o tierra, que por su estructura predomina la arcilla que es un conjunto de partículas minerales muy pequeñas, a diferencia de otras como la arena o limo que también están presentes en estos.

Sustrato

Medio en el que se desarrollan las raíces de las especies vegetales y la microfauna, se abastece de agua además de nutrientes vegetales.



Los sustratos pueden ser de origen orgánico o inorgánico. Algunos de los materiales inorgánicos comunes incluyen arena, vermiculita, perlita, tepojal, tezontle y otros subproductos minerales. Por otro lado, los componentes orgánicos más populares incluyen: turba (peat moss), fibra de coco, productos de madera compostados (corteza, aserrín, virutas), composta de materia orgánica, estiércol, paja, cascarilla de arroz y de cacahuete, etc. La adición de componentes orgánicos a sustratos ayuda a mejorar sus propiedades físicas y químicas, tales como su capacidad de retención de agua, porosidad de aire, disminución de peso húmedo y mejora en su capacidad de intercambio catiónico.

Sustrato inorgánico

Son aquellos sustratos que no tienen origen orgánico. Se clasifican según su origen en natural y sintéticos.

Sustrato sintético

Representa aquellos sustratos que han atravesado procesos industriales para su creación.

Presentan mayores ventajas en cuanto al combate de microorganismos y agentes patógenos, pues la intervención industrial ha permitido que sean completamente limpios.

La implementación de estas soluciones, genera debates debido a los procesos contaminantes, en muchos casos no biodegradables.

Tallos

Órgano de la planta que crece en sentido contrario a la raíz, de forma cilíndrica que posee puntos de engrosamiento (nudos) y que será el soporte de las ramas, las hojas, las flores y los frutos.

Tensocables

Representa los cables de acero tensados que sirven de soporte para el crecimiento de especies vegetales de forma vertical.

Teoría General de Sistemas (TGS)

La teoría de sistemas o teoría general de los sistemas es el estudio interdisciplinario de los sistemas en general. Su propósito es estudiar los principios aplicables a los sistemas en cualquier nivel en todos los campos de la investigación.

Textura foliar

Refiere a las características superficiales de las hojas. Estas se pueden clasificar según el tacto en lisa, rugosa, arrugada, vellosa, aterciopelada, áspera y escamosa.

Otras clasificaciones de textura están dadas por la dureza (blanda, coriácea, rígida) y por la superficie (plana, ondulada).

TIC

Sigla que expresa las conocidas Tecnologías de la Información y la Comunicación son los recursos. Son herramientas que se utilizan para el proceso, administración y distribución de la información a través de elementos tecnológicos, como: ordenadores, celulares, televisores, etc.

Tierra abonada

Es un producto enriquecido en elementos nutricionales (nitrógeno, fósforo y potasio) procedente de materia orgánica estabilizada de origen animal (estiércol madurado principalmente de caballo) que se utiliza como sustrato de cultivo para la plantación de césped, plantas ornamentales, árboles, arbustos en jardines y parterres.

Transmisión acústica

Fenómeno producido al ser propagada una onda sonora a través de un cuerpo sólido o denso. La transmisión no tiene ninguna relación ni con la absorción ni con la reflexión sino con la masa del sólido.

Tratamiento fitosanitario

El tratamiento fitosanitario, consiste en un procedimiento para matar, inactivar o eliminar plagas y/o enfermedades. También puede utilizarse para desvitalizar o esterilizar especies invasivas. Existen productos de variada toxicidad, otros de tipo orgánico e incluso por irradiación en algunos casos.

Tricomas

Vellosidad que recubre la superficie foliar y cumplen diferentes funciones.

Umbral de riego

El umbral de riego, expresaría el potencial de agua (solución) requerida en el suelo. Este, dependería de factores asociados tales como la textura y composición del sustrato, tipo y demanda hídrica de las especies, zona climática, factores meteorológicos, etc.

Urban GreenUp

Es un proyecto financiado por el programa Horizonte 2020 de la Unión Europea cuyo objetivo es el desarrollo, la aplicación y la replicación de planes urbanos de renaturalización en varias ciudades europeas y no europeas con el objetivo de mitigar los efectos del cambio climático, mejorar la calidad del aire y la gestión del agua, así como aumentar la sostenibilidad de nuestras ciudades a través de soluciones innovadoras basadas en la naturaleza.



Velocidad del sonido

Es la velocidad de fase de las ondas sonoras en un medio, es decir, es la velocidad a la que se propaga un frente de ondas en dicho medio. En la atmósfera terrestre en condiciones consideradas normales es de 343.2 m/s (1235.52 km/h a 20 °C de temperatura, con 50 % de humedad y a nivel del mar), pero se le asigna por convención 334 m/seg. La velocidad del sonido varía en función del medio en el que se transmite.

Vellosidad foliar

Representa una estrategia de adaptación de las hojas para protegerse de la radiación solar y/o secarse por efecto del viento.

Verde urbano

Refiere a los espacios verdes que se encuentran dentro de una ciudad o una aglomeración urbana.

Vibración acústica

Es una oscilación mecánica en torno a una posición de referencia. Es la variación, normalmente con el tiempo, de la magnitud de una cantidad con respecto a una referencia específica cuando dicha magnitud se hace alternativamente más grande y más pequeña que la referencia.

Zonificación acústica

Es el proceso por el que se delimitan y aprueban, en el territorio, las áreas acústicas de similar nivel sonoro.

En la presentación de datos sobre las áreas acústicas existentes o pronosticadas en función de un índice de ruido, en la que se indicará la superación de cualquier valor límite pertinente vigente, el número de personas afectadas en una zona específica o el número de viviendas expuestas a determinados valores de un índice de ruido en una zona específica.

PARTE III MARCO EMPÍRICO

CAPITULO 7

Absorción acústica

Es la capacidad de absorción del sonido de un material y representa la relación entre la energía absorbida por el material y la energía reflejada por el mismo.

El valor varía entre 0 (toda la energía se refleja) y 1 (toda la energía es absorbida).

Aislamiento acústico al ruido aéreo

Una fuente sonora genera vibraciones que se propagan por el aire, tal como las voces, el ruido de un artefacto doméstico, etc. La energía sonora generada por la fuente se reduce al atravesar una partición, ya que una parte de la energía incidente se refleja, otra es disipada por el sólido o transmitida por esa vía, y una parte finalmente es transferida al otro lado de la partición. Esa reducción indica el aislamiento acústico de la partición.

Altoparlante

Aparato para convertir impulsos eléctricos en sonido; consiste en una caja con un electroimán en su interior que hace vibrar una membrana, que resuena en la caja y genera el sonido; se conecta a un aparato que produce impulsos eléctricos modulados, como un amplificador, un receptor de radio, un televisor, o una computadora.

Amplificador de audio

Es un dispositivo que contiene circuitos electrónicos que permiten aumentar o amplificar las señales de audio y entregar una potencia necesaria para los altavoces o parlantes.

Analizador de espectro sonoro

Dispositivo de pruebas ampliamente utilizado que mide y traza la potencia de la señal (amplitud) en un rango de frecuencias determinado.

Ancho de banda

Es la longitud de la extensión de la onda en donde se concentra la mayor potencia de la señal. Todos sabemos el aspecto que tiene una onda, pues en las crestas de su senoide, es donde una onda alcanza su mayor potencia.

AT

Área de absorción sonora equivalente de la muestra.

Representa la absorción acústica, en m², correspondiente a un objeto de superficie no definida. Corresponde a la absorción de una superficie con coeficiente de absorción acústica igual a 1 y área igual a la absorción total del elemento.

Barrido manual de la sonda intensimétrica

Medición intensimétrica que se realiza moviendo la sonda portátil de manera continua a lo largo de trayectorias definidas.



Caídas de la intensidad del nivel sonoro

La caída de la intensidad de nivel sonoro se relaciona con la disminución del sonido original durante el tiempo de reverberación.

Calibrador sonoro

Es un instrumento, también conocido como pistófono, se utiliza para asegurar el buen funcionamiento de un sonómetro o decibelímetro.

Funciona generando un tono estable de nivel a una frecuencia predeterminada.

La lectura que realiza el sonómetro se hace coincidir con el nivel que genera el calibrador.

Cámara reverberante

Recinto cuyas superficies han sido tratadas con materiales muy reflectores que por consiguiente refleja todo el sonido incidente. Se utiliza para medir la potencia sonora emitida por una fuente y para medir en el laboratorio el coeficiente de absorción sonora de una muestra de material absorbente.

Cámara de transmisión

Recinto que permite, bajo ciertas limitaciones, el estudio del aislamiento acústico ruido aéreo de diferentes materiales y composiciones.

Campo sonoro difuso

Es el sonido se difunde de manera uniforme hacia todas las direcciones.

Coefficiente adimensional de absorción acústica (α)

Expresa las propiedades absorbentes de un material.

Se define como el cociente entre la energía absorbida por un material y la energía total que incide sobre ese material.

dB (decibel o decibelio)

Es una unidad que se utiliza para expresar la relación entre dos valores de presión sonora o tensión y potencia eléctrica.

Difusores acústicos

Es un elemento que, mediante la uniformidad de la energía acústica, proporcionará una mejora más o menos considerable en la calidad sonora de un recinto, diseminando la energía acústica incidente en su superficie en el espacio y el tiempo.

Difracción acústica

Refiere a cuando el sonido se dispersa como consecuencia del encuentro con obstáculos que no le son transparentes.

Ecosistema construido

Elementos constitutivos no orgánicos que conforman un sistema de jardín vertical (SJV) modular (definición propia).

Ecosistema natural

Elementos constitutivos orgánicos que conforman un sistema de jardín vertical (SJV) modular (definición propia).

Ensayo acústico

Evaluación de la calidad acústica de los materiales y los productos, dentro de un laboratorio bajo normativas ISO específicas en cuanto a las condiciones del recinto, instrumental y muestra.

Especie nativa

Desde el punto de vista de la biogeografía, una especie nativa, especie indígena o autóctona es una especie que pertenece a una región o ecosistema determinados. Su presencia en dicha región es el resultado de fenómenos naturales sin intervención humana.

Especie adaptada

Proceso que desarrollan las especies vegetales y animales como capacidad de sobrevivir en un entorno diferente, variando sus estrategias e incluso sus características físicas, en pro de conservar la vida.

Espectro del ruido de tráfico

Sonido como la representación de la distribución de energía sonora de dicho sonido en función de la frecuencia, generado por los vehículos que circulan por carreteras y autopistas.

Fonoabsorbente

Tipo de materiales utilizados en el acondicionamiento acústico de los recintos, que presentan la capacidad de absorber la mayor parte de la onda sonora que reciben.



Fonoaislante

Tipo de materiales utilizados en el acondicionamiento acústico de los recintos, que presentan la capacidad de aislar la mayor parte de la onda sonora que reciben.

Frecuencia (Hz)

Es el número de pulsaciones de una onda acústica sinusoidal, ocurrido durante un segundo. Las variaciones de la frecuencia son percibidas por el oído como variaciones de altura de los sonidos.

Frecuencia crítica

Es la frecuencia a partir de la cual un obstáculo rígido empieza a absorber parte de la energía de las ondas incidentes. Esta frecuencia crítica, así mismo, dependerá del espesor del obstáculo. A mayor espesor, la frecuencia incidente tendrá menor capacidad de penetración.

Fuente dodecaédrica omnidireccional

Es un dispositivo con 12 altavoces que alcanza niveles superiores a los 90 dB que radia sonido en todas direcciones, en una gama amplia de frecuencias, de modo que el nivel de ruido de la fuente emisora supera ampliamente el grado de aislamiento entre las dos salas de la cámara de transmisión. Ello, permite que el sonido transmitido al receptor (micrófono) llegue con nitidez en todo el rango de frecuencias.

Fuente sonora

Es todo objeto que produce un sonido al vibrar. Podemos clasificar las fuentes sonoras como naturales o creadas por el hombre.

Fórmula de Sabine

Cálculo de la absorción postulada por el físico Wallace Clement Sabine quien llegó a una expresión matemática a partir del decaimiento energético del sonido debido a la capacidad absorbente de las superficies de un recinto.

Fuente sonora

Es un objeto o elemento genera sonido al vibrar.

Goterros autocompensados

Son los goteros que presentan una membrana que funciona bajo presión: cuanto mayor sea ésta, mayor resistencia opondrá la membrana para mantener un caudal constante. Esto es, la membrana se cierra al aumentar la presión para que no aumente el volumen de agua que entra, y así se mantenga igual al caudal deseado.

Hz (Hertz)

Unidad de frecuencia del Sistema Internacional que equivale a la frecuencia de un fenómeno periódico cuyo período es 1 segundo.

Índice de aislamiento acústico R

Es la diferencia entre el nivel de potencia sonora incidente y el nivel de potencia que atraviesa el material. Es fuertemente dependiente de la frecuencia.

Índice de reducción ponderado R_w

Representa el "aislamiento acústico ponderado" y se expresa como un número único simplificado según la norma ISO 717-1.

Metodología de ensayo por presión sonora

Es un conjunto de procedimientos racionales utilizados para el relevamiento del sonido por presión sonora.

Metodología de ensayo por intensimetría

Es un conjunto de procedimientos racionales utilizados para el relevamiento del sonido por intensimetría.

Micrófono

Aparato para transformar las ondas sonoras en energía eléctrica y viceversa en procesos de grabación y reproducción de sonido; consiste esencialmente en un diafragma atraído intermitentemente por un electroimán, que, al vibrar, modifica la corriente transmitida por las diferentes presiones a un circuito.

Muestra representativa

Es una pequeña cantidad de material, parte o subconjunto de un conjunto que posee las mismas propiedades que la la porción mayor y la representa.

Números únicos

Cifra que representa la energía acústica en todas las bandas de frecuencias.

Índice global de reducción sonora ponderada (R_w)

Es un número único determinado por la Norma IRAM 4043-1, que indica el aislamiento al ruido aéreo medido en laboratorio siendo su valor expresado en decibeles.



Índice de reducción del sonido R_i

Índice relevado en laboratorio mediante el método intensimétrico.

Intensidad acústica

La intensidad acústica o intensidad sonora de una onda acústica se define como el valor medio de la energía que atraviesa un área unidad perpendicular a la dirección de propagación de la onda en la unidad de tiempo. (W/m²).

Intensimetría acústica

Representa la medición del sonido mediante intensidad, que expresa un valor vectorial el cual relaciona el valor del sonido en un punto concreto y su dirección.

Mapas de ruido

Mediciones continuas de los niveles de presión sonora, en función de un descriptor de ruido, registrados en distintos puntos de la ciudad, y dibujados sobre un mapa de la misma, para la evaluación objetiva de un problema de ruido existente y su influencia sobre el entorno en la que se indicará la superación de un valor límite, el número de personas afectadas en zona dada y el número de viviendas, centros educativos y hospitales expuestos a determinados valores de ese indicador en dicha zona.

Mediciones de intensidad acústica

Son mediciones de intensidad sobre superficies bidimensionales que permiten localizar fuentes de ruido visualizando el campo sonoro.

Esta técnica junto con modernas herramientas de gráficos por computadora, permiten profundizar los análisis de radiación y propagación del sonido y los efectos de interferencias y difracciones.

Medidor de nivel sonoro

Instrumento conocido también como decibelímetro o sonómetro, el cual evalúa los niveles de presión sonora expresados en dB. Dichas evaluaciones proporcionan mediciones objetivas y reproducibles del nivel de presión acústica.

Básicamente el instrumento está constituido por un micrófono, una sección de procesamiento de señal y una unidad de lectura.

Medidor de nivel sonoro integrado

Es un instrumento que sirve para poder medir el nivel sonoro de forma continua que es equivalente en un intervalo de tiempo ya seleccionado. Suma todo el ruido que recibe cuando hace una ponderación basándose en las diferentes frecuencias que recibe.

Método estandarizado

Son aquellos que aplican criterios predefinidos según normativas específicas.

Nivel de presión sonora

También conocido como presión acústica, es el resultado de las variaciones de presión que experimentan las ondas de sonido en el aire.

Norma ASTM C 423-02a

Standard test method for sound absorption and sound absorption coefficients by the reverberation room method - Método de prueba estándar para absorción de sonido y coeficientes de absorción de sonido por el método de sala de reverberación.

Norma para clasificar la absorción de sonido de un material y sus coeficientes relevados en la cámara reverberante de un laboratorio.

Norma ISO-354/2003

Acoustics Measurement of sound absorption in a reverberation room – Acústica: medición de la absorción del sonido en una sala de reverberación.

La norma especifica un método para medir el coeficiente de absorción de sonido de los materiales acústicos utilizados como tratamiento de paredes y techos, o el área de absorción de sonido equivalente de objetos como muebles, personas o absorbentes de espacio relevados en una sala de reverberación.

Norma IRAM 4043-1/2003

“Acústica, Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción, Parte 1 Aislamiento al ruido aéreo”.

Norma ISO 10140-2

Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements — Part 2: Measurement of airborne sound insulation. - Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 2: Medición del aislamiento acústico al ruido aéreo.

La norma refiere a la disposición de las mediciones de laboratorio del ruido aéreo, para garantizar la consistencia y para simplificar los futuros cambios y añadidos con respecto a las condiciones de montaje de los elementos de ensayo en las mediciones de campo y de laboratorio.

Norma ISO11654:1997

Sound Absorbers for use in buildings. Ratings of sound absorption- Acústica. Absorbentes acústicos para su utilización en edificios. Evaluación de la absorción acústica.



La norma determina un método que permite convertir en un índice de evaluación único los valores del coeficiente de absorción acústica dependientes de las frecuencias. Antes de llevar esto a cabo, los valores en bandas de un tercio de octava del coeficiente de absorción acústica, medidos conforme a la norma ISO 354, se convierten en bandas de una octava.

Norma ISO15186-1

Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements using sound intensity - Part 1: Laboratory measurements) - Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción utilizando intensidad sonora: - Parte 1: Medidas en laboratorio.

Describe un método basado en intensimetría acústica para determinar el aislamiento.

Norma IRAM 4043-3

Norma referida al aislamiento del sonido en edificios. Clasificación del aislamiento del sonido, vía aérea, en fachadas y sus elementos.

A través de la norma se determina el valor mínimo de aislamiento acústico al ruido aéreo, expresado como R_w , Índice Global de Reducción Sonora Aparente, que es un número único determinado por la Norma IRAM 4043-1.

Norma ISO 717-1

Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation- (Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo).

El objetivo de esta parte de ISO 717 es normalizar un método por el cual la dependencia frecuencia del aislamiento a ruido aéreo pueda convertirse en un solo número que caracterice las propiedades acústicas (el comportamiento acústico).

Norma IRAM 4065/95

Acústica. Medición de absorción de sonido en cámara reverberante.

Indica el procedimiento de medición en laboratorio dentro de la cámara reverberante para medir la absorción acústica del sonido y la determinación del coeficiente de absorción.

Número único NRC- Noise Reduction Coefficient

Representa un valor numérico único que oscilaría entre 0.0 (máxima reflexión) a 1.0 (máxima absorción) y describe el desempeño promedio de absorción acústica de un material.

El NRC, se obtiene del promedio de los coeficientes de absorción sonora α_s para las bandas de tercios de octavas centradas en las frecuencias 250, 500, 1000 y 2000 Hz, redondeado al múltiplo más próximo de 0,05, que abarca las frecuencias del habla humana.

NRC (Noise Reduction Coefficient)

Es el coeficiente de reducción de ruido y expresa un valor que va desde 0.00 a 1.00 y describe el promedio de absorción acústica de un material.

NRC 0.00 significa ausencia de absorción acústica, p.ej. es el valor aproximado de un muro de hormigón muy grueso. Al revés, NRC 1.00 indica la absorción acústica máxima.

Número único SAA- Sound Absorption Average

Representa un número único que expresa el promedio de los coeficientes de absorción sonora α_s de las bandas de tercios de octava comprendidas entre 200 y 2500 Hz, redondeado al múltiplo más próximo de 0,01.

Es el coeficiente de reducción de ruido que la ASTM ha derivado del NRC y que utiliza una gama más amplia de medición. Es más confiable que el NRC sobre la absorción de las bajas frecuencias.

Octava

Intervalo de ocho grados entre dos notas de la escala musical.

Partículas del sustrato

Composición biótica y abiótica de un sustrato.

El tamaño de partícula basado en volumen es igual al diámetro de la esfera que tiene el mismo volumen que una partícula dada. Normalmente se usa en el análisis de tamices, como hipótesis de forma (tamaño de malla de tamiz como el diámetro de la esfera).

Porosidad del sustrato

El espacio poroso o porosidad total es la porción no sólida del volumen del sustrato. Representa el volumen de aire del material, seco en estufa, expresado como un porcentaje del volumen total. La capacidad de retención de agua de un medio es el volumen de agua que se retiene después del riego y el drenaje.

Porta-muestra

Abertura en la que se aloja la muestra.

Pre-amplificador de micrófono

Es un tipo de amplificador electrónico utilizado en la cadena de audio, durante la reproducción del sonido. Como en todo amplificador, la finalidad de un preamplificador es aumentar el nivel de la señal y, para ello, actúa sobre la tensión de la señal de entrada.



Presión sonora

La presión acústica, o el nivel de presión sonora, es el resultado de las variaciones de presión que experimentan las ondas de sonido en el aire. La presión acústica mínima que pueden oír las personas es el llamado umbral auditivo, y la mayor que se puede soportar es conocido como el umbral del dolor. La presión acústica en el umbral del dolor es un millón de veces superior a la del umbral del sonido.

Propiedades físicas del sustrato

Las propiedades físicas que usualmente se determinan en los sustratos son el espacio poroso total, la capacidad de retención de agua y de aire, la densidad aparente y densidad de las partículas.

Radiación del sonido

Proceso por el que la energía sonora se transmite de una fuente vibrante a un medio.

Rango de frecuencias sonoras (altas, medias y bajas)

La frecuencia de las ondas sonoras determina su tono y se suele medir en hercios (Hz), una unidad que equivale a una onda por segundo.

El oído humano es capaz de percibir un amplio rango de frecuencias: aproximadamente de 20 a 20.000 Hz.

Un sonido de baja frecuencia es de unos 500 Hz o menos. Un sonido de alta frecuencia es de unos 2,000 Hz y más alto.

Reflexión acústica

Refiere a toda onda sonora que al propagarse choca contra un obstáculo, cambiando de dirección y sentido.

Resonancia

Fenómeno que se produce cuando un objeto es capaz de emitir vibraciones a través de una fuerza periódica, cuyo periodo de vibración coincide con la vibración de dicho cuerpo, en la cual la onda audible o inaudible hace que los objetos vibren con mayor proporción. En esta instancia el cuerpo vibra y aumenta progresivamente la amplitud del movimiento, generando tras ellos una fuerza sucesiva.

Reverberación

Es el fenómeno acústico de reflexión que se produce en un recinto cuando un frente de onda o campo directo incide contra las paredes, suelo y techo del mismo. El conjunto de dichas reflexiones constituye lo que se denomina campo reverberante.

Riego automático

Es un sistema para distribuir agua a las plantas de manera controlada, por medio de sistemas de aspersión o goteo.

Riego manual

Es el riego más común que existe, sobre todo por su simpleza; solamente se necesita una manguera, un par de conexiones y, a veces, un terminal.

Ruido

Cualquier sonido no deseado, que produce efectos psicológicos o fisiológicos adversos.

Ruido aéreo

Representa el ruido que se genera por la perturbación del aire que rodea a fuentes sonoras.

Ruido blanco

El ruido blanco es un sonido constante que impide que otros sonidos y ruidos destaquen por encima de él. Contiene todas las frecuencias audibles por el oído humano, de manera que su presencia es capaz de enmascarar la percepción de cualquier otro sonido.

Ruido de fondo

Cualquier sonido no controlable que se produce de forma simultánea a la realización de una medición de ruido, y que puede afectar al resultado de la misma.

Ruido de flanqueo

El ruido de flanqueo, también llamado «transmisión de flanqueo», se refiere al ruido que ingresa a un área desde un método indirecto. Incluso si está bloqueando, el ruido puede llegar directamente a través de una pared o el piso e incluso ruidos que reboten en otras superficies e ingresen indirectamente a su área, evitando cualquier obstáculo que coloque en su lugar para bloquearlo.

Ruido rosa

Se denomina ruido rosa a la señal o proceso con espectro de frecuencias tal que su densidad es inversamente proporcional a la frecuencia.

Sala emisora

Recinto en el cual se encuentra la/s fuente/s emisora de sonido.



Sala receptora

Recinto que recepciona el sonido proveniente de la sala emisora.

SbN

Soluciones basadas en la naturaleza y refieren a un conjunto de acciones o políticas que aprovechan el poder de la naturaleza para abordar algunos de nuestros desafíos sociales más urgentes, como la amenaza de la disponibilidad del agua, el creciente riesgo de desastres naturales o el cambio climático.

Sistema de riego automático

Es un conjunto de estructuras y componentes que se instalan en un área determinada, con la finalidad de aplicar el agua necesaria a las plantas mediante la programación de tiempos adecuados, que garanticen una frecuencia de riego acorde a las necesidades hídricas del cultivo.

SJV (sistemas de jardines verticales)

Es un sistema de jardín posicionado sobre una superficie vertical que incorpora diferentes componentes. Estos se conforman con especies vegetales y sustrato (ecosistema natural) los cuales se desarrollan dentro de un medio inerte (ecosistema construido), los cuales son alimentados y nutridos (subsistema de alimentación) y mantenidos (subsistema de mantenimiento).

Sonda intensimétrica

Instrumento que se utiliza para relevar el sonido a través de la mitología intensimétrica.

Subsistema de alimentación

Conjunto de elementos cuya función es hidratar con agua y nutrir las especies vegetales (definición personal).

Subsistema de mantenimiento

Conjunto de elementos cuya función es controlar el crecimiento, reponer y reemplazar las especies vegetales además de verificar el correcto funcionamiento del subsistema de alimentación y las condiciones del ecosistema construido.

Superficies reflectivas

Superficies que reflejan el sonido.

Técnica intensimétrica

La técnica para relevar las prestaciones como aislante acústico de las muestras, se basa en la intensidad sonora. Esta, representa la cantidad de energía por unidad de tiempo y superficie a través de un vector que ofrece información sobre la magnitud (valor), dirección y sentido de la onda.

La sonda intensimétrica, se conforma con dos micrófonos enfrentados y separados por una pequeña distancia (espaciador). A partir de la medida de la diferencia de presión entre ambos micrófonos se puede obtener la velocidad media en las que se movilizan las partículas y de ello, la intensidad mientras se realiza el barrido tanto horizontal como vertical de las áreas.

Temporizador de riego

Es un programador que actúa sobre la bomba riego y sobre las electroválvulas para realizar el riego en base a una programación establecida por el operador.

Tercio de octava

Es una banda de frecuencia que corresponde a la tercera parte de una octava (y por tanto, tres bandas adyacentes de tercio de octava corresponden a una banda de octava).

TR (Tiempo de reverberación) o TR60

Tiempo necesario para que la intensidad de un sonido disminuya a la millonésima parte de su valor inicial o, lo que es lo mismo, que el nivel de intensidad acústica disminuya 60 decibelios por debajo del valor inicial del sonido.

Tornillos auto-perforantes

Es aquel que tiene la capacidad de poder perforar por sí mismo el material donde va a ser colocado.

Transmisión por vía directa

Sonido que llega de forma directa.

Transmisión por vía indirecta

Sonido que llega de manera indirecta.

Velocidad de propagación del sonido en el aire

Sonido que se propaga a una velocidad de 340 metros por segundo. La propagación del sonido en los fluidos toma la forma de fluctuaciones de presión. En los cuerpos sólidos la propagación del sonido implica variaciones del estado tensional del medio.



PARTE IV MARCO ANALÍTICO

CAPITULO 8

Análisis de ciclo de vida (ACV)

Es una metodología que permite, de manera objetiva, estimar y evaluar los impactos que un producto o servicio puede tener sobre el medio ambiente durante todas las etapas de su vida.

Diseño C2C

Es el diseño que enfoca la sustentabilidad de manera innovativa, al inspirarse en la lógica pro-cíclica de la naturaleza. En este sentido, es importante comprender que no se trata de ser eficiente, ni limpio, sino que eco-efectivo: En muchos de sus procesos, la naturaleza derrocha energía y materiales.

Ecoinnovación

La ecoinnovación o innovación ecológica es el desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sustentable, aplicando conocimientos y estrategias comerciales para generar mejoras ecológicas directa e indirectamente.

Ecodiseño

Es el diseño relacionado con el diseño sostenible que considera acciones orientadas a la mejora ambiental del producto o servicio en todas las etapas de su ciclo de vida, desde su creación en la etapa conceptual, hasta su tratamiento como residuo.

Huella ambiental

La Huella ambiental evalúa, calcula y en ocasiones pondera los principales impactos ambientales potenciales de un producto, organización o servicio, con base en un Análisis de ciclo de vida conforme con normas internacionales ISO.

Dentro de la Huella Ambiental se consideran un máximo de 14 tipos diferentes de impacto ambiental:

1. Cambio climático
2. Destrucción de la capa de ozono
3. Toxicidad humana con efectos cancerígenos
4. Toxicidad humana sin efectos cancerígenos
5. Partículas y aspectos respiratorios
6. Radiación ionizante
7. Formación de ozono fotoquímico
8. Acidificación
9. Eutrofización terrestre
10. Eutrofización acuática
11. Ecotoxicidad en medio acuático
12. Uso del suelo
13. Consumo de recursos – agua
14. Consumo de recursos – minerales y combustibles fósiles.

ANEXOS

ANEXO A

Análisis de ciclo de vida (ACV)

“el Análisis de Ciclo de Vida es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio” (Definición según Norma ISO 14040).

BREEAM

Acronimo de Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology), publicado por primera vez por el Building Research Establishment (BRE) Gran Bretaña, en 1990, es el método más antiguo del mundo de la evaluación, calificación y certificación de la sostenibilidad de los edificios. Puede implementarse en viviendas a construir, construidas, restauradas.

El BREEAM, evalúa y certifica en base a criterios que evalúan procesos muy variados tales como gestión de energía y uso del agua, salud y bienestar, contaminación, transporte, materiales, residuos, ecología, etc. La escala de certificación es de bueno a óptimo.

Posee adaptaciones regionales que tienen otros nombres: GreenStar (Pacífico y Sudáfrica), HKBEAM (Asia), GreenGlobes (Américas).

C2C

Significa Cradle to Cradle (de la cuna a la cuna), concepto del libro de igual nombre escrito por William McDonough y Michael Braungart (2002). El enfoque difiere del de los ecologistas tradicionales ya que su finalidad es que se construyan fábricas no contaminantes en las que se elaboren productos seguros para el medio ambiente y 100% reciclables, concibiendo con ese fin nuevos métodos industriales y analizando todas las materias primas que se utilizan para la fabricación. Propone una nueva revolución industrial: la reinención de procesos industriales que aporten soluciones saludables y crear una industria en la que



“todo pueda reutilizarse, ya sea que el producto vuelva a la tierra en tanto que 'nutriente biológico' no tóxico o vuelva a la industria en tanto que 'nutriente técnico' que pueda ser reciclado una y otra vez”. Sus principios son basura=alimento otros sistemas, uso energía renovable y responsabilidad social en el uso del recurso del agua.

Checklist

El checklist u hojas de verificación, son listados de chequeos con formatos específicos para realizar actividades repetitivas, controlar el cumplimiento de un listado de requisitos o recolectar datos ordenadamente y de manera sistemática. Se utilizan para hacer comprobaciones sistemáticas de actividades o productos asegurándose de que el trabajador o inspector no se olvida de nada importante.

Ciclo de Vida

Representa el aspecto esencial de este enfoque siendo el análisis del ciclo de vida (ACV), la forma de evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, a través de la identificación, cuantificación y evaluación en el uso de materia y energía como las emisiones al entorno, a fin de determinar el impacto del producto en el uso de recursos y las emisiones a fin de implementar en la práctica estrategias ambientalmente sustentables.

Ecoinnovación

Se toma como definición la considerada por el Observatorio de Ecoinnovación de la Unión Europea (2010), que considera “ecoinnovación es cualquier innovación que reduce el uso de los recursos naturales y reduce la emisión de sustancias nocivas a lo largo de todo el ciclo de vida.”.

Ecodiseño

Es el diseño relacionado con el diseño sostenible que considera acciones orientadas a la mejora ambiental del producto o servicio en todas las etapas de su ciclo de vida, desde su creación en la etapa conceptual, hasta su tratamiento como residuo.

Huella ambiental

La Huella ambiental evalúa, calcula y en ocasiones pondera los principales impactos ambientales potenciales de un producto, organización o servicio, con base en un Análisis de ciclo de vida conforme con normas internacionales ISO.

Dentro de la Huella Ambiental se consideran un máximo de 14 tipos diferentes de impacto ambiental:

15. Cambio climático
16. Destrucción de la capa de ozono
17. Toxicidad humana con efectos cancerígenos
18. Toxicidad humana sin efectos cancerígenos
19. Partículas y aspectos respiratorios
20. Radiación ionizante
21. Formación de ozono fotoquímico
22. Acidificación
23. Eutrofización terrestre
24. Eutrofización acuática
25. Ecotoxicidad en medio acuático
26. Uso del suelo
27. Consumo de recursos – agua
28. Consumo de recursos – minerales y combustibles fósiles.

Matriz FODA

Es un acrónimo de Fortalezas (factores críticos positivos con los que se cuenta), Oportunidades, (aspectos positivos que podemos aprovechar utilizando nuestras fortalezas), Debilidades, (factores críticos negativos que se deben eliminar o reducir) y Amenazas, (aspectos negativos externos que podrían obstaculizar el logro de nuestros objetivos).

También se puede encontrar en diferentes bibliografías en castellano como “Matriz de Análisis DAFO” (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades), o bien “SWOT Matrix” en inglés (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats).

ODS

Objetivos de Desarrollo Sostenible.

ANEXO C

Aerosoles

Es un conjunto de partículas microscópicas, sólidas o líquidas, que se encuentran en suspensión en un gas.

Biocombustible

Combustible obtenido a partir del tratamiento de biomasa vegetal que es mucho menos contaminante que los combustibles de origen fósil.

Biodestrucción

Refiere a la destrucción biológica sobre un material.



Biodeterioro

Es un fenómeno complejo que implica alteraciones de las propiedades físico-químicas y mecánicas del material por acción de organismos biológicos. A ello hay que añadir las modificaciones del aspecto estético que se producen en los objetos afectados.

Biofiltro

El biofiltro de aire interior es parte del sistema de manejo de aire del edificio con plantas integradas dentro de él como un filtro de aire vivo. Desde el punto de vista del procesamiento interno, el biofiltro es una adaptación de dos procesos separados: 1) el paso de una corriente de aire contaminada a través de un sustrato biológicamente activo donde los microbios beneficiosos utilizan los contaminantes (como los COV) como fuente de alimento; 2) el proceso es la fitorremediación, que utiliza plantas verdes para ayudar al crecimiento de estos microbios beneficiosos. (Definición Darlington y Arsenaut, 2012).

Bioproducto

Son el resultado de la aplicación de la biotecnología dentro del ámbito industrial (biotecnología blanca o industrial), donde, mediante procesos Biológicos, Bioquímicos, Físicos, Térmicos de: Fermentación, Esterificación, Transesterificación, Digestión, Hidrólisis; con la incorporación de enzimas, microorganismos, bacterias, etc., se transforma la biomasa (cultivos de no alimentación, masa forestal, residuos vegetales, etc.) en bioproductos como: los bioplásticos, las biopinturas, los biolubricantes, los biomateriales de la construcción, la bioenergía, los biocombustibles, etc.

Bioprotección

se define como el conjunto de medidas físicas y administrativas destinadas a proteger el material biológico y la información que, por una liberación malintencionada, una pérdida voluntaria, un robo o una apropiación indebida, podrían causar daños a la salud (humana, animal o vegetal) o graves pérdidas económicas.

Biorremediación

se llama a cualquier proceso biotecnológico que utilice microorganismos, hongos, plantas o las enzimas derivadas de ellos para recuperar un medio ambiente alterado por contaminantes a su condición natural aprovechando las capacidades catabólicas de los seres vivos.

Bioswales

Es una depresión o zanja larga y canalizada que recibe la escorrentía de agua de lluvia (como de un estacionamiento) y tiene vegetación (como pastos, hierbas con flores y arbustos) y materia orgánica (como mantillo) para retardar la infiltración del agua y filtrar los contaminantes.

Calidad de aire

"...es un término más amplio usado para describir la contaminación del aire en ambientes al aire libre. La mala calidad del aire ambiental exterior ocurre cuando los contaminantes alcanzan concentraciones lo suficientemente altas como para afectar negativamente la salud humana y/o el medio ambiente. La contaminación del aire urbano al aire libre es un término más específico que se refiere a la contaminación del aire ambiental exterior en áreas urbanas, por lo general en las ciudades o en sus alrededores". (OPS, 2018)

Cobertura foliar

Refiere al porcentaje de cobertura vegetal sobre la superficie, el cual tiene relación con el IMF (índice de masa foliar).

Compuestos orgánicos volátiles

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura. Se puede considerar como COV aquel compuesto orgánico que a 20°C tenga una presión de vapor de 0.01 kPa o más, o una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso.

Condiciones microclimáticas

Conjunto de las condiciones climáticas particulares de un lugar determinado, resultado de una modificación más o menos acusada y puntual del clima de la zona en que se encuentra influido por diferentes factores ecológicos y medioambientales. Las grandes ciudades conforman un microclima especial con variaciones de temperatura de hasta 10 °C; en los invernaderos se crea un microclima determinado para cada tipo de cultivo.

Confort térmico

Es la condición que expresa la satisfacción con el ambiente térmico, es decir el equilibrio entre las sensaciones psíquicas y fisiológicas del ser humano y su entorno inmediato. (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (ASHRAE)

Difracción acústica

Refiere a cuando el sonido se dispersa como consecuencia del encuentro con obstáculos que no le son transparentes.

Bioprotección

Se define como bioprotección a la preservación de alimentos usando su microbiota natural y controlada y/o sus metabolitos antimicrobianos, para diferenciarla de la preservación química. Los cultivos antagonistas agregados a alimentos para inhibir patógenos y/o extender la vida útil (1) modificando lo mínimo posible sus propiedades sensoriales se denominan cultivos bioprotectores (2).



EPA

Sigla de Environmental Protection Agency.

Especies trepadoras

Es una planta que se encarama a un elemento vivo o muerto (muro, espaldera, etc.) parasitando mecánicamente, sin alimentarse del mismo. Este elemento se llama "hospedador". El recurso por el que compete la trepadora con su hospedador es la luz del Sol.

Estomas

Abertura microscópica del tejido epidérmico de los vegetales superiores, especialmente el de las hojas y partes verdes, por donde se verifica el intercambio de gases entre la planta y el exterior.

Evapotranspiración

Cantidad de agua del suelo que vuelve a la atmósfera como consecuencia de la evaporación y de la transpiración de las plantas.

Exoestructura

Refiere a una estructura externa.

Fauna microbiana

Conjunto de microorganismos que viven en un ambiente dado.

Formaldehídos

Es un producto químico que se utiliza ampliamente como bactericida o conservante, en la fabricación de ropa, plásticos, papel, tableros y en otros muchos usos. De hecho, el formaldehído está muy extendido en nuestro medio. También puede encontrarse en muchos productos como producto de descomposición o alteración de los mismos.

Fotosíntesis

Proceso químico que tiene lugar en las plantas con clorofila y que permite, gracias a la energía de la luz, transformar un sustrato inorgánico en materia orgánica rica en energía.

Fenómeno "Isla de calor"

El fenómeno de la isla de calor urbana (Urban Heat Island-UHI), concepto acuñado en 1958 por el climatólogo inglés Gordon Marley, es el resultado de un conjunto de situaciones complejas que se dan en el interior de las ciudades superpobladas de media y alta escala como consecuencia de almacenar calor solar en el tejido urbano.

Filtro biológico

Son sistemas de filtrado natural, cuya función fundamental es la eliminación de los contaminantes y sustancias tóxicas, por medio de la neutralización y transformación en sustancias no nocivas.

Fitorremediación

Uso de plantas para eliminar contaminantes del aire, agua y suelo. Se ha demostrado que las plantas absorben los contaminantes del aire a través de sus estomas durante el intercambio normal de gases.

Huella hídrica

La huella del agua o huella hídrica es un indicador de uso de agua que tiene en cuenta tanto el uso directo como indirecto por parte de un consumidor o productor.

La huella hídrica se mide en términos de volumen de agua consumida, evaporada y contaminada.

El concepto fue creado por el Dr. Arjen Hoekstra quien, junto con los demás en la Water Footprint Network (WFN), desarrolló el marco y estableció la organización internacional como la principal red de investigación en la disciplina (waterfootprintcalculator.org).

Índice de Masa Foliar (IMF)

El índice que fue definido inicialmente por Watson (1947) y representa un número adimensional el total del área del tejido fotosintético por la superficie del terreno, que en otras palabras representa la cantidad de superficie foliar (m^2 (follaje) / m^2 (suelo)). (Aguirre-Salado, 2011)

LEED

Acrónimo de Leadership in Energy & Environmental Design.

Es un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council), Estados Unidos.

Se compone de un conjunto de normas sobre la utilización de estrategias encaminadas a la sostenibilidad en edificios de todo tipo. Se basa en la incorporación en el proyecto de aspectos relacionados con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la mejora de la calidad ambiental interior (aquí se incluye el ruido), la eficiencia del consumo de agua, el desarrollo sostenible de los espacios libres de la parcela y la selección de materiales. Existen cuatro niveles de certificación: certificado (LEED Certificate), plata (LEED Silver), oro (LEED Gold) y platino (LEED Platinum).

Material particulado

Es una mezcla de partículas líquidas y sólidas, de sustancias orgánicas e inorgánicas, que se encuentran en suspensión en el aire. El material particulado forma parte de la contaminación del aire. Su composición es muy variada y podemos encontrar, entre



sus principales componentes, sulfatos, nitratos, el amoníaco, el cloruro sódico, el carbón, el polvo de minerales, cenizas metálicas y agua. Dichas partículas además producen reacciones químicas en el aire.

Se cataloga en función de su tamaño y, en el ámbito de la calidad del aire, hablamos de partículas PM10, que serían las de mayor tamaño, cuyo diámetro aerodinámico teórico sería de 10 μm (micrones de metro = millonésima parte del metro) y las partículas finas conocidas como PM 2.5 cuyo diámetro sería de 2.5 μm .

Metabolización

Transformación, por medio del metabolismo, de una sustancia en otra que puede ser asimilada por el organismo.

Microfauna

Animales pequeños o diminutos, especialmente los imperceptibles a simple vista, o los que prosperan en hábitats restringidos.

Microflora

Flora microorgánica de un medio determinado.

Microiones

Partícula microscópica que tiene carga eléctrica.

Microturbulencias

Turbulencias pequeñas y locales que incrementan el transporte del fluido hacia una pared.

Paisaje sonoro

Conjunto de sonidos de un lugar o un momento determinado que le brindan identidad.

Paisaje olfativo

Conjunto de aromas de un lugar o un momento determinado que le brindan identidad.

Partículas volátiles

Se conoce como partículas volátiles pertenecen a los compuestos orgánicos (VOC) que se convierten fácilmente en vapores o gases y su particularidad es que son de tamaño menor de 10 μm y su importancia radica en que pueden quedar suspendidas en el aire por largo tiempo y alcanzar fácilmente las vías aéreas inferiores de los seres humanos a través de la respiración.

Perennifolias

Es una especie vegetal que conserva su follaje todo el año.

Precultivado

Cultivo previo de las especies vegetales antes de su implantación definitiva. Puede realizarse en lugar cercano o vivero en condiciones similares a las que se colocarán a fin de alcanzar una buena adaptación.

Reflectancia

Capacidad de un cuerpo de reflejar la luz.

Reflexión acústica

Refiere a toda onda sonora que al propagarse choca contra un obstáculo, cambiando de dirección y sentido.

Resuspensión partículas

Son aquellas partículas que no logran sedimentar o bien que por algún efecto externo vuelven a circular en la atmósfera.

Sombreo vegetación

Capacidad que presentan las especies, principalmente sus hojas en interceptar la radiación para oscurecer una superficie. Tiene relación con el índice de masa foliar.

Transpiración vegetal

Pérdida de agua en forma de vapor que se produce en las plantas. A las hojas de estas llega gran cantidad de agua absorbida por las raíces, pero solo una pequeña parte se utiliza en la fotosíntesis.

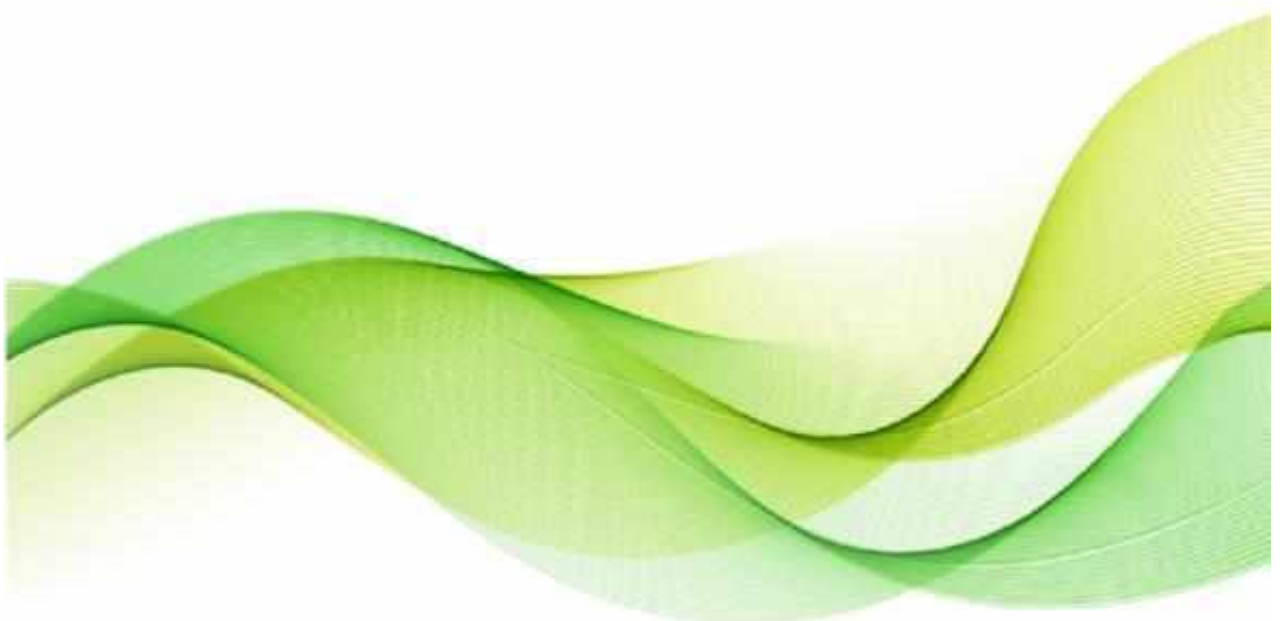
Transmisión térmica solar

Capacidad aislante de un elemento constructivo particular formado por una o más capas de materiales.



ANEXO H

Bibliografía





H. BIBLIOGRAFIA DE TODO EL TRABAJO

PARTE I MARCO TEÓRICO CAPITULO 2

- Alexandri, Eleftheria. (2006). *Green Roofs and Green Walls: Could they Mitigate the Heat Island Effect*. MADE. 3, pp. 60-67. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/317904611_Green_Roofs_and_Green_Walls_Could_they_Mitigate_the_Heat_Island_Effect
- Alexandri, Eleftheria & Jones, Phil. (2008). *Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates*. Building and Environment. 43, pp. 480-493. 10.1016/j.buildenv.2006.10.055. Resumen disponible en: https://www.researchgate.net/publication/222762563_Temperature_decreases_in_an_urban_canyon_due_to_green_walls_and_green_roofs_in_diverse_climates
- Ance, L. (2015) *Hundertwasser y sus cinco pieles*, Difundido en Academias Edu. Recuperado de: https://www.academia.edu/43483755/HUNDERTWASSER_Y_SUS_CINCO_PIELES
- Azkorra, Zalao & Pérez, Gabriel & Coma, Julià & Cabeza, Luisa F. & Burés, Silvia & Álvaro, Juan E. & Erkoreka, A. & Urrestarazu, Miguel. (2015). *Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings*. Applied Acoustics. 89, pp. 46-56. 10.1016/j.apacoust.2014.09.010. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/266145192_Evaluation_of_green_walls_as_a_passive_acoustic_insulation_system_for_buildings
- ARUP (2016) *Cities Alive: Green Building Envelope*. Recuperado de: <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/cities-alive-green-building-envelope>
- Babisch W (2005) Noise and health. Env. Health Perspect. 113: A14-A15.
- Babiwale, Eera (2012) *Regenerative Architecture Principles: A Departure from Modern Sustainable Design*. *Publicación HMC Architect, 12 de abril del 2019, Ontario, Canadá*. Recuperado de: <https://hmcarchitects.com/news/regenerative-architecture-principles-a-departure-from-modern-sustainable-design-2019-04-12/>
- Bellomo A., 2003, Pareti verdi, Sistemi editoriali, Napoli, Italy.
- Benedict, MA, & McMahon, ET. (2002). Green infrastructure: Smart conservation for the 21st century. Renewable Resources Journal, 20, 12-18. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/273127683_Green_Infrastructure_Smart_Conservation_for_the_21st_Century
- Brink, M.; Schreckenber, D.; Vienneau, C.; Cajochen, J.-M.; Wunderli, N.; Probst-Hensch, et al. (2016) *Effects of scale, question location, order of response alternatives, and season on self-reported noise annoyance using IC BEN scales: a field experiment* Int. J. Environ. Res. Public Health, 13 (2016). Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Effects-of-Scale%2C-Question-Location%2C-Order-of-and-A-Brink-Schreckenber/95c86f8762131cbe55d3d3bf62e3b83576748c8b>
- Briz, J. (2003) *Naturación Urbana: cubiertas ecológicas y Mejora Medioambiental*. Mundi-Prensa, 2ª Edición.
- Briz J, Köehler M. De Felipe I. (2015). *Green cities in the world*. WGIN, PRONATUR.
- Bronzaft, Arline & Hagler, Louis. (2009). *Noise: The Invisible Pollutant that Cannot Be Ignored*. 10.1007/978-90-481-3352-9_4.
- Brown AL, Raghu S (1998) *An overview of research on the effects of noise on animals*. Acoustic. Aust. 26: 63-68.
- Brown Katherine (2002). *Urban Agriculture and Community Food Security in the USA: Farming from the City Center to the Urban Fringe* Urban Agriculture Committee USA.
- Callebaut, Vincent (2014-2015) *Paris Smart City 2050*. Recuperado de: http://vincent.callebaut.org/object/150105_parissmartcity2050/parissmartcity2050/projects
- Chiesura, a (2004) *The Role of Urban Parks for the Sustainable City*, Landscape and Urban Planning 68:1(2004), pp. 129–138. Resumen disponible en: https://www.researchgate.net/publication/222534041_The_Role_of_Urban_Parks_for_the_Sustainable_City
- Cleargeat, Romain (2020) *Match Avenir, Ils inventent l'époque, entrevista a Vincent Callebaut para Paris Match 2013*, pp.105-106, publicado el 6 de junio del 2020, Paris, Francia. Recuperado de: <https://www.parismatch.com/Actu/Environnement/Les-villes-jardins-fleurissent-deja-1688568>
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (Eds.). (2016). *Naturebased Solutions to address global societal challenges*. Gland, Switzerland: IUCN. Recuperado de: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf>



- Cole, R.J., (2004) *Changing context for environmental knowledge*. Building Research and Information, 32(2), pp. 91–10. Resumen disponible en: https://www.researchgate.net/publication/245310036_Changing_context_for_environmental_knowledge
- Coutts, A. M., Tapper, N. J., Beringer, J., Loughnan, M., & Demuzere, M. (2013a). *Watering our cities: the capacity for Water Sensitive Urban Design to support urban cooling and improve human thermal comfort in the Australian context*. Progress in Physical Geography, 37(1), pp. 2-28. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/233336382_Watering_our_Cities_The_capacity_for_Water_Sensitive_Urban_Design_to_support_urban_coolingand_improve_human_thermal_comfort_in_the_Australian_context/citation/download
- Currie, Beth & Bass, Brad. (2008). *Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model*. Urban Ecosystems, 11, pp. 409-422. 10.1007/s11252-008-0054-y. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/225190459_Estimates_of_air_pollution_mitigation_with_green_plants_and_green_roofs_using_the_UFORE_model
- Czemieli Berndtsson, Justyna. (2010). *Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review*. Ecological Engineering, 36, pp. 351-360. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/222330689_Green_Roof_Performance_towards_Management_of_Runoff_Water_Quantity_and_Quality_A_Review/citation/download
- De Felipe, I., & Briz, J. (1998). *Red Internacional de Ciudades en Naturación (RICEN)*. Agricultura: Revista Agropecuaria, 794, pp. 695–699. Recuperado de: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agri/Agri_1998_794_695_699.pdf
- De Felipe Boente, I.; Briz Escribano, J. (2010) *La naturación urbana: una apuesta para la mejora medioambiental de nuestro entorno*, Manual formativo de ACTA, ISSN 1888-6051, N.º. 57, 2010, pp. 29-38. Recuperado de: https://www.acta.es/medios/articulos/medicina_y_salud/057029.pdf
- Del Caz, Rosario. (2017). *El papel de la vegetación en la mejora del entorno de los edificios en los procesos de regeneración urbana*. Revista Urbano, 20, pp. 102-113. 10.22320/07183607.2017.20.35.08. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/322586890_El_papel_de_la_vegetacion_en_la_mejora_del_entorno_de_los_edificios_en_los_procesos_de_regeneracion_urbana/citation/download
- Del Grosso AE, Basso P., (2010) *Adaptive building skin structures*. IOP Sci Mater Struct.
- De Nardo, J. C., Jarrett, A. R., Manbeck, H. B., Beattie, D. J., & Berghage, R. D. (2005). *Stormwater mitigation and surface temperature reduction by green roofs*. Transactions of the ASAE, 48(4), pp. 491-1496. Disponible online en: https://www.researchgate.net/publication/273079575_Stormwater_mitigation_and_surface_temperature_reduction_by_green_roofs
- Dorst, Hade; van der Jagt, Alexander; Raven, Rob; Runhaar, Hens (2019) *Urban greening through nature-based solutions – Key characteristics of an emerging concept*, Sustainable Cities and Society, Volume 49, 2019, 101620, ISSN 2210-6707. Resumen Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670719302550>
- Doughty M.R.C., Hammond G.P., (2004) *Sustainability and the build environment at and beyond the city scale*. Building and Environment Vol. 39, 2004, 1223-1233.
- EC. (2015). *Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities* (Final report of the Horizon 2020 expert group on 'Nature-based solutions and re-naturing cities'). Luxembourg: Publications Office of the European Union. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/274666772_Towards_an_EU_research_and_innovation_policy_agenda_for_nature-based_solutions_re-naturing_cities_Final_report_of_the_Horizon_2020_expert_group_on_nature-based_solutions_and_re-naturing_cities
- European Union (2013) *Building a Green Infrastructure for Europe*. Recuperado de: https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructure_broc.pdf
- European Commission (2016a) *Supporting the Implementation of Green Infrastructure-Final Report*. Recuperado de: https://www.vhq.org/media/rf/Kennisbank/2015_0739_DG_RT_D_WEB-Publication_A4_NBS_long_version_20150310.pdf
- European Commission (EC) *Nature-based Solution are helping to address urban challenges*. Recuperado de: <https://ec.europa.eu/easme/en/news/nature-based-solutions-are-helping-address-urban-challenges>
- European Commission (EC) *HARMONY, Spatial and transport planning for a new mobility era*. Recuperado de: <https://harmony-h2020.eu/>
- European Commission (EC) *URBAN Green U*. Recuperado de: <https://www.urbangreenup.eu/>
- European Commission (EC) *Grow Green*. Recuperado de: <http://growgreenproject.eu/about/project/>
- European Commission (EC) *Connecting Nature*. Recuperado de: <https://connectingnature.eu/>
- European Federation of Green Roof and Living Wall Associations-EFB (2015) *White Paper 2015*. Recuperado de: <https://efb-greenroof.eu/>



- European Commission (2016a) *Supporting the Implementation of Green Infrastructure-Final Report*. Recuperado de: https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructures/GI%20Final%20Report.pdf
- Gidlöf-Gunnarsson A, Öhrström E (2007) *Noise and well-being in urban residential environments: the potential role of perceived availability to nearby green areas*. *Landscape Urban Planning* 83, pp. 115-126 <https://www.mimi.io/en/blog/2017/3/8/worldwide-hearing-index-2017>
- FAO (2010) *Crear ciudades más verdes. ¿Ciudades de sufrimiento o de oportunidades?* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) Disponible en: <http://www.fao.org/ag/agg/greencities/pdf/ggc-es.pdf>
- Fernández Cañero, R.; Pérez Urrestarazu L.; Franco Salas A. (2015) *Naturación urbana y jardinería vertical: de las fachadas verdes a los muros vegetales*, PARJAP Revista de la Asociación Española de Parques y Jardines Públicos N° 80. Recuperado de: <http://worldurbanparks.org/images/content/Spain-article.pdf>
- Forsyth A. (2020) *What role do planning and design play in a pandemic?* News – Harvard's Graduate School of Design (19 March 2020). Recuperado de: <https://www.gsd.harvard.edu/2020/03/what-role-do-planning-and-design-play-in-a-pandemic-ann-forsyth-reflects-on-covid-19s-impact-on-the-future-of-urban-life/>
- Fraser, Torpy; Zavattaro, M; Irga, Peter. (2016). *Green wall technology for the phytoremediation of indoor air: a system for the reduction of high CO2 concentrations*. *Air Quality, Atmosphere & Health*. 10. 10.1007/s11869-016-0452-x. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/311246090_Green_wall_technology_for_the_phytoremediation_of_indoor_air_a_system_for_the_reduction_of_high_CO2_concentrations/citation/download
- Galindo-Bianconi, Andrés Salvador, & Victoria-Urbe, Ricardo (2012). *La vegetación como parte de la sustentabilidad urbana: beneficios, problemáticas y soluciones, para el Valle de Toluca*. *Quivera*. Revista de Estudios Territoriales, 14(1), pp. 98-108. [Fecha de Consulta 5 de septiembre de 2020]. ISSN: 1405-8626. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=401/40123894006>
- Ghaffarianhoseini, Amirhosein & Dahlan, Nur & Berardi, Umberto & Ghaffarianhoseini, Ali & Makaremi, Nastaran & Ghaffarianhoseini, Mahdiar. (2013). *Sustainable energy performances of green buildings: A review of current theories, implementations and challenges*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 25, pp. 1–17. 10.1016/j.rser.2013.01.010. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/257548255_Sustainable_energy_performances_of_green_buildings_A_review_of_current_theories_implementations_and_challenges/citation/download
- Giriwati, N. S. S.; A Citraningrum, A; Setyabudi I. (2017) *Urban farming: people preference towards verticulture model in small housing type-settlements in Malang as sustainable landscape movement*, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 179, 3rd International Symposium for Sustainable Landscape Development (ISSLD 2017) 14–15 November 2017, Bogor, Indonesia. Recuperado de: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/179/1/012025/pdf>
- Green Roofs. Org (2019) *Green Roofs for healthy cities*. Recuperado de: https://static1.squarespace.com/static/58e3eecf2994ca997dd56381/t/5d84dfc371cf0822bdf7dc29/1568989140101/Green_Roof_and_Wall_Policy_in_North_America.pdf
- Grant, G. (2006). *Green Roofs and facades*, BRE Press. Disponible en: <https://scbrims.files.wordpress.com/2013/10/green-roofs-and-facades1.pdf> <https://ec.europa.eu/easme/en/news/nature-based-solutions-are-helping-address-urban-challenges>
- Goines, Lisa & Hagler, Louis. (2007). *Noise Pollution: A Modern Plague*. *Southern medical journal*. 100. 287-94. 10.1097/SMJ.0b013e3180318be5.
- Gwenaël, G.; Gauvreau, B.; L'HERMITE, P. (2014). *Numerical study of the impact of vegetation coverings on sound levels and time decays in a canyon street model*. *The Science of the total environment*. 502C. pp. 22-30. 10.1016/j.scitotenv.2014.08.111. Resume disponible en: https://www.researchgate.net/publication/265860657_Numerical_study_of_the_impact_of_vegetation_coverings_on_sound_levels_and_time_decays_in_a_canyon_street_model/citation/download
- Horoshenkov, Kirill & Khan, Amir & Benkreira, Hadj. (2013). *Acoustic properties of low growing plants*. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 133. 2554-65. 10.1121/1.4798671.
- Hough, M. (2004). *Cities and natural process: A basis for sustainability: Second edition. Cities and Natural Process: A Basis for Sustainability: Second Edition*. 1-292. 10.4324/9780203643471. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/289478740_Cities_and_natural_process_A_basis_for_sustainability_Second_edition
- Kang, Jian. (2007). *Urban Sound Environment*. *Building Acoustics*. 14, pp. 159-160. 10.1260/135101007781448000. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/239433261_Urban_Sound_Environment
- Wong, Nyuk Hien & Tan, Alex & Tan, Puay & Chiang, Kelly & Wong, Ngian. (2010). *Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls*. *Building and Environment - BLDG ENVIRON*. 45, pp. 411-420. 10.1016/j.buildenv.2009.06.017.
- Köhler, M., Schmidt, M., & Laar, M. (2003). *Green Roofs as a Contribution to Reduce Urban Heat Islands*. Paper presented at the RIO 3 - World Climate & Energy Event,, Rio de Janeiro, Brazil. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/228877966_Green_roofs_as_a_contribution_to_reduce_urban_heat_islands



- Köhler, M.; Liu, K.; Rowe, B.; (2007) *Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services*, BioScience, Volume 57, Issue 10, November 2007, pp. 823–833, Disponible en: <https://academic.oup.com/bioscience/article/57/10/823/232363%AO>
- Lau, J.T. & Mah, Darrien. (2018). *Green wall for retention of stormwater*. *Pertanika Journal of Science and Technology*. 26, pp. 283-298. Disponible online en: https://www.researchgate.net/publication/322921333_Green_wall_for_retention_of_stormwater
- Lorimer, J. (2011) *Urban reconciliation ecology: the potential of living roofs and walls*; *Journal of Environmental Management*. Disponible en: https://www.academia.edu/25481415/Urban_reconciliation_ecology_the_potential_of_living_roofs_and_walls
- Lunain, D.; Ecotiere, D., Gauvreau B. (2016). *In-situ evaluation of the acoustic efficiency of a green wall in urban area*. *Internoise 2016, 45th International Congress and Exposition of Noise Control Engineering*, Aug 2016, HAMBOURG, Germany. pp. 6592-6601. Recuperado de: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01382576/file/doc00025871.pdf>
- Mang, Pamela & Reed, Bill. (2012). *Regenerative Development and Design*. *Encyclopedia Sustainability Science & Technology*. 1. 8855. 10.1007/978-1-4614-5828-9_303. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/273379786_Regenerative_Development_and_Design/citation/download
- Mazzali, Ugo & Peron, Fabio & Romagnoni, Piercarlo & Pulselli, R. & Bastianoni, Simone. (2013). *Experimental investigation on the energy performance of Living Walls in a temperate climate*. *Building and Environment*. 64, pp. 57–66. 10.1016/j.buildenv.2013.03.005. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/257172235_Experimental_investigation_on_the_energy_performance_of_Living_Walls_in_a_temperate_climate/citation/download
- McPherson, Greg, Simpson, James R, Peper, Paula J, Maco, Scott E, & Xiao, Qingfu. (2005). *Municipal forest benefits and costs in five US cities*. *Journal of Forestry*, 103(8), pp. 411-416. Recuperado de: <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/45956>
- Naciones Unidas (2016) *Nueva Agenda Urbana Habitat III*, Recuperado de: <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Spanish.pdf>
- Neila, F. J., Bedoya, C., & Britto, C. (1999). *Arquitectura bioclimática y naturación urbana*. In J. Briz (Ed.), *Naturación urbana: Cubiertas ecológicas y mejora medioambiental* (pp. 241–266). España: Mundi- Prensa.
- Norton, Briony & Coutts, Andrew & Livesley, Stephen & Williams, Nicholas. (2013). *Decision principles for the selection and placement of green infrastructure to mitigate urban hotspots and heat waves*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/278022541_Decision_principles_for_the_selection_and_placement_of_green_infrastructure_to_mitigate_urban_hotspots_and_heat_waves/citation/download
- ONU-Organización de Naciones Unidas. Recuperado de: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>
- Oberndorfer, E; Lundholm, J; Bass, B.; Coffman, R.; Doshi, H.; Dunnett, N.; Gaffin, S.; Wang J, Beltrán LO, Kim J., (2012) *From static to kinetic: a review of acclimated kinetic building envelopes*. Denver, CO; p. 4022–9.
- Pallares-Barbera, Montserrat & Boada, Martí & Sánchez-Mateo, Sònia & Duch, Jordi & Barriocanal, Carles & Marès Magre, Jaume. (2012). *Bienestar, planificación urbana y biodiversidad. El caso de Barcelona*. 10.13140/RG.2.1.2072.1681. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/291295480_BIENESTAR_PLANIFICACION_URBANA_Y_BIODIVERSIDAD_EL_CASO_DE_BARCELONA
- Pedersen Zari, Maibritt & Jenkin, S. (2009). *Rethinking our built environments: Towards a sustainable future*. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/261476724_Rethinking_our_built_environments_Towards_a_sustainable_future/citation/download
- Perez Urrestarazu, L. & Fernández-Cañero, Rafael & Franco-Salas, Antonio & Egea, Gregorio. (2015). *Vertical Greening Systems and Sustainable Cities*. *Journal of Urban Technology*. 22, pp. 65-85. 10.1080/10630732.2015.1073900. Resumen disponible en: https://www.researchgate.net/publication/292150884_Vertical_Greening_Systems_and_Sustainable_Cities
- Pérez, Gabriel; Coma, Julià; Cabeza, Luisa F. (2018). *Vertical Greening Systems for Acoustic Insulation and Noise Reduction*. *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*, Chapter 3.7, ISBN 978-0-12-812150-4, pp. 157-165. Resumen disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012812150400015X>
- Perini, K; Ottelé M.; Haas E. M.; Raiteri R.; (2011) *Greening the building envelope, facade greening and living wall systems* *Open Journal of Ecology*, Vol.1 No.1, Disponible en: [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/journal/paperinformation.aspx?paperid=5146](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/journal/paperinformation.aspx?paperid=5146)
- Pulselli R.M., Simoncini E., Pulselli F.M., Bastianoni S., (2006). *Emergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: Em-building indice sto evaluate housing sustainability*. *Energy and Buildings* 39 (2007), pp. 620-628.
- Reed, B., (2007) *Shifting from 'sustainability' to regeneration*. *Building Research and Information*, 35(6), pp. 674–680, Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/233664065_Forum_Shifting_from_'sustainability'_to_regeneration
- Rees, W., (1999) *The built environment and the ecosphere: A global perspective*. *Building Research and Information*, 27(4/5),



- pp. 206–220, Recuperado de:
<https://www.researchgate.net/publication/233440064> *The built environment and the ecosphere a global perspective*
- Renterghem, Timothy. (2014). *Guidelines for optimizing road traffic noise shielding by non-deep tree belts*. Ecological Engineering. 69, pp. 276-286. 10.1016/j.ecoleng.2014.04.029.
 - Rysulova, Martina & Kaposztasova, Daniela & Vranayova, Zuzana. (2017). *Green Walls as an Approach in Grey Water Treatment*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 245. 072049. 10.1088/1757-899X/245/7/072049. Recuperado de:
<https://www.researchgate.net/publication/320861110> *Green Walls as an Approach in Grey Water Treatment*
 - Rudolf, W. (1992). *De la canalización subterránea al reverdecimiento aéreo*. Agricultura: Revista Agropecuaria, 773, pp. 1024–1028. Recuperado de:
https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agri/Agri_1996_773_1024_1028.pdf
 - Rudolf, W., & Rudolf, F. (1994). *Necesidad de naturación de grandes áreas edificadas*. Agricultura: Revista Agropecuaria, 749, pp. 1035–1038. Recuperado de:
https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agri/Agri_1994_749_1035_1038.pdf
 - Rudolf, W., Malhau, M., & Merino, M. (1995). *Naturación urbana*. Agricultura: Revista Agropecuaria, 761, pp. 1014– 1016. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1131&orden=0&info=link>
 - Rysulova, Martina & Kaposztasova, Daniela & Vranayova, Zuzana. (2017). *Green Walls as an Approach in Grey Water Treatment*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 245. 072049. 10.1088/1757-899X/245/7/072049. Recuperado de:
<https://www.researchgate.net/publication/320861110> *Green Walls as an Approach in Grey Water Treatment/citation/download*
 - Saadatian, Omid & Sopian, Kamaruzzaman & Salleh, Elias & Lim, Chin Haw & Riffat, Safa & Saadatian, Elham & Toudeshki, Arash. (2013). *A review of energy aspects of green roofs*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 23, pp. 155–168. 10.1016/j.rser.2013.02.022. Recuperado de:
<https://www.researchgate.net/publication/257548403> *A review of energy aspects of green roofs/citation/download*
 - Sadineni, Suresh & France, Todd & Boehm, Robert. (2011). *Economic feasibility of energy efficiency measures in residential buildings*. Renewable Energy. 36, pp. 2925-2931. 10.1016/j.renene.2011.04.006. Recuperado de:
<https://www.researchgate.net/publication/251627577> *Economic feasibility of energy efficiency measures in residential buildings/citation/download*
 - Salama A. M. (2020). *Coronavirus questions that will not go away: interrogating urban and socio-spatial implications of COVID-19 measures*. Emerald Open Research, 2, 14. Recuperado de: <https://doi.org/10.35241/emeraldopenres.13561.1>
 - Santosh G. (1998). *Urban Planning and development: Asian Megacities Environmental Health Management*: Calcutta. 1er Congreso Mundial de Salud y Medio Ambiente Urbano. "Propuestas de Futuro" Ayuntamiento de Madrid.
 - Seidman, Michael & Standing, Robert. (2010). *Noise and Quality of Life*. International journal of environmental research and public health. 7. 3730-8. 10.3390/ijerph7103730.
 - Shady, Attia (2018). *Regenerative and Positive Impact Architecture: Learning from Case Studies*. 10.1007/978-3-319-66718-8. Recuperado de:
<https://www.researchgate.net/publication/322173518> *Regenerative and Positive Impact Architecture Learning from Case Studies/citation/download*
 - Sheweka, Samar & Magdy, Arch. (2011). *The Living walls as an Approach for a Healthy Urban Environment*. Energy Procedia. 6, pp. 592-599. 10.1016/j.egypro.2011.05.068. Recuperado de:
<https://www.researchgate.net/publication/251712472> *The Living walls as an Approach for a Healthy Urban Environment/citation/download*
 - Sicilia, Joaquin (2017) *La naturación urbana cambiará nuestras ciudades*, Diario El Mundo, Sección Ventana al futuro, Madrid, España, enero 2017. Disponible en: <https://ventanaalfuturo.elmundo.es/arquitectura/la-naturacion-urbana-cambiar-nuestras-ciudades>
 - SILENTVEG: *Barreras vegetales autónomas y sostenibles para la mitigación acústica y compensación del CO2 en vías de transporte, con seguimiento telemático*, was supported by the European Union's Regional Development Fund. Disponible en: http://www.aopandalucia.es/innovacion/principal.asp?alias=al_barreras&zona=proyectos&t=0
 - Sobotova J, Jurkovicova J, Stefanikova Z, Sevcikova L, Aghova L (2010) *Community response to environmental noise and the impact on cardiovascular risk score*. Sci. Total, Env. 408, pp. 1264-1270.
 - Speak, Andy & Rothwell, James & Lindley, Sarah & Smith, Claire. (2012). *Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city*. Atmospheric Environment. 61, pp. 283–293. 10.1016/j.atmosenv.2012.07.043. Disponible en:
<https://www.researchgate.net/publication/257522135> *Urban particulate pollution reduction by four species of green roof of vegetation in a UK city/citation/download*
 - Stansfeld SA, Matheson MP (2003) *Noise pollution: non-auditory effects on health*. Br. Med. Bull. 68, pp. 243-257.



- State of Victoria through the Department of Environment and Primary Industries (2014) *Growing Green Guide: A guide to green roofs, walls and facades in Melbourne and Victoria*, National Library of Australia Cataloguing-in-Publication data, ISBN 978-1-74326-715-8 (pdf) Recuperado de: http://www.growinggreenguide.org/wp-content/uploads/2014/02/growing_green_guide_ebook_130214.pdf
- Tîrlă M L., Manea, G. Vijulie G.; Matei, E.; Cocoş, O. (2014). *Green Cities – Urban Planning Models for the Future*.
- *Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities*. Recuperado de: https://www.vhg.org/media/rff/Kennisbank/2015_0739_DG_RTD_WEB-Publication_A4_NBS_long_version_20150310.pdf
- Thomazelli, Rodolfo & Caetano, Fernando & Bertoli, Stelamaris. (2017). *Acoustic properties of green walls: Absorption and insulation*. Proceedings of Meetings on Acoustics. 28. 10.1121/2.0000426. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/316965829_Acoustic_properties_of_green_walls_Absorption_and_insulation
- Unión Europea (2009-2013) *HOListic and Sustainable Abatement of Noise by optimized combinations of Natural and Artificial means* Disponible en: <http://www.hosanna.bartvanderaa.com/index.php?id=1>
- Unión Europea (2012-2014) *SILENTVEG Project*. Recuperado de: https://www.aopandalucia.es/inefiles/resultados_IDI/GGI3000IDIX/memoria/MEMORIA_FINAL_GGI3000IDIX.pdf
- Urbano, B., & Briz, J. (2004). *Investigación de mercados de Naturación*. In J. Briz (Ed.), *Naturación urbana: Cubiertas ecológicas y mejora medioambiental* (pp. 81–101). España: Mundi-Prensa.
- Urbano-López de Meneses, Beatriz (2013) *Naturación Urbana: un desafío a la urbanización*, Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. 19, núm. 2, mayo-agosto, 2013, pp. 225-235
- Van Renterghem, T.; Botteldooren, D. (2009) *The importance of roof shape for the urban acoustic environment*, European Conference on Noise Control, 8th Proceeding. Recuperado de: <https://biblio.ugent.be/publication/872572>
- Van Renterghem, Timothy, & Botteldooren, Dick. (2009). *Reducing the acoustical façade load from road traffic with green roofs*. Building and Environment, 44(5), pp. 1081-1087. Recuperado de: <http://www.greenroofresearch.co.uk/acoustic/Green%20roof.pdf>
- World Health Organization (2010), *Urban Planning, Environment and Health: From Evidence to Policy Action*. Disponible en https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/114448/E93987.pdf
- Wong NH, Tan AYK, Tan PY, Wong NC (2010) *Acoustical evaluation of vertical greenery systems for building walls*. Build Environ 45, pp. 411–420. Recuperado de: <https://scbrims.files.wordpress.com/2013/10/061013-acoustics-evaluation-of-vertical-greenery-systems-for-building-walls.pdf>
- Yang, H. S., Kang, J., & Choi, M. S. (2012). *Acoustic effects of green roof systems on a low-profiled structure at street level*. Building and Environment, 50, pp. 44–55. Disponible en: <https://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/64835.pdf>
- Yang, J.; Yu, Q.; Gong, P. (2008) *Quantifying Air Pollution Removal by Green Roofs in Chicago*, Atmospheric Environment 42: 31 (2008), pp. 7266–7273. Disponible en: <http://www.geo.umass.edu/faculty/yl/2008YangJunAtmosphericEnvironment.pdf>
- Zatat, Narjas (2017) *The map of the world by noise pollution*, Blog Indi.com publicado el 5 de marzo del 2017. Recuperado de: <https://www.indy100.com/article/map-world-noise-pollution-index-research-cities-global-7611526>
- Zhang, Xiaoling & Shen, Liyin & Tam, Vivian & Lee, Winnie. (2012). *Barriers to implement extensive green roof systems: A Hong Kong study*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 16, pp. 314-319. 10.1016/j.rser.2011.07.157. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/230887957_Barriers_to_implement_extensive_green_roof_systems_A_Hong_Kong_study/citation/download
- Zhang Yuan, Kang Jian, Kang Joe (2017), *Effects of Soundscape on the Environmental Restoration in Urban Natural Environments* Noise and Health, Volume: 19, Issue Number: 87, pp. 65-72. Recuperado de: <http://www.noiseandhealth.org/article.asp?issn=1463-1741;year=2017;volume=19;issue=87;spage=65;epage=72;aulast=Zhang>

CAPITULO 3

- Abram P. (2004). *Giardini pensili*. Gruppo Editoriale Esselibri-Simone, Napoli, p.14
- Acevedo C., Nieves; Arriagada T., Jimena (2018) *Plantas del Antiguo Egipto: origen, usos y presencia en Chile*. Publicación ocasional N° 67 / 2018; Museo Natural de Historia Natural, Chile, ISSN 0716 – 0224. Recuperado de: http://publicaciones.mnhn.gob.cl/668/articles-87521_archivo_01.pdf
- *Adamic, Evan Alexander (2016) The Nordic Spirit: Architecture and Regeneration in the Northern Landscape*, Tesis de Magister, Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil Escuela de Ingeniería y Ciencias Naturales, Universidad de Islandia, mayo de 2016. Recuperado de: <https://skemman.is/bitstream/1946/23770/1/Evan%20Alexander%20The%20Nordic%20Spirit.pdf>



- Adolfsson, Kristian (2016) *Hundertwasserhaus | Hundertwasser Village*, Wien, Österreich. Recuperado de: <https://adolfsson.photo/building/hundertwasserhaus-hundertwasser-village-wien-osterreich/>
- Ambasz, Emilio (2011) *Invenções: arquitetura y diseño*, entrevista en el marco de la Exposición Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, Wall Street International 13 de diciembre del 2011. Recuperado de: <https://wsimaq.com/es/arte/728-emilio-ambasz-invencciones-arquitectura-y-diseño>
- Anglesey.Digital. Recuperado de: https://anglesey.digital/Media/dsc_5304_med_hr.jpeg
- Añón Feliú, C. (2001) *El jardín como arte y sentimiento de la naturaleza*. Anales LINTA 2001, Laboratorio de Investigación del Territorio y Ambiente, Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (LINTA-CIC). CIC Digital, Anales LINTA Vol. 2 N° 5, p. 15. Recuperado de: <https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/652>
- Archello –*Bosco Verticale*, Archello your connection with architecture, Revista online, Amsterdam. Disponible en: <https://archello.com/es/project/bosco-verticale>
- Aryse (2011) *Bosco Verticale / Stefano Boeri. El primer bosque vertical del mundo*, Blog Aryse, Sección Arquitectura, Ecología, Jardines, Paisajismo. Publicado el 3 de noviembre del 2011. Recuperado de: <https://www.aryse.org/bosco-verticale-stefano-boeri-el-primero-bosque-vertical-del-mundo/>
- Bayley Gilbert (1915) *Vertical farming*, Wilmington, Del.: E. I. du Pont de Nemours Powder Co. Retrieved 2011-07-23. Recuperado de: <https://archive.org/details/cu31924000349328/page/n3/mode/2up>
- Berstein, Fred (2015) *Usa Pavilion at Expo Milano 2015*, World Architect Magazine online, publicado el 18 de mayo del 2015. Recuperado de: <https://www.world-architects.com/en/architecture-news/works/usa-pavilion-at-expo-milano-2015-1>
- Barreca, Francesco. (2016). *Rooftop Gardening. A Solution for Energy Saving and Landscape Enhancement in Mediterranean Urban Areas*. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 223. 10.1016/j.sbspro.2016.05.248. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/305410384_Rooftop_Gardening_A_Solution_for_Energy_Saving_and_Landscape_Enhancement_in_Mediterranean_Urban_Areas/citation/download
- Bermúdez García, Mario A, (2015) *Los diez libros de la arquitectura - Conoce los diez libros de la arquitectura en un ciclo hermenéutico*, Blog de Edmundo Pujol, Diciembre 8 del 2015. Recuperado de: <https://lacasonablog.wordpress.com/2015/12/08/conoce-los-diez-libros-de-arquitectura-de-vitruvio-en-un-ciclo-hermeneutico/>
- Bingham-Hall & WOHA (2016) *Garden City Mega City: Rethinking Cities for the Age of Global Warming*. Pesaro Publishing. Resumen Recuperado de: <https://www.jstor.org/stable/90006409>
- Blanc, Patrick. (2015) *Vertical Gardens, the new Challenges* - in J. Briz et al. (Eds) *Green Cities in the world*, 2nd Edición, pp. 330 - 355. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/326111248_Blanc_P_-2015_-_Vertical_Gardens_the_new_Challenges_-_in_J_Briz_et_al_Eds_Green_Cities_in_the_world_2nd_Ed_330_-_355
- Blanc, Patrick (2016) *The Vertical Garden*, Publicado el 18 de Agosto del 2016. Recuperado de: <http://www.inexhibit.com/case-studies/patrick-blanc-vertical-gardens/>
- Blanc, Patric, *Quai Branly Jacques Chirac Museum*, Recuperado de: <https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/quai-branly-jacques-chirac-museum>
- Bliss, Daniel J.; Neufeld Ronald D.; Ries Robert J. (2009) *Water Runoff Mitigation Using a Green Roof*, Environmental Engineering Science, Vol. 26, N°2. Resumen Recuperado de: <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/ees.2007.0186?journalCode=ees>
- Bowe, Patrick (2004) *Gardens of the Roman World*. Los Angeles: J. Paul Getty Museum, Recuperado de: <https://www.getty.edu/publications/virtuallibrary/0892367407.html>
- Despommier, Dickson. (2009). *The Rise of Vertical Farms*. Scientific American. 301. 80-7. 10.1038/scientificamerican1109-80. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/38052439_The_Rise_of_Vertical_Farms/citation/download
- Dunnett, Nigel y Noël Kingsbury (2008) *Planting Green Roofs and Living Walls*, Londres, Timber Press, Inc, p.8
- ECOLEC Fundación Economía Circular: *claves para entender el modelo que está revolucionando la sostenibilidad*. Madrid, España. Recuperado de: <https://www.ecolec.es/informacion-y-recursos/economia-circular/#:~:text=La%20Econom%C3%ADa%20Circular%20es%20un,problema%20para%20ofrecer%20soluciones%20viab,les>
- Foster + Partners (2003) *Architecture and Sustainability*, Norman Foster 2003. Recuperado de: <https://www.fosterandpartners.com/media/546486/essay13.pdf>
- Getter, Kristin & Rowe, D. (2006). *The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development*. Hort Science: a publication of the American Society for Horticultural Science. 41. 1276. 10.21273/HORTSCI.41.5.1276, pp.1276-1285. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/258437861_The_Role_of_Extensive_Green_Roofs_in_Sustainable_Development/citation/download
- Givoni, Baruch (1997), *Climate Consideration in Buildings and Urban Designs*, Nueva York, John Wiley and Sons.



- Giordan, Andre (?) *La biónica de la física 1* Blog Andre Giordan. Recuperado de: <http://www.andregiordan.com/penserautrement/bionique-physionique.html>
- GRC Studio (2013) *Ciudad industrial y ciudad-jardín: Modus vivendi*, Blog GRC Studio, España, 17 de septiembre del 2013. Disponible online en: <http://www.grcstudio.es/2013/ciudad-industrial-y-ciudad-jardin-modus-vivendi/>
- Hindle, Richard (2012) *Reconstructing the 'Vegetation-Bearing Architectonic Structure and System (1938)*, Graham Foundation for Advanced Studies in the Fine Arts. Recuperado de: <http://www.grahamfoundation.org/grantees/4834-reconstructing-the-vegetation-bearing-architectonic-structure-and-system-1938>
- Hindle Richard L. (2012) *A vertical garden: origins of the Vegetation-Bearing Architectonic Structure and System (1938)*, *Studies in the History of Gardens & Designed Landscapes: An International Quarterly*, 32:2, 99-110. Recuperado de: <https://escholarship.org/content/qt62m5k813/qt62m5k813.pdf?t=p94i57>
- Hundertwasser, Friedrich (1972) *Manifiesto Tu derecho a la ventana. Tu deber hacia el árbol*, Blog Manifiestos Hundertwasser, Dusseldorf, Alemania, 27 de febrero 1972. Recuperado de: <https://manifiestoshundertwasser.tumblr.com/post/97465684429/tu-derecho-a-la-ventana-tu-deber-hacia-el-%C3%A1rbol>
- Januszkiewicz, Krystyna & Jarmusz, Małgorzata. (2017). *Envisioning Urban Farming for Food Security during the Climate Change Era. Vertical Farm within Highly Urbanized Areas*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 245. 052094. 10.1088/1757-899X/245/5/052094. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/320861734_Envisioning_Urban_Farming_for_Food_Security_during_the_Climate_Change_Era_Vertical_Farm_within_Highly_Urbanized_Areas/citation/download
- Koolhaas, Rem (1994) *Delirius New York. A retroactive Manifesto for Manhattan*, New York, Monacelli Press Inc. p. 83.
- Locust Hill at Raven Rocks. Recuperado de: <http://www.raven-rocks.org/locust-hill.html>
- Martin, Cynthia (2019), *¿Cómo serán las Ciudades del futuro? Stefano Boeri prepara las primeras en Holanda y Cancún*, Architectural Digest (AD), Sección Arquitectura, publicado el 11 de diciembre del 2019. Recuperado de: <https://www.revistaad.es/arquitectura/articulos/como-seran-ciudades-futuro-stefano-boeri-prepara-primeras-holanda-y-cancun/24228>
- Mumford Lewis (1956) *"Historia natural de la urbanización"* Chicago (EEUU). Recuperado de: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n21/almum.html>
- Naranja, L. R. (2011). *Edible landscaping*. UPLB Journal, 9, pp. 44–63. Recuperado de: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PH2013000024>
- Nizzero, Gustavo; Sierra, Eduardo; Perez, Silvia (2006) *Las estrategias de naturación de superficies inertes: un enfoque alternativo para el problema de la falta de espacios verdes en la ciudad de Buenos Aires*, Revista online AREA (Agenda de Reflexión en Arquitectura, Diseño y Urbanismo), N°12, agosto, 2006, p. 54, FADU-UBA, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, ISSN 2591-5312. Recuperado de: https://area.fadu.uba.ar/wp-content/uploads/AREA12/12_nizzero_et_al.pdf
- Petty, Nicholas (2008) *Vertical is the new horizon: an overview vertical gardening in the 21th century*. Tesis de Magister, University of Georgia, Recuperado de: https://getd.libs.uga.edu/pdfs/petty_nicholas_a_200812_mla.pdf
- Precht Studio (2019) *The Farmhouse*. Recuperado de: <https://www.precht.at/the-farmhouse/>
- Rabellino, Fiorella (2015) *Piccoli saggi sulla storia dei giardini- Villa Lante, Bagnaia*, Blog Natura e Artificio, Recuperado de: <http://www.naturaeartificio.it/giardini/villaLante.html>
- Schaudt, Hoerr (2019) *The many flavors of urban farming*, artículo de la pagina web Hoerr Schaudt Landscape Architects. Recuperado de: <https://www.hoerschaudt.com/the-many-flavors-of-urban-farming/>
- *Singular Green- Evolución cubiertas vegetales*. Recuperado de: <https://www.singulargreen.com/evolucion-de-las-cubiertas-vegetales/>
- Solano Cabello, Ignacio (2017) *Jardín vertical*. Revista digital Tu Reforma. Publicado el 28 de noviembre del 2017. Recuperado de: <http://www.tureforma.org/arq-deco-la-casa-por-el-tejado-y-cuarto-interior-ponentes-estrella-el-martes-28/>
- Solano Cabello, Ignacio (2011) *Sistema para el ajardinado de fachadas*. Patente internacional de invención, 8 de noviembre del 2011, Patentados.com Recuperado de: <https://patentados.com/2011/sistema-para-el-ajardinado-de-fachadas>
- *The gardens* Roberto Burle Marx, Blogspot Short Life Quotes, Recuperado de: <http://shortlife-quotes.blogspot.com/2011/10/the-gardens-of-roberto-burle-marx.html>
- Torres Quintana, José Luis (2016) *Techos vivos en Toluca, una propuesta de aprovechamiento de agua pluvial y mejoramiento medio-ambiental*, Tesis de maestría, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Autónoma del Estado de México, marzo 2016. Recuperado de: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/49294/tesis%20completa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Urbano, B., & Briz, J. (2004). *Investigación de mercados de Naturación*. In J. Briz (Ed.), *Naturación urbana: Cubiertas*



ecológicas y mejora medioambiental (pp. 81–101). España: Mundi-Prensa, ISBN 84-7114-829-3.

- Walker A.B. (1909) in 'Life' magazine's "Real Estate Number" of March, 1909, ARCHITAKES on architecture in New York and beyond, architakes.com. access: 10.02.2017.
- Widiastuti, Kurnia (2015) *Learning Sustainability from Emilio Ambasz Works the Green Solutions*. Presented at the 10th International Forum on Strategic Technology 2015 (IFOST is "Towards Sustainable Engineering and Technology" 2015), organized by The Faculty of Engineering, Universitas Gadjah Mada (UGM), Indonesia, on June 3-5, 2015 in Bali. Recuperado de: https://www.academia.edu/15343430/Learning_Sustainability_from_Emilio_Ambasz_s_Works_The_Green_Solutions
- WOHA-Wong, S.M.; Hassell, R.; Yeo, A. (2016) *Garden City Mega City: Rethinking Cities for the Age of Global Warming*, Pesaró Publishing; 1st Edición. pp. 46-51. Recuperado de: <https://global.ctbuh.org/resources/papers/download/3010-garden-city-megacity-rethinking-cities-for-the-age-of-global-warming.pdf>
- Yeang, Ken (2001). *El rascacielos ecológico*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, p. 33.
- Yeang, K. (2002). *Reinventing the skyscraper: a vertical theory of urban design*. Academy Press.
- Yeang, Ken (2016) *Constructed Ecosystems: Ideas and Subsystems in the Work*. Resumen disponible en: <https://www.archdaily.com/796015/constructed-ecosystems-ideas-and-subsystems-in-the-work-of-ken-yeang>

PARTE II MARCO METODOLÓGICO

CAPITULO 4

- Abdul M.A.R, Foong S. Y and Atikah F. A (2011) The Building Thermal Performance and Carbon Sequestration Evaluation for Psophocarpus tetragonobulus on Biofaçade Wall in the Tropical Environment, World Academy of Science, Engineering and Technology 76 (2011) pp 86-94. Recuperado de: <https://publications.waset.org/6498/pdf>
- Aguirre-Salado, Carlos & Valdez-Lazalde, J. Rene & Angeles, Gregorio & De Los Santos-Posadas, Hector M. & Aguirre Salado, Alejandro Ivan. (2011). *Mapeo del índice de área foliar y cobertura arbórea mediante fotografía hemisférica y datos SPOT 5 HRG: regresión y k-nn*. Agrociencia. 45, pp. 105-119. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/262470570_Mapeo_del_indice_de_area_foliar_y_cobertura_arborea_mediante_fotografia_hemisferica_y_datos_SPOT_5_HRG_regresion_y_k-nn/citation/download
- Alexandri E, Jones P. (2008) *Temperature Decreases in an Urban Canyon Due to Green Walls and Green Roofs in Diverse Climates*, Building and Environment 43 (2008) pp 480–493. Recuperado de: https://www.academia.edu/231453/Temperature_decreases_in_an_urban_canyon_due_to_green_walls_and_green_roofs_in_diverse_climates
- Arnheim, R. (1988). *Art and Visual Perception - A Psychology of the Creative Eye - The New Version*. Berkeley, California: University of California Press, 1954) Traducción al español de María Luisa Balseiro. Arte y percepción Visual. Psicología del ojo creador. Nueva versión. Madrid, Alianza Forma.
- Ashrae, (2004). *Refrigerating and Air-conditioning Engineers. Thermal environmental conditions for human occupancy*, American Society of Heating. ANSI / ASHRAE 55-2004, Atlanta, USA.
- ASTM International (American Society for Testing and Materials) E 1907, Publicado el 6 de Julio del 2007. Recuperado de: https://www.floorreports.com/images/technotes_files/79.pdf
- Banerjee, C., & Adenauer, L. (2014). *Up, Up and Away! The Economics of Vertical Farming*. Journal of Agricultural Studies, 2(1), 40. Recuperado de: <http://doi.org/10.5296/jas.v2i1.4526>
- Barberousse, Paulette (2008) *Fundamentos teóricos del Pensamiento complejo de Edgar Morin*, Revista Educare Vol. XII, Nº 2, pp. 95-113, ISSN: 1409-42-58, Recuperado de: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/EDUCARE/article/view/1437/15750>
- Bass B., Baskaran B. (2001) *Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas*, Institute for Research and Construction, NRCC-46737, Project number A020, CCAF Report B1046, Ottawa, Canada, National Research Council. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/ElisaMendelsohn/evaluating-rooftop-and-vertical-gardens-as-an-adaptation-strategy-for-urban-areas>
- Benassi, Alfredo, (2015) *Ciudad Botánica. Oasis del desierto urbano*, La Plata Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, ISBN: 978-987-33-7889-8, pág. 42 Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/52387>
- Bili, M., Cortesero, A. M., Mougel, C., Gauthier, J. P., Ermel, G., Simon, J. C., et al. (2016). *Bacterial community diversity harboured by interacting species*. PLoS ONE 11: e0155392. doi: 10.1371/journal.pone.0155392. Recuperado de: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0155392>
- Birkeland, Janis (2008) *Space Frame Walls: Facilitating Positive Development*. In: *The World, Sustainable Building Conference 2008*, pp. 21-25 September 2008, Australia, Victoria, Melbourne. Recuperado de: <https://eprints.qut.edu.au/26003/1/26003.pdf>



- Birkeland, Janis (2009) *Eco-retrofitting with Building Integrated Living Systems*. In: Proceedings of: the 3rd CIB International Conference on Smart and Sustainable Built Environment : SASBE09 : , pp.15 - 19 June 2009, Netherlands, Delft, Aula Congress Centre. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/38184134_Eco-retrofitting_with_building_integrated_living_systems
- Blanc, P (2008). *The Vertical Garden: From Nature to the City*, 1st ed.; W. W. Norton Company: New York, NY, USA; ISBN1 -13 978-0393733792. ISBN2 -10 0393733793.
- Blanc, P. (2012c). *The Vertical Garden, From Nature To The City*. London, UK: Norton & Company, Inc.
- Blanc, Patrick. (2018) *Vertical Gardens, the new Challenges* - in J. Briz et al. (Eds) *Green Cities in the world*, 2nd Edicion, pp. 330 - 355. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/326111248_Blanc_P_-2015_-_Vertical_Gardens_the_new_Challenges_-_in_J_Briz_et_al_Eds_Green_Cities_in_the_world_2nd_Ed_330_-_355/citation/download
- Boulding, Kenneth E. (1956b) *General systems theory-the skeleton of science*. *Management Science*, 2, 197-208 (reimpreso en W. BUCKLEY (Ed.) (1968): *Modern Systems Research for the Behavioral Scientist*. Chicago: Aldine Publishing Company).
- Boulozoa, Nicolás (2011) *5 tipologías de diseño sostenible: C2C, biomimetismo y más*, Blog Fair companies, Boulozoa Nicolas y Kirsten Dirksen, publicado el 23 de febrero del 2011. Recuperado de: <https://faircompanies.com/articles/5-tipologias-de-diseno-sostenible-c2c-biomimetismo-y-mas/>
- Castaldo Suau, Blanca (2012) *De los paradigmas arcaicos a la teoría general de sistemas: aplicación al análisis, creación y enseñanza del diseño*, Tesis doctoral en Ingeniería de Proyectos y Sistemas, Departamento de Expresión Gráfica en la Ingeniería, Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), Barcelona, España. Recuperado de: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/116198/TBCS1de1.pdf?sequence=3>
- Castillo Sarmiento, Alma Yislem; Suarez Gelvez, John Hermógenes and Mosquera Tellez, Jemay. (2017) *Naturaleza y Sociedad: relaciones y tendencias desde un enfoque eurocéntrico*, *Luna Azul*, n.44, pp.348-371. ISSN 1909-2474. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n44/n44a21.pdf>
- Chapouthier, Georges. (2009). *Mosaic structures - a working hypothesis for the complexity of living organisms*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/242475275_Mosaic_structures_-_a_working_hypothesis_for_the_complexity_of_living_organisms/citation/download
- Cheng, C.Y., Cheung, K.C., & Chu, L.M. (2010). *Thermal performance of a vegetated cladding system on facade walls*. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Thermal-performance-of-a-vegetated-cladding-system-Cheng-Cheung/d298cb20b4a9d413f4852a060f2e4300d309dfff>
- Corredor Acuña, J. (2016). *Análisis comparativo del sistema de paredes verdes mediante el uso de llantas recicladas para determinar la viabilidad de un modelo a escala para paredes vegetadas* (Master's thesis, Universidad de La Sabana). Recuperado de: <https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/30019/Javier%20Corredor%20Acu%C3%B1a%20%28Tesis%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- *Living Wall Biofilter*. Recuperado de: <http://nedlawlivingwalls.com/wp-content/uploads/sites/4/2019/07/Understanding-the-Difference-bw-a-Green-Wall-and-a-Biofilter.pdf>
- De Garrido, L. (2011). *Sustainable Architecture, Green in Green* (B. Traducciones, Trans.). Barcelona: Instituto Monsa de Ediciones.
- De Garrido, L. (2011a). *Sustainable Architecture*. Barcelona: Instituto Monsa De Ediciones.
- De Garrido, L. (2011b). *Sustainable Architecture Green in Green*. Barcelona: Instituto Monsa de Ediciones.
- De la Cruz, R. (2012). *Iniciación a la Jardinería*, Aula Mentor, Ministerio de Educación, Gobierno de España. Recuperado de: http://descargas.pntic.mec.es/mentor/visitas/iniciacion_a_la_jardineria.pdf
- Despommier, D. (2013). *Farming up the city: The rise of urban vertical farms*. *Trends in Biotechnology*, 31(7), 388–389. Retrieved December 7, 2013 from <http://doi.org/10.1016/j.tibtech.2013.03.008>.
- Dunnet, N.; Kingsbury, N. (2008) *Planting Green Roofs and Living Walls*, 1st ed.; Timber Press: Portland, OR, USA; ISBN1 -13 9780881929119. ISBN2 -10 0881929115.
- Dunnett, N., & Kingsbury, N. (2013b). *Planting Green Roofs and Living Walls*. London, UK: Timber Press.
- Fernández-Cañero, R.; Pérez, N.; Quevedo, S.; Pérez, L.; Franco, A. (2008) *Ajardinamiento de fachadas y jardines verticales: otras formas de jardinería aplicadas a un desarrollo urbano más sostenible*, *Actas de Horticultura nº 52. Innovación y futuro en la jardinería. I Simposio Iberoamericano- IV Jornadas Ibéricas de Horticultura Ornamental*. Pontevedra (España), pp. 231-236. Recuperado de: <https://docplayer.es/6737725-Ajardinamiento-de-fachadas-y-jardines-verticales-otras-formas-de-jardineria-aplicadas-a-un-desarrollo-urbano-mas-sostenible.html>
- Fulthorpe, Roberta; Maclvor, J. Scott; Jia, Pu; Yasui, Simone-Louise E (2018), *The Green Roof Microbiome: Improving Plant Survival for Ecosystem Service Delivery*, Journal Article published 2 Feb 2018 in *Frontiers in Ecology and Evolution* volume 6. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2018.00005/full>



- Fundación ECOLEC Economía Circular: claves para entender el modelo que está revolucionando la sostenibilidad, Madrid, España. Recuperado de: <https://www.ecolec.es/informacion-y-recursos/economia-circular/#:~:text=La%20Econom%C3%ADa%20Circular%20es%20un,problema%20para%20ofrecer%20soluciones%20viales>
- Girordan, Andre De la biónica a la física, Revista online, Sección Piensa diferente, Blog Andre Giordano, Recuperado de: <http://www.andregiordan.com/penserautrement/bionique-physionique.html>
- Giraldo, G. (2005) *Teoría de la complejidad y premisas de legitimidad en las políticas de educación superior*, Cinta de Moebio: Revista de Epistemología de Ciencias Sociales, 2, pp. 46-72. Recuperado de: <https://www.moebio.uchile.cl/22/giraldo.html>
- Glosario arquitectónico-Glosario ilustrado de arte arquitectónico. Recuperado de: <https://www.glosarioarquitectonico.com/?s=ziquat>
- Green over grey (2009) *Credit LEED, Green Wall Benefits, Living Wall and Design, Green over Grey*, Recuperado de: <https://www.greenovergrey.com/green-wall-benefits/leed-credits.php#Energy>
- González Vega, Norma A.; Aguilar Piña, Demian (2018) *El diseño desde la nueva teoría de la complejidad*, Seminario Internacional Virtual, Vanguardias de Diseño, Facultad de Hábitat, Universidad Autónoma de San Luis de Potosí, San Luis de Potosí, México, 19-21 abril del 2018. Recuperado de: <http://seminario2018.vanguardiasdiseno.org/mesa01/196>
- Green Roofs for Healthy Cities, GRHC (2008) *About Green Wall*. Recuperado de: <https://greenroofs.org/about-green-walls>
- Growing Green Guide (2014) *Weight loading, University of Melbourne and the Inner Melbourne Action Plan (IMAP) with the cities of Melbourne, Yarra, Stonnington and Port Phillip*. Recuperado de: <https://www.growinggreenguide.org/technical-guide/design-and-planning/site-analysis/weight-loading/>
- Hegel (1966) *Fenomenología del espíritu*, Colección de textos clásicos, Sección de obras de filosofía dirigidas por José Gaos, Fondo de Cultura Económica, México-Buenos Aires, Primera Edición en español traducida de la Primera Edición en alemán 1807, México D.F. Recuperado de: https://enriquedussel.com/txt/Textos_200_Obras/Aime_zapatistas/Fenomenologia_espiritu-Hegel.pdf
- Holland, J. (1995). *Can there be a unified theory of complex adaptive systems?* En H. J. Morrovitz, J. L. Singer (Eds.), *The mind, the brain, and complex adaptive systems* (pp. 45-50). Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company.
- Hopkins, G.; Goodwin, C. (2011) *Living Architecture: Green Roofs and Walls*, 1st ed.; CSIRO Publishing: Melbourne, Australia, ISBN 9780643103078.
- Ingersoll, Richard. (2012) *The ecology question and architecture*. 10.4135/9781446201756.n34. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/292652297_The_ecology_question_and_architecture/citation/download
- Jaffar, Badruzaman & Said, Ismail & Rasidi, Mohd. (2011). *Evaluating the Impact of Vertical Greenery System on Cooling Effect on High Rise Buildings and Surroundings: A Review*. *Review of Urbanism and Architectural Studies*. 9. 10.21776/ub.ruas.2011.009.02.1. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/264847875_Evaluating_the_Impact_of_Vertical_Greenery_System_on_Cooling_Effect_on_High_Rise_Buildings_and_Surroundings_A_Review
- Jialin, T. (2013) *Living Wall: Jungle to Concrete*, 1ª ed.; Design Media Publishing Limited: Hong Kong, China, ISBN 9789881545107.
- Jim, C. Y. (2015). *Greenwall classification and critical design-management assessments*. *Ecological Engineering*, 77, 348-362. doi: 10.1016/j.ecoleng.2015.01.021
- John, J., Lundholm, J., and Kernaghan, G. (2014). *Colonization of green roof plants by mycorrhizal and root endophytic fungi*. *Ecol. Eng.* 71, pp. 651-659. doi: 10.1016/j.ecoleng.2014.08.012. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/268630424_Colonization_of_green_roof_plants_by_mycorrhizal_and_root_endophytic_fungi
- Kalantari, Fatemeh & Mohd tahir, Osman & Akbari Joni, Raheleh & Fatemi, Ezaz. (2017). *Opportunities and Challenges in Sustainability of Vertical Farming: A Review*. *Journal of Landscape Ecology*. 11. 10.1515/jlecol-2017-0016. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/319248372_Opportunities_and_Challenges_in_Sustainability_of_Vertical_Farming_A_Review/citation/download
- Köhler, M. (1993) *Fassaden- und dachbegrünung*. Ulmer, Stuttgart, Alemania.
- Kuroda, J. y Kajijima, M. (2001) *Made in Tokyo: Guide Book*. Kajijima Institute Publishing. Tokyo.
- Kyoungphile, Nam; Van Bohemen, H. (2008) *Ecological Engineering; Bridging between Ecology and Civil Engineering*, Aeneas, Technical Publishers, AC Bostel, The Netherlands (2005) ISBN: 90-75365-71-3. *Ecological Engineering - ECOL ENG.* 32, pp. 97-98. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/240410519_H_van_Bohemen_Ecological_Engineering_Bridging_between_Ecology_and_Civil_Engineering_Aeneas_Technical_Publishers_AC_Bostel_The_Netherlands_2005_65_ISBN_90-75365-71-3
- Lewin, R. (1992). *Complexity. Life at the Edge of Chaos*. New York: Macmillan Publishing Company.



- Loh, S. (2008) *Living Walls: A Way to Green the Built Environment*. In Environment Guide Technology; Australian Institute of Architect: Melbourne, Australia, pp. 1-7. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/38183750_Living_walls_-_a_way_to_green_the_built_environment
- Loh, Susan & Stav, Yael (2008) *Green a city grows a wall*. In Kennedy, R (Ed.) Proceedings of the Subtropical Cities 2008 Conference - From fault-lines to sight-lines - subtropical urbanism in 20-20. Centre for Subtropical Design, Queensland University of Technology, Australia, pp. 1-9. Recuperado de: <https://eprints.qut.edu.au/28173/1/c28173.pdf>
- López, C. C. (2021). *Diseño y sistemas complejos: un enfoque multidimensional en el proceso de Diseño*. RChD: creación y pensamiento, 6(10), 1-16. Recuperable de: <https://www.redalyc.org/journal/4779/477966601018/movil/>
- Luengo-González, E. (2017). *Las vertientes de la complejidad. Diferencias y convergencias. Pensamiento sistémico, ciencias de la complejidad, pensamiento complejo, paradigma ecológico y enfoques holistas*. Recuperable de: http://biblioteca.clacso.edu.ar/Mexico/cip-iteso/20200713053001/pdf_1795.pdf
- Mandressi, R. (2001). *Orden, desorden, caos: ¿un nuevo paradigma?* Revista Insomnia, 3.
- Martínez, Silvio; Requena, Alberto (1986): *Dinámica de sistemas. Simulación por ordenador. Modelos*. Madrid: Alianza (2 vols.).
- Masaguer, Alberto & Benito, Marta. (2008). *Evaluación de la calidad del compost. Compostaje*. Mundi-Prensa, pp. 285-304. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/287571355_Evaluacion_de_la_calidad_del_compost/citation/download
- Maturana, H. (1997). *El sentido de lo humano*. Santiago de Chile: Dolmen Ediciones S.A.
- Menconi, M. E., Sipone, A., & Grohmann, D. (2021). *Complex Systems Thinking Approach to Urban Greenery to Provide Community-Tailored Solutions and Enhance the Provision of Cultural Ecosystem Services*. Sustainability, 13(21), 11787. Recuperado de <https://researchfeatures.com/complex-system-thinking-approach-urban-greenery-planning-design/>
- Mendieta Ramírez, J. E. (2012). *Enfoque sistémico del hábitat aproximación conceptual y metodológica* (Tesis Doctoral), Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín). Recuperado de: <https://docplayer.es/50737927-Enfoque-sistémico-del-habitat.html>
- Mestre Martínez, N. M. (2014). *De la eficiencia energética a la redundancia ecológica. Itinerario conceptual y sintaxis razonada del híbrido arquitectónico* (Doctoral dissertation, Universidad Europea de Madrid). Recuperado de: <https://www.coam.org/media/Default%20Files/fundacion/tesis-recientes/tesis-recientes/2/tesis-recientes-coam-nieves-mestre.pdf>
- Miller, J.H. and Page, S.E. (2007) *Complex Adaptive Systems. An Introduction to Computational Models of Social Life*. Princeton University Press, Princeton.
- Miranda Morales, A. A. (2018). *Contenedores para jardinería interior basados en sistemas inteligentes* (Bachelor's thesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador), Recuperado de: <https://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/2485/1/76763.pdf>
- Mitchell, M. (2009). *Complexity: A guided tour*. Oxford University Press.
- Morin, E. (1997). *Introducción al Pensamiento Complejo*. Barcelona: Gedisa.
- Morín, Edgard (2001) *El Método. La naturaleza de la naturaleza*, Colección Teorema, Serie Mayor, Sexta Edición de la original del año 1977, pp. 123-124, ISBN: 84-376-0267-X, Madrid, España. Recuperado de: <https://ciroespinoza.files.wordpress.com/2011/11/el-metodo-1-la-naturaleza-de-la-naturaleza.pdf>
- Moreno, J. C. (2002). *Tres teorías que dieron origen al pensamiento complejo: sistémica, cibernética e información*. MA Velilla (Comp.), Manual de iniciación pedagógica al pensamiento complejo, 25-37. Recuperado de: http://files.doctorado-en-educacion-2-cohorte.webnode.es/200000055-a98dcaa881/ManuallIniciacion_pedagogica_PC.pdf
- Mosquera, J. (2007). *Arquitectura y complejidad*. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo, 2(1), 3-10. ISSN 1900-9178.
- Nannipieri, P., Ascher, J., Ceccherini, M., Landi, L., Pietramellara, G., and Renella, G. (2003). *Microbial diversity and soil functions*. Eur. J. Soil Sci. 54, pp. 655–670. doi: 10.1046/j.1351-0754.2003.0556.x. Recuperado de: [https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrqjct55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1959634](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrqjct55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1959634)
- National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA), *Concrete in practice*, CIP ES 28 Concrete Slab Moisture (humedad de la losa de concreto), Publicado en enero del 2017. Recuperado de: <https://www.nrmca.org/wp-content/uploads/2020/04/CIP28es.pdf>
- Navarro Cid, José Antonio (2002) *Las organizaciones como sistemas alejados del equilibrio*, tesis doctoral, División de Ciencias de la Salud, Facultad de Psicología, Departamento de Psicología Social, Universidad de Barcelona, Barcelona, España, pp. 11-13. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Navarro12/publication/262562333_Las_Organizaciones_como_Sistemas_Abiertos_Alejados_del_Equilibrio/links/00b495380384321745000000/Las-Organizaciones-como-Sistemas-Abiertos-Alejados-del-Equilibrio.pdf



- Ng, Lang (2008) *A City in a Garden*, publicado por el Civil Service College Singapur el 1º de junio del 2008. Recuperado de: <https://www.csc.gov.sg/articles/a-city-in-a-garden>
- Organización Panamericana para la Salud (OPS) (2018) *Contaminación del aire ambiental exterior y en la vivienda: Preguntas frecuentes*. Recuperado de: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14454:ambient-and-household-air-pollution-and-health-frequently-asked-questions&Itemid=72243&lang=es
- Payares Loyo, Lesbia (2011) *Complejidad y humanidades: conciliando el ser y el devenir* Cuadernos del CENDES, vol. 28, núm. 77, mayo-agosto, 2011, pp. 17-42 Universidad Central de Venezuela Caracas, Venezuela. Recuperable de: <https://www.redalyc.org/pdf/403/40322213003.pdf>
- Peck S.W., Callaghan C., Bass B., Kuhn M.E. (1999) *Research Report Greenbacks from Green Roofs: Forging a New Industry in Canada Status Report on Benefits, Barriers and Opportunities for Green Roof and Vertical Garden Technology Diffusion*, Canada Mortgage and Housing Corporation. Recuperado de: <https://www.nps.gov/tps/sustainability/greendocs/peck-sm.pdf>
- Perez, V. M. (2014). *Study of The Sustainability Issue of Food Production Using Vertical Farm Methods in An Urban Environment Within the State of Indiana*. (Master's Thesis). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No.1565090).
- Perini, Katia & Ottelé, Marc & Fraaij, A.L.A. & Haas, E. & Raiteri, Rossana. (2011). *Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope*. Building and Environment. 46, pp. 2287-2294. 10.1016/j.buildenv.2011.05.009. Disponible online en: https://www.researchgate.net/publication/229381433_Vertical_greening_systems_and_the_effect_on_air_flow_and_temperature_on_the_building_envelope
- Plataforma Arquitectura-Edificio Consorcio Santiago / Enrique Browne + Borja Huidobro, Revista online Plataforma Arquitectura, Chile. Recuperado de: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-14392/edificio-consorcio-sede-santiago-enrique-browne-borja-huidobro/57280f7ee58ecede8f000097-edificio-consorcio-santiago-enrique-browne-plus-borja-huidobro-desplazamiento-vertical-de-areas-verdes>
- Poon, Hong Yuen (2012) *Singapore—Capital City of Vertical Green* (interview). In Architecture and Urbanism Special Edition May 2012. Recuperado de: <https://wildsingaporenews.blogspot.com/2012/05/heart-of-green-interview-with-nparks.html>
- Radić, M.; Brković Dodig, M., Auer, T. (2019) *Green facades and living walls—a review establishing the classification of construction types and mapping the benefits*, Sustainability, 11, p. 4579. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/335353152_Green_Facades_and_Living_Walls-A_Review_Establishing_the_Classification_of_Construction_Types_and_Mapping_the_Benefits
- Reynoso, Carlos (2009) *Modelos o metáforas. Crítica del paradigma de la complejidad de Edgar Morín*, 1º ed. Editorial SB, Buenos Aires, Argentina.
- Reznik, G.; Schmidt, E. (2009) *Reduction of Emissions by Vegetation—Dry Collection and Wet Resuspension of Fine Dust Particles on Ivy*. GRdL, 69, pp.434–438.
- Rich, Antohony (1883) *Dictionnaire des antiquités romaines et grecques, Hourtus, Horti Pensilis*, punto 4, horti pensilis, 3º ed. 1883. Recuperado de: <https://mediterranees.net/civilisation/Rich/Articles/Jardins/Hortus.html>
- Rodríguez Zoya, L.G.; Leónidas Aguirre, J. (2011) *Teorías de la complejidad y ciencias sociales Nómadas*. Critical Journal of Social and Juridical Sciences Núm. 30, pp. 147-166. Recuperado de: <https://revistas.ucm.es/index.php/NOMA/article/view/36562/35396>
- Roehr, D.; Laurenz, J. (2008) *Living Skins Environmental Benefits of Green Envelopes in the City Context*. WIT Trans. Ecol. Reinar. 113, pp. 149-158.
- Sentkiewicz, R. 2011. *Verticalscapes: Concepto y caracteres. Campos prototipológicos termodinámicos*. Colección de Textos académicos ETSAM- UPM nº III, Febrero2011, pp: 29-35.
- Serres, M. (1992) *Le Contrat naturel*. Champs Flammarion. Paris.
- Sheweka, Samar & Magdy, Arch. (2011). *The Living walls as an Approach for a Healthy Urban Environment*. Energy Procedia. 6, pp. 592-599. 10.1016/j.egypro.2011.05.068. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/251712472_The_Living_walls_as_an_Approach_for_a_Healthy_Urban_Environment/citation/download
- Sierra, M.A. (2000) *Área fractal. Fractals*. Dimensión. Recuperado de: <http://www.fractals.8m.com/caos.htm#go>
- Sivamani, S., Bae, N., & Cho, Y. (2013). *A Smart Service Model Based on Ubiquitous Sensor Networks Using Vertical Farm Ontology*. International Journal of Distributed Sensor Networks, 9(12), 161495. Recuperado de: <http://doi.org/10.1155/2013/16149>
- Specht, K, I., Freisinger, U. B., Sawicka, M., Werner, A., Dierich, A. (2014). *Urban agriculture of the future: an overview of sustainable aspects of food production in and on building*. Agric Hum Values 31, 33–51. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=561e1b7660614b25158b4579&assetKey=AS%3A284383366926336%401444813686736>



- Siebert, R. (2014) *Hartmann ew of sustainability aspects of food production in and on buildings*. Agriculture and Human Values, 31(1), 33–51. Retrieved January 15, 2014. Recuperado de: <http://doi.org/10.1007/s10460-013-9448-4>
- Solano Cabello, Ignacio (2011) *Sistema para el ajardinado de fachadas. Patente internacional de invención*, 8 de noviembre del 2011, Patentados.com Recuperado de: <https://patentados.com/2011/sistema-para-el-ajardinado-de-fachadas>
- Solano Cabello, Ignacio (2017) *Jardín vertical*. Revista digital Tu Reforma. Publicado el 28 de noviembre del 2017. Recuperado de: <http://www.tureforma.org/arg-deco-la-casa-por-el-tejado-y-cuarto-interior-ponentes-estrella-el-martes-28/>
- Tamási, Alexandra & Gergely, Dobszay. (2016). *Requirements for Designing Living Wall Systems – Analysing System Studies on Hungarian Projects*. Periodica Polytechnica Architecture. 46. 78-87. 10.3311/PPar.8337. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/303528126_Requirements_for_Designing_Living_Wall_Systems_-_Analysing_System_Studies_on_Hungarian_Projects/citation/download
- Thomaier, S., Specht, K., Henckel, D., Dierich, A., Siebert, R., Freisinger, U. B., & Sawicka, M. (2015). *Farming in and on urban buildings: Present practice and specific novelties of Zero-Acreage Farming (ZFarming)*. Renewable Agriculture and Food Systems, 30(1), 43–54. Retrieved April 21, 2015 from <http://doi.org/10.1017/S1742170514000143>
- Tong, J. (2013). *Living Wall, Jungle the Concrete*. Hong Kong: Design Media Publishing Ltd.
- Toro, G. (2015) *Entrevista Ingeniero Estructural*/Interviewer: J. Corredor.
- Torsvik, V., and Øvreås, L. (2002). *Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems*. Curr. Opin. Microbiol. 5, pp. 240–245. doi: 10.1016/S1369-5274(02)00324-7. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/11315852_Torsvik_V_Ovreas_L_Microbial_diversity_and_function_in_soil_from_genes_to_ecosystems_Curr_Opin_Microbiol_5_240-245
- Uffelen, C.V. (2011) *Facade Greenery: Contemporary Landscaping*, 1st ed.; Braun: Englewood, CO, USA; ISBN 978-3-03768-075-9.
- Urban Redenvelopment Authority (URA), Singapur (2017), *Programme Landscaping for Urban Spaces and High Rises (LUSH 3.0)*, publicado el 9 de noviembre del 2017. Recuperado de: <https://www.ura.gov.sg/Corporate/Media-Room/Media-Releases/pr17-77>
- Urbano-López de Meneses, Beatriz. (2013). *Naturación urbana, un desafío a la urbanización*. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, 19(2), 225-236. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182013000200005
- US Green Building Council-LEED rating system. Recuperado de: <https://www.usgbc.org/leed>
- Van der Heijden, M. G., Klironomos, J. N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf-Engel, R., Boller, T., et al. (1998). *Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity*. Nature 396, pp. 69–72. doi: 10.1038/23932. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/285806902_Mycorrhizal_fungal_diversity_determines_plant_diversity_ecosystem_variability_and_productivity/citation/download
- Van Der Heijden, M. G., Bardgett, R. D., and Van Straalen, N. M. (2008). *The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems*. Ecol. Lett. 11, pp. 296–310. doi: 10.1111/j.1461-0248.2007.01139.x. Recuperado de: <https://research.vu.nl/en/publications/the-unseen-majority-soil-microbes-as-drivers-of-plant-diversity-a>
- Varanini, Zeno & Cesco, Stefano & Monte, Rossella & Tomasi, Nicola & Pinton, Roberto. (2008). *The mineral nutrition of plants between chemical limitations and physiological constraints: Is a sustainable approach possible?* Italian Journal of Agronomy. 3. 129-141. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/287885224_The_mineral_nutrition_of_plants_between_chemical_limitations_and_physiological_constraints_Is_a_sustainable_approach_possible
- Vinas, Robert (2007) *Jaume 1º Le conquerant le livre des fais*, Antiquité, ISBN 2910012335992, Editorial Provisonal para Codigos, Perpignan, Francia.
- von Bertalanffy, Ludwig (1977) *Teoría general de los sistemas. Fundamentos, desarrollo, aplicaciones*, Fondo de Cultura Económica México, Séptima edición, (1986), México D.F., México, ISBN 968-16-0627-2. Recuperado de: <https://cienciasparadigmas.files.wordpress.com/2012/06/teoria-general-de-los-sistemas--fundamentos-desarrollo-aplicacionesludwig-von-bertalanffy.pdf>
- *Water Footprint Network, What is a water footprint?* <https://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/>
- Watson, D.J. (1947) *Comparative physiological studies in the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years*. Ann. Bot. 1947, 11, pp. 41–76. Recuperado de: <https://academic.oup.com/aob/article-abstract/11/1/41/159526?redirectedFrom=fulltext>
- Wong N. H: Tan A.Y.K; Tan, P.K; Wong, N. Ch (2009) *Energy simulation of vertical greenery systems*, Energy and Buildings 41, pp.1401–1408. Disponible en <https://scrimms.files.wordpress.com/2013/10/061013-energy-simulation-of-vertical-greenery-systems.pdf>
- Wong NH, Tan, Alex Yong Kwang (2010) *Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls*, Building and



Environment 45, pp. 663-672. Recuperado de: https://www.academia.edu/2229823/Thermal_evaluation_of_vertical_greenery_systems_for_building_walls

- Wood, A.; Bahrami, P.; Safarik, D. (2014) *Green Walls in High Rise Building*, 1ª Ed.; Images Publishing: Chicago, IL, USA, ISBN 9781864705935.
- Yeang, K., (1999) *The green skyscraper: the basis for designing sustainable intensive buildings*, Prestel Verlag, Munich.
- Yeang, K. (1999). *Proyectar con la naturaleza: bases ecológicas para el proyecto arquitectónico*. Barcelona: Gili.
- Yeang, K. y Woo, L. (2010). *Dictionary of ecodesign: an illustrated reference*. London: Routledge, pag. 79.
- Yeang, Ken; Yeang, Leweling (2008) *Ecoskyscraper and ecomimesis: New tall building typologies*; CTBUH 2008, 8th Congress, Dubai, Conference Proceeding, p. 10. Recuperado de: <https://global.ctbuh.org/resources/papers/download/447-ecoskyscrapers-and-ecomimesis-new-tall-building-typologies.pdf>
- Zak, D. R., Holmes, W. E., White, D. C., Peacock, A. D., and Tilman, D. (2003). *Plant diversity, soil microbial communities, and ecosystem function: are there any links?* Ecology 84, pp. 2042–2050. doi: 10.1890/02-0433. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/228993525_Plant_Diversity_Soil_Microbial_Communities_and_Ecosystem_Function_Are_There_Any_Links

CAPITULO 5

- Accolti E. y Miyara F. (2010). *Tools for studying noise effects based on spectral and temporal content*. Memorias. XXXIX Congreso Internacional de Ingeniería de Control de Ruido. Lisboa, Portugal. 13 al 16 de junio de 2010. CD ROM.
- Aiello, L. M., Schifanella, R., Quercia, D., and Aletta, F. (2016). *Chatty maps: constructing sound maps of urban areas from social media data*. R. Soc. Open Sci. 3:150690. doi: 10.1098/rsos.150690
- Agenda Local 21- Red de Redes de Desarrollo Sostenible (2009). *El Libro Verde de Medio Ambiente Urbano*. Gobierno de España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Ambiente Rural y Marino. Tomo II, Año 2009. Disponible en sitio web: <http://www.ecourbano.es/imag/libroverde2.pdf>
- Alessandro, S.; Barbera, G. e Silvestrini, G. (1987). *Stato dell'arte delle ricerche concernenti l'interazione energetica tra vegetazione de ambiente costruito*. Palermo: 1987. CNR, IEREN 13
- Altabella, Joan; Rueda, Salvador (2012) *El libro verde de sostenibilidad urbana y local en el ámbito del ruido urbano*, Cap. IX, Libro Verde de Sostenibilidad Urbana y Local en la Era de la Información, Convenio de colaboración entre el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, AL21 Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible, Madrid, España. Recuperado de: <http://www.comunidadism.es/herramientas/libro-verde-de-la-sostenibilidad-urbana-y-local-en-la-era-de-la-informacion>
- Alves, J.A., Silva, L.T. and Remoaldo, P.C.C. (2015) *The influence of low-frequency noise pollution on the quality of life and place in sustainable cities: A case study from Northern Portugal*. Sustainability, 7(10), pp.13920-13946.
- Arango Duque, Catalina; Molina Toro, Víctor Manuel (2010) *Construcción de una barrera acústica a escala para disminuir la contaminación sonora producida por el alto flujo vehicular*, Universidad de San Buenaventura, Ingeniería de Sonido, Bogotá D.C., Colombia. Recuperado de: <http://biblioteca.usbboq.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/59900.pdf>
- Arenas JP, Monsalve AM. (2001) *Modification of the diffracted sound field by some noise barrier edge design*. International Journal Acoustic & Vibration N°6: pp. 76–82.
- Arenas, Jorge. (2006). *Sound barriers and environmental impact studies*. 13th International Congress on Sound and Vibration 2006, ICSV 2006. 1. 42-57. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/288652280_Sound_barriers_and_environmental_impact_studies
- Arenas JP. (2007a) *Use of barriers*. In: CrockerMJ, editor. Handbook of noise and vibration control. New York: JohnWiley and Sons; pp. 714–24
- Arenas JP. (2007b) *Sound attenuation provided by earth mounds used for reducing traffic noise from highways*. Proc. 2007 International Congress and exhibition on noise control engineering, pp. 28–31. Turkey: Istanbul; 2007b. August 2007.
- Arenas, Jorge. (2008). *Potential problems with environmental sound barriers when used in mitigating surface transportation noise*. The Science of the total environment. 405, pp. 173-179. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/23147672_Potential_problems_with_environmental_sound_barriers_when_used_in_mitigating_surface_transportation_noise
- Atiénzar Navarro, R. (2016). *Diseño y modelado de pantallas acústicas basadas en cristales de sonido 2D para ruido de ferrocarril* (Tesis de magister). Escuela Politécnica Superior de Gandía, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/handle/10251/74649>
- Attenborough, Keith & Boulanger, Patrice & Qin, Qin & Linton, C. (2005). *Developments in modelling acoustical effects of surface roughness*. Forum Acusticum Budapest 2005: 4th European Congress on Acoustics. Recuperado de:



https://www.researchgate.net/publication/268015706_Developments_in_modelling_acoustical_effects_of_surface_roughness

- Aylor, D. (1972) *Noise reduction by vegetation and ground*; Journal of Acoustical Society of America, Nº 51, pp. 197–205. Recuperado de: <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.1912830>
- Aylor, D. (1972) *Sound transmission through vegetation in relation to leaf area density, leaf width, and breadth of canopy*. Journal of the Acoustical Society of America, Vol 51, 1972b, pp. 411–414. Recuperado de: <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.1912852>
- Azkorra Larriñaga, Zalao (2015) *Estudio comparativo de eficiencia energética: fachada ventilada frente a fachada vegetal* (tesis doctoral en Ingeniería Térmica), Departamento de Máquinas y Motores Térmicos, Energética en la Edificación (ENEDI), Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea. Recuperado de: <https://addi.ehu.es/handle/10810/16030?show=full>
- Azkorra, Z.; Perez, G.; Coma J.; Cabeza, L.F.; Bures, S.; Alvaro J.E.; Erkoreka, A.; Urrestarazu, M. (2015) *Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings*, Applied Acoustics, Volume 89, pp. 46-56. Recuperado de: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0003682X14002333?token=090DA70E090521494856CC6786186B3B7668596E0FB0FBE7BE2AAA7AE27A9506161D4DD6AD5DC23977C301A4999A2DC6&originRegion=us-east-1&originCreation=20211107001633>
- Baldauf R. (2017). *Roadside vegetation design characteristics that can improve local near-road air quality*. Transp. Res. D. 52 (11), pp. 354-361. DOI: 10.1016/j.trd.2017.03.013. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/315634025_Roadside_vegetation_design_characteristics_that_can_improve_local_near-road_air_quality
- Basseda Peradalta, Joan (2015) *Estudi de les pantalles acústiques vegetals de Gran Alçada* (Tesis Magister); Depart. Eng. Construcció – Estructures; Escola de Camins; Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports; UPC Barcelona Tech. Recuperado de: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/80251/TESINA_BASSEDA.pdf
- Bello, J. P., Silva, C., Nov, O., DuBois, R. L., Arora, A., Salamon, J., et al. (2019). *Sonyc: A system for monitoring, analyzing, and mitigating urban noise pollution*. Commun. ACM 62, pp. 68–77. Doi: 10.1145/3224204
- Beranek, Leo (1969) *Acústica*, Newman Inc., Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos, Segunda Edición. Versión Castellana Ing. Adolfo Di Marco, Facultad de Ingeniería, UNLP. Recuperado de: https://monoskop.org/images/7/7d/Beranek_Leo_L_Acustica_Spanish.pdf
- Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. H. (1999). *Guidelines for community noise*. In *Guidelines for community noise*. World Health Organization (WHO). Recuperado de: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217>
- Berglund B.; Lindvall, T.; Schwla, D. (1995) *Guidelines for community noise*, Organización Mundial de la Salud, Ginebra 1995. Disponible en sitio web: <http://whqlibdoc.who.int/hq/1999/a68672.pdf>
- Blickley, Jessica & Patricelli, Gail. (2010). *Impacts of Anthropogenic Noise on Wildlife: Research Priorities for the Development of Standards and Mitigation*. Journal of International Wildlife Law and Policy. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/235991778_Impacts_of_Anthropogenic_Noise_on_Wildlife_Research_Priorities_for_the_Development_of_Standards_and_Mitigation
- Brambilla G., Gallo V., Asdrubali F. y D'Alessandro F. (2013). *The perceived quality of soundscape in three urban parks in Rome*. Journal Acoustic Society American 134, 832-839. DOI: 10.1121/1.4807811. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/236859690_The_perceived_quality_of_soundscape_in_three_urban_parks_in_Rome
- Brueckner, J.K. (2000) *Urban sprawl: diagnosis and remedies*. International regional science review, 23(2), pp.160-171. Recuperado de: https://econpapers.repec.org/article/saeinsr/v_3a23_3ay_3a2000_3ai_3a2_3ap_3a160-171.htm
- Bullen, R.; Fricke, R. (1982) *Sound propagation through vegetation*, Journal of Sound and Vibration, Vol. 80, pp. 11-23. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0022460X8290387X>
- CABA-Ciudad Autónoma de Buenos Aires (?) *Mapa Estratégico de Ruido de la Ciudad de Buenos Aires*, Secretaría de Ambiente, Agencia de Protección Ambiental, Control Ambiental. Recuperado de: <https://www.buenosaires.gob.ar/agenciaambiental/control-ambiental/fiscalizacion-ambiental/mapa-estrategico-de-ruido>
- Cálad, Luis Fernando (2014) *Capítulo 3: fenómenos sonoros*, Blog acústica y control del ruido, publicado el 4 de noviembre del 2014. Recuperado de: <http://acusticaycontroldelruido.blogspot.com/2014/11/capitulo-3-fenomenos-sonoros.html>
- Cálad Posada, Andrés; Adolfo; Duque (2014) *Modelo acústico arquitectónico para instituciones educativas públicas de la ciudad de Medellín*, (Proyecto de grado), Facultad de Ingenierías, Ingeniería en sonido, Universidad de San Buenaventura, Medellín, Colombia. Recuperado de: <http://www.bibliotecadigital.usb.edu.co/handle/10819/2710>
- CONAMA (Congreso Nacional de Medio Ambiente) (2014) *Documento Final, Gestión y mejora de la calidad acústica del ambiente urbano, Punto 5 "Conclusiones – Sobre ruido y salud"*, Grupo de Trabajo G-10, Colegio Oficial de Fisicos, - pág. 79 al 27 noviembre del 2014. Recuperado de: http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama2014/GTs%202014/10_final.pdf



- Cook, David I. and Van Haverbeke, David F. (1971) *Trees and shrubs for noise abatement* (Research Bulletin No. 246). Recuperado de: <https://digitalcommons.unl.edu/extensionhist/1629/>
- Cook, D.; Van Haverbeke D.F. (1977) *Suburban noise control with plant materials and solid barriers*, University of Nebraska, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station, Lincoln, NE (1977). Recuperado de: <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/11553>
- Data Noise Planet.org (?) *NoiseCapture Project* app. Recuperado de: <https://noise-planet.org/noisecapture.html>
- Diario El Día (2013), *La de 13 y 32 es la esquina más ruidosa de la Ciudad*, Nota periodística al Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, La Plata, 18 de agosto 2013. Disponible en sitio web: <<http://www.eldia.com.ar/edis/20130818/La-es-esquina-mas-ruidosa-Ciudad-tapa4.htm>>
- Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (2015), *Sobre evaluación y gestión del ruido ambiental*. Última versión 1º Julio 2015. Recuperado de: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2015:168:FULL&from=EN>>
- Dzhambov A.M. y Dimitrova D. (2015). *Green spaces and environmental noise perception*. Urban Forest. Urban Green. 14 (4), pp. 1000-1008. DOI: 10.1016/j.ufug.2015.09.006. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/281775221_Green_spaces_and_environmental_noise_perception
- Dzul Cauich, Henry Fernando (2021) Efecto de la contaminación lumínica y acústica en la polinización de ceiba *pentandra* (tesis de magister), Departamento de Ecología Humana, Unidad Mérida, Centro de Investigación y de Estudios de Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Mérida, Yucatán, México. Recuperto de: <https://www.mda.cinvestav.mx>
- Ecoplak Innova-Zicla (2016) *Barreras acústicas: principios básicos*, Recuperado de: <https://docplayer.es/21513738-Barreras-acusticas-principios-basicos.html>
- Embleton, T.F.W., 1963. *Sound propagation in homogeneous deciduous and evergreen woods*. Journal Acoustic Society, 35, pp. 1119–1125. Recuperado de: <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.1918662>
- Erdogan E, Yazgan ME. (2009). *Landscaping in reducing traffic noise problem in cities: Ankara case*. Afr. J. Agric. Res. 4, pp.1015-1022. Recuperado de: https://academicjournals.org/article/article1380883427_Erdogan%20and%20Yazgan.pdf
- European Environment Agency (2014). *Noise in Europe 2014*. Number 10/2014. Publications Office of the European Union, Luxembourg. Recuperado de: <https://www.eea.europa.eu/publications/noise-in-europe-2014>
- Eyring, C.F. (1946) *Jungle acoustics*. Journal of the Acoustical Society of America, Vol 18, pp. 257-270. Resumen Disponible en: <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.1916362>
- Fan, Y., Zhiyi, B., Zhujun, Z., & Jiani, L. (2010). *The Investigation of Noise Attenuation by Plants and the Corresponding Noise Reducing Spectrum*. Journal of Environmental Health, 72(8), pp. 8-15. Retrieved May 1, 2021. Recuperado de: <https://www.jstor.org/stable/26328102?refreqid=excelsior%3A40afec3f8ba60fa5d7765aea16ee6863&seq=1>
- Fang, C; Ling D. (2003) *Investigation of the noise reduction provided by tree belts*. Landscape and Urban Planning, Vol 63, pp. 187–195. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Investigation-of-the-noise-reduction-provided-by-Fang-Ling/ea690db424d4d2fbc5a756143357d7154010e980>
- Federal Highway Administration (2020) Federal Lands Highway maintains manuals relevant to all divisions or to a specific division. Recuperado de: <https://highways.dot.gov/federal-lands/tech-resources/manuals>
- Flores Pereira, Pedro (1990) *Manual de ruidos y vibraciones*. Fundamentos básicos y sistemas de control. Ediciones Gyc; Barcelona, España; ISBN: 978-84-87579-00-4. Recuperado de: https://www.didegipuzkoa.com/sites/default/files/documentos/manual_de_acustica_ruido_y_vibraciones.pdf
- Forman, R.T., and Wu, J. (2016) *Where to put the next billion people*. Nature, 537(7622), pp.608-611.
- Fuentes, Marcos; García, Eduardo; Cepeda, Jesús; Búrdalo, Gabriel; de Barrios, Mercedes (2008) *Introducción a propuesta de zonificación acústica de la ciudad de León (España)*, Congreso Acústica 2008, 20-22 de octubre del 2008, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal. Recuperado de: <https://docplayer.es/amp/10750172-Introduccion-a-propuesta-de-zonificacion-acustica-de-la-ciudad-de-leon-espana.html>
- García Boscá, D. (2010). *Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'Olleria* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València), Valencia, España. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/11006/PFC.pdf>
- Gasco, L., Asensio, C., and De Arcas, G. (2017). *Towards the assessment of community response to noise through social media*, in INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings, Vol. 255 (Hong Kong: Institute of Noise Control Engineering), pp. 2209–2217. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/319355458_Towards_the_assessment_of_community_response_to_noise_through_social_media
- Gasco, L., Clavel, C., Asensio, C., and de Arcas, G. (2019). *Beyond sound level monitoring: Exploitation of social media to gather citizen's subjective response to noise*. Sci. Total Environ. 658, pp. 69–79. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.071.



Recuperado de: <https://ur.booksc.eu/book/73959442/a86875>

- Gasco Sanchez, Luis & Schifanella, Rossano & Aiello, Luca & Quercia, Daniele & Asensio, César & Arcas, G. (2020). *Social Media and Open Data to Quantify the Effects of Noise on Health*. *Frontiers in Sustainable Cities*. 2. 10.3389/frsc.2020.00041. Recuperado de: <https://internal-journal.frontiersin.org/articles/10.3389/frsc.2020.00041/full#B54>
- Givoni, B. (1989). *Urban design in different climates*. Report WMO/TD-No. 346, World Meteorological Organization, Geneva. Recuperado de: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9526
- Grey, G.W.; Deneke, F.J. (1978) *Urban Forestry*, John Wiley and Sons, Nueva York.
- Hajek. J. J., Blaney C. T., (1984). *Evaluation of T-profile noise barriers*. *Transport. Res. Record.*, 983: pp. 8-17.
- Hagler G. S. W., Lin M. Y., Khlystov A., Baldauf R. W., Isakov V. y Faircloth J. (2012). *Field investigation of roadside vegetative and structural barrier impact on near-road ultrafine particle concentrations under a variety of wind conditions*. *Sci. Total Environ.* 419, pp. 7-15. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.12.002
- Halim H., Abdullah R., Ali A.A.A.; Nor M.J.M. (2015). *Effectiveness of existing noise barriers: comparison between vegetation, concrete hollow block, and panel concrete*. *Procedia Environ. Sci.* 30, pp. 217-221. DOI: 10.1016/j.proenv.2015.10.039. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/81996832.pdfhttps://core.ac.uk/download/pdf/81996832.pdf>
- Hansen, Lillian; Arnesen, Petter, Graupner, Sven-Thomas, Lindkvist, Hannes; Chalmers, Jacques Leonardi, Al Fahel, Rodrigo; Andersson, Kristina (2020) *Current state of the art and use case description on geofencing for traffic management*, SINTEF, Technische Universität Dresden; Chalmers University of Technology; University of Westminster; CLOSE bajo el patrocinio de UK Research and Innovation; The Research Council of Norway; Ewedish Energy Agency; Federal Ministry of Education and Research. Proyecto financiado por la Comisión Europea bajo el HORIZON 2020 ERA-NET (2014-2020), Urban Europe, ISBN: 978-82-14-07729-2. Recuperado de: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2826636/GeoSense.+Current+state+of+the+art+and+use+case+description+on+geofencing+for+traffic+management.pdf?sequence=1>
- Harris, Cyril M. (1995) *Manual de medidas acústicas y control del ruido*, Ediciones McGraw-Hill, 3a edición, traducido al español, Madrid, España, ISBN: 84-481-0306-8. Recuperado de: <https://pdfcoffee.com/manual-medidas-manual-medidas-acusticas-y-control-del-ruidoacusticas-y-control-del-ruido-m-harris-3-ed-4-pdf-free.html>
- He, Q., He, W., Song, Y., Wu, J., Yin, C. and Mou, Y., (2018). *The impact of urban growth patterns on urban vitality in newly built-up areas based on an association rules analysis using geographical 'big data'*. *Land Use Policy*, 78, pp.726-738. Recuperado de: <https://ideas.repec.org/a/eee/lauspo/v78y2018icp726-738.html>
- Heimann, D. (2003). *Influence of meteorological parameters on outdoor noise propagation*. *Euronoise 2003*, S. paper ID: 113-IP-Euronoise 2003 (Napoli, Italy), May 19-21, 2003. Recuperado de: <http://www.pa.op.dlr.de/acoustics/113.pdf>
- Herrington, L.P. and Brock, C. (1977). *Propagation of noise over and through a forest stand*. *Proceedings of the Conference on Metropolitan Physical Environment*. (1977) G. Heisler and L.P. Herrington (Eds.). Gen. Tech. Rep. NE-25. Upper Darby, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, pp. 226-228. Recuperado de: http://nrs.fs.fed.us/pubs/qtr/qtr_ne25/qtr_ne25_226.pdf
- Herrington, L.P (1978) *Propagation of noise in the out-of-doors-Effects of vegetation*, USDA Forest Service General Technical Report RM (USA), pp. 155-159. Recuperado de: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US7770374>
- Hernández Aja, A. (2009). *Calidad de vida y medio ambiente urbano: indicadores locales de sostenibilidad y calidad de vida urbana*, *Revista INVI*. 2009, vol.24, n.65 [citado 2015-07-19], pp. 79-111. Disponible en sitio web: <http://www.scielo.cl/pdf/invi/v24n65/art03.pdf>
- Hien, P.D., Men, N.T., Tan, P.M., and Hangartner, M., (2020). *Impact of urban expansion on the air pollution landscape: A case study of Hanoi, Vietnam*. *Science of The Total Environment*, 702, p.134635. Resumen Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/336994075_Impact_of_urban_expansion_on_the_air_pollution_landscape_A_case_study_of_Hanoi_Vietnam
- Hickling R. (1998) *Surface transportation noise*. In: Crocker MJ, editor. *Handbook of acoustics*. New York: John Wiley and Sons; pp. 897–906.
- Higuera, E. (2009), *La ciudad como ecosistema urbano*, Resumen del Capítulo 2 extraído del libro de su autoría publicado por la autoría "El reto de la ciudad habitable y sostenible", Editorial DAPP, Madrid, España, 2009. Disponible en sitio web: <http://oa.upm.es/16625/1/Ecosistema.pdf>
- Honorable Cámara de Senadores de la Provincia de Buenos Aires (2014/2015) Expediente E-274/14-15 *Proyecto de Ley Estableciendo la prevención, vigilancia, y corrección de la contaminación sonora en la jurisdicción de la provincia de Buenos Aires*. Recuperable de: <http://www.senado.gob.ar/parlamentario/parlamentaria/360219/downloadPdf>
- Hothersall, D. C., Crombie, D. H., Chandler-wilde, S. N., (1991). *The performance of T-shape profile and associated noise barrier*. *Appl. Acoust.*, 32, pp.269-281
- Huaquín Mora, M. (2017). *Difusión acústica en espacios urbanos consolidados*. (Tesis de Magister) Magister en Urbanismo, Escuela de Posgrado, Departamento de Urbanismo, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile. Recuperado de: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/143217/difusion-acustica-en-espacios->



[urbanos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

- Huddart, L (1990) *The use of vegetation for traffic noise screening*, Transport Research Laboratory Report RR238, Transport Research Laboratory, (1990).
- Huisman and Attenborough, 1991 W.H.T. Huisman, K. Attenborough; Reverberation and attenuation in a pine forest; *Journal of Acoustical Society of America*, 90 (5) (1991), pp. 2664–2677
- Indoria RP. (2009). *Towards reducing noise pollution on the highway*. Indian Highways 2-3. [terhubung berkala]. Recuperado de: <http://irc.org.in/ENU/knowledge/Editorial/June%202009.pdf> [2 Mei 2013].
- Instituto de Salud Carlos III, del CSIC y de la Comunidad de Madrid (2014) *Un estudio liderado por investigadores españoles relaciona el ruido del tráfico con el aumento de mortalidad por enfermedades respiratorias*, Noticia publicada on line por el Instituto de Salud Carlos III de Madrid, España, el 24 de enero del 2014. Disponible en sitio web: <http://www.isciii.es/ISCIII/es/contenidos/fd-el-instituto/fd-comunicacion/fd-noticias/14-enero-2014-Ruido.shtml>>
- Isbert AC (1998), *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*, p. 116, 1ra ed. UPC.
- Ishii, M., (1994) *Measurement of road traffic noise reduced by the employment of low physical barriers and potted vegetation*. *Inter-noise* 29–31, pp. 595–597. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/259459894_The_effects_of_vegetation_on_reducing_traffic_noise_from_a_city_ringing_road
- Ishizuka T, Fujiwara K. (2004) *Performance of noise barriers with various edge shapes and acoustical conditions*. *Appl Acoust*, N°6, pp. 125–41. Resumen Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003682X03001221>
- Kragh, J. (1979). *Pilot study on railway noise attenuation by belts of trees*. *Journal of Sound and Vibration*, 66(3), pp. 407-415. Resumen disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0022460X79908599>
- Kragh, J. (1981) *Road traffic noise attenuation by belts of trees*, *Journal of Sound and Vibration*, Volume 74, Issue 2, 22 January 1981, pp. 235-241. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0022460X8190506X>
- Kinsler L.E., Frey A. R., Coppens A. B., and Sanders J.V. (1982) *Fundamentals of acoustics*, 3rd Edn. Ed. Wiley, Nueva York, 1982.
- Kogan, Pablo. (2019). *Beneficios para la salud del paisaje sonoro en áreas verdes urbanas*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/338517835_Beneficios_para_la_salud_del_paisaje_sonoro_en_areas_verdes_urbanas
- Kogan, Pablo (2021), *Estudio propone contrarrestar contaminación acústica mediante gestión del paisaje sonoro en áreas verdes*, *Diario UChile*, Año XIV, 28 de julio de 2021. Recuperado de: <https://radio.uchile.cl/2021/07/28/estudio-propone-contrarrestar-contaminacion-acustica-mediante-gestion-del-paisaje-sonoro-en-areas-verdes/>
- Kogan, P., & Arenas, J. P. (2003). *Medición de la Atenuación Producida por una Barrera Acústica Mediante un Modelo a Escala*, Conference Paper, Seminario Panamericano Vial Ambiental (SEPAVIAM). Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/329304809_Medicion_de_la_Atenuacion_Producida_por_una_Barrera_Acustica_para_Ruido_Vehicular_Mediante_un_Modelo_a_Escala
- Kogan, P., Gale, Trace, * Arenas, J. P., and Arias, C. (2021) Development and application of practical criteria for the recognition of potential Health Restoration Soundscapes (HeReS) in urban greenspaces. *Science of The Total Environment*, 793, 148541. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148541>
- Kotzen B, English C. (1999) *Environmental noise barriers—A guide to their acoustic and visual design*. E&FN Spon, London; p. 165.
- Kunc, Hansjoerg & Schmidt, Rouven. (2019) *The effects of anthropogenic noise on animals: a meta-analysis*. *Biology Letters*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/337401780_The_effects_of_anthropogenic_noise_on_animals_a_meta-analysis
- Kurze UJ, Anderson GS. (1971) *Sound attenuation by barriers*. *Appl Acoust* N°4, pp. 35–53. Resumen online disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0003682X71900247>
- Lagonigro, R., Martori, J.C., and Apparicio, P., (2018). *Environmental noise inequity in the city of Barcelona*. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, N° 63, pp.309-319. Resumen online disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920918301597>
- Ley 11.723 (1995) *Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales de la Provincia de Buenos Aires*, OPDS, Recuperado de: <http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/Ley%20%2011723.pdf>
- Li KM, Wong HY. (2005b) *The acoustic performance of a cranked barrier: an approximate integral formulation*. *Act Acoust United Ac* N° 9, pp. 680–688. Resumen disponible en: https://www.researchgate.net/publication/233523738_The_Acoustic_Performance_of_a_Cranked_Barrier_An_Approximate_Integral_Formulation
- Lorente-Riverola, I., and Ruiz-Sánchez, J. (2018). *Spatial footprints of context-aware digital services. Eventual self-regulated*



alignments of dating apps with the urban shape, Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions, eds A. Bisello, D. Vettorato, P. Laconte, and S. Costa (Cham: Springer International Publishing), pp. 133–150. Doi: 10.1007/978-3-319-75774-2_10. Resumen disponible en: https://www.researchgate.net/publication/324767619_Spatial_Footprints_of_Context-Aware_Digital_Services_Eventual_Self-regulated_Alignments_of_Dating_Apps_with_the_Urban_Shape

- Lobos Vega, Víctor Hugo (2008) *Evaluación del ruido ambiental en la ciudad de Puerto Montt* (Tesis de grado), Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil Acústica, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Recuperado de: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfcl779e/sources/bmfcl779e.pdf>
- López Jiménez, José Noel Raúl; Moreno y Fuentes, Julio Tomas (2013) *Control de ruido con barreras acústicas* (Tesis colectiva); Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME), Unidad Profesional Zacatenco, Instituto Politécnico Superior (IPS), ciudad de México, México. Recuperado de: <https://1library.co/document/lzqr54nq-control-de-ruido-con-barreras-acusticas.html>
- López Jiménez, Naftali (2018) *Propuesta para el control de ruido ambiental en función de frecuencias de emisión mediante barreras vegetales* (Tesis, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/15531>
- Maekawa Z. (1968) *Noise reduction by screens*. Appl Acoust, N° 1, pp. 57–73
- May, D. N., Osman, M. M., (1980), *Highway noise barriers: new shapes*. J. Sound. Vib, N° 71: pp. 73-101. Resumen disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0022460X80904101>
- Meister, F. J. and Ruhrberg, W. (1959). *The influence of green areas on the propagation of noise*. Larmbekämpfung.
- Mendes, S. & Cavalcante, Kellyn & Colino-Rabanal, Victor & Peris, Salvador. (2010). *Evaluación del impacto de la contaminación acústica en el rango de vocalización de Paseriformes basado en el SIL- "speech Interference Level"*. 41, pp. 33-41. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/286335397_Evaluacion_del_impacto_de_la_contaminacion_acustica_en_el_rango_de_vocalizacion_de_Paseriformes_basado_en_el_SIL_speech_Interference_Level
- Menge CW, Rossano CF, Anderson GS, Bajdek CJ. (1988) *FHWA Traffic Noise Model Technical Manual*, Report No FHWA-PD-96-010. Washington, DC: Federal Highway Administration
- Merchan, C.I., Diaz-Balteiro, L., and Soliño, M. (2014). *Noise pollution in national parks: Soundscape and economic valuation*. Landscape and Urban Planning, 123, pp.1-9. Resumen Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/259501002_Noise_pollution_in_national_parks_Soundscape_and_economic_valuation
- Miyara, Federico (2004) *Gestión del ruido en la ciudad, Acústica Urbana*. Exposición realizada el 20/07/04 por el autor en el Taller sobre "Gestión del Ruido en la Ciudad" dirigido a funcionarios tomadores de decisión (políticos y jefes de dependencias ambientales) en el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente MVOTMA) de la República Oriental del Uruguay, organizado por la Dirección de Medio Ambiente (DINAMA) y la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (UdelaR) (Uruguay) como cierre de la primera etapa del convenio MVOTMA – UdelaR. Recuperado de: <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/gestion.pdf>
- Miyara F. (2005). *Modelización del ruido del tránsito automotor: curso dictado en la Universidad Austral de Chile, en Valdivia*. Modelos físicos determinísticos y estadísticos. Laboratorio de Acústica y Electroacústica, Escuela de Ingeniería Electrónica, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario. Argentina. Recuperado de: <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~acustica/biblio/MRT/MRT.htm>
- Monazzam, M.R. (2006) *Sound field diffusivity at the top surface of Schoeder diffuser barriers*, Iranian Journal Environmental Health Science Engineering, 2006, Vol. 3, No. 4, pp. 229-238. Recuperado de: <http://www.bioline.org.br/pdf?se06032>
- Montalvão Guedes, Italo Cesar; Rolla Bertoli, Stelamaris (2015) *Mapa acústico como ferramenta de avaliação de ruído de tráfego veicular em Aracaju-Brasil*, Revista eletrônica PARC (Pesquisa em Arquitetura e Construção), Departamento de Arquitetura e Construção da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Campinas, SP, Brasil (UNICAMP). Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/305323953_Mapacustico_como_ferramenta_de_avaliacao_de_ruido_de_trafego_veicular_em_Aracaju_-_Brasil
- MVN Arquitectos - Diego Varela de Ugarte, Diego; García Medina (2005) *Barrera acústica y paisajística en Madrid*, España <https://mvn-arquitectos.com/en/landscaping-and-acoustic-barrier/>
- Mydlarz, C., Sharma, M., Lockerman, Y., Steers, B., Silva, C., and Bello, J. P. (2019). *The life of a New York city noise sensor network*. Sensors 19. Doi: 10.3390/s19061415. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/332628084_The_Life_of_a_New_York_City_Noise_Sensor_Network
- Naciones Unidas (1972) *Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente, Planificación y Ordenamiento de los Asentamientos Humanos desde el Punto de Vista de la Calidad del Medio*, Recomendación 14, pág. 10, Estocolmo, 5 al 16 de junio de 1972. Disponible en sitio web: <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/infoteca/descargas/estocolmo01.pdf>
- Nedic, V., Despotovic, D., Cvetanovic, S., Despotovic, M. and Babic, S. (2014) *Comparison of classical statistical methods and artificial neural network in traffic noise prediction*. Environmental Impact Assessment Review, 49, pp.24-30. Resumen



- Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/264050251_Comparison_of_classical_statistical_methods_and_artificial_neural_network_in_traffic_noise_prediction
- Norma I.R.A.M. N° 4062/84 (1984) *Método de medición y clasificación de ruidos molestos al vecindario*, Instituto Argentino de Certificación y Racionalización, Recuperado de: <https://www.entrieros.gov.ar/ambiente/userfiles/files/archivos/Normativas/Nacionales/NORMA%20IRAM4062.pdf>
 - Nowak D.J., Hirabayashi S., Bodine A. y Greenfield E. (2014). *Tree and forest effects on air quality and human health in the United States*. Environ. Pollut. 193, pp. 119-129. DOI: 10.1016/j.envpol.2014.05.028. Recuperado de: https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/jrnl/2014/nrs_2014_nowak_001.pdf
 - Ochoa de la Torre, J. M. (1999). *La vegetación como instrumento para el control microclimático en línea*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. Recuperado de: http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0425107-095813
 - Ohrstrom E. (2004) *Longitudinal surveys on effects of changes in road traffic noise—annoyance, activity disturbances, and psycho-social well-being*. J Acoust Soc Am N° 115, pp. 719–729.
 - O.M.S. (Organización Mundial de la Salud) *Criterios sobre ruido de la Organización Mundial de la Salud*. Disponible en sitio web: <<http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/omscrit.htm>>
 - Onder S, Kockeber Z. (2012) *Importance of green belts to reduce noise pollution and determination of roadside noise reduction effectiveness of bushes in Konya, Turkey*. World Academy of Science 66, pp. 639-642. Resumen Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Importance-of-the-Green-Belts-to-Reduce-Noise-and-%C3%96nder-Kockeber/2116f8e8146b308a8e5ddf5dad41c6f8910fbf7>
 - Ongel, A. and Sezgin, F., (2016) *Assessing the effects of noise abatement measures on health risks: A case study in Istanbul*. Environmental Impact Assessment Review, N° 56, pp.180-187. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Assessing-the-effects-of-noise-abatement-measures-A-Ongel-Sezgin/bb1b1ceb6c59b131ba6f2378dedbad20f2ebfa59>
 - ONU-Organización Mundial de la Salud (2021) *Para 2050, la pérdida de audición afectará a un cuarto de las personas en el mundo*. Recuperado de: <https://news.un.org/es/story/2021/03/1488942>
 - Ordenanza General N° 27/68 (1968) *Régimen para la erradicación de ruidos para todos los partidos de la Provincia de Buenos Aires*. Recuperado de: <https://normas.gba.gov.ar/documentos/VmRN5ZSl.html>
 - Organismo Provincial para el Desarrollo Sustentable-OPDS (1996) *Ruidos Molestos*, Resolución N 159/96 Recuperado de: <https://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/RESOLUCION%20159%2096.pdf>
 - Peng, Z.R., (1997) *The jobs-housing balance and urban commuting*. Urban studies, 34(8), pp.1215-1235.
 - Pamanikabud P, Tansatcha M. (2003) *Geographical information system for traffic noise analysis and forecasting with the appearance of barriers*. Environ Modell Softw N° 18, pp. 959–73. Resumen Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/222561737_Geographical_information_system_for_traffic_noise_analysis_and_for_ecasting_with_the_appearance_of_barriers
 - Pathak, V., Tripathi, B.D., and kumar Mishra, V. (2008) *Evaluation of traffic noise pollution and attitudes of exposed individuals in working place*. Atmospheric Environment, 42(16), pp.3892-3898. Recuperado de: [https://www.scrip.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/journal/paperinformation.aspx?paperid=76344](https://www.scrip.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/journal/paperinformation.aspx?paperid=76344)
 - Peng, Z.R., (1997). *The jobs-housing balance and urban commuting*. Urban studies, 34(8), pp.1215-1235.
 - Peng, Jeffrey & Bullen, Robert & Kean, Simon. (2014). *The effects of vegetation on road traffic noise*. INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/271020849_The_effects_of_vegetation_on_road_traffic_noise/citation/download
 - Pereira Fernández, J. (2016). *Fachadas vegetales: análisis del impacto medioambiental y aplicaciones*. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica, Universidad de Coruña, La Coruña, España. Tesis de grado. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/61919016.pdf>
 - Pérez, Marta & Andrade, Rafael & Abad Toribio, Laura & Martin, Tomás. (2009). *Estudio de la tipología de las pantallas acústicas*. Normativa y estado del arte. Tecnología y desarrollo, ISSN 1696-8085, N°. 7, Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/40223878_Estudio_de_la_tipologia_de_las_pantallas_acusticas_Normativa_y_estado_del_arte
 - Pérez-López, Antonio (1989) *Absorción y aislamiento acústico*; Level Environmental Acoustics-Jornadas Nacionales e Acústica, Zaragoza, abril 1989. Recuperado de: http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/publicaciones_4355ev002.pdf
 - Pérez-Porto J. (2016). *Contaminación sonora*. Definición. <https://definicion.de/contaminacion-sonora/>
 - Pigasse G. y Kragh J. (2011). *Optimised noise barriers*. Recuperado de:



http://www.veidirektoratet.dk/DA/viden_og_data/publikationer/Lists/Publikationer/Attachments/499/rapport%20194_web.pdf

- Pudjowati, Utami & Yanuwadi, Bagyo & Sulistiono, Rudy & Suyadi, Suyadi. (2013). *Effect of Vegetation Composition on Noise and Temperature in Waru - Sidoarjo Highway, East Java, Indonesia*. International Journal of Conservation Science. 4. pp. 459-466. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/289456759_Effect_of_Vegetation_Composition_on_Noise_and_Temperature_in_Waru_-_Sidoarjo_Highway_East_Java_Indonesia
- QuadMap Project (2016). *QUADMAP Quiet Areas Definition & Management in Action Plans LIFE10, "Guidelines for identification, selection, analysis and management of urban areas" Version 2.0* ENV/IT/000407, Marzo 2015. Disponible en sitio web: <http://www.quadmap.eu/wp-content/uploads/2015/02/Guidelines_QUADMAP-final-version.pdf>
- Radicchi, A. (2017). *Hush city: Una nueva aplicación móvil para crowdsourcing y evaluación de áreas tranquilas cotidianas en las ciudades*, Proceedings of Invisible Places: the International Conference on Sound, Urbanism and the Sense of Place (Azores), 7-9. Recuperado de: <http://www.antonellaradicchi.it/portfolio/hush-city-app/>
- Ramírez-Rubio, O., Daher, C., Fanjul, G. et al. (2019) *Urban health: an example of a "health in all policies" approach in the context of SDGs implementation*. Global Health N° 15, p. 87. Recuperado de: <https://globalizationandhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12992-019-0529-z#citeas>
- Recuero-López M. (1999). *Ingeniería acústica*. Paraninfo. Madrid, España, 696 pp.
- Reethof, Gerhard (1973) *Effect of Plantings on Radiation of Highway Noise*, Journal of the Air Pollution Control Association, Vol. 23, Issue 3, pp. 185-189. Resumen Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00022470.1973.10469763>
- Robles, María del Carmen (2019) *Los espacios verdes como estrategia de mitigación de la contaminación sonora. Evaluación y análisis del Parque O'Higgins de la ciudad de Mendoza-Argentina*, Revista Internacional de Contaminación Ambiental, Universidad Autónoma de México, vol. 35, núm. 4, pp. 889-904, 2019. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/370/37066309009/html/>
- Robles, María del Carmen, Martínez, Claudia Fernanda, & Boschi, César. (2019). *Los espacios verdes como estrategia de mitigación de la contaminación sonora. Evaluación y análisis del Parque O'Higgins de la ciudad de Mendoza-Argentina*. Revista internacional de contaminación ambiental, 35(4), pp. 889-904. Epub 22 de diciembre de 2020. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.09>
- Rocha, C.A., Sousa, F.W., Zanella, M.E., Oliveira, A.G., Nascimento, R.F., Souza, O.V., Cajazeiras, I.M., Lima, J.L. and Cavalcante, R.M. (2017) *Environmental quality assessment in areas used for physical activity and recreation in a city affected by intense urban expansion (Fortaleza-CE, Brazil): Implications for public health policy*. Exposure and Health, 9(3), pp.169-182. Recuperado de: <https://ur.booksc.eu/book/64005559/4ec197>
- Rodríguez Aldana., A. M., Fernández Torres, S., Pérez Sariol, V., Mojena Sánchez, S., & Ortiz Núñez, L. M. (2019). *Estrategia de Intervención Comunitaria para potenciar conocimientos acerca de la contaminación acústica*. Campechuela. Multimед. Revista Médica. Granada, 17.
- Ruiz, A. G. (2015). *El ruido: morfología medioambiental desde una perspectiva penal y criminológica* (Doctoral dissertation, Universidad Complutense de Madrid), Madrid, España. Recuperado de: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/35309/1/T36776.pdf>
- Sassen, S. (1991). *La ciudad global*. Nueva York, NY; Londres; Tokio; Princeton, Nueva Jersey: Princeton University Press.
- Segués, Fernando (2007) *Conceptos básicos del ruido ambiental, Sistema de Información sobre Contaminación Acústica (SICA)*, Ministerio de Medio Ambiente-Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), Madrid, España. Recuperado de: <http://sicaweb.cedex.es/docs/documentacion/Conceptos-Basicos-del-ruido-ambiental.pdf>
- Segués Echarreta Fernando (2007) *El ruido en el transporte: Demanda social y respuesta Institucional*, Jornada de reflexión y debate, Madrid, España, 28 de noviembre de 2007.
- Silva, B., Santos, G., Eller, R., and Gjestland, T. (2017). *Annoyance survey by means of social media*. J. Acoust. Soc. Am. 141, pp. 1019-1026. Resumen Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28253643/>
- Simon F, Pfretzschner J, de la Colina C, Moreno A. (1998) *Ground influence on the definition of single rating index for noise barrier protection*. J Acoust Soc Am, N° 104, pp. 232-236. Recuperado de: <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.423273>
- Sommerhoff G. Nuevas (2001) *Técnicas para la Elaboración de Mapas de Ruido, el Análisis de la Respuesta Ciudadana, así como la Valoración Económica del Ruido* (Tesis. Valdivia, Chile: Universidad Politécnica de Madrid, España. Resumen disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=185669>
- Sordello, Romain; Ratel, Ophélie; Vanpeene, Sylvie (2020) *Evidence of the impact of noise pollution on biodiversity: a systematic map*; Environmental Evidence volume 9, Article number: 20, publicado el 11 September 2020. Recuperado de: <https://environmentalevidencejournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13750-020-00202-y#citeas>
- Serrano Pérez, Marta & Andrade, Rafael & Abad Toribio, Laura & Martín, Tomás. (2009). *Estudio de la tipología de las pantallas acústicas. Normativa y estado del arte*. Tecnología y desarrollo, ISSN 1696-8085, N° 7, 2009. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/40223878_Estudio_de_la_tipologia_de_las_pantallas_acusticas_Normativa_y_est



[ado del arte](#)

- Stryjenski, J. (1970). *L'acoustique appliquée à l'urbanisme*. Les éditions techniques, Genève.
- Sun, B., He, Z., Zhang, T. and Wang, R. (2016) *Urban spatial structure and commute duration: An empirical study of China*. International Journal of Sustainable Transportation, 10(7), pp.638-644. Resumen Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Urban-spatial-structure-and-commute-duration%3A-An-of-Sun-He/820cf5907cc85d15e5d20bd77fa28da8fc4fe58>
- Tennessee Research and Creative Exchange Forestry- TRACE (1998), *SP517 Evergreen Trees for Screens for Screens and Hedges in the Landscape, Trees, and Timber* UT, Extension Publications 7-1998, Agricultural Extension Service The University of Tennessee, Knoxville, USA. Recuperado de: https://trace.tennessee.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1050&context=utk_agexfores
- Tercco, M. (2006) *Una historia del zoning de Chicago"- "Las políticas de lugar": una mirada a la evolución de la normativa urbana*, Café de las Ciudades, Revista digital de conocimiento, reflexiones y miradas sobre la ciudad, Año5, Numero 50, diciembre 2006. Disponible en sitio web: http://www.cafedelasciudades.com.ar/planes_50.htm
- Tong Z, Baldauf R.W., Isakov V., Deshmukh P. y Zhang K.M. (2016). *Roadside vegetation barrier designs to mitigate near-road air pollution impacts*. Sci. Total, Environ. 541, pp. 920-927. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.09.067. Recuperado de: <https://scholar.harvard.edu/files/ztong/files/online.pdf>
- Unión Europea (2009-2013) *HOlistic and Sustainable Abatement of Noise by optimized combinations of Natural and Artificial means* Disponible en: <http://www.hosanna.bartvanderaa.com/index.php?id=1>
- Urena Aguirre (2013) *Análisis del comportamiento acústico de paneles multicapa con chapa perforada, como elemento de fachada, frente al ruido exterior*, Tesis de Master en Ingeniería de la Construcción, Universidad Euskal Herriko del País Vasco Unibertsitatea, Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior de Ingeniería, Alumna: Maritza Ureña Aguirre Director del Trabajo: Ramón Losada Curso 2012-2013. Disponible en sitio web: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/12371/1/T-SENECYT-000372.pdf>
- Van Renterghem, T; Botteldooren, D.; Verheyen, K (2012), *Road traffic noise shielding by vegetation belts of limited depth*, Journal Sound and Vibration, N° 331, pp. 2404-2425. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022460X12000260>
- Viro et al (2002). *Protocolo de Mediciones para Trazado de Mapas de Ruido Normalizados*, Laboratorio de Acústica y Electroacústica (LACEAC) Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina, 2002. Disponible en sitio web: <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/protoc-fiuba.pdf>
- Werner, H., (1995). *Tres instantáneas sobre el paisaje sonoro. Soundscapes - Eine klangökologische Spurensuche*, Basilea. Artículo on line publicado por la Escuela Universitaria de Música, Universidad de la Republica, Montevideo, Uruguay. Disponible en sitio web: <http://www.eumus.edu.uy/eme/ps/txt/werner.html>
- Willich, Stefan; Wegscheider Karl; Stallmann, Marina; Keil, Thomas (2006) *Noise burden and the risk of myocardial infarction*, European Heart Journal N° 27, pp. 276–282, doi:10.1093/eurheartj/ehi658. Resumen recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16308324/>
- World Health Organization (WHO), 2005. *United Nations road safety collaboration: a handbook of partner profiles*, ISBN 9241592796. Recuperado de: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43159>
- World Health Organization (1999), *Guidelines for community noise*. Disponible en sitio web: <http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>
- Yang Fan; Bao Zhiyi; Zhu Zhujun; Liu Jiani (2010) *The Investigation of Noise Attenuation by Plants and the Corresponding Noise-Reducing Spectrum*, Journal of Environmental Health, Vol. 72, No. 8 (April 2010), pp. 8-15, Journal article, Published By: National Environmental Health Association (NEHA). Recuperado de: <https://www.istor.org/stable/26328102>
- Zannin PHT, Diniz FB, Barbosa WA (2002). *Environmental noise pollution in the city of Curitiba*, Brazil. Appl Acoust N° 63, pp. 351–358. Resumen Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003682X01000524>
- Zannin PHT, Ferreira AMC, Szeremeta R. (2006) *Evaluation of noise pollution in urban parks*. Environ Monit Assess N° 118, pp.:423–433. Resumen disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16897555/>
- Zhang, Q., Zhao, L., & Cui, H. (2016). *Investigation of the noise reduction provided by vegetation belt in different design styles*. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Investigation-of-the-noise-reduction-provided-by-in-Zhang-Zhao/86cd1c69dcbdf26e70b54fdfe197ae9e3526c57>
- Zhou, X., Chen, X. and Zhang, T., (2016) *Impact of megacity jobs-housing spatial mismatch on commuting behaviors: A case study on central districts of Shanghai, China*. Sustainability, 8(2), p.122. Recuperado de: <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/2/122>
- Zuluaga Echeverry, Claudia Lucía (2009) *Un aporte a la gestión del ruido urbano en Colombia, caso de estudio: Municipio de Envigado*, Escuela de Geociencias y Medio Ambiente, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Colombia. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69909>



CAPITULO 6

- Accolti E. y Miyara F. (2010). *Tools for studying noise effects based on spectral and temporal content*. Memorias. XXXIX Congreso Internacional de Ingeniería de Control de Ruido. Lisboa, Portugal. 13 al 16 de junio, 2010. CD ROM.
- *DNA Barcelona Architects*. Recuperado de: <https://dna-barcelona.com/project/helico-tower-china/>
- Aiello, L. M., Schifanella, R., Quercia, D., and Aletta, F. (2016). *Chatty maps: constructing sound maps of urban areas from social media data*. R. Soc. Open Sci. 3:150690. doi: 10.1098/rsos.150690.
- Agenda Local 21- Red de Redes de Desarrollo Sostenible (2009). *El Libro Verde de Medio Ambiente Urbano*. Gobierno de España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Ambiente Rural y Marino. Tomo II, Año 2009. Recuperado de: <http://www.ecourbano.es/imag/libroverde2.pdf>
- Aguirre-Salado, Carlos & Valdez-Lazalde, J. Rene & Angeles, Gregorio & De Los Santos-Posadas, Hector M. & Aguirre Salado, Alejandro Ivan. (2011). *Mapeo del índice de área foliar y cobertura arbórea mediante fotografía hemisférica y datos SPOT 5 HRG: regresión y k-nn*. Agrociencia. 45, pp. 105-119. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/262470570_Mapeo_del_indice_de_area_foliar_y_cobertura_arborea_mediante_fotografia_hemisferica_y_datos_SPOT_5_HRG_regresion_y_k-nn/citation/download
- Alessandro, S.; Barbera, G. e Silvestrini, G. (1987). *Stato dell'arte delle ricerche concernenti l'interazione energetica tra vegetazione de ambiente costruito*. Palermo. CNR, IEREN 13.
- Altabella, Joan; Rueda, Salvador (2012) *El libro verde de sostenibilidad urbana y local en el ámbito del ruido urbano*, Cap. IX, Libro Verde de Sostenibilidad Urbana y Local en la Era de la Información, Convenio de colaboración entre el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, AL21 Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible, Madrid, España. Recuperado de: <http://www.comunidadism.es/herramientas/libro-verde-de-la-sostenibilidad-urbana-y-local-en-la-era-de-la-informacion>
- Alves, J.A., Silva, L.T. and Remoaldo, P.C.C. (2015) *The influence of low-frequency noise pollution on the quality of life and place in sustainable cities: A case study from Northern Portugal*. Sustainability, 7(10), pp.13920-13946.
- Anderson L., Mulligan B. & Goodman, L. (2006) *Effects of vegetation on human response to sound*. Journal of Arboriculture, 10, pp. 45–49.
- Arango Duque, Catalina; Molina Toro, Víctor Manuel (2010) *Construcción de una barrera acústica a escala para disminuir la contaminación sonora producida por el alto flujo vehicular*, Universidad de San Buenaventura, Ingeniería de Sonido, Bogotá D.C., Colombia. Recuperado de: <http://biblioteca.usbboq.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/59900.pdf>
- Arenas JP, Monsalve AM. (2001) *Modification of the diffracted sound field by some noise barrier edge design*. International Journal Acoustic & Vibration N°6: pp. 76–82.
- Arenas, Jorge. (2006). *Sound barriers and environmental impact studies*. 13th International Congress on Sound and Vibration 2006, ICSV 2006. 1. 42-57. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/288652280_Sound_barriers_and_environmental_impact_studies
- Arenas JP. (2007a) *Use of barriers*. In: CrockerMJ, editor. Handbook of noise and vibration control. New York: JohnWiley and Sons; pp. 714–24.
- Arenas JP. (2007b) *Sound attenuation provided by earth mounds used for reducing traffic noise from highways*. Proc. 2007 International Congress and exhibition on noise control engineering, pp. 28–31. Turkey: Istanbul; 2007b. August 2007.
- Arenas, Jorge. (2008). *Potential problems with environmental sound barriers when used in mitigating surface transportation noise*. The Science of the total environment. 405, pp. 173-179. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/23147672_Potential_problems_with_environmental_sound_barriers_when_used_in_mitigating_surface_transportation_noise
- Arenas J.P. (2008) *Potential problems with environmental sound barriers when used in mitigating surface transportation noise*. Science of The Total Environment, Volume 405, Issues, pp. 1–3, 1 November 2008, Pages 173-179. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969708006979>
- Arenas, Jorge & Asdrubali, Francesco. (2017). *Eco-Materials with Noise Reduction Properties*. 10.1007/978-3-319-48281-1_137-1. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/321649025_Eco-Materials_with_Noise_Reduction_Properties
- Asdrubali, Francesco & D'Alessandro, Francesco & Mencarelli, Nicholas & Horoshenkov, Kirill. (2014). *Sound absorption properties of tropical plants for indoor applications*. The 21st international congress on sound and vibration, Beijing, China, pp. 1-8. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/312368939_Sound_absorption_properties_of_tropical_plants_for_indoor_applications
- Attal, Emmanuel & l'Epine, Yorick & Dauchez, Nicolas & Dubus, Bertrand. (2021). *Experimental investigation of the effect of moisture on the acoustic properties of lightweight substrates used in green envelopes*. Applied Acoustics. 180. 108108.



- 10.1016/j.apacoust.2021.108108. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/351333340_Experimental_investigation_of_the_effect_of_moisture_on_the_acoustic_properties_of_lightweight_substrates_used_in_green_envelopes/citation/download
- Atiénzar Navarro, R. (2016). *Diseño y modelado de pantallas acústicas basadas en cristales de sonido 2D para ruido de ferrocarril* (Tesis de magister). Escuela Politécnica Superior de Gandía, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/handle/10251/74649>
 - Attenborough, Keith & Boulanger, Patrice & Qin, Qin & Linton, C. (2005). *Developments in modelling acoustical effects of surface roughness*. Forum Acusticum Budapest 2005: 4th European Congress on Acoustics. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/268015706_Developments_in_modelling_acoustical_effects_of_surface_roughness
 - Attenborough, K (1988) *Review of ground effects on outdoor sound propagation from continuous broadband sources*, Review of ground effects on outdoor sound propagation from continuous broadband sources, Applied Acoustics, Volume 24, Issue 4, 1988, pp.289-319. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0003682X88900862>
 - Attenborough, Keith. (2002). *Sound propagation close to the ground*. Annual Review of Fluid Mechanics, Vol. 34, pp. 51-82, January, 2002. Recuperado de: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.fluid.34.081701.143541>
 - Attenborough, K., Li, K.M., & Horoshenkov, K. (2007). *Predicting Outdoor Sound* (1st ed.). CRC Press. Recuperado de: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781482295023/predicting-outdoor-sound-keith-attenborough-kai-ming-li-kirill-horoshenkov>
 - Ayaz M. & Arshad M.N. (1998) *Traffic noise abatement through tree and shrub vegetation*. Pakistan Journal of Forestry, 48, pp. 1-11. Recuperado de: https://pfi.gov.pk/control_panel/pdf/001_Traffic_noise_abatement_through_tree_shrub_vol_48_issue_1-4_1998.pdf
 - Aylor D.E. (1971) *How plants and soil muffle noise*. Frontiers of Plant Science, pp. 6-7. Recuperado de: <https://portal.ct.gov/-/media/CAES/DOCUMENTS/Publications/Frontiers/FPS232pdf.pdf>
 - Aylor, D. (1972) *Noise reduction by vegetation and ground*; Journal of Acoustical Society of America, N° 51, pp. 197-205. Recuperado de: <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.1912830>
 - Aylor, D. (1972) *Sound transmission through vegetation in relation to leaf area density, leaf width, and breadth of canopy*. Journal of the Acoustical Society of America, Vol 51, 1972b, pp. 411-414. Recuperado de: <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.1912852>
 - Aylor D.E. (1977) *Some physical and psychological aspects of noise attenuation by vegetation*. Metropolitan physical environment, pp. 229-233. Recuperado de: https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr_ne25/gtr_ne25_229.pdf
 - Azkorra Larriñaga, Zalao (2015) *Estudio comparativo de eficiencia energética: fachada ventilada frente a fachada vegetal* (tesis doctoral en Ingeniería Térmica), Departamento de Máquinas y Motores Térmicos, Energética en la Edificación (ENEDI), Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea. Recuperado de: <https://addi.ehu.es/handle/10810/16030?show=full>
 - Azkorra, Z; Perez, G.; Coma J.; Cabeza, L.F.; Bures, S.; Alvaro J.E.; Erkoreka, A.; Urrestarazu, M. (2015) *Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings*, Applied Acoustics, Volume 89, pp. 46-56. Recuperado de: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0003682X14002333?token=090DA70E090521494856CC6786186B3B7668596E0FB0FBE7BE2AAA7AE27A9506161D4DD6AD5DC23977C301A4999A2DC6&originRegion=us-east-1&originCreation=20211107001633>
 - Babakhani, S., Gholipour Gashniani, M., Mahmoudi Otaghvari, A. (2020). *Plants Role in Noise Reduction of Interior Walls (Comparison of Noise Absorption in Native Species and Non-Native Species)*. Space Ontology International Journal, 9(3), pp. 75-83. Recuperado de: http://soij.qiau.ac.ir/article/678136_1134214.html
 - Baldauf R. (2017). *Roadside vegetation design characteristics that can improve local near-road air quality*. Transp. Res. D. 52 (11), pp. 354-361. DOI: 10.1016/j.trd.2017.03.013. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/315634025_Roadside_vegetation_design_characteristics_that_can_improve_local_near-road_air_quality
 - Baldauf R., Thoma E., Khlystov A., Isakov V., Bowker G., Long T. & Snow R. (2008) *Impacts of noise barriers on near-road air quality*. Atmospheric Environment, 42, pp. 7502-7507. Recuperado de: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.174.3359&rep=rep1&type=pdf>
 - Barcello-Coll, J., G. Rodrigo, B. Sabater y R. Sánchez, (1987) *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Ediciones Pirámides S.A. Madrid, España, p. 818. Recuperado de: <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>
 - Basseda Peradalta, Joan (2015) *Estudi de les pantalles acústiques vegetals de Gran Alçada* (Tesis Magister); Depart. Eng. Contrucció – Estructures; Escola de Camins; Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports; UPC Barcelona Tech. Recuperado de: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/80251/TESINA_BASSEDA.pdf
 - Bello, J. P., Silva, C., Nov, O., DuBois, R. L., Arora, A., Salamon, J., et al. (2019). *Sonyc: A system for monitoring, analyzing, and mitigating urban noise pollution*. Commun. ACM 62, pp. 68-77. Doi: 10.1145/3224204



- Beranek, Leo (1969) Newman Inc., Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos, Segunda Edición. Versión Castellana Ing. Adolfo Di Marco, Facultad de Ingeniería, UNLP. Recuperado de: https://monoskop.org/images/7/7d/Beranek_Leo_L_Acustica_Spanish.pdf
- Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. H. (1999). *Guidelines for community noise*. In *Guidelines for community noise*. World Health Organization (WHO). Recuperado de: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217>
- Berglund B.; Lindvall, T.; Schwla, D. (1995) *Guidelines for comunity noise*, Organización Mundial de la Salud, Ginebra 1995. Recuperado de b: <http://whqlibdoc.who.int/hq/1999/a68672.pdf>
- Berrien F.K. (1946) *The effect of noise*. Psychological Bulletin, 43, pp.141–161. Recuperado de: <https://psycnet.apa.org/record/1946-02213-001>
- Blanc, Patrick. (2018). Blanc P. (2015) *Vertical Gardens, the new Challenges* - in J. Briz et al. (Eds) *Green Cities in the world*, 2nd Edición, pp. 330 - 355. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/326111248_Blanc_P_-2015_-_Vertical_Gardens_the_new_Challenges_-_in_J_Briz_et_al_Eds_Green_Cities_in_the_world_2nd_Ed_330_-_355
- Blickley, Jessica & Patricelli, Gail. (2010). *Impacts of Anthropogenic Noise on Wildlife: Research Priorities for the Development of Standards and Mitigation*. Journal of International Wildlife Law and Policy. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/235991778_Impacts_of_Anthropogenic_Noise_on_Wildlife_Research_Priorities_for_the_Development_of_Standards_and_Mitigation
- Blog Urbanarbolismo (2019). *Fachadas vegetales*, Sustainability, 11, 4579 pp. 22 of 24. Recuperado de: <http://www.urbanarbolismo.es/blog/fachadas-vegetales-urbanarbolismo>
- Bradley, Stuart & Radionova, Anna & Ghimire, Chandra & Grundy, Laura & Laurenson, Seth & Snow, Val. (2020). *Irrigation Control through Acoustic Proximal Sensing of the Onset of Surface Water*. Remote Sensing. 12. 3800. 10.3390/rs12223800. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/346032996_Irrigation_Control_through_Acoustic_Proximal_Sensing_of_the_Onset_of_Surface_Water/citation/download
- Brambilla G., Gallo V., Asdrubali F. y D'Alessandro F. (2013). *The perceived quality of soundscape in three urban parks in Rome*. Journal Acoustic Society American 134, 832-839. DOI: 10.1121/1.4807811. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/236859690_The_perceived_quality_of_soundscape_in_three_urban_parks_in_Rome
- Bratičević, J., Ristanović, I., & Drinčić, D. (2016). *Apsorpciona Svojstva Različ itih Tipova Zemljišta I Moguć nost Primene u Tehnologiji Vertikalnih Vrtova [Absorption properties of different soil types and possibility of application in vertical garden technology]*. Paper presented at ETRAN 2016 - 60th, pp. 1-4, ISBN 978-86-7466-618-0, Conference, Zlatibor, Serbia.
- Brink, M.; Schreckenber, D.; Vienneau, D.; Cajochen, C.; Wunderli, J.M.; Probst-Hensch, N. et al. (2016) *Effects of scale, question location, order of response alternatives, and season on self-reported noise annoyance using IC BEN scales: a field experiment* Int. Journal Environmental Res. Public Health, 13 (2016). Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Effects-of-Scale%2C-Question-Location%2C-Order-of-and-A-Brink-Schreckenber/95c86f8762131cbe55d3d3bf62e3b83576748c8b>
- Brković Dodig, Marta & Radic, Mina & Auer, Thomas. (2019). *Green Facades and Living Walls—A Review Establishing the Classification of Construction Types and Mapping the Benefits*. Sustainability. 11. 10.3390/su11174579. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/335353152_Green_Facades_and_Living_Walls-A_Review_Establishing_the_Classification_of_Construction_Types_and_Mapping_the_Benefits
- Brueckner, J.K. (2000) *Urban sprawl: diagnosis and remedies*. International regional science review, 23(2), pp.160-171. Recuperado de: https://econpapers.repec.org/article/saeinrsre/v_3a23_3ay_3a2000_3ai_3a2_3ap_3a160-171.htm
- Bucur, V. (2006). *Noise Attenuation with Plant Material*. In: *Urban Forest Acoustics*, Chapter 4, pp. 43-110. Springer, Berlin, Heidelberg. Recuperado de: https://page-one.springer.com/pdf/preview/10.1007/3-540-30789-3_4
- Bullen, R.; Fricke, R. (1982) *Sound propagation through vegetation*, Journal of Sound and Vibration, Vol. 80, pp. 11-23. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0022460X8290387X>
- CABA-Ciudad Autónoma de Buenos Aires (2016) *Mapa Estratégico de Ruido de la Ciudad de Buenos Aires*, Secretaría de Ambiente, Agencia de Protección Ambiental, Control Ambiental. Recuperado de: <https://www.buenosaires.gob.ar/agenciaambiental/control-ambiental/fiscalizacion-ambiental/mapa-estrategico-de-ruido>
- Cabrera, Grisel. (2012). La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. Pastos y Forrajes, 35(4), 346-363. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000400001&lng=es&tlng=es
- Cálad, Luis Fernando (2014) *Capítulo 3: fenómenos sonoros*, Blog acústica y control del ruido, publicado el 4 de noviembre del 2014. Recuperado de: <http://acusticaycontroldelruido.blogspot.com/2014/11/capitulo-3-fenomenos-sonoros.html>
- Cálad Posada, Andrés; Adolfo; Duque (2014) *Modelo acústico arquitectónico para instituciones educativas públicas de la ciudad de Medellín*, (Proyecto de grado), Facultad de Ingenierías, Ingeniería en sonido, Universidad de San Buenaventura, Medellín, Colombia. Recuperado de: <http://www.bibliotecadigital.usb.edu.co/handle/10819/2710>



- Chiquet, Caroline (2014) *The animal biodiversity of green walls in the urban environment* (Thesis doctoral), Recuperado de: <http://eprints.staffs.ac.uk/2381/>
- Coma, Julià; Perez, Gabriel; Barreneche, Camila; de Gracia, Alvaro; Urrestarazu, Miguel; Burés, Silvia; Cabeza, Luisa F. (2016). *Acoustic insulation capacity of Vertical Greenery Systems for buildings*. Applied Acoustics. 110. 218-226. 10.1016/j.apacoust.2016.03.040. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/338479061_Acoustic_insulation_capacity_of_Vertical_Greenery_Systems_for_buildings
- CONAMA (Congreso Nacional de Medio Ambiente) (2014) *Documento Final "Gestión y mejora de la calidad acústica del ambiente urbano, Punto 5 "Conclusiones – Sobre ruido y salud"*, Grupo de Trabajo G-10, Colegio Oficial de Físicos, - pág. 79 al 27 noviembre del 2014. Recuperado de: http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama2014/GTs%202014/10_final.pdf
- Cook, David I. and Van Haverbeke, David F. (1971) *Trees and shrubs for noise abatement* (Research Bulletin No. 246). Recuperado de: <https://digitalcommons.unl.edu/extensionhist/1629/>
- Cook, D.; Van Haverbeke D.F. (1977) *Suburban noise control with plant materials and solid barriers*, University of Nebraska, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station, Lincoln, NE (1977). Recuperado de: <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/11553>
- Costa P, James RW. (1995) *Constructive use of vegetation in office buildings. In Proceedings the plants for people symposium 1995 Nov*, Vol. 23, pp. 1-23. Recuperado de: <https://www.napier.ac.uk/~media/worktribe/output-671178/indoor-living-plants-effects-on-an-office-environment.pdf>
- Davis, Michael Maks & Pérez, M & Tenpierik, Martin & Ramírez Cevallos, Francisco. (2016) *More than just a green façade: vertical gardens for sound absorption and architectural acoustics*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/305495180_MORE_THAN_JUST_A_GREEN_FACADE_VERTICAL_GARDENS_FOR_SOUND_ABSORPTION_AND_ARCHITECTURAL_ACOUSTICS
- De la Fuente Val, Gonzalo (2021) *Techos y toldos verdes: Construyendo la infraestructura verde de Valladolid*, Blog Comunidad ISM, publicado el 3 de junio del 2021. Recuperado de: <http://www.comunidadism.es/blogs/techos-y-toldos-verdes-construyendo-la-infraestructura-verde-de-valladolid>
- Den Boer L. & Schrotten A. (2007) *Traffic Noise Reduction in Europe*. CE Delft. Recuperado de: http://www.transportenvironment.org/sites/te/files/media/200802_traffic_noise_ce_delft_report.pdf
- Den Boer L. & Schrotten A. (2007) *Traffic Noise Reduction in Europe*. CE Delft. Recuperado de: http://www.transportenvironment.org/sites/te/files/media/200802_traffic_noise_ce_delft_report.pdf
- Diario El Día (2013), *La de 13 y 32 es la esquina más ruidosa de la Ciudad*, Nota periodística al Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, La Plata, 18 de agosto 2013. Recuperado de: <http://www.eldia.com.ar/edis/20130818/La-es-esquina-mas-ruidosa-Ciudad-tapa4.htm>
- Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (2015), *Sobre evaluación y gestión del ruido ambiental*. Última versión 1º Julio 2015. Recuperado de: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2015:168:FULL&from=EN>
- Diputació de Girona (2013) *Guía de pirojardinería: Guía práctica de jardinería adaptada a la prevención de incendios forestales*; Proyecto INTERREG-POCTEFA-COOPEREM-Bomberos de Cataluña y los Pirineos Orientales en el marco transfronterizo, Cofinanciado por Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), Diputació de Girona, España. Recuperado de: http://www.ddgi.cat/ddgi/docNivell/medi_ambient/preveccio_incendis/es_Guia_de_pirojardineria.pdf
- Dunnett, N; Kingsbury, N. (2004) *Planting Green Roofs and Living Walls*, (1st ed.), revised. Timber Press, 2008, University of California, USA, p. 336 Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/250107612_Planting_Green_Roofs_and_Living_Walls
- Dzhambov A.M. y Dimitrova D. (2015). *Green spaces and environmental noise perception*. Urban Forest. Urban Green. 14 (4), pp. 1000-1008. DOI: 10.1016/j.ufug.2015.09.006. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/281775221_Green_spaces_and_environmental_noise_perception
- Echevarria, Gemma & Renterghem, Timothy & Botteldooren, Dick. (2015). *The effect of street canyon design on traffic noise exposure along roads*. Building and Environment. 97. 10.1016/j.buildenv.2015.11.033. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/285673582_The_effect_of_street_canyon_design_on_traffic_noise_exposure_along_roads/citation/download
- Ecoplak Innova-Zicla (2016) *Barreras acústicas: principios básicos*, Recuperado de: <https://docplayer.es/21513738-Barreras-acusticas-principios-basicos.html> Ekren, Erdi. (2017). *Advantages and risks of vertical gardens*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/323174917_ADVANTAGES_AND_RISKS_OF_VERTICAL_GARDENS/citation/download
- Embleton, T.F.W., 1963. *Sound propagation in homogeneous deciduous and evergreen woods*. Journal Acoustic Society, 35, pp. 1119–1125. Recuperado de: <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.1918662>
- *Empresa Generación Verde*, Mexico. Recuperado de: <https://generacionverde.com/>



- Erdi, Ekren (2017) *Advantages and risk of vertical gardens*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/323174917_ADVANTAGES_AND_RISKS_OF_VERTICAL_GARDENS
- Erdoğan R, Atik M, Mansuroğlu S, Oktay E (2009). *Planting Design Principles for Building Facades in Antalya Kaleiçi Old Town with Regard to Landscape Integrity*. International Ecological Architecture and Planning Symposium, 22-25 octubre, ISBN: 978-9944-89-805-5, pp. 437-441, Antalya, Turquía.
- Erdogan E, Yazgan ME. (2009). *Landscaping in reducing traffic noise problem in cities: Ankara case*. Afr. J. Agric. Res. 4, pp.1015-1022. Recuperado de: https://academicjournals.org/article/article1380883427_Erdogan%20and%20Yazgan.pdf
- European Environment Agency (2014). *Noise in Europe 2014*. Number 10/2014. Publications Office of the European Union, Luxembourg. Recuperado de: <https://www.eea.europa.eu/publications/noise-in-europe-2014>
- European Comission (2015) *Green walls show promise as sound barriers for buildings, Science for Environmental Policy, SILENTVEG: Barreras vegetales autónomas y sostenibles para la mitigación acústica y compensación del CO2 en vías de transporte, con seguimiento telemático*, Universidad de Almería y Buresinnova S.A, Andalucía, España. Recuperado de: https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/Green_walls_show_promise_as_sound_barriers_for_buildings_403na3_en.pdf
- Eyring, C.F. (1946) *Jungle acoustics*. Journal of the Acoustical Society of America, Vol 18, pp. 257-270. Recuperado de: <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.1916362>
- Fan, Y., Zhiyi, B., Zhujun, Z., & Jiani, L. (2010). *The Investigation of Noise Attenuation by Plants and the Corresponding Noise Reducing Spectrum*. Journal of Environmental Health, 72(8), pp. 8-15. Retrieved May 1, 2021. Recuperado de: <https://www.ijstor.org/stable/26328102?refid=excelsior%3A40afec3f8ba60fa5d7765aea16ee6863&seq=1>
- Fang, C; Ling D. (2003) *Investigation of the noise reduction provided by tree belts*. Landscape and Urban Planning, Vol 63, pp. 187–195. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Investigation-of-the-noise-reduction-provided-by-Fang-Ling/ea690db424d4d2fbc5a756143357d7154010e980>
- Fang, C.F.; Ling, D.L. (2005) *Orientación para la reducción de ruido proporcionada por cinturones de árboles, Paisaje y planificación urbana*, 71, pp. 29 – 34. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204604000064>
- Fare D.C. & Clatterbuck W.K. (1998) *Evergreen Trees for Screens and Hedges in the Landscape*. Tennessee Urban Forestry Council, 4p.
- Federal Highway Administration (2020) *Federal Lands Highway maintains manuals relevant to all divisions or to a specific division*. Recuperado de: <https://highways.dot.gov/federal-lands/tech-resources/manuals>
- Ferrarotto, María, & Jáuregui, Damelis. (2008). *Relación entre aspectos anatómicos del peciolo de Crotalaria juncea L. (Fabaceae) y el movimiento nástico foliar*. Polibotánica, (26), pp. 127-135. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682008000200006&lng=es&tlng=es.
- Flores Pereita, Pedro (1990) *Manual de ruidos y vibraciones. Fundamentos básicos y sistemas de control*. Ediciones Gyc; Barcelona, España; ISBN: 978-84-87579-00-4. Recuperado de: https://www.didegipuzkoa.com/sites/default/files/documentos/manual_de_acustica_ruido_y_vibraciones.pdf
- Forman, R.T., and Wu, J. (2016) *Where to put the next billion people*. Nature, 537(7622), pp.608-611.
- Fuentes, Marcos; García, Eduardo; Cepeda, Jesús; Búrdalo, Gabriel; de Barrios, Mercedes (2008) *Introducción a propuesta de zonificación acústica de la ciudad de León (España)*, Congreso Acústica 2008, 20-22 de octubre del 2008, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal. Recuperado de: <https://docplayer.es/amp/10750172-Introduccion-a-propuesta-de-zonificacion-acustica-de-la-ciudad-de-leon-espana.html>
- García Boscá, D. (2010). *Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'Olleria* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València), Valencia, España. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/11006/PFC.pdf>
- Gasco, L., Asensio, C., and De Arcas, G. (2017). *Towards the assessment of community response to noise through social media*, in INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings, Vol. 255 (Hong Kong: Institute of Noise Control Engineering), pp. 2209–2217. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/319355458_Towards_the_assessment_of_community_response_to_noise_through_social_media
- Gasco, L., Clavel, C., Asensio, C., and de Arcas, G. (2019). *Beyond sound level monitoring: Exploitation of social media to gather citizen's subjective response to noise*. Sci. Total, Environ. 658, pp. 69–79. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.071. Recuperado de: <https://ur.booksc.eu/book/73959442/a86875>
- Gasco Sanchez, Luis & Schifanella, Rossano & Aiello, Luca & Quercia, Daniele & Asensio, César & Arcas, G. (2020). *Social Media and Open Data to Quantify the Effects of Noise on Health*. Frontiers in Sustainable Cities. 2. 10.3389/frsc.2020.00041. Recuperado de: <https://internal-journal.frontiersin.org/articles/10.3389/frsc.2020.00041/full#B54>
- Givoni, B. (1989). *Urban design in different climates*. Report WMO/TD-No. 346, World Meteorological Organization, Geneva. Recuperado de: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9526



- Gorbachevskaya O. & Schreiter H. (2013) *Development of noise protection wall with integrated moss mats for particulate matter retention*. World Green Infrastructure Congress Nantes 2013.
- Gorthi, Srikanth & Chakraborty, Somsubhra & Li, Bin. (2020). *A field-portable acoustic sensing device to measure soil moisture*. Computers and Electronics in Agriculture. 174. 105517. 10.1016/j.compag.2020.105517. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/341762708_A_field-portable_acoustic_sensing_device_to_measure_soil_moisture/citation/download
- Grey, G.W.; Deneke, F.J. (1978) *Urban Forestry*, John Wiley and Sons, Nueva York.
- *GroWall-Jardines verticales para fachadas*. Recuperado de: <https://atlantisaurorambiental.cl/productos/jardines-verticales/gro-wall-facade/>
- Guidelines for community noise (1999), World Health Organization. Recuperado de: <http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html> >
- Haggag, M.A. (2010) *The Use of Green Walls in Sustainable Urban Context: With Reference to Dubai, UAE*. WIT Trans. Ecol. Environ. 128, pp. 261–270. Recuperado de: <https://www.witpress.com/eliibrary/wit-transactions-on-ecology-and-the-environment/128/20787>
- Hagler G. S. W., Lin M. Y., Khlystov A., Baldauf R. W., Isakov V. y Faircloth J. (2012). *Field investigation of roadside vegetative and structural barrier impact on near-road ultrafine particle concentrations under a variety of wind conditions*. Sci. Total, Environ. 419, pp. 7-15. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.12.002
- Halim H., Abdullah R., Ali A.A.A.; Nor M.J.M. (2015). *Effectiveness of existing noise barriers: comparison between vegetation, concrete hollow block, and panel concrete*. Procedia Environ. Sci. 30, pp. 217-221. DOI: 10.1016/j.proenv.2015.10.039. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/81996832.pdf> <https://core.ac.uk/download/pdf/81996832.pdf>
- Hajek. J. J., Blaney C. T., (1984). *Evaluation of T-profile noise barriers*. Transport. Res. Record., 983: pp. 8-17.
- Hansen, Lillian; Arnesen, Petter, Graupner, Sven-Thomas, Lindkvist, Hannes; Chalmers, Jacques Leonardi, Al Fahel, Rodrigo; Andersson, Kristina (2020) *Current state of the art and use case description on geofencing for traffic management*, SINTEF, Technische Universität Dresden; Chalmers University of Technology; University of Westminster; CLOSE bajo el patrocinio de UK Research and Innovation; The Research Council of Norway; Ewedish Energy Agency; Federal Ministry of Education and Research. Proyecto financiado por la Comisión Europea bajo el HORIZON 2020 ERA-NET (2014-2020), Urban Europe, ISBN: 978-82-14-07729-2. Recuperado de: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2826636/GeoSense.+Current+state+of+the+art+and+use+case+description+on+geofencing+for+traffic+management.pdf?sequence=1>
- Harris, Cyril M. (1995) *Manual de medidas acústicas y control del ruido*, Ediciones McGraw-Hill, 3a edición, traducido al español, Madrid, España, ISBN: 84-481-0306-8. Recuperado de: <https://pdfcoffee.com/manual-medidas-manual-medidas-acusticas-y-control-del-ruidoacusticas-y-control-del-ruido-m-harris-3-ed-4-pdf-free.html>
- He, Q., He, W., Song, Y., Wu, J., Yin, C. and Mou, Y., (2018). *The impact of urban growth patterns on urban vitality in newly built-up areas based on an association rules analysis using geographical 'big data'*. Land Use Policy, 78, pp.726-738. Recuperado de: <https://ideas.repec.org/a/eee/lauspo/v78y2018icp726-738.html>
- Heimann, D. (2003). *Influence of meteorological parameters on outdoor noise propagation*. Euronoise 2003, S. paper ID: 113-IP-Euronoise 2003 (Napoli, Italy), May 19-21, 2003. Recuperado de: <http://www.pa.op.dlr.de/acoustics/113.pdf>
- Hernández Aja, A. (2009). *Calidad de vida y medio ambiente urbano: indicadores locales de sostenibilidad y calidad de vida urbana*, Revista INVI [online]. 2009, vol.24, n.65, pp. 79-111. Recuperado de: <http://www.scielo.cl/pdf/invi/v24n65/art03.pdf>
- Herrington, L.P. and Brock, C. (1977). *Propagation of noise over and through a forest stand*. Proceedings of the Conference on Metropolitan Physical Environment. (1977) G. Heisler and L.P. Herrington (Eds.). Gen. Tech. Rep. NE-25. Upper Darby, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, pp. 226-228. Recuperado de: http://nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr_ne25/gtr_ne25_226.pdf
- Herrington, L.P (1978) *Propagation of noise in the out-of-doors-Effects of vegetation*, USDA Forest Service General Technical Report RM (USA), pp. 155-159. Recuperado de: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US7770374>
- Hien, P.D., Men, N.T., Tan, P.M., and Hangartner, M., (2020). *Impact of urban expansion on the air pollution landscape: A case study of Hanoi, Vietnam*. Science of The Total Environment, 702, p.134635. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/336994075_Impact_of_urban_expansion_on_the_air_pollution_landscape_A_case_study_of_Hanoi_Vietnam
- Hickling R. (1998) *Surface transportation noise*. In: Crocker MJ, editor. Handbook of acoustics. New York: John Wiley and Sons; pp. 897–906.
- Higuera, E. (2009), *La ciudad como ecosistema urbano*, Resumen del Capítulo 2 extraído del libro de su autoría publicado por la autoría "El reto de la ciudad habitable y sostenible", Editorial DAPP, Madrid, España, 2009. Recuperado de: <http://oa.upm.es/16625/1/Ecosistema.pdf>
- Hojman, Miriam; Rimbaud, Tatiana (?) *La fachada y el ornamento. Análisis histórico de las artes aplicadas en los frentes de la arquitectura patrimonial de Montevideo*, Instituto de Historia de la Arquitectura. Facultad de Arquitectura, Diseño y



- Urbanismo, Universidad de la República, Uruguay. Recuperado de: https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/11593/2_68%20La%20fachada%20y%20el%20ornamento.pdf?sequence=14&isAllowed=y
- Honorable Cámara de Senadores de la Provincia de Buenos Aires (2014/2015) Expediente E-274/14-15 *Proyecto de Ley Estableciendo la prevención, vigilancia, y corrección de la contaminación sonora en la jurisdicción de la provincia de Buenos Aires*. Recuperado de: <http://www.senado.gob.ar/parlamentario/parlamentaria/360219/downloadPdf>
 - Hornikx, Maarten (2016) *Ten questions concerning computational urban acoustics*, Building and Environment, Volume 106, September 2016, pp. 409-421. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132316302359>
 - Horoshenkov, Kirill & Mohamed, Mostafa. (2006). *Experimental investigation of the effects of water saturation on the acoustic admittance of sandy soils*. The Journal of the Acoustical Society of America. 12, pp. 1910-1921. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/236118281_Experimental_investigation_of_the_effects_of_water_saturation_on_the_acoustic_admittance_of_sandy_soils
 - Horoshenkov, Kirill & Khan, A. & Benkreira, Hadj & Mandon, A. & Rohr, Rene. (2011). *The effect of moisture and soil type on the acoustical properties of green noise control elements*. Proceedings of Forum Acusticum. 845-849. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/289195963_The_effect_of_moisture_and_soil_type_on_the_acoustical_properties_of_green_noise_control_elements/citation/download
 - Horoshenkov, K.V.; Khan, A.; Benkreira, H. (2013) *Acoustic properties of low growing plants* J Acoust Soc Am, 133 (2013), pp. 2554-2565. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/236662584_Acoustic_properties_of_low_growing_plants
 - Horoshenkov, V.; Hothersall, C.; Mercy, E. (1999) *Scale modelling of sound propagation in a city street canyon*. Journal of sound and vibration, v. 223, pp. 795–819. Recuperado de: http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/69867/local_69867.pdf
 - Horoshenkov, Kirill & Khan, A. & Benkreira, Hadj. (2013). *Sound absorption by living plants*. 3, pp. 2247-2254. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/290286515_Sound_absorption_by_living_plants
 - Hothersall, D. C., Crombie, D. H., Chandler-wilde, S. N., (1991). *The performance of T-shape profile and associated noise barrier*. Appl. Acoust., 32, pp.269-281.
 - Huaquín Mora, M. (2017). *Difusión acústica en espacios urbanos consolidados*. (Tesis de Magister) Magister en Urbanismo, Escuela de Posgrado, Departamento de Urbanismo, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile. Recuperado de: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/143217/difusion-acustica-en-espacios-urbanos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 - Huddart, L (1990) *The use of vegetation for traffic noise screening*, Transport Research Laboratory Report RR238, Transport Research Laboratory, (1990).
 - Huisman K.; Attenborough WHT (1991) *Reverberation and attenuation in a pine forest*; Journal of Acoustical Society of America, 90 (5) (1991), pp. 2664–2677.
 - Ilyina, Tatiana & Zeebe, Richard & Brewer, Peter. (2009). *Future ocean increasingly transparent to low-frequency sound owing to carbon dioxide emissions*. Nature Geoscience. 3, pp. 18-22. 10.1038/ngeo719. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/232795669_Future_ocean_increasingly_transparent_to_low-frequency_sound_owing_to_carbon_dioxide_emissions
 - Indoria RP. (2009) *Towards reducing noise pollution on the highway*. Indian Highways 2-3. Recuperado de: <http://irc.org.in/ENU/knowledge/Editorial/June%202009.pdf> [2 Mei 2013].
 - Instituto de Salud Carlos III, del CSIC y de la Comunidad de Madrid (2014) *Un estudio liderado por investigadores españoles relaciona el ruido del tráfico con el aumento de mortalidad por enfermedades respiratorias*, Noticia publicada on line por el Instituto de Salud Carlos III de Madrid, España, el 24 de enero del 2014. Recuperado de: <http://www.isciii.es/ISCIII/es/contenidos/fd-el-instituto/fd-comunicacion/fd-noticias/14-enero-2014-Ruido.shtml>
 - Isbert AC (1998), *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*, p. 116, 1ra ed. UPC.
 - Ishii, M., (1994) *Measurement of road traffic noise reduced by the employment of low physical barriers and potted vegetation*. Inter-noise 29–31, pp. 595–597. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/259459894_The_effects_of_vegetation_on_reducing_traffic_noise_from_a_city_ri ng_road
 - Ishizuka T, Fujiwara K. (2004) *Performance of noise barriers with various edge shapes and acoustical conditions*. Appl Acoust, N°6, pp. 125–41. Resumen Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003682X03001221>
 - Ismail, M.R. (2000). *The Propagation of Noise through the Urban Fabric* vol. 2 (1). In: Proceeding of the Institute of Acoustics [IOA], 17–18 April 2000, vol. 22, pp. 171–180. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/259169693_Quiet_environment_Acoustics_of_vertical_green_wall_systems_of_the_Islamic_urban_form/fulltext/02a59de50cf276f46e58240e/Quiet-environment-Acoustics-of-vertical-green-wall-systems-of-the-Islamic-urban-form.pdf



- Ismail, M.R. (2010) *The Effect of Building Density and Size on the Propagation of Sound Through the Urban Fabric*; JAUES, Cairo, Egypt (2010).
- Ismail, M. (2013) *Quiet environment: Acoustics of vertical green wall systems of the Islamic urban form*, *Frontiers of Architectural Research* 2013, Vol.2, pp. 162-177. Recuperado de: https://www.scipedia.com/public/Refat-Ismail_2013b
- Janczur, R., Walerian, E., & Czechowicz, M. (2011). *Façade Shaping as Local Means Protecting Against Traffic Noise*. *Acta Acustica United With Acustica*, 97, pp. 769-778. Recuperado de: <https://www.ingentaconnect.com/content/dav/aaua/2011/00000097/00000005/art00007.jsessionid=2pv68kl871hop.x-ic-live-01>
- Johnston Jacklyn; Newton John (2004). *Building Green: A guide to using plants on roofs, walls and pavements*, Greater London Authority City Hall The Queen's Walk London SE1 2AA London, UK. ISBN 1 85261 637 7 Recuperado de: <https://brightonandhovebuildinggreen.files.wordpress.com/2017/07/johnstone-and-newton-building-green.pdf>
- Jung, J., Kim, S. K., Kim, J. Y., Jeong, M. J., & Ryu, C. M. (2018). *Beyond chemical triggers: evidence for sound-evoked physiological reactions in plants*. *Frontiers in plant science*, 9, 25. Recuperado de: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.00025/full>
- Kang, Jian. (2002). *Numerical modelling of the sound fields in urban streets with diffusely reflecting boundaries*. *Journal of Sound and Vibration*. 258, pp. 793–813. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/256799738_Numerical_modelling_of_the_sound_fields_in_urban_streets_with_diffusely_reflecting_boundaries
- Kang, J, Huang, H, Sorrill, J., (2009). *Experimental Study of the Sound Insulation of Extensive Green Roofs*. In: *Proceedings of the 38th International Congress on Noise Control Engineering (Internoise)*, Ottawa, Canada.
- Kang and Zhang; J. Kang, M. Zhang (2010); *Semantic differential analysis of the soundscape in urban open public spaces*; *Building and Environment*, 45 (2010), pp. 150–157. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132309001309>
- Kennard, Nicole & Stirling, Ross & Prashar, Ankush & Lopez-Capel, Elisa. (2020). *Evaluation of Recycled Materials as Hydroponic Growing Media*. *Agronomy*. 10. 1092. 10.3390/agronomy10081092. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/343273028_Evaluation_of_Recycled_Materials_as_Hydroponic_Growing_Media/citation/download
- Khan, A.; K. Horoshenko, V.; Benkreira, H.; Mandon, A.; Rohr, R. (2011) *The effect of moisture and soil type on the acoustical properties of green noise control elements*, CD-ROM Proc. Forum Acusticum, Aalborg, Denmark, June 2011.
- Kinsler L.E., Frey A. R., Coppens A. B., and Sanders J.V. (1982) *Fundamentals of acoustics*, 3rd Edn. Ed. Wiley, Nueva York.
- Kogan, P., & Arenas, J. P. (2003). *Medición de la Atenuación Producida por una Barrera Acústica Mediante un Modelo a Escala*, Conference Paper, Seminario Panamericano Vial Ambiental (SEPAVIAM). Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/329304809_Medicion_de_la_Atenuacion_Producida_por_una_Barrera_Acustica_para_Ruido_Vehicular_Mediante_un_Modelo_a_Escala
- Köhler, Manfred. (2008). *Green facades—A view back and some visions*. *Urban Ecosystems*. 11. Pp. 423-436. 10.1007/s11252-008-0063-x. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/225748446_Green_facades-A_view_back_and_some_visions/citation/download
- Kotzen B, English C. (1999) *Environmental noise barriers—A guide to their acoustic and visual design*. E&FN Spon, London; p. 165.
- Kotzen B. (2004) *Plants and environmental noise barriers*. *Proceedings of the International Conference on Urban Horticulture*, pp. 265–275. Recuperado de: https://www.academia.edu/2741154/Plants_and_environmental_noise_barriers
- Kragh, J. (1981) *Road traffic noise attenuation by belts of trees*, *Journal of Sound and Vibration*, Volume 74, Issue 2, 22 January 1981, pp. 235-241. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0022460X8190506X>
- Kragh, J. (1979). *Pilot study on railway noise attenuation by belts of trees*. *Journal of Sound and Vibration*, 66(3), pp. 407-415. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0022460X79908599>
- Krimm, J. (2018). *Acoustically effective façades*. *A+ BE| Architecture and the Built Environment*, (16), 1-212. Recuperado de: <https://journals.open.tudelft.nl/abe/article/view/2447>
- Kunc, Hansjoerg & Schmidt, Rouven. (2019) *The effects of anthropogenic noise on animals: a meta-analysis*. *Biology Letters*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/337401780_The_effects_of_anthropogenic_noise_on_animals_a_meta-analysis
- Kurze UJ, Anderson GS. (1971) *Sound attenuation by barriers*. *Applied Acoustic* N°4, pp. 35–53. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0003682X71900247>
- Lagonigro, R., Martori, J.C., and Apparicio, P., (2018). *Environmental noise inequity in the city of Barcelona*. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, N° 63, pp.309-319. Resumen recuperado



de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920918301597>

- Ley 11.723 (1995) *Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales de la Provincia de Buenos Aires*, OPDS, Recuperado de: <http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/Ley%20%2011723.pdf>
- Li KM, Wong HY. (2005b) *The acoustic performance of a cranked barrier: an approximate integral formulation*. Act Acoust United Ac N° 9, pp. 680–688. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/233523738_The_Acoustic_Performance_of_a_Cranked_Barrier_An_Approximate_Integral_Formulation
- Li, Mengmeng; Kang, Jian (2020); *Influence of Leaf Physical Properties on Single-Leaf Vibrational Response to Sound*; Forests, Vol. 11 (1), p. 115 Recuperado de: <https://www.mdpi.com/1999-4907/11/1/115/htm>
- Lindsay Hannah (2006) *Ground, Terrain and Structure Effects on Sound Propagation*, El cuarto de una serie de artículos tomados de un documento titulado "Factors Affecting Outdoor Sound Propagation", presentado en parte como cumplimiento de un curso en la Massey University of New Zealand, Nueva Zelanda. Recuperado de: https://www.acoustics.org.nz/sites/www.acoustics.org.nz/files/journal/pdfs/Hannah_L_NZA2007_c.pdf
- Lipp, D. (2014). *El cañón urbano su incidencia en la contaminación del aire*. In de Congreso Internacional de Geografía, San Juan (pp. 123-128). Recuperado de: http://www.qaea.org.ar/Actas2014_Lipp.pdf
- Lobos Vega, Víctor Hugo (2008) *Evaluación del ruido ambiental en la ciudad de Puerto Montt* (Tesis de grado), Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil Acústica, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Recuperado de: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfci1779e/sources/bmfci1779e.pdf>
- Loh, S (2008). *Living Walls—A Way to Green the Built Environment*. In *Environment Design Guide*; Australian Institute of Architects: Brisbane, Australia, pp. 1–7. Resumen recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Living-walls-a-way-to-green-the-built-environment-Loh/b083aefc5b87a9f45eaa935a91a7f27502b63acc>
- López Jiménez, José Noel Raúl; Moreno y Fuentes, Julio Tomas (2013) *Control de ruido con barreras acústicas* (Tesis colectiva); Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME), Unidad Profesional Zacatenco, Instituto Politécnico Superior (IPS), ciudad de México, México. Recuperado de: <https://1library.co/document/lzqr54nq-control-de-ruido-con-barreras-acusticas.html>
- López Jiménez, Naftali (2018) *Propuesta para el control de ruido ambiental en función de frecuencias de emisión mediante barreras vegetales* (Tesis, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/15531>
- Lorente-Riverola, I., and Ruiz-Sánchez, J. (2018). *Spatial footprints of context-aware digital services. Eventual self-regulated alignments of dating apps with the urban shape*, Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions, eds A. Bisello, D. Vettorato, P. Laconte, and S. Costa (Cham: Springer International Publishing), pp. 133–150. Doi: 10.1007/978-3-319-75774-2_10. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/324767619_Spatial_Footprints_of_Context-Aware_Digital_Services_Eventual_Self-regulated_Alignments_of_Dating_Apps_with_the_Urban_Shape
- Luengo-González, E. (2017). *Las vertientes de la complejidad. Diferencias y convergencias. Pensamiento sistémico, ciencias de la complejidad, pensamiento complejo, paradigma ecológico y enfoques holistas*. Recuperado de: http://biblioteca.clacso.edu.ar/Mexico/cip-iteso/20200713053001/pdf_1795.pdf
- Maekawa Z. (1968) *Noise reduction by screens*. Appl Acoust, N° 1, pp. 57–73.
- Magrini, A., & Lisot, A. (2015). *Noise reduction interventions in the urban environment as a form of control of indoor noise levels*. Energy Procedia, 78, pp. 1653-1658. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215019785>
- Martens, M.J. (1980) *Foliage as a low pass filter: Experiments with model forests in an anechoic chamber*, Journal Acoustic Society American Vol 67(1), publicado el 4 de junio de 1988, pp. 66-72. Recuperado de: <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.383790>
- Martens, M.; Michelsen, A. (1981) *Absorption of acoustic energy by plant-leaves*. Journal Acoustic Society American N° 69, pp. 303–306. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Absorption-of-acoustic-energy-by-plant-leaves-Martens-Michelsen/de5b02bdc392fc36d6d8c11429d5e29c6c9002f6#paper-header>
- Martens, M.J.M; Severens, P.P.J.; Van Wissen, H.A.W.M.; Van Der Heijden L.A.M.; (1985) *Acoustic reflection characteristics of deciduous plant leaves*. Environ. Exp. Bot. 25, pp. 285–292. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0098847285900139>
- May, D. N., Osman, M. M., (1980), *Highway noise barriers: New shapes*. J. Sound. Vib, N° 71, pp. 73-101. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0022460X80904101>
- Meister, F. J. and Ruhrberg, W. (1959). *The influence of green areas on the propagation of noise*. Larmbekampfung. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8432332.pdf>
- Mendes, S. & Cavalcante, Kellyn & Colino-Rabanal, Victor & Peris, Salvador. (2010). *Evaluación del impacto de la contaminación acústica en el rango de vocalización de Paseriformes basado en el SIL- "speech Interference Level"*. 41, pp. 33-41. Recuperado de:



<https://www.researchgate.net/publication/286335397> Evaluacion del impacto de la contaminacion acustica en el rango de vocalizacion de Paseriformes basado en el SIL- speech Interference Level

- Menge CW, Rossano CF, Anderson GS, Bajdek CJ. (1988) *FHWA Traffic Noise Model Technical Manual*, Report No FHWA-PD-96-010. Washington, DC: Federal Highway Administration.
- Merchan, C.I., Diaz-Balteiro, L., and Soliño, M. (2014). *Noise pollution in national parks: Soundscape and economic valuation. Landscape and Urban Planning*, 123, pp.1-9. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/259501002> Noise pollution in national parks Soundscape and economic valuation
- Miki, Y. (1990). *Acoustical properties of porous materials-Modifications of Delany-Bazley models*. Journal of the Acoustical Society of Japan (E), 11(1), pp.19-24. Recuperado de: https://www.istage.ist.go.jp/article/ast1980/11/1/11_1_19_article
- Mir M. A. (2011). *Green Facades and Building Structures*. MSc Thesis, Delft University of Technology, Delft, Holland, p. 119. Recuperado de: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Af262c218-8801-4425-818f-08726dde5a6c>
- Mishra, RC, Ghosh, R. and Bae, H. (2016). *Plant acoustics: in the search for a sound mechanism for sound signaling in plants*. Journal of Experimental Botany N° 67, pp. 4483–4494. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/303548265> Plant acoustics In the search of a sound mechanism for sound signaling in plants
- Miyara, Federico (2004) *Gestión del ruido en la ciudad, Acústica Urbana*. Exposición realizada el 20/07/04 por el autor en el Taller sobre "Gestión del Ruido en la Ciudad" dirigido a funcionarios tomadores de decisión (políticos y jefes de dependencias ambientales) en el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente MVOTMA) de la República Oriental del Uruguay, organizado por la Dirección de Medio Ambiente (DINAMA) y la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (UdelaR) (Uruguay) como cierre de la primera etapa del convenio MVOTMA – UdelaR. Recuperado de: <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/gestion.pdf>
- Miyara F. (2005). *Modelización del ruido del tránsito automotor*: curso dictado en la Universidad Austral de Chile, en Valdivia. Modelos físicos determinísticos y estadísticos. Laboratorio de Acústica y Electroacústica, Escuela de Ingeniería Electrónica, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario. Argentina. Recuperado de: <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~acustica/biblio/MRT/MRT.htm>
- Monazzam, M.R. (2006) *Sound field diffusivity at the top surface of Schoeder diffuser barriers*, Iranian Journal Environmental Health Science Engineering, 2006, Vol. 3, No. 4, pp. 229-238. Recuperado de: <http://www.bioline.org.br/pdf?se06032>
- Montalvão Guedes, Italo Cesar; Rolla Bertoli, Stelamaris (2015) *Mapa acústico como ferramenta de avaliação de ruído de tráfego veicular em Aracaju-Brasil*, Revista eletrônica PARC (Pesquisa em Arquitetura e Construção), Departamento de Arquitetura e Construção da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Campinas, SP, Brasil (UNICAMP). Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/305323953> Mapa acustico como ferramenta de avaliacao de ruído de trafego veicular em Aracaju - Brasil
- Moshe Katz Architecture& urban design. Recuperado de: <https://www.moshekatz.net/>
- MVN Arquitectos - Diego Varela de Ugarte, Diego; García Medina (2005) *Barrera acústica y paisajística en Madrid*, España Recuperado de: <https://mvn-arquitectos.com/en/landscaping-and-acoustic-barrier/>
- Mydlarz, C., Sharma, M., Lockerman, Y., Steers, B., Silva, C., and Bello, J. P. (2019). *The life of a New York city noise sensor network*. Sensors 19. Doi: 10.3390/s19061415. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/332628084> The Life of a New York City Noise Sensor Network
- Naciones Unidas (1972) *Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente, Planificación y Ordenamiento de los Asentamientos Humanos desde el Punto de Vista de la Calidad del Medio*, "Recomendación 14, pág. 10, Estocolmo, 5 al 16 de junio de 1972. Recuperado de: <http://www.ambiente.gov.ar/infotecaea/descargas/estocolmo01.pdf>
- Nakawajana, Natrapee & Lerdwattanakit, Patchara & Saechua, Wanphut & Posom, Jetsada & Saengprachatanarug, Khwantri & Wongpichet, Seree. (2021). *A Low-Cost System for Moisture Content Detection of Bagasse upon a Conveyor Belt with Multispectral Image and Various Machine Learning Methods*. Processes. 9. 777. 10.3390/pr9050777. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/351185462> A Low-Cost System for Moisture Content Detection of Bagasse upon a Conveyor Belt with Multispectral Image and Various Machine Learning Methods/citation/download
- Naish, D.; A.; Tan, C.C.; Demirbilek, F.N. (2014) *Simulating the effect of acoustic treatment types for residential balconies with road traffic noise*. Applied Acoustic, vol. 79, pp. 131–140. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/259991831> Simulating the effect of acoustic treatment types for residential balconies with road traffic noise
- Nedic, V., Despotovic, D., Cvetanovic, S., Despotovic, M. and Babic, S. (2014) *Comparison of classical statistical methods and artificial neural network in traffic noise prediction*. Environmental Impact Assessment Review, 49, pp.24-30. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/264050251> Comparison of classical statistical methods and artificial neural network in traffic noise prediction



- Nilsson, M., Bengtsson, J., & Klæboe, R. (Eds.). (2014). *Environmental methods for transport noise reduction*. CRC Press. Recuperado de: https://www.fly-unicorn.com/LP_TA/index.cfm?T=440440
- Noise Capture Project app. Recuperado de: <https://noise-planet.org/noisecapture.html>
- Norma I.R.A.M. N° 4062/84 (1984) *Método de medición y clasificación de ruidos molestos al vecindario*, Instituto Argentino de Certificación y Racionalización, Recuperado de: <https://www.entrierios.gov.ar/ambiente/userfiles/files/archivos/Normativas/Nacionales/NORMA%20IRAM4062.pdf>
- Nowak D.J., Hirabayashi S., Bodine A. y Greenfield E. (2014). *Tree and forest effects on air quality and human health in the United States*. Environ. Pollut. 193, pp. 119-129. DOI: 10.1016/j.envpol.2014.05.028. Recuperado de: https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/jrnl/2014/nrs_2014_nowak_001.pdf
- Ochoa de la Torre, J. M. (1999). *La vegetación como instrumento para el control microclimático en línea*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. Recuperado de: http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0425107-095813
- Ohrstrom E. (2004) *Longitudinal surveys on effects of changes in road traffic noise—annoyance, activity disturbances, and psycho-social well-being*. J Acoust Soc Am N° 115, pp. 719–729.
- Oldham and Ismail, 2003 Oldham, D.J., Ismail, M.R., (2003). *A Scale Model Investigation of the Role of Diffuse Reflections from Building Facades on Urban Noise Propagation*. Salford, Manchester, UK. In: Research Symposium Acoustic Characteristics of Surfaces: Measurement, Prediction and Applications, 18–19 September 2003. University of Salford, Manchester, UK. Recuperado de: https://www.scipedia.com/public/Refat-Ismail_2013b#bib28
- O.M.S. – Organización Mundial de la Salud, *Criterios sobre ruido de la Organización Mundial de la Salud*. Recuperado de: <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/omscrit.htm>
- Onder S, Kockeber Z. (2012) *Importance of green belts to reduce noise pollution and determination of roadside noise reduction effectiveness of bushes in Konya, Turkey*. World Academy of Science 66, pp. 639-642. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Importance-of-the-Green-Belts-to-Reduce-Noise-and-%C3%96nder-Kocbeker/2116f8e8146b308a8e5d5dad41c6f8910fbf7>
- Ongel, A. and Sezgin, F., (2016) *Assessing the effects of noise abatement measures on health risks: A case study in Istanbul*. Environmental Impact Assessment Review, N° 56, pp.180-187. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Assessing-the-effects-of-noise-abatement-measures-A-Ongel-Sezgin/bb1b1ceb6c59b131ba6f2378dedbad20f2ebfa59>
- ONU (2021) *Para 2050, la pérdida de audición afectará a un cuarto de las personas en el mundo*, Organización Mundial de la Salud. Recuperado de: <https://news.un.org/es/story/2021/03/1488942>
- Ordenanza General N° 27/68 (1968) *Régimen para la erradicación de ruidos para todos los partidos de la Provincia de Buenos Aires*. Recuperado de: <https://normas.gba.gov.ar/documentos/VmRN5ZSI.html>
- Oshima, Takuya & Hiraguri, Yasuhiro & Okuzono, Takeshi. (2015). *Distinct effects of moisture and air contents on acoustic properties of sandy soil*. Journal of the Acoustical Society of America. 138. EL258-EL263. 10.1121/1.4929736. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/283229817_Distinct_effects_of_moisture_and_air_contents_on_acoustic_properties_of_sandy_soil/citation/download
- Ottefé, Marc (2011) *The green building envelope: Vertical greening*, (tesis doctoral), Technische Universiteit Delft, Amsterdam, Países Bajos. ISBN 9789090262178. Recuperado de: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:1e38e393-ca5c-45af-a4fe-31496195b88d>
- Pais, A. P. T. D., & Bertoli, S. R. (2019). *Sound Absorption of Vertical Greenery System: Systematic Literature Review*. In InterNoise and Noise Control: Noise Control for Better Environment Congress and Conference, Inter-Noise 2019, Proceedings (Vol. 259, No. 5, pp. 4286-4296). Institute of Noise Control Engineering. 18-19 junio, 2019, Madrid, España, Recuperado de: http://www.sea-acustica.es/fileadmin/INTERNOISE_2019/Fchrs/Proceedings/1704.pdf
- Pais, A. P. T. D., Malagueta, T. C., & Bertoli, S. R. (2019). *Comparison of in situ sound absorption measurements using single microphone and an array of microphones*. In INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings (Vol. 259, No. 3, pp. 6140-6151). Institute of Noise Control Engineering. Recuperado de: http://www.sea-acustica.es/fileadmin/INTERNOISE_2019/Fchrs/Proceedings/1948.pdf
- Paisajismo Digital SL (2012) *Patentan un "cóctel de bacterias" para alargar la vida de jardines verticales*, Blog de paisajismo digital, publicado el 27 de mayo del 2012. Recuperado de: <https://paisajismodigital.com/blog/patenta-un-coctel-de-bacterias-para-alargar-la-vida-de-jardines-verticales/>
- Paisajismo Urbano: Jardinería Vertical, Muros Verdes y Fachadas Vegetales (empresa). Recuperado de: https://paisajismourbano.com/es_ES
- Pal A.K., Kumar V. & Saxena N.C. (2000) *Noise attenuation by green belts*. Journal of Sound and Vibration, 234, pp.149–165. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/238951044_Noise_attenuation_by_green_belts
- Pamanikabud P, Tansatcha M. (2003) *Geographical information system for traffic noise analysis and forecasting with the appearance of barriers*. Environ Modell Softw N° 18, pp. 959–73. Recuperado de:



https://www.researchgate.net/publication/222561737_Geographical_information_system_for_traffic_noise_analysis_and_for_ecasting_with_the_appearance_of_barriers

- Pathak, V., Tripathi, B.D., and kumar Mishra, V. (2008) *Evaluation of traffic noise pollution and attitudes of exposed individuals in working place*. Atmospheric Environment, 42(16), pp.3892-3898. Recuperado de: [https://www.scrip.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/journal/paperinformation.aspx?paperid=76344](https://www.scrip.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/journal/paperinformation.aspx?paperid=76344)
- Pathak V., Tripathi B.D. & Mishra V.K. (2008) *Dynamics of traffic noise in a tropical city Varanasi and its abatement through vegetation*. Environmental Monitoring and Assessment, 146, pp. 67–75. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/5764163_Dynamics_of_traffic_noise_in_a_tropical_city_Varanasi_and_its_abatement_through_vegetation
- Peng, Z.R., (1997). *The jobs-housing balance and urban commuting*. Urban studies, 34(8), pp.1215-1235.
- Peng, Jeffrey & Bullen, Robert & Kean, Simon. (2014). *The effects of vegetation on road traffic noise*. INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/271020849_The_effects_of_vegetation_on_road_traffic_noise/citation/download
- Pereira Fernández, J. (2016). *Fachadas vegetales: análisis del impacto medioambiental y aplicaciones*. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica, Universidade de Coruña, La Coruña, España. Tesis de grado. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/61919016.pdf>
- Pérez, Gabriel & Coma, Julià & Barreneche, Camila & de Gracia, Alvaro & Urrestarazu, Miguel & Burés, Silvia & Cabeza, Luisa F. (2016). *Acoustic insulation capacity of Vertical Greenery Systems for buildings*. Applied Acoustics. 110, pp. 218-226. 10.1016/j.apacoust.2016.03.040. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/338479061_Acoustic_insulation_capacity_of_Vertical_Greenery_Systems_for_buildings
- Pérez, Marta & Andrade, Rafael & Abad Toribio, Laura & Martín, Tomás. (2009). *Estudio de la tipología de las pantallas acústicas. Normativa y estado del arte*. Tecnología y desarrollo, ISSN 1696-8085, Nº. 7, Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/40223878_Estudio_de_la_tipologia_de_las_pantallas_acusticas_Normativa_y_estado_del_arte
- Pérez-López, Antonio (1989) *Absorción y aislamiento acústico*; Level Environmental Acoustics-Jornadas Nacionales e Acústica, Zaragoza, Abril 1989. Recuperado de: http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/publicaciones_4355ev002.pdf
- Pérez-Porto J. (2016). *Contaminación sonora*. Definición. Recuperable de: <https://definicion.de/contaminacion-sonora/>
- Perini Katia & Ottelé, Marc (2014), *Designing green façades and living wall systems for sustainable constructions*, Int. J. of Design & Nature and Ecodynamics. Vol. 9, No. 1 (2014), pp. 31–46. Recuperado de: <https://www.witpress.com/Secure/ejournals/papers/D&NE090103f.pdf>
- Phillips, J. N., Termondt, S. E., & Francis, C. D. (2021). *Long-term noise pollution affects seedling recruitment and community composition, with negative effects persisting after removal*. Proceedings of the Royal Society B, 288(1948), 20202906. Recuperado de: <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rspb.2020.2906?af=R>
- Picaut, J.; Simon, L. (2001): *A scale model experiment for the study of sound propagation in urban areas*. Applied Acoustic (2001) vol. 62, no. 3, pp. 327–340. Recuperado de: https://www.academia.edu/20372037/A_scale_model_experiment_for_the_study_of_sound_propagation_in_urban_areas
- Phillips, J. N., Termondt, S. E., & Francis, C. D. (2021). *Long-term noise pollution affects seedling recruitment and community composition, with negative effects persisting after removal*. Proceedings of the Royal Society B, 288(1948), 20202906. Recuperado de: <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rspb.2020.2906?af=R>
- Picaut, J.; Simon, L. (2001): *A scale model experiment for the study of sound propagation in urban areas*. Applied Acoustic (2001) vol. 62, no. 3, pp. 327–340. Recuperado de: https://www.academia.edu/20372037/A_scale_model_experiment_for_the_study_of_sound_propagation_in_urban_areas
- Phillips, J. N., Termondt, S. E., & Francis, C. D. (2021). *Long-term noise pollution affects seedling recruitment and community composition, with negative effects persisting after removal*. Proceedings of the Royal Society B, 288(1948), 20202906. Recuperado de: <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rspb.2020.2906?af=R>
- Picaut, J.; Simon, L. (2001): *A scale model experiment for the study of sound propagation in urban areas*. Applied Acoustic (2001) vol. 62, no. 3, pp. 327–340. Recuperado de: https://www.academia.edu/20372037/A_scale_model_experiment_for_the_study_of_sound_propagation_in_urban_areas
- Pudjowati, Utami & Yanuwadi, Bagyo & Sulistiono, Rudy & Suyadi, Suyadi. (2013). *Effect of Vegetation Composition on Noise and Temperature in Waru - Sidoarjo Highway, East Java, Indonesia*. International Journal of Conservation Science. 4. pp. 459-466. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/289456759_Effect_of_Vegetation_Composition_on_Noise_and_Temperature_in_Waru_-_Sidoarjo_Highway_East_Java_Indonesia
- QuadMap Project (2016). *QUADMAP Quiet Areas Definition & Management in Action Plans LIFE10, "Guidelines for identification, selection, analysis and management of urban areas" Version 2.0* ENV/IT/000407, Marzo 2015. Recuperado de: http://www.quadmap.eu/wp-content/uploads/2015/02/Guidelines_QUADMAP-final-version.pdf



- Radić, M., Dodić, MB y Auer, T. (2019). *Green Facades and Living Walls—A Review Establishing the Classification of Construction Types and Mapping the Benefits*. Sustainability. 11, p. 4579. Recuperado de: https://pdfs.semanticscholar.org/9f5c/cbf72963cfb8092f2fde748adfa4042fb03f.pdf?_ga=2.55507624.2012643066.1619916679-1405218188.1612224341
- Radicchi, A. (2017). *Hush city: Una nueva aplicación móvil para crowdsourcing y evaluación de áreas tranquilas cotidianas en las ciudades*, en Proceedings of Invisible Places: the International Conference on Sound, Urbanism and the Sense of Place (Azores), 7–9. Recuperado de: <http://www.antonellaradicchi.it/portfolio/hush-city-app/>
- Ramírez-Rubio, O., Daher, C., Fanjul, G. et al. (2019) *Urban health: an example of a “health in all policies” approach in the context of SDGs implementation*. Global Health N° 15, p. 87. Recuperado de: <https://globalizationandhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12992-019-0529-z#citeas>
- Recuero-López M. (1999). *Ingeniería acústica*. Paraninfo. Madrid, España, 696 pp.
- Reeder D. Benjamin; Chiu. Ching-Sang (2010) *Ocean acidification and its impact on ocean noise: Phenomenology and analysis*, The Journal of the Acoustical Society of America Vol 128, N° 3. Recuperado de: <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.3431091>
- Reethof, Gerhard, *Effect of Plantings on Radiation of Highway Noise*, Journal of the Air Pollution Control Association, Vol. 23, Issue 3, pp. 185-189. Recuperado de: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00022470.1973.10469763>
- Renterghem, T.V.; Hornikx, M.; Forssen, J.; Botteldooren, D. (2013) *The Potential of Building Envelope Greening to Achieve Quietness*. Building Environmental, Vol 61, pp. 34–44. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/335353152_Green_Facades_and_Living_Walls-A_Review_Establishing_the_Classification_of_Construction_Types_and_Mapping_the_Benefits
- Resolución N° 159/96 (1996) *Ruidos Molestos*, Organismo Provincial para el Desarrollo Sustentable-OPDS. Recuperado de: <https://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/RESOLUCION%20159%2096.pdf>
- Restrepo, A.C. and González, A., (2009) *Jardines Verticales para Absorción Acústica de Ruido Urbano*. V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, ELECS, Recife, Brazil, 2009.
- Robles, María del Carmen (2019) *Los espacios verdes como estrategia de mitigación de la contaminación sonora. Evaluación y análisis del Parque O'Higgins de la ciudad de Mendoza-Argentina*, Revista Internacional de Contaminación Ambiental, Universidad Autónoma de México, vol. 35, núm. 4, pp. 889-904, 2019. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/370/37066309009/html/>
- Robles, María del Carmen, Martínez, Claudia Fernanda, & Boschi, César. (2019). *Los espacios verdes como estrategia de mitigación de la contaminación sonora. Evaluación y análisis del Parque O'Higgins de la Ciudad de Mendoza-Argentina*. Revista internacional de contaminación ambiental, 35(4), pp. 889-904. Epub 22 de diciembre de 2020 Recuperado de: <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.09>
- Rocha, C.A., Sousa, F.W., Zanella, M.E., Oliveira, A.G., Nascimento, R.F., Souza, O.V., Cajazeiras, I.M., Lima, J.L. and Cavalcante, R.M. (2017) *Environmental quality assessment in areas used for physical activity and recreation in a city affected by intense urban expansion (Fortaleza-CE, Brazil): Implications for public health policy*. Exposure and Health, 9(3), pp.169-182. Recuperado de: <https://ur.booksc.eu/book/64005559/4ec197>
- Romanova, A.; Horoshenkov, K.V.; Hurrell, A. (2019) *An Application of a Parametric Transducer to Measure Acoustic Absorption of a Living Green Wall*. Applied Acoustic, Vol 145, pp. 89–97. Recuperado de: https://eprints.whiterose.ac.uk/139173/7/Green%20Walls%20Sound%20Absorption%20AR_KVH_revision_July_2018_accepted.pdf
- Ruiz, A. G. (2015). *El ruido: morfología medioambiental desde una perspectiva penal y criminológica* (Doctoral dissertation, Universidad Complutense de Madrid), Madrid, España. Recuperado de: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/35309/1/T36776.pdf>
- Sabatier, James & Hess, H. & Arnott, William & Attenborough, Keith & Römkens, M. & Grissinger, E. (1990). *In Situ Measurements of Soil Physical Properties by Acoustical Techniques*. Soil Science Society of America Journal - SSSAJ. 54. 10.2136/sssaj1990.03615995005400030006x. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/250127263_In_Situ_Measurements_of_Soil_Physical_Properties_by_Acoustical_Techniques
- Salisbury, F. y C. Ross, (1994) *Fisiología Vegetal*. Editorial Iberoamericana. México. p. 759. Recuperado de: <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/fisiologiavegetalbidwell.pdf>
- Samara T. & Tsitsoni T. (2011) *The effects of vegetation on reducing traffic noise from a city ring road*. Noise control engineering journal, 59, pp. 68–74. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/259459894_The_effects_of_vegetation_on_reducing_traffic_noise_from_a_city_ring_road
- Sánchez, G., Renterghem, T.V., & Botteldooren, D. (2015). *The influence of urban canyon design on noise reduction for people living next to roads*. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-influence-of-urban-canyon-design-on-noise-for-S%C3%A1nchez-Renterghem/2d89b37b5fba374c1d40df4050145e4915f3e6a3#references>
- Sassen, S. (1991). *La ciudad global*. Nueva York, NY; Londres; Tokio; Princeton, Nueva Jersey: Princeton University Press.



- Schulker, Brian & Jackson, Brian & Fonteno, William & Heitman, Josh & Albano, Joseph. (2020). *Comparison of Water Capture Efficiency through Two Irrigation Techniques of Three Common Greenhouse Soilless Substrate Components*. Agronomy. 10. 1389. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/344978566_Comparison_of_Water_Capture_Efficiency_through_Two_Irrigation_Techniques_of_Three_Common_Greenhouse_Soilless_Substrate_Components
- Segués, Fernando (2007) *Conceptos básicos del ruido ambiental, Sistema de Información sobre Contaminación Acústica (SICA)*, Ministerio de Medio Ambiente-Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), Madrid, España. Recuperado de: <http://sicaweb.cedex.es/docs/documentacion/Conceptos-Basicos-del-ruido-ambiental.pdf>
- Segués Echazarreta Fernando (2007) *El ruido en el transporte: Demanda social y respuesta Institucional*, Jornada de reflexión y debate, Madrid, España, 28 de noviembre de 2007.
- Serra, V.; Bianco, L.; Candelari, E.; Giordano, R.; Montacchini, E.; Tedesco, S.; Larcher, F.; Schiavi, A. A Novel (2017) *Vertical Greenery Module System for Building Envelopes: The Results and Outcomes of a Multidisciplinary Research Project*. Engineering and Building Nº 146, pp. 333–352. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/316411800_A_novel_vertical_greenery_module_system_for_building_envelopes_The_results_and_outcomes_of_a_multidisciplinary_research_project
- Serrano Pérez, Marta & Andrade, Rafael & Abad Toribio, Laura & Martín, Tomás. (2009). *Estudio de la tipología de las pantallas acústicas. Normativa y estado del arte. Tecnología y desarrollo*, ISSN 1696-8085, Nº. 7, 2009. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/40223878_Estudio_de_la_tipologia_de_las_pantallas_acusticas_Normativa_y_estado_del_arte
- *Singulargreen*, Proyecto europeo en Valladolid, UrbanGreenUp. Recuperado de: <https://www.singulargreen.com/proyectoeuropeo-urban-greenup-valladolid/>
- Silva, B., Santos, G., Eller, R., and Gjestland, T. (2017). *Annoyance survey by means of social media*. J. Acoust. Soc. Am. 141, pp. 1019–1026. Resumen recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28253643/>
- Simon F, Pfretzschner J, de la Colina C, Moreno A. (1998) *Ground influence on the definition of single rating index for noise barrier protection*. J Acoust Soc Am, Nº 104, pp. 232–236. Recuperado de: <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.423273>
- Simón, Francisco; Rodríguez, Rosa M.; Pfretzschner, Jaime (1999), *Difracción acústica por fachadas escalonadas y su aplicación a la arquitectura modernista: una aproximación de su protección acústica*, XXX Jornadas Nacionales de Acústica – TecniAcústica 1999. Acústica Física y Procesado de Señales, Editor: Sociedad Española de Acústica. Recuperado de: <http://digital.csic.es/handle/10261/7814>
- Singapore, Building and Construction Authority (2021). *Building, planning and massing*. Recuperado de: https://www1.bca.gov.sg/default-source/docs-corp-buildsg/sustainability/sqbmp-engagement-report_final_v1-1.pdf?sfvrsn=512c885c_0
- Sommerhoff G. Nuevas (2001) *Técnicas para la Elaboración de Mapas de Ruido, el Análisis de la Respuesta Ciudadana, así como la Valoración Económica del Ruido* (Tesis. Valdivia, Chile: Universidad Politécnica de Madrid, España. Resumen recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=185669>
- Sordello, Romain; Ratel, Ophélie; Vanpeene, Sylvie (2020) *Evidence of the impact of noise pollution on biodiversity: a systematic map*; Environmental Evidence volume 9, Article number: 20, publicado el 11 September 2020. Recuperado de: <https://environmentalevidencejournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13750-020-00202-y#citeas>
- Smyrnova, Yuliya & Kang, Jian & Hornikx, Maarten & Forssén, Jens. (2012). *Effect of vegetation on noise propagation in streets and squares*. Proceedings of the Institute of Acoustics. Nº 34, pp. 57-67. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/234016312_Effect_of_vegetation_on_noise_propagation_in_streets_and_squares
- Stryjenski, J. (1970). *L'acoustique appliquée à l'urbanisme*. Les éditions techniques, Genève.
- Suárez, Pablo Abel; Cantón, María Alicia; Correa, Érica Norma (2018) *Impacto de sistemas de enverdecimiento vertical en el comportamiento termo-energético de espacios urbano edificios Análisis crítico del estado del arte*, Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente (ASADES), ISSN: 2314-1433, vol. 22, pp. 37-48. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/108097>
- Sun, B., He, Z., Zhang, T. and Wang, R. (2016) *Urban spatial structure and commute duration: An empirical study of China*. International Journal of Sustainable Transportation, 10(7), pp.638-644. Resumen recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Urban-spatial-structure-and-commute-duration%3A-An-of-Sun-He/820cf5907cc85d15e5d20bd77fa28da8fc4fe58>
- Chiquet, Caroline (2014) *The animal biodiversity of green walls in the urban environment*. Tesis Doctoral. Staffordshire University. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/43609063.pdf#grand>
- Taherzadeh, S.; Attenborough, K.; Bashir, I. (2012) *Attenuation of sound by crops and hedges*, CD-ROM Proc. Acoustics 2012, Nantes, France, April 2012. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/236662584_Acoustic_properties_of_low_growing_plants
- Tang, S.H; Ong, P.P.; Woon, H.S. (1986) *Monte Carlo simulation of sound propagation through leafy foliage using experimentally obtained leaf resonance parameters*. Journal Acoustic Society of America 80, pp. 1740–1744. Resumen



recuperado de: <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.394287>

- Tennessee Research and Creative Exchange Forestry- TRACE (1998), *SP517 Evergreen Trees for Screens for Screens and Hedges in the Landscape*, Trees, and Timber UT, Extension Publications 7-1998, Agricultural Extension Service The University of Tennessee, Knoxville, USA. Recuperado de: https://trace.tennessee.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1050&context=utk_agexfores
- Tercco, M. (2006) *Una historia del zoning de Chicago-"Las políticas de lugar": una mirada a la evolución de la normativa urbana*, Café de las Ciudades, Revista digital de conocimiento, reflexiones y miradas sobre la ciudad, Año5, Numero 50, diciembre 2006. Disponible en sitio web: http://www.cafedelasciudades.com.ar/planes_50.htm
- Thomsit-Ireland, F (2019) *Overcoming the barriers to green walls in urban areas of the UK*, Doctoral dissertation, Technologies for Sustainable Built Environments Centre School of the Built Environment. University of Reading, Reading, Berkshire, United Kingdom. Recuperado de: http://centaur.reading.ac.uk/86470/1/21029086_Thomsit-Ireland_thesis.pdf
- Timur, Ö.B; Karaca, E. Jardines verticales (Capítulo 22). *Advances in Landscape Architecture*, 1ª ed.; Ozyavuz, M., Ed.; IntechOpen: Londres, Reino Unido, 2013; págs. 587–662. Recuperado de: <https://www.intechopen.com/books/advances-in-landscape-architecture/vertical-gardens>
- Tong Z, Baldauf R.W., Isakov V., Deshmukh P. y Zhang K.M. (2016). *Roadside vegetation barrier designs to mitigate near-road air pollution impacts*. *Sci. Total Environ.* 541, pp. 920-927. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.09.067. Recuperado de: <https://scholar.harvard.edu/files/ztong/files/online.pdf>
- Tyagi V., Kumar K. & Jaim V. (2013) *Road traffic noise attenuation by vegetation belts at some sites in the Tarai region of India*. *Archives of Acoustics*, N° 38, pp. 389–395. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/272535679_Road_Traffic_Noise_Attenuation_by_Vegetation_Belts_at_Some_Sites_in_the_Tarai_Region_of_India
- Unión Europea (2009-2013) *HOListic and Sustainable Abatement of Noise by optimized combinations of Natural and Artificial means* Disponible en: <http://www.hosanna.bartvanderara.com/index.php?id=1>
- Ureña Aguirre (2013) *Análisis del comportamiento acústico de paneles multicapa con chapa perforada, como elemento de fachada, frente al ruido exterior*, Tesis de Master en Ingeniería de la Construcción, Universidad Euskal Herriko del País Vasco Unibertsitatea, Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior de Ingeniería, Alumna: Maritza Ureña Aguirre Director del Trabajo: Ramón Losada Curso 2012-2013. Recuperado de: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1237/1/T-SENESCYT-000372.pdf>
- Van Renterghem T.; Botteldooren, D. (2008) *Numerical evaluation of sound propagating over green roofs*; *Journal of Sound and Vibration*, 317, pp. 781–799. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/224857593_Numerical_evaluation_of_sound_propagating_over_green_roofs
- Van Renterghem T.; Botteldooren D. (2009) *Reducing the acoustical facade load from road traffic with green roofs*. *Building and Environment*, 44, pp.1081–1087. Recuperado de: <https://users.ugent.be/~tvrenter/publicaties/acousticalfacadeload.pdf>
- Van Renterghem, Timothy & Botteldooren, Dick & Verheyen, Kris. (2012). *Road traffic noise shielding by vegetation belts of limited depth*. *Journal of Sound and Vibration*. 331. 2404-2425. 10.1016/j.jsv.2012.01.006. Resumen recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/236650926_Road_traffic_noise_shielding_by_vegetation_belts_of_limited_depth
- Van Renterghem T, Botteldooren D, Verheyen K. (2012) *Road traffic noise shielding by vegetation belts of limited depth*. *Journal of Sound and Vibration*. 2012 May 7;331 (10), pp.2404-25. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022460X12000260>
- Van Renterghem, T., et al. (2015) *Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors* *Applied Acoustics*, 92. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/271601598_Using_natural_means_to_reduce_surface_transport_noise_during_propagation_outdoors
- Viro et al (2002). *Protocolo de Mediciones para Trazado de Mapas de Ruido Normalizados*, Laboratorio de Acústica y Electroacústica (LACEAC) Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina, 2002. Recuperado de: <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/protoc-fiuba.pdf>
- Watanabe, T.; Yamada, S. (1996), *Atenuación acústica por absorción por vegetación*, *Revista de la Sociedad de Acústica de Japón*, 17 (4) (1996), págs. 175 – 182. Resumen recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0932473996800976>
- Watson, D.J. (1947) *Comparative physiological studies in the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years*. *Ann. Bot.* 1947, 11, pp. 41–76. Recuperado de: <https://academic.oup.com/aob/article-abstract/11/1/41/159526?redirectedFrom=fulltext>
- Werner, H., (1995). *Tres instantáneas sobre el paisaje sonoro. Soundscapes - Eine klangökologische Spurensuche*, Basilea. Artículo on line publicado por la Escuela Universitaria de Música, Universidad de la Republica, Montevideo, Uruguay. Recuperado de: <http://www.eumus.edu.uy/eme/ps/txt/werner.html>
- Willich, Stefan; Wegscheider Karl; Stallmann, Marina; Keil, Thomas (2006) *Noise burden and the risk of myocardial infarction*, *European Heart Journal* N° 27, pp. 276–282, doi:10.1093/eurheartj/ehi658. Resumen recuperado de:



<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16308324/>

- Wong, N. H., Tan, A. Y. K., Tan, P. Y., Chiang, K., & Wong, N. C. (2010). *Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls*. *Building and Environment*, 45(2), 411-420. Wong, N. H., Tan, A. Y. K., Tan, P. Y., Chiang, K., & Wong, N. C. (2010). Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls. *Building and Environment*, 45(2), 411-420. Recuperado de: <https://scbrims.files.wordpress.com/2013/10/061013-acoustics-evaluation-of-vertical-greenery-systems-for-building-walls.pdf>
- (WHO), World Health Organization (2005) *United Nations road safety collaboration: a handbook of partner profiles*, ISBN 9241592796. Recuperado de: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43159>
- Xu, Yan & Duan, Jieli & Jiang, Rui & Li, Jun & Yang, Zhou. (2021). *Study on the Detection of Soil Water Content Based on the Pulsed Acoustic Wave (PAW) Method*. IEEE Access. PP. 1-1. 10.1109/ACCESS.2021.3049852. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/348774276_Study_on_the_Detection_of_Soil_Water_Content_Based_on_the_Pulsed_Acoustic_Wave_PAW_Method/citation/download
- Yang Fan; Bao Zhiyi; Zhu Zhujun; Liu Jiani (2010) *The Investigation of Noise Attenuation by Plants and the Corresponding Noise-Reducing Spectrum*, *Journal of Environmental Health*, Vol. 72, No. 8 (April 2010), pp. 8-15, Journal article, Published By: National Environmental Health Association (NEHA). Recuperado de: <https://www.jstor.org/stable/26328102>
- Yang H.S., Kang J. & Choi M.S. (2012) *Acoustic effects of green roof systems on a low-profiled structure at street level*. *Building and Environment*, 50, pp. 44–55. Recuperado de: <https://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/64835.pdf>
- Yang, H. S., Kang, J., & Cheal, C. (2013). *Random-Incidence Absorption and Scattering Coefficients of Vegetation*. *Acta Acustica united with Acustica*, 99(3), 379-388. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/258455034_Random-Incidence_Absorption_and_Scattering_Coefficients_of_Vegetation
- Yang, Hong-Seok. (2013). *Outdoor noise control by natural/sustainable materials in urban areas*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/258499942_Outdoor_noise_control_by_naturalsustainable_materials_in_urban_areas
- Yang, Tao & Hu, Lizhu & Xiong, Xiaoman & Petru, Michal & Noman, Muhammad & Mishra, Rajesh & Militky, Jiri. (2020). *Sound Absorption Properties of Natural Fibers: A Review*. *Sustainability*. 12. 1-27. 10.3390/su12208477. Recuperado de: https://www.researchgate.net/figure/Comparison-of-sound-absorption-of-thin-natural-fiber-sound-absorbers_fig4_344654102
- Yang, HS; Kang, J.; Cheal, C.; Van Renterghem, T; Botteldooren, D. (2013) *Quantification of the scattered sound energy of a single tree using reverberation time*, *Journal Acoustic Society Soy* pp.134, 264. Recuperado de: <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.4808175>
- Yaomin Q., Kang L. & Yongjun W. (2006) *Ecological functions of green land system in Xi'an. Shengtaixue Zazhi*, *Chinese Journal of Ecology*, 25, pp. 135–139. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/43609063.pdf>
- Yates Abram, Esther (2013) *Vertical garden de Patrick Blanc*, Paris Design Week, artículo de la revista virtual Zone Trip, publicado el 26 de agosto del 2013. Recuperado de: <http://dzinetrip.com/vertical-garden-by-patrick-blanc-at-paris-design-week/>
- Yuliarti, D. (2002) *Karakteristik Tanaman yang Efektif Mereduksi Kebisingan, skripsi, IPB (Plantas efectivas para reducir el ruido)*, Bogor, Indonesia. (Tesis de grado). Recuperado de: <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/16413>
- Zannin PHT, Diniz FB, Barbosa WA (2002). *Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil*. *Appl Acoust* N° 63, pp. 351–358. Resumen recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003682X01000524>
- Zannin PHT, Ferreira AMC, Szeremeta R. (2006) *Evaluation of noise pollution in urban parks*. *Environ Monit Assess* N° 118, pp.:423–433. Resumen recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16897555/>
- Zetterquist, Martin (2013), *Novel Solutions for Quieter and Greener Cities*, Programa financiado por la European Union Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013), impreso por Alloffset AB, Bandhagen, Suecia. Recuperado de: <http://www.hosanna.bartvanderaa.com/images/brochureCover.png>
- Zhang, Q., Zhao, L., & Cui, H. (2016). *Investigation of the noise reduction provided by vegetation belt in different design styles*. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Investigation-of-the-noise-reduction-provided-by-in-Zhang-Zhao/86cd1c69dcfbdf26e70b54fdfe197ae9e3526c57>
- Zhou, X., Chen, X. and Zhang, T., (2016) *Impact of megacity jobs-housing spatial mismatch on commuting behaviors: A case study on central districts of Shanghai, China*. *Sustainability*, 8(2), p.122. Recuperado de: <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/2/122>
- Zhu, Xing-Feng & Lau, Siu-Kit & Lu, Zhenbo & Ow, Lai. (2020). *Enhancement of sound absorption via vegetation with a metasurface substrate*. *Applied Acoustics*. 165. 107309. 10.1016/j.apacoust.2020.107309. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/340042365_Enhancement_of_sound_absorption_via_vegetation_with_a_metasurface_substrate
- Zuluaga Echeverry, Claudia Lucía (2009) *Un aporte a la gestión del ruido urbano en Colombia, caso de estudio*: Municipio



de Envidado, Escuela de Geociencias y Medio Ambiente, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Colombia. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69909>

PARTE III MARCO EMPIRICO

CAPITULO 7

- ASTM C 423-02^a (2012) *Standard test method for sound absorption and sound absorption coefficients by the reverberation room method - Método de prueba estándar para absorción de sonido y coeficientes de absorción de sonido por el método de sala de reverberación*. Resumen recuperado de: <https://standards.globalspec.com/std/3812206/ASTM%20C423-02a>
- Asdrubali, Francesco & Schiavoni, Samuele & Horoshenkov, Kirill. (2012). *A Review of Sustainable Materials for Acoustic Applications. Building Acoustics*. 19, pp. 283-312. 10.1260/1351-010X.19.4.283. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/235288360_A_Review_of_Sustainable_Materials_for_Acoustic_Applications/citation/download
- Attal, Emmanuel & l'Epine, Yorick & Dauchez, Nicolas & Dubus, Bertrand. (2021). *Experimental investigation of the effect of moisture on the acoustic properties of lightweight substrates used in green envelopes*. *Applied Acoustics*. 180. 108108. 10.1016/j.apacoust.2021.108108. Resumen recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/351333340_Experimental_investigation_of_the_effect_of_moisture_on_the_acoustic_properties_of_lightweight_substrates_used_in_green_envelopes/citation/download
- Azkorra Larriñaga, Zaloa (2015) *Estudio comparativo de eficiencia energética: fachada ventilada frente a fachada vegetal* (tesis doctoral en Ingeniería Térmica), Departamento de Máquinas y Motores Térmicos, Energética en la Edificación (ENEDI), Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea. Recuperado de: <https://addi.ehu.es/handle/10810/16030?show=full>
- Azkorra, Z.; Perez, G.; Coma J.; Cabeza, L.F.; Bures, S.; Alvaro J.E.; Erkoreka, A.; Urrestarazu, U. (2015) *Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for building*, *Applied Acoustics*, Vol. 89, pp. 46-56. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/266145192_Evaluation_of_green_walls_as_a_passive_acoustic_insulation_system_for_buildings
- Bratičević, J., Ristanović, I., & Drinčić, D. (2016). *Apsorpciona Svojstva Različnih Tipova Zemljišta I Mogućnost Primene u Tehnologiji Vertikalnih Vrtova [Absorption properties of different soil types and possibility of application in vertical garden technology]*. Paper presented at ETRAN 2016 - 60th, pp. 1-4, ISBN 978-86-7466-618-0, Conference, Zlatibor, Serbia.
- Bradley, Stuart & Radionova, Anna & Ghimire, Chandra & Grundy, Laura & Laurenson, Seth & Snow, Val. (2020). *Irrigation Control through Acoustic Proximal Sensing of the Onset of Surface Water*. *Remote Sensing*. 12. 3800. 10.3390/rs12223800. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/346032996_Irrigation_Control_through_Acoustic_Proximal_Sensing_of_the_Onset_of_Surface_Water/citation/download
- Brković Dodig, Marta & Radic, Mina & Auer, Thomas. (2019). *Green Facades and Living Walls—A Review Establishing the Classification of Construction Types and Mapping the Benefits. Sustainability*. 11. 10.3390/su11174579. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/335353152_Green_Facades_and_Living_Walls-A_Review_Establishing_the_Classification_of_Construction_Types_and_Mapping_the_Benefits
- Candelari, (2015). *Caratterizzazione sperimentale della prestazione termica e acustica di un living wall*. PhD thesis Availability: This version is available at: <http://porto.polito.it/2618307/> since: September 2015 Published version: DOI:10.6092/polito/porto/2618307. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/76527904.pdf>
- Comunidad Europea- CE (2009-2013) *HOSANNA (HOlistic and Sustainable Abatement of Noise by optimized combinations of Natural and Artificial means)* Project, en el marco del greener cities de la Comunidad Europea. Recuperado de: <http://www.hosanna.bartvanderaa.com/index.php?id=1>
- Coma, Julià & Barreneche, Camila & de Gracia, Alvaro & Urrestarazu, Miguel & Burés, Silvia & Cabeza, Luisa F. (2016). *Acoustic insulation capacity of Vertical Greenery Systems for buildings*. *Applied Acoustics*. 110. Pp. 218-226. 10.1016/j.apacoust.2016.03.040. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/338479061_Acoustic_insulation_capacity_of_Vertical_Greenery_Systems_for_buildings
- D'Alessandro, F.; Asdrubali, F.; Mencarelli, N. (2015) *Experimental evaluation and modelling of the sound absorption properties of plants for indoor acoustic applications*. *Building and Environment*, v. 94, pp. 913–923. Resumen recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/278848193_Experimental_evaluation_and_modelling_of_the_sound_absorption_properties_of_plants_for_indoor_acoustic_applications
- Davis, Michael Maks & Pérez, M & Tenpierik, Martin & Ramírez Cevallos, Francisco. (2016). *More than just a green façade: vertical gardens for sound absorption and architectural acoustics*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/305495180_MORE_THAN_JUST_A_GREEN_FACADE_VERTICAL_GARDENS_FOR_SOUND_ABSORPTION_AND_ARCHITECTURAL_ACOUSTICS



- Davis, M.J.M; Tenpierik, M. J., Ramirez, F. R., & Perez, M. E. (2017) *More than just a Green Facade: The sound absorption properties of a vertical garden with and without plants*. Building and Environment, v. 116, pp. 64–72, Recuperado de: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A6ba108d3-367b-489b-af5a-59dbd593b6b0>
- Dunnett, Nigel y Noël Kingsbury (2008) *Planting Green Roofs and Living Walls*, Londres, Timber Press, Inc, P.8 University of California. P. 336, California, USA.
- Fausti, P.; Santoni, A.; Rizzo La Malfa, A.; Velis, A.; Posse, C.M.; Basso, G. (2021) *The acoustic properties green wall*, CEES 2021-International Conference on Construction, Energy, Environment and Sustainability, Convento de São Francisco, Coimbra, Portugal, 12-15 de octubre del 2021. Publicación online en desarrollo.
- Glé P, Gourdon E, Arnaud L. *Acoustical properties of materials made of vegetable particles with several scales of porosity* Applied Acoustics, 201. Resumen recuperado de: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-aeb45126-6370-3050-91a0-8fecc7875d84>
- Gorthi, Srikanth & Chakraborty, Somsubhra & Li, Bin. (2020). *A field-portable acoustic sensing device to measure soil moisture*. Computers and Electronics in Agriculture. 174. 105517. 10.1016/j.compag.2020.105517. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/341762708_A_field-portable_acoustic_sensing_device_to_measure_soil_moisture
- Harris M. (1993) *Manual de medidas acústicas y control de ruido*. 3.ª ed. Madrid: Mc Graw Hill.
- Horoshenkov, Kirill & Khan, A. & Benkreira, Hadj & Mandon, A. & Rohr, Rene. (2011). *Acoustic characterization of porous substratum used in green noise control elements*. 40th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2011, INTER-NOISE 2011. 3, pp. 1953-1958. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/289200187_Acoustic_characterization_of_porous_substratum_used_in_green_noise_control_elements
- Horoshenkov, Kirill & Khan, Amir & Benkreira, Hadj. (2013). *Acoustic properties of low growing plants*. The Journal of the Acoustical Society of America. 133, pp. 2554-2565. 10.1121/1.4798671. Recuperado de: https://www.academia.edu/20678004/Acoustic_properties_of_low_growing_plants
- ISO 354:2003 *Acoustics-Measurement of sound absorption in a reverberation room (Acústica: medición de la absorción acústica en una sala reverberante)*. Resumen recuperado de: <https://www.iso.org/standard/4308.html>
- ISO 717-1 (2020) *Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation- Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo*. Resumen recuperado de: <https://www.iso.org/standard/77435.html>
- ISO 9613-1 (1993) *Acoustics — Attenuation of sound during propagation outdoors — Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere*. Resumen recuperado de: <https://www.iso.org/standard/17426.html>
- ISO 10140-2 (2010) *Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements — Part 2: Measurement of airborne sound insulation. - Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 2: Medición del aislamiento acústico al ruido aéreo*. Resumen recuperado de: <https://www.iso.org/standard/42088.html>
- ISO11654 (1997) *Sound Absorbers for use in buildings. Ratings of sound absorption- Acústica. Absorbentes acústicos para su utilización en edificios. Evaluación de la absorción acústica*. Resumen recuperado de: <https://www.iso.org/standard/19583.html>
- ISO15186-1 (2000) *Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements using sound intensity - Part 1: Laboratory measurements) - Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción utilizando intensidad sonora: - Parte 1: Medidas en laboratorio*. Resumen recuperado de: <https://www.iso.org/standard/26097.html>
- IRAM 4043-3 (1984) *Aislamiento del sonido en edificios. Clasificación del aislamiento del sonido, vía aérea, en fachadas y sus elementos*.
- IRAM 4065 (1995) *Acústica. Medición de absorción de sonido en cámara reverberante*.
- Kang, J, Huang, H, Sorrell, J., (2009). *Quiet environment: Acoustics of vertical green wall systems of the Islamic urban form*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/259169693_Quiet_environment_Acoustics_of_vertical_green_wall_systems_of_the-Islamic-urban-form/fulltext/02a59de50cf276f46e58240e/Quiet-environment-Acoustics-of-vertical-green-wall-systems-of-the-Islamic-urban-form.pdf
- Kennard, Nicole & Stirling, Ross & Prashar, Ankush & Lopez-Capel, Elisa. (2020). *Evaluation of Recycled Materials as Hydroponic Growing Media*. Agronomy. 10. 1092. 10.3390/agronomy10081092. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/343273028_Evaluation_of_Recycled_Materials_as_Hydroponic_Growing_Media
- Nakawajana, Natrapee & Lerdwattanakit, Patchara & Saechua, Wanphut & Posom, Jetsada & Saengprachatanarug, Khwantri & Wongpichet, Seree. (2021). *A Low-Cost System for Moisture Content Detection of Bagasse upon a Conveyor Belt with Multispectral Image and Various Machine Learning Methods*. Processes. 9. 777. 10.3390/pr9050777. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/351185462_A_Low-Cost_System_for_Moisture_Content_Detection_of_Bagasse_upon_a_Conveyor_Belt_with_Multispectral_Image_and_Various_Machine_Learning_Methods/citation/download



- Ottele & Perini, K. (2014) *Designing green façades and living wall systems for sustainable constructions* International Journal of Design & Nature and Ecodynamics 9 (1), pp. 31-46. Recuperado de: <https://www.witpress.com/Secure/ejournals/papers/D&NE090103f.pdf>
- Pérez, G.; Coma, J.; Martorell, I.; Cabeza, L.F. (2014) *Vertical Greenery Systems (VGS) for energy saving in buildings: A review*; Renewable and sustainable energy review 39, pp. 139-165. Recuperado de: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1364032114005073?token=DACC2981BF5839F09D420771552CF0397EA71C81E562DC67F0E181ED67D4ADA3B43CC5A2BB64CD95C6F13D98A72B21AB&originRegion=us-east-1&originCreation=20220421020016>
- Pérez, Gabriel; Comá, Julià; Barreneche, Camila; de Gracia, Alvaro; Urrestarazu, Miguel. (2016) *Acoustic insulation capacity of Vertical Greenery Systems for buildings*. Applied Acoustics, v. 110, pp. 218–226. Resumen recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/338479061_Acoustic_insulation_capacity_of_Vertical_Greenery_Systems_for_buildings
- Radić, M., Dodig, MB y Auer, T. (2019). *Fachadas verdes y muros vivos: una revisión que establece la clasificación de los tipos de construcción y muestra los beneficios*. Sostenibilidad, 11, p. 4579. Recuperado de: https://pdfs.semanticscholar.org/9f5c/cbf72963cfb8092f2fde748adfa4042fb03f.pdf?_qa=2.55507624.2012643066.1619916679-1405218188.1612224341
- Recuero López, M. (2000) *Ingeniería Acústica*, Ed. Paraninfo, Madrid.
- Rizzo La Malfa, A.M.; Velis, A.; Posse, C.; Armas, A.; Miguel, S.; Figueira, A.; Gabin Portmann, J.; Cortes, R.; Favre, M.; Mini, P.; Brett, J. (2020) *Sistemas modulares verticales: Evaluación de la absorción acústica en laboratorio*, Revista Ecos Año 1 N°1, Sociedad Uruguaya de Acústica, Montevideo, Uruguay, ISSN 2697-2913, enero – junio 2020, pp. 48-57. Recuperado de: <https://revistas.udelar.edu.uy/OJS/index.php/ecos/issue/download/revistas.udelar.edu.uy/ECOS%20A%C3%B1o%201%20-%20N%C3%BAmero%201>
- Schulker, Brian & Jackson, Brian & Fonteno, William & Heitman, Josh & Albano, Joseph. (2020). *Comparison of Water Capture Efficiency through Two Irrigation Techniques of Three Common Greenhouse Soilless Substrate Components*. Agronomy. 10, p. 1389. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/344978566_Comparison_of_Water_Capture_Efficiency_through_Two_Irrigation_Techniques_of_Three_Common_Greenhouse_Soilless_Substrate_Components
- Serra, V.; Bianco, E.; Candelari, R.; Giordano, E.; Montacchini, S.; Tedesco, F.; Larcher, A.; Schiavi (2017) *A novel vertical greenery module system for building envelopes: The results and outcomes of a multidisciplinary research project*. Energy and Buildings, v. 146, pp. 333–352, 2017. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-novel-vertical-greenery-module-system-for-The-and-Serra-Bianco/ab1c599b81da1781182c0efad8678ce702c7a2dd>
- Seyam, S., (2019). *The impact of greenery systems on building energy: Systematic review*, Journal of Building Engineering, 26, 100887. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-impact-of-greenery-systems-on-building-energy%3A-Seyam/77892e105e813a543ea0b23f7d5cbd36b0e8b147>
- Schulker, Brian & Jackson, Brian & Fonteno, William & Heitman, Josh & Albano, Joseph. (2020). *Comparison of Water Capture Efficiency through Two Irrigation Techniques of Three Common Greenhouse Soilless Substrate Components*. Agronomy. 10, p. 1389. 10.3390/agronomy10091389. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/344978566_Comparison_of_Water_Capture_Efficiency_through_Two_Irrigation_Techniques_of_Three_Common_Greenhouse_Soilless_Substrate_Components
- Van Renterghem T. & Botteldooren D. (2009) *Reducing the acoustical facade load from road traffic with green roofs*. Building and Environment, 44, pp. 1081–1087. Recuperado de: <https://users.ugent.be/~tvrenter/publicaties/acousticalfacadeload.pdf>
- Van Renterghem, Timothy & Botteldooren, Dick & Verheyen, Kris. (2012). *Road traffic noise shielding by vegetation belts of limited depth*. Journal of Sound and Vibration. 331, pp. 2404-2425. 10.1016/j.jsv.2012.01.006. Resumen recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/236650926_Road_traffic_noise_shielding_by_vegetation_belts_of_limited_depth
- Veisten, Knut & Smyrnova, Yuliya & Klæboe, Ronny & Hornikx, Maarten & Mosslemi, Marjan & Kang, Jian. (2012). *Valuation of Green Walls and Green Roofs as Soundscape Measures: Including Monetised Amenity Values Together with Noise-attenuation Values in a Cost-benefit Analysis of a Green Wall Affecting Courtyards*. International journal of environmental research and public health. 9, pp. 3770-3788. 10.3390/ijerph9113770. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/233829121_Valuation_of_Green_Walls_and_Green_Roofs_as_Soundscape_Measures_Including_Monetised_Amenity_Values_Together_with_Noise-attenuation_Values_in_a_Cost-benefit_Analysis_of_a_Green_Wall_Affecting_Courtyard
- Velis, A.; Posse, C.M.; Rizzo La Malfa, A. (2018) *Absorción acústica de jardines verticales – Acoustic absorption of vertical garden*, XVI Congreso Argentino de Acústica, Buenos Aires, 22-23 de noviembre del 2018. Recuperado de: <https://adaa.org.ar/wp-content/uploads/2021/04/adaa2018-007.pdf>
- Velis, A.; Posse, C.M.; Rizzo La Malfa, A. (2019) *Absorción acústica de jardines verticales – Acoustic absorption of vertical garden*, Revista Elektron, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires (FI-UBA), Vol. 3, No. 1, pp. 10-15, Recuperado de: <http://elektron.fi.uba.ar/index.php/elektron/article/view/55>
- Thomazelli, R.; Caetano, F.; Bertoli, S. (2017) *Acoustic properties of green walls: Absorption and insulation* en Actas ICA'16,



2016, volumen 28, 015017. Recuperado de: <http://www.ica2016.org.ar/ica2016proceedings/ica2016/ICA2016-0695.pdf>

- Wong, Nyuk Hien & Tan, Alex & Tan, Puay & Chiang, Kelly & Wong, Ngian. (2010). *Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls*. *Building and Environment - BLDG ENVIRON*. 45, pp. 411-420. 10.1016/j.buildenv.2009.06.017. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/245145507_Acoustics_evaluation_of_vertical_greenery_systems_for_building_walls/citation/download
- Xu, Yan & Duan, Jieli & Jiang, Rui & Li, Jun & Yang, Zhou. (2021). *Study on the Detection of Soil Water Content Based on the Pulsed Acoustic Wave (PAW) Method*. IEEE Access, pp. 1-10. 10.1109/ACCESS.2021.3049852. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/348774276_Study_on_the_Detection_of_Soil_Water_Content_Based_on_the_Pulsed_Acoustic_Wave_PAW_Method/citation/download
- Yang, Hong-Seok & Kang, Jian & Cheal, Chris. (2013). *Random-Incidence Absorption and Scattering Coefficients of Vegetation*. *Acta Acustica united with Acustica*. 99, pp. 79-388. 10.3813/AAA.918619. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/258455034_Random-Incidence_Absorption_and_Scattering_Coefficients_of_Vegetation
- Yang H.S., Kang J. & Choi M.S. (2012) *Acoustic effects of green roof systems on a low-profiled structure at street level*. *Building and Environment*, 50, pp. 44-55. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/230887782_Acoustic_effects_of_green_roof_systems_on_a_low-profiled_structure_at_street_level
- Zhang, Q., Zhao, L., & Cui, H. (2016). *Investigation of the noise reduction provided by vegetation belt in different design styles*. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Investigation-of-the-noise-reduction-provided-by-in-Zhang-Zhao/86cd1c69dcbdf26e70b54fdfe197ae9e3526c57>

ANEXOS

ANEXO A

- Ascione, Fabrizio & De Masi, Rosa & Mastellone, Margherita & Ruggiero, Silvia & Vanoli, Giuseppe. (2020). *Green Walls, a Critical Review: Knowledge Gaps, Design Parameters, Thermal Performances and Multi-Criteria Design Approaches*. *Energies*. 13, 2296. 10.3390/en13092296. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/341209439_Green_Walls_a_Critical_Review_Knowledge_Gaps_Design_Parameters_Thermal_Performances_and_Multi-Criteria_Design_Approaches/citation/download
- Ascione, F.; De Masi, R.F.; Mastellone, M.; Ruggiero, S.; Vanoli, G.P. (2020), *Green Walls, a Critical Review: Knowledge Gaps, Design Parameters, Thermal Performances and Multi-Criteria Design Approaches*, *Energies*, 13, issue 9, pp. 1-39. Recuperado de: https://econpapers.repec.org/article/gamjeners/v_3a13_3ay_3a2020_3ai_3a9_3ap_3a2296-3ad_3a354373.htm
- Blanc, Patrick. (2015) *Vertical Gardens, the new Challenges* - in J. Briz et al. (Eds) *Green Cities in the world*, 2nd Edición, pp. 330 - 355. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/326111248_Blanc_P_-2015_-_Vertical_Gardens_the_new_Challenges_-_in_J_Briz_et_al_Eds_Green_Cities_in_the_world_2nd_Ed_330_-_355
- Corredor Acuña, J. (2016). *Análisis comparativo del sistema de paredes verdes mediante el uso de llantas recicladas para determinar la viabilidad de un modelo a escala para paredes vegetadas* (Master's thesis, Universidad de La Sabana). Recuperado de: <https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/30019/Javier%20Corredor%20Acu%C3%B1a%20%28Tesis%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- De Garrido, L. (2011b). *Sustainable Architecture Green in Green*. Barcelona, Instituto Monsa de Ediciones.
- Dunnett, N., & Kingsbury, N. (2013b). *Planting Green Roofs And Living Walls*. London, UK: Timber Press.
- Rovira et al (2017) *Ecoinnovación y producción verde. Una revisión sobre las políticas de América Latina y el Caribe*", Naciones Unidas, Santiago de Chile, pág. 17. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40968/1/S1700072_es.pdf

ANEXO C

- Abhijith, K., Kumar, P.S., Gallagher, J.P., McNabola, A., Baldauf, R.W., Pilla, F., Broderick, B.E., Sabatino, S.D., & Pulvirenti, B. (2017). *Air Pollution Abatement Performances of Green Infrastructure in Open Road and Built-up Street Canyon Environments – A Review*. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Air-Pollution-Abatement-Performances-of-Green-in-%E2%80%93-Abhijith-Kumar/eb5444f84365fdf89137fd0a8c34541967d03f6>
- Albahori, Ainul & Ramlan, Annur & Zakariya, Khalilah. (2014). *Assessing the Values and Potentials of Public Art in Campus Public Space*. Recuperado de:



https://www.researchgate.net/publication/323959120_Assessing_the_Values_and_Potentials_of_Public_Art_in_Campus_Public_Space/citation/download

- Al-ameri, Adeb Qaid & Ossen, Dilshan. (2014). Effect of asymmetrical street aspect ratios on microclimates in hot, humid regions. *International Journal of Biometeorology*, 59. 10.1007/s00484-014-0878-5. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/264623273_Effect_of_asymmetrical_street_aspect_ratios_on_microclimates_in_hot_humid_regions
- Al-Kodmany Kheir (2018) The sustainable vertical city research project, 2018, BOOK: The Vertical City: A Sustainable Development Model; Chapter 04. Recuperado de: https://www.academia.edu/38047377/The_sustainable_vertical_city_research_project?email_work_card=title
- Alexandri E, Jones P. (2008) Temperature Decreases in an Urban Canyon Due to Green Walls and Green Roofs in Diverse Climates, *Building and Environment* 43 (2008) pp 480–493. Recuperado de: https://www.academia.edu/231453/Temperature_decreases_in_an_urban_canyon_due_to_green_walls_and_green_roofs_in_diverse_climates
- Ali-Toudert, F & Mayer, H. (2006). Effects of asymmetry, galleries, overhanging facades and vegetation on thermal comfort in urban spohont canyons. *Solar Energy*, Vol. 81, pp.742–754. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/242157021_Effects_of_Street_Design_on_Outdoor_Thermal_Comfort
- Ascione, Fabrizio & De Masi, Rosa & Mastellone, Margherita & Ruggiero, Silvia & Vanoli, Giuseppe. (2020). Green Walls, a Critical Review: Knowledge Gaps, Design Parameters, Thermal Performances and Multi-Criteria Design Approaches. *Energies*, 13, 2296. 10.3390/en13092296. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/341209439_Green_Walls_a_Critical_Review_Knowledge_Gaps_Design_Parameters_Thermal_Performances_and_Multi-Criteria_Design_Approaches/citation/download
- Arisona, S. M., Aschwanden, G., Halatsch, J., Wonka, P. (2012). *Digital Urban Modeling and Simulation*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- ARUP (2016) *Cities Alive: Green Building Envelope*. Recuperado de: <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/cities-alive-green-building-envelope>
- Azkorra, Zaloa & Pérez, Gabriel & Coma, Julià & Cabeza, Luisa F. & Burés, Silvia & Álvaro, Juan E. & Erkoreka, A. & Urrestarazu, Miguel. (2015). Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings. *Applied Acoustics*, 89, pp. 46-56. 10.1016/j.apacoust.2014.09.010. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/266145192_Evaluation_of_green_walls_as_a_passive_acoustic_insulation_system_for_buildings/citation/download
- Azkorra Larriñaga, Z. (2015), Estudio comparativo de Eficiencia energética: Fachada ventilada frente a fachada vegetal (tesis doctoral), Facultad de Ingeniería de Bilbao, Universidad del País Vasco - Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Bilbao, España.
- Bach, P., B., (2001), *Defining the Public Context*, In: Bach, P., B., *New Land. Marks: public art, community, and the meaning of place*, Fairmount Park Association, Philadelphia.
- Bakar, N. I.A.; Mansor, M.; Harun, N.Z. (2014) Vertical greenery system as public art? Possibilities and challenges in Malasyan urban context. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 153, pp 230, 241. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814054998>
- Basdogan, Gulcinay & Cig, Arzu. (2016). Ecological-social-economical impacts of vertical gardens in the sustainable city model. 26. 430-438. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/316505048_Ecological-social-economical_impacts_of_vertical_gardens_in_the_sustainable_city_model/citation/download
- Bass B., Baskaran B. (2001) *Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas*, Institute for Research and Construction, NRCC-46737, Project number A020, CCAF Report B1046, Ottawa, Canada, National Research Council. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/ElisaMendelsohn/evaluating-rooftop-and-vertical-gardens-as-an-adaptation-strategy-for-urban-areas>
- Beatley, Tim & Newman, Peter. (2013). *Biophilic Cities Are Sustainable, Resilient Cities*. *Sustainability*, 5, 3328-3345. 10.3390/su5083328. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/277377188_Biophilic_Cities_Are_Sustainable_Resilient_Cities
- Beckett KP, Freer-Smith P, Taylor G. (1998). Urban woodlands: Their role in reducing the effects of particulate pollution. *Environ Pollut*, 99(3) pp. 347–360. Resumen recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749198000165>
- Benvenuti S. (2014). Wildflower green roofs for urban landscaping, ecological sustainability and biodiversity. *Landscape Urban Plan* 124, pp. 151-161. Recuperado de: <https://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/63123.pdf>
- Berardi, Umberto (2014) State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs, *Appl Energy*, 115, pp. 411-428. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/258100767_State-of-the-art_analysis_of_the_environmental_benefits_of_green_roofs/citation/download



- Berardi, Umberto; Hosein, Amir; Hoseini, Ghaffarian; Hoseini, Ali Ghaffarian (2014), Análisis de vanguardia de los beneficios ambientales de los techos verdes, *Energía Aplicada*, 115, (C), pp. 411-428. Recuperado de: https://econpapers.repec.org/article/eeeappene/v_3a115_3ay_3a2014_3ai_3ac_3ap_3a411-428.htm
- Besir, A.B.; Cuce, E. (2018) Green roofs and facades: a comprehensive review, *Renew Sustain Energy Rev* 82 (2018), pp. 915-939. Resumen recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117313680>
- Blanc, Patrick. (2018). Blanc P. (2015) Vertical Gardens, the new Challenges - in J. Briz et al. (Eds) *Green Cities in the world*, 2nd Edición, pp. 330 - 355. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/326111248_Blanc_P_-2015_-_Vertical_Gardens_the_new_Challenges_-_in_J_Briz_et_al_Eds_Green_Cities_in_the_world_2nd_Ed_330_-_355/citation/download
- Bourbia, F & Awbi, H.B. (2004). Technical note: Building cluster and shading in urban canyon for hot dry climate Part 2: Shading simulations. *Renewable Energy*. Vol 29, pp 291–301.
- Brink, M.; Schreckenber, D.; Vienneau, C.; Cajochen, J.-M.; Wunderli, N.; Probst-Hensch, et al. (2016) Effects of scale, question location, order of response alternatives, and season on self-reported noise annoyance using IC BEN scales: a field experiment *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 13 (2016). Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Effects-of-Scale%2C-Question-Location%2C-Order-of-and-A-Brink-Schreckenber/95c86f8762131cbe55d3d3bf62e3b83576748c8b>
- Brüll A., van Bohemen H., Costanza R., Mitsch W.J., van den Boomen R., Chaudhuri N., Heeb J., Jenssen P., Kalin M., Schönborn A., (2011) Benefits of ecological engineering practices, *Procedia Environmental Sciences* 9 pp. 16-20. Recuperado de: http://www.robertcostanza.com/wp-content/uploads/2017/02/2011_J_Bru%CC%88ll.pdf
- Brunson, L., Kuo, F., & Sullivan. (2001) Resident appropriation of defensible space in public housing: Implications for safety and community. *Environment & Behaviour*, 33(5), pp.626-652. Recuperado de: <http://www.willsull.net/resources/BrunsonKuoSullivan2001.pdf>
- Cabrera-Vallejo, Mario; Salazar Yépez, Wilfrido (2016) Construcción experimental de jardines verticales y su relación con el confort termohigrométrico en ambientes cerrados *Industrial Data*, vol. 19, núm. 2, julio-diciembre, 2016, pp. 78-90 Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima, Perú. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81649428010.pdf>
- Callaghan, Chris & Peck, Steven & Kuhn, Monica & Arch, B & O.A.A., & Bass, Brad & Group, Environmental. (1999). Greenbacks from green roofs: Forging a new industry in Canada. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/230887928_Greenbacks_from_green_roofs_Forging_a_new_industry_in_Canada/citation/download
- Cameron, R. W. F., Taylor, J. E., Emmett, M. R. (2014) What's 'cool' in the world of green façades? How plant choice influences the cooling properties of green walls. *Building and Environment* 73, pp. 198-207. Recuperado de: <http://eprints.whiterose.ac.uk/88895/1/Cameron-greenfacadeAll.pdf>
- Carazp Fernández, Luis & Alvarez, Ramón & González-Barcala, Francisco-Javier & Rodríguez Portal, Jose. (2013). Indoor Air Contaminants and Their Impact on Respiratory Pathologies *Contaminación del aire interior y su impacto en la patología, Bronconeumology Archive*, Volume 49, Issue 1, January 2013, pp. 22-27. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/257121024_Contaminacion_del_aire_interior_y_su_impacto_en_la_patologia_respiratoria
- Cariñanos, P.; Casares-Porcel, M. (2011) Urban green zones and related pollen allergy: A review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact. *Landsc. Urban Plan*, 101, pp. 205–214. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016920461100137X?via%3Dihub>
- Carrera Acosta, Á. (2011). Sistemas vegetales verticales: estudio de los efectos de la integración arquitectónica de sistemas vegetales verticales y propuestas de uso como técnica pasiva de ahorro de energía en el clima continental mediterráneo, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica, trabajo de grado de maestría en Técnicas y Sistemas de Edificación, p. 37. Recuperado de: http://oa.upm.es/10204/2/TESIS_MASTER_ALVARO_CARRERA_ACOSTA.pdf
- Castleton H. F., Stovin V., Beck S. B. M., Davison J. B. (2010). Green roofs: building energy savings and the potential of retrofit. *Energy Build* 42, pp.1582-1591. Recuperado de: https://www.academia.edu/3705790/Green_roofs_building_energy_savings_and_the_potential_for_retrofit
- Castro, Laura; Cuevas, Alejandra; Sebastián, C.; Ortegón, Daniela, J.; Pulido; Tuo Juan; Torres, Pablo; María, M; Velásquez Riaño, Möriz. (2018). Jardines verticales como alternativa para mejorar el estado de ánimo de la población de adultos en un centro gerontológico de la ciudad de Bogotá D.C. (Colombia). *Journal of Technology*. 16. 10.18270/rt. v16i1.2315. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/325256517_Jardines_verticales_como_alternativa_para_mejorar_el_estado_de_aniimo_de_la_poblacion_de_adultos_en_un_centro_gerontologico_de_la_ciudad_de_Bogota_DC_Colombia/citation/download
- Chang, T. (2008). Art and soul: Powerful and powerless art in Singapore. *Environment and Planning A*. 40. 1921-1943. 10.1068/a39240. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/23540099_Art_and_soul_Powerful_and_powerless_art_in_Singapore



- Cheng, C.Y., Cheung, K.C., & Chu, L.M. (2010). Thermal performance of a vegetated cladding system on facade walls. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Thermal-performance-of-a-vegetated-cladding-system-Cheng-Cheung/d298cb20b4a9d413f4852a060f2e4300d309dfff>
- Chen, Qiuyu & Li, Baofeng & Xiao, Liu. (2013). An experimental evaluation of the living wall system in hot and humid climate. *Energy and Buildings*. 61. 298–307. 10.1016/j.enbuild.2013.02.030. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/257227706_An_experimental_evaluation_of_the_living_wall_system_in_hot_and_humid_climate
- Chiquet, Caroline (2014) The animal biodiversity of green walls in the urban environment. Tesis Doctoral. Staffordshire University. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/43609063.pdf>
- Chow, C.L.; Han, S.S.; Dahanayake K.C.; Chow W.K. (2018) Fire Hazards with Vertical Greenery Systems, FPE Extra SFPE (From the publisher of fire protection engineering magazine), ISSUE 31 Julio 2018; Recuperado de: https://cdn.ymaws.com/www.sfpe.org/resource/resmgr/fpe_extra_images/july_18/July_2018_Final-R.pdf
- Chu, A. K. M., R. C. W. Kwok, et al. (2005). Study of pollution dispersion in urban areas using Computational Fluid Dynamics (CFD) and Geographic Information System (GIS). *Environmental Modelling & Software* 20(3), pp. 273-277.
- Crowe S. (1994) *Garden Design*. Garden Art Press., p. 296.
- Darlington, A.; Arsenault, P. (2012) Understanding the Difference between a Green Vertical Wall a Living Wall Biofilter. Recuperado de: <http://nedlawlivingwalls.com/wp-content/uploads/sites/4/2019/07/Understanding-the-Difference-bw-a-Green-Wall-and-a-Biofilter.pdf>
- De Garrido, L. (2012) El muro cortina vegetal La envolvente arquitectónica más avanzada. *Revista EA Envolvente Arquitectónica*, N°5. Zarautz, Guipúzcoa, España. Recuperado de: <http://www.envolventearquitectonica.com/revistas/05/EA05.pdf>
- Delgado-López, Angélica Evelin, González-Ramírez, César Abelardo, Prieto-García, Francisco, Villagómez-Ibarra, José Roberto, & Acevedo-Sandoval, Otilio. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), pp. 597-612. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002&lng=es&tlng=es.
- De Vries, S.; Dillen, S.M.E. van, Groenewegen, P.P., Spreeuwenberg, P. (2013) Streetscape greenery and health: stress, social cohesion and physical activity as mediators. *Social Science & Medicine*: 94(Oct), pp. 26-33. Recuperado de: <http://postprint.nivel.nl/PPpp5135.pdf>
- Diamond M.L.; Hodge, E (2007) Urban Contaminant Dynamics: From Source to Effect, *Environmental, Science and Technology* 41: 11, pp. 3796–3800. Recuperado de: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es072542n>
- Díaz, Gisela (2005), *Vegetación y calidad ambiental de las ciudades; Arquitectura y Urbanismo*, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría Ciudad de La Habana, vol. XXVI, núm. 1, 2005, pp. 44-49, Cuba. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/3768/376839847007.pdf>
- Di Stasio, Cat (2016) San Francisco's first community-built living wall is a drought-resistant masterpiece, *Revista online Inhabitat*, Sección Architecture, Design, Gardening, Sustainable Living, publicado el 27 de mayo del 2016. Recuperado de: <https://inhabitat.com/san-franciscos-first-community-built-living-wall-is-a-drought-resistant-masterpiece/planted-design-living-wall-9-cropped/>
- Djedjig, Rabah & Belarbi, Rafik & Bozonnet, Emmanuel. (2017). Green wall impacts inside and outside buildings: experimental study. *Energy Procedia*. 139. 578-583. 10.1016/j.egypro.2017.11.256. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/322004696_Green_wall_impacts_inside_and_outside_buildings_experimental_study
- Dinsdale S, Pearen B, Wilson C. (2006). Feasibility Study for Green Roof Application on Queen's University campus. *Queen's Physical Plant Services*. Recuperado de: <https://www.queensu.ca/sustainability/sites/webpublish.queensu.ca.suswww/files/files/greenroof.pdf>
- Dunnett, Nigel y Noël Kingsbury (2008) *Planting Green Roofs and Living Walls*, Londres, Timber Press, Inc, p.8.
- Dzierżanowski, Kajetan; Popek, Robert; Gawrońska, Helena; Sæbø Anne; Gawroński; Stanisław W. (2011): Deposition of Particulate Matter of Different Size Fractions on Leaf Surfaces and in Waxes of Urban Forest Species, *International Journal of Phytoremediation*, 13:10, pp. 1037-1046 Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1080/15226514.2011.552929>
- El-Barmelgy Hesham Moh (2013) Sustainable landscape and healing gardens: Introducing healing gardens as a deep form of sustainable landscape, *International Journal of Development and Sustainability* Volume 2 Number 3 (2013), pp. 2051-2065. Recuperado de: <http://idsnet.com/ijds-v2n3-29.pdf>
- Emmanuel, R. Rosenlund, H. Johansson, E. (2007). Urban Shading – a design option for the Tropics? A Study in Colombo, Sri Lanka. *International Journal of Climatology*, Vol.27.
- Emilsson, Tobias & Berndtsson, Justyna & Mattsson, Jan & Rolf, Kaj. (2007). Effect of using conventional and controlled release fertiliser on nutrient runoff from various vegetated roof systems. *Ecological Engineering*. 29, pp. 260-271. 10.1016/j.ecoleng.2006.01.001. Recuperado de:



https://www.researchgate.net/publication/222167058_Effect_of_using_conventional_and_controlled_release_fertiliser_on_nutrient_runoff_from_various_vegetated_roof_systems/citation/download

- European Commission (2016b) Energy Efficiency-Building. Recuperado de: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings> Accessed 24 Sept 2016
- Fadelli, Ingrid (2019) PixelGreen: A hybrid, green media wall for existing high-rise buildings, Blog, Tech Xplore, publicado el 22 de mayo del 2019. Recuperado de: <https://techxplore.com/news/2019-05-pixelgreen-hybrid-green-media-wall.html>
- Fariña Tojo, J. (2001). Naturaleza Urbana. Boletín CF+S (n. 15); ISSN 1578-097X., p. 8. Recuperado de: <http://habitat.ag.upm.es/boletin/n15/ajfar.html>
- Fernández-Cañero, Rafael; Pérez Urrestarazu, Luis; Franco Salas, Antonio (2011), Assessment of the Cooling Potential of an Indoor Living Wall using Different Substrates in a Warm Climate, Indoor Built Environ, Vol. 21 Issue 5. Recuperado de: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1.1.1028.8316&rep=rep1&type=pdf>
- Fernandez-Cañero, Rafael & Perez Urrestarazu, L. & Salas, Antonio. (2012). Assessment of the Cooling Potential of an Indoor Living Wall using Different Substrates in a Warm Climate. Indoor and Built Environment. 21, pp. 642-650. 10.1177/1420326X11420457. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/235719830_Assessment_of_the_Cooling_Potential_of_an_Indoor_Living_Wall_using_Different_Substrates_in_a_Warm_Climate
- Fjeld T, Veiersted B, Sandvik L. (1998) The effect of indoor foliage plants on health and discomfort symptoms among office workers: Indoor Building Environmental; 7(4), pp. 204-209. Resumen Recuperado de: <https://www.karger.com/Article/Abstract/24583I>
- Fowdar HS, Hatt BE, Breen P, Cook PLM, Deletic A. (2017) Designing living walls for greywater treatment. Water Research. 2017 Mar; 110, pp. 218-232. DOI: 10.1016/j.watres.2016.12.018. Recuperado de: <https://europepmc.org/article/med/28011362>
- Francis R. A., Lorimer J. (2011). Urban reconciliation ecology: The potential of living roofs and walls. J Environ Manage 92 (6), pp. 1429-1437. Recuperado de: https://www.academia.edu/25481415/Urban_reconciliation_ecology_the_potential_of_living_roofs_and_walls
- Frank, Lawrence. (2000). Land Use and Transportation Interaction: Implications on Public Health and Quality of Life. Journal of Planning Education and Research. 20, pp. 6-22. 10.1177/073945600773583670. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/235358168_Land_Use_and_Transportation_Interaction_Implications_on_Public_Health_and_Quality_of_Life/citation/download
- Franchi M, Carrer P, Kotzias D, Rameckers EM, Seppänen O, van Bronswijk JE et al. (2006) Working towards healthy air in dwellings in Europe. Allergy; Jul; 61(7) pp. 864-868. Recuperado de https://ec.europa.eu/health/ph_projects/2001/pollution/fp_pollution_2001_exs_02.pdf
- Fujii, Shuji & Cha, Hiun & Kagi, Naoki & Miyamura, Hisashi & Kim, Yong-Shik. (2005). Effects on air pollutant removal by plant absorption and adsorption. Building and Environment. 40, pp. 105-112. 10.1016/j.buildenv.2004.04.015. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/229419486_Effects_on_air_pollutant_removal_by_plant_absorption_and_adsorption/citation/download
- García Lozada, J., Ariza Melo, J. (2016) Diseño e implementación de jardines verticales como estrategia pedagógica en la educación ambiental del Colegio Distrital Instituto Técnico Industrial Francisco José de Caldas, Tesis de grado, Licenciatura en Biología, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de: <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/6591>
- Gardeninggrrl (2015) Semiahmoo Library's Green Wall, Blog wordpress, publicado el 10 de julio del 2015. Recuperado de: <https://gardeninggrrl.wordpress.com/2015/07/10/semiahmoo-librarys-green-wall/>
- Gehl, Jan (2011) Life between Building: Using public spaces, Islandpress, Washington, US. Recuperado de: https://www.academia.edu/29430383/jan_Gehl_Life_Between_Buildings
- Getter, Kristin & Rowe, D. (2006). The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development. Hort Science: a publication of the American Society for Horticultural Science. 41. 1276. 10.21273/HORTSCI.41.5.1276, pp.1276-1285. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/258437861_The_Role_of_Extensive_Green_Roofs_in_Sustainable_Development/citation/download
- Getter, Kristin & Rowe, D. (2008). Media depth influences Sedum green roof establishment. Urban Ecosystems. 11, pp. 361-372. 10.1007/s11252-008-0052-0. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/225961087_Media_depth_influences_Sedum_green_roof_establishment/citation/download
- Getter, K. L., Row, D. B., Robertson, G. P., Cregg, B. M., & Andresen, J. A. (2009). Carbon sequestration Potential of extensive green roofs. Environmental Science and Technology, 43(19), pp. 7564-7570. doi: 10.1021/es901539x. Recuperado de: <https://iter.kbs.msu.edu/docs/robertson/Getter2009EnvSciTech.pdf>
- Gonzalo G, Nota V.M., Quiñones G., Llabra C. (2007) Confort bioclimático en espacios públicos y calles peatonales, en ciudades y centros turísticos, IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construido, Ouro Preto,



8-10 agosto 2007, Brasil. Recuperado de:

https://www.academia.edu/3919289/Confort_bioclim%C3%A1tico_espacios_p%C3%BAblicos

- Gordillo, G. (2013) Seguridad y Soberanía Alimentaria (Documento base para discusión), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Organización de Naciones Unidas (ONU). Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-ax736s.pdf>
- Grant, G. (2006). Green Roofs and facades, BRE Press, ISBN 1-86081-940-0 Citación recuperada de: https://www.researchgate.net/publication/289539380_Green_Roofs_and_Facades/citation/download
- Grant R.H. & Heisler G.M. (1996) Solar ultraviolet-B and photosynthetically active irradiance in the urban sub-canopy: a survey of influences. International Journal of Biometeorology, 39, pp. 201–212. Resumen Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF01221393>
- Hadba, Lujain & Silva, Ligia & Mendonça, Paulo. (2017). Green Walls an Efficient Solution for Hygrothermal, Noise and Air Pollution Control in the Buildings, pp. 241-251. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/313852100_Green_Walls_an_Efficient_Solution_for_Hygrothermal_Noise_and_Air_Pollution_Control_in_the_Buildings/citation/download
- Hammerling Navas Navarro, F; Mila Peña Flores, L. (2012) Los diseños verticales y la agricultura unidos para la producción de alimentos en los Módulos para Huertas Urbanas Verticales, Revista de Investigación Agraria y Ambiental, Volumen 3 Número 2 – julio-diciembre 2012 – ISSN 21. Recuperado de: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/962/951>
- Hansford, K.M.; Fonville, M.; Gillingham, E.L.; Coipan, E.C.; Pietzsch, M.E.; Krawczyk, A.I.; Vaux, A.G.C.; Cull, B.; Sprong, H.; Medlock, J.M. (2017) Ticks and Borrelia in urban and peri-urban green space habitats in a city in southern England. Ticks Tick Borne Dis. 2017, 8, pp. 353–361. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28089123>
- Hoelscher, Marie-Therese & Nehls, Thomas & Jänicke, Britta & Wessolek, Gerd. (2015). Quantifying cooling effects of facade greening: Shading, transpiration and insulation. Energy and Buildings. 10.1016/j.enbuild.2015.06.047. Disponible en: https://www.academia.edu/20475489/Quantifying_cooling_effects_of_facade_greening_Shading_transpiration_and_insulation
- Holm D. (1989) Thermal improvement by means of leaf covers on external walls – a simulation model, Energy Building 14, pp 19-30. Resumen disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/037877888990025X>
- Hoyano J., (1988) Climatological uses of plants for solar control and the efforts on the thermal environmental of a building, Energy and Building 11, pp 29-36. Resumen Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/037877888900357>
- Huang, H., R. Ooka, et al. (2008). CFD analysis on traffic-induced air pollutant dispersion under non-isothermal condition in a complex urban area in winter. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 96(10-11): pp. 1774-1788.
- Huntington, David (2018) Sustainable Graffiti Management Solutions for Public Areas, Street Art & Urban Creativity, Scientific Journal (SAUC), Changing Times: Tactics, Vol.4 N° 1, pp. 58-59. Recuperado de: http://sauc.website/journals/1/issues/SAUC2018_v4_n1_final4_web.pdf
- Ichihara K, Cohen J. (2011) New York City property values: what is the impact of green roofs on rental pricing. Lett Spat Resour Sci 4, pp. 21–30. Recuperado de: <https://ideas.repec.org/a/spr/lisprsc/v4y2011i1p21-30.html>
- Ip K., Lam M; Miller A. (2010) Shading performance of a vertical deciduous climbing plant canopy Build Environ, 45 (2010), pp. 81-88. Recuperable de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036013230900122X>
- Jacobs, Jane (1961) The dead and life of Great American Cities. New York. Recuperado de: https://www.buurtwijis.nl/sites/default/files/buurtwijis/bestanden/jane_jacobs_the_death_and_life_of_great_american.pdf
- Jialin, T. Living Wall: Jungle to Concrete, 1ª ed .; Design Media Publishing Limited: Hong Kong, China, 2013; ISBN 9789881545107
- Jim, C.Y.; Hi, H. (2011) Estimating heat flux transmission of vertical greenery ecosystem, Ecological Engineering, Volume 37, Issue 8, pp. 1112-1122. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092585741100070X>
- Johnston, J., & Newton, J. (2004). Building Green: A Guide to Using Plants on Roofs, Walls and Pavements. Greater London Authority, London, City Hall, London, UK. ISBN 1 85261 637 7. Recuperado de: <https://brightonandhovebuildinggreen.files.wordpress.com/2017/07/johnstone-and-newton-building-green.pdf>
- Joshi, S. V.; Ghosh, S. (2014) On the Air Cleansing Efficiency of an Extended Green Wall: A CFD Analysis of Mechanistic Details of Transport Processes Journal of Theoretical Biology 361:21, pp. 101–110. Recuperado de: https://www.academia.edu/23307935/On_the_air_cleansing_efficiency_of_an_extended_green_wall_A_CFD_analysis_of_mechanistic_details_of_transport_processes
- Kaplan, Stephen. (1995). The Restorative Benefits of Nature: Toward an Integrative Framework. Journal of Environmental Psychology. 15. 169-182. 10.1016/0272-4944(95)90001-2. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/222305048_The_Restorative_Benefits_of_Nature_Toward_an_Integrative_Framework



- Köhler, M., Schmidt, M., & Laar, M. (2003, 1-5 December 2003). Roof Gardens in Brazil. Paper presented at the RIO 3 - World Climate & Energy Event, Rio de Janeiro, Brazil. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/242230829_Roof_gardens_in_Brazil/citation/download
- Köler, M. (2008) Green Façades: a view back and some visions. Urban Ecosystems, London, v. 11, n. 4, pp. 423-436. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/225748446_Green_facades-A_view_back_and_some_visions/citation/download
- Köhler, Manfred. (2008). Green facades—A view back and some visions. Urban Ecosystems. 11. Pp. 423-436. 10.1007/s11252-008-0063-x. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/225748446_Green_facades-A_view_back_and_some_visions/citation/download
- Köhler, Manfred & Poll, Philipp. (2009). Long-term performance of selected old Berlin greenroofs in comparison to younger extensive greenroofs in Berlin. Ecological Engineering. 36. 722-729. 10.1016/j.ecoleng.2009.12.019. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/229147366_Long-term_performance_of_selected_old_Berlin_greenroofs_in_comparison_to_younger_extensive_greenroofs_in_Berlin
- Kontoleon, Karolos & Eumorfopoulou, E. (2010). The effect of the orientation and proportion of a plant-covered wall layer on the thermal performance of a building zone. Building and Environment - BLDG ENVIRON. 45. Pp. 1287-1303. 10.1016/j.buildenv.2009.11.013. Recuperado de: <https://scbrims.files.wordpress.com/2013/10/061013-effect-of-the-orientation-and-proportion-of-a-plant-covered-wall-layer-on-thermal-performance.pdf>
- Kostianen, R. (1995) Volatile Organic Compounds in the Indoor Air of Normal and Sick Houses, Atmospheric Environment 29, pp. 693–702. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-011-0550-0>
- Khoo, Chin Koi & Wee, H. (2019). PIXELGREEN A hybrid green media wall for existing high-rise buildings. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/332798500_PIXELGREEN_A_hybrid_green_media_wall_for_existing_high-rise_buildings/citation/download
- Krüger, Eduardo & Minella, Flavia & Rasia, F.. (2011). Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil. Building and Environment. 46, pp 621-634. 10.1016/j.buildenv.2010.09.006. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/232394088_Impact_of_urban_geometry_on_outdoor_thermal_comfort_and_air_quality_from_field_measurements_in_Curitiba_Brazil/citation/download
- Kuo, F. E. & Sullivan, W. C. (2001). Aggression and violence in the inner city effects of environment via mental fatigue. Environment and Behavior, 33, pp. 543-57. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Aggression-and-Violence-in-the-Inner-City-Kuo-Sullivan/3151115b2bc5a174b9bad6c28e71874b2dc2f0db>
- Lipp, D. (2014). El cañón urbano: su incidencia en la contaminación del aire. En Acta, Congreso Internacional de Geografía, 75a Semana de Geografía, pp. 123-128. Recuperado de: http://www.gaea.org.ar/Actas2014_Lipp.pdf
- Lohr VI, Bummer LH (1992) Assessing and influencing attitudes toward water-conserving landscapes: HortTechnology 2, pp. 253–256. Recuperado de: <https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/2/2/article-p253.xml>
- Lohr V.I.; Pearson-Mims, C.H. (1996) Particulate Matter Accumulation on Horizontal Surfaces in Interiors: Influence of Foliage Plants, Atmospheric Environment 30: 14, pp. 2565–2568. Recuperado de: <https://greenplantsforgreenbuildings.org/wp-content/uploads/2014/01/ParticulateMatter.pdf>
- López Benítez, Tara (2016) Jardines verticales, Tesis de grado, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Escuela Superior de Arquitectura, Universitat Politècnica de Valencia, España. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/69118/L%C3%93PEZ%20-%20CSA-F0020%20Jardines%20verticales.pdf?sequence=1>
- McPherson, E.G. (1988) Impacts of vegetation on residential heating and cooling, Energy Building, 12, pp. 41-51. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0378778888900540>
- Madrid Secreto (2018) 8 cosas que no sabías del jardín vertical de la Caixaforum, publicado el 8 de junio del 2018. Recuperado de: <https://madridsecreto.co/8-cosas-no-sabias-jardin-vertical-caixaforum-madrid/>
- Marchi, M.; Pulselli, R.M.; Marchettini, N.; Pulselli, F.M.; Bastianoni, S. (2014) Carbon Dioxide Sequestration Model of a Vertical Greenery System, Ecological Modelling 306:24, pp. 46–56. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304380014003925>
- Martínez-Soto, J.; Montero, M.; De las Rocas-Chiapas, J. (2016), Efectos psicoambientales de las áreas verdes en la salud mental, Revista Interamericana de Psicología, vol.50, Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/284/28447010004.pdf>
- Martinez, Steve & Hand, Michael & Pra, Michelle & Pollack, Susan & Ralston, Katherine & Smith, Travis & Vogel, Stephen & Clarke, Shellye & Lohr, Luanne & Low, Sarah & Newman, Constance. (2010). Local Food Systems Concepts, Impacts, and Issues. University Library of Munich, Germany, MPRA Paper. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/46444627_Local_Food_Systems_Concepts_Impacts_and_Issues
- Masi, Fabio & Bresciani, Riccardo & Rizzo, Anacleto & Edathoot, Ajith & Patwardhan, Neha & Panse, D. & Langergraber, Günter. (2016). Green walls for greywater treatment and recycling in dense urban areas: A case-study in Pune. Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development. 6. 10.2166/washdev.2016.019. Recuperado de:



https://www.researchgate.net/publication/303716406_Green_walls_for_greywater_treatment_and_recycling_in_dense_urban_areas_A_case-study_in_Pune/citation/download

- Metcalf, S. S., Svendsen, E. S., Knigge, L., Wang, H., Palmer, H., & Northridge, M. (2016). Urban Greening as a Social Movement. In J. Gatrell, R. Jensen, M. Patterson, & N. Hoalst-Pullen (Eds.), *Urban sustainability: Policy and praxis* (pp. 233-248). (Geotechnologies and the environment; Vol. 14). Switzerland: Springer International Publishing. Recuperado de: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-26218-5_15
- Mihalakakou G, Flocas HA, Santamouris M, Helmis CG (2002) Estrategias de enfriamiento para las islas de calor, *Journal Applied Meteorological*. 41, 519. Recuperado de: <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/estrategias-de-enfriamiento-para-las-islas-de-calor>
- Mikkonen, Anu & Li, Tao & Vesala, Mari & Saarenheimo, Jatta & Ahonen, Viivi & Kärenlampi, Sirpa & Blande, James & Tirola, Marja & Tervahauta, Arja. (2018). Biofiltration of airborne VOCs with green wall systems-Microbial and chemical dynamics. *Indoor Air*. 28. 10.1111/ina.12473. Resumen Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/324987844_Biofiltration_of_airborne_VOCs_with_green_wall_systems-Microbial_and_chemical_dynamics/citation/download
- Minke, Gernot (2012). *Muros y fachadas verdes, jardines verticales*. Barcelona: Icaria editorial, ISBN: 9788498885859.
- Mir M.A. (2011) *Green facades and building structures*. Tesis de Magister, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Section Material and Environments, chair Materials & Sustainability, Nederland. Recuperado de: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Af262c218-8801-4425-818f-08726dde5a6c>
- Moreno O., Lillo C. y Gárate V., (2014) *La infraestructura verde como espacio de integración: análisis de experiencias y estrategias sustentables para su planificación en la planificación, diseño y gestión del paisaje en la Intercomuna Temuco - Padre las Casas, Chile*, en XI Simposio de la Asociación Internacional de Planificación Urbana y Ambiente, La Plata, Argentina, 2014. Recuperado de: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/53434>.
- Moya, T., Dobbelseen, A., Ottelé, M., & Bluijssen, P.M. (2017). Green air conditioning: Using indoor living wall systems as a climate control method. Resumen recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Green-air-conditioning%3A-Using-indoor-living-wall-as-Moya-Dobbelseen/9a5a2a73829ce65e47817fc67407423135e938a3#paper-header>
- Moya Vicuña, Susana Adriana (2018) *Integración de cubiertas y fachadas vegetadas como estrategia en la mitigación del cambio climático y aportes medioambientales Green roofs and walls integration like strategy for climate change mitigation and environmental contributions*, Quito, Ecuador. Recuperado de: <https://revistas.ute.edu.ec/index.php/eidos/article/view/424>
- Mustafa, M., (2009), *Public Art in the Federal Territory of Putrajaya: Questions of Value and Role*, *Journal of Art Discourse*, Vol. 8, pp. 69-96. Recuperado de: http://wacanaseni.usm.my/WACANA%20SENI%20JOURNAL%20OF%20ARTS%20DISCOURSE/JOURNAL_8%20PDF/3_muhizam.pdf
- Nagle, Lara & Echols, Stuart & Tamminga, Kenneth. (2017). Food production on a living wall: Pilot study. *Journal of Green Building*. 12. 23-38. 10.3992/1943-4618.12.3.23. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/320122601_Food_production_on_a_living_wall_Pilot_study
- Newton J, Gedge D, Early P, Wilson S. (2007) *Building greener guidance on the use of green roofs, green walls and complementary features on buildings*. London, UK: CIRIA; 2007 & [LBNL website. Recuperado de: <http://eetd.lbl.gov/HeatIsland/>
- Nowak, D.J., McPherson, E.G., Rowntree, R.A., (1994). *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*, United States Department of Agriculture, General Technical Report NE-186. Recuperado de: https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr_ne186.pdf
- Oke TR, Johnson DG, Steyn DG, Watson ID (1991) *Boundary-Lay Meteorol* 56 339. Resumen recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00119211ge>
- Ostendorf, M.I., Retzlaff W., Thompson K., Woolbright M., Morgan S., Celik S. (2011), *Storm water runoff from green retaining wall systems*, *CitiesAlive*, Ninth Annual Green Roof and Wall Conference 2011, Conference Proceedings, Philadelphia, US. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Susan_Morgan5/publication/284106967_Storm_water_runoff_from_green_retaining_wall_systems/links/570d6a4a08aed31341cf790e/Storm-water-runoff-from-green-retaining-wall-systems.pdf
- Ottelé M., van Bohemen H.D., Fraaij A.L.A. (2010) Quantifying the deposition of particulate matter on climber vegetation on living walls, *Ecological Engineering*, Volume 36, Issue 2, February 2010, pp. 154-162. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857409001098>
- Ottelé, M., (2011) *The Green Building Envelope*. (tesis doctoral) Delft University of Technology, Netherland ISBN: 978-90-9026217-8. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/391683250/The-Green-Building-Envelope-def-pdf>
- Oyabu, T.; Sawada, A.; Onodera, T.; Takenaka, K, Wolverton, B. (2003) Characteristics of potted plants for removing offensive odors, *Sensors Actuators B: Chem*. 8, pp 131-136. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Characteristics-of-potted-plants-for-removing-odors-Oyabu-Sawada/abc62ad317db1f3f881b44574c719faa42305eb0>



- Pérez G., Rincón L. & Vila A. (2011a) Behaviour of green facades in Mediterranean Continental climate. *Energy Conversion and Management*, 52, pp. 1861–1867. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/43609063.pdf>
- Perez, Gabriel & Rincón, Lidia & Vila, Anna & González, Josep & Cabeza, Luisa F. (2011b). Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings. *Applied Energy*. 88, pp. 4854-4859. 10.1016/j.apenergy.2011.06.032. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/232393324_Green_vertical_systems_for_buildings_as_passive_systems_for_energy_savings
- Perez, Gabriel & Rincón, Lidia & Vila, Anna & González, Josep & Cabeza, Luisa F. (2011). Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings. *Applied Energy*. 88, pp. 4854-4859. 10.1016/j.apenergy.2011.06.032. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/232393324_Green_vertical_systems_for_buildings_as_passive_systems_for_energy_savings/citation/download
- Perez, Gabriel & Coma, Julià & Barreneche, Camila & de Gracia, Alvaro & Urrestarazu, Miguel & Burés, Silvia & Cabeza, Luisa F. (2016). Acoustic insulation capacity of Vertical Greenery Systems for buildings. *Applied Acoustics*. 110, pp. 218-226. 10.1016/j.apacoust.2016.03.040. Resumen recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/338479061_Acoustic_insulation_capacity_of_Vertical_Greenery_Systems_for_buildings
- Perini, Katia & Rosasco, Paolo. (2016). Is greening the building envelope economically sustainable? An analysis to evaluate the advantages of economy of scope of vertical greening systems and green roofs. *Urban Forestry & Urban Greening*. 20. 10.1016/j.ufug.2016.08.002. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/308945834_Is_greening_the_building_envelope_economically_sustainable_An_analysis_to_evaluate_the_advantages_of_economy_of_scope_of_vertical_greening_systems_and_green_roofs/citation/download
- Perini, Katia & Ottelè, Marc & Fraaij, A.L.A. & Haas, E. & Raiteri, Rossana. (2011). Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. *Building and Environment*. 46, pp. 2287-2294. 10.1016/j.buildenv.2011.05.009. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/229381433_Vertical_greening_systems_and_the_effect_on_air_flow_and_temperature_on_the_building_envelope
- Perini, Katia & Ottelè, Marc & Haas, E. & Raiteri, Rossana. (2011). Greening the building envelope, façade greening and living wall systems. *Open Journal of Ecology*. 01. 10.4236/oje.2011.11001. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/267834378_Greening_the_building_envelope_facade_greening_and_living_wall_systems
- Perini, K., & Rosasco, P. (2016). Is greening the building envelope economically sustainable? An analysis to evaluate the advantages of economy of scope of vertical greening systems and green roofs. *Urban forestry & urban greening*, 20, pp. 328-337. doi: 10.1016/j.ufug.2016.08.002. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Is-greening-the-building-envelope-economically-An-Perini-Rosasco/ff8cd1014dad084e633fd4a8eed638c15bb55d34>
- Peschardt, Karin & Schipperijn, Jasper & Stigsdotter, Ulrika. (2012). Use of small public urban green spaces (SPUGS). *Urban Forestry & Urban Greening*. 11, pp. 235–244. 10.1016/j.ufug.2012.04.002. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/257668999_Use_of_small_public_urban_green_spaces_SPUGS
- Price, J. (2010) Green Facade Energetics. Thesis submitted to the Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, College Park, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, University of Maryland, USA. Recuperado de: https://drum.lib.umd.edu/bitstream/handle/1903/11291/Price_umd_0117N_11876.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pradhan, S.; Al-Ghamdi, S.G.; Mackey H.R. (2018) Greywater recycling in buildings using living walls and green roofs: a review of the applicability and challenges *Sci Total Environ*. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30366334/>
- Pugh, T.A.M.; Mackenzie, A.R.; Whyatt, J.D.; Hewitt, C. N. (2012) Effectiveness of Green Infrastructure for Improvement of Air Quality in Urban Street Canyons, *Environmental Science & Technology* 46: 14; pp. 7692–7699. Recuperado de: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es300826w>
- Radić, M.; Brković Dodig, M., Auer, T. (2019) Green facades and living walls—a review establishing the classification of construction types and mapping the benefits, *Sustainability*, 11, p. 4579. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/335353152_Green_Facades_and_Living_Walls-A_Review_Establishing_the_Classification_of_Construction_Types_and_Mapping_the_Benefits
- Rain, Noe (2010) Green roofs to vertical, *Blog core 77*, publicado el 15 de enero del 2010. Recuperado de: <https://www.core77.com/posts/15742/Green-roofs-go-vertical>
- Raji, Babak & Tenpierik, Martin & Dobbelsteen, Andy. (2015). The impact of greening systems on building energy performance: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 45. 10.1016/j.rser.2015.02.011. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/272889780_The_impact_of_greening_systems_on_building_energy_performance_A_literature_review/citation/download



- Rodríguez-Bustamente, P. (2019) Medidas de mitigación y adaptación de las ciudades para el cambio climático, Diario El Independiente, Sección Medio Ambiente, Opinión, Publicado 27 de julio del 2019. Recuperado de: <https://www.elindependiente.com/futuro/medio-ambiente/2019/07/27/medidasde-mitigacion-y-adaptacion-de-las-ciudades-para-el-cambio-climatico/>
- Roehr D.; Laurenz J.; Kong Y (2008) Green Envelopes: Contribution of Green Roofs, Green Facades, and Green Streets to Reducing Stormwater Runoff, CO₂ Emissions, and Energy Demand in Cities, Recuperado de: [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/41009\(333\)13](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/41009(333)13)
- Ross W.F.Cameron Jane E.Taylor Martin R.Emmett (2014) What's 'cool' in the world of green façades? How plant choice influences the cooling properties of green walls. Building and Environment, Volume 73, March 2014, pp. 198-207. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/journal/building-and-environment/vol/73/suppl/C>
- Rowe D. B. (2011). Green roofs as a means of pollution abatement. Environ Pollut 159, pp. 2100-2110. Resumen recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749110004859?via%3Dihub>
- Rysulova, Martina & Kaposztasova, Daniela & Vranayova, Zuzana. (2017). Green Walls as an Approach in Grey Water Treatment. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 245. 072049. 10.1088/1757-899X/245/7/072049. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/320861110_Green_Walls_as_an_Approach_in_Grey_Water_Treatment/citation/download
- Safikhani, Tabassom & Abdullah, Aminatuzuhariah & Ossen, Dilshan & Baharvand, Mohammad. (2014). A review of energy characteristic of vertical greenery systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 40, pp. 450–462. 10.1016/j.rser.2014.07.166. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/264982043_A_review_of_energy_characteristic_of_vertical_greenery_systems/citation/download
- Santamouris M. (2012). Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. Sol. Energy. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X12002447?via%3Dihub>
- Santamouris M., Pavlou K., Synnefa A., Niachou K., Kolokotsa, D. (2007) Recent progress on passive cooling techniques: Advanced technological developments to improve survivability levels in low-income households, Energy Build. 39 pp. 859-866. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/223419597_Recent_progress_on_passive_cooling_techniques_Advanced_technological_developments_to_improve_survivability_levels_in_low-income_households
- Santamouris M., (2014) Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments, Solar Energy. 103 pp. 682-703. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Cooling-the-cities-%E2%80%93-A-review-of-reflective-and-to-Santamouris/2329c6c2f2613026b43730c8fd39eb7c151e6774>
- Shafique, M., Kim, R.; Rafiq, M. (2018) Green roof benefits, opportunities and challenges—A review, Renew Sustain Energy Rev, 90, pp. 757-773. Recuperado de: <https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v90y2018icp757-773.html>
- Shashua-Bar, L., Hoffman, M.E. (2000). Vegetation as a climatic component in the design of an urban spohont: an empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with pothons. Energy and Buildings, Vol 31, pp. 221–235. Recuperado de: <https://www.coolrooftoolkit.org/wp-content/uploads/2012/04/L.-Shashua%20%81-Bar.pdf>
- Sharp, R., Sable, J., Bertram, F., Mohan, E., & Peck, S. (2008). Introduction to Green Walls: technology benefits & design. Toronto: Green Roofs for Healthy Cities, Toronto, Canada.
- Sheweka, Samar & Magdy, Arch. (2011). The Living walls as an Approach for a Healthy Urban Environment. Energy Procedia. 6, pp. 592-599. 10.1016/j.egypro.2011.05.068. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/251712472_The_Living_walls_as_an_Approach_for_a_Healthy_Urban_Environment/citation/download
- Soria Meliá, Y. (2013). TFM: Estudio del comportamiento acústico y térmico de fachadas verdes. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/33863/PFM.%20FACHADAS%20VERDES.Yolanda%20Soria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Spala A., Bagiorgas H. S., Assimakopoulos M. N., Kalavrouziotis J., Matthopoulos D., Mihalakakou G. (2008). On the green roof system. Selection, state of the art and energy potential investigation of a system installed in an office building in Athens, Greece. Renew Energy 33 (1), pp. 173-177 Recuperado de: <https://ideas.repec.org/a/eee/renene/v33y2008i1p173-177.html>
- Stav, Yael (2016) Transfunctional living walls-designing living walls for environmental and social benefits. PhD thesis, Queensland University of Technology. Recuperado de: https://eprints.qut.edu.au/94086/1/Yael_Stav_Thesis.pdf
- Stec, W. & Paassen, A. & Maziarz, A. (2005). Modelling the double skin facade with plants. Energy and Buildings - ENERG BLDG. 37. 419-427. 10.1016/j.enbuild.2004.08.008. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/239370728_Modelling_the_double_skin_faade_with_plants/citation/download
- Sternberg, T.; Viles, H.; Cathersides, A.; Edwards, M. (2010) Dust Particulate Absorption by Ivy (Hedera Helix L) on Historic Walls in Urban Environments, Science of the Total Environment 409: 1, pp. 162–168. Resumen recuperado de:



<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20947134/>

- Sternberg T., Viles H.A. & Cathersides A. (2011) Evaluating the role of ivy (*Hedera helix*) in moderating wall surface microclimates and contributing to the bioprotection of historic buildings. *Building and Environment*, 46, pp. 293–297. . Resumen Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/239360417_Evaluating_the_role_of_Ivy_Hedera_Helix_in_moderating_wall_surface_microclimates_and_contributing_to_the_bioprotection_of_historic_buildings
- Strohbach, M.W.; Arnold, E.; Haase, D. (2012) The Carbon Footprint of Urban Green Space: A Life Cycle Approach, *Landscape and Urban Planning* 104: 2, pp. 220–229. Recuperado de: https://www.academia.edu/9639450/The_carbon_footprint_of_urban_green_space_A_life_cycle_approach
- Sundquist, K., Frank, G. & Sundquist, J. (2004). Urbanisation and incidence of psychosis and depression: Follow-up study of 4.4 million women and men in Sweden. *The British Journal of Psychiatry*, 184, pp. 293-298. Recuperado de: https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/AF3FDF51E9DA192097BEF153D9A02148/S0007125000077722a.pdf/urbanisation_and_incidence_of_psychosis_and_depression.pdf
- Susorova, Irina & Angulo, Melissa & Bahrami, Payam & Stephens, Brent. (2013). A model of vegetated exterior facades for evaluation of wall thermal performance. *Building and Environment*. 67, pp. 1–13. 10.1016/j.buildenv.2013.04.027. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/257171975_A_model_of_vegetated_exterior_facades_for_evaluation_of_wall_thermal_performance
- Suryantara, Bayu & Suryabrata, Jatmika & Suryandono, Alexander. (2019) The Effect of Vegetation in Various Canyon Geometry, The Thermal Comfort of Jakarta. *Journal of Architectural Research and Design Studies*. 2. 10.20885/jars.vol2.iss2.art9. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/335721176_The_Effect_of_Vegetation_in_Various_Canyon_Geometry_on_The_Thermal_Comfort_of_Jakarta
- Tejada Rodriguez, A (2018) Desarrollamos prácticas saludables, ecoeficientes y seguras en la Institución Educativa Pública N° 16 Sara Mc Dougall, Editorial Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/5320>
- Tiwary A. Godsmark K. Smethurst J (2018) Field evaluation of precipitation interception potential of green façades, *Ecological Engineering*, Volume 122, 15 October 2018, pp. 69-75. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857418302647?via%3Dihub>
- Thomsit-Ireland, F (2019) Overcoming the barriers to green walls in urban areas of the UK, Doctoral dissertation, Technologies for Sustainable Built Environments Centre School of the Built Environment. University of Reading, Reading, Berkshire, United Kingdom. Recuperado de: http://centaur.reading.ac.uk/86470/1/21029086_Thomsit-Ireland_thesis.pdf
- Tonneijck, A.E.G., Blom-Zandstra, M., (2002). *Landschapselementen ter verbetering van de luchtkwaliteit rond de ruit van Rotterdam*. Plant Research International B.V., Wageningen, Nota 152
- Torres Rodriguez, D. (2003). El papel de los microorganismos en la biodegradación de compuestos tóxicos. *Ecosistemas* 2003/2. Recuperado de: <http://www.aee.org/ecosistemas/032/informe1.htm>
- Tumini, Irina. (2010). Estrategias para reducción del efecto isla de calor en los espacios urbanos. Estudio aplicado al caso de Madrid. SB10mad, Sustainable Building Conference. Recuperado de: <http://www.sb10mad.com/ponencias/archivos/a/A033.pdf>
- Unep-Dtie Initiative (2016) *Cities and Buildings Projects Online*. Recuperado de: http://www.unep.org/SBCI/pdfs/Cities_and_Buildings-UNEP_DTIE_Initiatives_and_projects_hd.pdf
- Van Bohemen H.D.; Fraaij A.L.A.; Ottele M. (2008) Ecological engineering, green roofs and the greening of vertical walls of buildings in urban areas, *Ecocity World Summit*, San Francisco, California, USA; 23 April 2008 Recuperado de: https://vitalegroenestad.nl/media/download/3149/ecological_engineering_green_roofs_and_the_greening_of_vertical_walls_of_buildings_in_urban_areas.pdf
- Van der Berg, & Belt, Henk & Koole, Sander & Van der wulp, Nickie. (2003). Environmental preference and restoration: (How are they related? *Journal of Environmental Psychology* 23, 2. 23. Resumen recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/40126520_Environmental_preference_and_restoration_How_are_they_related/citation/download
- Van Renterghem, T.; Botteldooren, D.; Verheyen, K. (2012) Road traffic noise shielding by vegetation belts of limited depth, *Journal Sound and Vibration* 331, pp. 2404-2425. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/236650926_Road_traffic_noise_shielding_by_vegetation_belts_of_limited_depth
- Vijayaraghavan, K. (2016) Green roofs: a critical review on the role of components, benefits, limitations and trends *Renew Sustain Energy Rev* 57, pp. 740-752. Recuperado de: <https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v57y2016icp740-752.html>
- Viles, H.A. & Sternberg, Troy & Cathersides, Alan. (2011). Is Ivy Good or Bad for Historic Walls? *Journal of Architectural Conservation*. 17, pp. 25-41. 10.1080/13556207.2011.10785087. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/271992605_Is_Ivy_Good_or_Bad_for_Historic_Walls/citation/download



- García- Villalobos, Ilse (2010), Beneficios sistemas de naturación en las edificaciones. Recuperado de: http://www.paginaspersonales.unam.mx/files/251/BENEFICIOS_SISTEMAS_NATURACION_ILSE.pdf
- Vox G., Blanco I., Campiotti CA, Giagnacovo G., Schettini E., (2015). Sistemas verdes verticales para el control del clima de edificios, en "Actas del 43° Simposio Internacional - Tareas reales de ingeniería agrícola". En: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede, Opatija, Croacia, pp. 723-732. Recuperado de: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20153171297>
- Walloth, C., Gurr, J. M., Schmidt, J. A. (2014). Understanding complex urban systems: Multidisciplinary approaches to modeling. Cham: Springer International Publishing. Recuperado de: https://www.academia.edu/39136764/Introduction_Towards_a_Transdisciplinary_Understanding_of_Complex_Urban_Systems
- Wesseling, J.P., Duyzer, J., Tonneijck, A.E.G., van Dijk, C.J., (2004). Effecten van groenelementen op NO2 en PM10 concentraties in de buitenlucht. TNO Milieu, Energie en Proces innovatie, Apeldoorn. R2004/383. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/40115720_Effecten_van_groenelementen_op_NO2_en_PM10_concentraties_in_de_buitenlucht
- Winward G.P., Avery L.M., Frazer-Williams R., Pidou M., Jeffrey P., Stephenson T., Jefferson B. (2008). A study of the microbial quality of grey water and an evaluation of treatment technologies for reuse, Ecological Engineering, Vol. 32, pp. 187–197. Recuperado de: https://www.academia.edu/9117504/A_study_of_the_microbial_quality_of_grey_water_and_an_evaluation_of_treatment_technologies_for_reuse
- Widiastuti, R.; Bramianach. N.; Bangun I.R.H; Prabowo B. N.; Ramandhika M. (2018) Vertical Greenery System as the Passive Design Strategy for Mitigating Urban Heat Island in Tropical Area: A Comparative Field Measurement Between Green Facade and Green Wall, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 213 (2018) 012037 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/213/1/012037. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/329971701_Vertical_Greenery_System_as_the_Passive_Design_Strategy_for_Mitigating_Urban_Heat_Island_in_Tropical_Area_A_Comparative_Field_Measurement_Between_Green_Facade_and_Green_Wall
- Wolverton, B.C.; Wolverton, J.D. (1993) Plants and soil microorganisms: Removal of formaldehyde, xylene, and ammonia from the indoor environment, Journal of the Mississippi Academy of Sciences. 38, pp 11-15. Recuperado de: <http://www.wolvertonenvironmental.com/MsAcad-93.pdf>
- Wong, Nyuk Hien & Chen, Yu & Ong, Chui & Sia, Angelia. (2003). Investigation of Thermal Benefits of Rooftop Garden in the Tropical Environment. Building and Environment. 38, pp. 261-270. 10.1016/S0360-1323(02)00066-5. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/222244071_Investigation_of_Thermal_Benefits_of_Rooftop_Garden_in_the_Tropical_Environment
- Wong, N.H., Chen, Y., Ong, C.L., Sia, A. (2003a) Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment. Building and Environment, 38(2), pp. 261-270. Resumen recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/222244071_Investigation_of_Thermal_Benefits_of_Rooftop_Garden_in_the_Tropical_Environment
- Wong N. H; Tan A.Y.K; Tan, P.K; Wong, N. Ch (2009) Energy simulation of vertical greenery systems, Energy and Buildings 41, pp.1401–1408. Recuperado de: <https://sccrim.files.wordpress.com/2013/10/061013-energy-simulation-of-vertical-greenery-systems.pdf>
- Wong, Nyuk Hien & Tan, Alex & Chen, Yu & Sekar, Kannagi & Tan, Puay & Chan, Derek & Chiang, Kelly & Wong, Ngian. (2010). Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. Building and Environment. 45 pp. 663-672. 10.1016/j.buildenv.2009.08.005. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/223622630_Thermal_evaluation_of_vertical_greenery_systems_for_building_walls
- Wong NH, Tan, Alex Yong Kwang (2010) Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls, Building and Environment 45, pp. 663-672. Recuperado de: https://www.academia.edu/2229823/Thermal_evaluation_of_vertical_greenery_systems_for_building_walls
- Wong, Johnny & Lau, Leo. (2013). From the 'urban heat island' to the 'green island'? A preliminary investigation into the potential of retrofitting green roofs in Mongkok district of Hong Kong. Habitat International. 39 pp. 25–35. 10.1016/j.habitatint.2012.10.005. Resumen Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/257053241_From_the_'urban_heat_island'_to_the_'green_island'_A_preliminary_investigation_into_the_potential_of_retrofitting_green_roofs_in_Mongkok_district_of_Hong_Kong/citation/download
- Wong, S.M.; Hassell, R.; Yeo, A. (2016) Garden City Mega City: Rethinking Cities for the Age of Global Warming, Pesaro Publishing; 1st Edición. pp. 46-51. Recuperado de: <https://global.ctbuh.org/resources/papers/download/3010-garden-city-megacity-rethinking-cities-for-the-age-of-global-warming.pdf>
- World Health Organization (WHO) (2016) Public health, environmental and social determinants of health (PHE). Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. Recuperado de: <https://www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/>

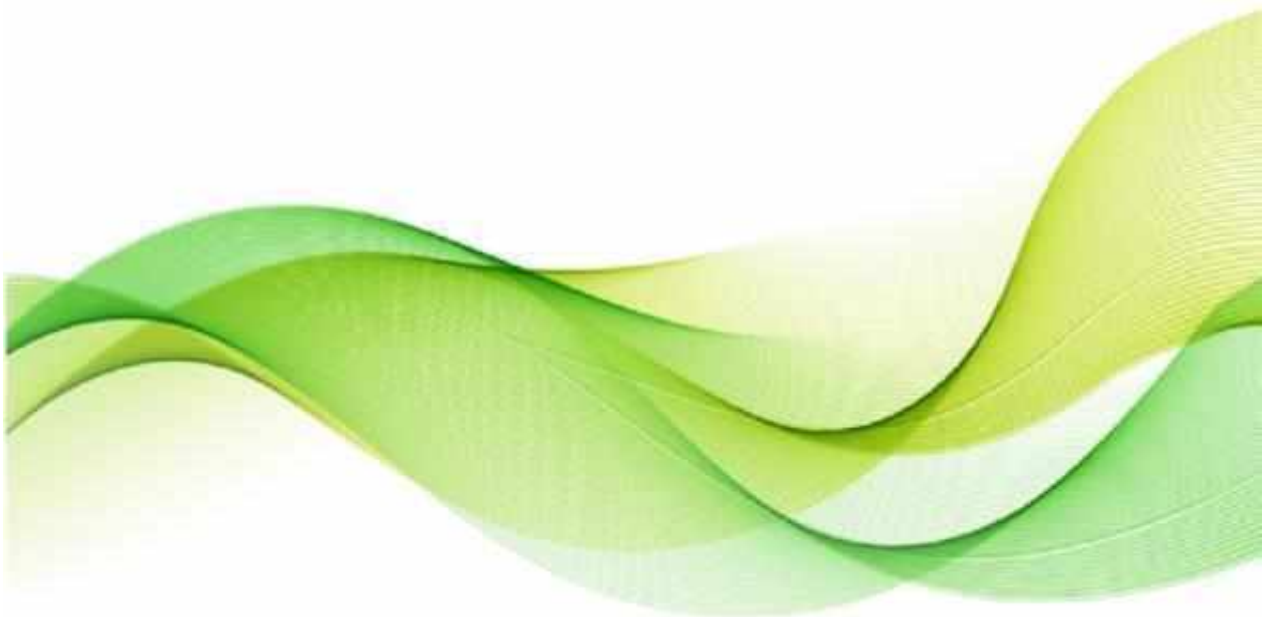


-
- World Health Organization (WHO) (2016) Quantifying environmental health impacts. Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks Recuperado de: https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventing-disease/en/
 - Yang, J; Yu, Q.; Gong, P. (2008) Quantifying Air Pollution Removal by Green Roofs in Chicago, Atmospheric Environment 42: 31, pp. 7266–7273. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/222705703_Quantifying_air_pollution_removal_by_green_roofs_in_Chicago/citation/download
 - Zhou, X. and Parves Rana, M. (2012), Social benefits of urban green space: A conceptual framework of valuation and accessibility measurements, Management of Environmental Quality, Vol. 23 No. 2, pp. 173-189. Recuperado de: <https://doi.org/10.1108/14777831211204921>



ANEXO I

Publicaciones





I. PUBLICACIONES Y CERTIFICACIONES DEL TRABAJO DE TESIS

1. DIFUSIÓN

Año 2018

Velis A., Posse C., Rizzo La Malfa A. "Absorción acústica de jardines verticales - Acoustic Absorption of Vertical Garden", XVI Congreso Argentino de Acústica, Asociación de Acústicos Argentino (AdAA 2018), Buenos Aires 22-23 noviembre del 2018. (Se adjunta copia formato .pdf).

Versión definitiva disponible online recuperado en URL <http://www.adaa.org.ar/adaa2018/AdAA2018-007.pdf>

2. DIFUSIÓN DE AVANCES REALIZADOS EN PUBLICACIONES CIENTÍFICAS DE LA DISCIPLINA. DIFERENCIAR DE PUBLICACIONES DE DIVULGACIÓN

Año 2019

Velis, A., Posse, C. Rizzo La Malfa, A "Absorción Acústica de Jardines Verticales Acoustic Absorption of Vertical Garden", (2019) Revista Elektron, Vol 3, Nº 1, pp 10-15 ISSN 2525-0159, open journal system del Departamento de Electrónica, Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires (FI-UBA), Buenos Aires – Argentina. REVISTA CON REFERATO (Se adjunta copia formato .pdf).

Publicación disponible online recuperable en las siguientes URL
<http://elektron.fi.uba.ar/index.php/elektron/article/view/55/52> ;
http://cosechador.siu.edu.ar/bdu3/Record/UBARDI--oai:RDI%20UBA:elektron:3_1-3_1_3.htm ;
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7075718>

Año 2020

Rizzo La Malfa, A.; Velis, A.; Posse, C.; Armas, A.; Miguel S.; Figueira A.; Gabin Portmann, J.; Cortés, R.; Favre M.; Mini P.; Brett J. "Sistemas modulares de jardines verticales: evaluación de absorción acústica en laboratorio - Modular vertical garden system: laboratory evaluation of sound absorption - Sistemas modulares de jardins verticais: avaliação acústica no laboratório", Revista ECOS de la Asociación Uruguaya de Acústica. ISSN 2697-2913, Año 1, Vol.1 Nº 1, pp. 48-57, Enero-Junio 2020, Montevideo, Uruguay. REVISTA CON REFERATO (Se adjunta copia formato .pdf)

Publicación disponible online recuperable en URL
<https://revistas.udelar.edu.uy/OJS/index.php/ecos/article/view/46>

Año 2020-2021

Rizzo La Malfa, A, "Naturación Urbana: El legado de Friedenreich Hundertwasser", Revista Arkhé – Revista de la Universidad de Flores (UFLO), Editorial Universidad de Flores (en proceso de publicación). REVISTA DE DIVULGACIÓN EN IMPRESIÓN. (Se adjunta constancia correspondiente).



3. DIFUSIÓN DE AVANCES REALIZADOS EN EVENTOS CIENTIFICOS DE LA DISCIPLINA

Año 2017

Participación en carácter de Expositor en la IV Clínica de Tesis de la Red DOCASUR (Red de Doctorados de Arquitectura y Urbanismo de Universidades Publicas Sudamericanas), Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de San Juan, 21 al 23 de junio del 2017 (Se adjunta certificado correspondiente).

Año 2018

Participación en carácter de Expositor de los resultados de las primeras mediciones realizadas en el Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (LAL-CIC) durante el XVI Congreso Argentino de Acústica, organizado por la Asociación de Acústicos Argentino (AdAA), Buenos Aires 22-23 noviembre 2018.

Nombre del trabajo: "Absorción acústica de jardines verticales - Acoustic Absorption of Vertical Garden". (Se adjunta certificado correspondiente).

Autores: Ing. Ariel Velis, Ing. Carlos Posse, Arq. Ana Rizzo La Malfa

Año 2019

Participación en carácter de Expositor en la 2º Jornada LIDDI (Laboratorio de Investigación y Desarrollo del Diseño Industrial) para la presentación de los primeros avances del proyecto de investigación "Diseño y desarrollo de prototipos ecoinnovativos de naturación urbana" ganador del PIBA (Proyecto BIANUAL de Arte) 2019-2021 por el Taller de Diseño Industrial 2 a 5 – Catedra A - Laboratorio de Investigación y Desarrollo del Diseño Industrial (LIDDI), Catedra A organizado por el LIDDI y el Departamento de Diseño Industrial – Facultad de Artes – Universidad de La Plata, La Plata, 13 de diciembre 2019. (Se adjunta constancia correspondiente).

Año 2019

Participación en carácter de Expositor en la Primera Jornada de Trabajo entre la Taller de Diseño Industrial 2 a 5 – Catedra A- LIDDI-Facultad de Artes (UNLP) y el Laboratorio Bio Ambiental de la Universidad de Flores para la discusión y avance del proyecto de investigación "Diseño y desarrollo de prototipos ecoinnovativos de naturación urbana", Ciudad de Buenos Aires, 17 de diciembre del 2019. (Se adjunta constancia correspondiente).



4. PRODUCIDOS DE INTERES PARA EL TRABAJO

Año 2017-2019

Diseño y desarrollo de prototipos innovativos en colaboración con el trabajo final de los alumnos del último año del Taller de 5º año la Catedra A de Diseño Industrial de la Facultad de Artes (UNLP) a fin de profundizar el conocimiento y ofrecer propuestas superadoras. En tal sentido, se han desarrollado ocho prototipos que han sido objeto de estudio para el trabajo de investigación presentado en el PIBA (Proyecto-to de Investigación Bianual de Artes), periodo 2019-2021. (Se adjunta constancia laboral correspondiente).

5. DOCENCIA

Año 2017-2019

Colaboración honorem en las correcciones de los trabajos finales de graduación del Taller de Diseño Industrial 2 a 5 – Catedra A (Cortes-Favre-Mini), Departamento de Diseño Industrial-Facultad de Artes-UNLP (2017 y 2018). Trabajos publicados en la Revista Tableros del Departamento de Diseño Industrial. (Se adjunta constancia correspondiente). Difusión del trabajo en Revista Tableros N° 10, Departamento de Diseño Industrial, Facultad de Artes, ISSN 2525-1589, octubre 2019.

Disponible online recuperable en URL <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/96891>

6. INVESTIGACION

Año 2019-2020

-Participación ad honorem en carácter de Investigador Externo en el Proyecto “Diseño y desarrollo de prototipos ecoinnovativos de naturación urbana” ganador del PIBA (Proyecto Bianual de Arte) 2019-2021 por Taller de Diseño Industrial 2 a 5 – Catedra A (Cortes-Favre-Mini), Departamento de Diseño Industrial-Facultad de Artes- UNLP. (Se adjunta constancia correspondiente)

-Colaboración ad honorem en carácter de Investigador Externo en el proyecto “Diseño y desarrollo de prototipos ecoinnovativos de naturación urbana”, convenio entre el LIDDI (Laboratorio de Investigación y Desarrollo del Diseño Industrial), Depto. Diseño Industrial-UNLP y el Laboratorio Bio-Ambiental de la Universidad de Flores (UFLO), durante el periodo 2019-2021.

7. ACTIVIDADES DE INTERÉS

Año 2016 al 2019

Estudio periódico del comportamiento vegetal del sistema en cuanto a su adaptación al medio, crecimiento, evolución y su relación con los parámetros ambientales. Actividad realizada en forma regular con el Laboratorio Bio-Ambiental de Diseño de la Universidad de Flores.



Año 2017

Participación en calidad de Miembro del Comité Evaluador de las Actas de la XL de la Reunión de Trabajo ASADES y de la Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA, ASADES 2017). (Se adjunta certificado correspondiente).

Año 2018-2019

Desarrollo de mediciones de sombreado vegetal de la muestra por parte del IIPAC-FAU desarrollo a fin de profundizar el conocimiento de la tecnología.

Año 2019-2021

Desarrollo de mediciones del aislamiento acústico de la muestra en laboratorio por técnica de intensimetría sonora la cual se desarrollaron como trabajo inter-laboratorio entre el LAL-CIC y el Laboratorio di Acústica del Dipartimento di Ingegneria della Università' di Ferrara (Italia).

8. OTROS**Desde año 2017 al 2021**

En el marco del presente trabajo se celebraron dos convenios entre instituciones para desarrollar trabajos conjuntos:

-Entre el IIPAC-FAU y el Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (LAL-CIC).

-Entre el Laboratorio Bio-Ambiental de Diseño de la Universidad de Flores y el Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (IIPAC-FAU) y el Laboratorio Bio-Ambiental de Diseño de la Universidad de Flores.

El Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, está cumpliendo el rol de Formación de Recursos Humanos para el presente trabajo de investigación en el marco del Convenio CIC LAL – UNLP FAU IIPAC. Más detalles en ACTA 1485. MEMORIA 2017 COMISION DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS - MINISTERIO DE CIENCIA TECNOLOGIA E INNOVACIÓN DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, Pág. 169. Disponible en web: https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/9920/11746_9920.1.1.ACTA-1485.pdf-PDFA.pdf?sequence=5&isAllowed=y