

## **CUBIERTAS VERDES Y JARDINES VERTICALES. COMPORTAMIENTO TERMICO Y ACUSTICO DE SISTEMAS MODULARES.**

**S. Miguel<sup>1</sup>, A. Figueira<sup>2</sup>, A. Faggi<sup>3</sup>, J. Gabin Portmann<sup>4</sup>**

Laboratorio Bio-Ambiental de Diseño – Facultad de Planeamiento Socio-Ambiental - Arquitectura  
Universidad de Flores

Pedernera 288 2do piso – C.P. 1406 – Ciudad de Buenos Aires

Tel: 011 4610-9300 int: 326 e-mail: smiguel@uflo.edu.ar ; sebastianmiguel.sm@gmail.com

*Recibido 27/07/17, aceptado 25/09/17*

**RESUMEN:** Los problemas ambientales afectan cada vez más a las ciudades contemporáneas. Los efectos del cambio climático producen condiciones adversas en el hábitat y en la calidad de vida. Por lo tanto el desarrollo urbano debe acompañarse de estrategias de diseño para resolver los problemas ambientales y mitigar los efectos producto del calentamiento global. La incorporación de superficies vegetadas en edificios resulta desde varios puntos de vista positiva para satisfacer parte de estos problemas. Se presentan en este trabajo dos estudios en curso sobre sistemas de vegetación aplicadas a envolventes edilicias: una terraza verde en la que se evalúa su comportamiento térmico a partir del registro anual de temperaturas y un jardín vertical que se somete a estudios de absorción sonora de los componentes del sistema en una cámara normalizada. Los resultados demuestran la eficiencia de ambos sistemas: aislación térmica (caso de la cubierta) y aislación sonora (caso del jardín vertical).

**Palabras clave:** cubierta verde, jardín vertical, aislación térmica, absorción sonora.

### **INTRODUCCION**

El desarrollo de las ciudades y la vida urbana conlleva ciertas acciones y la proliferación de infraestructuras que impactan en las condiciones de vida de sus habitantes. La densificación urbana y los sistemas de movilidad para los habitantes, por citar algunos, hacen que se construya e impermeabilice la superficie de la ciudad y disminuya paulatinamente las áreas verdes en abundancia. Como consecuencia de estas acciones se producen efectos adversos como el sobre-calentamiento de la atmósfera y la impermeabilización de los suelos que producen fenómenos tales como el efecto de isla de calor urbano y en algunos casos el anegamiento por inundaciones debido a la falta y colapso de los sistemas de drenaje pluviales, entre otros.

Por lo tanto, en la última década se ha comenzado a estudiar con detenimiento e incorporar paulatinamente, algunos sistemas de vegetación de las envolventes edilicias con el objeto de mitigar estos efectos y generar nuevos espacios urbanos (públicos y privados) con presencia de vegetación urbana.

1 Director Lab. Bio-Ambiental de Diseño-UFLO

2 Investigador Lab. Bio-Ambiental de Diseño-UFLO

3 Investigador CONICET

4 Técnico Lab. Bio-Ambiental de Diseño-UFLO

Si bien existen ya desde el siglo pasado algunos casos y referentes experimentales en relación con la cobertura vegetal de azoteas y la *naturación*<sup>1</sup> de muros, se han desarrollado en los últimos tiempos tecnologías que persiguen el fin de optimizar los sistemas, reducir los costos y mecanismos de mantenimiento y mejorar las performance de los componentes.

Entre las funciones de cubiertas verdes y fachadas o jardines verticales podemos citar algunas como: producción de oxígeno, absorción de dióxido de carbono, retención de partículas de polvo y sustancias contaminantes, protección de materiales y aislaciones de los rayos ultravioletas y de la lluvia ácida. Provee aislación del calor, reduciendo a su vez, la transmisión hacia el interior. La eficiencia térmica también se ve beneficiada debido al aire que se aloja entre la cobertura vegetal y los componentes del sistema, los procesos de evapotranspiración de las especies vegetales y la humedad que retiene el sustrato. Absorción del ruido producido por las actividades urbanas. Retención de agua de lluvias hacia los sistemas pluviales colaborando en la reducción de escorrentías y colapso de los sistemas pluviales urbanos por drenar lentamente las aguas pasados los episodios de tormentas. Beneficios psicológicos y sociales al crear visuales sobre espacios verdes y lugares de encuentro. (Minke, 2016) (Machado et al, 2000).

Desde la Universidad de Flores se están llevando adelante investigaciones<sup>2</sup> sobre diferentes sistemas constructivos que incorporan vegetación en fachadas y cubiertas, que sean de bajo costo y mantenimiento, con el objeto de estudiar su comportamiento térmico y acústico y adaptación de las especies vegetales seleccionadas a los diferentes sistemas. A continuación se mostrarán dos casos de estudio que se están llevando a cabo en donde se proponen dos sistemas constructivos: Caso 1: cubierta verde con un sistema modular industrializado que puede adaptarse a edificios existentes por ser de tipo extensivo y tener bajo peso que incide sobre la estructura. Caso 2: jardín vertical: sistema compuesto por capas de soporte y vegetación, desarrollado en la Universidad de Flores. Este sistema puede adicionarse a paramentos existentes a través de soportes guía generando una cámara de aire sin comprometer al edificio. Para este trabajo se presentan en el Caso 1 metodología de construcción y ensayos de comportamiento térmico y en el Caso 2 metodología de construcción y ensayos del comportamiento acústico.

## **CASO 1: CUBIERTA VERDE**

Una de los posibles casos de aplicación de vegetación en cubiertas es el que se desarrolla en techos de construcciones existentes. En general, aquellas cubiertas que no han planificado la incorporación de este tipo de envolventes en su diseño original, están limitados estructuralmente (debido al peso y la distribución de las cargas) y en algunos casos hay que realizar la adaptación de los sistemas pluviales de las terrazas para que el sistema de escurrimiento y drenaje de agua sea eficiente. En la mayoría de los casos, se utiliza un sistema de cubierta verde extensivo: construidas, por lo general, con un espesor escaso de sustrato, hasta 14 cm, alojando especies vegetales de bajo porte, tolerantes a estos perfiles acotados (Bry Sarté, 2010). Relativamente tienen una incidencia baja de peso, entre 50 a 250 kilogramos por metro cuadrado. También puede realizarse sobre una cubierta inclinada debiendo tener en cuenta la vinculación y adaptación a los sistemas constructivos de los techos.

---

<sup>1</sup>La naturación urbana es la acción de incorporar o fomentar la naturaleza mediante la recuperación de la flora y fauna autóctonas de una manera aceptable y sostenible. La naturación en construcciones representa el tratamiento técnico de superficies horizontales, verticales o inclinadas con vegetación especialmente adaptada. (Urbano López de Meneses, B.; 2013)

<sup>2</sup> Proyecto de Investigación acreditado y financiado por la Secretaría de Investigación y Desarrollo – UFLO: Terrazas verdes y jardines verticales. Sistemas constructivos que optimizan el confort ambiental de la envolvente edilicia. (2017-2019) desarrollado por equipo del Laboratorio Bio-Ambiental de Diseño- FPSA-Arquitectura.

Para este caso se toma la cubierta de la Sede de la Universidad de Flores en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Está ubicada en un cuarto piso accesible por el interior del edificio. Cuenta con una exposición solar desde 7 am a 18 pm constante por encontrarse rodeado de edificaciones bajas. Los vientos que la afectan por lo general son moderados dado que está protegida en todos sus lados por muros perimetrales de 1.90 metros de altura.

La cubierta transitable existente está conformada por una losa de hormigón armado con sus aislaciones correspondientes, un contrapiso de cascotes y una cubierta para el tránsito ventilada de losetas de hormigón pre-moldeado. En el interior existe un cielorraso suspendido con una pequeña cámara de aire. (Ver Figura 1)

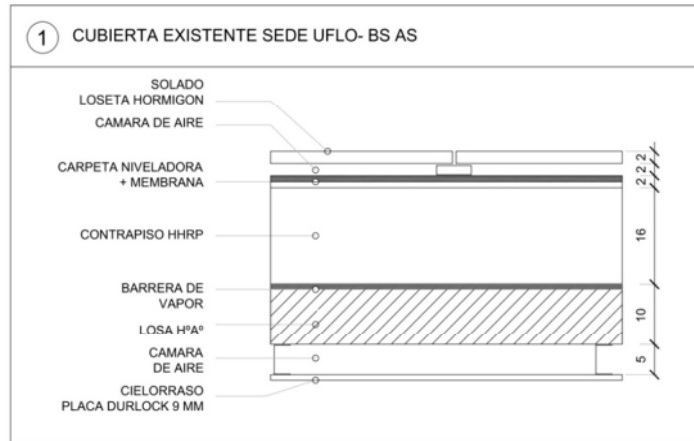


Figura 1: corte constructivo de la cubierta existente.

## METODOLOGIA

De acuerdo a la composición constructiva de la cubierta existente del edificio del Caso 1, detallado en la Figura 1, se procede al cálculo de transmitancia térmica de la cubierta según la Norma IRAM 11601<sup>3</sup>. Para ellos se toman los materiales y espesores constitutivos de la envolvente y se calcula la transmitancia térmica hacia el interior del edificio. (Ver Tabla1)

CÁLCULO TRANSMITANCIA TÉRMICA CUBIERTA				
PROYECTO:	EXISTENTE SEDE UFLO - BS AS			
ELEMENTO:	CUBIERTA	EPOCA DEL AÑO:	VERANO	
FLUJO DE CALOR:	Vertical	ZONA AMBIENTAL:	IIIb	
NIVEL DE CONFORT (IRAM 11605):	B	TEMP. EXTERIOR DE DISEÑO °C:	19,5	
Capa de elemento constructivo	Esesor e (8) m	Coef. Conductividad Térmica λ (9) W/m.K	Resistencia Térmica R (10) m².K/w	
RSI			0,1	
Solado Loseta de hormigon	0,02	1,15	0,0173913	
Camara de aire	0,02	1	0,14	
Carpeta	0,01	0,72	0,01388889	
Membrana Asfáltica (Aislacion Hidrofuga)	0,01	1,4	0,00714286	
Contra piso HHRP	0,16	0,63	0,25396825	
Barrera de vapor			0	
Losa H²A²	0,1	0,41	0,24390244	
Camara de aire	0,05	1	0,14	
Placa de Yeso tipo Durlock 9mm	0,009	0,41	0,02195122	
RSE			0,04	
RTT	0,379		0,97824496	
Tramitancia térmica (w/m2.K) K			1,02	
Tramitancia térmica de acuerdo con la IRAM 11605 (w/m2.K)			0,45	
Cumple con la IRAM 11605 : SI / NO			NO	

Tabla 1: Cálculo de aislamiento térmico de cubierta existente del edificio según metodología indicada en Nora IRAM 11601.

<sup>3</sup> Norma IRAM 11601: Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. (Versión revisada y modificada 2004)

El resultado obtenido, demuestra que la composición material de la cubierta existente no es suficiente para garantizar las condiciones de confort térmico del interior del edificio. Por lo tanto, existen varias oportunidades de mejorar la performance de la envolvente del edificio.

Una de las posibilidades es a través de una cubierta vegetal que aumente la capacidad aislante y a su vez reduzca la radiación solar incidente en la superficie de la cubierta expuesta durante el día.

Para ello se ha seleccionado un sistema modular de bandejas Prototipo 1: Cubierta verde - bandejas modulares comerciales de 0.40m x 0.60m<sup>4</sup> y una profundidad promedio de sustrato de 8 cm, la cual posee múltiples perforaciones en su base (ver figura 2), elevada del plano de la membrana que cubre la azotea unos 2 cm a los fines de proveer una superficie ventilada. Esta tecnología es utilizada por compañías que proveen servicios de cubiertas verdes que no resultan invasivas para el sistema constructivo y que a su vez tienen un bajo peso para la estructura, estando en un rango aceptable de sobrecarga para el dimensionamiento de una estructura de hormigón armado. En este caso el peso del sistema es de unos 60 kg/m<sup>2</sup>, incluyendo sustrato húmedo y vegetación.



Figura 2: Secuencia de armado de bandejas modulares 0.40m x 0.60m para cubierta verde.

Para este proyecto se han seleccionado las siguientes especies por tener un alto poder de cobertura, adaptarse al clima de Buenos Aires, desarrollarse en un sustrato de poca profundidad y tener un bajo consumo hídrico: 1) *Sedum acre*, 2) *Phyla canescens* y 3) *Portulaca grandiflora*. El criterio de selección de especies está en relación al trabajo y estudio de especies que viene realizando el Instituto de Floricultura del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), para cubiertas del tipo extensivas: profundidad de sustrato entre 5 y 15 cm. (Soto et al, 2014)

El sustrato seleccionado y utilizado para este caso tiene en cuenta completar el volumen de la bandeja, proveer nutrientes para las plantas, otorgar capacidad de retención del agua y poco peso. Para esto se utilizó una capa de 2 cm de leca (en el fondo) y luego una mezcla del 50% de pelita y otro 50% de compost orgánico enriquecido con material de poda triturado (15% del volumen de compost). (Ver Figura 2)

Las bandejas se colocaron en la parte superior de la cubierta existente, expuestas a la radiación solar constituyendo un sistema integral de envolvente superior para el edificio de la Universidad (Ver Figura 3)

<sup>4</sup> Módulos de 0.60m x 0.40m x 0.08m desarrollados por la firma Verdes Aires:  
<http://www.verdesaires.com.ar/>

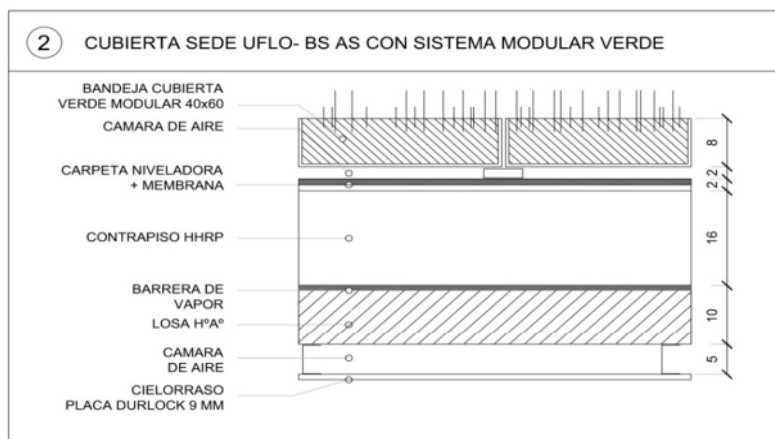


Figura 3: corte constructivo de la cubierta con sistema de bandejas verdes incorporado.

Por otra parte, se realizaron mediciones del comportamiento térmico del sistema de cubierta verde en bandejas modulares de 0.40m x 0.60m durante un año. El objetivo de la evaluación consistía en comparar las temperaturas en tres situaciones: 1) temperatura exterior ambiente, 2) temperatura del sustrato, 3) temperatura exterior ambiente en la cámara de aire entre la bandeja y la membrana hidrófuga de la cubierta. Las mediciones se realizaron semanalmente a las 14 hs bajo una misma secuencia de toma de datos. Con un equipo digital de doble registro de temperatura y sensor desplazable con rango de medición de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $60^{\circ}\text{C}$  en condiciones de humedad entre el 10% y el 99%. (Ver Figura4)

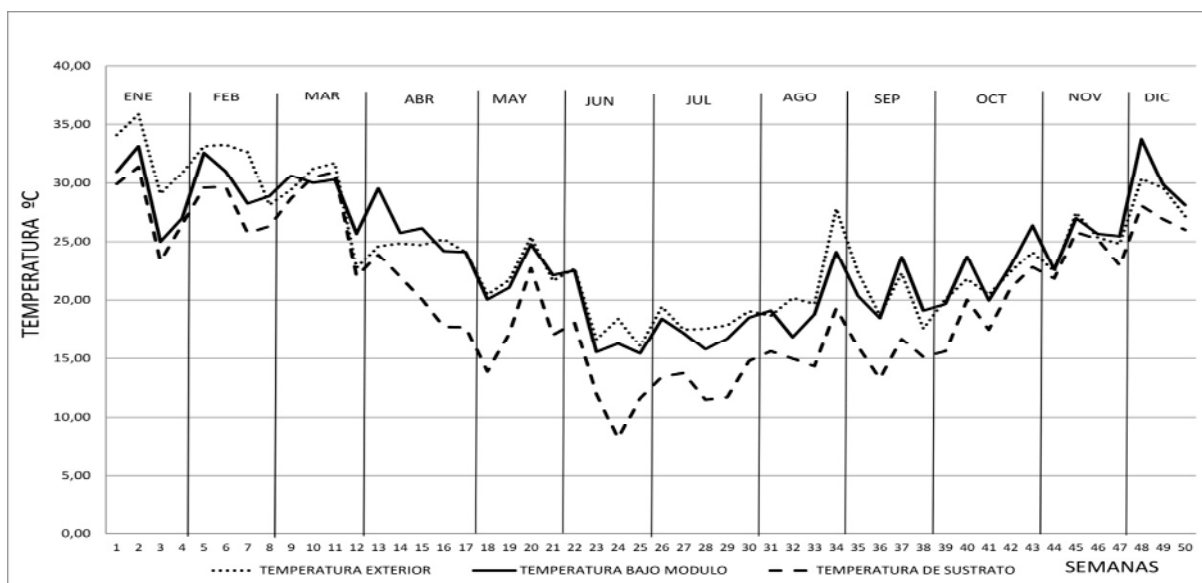


Figura 4: Medición comparativa de temperaturas en bandejas modulares de 0.40m x 0.60m. Período: Enero a Diciembre del 2015.

## RESULTADOS

Se ha realizado un nuevo cálculo de transmitancia térmica teniendo en cuenta el reemplazo de las losetas de hormigón por las bandejas modulares de cubierta verde, según la Norma IRAM 11601, existente (ver Tabla 2) en donde se puede ver que el valor resultante verifica, siendo el valor de cálculo de componentes menor al valor de transmitancia admisible. Para el cálculo se ha tomado de la Norma IRAM 11605 el valor B de la tabla de Valores máximos de transmitancia térmica para condiciones de verano en techos.

Para el caso de la vegetación y sustrato, se ha tenido en cuenta un trabajo sobre comportamiento térmico en modelos con cubiertas ecológicas (Machado et al; 2003) en donde detallan un valor para el coeficiente de conductividad térmica de 0.12 W/m K y se determina como espesor de vegetación y de sustrato unos 8 cm de cada uno.

CÁLCULO TRANSMITANCIA TÉRMICA CUBIERTA			
PROYECTO:	SEDE UFLO - BS AS CON SISTEMA MODULAR VERDE		
ELEMENTO:	CUBIERTA	EPOCA DEL AÑO:	VERANO
FLUJO DE CALOR:	Vertical	ZONA AMBIENTAL:	IIIb
NIVEL DE CONFORT (IRAM 11605):	B	TEMP. EXTERIOR DE DISEÑO °C:	19,5
	Espesor	Coef. Conductividad Térmica	Resistencia Térmica
Capa de elemento constructivo	e (8)	$\lambda$ (9)	R (10)
	m	W/m.K	m <sup>2</sup> .K/w
RSI			0,1
Vegetacion + sustrato (1)	0,16	0,12	1,33333333
Camara de aire	0,05	1	0,14
Carpeta	0,01	0,72	0,01388889
Membrana Asfáltica (Aislacion Hidrofuga)	0,01	1,4	0,00714286
Contra piso HHRP	0,16	0,63	0,25396825
Barrera de vapor		3	0
Losa H <sup>2</sup> A <sup>2</sup>	0,1	0,41	0,24390244
Camara de aire	0,05	1	0,14
Placa de Yeso tipo Durlock 9mm	0,009	0,41	0,02195122
RSE			0,04
RTT	0,549		2,29418699
Tramitancia térmica (w/m <sup>2</sup> .K) K			0,44
Tramitancia térmica de acuerdo con la IRAM 11605 (w/m <sup>2</sup> .K)			0,45
Cumple con la IRAM 11605 : SI / NO			SI

Tabla 2: Cálculo de aislamiento térmico de cubierta con sistema de bandejas verde, según metodología indicada en Norma IRAM 11601.

De los resultados de las mediciones de temperatura, se observa que en todas las mediciones tomadas en el lapso de un año, las temperaturas medidas en el sustrato son menores a las temperaturas exteriores (temperatura ambiente) y a las temperaturas exteriores bajo la bandeja (en cámara de aire entre bandeja y la cubierta). Esto se debe a la capacidad térmica del sustrato poroso seleccionado que al estar húmedo provoca una disminución de temperatura con relación a la temperatura ambiente. En relación a la comparativa entre temperatura bajo la bandeja y la temperatura exterior ambiente, los resultados son irregulares, pudiendo ver una tendencia a que bajo la bandeja, por efecto sombra, durante los meses de invierno (junio a agosto) las temperaturas son menores a las temperaturas exteriores del ambiente.

## CASO 2: JARDIN VERTICAL

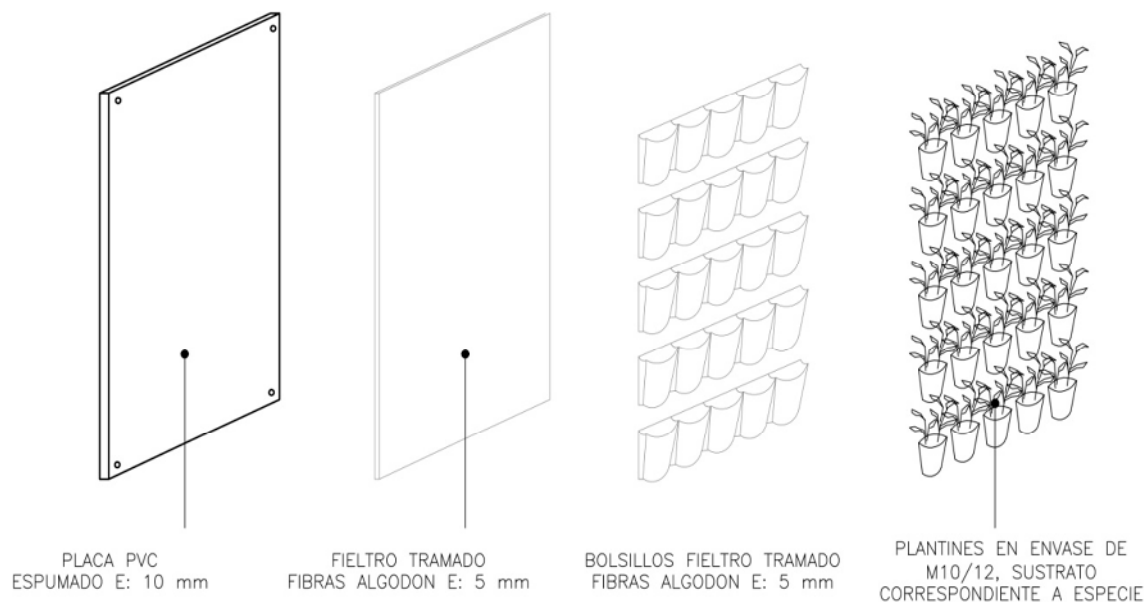
Para el tratamiento de envolventes edilicias verticales, existen variados sistemas y alternativas de cobertura parcial o total. Por lo general, es necesario desarrollar algún sistema que garantice el aislamiento hidráulico y la proliferación de raíces que atenten contra las aislaciones de los muros que se desean intervenir.

Para tal fin, se ha optado por desarrollar un sistema modular de paneles de jardines verticales que está compuesto por una serie de componentes, en donde cada uno cumple una función determinada y entre todos constituyen un sistema eficiente que permite el desarrollo de un jardín vertical de cobertura total y que garantiza el aislamiento hidráulico del muro por ser independiente y poder separarse a través de una cámara de aire entre 35mm y 70mm dependiendo del caso.

## METODOLOGIA

El sistema de jardín vertical propuesto está compuesto por un panel de PVC espumado de 10 mm de espesor, revestido en una de sus caras por un fieltro tramado de fibras de algodón de 5 mm y una serie de bolsillos superpuestos del mismo material para alojar sustrato y plantines. Para su manipulación,

izaje y traslado se ha decidido desarrollarlos en formato rectangular vertical de 0.80 m de ancho por 1,20 m de alto. (Ver Figura 5)



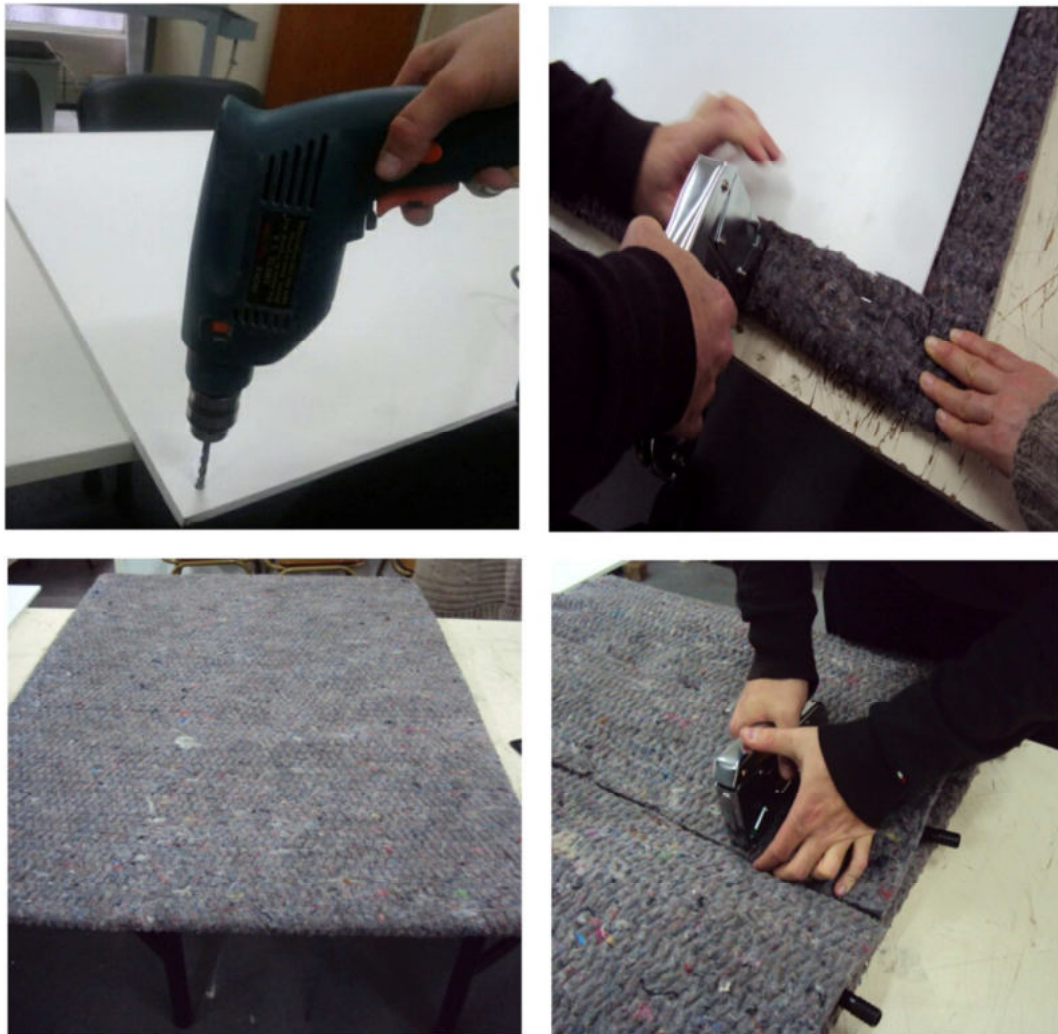
*Figura 5: Esquema componentes sistema modular jardín vertical*

En este caso de estudio, se propone la medición del sistema de jardín vertical al comportamiento acústico. Para ello se ha propuesto un trabajo conjunto entre el Laboratorio Bio-Ambiental de Diseño de la Universidad de Flores, el Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido de la Universidad Nacional de La Plata y el Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la Comisión de Investigaciones Científica de la Provincias de Buenos Aires (LAL- CIC). Cada institución aporta el conocimiento, equipamiento y evaluación de los modelos de ensayo con el objeto de brindar nuevos resultados sobre el comportamiento y eficiencia acústica<sup>5</sup> y térmica. (Convenios UFLO-IIPAC-UNLP-2017 y UFLO-CIC-2017)

En la primera fase del proyecto se realizarán mediciones del coeficiente de absorción sonora del sistema modular de jardín vertical en cámara reverberante del laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la CIC aplicando la norma IRAM 4065(Acústica. Medición de absorción de sonido en sala reverberante -1995). Dicha cámara normalizada tiene un volumen de 189 m<sup>3</sup> y una superficie interior de 208 m<sup>2</sup>. Para tal fin se han desarrollado en la Universidad de Flores doce paneles modulares de 0.80m x 1.20m (ver Figura 6), de acuerdo al sistema propuesto.

---

<sup>5</sup> El trabajo aquí presentado forma parte del caso de estudio realizado por la Arq. Ana Rizzo La Malfa para su tesis de Doctorado: "Estrategias sustentables para controlar la contaminación acústica en espacios urbanos y residenciales. Tecnologías de "naturación" urbana. El caso de la ciudad de La Plata". Director: Prof. Ing. Gustavo Basso (Facultad de Bellas Artes - UNLP) Codirector: Prof. Dr. Ing. Patrizio Fausti (Dipartimento di Ingegneria. Scuola di Acustica. Universita' di Ferrara. Italia) Lugar de trabajo: IIPAC-UNLP



*Figura 6: Secuencia de armado del panel de 0,80mx1,20m.*

La medición del comportamiento acústico tendrá dos partes: la primera (que se explica en este trabajo) es la del sistema completo de soporte de los paneles modulares sin vegetación ni sustrato. La segunda se podrá realizar a los seis meses de haber plantado los paneles con plantines (según se detalla más adelante).

El criterio de realizar estas dos mediciones se define a partir de ensayar y conocer los resultados del sistema de soporte completo (dado que para que funcione el jardín vertical con este sistema, deben colocarse todos los materiales y capas componentes), descartando por esta razón evaluar los materiales por separado. En segunda instancia se evaluará el sistema cubierto completamente con vegetación y esto permitirá discriminar cual es el aporte de la absorción sonora del sistema de paneles y cuál es el de la vegetación.

Para realizar la medición de los paneles (sin sustrato ni plantas) en la cámara reverberante se organiza la muestra en tres filas y cuatro columnas. Para tal fin se construye una estructura de listones de madera de 50 mm x 76 mm para la fijación de los paneles, empleando tornillos auto-perforantes. En todo el perímetro de la muestra se colocan listones para brindar un aislamiento perimetral ante posibles filtraciones de energía sonora hacia la cavidad de aire que se genera por el espesor de la estructura entre el panel y la pared de la cámara. (Ver Figura 7)





*Figura 7: Montaje del sistema modular de jardín vertical compuesto por 12 paneles en la cámara reverberante normalizada- realizado por personal del LAL-CIC*

Para realizar el cálculo de absorción sonora se midieron tiempos de reverberación siguiendo el procedimiento de la Norma IRAM 4065/1995, que se corresponde con la ISO 354/1985.

Durante la medición<sup>6</sup> se utilizaron dos posiciones diferentes de las fuentes sonoras y seis posiciones del micrófono. Se realizaron tres registros por cada combinación fuente-micrófono donde cada tiempo de reverberación fue el resultado del promedio de 36 caídas. Se constató que la humedad y temperatura durante los ensayos se mantuvieron constantes. (Ver Figura 8)



*Figura 8: Calibración de equipos y detalle constructivo lateral del montaje realizado por personal del LAL-CIC*

<sup>6</sup> Equipos utilizados: 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-32 y micrófono de 1/2", marca Brüel & Kjaer; software de medición d tiempo de reverberación marca Brüel & Kjaer, type BZ-7227; amplificador de audio frecuencias, marca Pyramid, modelo PA1000X; fuentes sonoras de la cámara reverberante (2 bafles cúbicos de 3 parlantes cada uno); Cámara reverberante – CIC-LAL.

## RESULTADOS

A continuación, se muestran (ver Tabla 3) los resultados de las mediciones en donde se calculan los coeficientes de absorción sonora del sistema en función de la frecuencia  $\alpha$  (adimensional) con la correspondiente incertidumbre de medición  $U$  ( $\alpha$ ). Al final de la Tabla 3 se expresan los números únicos calculados NRC y SAA de acuerdo con lo que especifica la ASTM C 423-02. Sumando a esto, La incertidumbre de medición esta expresada como la incertidumbre expandida basada en la incertidumbre estándar combinada multiplicada por un factor de seguridad de 2, suministrando límite de confianza del 95%.

FRECUENCIA	COEFICIENTE DE ABSORCION $\alpha$ (ALPHA)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA 95% $\pm U$ (ALPHA)
100	0,13	0,04
125	0,35	0,08
160	0,43	0,09
200	0,48	0,09
250	0,48	0,08
315	0,53	0,08
400	0,55	0,08
500	0,59	0,08
630	0,63	0,08
800	0,70	0,08
1000	0,74	0,07
1250	0,79	0,07
1600	0,8	0,07
2000	0,84	0,07
2500	0,87	0,07
3150	0,92	0,07
4000	0,97	0,08
5000	1,02	0,09
<b>NRC</b>	<b>0,65</b>	
<b>SAA</b>	<b>0,67</b>	

Tabla 3: Cálculo del coeficiente de absorción sonora del sistema modular de jardín vertical- Cámara reverberante y equipos LAL-CIC

Una vez que se realizara el ensayo de absorción acústica, se ubicaron los paneles expuestos a condiciones ambientales naturales al aire libre para proceder con la plantación de los mismos.

Para ese se eligieron cuatro especies vegetales que se ensayaron previamente en Laboratorio (Miguel y Figueira, 2016) y que tienen una serie de características estudiadas: 1) buen poder de cobertura de la superficie de los paneles, 2) baja necesidad hídrica, 3) buena resistencia a las condiciones climáticas bonaerenses, 4) poca necesidad de sustrato para su desarrollo, 5) variedad de follaje y color para proponer un panel de una riqueza diversa.

Las especies seleccionadas para este trabajo fueron: *Tracescantia pallida*, en envase m12; *Plectranthus neochilus*, en envase m12; *Mentha suaveolens* "variegata", en envase m12 y *Salvia procurrens*, en envase de 3litros. Los plantines se adquirieron con su sustrato correspondiente, sin

embargo se agregó en cada uno de los bolsillos de fieltro una base de aproximadamente 4 cm de sustrato mejorado con compost orgánico<sup>7</sup>. (Ver figura 9)



*Figura 9: Plantación de paneles a cargo del equipo de investigadores, técnicos y alumnos de la Universidad de Flores*

Los paneles cultivados deberán desarrollarse por lo menos 6 meses para poder lograr una cobertura total de la superficie para volver a realizar el ensayo de absorción sonora con el sistema completo (paneles estructurales con bolsillos, sustrato y plantas). Al cierre de este artículo la cobertura vegetal de los paneles se encuentra en un 60%.

## CONCLUSIONES

En el caso de estudio 1, se puede observar que, un estudio de transmitancia térmica de la cubierta original del edificio de la Sede Buenos Aires de la Universidad, puede ser mejorado a partir de la incorporación de un sistema modular de cubierta verde. El sistema seleccionado no impacta sustancialmente en el peso de la estructura ni en el sistema de drenaje pluvial del edificio permitiendo obtener una mejora en el confort térmico y generando un nuevo espacio verde urbano para el disfrute de los miembros de la comunidad de la Universidad.

Por otra parte con respecto al estudio de comportamiento térmico, las mediciones realizadas durante el período de un año, muestran que algunas épocas del año el rango de diferencia de temperatura entre el sustrato y el ambiente exterior oscila entre 5 y 10 grados centígrados. Esto indica que los sustratos y especies vegetales plantadas en una cubierta verde, tiene la capacidad de regular las temperaturas y generar una interface entre la envolvente del edificio y el medio ambiente que la rodea.

En el caso de estudio 2, jardín vertical modular, se observa que el comportamiento acústico del soporte y fieltro, es del tipo de un absorbente poroso, pero con una mejora en frecuencias bajas y medias. Esto último se debe principalmente a la separación entre la estructura y la pared.

De acuerdo con la medición en cámara reverberante, se obtienen valores del coeficiente de absorción ( $\alpha$ ) superiores a 0,4 a partir de la frecuencia de 160Hz, y mayores a 0,7 por encima de 1000Hz.

Estos resultados parecen predecir un muy buen comportamiento absorbente sonoro de la estructura terminada. Sin embargo, deberán esperarse los resultados con la vegetación colocada y crecida para poder realizar tal afirmación, lo cual está aún en proceso. De todas maneras, y dadas las características

---

<sup>7</sup> Sustrato comercial de Tierra Fértil enriquecido con compost orgánico: Cada 100 g presenta humedad: 35 a 40%, ph: 6.2, C/N: 7.7, C:E: 1-1 mmhos/cm.

acústicas de los vegetales en la configuración que se empleará en estos jardines, no se esperan grandes cambios en el coeficiente obtenido.

## REFERENCIAS

Bry Sarté, S. (2010). Sustainable Infrastructure. The guide to Green Engeneering and Design, pp.116-117. John Wiley&SonsInc, New Jersey.

Machado, M., Brito, C. y Neila, J. (2000) La cubierta ecológica como material de construcción. Informe de la construcción, Vol.52 Nro 467, mayo/junio 2000, pp. 15 a 29.

Machado, M ; Brito, C ; Neila, J;(2003). Comportamiento térmico en modelos con cubierta ecológica. Tecnología construcción vol 19-III pp 49-58.

Miguel, S y Figueira, A. (2016) Cubiertas verdes y jardines verticales. Sistemas constructivos que optimizan el control térmico de la envolvente edilicia. Vol.20, pp.09-11-09-18, Actas ASADES 2016 - XXXIX REUNIÓN DE TRABAJO, La Plata.

Minke, G. (2016) Muros y fachadas verdes, jardines verticales. Sistemas y Plantas, Funciones y Aplicaciones. BRC Ediciones, Bariloche.

Norma IRAM 4065(1995): Acústica. Medición de absorción de sonido en sala reverberante.

Norma IRAM 11601. (2004) Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. (Versión revisada y modificada)

Norma IRAM 11605(1996) Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.

Soto, M.; Barbaro, L.; Coviella, M.; Stancanelli, S. (2014) Catalogo de plantas para techos verdes. Instituto de Floricultura – INTA – Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

Urbano López de Meneses, B. (2013). Naturación Urbana, un desafío a la urbanización. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, Mayo-Agosto, pp. 225-235.

## ABSTRACT

Environmental problems affect increasingly contemporary cities. The effects of climate change produce adverse conditions in the habitat and the quality of life. Urban development must therefore carry design strategies to solve environmental problems and mitigate the effects of global warming. The use of green surfaces in buildings is positive from several points of view to solve part of these problems. This paper presents two ongoing studies on vegetation systems applied to building envelopes: a green terrace which evaluates thermal behavior from the annual record of temperatures and a vertical garden that is subjected to studies of sound absorption of the components of the system in a standardized camera. The results show the efficiency of both systems: thermal insulation (green roof's case) and sound insulation (the vertical garden's case)

**Keywords:** Green roof, vertical garden, thermal insulation, sound insulation.