

2

CONSTRUCCIONES SUSTENTABLES

Y LEY N°13059 | ENVOLVENTES EFICIENTES

Autor, Jorge Daniel Czajkowski

Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable
Facultad de Arquitectura y Urbanismo – UNLP / CIC
Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación

La Plata
2019

Construcciones Sustentables y la Ley 13059 2

Envolventes eficientes

Jorge Daniel Czajkowski

Analía Fernanda Gómez

Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable
Facultad de Arquitectura y Urbanismo – UNLP / CIC

y

Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación

La Plata
2019

Jorge Daniel Czajkowski es arquitecto de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata. Especialista en Ingeniería de Fuentes no Convencionales de Energía. Especialista en Ambiente y Patología Ambiental y Doctor en Ingeniería de la UNLP.

Es Profesor Titular de Instalaciones I y II en la FAU-UNLP. Investigador Independiente del CONICET. Director del Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable FAU UNLP. Director de las Carreras de Maestría y Especialización en Arquitectura y Hábitat Sustentable en la FAU UNLP.

Ha publicado más de 200 artículos, capítulos de libros y libros desde 1986 al presente.

En 2016 fue nombrado Director Provincial de Formación para la Innovación, primero y luego Director Provincial de Articulación con el Sistema de Ciencia y Tecnología. Al crearse el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación en la Provincia de Buenos Aires pasa a ser asesor del Subsecretario de Tecnología e Innovación. En 2018 se incorpora al gabinete del MCTI como asesor del Ministro Ing. Jorge Elustondo.

--*--

Analía Fernanda Gómez es arquitecta de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata.

Es Profesora Titular de Instalaciones I y II en la FAU-UNLP y Profesora Titular de Conservación Preventiva en la Universidad Museo Social Argentino. Es Investigadora Adjunta del CONICET. Coordinadora del Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable FAU UNLP. Co-Directora de las Carreras de Maestría y Especialización en Arquitectura y Hábitat Sustentable en la FAU UNLP. Es prosecretaria de Investigación de la FAU-UNLP.

Czajkowski, Jorge Daniel

Construcciones sustentables: módulo 2: y la Ley 13059 / Jorge Daniel Czajkowski; Analía Fernanda Gómez; ilustrado por Gómez Analía... [et al.]. - 1a ed. - La Plata: Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Arquitectura y Urbanismo; La Plata: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación -GBA, 2019.

108 p.; Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-34-1756-0

1. Edificio. 2. Arquitectura Sustentable. I. Gómez, Analía, ilus. II. Título.
CDD 728.047

Fecha de catalogación: 12/04/2019

(CC BY-NC-ND) Jorge D. Czajkowski & Analía F. Gómez, 2019.

Editado por LAyHS – FAU – UNLP / CIC MCTI. Calle 47 Nro 162 | 1900 | La Plata, Buenos Aires, ARGENTINA Tel. +54 221 5236587/90 i 255 | layhs@fau.unlp.edu.ar

Diseño de portada: DCV Graciana Molteni.

1ª edición, 2019.

Hecho el depósito que marca la ley 11.723

Libro de edición Argentina.

ISBN: 978-950-34-1756-0 (Versión digital y descargable)



Se publica bajo licencia Creative Commons BY: El beneficiario de la licencia tiene el derecho de copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas siempre y cuando reconozca y cite la obra de la forma especificada por el autor o el licenciante; NC: El beneficiario de la licencia tiene el derecho de copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales; ND: El beneficiario de la licencia solamente tiene el derecho de copiar, distribuir, exhibir y representar copias literales de la obra y no tiene el derecho de producir obras derivadas.

INDICE

Prólogo	9
1 Fundamentos	11
Envoltentes eficientes,	12
Normas IRAM	13
2 Vocabulario - 11549 –	15
3 Características bioclimáticas de la Argentina - IRAM 11603 -	17
Generalidades.	
Datos principales.	18
Temperaturas.	19
Humedad.	20
Viento.	22
Heliofanía.	22
Grados día.	23
Procesamiento de datos	24
Zonas Bioambientales.	25
Recomendaciones de diseño por zonas.	28
Recomendaciones generales sobre diseño	29
Condiciones de asoleamiento mínimo	30
Microclimas.	31
Recomendaciones generales de diseño en los microclimas	32
Caracterización bioclimática de la Provincia de Buenos Aires	33
Software como ayuda al diseño bioclimático	39
4 Métodos de Cálculo de R y K. Normas 11601 y 11605.	41
Generalidades	41
Resistencia térmica (R)	42
Resistencia térmica superficial	43
Cámaras de aire	43
Componentes con cámaras de aire ventiladas	44
Resistencia térmica total	45
Áticos	45
Conductividad térmica de materiales de construcción	47
Procedimiento para determinar el λ en el caso de bloques y ladrillos huecos	48
Transmitancia térmica (K)	49
Determinación de la transmitancia térmica de un muro	49
Ejemplo	50

Niveles de aislamiento térmico en muros y techos - IRAM 11605	53
Puentes térmicos	54
Mejoramiento de puentes térmicos	55
Soluciones constructivas usuales de muros y techos y sus K	56
5 Riesgo de condensación superficial e intersticial. IRAM 11625 y 11630.	59
Introducción	59
Condensación superficial	62
Condensación intersticial	62
Modos de ubicación del aislante térmico y la barrera de vapor en muros	64
Conceptos sobre los efectos de la humedad en los materiales de construcción	65
Absorción de agua por condensación	66
Permeabilidad al vapor de agua	66
Cálculo del riesgo de condensación	67
Método de verificación del riesgo de condensación superficial	67
Proceso inverso para determinar la resistencia térmica mínima evitando la condensación superficial	68
Verificación de riesgo de condensación intersticial	69
Bibliografía	77
Anexo 1: Datos bioclimáticos de ciudades Argentinas	81
Anexo 2: Conductividad térmica de diferentes materiales	88
Anexo 3: Permeabilidades y permeancias al vapor de agua	95
Anexo 4: Transmitancias térmicas K admisibles y recomendadas por el LAYHS-FAU-UNLP para 21 localidades de la Provincia de Buenos Aires.	99
Anexo 5: Tabla de datos bioclimática extendida de la IRAM 11603.	100
Glosario de términos usuales	103
Menciones	105

Prólogo

Los tres tomos de *“Construcciones Sustentables y la Ley 13059”*, surgen de numerosas publicaciones previas como aporte a la difusión de los conceptos y técnicas de las construcciones sustentables en el hábitat construido de la Provincia de Buenos Aires. La experiencia en el tema arranca en 1985 cuando nos incorporamos al equipo del Proyecto *“Audibaires”*, del IAS Instituto de Arquitectura Solar y financiado por la Secretaría de Energía de la Nación. En ese proyecto se auditaron 3500 viviendas del área metropolitana de Buenos Aires. Se continuó con financiamiento del CONICET la realización de auditorías en la Provincia de Buenos Aires en 1989 y así siguieron de forma continua hasta el presente.

Este documento en particular reúne parte de fichas de trabajos prácticos de la Cátedra de Instalaciones Czajkowski – Gómez – Calisto Aguilar de la FAU UNLP en lo relacionado con uso racional y eficiencia energética en las edificaciones. Se han tomado además capítulos del Libro *“Diseño bioclimático y economía energética edilicia. Fundamentos y métodos”* elaborado entre 1989 y 1994 para la asignatura Producción de Obras 2 en la que éramos docentes. Se incorporan numerosas actualizaciones y ampliaciones para adaptarlo al contexto de la provincia de Buenos Aires.

Se busca sintetizar lo impartido en el Curso organizado por la Subsecretaría de Tecnología e Innovación sobre *“Construcciones Sustentables y la Ley 13059”*. Curso que se dicta en tres módulos orientado a los profesionales de la construcción del ámbito público o privado en un momento donde 15 años después de aprobada la ley provincial y 8 año después de reglamentada solo tres municipios presentaron proyectos de ordenanza para su implementación. Estos municipios encabezados por Olavarría a los que siguieron Junín y Pergamino.

Hemos impulsado todo tipo de iniciativas mediante cursos y capacitaciones en el ámbito académico y profesional. Pero hasta este momento no se ha podido implementar la aplicación efectiva de la Ley de forma total o parcial en ninguno de los 135 municipios. Sigue construyéndose un hábitat con creciente ineficiencia energética. Ineficiencia que ya se hace sentir en el presupuesto de las familias bonaerenses.

Estas acciones de docencia, investigación y extensión forman parte de las actividades y líneas de trabajo del Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable, de las carreras de Maestría y Especialización AyHS en posgrado acreditado y la Cátedra de Instalaciones N°1 en el grado. Todos en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata.

J.D.C. & A.F.G.

1

Fundamentos

La Provincia de Buenos Aires sancionó en el año 2003 la Ley 13059 con el fin de regular la calidad térmica y eficiencia energética de las edificaciones para uso humano. Recién se reglamentó en el año 2010, no sin fuertes discusiones acerca de la pertinencia de regular el modo en que se construye.

El hábitat construido en la Argentina se desarrolló a nivel de diseño tecnológico a partir de la sanción de la Ley Nacional 13064 de 1947 sobre Obras Públicas en General. En su decreto reglamentario se estableció el *“modelo tecnológico en la construcción de edificios”* en los Pliegos de Bases y Condiciones, en la sección *“Especificaciones Técnicas”*. Allí se describe lo que conocemos como *“Construcción Tradicional”* también llamado *“Construido según las reglas del arte de la construcción”*. Todo lo no encuadrado en este debía ser *“No Tradicional”* y requerir de una aprobación especial denominado CAT o Certificado de Aptitud Técnica. En base a esto se estructuró la enseñanza de arquitectos, ingenieros y técnicos de la construcción, como asimismo toda la bibliografía de enseñanza técnica de los profesionales de la construcción.

La ley 13059 sirvió de antecedente del Decreto Presidencial 140 de diciembre del 2007 donde se establece un *“Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía”* y de la Ordenanza 8757 sobre *“Aspectos Higrotérmicos y demanda Energética de las Construcciones”* de la Ciudad de Rosario en 2011; que comenzó a implementarse de forma progresiva entre 2013 a 2018, con sendos Decretos Reglamentarios.

Mientras los 135 municipios de la Provincia de Buenos Aires se resistían a su aplicación, privando una suerte de libertad proyectual por parte de los arquitectos, sumado a multitud de argumentos para evitar la implementación de la ley.

Paralelamente numerosos estudios académicos muestran una progresiva degradación de la eficiencia energética de las edificaciones.

El Decreto 1030/10 establece que Normas IRAM deben aplicarse y que nivel de eficiencia deben tener las envolventes opacas (muros y techos). Además suma dos normas sobre carpinterías a fin de regular la calidad de estas en cuanto a pérdidas y ganancia de calor por conducción y por infiltración de aire.

En el caso de la ordenanza de Rosario se agregan novedades como la regulación de la permeabilidad de las superficies transparentes al paso de la radiación solar que no fuera contemplado en el decreto bonaerense.

Y la pregunta que debemos hacernos es ¿Por qué regular la calidad y eficiencia energética de las envolventes?

ENVOLVENTES EFICIENTES

Hay varios ejemplos sobre la necesidad de establecer una barrera o interfaz entre un ambiente interior para uso humano y el clima exterior. Esto con el fin de conseguir una mínima calidad de confort higro-termo-lumínico-acústico.

Desde la eficiencia energética, la visión es diseñar una envolvente para el ambiente interior a habitar que requiera la menor cantidad de energía en climatización a lo largo de un año en cualquier localización en la Tierra.

De hecho habitamos desde los polos al ecuador y desde el nivel del mar a unos 4000 m de altura de forma permanente. Implica un rango de temperaturas de -60°C a + 60°C con varios niveles de humedad relativa y velocidades de viento.

Este es el ámbito planetario donde habitamos unos 7000 millones de personas. Esto sin considerar el hábitat de una mayor cantidad de diversos animales y plantas, para consumo humano.

En todos los casos se requiere cuantiosa energía y materia para mantener condiciones de habitabilidad razonables.

A nivel normativo se ha establecido que para el período de invierno la condición de confort higrotérmico (en adelante CH) varía entre 18 a 22°C con 50% de humedad relativa. Para el período de verano entre 23 a 25°C y 50% de humedad relativa.

Así en el primer caso deberemos agregar calor y en el segundo extraerlo. En ambos se requiere consumo de energía.

Energía que desde principios del siglo XX se ha utilizado mayormente a partir del uso de combustibles fósiles (gas natural, petróleo y derivados y carbón mineral) y en menor medida hidroelectricidad, energía nuclear y leña.

Así para una vivienda tipo en la Argentina tendremos variaciones de temperaturas entre -25°C a +50°C como temperaturas de diseño en las diversas regiones del país.

Para la provincia de Buenos Aires con clima mayormente templado, estas variaciones serán entre -7.7°C en Coronel Suarez (Lat: 37.4°) a +39°C en Bahía Blanca (Lat: 38.7°).

En función al modo constructivo vigente que no busca regular ni la calidad térmica de la envolvente, ni el porcentaje de vidriado o la protección solar de estos, la demanda de energía en climatización será muy alta.

Mucho más extrema en sectores socioeconómicos altos donde el uso del vidrio y los m²/habitante son mucho más altos que en sectores sociales medios o bajos.

Los primeros poseen la capacidad de afrontar el consumo y los segundos son subsidiados. Pero en promedio la demanda por m² o por habitante en la provincia está muy por arriba de los estándares internacionales.

Así desde mediados de los '70 del siglo XX en el Instituto Argentino de Normalización IRAM se creó el Subcomité de Acondicionamiento Térmico de Edificios, luego de Aislamiento Térmico de Edificios, para que representantes de empresas, universidades e instituciones nacionales puedan discutir y consensuar normas.

Las Normas IRAM solo son prescriptivas u obligatorias cuando una ley, decreto, ordenanza, etc; lo haga exigible.

NORMAS IRAM

Entre las primeras Normas podemos citar la 11603 que propuso una regionalización bioambiental del país en relación a tres indicadores principales, a saber: a. los grados día de calefacción, b. la temperatura efectiva corregida y c. la amplitud térmica.

Además de tablas de datos bioclimáticos para diversas localidades del país y recomendaciones de diseño para las diversas zonas bioambientales. En una suerte de breve manual de diseño bioclimático.

Otra, muy polémica, es la 11605 que establece los valores de transmitancia térmica admisible para tres niveles de confort térmico de los cuales la Provincia de Buenos Aires adopta el Nivel B o intermedio. Esta norma solo afecta a muros y techos de la envolvente opaca.

El Municipio de Olavarría que fue el primero en aprobar una ordenanza (N° 4311/18) para exigir su cumplimiento a partir de la adaptación de la Ordenanza 8757/11 de la Ciudad de Rosario. Estas exigen el Nivel B para edificio de 50 a 500m² de superficie cubierta y Nivel A para los mayores a 500m².

Para poder realizar la verificación la Norma 11601 establece el procedimiento para calcular la resistencia térmica R y su inverso la transmitancia térmica K. Además de ofrecer tablas con las características físicas e higrotérmicas de los diversos materiales de construcción.

Para definiciones y fundamentos del paquete de normas la IRAM 11549 lo trata.

Pero prevalece un problema que va más allá de la transmitancia térmica y es cómo se comporta la solución constructiva ante una mezcla de aire húmedo interior y el exterior.

Para esto las Normas 11625 y 11630 proponen un procedimiento de verificación del riesgo de condensación superficial e intersticial en paños centrales y aristas de muros y techos.

Con esto se evita el riesgo de deterioro por humedecimiento y probable enmohecimiento de la envolvente que podría afectar a la salubridad y calidad del aire interior y la salud de los habitantes del edificio.

Se mitigan tanto las patologías constructivas en la envolvente como las de los habitantes.

Las normas 11507-1 y 11507-4 buscan establecer una calidad mínima de las ventanas combinando el comportamiento térmico de marcos y paños vidriados.

Con este grupo de normas se busca regular la calidad de las diversas partes que componen la materialidad de un edificio.

Resta tratar en el módulo (tomo) 3 la integración de los componentes en un proyecto arquitectónico y la energía que se demandaría para mantenerlo climatizado en un día típicamente frío y típicamente cálido.

2

Vocabulario - IRAM 11549 -

La Norma IRAM 11549 cuya última versión data de julio de 1993 compila las definiciones y vocabulario homologado relacionado con el Acondicionamiento Térmico de Edificios. Es una actualización y revisión de la original publicada en 1970.

Se compone de una tabla de definiciones relativas a las características térmicas de materiales y elementos constructivos junto a los símbolos y unidades que correspondan. Otra tabla expone las definiciones relativas a las características térmicas de componentes, locales y edificios.

Otra muestra las definiciones relativas a humedad, condensación y permeabilidad. Otra a definiciones relativas a datos climáticos para el diseño de edificios.

Hay tablas de: Símbolos y unidades de otras magnitudes; de Subíndices; de Conversión de Unidades (longitud, volumen, calor-energía, flujo de calor, conductividad térmica, transmitancia térmica, resistencia térmica, resistividad térmica, capacidad calorífica específica, difusividad térmica, presión de vapor de agua, permeabilidad al vapor de agua, permeancia al vapor de agua, resistencia a la difusión del vapor, exitancia total, velocidad del aire y temperatura).

En anexos se muestra un glosario de términos usuales en la materia y una síntesis de conversión de unidades.

4.3 Índice de renovación de aire: Número de cambios de aire producidos en un volumen por unidad de tiempo.	n	h
NOTA: La unidad «horas», usadas para definir el índice de renovación de aire, no pertenece al SI (Sistema Internacional). No obstante, generalmente se acepta al número horario de cambio de aire como forma de expresar esta magnitud.		
4.6 Infiltración de aire: Media aritmética del caudal de aire que pasa a través de las juntas de un cerramiento móvil (aberturas), medido por unidad de longitud de la junta del cerramiento, y para condiciones establecidas de diferencia de presión de aire.	Q	$m^3/m.h$

Figura 2.1: Ejemplo de definición de variable, indicador y unidades.

6.1 Zona bioambiental Zona geográfica definida según parámetros meteorológicos referentes a la interacción del hombre, vivienda, clima, a la que corresponden requerimientos higrotérmicos específicos aplicables a los edificios para lograr confort térmico o uso racional de la energía.

NOTA: la IRAM 11603 establece la zonificación bioambiental de la República Argentina.

6.2 Temperatura de diseño La temperatura del aire exterior definida para el día típico de diseño de la estación correspondiente, que se obtiene estadísticamente sobre la base de un período de diez años y que será superada en severidad en ocho días por año en promedio.

NOTA: Las temperaturas de diseño del aire exterior a interior para verificar riesgo de condensación se establecen en las IRAM 11625 a IRAM 11630. Las temperaturas de diseño exterior de invierno y verano están definidos y establecidas en la IRAM 11603.

Figura 2.2: Ejemplo de definiciones de indicadores bioclimáticos.

3

Características bioclimáticas de la Argentina¹

IRAM 11603

Las construcciones humanas deben adecuarse bioclimáticamente para conformar un hábitat racional, económico y con el mayor grado de eficiencia que permita cada momento histórico. Pero entonces surge la primera pregunta a la hora de iniciar el proceso de diseño en un sitio. ¿Cómo es el clima?, además de otras dudas como: ¿cuáles son las variables climáticas intervinientes?, ¿cómo interactúan entre ellas y sobre las construcciones? y muchas otras.

El primer paso es obtener datos que nos permitan analizar el clima de un sitio. Estos datos podemos obtenerlos de las “Estadísticas climatológicas” que publica el Servicio Meteorológico Nacional S.M.N. La última edición contiene los datos correspondientes a varias décadas, sobre una base de centenares de estaciones meteorológicas.

Las tablas que contiene indican los valores promedios y extremos de la década mencionada. La frecuencia de mediciones y confiabilidad de los datos varía con la jerarquía de la estación y la disponibilidad de personal de las mismas. Las estaciones meteorológicas se encuentran en los aeropuertos y aeródromos privados o dependientes de la Fuerza Aérea Argentina, en las estaciones del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) y en centros de investigación dependientes de universidades o entes públicos o privados. También se colectan datos de manera esporádica con estaciones meteorológicas no permanentes.

La confiabilidad de los datos depende de muchos factores. Uno de ellos es la calidad y estado del instrumental de medición, otro depende del personal que lee los instrumentos ya que no son muchas las estaciones automáticas y además de cuan bien calibrado se encuentre el instrumental.

Con instrumental manual la frecuencia de recolección de datos puede ser diaria u horaria en el mejor de los casos, mientras que con instrumentos automáticos la frecuencia depende de la necesidad del investigador y puede ser de minutos o aún menos.

En las tablas del S.M.N. los datos son medios mensuales, pero si necesitara una frecuencia menor, esta puede calcularse.

El diseño bioclimático necesita otros datos que no se encuentran en las “Estadísticas...” del S.M.N. como ser: los días típicos de diseño, los grados día, la radiación solar o el índice de claridad atmosférica, que podremos obtenerlos de otras fuentes o determinarlos como veremos más adelante. En el Cuadro 1 se muestran los datos climáticos correspondientes a La Plata extraídos del S.M.N.

¹ Nota: Capítulo adaptado del publicado en el libro “Diseño bioclimático y economía energética edilicia. Fundamentos y métodos” de los autores. (<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/72077>)

ESTACION LA PLATA AERO		LAT 34 58 S LONG 57 54 W DE G ALT 19 METROS PERIODO 1971/80												
VALORES MEDIOS Y ABSOLUTOS		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANO
PRES ATM NIV EST MB		1008,8	1014,1	1012,1	1013,6	1014,2	1014,6	1014,5	1015,8	1015,6	1013,6	1010,8	1009,0	1012,8
TEMP MAX ABSOLUTA C		36,8	36,5	35,9	29,2	28,2	22,5	28,4	24,8	27,4	30,4	31,7	37,8	37,8
OCURRENCIA DIA-ANO		26 75	25 79	20 80	22 80	13 80	25 72	31 79	22 74	25 73	7 77	30 78	30 71	DIC 71
TEMP MAXIMA C		28,3	27,3	25,2	21,9	18,1	14,9	16,4	15,4	18,0	20,7	23,2	26,9	21,2
TEMP TERM SECO C		22,4	21,4	19,7	16,1	12,8	9,9	9,6	10,3	12,8	15,4	18,0	21,3	15,8
DESV D L NORMAL C														
TEMP TERM HUMEDO C		19,5	19,0	17,8	14,5	11,7	8,7	8,8	9,1	11,2	13,8	15,4	18,1	14,9
TEMP MINIMA C		17,2	16,4	15,0	11,0	8,4	5,8	5,8	5,9	7,9	10,4	12,2	15,8	11,1
TEMP MIN ABSOLUTA C		6,3	4,1	3,6	1,3	- 2,6	- 4,1	- 4,6	- 2,6	- 2,6	- 1,2	1,0	1,3	- 4,6
OCURRENCIA DIA-ANO		18 75	26 71	31 77	19 71	5 71	17 74	23 74	18 74	2 78	5 72	2 73	5 71	JUL 74
TEMP PUNTO ROCIO C		16,5	16,6	15,8	12,3	9,7	6,5	6,8	6,7	8,5	11,3	12,0	14,8	11,5
TENSION VAPOR MB		19,4	19,4	18,4	14,8	12,5	10,2	10,3	10,2	11,6	13,9	14,5	17,4	14,4
HUMEDAD RELATIVA X		71	76	78	78	81	80	82	78	75	77	70	68	76
VELOC VIENTO KMH		21	19	16	15	15	17	17	17	20	19	21	20	18
PRECIPITACION MM		100	118	106	58	75	75	71	68	74	104	78	74	1001
DESV D L NORMAL MM														
HELIOF EFFECT H HS		8,7	8,3	7,4	6,6	5,0	4,6	4,5	5,6	6,5	7,3	8,8	8,5	6,8
HELIOF RELAT X		61	63	59	59	48	47	44	51	54	57	63	56	55
HUMOSIDAD TOTAL 0-8		3,6	3,6	3,5	3,3	4,5	4,5	4,6	4,2	3,9	4,1	3,5	3,7	3,9

ESTACION LA PLATA AERO		LAT 34 58 S LONG 57 54 W DE G ALT 19 METROS PERIODO 1971/80													
NUMERO MEDIO DE DIAS CON		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANO	
CIELO CLARO		11	10	12	14	7	8	7	10	11	10	11	10	121	
CIELO CUBIERTO		8	7	8	7	11	12	13	11	10	10	6	7	110	
PRECIPITACION		8	8	8	6	8	8	8	7	7	9	7	8	92	
GRANIZO		0	0	0,2	0	0,1	0	0,2	0	0	0,2	0	0	0,8	
NEVADA		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NIEBLA		0,4	1	2	4	6	4	5	4	5	2	0,7	2	36,1	
HELADA		0	0	0	0	0,6	4	4	2	1	0,2	0	0	11,8	
TORMENTA ELECTRICA		6	5	4	2	2	0,9	3	3	2	5	4	6	42,9	
TEMPESTAD DE POLVO		0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,2	
VIENTO - FRECUENCIA DE DIRECCIONES EN ESCALA DE 1000 Y VELOCIDAD MEDIA POR DIRECCION EN KM/H															
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANO		
	N VM	N VM	N VM	N VM	N VM	N VM	N VM	N VM	N VM	N VM	N VM	N VM	N VM	N VM	
N	147 20	127 19	151 15	151 17	137 17	142 19	150 19	143 19	97 20	101 19	152 24	152 20	136 19		
NE	179 22	183 19	147 19	113 15	98 15	87 13	84 17	85 19	114 19	125 20	141 22	160 20	126 19		
E	190 22	205 20	179 19	118 17	107 19	86 19	123 19	99 17	172 22	210 20	144 20	174 20	152 20		
SE	136 24	114 20	109 19	68 20	73 20	77 22	86 20	109 24	122 24	127 22	81 22	135 24	103 22		
S	88 26	84 24	112 20	98 20	105 19	107 20	89 20	97 22	123 26	99 28	94 24	81 28	98 22		
SW	68 22	80 22	79 22	88 24	101 20	88 22	91 20	90 24	101 24	115 24	127 28	60 26	91 24		
W	53 24	77 24	57 22	73 22	109 22	131 24	114 24	116 24	89 22	73 26	69 28	59 34	85 24		
NW	50 22	37 24	29 20	85 19	79 17	116 22	96 20	81 20	52 24	35 22	47 26	50 22	63 20		
CALMA	83	93	157	206	192	167	167	180	130	116	125	122	146		

Tabla 3.1: Datos climáticos correspondientes la ciudad de La Plata. Fuente: Estadísticas Climatológicas 1961- 70. Servicio Meteorológico Nacional, Fuerza Aérea Argentina. Buenos Aires, 1980.

DATOS PRINCIPALES

Si definimos al clima como el estado medio de la atmósfera, este será representado por el conjunto de elementos y fenómenos meteorológicos referidos a un período de 30 años, por las variaciones periódicas y aperiódicas, y por el desarrollo normal del tiempo en el transcurso del año.

Estos elementos servirán para conformar una regionalización bioclimática o bioambiental que nos permita sintetizar en sectores territoriales características homólogas. Esta regionalización podremos definirla como una "...zonificación general que está basada en la combinación de parámetros meteorológicos, referentes a la interacción hombre-vivienda-clima."

Los principales datos de base que utilizaremos son las temperaturas medias, máximas absolutas y medias, mínimas absolutas y medias; la presión o tensión del vapor; la humedad relativa; las velocidades y

frecuencias medias del viento; la precipitación; la heliofanía relativa y la nubosidad total. Mediante estos datos pueden determinarse otros indicadores como los correspondientes a los días tipo de diseño (días típicamente cálidos y típicamente fríos), como las: temperaturas máxima, media y mínima; temperaturas efectiva corregida máxima y media; humedad, etc.; o indicadores energéticos como los grados día de calefacción y enfriamiento.

TEMPERATURAS

La temperatura del aire se mide con termómetros de bulbo seco que pueden ser de registro simple o doble. Los de registro doble muestran las máximas y mínimas del período de medición que generalmente es diario. Estos datos se registran libres de influencias exteriores, para lo cual se ubican dentro de casillas de resguardo meteorológico. Estas se elevan 1,50 metros del suelo y se localizan libres de la influencia de vegetación o edificios.

Existen otros medios de registrar de forma continua la temperatura y es mediante instrumentos mecánicos, como los termohigrógrafos o electrónicos mediante sensores especiales.

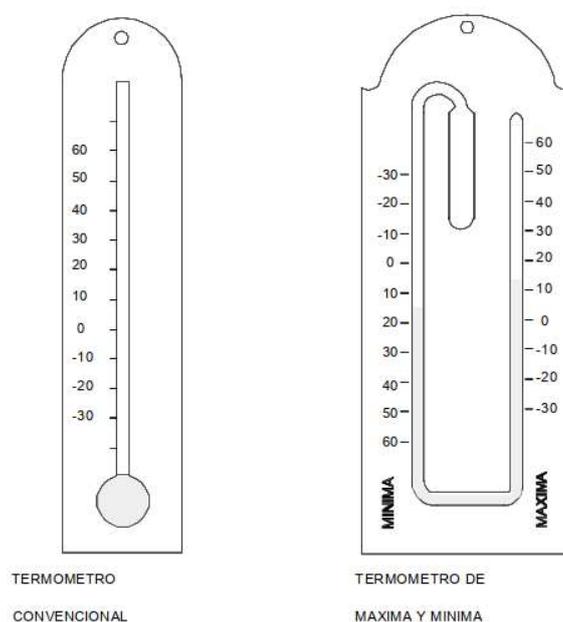


Figura 3.1: Tipos de termómetros de bulbo. Fuente: propia.

Temperaturas máximas y mínimas absolutas: Estos datos representan los extremos térmicos producidos en la década y normalmente van acompañados de la fecha en que se produjo. Por ejemplo para la estación que estamos analizando la máxima absoluta anual es 38,1°C y se produjo en el mes de febrero del año 1965, mientras que la mínima absoluta anual fue -5,7°C y se produjo en el mes de junio del año 1967. Estos datos se utilizan solo cuando queremos conocer condiciones extremas a la que será sometido el edificio o materiales de este.

Temperatura máxima media: Esta temperatura surge del promedio de las máximas diarias del período considerado y habitualmente ocurre entre las 13 y las 15 hs del día.

Temperatura mínima media: Surge de realizar el promedio de las mínimas diarias del período y ocurre poco antes de la salida del sol.

Temperatura media: También llamada temperatura de termómetro seco por el S.M.N. surge del promedio de todas las observaciones del mes y ocurre cerca de las 10 de la mañana y las 8 de la tarde.

Temperatura de bulbo húmedo: El instrumento que mide esta temperatura posee su bulbo envuelto en un género sumergido en un recipiente con agua y también se lo denomina psicrómetro. Esta temperatura es la de rocío del aire considerado y es aquella en la que el aire está saturado y deja de evaporar agua.

Temperatura de rocío: Es la temperatura que alcanzaría el aire a una misma temperatura estando saturado de humedad. Se percibe habitualmente esta situación cuando hay neblina y ocurre en nuestra región durante la noche o madrugada cuando el aire con una cantidad constante de vapor de agua disuelto en el

aire descende su temperatura comprimiendo sus moléculas hasta condensar el vapor en forma de pequeñas gotas.

TEC (Temperatura Efectiva Corregida): Índice empírico de confort que tiene en cuenta el efecto combinado de la temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo (temperatura radiante media - ver ábaco de la Figura 2) y la velocidad del aire. Por lo tanto, es una medida de la temperatura operativa.

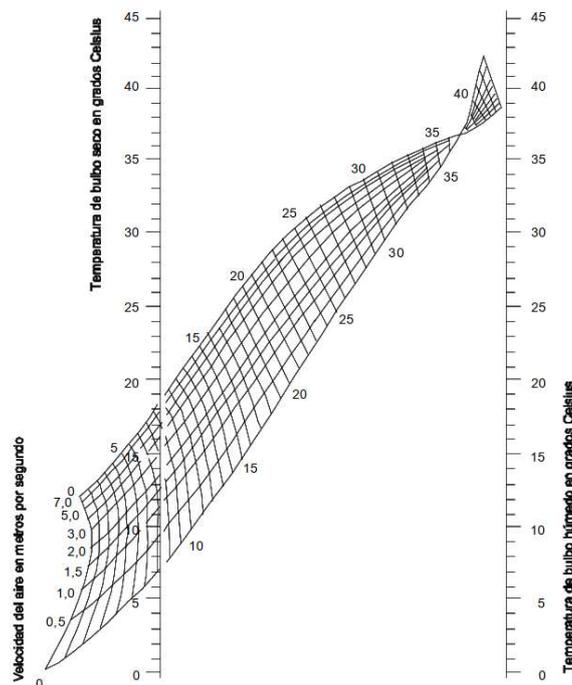


Figura 3.2: Nomograma para la determinación de la temperatura efectiva corregida (TEC). Fuente: propia.

Temperatura operativa: Temperatura de un recinto imaginario en el cual el cuerpo humano intercambiaría la misma cantidad de calor por radiación y convección que en el ambiente real.

Amplitud térmica: Diferencia entre la temperatura máxima, mensual y la temperatura mínima media mensual.

Temperaturas de diseño: La temperatura de diseño se divide en invierno y verano y resulta de un valor arbitrario decidido por consenso en el ámbito de una Comisión de normalización. La forma de determinación ha venido cambiando con las décadas en la Argentina. A nivel internacional es usual elegir el percentil 4 o 5% para invierno y 95 o 96% para verano para un período de 20 a 30 años de temperaturas medias diarias. En la última revisión de la Norma IRAM 11603 se adoptó el percentil 1% para invierno y 99% para verano que resulta en temperaturas de diseño muy bajas para invierno y muy altas para verano.

HUMEDAD

La humedad se expresa como humedad absoluta (HA) o humedad relativa (HR). Los instrumentos utilizados mecánicos para medirlas son los higrómetros pero se puede determinar a partir de un termómetro de bulbo seco y bulbo húmedo y un diagrama psicrométrico. Los higrómetros y termohigrógrafos miden el contenido de humedad del aire por la dilatación de un haz de crines de caballo. Ver figura 3.

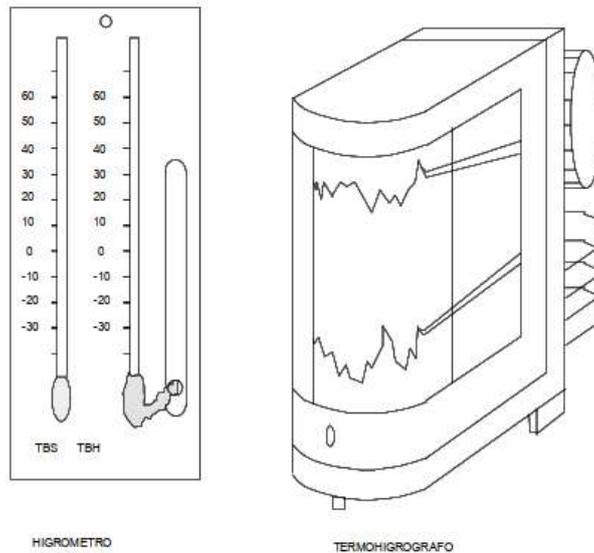


Figura 3.3: Esquemas de higrómetro y termohigrógrafo. Fuente: propia.



Figura 3.4: Termo higrómetros digitales. Fuente: propia.

En la actualidad son de bajo costo los termo-higrómetros digitales que poseen una pequeña memoria para almacenar las máximas y mínimas del día calculando las medias – ver figura 4. En las últimas dos décadas han aparecido en el mercado equipos de costo aceptable para almacenar en tiempo real con intervalos programables y durante largos períodos datos ambientales diversos (temperatura, humedad, CO₂, iluminación, energía eléctrica, etc). En la Figura 5 se ven los más populares y antiguos de la empresa *Onsetcomp* de EEUU, aunque hoy hay numerosas empresas.



Figura 3.5: Adquisidores de datos higrotérmicos marca Hobo para varios parámetros. Fuente: Onsetcomp.com

La HA es el contenido de agua presente en forma de vapor en el aire a una temperatura dada y se mide en gramos de agua por kilogramos de aire seco. La HR surge de la relación porcentual entre la presión de vapor para una situación determinada y la presión de vapor del mismo aire saturado a temperatura constante. Las tablas del S.M.N. consignan la humedad relativa, la temperatura de rocío y de bulbo húmedo y la presión de vapor.

Debe aclararse que la HR que se consigna corresponde a la temperatura media. Si quisiéramos conocer la HR de la temperatura máxima media y mínima media deberemos recurrir a un diagrama psicrométrico. Así primero deberemos marcar el punto correspondiente a la temperatura media y su HR. Luego suponiendo un contenido de vapor constante trazamos una línea paralela al eje x que pase por el punto marcado. Finalmente trazamos dos líneas perpendiculares al eje x correspondientes a las temperaturas máxima y mínima hasta cortar la primera línea. Los puntos definidos nos indicaran las HR correspondientes.

VIENTO

Las tablas del S.M.N. muestran la velocidad media mensual del viento en kilómetros por hora y en un cuadro aparte las velocidades y frecuencias medias correspondientes a ocho direcciones o cuadrantes característicos.



Figura 3.6: Anemómetro axial de mano electromecánico. Fuente: propia.

Este parámetro se mide con anemómetros. Este instrumento consiste en un molinete de múltiples aspas muy livianas que se ubica perpendicular a la dirección del viento. Un odómetro registra la velocidad de giro de las aspas al pasar el viento a través de ellas.

Estos datos pueden graficarse en una rosa de vientos, que nos indicará en cada período del año, las direcciones y frecuencias predominantes que son muy útiles al momento de diseñar la forma del edificio y sus aberturas para protegerlo en invierno y abrirlo en verano.

HELIOFANIA

La heliofanía es un indicador útil ya que indica las horas efectivas o relativas de sol brillante o directo promedio que se da en cada mes.

Las tablas del Servicio Meteorológico Nacional nos indican la Heliofanía absoluta y la relativa, esta última es quizás la más útil ya que al estar expresada en forma relativa nos indica el porcentaje de horas del día en la que disponemos de radiación directa. Así podremos evaluar la conveniencia de utilizar sistemas de captación solar.



Figura 3.7: Heliógrafo o heliofanógrafo. Fuente: www.rumptor.com²

El instrumento utilizado para medir la Heliofanía se denomina “heliógrafo” y consiste en una esfera de cristal que concentra los rayos solares para chamuscar un papel térmico ubicado sobre un soporte cóncavo. Este papel se cambia diariamente. La porción chamuscada indica las porciones del día en las que hubo radiación solar directa.

GRADOS DIA

El grado-día es una unidad que se utiliza para medir el nivel del rigor invernal o estival en una localidad, y que relaciona la temperatura media exterior durante la época fría o cálida del año con una cierta temperatura de confort para calefacción en interiores. Usualmente 16, 18 y 20°C para invierno y 20, 23 y 25°C para verano. Se requieren series de 20 o 30 años de datos climáticos aunque se puede determinar para períodos más cortos entre uno y tres años. La Norma IRAM 11603 provee valores para las diversas localidades Argentinas para un año tipo. El sitio www.arquinstal.com.ar provee valores mensuales y anuales para 186 localidades del país para una serie de treinta años. El sitio www.degreeday.net calcula y genera valores diarios a mensuales para cualquier sitio del mundo que se encuentre en sus bases de datos. La NASA también calcula este indicador entre otra decena de valores para cualquier locación en el globo a partir de inferencias de registros satelitales (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>).

Grados día de calefacción: Se define como la suma de las diferencias horarias de la temperatura media del aire exterior inferior a una temperatura base (16, 18, 20 o 22°C), con respecto a este valor para todos los días del año. Para el período frío, las líneas de igual cantidad de grados están graficadas en la Figura 11. Estos indicadores se utilizarán en el Tomo/Módulo 3 para la determinación de la carga térmica de edificios.

$$GD_{a/b} = \sum_{i=1}^n (a - T_{md,i}) \cdot X_c$$

Cuando los Cuadros de datos climáticos no cuenten con este indicador puede determinarse a partir de temperaturas medias mensuales con la siguiente expresión, donde: N_i son los días del mes considerado, a es la temperatura base de calefacción, T_{md} son temperaturas medias mensuales y X_c es un coeficiente lógico que valdrá uno cuando la temperatura media mensual sea menor a la a y cero cuando sea mayor o igual a a .

$$GD_{cal} = \sum_{i=1}^n \left(T_{Bc} - \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) \cdot X_c$$

² Heliógrafo de Campbel-Stokes (<http://www.rumptor.com/heliografo.html>)

donde: T_{bc} es la temperatura base de calefacción (16, 18, 20, 22°C); T_{max} es la temperatura máxima diaria; T_{min} es la temperatura mínima diaria; X_c es un coeficiente lógico que valdrá 1 cuando la temperatura media diaria sea menor a la T_{bc} y cero cuando sea mayor.

Grados día de enfriamiento: Se define como la suma de las diferencias horarias de la temperatura máxima media del aire exterior superior a la temperatura base de enfriamiento (23, 25, 27°C), con respecto a este valor para todos los días del año.

$$GDe = \sum_{i=1}^n \frac{T_{m\acute{a}x} - T_{Be}}{2} N_i X_e$$

Este indicador puede determinarse a partir de temperaturas máximas medias mensuales con la siguiente expresión, donde: N_i son los días del mes considerado, T_{Be} es la temperatura base de enfriamiento, $T_{m\acute{a}x}$ es temperatura máxima media mensual y X_e es un coeficiente lógico que valdrá uno cuando la $T_{m\acute{a}x}$ media mensual sea mayor a la T_{Be} y cero cuando sea menor o igual a la T_{Be}

PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos bioclimáticos consignados en la Norma IRAM 11603 fueron calculados con los procedimientos establecidos en la Norma IRAM-ISO 15927-1 sobre "Comportamiento higrotérmico de edificios Cálculo y presentación de datos climáticos Parte 1-Medias mensuales de elementos meteorológicos simples".

Por ejemplo, si deseamos procesar datos de temperaturas podremos partir de datos horarios, a intervalos horarios, diarios, etc. En cada caso deberemos usar una expresión específica.

Para datos horarios:

$$\theta_{mm} = \frac{\sum_{h=1}^{h_m} \theta_h}{h_m} \quad (1)$$

Donde:

θ_h la temperatura por hora, en grados Celsius;
 h_m el número de horas en el mes considerado.

A intervalos de 3 o 6 horas:

$$\theta_{mm} = \frac{\sum_{N=1}^{n_m} \theta_N}{n_m} \quad (2)$$

Donde:

$n_m = 8 d_m$ para datos en intervalos de 3 h;
 $= 4 d_m$ para datos en intervalos de 6 h;
 d_m el número de días en el mes considerado.

A partir de datos máximos y mínimos diarios:

Si sólo están disponibles los datos de la temperatura máxima y mínima diaria del aire exterior medida mediante termómetros de bulbo seco para cada día del mes, la media diaria de cada día se calcula de la manera siguiente:

$$\theta_{dm} = \frac{\theta_{dn} + \theta_{dx}}{2} \quad (3)$$

y la media mensual se calcula de la manera siguiente:

$$\theta_{mm} = \frac{\sum_{d=1}^{d_m} \theta_{dm}}{d_m} \quad (4)$$

Donde:

d_m es el número de días en el mes considerado.

A partir de datos puntuales a las 7 h 30 min, 14 h 30 min y 21 h 30 min o a otras horas similares.

Si sólo están disponibles los datos de la temperatura del aire exterior medida mediante termómetro de bulbo seco a las 7 h 30 min, 14 h 30 min y 21 h 30 min o a otras horas similares, la media diaria para cada día se calcula usando la ecuación (5), o una ecuación equivalente para las horas similares.

$$\theta_{dm} = \frac{\theta_{7h30min} + \theta_{14h30min} + \theta_{21h30min}}{4} \quad (5)$$

y la media mensual se obtiene a partir de la ecuación (4).

Para mayor información sobre otras variables climáticas y modos de procesamiento, tratamiento estadístico y exposición de los datos referirse a la norma ya citada.

SOBRE LOCALIDADES QUE NO APARECEN EN LA IRAM 11603

En la Norma IRAM 11603 se consignan 19 localidades de la Provincia de Buenos Aires de los cuales 6 pertenecen al Gran Buenos Aires más La Plata. Solo se consignan 13 localidades sobre un total de 129 municipios del interior provincial. Son los datos que en su momento elaboró el SMN a pedido del Subcomité de Acondicionamiento Térmico de Edificios de IRAM. Dado que es insatisfactorio el procedimiento de utilizar la localidad más cercana decidimos elaborar en el LAYHS los datos para cada localidad cabecera de partido a partir de la serie 60-90 del SMN que se posee.

En el caso de las temperaturas de diseño se optó por una correlación lineal entre la temperatura mínima media de 40 años y los valores calculados por el SMN con el percentil 1% consensuado en IRAM.

*TDMN, determinada a partir de una correlación entre temperatura mínima media y TDMN IRAM 11603/10. Ecuación: **TDMN = 1,1691*TMIN-9,0134** con $R^2=0,9051$*

La razón es que sobre más de 40 estaciones del período 60-90 solo quedaron 19 luego del cierre masivo de estaciones del gobierno que actuó en la década del '90. Es deseable que con la implementación de la Ley 13059 en los 135 municipios de la Provincia de Buenos Aires pueda crearse un Programa de Red de Estaciones Bioclimáticas de uso en la edificación. Dado que se necesita medir variables climáticas usuales a las que debe sumarse la radiación solar el equipo de monitoreo adecuado por costo/beneficio es el Marca *Davis*, modelo *Vantage Pro2*.

ZONAS BIOAMBIENTALES

Una descripción general de los climas lo dan las clasificaciones bioclimáticas o bioambientales. En la Argentina la Norma IRAM 11 603 divide al país "bioclimáticamente" en regiones.

Esta división es acompañada por datos climáticos y días de diseño para invierno y verano que se utilizan en la verificación de la calidad térmica de los edificios, y recomendaciones de diseño para condiciones microclimáticas específicas.

Las zonas bioambientales se definen de acuerdo con el mapa de la Figura 3.8. En caso de que una localidad se encuentre en una situación de borde deberán satisfacerse las condiciones más desfavorables. Las consideraciones microclimáticas prevalecerán sobre las generales de la zona bioambiental.

Esta zonificación fue realizada por el INTI a mediados de los años '70 del siglo pasado y se mantiene hasta el presente. Se realizó por procedimientos manuales con escasas estaciones meteorológicas, sumado a que aún hoy el país no cuenta con una buena red meteorológica a nivel nacional recordando que la Argentina tiene una dimensión equivalente a Europa.

¿Hay más fuentes de datos?, la verdad sí. Pero no hay actitud política o institucional a nivel nacional para crear una red integrada. ¿Quiénes poseen información? El Servicio Meteorológico Nacional, El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, La Comisión Nacional de Energía Atómica, El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Las Universidades Nacionales, Los Institutos y Centros del CONICET, Municipios, aeródromos municipales o privados, los propietarios de campos, etc. Lamentablemente y dado que hay multiplicidad de intereses no hay una coordinación por un fin mayor como sucede en Europa o EEUU.

De la misma manera grupos de investigación del país crearon regionalizaciones bioclimáticas para uso en arquitectura. Así el INENCO desarrolló una para el NOA, la UNNE para el NEA, la UNLP para provincia de Buenos Aires, UBA para la región del COMAHUE, el INTA para la zona de La Pampa, la UNT para Tucumán, etc. Nosotros aquí trataremos adicionalmente la realizada por los autores en el ya desaparecido Instituto de Estudios del Hábitat de la FAU UNLP.

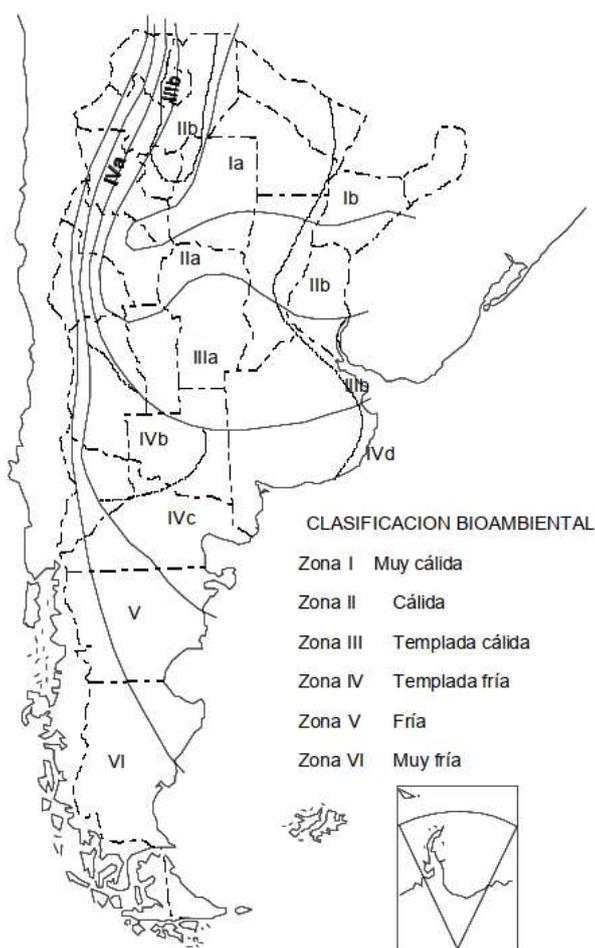


Figura 3.8: Clasificación bioambiental de la República Argentina, IRAM 11603. Fuente: Propia, IRAM 11603.

A continuación se sintetizan las principales características de cada zona bioambiental y recomendaciones de diseño para las mismas.

Zona I: Muy cálida

- Comprende la región donde los valores de TEC media, en el día típicamente cálido, son mayores que 26,3 °C.
- Se extiende en la región Centro-Este del extremo Norte del país con una entrada al Sudoeste en las zonas bajas de Catamarca y La Rioja. Durante la época caliente todas las zonas presentan

valores de temperatura máxima mayores que 34 °C y valores medios mayores que 26 °C, con amplitudes térmicas siempre menores que 15 °C.

- El período invernal es poco significativo, con temperaturas medias durante el mes más frío mayores que 12 °C.
- Esta zona se subdivide en 2 subzonas a y b, en función de las amplitudes térmicas:
 - Subzona Ia: amplitudes térmicas mayores que 14 °C.
 - Subzona Ib: amplitudes térmicas menores que 14 °C.

Zona II: Cálida

- Limitada entre las isóneas de TEC 26,3 °C y 24,6 °C, comprende el conjunto de dos angostas fajas del territorio, una de extensión Este-Oeste centrada alrededor del paralelo 30° y otra, de extensión Norte-Sur recortada sobre la falda oriental de la Cordillera de los Andes.
- El verano la estación crítica, con valores de temperatura media mayores que 24 °C y temperatura máxima mayor que 30 °C. Las mayores amplitudes térmicas ocurren en esta época del año, con valores de 16 °C como máximo.
- El invierno es más seco, con bajas amplitudes térmicas y temperaturas medias comprendidas entre 8 °C y 12 °C.
- Esta zona se subdivide en 2 subzonas a y b, en función de las amplitudes térmicas
 - Subzona IIa: amplitudes térmicas mayores que 14 °C.
 - Subzona IIb: amplitudes térmicas menores que 14 °C.

Zona III: Templada cálida

- Limitada por las isóneas de TEC 24,6 °C y 22,9 °C, esta zona tiene igual distribución que la zona II, con la faja de extensión Este-Oeste centrada alrededor del paralelo 35° y la de extensión Norte-Sur, ubicada en las primeras estribaciones montañosas al Nordeste del país, sobre la Cordillera de los Andes.
- Los veranos son relativamente calurosos y presentan temperaturas medias comprendidas entre 20 °C y 26 °C, con máximas medias mayores que 30°C, sólo en la faja de extensión Este-Oeste.
- El invierno no es muy frío y presenta valores medios de temperatura comprendidos entre 8°C y 12°C, y valores mínimos que rara vez son menores que 0 °C.
- En general, en esta zona se tienen inviernos relativamente benignos, con veranos no muy calurosos. Esta zona se subdivide en dos subzonas: a y b, en función de las amplitudes térmicas.
 - Subzona IIIa: amplitudes térmicas mayores que 14 °C.
 - Subzona IIIb: amplitudes térmicas menores que 14 °C.

Zona IV: Templada fría

- Esta zona tiene como límite superior la isónea de 1170 °D (grados días) (*coincidente con la isónea de 22,9°C de TEC*), y como límite inferior la isónea de 1950 °D.
- Presenta una faja meridional paralela a la correspondiente en la zona III, ubicada a mayor altura de la Cordillera de los Andes y la región llana del Centro y Sur del territorio, que alcanza la costa atlántica de la Provincia de Buenos Aires y Río Negro.
- Los veranos no son rigurosos y presentan máximas promedio que rara vez son mayores que 30 °C. Los inviernos son fríos, con valores medios comprendidos entre 4 °C y 8 °C, y las mínimas medias alcanzan muchas veces valores menores que 0 °C.
- Esta zona se subdivide en cuatro subzonas mediante las líneas de amplitud térmica de 14 °C y 18 °C:
 - Subzona IVa: de montaña.
 - Subzona IVb: de máxima irradiancia.

Subzona IVc: de transición.

Subzona IVd: marítima.

Zona V: Fría

- Limitada entre las isólinas de 1950 °D y 2730 °D, comprende una extensa faja de extensión Norte-Sur a lo largo de la Cordillera y la región central de la Patagonia.
- Los inviernos son rigurosos, con temperaturas medias del orden de 4 °C y mínimas menores que 0 °C. Los veranos son frescos, con temperaturas medias menores que 16 °C.

Zona VI: Muy fría

- Ubicada en la región donde los valores en grados días son mayores que 2730 °D; en consecuencia, comprende toda la extensión de las altas cumbres de la Cordillera de los Andes y el extremo Sur de la Patagonia, Tierra del Fuego, Islas Malvinas y Antártida.
- En verano, las temperaturas medias son menores que 12 °C, y en invierno tales valores medios son como máximo de 4 °C.
- La faja que se extiende al norte del paralelo 37° presenta la rigurosidad propia de la altura, y como característica importante, una alta intensidad de radiación solar.

Cuando una localidad se encuentra en una situación de borde, debe satisfacer las condiciones más desfavorables. Las consideraciones microclimáticas prevalecen sobre las generales de la zona bioambiental.

RECOMENDACIONES DE DISEÑO POR ZONAS

Zona I: muy cálida

- Colores claros en paredes exteriores y techos
- Gran aislación térmica en los techos y en las paredes orientadas al este y al oeste
- El eje mayor de la vivienda, preferentemente, orientado al Este-Oeste
- proteger las superficies de la incidencia de la radiación solar. Para las ventanas, si es posible, no orientarlas al Este o al Oeste, y minimizar su superficie un diseño que permita la ventilación cruzada de la vivienda, dada la influencia benéfica del movimiento sensible del aire, para disminuir la falta de confort higrotérmico, es por ello que se recomienda contemplar la necesidad de aprovechar los vientos dominantes y la creación de zonas de alta y baja presión que aumenten la circulación de aire
- Si bien en esta zona, el invierno reviste limitada importancia, se deja a criterio del proyectista las condiciones de diseño que se deben adoptar.

Zona II: cálida

- Recomendaciones dadas para zona muy cálida tienen validez en esta zona.

Para las zonas Ib y IIb, se recomienda el uso de las protecciones solares siguientes:

Orientación norte: alero que proyecte una sombra equivalente a la que brinda un voladizo de 1,20 m de saliente ubicado a una altura de 2,60 m.

Zona III: Templada cálida

Subzona IIIa:

- Se caracteriza por grandes amplitudes térmicas, por lo que es aconsejable el uso de viviendas agrupadas y de todos los elementos y/o recursos que tiendan al mejoramiento de la inercia

térmica. Tanto en la faz de la orientación como en las necesidades de ventilación, por tratarse de una zona templada, las exigencias pueden ser menores.

- En las edificaciones orientadas al oeste es aconsejable prever protecciones solares adecuadas.
- Se recomienda que las aberturas estén provistas de sistemas de protección a la radiación solar. Los colores claros exteriores son altamente recomendables.

Subzona IIIb:

- Las amplitudes térmicas durante todo el año son pequeñas. Para el resto valen las recomendaciones dadas en la Subzona IIIa

Zona IV: Templada fría

Subzona IVa y IVb

- Son subzonas de grandes amplitudes térmicas (principalmente en verano cuando se dan las mayores amplitudes para la República Argentina); por lo tanto, es importante la necesidad de viviendas agrupadas y de proveer los recursos necesarios para el mejoramiento de la inercia térmica.

Subzona IVc

- Zona de transición que se extiende desde la zona de mayores amplitudes térmicas hacia las de menores amplitudes térmicas.

Subzona IVd

- Las amplitudes térmicas son pequeñas durante todo el año. El alto tenor de humedad relativa caracteriza esta subzona. Se recomienda protección solar eficiente en el verano.

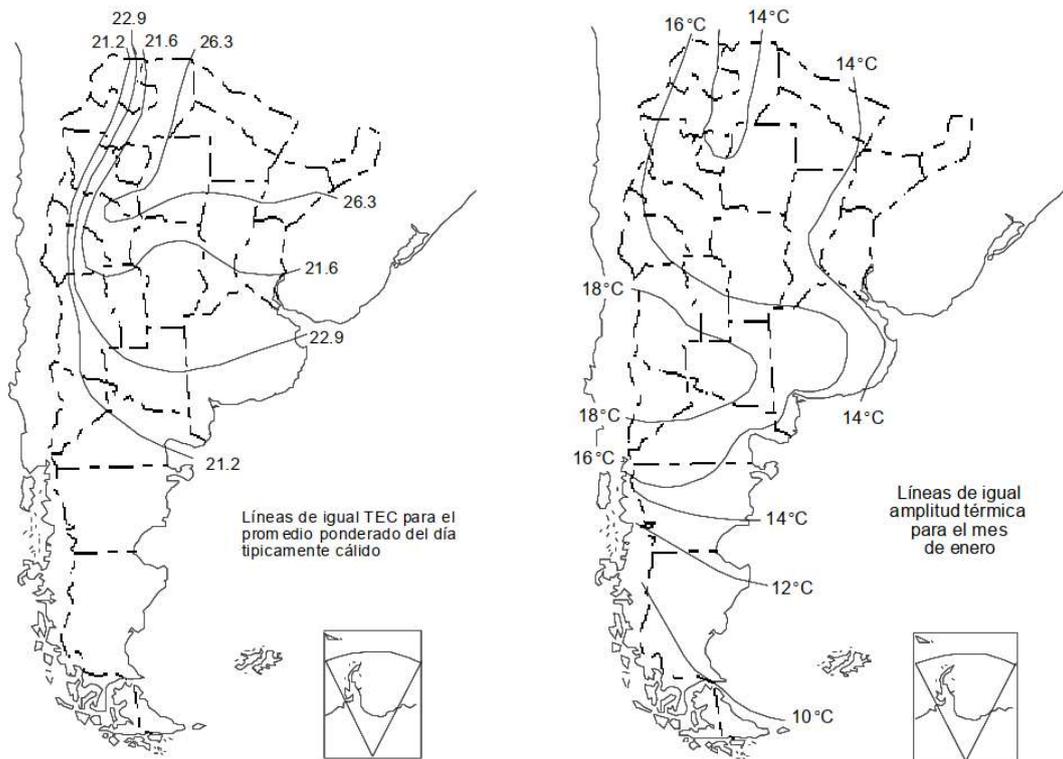


Figura 3.9: Isolíneas de igual TEC del día típicamente caliente. Fuente: IRAM 11603.

Figura 3.10: Isolíneas de igual amplitud térmica de verano. Fuente: IRAM 11603.

Zona V: Fría

- La aislación térmica de paredes, pisos y techos es un factor primordial, y las ventanas, salvo la orientación norte, se recomienda que sean lo más reducidas posible. Se aconseja evaluar los riesgos de condensación superficial e intersticial, y evitar los puentes térmicos.

Zona VI: Muy fría

Las recomendaciones indicadas en la zona fría son válidas para esta zona pero en forma más acentuada.

RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE DISEÑO

La Norma 11603, sugiere que deben respetarse algunos principios básicos de manera prioritaria, tales como:

- La zona del litoral marítimo y fluvial tiene un alto tenor de humedad relativa, por lo que deberán tomarse los recursos necesarios para evitar condensación.
- Se recomienda respetar las orientaciones dadas en la Figura 3.13.
- En las zonas IV, V y VI, la protección contra el viento será de suma importancia.

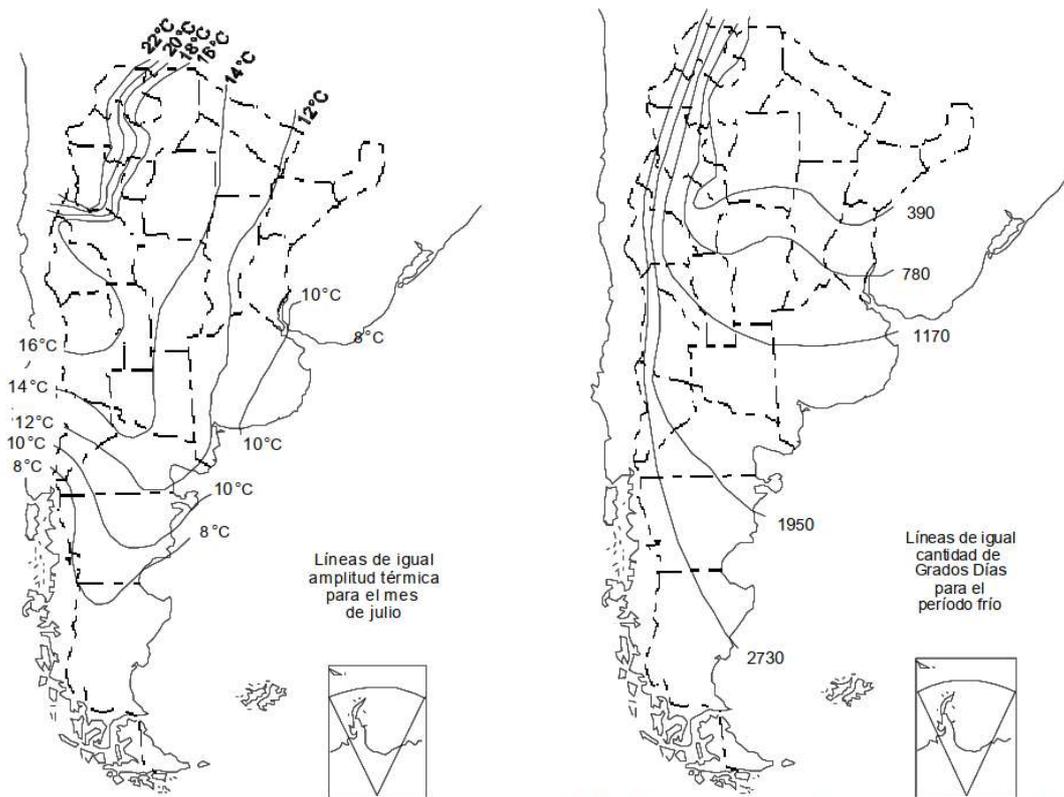


Figura 3.11: Isolíneas de igual amplitud térmica de invierno. Fuente: IRAM 11603.

Figura 3.12: Isolíneas de igual cantidad de Grados Día en invierno. Fuente: IRAM 11603.

CONDICIONES DE ASOLEAMIENTO MINIMO

Normativamente se recomienda un mínimo de 2 horas de sol diarias a lo largo del año, en todo el territorio nacional, en las habitaciones de máxima ocupación. Considerándose asoleada una ventana cuando la radiación que penetra a través de ella en la habitación (directa más difusa) sea mayor de 209.200 J/m²h (58.15 W/m²h o 50 Kcal/m²h).

En las zonas cálidas no existen problemas para satisfacer esta recomendación ya que las horas de sol permiten cumplirla. El problema se presenta en las zonas frías donde el día tiene corta duración, como por ejemplo Ushuaia que posee solo 4,5 horas de sol en invierno.

La Figura 3.13 muestra las orientaciones térmicamente óptimas, regulares y desfavorables para cada zona bioclimática donde puede cumplirse el asoleamiento mínimo.

Zonas en las que necesitan protecciones solares

En las zonas I y IV para las orientaciones SO-O-NO-N-NE-E-SE se sugiere el uso de sistemas de protección solar: parasoles horizontales y verticales, cortinas de enrollar de color claro; diseñados y calculados con cartas solares.

ZONAS	ORIENTACIONES DESFAVORABLES SEGUN APARTAMIENTO DE CONFORT	ORIENTACIONES DONDE NO SE CUMPLE EL ASOLEAMIENTO MINIMO EN INVIERNO	ORIENTACIONES FAVORABLES: PROMEDIO DE LAS DOS SITUACIONES ANTERIORES
I MUY CALIDO			
II CALIDO			
III TEMPLADO CALIDO			
IV TEMPLADO FRIO			
V FRIO			
VI MUY FRIO			
<p>* NOTA: en las zonas cálidas del país, las orientaciones que no reciben un mínimo de dos horas de sol en invierno coinciden con las de menor apartamiento de la zona de confort.</p>			

Figura 3.13: Orientaciones donde puede cumplirse con un mínimo de dos horas de sol en invierno y las desfavorables de verano. Fuente: IRAM 11603

MICROCLIMAS

Diversas condiciones provocan la aparición de microclimas. Estos son debidos a condiciones de urbanización, ubicaciones costeras o en proximidades de grandes espejos de agua y en zonas montañosas. En todos estos casos no existen reglas específicas que permitan caracterizar los recursos climáticos debiendo realizarse una evaluación específica para cada situación planteada. Solo pueden esbozarse recomendaciones de tipo general que a continuación se detallan:

Microclimas urbanos:

Las aglomeraciones urbanas generan la aparición de las denominadas “islas calientes”, especialmente en el invierno. Este fenómeno es favorecido por la energía emitida por los edificios generando un aumento en la temperatura ambiental local respecto de las zonas de menor densidad urbana.

En el verano la rugosidad determinada por las diferentes alturas de los edificios permite que aumente la captación solar calentando diferencialmente unos sectores respecto de otros. Este fenómeno provoca la aparición de corrientes de aire que se canalizan entre los edificios desde las zonas más calientes a las más frescas; esto puede suceder aún en situaciones de calma. A este efecto se le suma que cuando se presentan corrientes de aire sobre las zonas urbanas la rugosidad de estas disminuye la velocidad del viento por un aumento de la fricción.

Estos fenómenos generados en los microclimas urbanos son estudiados desde hace pocos años por algunos grupos de investigación del país y el extranjero (ver Milo Hoffman en bibliografía).

Microclimas costeros

La presencia de grandes masas de agua genera un efecto amortiguador de las temperaturas debido a la alta inercia térmica de estas masas y al aumento de la presión de vapor atmosférica. Las diferencias de presión que se dan entre el continente y el agua se invierten del día a la noche. Durante el día la tierra aumenta su temperatura más rápidamente que el agua por su menor capacidad térmica generando una menor presión sobre la tierra que favorece la aparición de una corriente de aire desde el agua hacia la costa, denominado brisa marina o costera.

Durante la noche se invierte la situación ya que la tierra se enfría más rápidamente provocando un aumento en la presión del aire que favorece la aparición de una corriente de aire desde el continente hacia el agua. En las zonas templadas húmedas puede aprovecharse este tipo de corrientes de aire de baja velocidad para refrescar el interior de los edificios.

Microclimas de montaña

En las zonas montañosas se presentan dos situaciones características en función de la dirección del viento, clima de sotavento y clima de barlovento. En el clima de barlovento el viento golpea los macizos montañosos ascendiendo, en este recorrido deja la mayor parte de humedad siendo frecuente las lluvias en esta zona, continuando con aire seco en el clima de sotavento. Al superar la cima montañosa, región de sotavento, continúa con aire seco que se calienta adiabáticamente a razón de 1°C por cada 100 m de descenso.

En el clima de sotavento el aire será seco y cálido con días despejados, poca precipitación pluvial, intensa irradiación solar con grandes amplitudes térmicas. Esto es característico en la ladera oriental de los Andes al norte de los 38 ° de latitud, debido a la gran altura de los mismos.

En el clima de barlovento el aire será húmedo con días cubiertos y abundantes precipitaciones, que en consecuencia generará poca radiación solar y pequeñas amplitudes térmicas.

Además de estas dos macro-zonas se presentan microclimas de valle y de montaña. En esta situación se presenta brisas particulares que dependen de calmas generales del aire. Los primeros rayos de sol calientan las laderas en mayor medida respecto del valle generando un descenso en la presión que favorece la aparición de una brisa que sopla del valle hacia la ladera. En la noche se invierte la situación haciendo que el aire que está sobre la ladera, se enfríe deslizándose hacia el valle denominado “brisa de pendiente”.

En las zonas boscosas cuando se presentan condiciones de viento regulares, el sector de barlovento es el más afectado. Si se presentan calmas en el momento de calentamiento se favorece la transpiración de las plantas, produciéndose un ascenso del aire sobre el bosque, resultando en un movimiento del aire desde las afueras hacia el bosque; favoreciendo las precipitaciones.

RECOMENDACIONES GENERALES DE DISEÑO EN LOS MICROCLIMAS

La Norma IRAM 11 603/92, recomienda para cada clima lo siguiente:

En microclimas comprendidos en zonas frías recomienda: *“...en la zona fría y extremadamente ventosa de nuestro país, las distribuciones edilicias apretadas pueden resultar las más aptas, siempre que se eviten los*

callejones de altas velocidades. De existir obstáculos bajos (zonas boscosas) la ubicación a sotavento del obstáculo puede brindar buena protección. La ubicación cercana a masas de agua, también se ve favorecida por la acción atemperadora de éstas (siempre que existan masas de agua se desarrollarán, si es posible, las brisas de agua y tierra detalladas en el punto anterior). La ubicación al pie de la pendiente en valles, siempre que no resulten callejones de altas velocidades, también puede brindar buena protección.”

En microclimas comprendidos en zonas templadas recomienda: “...en las zonas III y IV (templadas), es importante la ubicación que aprovecha favorablemente las manifestaciones microclimáticas durante todo el año.”

En microclimas comprendidos en zonas cálidas recomienda: “...las distribuciones edilicias abiertas atenúan el efecto de “isla caliente” y favorecen la ventilación. Por este motivo, resultan favorecidas las ubicaciones a barlovento de cualquier obstáculo (sierra, zona boscosa).”

En microclimas montañosos recomienda: “...La distribución edilicia al pie de la pendiente en lo valles evita el marcado calentamiento diario y aprovecha la brisa de pendiente durante las noches. Por su efecto atemperador, la cercanía a masas de agua resulta beneficiosa como en la zona fría.”

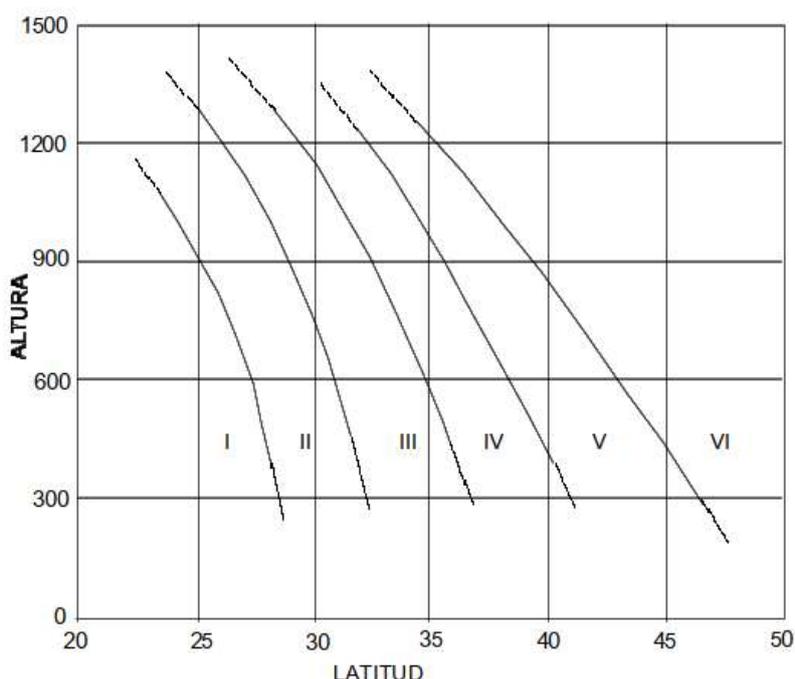


Figura 3.14: Límites de las zonas bioambientales según latitud y altura. Fuente: Propia, IRAM 11603

CARACTERIZACION BIOCLIMATICA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Se presenta la caracterización bioclimática de la provincia de Buenos Aires sintetizada en cinco fichas. Contiene localización de la zona bioclimática definida por el autor, una tabla de datos bioclimáticos mensuales característicos de la zona en función de las localidades que contiene, una tabla síntesis con los días típicamente cálidos y fríos medios de las localidades de la zona, un gráfico de valores medios de temperatura y humedad de la zona y la caracterización sobre un diagrama de confort de B. Givoni.

Esta fue realizada mediante el proyecto PID CONICET (1989-1992) "Mejoramiento de las condiciones energéticas y de habitabilidad a nivel regional. El caso bonaerense" bajo la dirección del Dr. Elías Rosenfeld por el autor de esta publicación. Se contó con la colaboración de las Arqs. Analía F. Gómez y Yael Rosenfeld. También con diferentes temperaturas de diseño a las actuales

se determinaron las “*Condiciones higrotérmicas mínimas de muros y techos para la Provincia de Buenos Aires*”³ para sistemas constructivos usuales por zonas bioclimáticas.

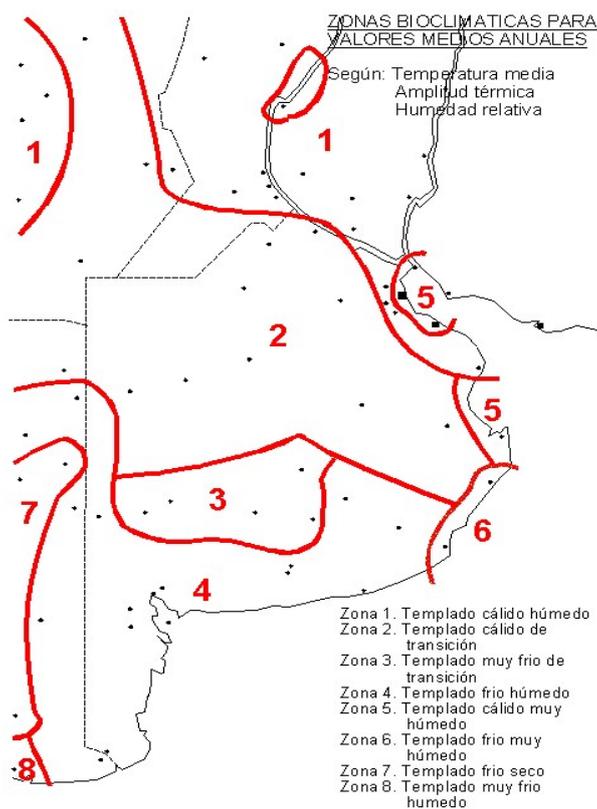


Figura 3.15: Regionalización bioclimática de la provincia de Buenos Aires. Fuente: propia⁴

Donde:

Tmax: temperatura máxima media en °C

Tmed: temperatura media en °C

Tmin: temperatura mínima media en °C

TDmn: temperatura de diseño mínima en °C

TDmx: temperatura de diseño máxima en °C

AT: amplitud térmica en °C

TV: tensión del vapor en mmHg

HR: Humedad relativa media

VV: velocidad del viento media en Km/h

Prec: precipitación media en mm

NUB: nubosidad (adim)

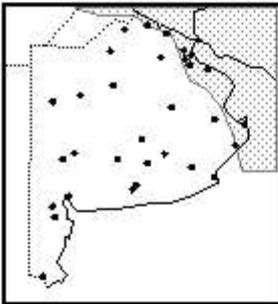
KT: índice de claridad atmosférica (adim)

GD18, GD20 y GD22: Grados día de calefacción con tres bases

GDe23, GDe25 y GDe27: Grado día de enfriamiento con tres bases

³ Czajkowski, Jorge y Rosenfeld, Elias. (1992). Condiciones higrotérmicas mínimas de muros y techos para la Provincia de Buenos Aires. (<http://www.arquinstal.com.ar/publicaciones/asades93/higro.html>)

⁴ Czajkowski, Jorge y Rosenfeld, Elias. (1992). Regionalización bioclimática de la provincia de Buenos Aires. (<http://arquinstal.com.ar/publicaciones/asades02/regclim.html>)



CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

1

Región 1: Templado cálido húmedo

MES	Tmax	Tmed	Tmin	TDmn	TDmx	AT	TV	HR	VV	Prec	Nub	KT	GD16	GD18	GD20	GD22	GD23	GD25	GD27
ENE	29.1	23.0	17.3	12.8	32.6	11.8	18.9	68	12.7	82.3	3.2	0.55	0	0	0	0	95	64	34
FEB	28.4	22.4	17.2	12.7	31.7	11.3	19.1	70	12.2	89.1	3.0	0.55	0	0	0	7	76	48	22
MAR	25.8	20.0	14.8	10.3	29.3	10.9	17.6	75	11.3	128.5	3.2	0.55	0	0	0	53	43	13	0
ABR	22.3	16.5	11.5	7.0	25.8	10.7	15.0	78	9.9	93.8	3.3	0.55	0	33	93	153	1	0	0
MAY	18.7	13.5	8.8	4.3	22.2	9.9	12.9	81	9.9	64.1	3.7	0.53	69	131	193	255	0	0	0
JUN	15.0	10.2	6.2	1.7	18.5	8.7	10.8	83	11.0	55.2	4.5	0.50	162	222	282	342	0	0	0
JUL	15.0	10.1	6.2	1.7	10.5	8.8	10.6	83	11.1	61.2	4.6	0.49	167	229	276	353	0	0	0
AGO	16.2	10.9	6.4	1.9	19.7	9.9	10.5	78	11.5	68.3	4.0	0.52	146	208	270	332	0	0	0
SET	18.6	13.2	8.3	3.8	22.1	10.3	11.6	76	13.7	64.3	3.9	0.52	77	137	197	257	0	0	0
OCT	20.8	15.6	10.7	6.2	24.3	10.1	13.6	76	14.0	111.1	4.2	0.51	14	69	131	193	0	0	0
NOV	24.5	19.1	13.8	9.3	28.0	10.7	16.2	73	12.7	91.6	3.8	0.53	0	0	26	86	24	2	0
DIC	27.6	21.6	15.8	11.3	31.1	11.8	17.5	68	13.3	102.5	3.3	0.55	0	0	0	17	72	41	13

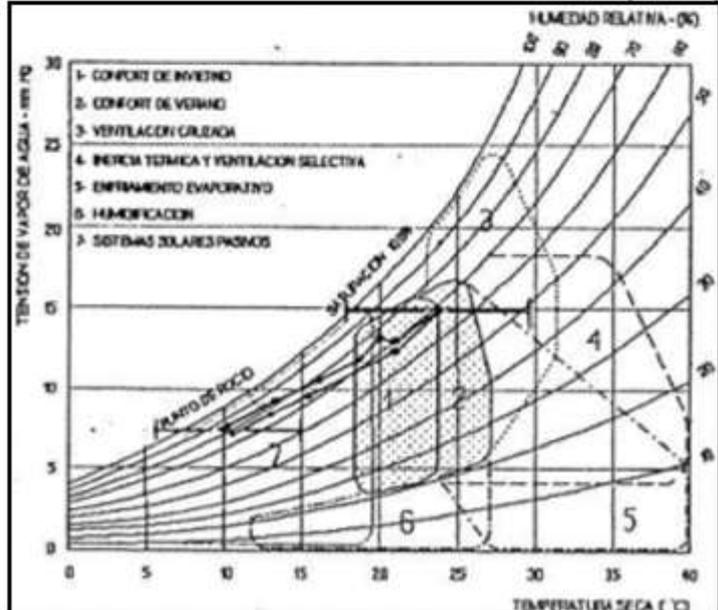
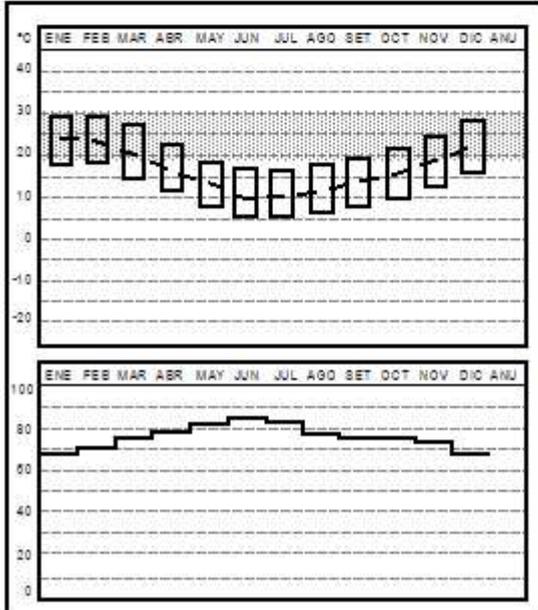
Tabla de datos bioclimáticos mensuales

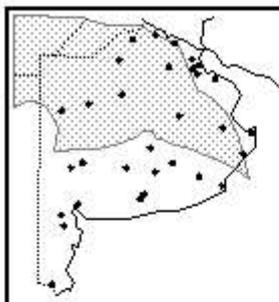
Tabla síntesis de datos típicamente fríos y cálidos

Zona 1	Tmax	Tmed	Tmin	TDmn	TDmx	AT	TV	HR	VV	Prec	Nub	KT	GD16	GD18	GD20	GD22	GD23	GD25	GD27
INV	15.7	11.8	6.5	-2.5	---	11.8	18.9	83	12.7	264	4.3	0.50	823	1210	1678	2228	-	-	-
VER	27.4	21.9	16.4	---	35.5	11.3	19.1	76	15.1	446	3.2	0.55	-	-	-	-	311	171	69

Gráfico zonal de valores medios de temperatura y humedad relativa

Diagrama de confort higrotermico ampliado (B. Givoni)





CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Región 2: Templado cálido transición

2

MES	Tmax	Tmed	Tmin	TDmn	TDmx	AT	TV	HR	VV	Prec	Nub	KT	GD16	GD18	GD20	GD22	GD23	GD25	GD27
ENE	30.6	23.1	15.0	10.5	34.1	15.6	18.1	65	10.4	78.6	3.3	0.55	0	0	0	2	11.7	86	55
FEB	29.9	22.3	14.6	10.1	33.4	15.2	18.0	68	9.6	81.1	3.1	0.56	0	0	0	6	96	68	40
MAR	26.5	19.3	12.5	8.0	30.0	14.0	16.7	74	9.5	119.2	3.3	0.55	0	0	17	78	54	23	0
ABR	22.9	15.8	9.4	4.9	26.4	13.6	14.3	78	8.3	84.8	3.6	0.54	6	55	116	176	3	0	0
MAY	19.3	12.6	6.6	2.1	22.8	12.8	12.0	80	8.4	50.7	4.1	0.51	94	156	218	280	0	0	0
JUN	14.5	9.0	4.0	-0.5	18.0	10.4	10.0	83	9.3	37.2	4.6	0.49	203	263	323	383	0	0	0
JUL	15.1	9.1	3.9	-0.6	10.6	11.2	9.9	82	9.6	40.6	4.8	0.48	202	264	336	388	0	0	0
AGO	16.27	10.1	4.1	-0.4	20.2	12.6	9.6	76	10.5	48.4	4.1	0.51	17.4	236	298	350	0	0	0
SET	19.4	12.7	6.0	1.5	22.9	13.4	10.8	72	12.0	60.8	4.0	0.52	100	160	220	280	0	0	0
OCT	21.3	15.0	8.8	4.3	24.8	12.5	13.2	76	12.0	104.6	4.3	0.50	29	91	153	215	0	0	0
NOV	25.5	18.9	12.1	7.6	29.0	13.4	16.0	73	10.8	106.3	4.0	0.52	0	1	36	96	38	10	0
DIC	28.5	21.4	13.9	9.4	32.0	14.5	17.2	68	10.9	104.1	3.5	0.54	0	0	0	25	85	54	23

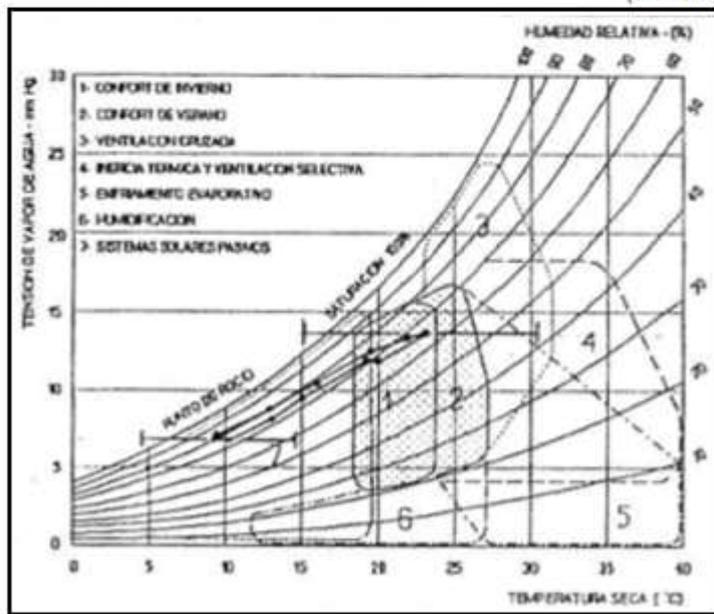
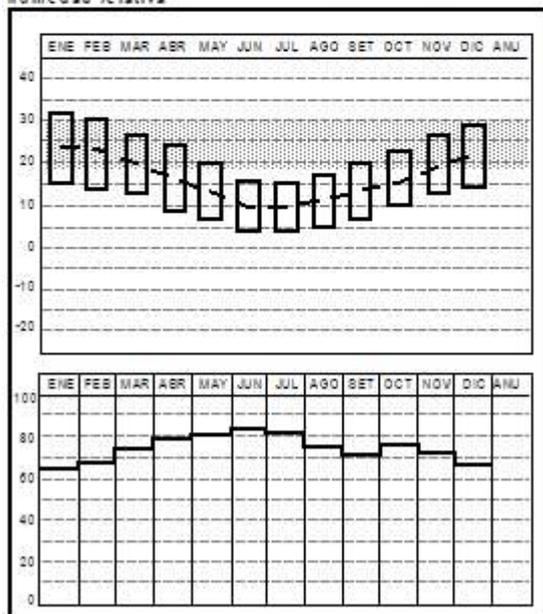
Tabla de datos bioclimáticos mensuales

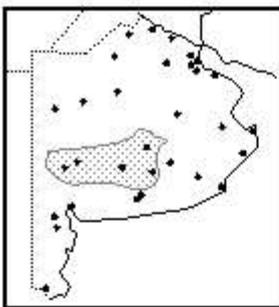
Tabla síntesis de datos típicamente fríos y cálidos

Zona 1	Tmax	Tmed	Tmin	TDmn	TDmx	AT	TV	HR	VV	Prec	Nub	KT	GD16	GD18	GD20	GD22	GD23	GD25	GD27
INV	15.4	9.4	4.0	-5.2	---	11.4	9.8	79	10.4	132	4.5	0.50	963	1369	1853	2415	-	-	-
VER	29.6	22.2	15.4	---	36.5	15.1	17.8	72	11.9	473	3.3	0.55	-	-	-	-	430	251	119

Gráfico zonal de valores medios de temperatura y humedad relativa

Diagrama de confort higrotermico ampliado (B. Givoni)





CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Región 3: Templado muy frío transición

3

MES	Tmax	Tmed	Tmin	TDmn	TDmx	AT	TV	HR	VV	Prec	Nub	KT	GD16	GD18	GD20	GD22	GD23	GD25	GD27
ENE	29.4	21.0	13.6	9.1	32.9	15.8	18.9	61	8.8	70.8	3.3	0.55	0	0	0	18	98	67	36
FEB	28.4	20.2	13.0	8.5	31.9	15.4	19.1	63	8.7	74.0	3.3	0.55	0	0	1	37	76	48	20
MAR	24.8	17.3	10.8	6.3	28.3	14.0	17.6	69	7.0	103.2	3.3	0.55	0	9	69	131	27	2	0
ABR	20.6	13.7	7.6	3.1	24.1	13.0	15.0	74	5.8	98.0	3.6	0.54	58	118	178	238	0	0	0
MAY	16.9	10.5	4.7	0.2	20.4	12.3	12.9	74	5.7	44.3	4.0	0.52	161	223	285	317	0	0	0
JUN	12.8	7.5	2.7	-1.8	16.3	10.1	10.8	79	6.2	36.2	4.6	0.49	247	307	367	427	0	0	0
JUL	12.5	7.0	2.1	-2.4	8.0	10.4	10.6	78	7.2	38.3	4.7	0.49	259	331	393	455	0	0	0
AGO	14.7	8.2	2.4	-2.1	18.2	12.3	10.5	72	8.3	37.8	4.0	0.52	232	294	356	418	0	0	0
SET	17.1	10.3	4.0	-0.6	20.6	13.2	11.6	69	9.8	48.2	4.1	0.52	164	224	284	344	0	0	0
OCT	19.4	12.9	6.6	2.1	22.9	12.8	13.6	71	9.7	82.7	4.1	0.52	93	155	217	279	0	0	0
NOV	23.8	16.8	10.3	5.8	27.3	13.5	16.2	71	9.0	105.3	4.1	0.51	0	30	90	150	12	0	0
DIC	26.8	19.2	12.2	7.7	30.3	14.6	17.5	66	9.3	66.5	3.5	0.54	0	0	18	78	58	27	3

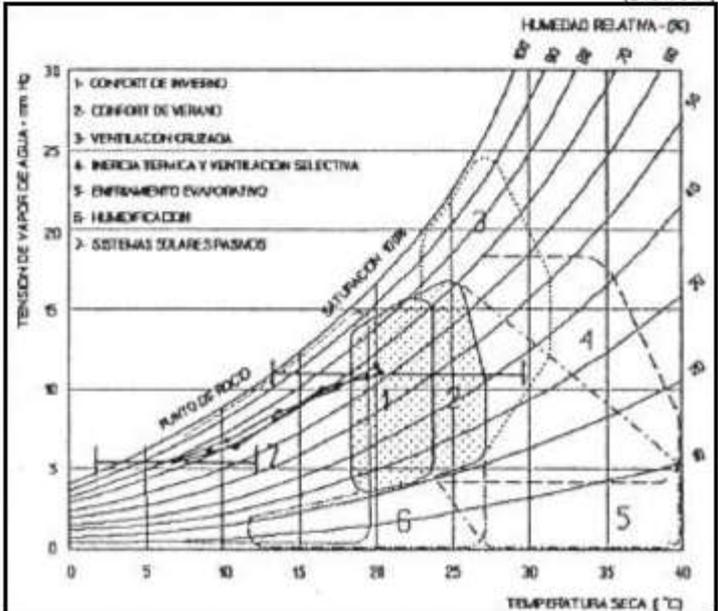
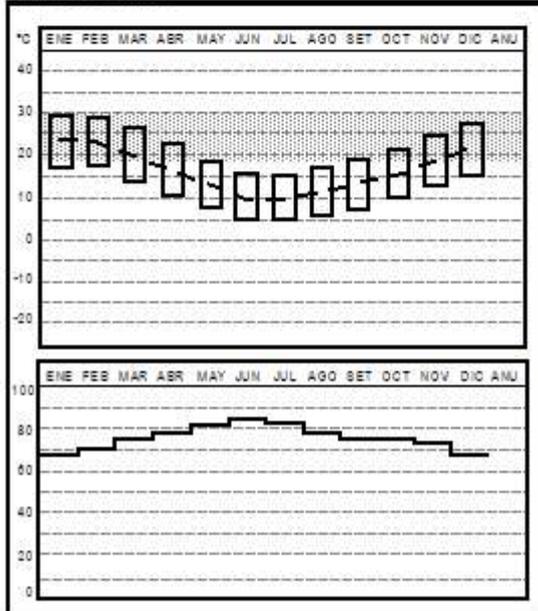
Tabla de datos bioclimáticos mensuales

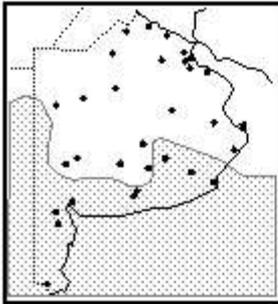
Tabla síntesis de datos típicamente fríos y cálidos

Zona 1	Tmax	Tmed	Tmin	TDmn	TDmx	AT	TV	HR	VV	Prec	Nub	KT	GD16	GD18	GD20	GD22	GD23	GD25	GD27
INV	13.9	7.9	2.0	-7.7	---	11.9	8.1	79	11.8	143	4.4	0.48	1414	1908	2472	3100	-	-	-
VER	27.0	19.7	12.4	---	35.5	14.6	14.5	68	15.0	379	3.4	0.55	-	-	-	-	284	144	59

Gráfico zonal de valores medios de temperatura y humedad relativa

Diagrama de confort higrotermico ampliado (B. Givoni)





CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

4

Región 4: Templado frío húmedo

MES	Tmax	Tmed	Tmin	TDmn	TDmx	AT	TV	HR	VV	Prec	Nub	KT	GD16	GD18	GD20	GD22	GD23	GD25	GD27
ENE	29.3	21.5	14.4	9.9	32.8	15.0	14.6	59	15.7	78.3	3.5	0.54	0	0	0	17	98	67	37
FEB	26.4	20.7	13.8	9.3	31.9	14.6	14.7	63	14.9	67.8	3.4	0.55	0	0	3	28	76	48	24
MAR	25.3	18.3	11.8	7.3	28.8	13.5	14.3	68	13.2	83.1	3.3	0.55	0	1	44	106	36	9	0
ABR	21.2	14.5	8.5	4.0	24.7	12.7	12.1	72	12.7	62.0	3.7	0.53	35	95	155	215	0	0	0
MAY	17.3	11.2	5.9	1.4	20.8	11.4	10.2	75	13.1	44.9	4.4	0.50	137	199	261	323	0	0	0
JUN	13.4	8.1	3.4	-1.1	16.9	10.0	8.7	79	12.9	44.8	4.7	0.49	228	288	348	408	0	0	0
JUL	13.1	7.6	2.9	-1.6	8.6	10.2	8.5	79	13.1	42.6	4.9	0.48	248	310	371	434	0	0	0
AGO	15.3	8.9	3.4	-1.1	18.8	11.9	8.1	71	15.0	34.4	4.3	0.51	206	268	330	392	0	0	0
SET	17.6	10.9	4.8	0.3	21.1	12.8	8.9	68	15.4	49.5	4.2	0.51	145	205	265	325	0	0	0
OCT	20.2	13.6	7.3	2.8	23.7	12.9	10.8	69	15.3	63.6	4.2	0.51	70	132	194	256	0	0	0
NOV	24.4	17.2	10.5	6.0	27.9	13.9	12.8	66	15.3	76.9	4.1	0.52	3	25	77	137	24	6	0
DIC	27.4	20.2	12.9	8.4	30.9	14.5	13.8	61	16.0	84.4	3.9	0.52	0	0	8	57	68	37	12

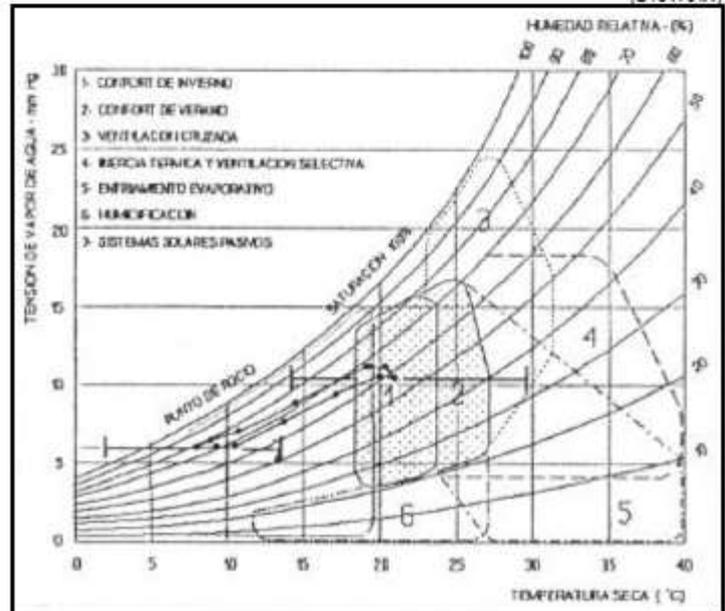
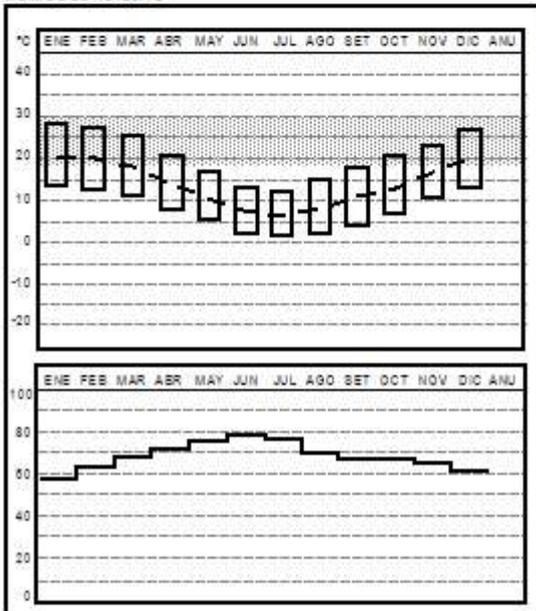
Tabla de datos bioclimáticos mensuales

Tabla síntesis de datos típicamente fríos y cálidos

Zona 1	Tmax	Tmed	Tmin	TDmn	TDmx	AT	TV	HR	VV	Prec	Nub	KT	GD16	GD18	GD20	GD22	GD23	GD25	GD27
INV	13.9	8.2	3.2	-5.6	---	10.7	8.4	73	21.8	142	4.6	0.49	1059	1477	1968	2524	-	-	-
VER	28.4	20.8	13.7	---	39.0	14.7	14.4	58	24.4	272	3.6	0.54	-	-	-	-	311	171	69

Gráfico zonal de valores medios de temperatura y humedad relativa

Diagrama de confort higrotermico ampliado (B. Givoni)



Software como ayuda al diseño bioclimático

Existe a nivel internacional programas de computadora para ayudar en el diseño bioclimático de edificios. Entre los usuales se encuentran:

- **CLIMATE CONSULTANT:** es un programa informático basado en gráficos y fácil de usar que ayuda a los arquitectos, constructores, contratistas, propietarios de viviendas y estudiantes a comprender su clima local. Utiliza datos climáticos anuales en formato EPW de 8760 horas que el Departamento de Energía (EEUU) pone a disposición sin costo para miles de estaciones meteorológicas en todo el mundo. *Climate Consultant* traduce estos datos crudos del clima en docenas de pantallas gráficas significativas. El propósito no es simplemente trazar datos climáticos, sino más bien organizar y representar esta información de manera fácil de entender que muestre los atributos sutiles del clima y su impacto en la forma construida. El objetivo es ayudar a los usuarios a crear edificios más sostenibles y más eficientes desde el punto de vista energético, cada uno de los cuales se adapta de forma única a su lugar particular en este planeta. El cuadro psicrométrico que se muestra a la izquierda es una de las funciones más avanzadas disponibles en *Climate Consultant*. Cada punto en la tabla representa la temperatura y la humedad de cada una de las 8760 horas por año. Las diferentes estrategias de diseño están representadas por zonas específicas en este gráfico. El porcentaje de horas que caen en cada una de las 16 Zonas de estrategia de diseño diferentes da una idea relativa de las estrategias más efectivas de calentamiento pasivo o enfriamiento pasivo. *Climate Consultant* analiza la distribución de estos datos psicrométricos en cada zona de la estrategia de diseño para crear una lista única de pautas de diseño para una ubicación en particular. Descarga (en inglés): <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/>

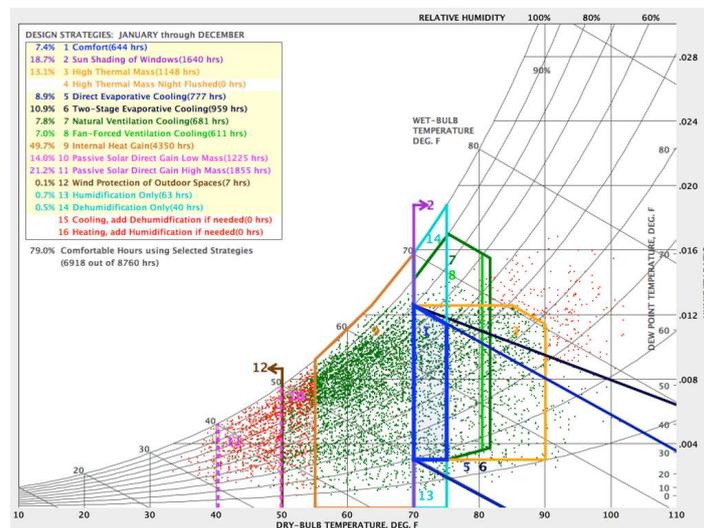


Figura 3.20: Ejemplo de visualización de datos climáticos y estrategias de diseño. Fuente: Climate Consultant.

- **Autodesk Ecotect Analysis:** ofrece una amplia gama de simulación y la funcionalidad de análisis de la energía de edificio que puede mejorar el funcionamiento de edificios existentes y nuevos. La energía, el agua, y emisión de CO₂ se integran con los instrumentos de visualización y simulación en el funcionamiento de un edificio dentro del contexto de su entorno. Análisis de la energía total del edificio: Cálculo del consumo de energía y emisiones de CO₂ en modelizaciones anuales, mensuales, diarias o por hora, mediante el uso de una base de datos meteorológica. Estudio térmico: Modeliza la calefacción y refrigeración del analizando los efectos de la ocupación, ganancias internas, pérdidas de calor y equipamiento. Consumo de agua: Estima el consumo de agua tanto dentro como fuera del edificio Radiación solar; Visualiza la radiación solar en ventanas y superficies del edificio. Luz natural: Calcula factores de luz y niveles de iluminación en los diferentes puntos. Sombras y reflejos: Modeliza la posición del sol y su interacción con las superficies del edificio. *Nota: Discontinuado en 2015.*
- **Autodesk Revit:** Las principales soluciones de Ecotect fueron incorporadas al entorno de Revit. A continuación se muestra una lista de las tareas de Ecotect más realizadas y del modo en que pueden llevarse a cabo con Revit: Análisis solar, Estudios de sol y sombra, Luz diurna e iluminación, Rendimiento térmico, Análisis energético de todo el edificio, Visualización de datos climáticos. Fuente: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview>

- Autodesk Green Building Studio: Es un servicio en la nube en la forma de una potente plataforma de simulación y análisis del rendimiento de edificios. Está diseñada para simplificar en gran medida la tarea de realizar un análisis completo del rendimiento del edificio en las herramientas de creación BIM. Utiliza DOE-2, un motor de simulación probado y validado, para proporcionar uso de energía, uso de agua y resultados de emisiones de carbono. El análisis de energía para Revit, que fuera la primera solución integrada de análisis de energía para edificios, junto a la vinculación con Green Building Studio, hace que el análisis sea accesible en la herramienta. Fuente: <https://gbs.autodesk.com/GBS/>
- SketchUp Studio: Es un software de modelado 3D de escritorio que incorpora funciones bioclimáticas y energéticas, como: análisis de proyección de sombras y asoleamiento, posee función de optimización del rendimiento energético de edificios. Permite analizar el uso de energía, la iluminación natural, el confort térmico de los ocupantes y el HVAC. Fuente: <https://www.sketchup.com/plans-and-pricing/sketchup-studio>

4

Métodos de Cálculo de R y K Normas 11601 y 11605

La Norma IRAM 11601 trata de los métodos de cálculo que permiten determinar la resistencia térmica total de un componente constructivo de muro o techo y su inverso la transmitancia térmica.

Contiene además tablas con las propiedades térmicas de componentes y elementos de construcción en "régimen estacionario". Todos los materiales contenidos en estas tablas son los que deben utilizarse en los cálculos. Los que no se encuentren deberán ser evaluados y obtener un informe técnico emitido por el INTI o Instituto Nacional de Tecnología Industrial. No se consideran válidos informes provistos por fabricantes o comercializadores que no cuenten con aval del INTI.

Dado que la responsabilidad legal recae según la Ley 13059 en el proyectista, será este el que asuma la responsabilidad ante vicios ocultos o fraude en su solución constructiva. De allí la extrema importancia de la presente norma en la aplicación de la ley y su decreto reglamentario.

GENERALIDADES

Este capítulo resume los fundamentos y técnicas para el control de la calidad térmica edilicia. La importancia del tema radica en que previo a la aplicación de optimización de los aportes térmicos y solares debemos minimizar las pérdidas térmicas del edificio analizado.

También se conoce esto bajo el concepto de URE, Uso Racional de la Energía, donde se somete el edificio y sus partes a un profundo análisis para determinar bajo que conceptos ocurren los mayores intercambios de calor y luego reducirlos.

Estas pérdidas se producen por muros, techos, carpinterías, pisos y por renovaciones de aire o infiltración. El análisis puede sintetizarse en cuatro o cinco pasos:

- a. Determinación de la resistencia térmica "R" de cada solución constructiva y su inverso el coeficiente de conductividad térmica "K" de las partes edilicias que constituyen el edificio.
- b. En función de las zonas bioclimáticas, caso verano, y la temperatura de diseño exterior, caso invierno, encontrar los "K admisibles" para la localidad sean muros y techos para nivel B y contrastarlos con los "K" de nuestro proyecto. Es usual que en verano prime el K_{adm} de techo y en invierno el K_{adm} de muros. También es usual que se requiera en techos el doble de aislamiento térmico que en muros.
- c. Realizar la verificación del riesgo de condensación superficial e intersticial en las mismas partes edilicias. Es probable que haya que incorporar un freno o una barrera de vapor a la solución constructiva.
- d. Analizadas las partes, proceder a determinar el " G_{cal} " de proyecto para contrastarlo con el " $G_{admisible}$ " de la norma IRAM 11604. (Lo veremos en el (tomo) módulo 3)
- e. Con los datos de verificación del comportamiento térmico en invierno y unos cuantos parámetros más procederemos a verificar el comportamiento térmico en verano usando las Normas IRAM 11659-1 y 11659-2. (Lo veremos en el (tomo) módulo 3)
- f. Realizado esto se cuenta con un perfil higrótérmico del edificio y sus partes y puede procederse a una revisión para introducir mejoras en función de los consumos de combustibles que desee tenerse.

IMPORTANTE: Es bastante probable que el Nivel B de muros y techos no sea suficiente para cumplir con los G_{cal} y G_{ref} . Esto sucede principalmente por el uso masivo de vidrio en la envolvente. A pesar que el Decreto Reglamentario 1030/10 exige el cumplimiento de un $K_{adm} = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$ para ventanas en

edificios de planta baja y dos pisos altos (hasta 10m altura) o lo que corresponde al uso de DVH (doble vidriado hermético), si nos pasamos de un 15% de vidriado no cumpliríamos el G_{cal} de proyecto. Por eso implica volver a los pasos a-b-c y volver a verificar d y e.

RECOMENDACIÓN: Cada profesional o técnico posee un modo o cultura proyectual. Lo ideal es ser consciente de esto y pautar estrategias previas para resolver la materialidad de la envolvente. Con esto nos ahorraremos disgustos y generaremos una cultura de materialización de edificios adaptada a la Ley 13059.

Resistencia térmica

La resistencia térmica (thermal resistance) es el cociente entre la diferencia de temperatura y la densidad de flujo de calor en régimen estacionario. Para placas planas es aplicable el concepto de “conductividad térmica” (λ). Si esta propiedad (λ) es constante o varía linealmente con la temperatura, la resistencia térmica será el cociente entre el espesor en metros (e) y la conductividad térmica (λ) en W/m.K.

Así, la resistencia térmica de una capa homogénea de material sólido R, en metro cuadrado kelvin por watt, se calcula mediante:

$$R = e / \lambda$$

Donde:

- e : espesor en metros
- λ : conductividad térmica del material en watt por metro kelvin.

La conductividad térmica (thermal conductivity) será el flujo de calor que se transmitirá a través de un material por unidad de superficie cuando el gradiente de temperatura en dirección normal sea unitario.

La resistencia térmica es una característica propia de cada capa que constituye una solución constructiva: elementos constructivos, superficies interior y exterior y cámaras de aire. La Norma 11601 nos ofrece valores de resistencias térmicas superficiales, de cámaras de aire y también de componentes constructivos no homogéneos como bloques, bovedillas y otros.

Así, por ejemplo: dado un tabique de hormigón armado de 2400 kg/m^3 por tabla tendrá un $\lambda = 1,63 \text{ W/mK}$ (Tabla 6 IRAM 11601). Esto no nos dice demasiado, pero si nos encontramos en una ciudad como Laprida con una temperatura mínima de diseño TDMN = -6.1°C y deseamos tener agradables 20°C en el interior de un local; y media entre nosotros y el exterior un tabique de H°A° de 12 cm de espesor la cantidad de calor por unidad de tiempo que requeriremos, será:

$$q_i = \lambda / e * \Delta t = 1,63 \text{ W/mK} / 0.12\text{m} * (20^\circ\text{C} - (-6.1^\circ\text{C})) = 354.5 \text{ W/m}^2$$

O sea que por cada hora que deseamos mantener en confort nuestro local necesitaremos unos 355 W por cada metro cuadrado de tabique en contacto con el exterior.

Si planteamos una habitación de 10 m² construida con este tabique en muros y techo y sin ventanas o puertas tendríamos una superficie envolvente de 44,2 m². La potencia de un calefactor para mantenerla a 20°C en esa fría noche de invierno, será:

$$Q_{cal} = 354.5 \text{ W/m}^2 * 44,2\text{m}^2 = 15669 \text{ W}.$$

Siempre aclarando que no hay pérdidas adicionales por puertas o ventanas más la infiltración de aire. Todos temas que veremos en el siguiente módulo.

Aclaremos que nos falta agregar algunos elementos térmicos como las resistencias superficiales exterior e interior que reducirán este valor y ya lo trataremos.

Nota: Se emplean valores de resistencia térmica R mediante ensayo de caja caliente (IRAM 11564); cuando no se disponga de estos valores se utilizarán tablas normalizadas de resistencia térmica para diferentes espesores. El INTI Instituto Nacional de Tecnología Industrial posee la capacidad técnica e instrumental para realizar los estudios experimentales y emitir un Informe Técnico. Varios grupos de CyT en Universidades Nacionales (UNLP, UNSa, UBA, UNR, UNNE) también poseen la capacidad de determinar un R experimental.

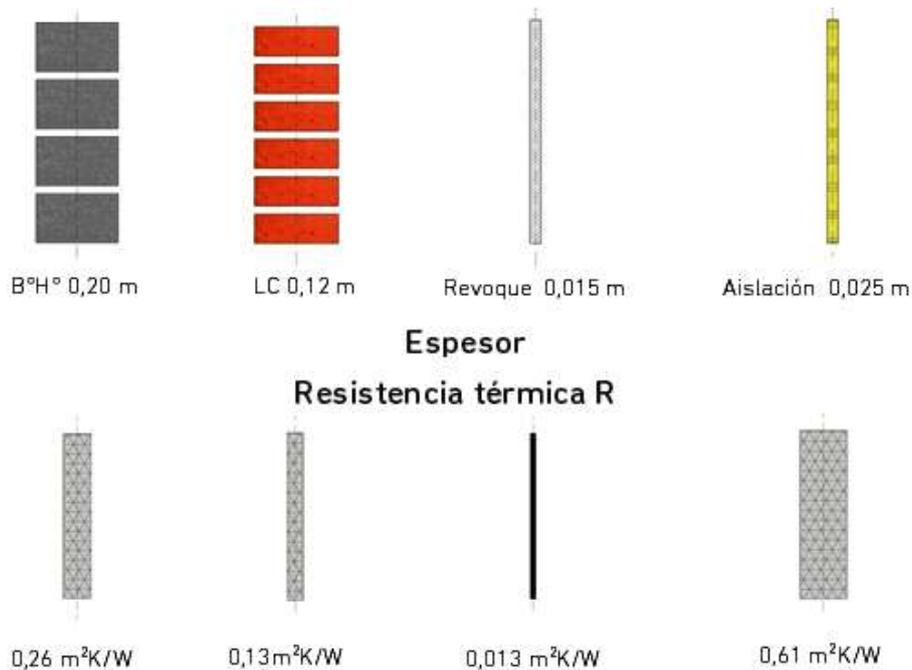


Figura 4.1: Comparación de espesor y resistencia térmica en materiales de construcción. Fuente: propia.

RESISTENCIA TÉRMICA SUPERFICIAL

Será la resistencia térmica de la capa superficial (thermal surface resistance) de aire adyacente a las superficies interior o exterior de un elemento constructivo que transmite calor por radiación y convección. Sus símbolos serán: R_{si} para el interior y R_{se} para el exterior y su unidad será m^2K/W . La Tabla 2 muestra valores para resistencias superficiales si el flujo de calor es ascendente, descendente u horizontal.

IRAM 11601: Tabla 2: Resistencias superficiales (*)					
Interior R_{si}			Exterior R_{se}		
Dirección del flujo de calor			Dirección del flujo de calor		
Horizontal (Muros)	Ascendente (Techos)	Descendentes (Pisos y Techos)	Horizontal (Muros)	Ascendente (Techos)	Descendentes (Pisos y Techos)
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

(*) La resistencia térmica superficial varía en función de numerosos parámetros, tales como las propiedades de la superficie, en particular la emisividad de la superficie, la velocidad del aire a lo largo de la superficie, y las temperaturas de la superficie, del aire ambiente y de las superficies circundantes.
Esta norma no considera expresamente los posibles aumentos de las R_{si} o R_{se} que pudieran lograrse aplicando terminaciones de baja absorción y/o emisividad de la radiación, por cuanto se considera que el mantenimiento en el tiempo de tales propiedades, no pueden asegurarse en las condiciones reales de las obras.

Tabla 4.1: Resistencias térmicas superficiales. Fuente: IRAM 11601.

CÁMARAS DE AIRE

Las cámaras de aire no poseen un solo valor ya que este dependerá de varios factores interrelacionados, como: la distancia entre las capas plano paralelas, su emisividad relativa, si estas cámaras son verticales u horizontales. Esto debido a que el intercambio de calor entre las capas se realiza por un efecto combinado de radiación y convección, ya que el aire es un fluido y sus moléculas tiende a moverse al ser afectadas por el calor.

Si las capas están muy juntas, como ejemplo 5mm, primará la radiación y tendrá un $R = 0.11 m^2K/W$; pero si las separamos a 5 o 10 cm, la resistencia térmica será mayor con $R = 0.17 m^2K/W$. Siempre para superficies de alta emisividad como la mayoría de los materiales de construcción.

Pero si una o ambas superficies internas son de baja emisividad, caso film de aluminio metálico pulido⁵, para 5 mm el $R = 0.17 m^2K/W$ y para 5 a 10 cm el $R = 0.37 m^2K/W$. (Ver Tabla 3.1).

⁵ Es válido solo para aluminio metálico no para pinturas aluminizadas o cubiertas con polietileno.

Estado de la superficie de la cámara de aire (2)	Espesor de la capa de aire (mm)	Resistencia térmica (m ² .K/W) ^o C		
		Dirección del flujo de calor		
		Horizontal (Muros)	Ascendente (Techos)	Descendentes (Pisos y Techos)
Superficies de mediana o lata emitancia (caso general)	5	0,11	0,11	0,11
	10	0,14	0,13	0,15
	20	0,16	0,14	0,18
	50 a 100	0,17	0,14	0,21
Una o ambas superficies de baja emitancia	5	0,17	0,17	0,17
	10	0,29	0,23	0,29
	20	0,37	0,25	0,43
	50 a 100	0,34	0,27	0,61

(1) Estos valores corresponden a cámaras de aire cerradas, y son válidos para una temperatura media de la cámara de aire comprendida entre 0 y +20°C, y con una diferencia de temperatura entre las superficies límites inferiores a 15°C.
(2) Los valores dados para una cámara de aire con una o ambas superficies reflectivas sólo pueden ser utilizados si la emitancia de la superficie es controlada, debiéndose lograr que la superficie permanezca limpia y exenta de grasa, polvo o condensación de agua. En la Tabla 7 de la IRAM 11601 se establece una clasificación de los materiales de construcción según su emitancia.

Tabla 4.2: Resistencia térmica de cámaras de aire no ventiladas en las cuales las medidas superficiales son mucho más grandes que el espesor (1). Fuente: IRAM 11601.

Componentes con cámaras de aire ventiladas

Verano: Para el cálculo de la resistencia térmica, la cámara de aire, se considera no ventilada.

Invierno: el cálculo de la resistencia térmica del componente depende del grado de ventilación de la cámara de aire, que es función de la relación entre la sección total de los orificios S (en cm²) y la distancia vertical entre los orificios L (en metros). Así en elementos verticales, en función de la relación:

$$S/L$$

Dónde:

S : sección total de los orificios de ventilación en centímetros cuadrados

A : área del componente, en metros cuadrados

Los orificios de entrada y salida deben tener igual superficie con una tolerancia de $\pm 20\%$ y una ubicación que asegure una buena distribución del aire en la cámara.

Grado de ventilación	Componente vertical	Componente horizontal	Áticos
Sin ventilación o débilmente ventilada	$S/L < 20$	$S/A < 3$	$S/Af < 3$
Medianamente ventilada	$20 \leq S/L < 500$	$3 \leq S/A < 30$	$3 \leq S/Af < 30$
Muy ventilada	$S/L \geq 500$	$S/A \geq 30$	$S/A \geq 30$

Tabla 4.3: Clasificación de cámaras de aire por grado de ventilación. Fuente: IRAM 11601.

La tabla 3.2 muestra la clasificación de las cámaras de aire en sin ventilación, medianamente ventiladas y muy ventiladas en función de la relación sección de los orificios y distancia entre ellos.

RESISTENCIA TÉRMICA TOTAL

Será la resistencia térmica total - R_t (total thermal resistance) la inversa de la transmitancia térmica.

En su determinación a las diversas capas y cámaras de aire que pueda tener una solución constructiva agregaremos las resistencias superficiales interior y exterior. En el caso de existir cámaras de aire estas no podrán tener más de 10cm de espesor y ser plano paralelas. Caso contrario se utilizarán otros procedimientos tratados como áticos en el caso de techos.

ATICOS

Los áticos son espacios que se encuentran por sobre un cielorraso suspendido y la cubierta o forjado en contacto con el aire exterior. En función de la conformación geométrica estará rodeado de muros de cierre de diversas formas y dimensiones materializados con muros con igual o menor nivel de aislamiento térmico. A los fines de la determinación del R_t se lo considerará como un ambiente no climatizado. Ver siguiente figura.

$$R_T = R_f + A_f / \sum (A_i / R_i)$$

Dónde:

R_t : es la Resistencia térmica total en m^2K/W

R_f : es la resistencia térmica del forjado o cielorraso en contacto con el ambiente climatizado en m^2K/W

A_f : es el área del forjado o cielorraso en contacto con el ambiente interior en m^2

A_i : es el área de los cerramientos que delimitan el espacio del ático en m^2

R_i : es la resistencia térmica de cada tipo de cerramiento en m^2K/W

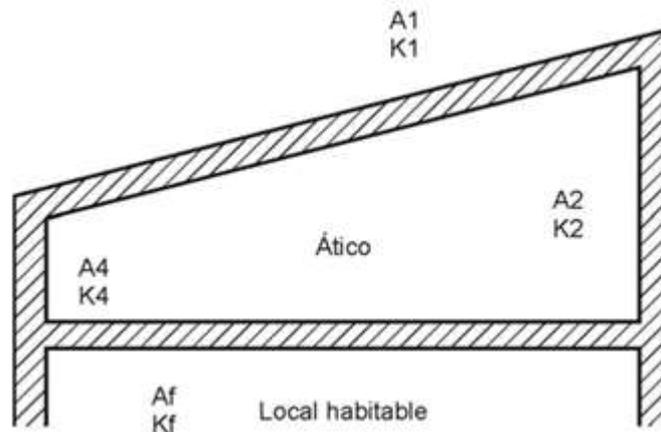


Figura 4.4: Esquema de componentes de la envolvente de un ático. Fuente: IRAM 11601.

En otras palabras la Resistencia térmica total de la cubierta será la suma de la resistencia térmica del cielorraso más la resistencia térmica ponderada del resto de componentes del ático. Este es el caso de áticos sin ventilación o débilmente ventilados.

Veamos el siguiente ejemplo con cielorraso de placas de yeso, muros perimetrales de ladrillo hueco de 18x18x33 cm revocados en ambas caras y una cubierta de chapa con 2,5cm de lana de vidrio.

EJEMPLO: Cálculo de la resistencia térmica de un ático.



Forjado = 12,00 m ²	R = 0,032 (placa de yeso)
Techo = 12,30 m ²	R = 0,72 (chapa con 2,5 cm de aislación de LV)
Muros = 21,50 m ²	R = 0,51 (ladrillo hueco 0,18 revocado ambas caras)

Forjado = 12,00 m² R = 0,032 m². k/W
 Techo = 12,30 m² R = 0,72 m². k/W
 Muros = 21,50 m² R = 0,51 m². k/W
 R_f = 0,032 m². k/W

$$R_t = R_f + \frac{A_f}{\sum \frac{A_j}{R_j}}$$

A_f = 12,00 m²

A_j = 21,50 m² / R_j = 0,51 m². k/W

A_j = 12,30 m² / R_j = 0,72 m². k/W

$$42,16 + 17,08 = 59,24 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$$

R_t = 0,032 m². k/W + 12,00 m² / 76,47 m². k/W

R_t = 0,032 m². k/W + 0,16 m². k/W

$$R_t = 0,192 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$$

R_{techo} = R_t + R_{si} + R_{se}

R_{techo} = 0,192 + 0,10 + 0,04 = 0,33 m². k /W

k_{techo} = 2,70 W / m². k

Una vez que hemos entendido todo lo referente a la determinación de las diversas resistencias térmicas que intervienen en las partes componentes de una envolvente podemos pasar a la determinación de la transmitancia térmica de estas y su verificación con los estándares exigidos por la ley 13059 y las ordenanzas municipales.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

La conductividad térmica de los materiales de construcción varía sensiblemente con el contenido de humedad. Para su determinación la IRAM 11559 ofrece la posibilidad de ensayar los materiales secos con condiciones higrotérmicas estipuladas o en condiciones ambientales establecidas por el usuario. Lo usual es utilizar la tabla 6 de la Norma IRAM 11601 que se muestra en el Anexo 2. La siguiente figura solo representa un ejemplo parcial de esta donde para cada material se indica la conductividad térmica λ en relación a su densidad aparente. Así un hormigón de 2400 kg/m³ tendrá una conductividad térmica de 1.63 W/m.K.

IRAM 11601 - Anexo A: Tabla A1: Conductividades térmicas		
MATERIAL	Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica W/m.K
Mortero con perlita	600	0,19
Mortero de yeso y arena	1500	0,65
Mortero de cal y yeso	1400	0,70
Enlucido de yeso	800	0,40
	1000	0,49
	1200	0,64
HORMIGONES NORMALES Y LIVIANOS		
Hormigón normal con agregados pétreos	1800	0,97
	1900	1,09
	2000	1,16
	2200	1,40
	2400	1,63
	2500	1,74
Hormigón de ladrillos triturado	1600	0,76
	1800	0,93
Hormigón normal con escoria de alto horno	2200 a 2400	1,4
Hormigón de arcilla expandida	700	0,22
	800	0,29
	900	0,35
	1000	0,42
	1400	0,57
	1800	0,89
Hormigón con vermiculita	500	0,14
	600	0,16

Tabla 4.4: Conductividades térmicas de materiales de construcción. Fuente: IRAM 11601.

Siempre utilizaremos esta tabla para encontrar cada material homogéneo. En el caso de que tenga orificios u cavidades macroscópicas la norma ofrece tablas mostrando una imagen del componente constructivo, su peso y resistencia térmica. Todos han sido ensayados experimentalmente por el método de “caja caliente”, aunque en algunos casos el INTI puede obtener un R a partir de simulación numérica.

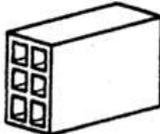
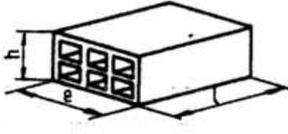
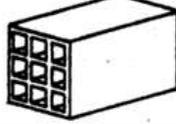
IRAM 11601 - Anexo A: Tabla A2: Resistencia térmica de mampostería de ladrillos y bloques cerámicos					
Esquema	Medidas (cm)			Masa (*)	R _t
	e	h	l	kg/m ²	m ² .K/W
		8,0 8,0	15,0 18,0	25,0 25,0	69 69
	18,0 20,0	8,0 18,0	25,0 40,0	168 142	0,35 0,33
	12,0 15,0 18,0 18,0 20,0	18,0 18,0 18,0 18,0 18,0	25 / 33 33,0 25 / 33 40,0 40,0	96 106 125 155 162	0,36 0,40 0,41 0,31 0,32

Tabla 4.5: Resistencia térmica de mampostería de ladrillos y bloques cerámicos en m².K/W. Fuente: IRAM 11601.

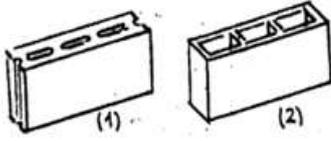
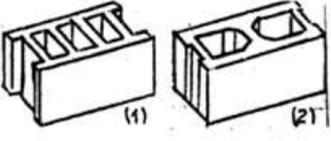
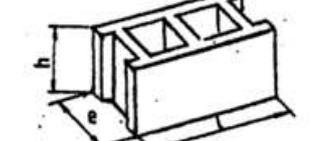
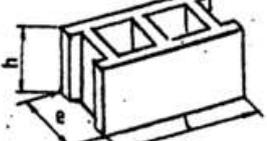
IRAM 11601 - Anexo A: Tabla A3: Resistencia térmica de mampostería de ladrillos y bloques de hormigón							
(*) Corresponde a la masa por unidad de área de la mampostería que integran							
Esquema	Material	Densidad kg/m ³	Medidas (cm)			Masa (*) kg/m ²	R _t m ² .K/W
			e	h	l		
	(1) Hormigón de arcilla expandida	1034	6,6	19,0	39,0	60	0,23
		1034	9,2	19,0	39,0	65	0,27
1034		14,2	19,0	39,0	77	0,31	
	(2) Hormigón	2223	10,0	19,0	39,0	130	0,17
		1900	20,0	20,0	40,0	234	0,20
	(1) Hormigón de arcilla expandida	1034	29,5	19,0	39,0	118	0,38
		(2) Hormigón	1460	19,5	19,5	39,5	172
			Hormigón	1900	19,5	19,5	39,0
		1766	19,0	19,0	39,0	188	0,21
		1750	19,0	19,0	39,0	160	0,22

Tabla 4.6: Resistencia térmica de mampostería de bloques de H° en m².K/W. Fuente: IRAM 11601

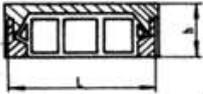
IRAM 11601 - Anexo A: Tabla A4: Resistencia térmica de forjados. Bloques cerámicos huecos				
Tipo de forjado	Medidas del forjado (cm)		Transmitancia térmica (K)	
	h	L	Invierno	Verano
			W/m ² .K	W/m ² .K
	12	50	3,61	2,90
		50 < L < 60	3,48	2,79
	16	50	3,37	2,79
		50 < L < 60	3,24	2,67
	20	50	3,14	2,56
		50 < L < 60	3,02	2,44
	25	50	3,02	2,44
		50 < L < 60	2,90	2,33
	20	50	2,67	2,15
		50 < L < 70	2,56	2,09
	25	50	2,56	2,03
		50 < L < 70	2,44	1,98

Tabla 4.7: Resistencia térmica de mampostería de bloques de H° en m².K/W. Fuente: IRAM 11601

Existen en el mercado soluciones constructivas donde las bovedillas o ladrillos “sapo” cerámicos son reemplazadas por EPS macizas. En este caso por m² de forjado deberemos obtener un R ponderado entre la zona de H°A° y la de EPS. Esto no está incluido en la Norma 11601.

Procedimiento para determinar el λ en el caso de bloques y ladrillos huecos

Ciertos programas de cálculo de la transmitancia térmica de muros o techos que además verifican el riesgo de condensación (ver capítulo siguiente) no permiten el ingreso de la resistencia térmica como dato y si la conductividad térmica. En estos casos podemos usar el siguiente procedimiento:

Ejemplo: Dado un bloque de ladrillos huecos de 0.08 x 0.18 x 0.33 m que tiene un peso de 69 kg/m² de tabique y una resistencia térmica de 0.23 m²K/W, encontrar la conductividad térmica λ .

- Encontrar la densidad de 1 m³ de muro con dicho bloque.
 - Así en 1m de espesor de muro entrarán 12,5 bloques de 0.08 m de espesor unitario.
- Encontrar la densidad.
 - Densidad= 69 kg/m² * 12.5 = 862.5 Kg/m³
- Encontrar λ

a. $\lambda = 862,5 \text{ Kg/m}^3 \times 1.10 \text{ W/mK} / 2000 \text{ Kg/m}^3 = \mathbf{0.474 \text{ W/mK}}$

Esto asumiendo que la cerámica de referencia será de 2000 kg/m^3 y tendrá un $\lambda = 1.10 \text{ W/mK}$. Primero obtuvimos una densidad aparente si el material fuera homogéneo y sin huecos macroscópicos a partir del peso de un metro cuadrado de muro que nos da la Norma 11601. Luego inferimos linealmente cual sería la conductividad térmica usando como referencia otra cerámica de densidad y características conocidas.

TRANSMITANCIA TÉRMICA - K

Será la cantidad de calor que se transmite en régimen estacionario, en la unidad de tiempo, a través de la unidad de superficie por un material o elemento constructivo de cierto espesor, cuando la diferencia de temperatura entre sus caras es la unidad.

$$K = \lambda / e \text{ [W/m}^2\text{.K]}$$

En un elemento constructivo, de aire a aire, es la inversa de la resistencia térmica total:

$$K = 1 / R_t$$

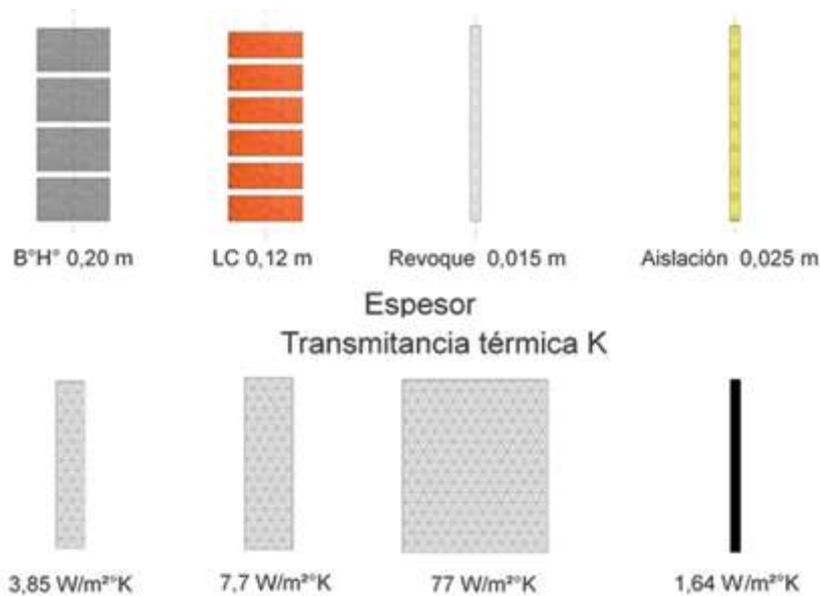


Figura 4.4: Comparación de la relación espesor y transmitancia térmica para materiales de construcción.

DETERMINACIÓN DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA DE UN MURO

La Norma IRAM 11601 propone un modelo de planilla de cálculo (ver figura 3.5) para facilitar el cálculo de la transmitancia térmica de un componente constructivo de cerramiento sea muro, entepiso o techo. En la columna 6 se consignan las diversas capas, en columna 8 los espesores de cada capa, en la 9 las conductividades térmicas y en la 10 la resistencia térmica que como ya hemos tratado será el cociente entre el espesor en metros y la conductividad térmica. Las resistencias superficiales, cámaras de aire, bloques varios y áticos surgirán de tablas.

Norma IRAM 11601		CALCULO DE LA TRANSMISIÓN TÉRMICA "K"	
PROYECTO ⁽¹⁾			
ELEMENTO ⁽²⁾			
ÉPOCA DEL AÑO ⁽³⁾		FLUJO DE CALOR ⁽⁴⁾	
ZONA BIOAMBIENTAL ⁽⁵⁾			
Nivel de confort según IRAM 11605 ⁽¹¹⁾		Temperatura exterior de diseño	
Capa del elemento constructivo ⁽⁶⁾	e ⁽⁸⁾ espesor de cada capa	λ ⁽⁹⁾ coeficiente conductividad térmica	R ⁽¹⁰⁾ resistencia térmica
	m	W/m.K	m ² .K/W
Resistencia superficial exterior ⁽⁷⁾			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Resistencia superficial interior ⁽¹³⁾			
TOTAL	⁽¹⁴⁾		⁽¹⁵⁾
Transmitancia térmica del componente W/m ² .K ⁽¹⁶⁾			
Transmitancia térmica de acuerdo IRAM 11605 W/m ² .K ⁽¹²⁾		⁽¹⁷⁾	
Cumple con la IRAM 11605 ⁽¹⁰⁾ : Si / NO			
Comentarios y cálculos suplementarios ⁽¹⁹⁾			

Figura 4.5: Tabla homologada para determinación de la transmitancia térmica y su contrastación con valores admisibles de la IRAM 11605.

EJEMPLO:

Dado un muro doble con cámara de aire materializada con ladrillos comunes revocado en cara interior y a la vista en cara exterior, determinar la transmitancia térmica K.

Norma IRAM 11601		CALCULO DE LA TRANSMISIÓN TÉRMICA "K"	
PROYECTO ⁽¹⁾		Una casa de LEY	
ELEMENTO ⁽²⁾		Muro doble de ladrillo macizo con cámara de aire	
ÉPOCA DEL AÑO ⁽³⁾		FLUJO DE CALOR ⁽⁴⁾	Horizontal
ZONA BIOAMBIENTAL ⁽⁵⁾		IIIb	
Nivel de confort según IRAM 11605 ⁽¹¹⁾		B	
		Temperatura exterior de diseño	

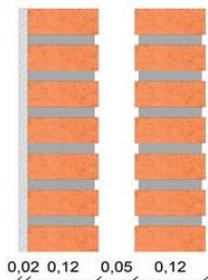


Figura 4.6: Ejemplo de determinación de K de un muro doble con cámara de aire - Descripción.

Capa del elemento constructivo ⁽⁶⁾	e ⁽⁸⁾ espesor de cada capa	λ ⁽⁹⁾ coeficiente conductividad térmica	R ⁽¹⁰⁾ resistencia térmica
	m	W/m.K	m ² .K/W
Resistencia superficial exterior ⁽⁷⁾			0,04
1 Revoque	0,015	1,16	0,013
2 Ladrillo común	0,12	0,91	0,13
3 Cámara de aire	0,05	-	0,17
4 Ladrillo común	0,12	0,91	0,13
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Resistencia superficial interior ⁽¹³⁾			0,13
TOTAL	⁽¹⁴⁾ 0,305		⁽¹⁵⁾ 0,613

Figura 4.6b Ejemplo de determinación de K de un muro doble con cámara de aire - Desarrollo.

TOTAL	⁽¹⁴⁾ 0,305 m		⁽¹⁵⁾ 0,613 m ² k/W
Transmitancia térmica del componente W/m ² .K ⁽¹⁶⁾			1,63 W/m ² k
Transmitancia térmica de acuerdo IRAM 11605 W/m ² .K ⁽¹²⁾			⁽¹⁷⁾ 1,25 W/m ² k
Cumple con la IRAM 11605 ⁽¹⁸⁾ : Si / NO			NO
Comentarios y cálculos suplementarios ⁽¹⁹⁾			
	NIVEL A	NIVEL sugerido por LAyHS	NIVEL B
Invierno	0,38	0,69	1,00
Verano	0,50	0,88	1,25

Figura 4.6c Ejemplo de determinación de K de un muro doble con cámara de aire - Validación.

Como podemos ver en las figuras 3.6b y 3.6c el muro doble con cámara de aire NO CUMPLE con el Nivel B exigido por la Ley 13059 en La Plata (Zona IIIb) en invierno. Mucho menos con el Nivel A exigido por municipios como Olavarría o Rosario para edificios de más de 500m² de superficie total. Implica que habrá que agregar algún aislante térmico para mejorarlo.

Norma IRAM 11601		CALCULO DE LA TRANSMISIÓN TÉRMICA "K"	
PROYECTO ⁽¹⁾	Una casa de LEY		
ELEMENTO ⁽²⁾	Muro doble de ladrillo macizo con AISLACIÓN		
ÉPOCA DEL AÑO ⁽³⁾	Invierno	FLUJO DE CALOR ⁽⁴⁾	Horizontal
ZONA BIOAMBIENTAL ⁽⁵⁾	Illa		
Nivel de confort según IRAM 11605 ⁽¹¹⁾	B	Temperatura exterior de diseño	

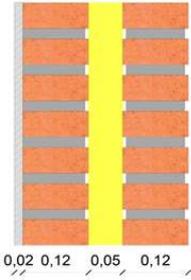


Figura 4.7: Ejemplo de determinación de K de un muro doble con aislante - Descripción.

Capa del elemento constructivo ⁽⁶⁾	e ⁽⁸⁾ espesor de cada capa	λ ⁽⁹⁾ coeficiente conductividad térmica	R ⁽¹⁰⁾ resistencia térmica
	m	W/m.K	m ² .K/W
Resistencia superficial exterior ⁽⁷⁾			0,04
1 Revoque	0,015	1,16	0,013
2 Ladrillo común	0,12	0,91	0,13
3 Poliestireno expandido	0,05	0,041	1,22
4 Ladrillo común	0,12	0,91	0,13
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Resistencia superficial interior ⁽¹³⁾			0,13
TOTAL	⁽¹⁴⁾ 0,305		⁽¹⁵⁾ 1,663

Figura 4.7b Ejemplo de determinación de K de un muro doble con aislante - Desarrollo.

TOTAL	⁽¹⁴⁾ 0,305 m	⁽¹⁵⁾ 1,663 m ² kW
Transmitancia térmica del componente W/m ² .K ⁽¹⁶⁾	0,60 W/m ² k	
Transmitancia térmica de acuerdo IRAM 11605 W/m ² .K ⁽¹²⁾	⁽¹⁷⁾ 1,25 W/m ² k	
Cumple con la IRAM 11605 ⁽¹⁸⁾ : Si / NO	SI	
Comentarios y cálculos suplementarios ⁽¹⁹⁾		
	NIVEL A	NIVEL sugerido por LAyHS
Invierno	0,38	0,69
Verano	0,50	0,88
		NIVEL B
		1,00
		1,25

Figura 4.7c Ejemplo de determinación de K de un muro doble con aislante - Validación

En las figuras 3.7b y c puede verse que con 5 cm de poliestireno expandido de baja densidad puede cumplirse con el Nivel B. Sería igual espesor con lana de vidrio.

Niveles de aislamiento térmico en muros y techos

En la norma IRAM 11605 se establecen los valores admisibles de transmitancia térmica en muros y techos y la verificación de puentes térmicos.

Se establecen niveles de grado decreciente de confort higrotérmico:

- NIVEL A: Recomendado (Exigido en la Ordenanza N°4311/18 de Olavarría)
- NIVEL B: Medio (Exigido por la legislación de la Prov. Bs. As. – Ley 13059/03)
- NIVEL C: Mínimo
- El LAYHS ha definido un nivel intermedio entre el nivel A y B determinado como *Nivel Sustentable*

Para estos niveles se establecen valores máximos de transmitancia térmica para dos condiciones: invierno y verano.

La verificación debe realizarse simultáneamente para ambas condiciones, excepto para las zonas bioambientales V y VI (IRAM 11603) donde solo se exige la verificación para la condición de invierno. Siempre se adopta la condición más desfavorable.

Temperatura exterior de diseño (T_{ed}) [°C]	Nivel A		NIVEL SUSTENTABLE		Nivel B		Nivel C	
	Muros	Techos	Muros	Techos	Muros	Techos	Muros	Techos
-15	0,23	0,20	0,42	0,36	0,60	0,52	1,01	1,00
-14	0,23	0,20	0,42	0,37	0,61	0,53	1,04	1,00
-13	0,24	0,21	0,44	0,38	0,63	0,55	1,08	1,00
-12	0,25	0,21	0,45	0,39	0,65	0,56	1,11	1,00
-11	0,25	0,22	0,46	0,40	0,67	0,58	1,15	1,00
-10	0,26	0,23	0,48	0,42	0,69	0,60	1,19	1,00
-9	0,27	0,23	0,50	0,42	0,72	0,61	1,23	1,00
-8	0,28	0,24	0,51	0,44	0,74	0,63	1,28	1,00
-7	0,29	0,25	0,53	0,45	0,77	0,65	1,33	1,00
-6	0,30	0,26	0,55	0,47	0,80	0,67	1,39	1,00
-5	0,31	0,27	0,57	0,48	0,83	0,69	1,45	1,00
-4	0,32	0,28	0,60	0,50	0,87	0,72	1,52	1,00
-3	0,33	0,29	0,62	0,52	0,91	0,74	1,59	1,00
-2	0,35	0,30	0,65	0,54	0,95	0,77	1,67	1,00
-1	0,36	0,31	0,68	0,56	0,99	0,80	1,75	1,00
0	0,38	0,32	0,69	0,58	1,00	0,83	1,85	1,00

La temperatura mínima de diseño se obtiene, de manera simplificada, restando 4,5° a la temperatura mínima media de la localidad. Esto se corresponde a una frecuencia de 4 días de ocurrencia de cierta temperatura en 5 años.

Tabla 4.8: Valores de $K_{max adm}$ para condiciones de invierno en W/m^2K . Fuente: propia.

Zona Bioambiental de IRAM 11.603	Nivel A		Nivel Sustentable		Nivel B		Nivel C	
	Muros	Techos	Muros	techos	Muros	Techos	Muros	Techos
I y II	0,45	0,18	0,78	0,31	1,10	0,45	1,80	0,72
III y IV	0,50	0,19	0,88	0,34	1,25	0,48	2,00	0,76

La temperatura máxima de diseño se obtiene, de manera simplificada, sumando 3,5° a la temperatura máxima media de la localidad. Esto se corresponde a una frecuencia de 4 días de ocurrencia de cierta temperatura en 5 años.

Tabla 4.9: Valores de $K_{max adm}$ para condiciones de verano en W/m^2K . Fuente: propia.

A fin de comprender la razón por la cual la IRAM 11605 propone tres niveles de calidad térmica y de donde surgen los valores podemos mencionar que para el Nivel B se busca que no haya condensación

superficial cuando la temperatura interior de confort sea de 20°C. Será de 18°C para el Nivel C y de 22°C para el Nivel A. El Nivel C desde 2018 ya no es exigido por las Condiciones mínimas de habitabilidad higrotérmica de la SEDUV ya que se adoptó el Nivel B.

Verificación de la no existencia de condensación superficial, de acuerdo con la norma IRAM 11625, considerando las siguientes temperaturas interiores de diseño:

NIVEL A: 22°C

NIVEL B: 20°C

NIVEL C: 18°C

Verificación de condiciones de confort, definidas a través de la diferencia entre la temperatura interior de diseño y la temperatura superficial de un cerramiento, que toma los siguientes valores:

NIVEL A: 1°C

NIVEL B: 2,5°C

NIVEL C: 4°C

PUENTES TÉRMICOS

En todos los casos, la transmitancia térmica correspondiente a un puente térmico, K_{pt} no debe ser mayor que el 50 % del valor de la transmitancia térmica del muro opaco, K_{mo} o sea:

$$K_{pt} / K_{mo} \leq 1,5$$

Si los puentes térmicos lineales se encuentran a una distancia entre sí menor o igual que 1,7 m, deberá reducirse este porcentaje al 35 %.

$$K_{pt} / K_{mo} \leq 1,35$$

El valor del puente térmico K_{pt} se calcula en correspondencia con la trayectoria de flujo de calor desde el exterior hacia el interior del cerramiento que presenta la máxima transmitancia térmica. Esta línea de flujo no siempre será recta como puede verse en la siguiente figura:

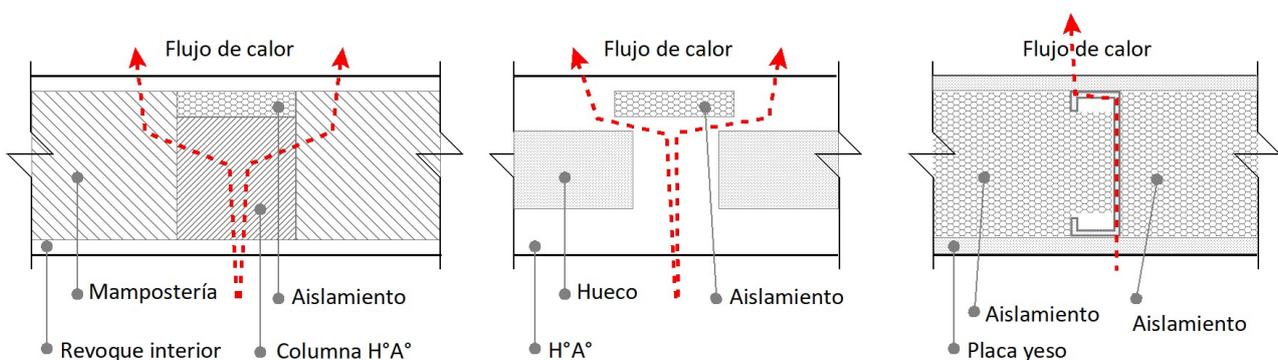


Figura 4.8: Casos característicos de puentes térmicos usuales en muros. Fuente: propia.

Se permiten puentes térmicos cuyas transmitancias térmicas sean mayores que los valores indicados previamente en los siguientes casos:

- Cuando K_{pt} sea menor que transmitancia térmica máxima admisible $K_{max adm}$ Correspondiente a la temperatura exterior de diseño del lugar de emplazamiento del edificio.
- Cuando se pueda probar por ensayo o mediante un programa de computación ("software") basado en el método de las diferencias finitas, que la diferencia entre la temperatura del aire interior (t_i) y la temperatura mínima de la superficie del puente térmico (t_{pt}) no es más del 50% mayor que la diferencia entre la temperatura del aire interior (t_i) y la temperatura de la superficie interior del muro opaco (t_{mo}).

$$\frac{t_i - t_{pt}}{t_i - t_{mo}} \leq 1,5$$

- De acuerdo con lo establecido en el Capítulo 6 Anexos de la norma IRAM 11625:1991 existe un aumento en el riesgo de condensación en las aristas y rincones de los muros, como así también en determinados locales de la vivienda. A los efectos de evitar este fenómeno, se indican a continuación los valores máximos de transmitancia térmica cuya adopción se recomienda para estos casos particulares.

Lugar	Nivel de confort		
	A	B	C
Aristas superiores y rincones Aristas verticales a altura media	1,15	1,20	1,30
Aristas y rincones inferiores	0,80	0,85	0,90
Rincones y aristas "protegidas" (interiores de placares sobre muros exteriores) Detras de muebles en muros externos	0,55	0,60	0,65

Tabla 4.10: Valores máximos recomendados de K (W/m²K) para aristas y rincones según niveles de confort.
Fuente: propia.

Mejoramiento de puentes térmicos:

Cuando se usa un material aislante para "compensar" un puente térmico (un revoque de perlita sobre una columna de hormigón, o *Webertherm Climamur*[®], por ejemplo) se recomienda:

- Aplicar la aislación sobre el lado interior.
- Aplicar la aislación en una faja con un ancho del doble que el ancho de la columna. Para columnas con anchos menores que el espesor de la pared se puede reducir esta faja a 1,5 veces el ancho de la columna.
- De aplicarse en la cara exterior se reforzará con malla de fibra de vidrio (90gr) y concreto o "basecoat".
- En construcción en seco se recomienda para mitigar los puentes térmicos de la estructura metálica el uso de EIFS⁶ continuo exterior.

⁶ Manual de EIFS (<https://www.ar.weber/files/ar/2018-06/MANUAL%20EIFS.pdf>)

Soluciones constructivas usuales de muros y techos y sus K

En las figuras 3.9 y 3.10 se muestran esquemas de soluciones características de muros y techos junto a transmitancias térmicas. Sirve de referencia pero debe ser verificado y validado previo a su uso en la localidad donde se sitúe el edificio. Ya que la solución constructiva puede cumplir o no el Nivel B requerido por la Ley 13059 y Ordenanzas municipales y no cumplir con el riesgo de condensación intersticial que trataremos en el Capítulo 5.

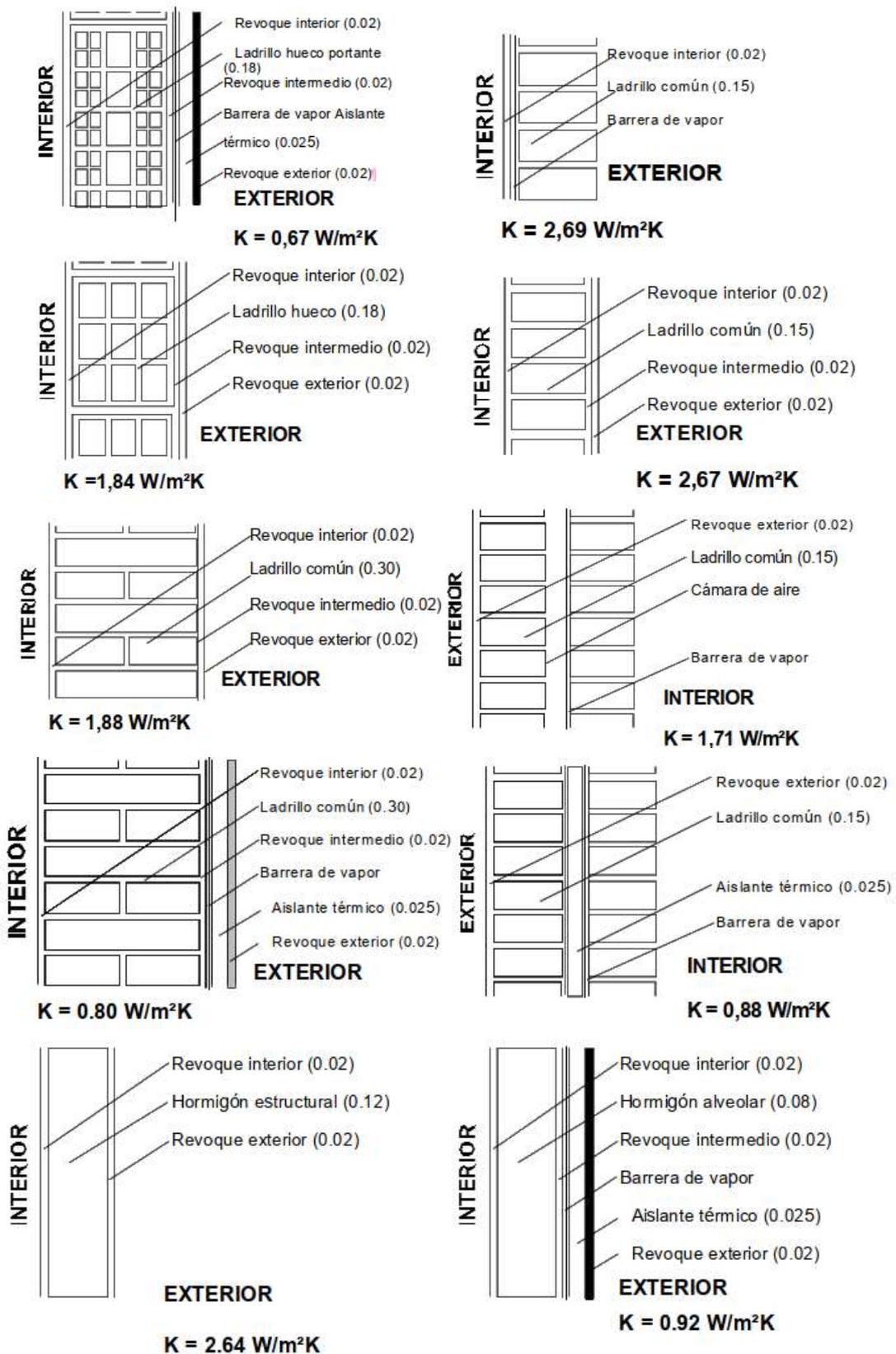


Figura 4.9: Ejemplos de transmitancias térmicas de varios tipos de muros. Fuente: propia.

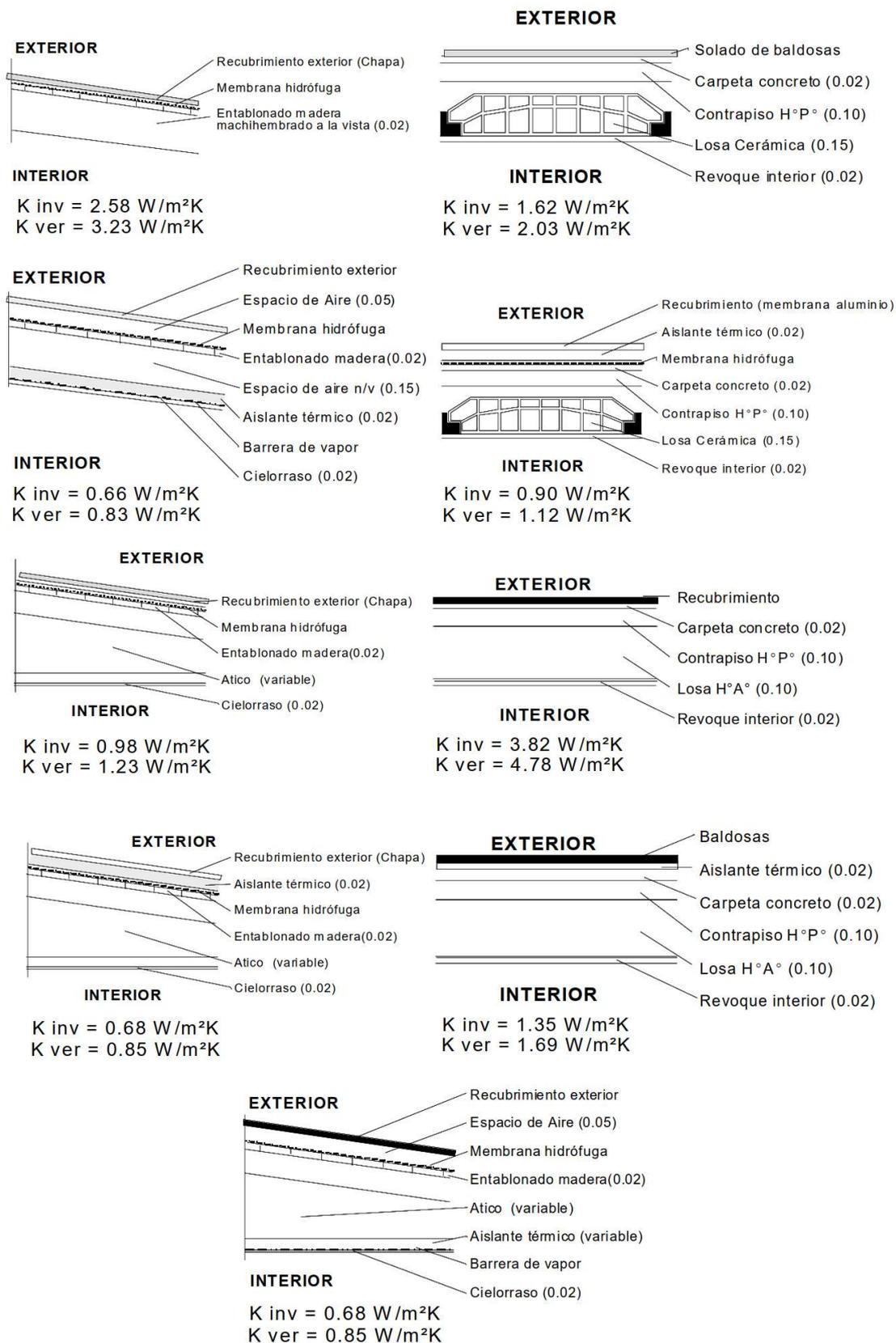


Figura 4.10: Ejemplos de transmitancias térmicas de varios tipos de techos. Fuente: propia

5

Riesgo de Condensación superficial e intersticial Normas 11625 y 11630

INTRODUCCIÓN

En este capítulo trataremos el comportamiento de los muros frente a la transmisión de calor y humedad. Problema higrotérmico debido a que los materiales de construcción y los aislantes térmicos pierden resistencia al paso del calor cuando están húmedos.

Cuando entre las dos caras de un muro de composición homogénea hay una diferencia de temperatura, podríamos representar el reparto de temperatura en el espesor del muro como se muestra en la Figura 4.1.

En las caras del muro pueden verse unos saltos de la temperatura que se deben a la dificultad que tiene el calor para atravesar un medio discontinuo. Este efecto debido a la resistencia superficial, también está relacionado con las cámaras de aire.

Cuando queremos enfriar algo, por ejemplo un motor de combustión interna, aumentamos su superficie específica dotándole de aletas como en los motores de motos o los *coolers* de computadoras de escritorio, o aumentamos la velocidad del aire en su alrededor por medio de un ventilador. Podemos hacer un edificio con poca superficie específica y con los paramentos muy lisos pero no podemos regular la velocidad del aire que los castiga, por lo que es necesario calcular la calefacción necesaria teniendo en cuenta este efecto.

El coeficiente de resistencia superficial exterior está en función de la velocidad del viento, ya que este aumenta las pérdidas de calor. La Norma IRAM 11601 considera como valor único un $R = 0,03 \text{ m}^2\text{K/W}$ para invierno y $R = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ para verano, independientemente de la velocidad del viento.

Dentro de un muro se produce una caída de temperatura como la graficada en la Figura 4.1. La pendiente de esta recta es directamente proporcional a la resistencia térmica del o los materiales que lo componen, con esto queremos decir que si el espesor o la resistencia térmica es insuficiente el salto térmico se realizará en parte fuera del muro y su cara interior tendrá una temperatura inferior en varios grados a la del ambiente.

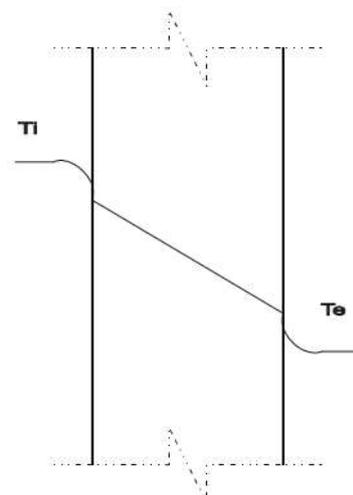


Figura 5.1: Caída de temperatura en un muro homogéneo. Fuente: propia.

Bajo esta condición además de producirse una sensación de incomodidad, si el ambiente tiene una humedad próxima a la de saturación ($HR = 100\%$) y la cara fría del muro estuviese a una temperatura inferior a la temperatura de rocío se producirán condensaciones al entrar el aire en contacto con ella.

En ciertos casos aparecerá una mancha de humedad, que habitualmente se suele suponer que proviene del exterior o de la pérdida de una cañería entre otras hipótesis. En casos más leves la humedad resulta imperceptible pero en el paramento se fijará el polvo con mayor facilidad ennegreciéndose.



Figura 5.2: Ejemplos de condensación superficial en una vivienda social bonaerense. Fuente: propia

A modo ilustrativo podemos observar que este fenómeno ocurre con mayor frecuencia en los muros de orientación sur, en zonas por sobre el dintel de las aberturas donde se estratifica el aire caliente o donde se produce una discontinuidad en la homogeneidad del muro. Esta discontinuidad que llamaremos puentes térmicos se producen cuando los muros o techos contienen, por ejemplo: vigas, columnas, etc.

La figura 4.2 muestra el caso de una vivienda social en Provincia de Buenos Aires construida con muros de bloques de suelo estabilizado “Cinva Ram” y techo de madera a la vista. Pueden verse todos los casos de patologías en muros y techos en un solo caso de estudio.



Figura 5.3: Ejemplos de condensación superficial una losa de bovedillas de EPS y perfiles de acero. Fuente: propia

La figura 4.4 muestra el caso de un techo donde se marca claramente la condensación superficial en coincidencia con las viguetas de acero debido al puente térmico respecto a las bovedillas de EPS. Aquí hay una fuerte discontinuidad en las resistencias térmicas.



Figura 5.4: Ejemplos de condensación superficial en aristas, rincones, detrás de cortinas. Fuente: propia

La figura 4.4 muestra el caso de muros de ladrillos comunes de 30cm revocados donde hay baja condensación superficial en el centro de paños de muros pero al formarse puentes térmicos geométricos en aristas y rincones se manifiesta la condensación. Lo mismo detrás de cortinas y muebles.

Así a la verificación del riesgo de condensación superficial e intersticial tratado en la Norma IRAM 11625 llevó a que el subcomité creara una la Norma IRAM 11630 para tratar estos casos especiales. Esto se muestra en la tabla 4.1 en la forma de una resistencia superficial diferenciada.

Lugar	Rsi m ² x K/W
Aristas superiores y rincones	0,25
Aristas verticales a altura media y rincones	0,25
Aristas y rincones inferiores	0,34
Vidrios	0,15
Rincones y aristas "protegidas" (por ej. interiores de placares sobre muros exteriores)	0,50
Detrás de muebles en muros exteriores	0,50

Tabla 5.1: Resistencias superficiales para condiciones especiales. Fuente: IRAM 11630.

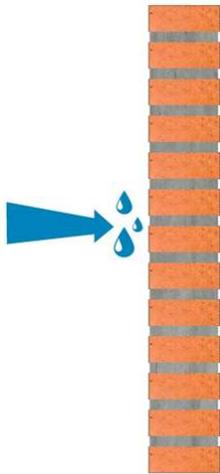
Como ejemplo el caso de aristas y rincones protegidos o detrás de muebles le corresponde una Rsi = 0.5 m²K/W. Si hacemos una equivalencia con un aislante liviano sea lana de vidrio o EPS con un $\lambda = 0.04$ W/mK equivaldría a un espesor de ($e = R \times \lambda = 0.5 \times 0.04 = 0.02$ m) 2 cm de aislamiento, SIN barrera de vapor. Sea el fenómeno higrotérmico como su solución lo trataremos en el capítulo.

Existen dos tipos de condensación que vamos a analizar y verificar:

- a. Condensación superficial
- b. Condensación intersticial

CONDENSACIÓN SUPERFICIAL

El primer tipo de condensación se refiere a la producida en la cara superficial interior del elemento cuando en esta o próxima a ella se produce el punto de rocío. La condensación intersticial se refiere a la producida en alguna capa intermedia del elemento.



Condensación del vapor de agua sobre la superficie interna de los cerramientos exteriores, que se produce cuando la temperatura de dichas superficies sea menor que la temperatura de rocío del aire del local.

Para que las esporas del moho (*Aspergillus niger*) prosperen no se requiere llegar al 100% de HR. Con 60/65% ya comienzan a arraigarse y florecer.

Figura 5.5: Ejemplo de condensación en la superficie interior de un cerramiento. Fuente: propia.

Como referencia un elemento de cerramiento con un $K = 4 \text{ W/m}^2\text{°C}$, produce condensación superficial bajo los parámetros de la Norma IRAM 11 625 en la zona de La Plata (IIIb).

El ejemplo más claro son los vidrios que durante el invierno se empañan por alcanzar la superficie de los mismos la temperatura de rocío. La solución al problema es aumentar la resistencia térmica (aislación) de los mismos hasta evitar la condensación.

En este capítulo se explica un procedimiento para determinar el riesgo de condensación superficial y como conocer la resistencia térmica que evitaría el fenómeno de condensación.

CONDENSACIÓN INTERSTICIAL

El vapor de agua del ambiente interior penetra en el interior de un muro aunque este tenga una resistencia térmica adecuada, en algún plano interior puede ocurrir que la temperatura del muro sea inferior a la de rocío para la presión de vapor existente produciéndose condensación.

Al estar el material empapado y perder resistencia térmica, en las inmediaciones del plano donde ha habido condensaciones la recta de las temperaturas perderá pendiente y la temperatura de rocío se alcanzará un poco más a la derecha aumentando progresivamente la porción de muro empapado. La humedad también avanzará por capilaridad hacia el interior dando como resultado que el proceso vaya también en dirección contraria, pudiendo terminar el muro completamente empapado. Este fenómeno se da con mayor frecuencia cuando la diferencia entre la temperatura interior y exterior es grande, o cuando la humedad relativa interior es muy alta.

Para solucionar el problema pueden ventilarse los locales eliminando el exceso de vapor que pudiera haber en el aire interior y reduciendo la presión del mismo, lo cual supone incrementar las pérdidas de calor. Además puede añadirse una capa al muro que impida su penetración hasta las que tienen temperatura inferior a la de rocío, y que por esta razón se llaman barreras de vapor.



Ejemplo de un muro medianero con ladrillos comunes de 15 cm revocado en ambas caras en La Plata. Se agregó un revestimiento de madera + barrera vapor de polietileno 100 micrones + 2 cm de EPS 15 kg/m³. Con esto se evitó la condensación superficial.

¿Cómo reducir el riesgo de condensación?

- Mejorando el nivel de aislamiento térmico
- Evacuando el exceso de vapor al exterior
- Mejorando la ventilación
- Utilizando un sistema de calefacción "seco"
- Reduciendo puentes térmicos

Figura 5.6: Ejemplo de solución para evitar la condensación de un cerramiento. Fuente: propia.

La posición de esta barrera debe estudiarse con cuidado porque si es demasiado superficial pueden darse condensaciones en el paramento (revestimientos de baños y cocinas).

En los locales en los que ocasionalmente puede haber una gran producción de vapor, como en los baños durante la ducha conviene que haya elementos capaces de absorber el exceso momentáneo de humedad para cederla al ambiente a medida que se normalice la situación. Para cumplir esta función podemos utilizar yeso en el cielorraso que es muy adecuado por su higroscopicidad, pero siempre que la pintura de acabado no forme barrera de vapor (pinturas acrílicas o sintéticas).

Otro medio de evitar condensaciones intersticiales es conseguir que la pendiente de la línea de temperaturas sea muy grande cerca de la cara exterior del muro, colocando en ella el aislante térmico, con lo que el vapor llegará con una presión muy reducida a la zona del muro donde las temperaturas son bajas. El problema de esta disposición es que los materiales aislantes tienen escasa resistencia mecánica por lo que para situarlos en el exterior es necesario protegerlos superficialmente.

Habitualmente se cree que la aparición de condensación en las cámaras de aire se debe a la entrada de humedad exterior, cuando en las épocas de calefacción, lo normal es que proceda del interior pues dentro hay una presión de vapor mayor al tener el aire una temperatura más alta. Por eso es frecuente que se cometa el error de impermeabilizar la superficie exterior del muro con productos plásticos, o con base de caucho medianeras impermeabilizadas con membranas asfálticas con terminación aluminizada.

Todas estas "soluciones" impiden que la pared o el techo "respiren" impidiendo la cesión al exterior de la humedad producida en el invierno durante el verano.

Para eliminar la humedad de una cámara de aire lo más sencillo sería ventilarla, pero si se renueva el aire con el procedente del exterior, perderemos la capa exterior como aislante térmico. Además se producirá una convección del aire contenido en la cámara de aire que acelerará el intercambio de calor entre la pared interior de la vivienda y el exterior. En otras palabras es una solución que debe analizarse cuidadosamente.

Existen soluciones intermedias como son: reducir la ventilación al mínimo indispensable, introducir aire interior con salida hacia el exterior lo cual es difícil de conseguir por medios naturales.

Podría colocarse una barrera de vapor en la cara externa del tabique interior, con las dificultades constructivas que esto conlleva. Se pueden emplear láminas de aluminio metálico (no aluminizadas con base acrílica) que además de hacer la función de barrera, reflejan el 90% de la radiación infrarroja (calor) hacia el interior. Esta es la solución ideal pero posee un alto costo.

Como soluciones intermedias podemos reemplazar al aluminio en su función de barrera de vapor por polietileno de alta densidad de 100 o más micrones de espesor o tres manos de asfalto emulsionado, con un costo muy inferior y un resultado aceptable.

Otra solución es suprimir la cámara rellenándola de un aislante térmico específico, alguno de los cuales funcionan como freno de vapor, lo que equivaldría a suprimir parcial o totalmente la cámara y muchos de los posibles problemas.

En cualquier caso NUNCA se pondrá una barrera de vapor en la cara fría del muro.

NOTA: Un ejemplo de barrera de vapor en la cara fría se da en edificios que poseen su envolvente saturada de humedad y son revestidos por el exterior con membranas o pinturas elastoméricas. Estas impiden la migración del vapor del interior al exterior y empeoran la patología enfermando al edificio.

Sintetizando existen varias posibilidades de ubicación del aislante y en consecuencia de la barrera de vapor.

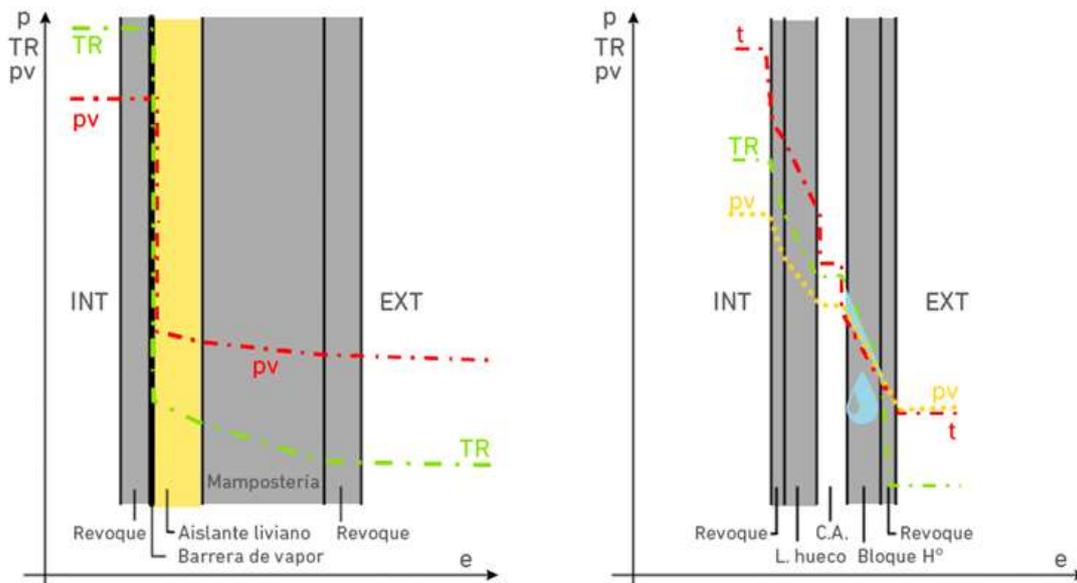
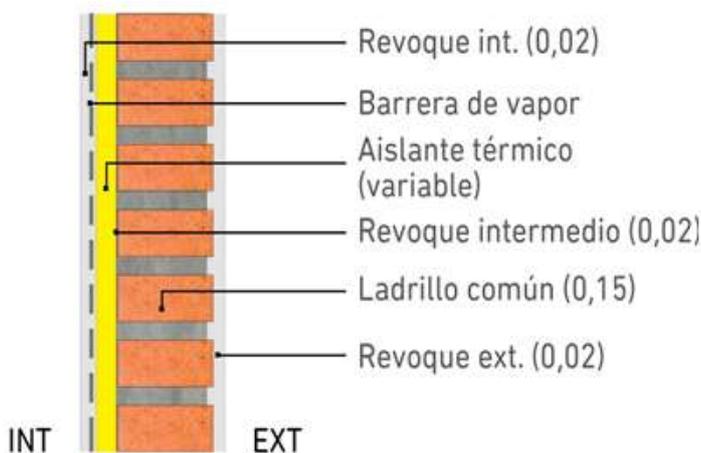


Figura 5.7: Ejemplos de curvas de temperatura de bulbo seco y de rocío en muros heterogéneos. El primero posee el aislante en la cara interior junto a una barrera de vapor y no hay condensación. El segundo con bloques de ladrillo hueco cerámico interior, cámara de aire y bloques de hormigón en el exterior, condensa. Fuente: propia.

Modos de ubicación del aislante térmico y la barrera de vapor en muros.

Aislante en la cara interior del elemento



Ventajas:

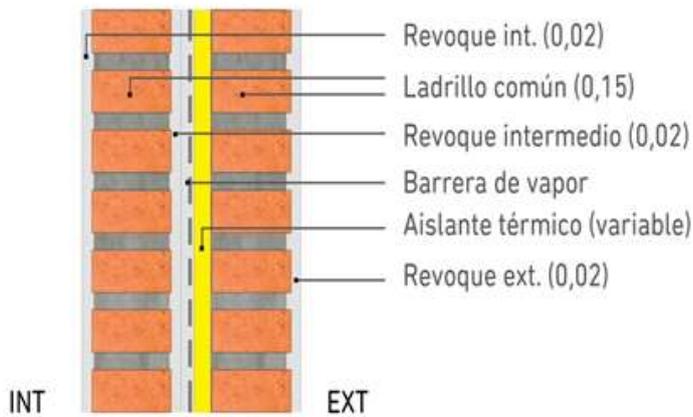
- Es una solución adecuada en edificios construidos.
- Velocidad de ejecución con mano de obra especializada.

Desventajas:

- Costo, por cuanto se debe construir un revestimiento interior para proteger al aislante y la barrera de vapor.
- Necesita una estructura adicional de madera o metálica para soportar el revestimiento.
- Se pierde la inercia térmica del muro

Figura 5.8: Caso de muro con aislación térmica en la cara interior. Fuente: propia.

Aislante en el medio de dos muros



Ventajas:

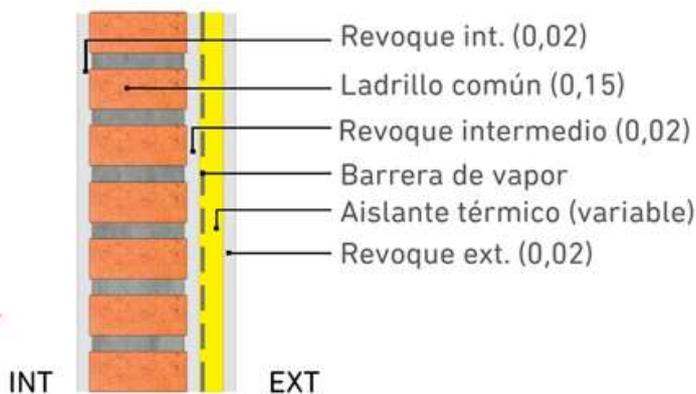
- Es la solución efectiva para reemplazar la cámara de aire.
- Es simple de construir.
- Podría ser la más económica.
- Se mantiene la inercia térmica del tabique interior.
- Permite acabados rústicos de superficies interiores y exteriores ahorrando revoques.

Desventajas:

- Tiempo de ejecución.
- Necesidad de mano de obra capacitada.
- Necesita barrera de vapor.

Figura 5.9: Caso de muro con aislación térmica en el medio de los muros. Fuente: propia.

Aislante en el exterior de un muro



Ventajas:

- Puede no necesitarse barrera de vapor.
- Es factible de utilizar en edificios construidos.
- Aprovecha la inercia térmica del cerramiento.

Desventajas:

- Necesita un recubrimiento exterior y una estructura de sostén.
- Genera problemas de imagen si se utilizan chapas como revestimiento.
- Puede tener problemas de costo.

Figura 5.10: Caso de muro con aislación térmica en el exterior de los muros. Fuente: propia.

En todos los casos es difícil optar a priori en función de los costos. Debe realizarse un análisis de costos profundo para elegir la solución óptima. No existen todavía estudios en este campo para el país que tengamos personal conocimiento.

Conceptos sobre los efectos de la humedad en los materiales de construcción

La captación de agua por parte de los materiales de construcción produce en ellos diversas alteraciones de sus características originales, que pueden causar -en casos extremos- su destrucción. Basta recordar la relación que existe entre la aislación térmica de un material y su contenido de humedad, como también los daños producidos por las heladas y las sales que eventualmente se encuentran disueltas en el agua. En los materiales de origen mineral la absorción se produce a través de la red interna de poros y capilares. Los principales mecanismos de absorción son los siguientes:

- Absorción de aguas de lluvias
- Absorción de aguas que escurren por una pendiente
- Absorción de aguas subterráneas
- Absorción por condensación
- Absorción por condensación capilar
- Absorción por higroscopicidad

Absorción de agua por condensación

El proceso de precipitación del vapor de agua existente en la atmósfera recibe el nombre de condensación.

$$\text{Humedad relativa en \%} = \frac{\text{Contenido de humedad en gr/m}^3}{\text{Humedad de saturación en gr/m}^3} \cdot 100$$

Este fenómeno ocurre cuando se supera el llamado punto de saturación. Para cada temperatura el aire, está en condición de absorber una cantidad máxima de humedad, que se denomina humedad de saturación. Por otra parte, el contenido de humedad del aire en cada instante se conoce como humedad relativa. Esta indica en consecuencia el porcentaje de humedad contenida en el aire a una cierta temperatura.

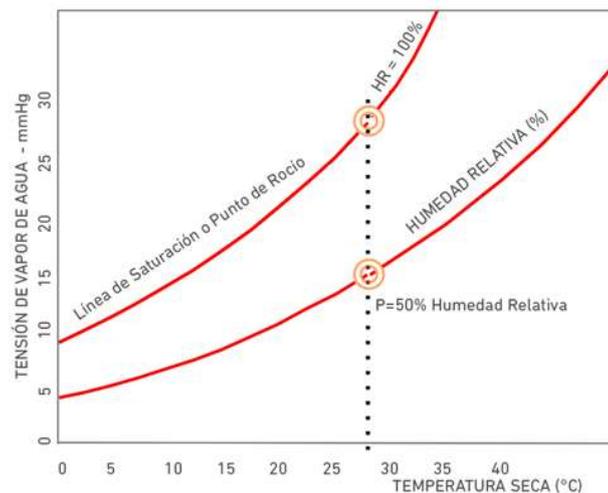


Figura 5.11: Relación entre la temperatura y la humedad del aire. Fuente: propia

La relación que existe entre la temperatura y la humedad del aire se puede observar en el diagrama de la Figura 4.7.

Permeabilidad al vapor de agua

La difusión del vapor de agua juega un importante rol en la construcción. Se la debe tener en cuenta especialmente al elegir los materiales de recubrimiento de superficies. Los muros deben construirse de tal modo que las capas con mayor capacidad de difusión se vayan sucediendo hacia el exterior. Esto se debe a que bajo condiciones normales el flujo de difusión del vapor de agua se dirige desde el interior hacia el exterior.

En la física de la construcción se emplean básicamente dos magnitudes para describir la difusión del vapor de agua. Una es la llamada resistencia a la difusión " μ ", que indica cuanto más grande resulta la resistencia a la difusión de un cierto material al compararla con la correspondiente a una capa de aire en reposo del mismo espesor. Se considera que el aire posee un valor $\mu=1$. El valor " μ " implica en consecuencia una relación, y es por lo tanto adimensional.

$$S_d = \mu \cdot S$$

Junto a este valor " μ ", que corresponde a una constante del material, el espesor de la capa del material juega un papel importante en relación a la difusión del vapor. Si se multiplica " μ " por el espesor " S en metros" de la capa se obtiene el espesor del aire equivalente " S_d ". Este valor entrega el espesor que debe tener una capa de aire para que su resistencia a la difusión sea igual a la del material examinado.

La permeabilidad al vapor de agua de los materiales se refiere a la tasa de transmisión de humedad a través del material como una función del gradiente de presión de vapor de agua que puede existir entre las dos caras. La transmisión de vapor de agua se mide utilizando el método ASTM E96. Esto utiliza un ambiente controlado en combinación con un desecante (taza seca) o agua (taza húmeda) para crear un gradiente de presión de vapor. En cualquiera de los dos métodos, el cambio de peso durante un tiempo específico se utiliza para calcular la permeabilidad. Los valores se informan en perms (granos por pie²-h-pulg. Presión de vapor HG). Un grano es de 1/7000 lb. (0.065 g). En las IRAM se utiliza el gramo por metro hora y mm de

mercurio o kilo Pascal. Tanto pintura, films o hasta placas de maderas contrachapeadas, MDF u OSB de espesor conocido pueden informar en la forma de Permeancia en g/hr/m²/kPa.

Ejemplo: La investigación ha demostrado que la permeabilidad al vapor de agua es muy sensible a los gradientes de humedad relativa. Por ejemplo, a una humedad del 50%, la permeabilidad al vapor de agua de la madera contrachapada es de aproximadamente 1 perm, pero la permeabilidad al vapor de agua puede incrementarse en un factor de 10 cuando la humedad aumenta al 90%. Se reportan resultados similares para un producto de revestimiento OSB que ha sido recubierto con una pintura de látex.

CÁLCULO DEL RIESGO DE CONDENSACIÓN

Para la verificación del riesgo de condensación se utilizarán los siguientes datos necesarios para el cálculo:

- Conductividad y resistencia térmica de elementos constructivos
- Resistencias térmicas superficiales y de cámaras de aire
- Permeabilidad y Permeancia de materiales constructivos
- Temperatura mínima de diseño según zona bioambiental

Datos necesarios:

- Te (Temperatura Exterior de Diseño): Este valor depende de la localidad donde se esté realizando la verificación.
- HRe (Humedad Relativa Exterior): Se adoptará 90% en todos los casos.
- Ti (Temperatura Interior de Diseño): Se adoptarán valores diferenciados en función del nivel de calefacción de los locales. Ti = 18°C para locales de uso no permanente y Ti = 20°C para locales de uso permanente (Cocina-comedor diario).
- HRi (Humedad Relativa Interior): Se adopta 70% correspondiente a la última versión de la IRAM 11625.
- RSi (Resistencia Superficial Interior).
- RSe (Resistencia Superficial Externa).
- λ (Conductividad Térmica).
- δ (Permeabilidad).
- μ (Permeancia).
- Rt (Resistencia Total del Elemento).

Método de verificación del riesgo de condensación superficial

Se realizará la verificación para el ejemplo de muro doble con cámara de aire. En primer lugar se determinará la diferencia de temperaturas según la siguiente expresión:

$$\Delta T = T_i - T_e$$

$$\Delta T = 20^\circ\text{C} - 2,4^\circ\text{C} = 17,6^\circ\text{C}$$

Luego determinaremos la caída de temperatura en la superficie interna (τ) del muro según la siguiente expresión:

$$\tau = \frac{R_{S_i} \cdot \Delta T}{R_t}$$

$$\tau = (0,12 \text{ m}^2\text{C/W} \times 17,6^\circ\text{C}) / 0,59 \text{ m}^2\text{C/W} = 3,6^\circ\text{C}$$

En tercer lugar determinaremos la temperatura superficial interna del muro (Δ_i), de la siguiente manera:

$$\Delta_i = T_i - \tau$$

$$\Delta_i = 20^\circ\text{C} - 3,6^\circ\text{C} = 16,4^\circ\text{C}$$

Finalmente y mediante el diagrama psicrométrico obtendremos la temperatura de rocío para las condiciones en el interior de la vivienda, correspondiente a 20°C de temperatura y 75% de humedad relativa que resulta igual a 15,5°C.

Proceso inverso para determinar la resistencia térmica mínima evitando la condensación superficial

Reemplazamos en: $T_{si} = T_i - \tau$

la T_{si} por la Temperatura de Saturación y despejamos τ : $T_{sat} = T_i - \tau$; entonces: $\tau = T_i - T_{sat}$

$$\tau = 20^{\circ}\text{C} - 15,5^{\circ}\text{C} = 4,5^{\circ}\text{C}$$

Luego en:

$$\tau = \frac{R_{s_i} \times \Delta T}{R_t} \quad \text{despejamos } R_t \text{ y obtenemos:} \quad R_t = \frac{R_{s_i} \times \Delta T}{\tau}$$

$$R_t = (0,12 \text{ m}^2\text{C/W} \times 17,6^{\circ}\text{C}) / 4,5^{\circ}\text{C} = 0,47 \text{ m}^2\text{C/W}$$

que corresponde a un **K = 2,1 W/m²K** para la zona de La Plata.

Como ejemplo, muros de ladrillos comunes de 0,15 y 0,20 m revocados en ambas caras presentan riesgo de condensación superficial en la zona bioambiental IIIb; ya que los coeficientes de transmitancia térmica K de estos son 2,67 y 2,21 W/m²K, respectivamente. En estos casos deberemos mejorar la resistencia térmica de estos elementos, incorporando aislantes térmicos, con la recomendación de verificar luego el riesgo de condensación intersticial.

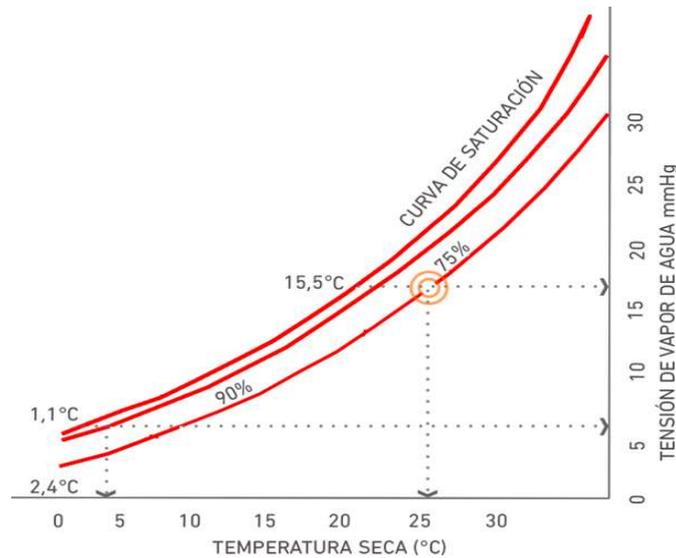


Figura 5.12: Procedimiento para obtener en un diagrama psicrométrico la humedad absoluta o la presión de vapor, en la función de la temperatura. Fuente: Propia.

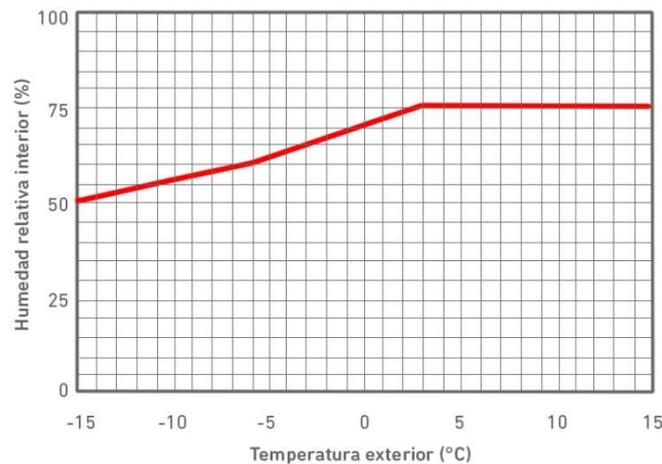


Figura 5.13: La IRAM 11625 establece que la HR interna será menor a partir de los 4°C. Fuente: Propia

Verificación de riesgo de condensación intersticial

Se explicará seguidamente el llenado de la Planilla de la Tabla 4.2. Las columnas 1 a 4 se completarán con los valores obtenidos en el cálculo del coeficiente "K" para muros y techos.

CAPA [1]	e [2]	λ [3]	R [4]	t [5]	δ [6]	R_v [7]	HR [8]	P [9]	t_r [10]	Δ_T [11]
Nº	m	W/mK	m ² K/W	°C	g / m h kPa	m ² h kPa / g	%	kPa	°C	°C
AIRE INTERIOR										
1 RESIST. SUP. INT.										
2 -----										
3 -----										
4 -----										
5 -----										
6 -----										
7 -----										
8 -----										
9 -----										
10 RESIST. SUP. EXT.										
AIRE EXTERIOR										
TOTAL										

Tabla 5.2: Planilla de cálculo del riesgo de condensación intersticial. Fuente: IRAM 11625

Deberemos tener la precaución de agregar las pinturas como una capa más, por ejemplo sobre el revoque interior se adicionará pintura al látex y sobre el exterior nada por ser ladrillo a la vista. Los datos higrotérmicos de las pinturas y/o revestimientos los obtendremos del Anexo 3.

Luego se ubicará en los extremos superior e inferior de las columnas 5, 9 y 10 los valores de Temperatura exterior e interior para la primer columna; Presión de vapor o humedad absoluta correspondiente a cada temperatura y humedad obtenido del diagrama psicrométrico en la columna 9 y Humedad relativa interior y exterior en la 8.

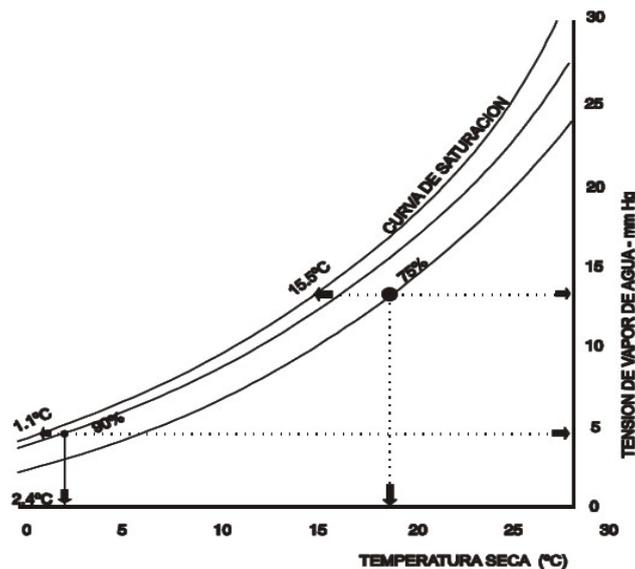


Figura 5.14: Procedimiento para obtener en un diagrama psicrométrico la humedad absoluta o la presión de vapor, en función de la temperatura. Fuente: propia

Según esto tendremos para el interior del local:

Para $T_i = 20^\circ\text{C}$ y $HR = 75\%$ $P_v = 1,76 \text{ KPa}$ ó $C_v = 11 \text{ g/Kg}$
y para el exterior: $T_e = 2,4^\circ\text{C}$ y $HR = 90\%$ $P_v = 0,64 \text{ KPa}$ ó $C_v = 4,1 \text{ g/Kg}$

Las temperaturas entre capas (T_x) correspondientes a la columna 5 se irán calculando según la siguiente expresión:

$$T_x = T_i - \frac{\Delta t \times R_i}{R_t}$$

Dónde:

T_i = Temperatura interior de diseño.

Δt = Diferencia de temperatura entre el exterior y el interior.

R_i = Sumatoria de resistencias desde el interior hasta la junta entre capas que se esté tratando.

R_t = Resistencia total del elemento.

Podemos ver que las temperaturas entre capas están desfasadas de los datos de cada capa por ser la temperatura que existe entre capa y capa. En la columna 6 se colocarán las permeabilidades correspondientes a cada material que constituye la capa obtenido del Anexo 3.

La columna 7 es la resistencia al paso de vapor de la capa $R_v = e/\delta$ donde e = espesor de la capa y δ = permeabilidad. En el caso de considerarse un elemento capa de muy poco espesor (película) como barreras de vapor o pinturas se utilizará la permeancia obtenida del mismo anexo 3. En este caso la resistencia $R_v = 1/\text{permeancia}$ ya que incluye el espesor en su valor.

Por ejemplo para un foil de polietileno de 100 micrones la permeancia es 0.016 y la $R_v = 1 / 0.016 = 62.5 \text{ m}^2 \text{ h KPa} / \text{g}$, esto implica una gran capacidad de impedir el paso del vapor a las capas frías. Caso contrario son las cámaras de aire que con una permeancia de 75 $\text{m}^2 \text{ h KPa} / \text{g}$ tiene una resistencia al paso de vapor muy baja, $R_v = 1 / 75 = 0.013 \text{ m}^2 \text{ h KPa} / \text{g}$.

Para la obtención de la presión de vapor entre capas en la columna 9 o el contenido de vapor de agua que al efecto es lo mismo se utilizará la siguiente expresión:

$$P_v = P_{v_i} - \frac{\Delta P_v \times R_{v_i}}{R_v} \quad \text{o} \quad C_v = C_{v_i} - \frac{\Delta C_v \times R_{v_i}}{R_v}$$

Dónde:

P_{v_i} = Contenido de vapor de agua interior o presión de vapor interior.

ΔP_v = Diferencia de presión o contenido de vapor entre exterior e interior.

C_{v_i} = Contenido de vapor de agua interior o presión de vapor interior.

ΔC_v = Diferencia de presión o contenido de vapor entre exterior e interior.

R_{v_i} = Σ de resistencias desde el interior hasta la junta entre capas que se analice.

R_v = Resistencia total del elemento al paso de vapor de agua.

La humedad relativa entre capas de la columna 8 se obtendrán del diagrama psicrométrico lo mismo que la temperatura de rocío de la columna 10 a partir de las temperaturas y presiones de vapor calculadas. Cuando la columna 8 nos indique un valor mayor o igual al 100% de humedad relativa deberemos mejorar la aislación del elemento e incorporar una barrera de vapor según sea el caso, volviendo a realizar la verificación.

Posteriormente se graficarán en el muro las curvas de caída de temperatura seca y de rocío como en la que se muestra en el ejemplo de las figuras 4.11 y 4.12.

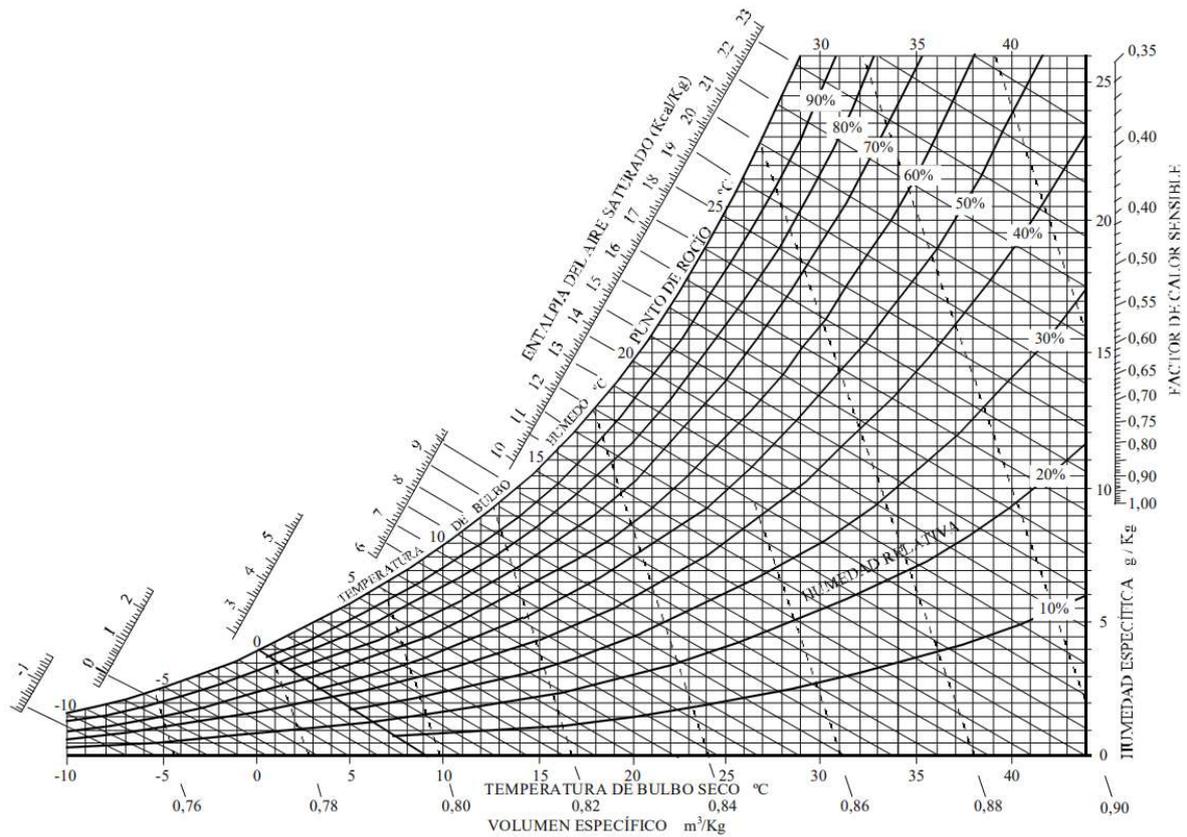


Figura 5.15: Diagrama Psicrométrico para presión atmosférica normal a nivel del mar.

En la actualidad disponemos de aplicaciones gratuitas para utilizar con los smartphones o tablets sean *IOS* o *Android*. La calculadora psicrométrica recomendada es la “PsychroApp” de la empresa Munters. Una captura de pantalla para una mezcla de aire invernal en La Plata puede verse en la Figura 4.10.



Figura 5.16: Calculadora psicrométrica “PsychroApp” de Munters. Fuente: Propia.

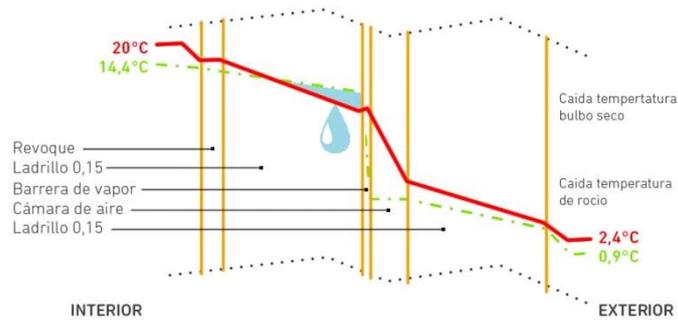


Figura 5.18: Ejemplo de verificación del riesgo de condensación intersticial en un muro doble de ladrillos comunes con cámara de aire, donde hay condensación en el muro interior. Fuente: Propia.

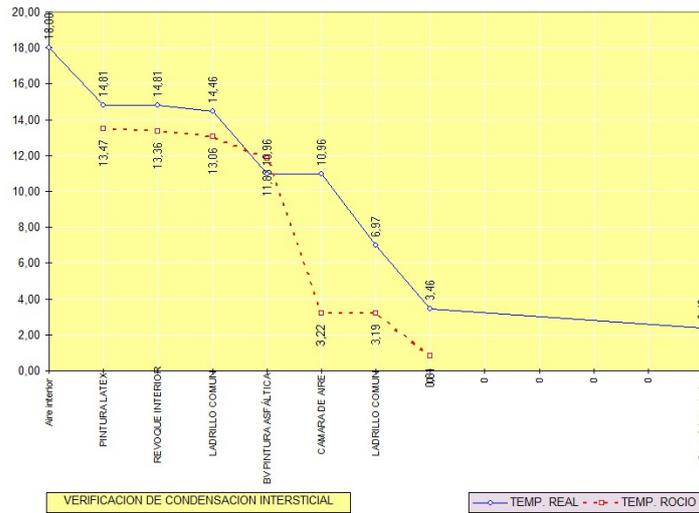


Figura 5.19: Ejemplo anterior calculado en el programa CEEMACON de la Universidad Nacional de Tucumán. Fuente: Propia

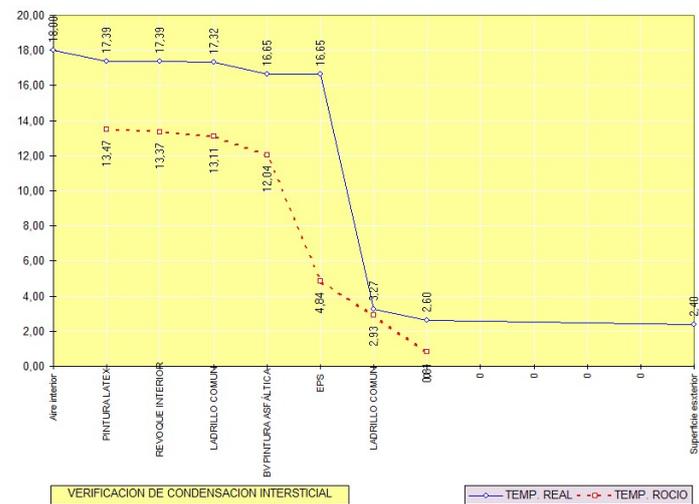
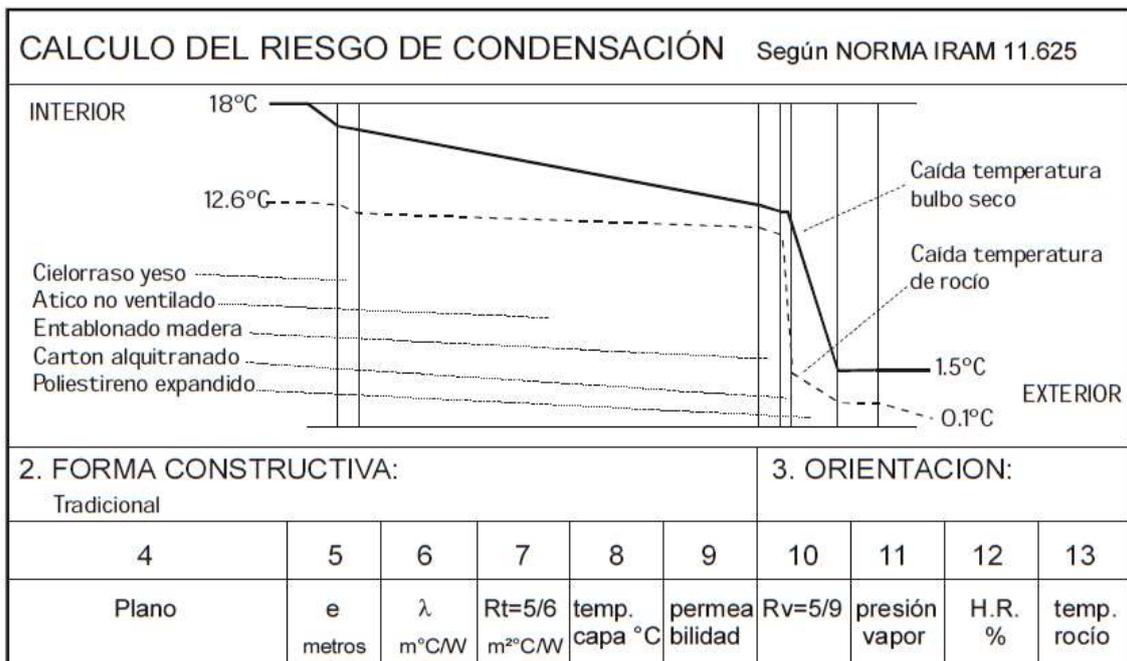


Figura 5.20: Ejemplo anterior donde se agrega 5 cm de EPS en la cámara de aire y cumple. Calculado en el programa CEEMACON de la Universidad Nacional de Tucumán. Fuente: Propia



R.S.I.	----	-----	0.12	18	75	0.013	1.52	70	12.6
PINTURA A LA CAL	----	-----	-----	16.6	75	0.013	1.52	78	12.8
CIELORRASO SUSPYESO	0.020	0.65	0.031	16.6	0.11	0.182	1.52	78	12.8
ATICO NO VENTILADO	0.4	-----	0.23	16.3	75	0.013	1.48	77	13.5
ENTABLONADO MADERA	0.01	0.20	0.05	13.4	75	0.013	1.48	95	12.4
CARTON ALQUITRANADO	0.002	0.14	0.014	12.8	0.45	0.022	1.48	98	1.9
POLIESTIRENO EXPAND.	0.035	0.41	0.854	12.6	0.23	4.348	0.70	55	0.5
R.S.E.	----	----	0.04	2.0	0.075	0.467	0.62	93	0.5
				1.5	150	0.007	0.62	90	0.1

1.33

Rt

16.5

Δt

5.07

Rv

0.9

Δp

Figura 5.21: Ejemplo de verificación del riesgo de condensación intersticial en un techo con ático, donde no hay condensación. Fuente: Propia.

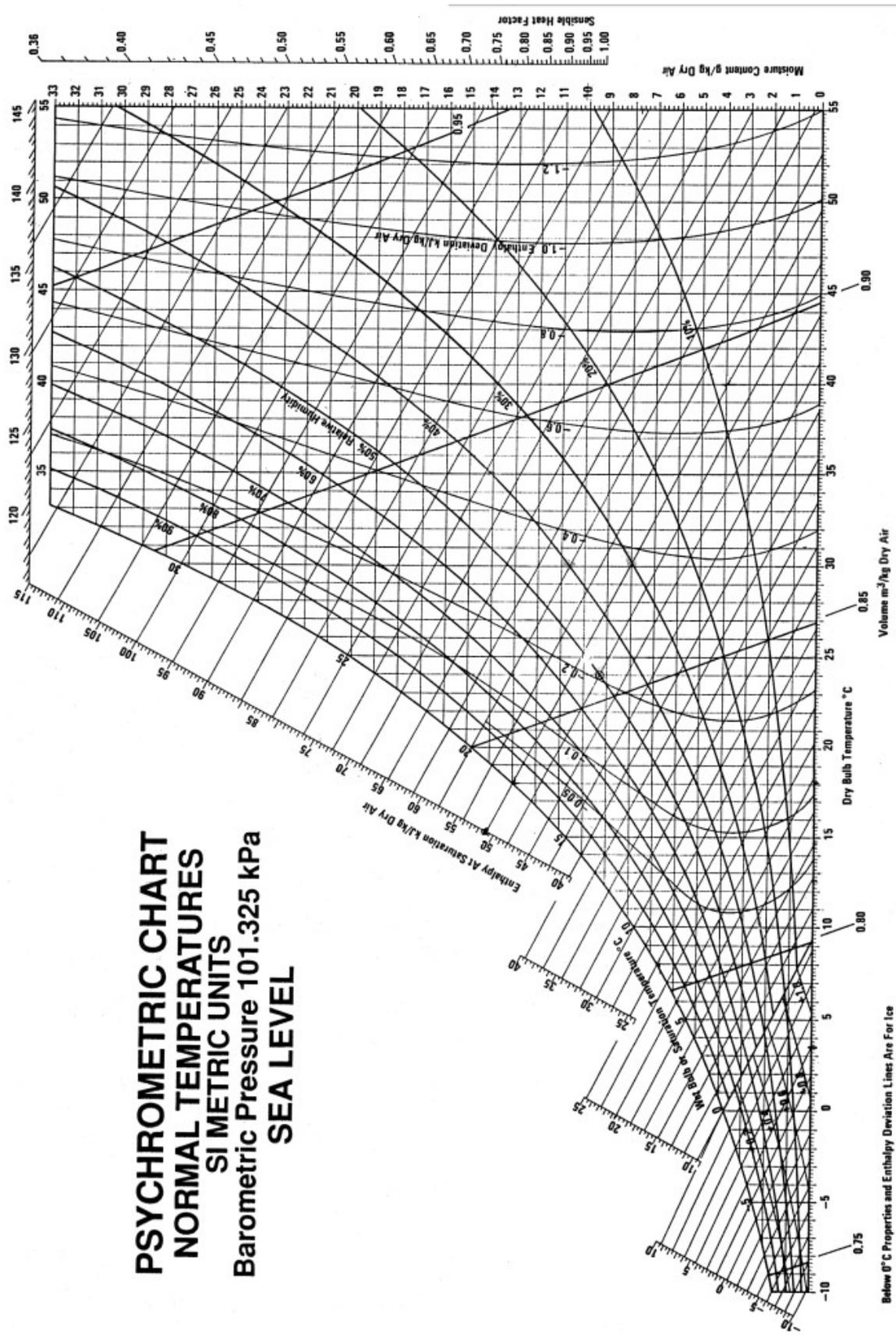


Figura 5.22: Carta psicrométrica para presión normal a nivel del mar.

BIBLIOGRAFÍA

- Czajkowski, Jorge Daniel y Rosenfeld, Elías (1992). Regionalización bioclimática de la provincia de Buenos Aires. En actas de la 15a Reunión de Trabajo de ASADES (Asociación Argentina de Energía Solar) en San Fernando del Valle de Catamarca.
- Czajkowski, J. D. (2000). “Desarrollo de un modelo de ahorro de energía en edificios de vivienda y determinación de valores límite de calidad térmica para la República Argentina”. Revista Avances en energías renovables y medio ambiente. ISSN 0329-5184. Volumen 4, Nro 2, pág 01.39 (Antecedente de la Norma IRAM 11604.)
- Czajkowski J. y Gómez, A. (2002) “Diseño bioclimático y economía energética edilicia. Fundamentos y métodos”. Edit. UNLP. (<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/72077>)
- Czajkowski, J. D. (2004). “Modelo de ahorro de energía en refrigeración para la República Argentina”. (Antecedentes de las Normas IRAM 11659-1 y 2).
- Czajkowski, J.; Gómez, A. et Al. (2007). “Arquitectura Sustentable”. Editado por Clarín. Curso de Capacitación Profesional.
- Czajkowski J. y Gómez A. (2012). Cuadernos de Arquitectura Sustentable. Edit UNLP. Buenos Aires.
- Ley 13059/03 y Decreto Reglamentario 1030/10 provincia Buenos Aires.
- Czajkowski, J., Gómez, A., Vagge, C., Salvetti, B., Marcilese, M., Diulio, M. D., & Santa Cruz, M. G. (2012). Evaluación del confort higrotérmico invernal en viviendas unifamiliares del gran La Plata mediante auditorías. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 16, 5-101.
- Czajkowski, J. D., Gómez, A. F., Diulio, M. D. L. P., García Santa Cruz, M., Reus Netto, G., Basualdo, D., & Berardi, R. N. (2015). Acerca de la evaluación y certificación ambiental del grado de sustentabilidad en edificios con diversos usos en el AMBA. En *XXXIV Encuentro Arquisur 2015 y XIX Congreso de Escuelas y Facultades Públicas de Arquitectura de los Países de América del Sur (La Plata, 2015)*.
- Czajkowski, J. D. (2015). Energy Efficiency Indicators for Buildings in Argentina. *The Sustainable Renovation of Buildings and Neighbourhoods*, 129.
- Czajkowski, Jorge D. et al. (2016). Acta del I Encuentro Nacional sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable. Edit Universidad Nacional de La Plata. ISBN: 978-950-34-1345-6.
- Czajkowski J., Gil S., Strier D. (2017). Construcción sostenible. Eficiencia Energética en la Construcción. Cámara Argentina de la Construcción. ISBN 978-987-4401-09-0
- Czajkowski, J. D. (2018). Eficiencia energética y etiquetado de edificios. tp01. www.arquinstal.com.ar
- Diulio, M. D. L. P., Netto, G. R., Berardi, R., & Czajkowski, J. D. (2016). Impact of the envelope on residential heating energy demand in the Metropolitan Region of La Plata, based on the energy retrofit of a house. *Ambiente Construido*, 16(1), 55-70.
- Izard, J.L. y Guyot, A.(1983) "Arquitectura bioclimática". Edit. G. Gili. México.
- Normas IRAM 11549, 11601, 11603, 11604, 11605, 11625, 11659-1 y 2.
- Olgyay, V. (1998) “Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas”. Edit. GG. Barcelona.
- Pasquevich, Daniel ; Baragatti, Alicia ; Bergallo, Juan ;Raúl Rodríguez, ; Gil, Salvador; Prieto, Roberto; Bourges, Camilo ; Casabianca, Gabriela A. ;Czajkowski, Jorge D. ;Durand, Julio C.; Plá, Juan ; Alvavez, Marcelo ; Pedace, Roque ; Ham, Nora. (2016). Hacia el uso racional y eficiente de la energía en la administración pública nacional. Edit. Comisión Nacional de Energía Atómica – CNEA. ISBN 978-987-1323-47-0.
- Wright David. (2017). The Passive Solar Primer: Sustainable Architecture. Schiffer Publishing Ltd. ISBN-10: 0764330705
- Schindler D. y Ehrlich P. (2018) Lecture 14: Global Warming (and/or Cooling). York University. <http://www.yorku.ca/lbianchi/nats1800/lecture14a.html>
- Izard J.L. y Guyot A. “Arquitectura Bioclimática”. Edit. G. Gili. Serie Tecnología y Arquitectura. México, 1983.

- Bardou P. y Arzoumanian V. "Sol y Arquitectura". Edit. G. Gili. Serie Tecnología y Arquitectura. México, 1980.
- Rougeron C. "Aislamiento acústico y Térmico en la construcción". Editores técnicos asociados. Barcelona, 1977.
- Croiset M. "Humedad y Temperatura en los Edificios. Condensaciones y confort térmico de verano y de invierno". Editores técnicos asociados. Barcelona, 1970.
- Evans M. y Schiller S. de. "Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar". Edit. EUDEBA. Serie Ediciones Previas. Buenos Aires, 1988.
- Lotersztain I. "Condensación de Humedad en Viviendas". Publicación del INTI. Buenos Aires 1970.
- Rosenfeld, E. y Czajkowski, J. "Catálogo de tipologías de viviendas urbanas en el área metropolitana de Buenos Aires. Su funcionamiento energético y bioclimático". Publicado por la FAU-UNLP. La Plata, 1992.
- Yañez G. "Energía Solar, Edificación y Clima". Tomos 1 y 2. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Servicio de publicaciones. Madrid, España 1982.
- Olgyay, V. "Design With Climate". Princeton University Press, New Jersey, 1963.
- Givoni B. "Man, Climate and Architecture". Elsevier Publishing Company Limited. England, 1969.
- Grupo Energía y Medio Ambiente, Unidad de Investigación 2. "Elementos de diseño y construcción bioclimática". IDEHAB-FAU-UNLP. La Plata, 1991.
- Asociación Argentina de Energía Solar. "Actas de las Reuniones de Trabajo 1 a 19". Publicaciones de la asociación años 1973 a 1997.

ARTÍCULOS:

- Rosenfeld, E. et al. "Consumo y conservación de Energía en el sector Residencial de la Villa Minera de Río Turbio, Pcia. de Santa Cruz" 13ª Reunión de Trabajo de ASADES, Asociación Argentina de Energía Solar. Octubre de 1988.
- Rosenfeld E. et al. "Auditoría energético ambiental en un caso de fuerte desequilibrio: la Micro Región de Río Turbio". AAPURE, Asociación Argentina para el uso Racional de la Energía. Noviembre de 1988.
- Czajkowski J. y Rosenfeld E. "Caracterización Tipológico-energética del sector residencial del Área Metropolitana de Buenos Aires". 1º Seminario Pluridisciplinario de Investigación "Región Metropolitana de Buenos Aires". Mar del Plata. 17 al 21 de Abril de 1989. CIC-CNRS.
- Rosenfeld, E. et al. "Proyecto AUDIBAIRES. Mejoramiento energético de los sectores Residencial y terciario del Área Metropolitana de Buenos Aires". 1º Seminario Pluridisciplinario de Investigación "Región Metropolitana de Buenos Aires". Mar del Plata. 17 al 21 de Abril de 1989. CIC-CNRS.
- Czajkowski, J., Rosenfeld E. y San Juan G. "Desequilibrio ambiental - energético en la Estructura Urbana del Área Metropolitana de Buenos Aires". III Jornadas Regionales sobre Medio Ambiente. La Plata, 7-10 de Junio de 1989.
- Rosenfeld, E. et al. "Evaluación del sector residencial consumidor de gas envasado en el área metropolitana de Buenos Aires". XIV Reunión de trabajo de ASADES. Mendoza, abril 1990.
- Czajkowski J. y Rosenfeld E. "Resultados del análisis energético y de habitabilidad higrotérmica de las tipologías del sector residencial urbano del área metropolitana de Buenos Aires". XIV Reunión de trabajo de ASADES. Mendoza, abril 1990.

OTRAS PUBLICACIONES:

- Norma IRAM 11549 "Acondicionamiento Térmico de Edificios. Vocabulario". Instituto Argentino de racionalización de materiales. Buenos Aires, 1993.
- Norma IRAM 11601 "Acondicionamiento Térmico de Edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario". Instituto Argentino de racionalización de materiales. Buenos Aires, 1996.

- Norma IRAM 11603 “Acondicionamiento Térmico de Edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina”. Instituto Argentino de racionalización de materiales. Buenos Aires, 1996.
- Norma IRAM 11604 “Acondicionamiento Térmico de Edificios. Ahorro de Energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límite”. Instituto Argentino de racionalización de materiales. Buenos Aires, 2000.
- Norma IRAM 11605 “Acondicionamiento Térmico de Edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos”. Instituto Argentino de racionalización de materiales. Buenos Aires, 1996.
- Norma IRAM 11.625 “Acondicionamiento térmico de Edificios. Verificación del Riesgo de Condensación de vapor de agua, superficial e intersticial en muros, techos y otros elementos exteriores de Edificios”. Instituto Argentino de racionalización de materiales. Buenos Aires, 1991.
- Norma IRAM 11.630 “Acondicionamiento térmico de Edificios. Verificación del Riesgo de Condensación de vapor de agua, superficial e intersticial en muros, techos y otros elementos exteriores de Edificios. Casos especiales”. Instituto Argentino de racionalización de materiales. Buenos Aires, 1991.
- Norma IRAM 1739 “Materiales aislantes térmicos. Espesores de uso. Vocabulario y criterios de aplicación”. Instituto Argentino de racionalización de materiales. Buenos Aires, 1996.

ANEXO 1

Datos bioclimáticos IRAM 11603

Dónde:

Estación: Estación meteorológica del SMN o del INTA

LAT: Latitud de la estación meteorológica en grados

LONG: Longitud de la estación meteorológica en grados

ASMN: Altura sobre el nivel del mar en metros

TMED: Temperatura media del día típicamente frío o cálido en 30 años, en grados Celsius.

TMÁX: Temperatura máxima media del día típicamente frío o cálido en 30 años, en grados Celsius.

TMÍN: Temperatura mínima media del día típicamente frío o cálido en 30 años, en grados Celsius.

TMA: Temperatura absoluta del día típicamente frío o cálido en 30 años, en grados Celsius.

TDMN: Temperatura de diseño del día típicamente frío, en grados Celsius. Corresponde a percentil 1%.

PREC: Precipitación media pluvial mensual del mes típicamente frío en mm.

HR: Humedad Relativa media del mes típicamente frío en %.

HELRE: Heliofanía relativa, adimensional.

VM: Velocidad media del viento en Km/h.

GD18, 18, 20, 22: Grados día de calefacción en función de las diversas temperaturas base de confort en °C.

ESTACIÓN	P	LAT	LONG	ASNM	TMED	TMÁX	TMÍN	TMA	TDMN	PREC	H R	HELRE	VM	GD16	GD18	GD20	GD22
BUENOS AIRES (AEROPARQUE)	BAC	-34,57	-58,42	6	12,84	16,0	9,7	-1,0	1,7	248	76	5,2	14,1	528	852	1256	1743
BUENOS AIRES	BAC	-34,58	-58,48	25	12,91	17,1	8,8	-2,1	0,1	278	77	5,0	9,7	538	854	1249	1723
PERGAMINO (INTA)	BAP	-33,93	-60,55	65	11,41	17,3	5,6	-7,0	-4,4	140	79	5,6	11,0	797	1163	1605	2125
PEHUAJÓ (AERO)	BAP	-35,87	-61,90	87	10,08	15,7	4,5	-7,8	-5,2	132	79	5,1	10,4	963	1369	1853	2415
JUNÍN (AERO)	BAP	-34,55	-60,92	81	10,93	16,8	5,1	-8,0	-5,0	151	77	5,1	11,3	835	1215	1672	2211
NUEVE DE JULIO	BAP	-35,45	-60,88	76	10,90	16,4	5,4	-6,3	-3,8	172	76	-	10,6	835	1216	1674	2210
SAN FERNANDO	BAP	-34,45	-58,58	3	12,25	17,0	7,5	-5,4	-2,3	252	78	-	11,1	634	968	1382	1886
DON TORCUATO (AERO)	BAP	-34,48	-58,62	4	12,03	16,6	7,5	-4,7	-2,7	253	80	5,3	10,5	665	1012	1436	1937
SAN MIGUEL	BAP	-34,55	-58,73	26	12,02	16,9	7,2	-4,8	-2,2	247	81	5,1	8,2	673	1018	1441	1944
EL PALOMAR (AERO)	BAP	-34,60	-58,60	12	11,43	16,8	6,1	-7,0	-4,5	234	79	5,1	11,0	771	1133	1575	2097
EZEIZA (AERO)	BAP	-34,82	-58,53	20	11,44	16,6	6,2	-5,8	-3,5	228	78	3,5	12,6	773	1139	1583	2107
LA PLATA (AERO)	BAP	-34,97	-57,90	23	11,08	15,7	6,5	-4,3	-2,5	264	83	5,1	13,0	823	1210	1678	2228
PUNTA INDIO B.A.	BAP	-35,37	-57,28	22	11,12	15,5	6,8	-4,4	-1,9	273	86	5,0	13,5	800	1188	1657	2207
CORONEL SUÁREZ (AERO)	BAP	-37,43	-61,88	233	7,96	13,9	2,0	-13,5	-7,7	143	79	4,9	11,8	1414	1908	2472	3100
TANDIL (AERO)	BAP	-37,23	-59,25	175	8,47	14,1	2,9	-11,6	-6,6	180	80	4,4	13,4	1345	1839	2409	3046
BENITO JUÁREZ (AERO)	BAP	-37,72	-59,78	207	8,51	13,8	2,8	-8,7	-5,5	172	81	5,0	12,1	1315	1793	2344	2960
PIGÜÉ (AERO)	BAP	-37,60	-62,38	304	8,04	13,5	2,6	-12,2	-6,4	124	75	4,6	9,3	1382	1858	2405	3019
LAPRIDA	BAP	-37,57	-60,77	212	8,44	14,6	2,5	-8,9	-6,1	173	69		11,3	1344	1815	2362	2979
TRES ARROYOS	BAP	-38,03	-60,25	115	9,24	14,2	4,3	-10,0	-4,4	180	75	4,4	12,0	1168	1629	2163	2763
MAR DEL PLATA (AERO)	BAP	-37,93	-57,58	21	9,38	14,4	4,4	-9,3	-4,4	239	82	3,1	14,3	1212	1707	2277	2917
BAHÍA BLANCA (AERO)	BAP	-38,73	-62,02	83	9,60	15,3	4,0	-11,8	-5,6	142	73	5,0	21,8	1059	1477	1966	2524
CATAMARCA (AERO)	CA	-28,60	-65,77	454	14,35	21,9	6,8	-7,4	-3,2	29	60	5,8	14,1	348	566	841	1176
PILAR (OBS.)	CD	-31,07	-63,88	338	12,37	18,6	6,1	-7,3	-3,8	53	69	6,1	8,5	606	920	1312	1793
VILLA DOLORES (AERO)	CD	-31,95	-65,13	569	13,04	19,8	6,4	-10,0	-4,2	41	65	6,3	6,2	515	793	1139	1563
CÓRDOBA (AERO)	CD	-31,32	-64,22	474	12,47	19,1	5,8	-7,7	-4,3	50	67	5,7	11,5	608	924	1321	1812
CÓRDOBA (OBS.)	CD	-31,40	-64,18	425	13,46	19,9	7,1	-5,2	-2,9	45	66	5,8	4,2	463	738	1088	1526
RÍO CUARTO (AERO)	CD	-33,12	-64,23	421	11,47	17,2	5,7	-10,6	-3,0	71	68	5,1	14,8	742	1093	1522	2038
MARCOS JUÁREZ (AERO)	CD	-32,70	-62,15	114	11,99	18,4	5,5	-9,9	-5,0	91	79	5,3	11,6	673	999	1402	1885
LABOULAYE (AERO)	CD	-34,13	-63,37	137	10,78	17,2	4,3	-8,6	-5,6	82	75	5,3	11,3	834	1203	1650	2177
VILLA MARÍA DEL RÍO SECO	CD	-29,90	-63,68	341	12,89	20,1	5,8	-9,1	-6,1	51	74		5,7	563	858	1233	1698
LAS BREÑAS (INTA)	CHC	-27,08	-61,12	102	16,85	22,9	10,8	-5,7	-2,0	114	-	5,7	-	232	399	628	928
RESISTENCIA (AERO)	CHC	-27,45	-59,05	52	16,76	22,5	10,9	-4,7	-1,8	210	79	4,9	10,0	259	429	659	961
ESQUEL (AERO)	CHU	-42,93	-71,15	797	3,07	7,8	-1,3	-21,2	-13,7	254	74	4,1	17,1	2805	3483	4193	4917
PASO DE INDIOS	CHU	-43,82	-68,88	460	4,60	10,3	-1,1	-24,2	-15,0	96	67	4,0	14,0	2275	2869	3517	4208
TRELEW (AERO)	CHU	-43,20	-65,27	43	7,64	13,8	1,6	-12,3	-8,0	81	66	5,0	19,3	1441	1924	2480	3104

Tabla A1: Datos climáticos de invierno

ESTACIÓN	P	LAT	LONG	ASNM	TMED	TMÁX	TMÍN	TMA	TDMN	PREC	H R	HELRE	VM	GD16	GD18	GD20	GD22
CORRIENTES (AERO)	CR	-27,45	-58,77	62	16,93	22,3	11,7	-1,9	0,2	243	78	6,1	13,1	223	386	612	913
BELLA VISTA INTA	CR	-28,43	-58,92	70	16,67	21,4	11,9	-2,0	1,5	204	78	5,3	8,8	235	406	643	958
PASO DE LOS LIBRES (A)	CR	-29,68	-57,15	70	15,33	20,5	10,2	-3,5	-0,5	361	79	4,7	13,8	325	534	817	1184
MONTE CASEROS (AERO)	CR	-30,27	-57,65	54	15,12	20,2	10,0	-3,7	-0,3	318	79	5,7	8,8	337	555	846	1221
PARANÁ (AERO)	ER	-31,78	-60,48	78	13,39	18,3	8,5	-5,8	-1,0	161	77	5,8	11,8	500	786	1149	1594
VILLAGUAY (AERO)	ER	-31,85	-59,08	43	12,97	18,8	6,9	-8,0	-4,5	214	82		11,2	590	901	1286	1749
CONCORDIA (AERO)	ER	-31,30	-58,02	38	13,99	19,3	8,7	-4,8	-2,4	289	78	4,3	8,7	448	708	1045	1468
GUALEGUAYCHÚ (AERO)	ER	-33,00	-58,62	21	12,81	18,3	7,3	-6,9	-3,3	241	80	4,7	8,7	581	888	1269	1732
LAS LOMITAS	FM	-24,70	-60,58	130	18,19	25,0	12,1	-5,0	-2,1	104	73	5,9	8,7	152	275	445	673
FORMOSA (AERO)	FM	-26,20	-58,23	60	18,32	23,6	13,1	-2,3	0,9	251	77	5,9	14,1	154	279	456	698
LA QUIACA (OBS.)	JJ	-22,10	-65,60	3459	5,64	16,4	-5,1	-15,2	-12,0	3	32	9,4	7,3	2144	2865	3594	4324
JUJUY (AERO)	JJ	-24,38	-65,08	905	14,45	21,2	7,7	-6,0	-1,9	21	71	6,0	8,4	353	579	885	1287
VICTORICA	LP	-36,22	-65,43	312	9,72	16,4	2,9	-12,6	-7,3	74				995	1396	1863	2409
GENERAL PICO (AERO)	LP	-35,70	-63,75	145	10,40	16,6	4,2	-11,2	-6,2	100	75	3,7	11,0	892	1271	1721	2244
SANTA ROSA (AERO)	LP	-36,57	-64,27	191	9,77	16,0	3,5	-11,3	-6,0	105	73	4,8	10,1	994	1394	1865	2409
CHILECITO (AERO)	LR	-29,23	-67,43	945	11,69	19,7	3,7	-7,7	-5,3	10	63	6,6	5,3	638	931	1282	1695
LA RIOJA (AERO)	LR	-29,38	-66,82	429	13,89	21,1	6,7	-6,9	-2,5	19	64	6,5	5,4	381	612	901	1251
CHAMICAL (AERO)	LR	-30,37	-66,28	461	13,71	20,0	7,4	-7,7	-3,1	19	62	5,7	7,6	408	653	960	1336
CHEPES	LR	-31,03	-66,60	658	11,89	18,2	5,5	-8,2	-3,6	23	64		6,7	629	920	1268	1683
IGUAZÚ (AERO)	MI	-25,73	-54,47	270	17,48	23,0	12,0	-4,0	0,0	553	84	4,2	7,2	157	282	473	752
B. DE IRIGOYEN (AERO)	MI	-26,25	-53,65	815	16,08	20,2	11,9	-3,7	-0,4	617	75	6,0	15,8	260	443	719	1117
POSADAS (AERO)	MI	-27,37	-55,97	125	17,86	23,0	12,7	-2	0,9	475	75	5,2	11,7	168	298	486	750
SAN MARTÍN	MZ	-33,08	-68,42	653	10,5	17,2	3,7	-7,4	-4,7	25	66	6,7	5,1	815	1161	1571	2047
MENDOZA (AERO)	MZ	-32,08	-68,78	704	10,47	16,9	3,9	-7,5	-3,9	32	65	6,3	6,3	811	1152	1551	2014
MENDOZA (OBS.)	MZ	-32,88	-68,85	827	10,46	16,2	4,7	-6,0	-3,3	42	65	5,9	4,7	855	1215	1642	2142
CHACRAS DE CORIA	MZ	-32,98	-68,87	921	8,52	15,3	1,8	-9,8	-6,4	36	68	6,1	5,6	1172	1593	2084	2652
MALARGÜE (AERO)	MZ	-35,05	-69,58	1425	6,06	13,0	-0,9	-17,2	-10,9	131	64	5,5	6,9	1762	2284	2887	3561
SAN RAFAEL (AERO)	MZ	-34,58	-68,40	748	9,63	16,8	2,5	-9,7	-5,6	55	64	5,4	6,1	1021	1424	1897	2447
NEUQUÉN (AERO)	NQ	-38,95	-68,13	271	8,11	14,5	1,7	-11,8	-7,3	72	67	4,7	9,2	1256	1683	2174	2731
CIPOLLETTI	RN	-38,95	-67,97	265	8,14	14,7	2,4	-10,3	-6,6	74	71		6,9	1247	1680	2175	2736
BARILOCHE (AERO)	RN	-41,15	-71,02	840	3,68	8,0	-0,6	-19,4	-11,4	533	78	4,2	18,3	2785	3475	4192	4918
MAQUINCHAO	RN	-41,25	-68,73	888	2,68	8,2	-2,7	-35,3	-17,8	78	70		7,9	2613	3225	3889	4591
VIEDMA (AERO)	RN	-40,85	-63,02	7	8,45	14,3	2,7	-10,8	-6,0	103	72	5,0	19,6	1291	1761	2298	2898
LAGO ARGENTINO (AERO)	SC	-50,03	-72,30	220	2,09	6,0	-1,7	-13,7	-9,5	89	71	3,5	6,5	3108	3819	4542	5270
EL CALAFATE (AERO)	SC	-50,27	-72,05	204	0,98	6,2	-3,9	-17,2	-15,1	56				3417	4132	4860	5590
SAN JULIÁN (AERO)	SC	-49,32	-67,78	62	4,70	8,8	0,5	-12,3	-7,4	106	71	4,1	26,7	2320	2959	3642	4352
RÍO GALLEGOS (AERO)	SC	-51,62	-69,28	19	2,59	6,4	-1,2	-20,2	-12,4	84	77	3,4	21,5	2969	3670	4388	5113

Tabla A2: Datos climáticos de invierno

ESTACIÓN	P	LAT	LONG	ASNM	TMED	TMÁX	TMÍN	TMA	TDMN	PREC	HR	HELRE	VM	GD16	GD18	GD20	GD22
SANTIAGO DEL ESTERO (AERO)	SE	-27,77	-64,30	199	14,77	22,2	7,4	-8,5	-5,1	29	67	5,5	7,8	331	543	820	1166
CERES (AERO)	SF	-29,88	-61,95	88	14,17	20,3	7,9	-6,6	-3,4	84	79	5,6	12,4	424	678	999	1400
RECONQUISTA (AERO)	SF	-29,18	-59,70	53	15,65	20,8	10,2	-6,0	-1,0	164	79	5,8	11,4	321	526	801	1153
SAUCE VIEJO (AERO)	SF	-31,70	-60,82	18	13,84	19,0	8,6	-5,0	-2,6	134	81	5,6	13,0	454	714	1044	1452
ROSARIO (AERO)	SF	-32,92	-60,78	25	12,20	17,9	6,5	-7,8	-4,0	147	80	5,4	13,0	651	970	1365	1840
SAN JUAN (AERO)	SJ	-31,57	-68,42	598	10,61	18,5	2,7	-8,0	-5,6	13	58	7,0	9,2	778	1096	1465	1891
SAN LUIS (AERO)	SL	-33,27	-66,35	713	11,77	18,2	5,4	-9,4	-4,2	44	59	6,6	13,6	676	1001	1397	1872
VILLA REYNOLDS (AERO)	SL	-33,73	-65,38	486	10,19	18,6	1,8	-14,6	-10,0	73	72	5,5	8,6	936	1313	1767	2303
RIVADAVIA	ST	-24,02	-62,90	205	17,69	24,4	11,6	-5,0	-1,0	39	66		7,4	146	277	465	716
ORÁN (AERO)	ST	-23,15	-64,32	357	17,18	23,0	11,4	-1,9	0,6	37	78	3,8	5,5	143	278	480	761
TARTAGAL (AERO)	ST	-22,65	-63,82	450	16,87	22,9	11,0	-3,3	-0,5	37	73	4,9	5,2	164	311	528	826
SALTA (AERO)	ST	-24,85	-65,48	1221	12,74	20,6	4,9	-8,0	-4,7	17	72	5,8	7,0	549	855	1262	1789
RIO GRANDE B.A.	TF	-53,80	-67,75	22	1,18	4,4	-2,1	-22,2	-13,6	101	86	3,0	18,4	3735	4463	5192	5922
TOLHUIN	TF	-54,70	-67,25	105	0,02	3,8	-3,8	-23,5	-16,0	146	-	-	-	4194	4922	5649	6377
BASE ESPERANZA	TF	-63,40	-57,00	24	-9,73	-5,48	-13,69	-31,8	-27,3	166	79	0,89	29,4	7520	8247	8974	9702
ISLAS ORCADAS	TF	-60,7	-44,7	12	-7,64	-4,06	-11,54	-36,0	-30	316	87	0,41	24,0	6975	7702	8429	9157
BASE BELGRANO II	TF	-77,87	-34,57	256	-19,52	-16,9	-23,55	-47,5	-39,5	101	60	0,50	22,3	10908	11636	12365	13094
BASE JUBANY	TF	-62,23	-58,63	11	-4,98	-2,32	-7,98	-27,3	-22,6	128	88	0,32	34,7	6423	7151	7879	8606
BASE MARAMBIO	TF	-64,23	-56,72	198	-14,02	-9,8	-17,8	-36,8	-32,0	59	81	0,66	34,8	8815	9544	10272	11001
BASE SAN MARTÍN	TF	-68,13	-67,13	7	-9,53	-5,9	-14,2	-46,2	-36,5	158	78	0,14	17,8	7630	8359	9088	9817
USHUAIA (AERO)	TF	-54,80	-68,32	57	2,54	5,4	-0,4	-13,8	-8,6	203	84	2,1	10,3	3651	4376	5104	5832
FAMAILLÁ (INTA)	TU	-27,05	-65,42	363	13,94	20,3	7,6	-4,0	-1,7	89	79	4,6	5,6	379	629	952	1354
TUCUMÁN (AERO)	TU	-26,85	-65,10	450	14,62	20,5	8,7	-2,5	-0,2	55	73	5,6	8,2	319	548	850	1233

Tabla A3: Datos climáticos de invierno

ESTACIÓN	P	LAT	LONG	ASNM	TMED	TMÁX	TMÍN	TMA	TDMX	PREC	HR	HELRE	VM
BUENOS AIRES (AEROPARQUE)	BAC	-34,57	-58,42	6	23,33	27,0	19,6	39,6	34,4	451,5	69,3	8,5	16,7
BUENOS AIRES	BAC	-34,58	-58,48	25	23,68	28,5	18,8	40,5	36,5	515,8	67,6	8,2	11,1
PERGAMINO (INTA)	BAP	-33,93	-60,55	65	22,31	28,7	15,9	40,3	37,7	465,9	70,7	8,7	10,2
PEHUAJÓ (AERO)	BAP	-35,87	-61,90	87	21,51	28,1	14,9	39,0	36,5	472,5	72,2	9,0	11,9
JUNÍN (AERO)	BAP	-34,55	-60,92	81	21,93	28,4	15,4	41,3	36,9	482,3	71,8	8,3	11,5
NUEVE DE JULIO	BAP	-35,45	-60,88	76	22,27	29,0	15,6	41,8	37,4	475,4	67,5	-	10,8
SAN FERNANDO	BAP	-34,45	-58,58	3	22,75	27,8	17,8	39,4	35,6	453,9	69,2	-	13,6
DON TORCUATO (AERO)	BAP	-34,48	-58,62	4	22,98	28,0	18,0	40,0	36,4	444,3	71,0	8,7	12,9
SAN MIGUEL	BAP	-34,55	-58,73	26	22,89	28,5	17,4	40,5	36,5	465,1	72,9	8,7	9,5
EL PALOMAR (AERO)	BAP	-34,60	-58,60	12	22,52	28,3	16,8	39,7	36,4	459,0	69,2	8,1	12,9
EZEIZA (AERO)	BAP	-34,82	-58,53	20	22,42	28,5	16,4	41,2	36,9	422,4	69,8	6,4	13,7
LA PLATA (AERO)	BAP	-34,97	-57,90	23	21,89	27,4	16,4	39,9	35,5	446,2	76,2	8,7	15,1
PUNTA INDIÓ B.A.	BAP	-35,37	-57,28	22	21,86	26,6	17,1	39,8	35,3	394,9	78,9	8,1	16,6
CORONEL SUÁREZ (AERO)	BAP	-37,43	-61,88	233	19,73	27,0	12,4	39,2	35,5	378,6	67,9	8,6	15,0
TANDIL (AERO)	BAP	-37,23	-59,25	175	19,48	26,4	12,6	37,4	34,9	377,0	71,2	7,7	14,8
BENITO JUÁREZ (AERO)	BAP	-37,72	-59,78	207	20,06	26,8	12,6	39,7	35,6	360,0	72,9	9,2	13,3
PIGÜÉ (AERO)	BAP	-37,60	-62,38	304	20,17	27,1	13,0	39,5	36,0	373,5	64,0	8,4	9,6
LAPRIDA	BAP	-37,57	-60,77	212	20,17	28,3	12,4	39,7	36,7	391,6	66,9	-	12,1
TRES ARROYOS	BAP	-38,03	-60,25	115	20,16	27,4	13,9	40,5	36,6	344,9	64,2	8,5	13,3
MAR DEL PLATA (AERO)	BAP	-37,93	-57,58	21	19,43	25,2	13,6	39,3	35,6	372,9	76,3	6,0	16,6
BAHÍA BLANCA (AERO)	BAP	-38,73	-62,02	83	22,00	29,2	14,8	43,8	39,0	271,9	58,2	9,2	24,4
CATAMARCA (AERO)	CA	-28,60	-65,77	454	26,78	33,1	20,5	44,4	41,1	276,1	58,3	7,3	22,6
PILAR (OBS.)	CD	-31,07	-63,88	338	22,79	28,7	16,9	40,7	37,4	493,0	72,0	8,3	7,5
VILLA DOLORES (AERO)	CD	-31,95	-65,13	569	24,01	31,0	17,1	43,0	39,0	440,8	63,6	8,5	6,8
CÓRDOBA (AERO)	CD	-31,32	-64,22	474	22,35	28,3	16,5	40,0	36,6	541,7	71,3	7,5	11,5
CÓRDOBA (OBS.)	CD	-31,40	-64,18	425	23,65	29,8	17,6	41,0	38,2	493,0	68,0	7,8	5,0
RÍO CUARTO (AERO)	CD	-33,12	-64,23	421	22,18	27,9	16,5	40,3	36,5	486,0	68,8	7,4	15,9
MARCOS JUÁREZ (AERO)	CD	-32,70	-62,15	114	22,93	29,5	16,4	41,2	37,7	482,4	75,5	8,3	10,5
LABOULAYE (AERO)	CD	-34,13	-63,37	137	22,27	29,0	15,5	42,0	37,6	487,3	71,6	8,6	11,8
VILLA MARÍA DEL RIO SECO	CD	-29,90	-63,68	341	23,21	30,0	16,5	42,7	39,6	524,1	77,3	-	5,8
LAS BREÑAS (INTA)	CHC	-27,08	-61,12	102	26,29	32,3	20,3	42,8	40,5	537,0	-	8,5	-

Tabla B1: Datos climáticos de verano

ESTACIÓN	P	LAT	LONG	ASNM	TMED	TMÁX	TMÍN	TMA	TDMX	PREC	HR	HELRE	VM
RESISTENCIA (AERO)	CHC	-27,45	-59,05	52	26,10	32,1	20,1	41,6	39,8	641,2	73,3	7,1	9,3
ESQUEL (AERO)	CHU	-42,93	-71,15	797	13,89	20,7	7,1	34,0	31,1	85,8	50,7	9,6	25,0
PASO DE INDIOS	CHU	-43,82	-68,88	460	16,65	24,9	8,4	38,8	35,3	38,2	42,6	7,6	18,3
TRELEW (AERO)	CHU	-43,20	-65,27	43	19,87	27,5	12,2	40,8	38,2	69,4	46,5	9,3	26,1
COMODORO RIVADAVIA (AERO)	CHU	-45,78	-67,05	46	18,45	24,5	12,4	39,5	34,9	56,5	41,6	8,4	24,5
CORRIENTES (AERO)	CR	-27,45	-58,77	62	26,11	31,9	20,4	41,1	39,4	656,6	73,3	8,6	12,2
BELLA VISTA (INTA)	CR	-28,43	-58,92	70	25,72	30,9	20,5	40,7	38,5	608,3	74,9	8,1	7,4
PASO DE LOS LIBRES (AERO)	CR	-29,68	-57,15	70	25,30	31,1	19,5	42,0	39,0	566,0	69,6	7,1	12,8
MONTE CASEROS (AERO)	CR	-30,27	-57,65	54	25,31	31,1	19,5	40,3	38,6	577,8	70,0	8,6	7,2
PARANÁ (AERO)	ER	-31,78	-60,48	78	23,86	29,6	18,2	39,5	37,0	529,4	69,2	8,3	11,4
VILLAGUAY (AERO)	ER	-31,85	-59,08	43	23,52	30,0	17,2	40,7	38,1	432,2	70,3	-	10,6
CONCORDIA (AERO)	ER	-31,30	-58,02	38	24,42	30,5	18,3	41,0	38,8	545,0	67,3	6,9	9,4
GUALEGUAYCHÚ (AERO)	ER	-33,00	-58,62	21	23,71	29,9	17,5	41,0	38,2	457,8	68,9	7,6	8,2
LAS LOMITAS	FM	-24,70	-60,58	130	27,00	33,9	20,9	46,0	41,9	552,6	71,4	8,0	8,3
FORMOSA (AERO)	FM	-26,20	-58,23	60	27,15	32,8	21,5	43,5	40,0	596,4	72,9	8,3	13,0
LA QUIACA (OBS.)	JJ	-22,10	-65,60	3459	13,55	20,2	6,9	28,8	26,3	291,2	62,9	8,5	8,9
JUJUY (AERO)	JJ	-24,38	-65,08	905	23,40	29,1	17,7	40,2	37,1	570,8	75,9	6,3	7,8
VICTORICA	LP	-36,22	-65,43	312	22,20	29,8	14,4	43,0	39,5	387,5	-	-	-
GENERAL PICO (AERO)	LP	-35,70	-63,75	145	22,58	29,4	15,8	43,0	38,6	485,6	66,0	5,7	12,3
SANTA ROSA (AERO)	LP	-36,57	-64,27	191	22,21	29,4	15,0	42,1	38,8	380,0	61,6	9,0	12,5
CHILECITO (AERO)	LR	-29,23	-67,43	945	25,04	32,3	17,9	44,3	40,5	116,2	61,6	8,2	9,1
LA RIOJA (AERO)	LR	-29,38	-66,82	429	26,74	33,3	20,0	46,0	42,4	299,7	62,7	7,2	7,1
CHAMICAL (AERO)	LR	-30,37	-66,28	461	25,60	31,9	19,3	44,6	41,0	356,1	61,1	8,1	10,9
CHEPES	LR	-31,03	-66,60	658	25,05	31,6	18,3	43,2	40,0	305,2	62,2	-	8,8
IGUAZÚ (AERO)	MI	-25,73	-54,47	270	25,57	31,3	19,8	40,0	37,0	624,8	78,3	6,1	6,4
BERNARDO DE IRIGOYEN (AERO)	MI	-26,25	-53,65	815	22,92	27,4	18,4	35,7	32,8	741,6	78,9	7,2	12,9
POSADAS (AERO)	MI	-27,37	-55,97	125	26,57	32,2	20,9	42,1	38,6	644,6	69,8	6,4	11,3
SAN MARTÍN (MZA)	MZ	-33,08	-68,42	653	23,60	30,8	16,4	42,7	38,4	150,9	58,3	9,5	6,4
MENDOZA (AERO)	MZ	-32,08	-68,78	704	24,06	30,7	17,3	44,4	39,0	145,2	52,9	9,2	9,2
MENDOZA (OBS.)	MZ	-32,88	-68,85	827	22,90	28,9	16,9	40,2	36,1	153,6	57,0	8,1	5,6
CHACRAS DE CORIA	MZ	-32,98	-68,87	921	21,29	28,0	14,5	41,3	36,8	148,7	59,9	8,7	5,5
MALARGÜE (AERO)	MZ	-35,05	-69,58	1425	18,57	26,9	10,2	36,5	34,0	115,2	49,7	10,0	7,2
SAN RAFAEL (AERO)	MZ	-34,58	-68,40	748	21,86	29,6	14,2	43,3	38,0	186,6	56,3	8,3	7,5
NEUQUÉN (AERO)	NQ	-38,95	-68,13	271	21,95	29,9	13,9	42,3	38,5	60,1	42,5	9,6	12,6
CIPOLLETTI	RN	-38,95	-67,97	265	21,90	30,2	13,9	43,0	39,1	97,0	51,7	-	11,9
BARILOCHE (AERO)	RN	-41,15	-71,02	840	13,70	21,4	5,9	35,0	32,0	92,5	56,7	9,8	24,1
MAQUINCHAO	RN	-41,25	-68,73	888	16,41	24,6	8,3	37,0	35,0	67,9	50,6	-	10,6

Tabla B2: Datos climáticos de verano

ESTACIÓN	P	LAT	LON	ASNM	TMED	TMAX	TMIN	TMA	TDMX	PREC	HR	HELRE	VM
VIEDMA (AERO)	RN	-40,85	-63,02	7	20,54	27,8	13,4	43,7	38,9	152,2	54,3	9,6	23,9
LAGO ARGENTINO (AERO)	SC	-50,03	-72,30	220	12,38	18,0	6,8	29,5	26,0	46,5	46,2	6,6	16,1
EL CALAFATE (AERO)	SC	-50,27	-72,05	204	12,02	18,2	5,8	28,4	26,3	36,4	-	-	-
SAN JULIAN (AERO)	SC	-49,32	-67,78	62	15,14	21,6	8,7	37,5	33,1	82,1	53,9	7,4	30,7
RIO GALLEGOS (AERO)	SC	-51,62	-69,28	19	12,81	18,9	6,7	34,0	28,8	109,2	55,9	6,4	28,6
SANTIAGO DEL ESTERO (AERO)	SE	-27,77	-64,30	199	26,13	32,6	19,6	45,2	41,9	436,3	68,2	7,2	9,0
CERES (AERO)	SF	-29,88	-61,95	88	24,56	30,8	18,3	40,6	38,8	555,5	74,6	8,6	11,3
RECONQUISTA (AERO)	SF	-29,18	-59,70	53	24,30	31,0	19,9	41,5	39,3	588,4	73,5	8,0	10,4
SAUCE VIEJO (AERO)	SF	-31,70	-60,82	18	24,60	30,2	19,0	45,6	39,0	468,2	74,0	8,3	11,1
ROSARIO (AERO)	SF	-32,92	-60,78	25	23,27	29,3	17,2	40,5	37,3	486,2	71,5	8,6	12,9
SAN JUAN (AERO)	SJ	-31,57	-68,42	598	25,56	33,1	18,0	46,7	41,4	60,2	46,7	9,7	14,6
SAN LUIS (AERO)	SL	-33,27	-66,35	713	23,23	29,7	16,7	41,5	37,6	434,9	56,4	9,8	16,2
VILLA REYNOLDS (AERO)	SL	-33,73	-65,38	486	21,87	29,6	14,1	44,1	38,8	402,0	69,8	8,3	12,1
RIVADAVIA	ST	-24,02	-62,90	205	27,69	34,1	21,2	44,2	42,1	464,3	66,7	-	8,6
ORÁN (AERO)	ST	-23,15	-64,32	357	26,13	31,3	20,9	43,5	39,8	754,2	79,1	5,0	6,6
TARTAGAL (AERO)	ST	-22,65	-63,82	450	25,44	30,9	20,1	42,2	39,4	732,4	78,2	6,2	5,7
SALTA (AERO)	ST	-24,85	-65,48	1221	21,26	26,7	15,8	37,0	34,2	601,4	79,1	5,6	7,1
RÍO GRANDE B.A.	TF	-53,80	-67,75	22	10,01	15,2	4,9	27,0	22,9	128,5	73,6	5,8	27,1
TOLHUIN	TF	-54,70	-67,25	105	8,54	13,3	3,6	28,0	21,8	-	-	-	-
BASE ESPERANZA	TF	-63,40	-57,00	24	0,12	3,24	-2,67	15,5	12,2	201,4	79,7	4,5	23,7
ISLAS ORCADAS	TF	-60,70	-44,70	12	0,92	3,03	-0,93	15,2	8,7	466,0	87,0	1,4	21,6
BASE BELGRANO II	TF	-77,87	-34,57	256	-6,25	-2,91	-9,98	10,1	6,5	98,1	67,9	5,0	15,7
BASE JUBANY	TF	-62,23	-58,63	11	1,59	3,51	-0,27	12,7	9,4	188,6	86,5	2,4	30,8
BASE MARAMBIO	TF	-64,23	-56,72	198	-2,52	0,2	-4,9	16,5	10,9	135,2	87,9	3,5	27,0
BASE SAN MARTÍN	TF	-68,13	-67,13	7	0,59	3,1	-1,8	15,0	9,3	144,5	73,5	3,1	17,8
USHUAIA (AERO)	TF	-54,80	-68,32	57	9,32	13,5	5,0	28,9	23,4	143,0	79,5	3,5	15,8
FAMAILLÁ INTA	TU	-27,05	-65,42	363	24,31	29,6	19,0	42,1	37,3	916,7	82,0	5,6	5,6
TUCUMÁN (AERO)	TU	-26,85	-65,10	450	24,47	29,3	19,3	43,5	38,8	735,5	75,7	6,8	9,8

Tabla B3: Datos climáticos de verano

ANEXO 2

CONDUCTIVIDAD TERMICA DE DIFERENTES MATERIALES

IRAM 11601

MATERIAL		DENSIDAD APARENTE kg/m ³	CONDUCTIVIDAD TERMICA W/m.K	CAPACIDAD TERMICA (J/kg K)
ROCAS Y SUELOS NATURALES				
ROCAS Y TERRENOS		1200	0,31	850
TOBA (PURMICITA)		1400	0,38	850
CALIZA POROSA		1700	0,93	910
CALIZA COMPACTA		2000	1,16	910
PIEDRA POMEZ		600	0,19 a 0,31	800
		800	0,27 a 0,41	800
		1000	0,35 a 0,46	800
		1400	0,58 a 0,66	800
MARMOL	EN PLACAS O BLOQUES	2500 A 2800	2,1 a 3,5	900
ONIX			2,7	900
GRANITO		2600 A 2900	2,9 a 4,1	900
CUARCITA		2800	6	900
BASALTO		2800 A 3000	1,3 3,7	900
ARCILLA		1200	0,37	800
SUELO NATURAL		1600 A 1900	0,28 a 2,8	850
MATERIALES AISLANTES				
CORCHO	GRANULADO	50	0,035	1800
		100	0,040	1800
		150	0,045	1800
		200	0,051	1800
		300	0,056	1800
		350	0,060	1800
	EN PLANCHAS	100	0,038	1800
		150	0,042	1800
		200	0,048	1800
		300	0,058	1800
		400	0,069	1800
		500	0,078	1800
		600	0,088	1800
		MATERIALES AISLANTES		
MATERIAL		DENSIDAD APARENTE kg/m ³	CONDUCTIVIDAD TERMICA W/m.K	CAPACIDAD TERMICA (J/kg K)
AMIANTO	EN PLANCHAS	75	0,047	1000
		100	0,049	1000
		200	0,056	1000
		300	0,077	1000
		400	0,078	1000
		500	0,084	1000
	SOPLETEADO	80	0,042	1000
		100	0,047	1000
		150	0,057	1000
		200	0,067	1000
		250	0,077	1000
	EN LANA	100	0,073	850
		200	0,099	850
		400	0,12	850
		600	0,21	850
		800	0,27	850
		800	0,15	1000
1000		0,17	1000	
1200		0,21	1000	

	EN PANELES	1400	0,23	1000
		1600	0,28	1000
		1800	0,33	1000
VERMICULITA	EN PLANCHA	250	0,079	850
		320	0,094	850
		400	0,12	850
		670	0,21	850
	SUELTA	80 a 130	0,070	850
	CON CEMENTO	400	0,11	950
		500	0,13	950
		600	0,17	950
700		0,20	950	
VERMICULITA	Y YESO (PLACA O REVOQUE)	200	0,11	950
		400	0,13	950
		500	0,15	950
		600	0,19	950
		700	0,22	950

MATERIAL		DENSIDAD APARENTE kg/m ³	CONDUCTIVIDAD TERMICA W/m.K	CAPACIDAD TERMICA (J/kg K)
VERMICULITA	Y YESO (PLACA O REVOQUE)	800	0,26	950
		900	0,29	950
		1000	0,34	950
LANA DE VIDRIO		8 a 10	0,045	750
		11 a 14	0,043	750
		15 a 18	0,04	750
		19 a 30	0,037	750
		31 a 45	0,034	750
		46 a 100	0,033	750
LANA MINERAL		30-50	0,042	750
		65	0,04	750
		100	0,038	750
POLIESTIRENO EXPANDIDO	EN PLANCHA	15	0,037	1700
		20	0,035	1700
		25	0,033	1700
		30	0,032	1700
	EN COPOS (A GRANEL)		0,050	1700
POLIURETANO (espumas rígidas)	Entre chapas o placas que hacen de barrera de vapor	30 a 60	0,022-0,024	1700
	Placas aislantes sin protección	30 a 60	0,027	1700
	Proyectadas in-situ, protegidas entre barreras de vapor	30 a 60	0,022	1700
	Proyectadas in-situ, protegidas entre frenos de vapor	30 a 60	0,024	1700
ESPUMA	FENOLICA	50	0,03	1700
	AMINOPLASTICA (AISLANTE)	16	0,029	1700
PERLITA	SUELTA (GRANULADO VOLCANICO EXPANDIDO)	30 a 130	0,054	950
	MORTERO DE PERLITA CON YESO	400	0,10	950
		500	0,12	950
		600	0,14	950
		700	0,18	950
	MORTERO DE PERLITA CON CEMENTO	300	0,088	950
		400	0,093	950
		500	0,12	950
		600	0,14	950
			700	0,16

MATERIAL		DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD	CAPACIDAD
		APARENTE	TERMICA	TERMICA
		kg/m ³	W/m.K	(J/kg K)
FIBRAS DE VIDRIO	EN PLANCHA	10	0,045	650
		25	0,042	650
		50	0,037	650
		80	0,035	650
		100	0,037	650
		150	0,041	650
		200	0,044	650
		300	0,050	650
		400	0,058	650
		500	0,069	650
	AGLOMERADO CON RESINA EN PANELES Y FIELTROS	14	0,037	1000
		20	0,034	1000
	AGLOMERADO CON CEMENTO	400	0,084	850
		500	0,095	850
		600	0,11	850
700		0,12	850	
800		0,13	850	

MATERIALES EN POLVO O EN GRANO

ARCILLA		1200	0,37	850
ARENA	SECA (PARA CONSTRUCC.)	1500	0,30	850
	SECADO NORMAL	1500	0,58	850
	DE RIO (HUMEDAD 10g/100g)		0,93	850
	DE RIO (HUMEDAD 20g/100g)		1,33	850
	DE RIO (SATURADA)		1,88	850
	DE MAR SECA	1600	0,31	850
	DE MAR (HUMEDAD 10g/100g)		1,24	850
	DE MAR (HUMEDAD 20g/100g)		1,75	850
DE MAR (SATURADA)		2,44	850	
TERRENO NATURAL		1600 a 1900	0,28 a 2,8	850
ESCORIAS POROSAS		800	0,24	850
		1000	0,29	850
		1200	0,33	850
		1400	0,41	850

MATERIAL		DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD	CAPACIDAD
		APARENTE	TERMICA	TERMICA
		kg/m ³	W/m.K	(J/kg K)

MADERAS

FRESNO	PARALELA A LAS FIBRAS	740	0,30	1700
	PERPENDICULAR A LAS FIBRAS	740	0,17	1700
HAYA	PARALELA A LAS FIBRAS	700 a	0,35 a 0,37	1700
	PERPENDICULAR A LAS FIBRAS	900	0,21 a 0,27	1700
ABEDUL	PERPENDICULAR A LAS FIBRAS	680	0,13	1700
ALERCE	PERPENDICULAR A LAS FIBRAS	600	0,14	1700
BALSA	PERPENDICULAR A LAS FIBRAS	100 a 200	0,047 a 0,066	1700
		200 a 300	0,081 a 0,110	1700
CAOBA	PARALELA A LAS FIBRAS	700	0,31	1700
	PERPENDICULAR A LAS FIBRAS	700	0,15	1700
ARCE	PARALELA A LAS FIBRAS	700	0,42	1700
	PERPENDICULAR A LAS FIBRAS	700	0,16	1700
ROBLE		650	0,24	1700
PINO SPRUCE, ABETO	PARALELA A LAS FIBRAS	400 a 600	0,28	1700
	PERPENDICULAR A LAS FIBRAS	400 a 600	0,13 a 0,19	1700
TECA	PARALELA A LAS FIBRAS	720	0,16	1700
	PERPENDICULAR A LAS FIBRAS	720	0,14	1700
NOGAL		700	0,27	1700
MADERA DURA		1200 a 1400	0,34	2400
MADERA TERCIAADA		600	0,11	1400
MADERA ENCHAPADA		600	0,15	1700

PARQUET		500	0,17	1700
		700	0,23	1700
TABLEROS DE PARTICULAS AGLOMERADAS EN GRAL.		200	0,060	1400
		300	0,069	1400
		400	0,078	1400
		500	0,087	1400
		600	0,090	1400
		700	0,11	1400
		800	0,13	1400
		900	0,15	1400
		1000	0,17	1400
		TABLEROS DE PARTICULAS AGLOMERADAS DE LINO		300
400	0,081			1400
500	0,11			1400
600	0,12			1400
700	0,15			1400
TABLEROS DE FIBRAS DE MADERA AGLOMERADA		200	0,047	1400
		300	0,054	1400
		350	0,056	1400
Tableros ligno-celulósicos de partículas aglomeradas mediante resinas sintéticas (c/ o sin impregnación en aceite)		100	0,24	1400
LAMINADO PLASTICO TERMO- ESTABLE DECORATIVO	EN UNA CARA	1400	0,49	1400
	EN AMBAS CARAS	1400	0,44	1400
HORMIGONES				
AGREGADOS	PETREOS	1800	0,97	1000
		1900	1,09	1000
		2000	1,16	1000
		2200	1,40	1000
		2400	1,63	1000
		2500	1,74	1000
	CASCOTE DE LADRILLO TRITURADO	1600	0,76	1000
		1800	0,93	1000
	PESADOS C/ESCORIA ALT.HORNOS	2200 a 2400	1,40	1000
	IDEM CON GRANULADOS	2100 a 2300	0,80	1000
		1600 a 2000	0,70	1000
	ARCILLA EXPANDIDA	700	0,22	1000
		800	0,29	1000
		900	0,35	1000
		1000	0,42	1000
		1400	0,57	1000
		LIVIANOS (TIPO PUZOLANICOS, PIEDRA POMEZ, ESCORIA EXPAN.)	1200 a 1400	0,44
1400 a 1600	0,52		960	
CELULARES	CON CENIZAS VOLANTES	300	0,13	960
		400	0,16	960
		500	0,20	960
		600	0,23	960
		700	0,27	960
		800	0,31	960
		900	0,35	960
		1000	0,41	960
		1100	0,45	960
		1200	0,53	960
		1300	0,58	960
		1400	0,66	960
			CON ESCORIAS DE ALTOS HORNOS	600
800	0,22			960
1000	0,30			960
1200	0,40			960
1400	0,50			960
600	0,34			960
CELULARES	NORMALES CON AGREGADO	800	0,49	960
		1000	0,67	960

	SILICEOS	1200	0,88	960
		1400	1,09	960
CON VERMICULITA O PERLITA (1996: CON VERMICULITA)		300	0,09	960
		400	0,12	960
		500	0,14	960
		600	0,16	960
CON CASCARA DE ARROZ Y CANTO RODADO		1100	0,37	960
		1300	0,45	960
		1600	0,63	960
		2000	1,09	960
CON POLIESTER EXPANDIDO		300	0,09	960
		500	0,15	960
		1000	0,26	960
		1300	0,35	960
CON FIBRA CELULOSICA		300	0,09	960
		400	0,14	960
CELULAR	INCLUYE HORMIGONES GASEOSOS Y ESPUMOSOS	600	0,16	960
		800	0,22	960
		1000	0,3	960
		1200	0,4	960
		1400	0,5	960
VARIOS	CON FIBRAS DE VIDRIO	2100	1,11	960
	REFRACTARIOS	900	0,18	960
	GASEOSOS	600	0,15	960
	CON CARBON	600	0,13	960
	CON VIRUTA DE MADERA	400	0,14	960
		500	0,16	960

MATERIAL		DENSIDAD APARENTE kg/m ³	CONDUCTIVIDAD TERMICA W/m.K	CAPACIDAD TERMICA (J/kg K)
MORTEROS				
DE REVOQUE Y JUNTAS	Exterior	1800 a 2000	1,16	1000
	Interior	1900	0,93	1000
CEMENTO Y ARENA	DOSIFICACION 1:3 HUMEDAD 0 g / 100 g	1900	0,89	1000
	HUMEDAD 6 g / 100 g	2000	1,13	1000
	HUMEDAD 10 g / 100 g	2100	1,30	1000
	DOSIFICACION 1:4 HUMEDAD 0 g / 100 g	1950	0,92	1000
	HUMEDAD 5 g / 100 g	2000	1,10	1000
CAL Y CEMENTO		1900	0,93	1000
CON PERLITA	HUMEDAD 12 g / 100 G	600	0,19	1000
DE YESO Y ARENA	DOSIFICACION 1:3 HUMEDAD 0,2 g / 100 g	1550	0,65	1000
DE CAL Y YESO		1400	0,70	1000
YESO	ENDUIDO	800	0,40	1000
		1000	0,49	1000
		1200	0,64	1000
	EN PLANCHAS	600	0,31	1000
		800	0,37	1000
		1000	0,44	1000
		1200	0,51	1000
TOBA (PUMICITA)		1200	0,31	910
		1400	0,38	910
CALIZA	POROSA	1700	0,93	910
	COMPACTA	2000	1,16	910
ARENISCA		2200	1,40	850
		2400	2,10	850
MARMOL		2500 a 2800	2,1 a 3,5	900
ONIX			2,7	900
GRANITO		2600 a 2900	2,9 a 4,1	900

GRAVA	1500 a 1800	0,93	900
CUARCITA	2800	6,0	900
BASALTO	2800 a 3000	1,3 a 3,7	900
MICA	2900	0,52	900
PIEDRA POMEZ	600	0,19 a 0,31	810
	800	0,27 a 0,41	810

MATERIAL		DENSIDAD APARENTE kg/m ³	CONDUCTIVIDAD TERMICA W/m.K	CAPACIDAD TERMICA (J/kg K)
PIEDRA POMEZ		1000	0,35 a 0,46	810
		1400	0,58 a 0,66	810
PIZARRA	PARALELA A ESTRATOS	2700	2,8	810
	PERPEND. A ESTRAT.	2700	1,7	810
VIDRIO	PARA VENTANA	2400 a 3200	0,58 a 1,05	900
	ARMADO CON MALLA METALICA	2700	1,05	900
	RESISTENTE AL CALOR	2200	1,00 a 1,15	900
	EN BLOQUE DE VIDRIO		0,65 a 0,72	900
BALDOSAS	CERAMICAS		0,70	920
	DE HORMIGON	2100	1,15	920
	DE PLASTICO	1000	0,51	920
	DE CORCHO	530	0,08	920
CUBIERTAS	ASFALTO (espes.mínimo 7 mm y membranas asfálticas)	2000	0,7	1140
	Techado y fieltro asfáltico	1100 a 1200	0,17	1140
	BITUMEN	1050	0,16	1140
	CARTON EMBREADO	1100	0,14	1140
	CHAPAS ONDULADAS METALICAS		58	450
	TEJAS CURVAS		0,70	920
	TEJAS PLANAS		0,76	920
CAUCHOS		800	0,11	1800
		1300	0,13	1800
		1500	0,19	1800
MASILLA	POLIMERO POLISULFURO (THIOCO)	1650	0,29	1800
ASBESTO CEMENTO	CELULOSICO	1000 a 1400	0,35	1000
		1400 a 1800	0,46	1000
	PLACAS	600	0,15	1000
		700	0,26	1000
		800	0,30	1000
		1200	0,39	1000
		1300	0,45	1000
		1400	0,51	1000
		1500	0,58	1000
		1700	0,70	1000
		1800	0,87	1000
1800 a 2200	0,95	1000		
Cielorraso Termoacústico	CON LANA MINERAL	200	0,063	750
ADHESIVOS	EPOXI-POLIAMIDA		0,22	1140
	EPOXI (TERMIC.CONDUCTIVO)		0,79	1140
	POLIESTER-BASE		0,20	1140
	POLIURETANO SILICONA		0,17	1140
LADRILLOS MACIZOS		1600	0,81	920
		1800	0,91	920
		2000	1,10	920
SUELO-CEMENTO	BLOQUES MACIZOS	1500	0,32	850
MATERIALES METALICOS	ACERO DE CONSTRUCCION	7800	58	450
	FUNDICION	7200	50	450
	ALUMINIO	2700	204	450
	COBRE	8900	384	450
	LATON	8600	110	450
	BRONCE	8800	42	450

VARIOS	ACERO INOXIDABLE	8100 a 9000	14,5 a 20,9	450	
	HIELO	917	2,21	4190	
	NIEVE		150	0,12	4190
			300	0,23	4190
			500	0,47	4190
			800	1,28	4190
	CRIN	173	0,052	1400	
	YUTE	100	0,037	1400	
	FIBRAS DE CAÑA DE AZUCAR		25	0,045	1400
			50	0,040	1400
			100	0,042	1400
			150	0,047	1400
		200	0,053	1400	
		250	0,060	1400	

PLASTICOS RIGIDOS EN PLANCHAS

RESINA ACRILICA		1140	0,2	1700
POLICARBONATO		1150	0,23	1700
POLIETILENO	DE BAJA DENSIDAD	920	0,35	1700
	DE ALTA DENSIDAD	960	0,5	1700
POLIPROPILENO		915	0,24	1700
POLIESTIRENO		1050	0,17	1700
POLICLORURO DE VINILO	RIGIDO	1350	0,16	1700

ANEXO 3

PERMEABILIDADES Y PERMEANCIAS AL VAPOR DE AGUA

NORMA IRAM 11601

Material	Densidad Kg/m ³	Permeabilidad al vapor de agua g/m.h.kPa	Permeancia al vapor de agua g/m ² .h.kPa
Aire en reposo		0,626	
MATERIALES AISLANTES			
Lana de roca		0,6	
Lana de vidrio		0,5	
Poliestireno expandido			
- en planchas		0,75 x 10 ⁻² a 2,25 x 10 ⁻²	
- en copos		2,25 x 10 ⁻²	
Espuma de poliuretano rígido en planchas (poros cerrados)		0,75 x 10 ⁻²	
Espuma de poliuretano flexible (poros abiertos)		0,4	
HORMIGONES			
Hormigón armado	1800	4,4 x 10 ⁻²	
	2000	3,0 x 10 ⁻²	
	2200	2,2 x 10 ⁻²	
	2400	2,0 x 10 ⁻²	
Hormigones livianos	600	15 x 10 ⁻²	
	700	12 x 10 ⁻²	
	800	10 x 10 ⁻²	
	900	8 x 10 ⁻²	
	1000	7 x 10 ⁻²	
	1200	6 x 10 ⁻²	
Hormigón celular		11 x 10 ⁻²	

Material	Densidad Kg/m ³	Permeabilidad al vapor de agua g/m.h.kPa	Permeancia al vapor de agua g/m ² .h.kPa
MORTEROS			
De cemento	2000	2,2 x 10 ⁻²	
De cal y cemento	1800	4,4 x 10 ⁻²	
De cal y cemento con siliconas	2100	2,7 x 10 ⁻²	
De cal y cemento con impermeabilizantes de cal	1700	3,7 x 10 ⁻²	
De cal y yeso	1400	5,0 x 10 ⁻²	
De yeso con arena	1400	6,5 x 10 ⁻²	
De yeso	1200	7 x 10 ⁻²	
Enlucido de yeso y placas de yeso	1000	11 x 10 ⁻²	
Cielorraso con mortero de cemento	1900	4,7 x 10 ⁻²	
Cielorraso con mortero de yeso	1200	11 x 10 ⁻²	
MAMPOSTERIA			
De ladrillos comunes macizos con mortero de asiento y sin revoque	1500	8 x 10 ⁻²	
De bloque cerámico portante con agujeros			

verticales con asiento de mortero y sin revoque De bloque cerámico portente con agujeros	850 a 1200	10 x 10 ⁻²	
horizontales con asiento de mortero y sin revoque	850 a 1100	13 x 10 ⁻²	
MADERAS			
Tableros porosos	300	0,33	
Tableros duros (tipo "hardboard")		0,7 x 10 ⁻²	
Madera terciada con pegamentos resinosos		0,09 x 10 ⁻² a 0,2 x 10 ⁻²	
Madera enchapada	600	1,0 x 10 ⁻²	
Tableros de fibras duras	600	4,3 x 10 ⁻²	
	800	1,6 x 10 ⁻²	
	1000	0,9 x 10 ⁻²	
Madera en general		2,25 x 10 ⁻² a 4,5 x 10 ⁻²	

Material		Densidad Kg/m ³	Permeabilidad al vapor de agua g/m.h.kPa	Permeancia al vapor de agua g/m ² .h.kPa
ASBESTO CEMENTO				
Placas		1400	2,6 x 10 ⁻²	
		1800	1,0 x 10 ⁻²	
REVESTIMIENTOS				
Cerámicos, tipo porcelana con mortero de cemento		1900	0,32 x 10 ⁻²	
Azulejos con mortero de cemento		1700	0,32 x 10 ⁻²	
Baldosas de pavimentación con mortero de cemento		2300	0,2 x 10 ⁻²	
Placas de clinker con mortero de cemento		2000	0,2 x 10 ⁻²	
Linóleo		1200	0,13 x 10 ⁻²	
De plástico y de caucho		1300	0,08 x 10 ⁻²	
VIDRIOS			6,4 x 10 ⁻⁵	
METALES			0	
MASILLAS Y ADHESIVOS		Espesor (mm)		
Bituminosa, asfalto	5			6,5 x 10 ⁻²
	10			2,2 x 10 ⁻²
Caucho artificial de polisulfuros (Thiokol)	0,5			0,13 x 10 ⁻²
Resina epoxi	2			0,16

Material		Densidad Kg/m ³	Permeabilidad al vapor de agua g/m.h.kPa	Permeancia al vapor de agua g/m ² .h.kPa
PINTURAS				
<i>Una capa</i>				
- en frío bituminosa	0,1			1,08
<i>Dos capas</i>				
- Asfáltica sobre madera terciada				0,08
- Aluminizada sobre madera				0,66 a 0,19
- Esmalte sobre revestimiento liso				0,1 a 0,3
- Selladora sobre tablero aislante				0,19 a 0,43
- Imprimación y pintura al óleo liviana sobre revestimiento				0,62
- Al agua tipo emulsión				16
<i>Tres capas</i>				
- Pintura exterior al óleo sobre madera				0,21

- Látex				1,13
- Mastic polietileno cloro-sulfonado (1130 g/m ² a 2260 g/m ²)				0,012
- Mastic asfáltico				0,1
Pintura a la cal				75
Pintura tipo "epoxi"				1,13
Pintura a base de siliconas				3,75
Pintura esmalte aplicada sobre enlucido				0,4
Resina crítica de vinil-tolueno	200 x 10 ⁻⁶			1,2
Resina acrílica	210 x 10 ⁻⁶			3,86
Terpolímero de acetato, cloruro y laurato de vinilo	205 x 10 ⁻⁶			9
Poliisocianato más poliéster	133 x 10 ⁻⁶			0,4
Resina acrílica de estireno (pintura texturada)	1000 x 10 ⁻⁶			5
Copolímero de cloruro de vinilo más ácido maleico	220 x 10 ⁻⁶			0,1
Resinas de poliuretano	200 x 10 ⁻⁶			1,76

Material		Densidad	Permeabilidad al vapor de agua	Permeancia al vapor de agua
		Kg/m ³	g/m.h.kPa	g/m ² .h.kPa
PELICULAS Y BARRERAS DE VAPOR				
Hoja de aluminio	0,25			0
	0,08			1,12 x 10 ⁻²
Polietileno	0,05			3,3 x 10 ⁻²
	0,1			1,6 x 10 ⁻²
	0,15			1,2 x 10 ⁻²
	0,2			0,8 x 10 ⁻²
	0,25			0,6 x 10 ⁻²
Poliéster	25			0,15
BARRERAS DE VAPOR				
- no plastificado	0,05			0,14
- plastificado	0,1			0,29
Filtros				
- alquitranado				2,28
- asfáltico				0,67
- saturado y revestido en rollos pesados para cubierta				0,03
- bituminado con hoja de aluminio				0,03
Papel				
- Kraft y láminas de asfalto reforzado				0,15
- Kraft (500 g/m ²)				7,6
Lámina de papel embreado y revestido				0,23
Película plástica tipo "MYLAR"	0,025			0,01
Hule				0,015

ANEXO 4

Transmitancias térmicas K admisibles y recomendadas por el LAyHS-FAU-UNLP

ESTACIÓN	LAT	LONG	ASNM	TDMX ver	TDMN inv	GD18 cal	Km adm	Km LAyHS	Kt adm	Kt LAyHS
PERGAMINO (INTA)	-33,93	-60,55	65	37,7	-4,4	1163	0,85	0,59	0.48	0.33
SAN FERNANDO	-34,45	-58,58	3	35,6	-2,3	968	0,93	0,64	0.48	0.33
DON TORCUATO (AERO)	-34,48	-58,62	4	36,4	-2,7	1012	0,91	0,63	0.48	0.33
JUNÍN (AERO)	-34,55	-60,92	81	36,9	-5,0	1215	0,84	0,57	0.48	0.33
SAN MIGUEL	-34,55	-58,73	26	36,5	-2,2	1018	0,93	0,64	0.48	0.33
BUENOS AIRES (AERO)	-34,57	-58,42	6	34,4	1,7	852	1,09	0,75	0.48	0.33
BUENOS AIRES (P. Centenario)	-34,58	-58,48	25	36,5	0,1	854	1,02	0,70	0.48	0.33
EL PALOMAR (AERO)	-34,60	-58,60	12	36,4	-4,5	1133	0,85	0,58	0.48	0.33
EZEIZA (AERO)	-34,82	-58,53	20	36,9	-3,5	1139	0,89	0,61	0.48	0.33
LA PLATA (AERO)	-34,97	-57,90	23	35,5	-2,5	1210	0,92	0,63	0.48	0.33
PUNTA INDIÓ B.A.	-35,37	-57,28	22	35,3	-1,9	1188	0,94	0,65	0.48	0.33
NUEVE DE JULIO	-35,45	-60,88	76	37,4	-3,8	1216	0,88	0,60	0.48	0.33
PEHUAIÓ (AERO)	-35,87	-61,90	87	36,5	-5,2	1369	0,83	0,57	0.48	0.33
TANDIL (AERO)	-37,23	-59,25	175	34,9	-6,6	1839	0,79	0,54	0.48	0.33
CORONEL SUÁREZ (AERO)	-37,43	-61,88	233	35,5	-7,7	1908	0,75	0,52	0.48	0.33
LAPRIDA	-37,57	-60,77	212	36,7	-6,1	1815	0,80	0,55	0.48	0.33
PIGÜÉ (AERO)	-37,60	-62,38	304	36,0	-6,4	1858	0,79	0,54	0.48	0.33
BENITO JUÁREZ (AERO)	-37,72	-59,78	207	35,6	-5,5	1793	0,82	0,56	0.48	0.33
MAR DEL PLATA (AERO)	-37,93	-57,58	21	35,6	-4,4	1707	0,85	0,59	0.48	0.33
TRES ARROYOS	-38,03	-60,25	115	36,6	-4,4	1629	0,85	0,59	0.48	0.33
BAHÍA BLANCA (AERO)	-38,73	-62,02	83	39,0	-5,6	1477	0,82	0,56	0.48	0.33

Tabla A4.1: Valores de transmitancias térmicas de muros y techo admisibles según Nivel B y valores sugeridos por el LAyHS para estaciones meteorológicas presentes en la IRAM 11603/12.

ANEXO 5

TABLA DE DATOS BIOCLIMÁTICA EXTENDIDA de la IRAM 11603

Las tabla A4.2 y A4.3 contienen localidades que no figuran en la nueva versión de la Norma IRAM 11603 y si en la previa de 1996. A partir de la serie 1960-1980 del SMN se agregaron estaciones que hoy no existen o fueron descartadas por el SMN. Se aclara que no son datos “homologados” por IRAM pero son válidos para ampliar la disponibilidad de información. Queda a criterio de los municipios al momento de sancionar sus Ordenanzas y Reglamentos usarlas o no.

ESTACION	LAT °	LONG °	ASNM m	RegBio	TDMN °C	Km adm	Kt adm	Kmur LAyHS	Ktech LAyHS
AEROPARQUE	34,57	58,42	6	IIIB	1,7	1,09	0,48	0,75	0,33
SAN PEDRO (*)	33,68	59,68	28	IIIB	-1,4	0,96	0,48	0,66	0,33
PERGAMINO	33,93	60,55	65	IIIA	-4,4	0,85	0,48	0,59	0,33
ISLA MARTIN GARCIA (*)	34,18	58,27	36	IIIB	0,3	1,03	0,48	0,71	0,33
SAN MIGUEL	34,55	58,73	26	IIIB	-2,2	0,93	0,48	0,64	0,33
JUNIN	34,55	60,95	81	IIIA	-5,0	0,84	0,48	0,57	0,33
BUENOS AIRES	34,58	58,48	25	IIIB	0,1	1,02	0,48	0,70	0,33
EL PALOMAR	34,60	58,60	21	IIIB	-2,5	0,92	0,48	0,63	0,33
CASTELAR (*)	34,67	58,65	22	IIIB	-2,1	0,94	0,48	0,64	0,33
MORON (*)	34,67	58,63	24	IIIB	-2,1	0,94	0,48	0,64	0,33
MERCEDES (*)	34,68	59,38	43	IIIA	-4,2	0,86	0,48	0,59	0,33
EZEIZA	34,82	58,53	20	IIIB	-3,5	0,89	0,48	0,61	0,33
LA PLATA AERO	34,97	57,90	23	IIIB	-2,5	0,92	0,48	0,63	0,33
LA PLATA OBS (*)	34,97	57,93	15	IIIB	-1,2	0,97	0,48	0,67	0,33
PUNTA INDIO	35,37	57,28	22	IIIB	-1,9	0,94	0,48	0,65	0,33
NUEVE DE JULIO	35,45	60,88	76	IIIA	-3,8	0,88	0,48	0,60	0,33
PEHUAJO	35,87	61,87	87	IIIA	-5,2	0,83	0,48	0,57	0,33
TRENQUE LAUQUEN (*)	35,97	62,73	95	IIIA	-4,9	0,84	0,48	0,57	0,33
LAS FLORES (*)	36,03	59,10	34	IIIA	-5,0	0,83	0,48	0,57	0,33
BOLIVAR (*)	36,25	61,10	93	IIIA	-4,7	0,85	0,48	0,58	0,33
DOLORES (*)	36,35	57,73	9	IVD	-4,3	0,86	0,48	0,59	0,33
SAN CLEMENTE (*)	36,37	56,72	3	IVB	-1,8	0,95	0,48	0,65	0,33
AZUL (*)	36,75	59,83	132	IVC	-6,6	0,79	0,48	0,54	0,33
PINAMAR (*)	37,08	56,85	13	IVD	-3,3	0,89	0,48	0,61	0,33
TANDIL	37,23	59,25	175	IVC	-6,6	0,79	0,48	0,54	0,33
CORONEL SUAREZ	37,50	61,95	234	IVC	-7,7	0,75	0,48	0,52	0,33
LAPRIDA	37,57	60,77	212	IVC	-6,1	0,80	0,48	0,55	0,33
PIGUE	37,62	62,42	298	IVC	-6,4	0,79	0,48	0,54	0,33
BENITO JUAREZ	37,67	59,80	233	IVC	-5,5	0,82	0,48	0,56	0,33
BALCARCE (*)	37,75	58,30	130	IVC	-4,6	0,85	0,48	0,58	0,33
BORDENAVE (*)	37,85	63,02	212	IVC	-6,7	0,78	0,48	0,54	0,33
MAR DEL PLATA AERO	37,93	57,58	24	IVD	-4,4	0,85	0,48	0,59	0,33
MAR DEL PLATA (*)	38,05	57,55	5	IVD	-3,5	0,88	0,48	0,61	0,33
SIERRA DE LA VENTANA (*)	38,13	61,78	260	IVC	-5,6	0,82	0,48	0,56	0,33
BARROW (*)	38,32	60,25	120	IVC	-6,2	0,80	0,48	0,55	0,33
TRES ARROYOS	38,38	60,27	109	IVC	-4,4	0,85	0,48	0,59	0,33
NECOCHEA (*)	38,57	58,70	8	IVD	-3,5	0,88	0,48	0,61	0,33
BAHIA BLANCA	38,73	62,18	83	IVC	-5,6	0,82	0,48	0,56	0,33
COMANDANTE ESPORA (*)	38,73	62,17	74	IVC	-5,6	0,82	0,48	0,56	0,33
ARGERICH (*)	38,77	62,60	10	IVC	-6,7	0,78	0,48	0,54	0,33
HILARIO ASCASUBI (*)	39,38	62,62	22	IVC	-6,9	0,78	0,48	0,53	0,33

(*) Estaciones presentes en IRAM 11603/96. TDMN, determinada a partir de una correlación entre temperatura mínima media y TDMN IRAM 11603/10. Ecuación: $TDMN(*) = 1,1691 * TMIN - 9,0134$ con $R^2 = 0,9051$

Tabla A4.2: Valores de transmitancias térmicas de muros y techo admisibles según Nivel B y valores sugeridos por el LAyHS para estaciones meteorológicas presentes en las Normas IRAM 11603/1996 y /2012.

ESTACION	LAT °	LONG °	ASNM m	RegBio	TMAX °C	TMED °C	TMIN °C	TDMN °C	HR %	VV km/h	GDc18 °C	GDc20 °C
AEROPARQUE	34,57	58,42	6	IIIB	14,3	10,8	8	1,7	82	13	850	1278
SAN PEDRO *	33,68	59,68	28	IIIB	17,1	11,2	6,5	-1,4	82	14	908	1336
PERGAMINO	33,93	60,55	65	IIIA	16,0	9,8	4,4	-4,4	83	11	1167	1627
ISLA M.GARCIA *	34,18	58,27	36	IIIB	15,6	11,5	8,0	0,3	81	10	771	1201
SAN MIGUEL	34,55	58,73	26	IIIB	15,4	10,0	5,7	-2,2	81	9	1047	1499
JUNIN	34,55	60,95	81	IIIA	15,4	9,1	4,2	-5,0	81	12	1149	1608
BUENOS AIRES	34,58	58,48	25	IIIB	15,5	11,0	7,4	0,1	81	10	795	1223
EL PALOMAR	34,6	58,6	21	IIIB	15,4	10,1	6,0	-2,5	80	12	996	1441
CASTELAR *	34,67	58,65	22	IIIB	15,4	10,2	5,9	-2,1	80	9	1020	1468
MORON *	34,67	58,63	24	IIIB	15,3	10,2	5,9	-2,1	82	12	994	1434
MERCEDES *	34,68	59,38	43	IIIA	15,8	10,5	4,1	-4,2	85	12	1164	1657
EZEIZA	34,82	58,53	20	IIIB	15,1	9,6	5,0	-3,5	82	11	1108	1570
LA PLATA AERO	34,97	57,9	23	IIIB	14,4	9,2	5,4	-2,5	84	17	1180	1670
LA PLATA OBS *	34,97	57,93	15	IIIB	14,6	9,7	6,7	-1,2	86	11	994	1451
PUNTA INDIO	35,37	57,28	22	IIIB	14,4	9,4	5,3	-1,9	86	15	1186	1679
NUEVE DE JULIO	35,45	60,88	76	IIIA	15,4	9,4	4,4	-3,8	82	8	1129	1592
PEHUAJO	35,87	61,87	87	IIIA	14,8	8,3	3,2	-5,2	81	16	1297	1783
T. LAUQUEN *	35,97	62,73	95	IIIA	15,1	8,6	3,5	-4,9	76	8	1166	1602
LAS FLORES *	36,03	59,1	34	IIIA	14,4	8,8	3,4	-5,0	83	5	1338	1860
BOLIVAR *	36,25	61,1	93	IIIA	14,7	9,1	3,7	-4,7	83	4	1284	1765
DOLORES *	36,35	57,73	9	IVD	14,4	8,2	4,0	-4,3	82	13	1347	1871
SAN CLEMENTE*	36,37	56,72	3	IVD	12,7	8,5	6,2	-1,8	90	9	1310	1810
AZUL *	36,75	59,83	132	IVC	13,7	7,3	2,1	-6,6	85	8	1599	2166
PINAMAR *	37,08	56,85	13	IVD	13,3	8,7	4,9	-3,3	84	8	1403	1947
TANDIL	37,23	59,25	175	IVC	12,7	7,4	3,0	-6,6	84	14	1655	2227
CORONEL SUAREZ	37,5	61,95	234	IVC	12,1	6,2	1,4	-7,7	82	4	1717	2298
LAPRIDA	37,57	60,77	212	IVC	12,6	7,3	2,3	-6,1	68	5	1639	2183
PIGUE	37,62	62,42	298	IVC	11,9	6,6	1,9	-6,4	78	11	1795	2364
BENITO JUAREZ	37,67	59,8	233	IVC	12,1	6,8	2,2	-5,5	81	10	1845	2441
BALCARCE *	37,75	58,3	130	IVC	12,6	7,9	3,8	-4,6	88	14	1670	2226
BORDENAVE *	37,85	63,02	212	IVC	12,8	6,9	2,0	-6,7	78	12	1572	2099
M DEL PLATA Ae.	37,93	57,58	24	IVD	13,0	8,2	3,9	-4,4	85	16	1655	2287
MAR DEL PLATA *	38,05	57,55	5	IVD	13,1	9,1	4,7	-3,5	83	14	1488	2079
S. VENTANA *	38,13	61,78	260	IVC	12,6	7,8	2,9	-5,6	73	5	1554	2099
BARROW *	38,32	60,25	120	IVC	12,7	7,3	2,4	-6,2	80	16	1689	2261
TRES ARROYOS	38,38	60,27	109	IVC	12,5	7,2	3,1	-4,4	79	8	1507	2040
NECOCHEA *	38,57	58,7	8	IVD	12,2	8,2	4,7	-3,5	82	12	1466	2024
BAHIA BLANCA	38,73	62,18	83	IVC	13,6	7,9	3,6	-5,6	73	15	1370	1861
COM. ESPORA *	38,73	62,17	74	IVC	13,6	7,6	2,9	-5,6	77	15	1427	1927
ARGERICH *	38,77	62,6	10	IVC	14,2	7,9	2,0	-6,7	75	10	1383	1864
HIL. ASCASUBI *	39,38	62,62	22	IVC	13,9	8,1	1,8	-6,9	71	15	1518	2049

(*) Estaciones presentes en IRAM 11603/96. TDMN, determinada a partir de una correlación entre temperatura mínima media y TDMN IRAM 11603/10. Ecuación: $TDMN(*) = 1,1691 * TMIN - 9,0134$ con $R2=0,9051$

Tabla A4.3: Síntesis de datos bioclimáticos de invierno para localidades de la Provincia de Buenos Aires presentes en las Normas IRAM 11603/1996 y 11603/2012.

GLOSARIO DE TERMINOS USUALES

Clima: Estado medio de la atmósfera, representado por el conjunto de los elementos y fenómenos meteorológicos referidos a un período de 30 años, y por las variaciones periódicas y aperiódicas, y el desarrollo normal del tiempo en el transcurso del año.

Clasificación bioambiental: Zonificación general que está basada en la combinación de parámetros meteorológicos, referentes a la interacción hombre-vivienda-clima.

TEC (Temperatura Efectiva Corregida): Índice empírico de confort que tiene en cuenta el efecto combinado de la temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo (temperatura radiante media) y la velocidad del aire. Por lo tanto, es una medida de la temperatura operativa.

Temperatura operativa: Temperatura de un recinto imaginario en el cual el cuerpo humano intercambiaría la misma cantidad de calor por radiación y convección que en el ambiente real.

Amplitud térmica: Diferencia entre la temperatura máxima, mensual y la temperatura mínima media mensual.

Días de diseño: Días típicamente cálidos y fríos.

Valores de diseño: Valores para el día que se toma como referencia para el diseño. Son los valores de temperatura de diseño para los cuales sólo 8 días al año resulten más críticos que el día típico de diseño.

Grados Día: Suma de las diferencias horarias de la temperatura media del aire exterior inferior a 18°C, con respecto a este valor para todos los días del año.

Microclimas: Expresiones más localizadas del clima en que se ven modificadas las relaciones de las variables componentes del mismo, y cuyo conocimiento permite un mejor diseño.

Conductividad térmica (λ): Cantidad de calor que se transmite en régimen estacionario, en la unidad de tiempo, a través de la unidad de superficie y perpendicular a la misma, por un material de extensión infinita, caras plano-paralelas y espesor unitario, cuando la diferencia de temperatura entre sus caras es la unidad.

Conductancia térmica (C): Cantidad de calor que se transmite en régimen estacionario, en la unidad de tiempo, a través de la unidad de superficie y perpendicular a la misma, por un material o elemento constructivo de cierto espesor (e), cuando la diferencia de temperatura entre sus caras es la unidad. Se verifica para el caso en que el material o elemento constructivo es homogéneo en todo su espesor (e), que

$$C = \lambda / e.$$

Resistencia térmica (R): Inversa de la conductancia térmica dada por la suma de las resistencias de las capas uniformes y homogéneas de conductividad (λ_i) y espesor (e_i), que constituyen el elemento constructivo de conductancia térmica (C). Se verifica que,

$$R = 1 / C = \sum e_i / \lambda_i.$$

Coefficiente de transmisión superficial del calor (K_s): Cantidad de calor que se transmite en régimen estacionario por convección y radiación en la unidad de tiempo y a través de la unidad de superficie de un material o elemento constructivo en contacto con el aire, cuando la diferencia de temperatura entre éste y la superficie del material o elemento constructivo es la unidad.

Resistencia térmica superficial (R_s): Inversa del coeficiente de transmisión superficial del calor, valor que depende del sentido del flujo de calor y de la situación exterior o interior de las superficies de cerramiento.

Coeficiente de transmisión del calor (K): Cantidad de calor que se transmite en régimen estacionario en la unidad de tiempo, a través de la unidad de superficie y perpendicular a la misma, por un elemento constructivo de cierto espesor, cuando la diferencia de temperatura entre las masas de aire que el mismo separa es la unidad.

Resistencia térmica total (R_t): Inversa del coeficiente de transmisión del calor del elemento constructivo, suma de las resistencias térmicas superficiales y resistencia térmica del elemento constructivo. Se verifica que: $R_t = 1/K = R_{se} + R_{si} + R$.

Coeficiente de absorción de la radiación solar (a): Relación entre la cantidad de calor absorbida (Q_a) por la superficie de un cuerpo y la cantidad de calor incidente por la radiación solar (Q) sobre dicha superficie. Se verifica que: $a = Q_a / Q$.

Permeabilidad (Difusividad del vapor de agua) (δ): Cantidad de vapor de agua que pasa a través de la unidad de superficie de un material o elemento constructivo, de caras plano-paralelas y espesor unitario, cuando la diferencia de presión de vapor entre sus caras es la unidad.

Permeancia al vapor de agua (D): Cantidad de vapor de agua que pasa a través de la unidad de superficie de un material o elemento constructivo de cierto espesor, cuando la diferencia de presión de vapor entre sus caras es la unidad. Se verifica para cuando el material o elemento constructivo es homogéneo en todo su espesor (e), que: $D = d / e$. (anteriormente simbolizado con la letra μ)

Resistencia al vapor de agua (R_v): Inversa de la permeancia al vapor de agua, suma de las resistencias de las capas uniformes y homogéneas de permeabilidad (d_i) y espesor (e_i), que constituyen el elemento constructivo de permeancia (D), despreciándose las resistencias superficiales. Se verifica que:

$$R_v = 1 / D = \sum e_i / d_i.$$

Puente térmico: Zona localizada de un cerramiento con una resistencia térmica inferior al resto del mismo, aumentando la posibilidad de condensación de vapor de agua en dicha zona.

EQUIVALENCIA: 1 Kilocaloría/hora = 1.163 Watts // 1 Watt = 0.86 Kilocaloría/hora

Coeficiente volumétrico G de pérdida de calor: Es la energía térmica que pierde un local calefaccionado por unidad de volumen, unidad de tiempo y unidad de diferencia de temperatura, en régimen estacionario, que deberá suplirse con aportes de calor (solar o calefacción) para mantener constante la temperatura interna del local. (watt metro cúbico kelvin)

Infiltración de aire: Caudal promedio de aire que pasa a través de las juntas de los cerramientos móviles (aberturas) del local calefaccionado, dado por unidad de superficie de abertura en la unidad de tiempo y para una diferencia de presión establecida con los ambientes que los cerramientos separan.

Renovación de aire de un local: Número de veces que el volumen de aire del recinto se renueva una hora.

Envolvente de un edificio vivienda calefaccionado: Conjunto de las superficies internas de los cerramientos, que separan el edificio vivienda calefaccionado del ambiente exterior y del terreno y/o locales de edificios contiguos y/o de locales de subsuelo no calefaccionados y/o de locales no calefaccionados externos.

Barrera de vapor: Capa de material de pequeño espesor de alta resistencia al paso del vapor. Se considera barrera de vapor al material que posea una permeancia inferior a $0,75 \text{ g} / \text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{kPa}$.

Menciones

Ilustraciones:

Jorge D. Czajkowski: 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.6, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 3.19, 4.8, 4.9, 4.10, 5.2, 5.3, 5.4, 5.6, 5.14, 5.16, 5.19, 5.20.

Analía Fernanda Gómez: 4.1, 4.4, 4.6, 4.7, T4.8, T4.9.

Marina A. Ferreyra: 3.4, T4.1, 5.1, T5.1, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.18.

IRAM: 5.2, 5.15.

Portada y tapas:

Srta. Graciana Molteni Diseñadora en Comunicación Visual del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Subsecretaría de Tecnología e Innovación.

NOTAS

NOTAS

NOTAS

æ

área editorial
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

ISBN 978-950-34-1756-0



9 789503 417560

LAHS
Laboratorio de Historia
y Arqueología del
Patrimonio

facultad de
arquitectura
y urbanismo



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

CONICET



CIC

COMISIÓN DE
INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación



Buenos Aires
Provincia