MANUAL PRÁCTICO DEL

AISLAMIENTO TÉRMICO

para una CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE

• Arq. Pablo Azqueta •

AAPE
Asociación Argentina del Poliestireno Expandido

AAPE
ASOCIACION ARGENTINA DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO
www.aape.com.ar

Editorial

Este Manual fue pensado como una herramienta para cumplir los requisitos de la Ley 13059 de la provincia de Buenos Aires y su Decreto Reglamentario 1030/10.

No obstante, los temas generales tratados, tablas, gráficos, métodos de cálculo y muchos otros aspectos desarrollados no son excluyentes y pueden servir como referencia tanto para la Ley 4458/12 "Normas de Acondicionamiento Térmico de Edificios" de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires; la Ordenanza Municipal 8757/11 de la ciudad de Rosario, Santa Fe y cualquier otra legislación que exija el cumplimiento total o parcial de las Normas IRAM de Acondicionamiento Térmico de Edificios aquí consideradas.

AAPE
Asociación Argentina del Poliestireno Expandido

Segunda Edición: Marzo 2017
Autor: Pablo Enrique Azqueta
© Todos los derechos reservados
AAPE | Asociación Argentina del Poliestireno Expandido.

Indice

- **Prólogo** 07
- **Introducción** 08
- **Hacia un diseño consciente con criterios de sustentabilidad** 08

01 Primera Parte 17

- **Marco Normativo** 18
  El aislamiento térmico no sólo nos beneficia individual y socialmente, sino que responde a exigencias normativas y leyes que, como tales, son de cumplimiento obligatorio.
  El objetivo de las mismas es elevar las condiciones de confort y salubridad en los edificios, minimizando el consumo de la energía utilizada a tales fines y mitigando de ese modo la emisión de gases de efecto invernadero.
- **Normas IRAM** 18
- **Sinopsis de las Normas IRAM a cumplimentar y su consideración en este Manual** 18

02 Segunda Parte 23

- **Nociones de transferencia de calor y materia** 24
  Presenta algunos conceptos, definiciones, términos y unidades utilizados en la normativa, a fin de establecer un lenguaje común que facilite su comprensión.
- **Definiciones, conceptos, términos y unidades** 24

03 Tercera Parte 39

- **Métodos de cálculo** 40
  Las normas de requisitos, de aplicaciones, métodos de cálculo y de ensayo, nos permiten tener parámetros de calidad de los materiales y sistemas y definir "cuánto, cómo y dónde aislar", para así cumplir con los objetivos propuestos con la máxima eficiencia y optimización de recursos.
- **IRAM 11601** 40
  Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.
- **IRAM 11603** 46
  Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- **IRAM 11605** 51
  Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.

Indice

- **IRAM 11625 y 11630** 51
  Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales y en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- **Patología Higrotérmica en edificios** 67
  La humedad es causa y efecto de numerosos procesos patológicos que afectan el confort de los usuarios, menoscaban el patrimonio edilicio y comprometen la salud de sus habitantes. Definición de puentes térmicos y algunas sugerencias de soluciones constructivas.
- **Condensación de humedad, higiene y salubridad** 71
  Causas y efectos del desarrollo de mohos que tienen consecuencia en la salud y en el aumento de la morbilidad de la población, al mismo tiempo que económicas por el ausentismo que afecta a la producción y la pérdida de premios para los trabajadores.
- **El Poliestireno Expandido en la construcción** 73
  El Poliestireno Expandido EPS es un material que no sólo juega un sobresaliente rol en la industria de la construcción debido a sus excelentes propiedades como aislante térmico, sino que el profesional encuentra hoy en éste un espectro de aplicaciones casi ilimitado, con una insuperable relación de costo-beneficio.

04 Cuarta Parte 79

- **Soluciones constructivas para paredes y techos** 80
  El Proyectista y el Usuario encontrarán aquí una diversidad de soluciones constructivas de aplicaciones que, sin perjuicio de innumerables otras que podrían diseñarse, sirven como una suerte de catálogo de propuestas para la buena ejecución de la envolvente edilicia, tanto de paredes como de techos, e incluso de sistemas constructivos innovadores.
  Adicionalmente, las propuestas se brindan para dos ciudades que presentan condiciones climáticas diferentes y, consecuentemente distintos requerimientos, lo que permite apreciar las respuestas de una misma solución sometida a diferentes solicitaciones, y los cálculos que las respaldan.
  Las soluciones contemplan los espesores y densidades adecuadas de aislamiento térmico, tanto para cumplir con el Nivel B de IRAM 11605, como para garantizar la ausencia de condensaciones superficiales e intersticiales, sea en planos centrales (11625) como en puntos singulares (11630) de la envolvente, en las dos ciudades consideradas.
- **A. Paredes** 80
- A.1. Muros tradicionales de mampostería 80
  - A.1.1. Doble macizo
  - A.1.2. Doble cerámico estructural de 12 + ladrillo macizo
  - A.1.3. Cerámico estructural de 18 y aislamiento exterior “EIFS”

Indice

  - A.1.4. Bloques de hormigón + revoque exterior aislante
  - A.1.5. Estructura independiente de H°A°y tabiques de cerámico de 18 + aislamiento exterior “EIFS”
- A.2. Aislamientos especiales de muros y tabiques 90
  - A.2.1. De hormigón visto con aislamiento interior, barrera de vapor y placas de yeso
  - A.2.2. Sistema “SteelFraming” con exterior “EIFS”, para evitar puentes térmicos
- **B. Sistemas Constructivos Integrales** 96
- B.1. Concreto armado con mallas de acero electrosoldadas y alma de EPS 96
- B.2. ICF Muros de H°A° con encofrado perdido de bloques encastrables de EPS 97
- **C. Techos** 98
- C.1. Techos livianos 98
  - C.1.1. Ventilado, especial para tejas cerámicas, pizarra, etc.
  - C.1.2. “Doble capa” sin puentes térmicos y ventilado. Con EPS “estándar”; para cubiertas metálicas, (galvanizada, aluminizada, etc.) o cualquier otra.
  - C.1.3. Paneles sándwich de chapa de acero galvanizado prepintado. Autoportantes (en función de la luz a cubrir y a las solicitaciones) con juntas solapadas, agrafadas, envainadas, acaballadas, etc.
- C.2. Techos pesados 104
  - C.2.1. Pesado tradicional con placas de EPS entre losa estructural y hormigón de pendiente y piso cerámico
  - C.2.2. Pesado con aislamiento térmico superior o “techo invertido”
  - C.2.3.Losa de Forjados de EPS y Aislamiento de Hº Liviano de Perlas de EPS aditivadas
- **Otras aplicaciones** 110
  - Sistema de cubierta de terrazas verdes 110
    Dos aplicaciones, Una Solución
  - Placas especiales para lozas radiantes 112
- **Apostilla de techos y cubiertas** 113
  - El Techo Ventilado
  - El Techo “doble capa” con ruptura de puente térmico y EPS estándar
- **Tablas** 118
  Numerosas tablas y gráficos se presentan como una útil herramienta, tanto para el proyectista como para la enseñanza de la temática del Acondicionamiento Higrotérmico de los Edificios.
- **Recomendaciones Generales de Diseño** 152
  Algunas sugerencias y recomendaciones que pueden orientar el diseño de acuerdo a las particularidades microclimáticas del emplazamiento.

Indice

Anexo normativo 159

- **Ley 13059 y Decreto Reglamentario 1030/10 (Completos)** 160
- **Ordenanza 8757/11 de la Municip. de Rosario SF y DR 0985/13** (Resumen) 165

  Aspectos higrotérmicos y demanda energética de las contrucciones
- **Ley 4458** 168

  Normas de acondicionamiento térmico en la construcción de edificios .Ciudad Autónoma de Buenos Aires Boletín Oficial 4142 - 30/04/2013

Índice analítico 172

Bibliografía 177

El autor 178

Prólogo

Este Manual fue pensado como una herramienta tanto para ser aplicada en el cumplimiento de las normativas exigidas por la Ley **13059** de la Provincia de Buenos Aires de Acondicionamiento Térmico de Edificios[1], como en el de otras leyes u ordenanzas análogas (V.g. la **4458** de la CABA y la **8757** de la Municipalidad de Rosario, SF) y además, como un instrumento para la capacitación técnica, la consulta y la difusión de los conceptos involucrados.

A diferencia de un programa de cálculo cerrado (al que no pretende reemplazar), nuestro objetivo es aportar a aquellos que desean respuestas prácticas adoptando algunas de las soluciones técnicas propuestas sin demasiadas complicaciones, pero sin renunciar, si así lo desearan, a conocer como fueron generadas, todas vez que su proceso de cálculo puede consultarse libremente.

Es de destacar que la mención, las frecuentas citas y párrafos extraídos de las Normas IRAM de Acondicionamiento Térmico de Edificios pertinentes, no pretende reemplazarlas sino tan sólo coadyuvar a su comprensión y facilitar su aplicación, recalcando que éstas son el material idóneo al que se deber recurrir ante cualquier duda.

Cabe mencionar por último que si bien la provincia de Buenos Aires abarca dos zonas y dos subzonas bioambientales con diversas particularidades climatológicas, estas involucran una ancha franja central del país en donde se encuentra alojada más del **65%** de la población total del país[2].
Por esta razón se tomó la decisión de que los ejemplos adoptados fueran calculados para dos ciudades representativas de características diversas: la ciudad de La Plata, en la Zona III “Clima Templado Cálido”, subzona IIIb con amplitudes térmicas menores a 14°C y la ciudad de Coronel Suárez en la Zona IV “Clima Templado Frío”, subzona IVc de “transición” (entre la de “máxima irradiancia” y la “marítima”).

Introducción

Hacia un diseño consciente con criterios de sustentabilidad

Los algo más de 7 mil millones de habitantes del mundo hoy se convertirán en 2030 en 8,3 mil millones y a las actuales tasas de crecimiento, la demanda de energía y las emisiones de CO_2 se incrementarán en algo más del 50%. En 2020 circularán en nuestras carreteras 1,2 mil millones de automóviles y en 2025, 2/3 de la población mundial vivirá en ciudades (porcentaje éste, ya ampliamente superado en nuestro país).
Como alimentar, dar vivienda, brindar salud, educación y servicios a tal número de habitantes en ciudades que ya comienzan a mostrar síntomas de colapso, son los grandes desafíos del mundo en que vivimos y su respuesta es apremiante.

Las políticas de estado orientadas a responder a tales demandas son sin duda las que deberían guiar la planificación estratégica del país, sin dejar de considerar el impacto local, regional y global, en especial el de las grandes ciudades, sobre la calidad del aire, el suelo, el agua, la biodiversidad, la flora y fauna y la población humana.

Adicionalmente, como importante país proveedor de alimentos y poseedor de significativas reservas acuíferas que escasean en buena parte del mundo, deberíamos considerar seriamente el cuidado del agua y la preservación de los suelos, fuertemente afectados por el monocultivo y la ausencia de rotación de los mismos, con la consecuente pérdida de productividad de los campos, lo que impedirá cubrir en similar proporción que hoy el incesante incremento de la demanda global de agroalimentos.

En su escala, al Planeamiento Urbano le cabe la responsabilidad de establecer los lineamientos que tiendan a dar respuesta adecuadas a esas demandas a través de políticas sobre el uso del suelo, el transporte público y privado, la densidad urbana, los espacios verdes, la gestión del agua y los residuos, la provisión de energía, salud y educación. Derivadas aquellas de la incesante metropolización a la que se suma la expulsión de las áreas rurales por desaparición de las unidades productivas familiares debido a la concentración monopólica de los grandes "*pools*" de siembra.

Ciudad compacta, ciudad dispersa

No obstante, por acción u omisión el planeamiento recae en el error de apostar a la dispersión urbana, en uno y otro extremo de la escala social. Desde los "*countries*" a los barrios de "*viviendas de interés social*", estos se diseminan en el territorio generando megalópolis con grandes áreas urbano-rurales de muy difícil y costoso acceso a los servicios, por la dimensión requerida de las redes para la provisión de agua potable, cloacas, gas, energía eléctrica; medios y vías de transporte; la demanda de mayor número y complejidad de efectores de salud, educación, etc.

Un apropiado grado de compacidad edilicia y una adecuada densidad urbana facilitan la provisión de servicios y la distribución de espacios verdes, lo que junto a la diversidad de actividades y multiplicidad de interacciones sociales coadyuvan a una mayor calidad de vida.

Algunas organizaciones sugieren que la densidad de las ciudades debería ser aproximadamente equivalente a una calle con edificios de dos o tres plantas, mientras que el Ministerio del Medio Ambiente británico recomienda: "*concentrar urbanizaciones residenciales de alta densidad cerca de los centros de transporte público, manteniendo las densidades existentes o aumentándolas cuando fuera posible*".

1 En el Anexo se encuentra el texto completo de la Ley 13059/2003 y el Decreto Reglamentario 1030/2010.
2 Censo Nacional 2010: Región Pampeana (interior de Pcia. de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa y Santa Fe), 34,4% y Región Metropolitana (CABA y 24 partidos del Gran Buenos Aires) 31,9%, alcanzando el 66,3% de la población total del país.
3 IRAM 11930 utiliza la expresión "Construcción Sostenible" como traducción de "Sustainability in building construction" y la RAE define "sostenibilidad" como cualidad de sostenible y "sustentable" como adjetivo, ignorando, hasta hoy el término "sustentabilidad". No obstante y en virtud a su uso frecuente en nuestro medio, utilizaremos en este texto, indistintamente, una u otra expresión.

Introducción

Arquitectura y construcción sostenible

La Arquitectura padece hoy de un exceso de adjetivación. Si además lo que la califica es su condición de sostenible, el problema se agrava. Sostenible, como adjetivo o adverbio, es una expresión ambigua e imprecisa que, aplicada arbitraria e indiscriminadamente a innumerables productos o procesos, se ha ido vaciando de contenido.

Por su parte, "*La Academia*" y las principales publicaciones ignoran en general el tema, o a lo sumo lo agotan en el mero discurso o en un irrelevante "*greenwashing*"[4].

El concepto mismo de *sostenibilidad* resulta hoy polémico. En primer lugar, porque éste no se trata de un término relativo que nos permita comparar distintos grados de sostenibilidad. Se es o no se es sostenible. Prefiero en cambio referirme con frecuencia a la *insostenibilidad*, lo que nos permite sí tomar un proyecto o un edificio y contrastarlo.

Fernando Diez, de quien tomé esa contraposición, expresó recientemente que: "*Hablar de sustentabilidad en lugar de insustentabilidad ya es en sí mismo un modo de acomodación que mira lo poco que hacemos en la dirección correcta y se niega a considerar lo mucho que seguimos haciendo en dirección a la catástrofe mundial.*"

En un reportaje a Helio Piñón en Buenos Aires unos años atrás, éste aportaba a la polémica diciendo:"*Creo que la sustentabilidad es el último fetiche comercial que se ha lanzado al mundo de la arquitectura, porque la arquitectura de calidad siempre ha sido sustentable*".

Por último, el arquitecto portugués Eduardo Souto de Moura, premio Pritzker 2011, en un reportaje en el que le preguntaron: "*¿Piensa que la sostenibilidad es un problema de ricos?*", respondió:

"Es un problema de malos arquitectos. Los malos arquitectos se organizan siempre con temas secundarios. Dicen cosas del tipo: la arquitectura es sociología, es lenguaje, semántica, semiótica.
Inventan la arquitectura inteligente - como si el Partenón fuese estúpido - y ahora, lo último es la arquitectura sostenible. Todo eso son complejos de la mala arquitectura. La arquitectura no tiene que ser sostenible. ***La arquitectura, para ser buena, lleva implícito el ser sostenible.*** *Nunca puede haber una buena arquitectura estúpida. Un edificio en cuyo interior la gente muere de calor, por más elegante que sea será un fracaso. La preocupación por la sostenibilidad delata mediocridad.*
No se puede aplaudir un edificio porque sea sostenible. Sería como aplaudirlo porque se aguanta".

Un verdadero enfoque de la Arquitectura y del Diseño Urbano que apunte a la reducción de la antedicha insostenibilidad, se debería apoyar al menos, en dos aspectos fundamentales:

- el uso racional y eficiente de los recursos[5], tanto energéticos como materiales y
- la minimización del impacto ambiental de la implantación, producción y uso de los edificios[5].

Las acciones concretas de diseño que los promueven son:

1. El énfasis en la adecuación a las **condiciones del sitio** y a las pautas culturales de los usuarios, actuando acorde a las características geográficas, topográficas y climáticas del emplazamiento.

4 Expresión vinculada a acciones que tan sólo aparentan ser amigables con el ambiente.
5 En mi opinión, deberíamos diferenciar estos dos conceptos que en los últimos tiempos suelen presentarse frecuentemente asociados al de la Energía. El Uso Racional de la Energía (URE) es un hecho cultural que precede al de la eficiencia, que sí lo implica. La Eficiencia Energética en cambio, es el resultado positivo de comparar el cociente entre el "output" y el "input" energético de dos soluciones tecnológicas o de un mismo proceso medido en lapsos diferentes y asociados en general, a los avances en la investigación y el desarrollo tecnológico.

Introducción

Tales como el aprovechamiento o la protección solar según sean las condiciones de irradiación y heliofanía, las amplitudes térmicas, los vientos dominantes, los regímenes de lluvia, las escorrentías del agua de lluvia, el control del ruido, etc. Lo que a su vez definirá:
La morfología (grado de compacidad), las orientaciones, las estrategias de iluminación natural y las ventilaciones, el diseño de la envolvente con una apropiada relación entre superficies opacas y vidriadas; que, en concurrencia con aspectos culturales, prefijan la tipología edilicia (materiales, tecnología constructiva, expresión, etc.).

2. El uso racional y eficiente del agua y de los recursos en general y energéticos en particular basados en:

- el adecuado aislamiento térmico,
- la mayor eficiencia de procesos y equipos y
- la utilización de fuentes renovables de energía,
- el aprovechamiento de las lluvias y las aguas grises,
- el uso de materiales y tecnologías apropiadas, con una elevada eco-eficiencia (LCA)[6] ,
- la mitigación de las emisiones de CO_2 y otros contaminantes (GEI's)[7] que causan la degradación del ambiente y el calentamiento global, y
- el tratamiento (preferentemente local) de residuos y efluentes, etc.

Cambio cultural y nuevos paradigmas

En mi opinión, la arquitectura y el diseño urbano requieren hoy de nuevos paradigmas que expresen estos condicionantes que se tornarán cada día más acuciantes, trascendiendo el mero maquillaje para dar lugar a un nuevo canon arquitectónico.

Deberemos imaginar un nuevo lenguaje arquitectónico que exprese de alguna manera, los inmensos desafíos globales a los que nos enfrentamos y las acciones que estamos dispuestos a realizar para afrontarlos, donde la creatividad responsable deberá imponerse a una vacua y extemporánea "originalidad".

La energía más limpia y barata… es la que se consume con responsabilidad y eficiencia

El incremento del Aislamiento Térmico de los Edificios, produce:

- menores costos iniciales en equipos de acondicionamiento,
- menores gastos de funcionamiento por disminución del consumo y reducción de tarifas,
- un significativo ahorro de energía, orientable a procesos productivos y a la generación de nuevos puestos de trabajo,
- una importante reducción de las emisiones de CO_2,
- un incremento del precio del metro cuadrado construido,
- una reducción de la morbilidad y del ausentismo invernal.
- Mientras que, la Política Energética de subsidiar los combustibles de modo indiscriminado, sin un sentido social, resulta imposible de sustentar, es inequitativa y favorece un elevado consumo.

6 LCA acrónimo de "Life Cycle Assessment" (Scientific method for measuring the environmental footprint of materials, products and services over their entire lifetime). Medida del impacto ambiental del ciclo de vida (producción, uso y disposición) de productos y procesos.
7 GEI's Gases de efecto invernadero tales como el CO_2 o el metano (CH_4), 20 veces más contaminante que el primero pero de un volumen relativo menor en la atmósfera.

Introducción

La energía es hoy un bien escaso y los recursos no renovables como el gas y el petróleo (de los que ya no nos autoabastecemos sino que debemos en parte importar a costos de miles de millones de dólares anuales), constituyen aproximadamente el **90%** de la matriz energética primaria del país.
El horizonte de reservas es de muy corto plazo y su agotamiento, o la inviabilidad económica de obtenerlos debido al creciente costo generado por el incesante aumento de la demanda mundial, están a la vuelta de la esquina.

Pero para dimensionar la incidencia del sector de la construcción en el problema, cabe mencionar que la producción y el funcionamiento de los edificios **insumen algo más de la tercera parte de todos los recursos energéticos primarios del país (36%)**, cuantía superior a la del Transporte **(30%)** y mayor a la de la Industria, que genera valor agregado y puestos de trabajo **(23%)**[8].
Pero lo que resulta verdaderamente significativo es que, de acuerdo a datos de fuentes oficiales al referirse al uso de la energía secundaria, el **58% corresponde al acondicionamiento térmico de los edificios** (calefacción y refrigeración)[8], lo que significa el **20%** del total de la energía que consume el país (58% del 36%). Este porcentaje se puede reducir en más del **50%** con un adecuado aislamiento térmico.

Sobre leyes, decretos y normativas

El 21 de diciembre de 2007, mediante el Decreto Presidencial **140**, se creó un importante marco legal al declararse de interés y prioridad nacional el uso racional y eficiente de la energía como una herramienta fundamental de política energética y de la preservación del ambiente, alineándonos de este modo con las políticas que se siguen en innumerables países desde hace ya un par de décadas y comenzándose a cumplir los compromisos derivados de la firma de tratados internacionales como la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Ley 24.295/94) y el Protocolo de Kyoto[9] (Ley 25.438/01).

Surge así, el Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía PRONUREE, que se inició con el canje de lámparas de filamento por lámparas de bajo consumo en el sector residencial, el reemplazo de luminarias en el alumbrado público y continuó, entre otros, con el Etiquetado de Eficiencia Energética de Electrodomésticos (obligatorio en lámparas, heladeras y equipos de aire acondicionado, y voluntario en lavarropas y motores trifásicos), y la creación de la Norma **IRAM 11900**". Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente". (De cumplimento sólo exigible en la Ley **4458** de la C.A.B.A.).

Con anterioridad, ya en abril de 2003 había sido promulgada la **Ley N° 13059** de la Provincia de Buenos Aires, "…cuya finalidad es establecer las condiciones de acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de los edificios, para contribuir a una mejor calidad de vida de la población y a la disminución del impacto ambiental a través del uso racional de la energía", **siendo Buenos Aires la primer provincia en legislar sobre el consumo de energía en las construcciones derivado de la climatización de los edificios.**

El día 29 de julio de 2010, luego de siete años, se publicó en el Boletín Oficial de la Provincia el **Decreto Reglamentario 1030** a través del cual se exige que toda obra nueva o "intervención sobre una existente, en su totalidad o parcialmente ya sea in-situ o mediante partes para su posterior montaje"; **deberá cumplimentar la Normativa IRAM vigente sobre Acondicionamiento Térmico de Edificios y Ventanas** (cuyo cumplimiento era hasta entonces, salvo excepciones y parcialmente,de aplicación voluntaria). **Tal exigencia es de carácter inmediato**, (en rigor su obligatoriedad se remonta a la fecha de su promulgación, el DR lo que hace es facilitar su aplicabilidad aportándole precisiones).

8 Si bien estos porcentajes fluctúan según diferentes variables, entre las que cabe destacar las condiciones macroeconómicas dominantes, su variación de un par de puntos en más o en menos no modifica significativamente la magnitud del problema.
9 A lo que deberemos agregar ahora los compromisos derivados de la firma del Acuerdo de París sobre Cambio Climático de diciembre de 2015 que compromete a las naciones a tomar todos los recaudos necesarios para reducir el aumento de la temperatura global a menos de 2°C para para finales del siglo.

Introducción

La Ley se propone elevar las condiciones de confort y salubridad en los edificios y reducir el consumo de la energía utilizada, ya sea en calefacción como en refrigeración, a través de la mejora del aislamiento térmico de la envolvente, tanto de muros, de techos como de ventanas, evitando además los riesgos de humedad por la condensación de vapor de agua.

Esto deberá producir, no sólo un ahorro neto de energía que reducirá las tarifas de los usuarios, sino que permitirá derivar los excedentes a sectores productivos, mitigando a la vez las emisiones de CO_2.

Adicionalmente la ley se resguarda de volverse rápidamente obsoleta al establecer que…"*las normas técnicas futuras que de cualquier forma revisen, modifiquen, corrijan o innoven sobre acondicionamiento térmico de edificios y ventanas,* ***serán de aplicación obligatoria y automática a partir de los noventa días de su publicación."***

Si bien con la Ley y el DR comenzábamos a ponernos, aunque tardíamente, en sintonía con algunas de las preocupaciones que concitan la atención de gobernantes y estudiosos, y con las normativas más exigentes implementadas en los países centrales, al tomar estado público estas acciones una cierta preocupación se extendió entre profesionales y constructores y, en primera instancia, se magnificaron según mi opinión y en cierta medida, las dificultades que implica su cumplimiento como también el sobrecosto que de éste pudiese derivar.
Estos aspectos, sumado a cierta lasitud de los organismos técnicos encargados de verificar su observancia y las tarifas de energía fuertemente subsidiadas, fueron factores que a mi entender coadyuvaron a su falta de adhesión y al escaso o nulo cumplimiento de la misma pese al tiempo transcurrido desde su promulgación. (El texto completo de la Ley **13059** y el Decreto Reglamentario **1030** se pueden consultar en el Anexo Normativo).

Otras leyes y ordenanzas

Cabría mencionar en este punto al menos dos normativas que aun con similares objetivos, presentan resultados contrapuestos en relación a su cumplimiento efectivo.

La **Ley 4458** "*Normas de Acondicionamiento Térmico en Edificios*" de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires de diciembre de 2012, incorporada en el Código de Edificación, que agregó la obligatoriedad del cumplimiento de Normas IRAM **para construcciones nuevas de más de 1500 m²** y que hasta el momento ha corrido una suerte similar a la Ley **13059**. (Una síntesis de la Ley **4458** se puede consultar en el Anexo Normativo).

La excepción hoy, es la **Ordenanza 8757** de 2011 de la Municipalidad de Rosario, Santa Fe, sobre la regulación de "*Aspectos Higrotérmicos y Demanda Energética de la Construcciones"*, reglamentada por el **Decreto 0985** de 2013 por el que se establecen requerimientos incorporados al Código de Edificación Municipal, utilizándose para su aplicación, un **criterio de gradualidad** basado en dos aspectos:

a) La aplicación de exigencias respecto de las características de la envolvente de los edificios (parámetros higrotérmicos y de demanda energética y
b) el tamaño y escala de los edificios.

Su aplicación comenzó en 2013 para edificios nuevos de superficie cubierta superior a 4000 m^2, en 2014 se incorporaron los de más de 3000 m^2,en 2015 los que superaban los 2000 m^2 y así sucesivamente, **previéndose para 2018 su aplicación a la totalidad de los edificios.**

Es de destacar que esta ordenanza es la única que desde su inicio viene cumpliendo con todas las etapas establecidas. (Una síntesis de la Ordenanza **8757** y del Decreto Reglamentario **0985/13** se puede consultar en el Anexo Normativo).

Introducción

Cuánto, cómo y dónde aislar

Algunos aspectos prácticos a tener en cuenta para cumplir con los objetivos de la ley y sus costos

Tal como ya se expresara, toda nueva construcción o reforma de una existente o fabricación de partes a ser montadas, deberá cumplir con ciertas exigencias entre las que podríamos destacar la de niveles **mínimos de aislación térmica en muros y techos**, verificando que sus correspondientes valores de **K** (transmitancia térmica) sean igual o menores a los valores de **K** máximo admisible que para el **Nivel B** (medio) establece la Norma **IRAM 11605**, tanto para las condiciones de **invierno** como para las de **verano**.

Ahora bien, como la provincia de Buenos Aires presenta dos Zonas Bioclimáticas **(IRAM 11603)**: al norte la **Zona III** Templado Cálida y al sur la **Zona IV** Templado Fría, para definir los valores del **K máximo admisible** de los muros será necesario saber las temperaturas mínimas de diseño de la localidad (que figuran en tablas de la norma antes citada).

De todas maneras, en la práctica, para verificar las exigencias de la norma, basta con la simple incorporación de un aislante adicional de **2** a **4 cm** a los muros tradicionales sin aislación (sean estos de ladrillo macizo, bloques cerámicos huecos estructurales, bloques de hormigón, etc.).

Desde el punto de vista económico, esta es la porción de la envolvente que puede requerir un costo adicional (además del poco significativo del aislante), toda vez que supone alguna solución complementaria para contener o instalar el aislamiento térmico requerido. Aun así no podemos olvidar que los muros exteriores de una vivienda exenta (sin compartir medianeras) están en el orden del **40%** del total de la envolvente cuando la misma está resuelta en una única planta, valor éste semejante al del techo si éste es inclinado.

Para los techos en general, la condición más exigente es la del verano pero estará también condicionada por la *reflectancia* de la cubierta (definida básicamente por su color).

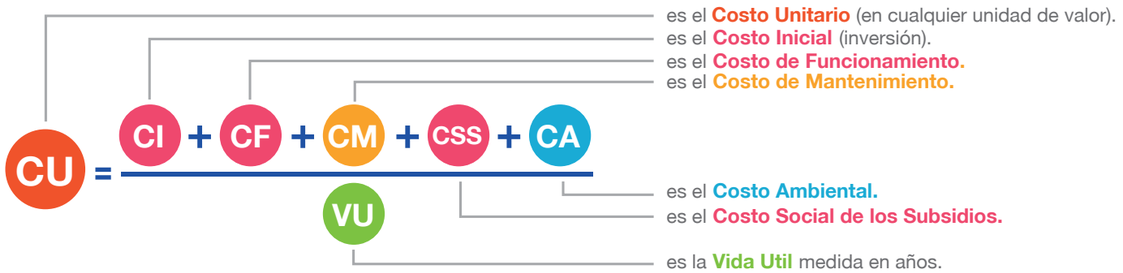
Como a diferencia de los muros opacos los techos inclinados (en su mayoría con cubiertas de chapa galvanizada o tejas) contemplan en general una cierta cantidad de aislamiento, llegar a los **6** ó **7 cm** requeridos para cumplir con la mayoría de las distintas situaciones que contempla la Ley, no implica un sobrecosto significativo en aislamiento ni en elemento constructivo adicional alguno.

Lo propio ocurre con las cubiertas pesadas tradicionales con aislamiento intermedio. En el caso de la solución con aislamiento térmico superior (techo invertido) de un excelente comportamiento higrotérmico, las losetas sobre soportes y junta abierta (terraza seca) reemplazan las baldosas tradicionales de terminación del techo, como lo podría hacer de igual modo un deck e incluso una terraza ajardinada.

Como resulta fácil imaginar, la incidencia porcentual de la aplicación de la Ley en el costo final de un edificio dependerá de muchos otros factores, entre los que la tipología adoptada tiene una destacada importancia (en especial la compacidad del mismo). Si éste es de una, dos o varias plantas, si las unidades son exentas o yuxtapuestas, en tiras o bloques, se afectará la relación de las superficies vidriadas y opacas y la de las paredes y techos. No obstante, y a título de orientación la incidencia del costo del aislamiento adicional deberá estar entre un **3%** y un **5%** y tal vez menos.

Aun así este porcentaje podría ser mayor debido, en particular, al incremento del costo de una carpintería de mejor prestación (lo que se expresa en una mayor estanqueidad y en el paso de un vidrio monolítico simple a un DVH), sobre todo si la original fuese de muy baja calidad. Dependiendo por último y como es de suponer, del tamaño de las mismas.

No obstante, tales sobrecostos pueden ser rápidamente amortizados, no sólo por la reducción de los gastos de funcionamiento en energía y, consecuentemente menores tarifas (cuyos valores en relación a los costos de producción se encuentran aún hoy significativamente atrasados), sino además por una reducción del costo inicial de equipos de climatización por la menor potencia requerida para conseguir similares condiciones de confort.



El aislamiento térmico más que un gasto, es una rentable inversión a muy corto plazo y un significativo aporte a la reducción del consumo energético y a la mitigación de los gases de efecto invernadero.

Acerca de dónde colocar el aislante

Definido aproximadamente el espesor del aislamiento térmico adicional requerido, es importante mencionar el diferente comportamiento higrotérmico que éste tendrá según sea su posición en el muro o en el techo. En primer lugar deberá privilegiarse su colocación lo más externa posible para prevenir riesgos de condensación intersticial que lo degradarían o afectarían su "*performance*", **evitando los puentes térmicos.** En el caso de un muro simple al exterior, o en la cavidad intermedia si éste fuera de dos hojas, con la interposición de una barrera de vapor (V.g. lámina o film de polietileno PE de unos 200 micrones) siempre del "*lado caliente*" (interior) del muro. Tal barrera resulta imprescindible cuando, por razones de fuerza mayor, el aislante es colocado en la cara interior de un muro o techo. Esta condición es la menos favorable de todas ya que la barrera de vapor allí localizada, presenta una gran vulnerabilidad al estar expuesta a perforaciones o roturas imprevisibles a lo largo de la vida útil del edificio.

Una reflexión sobre el lenguaje arquitectónico

Los edificios icónicos suelen ser tomados frecuentemente como paradigmas excluyentes de la arquitectura de nuestros días en donde la singularidad y la diferenciación, manifestadas en particular por los valores expresivos de una obra, prevalecen fuertemente por sobre otros condicionantes, al punto de identificarse el término "*diseño*" con las características formales de una obra. El buen diseño de un edificio se refiere mayoritariamente a sus valores expresivos y distintivos. Es ésta una visión reduccionista y maniquea que debemos superar.

Por otra parte, si señalamos como referencia y de una manera groseramente simplificada algunas de las numerosas causas que dieron origen a la Arquitectura del Movimiento Moderno, podemos especular en que éste fue el resultado de la concurrencia de factores de la más diversa naturaleza; tanto socioeconómicos como tecnológicos y culturales. Entre estos, no podríamos dejar de mencionar: el fenomenal impacto de la revolución industrial y el consecuente advenimiento de una nueva forma de capitalismo que, junto al éxodo y la concentración de importantes masas obreras rurales desbordaron los suburbios ya pauperizados de las ciudades del siglo XIX y acentuaron su precarización a causa del acelerado e incontrolable proceso de urbanización.

Introducción

El belicismo de la Europa central[10], que aceleró el desarrollo de nuevos materiales y el incremento en la producción y calidad de otros, como el acero laminado y el vidrio plano, generaron las grandes estructuras del siglo XIX; a los que, más avanzado el siglo XX, se les sumó el hormigón armado y el vidrio plano "*float*". Sólo un aspecto faltaba adicionar y éste fue el abandono del decimonónico clasicismo dominante hasta la segunda mitad del siglo XIX, hacia la estética del llamado arte moderno (impresionismo, expresionismo, cubismo, surrealismo, neoplasticismo y futurismo).

¿Por qué no permitirnos entonces imaginar un nuevo lenguaje arquitectónico que exprese de alguna manera, los inmensos desafíos a los que nos enfrentamos y las acciones que estemos dispuestos a realizar para dar respuesta a los mismos?

Aspectos tales como el aumento y el envejecimiento de la población demandarán salud y nutrición, alimentos y agua; la creciente urbanización y metropolización requerirá viviendas y construcciones, terrenos y servicios urbanos; la demanda de energía y el cambio climático, exigirán más energía limpia y recursos.
Debemos, entiendo, asumir responsablemente la cuota de protagonismo que la historia nos demande y dejar pronto de lado, permítaseme la irreverencia metafórica, el fatalismo de continuar bailando en la cubierta del Titanic.

Pablo Azqueta, Rosario, revisión 3ra. Edición, junio de 2016.

*10 La **Bauhaus**, sin dudas la escuela integral de diseño más relevante del último siglo, fue creada entre las dos grandes guerras, en Weimar, Alemania en 1919 y cerrada en Berlín en 1933 y en ese breve lapso generó nuevos paradigmas que dejaron una impronta imborrable en todas las artes en general, el diseño industrial, las artes gráficas y fue precursora del Movimiento Moderno en Arquitectura.*

Primera Parte

- **Marco Normativo** 18

  El aislamiento térmico no sólo nos beneficia individual y socialmente, sino que responde a exigencias normativas y leyes que, como tales, son de cumplimiento obligatorio.
  El objetivo de las mismas es elevar las condiciones de confort y salubridad en los edificios, minimizando el consumo de la energía utilizada a tales fines y mitigando de ese modo la emisión de gases de efecto invernadero.
- **Normas IRAM** 18
- **Sinopsis de las Normas IRAM a cumplimentar y su consideración en este Manual** 18

Marco normativo

Normas Iram

Sinopsis de las Normas IRAM básicas a cumplimentar y su consideración en este Manual.

Las normas en general son instrumentos que establecen requisitos comunes a ser tenidos en cuenta en la producción de bienes y servicios que garanticen la calidad y seguridad de funcionamiento.

Establecen pautas comunes que se acuerdan seguir y se reglan diversos aspectos que permiten a los diferentes actores involucrados tener un lenguaje claro y preciso.

IRAM es el Instituto Argentino de Normalización y Certificación, responsable de la producción de tales instrumentos, vinculado además, con los organismos similares del exterior y representante argentino ante las organizaciones regionales de normalización.

En los Comités de Estudio de Normas, participan representantes de distintas organizaciones que pertenecen a los tres sectores involucrados en la creación de una norma: los productores, los consumidores y los responsables del velar por el interés general y el bien común.

Las normas suelen ser de aplicación voluntaria aunque en algunos casos adquieren el carácter de cumplimiento obligatorio por imperio de una Ley u Ordenanza. Este es el caso de La Ley **13059** de la Provincia de Buenos Aires y su Decreto Reglamentario **1030**; la Ley **4458** de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires o la Ordenanza Municipal **8757** de la Ciudad de Rosario, que exigen el cumplimiento de diversas Normas IRAM de Acondicionamiento térmico de edificios y de Carpintería de obra, entre las que cabe mencionar:

IRAM 11549

Aislamiento térmico de edificios. Vocabulario.

Se determinan las definiciones de las magnitudes físicas y sus correspondientes símbolos y unidades, y de otros términos utilizados en el acondicionamiento térmico de edificios.
Las unidades se expresan en el Sistema Métrico Legal Argentino (SIMELA), de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). En su anexo A se encuentran tablas de equivalencias.

En el ítem "*Definiciones*" desarrollamos "*in extenso*" los principales conceptos de la 11549 y algunos adicionales que creemos puede ser de interés o de valor pedagógico, tratarlos con mayor profundidad.
De igual modo, concentramos en este punto muchos otros conceptos que aparecen en las normas pertinentes, algunos de los cuales creímos oportuno agrupar en un único ítem.

IRAM 11601

Aislamiento térmico de edificios. Propiedades térmicas de los materiales para la construcción. Método de cálculo de la resistencia térmica total.

Establece los valores y método simplificados para el cálculo de elementos planos no homogéneos.
Esta norma no contempla los puentes térmicos que son tratados en ***IRAM 11605.***

En el este Manual, se explican no sólo como realizar los cálculos necesarios y los pasos a seguir para cumplimentar el llenado de las planillas pertinentes, sino que se presentan 16 soluciones constructivas para muros exteriores y techos, que han sido verificadas en 2 localidades de climas diferentes: la ciudad de La Plata y la ciudad de Coronel Suárez.
Adicionalmente, se adjuntan las planillas desarrolladas para su verificación tanto para el cumplimiento del **K máximo admisible** de la **IRAM 11605**, como los de riesgo de condensación superficial e intersticial, tanto en paños centrales como en puntos singulares como aristas verticales, horizontales y rincones **(IRAM 11625** y **11630**); adjuntándose las respectivas planillas que las respaldan. Esto permitiría adoptar tales soluciones sin necesidad de ningún cálculo adicional (salvo en lo referido a carpinterías y a la **IRAM 11604** por las razones que exponemos más adelante).
También se presentan, las tablas que brinda la norma y una algo ampliada con los valores de Conductividades térmicas de materiales y Resistencia o Transmitancia de componentes.

IRAM 11603

Aislamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.

Establece la zonificación de la República Argentina de acuerdo con un criterio bioambiental, indicando las características climáticas de cada zona.
Se dan pautas generales de diseño, la evaluación de las orientaciones favorables y el cumplimiento de asoleamiento mínimo de los edificios destinados a vivienda. Se establece la caracterización de los microclimas y su evaluación desde el punto de vista del acondicionamiento térmico de edificios.
En el anexo A se incluyen datos climáticos correspondientes a estaciones meteorológicas de todo el país.

En el presenta Manual, se extraen y sintetizan los datos correspondientes a las zonas bioambientales de la provincia de Buenos Aires y los datos climáticos de todas las estaciones meteorológicas de la provincia, resultando verosímil la interpolación de tales datos de las localidades más cercanas a aquellas que carezcan de los mismos.

IRAM 11604

Aislamiento térmico de edificios. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor.

Esta norma establece el método de cálculo del coeficiente volumétrico de pérdida de calor (Gcal) el cual permite evaluar el ahorro de energía en calefacción de edificios destinados a vivienda, fijando además, los parámetros de ahorro de energía para calefaccionarlos, a través de los valores máximos admisibles del coeficiente volumétrico de pérdidas de calor (Gadm).

Esta Norma no será desarrollada en esta versión toda vez que la misma excede los objetivos del presente trabajo pues se interna en el diseño mismo del edificio. El volumen interior del edificio calefaccionado, las áreas interiores de las superficies de cerramientos opacos y no opacos y sus respectivas transmitancias térmicas, el perímetro de piso en contacto con el aire exterior, el número de renovaciones de aire promedio por hora, las orientaciones de las fachadas, etc.
Parámetros estos que superan holgadamente las soluciones aquí presentadas pero que, de ninguna manera, las excluyen.
Se prevé en próximas ediciones incorporar un software abierto para que, introduciendo las variables de diseño correspondientes, poder cumplimentar este requisito.

IRAM 11625

Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación del vapor de agua superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.

IRAM 11630

Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación intersticial y superficial en puntos singulares.

Tanto para el primer caso "*verificación de riesgo de condensación superficial e intersticial en paños centrales*", como en el de "*puntos singulares*" (de los que la ley especifica sólo aristas verticales y superiores de locales); se presentan:
Conceptos y definiciones (en el ítem "*Definiciones*"). Planillas de cálculo y su aplicación, tabla de permeabilidades y permeancia al vapor de agua (de **IRAM 11601**), tabla de humedades relativas interiores en función de las TDMN, tabla de presiones de vapor de saturación y, adicionalmente, el desarrollo del cálculo en las planillas de todos los ejemplos para La Plata y Coronel Suárez.

IRAM 11507-1

Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Requisitos básicos y clasificación.

Esta norma establece los requisitos básicos que deben cumplir las ventanas y ventanas balcón exteriores de los edificios, con todos sus componentes, vidrios, accesorios y herrajes incluidos, permitiendo su clasificación para los requisitos de resistencia a la acción del viento la estanquidad al agua y la infiltración de aire.

La Ley exige clasificar **IRAM A1** para carpinterías colocadas en edificios de hasta 10 m de altura sobre el nivel del terreno (medido hasta el dintel de la ventana), e **IRAM A2** para carpinterías colocadas por encima de ese nivel. Se adjunta la tabla correspondiente.

IRAM 11507-4

Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Requisitos complementarios. Aislación térmica.

*Esta norma establece los requisitos complementarios de aislación térmica que deben cumplir las ventanas exteriores que satisfacen los requisitos establecidos en **IRAM 11507-1** (Infiltración de aire) e **IRAM 11507-2** (Resistencia mecánica).*

Se exige cumplir con la Categoría de aislación **K5** en edificios de hasta 10 m de altura sobre el nivel del terreno (medidos hasta el dintel de ventana) y **K4** para las carpinterías colocadas por encima de ese nivel.
Se adjuntan tablas de:
Categoría de aislación de ventanas (transmitancia térmica **K**); transmitancia térmica de vidrios; transmitancia de perfiles de aluminio (con y sin RPT- ruptor de puente térmico); transmitancia de perfiles de PVC; transmitancia térmica **(K)** de ventanas con perfilería de aluminio (con y sin RPT) y transmitancia térmica **(K)** de ventanas con perfilería de PVC.

- NOTA IMPORTANTE

(Se transcribe aquí literalmente el Artículo 3° del Anexo Único. Reglamento de Aplicación de la Ley 13059):

"ARTÍCULO 3°: La normativa técnica vigente a cumplimentar, emanada del Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM) es la que surge del Anexo I que forma parte integrante del presente. **Las normas técnicas futuras que de cualquier forma revisen, modifiquen, corrijan o innoven sobre acondicionamiento térmico de edificios y ventanas, serán de aplicación obligatoria y automática a partir de los 90 días de su publicación** y sólo para los proyectos a aprobarse por la Autoridad de Aplicación". (El **destacado** es nuestro)

Segunda Parte

- **Nociones de transferencia de calor y materia** 23
  Presenta algunos conceptos, definiciones, términos y unidades utilizados en la normativa, a fin de establecer un lenguaje común que facilite su comprensión.
- **Definiciones, conceptos, términos y unidades** 24

Nociones de transferencia de calor y materia

Definiciones, conceptos, términos y unidades utilizados en la normativa a aplicar a fin de establecer un lenguaje común

Algunos de los conceptos y definiciones fueron extraídos de **IRAM 11549**. "*Vocabulario*", aunque la mayoría son reinterpretaciones y adecuaciones de diversa bibliografía y ajustada a un lenguaje de divulgación técnica general[11].

Calor, Temperatura y Equilibrio Térmico

El **calor** es energía en tránsito entre dos sistemas o entre un sistema y su entorno debido a una diferencia de temperatura entre estos.

La **temperatura**[12] es una propiedad física de la materia que, cuantitativamente expresa las nociones comunes de calor y frío. Objetos que poseen baja temperatura se perciben fríos, mientras que a diversos grados de temperaturas más altas se los percibe tibios o calientes. La temperatura es un parámetro termodinámico del estado de un sistema. El calor siempre fluye desde el cuerpo o sistema de mayor temperatura hacia el cuerpo o sistema de menor temperatura, ocurriendo la transferencia de calor hasta que ambos cuerpos se encuentren en **equilibrio térmico**.

Muchas de las propiedades de la materia que podemos medir dependen de la temperatura. La dimensión de los objetos (se contraen y dilatan)[13], la longitud de una barra de metal, la presión de vapor de un gas, la conductividad eléctrica de un alambre, todo esto depende de la temperatura.

Estas características nos permiten realizar diversos **termómetros**. La expansión del mercurio en un tubo cerrado cuando éste se calienta. El aumento o disminución de la presión de un gas contenido en un recipiente de volumen constante al calentarse o enfriarse.

Cuando sumergimos un termómetro en un líquido caliente, el termómetro se calienta y el líquido se enfría aún cuando la variación resulte ínfima. Al estabilizarse la temperatura del termómetro el sistema está en equilibrio y podemos leer la temperatura en la escala convencional adoptada.

Si interponemos un **material aislante** entre dos sistemas a distintas temperaturas lo que lograremos es retardar el **equilibrio térmico**.

• Calor Sensible y Latente

Calor sensible es aquel que aportado a un cuerpo o substancia hace que aumente su temperatura sin afectar su estado. En términos generales la cantidad de calor necesaria para calentar o enfriar un cuerpo es directamente proporcional a la masa del cuerpo y a la diferencia de temperaturas. La constante de proporcionalidad recibe el nombre de **calor específico**. Sintéticamente se denomina **calor sensible** a aquel que aplicado a una sustancia modifica su temperatura.

*11 Consultar "Bibliografía" y las 9 Normas IRAM cuya aplicación demandan las **Leyes 13059**; **4458** y la **Ordenanza 8757**.*
12 A nivel molecular la temperatura es el resultado del movimiento de las partículas que constituyen la materia. Las partículas en movimiento portan la energía cinética. La temperatura aumenta con el incremento de este movimiento y el de la energía cinética. El movimiento puede ser el de traslación de las partículas, o la energía de la partícula debido a la vibración molecular o a la excitación de un nivel electrónico de energía.
En un sentido termodinámico, el calor no se considera que se almacene dentro de un sistema. Al igual que el trabajo, éste sólo existe como energía en tránsito de un sistema a otro o entre un sistema y su entorno. Cuando la energía en forma de calor se añade a un sistema, se almacena en él en forma de energía cinética y potencial de sus átomos y moléculas lo que incrementa la energía interna del sistema.
13 La dilatación volumétrica o superficial de los objetos por cambios de temperatura no es un tema menor en la construcción ya que suelen dar lugar a numerosos procesos patológicos de la envolvente edilicia.

02 Segunda Parte

Calor latente o **calor de cambio de estado**, es la energía absorbida o entregada por una cantidad de sustancia para cambiar de fase, de sólido a líquido (calor latente de fusión $\mathbf{L_f}$) o de líquido a gaseoso (calor latente de vaporización $\mathbf{L_v}$). Durante el proceso inverso, al cambiar de gaseoso a líquido y de líquido a sólido se libera la misma cantidad de energía (a la misma presión atmosférica). Su unidad es el **J/kg** (joule/kilogramo).

El calor de fusión del agua a presión atmosférica normal es 334,4 kJ/kg a 0°C mientras que el de vaporización es 2257 kJ/kg a 100°C.

A presiones atmosféricas distintas a la normal se modifican, tanto los valores de **Calor Latente** de cambio de fase como la temperatura a la que éste se produce[14].

• Calor Específico

El **calor específico** (también **capacidad calorífica específica**) es una magnitud física que se define como la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa de una sustancia para elevar su temperatura en una unidad (kelvin o grado Celsius). En general, el valor del calor específico depende de dicha temperatura inicial. Se la simboliza con la letra **c** (minúscula) y su unidad es **J/(kg.K)** [joule/(kilogramo.kelvin)].

De forma análoga, se define la **capacidad calorífica** como la cantidad de calor que hay que suministrar a toda la masa de una sustancia para elevar su temperatura en una unidad (kelvin o grado Celsius). Se la representa con la letra **C** (mayúscula).

Por lo tanto, el calor específico es el cociente entre la capacidad calorífica y la masa, esto es:
c = C/m donde **m** es la masa de la sustancia.
El calor específico del agua líquida es de 4190 J/(kg.K) (aproximadamente 1 kcal/(kg.K)[15].

• Cantidad de Calor y Flujo de Calor

Como ya fue expresado el **calor** es energía en tránsito entre dos sistemas o entre un sistema y su entorno debido a una diferencia de temperatura entre estos. La **cantidad de calor** se simboliza con la letra **Q** y su unidad es el **J** (joule).

El **flujo de calor** es el cociente entre la cantidad de calor que pasa de un sistema a otro y el tiempo requerido (se lo puede expresar como la densidad temporal de la energía). Su símbolo es Φ (aunque se usa frecuentemente **F**) y su unidad es el **W** (watt).

• Densidad de Flujo de Calor

La densidad de flujo de calor es el cociente entre el flujo de calor y e**l área** en **W/m²**.

A los efectos de la física aplicada en la construcción, el **Flujo de Calor** es directamente proporcional a la **diferencia de temperatura** entre dos ámbitos e inversamente proporcional a la **Resistencia térmica** del elemento que los separa **$F = \Delta t / R_T$.**

*14 Como tanto **L_v** como la temperatura de ebullición dependen de la presión, a medida que aumenta la altura respecto al nivel del mar, la presión atmosférica media decrece, el agua hierve a menor temperatura y el calor de vaporización se incrementa.*
15 En las construcciones este valor reviste importancia ya que el mismo es del orden de 4 veces mayor al calor específico de otros materiales usuales en obra por lo que a una densidad similar se requerirá 4 veces más energía para aumentar la temperatura de una masa semejante de agua que de otro material de construcción.

• Conductividad Térmica y Resistencia Térmica

La **conductividad térmica** es el flujo de calor transmitido a través de un material de espesor unitario por unidad de área, cuando el gradiente de temperatura sea unitario. Su símbolo es **λ** y su unidad (resultado de la simplificación del espesor y el área) es **W/(m.K)**, depende de la naturaleza del material y del rango de temperatura.

Hay materiales que son buenos **conductores** del calor como el aluminio, la plata y los metales en general y otros son muy buenos **aislantes térmicos** como el corcho o el **poliestireno expandido** que mantienen aire confinado en microscópicas celdas.

• Resistencia Térmica y Resistencias Térmicas Superficiales

En el campo del aislamiento térmico de edificios y en **régimen estacionario** (en el que las condiciones permanecen estables a lo largo de un tiempo y existe proporcionalidad entre la diferencia de temperatura de uno y otro lado de un elemento constructivo y el gradiente de temperaturas dentro del mismo), la resistencia térmica para placas planas es el cociente entre el espesor **e** y la conductividad térmica **λ**[16]. Su unidad es **m².K/W**

$$R = e / \lambda$$

La **resistencia térmica** es una característica propia de las capas de materiales, elementos constructivos, superficies y cámaras de aire. En **IRAM 11601** se dan valores de las resistencias térmicas de superficies y cámaras de aire, al igual que valores de conductividades térmicas de numerosos materiales.

Las **resistencias térmicas superficiales, interna Rsi y externa Rse** expresan las resistencias térmicas de las capas superficiales de aire adyacente a las superficies interna y externa, respectivamente, de un elemento que transmite calor por radiación y convección al aire circundante.

• Transmitancia Térmica

La **transmitancia térmica K** (simbolizada en algunos medios con **“U”**) es el cociente entre el flujo de calor en régimen estacionario y el área y la diferencia de temperatura entre los medios circundantes a cada lado del sistema. Su unidad es **W/(m².K).**

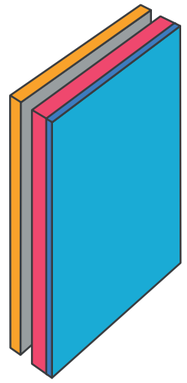
• NOTA

La transmitancia térmica indica el flujo de calor a través de la unidad de superficie de un elemento constructivo sujeto a una diferencia de temperatura del aire a ambos lados del elemento de **1°C**. Se calcula de acuerdo a lo indicado en **IRAM 11601** que sintéticamente puede expresarse en la ecuación que sigue.

16 Si esta propiedad es constante o varía linealmente con la temperatura.

02 Segunda Parte

$$K = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{Rsi} + \sum Rn + Rse$$



$$K = \frac{1}{R_T}$$

$$R_T = Rsi + R_1 + Rc + R_2 + R_3 + Rse$$

$$R_1 = e_1 / \lambda_1$$

es la **transmitancia** en **W/(m².K)**
es la **resistencia total del elemento** incluyendo las Resistencias Superficiales interior y exterior **Rsi y Rse** y las Resistencias de **n** número de capas homogéneas de materiales, incluso cámaras de aire **Rc.**
Siendo **R = e/λ** en el que “e” es el espesor en m y **λ** la conductividad del material en **W/(m.K)**.

• Mecanismos de Transferencia de Calor

Existen tres mecanismos de transferencia de calor. Estos son **conducción, convección y radiación.**

• Conducción

Para que se dé una transferencia de calor, dos elementos (o dos regiones dentro de un cuerpo), deberán estar a diferente temperatura y entonces el calor fluirá siempre de la zona de mayor temperatura a la que está más fría. La magnitud del flujo dependerá de la diferencia de temperatura y, en un sólido además, de su **conductividad térmica** y de su **espesor**[17].

Dentro del sólido la transferencia se produce por “contigüidad” sin desplazamiento de “materia”.

En algunos buenos conductores térmicos como es el caso de la mayoría de los metales (que en general son también buenos conductores eléctricos), estos poseen además electrones libres que se desplazan portando energía velozmente de las zonas más calientes a las más frías siendo por tal motivo muy buenos conductores. A esta forma de transferencia térmica se la llama **conducción**.

• Convección

La **convección** es transferencia de calor por movimiento de la masa de un fluido (líquido o gaseoso) de una región a otra del mismo.

Cuando ponemos a calentar agua en una cacerola de metal sobre el fuego, el calor se transmite rápidamente calentando primero la que está más próxima al fondo de la misma. El aumento de la temperatura expande el agua tornándola más ligera que la que está más fría y, en consecuencia ésta tiende a ascender. A medida que asciende va cediendo calor hasta equilibrar la temperatura mientras que es “empujada” por otras moléculas más calientes, produciéndose una corriente llamada **termo-convección natural** que se produce hasta que la temperatura se homogeniza al comenzar la **ebullición**.

17 De modo simplificado y suponiendo que el elemento tiene 2 dimensiones (ancho y alto) considerablemente mayores a su espesor y que el flujo es transversal al mismo, como es frecuente en los componentes de un cerramiento en la construcción.

Si el fluido circula impulsado por un ventilador o una bomba, la **convección es forzada**.

La corriente de calor causada por convección es directamente proporcional al área superficial. (Esto explica las grandes áreas superficiales de intercambio de los radiadores y las aletas de enfriamiento).

La **viscosidad** de los fluidos frena la **convección natural** cerca de una superficie estacionaria, formando una película superficial que tiene un cierto valor aislante. La **convección forzada** reduce el espesor de esta película, aumentando la transferencia de calor.

• Radiación

La **radiación** es la transferencia de calor a través de ondas electromagnéticas como lo son, entre muchas otras: la luz visible, el infrarrojo, la radiación ultravioleta y los rayos X.

La transferencia se producirá entre medios a diferente temperatura aunque los separe el vacío.

La magnitud y el tipo de radiación dependerán de la temperatura de los cuerpos. Desde el 0° absoluto (-273,15 kelvin) hasta millones de kelvin en los núcleos de las estrellas.

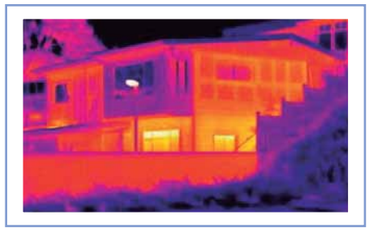
La **radiación de energía** aumenta rápidamente con la temperatura (según la cuarta potencia de la temperatura absoluta $\mathbf{T^4}$ kelvin) al tiempo que se reduce la longitud de onda de su pico de emisión.

A temperaturas ambiente ordinarias, de unos **27°C** (300K), casi toda la energía se transporta en ondas del infrarrojo lejano **IR** con longitudes de onda de unos 10 micrones **(10^{-5} m)**, mucho mayores que las de la luz visible (el cuerpo humano a través de su 2 m^2 de piel a 310K emite unos 100W).

Al aumentar la temperatura, la radiación se incrementa y las longitudes de onda se desplazan hacia valores mucho más cortos.

A 800°C, un cuerpo emite suficiente radiación visible para convertirse en un objeto luminoso “al rojo vivo” aunque a esta temperatura la mayor parte de la energía se transporta en ondas de IR.
A 3000°C la radiación contiene suficiente luz visible para que el cuerpo se vea “al rojo blanco”.

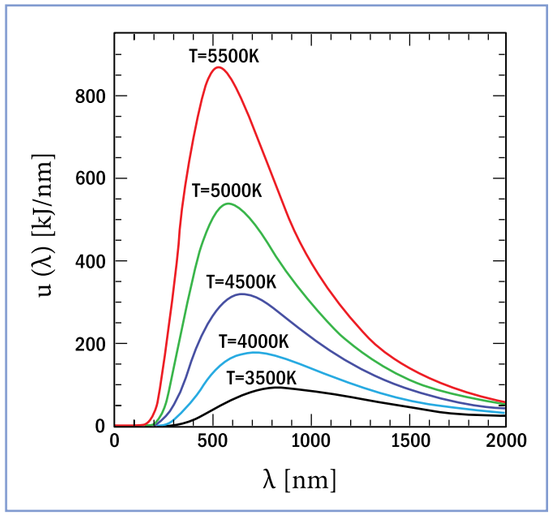
La fotosfera solar está a una temperatura de 5780K y emite radiación de un espectro electromagnético continuo de distintas longitudes con un pico de emisión de 501nm (nanómetros = 5,01 x 10^{-9} m) que corresponde a una luz verdosa.



02 Segunda Parte

Todo el espectro visible (la luz “blanca” que abarca los colores del arco iris) va de los 400 a los 740 nm de longitud de onda[18].
La curva de visión estándar (intensidad visual aparente normalizada de una radiación), va de los 400 a los 700 nm y tiene su pico en 555 nm que corresponde a una luz verde-amarillenta.

En las construcciones las radiaciones que más nos interesan son las de la Radiación Solar en su espectro visible, en UV e IR (infrarrojo cercano), y las de IR lejano que emiten los cuerpos a temperaturas cercanas a las del ambiente, unos 300K.



• Reflectancia, Absortancia y Transmitancia (espectro visible e infrarrojo lejano)

La interacción de la radiación electromagnética con los materiales en general, y de construcción en particular, dependerá tanto de la magnitud y las características cualitativas de aquella, como de la naturaleza de estos otros.

La superficie que recibe una cierta cantidad y tipo de energía radiante (definida por las longitudes de onda que la componen), se comportará ante ésta de acuerdo al ángulo de incidencia y a las características físicas y espesor del material irradiado.

La **radiación solar** cuya unidad es **W/m^2**, al incidir en una superficie **irradiada E**[19] es: en parte reflejada, en parte absorbida y, en parte transmitida.

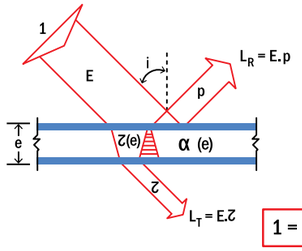
En superficies “semitransparentes” los valores dependerán del ángulo de inicidencia **i**, de la longitud de onda **λ** de la radiación y del espesor **e**.

• Superficies Opacas y Semitransparentes

La **reflectancia ρ** es la relación $\mathbf{E_R/E_I}$, la **absortancia α** es la relación $\mathbf{E_A/E_I}$ y la **transmitancia T** es la relación $\mathbf{E_T/E_I}$ por lo tanto, **ρ+α+τ = 1**.En superficie “opacas” podemos asumir que **ρ+α = 1.**

18 A los efectos de este manual podemos explicar las características de este fenómeno mediante el modelo de la mecánica ondulatoria que explica los fenómenos acústicos.
No obstante la energía involucrada y su velocidad de propagación son radicalmente diferentes. La velocidad del sonido en el aire es del orden de los 340 m/s en tanto que la radiación electromagnética se propaga, en el vacío a la velocidad de la luz es decir unos 300.000 km/s.
19 ***IRAM 11549*** *no diferencia* ***“Radiación”*** *(la emitida por un cuerpo) de* ***“Irradiación”*** *(energía radiante recibida). El símbolo asignado para ambos es* ***“I”*** *preferimos utilizar una antigua denominación* ***“E”*** *por energía radiante recibida. Para radiación emitida utilizaremos* ***E*** *o* ***L*** *por Emitancia con el subíndice* ***“R”*** *por Reflejada;* ***“A”*** *por Absorbida y* ***“T”*** *por Transmitida.*

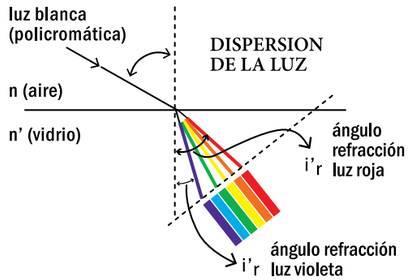
Materiales semitransparentes



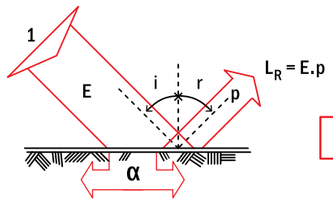
$$1 = \alpha + p + \zeta$$

$$1 = \alpha\ (\lambda,i,e) + p\ (\lambda,i) + \zeta\ (\lambda,i,e)$$

Refracción de la luz



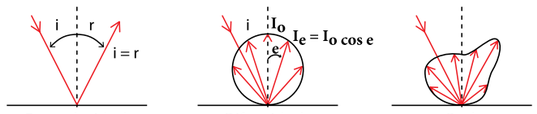
Materiales opacos



$$1 = \alpha + p$$

$$1 = \alpha\ (\lambda,i) + p\ (\lambda,i)$$

Refracciones en superficies opacas



Es importante destacar que la energía absorbida **aumenta la temperatura de la superficie.**

También podemos asumir, que la **absortancia α** de los materiales es igual a su **emitancia o emisividad ε** lo que dependerá, básicamente de si se trata del **espectro visible e infrarrojo cercano o del infrarrojo lejano**, antes mencionados.

La importancia de estos aspectos físicos en el comportamiento térmico de los edificios

Los elementos expuestos a la radiación solar, absorben energía en una proporción que dependerá del color de su superficie. (En menor medida los de colores claros de **baja absortancia**, y en una medida mucho mayor en los oscuros de **alta absortancia**).

Esto aumentará la temperatura de los mismos que será transmitida en mayor o menor medida a los espacios interiores, lo que no es deseable en climas cálidos, especialmente en verano y conveniente en los inviernos de climas templados o fríos.

Por el contrario, a la temperatura ambiente, o a la de algunos pocos cientos de grados por encima de ésta, el pico de emisión estará en el **infrarrojo lejano** (calor radiante) y en este caso, lo que importa no es el color sino que las superficies sean o no metálicas y cuánto más bruñidas y limpias, mejor. Por eso, los llamados sistemas de aislación reflectiva, no tienen el mismo comportamiento en condiciones invernales que estivales, deben mantenerse limpios y pulidos y requieren de condiciones particulares de uso.

02 Segunda Parte

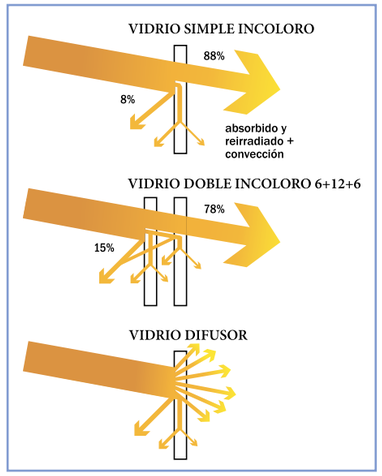
Los Vidrios[20] y el Efecto Invernadero

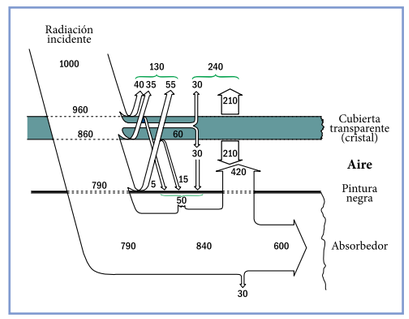
Un vidrio simple común incoloro usado en la construcción tiene una **transmitancia** en el **espectro visible** y en un ángulo de incidencia próximo a la normal, del orden de 88% y una **reflectancia** de un 8%.

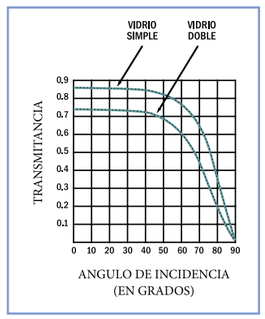
Ese mismo vidrio es prácticamente opaco al **infrarrojo lejano**, por lo que la luz que lo atraviesa e incide sobre una superficie oscura es, en su mayoría absorbida, lo que aumenta la temperatura del elemento e incrementa la radiación de onda larga (**IR** lejano) a la que el vidrio es opaco.

Este fenómeno que produce el sobrecalentamiento de los espacios interiores (y que resulta fácilmente perceptible en los automóviles que han permanecido expuestos al sol), es el llamado **efecto invernadero.**

El **efecto invernadero** puede ser racionalmente aprovechado en los edificios, reduciendo las necesidades de calefacción invernal o producir un sobrecalentamiento indeseado que incrementará significativamente el consumo de energía para el acondicionamiento térmico.







Retardo Térmico e Inercia Térmica

Se llama **retardo térmico** al desfasaje *"thermal lag"* en el tiempo de la transmisión de una onda de calor a través de un elemento constructivo sujeto a un **régimen periódico**[21] de flujo de calor debido a la **inercia térmica** del elemento.

Una regla práctica o "de dedo" a ser utilizado como una referencia, sería que, en un material "pesado" de obra (cuya densidad es de unos 1000 a 3000 kg/m^3), el pulso térmico se desplaza a razón de unos 4 cm/hora. Si suponemos a modo de ejemplo, que el pico de la temperatura exterior (varios grados por encima de la temperatura interior), se da a las 3 PM, el efecto del flujo de calor en la cara interior de una pared de ladrillo macizo de 30 cm se sentirá, **retardada y amortiguada**, alrededor de 7½ horas después.

Conviene recordar que el **régimen periódico o variable** es la contracara de un **régimen estacionario** y este último estado es en el que se consideran prácticamente todos los modelos de cálculo y las estimaciones en que se basan las Normas IRAM de Acondicionamiento térmico de edificios.

20 Existen hoy en el mercado numerosos tipos de vidrios con propiedades especiales que incrementan algunas prestaciones de modo significativo y adecuado para cada necesidad específica.
21 También llamado régimen variable.

Como ya dijéramos, en un elemento de construcción en **régimen estacionario** existe **proporcionalidad** entre la diferencia de temperatura a uno y otro lado del mismo y la Resistencia Térmica Total $\mathbf{R_T}$ de éste, por lo que si se tratara de un elemento homogéneo expuesto a una diferencia de temperatura Δ**t** de digamos 12°C, en el centro del mismo la temperatura sería 6°C mayor o menor que la de las temperaturas superficiales a ambos lados del componente.

Si en cambio se tratase de un elemento heterogéneo compuesto de varias capas de diferentes materiales (incluso cámaras de aire) bastaría con graficarlo en una escala arbitraria de resistencias térmicas y superponerle una grilla de temperaturas donde aparecerían los valores de **te y ti** y, consecuentemente el valor de la Δ**t**. Uniendo los puntos correspondientes a dichas temperaturas obtendríamos una recta que nos permitiría determinar, incluso gráficamente, las temperatura de cada una de las "interficies" (superficies interiores de cada una de las capas), y cuya **pendiente** sería un indicador claro del **flujo térmico F**[22].

Tal proporcionalidad no existe si el elemento constructivo está sometido a fluctuaciones de temperatura como suele ser el caso general de las temperaturas exteriores en donde los métodos de cálculo simplificados en régimen estacionario no pueden aplicarse.

La **inercia térmica** de un elemento constructivo depende de la **masa**, la **conductividad térmica** y la **capacidad calorífica específica** de cada componente y del orden en que estos se hallan.

La Importancia de la Inercia Térmica en la Construcción

Como estrategia de **diseño pasivo**, los edificios de alta inercia son adecuados para climas de grandes amplitudes térmicas diarias (climas mediterráneos y de montaña), que se dan en general, en regiones alejadas de grandes masas de agua y, consecuentemente, con elevada **heliofanía**. Otra condición necesaria, es que los **locales sean de uso permanente**.

El calor generado por las altas temperaturas y la elevada Irradiación solar que se dan durante el día, generan un pulso térmico que se va desplazando hacia el interior (que permanece fresco) actuando la masa térmica de la envolvente, como un virtual acumulador de energía térmica y un **retardante** de la variación de la temperatura ambiente. Al descender ésta, parte del flujo invierte su dirección al encontrarse tanto la **ti** como la **te** por debajo de la temperatura interior del elemento. No obstante varias horas después en que ocurrió el pico de temperatura parte de la energía térmica llega al interior del local colaborando en la calefacción natural del mismo.

Cuando por el contrario, los **locales son de uso eventual,** la elevada inercia térmica de un cerramiento pesado no resulta adecuado, toda vez que de ser necesario su acondicionamiento térmico, su puesta en régimen demandará muchas horas e incluso días, consumiendo una excesiva cantidad de energía para alcanzar mínimas condiciones de confort.

Si como puede ocurrir, nos encontramos ante un edificio muy masivo al que nos encomiendan **reciclar y refuncionalizar** para usos eventuales, nos encontraremos con uno de los pocos casos en donde las **características higrotérmicas de un aislamiento interior resultan ventajosas**, como es el caso de edificios o locales de uso intermitente.

Esta ubicación permitirá aislar la masa térmica y facilitará la rápida puesta en régimen de los locales con un consumo razonable de energía. Por el contrario, esta disposición acrecienta el **riesgo de condensaciones** de humedad y la generación de **puentes térmicos**.

La Masa Térmica Efectiva

La **ubicación del aislante térmico** en el espesor de la envolvente edilicia definirá la **masa térmica efectiva** como la que se halla al interior del aislante, siendo la posición más favorable la más próxima a la cara **exterior**, y en segundo término: la **posición intermedia**, entre hojas del cerramiento.

22 Este tema es de particular importancia pues interviene activamente en el cálculo del riesgo de condensación superficial e intersticial.

02 Segunda Parte

El **sobrecalentamiento** producido por la **ganancia solar directa** a través de ventanas no protegidas e invernáculos (indeseada en cálidos veranos o racionalmente proyectada para su aprovechamiento invernal) requiere de masa térmica interior para almacenar la energía y atemperar los picos de temperatura.

En la práctica, la **masa térmica interior** tiene un espesor **efectivo** del orden de los 20 cm.

Por último, también en **verano** la masa térmica colabora en **atenuar las fluctuaciones de la temperatura exterior**. Aunque deberá tenerse la precaución de garantizar una adecuada ventilación nocturna y, por sobre todas la cosas, evitar el sobrecalentamiento causado por el ingreso de radiación solar través de los vidriados, los que deberán protegerse tanto de la radiación directa, como de la difusa y también de la reflejada por las superficie aledañas como los solados (incluso, la de las mismas protecciones solares, como resulta la reflejada en parasoles altamente reflejantes).

En algunos casos, además de la adecuada ventilación nocturna, puede ser incluso necesaria la refrigeración artificial, en especial en aquellos días en donde la temperatura exterior no descienda suficientemente por las noches.

Calor y Aire Húmedo. Condensación y Evaporación

En la mezcla de aire húmedo, al vapor de agua se lo considera como ejerciendo una presión parcial de la presión atmosférica total **(P_A)** que, fue normalizada definiéndosela como la presión atmosférica media al nivel del mar y cuyo valor se estableció en **101,3 kPa** (lo que corresponde a 1 atmósfera)[23], equivalente a: 760 mmHg, 1 kgf/cm^2, 10 m de columna de agua o 1 bar.

Como el aire se dilata o se contrae según sea su temperatura, de ésta dependerá la cantidad de vapor de agua que una masa de aire seco pueda contener sin que el vapor se condense.

A la cantidad de vapor de agua en un ambiente se la expresa como Presión de Vapor Interior **Pvi** en **kPa**; también en gramos de agua por metro cúbico de aire seco: Humedad Absoluta; o en gramos de agua por kilogramo de aire seco: Humedad Específica **HE**.

Por lo tanto, a cada valor de temperatura le corresponderá una **Presión de Vapor de Saturación Pvs** que es la máxima cantidad de vapor de agua que una masa de aire seco puede admitir sin cambiar de estado.

Por su parte, llamamos **Humedad Relativa HR** a la relación: **Pvi / Pvs** (x 100).
El vapor de agua se condensará cuando la **HR** sea del **100%**.
En otras palabras, la HR es el porcentaje de vapor de agua (o la humedad) que hay en un ambiente a una determinada temperatura.

Ahora bien, si mantuviésemos una temperatura constante, la **HR** aumentará en la medida que incorporemos vapor de agua al ambiente, como es lo que ocurre en un ambiente débilmente ventilado o sin ventilación, al hervir agua, al ducharnos, al calefaccionarlo con una estufa de fuego abierto, al secar ropa o simplemente al respirar.

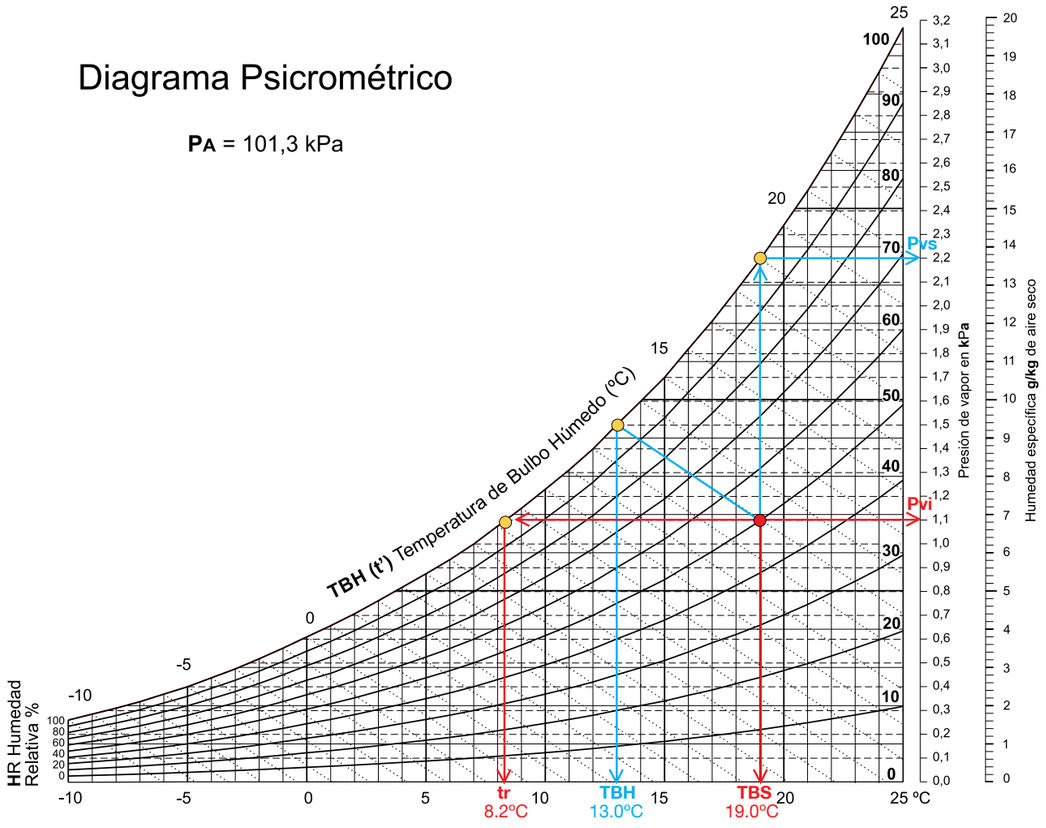
Podría ocurrir también que lo que permanezca constante sea la **Pvi** y que la temperatura sea la que decrezca. Esto producirá también el aumento de la **HR** hasta llegar a la **Temperatura de rocío tr**. (La **tr** es a una dada **Pvi** lo que la **Pvs** es a una cierta temperatura).

Esto es lo que ocurre cuando sacamos del refrigerador una botella de alguna bebida fría en cuya superficie se condensará la humedad del ambiente o también en las superficies interiores frías de muros exteriores e insuficientemente aislados, en los que se condensará la humedad ambiente provocando el deterioro de los materiales de acabado y la reducción de la calidad del aire interior por el desarrollo de colonia de mohos que las altas humedades promueven.

23 La cantidad de vapor de agua contenido en el aire que respiramos es pequeña, menos de un 3%. Sin embargo, sus efectos tanto sobre los individuos como sobre los materiales, son muy notables.

Diagrama Psicrométrico

PA = 101,3 kPa



Temperatura de Bulbo Seco y Temperatura de Bulbo Húmedo

La **temperatura de bulbo seco TBS (t)** es la temperatura del aire que podemos medir con cualquier termómetro, de los que entre los más comunes son los que consisten en un tubo de vidrio al vacío con un bulbo lleno de mercurio. Al dilatarse el Hg este asciende por el tubo donde se ha inscripto un escala termométrica convencional.

Si a otro termómetro similar le cubrimos el bulbo que contiene el Hg con un paño, al que mantenemos embebido en agua, esta agua se evaporará en mayor o menor medida según sea la **humedad relativa** del local. Al hacerlo, el agua extraerá **calor latente de evaporación** del bulbo, haciendo descender la temperatura del mismo, obteniéndose la **TBH(t')**. Por último, si las temperaturas de ambos termómetros permanecieran iguales esto indicará que el ambiente está saturado de agua o, lo que es lo mismo que la **HR=100%**.

Diagrama Psicrométrico

En el **diagrama psicrométrico** adjunto podemos leer los siguientes datos:
TBS=19,0°C;**TBH**=13,0°C; **Pvi**=1,1 kPa; **HR**=50%; **tr**=8,2°C; **Pvs**=2,2 kPa y la humedad específica **HE**= 6,8g de agua por kg de aire seco.

02 Segunda Parte

Tablas de Presiones de Vapor de Saturación

Se pueden consultar las Tablas de **Pvs** y un **Diagrama Psicrométrico** disponibles en este manual.

Condensación superficial

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

Condensación intersticial

Condensación que se produce en la masa interior de un cerramiento exterior, como consecuencia de que el vapor de agua que lo atraviesa alcanza la temperatura de rocío, en algún punto interior de dicha masa.

Permeabilidad al vapor de agua (δ)

Cantidad de vapor de agua que pasa por unidad de tiempo a través de la unidad de superficie de un material o elemento constructivo, de caras plano-paralelas y de espesor unitario, cuando la diferencia de presión de vapor entre sus caras es la unidad.

Permeancia al vapor de agua (Δ)

Cantidad de vapor de agua que pasa por unidad de tiempo 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. Cuando el material o elemento constructivo es homogéneo en todo su espesor **(e)**, se cumple que: **Δ = δ /e**[24].

Resistencia a la difusión del vapor de agua (Rv)

Inversa de la permeancia al vapor de agua, es la suma de las resistencias de las capas uniformes y homogéneas de permeabilidad al vapor de agua **(δ_i)** y espesor **(e_i)**, que constituyen el elemento constructivo de permeancia al vapor de agua **(Δ)**, despreciándose las resistencias superficiales, de manera que: **Rv = 1 / Δ = Σei/δi.**

Barrera de vapor

Capa de material que, generalmente de espesor pequeño, ofrece una alta resistencia al pasaje del vapor. Para que un material se considere barrera de vapor, su permeancia debe ser menor que 0,75 g/(m².h.kPa) [**Δ < 0,75 g/ (m².h.kPa)**][25].

Freno de vapor

Capa cuyo valor de permeancia al vapor de agua es mayor que 0,75 g/(m².h.kPa) y que tiene por función reducir el pasaje de vapor de agua a un valor compatible con la verificación del riesgo de condensación intersticial.

*24 Nota: A la permeancia al vapor de agua se lo simbolizaba anteriormente con la letra griega **μ**.*
*25 Nota: El sólo cumplimiento de este valor no garantiza evitar la condensación intersticial, por lo que en todos los casos se deberá realizar la verificación prescripta en **IRAM 11625.***

Confort Higrotérmico

En su libro: *"Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas"*, **Víctor Olgyay**[26] presenta una relación entre los elementos climáticos y el confort, que se incorpora a este manual como una simple referencia y una primera aproximación al tema del **Confort Higrotérmico** al que nos referimos frecuentemente dando por sentado que todos compartimos el mismo concepto.

Desde la primera mitad del siglo XX su determinación ha ocupado la atención de numerosos investigadores de variadas disciplinas como: psicólogos, biólogos, fisiólogos, estadísticos, etc., de diversos países y de condiciones bioclimáticas muy diversas.

Si bien no existe un criterio único, algunas experiencias de laboratorio indicarían que tal condición se logra cuando el hombre, con una temperatura corporal media de 37°C se encuentra en una situación donde el organismo requiere del menor consumo de energía para su adaptación al ambiente.

Existen diversos tipos de estudio como el modelo **Fanger**[27] de la Opinión Media Predecible y el Porcentaje Previsible de Insatisfechos PMV/PPD (Predicted Mean Vote / Predicted Percentage Dissatisfied), cuyo desarrollo excede los alcances de este manual.

En una breve síntesis podríamos decir que la **sensación de confort** es una percepción en la que un amplio grupo de seres humanos de diversas edades, orígenes, sexo, etc, admiten, mayoritariamente, sentirse confortables o, definido por la negativa, no expresan sensación alguna de incomodidad, dentro de ciertos límites convencionales y condiciones, cuyas variables fundamentales son la temperatura ambiente, la humedad relativa y la velocidad del aire (a la acción conjunta de estas tres variables algunos investigadores la han llamado **Temperatura Efectiva ET**).

Adicionalmente Olgyay considera también a la irradiación solar; siendo condición necesaria del modelo, encontrarse en un ámbito interior, vestidos con ropa ligera, en reposo y sin movimiento de aire perceptible.

La zona de confort higrotérmico (en las condiciones antes expuestas) se sitúa entre los 21°C y los 25°C y en un rango de HR de entre el 20% y el 70%, resultando ideal una HR de 50%.

Esta zona puede flexibilizarse según las estaciones, elevándose en verano 1 ó 2°C y descendiendo en invierno 1°C (a 20°). Es de destacar que las personas mayores de 40 años y las mujeres en general, elevan su percepción de confort en 1°C.

La gráfica de Olgyay nos permite entender a qué variables deberíamos recurrir para reingresar en la zona de confort según cuánto no hayamos apartado de ésta y en qué dirección.

Como puede observarse, por debajo de los 18°C la incidencia del sol resulta agradable y el incremento del abrigo según nos alejemos hacia las bajas temperaturas resulta imprescindible.

Entiendo pertinente en este punto mencionar que el término "*clo*"[28] expresa el aislamiento térmico que nos aporta la indumentaria.
1 clo = 0,155 m^2.K/W y equivale a una ropa ligera, en tanto que su valor máximo 4,5 cloes el que corresponde a una ropa de máximo abrigo que nos permita soportar temperaturas de varios grados bajo cero.

26 Victor Olgyay. DESIGN WITH CLIMATE. Bioclimatic approach to architectural regionalism. Princeton University Press. 1963.
27 Povl Ole Fanger. International Centre forIndoor Environment and Energy / Universidad Técnica de Dinamarca. Estudioso de en los campos del «confort» térmico y en la percepción de los entornos habitados y cerrados,
28 Clo, derivado del inglés "cloth" tela o tejido o de "clothes" ropa.

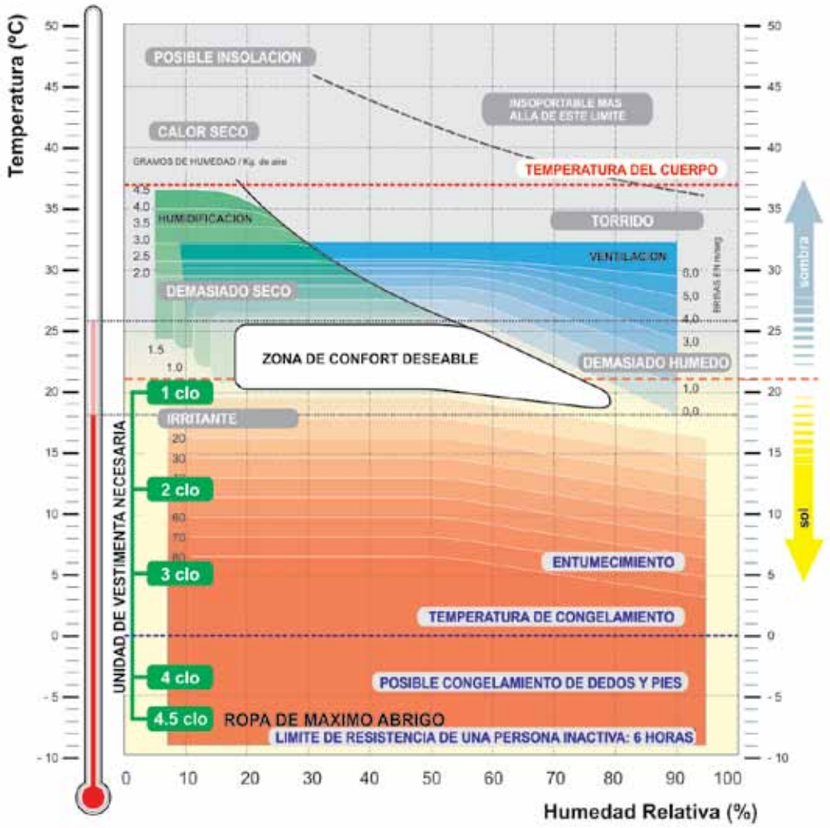
02 Segunda Parte

Si ahora nos encontramos con elevadas temperaturas y muy bajo tenor de humedad, propio de los climas áridos o de altura, la humectación que se obtenga de diversas maneras, mejorará la HR y reducirá la temperatura al absorber calor para el cambio de estado. La presencia de fuentes artificiales y espejos de agua, suelen ser una alternativa.

Adicionalmente, si tales condiciones son frecuentes, seguramente también será elevada la amplitud térmica diaria por lo que aquí las construcciones pesadas, con buena inercia térmica puede ser una estrategia pasiva interesante.

Por último, si las condiciones son de altas temperaturas y humedades relativas elevadas, la ventilación natural cruzada es el primer recurso, luego la ventilación forzada y por último, en condiciones extremas, la climatización artificial del aire.

Es de destacar, que cual sea que fuese la situación, el aislamiento térmico de la envolvente, estratégicamente colocado y en espesores adecuados para las condiciones climáticas dominantes, **resultará un significativo aporte a la adopción de cualquier sistema pasivo.**



En todos los casos resulta sumamente interesante conocer la obra del arquitecto israelí **Baruch Givoni**[29], que es uno de los especialistas en Arquitectura Bioclimática de mayor prestigio internacional.

29 Baruch Givoni. Man, Climate and Architecture, Elsevier. 1969

Tercera Parte

- **Métodos de cálculo** 40
  Las normas de requisitos, de aplicaciones, métodos de cálculo y de ensayo, nos permiten tener parámetros de calidad de los materiales y sistemas y definir "cuánto, cómo y dónde aislar", permitiéndonos así cumplir con los objetivos propuestos con la máxima eficiencia y optimización de recursos.
- **IRAM 11601** 40
  Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.
- **IRAM 11603** 46
  Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- **IRAM 11605** 51
  Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.
- **IRAM 11625 y 11630** 51
  Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales y en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- **Patología Higrotérmica en edificios** 67
  La humedad es causa y efecto de numerosos procesos patológicos que afectan el confort de los usuarios, menoscaban el patrimonio edilicio y comprometen la salud de sus habitantes. Definición de puentes térmicos y algunas sugerencias de soluciones constructivas.
- **Condensación de humedad, higiene y salubridad** 71
  Causas y efectos del desarrollo de mohos que tienen consecuencia en la salud y en el aumento de la morbilidad de la población, al mismo tiempo que económicas por el ausentismo que afecta a la producción y la pérdida de premios para los trabajadores.
- **El Poliestireno Expandido en la construcción** 73
  El Poliestireno Expandido EPS es un material que no sólo juega un sobresaliente rol en la industria de la construcción debido a sus excelentes propiedades como aislante térmico, sino que el profesional encuentra hoy en éste un espectro de aplicaciones casi ilimitado, con una insuperable relación de costo-beneficio.

Métodos de cálculo

IRAM 11601

“Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario”.

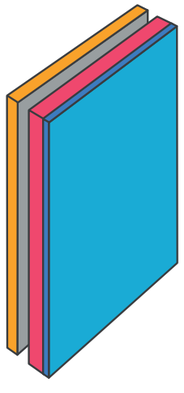
Objeto y campo de aplicación

Tal como fuera expresado en “Definiciones” el comportamiento térmico de los componentes de la envolvente de los edificios, sean estos opacos como semitransparentes o se hallen conformando paredes o techos, puede caracterizarse por su **transmitancia térmica K** (simbolizada en algunos medios como “**U**”) y ésta resulta ser el cociente entre el flujo de calor y el área y la diferencia de temperatura entre los medios circundantes a cada lado del sistema, siendo su unidad el **W/(m².K).**
La IRAM 11601 tiene como objeto establecer los valores y los métodos para el cálculo de las propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en **régimen estacionario**[30].

Cálculo de la resistencia y transmitancias térmicas

Siendo la transmitancia térmica de un elemento constructivo, de aire a aire, la inversa de la **resistencia térmica total** de un elemento transversalmente heterogéneo, podemos sintéticamente expresar que:

$$K = \frac{1}{R_T} = Rsi + \sum Rn + Rse$$



$$K = \frac{1}{R_T}$$

$$R_T = Rsi + R_1 + Rc + R_2 + R_3 + Rse$$

$$R_1 = e_1 / \lambda_1$$

es la **transmitancia** en W/(m².K)
es la **resistencia total del elemento** incluyendo las Resistencias Superficiales interior y exterior **Rsi y Rse** y las Resistencias de **n** número de capas homogéneas de materiales, incluso cámaras de aire **Rc.**
Siendo **R = e/λ** en el que “**e**” es el espesor en m y **λ** la conductividad del material en W/(m.K).

30 Esta norma contiene métodos simplificados para el cálculo de elementos planos no homogéneos. Los métodos de cálculo no tienen en cuenta ni las infiltraciones de aire a través de los elementos, ni la radiación solar sobre las superficies o a través de elementos semitransparentes.

03 Tercera Parte

Resistencia térmica. Capas homogéneas

Siempre que estén disponibles, deberán emplearse valores de **resistencia térmica R**, medidos a través del ensayo de caja caliente, de acuerdo con la **IRAM 11564**.

Si no se dispone de valores medidos, se deberán utilizar tablas con valores de conductividades, transmitancias o resistencias térmicas, correspondientes a distintos elementos constructivos utilizados como cerramientos verticales y horizontales. En su defecto se podrá calcular la resistencia térmica en **m².K/W** de un material homogéneo con su espesor **e** y la conductividad **λ**.

Simbología, unidades y equivalencias (extraído de IRAM 11601)

Simbología, unidades y equivalencias

Magnitud	Símbolo	Unidades		Equivalencia
		Sistema tradicional	SIMELA	
Area	**A**	m^2	m^2	
Espesor de una capa	**e**	m	m	
Densidad aparente	**ρ**	kg/m^3	kg/m^3	
Conductividad térmica	**λ**	kcal/(m.h.°C)	W/(m.K)	1 kcal/(m.h.°C) = 1,163 W/(m.K)
Resistencia térmica	**R**	m^2.h.°C/kcal	m^2.K/W	1 m^2.h.°C/kcal = 0,86 m^2.K/W
Transmitancia térmica	**K***	kcal/(m^2.h.°C)	W/(m^2.K)	1 kcal/(m^2.h.°C) = 1,163 W/(m^2.K)
Presión de vapor de agua	**P**	mmHg	Pa	1 Pa= 1 N / m^2 = 0,102 kgf / m^2 1 mmHg = 133,322 Pa 1 Pa = 10^{-5} bar
Permeabilidad al vapor de agua	**δ**	g.cm/(mmHg.m^2.d)	g.m/(MN.s)	1 g.cm/(mmHg.m^2.d) = 0,868 x 10^{-3} g.m/(MN.s) 1 g.cm/(mmHg.m^2.d) = 0,3125 x 10^{-2} g/(m.h.kPa)
Resistencia a la difusión del vapor de agua	**Rv**	mmHg.m^2.d/g	MN.s/g	1 mmHg.m^2.d/g = 11,52 MN.s/g 1 mmHg.m^2.d/g = 3,2 m^2.h.kPa/g
Permeancia al vapor de agua	**Δ**	g/(mmHg.m^2.d)	g/(MN.s)	1 g/(mmHg.m^2.d) = 0,868 x 10^{-1} g/(MN.s) 1 g/(mmHg.m^2.d) = 0,3125 g/(m^2.h.kPa)

* También se la simboliza con la letra **U**.
NOTA: Las diferencias de temperatura **(Δt)** medidas en grados Celsius o en Kelvin son exactamente iguales por definición. Por lo tanto tienen el mismo valor numérico si se las expresa en **°C** o si se lo hace en **K**.

Resistencias térmicas superficiales (Extraído de IRAM 11601)

Resistencias superficiales (*) en m^2.K/W

Interior Rsi			Exterior Rse		
Dirección del flujo de calor			Dirección del flujo de calor		
Horizontal (muros)	Ascendente (Pisos o techos)	Descendente (Pisos o techos)	Horizontal (muros)	Ascendente (Pisos o techos)	Descendente (Pisos o 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 misma, su temperatura, la velocidad del aire incidente sobre la misma, y también las temperaturas del aire ambiente y las de las superficies circundantes. Esta norma no considera expresamente los posibles aumentos de las **Rsi** o **Rse** 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 puede asegurarse en las condiciones reales de las obras.

Resistencias térmicas de cámaras de aire no ventiladas (Extraído de IRAM 11601)

Resistencia térmica de cámaras de aire no ventiladas, en las cuales las medidas superficiales son mucho mayores que el espesor (1)

Estado de las superficies de la cámara de aire (2)	Espesor de la capa de aire (mm)	Resistencia térmica (m^2.K/W)		
		Dirección del flujo de calor		
		Horizontal (muros)	Ascendente (Pisos o techos)	Descendente (Pisos o techos)
"Superficies de mediana o alta 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 + 20ºC, y con una diferencia de temperatura entre las superficies límites inferior a 15ºC.
(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 A.7 de IRAM 11605 se establece una clasificación de los materiales de construcción según su emitancia que se reproduce aquí en ítem 6 de "TABLAS".

03 Tercera Parte

Instructivo para el llenado de la planilla de cálculo de Resistencias y Transmitancia térmicas y Verificación del K máximo admisible: IRAM 11605

- NOTA IMPORTANTE

Algunas de las tablas requeridas para el cálculo son las que anteceden a este párrafo. Otras por su menor pertinencia o por su magnitud (V.g. la “Tabla de Conductividades, Transmitancia y Resistencia Térmicas” se ubican en el Anexo: “Tablas”), por último, en algunos casos, y por razones prácticas a fines de su consulta, las mismas se encuentran en ambos sitios.

Instructivo para el llenado de la Planilla de Cálculo de R y K (IRAM 11601) y Verificación de $K_{MAX\ ADM}$ (IRAM 11605)

Norma IRAM 11601	Cálculo de la Transmitancia Térmica
Proyecto (1)	
Elemento (2)	
Epoca del año (3)	
Zona bioambiental (5)	Flujo de Calor (4)
Nivel de confort según IRAM 11605 (11)	

Capa de elemento constructivo	espesor (8) mm	λ (9) W/(m.K)	R (10) m^2.K/W
Resistencia superficial interior (7)			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Resistencia superficial exterior (13)			
Resistencia Térmica Total	(14)		(15)

Transmitancia Térmica del componente [W/(m^2.K)] (16)		
Transmitancia Térmica del acuerdo a IRAM 11605 [W/(m^2.K)] (12)		(17)
Cumple con Norma **IRAM 11605 Nivel B** (18): **SI / NO**		
Comentarios y cálculos suplementarios (19)		

03 Tercera Parte

• NOTA I

Esta planilla se deberá confeccionar para condiciones de verano y de invierno, debiendo adoptarse la situación de mayor exigencia, correspondiendo ésta, al de menor valor de transmitancia térmica.

• NOTA II

Si bien la planilla de IRAM 11601 establece un orden de capas de exterior a interior; en IRAM 11625 el orden es inverso. Hemos tomado la decisión de utilizar este último criterio en ambos casos.

Datos generales

1. Se identifica el proyecto en el cual se utiliza el componente.

2. Se indica la denominación del componente en estudio, incluyendo tipo (techo, pared, piso sobre espacio exterior), identificación de la variante, etc.

3. Se define la época del año considerada en el cálculo: **invierno** o **verano**.

4. Se indica el sentido del flujo de calor (ascendente, horizontal o descendente).

5. Se indica la zona y subzona bioambiental donde se utilizará el componente, según las indicaciones de la IRAM 11603.
   Se indica la zona y sub-zona bioambiental donde se utilizará el componente, según las indicaciones de la IRAM 11603.

6. Capa del elemento constructivo. Se indican las capas del elemento constructivo, desde el exterior hacia el interior.

7. Resistencia térmica superficial interior **(Rsi)**: Se adopta el valor de la tabla de Resistencias superficiales según el sentido del flujo de calor.

8. Espesor **(e)**: Se indican los espesores de cada capa.

9. Conductividad térmica **(λ)**: Se indica el valor de la conductividad térmica de cada capa homogénea, obtenido mediante ensayos en organismos acreditados o de la Tabla de Conductividades que se adjunta. En el caso de cámaras de aire, de bloques y ladrillos huecos cerámicos o de hormigón, de forjados de bloques cerámicos huecos, concreto o EPS, se colocan los valores de la Resistencias; mientras que las capas de poco espesor que no contribuyen a la resistencia térmica, tales como barreras de vapor, láminas de aluminio, etc. éstas no se tendrán en cuenta en le cálculo.

10. Resistencia térmica **(R)**: Se indica la resistencia térmica de cada capa, según las siguientes alternativas:
    • *Para capas homogéneas, se calcula la resistencia térmica dividiendo el espesor **(e)** indicado en (8) por la conductividad **(λ)**, indicada en (9).*
    • *Para ladrillos y bloques cerámicos huecos o para bloques de hormigón, se utilizan los valores de resistencia térmica obtenidos de ensayos o los valores orientativos dados en la Tabla adjunta correspondiente.*
    • *Para forjados (con bovedillas cerámicas, de concreto o de **EPS**), se utilizan los valores de resistencia térmica de ensayo (algunos figuran en la Tabla), o los valores orientativos deTransmitancia Térmica **(K)** dados en la misma. A partir de estos últimos, se calcula la resistencia térmica total **(1/K)** y se restan las resistencias térmicas superficiales interior y exterior, obteniéndose de esta forma la resistencia térmica del forjado.*
    • *Para las cámaras de aire no ventiladas, se utilizan los valores de Resistencia térmica dados en la tabla correspondiente, que tiene en cuenta el espesor de la cámara, la dirección del flujo de calor y las características de emisividad de las superficies de la cámara, habitualmente de mediana o alta emitancia (caso de la mayoría de los materiales no metálicos). (Ver Tabla de Emitancia de las Superficies).*

03 Tercera Parte

    • *Para cámaras de aire ventiladas en verano, se considera a la cámara como no ventilada, usando los valores de la tabla correspondiente.*
    • *Para cámaras de aire ventiladas en invierno, se utiliza el procedimiento de cálculo indicado a tal fin en IRAM **11601**, que tienen en cuenta el área de ventilación, si son componentes verticales y horizontales o áticos ventilados. Se las clasifica además según su grado de ventilación en: débilmente ventiladas, medidanamente o muy ventiladas. (Consultar la citada Norma).*

11. Se indicará el nivel de confort especificado por el comitente según IRAM **11605**, que a los efectos del cumplimiento de la Ley 13059 es como mínimo el Nivel B.

12. Los requisitos para las condiciones de invierno y de verano establecidos en la IRAM **11605**.

13. Resistencia térmica superficial exterior: Rse = 0,04 m^2.K/W

14. Se suman los espesores de las capas para obtener el espesor total del componente.

15. Se suman las resistencias térmicas de las capas para obtener la resistencia térmica total del componente.

Evaluación del resultado

16. Transmitancia térmica del componente **(K)**: se calcula con la siguiente fórmula: **K = 1/RT**. En el caso de ventanas se toman los valores indicados por **IRAM 11507-4** y se obtienen de las Tablas de Transmitancia térmica de vidrios y ventanas que se adjunta.

17. La Transmitancia térmica máxima admisible **($K_{MAX\ ADM}$)** se obtiene de acuerdo con IRAM **11605 Nivel B.**

18. Cuando la transmitancia térmica **K** obtenida en (16) es menor que la máxima admisible para el nivel de confort determinado en (17), tanto para condiciones de invierno como de verano, el componente **cumple la IRAM 11605.**

19. En el recuadro final de la planilla se pueden agregar comentarios sobre el componente y presentar los cálculos suplementarios.

• NOTA IMORTANTE

Las tablas requeridas para el llenado de la planilla se encuentran en el apartado “Tablas” y son: 11601 Resistencias Superficiales; 11601 Resistencia térmica de cámaras de aire no ventiladas; 11601 Emitancia de las Superficies y 11601 Tabla de Conductividades.

IRAM 11603

Clasificación Bioambiental de la República Argentina

Síntesis de datos climáticos para Provincia de Buenos Aires y dos ejemplos de ciudades* (Fuente: IRAM 11603.2012)

Zonas Bioambientales (IRAM 11603-2012)

"*Las zonas bioambientales se definen de acuerdo con el mapa de la* ***figura 1.*** *Esta clasificación se ha desarrollado teniendo en cuenta los índices de confort de la temperatura efectiva corregida (TEC), correlacionada con el voto medio predecible (VMP) y el índice de Beldin y Hatch (IBH), desarrollados para las zonas cálidas. La evaluación de las zonas frías no se ha realizado con los índices de confort, sino con los* ***grados días para las necesidades de calefacción*****".

"*Los valores de temperatura efectiva corregida (TEC) fueron utilizados exclusivamente para la realización de la clasificación bioambiental. Estos valores no deben ser utilizados para efectuar balances térmicos tendientes a dimensionar instalaciones de aire acondicionado. A tal efecto, se deben usar los valores de temperatura de bulbo seco y de humedad relativa o temperatura de bulbo húmedo para los días típicos de diseño.*"[31] [32]

****grados días de calefacción [GD]**

Suma de las diferencias de temperaturas, entre una temperatura base y la media diaria, en los días en que ésta sea menor que la temperatura base en un período establecido. IRAM 11603 indica los GD anuales de calefacción con base de 18°C, 20°C y 22°C.

Zona III: templada cálida

Limitada por las isolíneas de TEC 24,6°C y 22,9°C, esta zona ocupa una ancha franja central del país que en sentido Este-Oeste se extiende alrededor del paralelo 35° (involucra a ciudades como Buenos Aires, La Plata, Rosario, Córdoba, San Luis y Santa Rosa, La Pampa) y una estrecha franja Norte-Sur, ubicada en las primeras estribaciones montañosas al Nordeste del país, sobre la Cordillera de los Andes que comprende capitales provinciales como San Juan, Salta y San Salvador de Jujuy.

Los veranos son relativamente calurosos y presentan temperaturas medias comprendidas entre 20°C y 26°C, con máximas medias mayores a 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 a 0°C.

Las presiones parciales de vapor de agua son bajas durante todo el año, con valores máximos en verano que no superan, en promedio, los 1870 Pa (14 mm Hg).

31 ***Las TDMIN*** *(destacadas en las tablas a los efectos de los ejemplos), son necesarias para definir: los* $K_{MAX\ ADM}$ *de muros, según sea el nivel de Confort Higrotérmico requerido* ***(Nivel B: Medio)*** *de IRAM* ***11605****, y para el cálculo del riesgo de condensación (Normas IRAM* ***11625*** *y* ***11630****).*
Para las cubiertas el $K_{MAX\ ADM}$ *dependerá del* ***Nivel B (Medio)*** *y de la la Zona Bioclimática (en este caso es un solo valor para ambas zonas:* ***III*** *y* ***IV****), para condición de* ***verano*** *(la más desfavorable para techos).*
32 Para mayor ampliación consultar la ***Norma IRAM*** *correspondiente.*

03 Tercera Parte

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 isolínea de 1170 grados días (coincidente con la isolínea de 22,9°C de TEC), y como límite inferior la isolínea de 1950 grados días (GD).

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 a 0°C.

Las presiones parciales de vapor de agua son bajas durante todo el año, alcanzando en verano sus valores máximos, con valores medios de 1333 Pa (10 mm Hg) como máximo.

Esta zona se subdivide en cuatro sub-zonas mediante las líneas de amplitud térmica de 14°C y 18°C que, a los efectos de la provincia de Buenos Aires, las pertinentes son la **IVc** y la **IVd**. **(fig 1.a)**

Subzona **IVc**: de transición.
Subzona **IVd**: marítima.

Datos climáticos de invierno y de verano

LAT	Latitud
LONG	Longitud
ASNM	Altura sobre el nivel del mar en metros
TMED, TMAX y TMIN	Temperaturas Media, Máxima y Mínima, promedio de los meses de invierno y de los meses de verano, respectivamente, en grados Celsius
TDMN	Temperatura de diseño mínima, en grados Celsius
TMA	Temperatura mínima absoluta, en grados Celsius
TDMX	Temperatura de diseño máxima, en grados Celsius
PREC	Precipitación media de los meses de invierno y verano, respectivamente, en milímetros
HR	Humedad relativa media mensual de los meses de invierno y de verano, respectivamente, en por ciento
HELRE	Heliofanía relativa
VM	Velocidad del viento, en kilómetros por hora
GDnn	Grados día de calefacción en función de diversas temperaturas base de confort, en grados Celsius

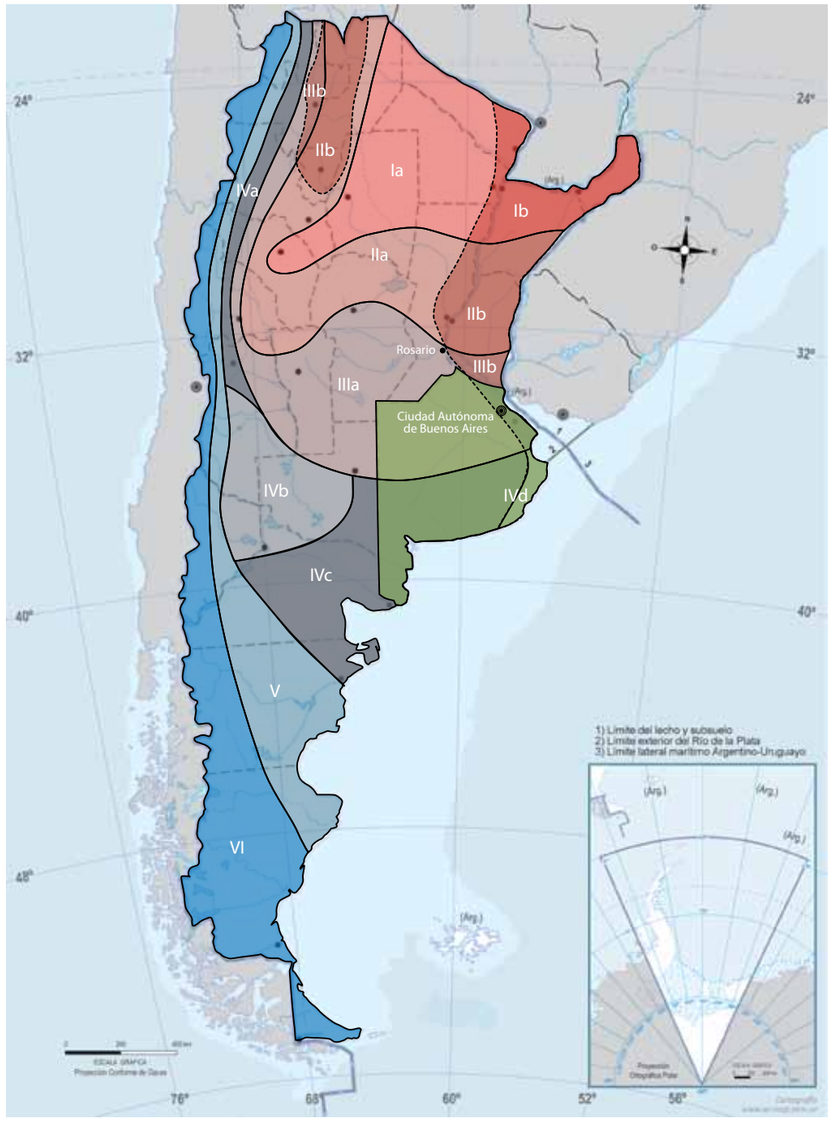
Datos climaticos de invierno

Estación	Prov.	Lati-tud	Longi-tud	ASNM	TMED	TMAX	TMIN	TMA	TDMN	PREC	HR	Hel.Rel.	VM	GD18	GD20	GD22
Buenos Aires (Aero)	BAC	-34,57	-58,42	6	12,8	16,0	9,7	-1,0	1,7	248	76	5,2	14,1	852	1256	1743
Buenos Aires	BAC	-34,58	-58,48	25	12,9	17,1	8,8	-2,1	0,1	278	77	5,0	9,7	854	1249	1723
Pergamino (INTA)	BAP	-33,93	-60,55	65	11,4	17,3	5,6	-7,0	-4,4	140	79	5,6	11,0	1163	1605	2125
Pehuajó (Aero)	BAP	-35,87	-61,9	87	10,1	15,7	4,5	-7,8	-5,2	132	79	5,1	10,4	1369	1853	2415
Junín (Aero)	BAP	-34,55	-60,92	81	10,9	16,8	5,1	-8,0	-5,0	151	77	5,1	11,3	1215	1672	2211
Nueve de Julio	BAP	-35,45	-60,88	76	10,9	16,4	5,4	-6,3	-3,8	172	76	-	10,6	1216	1674	2210
San Fernando	BAP	-34,45	-58,58	3	12,3	17,0	7,5	-5,4	-2,3	252	78	-	11,1	968	1382	1886
Don Torcuato (Aero)	BAP	-34,48	-58,62	4	12,0	16,6	7,5	-4,7	-2,7	253	80	5,3	10,5	1012	1436	1937
San Miguel	BAP	-34,55	-58,73	26	12,0	16,9	7,2	-4,8	-2,2	247	81	5,1	8,2	1018	1441	1944
El Palomar (Aero)	BAP	-34,6	-58,6	12	11,4	16,8	6,1	-7,0	-4,5	234	79	5,1	11,0	1133	1575	2097
Ezeiza (Aero)	BAP	-34,82	-58,53	20	11,4	16,6	6,2	-5,8	-3,5	228	78	3,5	12,6	1139	1583	2107
La Plata (Aero)	BAP	-34,97	-57,9	23	11,08	15,7	6,5	-4,3	-2,5	264	83	5,1	13	1210	1678	2228
Punta Indio B.A.	BAP	-35,37	-57,28	22	11,1	15,5	6,8	-4,4	-1,9	273	86	5,0	13,5	1188	1657	2207
Coronel Suárez (Aero)	BAP	-37,43	-61,88	233	7,96	13,9	2	-13,5	-7,7	143	79	4,9	11,8	1908	2472	3100
Tandil (Aero)	BAP	-37,23	-59,25	175	8,5	14,1	2,9	-11,6	-6,6	180	80	4,4	13,4	1839	2409	3046
Benito Juárez (Aero)	BAP	-37,72	-59,78	207	8,5	13,8	2,8	-8,7	-5,5	172	81	5,0	12,1	1793	2344	2960
Pigüé (Aero)	BAP	-37,6	-62,38	304	8,0	13,5	2,6	-12,2	-6,4	124	75	4,6	9,3	1858	2405	3019
Laprida	BAP	-37,57	-60,77	212	8,4	14,6	2,5	-8,9	-6,1	173	69		11,3	1815	2362	2979
Tres Arroyos	BAP	-38,03	-60,25	115	9,2	14,2	4,3	-10,0	-4,4	180	75	4,4	12,0	1629	2163	2763
Mar del Plata (Aero)	BAP	-37,93	-57,58	21	9,4	14,4	4,4	-9,3	-4,4	239	82	3,1	14,3	1707	2277	2917
Bahía Blanca (Aero)	BAP	-38,73	-62,02	83	9,6	15,3	4,0	-11,8	-5,6	142	73	5,0	21,8	1477	1966	2524

Datos climaticos de verano

Estación	Prov.	Lati-tud	Longi-tud	ASNM	TMED	TMAX	TMIN	TMA	TDMX	PREC	HR	Hel.Rel.	VM
Buenos Aires (Aero)	BAC	-34,57	-58,42	6	23,3	27,0	19,6	39,6	34,4	451,5	69,3	8,5	16,7
Buenos Aires	BAC	-34,58	-58,48	25	23,7	28,5	18,8	40,5	36,5	515,8	67,6	8,2	11,1
Pergamino (INTA)	BAP	-33,93	-60,55	65	22,3	28,7	15,9	40,3	37,7	465,9	70,7	8,7	10,2
Pehuajó (Aero)	BAP	-35,87	-61,9	87	21,5	28,1	14,9	39,0	36,5	472,5	72,2	9,0	11,9
Junín (Aero)	BAP	-34,55	-60,92	81	21,9	28,4	15,4	41,3	36,9	182,3	71,8	8,3	11,5
Nueve de Julio	BAP	-35,45	-60,88	76	22,3	29,0	15,6	41,8	37,4	475,4	67,5	–	10,8
San Fernando	BAP	-34,45	-58,58	3	22,8	27,8	17,8	39,4	35,6	453,9	69,2	–	13,6
Don Torcuato (Aero)	BAP	-34,48	-58,62	4	23,0	28,0	18,0	40,0	36,4	444,3	71,0	8,7	12,9
San Miguel	BAP	-34,55	-58,73	26	22,9	28,5	17,4	40,5	36,5	465,1	72,9	8,7	9,5
El Palomar (Aero)	BAP	-34,6	-58,6	12	22,5	28,3	16,8	39,7	36,4	459,0	69,2	8,1	12,9
Ezeiza (Aero)	BAP	-34,82	-58,53	20	22,4	28,5	16,4	41,2	36,9	422,4	69,8	6,4	13,7
La Plata (Aero)	BAP	-34,97	-57,9	23	21,9	27,4	16,4	39,9	35,5	446,2	76,2	8,7	15,1
Punta Indio B.A.	BAP	-35,37	-57,28	22	21,9	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	19,7	27,0	12,4	39,2	35,5	378,6	67,9	8,6	15,0
Tandil (Aero)	BAP	-37,23	-59,25	175	19,5	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	20,1	26,8	12,6	39,7	35,6	360,0	72,9	9,2	13,3
Pigüé (Aero)	BAP	-37,6	-62,38	304	20,2	27,1	13,0	39,5	36,0	373,5	64,0	8,4	9,6
Laprida	BAP	-37,57	-60,77	212	20,2	28,3	12,4	39,7	36,7	391,6	66,9	–	12,1
Tres Arroyos	BAP	-38,03	-60,25	115	20,2	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	19,4	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	22,0	29,2	14,8	43,8	39,0	271,9	58,2	9,2	24,4

03 Tercera Parte

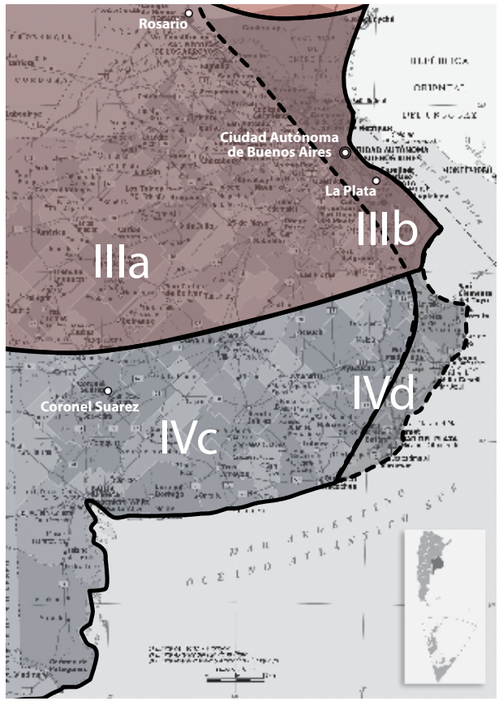


Clasificación Bio-ambiental

- **Zona I** Muy cálido
- **Zona II** Cálido
- **Zona III** Templado cálido
- **Zona IV** Templado frío
- **Zona V** Frío
- **Zona VI** Muy frío

- Ley 13559 en la Pcia de Buenos Aires.
- Ley 4458 en la CABA.
- Ordenanza 8757 en la Ciudad de Rosario.

Figura 1



Clasificación Bio-ambiental

- **Zona IIIa** **Templada cálida** a: con amplitudes térmicas mayores a 14°C
- **Zona IIIb** **Templada cálida** b: con amplitudes térmicas menores a 14°C
- **Zona IVc** **Templada fría** c: de transición
- **Zona Vd** **Templada fría** d: marítima

- Ley 4458 en la CABA.
- Ordenanza 8757 en la Ciudad de Rosario.

Figura 1a

• NOTA IMPORTANTE

En el cuadro anterior de datos climáticos de invierno de la Provincia de Buenos Aires, es fácil visualizar las Temperaturas de Diseño Mínimas (TDMN).
Sin perjuicio del valor de otras variables, ésta reviste una particular importancia pues de ella dependen las Transmitancias Máximas Admisibles ($K_{MAX\ ADM}$) para Muros y techos[33] y la Humedad Relativa Interior (HR), necesaria para el cálculo del Riesgo de Condensación, (la HR exterior se fija por norma para todos los casos en 90%). El rango de TDMN en la provincia, va de 1,7°C a -7,7°C. En este trabajo se seleccionaron como ejemplo de aplicación, 2 ciudades que resultan de interés por una suma de factores: La Plata, capital provincial y representativa de una región densamente poblada, perteneciente a la Sub Zona Bioambiental IIIb Templado cálida con reducida amplitud térmica diaria (TDMN = -2,5°C y HR interior 65%) y Coronel Suárez, que se encuentra en una región mediterránea de la Sub Zona Bioambiental IVc Templado fría (TDMN = -7,7°C y HR interior 58%).

Es de destacar, que otras numerosas e importantes ciudades de la provincia de Buenos Aires y de otras provincias vecinas que comparten las mismas zonas bioambientales, presenten Temperaturas de Diseño Mínimas TDMN dentro del rango antes mencionado. Por ejemplo:
Rosario SF -4,0°C; Santa Rosa LP -6,0°C, en la llanura y con ASNM (alturas sobre el nivel del mar) del orden de los 500 m, Córdoba Capital; -4,3°C; San Luis -4,2°C; La Rioja -2,5°C; Mendoza -3,9°C, San Juan -5,6°C, etc.

*33 Ambas zonas bioclimáticas: la **III** y la **IV** presentan para techos los mismos valores de Transmitancias Máximas Admisibles en condición de **verano**, que son más exigentes que para las condiciones de **invierno**.*

03 Tercera Parte

IRAM 11605***

Condiciones de habitabilidad de edificios

Valores Máximos de Transmitancia Térmica en Cerramientos Opacos

Tablas de Transmitancias Máximas Admisibles K y Absortancia de superficies α

Mediante esta Norma, se establecen los valores máximos de transmitancia térmica **K** aplicables a muros y techos de edificios destinados a viviendas (los que por extensión pueden aplicarse a otro tipo de edificios), de manera de asegurar condiciones mínimas de habitabilidad.

*** Esta norma establece además, los criterios de evaluación de los **puentes térmicos**.

Niveles de confort higrotérmico

Se establecen tres niveles diferentes, los cuales corresponden en grado decreciente a menores condiciones de confort:		
Nivel **A:**	Recomendado	Nivel exigido para edificios de alto Consumo Energético Global (CEG) **Nivel A** por la Ley **4458.**
Nivel **B:**	Medio	Que es el mínimo establecido para el cumplimiento de la Ley **13059** y el **Nivel B** (Edificios de Bajo Consumo Global) de acuerdo a la Ley **4458.** La Ordenanza **8757** de Rosario exige un valor único para paredes y otro para techos, ambos más exigentes pero dentro del Nivel **B.**
Nivel **C:**	Mínimo	NO VERIFICA

$K_{MAX\ ADM}$ de Muros y Techos Condición de invierno*

Temperatura exterior mín. de diseño (TDMN) [°C]	Nivel A	[W/(m².K)]	Nivel B	[W/(m².K)]
	Muros	Techos	Muros	Techos
-8	0,28	0,24	0,74**	0,63
-7	0,29	0,25	0,77	0,65
-6	0,3	0,26	0,80	0,67
-5	0,31	0,27	0,83	0,69
-4	0,32	0,28	0,87	0,72
-3	0,33	0,29	0,91	0,74
-2	0,35	0,3	0,95	0,77
-1	0,36	0,31	0,99	0,8
>0	0,38	0,32	1	0,83

* Para valores de TDMN intermedios, los **$K_{MAX\ ADM}$** se obtienen por intepolación lineal.

** Valor único que exige la Ordenanza **8757** para la envolvente opaca de muros.

Los valores de Transmitancias Máximas Admisibles de Muros y Techos para las condiciones climáticas de la Provincia de Buenos Aires dependen: para Muros, de las temperaturas mínimas de diseño (TDMN) y para Techos, de las Zonas Bioambientales a la que pertenezcan (aunque para III y IV este valor es uno solo para toda la provincia) **$K_{MAX\ ADM}$ = 0,48 W/(m².K)**. No obstante, este valor es aplicable a superficies con coeficientes de absorción de la radiación solar α de 0,7 ± 0,1 (es decir para superficies de colores intermedios). Para coeficientes menores α < 0,6 (superficies claras) se deberá incrementar un 30% resultando el **$K_{MAX\ ADM}$ = 0,62 W/(m².K)**; en tanto que para cubiertas cuyo coeficiente de absorción de la radiación solar sea mayor α > 0,8 (superficies oscuras), dicho valor se deberá disminuir un 20% resultando un **$K_{MAX\ ADM}$ = 0,38 W/(m².K).**

- NOTA IMORTANTE

Este valor (peor condición) es el que exige la Ordenanza **8757** para la ciudad de Rosario SF.

$K_{MAX\ ADM}$ de techos [W/(m².K)] Condición de Verano

Color de la superficie	Zona Bioambiental	Nivel A [W/(m².K)]	Nivel B [W/(m².K)]
Mediano	III y IV	0,19	0,48
Nivel A Oscuro	α > 0,8	0,19 (-) 30%	0,13	
Nivel A Claro	α < 0,6	0,19 (+) 20%	0,23	
Nivel B Oscuro	α > 0,8	0,48 (-) 30%		0,38*
Nivel B Claro	α < 0,6	0,48 (+) 20%		0,62

* Valor de Transmitancia Máxima de Techo exigido por la Ordenanza 8757.

Valores orientativos de coeficientes de absorción de irradiación solar α

Materiales	Coeficiente de absorción α		
Ladrillo común		0,70	
Ladrillos negros oscuros		0,75	0,85
Ladrillos rojos claros	0,50	0,60	
Tejas Cerámicas Rojas (s/color)		0,75	0,85
Hormigón a la vista		0,70	
Hormigón a la vista (texturado)			0,80
Hormigón con agregado y cemento blanco	0,50		
Revoque		0,55	
Revoque claro	0,40		
Marfil blanco	0,40 a 0,50		
Baldosas rojas			0,85
Aluminio anodizado (natural)	0,45		
Aluminio envejecido			0,80
Chapa galvanizada	0,50		

03 Tercera Parte

Pinturas	Clara	Mediana	Oscura
Amarillo	0,30	0,5	0,70
Castaño claro (beige)	0,35	0,55	0,90
Castaño	0,45	0,75	0,98
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,85
Azul	0,40	0,75	0,90
Gris	0,45	0,65	0,75
Anaranjado	0,40	0,60	0,75
Rosa	0,45	0,55	0,70
Púrpura	0,60	0,80	0,90
Aluminio		0,45	
Negro			0,95

Tanto la **Ley 13059** en su DR como la **4458** en su Anexo, tratan y coinciden en la necesidad de evitar los **PUENTES TÉRMICOS***.

*"Para minimizar la ocurrencia de los puentes térmicos, los materiales aislantes térmicos de masa o soluciones constructivas especificadas en el proyecto, sólo podrán estar interrumpidas por elementos estructurales y/o tuberías, cañerías de las instalaciones de servicios. Los materiales aislantes térmicos de masa o soluciones constructivas especificadas en el proyecto, deberán cubrir el máximo de la superficie de la parte del muro, techo y piso, conformando un elemento continuo por todo el contorno de la envolvente expuesta al aire exterior. **En todos los casos, la transmitancia térmica correspondiente a un puente térmico, no puede ser mayor que una vez y medio el valor de la transmitancia térmica del cerramiento opaco,** establecido en Norma **IRAM 11605**. En las normas **IRAM 11625** y **11630** se dan soluciones que se deben adoptar para evitar los puentes térmicos frecuentes."*

*En **IRAM 11605** se establecen los criterios de evaluación y método de cálculo de los puentes térmicos.

IRAM 11625 y 11630

Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales y en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general

Estas normas son aplicables tanto a los **paños centrales** como a los **puntos singulares** de los elementos que conforman la envolvente de un edificio, como muros exteriores, techos y pisos de edificios en general.

Se considera **paño central** hasta una distancia de 0,5 m de las aristas, que los limiten en su contorno.

Los puntos singulares, como aristas, rincones y otros, a cuyo efecto fue realizada la IRAM **11630,** sólo se diferencia de la IRAM **11625** en los valores de **Resistencia Superficial Interior** con los que son calcula el Riesgo de Condensación Superficial, que son los que figuran en la siguiente tabla.

Valores de Resistencia Superficial Interior

Lugar	Rsi $m^2.K/W$
Paños centrales (IRAM 11625)	**0,17**
Aristas superiores y rincones	0,25
Aristas verticales a altura media	0,25
Aristas y rincones inferiores	0,34
Vidrios	0,15
Rincones y aristas "protegidas" (como interiores de placares sobre muros exteriores)	0,50
Detrás de muebles en muros externos	0,50

Simbología, unidades y equivalencias

Magnitud	Símbolo	Unidades		Equivalencia
		Sistema tradicional	SIMELA	
Area	**A**	m^2	m^2	
Espesor de una capa	**e**	m	m	
Densidad aparente	**ρ**	kg/m^3	kg/m^3	
Conductividad térmica	**λ**	kcal/(m.h.°C)	W/(m.K)	1 kcal/(m.h.°C) = 1,163 W/(m.K)
Resistencia térmica	**R**	m^2.h.°C/kcal	m^2.K/W	1 m^2.h.°C/kcal = 0,86 m^2.K/W
Transmitancia térmica	**K***	kcal/(m^2.h.°C)	W/(m^2.K)	1 kcal/(m^2.h.°C) = 1,163 W/(m^2.K)
Presión de vapor de agua	**P**	mmHg	Pa	1 Pa= 1 N / m^2 = 0,102 kgf / m^2 1 mmHg = 133,322 Pa 1 Pa = 10^{-5} bar
Permeabilidad al vapor de agua	**δ**	g.cm/(mmHg.m^2.d)	g.m/(MN.s)	1 g.cm/(mmHg.m^2.d) = 0,868 x 10^{-3} g.m/(MN.s) 1 g.cm/(mmHg.m^2.d) = 0,3125 x 10^{-2} g/(m.h.kPa)
Resistencia a la difusión del vapor de agua	**Rv**	mmHg.m^2.d/g	MN.s/g	1 mmHg.m^2.d/g = 11,52 MN.s/g 1 mmHg.m^2.d/g = 3,2 m^2.h.kPa/g
Permeancia al vapor de agua	**Δ**	g/(mmHg.m^2.d)	g/(MN.s)	1 g/(mmHg.m^2.d) = 0,868 x 10^{-1} g/(MN.s) 1 g/(mmHg.m^2.d) = 0,3125 g/(m^2.h.kPa)

* También se la simboliza con la letra **U**.

NOTA: Las diferencias de temperatura **(Δt)** medidas en grados Celsius o en Kelvin son exactamente iguales por definición. Por lo tanto tienen el mismo valor numérico si se las expresa en **°C** o si se lo hace en **K**.

Condiciones higrotérmicas exteriores

Temperatura exterior de diseño:

La temperatura exterior de diseño será la correspondiente a la localidad donde se proyecte el edificio. Se adoptarán los valores Temperaturas Mínimas de Diseño **TDMN** extraídos de los datos climáticos de invierno de la norma **IRAM 11603** para temperaturas mínimas de diseño.

Humedad relativa exterior:

Se adoptará el valor del **HR=90%** para todas las localidades.

03 Tercera Parte

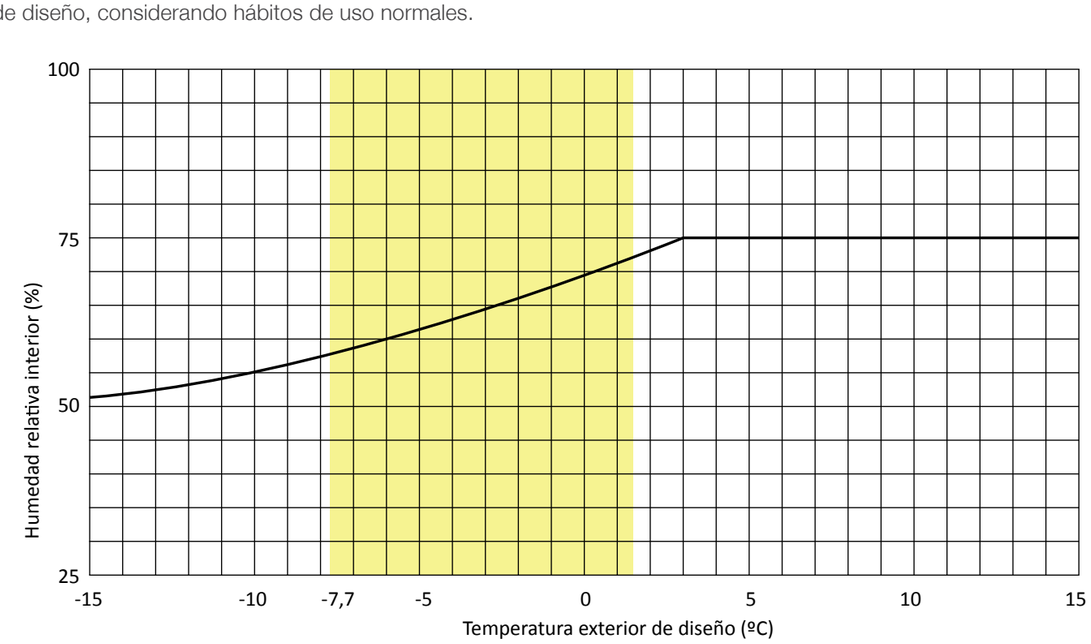
Condiciones higrotérmicas interiores[34]

Temperatura interior de diseño

Destino del edificio o local	Temperatura °C
Vivienda, enseñanza, comercio, trabajo sedentario y cultura	18
Salones de actos, gimnasios y locales para trabajo ligero	15
Locales para trabajo pesado	12
Espacios para almacenamiento general	10

Humedad relativa interior de diseño

El valor de la humedad relativa interior de diseño se obtendrá de la siguiente figura, en función de la temperatura exterior de diseño, considerando hábitos de uso normales.



• NOTA

La franja amarilla encierra el entorno de TDMN de la Provincia de Buenos Aires con cuyos datos se obtiene la HR interior.

34 Nota: Para los edificios cuyo uso no está indicado en las siguientes tablas, como el caso de hospitales y, especialmente, piletas climatizadas, deberán adoptarse condiciones higrotérmicas interiores a partir de un análisis de la producción interior de vapor estimado.

Resistencia térmica superficial

Para la verificación del riesgo de condensación **superficial** se adoptará como valor de la resistencia térmica superficial interior **(Rsi = 0,17 m².K/W)**, siendo el valor de la resistencia térmica superficial exterior el indicado en la norma IRAM **11601 (Rse = 0,04 m².K/W)**.

Para la verificación del riesgo de **condensación intersticial** los valores de resistencia térmica superficial interior y exterior, la conductividad térmica de materiales de construcción y los valores de permeabilidad y permeancia se obtendrán de la norma IRAM **11601**.

Los valores de **conductividad térmica de materiales** de construcción se obtendrán a partir de ensayos según norma o de la Tabla de Conductividades Térmicas que se encuentra en este manual.
De igual modo, los valores de **permeabilidad y permeancia** a considerar en los cálculos serán los obtenidos de la tabla pertinente que se adjunta.

Método de verificación del riesgo de condensación superficial

La disminución de temperatura en la superficie interna se calcula mediante la fórmula:

$$\tau = \frac{R_{si}\,\Delta t}{R_T}$$

- τ: la **disminución de temperatura en la superficie interior del cerramiento** en grados Celsius.
- R_{si}: la **resistencia térmica superficial interior,** en metro cuadrado kelvin por watt.
- Δt: la **diferencia de temperatura entre el interior y el exterior** en grados Celsius.
- R_T: la **resistencia térmica total del cerramiento,** en metro cuadrado kelvin por watt.

La temperatura superficial interna se calcula con la fórmula siguiente:

$$\Theta i = ti - \tau$$

- Θi: la **temperatura superficial interior del cerramiento** en grados Celsius.
- ti: la **temperatura interior del local** en grados Celsius.
- τ: la **disminución de temperatura en la superficie interior del cerramiento** en grados Celsius.

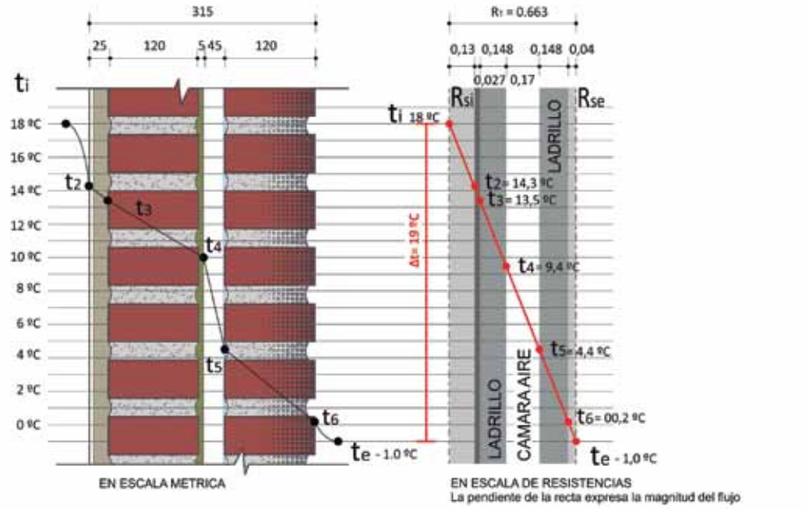
Con los valores de la temperatura superficial interior **(Θi)** y la humedad relativa interior que se obtiene, como fue explicado en la figura anterior y a partir de la **temperatura mínima de diseño TDMN** de la localidad, se obtiene el valor de la **HR interior.** A partir de ésta se determina la **Pvi** y, utilizando el **diagrama psicrométrico** o la **tabla de presiones de vapor de agua saturado**, se obtiene la **temperatura de rocío tr** debiéndose verificar que **tr<Θi** en cuyo caso podremos afirmar que en tales condiciones **no se producirá condensación de vapor de agua** sobre la superficie interior del cerramiento considerado, fueran estos paredes o techos.

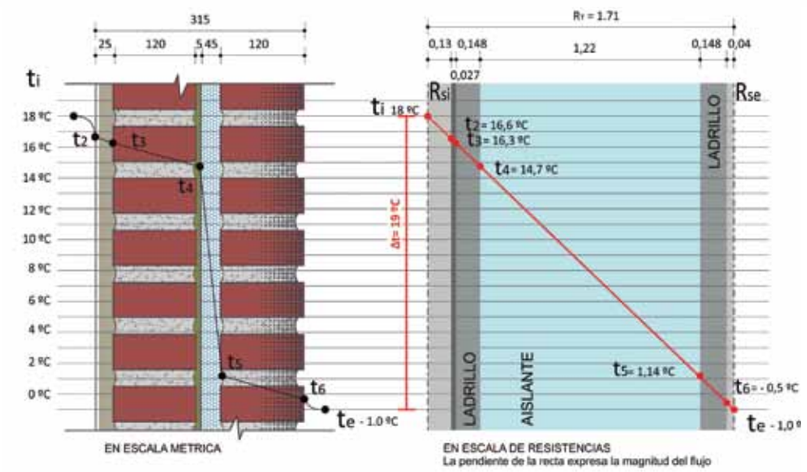
03 Tercera Parte

Sobre los puntos singulares

Para verificar el riesgo de condensación superficial en los **puntos singulares** (IRAM **11630**) se procede de forma análoga. Sólo se debe aplicar la **Rsi** que corresponda, indicada en la tabla de **valores de resistencia superficial interior** que antecede. (Vale mencionar, que este valor se utilizará también para el cálculo de la **resistencia térmica total RT**) para determinar luego la Θi correspondiente.

Ejemplo de gráfico comparativo de dos muros dobles de mampostería con cámara de aire estanca y con la incorporación de aislamiento térmico de EPS





Ejemplo gráfico comparativo de un muro doble de mampostería revocado interiormente, y una hoja exterior de ladrillo visto con junta tomada y cámara de aire no ventilada (Cavity wall o muro Capuchino); y el mismo pero con la incorporación de una placa de aislante térmico de EPS en dicha cámara. Se los representa además, en **escala métrica** y en **escala de resistencias térmicas**.

Comparación

Del gráfico anterior se desprenden algunos datos interesantes.

En primer lugar se muestra, en 2 formas distintas de representación, como varía, en **régimen estacionario**, la temperatura de cada una de las **interficies** de los distintos componentes de un cerramiento heterogéneo en función de la resistencia térmica total R_T y la diferencia de temperaturas **Δt**. También se verifica los beneficios de incorporar un aislante térmico de **EPS** en la cámara de aire.

Por último resulta interesante ver cómo, en los mismos casos, la representación en escala de resistencias permite visualizar rápidamente los diferentes comportamientos, establecer incluso los valores de temperatura de cada capa gráficamente y que además, la pendiente de la recta exprese con claridad la magnitud del **flujo térmico** involucrado.

Método de verificación del riesgo de condensación interstical

El cálculo del riesgo de condensación intersticial no presenta ninguna diferencia entre las normas IRAM **11625** y **11630**.

En primer lugar se calculan las temperaturas en los distintos planos de un cerramiento formado por varias capas de la manera siguiente:

$$t_1 = ti$$
$$t_2 = ti - \Delta t \cdot Ri / R_T$$
$$t_n = te$$

- la **temperatura interior de diseño,** en grados Celsius.
- la **diferencia de temperatura entre el interior y el exterior,** en grados Celsius.
- la **resistencia térmica total,** en metro cuadrado kelvin por watt [m^2.K/W].
- la **resistencia térmica de la parte del cerramiento ubicada hacia el interior del local** respecto del plano considerado, o bien, cuando corresponda, la resistencia térmica superficial interior, en metro cuadrado kelvin por watt [m^2.K/W].
- la **temperatura exterior de diseño,** en grados Celsius.
- la **temperatura en los planos considerados** en grados Celsius.

03 Tercera Parte

La **resistencia a la difusión del vapor de agua de un cerramiento**, compuesto por una serie de capas sucesivas de distintos materiales, se calcula con la fórmula siguiente (IRAM **11625** y **11630**):

$$R_v = e_1 / \delta_1 + e_2 / \delta_2 + \ldots + e_n / \delta_n + 1 / \Delta$$

- la **permeancia de la barrera o freno de vapor,** si los hubiere, en gramo por metro cuadrado hora kilopascal [g/(m^2.h.kPa)].
- la **permeabilidad al vapor de agua de las capas sucesivas de materiales homogéneos del componente anterior,** en gramo por metro hora kilopascal [g/(m.h.kPa)];
- el **espesor de las capas sucesivas de materiales homogéneos del componente anterior** en metros.
- la **resistencia a la difusión del vapor de agua del componente constructivo considerado,** en metro cuadrado hora kilopascal por gramo [m^2.h.kPa/g].

Conociendo las **temperaturas y humedades relativas internas y externas**, mediante el **diagrama psicrométrico** o utilizando la **tabla de presiones de vapor de agua saturado** que se encuentra más adelante, pueden calcularse las **presiones de vapor de agua Pvi y Pve** del lado interior y exterior, respectivamente.

Admitiendo la hipótesis de **δ = cte**, dentro de cada capa, se calculan las presiones de vapor de agua en los distintos planos del cerramiento mediante el procedimiento siguiente:

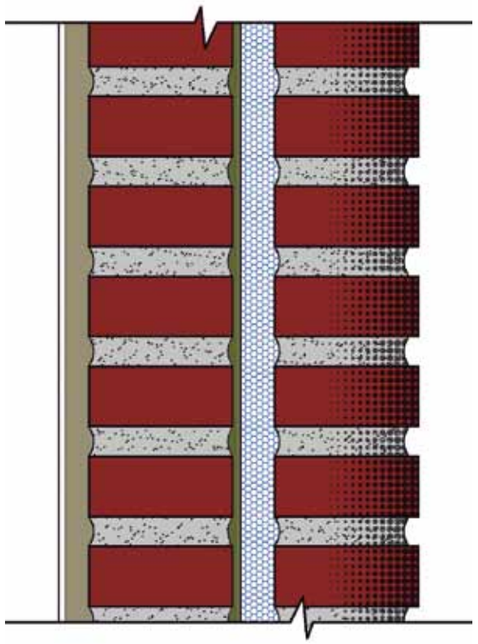
$$P_1 = P_{vi}$$
$$P_2 = P_{vi} - \Delta P \cdot R_{vi} / R_v$$
$$P_n = P_{ve}$$

- la **presión de vapor de agua interior** en kilopascal.
- la **diferencia de presión de vapor de agua entre el interior y el exterior,** en kilopascal.
- la **resistencia al vapor de agua del cerramiento,** en metro cuadrado hora kilopascal por gramo [m^2.h.kPa/g].
- la **resistencia al vapor de agua de la parte del cerramiento ubicada hacia el interior del local respecto del plano considerado,** en metro cuadrado hora kilopascal por gramo [m^2.h.kPa/g].
- la **presión de vapor de agua exterior,** en kilopascal.
- la **presión de vapor de agua en los planos considerados,** en kilopascal.

De modo análogo a las temperaturas interiores, se determina la variación de presiones de vapor de agua en el seno del cerramiento.

Si bien la variación de presiones dentro de un material no es lineal, podemos asumir que obteniendo los valores de presión en cada interface, y consecuentemente ***sus temperaturas de rocío*** utilizando, ya sea el diagrama psicrométrico o bien calculándolas en base a la tabla pertinente, podemos luego verosímilmente unir los puntos obtenidos mediante rectas, lo que generará una **gráfica de temperatura de rocío** que podremos superponer a la de las temperaturas interiores, las que **deberán permanecer siempre por encima de la primeras indicando que no existe riesgo de condensación intersticial de vapor de agua.**

El ejemplo de cálculo presentado es sobre un tipo de construcción tradicional de mampostería de doble hoja y de un excelente comportamiento higrotérmico para climas templados en donde se requiere de una cierta masa térmica que la posición del aislante define.
El muro doble con cámara de aire o "*cavity wall*" era, en un principio débilmente ventilada y permitía el escurrimiento al exterior, a través de las juntas verticales ("*llagas*") próximas a la base, del agua eventualmente infiltrada en la hoja externa que actuaba como muro de sacrificio. (Ver también: muros "*capuchinos*"). Usualmente la cámara es no ventilada y rellena parcial o totalmente con un aislante térmico.
Ahora bien, en invierno la mayor presión de vapor de agua se produce en el interior y busca nivelarse con la presión del exterior migrando a través de los materiales porosos. Como la máxima diferencia de temperaturas se da entre las caras de una placa térmicamente aislante, el riesgo de condensación intersticial en la misma es grande y se incrementa cuanto más cerca está el aislante de la cara interior del muro. Por el contrario **el riesgo decrece cuando se ubica el aislante próximo al exterior.**
Puede verse también en el ejemplo, que el azotado hidrófugo como freno de vapor es insuficiente y en esas condiciones, es necesario incorporar una **barrera de vapor.**



Ejemplo de cálculo de riesgo de condensación Intersticial - NORMAS IRAM 11625 / 11630

Flujo de calor horizontal: Muro doble macizo con barrera de vapor y placa de EPS Coronel Suarez (BA), zona bioambiental IVc Templada Fría

Capa del elemento Constructivo [1]	Espesor [2]	λ [3]	R [4]	T [5]	Δ [6]	"δ" [7]	R_V [8]	HR [9]	P [10]	tr [11]	Δt [12]
	mm	W/(m.K)	m^2.K/W	°C	g/(m^2.h. kPa)	g/(m.h. kPa)	m^2.h. kPa/g		kPa	°C	°C
Tempertura Interior del Aire				**18,0**				**58%**	1,195		
Resistencia superficial interior Rsi			0,13								
1 Revoque fino interior	5	0,700	0,01	15,66		0,050	0,10		1,195	9,60	6,06
2 Revoque grueso interior	20	0,930	0,02	15,53		0,044	0,45		1,194	9,59	5,95
3 Hoja interior de ladrillo macizo "común"	120	0,810	0,15	15,15		0,080	1,50		1,189	9,53	5,62
4 Azotado hidrófugo	5	1,130	0,00	12,48		0,022	0,23		1,174	9,33	3,15
5 Film de PE de 150 micrones	0,15			12,40	0,012		83,33		1,172	9,30	3,10
6 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 15 kg/m^3	35	0,037	0,95	12,40		0,023	1,56		0,318	-7,73	20,13
				-4,61					0,302	-8,30	3,69
7 Hoja exterior de ladrillo macizo "visto"	120	0,910	0,13	-6,98		0,080	1,50		0,286	-8,90	1,92
Resistencia superficial exterior Rse			**0,04**								
Temperatura de Diseño Mínima TDMN para Coronel Suarez (Zona Bioclimática IVc)				**-7,7**				**90%**	**0,286**		
Resistencia térmica total			**1,43**	**25,7**	R_{VT} total al vapor		**88,67**		**0,909**		

NOTA: La descripción de los ítems y el procedimiento de cálculo están desarrollados en el capítulo referido al tema "cálculo de riesgo de condensación".

03 Tercera Parte

Referencias de las columnas de la Tabla:

1. Capas del elemento constructivo desde el interior.

2. Espesor **(e)**: Se indican los espesores de cada capa.

3. Conductividad térmica **(λ)**: Se indica la conductividad térmica de cada capa homogénea según los valores de ensayo o de la Tabla de conductividades de IRAM **11601**.

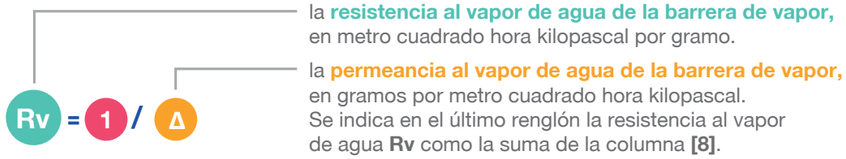
4. Resistencia térmica **(R)**: Se indica la resistencia térmica de cada capa: Los materiales homogéneos se los calculan con la fórmula oportunamente indicada: **R = e / λ**
   - Las Cámaras de aire sin ventilar se obtienen de IRAM **11601** (se adjunta).
   - Las Cámaras ventiladas, se obtienen de acuerdo a IRAM **11601** según corresponda.
   - De igual modo, las Resistencias térmicas superficiales se obtienen de IRAM **11601** (se adjunta tabla).
   - Se indica en el último renglón la **Resistencia térmica total**, como la suma de la columna **[4]** y la **Resistencia a la difusión del vapor de agua**, como la suma de la columna **[8]**.

5. Temperaturas (T): Se indican la temperatura interior de diseño (del aire interior) **ti** y la temperatura exterior de diseño (del aire exterior): **TDMN** de la localidad.
   - Se calcula la temperatura entre cada capa con la fórmula oportunamente dada: **tn=ti-Δt.Ri/ RT**
   - En el último renglón, al final de la columna **[5]**, se indica la diferencia entre la temperatura interior y exterior **Δt**.

6. Cuando correspondiere, se indica la Permeancia al vapor de agua **Δ**.

7. Permeabilidad al vapor de agua **(δ)**: se indica la permeabilidad al vapor de agua de cada capa homogénea.

8. Resistencia al vapor de agua **(Rv)**: se calcula la resistencia al vapor de agua de cada capa homogénea de acuerdo a lo oportunamente indicado.
   Si la capa fuese una **barrera de vapor**, la resistencia al vapor de agua se calcula según:



9. Humedad relativa **HR**: Se indican las humedades relativas de diseño **interior** y **exterior**, siendo la primera derivada de la **TDMN** local en el cuadro respectivo (al principio de este ítem) y la **exterior** establecida en **90%**.

10. Presión de vapor de agua **(P)**: Se indican las presiones de vapor de agua del aire interior y exterior **(Pvi)** y **(Pve),** las que se obtienen del diagrama psicrométrico o calculándolas a partir de la tabla de vapor de agua saturado teniendo como datos las temperaturas y las humedades relativas.
    Se calcula la presión de vapor de agua entre cada capa de acuerdo a lo establecido anteriormente. En el último renglón al final de la columna **[10]** se indica la diferencia entre la presión de vapor interior y exterior **ΔP**.

11. Temperatura de rocío **(tr)**: Se indican las temperaturas de rocío del aire interior y exterior, además de las correspondientes a cada junta entre capas, las cuales se obtienen mediante el diagrama psicrométrico o la tabla de presiones de vapor de agua.

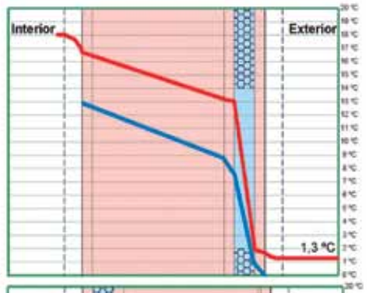
12. Diferencia de temperaturas: **(Δt)**: Se indica la diferencia entre la temperatura de bulbo seco TBS de la columna **[5]** y la temperatura de rocío **tr** de la columna **[11]**. Si alguna de las diferencias es **negativa, este resultado indica la existencia de condensación.**

Ejemplos gráficos de riesgo de condensación intersticial (diagrama de Glaser). La localización del aislante térmico y y el uso adecuado de la barrera de vapor.

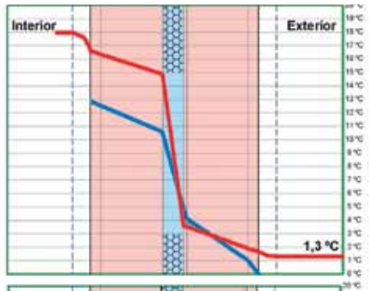
Las barreras o frenos de vapor **pueden no ser necesarios para** controlar los riesgos de condensación intersticial, de acuerdo a donde se localice el aislante térmico (cuanto más al exterior esté mejor cumple su función y además define la "*masa térmica*" edilicia que, según sea el uso del edificio y las condiciones bioambientales, puede resultar beneficiosa.

En las gráficas siguientes (diagramas de Glaser) se puede comprobar cómo varían las temperaturas de bulbo seco en régimen estacionario en el interior de un muro de ladrillo macizo y las temperaturas de rocío que decrecen con la reducción de la presión de vapor. En **a), b) y c)** se detecta como el riesgo de condensación es mayor **cuanto más al interior se encuentra el aislante.** La gráfica **d)** muestra el ejemplo calculado en donde se incorpora una **barrera de vapor** que reduce la difusión del vapor de agua.

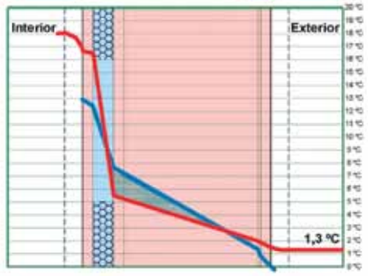
a) Aislante térmico en la cara exterior del cerramiento



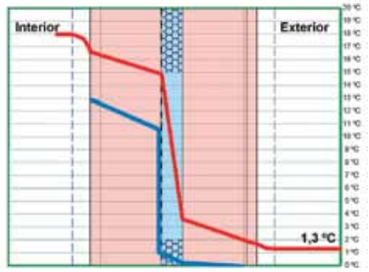
b) Aislante térmico en la cara interior del cerramiento



c) Aislante térmico en la cara interior del cerramiento



d) Ejemplo con la inclusión de una barrera de vapor



Su función, como fuera descripta en "*Definiciones*", consiste en reducir la presión parcial de vapor dentro de la pared o techo, en las partes en las que comienza a disminuir la temperatura. Se la define convencionalmente como "la capa de material que, generalmente de espesor pequeño, ofrece una alta resistencia al pasaje del vapor".

Para que un material se considere **barrera de vapor**, su permeancia debe ser menor a **0,75 g/(m².h.kPa). [Δ < 0,75 g/(m².h.kPa)].**

La efectividad de una **barrera de vapor** se reduce e incluso puede volverse perjudicial por una incorrecta ubicación o por defectos en su colocación.
Es importante la realización de las juntas: se deben superponer (solapar) las películas o mejor aún, cuando fuera posible, soldarlas o adherirlas.
Las grietas o perforaciones reducen asimismo la efectividad de la barrera de vapor.

Se recomienda tener en cuenta ese riesgo y, de ser posible deberán entonces preverse los medios que permitan la salida del vapor que atraviesa dicha barrera.

La barrera de vapor se coloca en la cara caliente de la pared o **en el lado caliente del aislante**. De esta manera frena el vapor de agua en el lugar más adecuado e imposibilita que atraviese capas frías, evitando la condensación.
Al encontrarse con la barrera "*caliente*" el vapor no puede condensarse en ella. Situada en un lugar inadecuado, la barrera de vapor imposibilita por un lado la difusión de vapor, e impide la evaporación de la humedad del o los materiales componentes del elemento (muro o techo), facilitando la condensación del vapor sobre sus caras.

03 Tercera Parte

Presiones de vapor de agua de saturación Pvs

Temperatura C°	kilopascal [kPa]									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
30	4,24	4,27	4,29	4,32	4,34	4,37	4,39	4,42	4,45	4,47
29	4,01	4,03	4,05	4,08	4,10	4,15	4,15	4,17	4,20	4,22
28	3,78	3,80	3,83	3,85	3,87	3,89	3,92	3,94	3,96	3,98
27	3,57	3,59	3,61	3,63	3,65	3,67	3,70	3,72	3,79	3,76
26	3,36	3,38	3,40	3,42	3,44	3,46	3,48	3,50	3,53	3,54
25	3,17	3,19	3,21	3,23	3,25	3,27	3,28	3,30	3,32	3,34
24	2,99	3,00	3,02	3,04	3,06	3,08	3,10	3,11	3,13	3,15
23	2,81	2,83	2,85	2,86	2,88	2,90	2,92	2,93	2,95	2,97
22	2,65	2,66	2,68	2,70	2,71	2,73	2,74	2,76	2,78	2,79
21	2,49	2,50	2,52	2,54	2,55	2,57	2,58	2,60	2,61	2,63
20	2,34	2,35	2,37	2,38	2,40	2,41	2,43	2,44	2,46	2,47
19	2,20	2,21	2,23	2,24	2,25	2,27	2,28	2,30	2,31	2,32
18	2,07	2,08	2,09	2,11	2,12	2,13	2,15	2,16	2,17	2,19
17	1,94	1,95	1,96	1,98	1,99	2,00	2,01	2,03	2,04	2,05
16	1,82	1,83	1,84	1,85	1,87	1,88	1,89	1,90	1,91	1,93
15	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,80	1,81
14	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,70
13	1,50	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59
12	1,40	1,41	1,42	1,43	1,44	1,45	1,46	1,47	1,48	1,49
11	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,39	1,39
10	1,23	1,24	1,25	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,30
9	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,20	1,21	1,22
8	1,07	1,08	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,13	1,13	1,14
7	1,00	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07
6	0,94	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	1,00
5	0,87	0,88	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91	0,92	0,93
4	0,81	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87
3	0,76	0,77	0,77	0,78	0,78	0,79	0,79	0,80	0,80	0,81
2	0,71	0,71	0,72	0,72	0,73	0,73	0,74	0,74	0,75	0,75
1	0,66	0,66	0,67	0,67	0,68	0,68	0,69	0,69	0,70	0,70
0	0,61	0,61	0,60	0,60	0,59	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57
-1	0,56	0,56	0,55	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,52
-2	0,52	0,51	0,51	0,51	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48
-3	0,48	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44
-4	0,44	0,43	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41
-5	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,37
-6	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34
-7	0,34	0,34	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32	0,31
-8	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29
-9	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26
-10	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24
-11	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22
-12	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20
-13	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18
-14	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
-15	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15
-16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
-17	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
-18	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
-19	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10
-20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09

Permeabilidades y Permeancias al vapor de agua

Material		Densidad (p)	Permeabilidad al vapor de agua (δ)	Permeancia al vapor de agua (Δ)
		Kg/m³	g/(m.h.kPa)	g/(m².h.kPa)
Aire en reposo			0,626	
Materiales aislantes				
Lana de roca			0,6	
Lana de vidrio			0,5	
Poliestireno expandido	en planchas	30	0,75 . 10^{-2}	
		25	1,08 . 10^{-2}	(estimado)
		20	1,42 . 10^{-2}	ensayo
		15	1,84 . 10^{-2}	(estimado)
		10	2,25 . 10^{-2}	
	en copos		2,25 . 10^{-2}	
Espuma rígida de poliuretano (celdas cerradas)			0,75 . 10^{-2}	
Espuma flexible de poliuretano (celdas abiertas)			0,4	
Hormigones				
Hormigón armado		1800	4,4 . 10^{-2}	
		2000	3,0 . 10^{-2}	
		2200	2,2 . 10^{-2}	
		2400	2,0 . 10^{-2}	
Hormigones livianos		600	15,0 . 10^{-2}	
		700	12,0 . 10^{-2}	
		800	10,0 . 10^{-2}	
		900	8,0 . 10^{-2}	
		1000	7,0 . 10^{-2}	
		1200	6,0 . 10^{-2}	
Hormigón celular			11,0 . 10^{-2}	
Morteros				
de cemento		2000	2,2 . 10^{-2}	
de cal y cemento		1800	4,4 . 10^{-2}	
de cal y cemento con siliconas		2100	2,7 . 10^{-2}	
de cal y cemento con impermeabilizantes de cal		1700	3,7 . 10^{-2}	
de cal y yeso		1400	5,0 . 10^{-2}	
de yeso con arena		1400	6,5 . 10^{-2}	
de yeso		1200	7,0 . 10^{-2}	
Enlucido de yeso y placas de yeso		1000	11,0 . 10^{-2}	
Cielorraso con mortero de cemento		1900	4,7 . 10^{-2}	
Cielorraso con mortero de yeso		1200	11,0 . 10^{-2}	

03 Tercera Parte

Material	Densidad (p)	Permeabilidad al vapor de agua (δ)	Permeancia al vapor de agua (Δ)
	Kg/m³	g/(m.h.kPa)	g/(m².h.kPa)
Mampostería			
De ladrillos comunes macizos con mortero de asiento y sin revoque	1500	8,0 . 10^{-2}	
De bloque cerámico portante con agujeros verticales con asiento en mortero sin revoque	850 a 1200	10,0 . 10^{-2}	
De bloque cerámico portante con agujeros horizontales, con asiento de mortero y sin revoque	850 a 1100	13,0 . 10^{-2}	
Maderas			
Tableros porosos	300	0,33	
Tableros duros (tipo “hardboard”)		0,7 . 10^{-2}	
Madera terciada con pegamentos resinosos		0,09 . 10^{-2} a	
Madera enchapada	600	0,2 . 10^{-2}	
Tablero de fibras duras	600	4,3 . 10^{-2}	
	800	1,6 . 10^{-2}	
	1000	0,9 . 10^{-2}	
Maderas en general		2,25 . 10^{-2} a 4,50 . 10^{-2}	
Fibrocemento			
Placas	1400	2,6 . 10^{-2}	
	1800	1,0 . 10^{-2}	
Revestimientos			
Cerámicos, tipo porcelana con mortero de cemento	1900	0,32 . 10^{-2}	
Azulejos con mortero de cemento	1700	0,32 . 10^{-2}	
Baldosas de pavimentación con mortero de cemento	2300	0,2 . 10^{-2}	
Placas de clinker con mortero de cemento	2000	0,2 . 10^{-2}	
Linóleo	1200	0,13 . 10^{-2}	
De plástico y de caucho	1300	0,08 . 10^{-2}	
Vidrio		6,4 . 10^{-5}	
Metales		0	

Masillas y adhesivos	Espesor (mm)			
Bituminosa, asfalto	5,0			6,5 . 10^{-2}
Caucho artificial de polisulfuros (Thiokol)	10,0			2,2 . 10^{-2}
Resina epoxi	0,5			0,13 . 10^{-2}
	2,0			0,16

Material		Densidad (p)	Permeabilidad al vapor de agua (δ)		Permeancia al vapor de agua (Δ)
		Kg/m³	g/(m.h.kPa)		g/(m².h.kPa)
Pinturas		**Espesor (mm)**			
Una capa	En frío, bituminosa	0,1			1,08
Dos capas	Asfáltica sobre madera terciada	Variable			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				16,0
Tres capas	Pintura exterior al óleo sobre madera	Variable			0,21
	Látex				1,13
	Mástic polietileno cloro-sulfonado (1130 g/m² a 2260 g/m²)				0,012
	Mástic asfáltico				0,10

Pinturas	Espesor (µm)			
Pintura a la cal				75
Pintura tipo "epoxi"				1,13
Pintura a base de siliconas				3,75
Pintura esmalte aplicada sobre enlucido				0,4

Pinturas	Espesor (µm)			
Resina acrílica de vinil-tolueno				1,2
Resina acrílica	200-210			3,86
Terpolímero de acetato, cloruro y laurato de vinilo	205			9,0
Poliisocianato más poliéster	133			0,4
Resina acrílica de estireno (pintura texturada)	1000			5,0
Copolímero de cloruro de vinilo-acetato de vinilo más ácido maleico	220			0,1
Resinas de poliuretano	200			1,76

Películas y barreras de vapor	Espesor (µm)			
Hoja de aluminio	25			0
	8			$1{,}12 \cdot 10^{-2}$
Polietileno	50			$3{,}3 \cdot 10^{-2}$
	100			$1{,}6 \cdot 10^{-2}$
	150			$1{,}2 \cdot 10^{-2}$
	200			$0{,}8 \cdot 10^{-2}$
	250			$0{,}6 \cdot 10^{-2}$
Poliéster	25			0,15

03 Tercera Parte

Material		Densidad (p)	Permeabilidad al vapor de agua (δ)		Permeancia al vapor de agua (Δ)
		Kg/m³	g/(m.h.kPa)		g/(m².h.kPa)
Barreras y frenos de vapor		**Espesor (µm)**			
Policloruro de vinilo	No plastificado	50			0,14
	Plastificado	100			0,29
Fieltros	Alquitranado	Variable de 50 a 100			2,28
	Asfáltico				0,67
	Saturado y revestido en rollos pesados para cubiertas				0,03
	Bituminado con hoja de aluminio				0,03
Papel	Kraft y láminas de asfalto reforzado				0,15
	Kraft (500 g/m²)				7,60
Lámina de papel embreado y revestido					0,23
Película plástica (*)		25			0,01
Hule					0,015

NOTA: (*) Tipo "MYLAR"

Patología higrotérmica en edificios

Introducción

La humedad es causa y efecto de numerosos procesos patológicos que afectan el confort de los usuarios, menoscaban el patrimonio edilicio y comprometen la salud de sus habitantes.

Considerados por su origen, en los edificios de detectan **5 tipos de humedades**[35]:

1. **Humedad por infiltración** de agua, a través de fisuras y grietas, juntas, etc. de la envolvente edilicia[36].

2. **Humedad accidental**, por rotura de tuberías por las que circula agua, sean éstas presurizadas, como las de provisión de agua sanitaria o de calefacción; o en las que el agua escurre por gravedad y se encuentra a la presión atmosférica normal, como es el caso de los desagües pluviales o cloacales.

3. **Humedad de obra**. La construcción tradicional de obra “húmeda” insume importantes cantidades de agua en su producción, una mínima proporción de la cual, queda incorporada en la obra como componente (por ejemplo la que se consume en el proceso de fragüe de los aglomerantes que se fijan por las transformaciones químicas de los mismos). Otra importante porción de agua, necesaria para la trabajabilidad de morteros y hormigones en el proceso de ejecución de la obra húmeda, debe ser evaporada al medio, lo que insume un tiempo que podría demandar muchos meses, dependiendo de la temperatura y humedad ambiente y de la estructura porosa de los materiales.

35 Los distintos procesos patológicos pueden producirse simultáneamente, actuar sinergéticamente, potenciándose unos a otros, o incluso promover el desarrollo de otros procesos patológicos concomitantes.
36 La absorción de agua líquida se produce cuando el agua penetra en un material como consecuencia de una dada presión hidrostática.

La **evaporación** es un cambio de fase del agua a temperatura ambiente por el efecto deshidratante del **aire no saturado** (tanto más ávido de agua cuanto menor sea su **humedad relativa**. La interfase agua-aire se presenta en la superficie exterior o en el interior de la masa del elemento constructivo[37].

4. **Humedad de capilaridad.** Es el resultado de un fenómeno físico complejo de penetración y desplazamiento de agua líquida, dentro de las **redes capilares** de un material poroso debido a: **fuerzas electromoleculares, tensión superficial y presión atmosférica.**

5. **Humedad de condensación.** La humedad de condensación, cuyas variables principales pueden verse en el ítem **“definiciones”,** es un cambio de fase del vapor de agua contenido en el aire al estado de líquido. Esa transformación puede producirse en la superficie de un componente constructivo o en el interior del mismo (si éste es poroso como buena parte de los materiales de construcción).

Definiciones de aspectos higrotérmicos

Un buen número de los conceptos y definiciones pertinentes al tema ya fueron desarrollados en el ítem: “Definiciones”.

Condensaciones Superficiales

En los climas templados la condensación superficial de agua en los edificios es un fenómeno preponderantemente estacional, propio de las condiciones invernales pero, como resulta evidente, en los climas fríos el factor de riesgo se incrementa y el fenómeno puede manifestarsea lo largo de todo el año.

Tal situación se produce por un exceso de la presión de vapor interior **Pvi,** lo que incrementa la **humedad relativa HR** hasta la saturación del aire interior (HR = 100%) cuando se llega a la **presión de vapor de saturación Pvs**.

El incremento de la **HR** se debe a numerosos factores entre los que podemos mencionar algunos como los procesos de cocción de alimentos, las estufas de fuego abierto que utilizan distintos combustibles, sean estos sólidos, líquidos o gaseosos; el secado de ropa, los procesos metabólicos de los habitantes, la higiene personal, etc.

La ausencia de una **adecuada ventilación** es un factor concurrente fundamental ya que de producirse en la medida necesaria, las presiones de vapor interior y exterior se equilibran rápidamente reduciendo el riesgo de condensación.

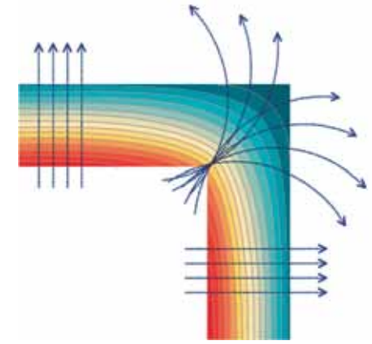
La **temperatura de las superficies interiores** es otro factor de suma importancia ya que por motivos antes expuestos, la **humedad relativa** puede incrementarse también al reducirse la temperatura hasta que la misma alcance la **temperatura de rocío**.
La condensación de humedad superficial se producirá entonces en los lugares más fríos de las superficies interiores de un edificio que en general (pero no excluyentemente) se verifica en las caras interiores de la envolvente, debido a un **insuficiente aislamiento térmico** de la misma.

Por último, el riesgo de condensación de humedad se incrementa con la presencia de **puentes térmicos**, tanto **geométricos** como **constructivos,** que provocan áreas de menor temperatura superficial interior que el resto de la envolvente.
El adecuado tratamiento en la resolución de los **puentes térmicos** es una **indelegable responsabilidad del proyectista.**

*37 La humedad de equilibrio se logra mediante procesos de **adsorción** y **desorción** de vapor de agua, dependiendo de la porosidad de las superficies y de la humedad relativa del medio.*

03 Tercera Parte

Ejemplos de puentes térmicos

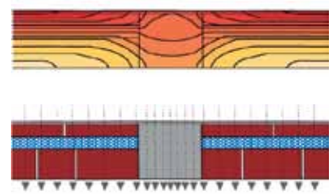


• Puente térmico geométrico

Las aristas interiores de la envolvente de los edificios **son** puentes térmicos geométricos por antonomasia. En ellas, en invierno, las temperaturas son en general inferiores a las de las áreas aledañas, por dos motivos:
Por un lado, el mayor rozamiento que el aire encuentra en diedros y triedros reduce su movilidad e impide la homogeneización de las temperaturas superficiales interiores. Por otro lado, un área más reducida en el interior, la de los ángulos, pierde calor hacia una mayor superficie envolvente exterior, respecto a la de un plano central.

• Puentes térmicos constructivos

Los puentes térmicos constructivos son sectores heterogéneos de la envolvente con transmitancias térmicas mayores a la del resto que en invierno van a estar más fría por su mayor pérdida térmica al exterior.

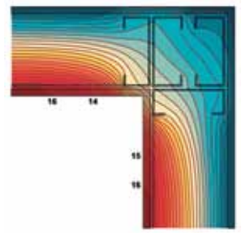


Kpt / Kmo ≤ 1,5

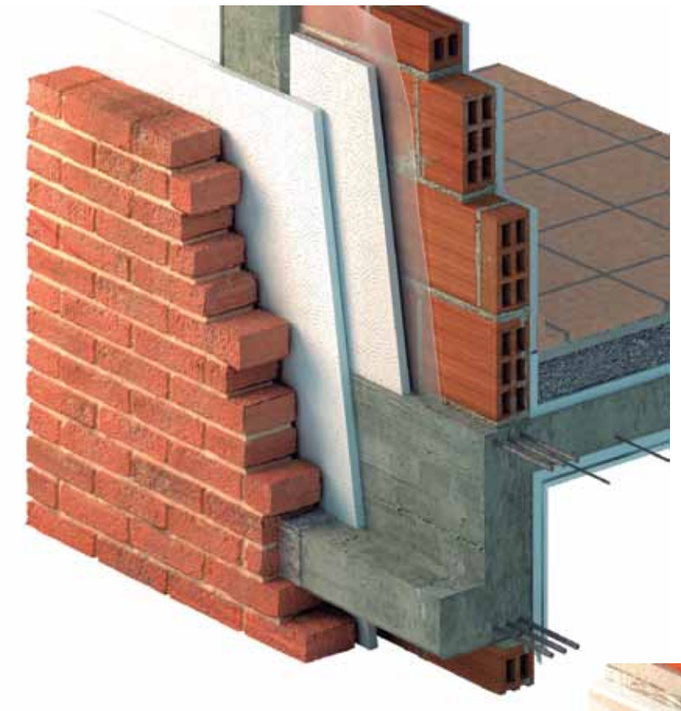
Para IRAM 11605 estamos en presencia de un puente térmico (Kpt) cuando la transmitancia térmica de un área de un muro opaco supera en un 50% la del resto del muro (Kmo): Kpt / Kmo ≤ 1,5
Este porcentaje se reduce al 35% cuando estos puentes térmicos se encuentran a una distancia menor o igual a 1,70 m.
La resolución de los puentes térmicos es una indelegable responsabilidad del proyectista, cuya omisión puede dar lugar a procesos patológicos que afecten la salud o comprometan la calidad de vida de los usuarios.

• Puente térmico geométrico y constructivo

Esta es la situación en donde se combinan ambos aspectos negativos y que suele darse en las estructuras independientes de hormigón embebidas en los cerramientos de los edificios o en los sistemas constructivos del tipo “steelframing” que, si bien están aislados interiormente, no resuelven “per se” el puente térmico de la esquina.



Algunas sugerencias de soluciones de puentes térmicos



03 Tercera Parte

Condensación de humedad, higiene y salubridad[38]

Elevados tenores de humedad ambiente y la condensación superficial del vapor de agua favorecen el desarrollo de distintos tipos de microorganismos como el “Aspergillus” que es un género de unos 600 hongos (mohos).

Existen muchos tipos de mohos y ninguno crecerá sin agua o humedad.

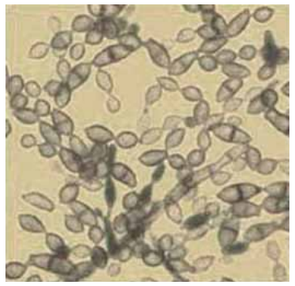
Los mohos no suelen ser un problema, forman parte del medio ambiente natural. En el exterior, juegan un papel en la naturaleza al degradar la materia orgánica como las hojas que se han caído o los mismos árboles muertos.

No obstante, en el interior de los edificios es necesario evitar su propagación.
Los mohos se reproducen mediante esporas; las esporas son invisibles a simple vista y flotan en el aire exterior e interior.

Moho creciendo en hojas caídas.
EPA en www.epa.gov/mold

Las esporas de los mohos se hallan normalmente presentes en el aire, tienen una elevada latencia pero al entrar en contacto con una superficie mojada o húmeda se reproducen rápidamente y empiecen a desarrollarse formando colonias que generan más esporas.

Los mohos pueden crear problemas de salud pues producen alérgenos (sustancias que causan reacciones alérgicas), irritantes y, en ciertos casos, sustancias potencialmente tóxicas (micotoxinas). Inhalar o tocar moho o esporas, puede causar reacciones alérgicas en personas sensibles.



Esporas de moho.

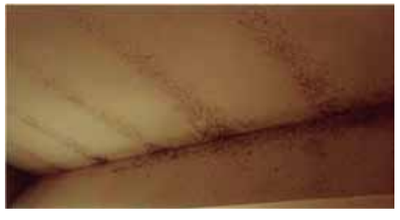
Las reacciones alérgicas pueden incluir síntomas febriles, estornudos, goteo nasal (rinitis), ojos rojos y la erupción cutánea (dermatitis). Las reacciones alérgicas de este tipo son comunes.
Pueden ser inmediatas o demorarse. Los mohos también pueden provocar ataques en personas asmáticas. Además, la exposición a los mismos, puede irritar los ojos, la piel, la nariz, la garganta y los pulmones, tanto de personas alérgicas como a aquellas no alérgicas a los mohos.

En síntesis su proliferación afecta significativamente la calidad del aire interior y es causante directo o factor agravante de diversas patologías que comprometen la salud de los usuarios.

38 Varios de los conceptos de este ítem fueron extraídos de EPA EUA Environmental Protection Agency en ***www.epa.gov/mold***

Imágenes de Proliferación de Mohos por Condensación Superficial

Las imágenes que se adjuntan son de diversas situaciones en las que se detecta la proliferación de colonias de mohos por condensaciones superficiales de humedad.



03 Tercera Parte

El Poliestireno Expandido en la construcción

Un material con historia... y más vigente que nunca

Fue inventado por BASF en 1951 y es fabricado, desde entonces, en plantas distribuidas por todo el mundo. Sus inmejorables características técnicas, entre las que cabe destacar: su elevado aislamiento térmico, su capacidad amortiguante, ligereza y resistencia mecánica; lo han convertido en un material irreemplazable en múltiples aplicaciones en diversos sectores: tanto en la industria de la construcción, como en el de la alimentación y en el "packaging" de los más variados objetos, desde electrodomésticos hasta medicamentos.

El material

El **EPS** es un plástico rígido alveolar de celdas cerradas soldadas entre sí. La materia prima es el "***poliestireno expandible***", un granulado de perlas con diámetros de 0,5 mm a 3 mm, que se obtiene mediante la polimerización del monómero de estireno **[C_8H_8]** y la adición de pequeñas cantidades de un agente de expansión: el pentano **[C_5H_{12}]**, que se degrada muy rápidamente en la atmósfera y al final se descompone en anhídrido carbónico y agua. El estireno, por su parte, es un producto secundario del petróleo. Ambos son hidrocarburos puros ya que sus moléculas se componen exclusivamente de carbono **[C]** e hidrógeno **[H]**, lo que es fundamental al analizar la toxicidad de los gases de combustión.

Es un material que se destaca técnicamente por su elevada capacidad como aislante térmico, su capacidad amortiguante, su ligereza **(98% de aire)** y su elevada resistencia mecánica.

La construcción actual y de un modo creciente, la del futuro, se caracterizará sustancialmente por las exigencias en el **ahorro de energía** y en la preservación del ambiente.

En la actualidad, en casi todos los países industrializados se regulan, mediante disposiciones legales, exigencias mínimas para el aislamiento térmico en la construcción de edificios. Ello se debe tanto a la necesidad de hacer un **uso racional y eficiente de la energía** invertida en el acondicionamiento térmico de las edificaciones, como a razones de salubridad de los usuarios.

En tal sentido, en nuestro medio caben destacarse, como ya fueron mencionadas: la **Ley 13059** de la Provincia de Buenos de Aires promulgada en 2003, con el objetivo de establecer las pautas del acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de los edificios, para contribuir a una mejor calidad de vida de la población y a la disminución del impacto ambiental, a través del uso racional y eficiente de la energía. La misma fue reglamentada en 2010 mediante el **Decreto1030**.

En diciembre de 2007 se promulga el **Decreto Presidencial N° 140** declarando de Interés y Prioridad Nacional el Uso Racional y Eficiente de la Energía, dando lugar al Programa Nacional conocido como **PRONUREE**.

El primero de julio de 2013, entra en vigencia la **Ordenanza 8.757** de 2011 de la Municipalidad de Rosario SF sobre la regulación de "*Aspectos Higrotérmicos y Demanda Energética de las Construcciones*"; mientras que, mediante su publicación en el Boletín Oficial del 30/04/2013, es incorporada al Código de Edificación de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, la **Ley 4458** "*Normas de Acondicionamiento Térmico en Edificios*".

Las innumerables aplicaciones del EPS en la construcción

El Poliestireno Expandido **EPS** no sólo juega un sobresaliente rol en la industria de la construcción debido a sus excelentes propiedades como aislante térmico de edificios, sino que el profesional encuentra hoy en éste una herramienta que le brinda un espectro de aplicaciones casi ilimitado, con una insuperable relación de costo/beneficio.

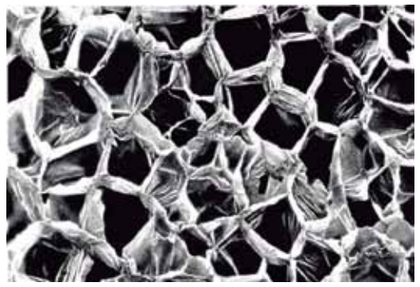
Encofrados perdidos y recuperables de losas casetonadas, bloques para forjados de losas alivianadas, molduras para interior y exterior, placas especiales para sistemas de calefacción por losa radiante, placas elastificadas para entrepisos flotantes, placas lisas y especiales por corte o moldeadas, para techo ventilado con cubierta de tejas, techo invertido y terrazas ajardinadas, hormigones livianos y revoques aislantes de perlas aditivadas, aislamiento térmico exterior de paredes y techos (sistema EIFS), sistemas constructivos integrales; son sólo algunas de sus innumerables aplicaciones en la construcción.

Las características destacadas del EPS

- Posee una elevada capacidad de aislamiento térmico.
- No absorbe prácticamente agua líquida, ni aún sumergido y presenta una muy baja difusión al vapor de agua. No se apelmaza por efecto de la humedad o el envejecimiento.
- Tiene un elevado poder amortiguante y, debidamente elastificado, se vuelve insuperable en la ejecución de entrepisos flotantes para la eliminación de ruidos de impacto.
- Mantiene su eficiencia a lo largo del tiempo aún en las peores condiciones de uso.
- Presenta una inmejorable relación: densidad / resistencia mecánica.
- No contamina, es un material inerte, reciclable y biológicamente inocuo.
- No agrede la piel ni las vías respiratorias.
- El **EPS tipo "F"** (usado mayoritariamente en la construcción), posee un poderoso "*retardante de llama*" que lo torna "*difícilmente inflamable*" o "de muy baja propagación de llama" de acuerdo a los diversos estándares nacionales e internacionales.

Sus principales virtudes se deben a su estructura microscópica de celdas cerradas, conformadas por **2%** de material plástico y un **98% de aire confinado.**

Un caso especial lo constituyen los hormigones alivianados con perlas de **EPS**. Livianos y con excelente capacidad aislante que pueden alcanzar una densidad en seco de hasta 250 kg/m^3. Además, los elementos constructivos elaborados con este material muestran un excelente comportamiento en casos de incendio, siendo muy aptos, incluso para **muros cortafuego**. Ello se debe a que en el caso de un incendio prolongado en un lado del muro, con desarrollo de altas temperaturas, las perlitas de poliestireno preexpandidas incluidas en el hormigón, cercanas a la cara caliente, se resumen, tomando las características de un hormigón alveolar, de muy buenas propiedades de aislamiento térmico a altas temperaturas. En las secciones más alejadas al lado caliente, donde el calor no alcanza para sinterizar las perlas de EPS, el muro mantiene sus propiedades aislantes prácticamente inalteradas.



Es obvio que ningún material es útil para todo, y al elegir, se debería optar por el que brinde la mejor relación costo/prestación a los fines requeridos.

La incombustibilidad es un beneficio adicional a los materiales, pero no siempre hace a su función específica.

Al hablar de seguridad contra incendios de las construcciones se debe tener en cuenta el comportamiento y la resistencia al fuego de los elementos constructivos completos, como conjunto en su condición de uso y no sólo de la reacción al fuego de los materiales que los componen considerados aisladamente; condición de por sí exigente pues, en general, no tiene en cuenta el reducidísimo aporte del aislante térmico en caso de incendio, al comparárselo con los innumerables elementos que conforman el mobiliario, la decoración y tantos otros elementos de uso cotidiano que configuran el hábitat humano.

Un buen diseño, que contemple las condiciones de uso y concentre su atención en la prevención, mediante una clara señalización de las salidas de emergencia, la detección de humos y llama, la ubicación estratégica de extintores, la

03 Tercera Parte

eventual instalación de rociadores, y una rápida evacuación de los locales mediante la provisión de adecuados y estratégicamente localizados medios de escape, resulta infinitamente más eficiente y seguro frente al riesgo de incendio que una mera adopción de materiales aislados.

Cuadro orientativo de propiedades físicas del Poliestireno Expandido EPS

Propiedad		Unidad	Densidad aparente				Norma
Densidad aparente		**kg/m^3**	**15**	**20**	**25**	**30**	
Resistencia mínima a la compresión o tensión mínima de compresión al 10 % de deformación (el valor que resulte menor)		kPa	65	110	150	200	**IRAM 1858**
Conductividad térmica máxima a 10ºC temperatura media, 28 días de estacionado, si corresponde		W/(m.K)	0,037	0,034	0,033	0,032	**IRAM 1858**
Deformación máxima después de 48 h a 70ºC		%	5	5	5	5	**IRAM 1858**
Deformaciones lentas máximas después de 48 h a 80ºC con 20 kPa de carga		%	-	5	5	-	**IRAM 1747**
Deformaciones lentas máximas después de 7 d a 70ºC con 40 kPa de carga		%	-	-	-	5	
Permeabilidad al vapor de agua		g/(m.h.kPa)	de 0,75 x 10^{-2} a 2,25 x 10^{-2}				**IRAM 11601**
Absorción de agua por inmersión (porcentaje de volumen)	desp. de 7 días	% Vol.	0,5 - 1,5				**DIN 53434**
	desp. de 28 días	% Vol.	1,0 - 3,0				
EPS Gris (Neopor) Conductividad térmica máxima según ensayo realizado por INTI de acuerdo a la norma indicada		W/(m.K)	0,034	0,031	-	-	**IRAM 11559**

Equivalencias: 100 kPa = 0,1 N/mm^2 = 1kgf/cm^2 1,16 W/(m.K) = 1 kcal/(h.m.ºC)

El comportamiento ambiental del EPS

El **EPS**, posee excelentes características termoaislantes y amortiguantes, preservando el ambiente al incrementar la eficiencia energética y al colaborar en la reducción del consumo de energía de las construcciones, mitigando de ese modo la emisión de gases de efecto invernadero **GEI's**.

Por su parte, la energía utilizada para su fabricación, se recupera en tan sólo seis meses, por el ahorro derivado del menor consumo de energía en la climatización de los edificios en los que se aplica y en la menor potencia (y costo) de los equipos complementarios requeridos. Esa reducción en la demanda de energía se mantiene durante toda la vida útil del edificio, por lo que también es mucho menor el consumo de combustibles fósiles y, consecuentemente, las emisiones de CO_2.

Durante toda su vida útil, no emite gases tóxicos a la atmósfera, no afecta la capa de ozono y no desprende fibras agresivas que pudieran afectar nuestras vías respiratorias o producir irritación cutánea.

03 Tercera Parte

Lo que lo torna aún más eficiente y amigable con el ambiente, es **su total reciclabilidad**, lo que prolonga su extensa vida útil mucho más allá del tiempo de uso de la aplicación original.

Tal condición se manifiesta en la generación de múltiples aplicaciones, desde plásticos rígidos, que, moldeados a temperaturas relativamente bajas (de entre 160 a 240°C) y procesados por inyección o extrusión, son utilizados en innumerables usos como: electrodomésticos, electrónica, hogar, bandejas y envases de alimentos, embalajes, chapas extruidas, displays, etc., hasta materiales de construcción, que con el insignificante costo energético derivado de su molienda, es utilizado en la elaboración hormigones ligeros y revoques aislantes.

Por último, al no ser biodegradable, es decir, al ser inerte y no interactuar con microorganismos, no contamina el aire, las napas freáticas, ni el suelo, por lo que es frecuentemente incorporado al mismo, aún mezclado con materia orgánica, para mejorar la capacidad drenante del terreno, en la composición de compost y como sustrato en agricultura hidropónica.

En síntesis:

el EPS es Recuperable, Reciclable y Reutilizable.

Cuarta Parte

- **Soluciones constructivas para paredes y techos** 80

  El Proyectista y el usuario encontrarán aquí una diversidad de soluciones constructivas de aplicaciones que, sin perjuicio de innumerables otras que podrían diseñarse, sirven como una suerte de catálogo de propuestas para la buena ejecución de la envolvente edilicia, tanto de paredes como de techos, e incluso de sistemas constructivos innovadores. Adicionalmente, las propuestas se brindan para dos ciudades que presentan condiciones climáticas diferentes y, consecuentemente distintos requerimientos, lo que permite apreciar las respuestas de una misma solución sometida a diferentes solicitaciones, y los cálculos que las respaldan.

- **A. Paredes** 80
  - A.1. Muros tradicionales de mampostería
  - A.2. Aislamientos especiales de muros y tabiques
- **B. Sistemas Constructivos Integrales** 96
  - B.1. Sistema de concreto armado con mallas de acero electrosoldadas y alma de EPS
  - B.2. Sistema ICF (“Insulated Concrete Form”)
- **C. Techos** 98
  - C.1. Techos livianos
  - C.2. Techos pesados
- **Otras aplicaciones** 110
  - Sistema de cubierta de terrazas verdes
    - Dos aplicaciones, Una Solución
  - Placas especiales para lozas radiantes
- **Apostilla de techos y cubiertas** 113
  - El Techo Ventilado
  - El Techo “doble capa” con ruptura de puente térmico y EPS estándar
- **Tablas** 118

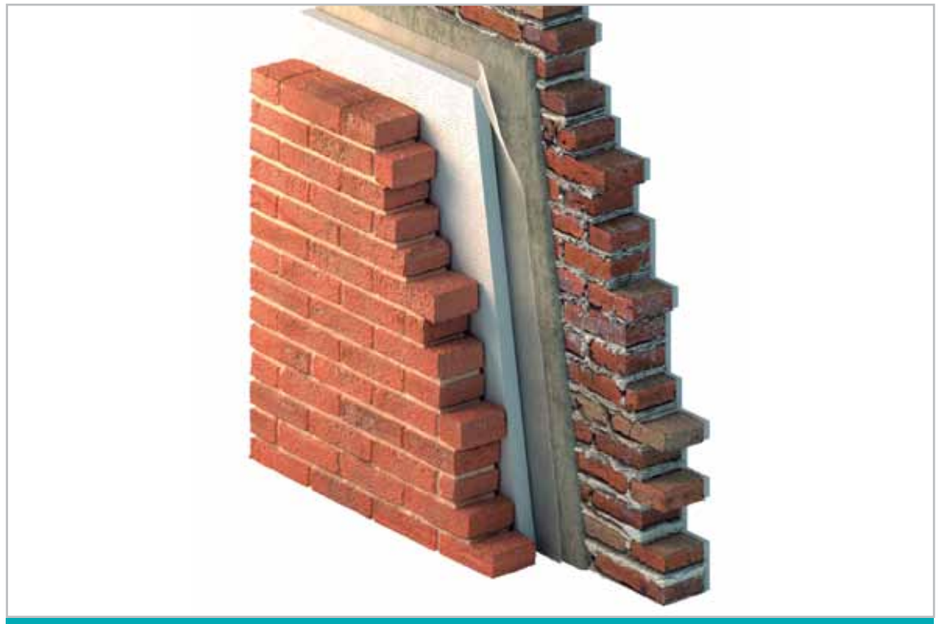
  Numerosas tablas y gráficos se presentan como una útil herramienta, tanto para el proyectista como para la enseñanza de la temática del Acondicionamiento Higrotérmico de los Edificios.
- **Recomendaciones Generales de Diseño** 152

  Algunas sugerencias y recomendaciones que pueden orientar el diseño de acuerdo a las particularidades microclimáticas del emplazamiento.

Soluciones constructivas para paredes

A.1. Muros tradicionales de mampostería

A.1.1. Muro doble macizo con barrera de vapor y placa de EPS



Norma IRAM 11601 — **Cálculo de transmitancia térmica**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Muro doble macizo	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires

Capa del elemento constructivo	espesor	λ	R	espesor	λ	R
	mm	W/(m.K)	m².K/W	mm	W/(m.K)	m².K/W
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13			0,13
1 Revoque fino interior	5	0,700	0,01	5	0,700	0,01
2 Revoque grueso interior	20	0,930	0,02	20	0,930	0,02
3 Hoja interior de ladrillo macizo "común"	120	0,810	0,15	120	0,810	0,15
4 Azotado hidrófugo	5	1,130	0,00	5	1,130	0,00
5 Film de PE de 150 micrones	0,15			0,15		
6 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 15 kg/m³	25	0,037	0,68	35	0,037	0,95
7 Hoja exterior de ladrillo macizo "visto"	120	0,910	0,13	120	0,910	0,13
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**			**0,04**
Espesor total aproximado	**295**			**305**		
Resistencias Térmicas Totales			**1,16**			**1,43**
Transmitancia Térmica del componente K [W/(m².K)] = 1/R			**0,86**			**0,70**
Transmitancia Máxima Admisible $K_{MAX\ ADM}$, según IRAM 11605 Nivel B [W/(m².K)]			**0,93**			**0,75**
Cumple con Norma IRAM 11605: SI / NO			**SI**			**SI**

04 Cuarta Parte

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación Intersticial**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Muro doble macizo	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m².K/W	°C	g/(m².h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m².h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				**18,0**				65%	**1,339**		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13	15,70					1,339	11,30	4,40
1 Revoque fino interior	5	0,700	0,01	15,57		0,050	0,10		1,339	11,29	4,28
2 Revoque grueso interior	20	0,930	0,02	15,19		0,044	0,45		1,336	11,26	3,94
3 Hoja interior de ladrillo macizo "común"	120	0,810	0,15	12,57		0,080	1,50		1,325	11,14	1,43
4 Azotado hidrófugo	5	1,130	0,00	12,49		0,022	0,23		1,324	11,13	1,37
5 Film de PE de 150 micrones	0,15			12,49	0,012		83,33		0,465	-3,28	15,77
6 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 15 kg/m³	25	0,037	0,68	0,54		0,023	1,11		0,457	-3,47	4,01
7 Hoja exterior de ladrillo macizo "visto"	120	0,910	0,13	-1,79		0,080	1,50		0,447	-3,74	1,95
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**								
Espesor total aproximado	**295**										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para La Plata (Zona Bioclimática IIIb)				**-2,5**				**90%**	**0,447**		
Resistencias Totales	**Térmica**		**1,16**			**Al vapor**	**88,23**				

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación Intersticial**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Muro doble macizo	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires	

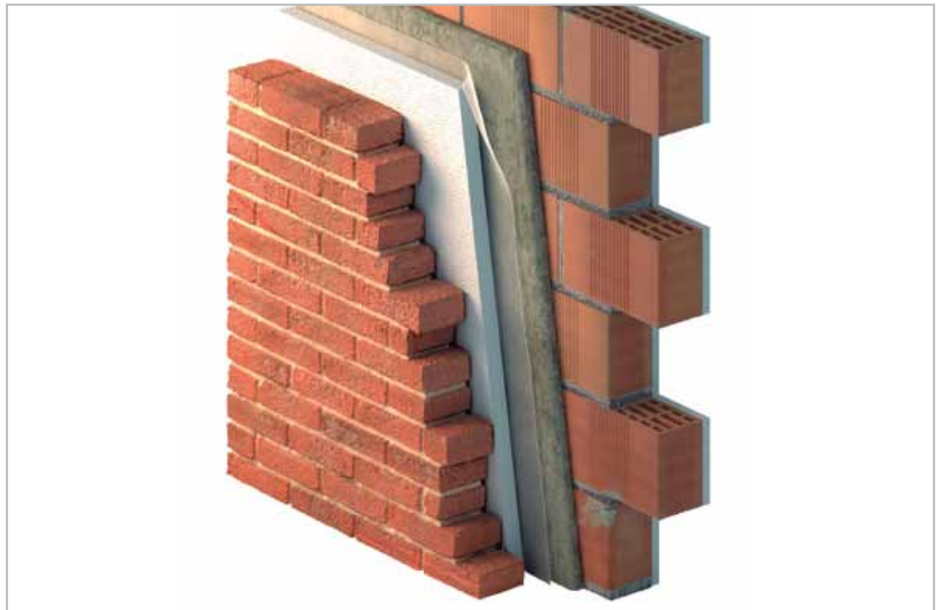
Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m².K/W	°C	g/(m².h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m².h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				**18,0**				58%	**1,195**		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13	15,66					1,195	9,60	6,06
1 Revoque fino interior	5	0,700	0,01	15,53		0,050	0,10		1,194	9,59	5,95
2 Revoque grueso interior	20	0,930	0,02	15,15		0,044	0,45		1,189	9,53	5,62
3 Hoja interior de ladrillo macizo "común"	120	0,810	0,15	12,48		0,080	1,50		1,174	9,33	3,15
4 Azotado hidrófugo	5	1,130	0,00	12,40		0,022	0,23		1,172	9,30	3,10
5 Film de PE de 150 micrones	0,15			12,40	0,012		83,33		0,318	-7,73	20,13
6 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 15 kg/m³	35	0,037	0,95	-4,61		0,023	1,56		0,302	-8,30	3,69
7 Hoja exterior de ladrillo macizo "visto"	120	0,910	0,13	-6,98		0,080	1,50		0,286	-8,90	1,92
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**								
Espesor total aproximado	**305**										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para Coronel Suarez (Zona Bioclimática IVc)				**-7,7**				**90%**	**0,286**		
Resistencias Totales	**Térmica**		**1,43**			**Al vapor**	**88,67**				

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación superficial**

La Plata	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)	Coronel Suarez	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)
Rsi (m².K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ **11,3**	Rsi (m².K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ **9,6**
Temp. Sup. Int. (ºC)	**15,09**	**13,99**	**12,91**		Temp. Sup. Int. (ºC)	**15,03**	**13,85**	**12,67**	

A.1. Muros tradicionales de mampostería

A.1.2. Muro cerámico estructural del 12 + hoja de ladrillo macizo visto o revocado



Norma IRAM 11601 — **Cálculo de transmitancia térmica**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Muro doble cerámico estructural + macizo	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires

Capa del elemento constructivo	espesor	λ	R	espesor	λ	R
	mm	W/(m.K)	m^2.K/W	mm	W/(m.K)	m^2.K/W
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13			0,13
1 Revoque fino interior	5	0,490	0,01	5	0,490	0,01
2 Revoque grueso interior	15	0,930	0,02	15	0,930	0,02
3 Ladrillo cerámico portante	120		0,43	120		0,43
4 Azotado hidrófugo	5	1,130	0,00	5	1,130	0,00
5 Film de PE de 150 ó 200 micrones	0,15			0,15		
6 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 15 kg/m^3	40	0,037	1,08	40	0,037	1,08
7 Hoja exterior de ladrillo macizo "visto"	120	0,910	0,13	120	0,910	0,13
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**			**0,04**
Espesor total aproximado	**305**			**305**		
Resistencias Térmicas Totales			**1,84**			**1,84**
Transmitancia Térmica del componente K [W/(m^2.K)] = 1/R			**0,54**			**0,54**
Transmitancia Máxima Admisible $K_{MAX\ ADM}$, según IRAM 11605 Nivel B [W/(m^2.K)]			**0,93**			**0,75**
Cumple con Norma IRAM 11605: SI / NO			**SI**			**SI**

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación Intersticial**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Muro doble cerámico estructural + macizo	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m^2.K/W	°C	g/(m^2.h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m^2.h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				18,0				65%	1,339		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13	16,55					1,339	11,30	5,26
1 Revoque fino interior	5	0,490	0,01	16,44		0,050	0,10		1,338	11,29	5,15
2 Revoque grueso interior	15	0,930	0,02	16,26		0,044	0,34		1,335	11,25	5,01
3 Ladrillo cerámico portante	120		0,43	11,48		0,100	1,20		1,323	11,12	0,36
4 Azotado hidrófugo	5	1,130	0,00	11,43		0,022	0,23		1,321	11,09	0,34
5 Film de PE de 150 ó 200 micrones	0,15			11,43	0,012		83,33		0,485	-2,78	14,21
6 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 15 kg/m^3	40	0,037	1,08	-0,59		0,018	2,29		0,462	-3,35	2,76
7 Hoja exterior de ladrillo macizo "visto"	120	0,910	0,13	-2,06		0,080	1,50		0,447	-3,74	**1,69**
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**								
Espesor total aproximado	**305**										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para La Plata (Zona Bioclimática IIIb)				**-2,5**				**90%**	**0,447**		
Resistencias Totales	**Térmica**		**1,84**			**Al vapor**	**88,99**				

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación Intersticial**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Muro doble cerámico estructural + macizo	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires	

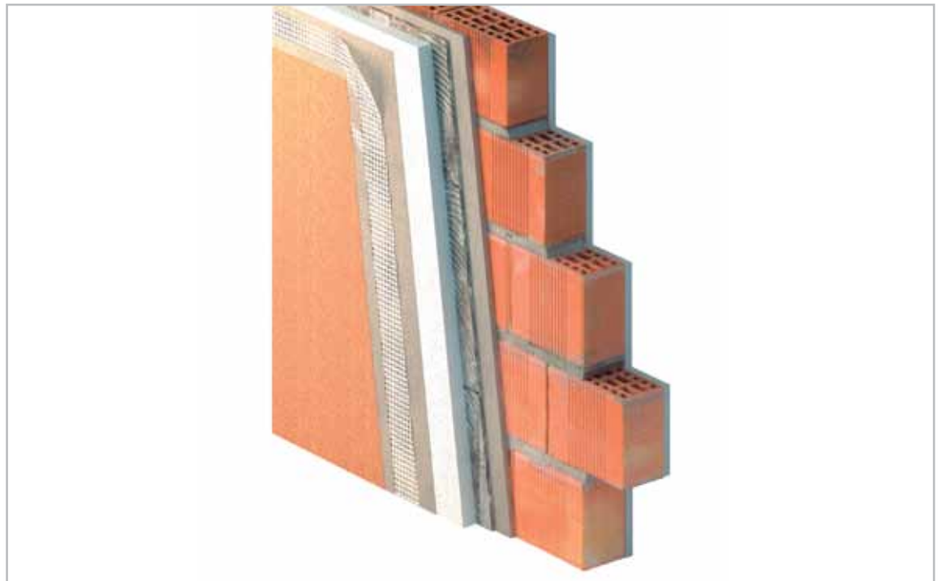
Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m^2.K/W	°C	g/(m^2.h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m^2.h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				18,0				58%	1,195		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13	16,19					1,195	9,60	6,59
1 Revoque fino interior	5	0,490	0,01	16,05		0,050	0,10		1,194	9,59	6,46
2 Revoque grueso interior	15	0,930	0,02	15,82		0,044	0,34		1,191	9,54	6,28
3 Ladrillo cerámico portante	120		0,43	9,83		0,100	1,20		1,178	9,39	0,44
4 Azotado hidrófugo	5	1,130	0,00	9,77		0,022	0,23		1,176	9,36	0,41
5 Film de PE de 150 ó 200 micrones	0,15			9,77	0,012		83,33		0,325	-7,46	17,23
6 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 15 kg/m^3	40	0,037	1,08	-5,30		0,018	2,29		0,302	-8,30	3,00
7 Hoja exterior de ladrillo macizo "visto"	120	0,910	0,13	-7,14		0,080	1,50		0,286	-8,90	**1,76**
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**								
Espesor total aproximado	**305**										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para Coronel Suarez (Zona Bioclimática IVc)				**-7,7**				**90%**	**0,286**		
Resistencias Totales	**Térmica**		**1,84**			**Al vapor**	**88,99**				

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación superficial**

La Plata	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)	Coronel Suarez	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)
Rsi (m^2.K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ **11,3**	Rsi (m^2.K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ **9,6**
Temp. Sup. Int. (ºC)	**16,15**	**15,39**	**14,61**		Temp. Sup. Int. (ºC)	**15,68**	**14,73**	**13,75**	

A.1. Muros tradicionales de mampostería

A.1.3. Muro cerámico hueco estructural del 18 con aislamiento exterior tipo “EIFS”



Norma IRAM 11601 — **Cálculo de transmitancia térmica**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Muro cerámico estructural con EIFS	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires

Capa del elemento constructivo	espesor	λ	R	espesor	λ	R
	mm	W/(m.K)	m².K/W	mm	W/(m.K)	m².K/W
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13			0,13
1 Revoque fino interior	5	0,490	0,01	5	0,490	0,01
2 Revoque grueso interior	15	0,930	0,02	15	0,930	0,02
3 Ladrillo cerámico portante	180		0,46	180		0,46
4 Revoque hidrófugo	5	1,130	0,00	5	1,130	0,00
5 Revoque grueso	15	0,930	0,02	15	0,930	0,02
6 Base coat	5	1,130	0,00	5	1,130	0,00
7 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m³	20	0,035	0,57	30	0,035	0,86
8 Base y finish coat	7	1,130	0,01	7	1,130	0,01
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**			**0,04**
Espesor total aproximado	**252**			**262**		
Resistencias Térmicas Totales			**1,25**			**1,55**

Transmitancia Térmica del componente K [W/(m².K)] = 1/R	**0,80**		**0,65**
Transmitancia Máxima Admisible $K_{MAX\ ADM}$, según IRAM 11605 Nivel B [W/(m².K)]	**0,93**		**0,75**
Cumple con Norma IRAM 11605: SI / NO	**SI**		**SI**

04 Cuarta Parte

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación Intersticial**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Muro cerámico estructural con EIFS	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Platа** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m².K/W	°C	g/(m².h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m².h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				**18,0**				65%	**1,339**		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13	15,88					1,339	11,30	4,58
1 Revoque fino interior	5	0,490	0,01	15,71		0,050	0,10		1,321	11,09	4,61
2 Revoque grueso interior	15	0,930	0,02	15,45		0,044	0,34		1,257	10,35	5,10
3 Ladrillo cerámico portante	180		0,46	7,93		0,100	1,80		0,921	5,79	2,13
4 Revoque hidrófugo	5	1,130	0,00	7,93		0,022	0,23		0,879	5,81	2,12
5 Revoque grueso	15	0,930	0,02	7,66		0,044	0,34		0,816	4,05	3,61
6 Base coat	5	1,130	0,00	7,59		0,022	0,23		0,773	3,25	4,34
7 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m³	20	0,035	0,57	-1,75		0,014	1,43		0,507	-2,24	0,49
8 Base y finish coat	7	1,130	0,01	-1,85		0,022	0,32		0,447	-3,74	**1,89**
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**								
Espesor total aproximado	252										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para La Plata (Zona Bioclimática IIIb)				**-2,5**				90%	**0,447**		
Resistencias Totales	**Térmica**		**1,25**		**Al vapor**		**4,79**				

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación Intersticial**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Muro cerámico estructural con EIFS	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m².K/W	°C	g/(m².h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m².h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				**18,0**				58%	**1,195**		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13	15,88					1,195	9,60	6,25
1 Revoque fino interior	5	0,490	0,01	15,71		0,050	0,10		1,179	9,39	6,28
2 Revoque grueso interior	15	0,930	0,02	15,45		0,044	0,34		1,122	8,66	6,75
3 Ladrillo cerámico portante	180		0,46	7,93		0,100	1,80		0,826	4,21	3,57
4 Revoque hidrófugo	5	1,130	0,00	7,93		0,022	0,23		0,788	3,52	4,18
5 Revoque grueso	15	0,930	0,02	7,66		0,030	0,50		0,706	2,01	5,43
6 Base coat	5	1,130	0,00	7,59		0,022	0,23		0,668	1,23	6,14
7 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m³	30	0,035	0,86	-1,75		0,014	2,14		0,315	-7,82	0,97
8 Base y finish coat	7	1,130	0,01	-1,85		0,040	0,18				
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**								
Espesor total aproximado	262										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para Coronel Suarez (Zona Bioclimática IVc)				**-7,7**				90%	**0,286**		
Resistencias Totales	**Térmica**		**1,55**		**Al vapor**		**5,51**				

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación superficial**

La Plata	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)	Coronel Suarez	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)
Rsi (m².K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ 11,3	Rsi (m².K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ 9,6
Temp. Sup. Int. (ºC)	**15,30**	**14,26**	**13,23**		Temp. Sup. Int. (ºC)	**15,25**	**14,15**	**13,04**	

A.1. Muros tradicionales de mampostería

A.1.4. Muro de bloques de hormigón con revoque exterior aislante de microperlas de EPS

Norma IRAM 11601 — **Cálculo de transmitancia térmica**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Muro Bloques de H°+ Revoque aislante	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires

Capa del elemento constructivo	espesor	λ	R	espesor	λ	R
	mm	W/(m.K)	m².K/W	mm	W/(m.K)	m².K/W
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13			0,13
1 Enlucido de yeso	5	0,490	0,01	5	0,490	0,01
2 Revoque grueso interior	15	0,650	0,02	15	0,650	0,02
3 Bloque de hormigón	180		0,19	180		0,19
4 Revoque termoaislante de microperlas aditivadas	55	0,076	0,72	75	0,076	0,99
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**			**0,04**
Espesor total aproximado	**255**			**275**		
Resistencias Térmicas Totales			**1,12**			**1,38**
Transmitancia Térmica del componente K [W/(m².K)] = 1/R			**0,90**			**0,72**
Transmitancia Máxima Admisible $K_{MAX\ ADM}$, según IRAM 11605 Nivel B [W/(m².K)]			**0,93**			**0,75**
Cumple con Norma IRAM 11605: SI / NO			**SI**			**SI**

04 Cuarta Parte

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación Intersticial**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Muro Bloques de H°+ Revoque aislante	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	HR
	mm	W/(m.K)	m².K/W	°C	g/(m².h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m².h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				**18,0**				65%	**1,339**		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13	15,61					1,339	11,30	4,32
1 Enlucido de yeso	5	0,490	0,01	15,43		0,070	0,07		1,317	11,06	4,37
2 Revoque grueso interior	15	0,650	0,02	15,00		0,065	0,23		1,246	10,21	4,79
3 Bloque de hormigón	180		0,19	11,52		0,100	1,80		0,690	1,67	9,85
4 Revoque termoaislante de microperlas aditivadas	55	0,076	0,72	-1,77		0,070	0,79		0,447	-3,74	1,97
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**								
Espesor total aproximado	**255**										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para La Plata (Zona Bioclimática IIIb)				**-2,25**				**90%**	**0,447**		
Resistencias Totales		**Térmica**	**1,12**			**Al vapor**	**2,89**				

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación Intersticial**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Muro Bloques de H°+ Revoque aislante	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	HR
	mm	W/(m.K)	m².K/W	°C	g/(m².h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m².h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				**18,0**				58%	**1,195**		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13	15,58					1,195	9,60	5,98
1 Enlucido de yeso	5	0,490	0,01	15,39		0,070	0,07		1,175	9,34	6,05
2 Revoque grueso interior	15	0,650	0,02	14,96		0,065	0,23		1,109	8,48	6,48
3 Bloque de hormigón	180		0,19	11,42		0,100	1,80		0,593	-0,37	11,79
4 Revoque termoaislante de microperlas aditivadas	75	0,076	0,99	-6,96		0,070	1,07		0,286	-8,90	1,95
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**								
Espesor total aproximado	**275**										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para Coronel Suarez (Zona Bioclimática IVc)				**-7,7**				**90%**	**0,286**		
Resistencias Totales		**Térmica**	**1,38**			**Al vapor**	**3,17**				

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación superficial**

La Plata	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)	Coronel Suarez	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)
Rsi (m².K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ **11,3**	Rsi (m².K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ **9,6**
Temp. Sup. Int. (ºC)	**15,66**	**14,73**	**13,08**		Temp. Sup. Int. (ºC)	**14,91**	**13,70**	**12,48**	

A.1. Muros tradicionales de mampostería

A.1.5. Muro con estructura independiente de H°A° (vigas y columnas) y cerramiento de tabiques de cerámico no portante de 18 con aislamiento tipo “EIFS”

Norma IRAM 11601 — **Cálculo de transmitancia térmica**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Estructura de H°A° y tabique cerámico	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Platta** Provincia de Buenos Aires	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires

Capa del elemento constructivo	espesor	λ	R	espesor	λ	R
	mm	W/(m.K)	m^2.K/W	mm	W/(m.K)	m^2.K/W
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13			0,13
1 Revoque fino interior	5	0,490	0,01	5	0,490	0,01
2 Revoque grueso interior	15	0,930	0,02	15	0,930	0,02
3 Ladrillo cerámico 18x18x33	180		0,31	180		0,31
4 Revoque grueso interior	15	0,930	0,02	15	0,930	0,02
5 Base coat	5	1,130	0,00	7	1,130	0,01
6 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m^3	25	0,035	0,71	30	0,035	0,86
7 Base coat y "finish"	7	1,130	0,01	5	1,130	0,00
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**			**0,04**
Espesor total aproximado	**252**			**257**		
Resistencias Térmicas Totales			**1,25**			**1,39**
Transmitancia Térmica del componente K [W/(m^2.K)] = 1/R			**0,80**			**0,72**
Transmitancia Máxima Admisible $K_{MAX\ ADM}$, según IRAM 11605 Nivel B [W/(m^2.K)]			**0,93**			**0,75**
Cumple con Norma IRAM 11605: SI / NO			**SI**			**SI**

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación Intersticial**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Estructura de H°A° y tabique cerámico	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Platta** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/m.K	m^2.K/W	°C	g/(m^2.h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m^2.h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				**18,0**				65%	**1,339**		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13	**15,86**					1,339	11,30	4,57
1 Revoque fino interior	5	0,490	0,01	**15,70**		0,050	0,10		1,318	11,07	4,63
2 Revoque grueso interior	15	0,930	0,02	**15,43**		0,044	0,34		1,247	10,22	5,21
3 Ladrillo cerámico 18x18x33	180		0,31	**10,34**		0,100	1,80		0,867	4,92	5,41
4 Revoque grueso interior	15	0,930	0,02	**10,07**		0,044	0,34		0,796	3,67	6,40
5 Base coat	5	1,130	0,00	**10,00**		0,022	0,23		0,748	2,79	7,21
6 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m^3	25	0,035	0,71	**-1,74**		0,023	1,11		0,514	-2,07	0,33
7 Base y finish coat	7	1,130	0,01	**-1,84**		0,022	0,32		0,447	-3,74	**1,90**
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**								
Espesor total aproximado	**252**										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para La Plata (Zona Bioclimática IIIb)				**-5,5**				**90%**	**0,447**		
Resistencias Totales	**Térmica**		**1,25**			**Al vapor**	**4,24**				

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación Intersticial**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Estructura de H°A° y tabique cerámico	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/m.K	m^2.K/W	°C	g/(m^2.h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m^2.h.kPa/g		kPa	°C	°C
Tempertura Interior del Aire				**18,0**				58%	**1,195**		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13	**15,60**					1,195	9,60	6,00
1 Revoque fino interior	5	0,490	0,01	**15,41**		0,050	0,10		1,177	9,38	6,03
2 Revoque grueso interior	15	0,930	0,02	**15,11**		0,022	0,68		1,057	7,77	7,34
3 Ladrillo cerámico 18x18x33	180		0,31	**9,38**		0,100	1,80		0,739	2,63	6,75
4 Revoque grueso interior	15	0,930	0,02	**9,08**		0,022	0,68		0,618	0,15	8,93
5 Base coat	7	1,130	0,01	**8,97**		0,022	0,32		0,562	-1,00	9,96
6 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m^3	30	0,035	0,86	**-6,88**		0,023	1,33		0,326	-7,41	0,53
7 Base y finish coat	5	1,130	0,00	**-6,96**		0,022	0,23		0,286	-8,90	**1,94**
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**								
Espesor total aproximado	**257**										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para Coronel Suarez (Zona Bioclimática IVc)				**-7,7**				**90%**	**0,286**		
Resistencias Totales	**Térmica**		**1,39**			**Al vapor**	**5,14**				

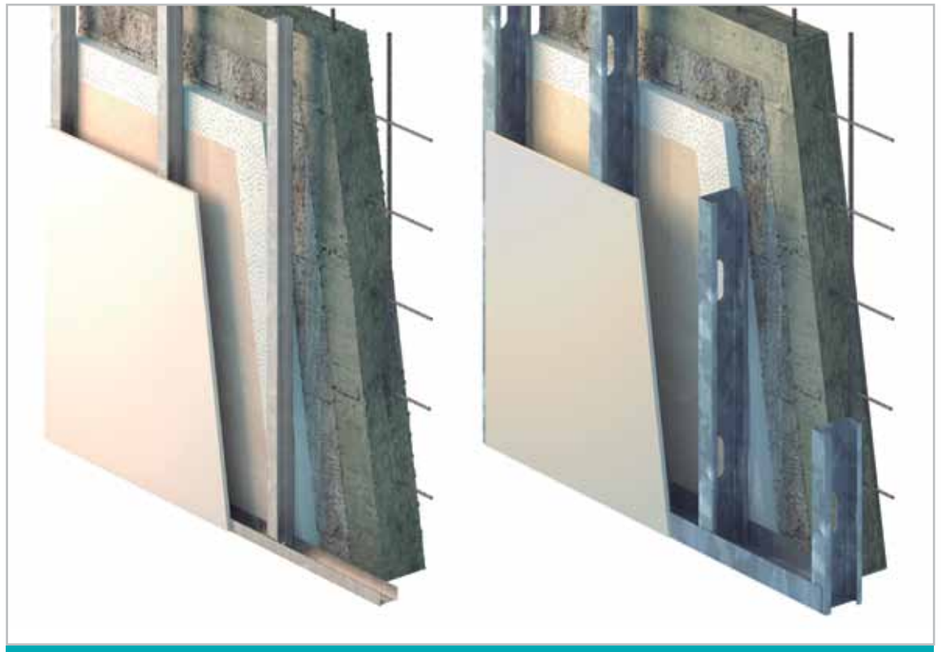
Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación superficial**

La Plata	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (°C)	Coronel Suarez	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (°C)
Rsi (m^2.K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ **11,3**	Rsi (m^2.K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ **9,6**
Temp. Sup. Int. (°C)	**15,21**	**14,14**	**13,09**		Temp. Sup. Int. (°C)	**14,86**	**13,63**	**12,39**	

A.2. Aislamientos especiales de muros y tabiques

A.2.1. Tabiques de hormigón visto con aislamiento interior de placas de EPS, barrera de vapor y placas de yeso

Los montantes y soleras de acero galvanizado liviano pueden ser de 35 a 70 mm según el diseño prevea incorporar cañerías de fluidos y/o cajas de luz.



Norma IRAM 11601 — Cálculo de transmitancia térmica

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Tabique de H°A° visto con aislamiento interior	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires

Capa del elemento constructivo	espesor	λ	R	espesor	λ	R
	mm	W/(m.K)	m².K/W	mm	W/(m.K)	m².K/W
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13			0,13
1 Placa de yeso	12,5	0,440	0,03	12,5	0,440	0,03
2 Cámara aire ("steel frame" de 35 ó 70)	35		0,17	35		0,17
3 Film de polietileno de 200 micrones	0,2			0,2		
4 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m³	25	0,035	0,71	35	0,035	1,00
5 Revoque impermeable	15	1,130	0,01	15	1,130	0,01
6 Tabique de Hormigón armado	120	1,630	0,07	120	1,630	0,07
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**			**0,04**
Espesor total aproximado	**208**		**1,17**	**218**		**1,46**
Resistencias Térmicas Totales						
Transmitancia Térmica del componente K [W/(m².K)] = 1/R			**0,86**			**0,69**
Transmitancia Máxima Admisible $K_{MAX\ ADM}$, según IRAM 11605 Nivel B [W/(m².K)]			**0,93**			**0,75**
Cumple con Norma IRAM 11605: SI / NO			**SI**			**SI**

04 Cuarta Parte

Norma IRAM 11625 y 11630 — Verificación del riesgo de condensación Intersticial

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Tabique de H°A° visto con aislamiento interior	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m².K/W	°C	g/(m².h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m².h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				**18,0**				58%	**1,339**		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13	**15,72**					1,339	11,30	4,42
1 Placa de yeso	12,5	0,440	0,03	**15,22**		0,110	0,11		1,339	11,29	3,93
2 Cámara de aire	35		0,17	**12,24**					1,339	11,29	0,95
3 Film de polietileno de 200 micrones	0,2			**12,24**	0,008		125,00		0,499	-2,42	14,67
4 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m³	25	0,035	0,71	**-0,28**		0,023	1,11		0,492	-2,61	2,33
5 Revoque impermeable	15	1,130	0,01	**-0,51**		0,022	0,68		0,487	-2,72	2,21
6 Tabique de Hormigón armado	120	1,630	0,07	**-1,80**		0,020	6,00		0,447	-3,74	1,94
Resistencia superficial exterior R_{se}											
Espesor total aproximado	**208**		**0,04**								
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para La Plata (Zona Bioclimática IIIb)				**-2,5**				**90%**	**0,447**		
Resistencias Totales	**Térmica**		**1,17**			**Al vapor**	**132,91**				

Norma IRAM 11625 y 11630 — Verificación del riesgo de condensación Intersticial

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Tabique de H°A° visto con aislamiento interior	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m².K/W	°C	g/(m².h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m².h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				**18,0**				58%	**1,195**		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13	**15,70**					1,195	9,60	6,11
1 Placa de yeso	12,5	0,440	0,03	**15,20**		0,110	0,11		1,194	9,59	5,61
2 Cámara de aire	35		0,17	**12,20**					1,194	9,59	2,61
3 Film de polietileno de 200 micrones	0,2			**12,20**			125,00		0,342	-6,83	19,03
4 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m³	35	0,035	1,00	**-5,46**	0,008	0,023	1,56		0,332	-7,20	1,74
5 Revoque impermeable	15	1,130	0,01	**-5,69**		0,022	0,68		0,327	-7,38	1,68
6 Tabique de Hormigón armado	120	1,630	0,07	**-6,99**		0,020	6,00		0,286	-8,90	1,91
Resistencia superficial exterior R_{se}											
Espesor total aproximado	**218**		**0,04**								
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para Coronel Suarez (Zona Bioclimática IVc)				**-7,7**				**90%**	**0,286**		
Resistencias Totales	**Térmica**		**1,46**			**Al vapor**	**133,35**				

Norma IRAM 11625 y 11630 — Verificación del riesgo de condensación superficial

La Plata	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)	Coronel Suarez	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)
Rsi (m².K/W)	0,17	0,25	0,34	**≤ 11,3**	Rsi (m².K/W)	0,17	0,25	0,34	**≤ 9,6**
Temp. Sup. Int. (ºC)	**15,02**	**13,90**	**12,80**		Temp. Sup. Int. (ºC)	**14,94**	**13,74**	**12,53**	

A.2. Aislamientos especiales de muros y tabiques

A.2.2. Sistema “steel framing” con aislamiento exterior tipo “EIFS”, para evitar los puentes térmicos. Las placas de EPS se fijan mecánicamente o pegadas según sea el substrato (OSB o placas cementicias)

Norma IRAM 11601 — Cálculo de transmitancia térmica

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Sistema "steel framing" con EIFS	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires

Capa del elemento constructivo	espesor	λ	R	espesor	λ	R
	mm	W/(m.K)	m².K/W	mm	W/(m.K)	m².K/W
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13			0,13
1 Placa de yeso	12,5	0,440	0,03	12,5	0,440	0,03
2 Film de polietileno de 200 micrones	0,2			0,2		
3 Placa de Poliestireno Expandido EPS	90	0,040	2,25	90	0,040	2,25
4 Tablero de OSB (Oriented Strand Board)	15	0,120	0,13	15	0,120	0,13
5 Membrana hidrófuga macroporosa	0,2			0,2		
6 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m³	20	0,035	0,57	20	0,035	0,57
7 Basecoat con malla de vidrio de refuerzo y finish	15	1,130	0,01	15	1,130	0,01
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**			**0,04**
Espesor total aproximado	**153**			**153**		
Resistencias Térmicas Totales			**3,16**			**3,16**

Transmitancia Térmica del componente K [W/(m².K)] = 1/R	**0,32**		**0,32**
Transmitancia Máxima Admisible $K_{MAX\ ADM}$, según IRAM 11605 Nivel B [W/(m².K)]	**0,93**		**0,75**
Cumple con Norma IRAM 11605: SI / NO	**SI**		**SI**

Norma IRAM 11625 y 11630 — Verificación del riesgo de condensación Intersticial

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Sistema "steel framing" con EIFS	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m².K/W	°C	g/(m².h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m².h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				**18,0**				65%	**1,339**		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13	**17,16**					1,339	11,30	5,86
1 Placa de yeso	12,5	0,440	0,03			0,110	0,11				
2 Film de polietileno de 200 micrones	0,2			**16,97**	0,008		125,00		1,339	11,29	5,68
3 Placa de Poliestireno Expandido EPS	90	0,040	2,25	**16,97**		0,023	4,00		0,531	-1,66	18,63
4 Tablero de OSB (Oriented Strand Board)	15	0,120	0,13	**2,37**		0,002	7,50		0,505	-2,28	4,64
5 Membrana hidrófuga macroporosa	0,2			**1,56**					0,457	-3,48	5,03
6 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m³	20	0,035	0,57	**1,56**		0,023	0,89		0,457	-3,48	5,03
7 Basecoat con malla de vidrio de refuerzo y finish	15	1,130	0,01	**-2,15**		0,022	0,68		0,451	-3,62	1,47
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**	**-2,24**					**0,447**	**-3,74**	**1,50**
Espesor total aproximado	**153**										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para La Plata (Zona Bioclimática IIIb)				**-2,5**				**90%**	**0,447**		
Resistencias Totales	**Térmica**		**3,16**			**Al vapor**	**138,18**				

Norma IRAM 11625 y 11630 — Verificación del riesgo de condensación Intersticial

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Sistema "steel framing" con EIFS	Invierno	Horizontal
Zona bioambiental	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m².K/W	°C	g/(m².h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m².h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				**18,0**				58%	**1,195**		
Resistencia superficial interior Rsi			0,13	**16,94**					1,195	9,60	7,34
1 Placa de yeso	12,5	0,440	0,03			0,110	0,10				
2 Film de polietileno de 200 micrones	0,2			**16,71**	0,008		0,45		1,194	9,59	7,12
3 Placa de Poliestireno Expandido EPS	90	0,040	2,25	**16,71**		0,023	1,50		0,372	-5,87	22,59
4 Tablero de OSB (Oriented Strand Board)	15	0,120	0,13	**-1,60**		0,002	0,23		0,346	-6,72	5,12
5 Membrana hidrófuga macroporosa	0,2			**-2,62**			83,33		0,297	-8,48	5,86
6 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m³	20	0,035	0,57	**-2,62**		0,023	1,56		0,297	-8,48	5,86
7 Basecoat con malla de vidrio de refuerzo y finish	15	1,130	0,01	**-7,27**		0,022	1,50		0,291	-8,72	1,45
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**	**-7,37**					**0,286**	**-8,90**	**1,53**
Espesor total aproximado	**153**										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para Coronel Suarez (Zona Bioclimática IVc)				**-7,7**				**90%**	**0,286**		
Resistencias Totales	**Térmica**		**3,16**			**Al vapor**	**138,18**				

Norma IRAM 11625 y 11630 — Verificación del riesgo de condensación superficial

La Plata	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)	Coronel Suarez	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)
Rsi (m².K/W)	0,17	0,25	0,34	**≤ 11,3**	Rsi (m².K/W)	0,17	0,25	0,34	**≤ 9,6**
Temp. Sup. Int. (ºC)	**16,90**	**16,42**	**15,91**		Temp. Sup. Int. (ºC)	**16,62**	**16,02**	**15,38**	

Nota sobre los Sistemas y Elementos Constructivos que poseen CAT*

A fin de poder ser utilizados en la construcción edilicia, los Sistemas Constructivos deben poseer el Certificado de Aptitud Técnica **CAT** que los habilite, el que es otorgado por la Dirección de Tecnología e Industrialización que pertenece a la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Secretaría de Obras Públicas del Ministerio de Infraestructura y Vivienda de la Nación.
Esto es válido tanto para Sistemas Constructivos como para Elementos Constructivos.
Los pasos a seguir para la obtención de tales certificados son amplios y rigurosos y deben validarse periódicamente.

Requieren de una descripción minuciosa del sistema o elemento, sus características físicas y proceso de producción y, de igual modo, de una descripción completa del proceso de montaje, desde la limpieza y nivelación del terreno hasta la terminación completa de la obra.
Tales características deben ser respaldadas por una amplia variedad de cálculos y ensayos en laboratorios acreditados (V.g. el Instituto Nacional de Tecnología Industrial INTI entre otros) y responder a diversas normas, tanto de requisitos como de ensayos, del Instituto Argentino de Normalización y Certificación IRAM.

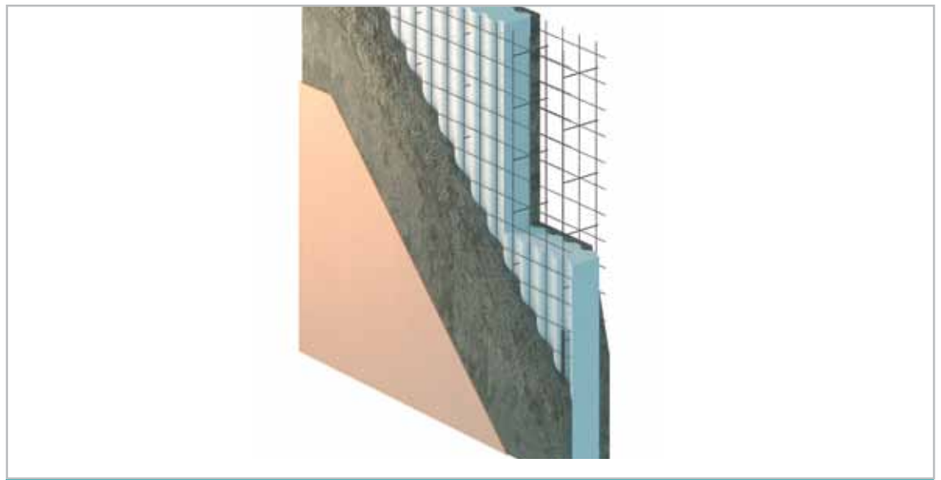
El rigor de los requisitos y el hecho de que deban ser anualmente revalidados les da a los sistemas y elementos constructivos certificados, una credibilidad que permite a las empresas productoras o distribuidoras contar con un aval que trasciende el cálculo de las variables que se desarrollan en este manual por lo que los valores aquí considerados son los provistos por las mismas por contar con sus correspondientes Certificados de Aptitud Técnica.
Por tal motivo, sólo se presentan a modo de referencia, sus valores de transmitancia que, como se puede verificar, son muy inferiores a los máximos admisibles para Nivel **B** para la zona Biambiental **V**: fría, e incluso para la zona **VI**: muy fría, con temperaturas de diseño mínimas TDMN de hasta **-15°C** (IRAM 11605).
Adicionalmente, las empresas productoras de los sistemas presentados se encuentran avaladas por la Certificación del Sistema de Calidad ISO 9001 versión 2008, lo que garantiza la calidad de los productos y servicios que ésta brinda a sus clientes.

* ***Referencia:*** *"Instructivo para la tramitación del Certificado de Aptitud Técnica (CAT) de un sistema constructivo, de la Dirección de Tecnología e Industrialización de la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Secretaría de Obras Públicas del Ministerio de Infraestructura y Vivienda de la Nación.*

Nota importante: *Ambos sistemas constructivos integrales,* ***no presentan riegos de condensación superficial de vapor de agua, ni en paños centrales ni en puntos singulares de la envolvente, ni riesgos de condensación intersticial****, en las condiciones ambientales consideradas y en la medida que se respeten las prescripciones propias de cada sistema, como podría ser:* ***que no se verifiquen casos de puentes térmicos constructivos*** *(los que en tal caso, deberán resolverse) y esto, es prácticamente aplicable a todas las condiciones climáticas del país. Debiéndose en climas extremos de temperatura y humedad tan sólo verificarse y eventualmente realizar algún ajuste.*

B. Sistemas constructivos Integrales

B.1. ICF Sistema de concreto armado con mallas de acero electrosoldadas y alma de EPS Gris o Blanco, cuyo espesor puede incrementarse de acuerdo a los requerimientos del proyecto. (Tipo: Concrehaus)

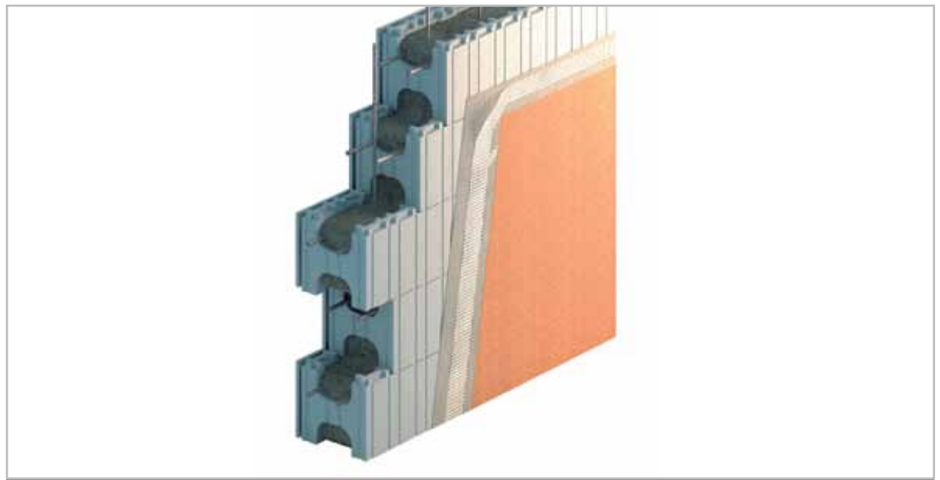


Norma IRAM 11601 — **Cálculo de transmitancia térmica**

B. Sistemas constructivos integrales						
B.1. - Sistema de concreto armado con mallas de acero electrosoldadas y alma de EPS Gris o Blanco (Tipo: Concrehaus)				**Flujo de calor**		
				Horizontal		
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires			**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires		
Capa del elemento constructivo	**espesor**	**λ**	**R**	**espesor**	**λ**	**R**
	mm	**W/(m.K)**	**m².K/W**	**mm**	**W/(m.K)**	**m².K/W**
Resistencia superficial interior R_{si}			0,13			0,13
1 Enlucido de yeso	3	0,440	0,01	3	0,440	0,01
2 Hormigón armado con malla electrosoldada	30	1,630	0,02	30	1,630	0,02
3 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 15 kg/m³	80	0,037	2,16	80	0,037	2,16
4 Hormigón armado con malla electrosoldada	30	1,630	0,02	30	1,630	0,02
5 Revoque monocapa	15	1,130	0,01	15	1,130	0,01
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**			**0,04**
Espesor total aproximado	**158**			**158**		
Resistencias Térmicas Totales			**2,35**			**2,35**
Transmitancia Térmica del componente K [W/(m².K)] = 1/R			**0,43**			**0,43**
Transmitancia Máxima Admisible $K_{MAX\ ADM}$, según IRAM 11605 Nivel B [W/(m².K)]			**0,93**			**0,75**
Cumple con Norma IRAM 11605: SI / NO			**SI**			**SI**

B. Sistemas constructivos Integrales

B.2. ICF ("Insulated Concrete Form"). Muros de H°A° con bloques encastrables de EPS, como encofrado perdido. Interior de placas de yeso adheridas con masilla especial y exterior con revoque monocapa tipo EIFS



Norma IRAM 11601 — **Cálculo de transmitancia térmica**

Capa del elemento constructivo	**espesor**	**R**	**K**	**T**
	mm	**m².K/W**	**W/(m².K)**	**°C**
	Flujo de calor		**Horizontal**	
	Temperatura interior			**18,0**
Placa de roca-yeso adherida	15		**VALORES DE K DE ENSAYOS PARA CAT**	
EPS blanco de 25 kg/m³	125	2,01	**0,50**	
EPS gris (Neopor) de 25 kg/m³	125	2,37	**0,42**	
EPS blanco de 25 kg/m³	187,5	2,46	**0,41**	
EPS gris (Neopor) de 25 kg/m³	187,5	2,92	**0,34**	
Revoque especial exterior	5			
Zona Bioambiental IIIb Ciudad de La Plata Temperatura de Diseño Mínima **TDMIN**				-2,5
Transmitancia Máxima Admisible $K_{MAX\ ADM}$, IRAM 11605 **Nivel B**			**0,93**	
Cumple con Norma IRAM 11605: **SI / NO**			**SI**	
Zona Bioambiental IVc de la Ciudad de Coronel Suárez Temperatura de Diseño **Mínima TDMIN**				-7,7
Transmitancia Máxima Admisible $K_{MAX\ ADM}$, IRAM 11605 **Nivel B**			**0,75**	
Cumple con Norma IRAM 11605: **SI / NO**			**SI**	

- **NOTA I:** *Los datos de las Resistencias y Transmitancias térmicas del sistema completo (bloques, rellenos de hormigón estructural, placa de yeso interior adherida con masilla especial y revoque exterior monocapa; son resultados de los ensayos requeridos para la obtención del Certificado de Aptitud Técnica **CAT** y aportados por el fabricante.*

- **NOTA 2:** *El fabricante presenta 4 versiones de ladrillos. En 2 espesores, de "12" y de "18" y en 2 materiales diferentes: en **EPS** blanco de 25 kg/m³ de densidad y en **EPS** "gris" de igual densidad, cuyas Transmitancias Térmicas **K** se exponen en el cuadro y cumplen sobradamente Transmitancias Máximas Admisibles $K_{MAX\ ADM}$, segun **IRAM 11605** para el **Nivel B**, requerido para las localidades en estudio.*

Soluciones constructivas para techos

• **NOTA:** Como ya fue expresado, según **IRAM 11605** se deberán considerar las exigencias tanto de **verano** como de **invierno**, debiendo adoptarse la situación de mayor exigencia (el de menor valor de transmitancia térmica **K**). Para **Techos**, en Zonas **III** y **IV** la condición es **única** y corresponde a la de **verano** (flujo vertical descendente). No obstante, para el cálculo de condensación se utiliza el mismo valor de **K** pero en este caso el flujo es vertical ascendente.

C.1 Techos livianos

C.1.1. Techo ventilado, indicado para cualquier tipo de cubierta pero en especial para cubiertas de tejas cerámicas y pizarra

Norma IRAM 11601 — Cálculo de transmitancia térmica

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Techo Ventilado con teja cerámica	Invierno	Vertical ascendente
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires

Capa del elemento constructivo	espesor	λ	R	espesor	λ	R
	mm	W/(m.K)	m².K/W	mm	W/(m.K)	m².K/W
Resistencia superficial interior R_{si}			0,10			0,10
1 Entablonado de pino	22	0,190	0,12	22	0,190	0,12
2 Membrana asfáltica	4	0,170	0,02	3	0,170	0,02
3 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m³	70	0,035	2,00	70	0,035	2,00
4 Tejas cerámicas	30	0,760	0,04	30	0,760	0,04
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**			**0,04**
Espesor total aproximado	**126**			**126**		
Resistencias Térmicas Totales			**2,32**			**2,32**
Transmitancia Térmica del componente K [W/(m².K)] = 1/R			**0,42**			**0,42**
Transmitancia Máxima Admisible $K_{MAX\ ADM}$, según IRAM 11605 Nivel B [W/(m².K)]			**0,48**			**0,48**
Cumple con Norma IRAM 11605: SI / NO			**SI**			**SI**

Norma IRAM 11625 y 11630 — Verificación del riesgo de condensación Intersticial

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Techo Ventilado con teja cerámica	Invierno	Vertical ascendente
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m².K/W	°C	g/(m².h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m².h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				18,0				65%	1,339		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,10	17,12					1,339	11,30	5,82
1 Entablonado de pino	22	0,190	0,12	16,09		0,044	0,50		1,318	11,07	5,03
2 Membrana asfáltica	4	0,170	0,02	15,88	0,65		15,38		0,661	1,07	14,81
3 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m²	70	0,035	2,00	-1,80		0,014	5,00		0,447	-3,74	1,94
4 Tejas cerámicas	30	0,760	0,04	-2,15					0,447	-83,74	1,59
Resistencia superficial exterior R_{se}			0,04								
Espesor total aproximado	126										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para La Plata (Zona Bioclimática IIIb)				-2,5				90%	0,447		
Resistencias Totales		**Térmica**	2,32			**Al vapor**	20,88				

Norma IRAM 11625 y 11630 — Verificación del riesgo de condensación Intersticial

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Techo Ventilado con teja cerámica	Invierno	Vertical ascendente
Zona bioambiental	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m².K/W	°C	g/(m².h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m².h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				18,0				58%	1,195		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,10	16,89					1,195	9,60	7,29
1 Entablonado de pino	22	0,190	0,12	15,61		0,044	0,50		1,173	9,33	6,28
2 Membrana asfáltica	4	0,170	0,02	15,35	0,65		15,38		0,504	-2,31	17,66
3 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m³	70	0,035	2,00	-6,82		0,014	5,00		0,286	-8,90	2,09
4 Tejas cerámicas	30	0,760	0,04	-7,26					0,286	-8,90	1,65
Resistencia superficial exterior R_{se}			0,04	-7,26					0,318		
Espesor total aproximado	126										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para Coronel Suarez (Zona Bioclimática IVc)				-7,7				90%	0,286		
Resistencias Totales		**Térmica**	2,32			**Al vapor**	20,88				

Norma IRAM 11625 y 11630 — Verificación del riesgo de condensación superficial

La Plata	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)	Coronel Suarez	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)
Rsi (m².K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ 11,3	Rsi (m².K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ 9,6
Temp. Sup. Int. (ºC)	**16,54**	**15,92**	**15,28**		Temp. Sup. Int. (ºC)	**16,17**	**15,40**	**14,59**	

C.1. Techos livianos

C.1.2. Techo “doble capa” con ruptura de puentes térmicos y EPS “estándar”; para cubiertas de chapa metálica (galvanizada, aluminizada, etc.) u otra similar

Norma IRAM 11601 — Cálculo de transmitancia térmica

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Techo "doble capa" con RPT	Invierno	Vertical ascendente
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires

Capa del elemento constructivo	espesor	λ	R	espesor	λ	R
	mm	W/(m.K)	m².K/W	mm	W/(m.K)	m².K/W
Resistencia superficial interior R_{si}			0,10			0,10
1 Entablonado de pino	22	0,190	0,12	22	0,190	0,12
2 Film de PE de 200 micrones u otra barrera de vapor	0,2			0,2		
3 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 10 kg/m³	60	0,040	1,50	60	0,040	1,50
4 Chapa de acero galvanizado	0,5	58,00	0,00	0,5	58,00	0,00
Resistencia superficial exterior R_{se}			0,04			0,04
Espesor total aproximado	120			120		
Resistencias Térmicas Totales			1,76			1,76
Transmitancia Térmica del componente K [W/(m².K)] = 1/R			0,55			0,55
Transmitancia Máxima Admisible $K_{MAX\ ADM}$, según IRAM 11605 Nivel B [W/(m².K)]			0,62			0,62
Cumple con Norma IRAM 11605: SI / NO			SI			SI

Norma IRAM 11625 y 11630 — Verificación del riesgo de condensación Intersticial

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Techo "doble capa" con RPT	Invierno	Vertical ascendente
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m².K/W	°C	g/(m².h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m².h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				18,0				65%	1,339		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,10	16,83					1,339	11,30	5,54
1 Entablonado de pino	22	0,190	0,12	15,48					1,336	11,26	4,22
2 Film de PE de 200 micrones u otra barrera de vapor	0,2			15,48	0,008	0,044	0,50		0,471	-3,14	18,62
							125,00		0,447	-3,74	1,71
3 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 10 kg/m³	60	0,040	1,50	-2,03		0,018	3,43		0,447	-3,74	1,71
				-2,03							
4 Chapa de acero galvanizado	0,5	58,00	0,00		Techo ventilado sin puentes térmicos						
Resistencia superficial exterior R_{se}			0,04								
Espesor total aproximado	120										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para La Plata (Zona Bioclimática IIIb)				-2,5				90%	0,447		
Resistencias Totales		**Térmica**	1,76			**Al vapor**	128,93				

Norma IRAM 11625 y 11630 — Verificación del riesgo de condensación superficial

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Techo "doble capa" con RPT	Invierno	Vertical ascendente
Zona bioambiental	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m².K/W	°C	g/(m².h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m².h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				18,0				58%	1,195		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,10	16,54					1,195	9,60	6,94
1 Entablonado de pino	22	0,190	0,12	14,84					1,192	9,56	5,29
2 Film de PE de 200 micrones u otra barrera de vapor	0,2			14,84	0,008	0,044	0,50		0,310	-7,98	22,83
							125,00		0,286	-8,90	1,79
3 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 10 kg/m³	60	0,040	1,50	-7,11		0,018	3,43		0,286	-8,90	1,79
				-7,11							
4 Chapa de acero galvanizado	0,5	58,00	0,00		Techo ventilado sin puentes térmicos						
Resistencia superficial exterior R_{se}			0,04								
Espesor total aproximado	120										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para Coronel Suarez (Zona Bioclimática IVc)				-7,7				90%	0,286		
Resistencias Totales		**Térmica**	1,76			**Al vapor**	128,93				

Norma IRAM 11625 y 11630 — Verificación del riesgo de condensación superficial

La Plata	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)	Coronel Suarez	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)
Rsi (m².K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ 11,3	Rsi (m².K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ 9,6
Temp. Sup. Int. (ºC)	**15,92**	**15,08**	**15,43**		Temp. Sup. Int. (ºC)	**15,39**	**14,34**	**13,27**	

C.1. Techos livianos

C.1.3. Paneles tipo sándwich de chapa de acero galvanizado prepintado, autoportantes (en función a la luz a cubrir y las solicitaciones) con juntas solapadas, agrafadas, envainadas, etc.

Norma IRAM 11601 — Cálculo de transmitancia térmica

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Techo liviano de paneles sándwich	Invierno	Vertical ascendente
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires

Capa del elemento constructivo	espesor	λ	R	espesor	λ	R
	mm	W/(m.K)	m².K/W	mm	W/(m.K)	m².K/W
Resistencia superficial interior R_{si}			0,10			0,10
1 Chapa de acero galvanizado	0,5	58,00	0,00	0,5	58,00	0,00
2 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m³	80	0,035	2,29	80	0,035	2,29
3 Chapa de acero galvanizado	0,5	58,00	0,00	0,5	58,00	0,00
Resistencia superficial exterior R_{se}			0,04			0,04
Espesor total aproximado	81			81		
Resistencias Térmicas Totales			2,43			2,43
Transmitancia Térmica del componente K [W/(m².K)] = 1/R			0,41			0,41
Transmitancia Máxima Admisible $K_{MAX\ ADM}$, según IRAM 11605 Nivel B [W/(m².K)]			0,48			0,48
Cumple con Norma IRAM 11605: SI / NO			SI			SI

Norma IRAM 11625 y 11630 — Verificación del riesgo de condensación Intersticial

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Techo liviano de paneles sándwich	Invierno	Vertical ascendente
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m².K/W	°C	g/(m².h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m².h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				18,0				65%	1,339		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,10	17,15					1,339	11,3	5,85
1 Chapa de acero galvanizado	0,5	58,00	0,00	17,15		0,000	->∞				
2 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m³	80	0,035	2,29	-2,16						-3,75	
3 Chapa de acero galvanizado	0,5	58,00	0,0	-2,16		0,000	->∞		0,447		1,59
Resistencia superficial exterior R_{se}			0,04								
Espesor total aproximado	81										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para La Plata (Zona Bioclimática IIIb)				-2,5				90%	0,447		
Resistencias Totales		**Térmica**	2,43			**Al vapor**	->∞				

Norma IRAM 11625 y 11630 — Verificación del riesgo de condensación Intersticial

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Techo liviano de paneles sándwich	Invierno	Vertical ascendente
Zona bioambiental	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires	

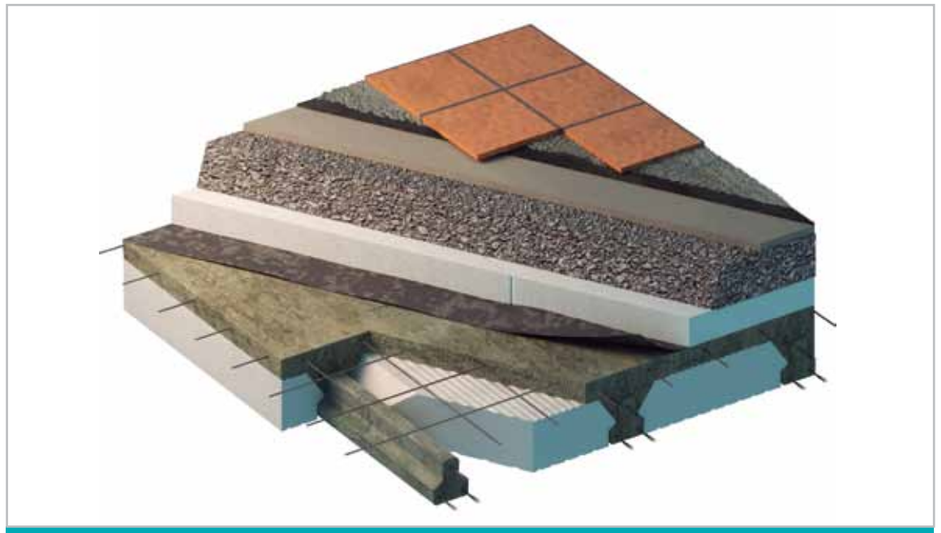
Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m².K/W	°C	g/(m².h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m².h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				18,0				58%	1,195		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,10	16,94					1,195	9,55	7,39
1 Chapa de acero galvanizado	0,5	58,00	0,00	16,94		0,000	->∞				
2 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m³	80	0,035	2,29	-7,28							
3 Chapa de acero galvanizado	0,5	58,00	0,0	-7,28		0,000	->∞		0,286	-8,92	1,64
Resistencia superficial exterior R_{se}			0,04	-7,28							
Espesor total aproximado	81										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para Coronel Suarez (Zona Bioclimática IVc)				-7,7				90%	0,286		
Resistencias Totales		**Térmica**	2,43			**Al vapor**	->∞				

Norma IRAM 11625 y 11630 — Verificación del riesgo de condensación superficial

La Plata	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)	Coronel Suarez	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)
Rsi (m².K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ 11,3	Rsi (m².K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ 9,6
Temp. Sup. Int. (ºC)	**16,60**	**16,01**	**15,39**		Temp. Sup. Int. (ºC)	**16,25**	**15,51**	**14,72**	

C.2. Techos pesados

C.2.1. Techo pesado tradicional, con barrera de vapor sobre losa estructural, placas de EPS; hormigón de pendiente, carpeta nivelación, aislación hidráulica, mezcla de asiento y piso cerámico



Norma IRAM 11601 — **Cálculo de transmitancia térmica**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Muro exterior	Invierno	Vertical ascendente
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires

Capa del elemento constructivo	espesor	λ	R	espesor	λ	R
	mm	W/(m.K)	m².K/W	mm	W/(m.K)	m².K/W
Resistencia superficial interior R_{si}			0,10			0,10
1 Revoque interior a la cal aplicado	25	0,930	0,03	25	0,930	0,03
2 Losa de viguetas y forjados de EPS con 5 cm de H°A° (estim.)	170		0,34	170		0,34
3 Film de PE de 300 micrones o barrera de vapor de Al	0,3			0,50		
4 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m³	65	0,035	1,86	65	0,035	1,86
5 Pendiente de Hormigón de cascotes	100	0,930	0,11	100	0,930	0,11
6 Carpeta de nivelación (concreto)	30	1,300	0,02	30	1,300	0,02
7 Aislación hidráulica	4	0,700	0,01	4	0,700	0,01
8 Mezcla adhesiva cementicia	30	1,100	1,03	30	1,100	1,03
9 Baldosas rojas (Coeficiente de absorción α = 0,85)	8	0,700	0,01	8	0,700	0,01
Resistencia superficial exterior R_{se}			0,4			0,4
Espesor total aproximado	**424**			**425**		
Resistencias Térmicas Totales			2,53			2,53

Transmitancia Térmica del componente K [W/(m².K)] = 1/R	0,38		0,38
Transmitancia Máxima Admisible $K_{MAX\ ADM}$, según IRAM 11605 Nivel B [W/(m².K)]	0,38		0,38
Cumple con Norma IRAM 11605: SI / NO	SI		SI

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación Intersticial**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Techo pesado convencional	Invierno	Vertical ascendente
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m².K/W	°C	g/(m².h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m².h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				18,0				65%	1,339		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,10	17,19					1,339	11,30	5,89
1 Revoque interior a la cal aplicado	25	0,930	0,03			0,044	0,57				
2 Losa de viguetas y forjados de EPS con 5 cm de H°A° (estim.)	170		0,34	16,97			8,02		1,337	11,27	5,70
3 Film de PE de 300 micrones o barrera de vapor de Al	0,3			14,21	0,005		200,00		1,307	10,94	3,28
4 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m³	65	0,035	1,86	14,21		0,018	3,71		0,545	-1,34	15,56
5 Pendiente de Hormigón de cascotes	100	0,930	0,11	-0,85		0,044	2,27		0,531	-1,66	0,81
6 Carpeta de nivelación (concreto)	30	1,300	0,02	-1,72		0,022	1,36		0,523	-1,86	0,14
7 Aislación hidráulica	4	0,700	0,01	-1,91	0,065		15,38		0,518	-1,99	0,08
8 Mezcla adhesiva cementicia	30	1,100	0,03	-1,95		0,044	0,068		0,459	-3,43	1,47
9 Baldosas rojas (Coeficiente de absorción α = 0,85)	8	0,700	0,01	-2,18		0,003	2,50		0,456	-3,49	1,32
Resistencia superficial exterior R_{se}			0,04	-2,27					0,447	-3,74	1,47
Espesor total aproximado	424										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para La Plata (Zona Bioclimática IIIb)				-2,5				90%	0,447		
Resistencias Totales		**Térmica**	2,53			**Al vapor**	367,84				

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación Intersticial**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Techo pesado convencional	Invierno	Vertical ascendente
Zona bioambiental	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires	

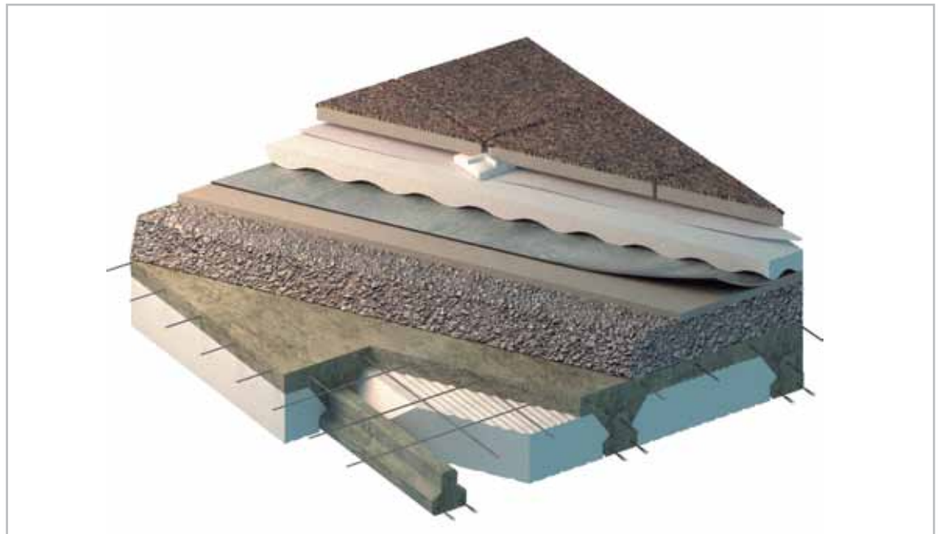
Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m².K/W	°C	g/(m².h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m².h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				18,0				58%	1,195		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,10	16,98					1,195	9,60	7,38
1 Revoque interior a la cal aplicado	25	0,930	0,03			0,044	0,57				
2 Losa de viguetas y forjados de EPS con 5 cm de H°A° (estim.)	170		0,34	16,71			8,02		1,194	9,58	7,13
3 Doble film de PE de 250 micrones o barrera de vapor de Al	0,5			13,25	0,003		333,33		1,174	9,33	3,92
4 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m³	65	0,035	1,86	13,25		0,018	3,71		0,350	-6,58	19,84
5 Pendiente de Hormigón de cascotes	100	0,930	0,11	-5,63		0,044	2,27		0,341	-6,87	1,24
6 Carpeta de nivelación (concreto)	30	1,300	0,02	-6,72		0,022	1,36		0,336	-7,06	0,33
7 Aislación hidráulica	4	0,700	0,01	-6,96	0,065		15,38		0,332	-7,19	0,23
8 Mezcla adhesiva cementicia	30	1,100	0,03	-7,02		0,044	0,68		0,294	-8,58	1,56
9 Baldosas rojas (Coeficiente de absorción α = 0,85)	8	0,700	0,01	-7,29		0,003	2,50		0,292	-8,65	1,35
Resistencia superficial exterior R_{se}			0,04	-7,41					0,286	-8,90	1,50
Espesor total aproximado	425										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para Coronel Suarez (Zona Bioclimática IVc)				-7,7				90%	0,286		
Resistencias Totales		**Térmica**	2,54			**Al vapor**	367,84				

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación superficial**

La Plata	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (°C)	Coronel Suarez	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (°C)
Rsi (m².K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ 11,3	Rsi (m².K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ 9,6
Temp. Sup. Int. (°C)	**16,66**	**16,09**	**15,49**		Temp. Sup. Int. (°C)	**16,33**	**15,61**	**14,86**	

C.2. Techos pesados

C2.2. Techo pesado con aislamiento térmico superior o “techo invertido”



Norma IRAM 11601 — **Cálculo de transmitancia térmica**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Techo pesado Invertido	Invierno	Vertical ascendente
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires

Capa del elemento constructivo	espesor	λ	R	espesor	λ	R
	mm	W/(m.K)	m^2.K/W	mm	W/(m.K)	m^2.K/W
Resistencia superficial interior R_{si}			0,10			0,10
1 Revoque interior a la cal aplicado	25	0,700	0,04	25	0,700	0,04
2 Losa de viguetas y forjados de EPS con 5 cm de H°A° (estim.)	170		0,54	170		0,54
3 Pendiente de Hormigón de cascotes	100	0,930	0,11	100	0,930	0,11
4 Carpeta de nivelación (concreto)	30	1,300	0,02	30	1,300	0,02
5 Aislación hidráulica	4	0,700	0,01	4	0,700	0,01
6 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m^3	50	0,035	1,43	50	0,035	1,43
7 Geotextil	2	0,700	0,00	2	0,700	0,00
8 Canto rodado o losetas tipo terraza seca o deck	80	1,160	0,07	80	1,160	0,07
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**			**0,04**
Espesor total aproximado	**471**			**471**		
Resistencias Térmicas Totales			**2,35**			**2,35**
Transmitancia Térmica del componente K [W/(m^2.K)] = 1/R			**0,43**			**0,43**
Transmitancia Máxima Admisible $K_{MAX\ ADM}$, según IRAM 11605 Nivel B [W/(m^2.K)]			**0,48**			**0,48**
Cumple con Norma IRAM 11605: SI / NO			**SI**			**SI**

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación Intersticial**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Techo pesado Invertido	Invierno	Vertical ascendente
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m^2.K/W	°C	g/(m^2.h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m^2.h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				**18,0**				65%	**1,339**		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,10	**17,11**					1,339	11,30	5,82
1 Revoque interior a la cal aplicado	25	0,700	0,04			0,044	0,57		1,310	10,98	5,82
2 Losa de viguetas y forjados de EPS con 5 cm de H°A° (estim.)	170		0,54	**16,80**			8,02		0,895	5,38	6,63
3 Pendiente de Hormigón de cascotes	100	0,930	0,11	**12,01**		0,044	2,27		0,777	3,32	7,73
4 Carpeta de nivelación (concreto)	30	1,300	0,02	**11,06**		0,022	1,36		0,707	2,03	8,82
5 Aislación hidráulica	4	0,700	0,01	**10,85**	0,67				0,629	0,38	10,42
6 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m^3	50	0,035	1,43	**10,80**		0,014	3,52		0,447	-3,74	1,87
7 Geotextil	2	0,700	0,00	**-1,86**					0,447	-3,74	1,85
8 Canto rodado o losetas tipo terraza seca o deck	80	1,160	0,07	**-1,89**					0,447	-3,74	3,74
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**								
Espesor total aproximado	**471**										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para La Plata (Zona Bioclimática IIIb)				**-2,5**				**90%**	**0,447**		
Resistencias Totales		**Térmica**	**2,35**			**Al vapor**	**17,24**				

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación Intersticial**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Techo pesado Invertido	Invierno	Vertical ascendente
Zona bioambiental	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires	

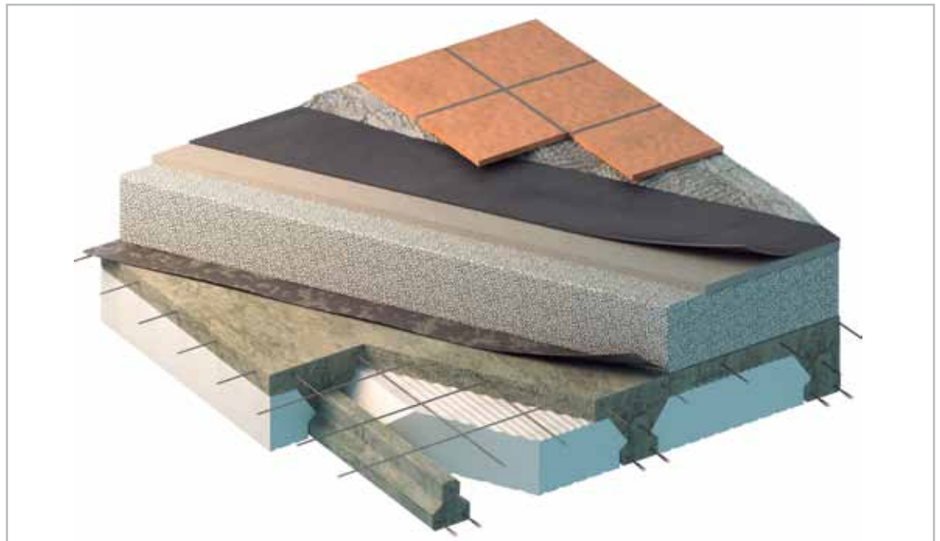
Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m^2.K/W	°C	g/(m^2.h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m^2.h.kPa/g		kPa	°C	°C
Temperatura Interior del Aire				**18,0**				58%	**1,195**		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,10	**16,95**					1,195	9,60	7,29
1 Revoque interior a la cal aplicado	25	0,700	0,04			0,044	0,57		1,165	9,22	7,27
2 Losa de viguetas y forjados de EPS con 5 cm de H°A° (estim.)	170			**16,57**			8,02		0,742	2,69	7,80
3 Pendiente de Hormigón de cascotes	100	0,930	0,11	**12,99**		0,044	2,27		0,623	0,24	9,05
4 Carpeta de nivelación (concreto)	30	1,300	0,02	**11,85**		0,022	1,36		0,551	-1,23	10,27
5 Aislación hidráulica	4	0,700	0,01	**11,61**	0,67		1,49		0,472	-3,10	12,07
6 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 20 kg/m^3	50	0,035	1,43	**11,55**		0,014	3,52		0,287	-8,90	1,99
7 Geotextil	2	0,700	0,00	**-6,52**					0,286	-8,90	1,97
8 Canto rodado o losetas tipo terraza seca o deck	80	1,160	0,07	**-6,55**					0,268	-8,90	8,90
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**								
Espesor total aproximado	**471**										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para Coronel Suarez (Zona Bioclimática IVc)				**-7,7**				**90%**	**0,286**		
Resistencias Totales		**Térmica**	**2,35**			**Al vapor**	**17,24**				

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación superficial**

La Plata	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)	Coronel Suarez	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)
Rsi (m^2.K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ **11,3**	Rsi (m^2.K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ **9,6**
Temp. Sup. Int. (ºC)	**16,66**	**16,08**	**15,48**		Temp. Sup. Int. (ºC)	**16,31**	**15,60**	**14,84**	

C.2. Techos pesados

C.2.3. Losa de Forjados de EPS y Aislamiento de Hº Liviano de Perlas de EPS aditivadas



Norma IRAM 11601 — **Cálculo de transmitancia térmica**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Hº alivianado de perlas de EPS aditivadas	Invierno	Vertical ascendente
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires

Capa del elemento constructivo	espesor	λ	R	espesor	λ	R
	mm	W/(m.K)	m^2.K/W	mm	W/(m.K)	m^2.K/W
Resistencia superficial interior R_{si}			0,10			0,10
1 Revoque interior a la cal aplicado	25	0,930	0,03	25	0,930	0,03
2 Losa de viguetas y forjados de EPS con 5 cm de HºA° (estim.)	170		0,54	170		0,54
3 Film de PE de 300 micrones o barrera de vapor de Al	0,3			0,3		
4 Pendiente de Hormigón Alivianado 300 Kg/m^3	180	0,087	2,07	180	0,087	2,07
5 Carpeta de nivelación (concreto)	30	1,300	0,02	30	1,300	0,02
6 Aislación hidráulica	4	0,700	0,01	4	0,700	0,01
7 Mezcla adhesiva cementicia	30	1,100	0,03	30	1,100	0,03
8 Baldosas rojas (Coeficiente de absorción α = 0,85	8	0,700	0,01	8	0,700	0,01
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**			**0,04**
Espesor total aproximado	**447**			**447**		
Resistencias Térmicas Totales			**2,84**			**2,84**
Transmitancia Térmica del componente K [W/(m^2.K)] = 1/R			**0,34**			**0,34**
Transmitancia Máxima Admisible $K_{MAX\ ADM}$, según IRAM 11605 Nivel B [W/(m^2.K)]			**0,38**			**0,38**
Cumple con Norma IRAM 11605: SI / NO			**SI**			**SI**

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación Intersticial**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Hº alivianado de perlas de EPS aditivadas	Invierno	Vertical ascendente
Zona bioambiental	**III Ciudad de La Plata** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m^2.K/W	˚C	g/(m^2.h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m^2.h.kPa/g		kPa	˚C	˚C
Temperatura Interior del Aire				**18,0**				65%	**1,339**		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,10	**17,28**					1,339	11,30	5,98
1 Revoque interior a la cal aplicado	25	0,930	0,03			0,044	0,57				
2 Losa de viguetas y forjados de EPS con 5 cm de HºA° (estim.)	170		0,54	**17,09**			8,02		1,338	11,28	5,80
3 Film de PE de 300 micrones o barrera de vapor de Al	0,3			**13,19**	0,0035		285,71		1,316	11,05	2,15
4 Pendiente de Hormigón Alivianado 300 g/m^3	180	0,087	2,07	**13,19**		0,011	16,36		0,545	-1,36	14,55
5 Carpeta de nivelación (concreto)	30	1,300	0,02	**-1,72**		0,022	1,36		0,501	-2,39	0,66
6 Aislación hidráulica	4	0,700	0,01	**-1,89**	0,065		15,38		0,497	-2,48	0,59
7 Mezcla adhesiva cementicia	30	1,100	0,03	**-1,93**		0,044	0,68		0,455	-3,51	1,58
8 Baldosas rojas (Coeficiente de absorción α = 0,85)	8	0,700	0,01	**-2,13**		0,003	2,50		**0,454**	**-3,56**	**1,43**
				-2,21					**0,447**	**-3,74**	**1,53**
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**	**-2,21**					**0,447**	**-3,74**	**1,53**
Espesor total aproximado	**447**										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para La Plata (Zona Bioclimática IIIb)				**-2,5**				**90%**	**0,447**		
Resistencias Totales	**Térmica**		**2,84**			**Al vapor**	**330,60**				

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación Intersticial**

Elemento	Época del año	Flujo de calor
Hº alivianado de perlas de EPS aditivadas	Invierno	Vertical ascendente
Zona bioambiental	**IV Coronel Suarez** Provincia de Buenos Aires	

Capa del elemento Constructivo	Espesor	λ	R	T	Δ	δ	R_v	HR	P	tr	ΔT
	mm	W/(m.K)	m^2.K/W	˚C	g/(m^2.h.kPa)	g/(m.h.kPa)	m^2.h.kPa/g		kPa	˚C	˚C
Temperatura Interior del Aire				**18,0**				58%	**1,195**		
Resistencia superficial interior R_{si}			0,10	**17,10**					1,195	9,60	7,50
1 Revoque interior a la cal aplicado	25	0,930	0,03			0,044	0,57				
2 Losa de viguetas y forjados de EPS con 5 cm de HºA° (estim.)	170		0,54	**16,85**			8,02		1,194	9,58	7,27
3 Film de PE de 300 micrones o barrera de vapor de Al	0,3			**11,97**	0,0035		285,71		1,172	9,30	2,67
4 Pendiente de Hormigón Alivianado 300 g/m^3	180	0,087	2,07	**11,97**		0,011	16,36		0,386	-5,47	17,44
5 Carpeta de nivelación (concreto)	30	1,300	0,02	**-6,73**		0,022	1,36		0,341	-6,87	0,14
6 Aislación hidráulica	4	0,700	0,01	**-6,94**	0,065		15,38		0,337	-6,99	0,05
7 Mezcla adhesiva cementicia	30	1,100	0,03	**-6,99**		0,044	0,68		0,295	-8,54	1,55
8 Baldosas rojas (Coeficiente de absorción α = 0,85)	8	0,700	0,01	**-7,24**		0,033	2,50		**0,293**	**-8,62**	**1,38**
				-7,34					**0,286**	**-8,90**	**1,57**
Resistencia superficial exterior R_{se}			**0,04**								
Espesor total aproximado	**447**										
Temperatura de Diseño Mínima TDMIN para Coronel Suarez (Zona Bioclimática IVc)				**-7,7**				**90%**	**0,286**		
Resistencias Totales	**Térmica**		**2,84**			**Al vapor**	**330,60**				

Norma IRAM 11625 y 11630 — **Verificación del riesgo de condensación superficial**

La Plata	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)	Coronel Suarez	Paños centrales	Aristas superiores, verticales y rincones	Aristas y rincones inferiores	temp. de rocío (ºC)
Rsi (m^2.K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ **11,3**	Rsi (m^2.K/W)	0,17	0,25	0,34	≤ **9,6**
Temp. Sup. Int. (ºC)	**16,66**	**16,09**	**15,48**		Temp. Sup. Int. (ºC)	**16,32**	**15,60**	**14,85**	

Otras aplicaciones

Sistema de cubiertas de terrazas verdes

Vivimos en un país en donde su población se encuentra urbanizada en más de un 90%. Valor que dista mucho de la media mundial y que cuenta con importantes ciudades en una **zona central** donde se asienta más del 66% de sus habitantes.
De clima templado cálido y templado frío; terreno predominantemente llano y con escasa pendiente, dicha zona presenta al noreste el delta de una amplia cuenca hídrica que se encuentran entre las más importantes del planeta.
Esta combinación torna a las urbes lacustres particularmente vulnerables a periódicas inundaciones debido al incremento del caudal de la cuenca por lluvias aguas arriba, las que al producirse cubren grandes áreas del territorio, afectando a numerosas poblaciones y a un elevado número de habitantes.
Un fenómeno adicional, que involucra al delta del Paraná-Uruguay, es que el Río de la Plata, sufre periódicamente los efectos de **sudestadas**, fenómeno caracterizado por vientos fuertes y húmedos con lluvias intensas que soplan en oposición a la corriente, frenando la salida al mar e incrementando, en breve lapso, entre 2 y 3 metros el nivel del río e impidiendo el drenaje de la cuenca aguas arriba y afectando en poco tiempo grandes áreas urbanas que se hayan asentadas en sus riveras. Adicionalmente, la urbanización genera grandes superficies pavimentadas y construcciones que dificultan, no sólo la absorción del terreno natural que reemplazan, sino que además producen, en los centros urbanos, las llamadas "*islas de calor*", que incrementan las temperaturas estivales en varios grados respecto a las zonas suburbanas.
Esta es la razón del rápido desarrollo de las cubiertas verdes, que mitigan el efecto de "*isla de calor*" de las grandes áreas pavimentadas, absorben dióxido de carbono y ralentizan el escurrimiento del agua de lluvia, además de brindar la posibilidad de acercarnos de alguna manera, a la naturaleza.

Dos aplicaciones, una solución

Placas especialmente moldeadas de EPS blanco o gris, que combinan resistencia mecánica, aislación térmica y presentan un estudiado balance de perforaciones que facilitan el drenaje y cavidades que retienen una porción del agua de lluvia para vehiculizar los nutrientes de la cubierta verde.
Sólo requieren una membrana anti-raíz sobre la aislación hidráulica convencional o una que cumpla ambas funciones. Sobre la placa especial es necesario una manta filtrante de geotextil para retener los áridos finos y facilitar el drenaje y por último el sustrato vegetal.

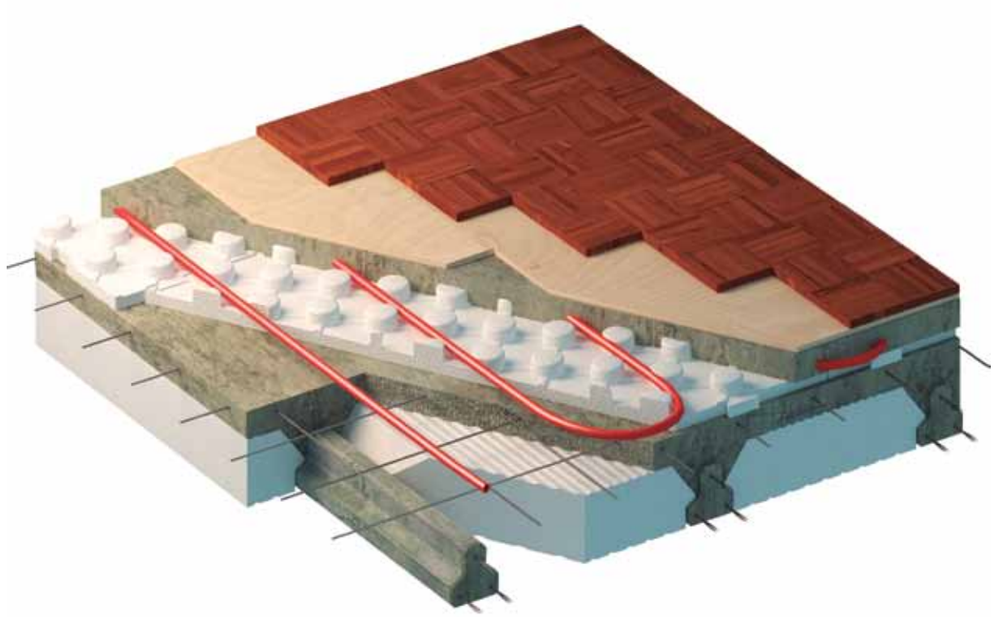
En cubiertas verdes extensivas el tipo de vegetación más apto para la región de la pampa húmeda es el género "*Sedum*", que presenta numerosas especies de plantas llamadas suculentas (con escaso o nulo mantenimiento) y con espesores de sustrato de 6 a 8 cm que no requieren prácticamente riego.
Las cubiertas verdes intensivas, que consideran arbustos y hasta árboles, requieren de riego (en general por goteo) y un mayor mantenimiento y espesor del sustrato.

04 Cuarta Parte

La segunda aplicación, combina la solución antes descripta con un mayor aislamiento térmico que le brinda un hormigón de pendiente pre-elaborado con perlas de EPS aditivadas, que le aporta una excelente resistencia mecánica con reducido peso (del orden de los 300 kg/m^3) y excelente aislamiento térmico.

Placas especiales para losa radiante

Piezas de EPS de alta densidad especialmente moldeadas para soporte y aislamiento térmico de pisos radiantes con tubos de polietileno reticulado. Esta solución es una de las que mayor confort brindan en sistemas de calefacción y que asociados a **sistemas híbridos** de calentamiento de agua (colectores solares planos o de tubos evacuados, complementados con calefones modulantes, termotanques o calderas, sean estos eléctricos, a gas natural o GLP), son respuestas de alta eficiencia energética.



04 Cuarta Parte

Apostilla de techos y cubiertas

El techo es en general, el área de la envolvente opaca más sometida a las exigencias térmicas e hidráulicas del medio y consecuentemente, está expuesta a mayores riesgos de sufrir deterioros y diversos procesos patológicos.

Tradicionalmente, los techos eran de estructuras livianas, mayoritariamente de madera y las cubiertas de tejas de barro cocido (en todas sus variantes) o de pizarra, incluso de madera, de cobre, o de zinc, según fuesen las costumbres locales y los materiales más accesibles del lugar. Estos sistemas aún son valorados, en especial para viviendas individuales, no obstante, lo que no hemos incorporado son algunos aspectos tecnológicos que tienen que ver con la adecuada instalación de tales cubiertas como lo es el ***"techo ventilado"*** que garantiza no sólo un mejor comportamiento de la cubierta sino que alarga su vida útil al preservarla de la degradación por **heladicidad** que afecta a los materiales porosos expuestos a cielo abierto en climas templados y fríos.

A mediados del siglo XIX surge en Inglaterra la cubierta de chapa que con algunas pocas variantes es similar a la de nuestros días y que tuvo durante el siglo XX una gran difusión en India, Nueva Zelandia y Australia y, como resulta lógico, en todas las colonias británicas.

Su mayor ventaja, consistía en la rapidez y simpleza de su ejecución y que, adecuadamente colocada, era un excelente barrera hidráulica. Fue la cubierta que dominó hasta hoy, la construcción de depósitos industriales, construcciones rurales (tanques, silos, galpones), e incluso ferroviarias (estaciones, depósitos, talleres, viviendas). Recién a fines del siglo pasado comienza a ser revalorizada, incluso estéticamente, y si bien su capacidad aislante térmica resultaba insuficiente tanto en climas fríos como cálidos, la aparición de productos específicos de aislamiento térmico que pudieran cubrir tal demanda y las excelentes propiedades hidráulicas de las chapas (que incluso pueden hoy cubrir luces importantes sin solapes) son una excelente solución.

Por último, el advenimiento de los **paneles tipo sándwich** posicionaron en el mercado, una solución de alta performance, por su liviandad, estanqueidad, resistencia térmica y rapidez de ejecución que puede cubrir un amplio espectro de soluciones no sólo industriales sino incluso residenciales.

El racionalismo arquitectónico surgido en la primera posguerra del siglo XX marcó una predilección por las formas geométricas simples y ortogonales, casi sin ornamentos, que aún hoy siguen en plena vigencia.

Esto dio lugar a que los techos inclinados, tan funcionales al fácil escurrimiento del agua de lluvia y la nieve, fuesen siendo reemplazados. Cabe destacar que más allá de la potencial función como espacio de expansión o de servicio, las cubiertas planas demandan previsiones y cuidados especiales en su ejecución.

El fenómeno de Heladicidad

En resistencia de materiales, la **heladicidad** de un material poroso, se define como la capacidad del mismo para resistir ciclos sucesivos de congelamiento/descongelamiento al estar totalmente impregnado con agua.

Existen muchos materiales de cubiertas con una estructura porosa. En nuestro medio, los más usuales son las tejas cerámicas y, en menor medida los de pizarra. En tales materiales, el agua puede ingresar en su estructura porosa por infiltración o por condensación de vapor de agua y de acuerdo a las condiciones climáticas, podría producirse su congelación, con el consiguiente aumento de volumen. La dilatación que sufre el hielo con respecto al agua líquida es de un 9% y en su expansión puede romper las paredes de los poros causando la degradación del material e incluso, producir la fractura de la pieza. Es de destacar que el fenómeno de heladicidad puede producirse aún con temperaturas del aire varios grados por encima de la de congelamiento por el efecto conocido como "*radiación fría hacia la bóveda de cielo*" que puede provocar una temperatura de las superficies expuestas del techo de hasta 10°C inferior a la del aire.

El proceso de heladicidad comienza con la saturación de la teja: el agua de lluvia, nieve o rocío, y el vapor de agua proveniente del local ubicado debajo (si no hay una adecuada barrera de vapor), o el agua retenida por otras capas del techo, penetra en los microconductos del material poroso. Si dichos microconductos, se encuentran muy próximos a la saturación, el agua al congelarse y expandirse, dañará las paredes de los ductos En las condiciones normales de utilización, transcurre un lapso hasta la humidificación total de la teja por acción del agua de lluvia, nieve o rocío. Así, por lo menos una parte del agua absorbida, se evaporará, sin saturar los microconductos y permitiendo la libre expansión del agua al congelarse.

La necesidad de ventilar las cubiertas

Para minimizar los daños que se producen por heladicidad se debe acelerar el proceso de evaporación de la humedad retenida en la cubierta cerámica, mediante una ventilación eficaz de la superficie inferior de las tejas. Adicionalmente, al ser las estructura portantes de las cubiertas de madera o metal y encontrarse por lapsos prolongados con elevados tenores de humedad, se aceleran los procesos de degradación que las pueden afectar. En las estructuras metálicas, se acentuarán los procesos de corrosión (una humedad relativa ambiente mayor al 60% es condición favorable para la corrosión galvánica); y en las estructuras de madera favorecerá el desarrollo de colonias de hongos y la proliferación de insectos xilófagos que reducirá sensiblemente la vida útil de la estructura.

De ahí que, una ventilación eficiente por debajo de la cubierta mejora la durabilidad de la estructura portante, al facilitar la evaporación del agua retenida y remover el exceso de humedad presente.

04 Cuarta Parte

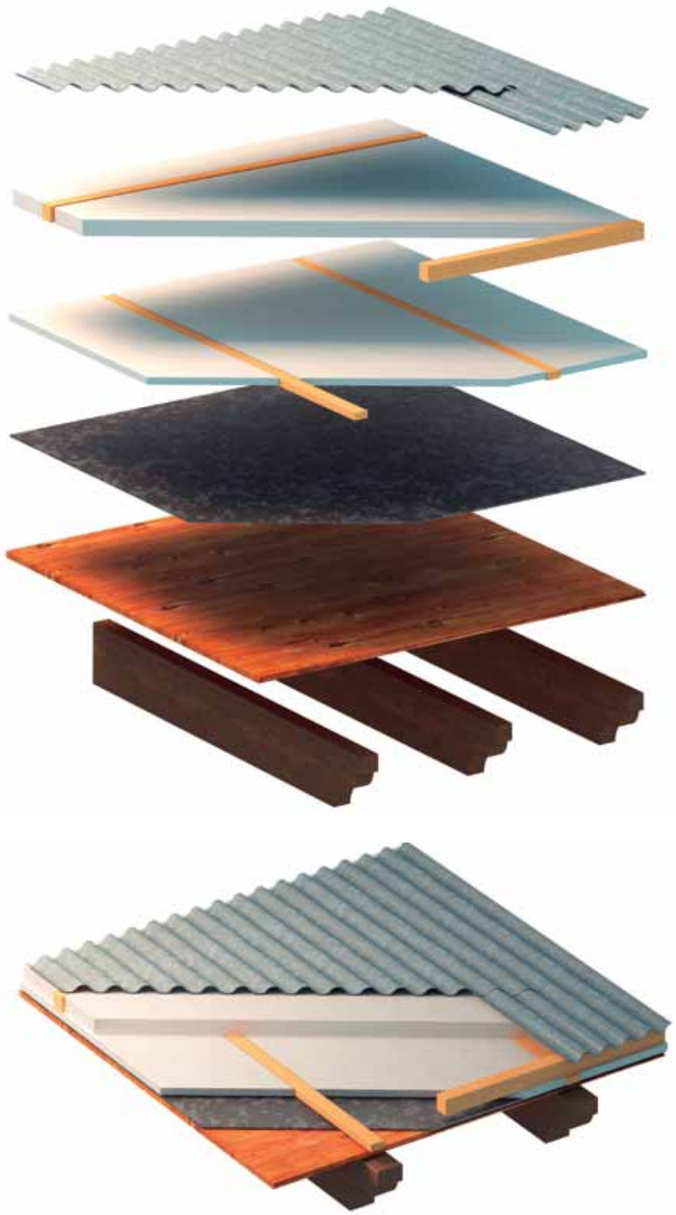
Para el techo ventilado del ejemplo, las alfajías o listones escurridores pre-perforados, se colocan clavados sobre placas de EPS blanco o gris de 20 ó 25 kg/m^3 de densidad, colocadas sobre la barrera de vapor que cubre el entablonado y llegando hasta los cabios (elemento de soporte estructural).
Sobre las alfajías, se clavan los listones llamados “clavaderas” donde se fijarán las tejas cerámicas del tipo que estas sean.

La ventilación del techo se realiza mediante la colocación de una cenefa parcialmente cubierta de metal perforado o a través de piezas cerámicas especiales de ventilación. Para las cumbreras existen piezas especiales que facilitan la ventilación y que protegen además del ingreso de insectos, aves, etc.

04 Cuarta Parte

El Techo “doble capa” con ruptura de puente térmico y EPS estándar
Esta es una solución económica y eficiente para cubiertas de chapa metálica (galvanizada, aluminizada, etc.).
Con este recurso, se evita el puente térmico al permitir colocar placas aislantes cruzadas, tanto entre las alfajías de 2x2 pulgadas, como entre las clavaderas de 2x1 pulgadas.

La ventaja adicional del sistema es que tales placas pueden ser de EPS blanco “estándar” (no se necesitan placas de densidades mayores necesarias para soportar el peso de la cubierta, toda vez que las mismas pueden ser ligeras al quedar alojadas dentro de los espacios que se generan entre las escuadrías). Resultando ésta, la solución con mejor relación costo-beneficio del mercado para cubiertas livianas.



Tablas

1. Instructivo para el llenado de la Planilla de Cálculo de R y K (IRAM 11601) y Verificación del $K_{MAX\ ADM}$ (IRAM 11605)

Instructivo para el llenado de la Planilla de Cálculo de R y K (IRAM 11601) y Verificación de $K_{MAX\ ADM}$ (IRAM 11605)

Norma IRAM 11601	Cálculo de la Transmitancia Térmica
Proyecto (1)	
Elemento (2)	
Epoca del año (3)	
Zona bioambiental (5)	Flujo de Calor (4)
Nivel de confort según IRAM 11605 (11)	

Capa de elemento constructivo	espesor (8) mm	λ (9) W/(m.K)	R (10) m².K/W
Resistencia superficial interior (7)			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Resistencia superficial exterior (13)			
Resistencia Térmica Total	(14)		(15)

Transmitancia Térmica del componente [W/(m².K)] (16)		
Transmitancia Térmica del acuerdo a IRAM 11605 [W/(m².K)] (12)		(17)
Cumple con Norma **IRAM 11605 Nivel B** (18): **SI / NO**		
Comentarios y cálculos suplementarios (19)		

• NOTA I

Esta planilla se deberá confeccionar para condiciones de verano y de invierno, debiendo adoptarse la situación de mayor exigencia, correspondiendo ésta, a la de menor valor de transmitancia térmica.

04 Cuarta Parte

• NOTA II

Si bien la planilla de IRAM 11601 establece un orden de capas de exterior a interior; en IRAM 11625 el orden es inverso. Hemos tomado la decisión de utilizar este último criterio en ambos casos.

Datos generales

1. Se identifica el proyecto en el cual se utiliza el componente.

2. Se indica la denominación del componente en estudio, incluyendo tipo (techo, pared, piso sobre espacio exterior), identificación de la variante, etc.

3. Se define la época del año considerada en el cálculo: **invierno** o **verano**.

4. Se indica el sentido del flujo de calor (ascendente, horizontal o descendente).

5. Se indica la zona y subzona bioambiental donde se utilizará el componente, según las indicaciones de la IRAM 11603.
   Se indica la zona y sub-zona bioambiental donde se utilizará el componente, según las indicaciones de la IRAM 11603.

6. Capa del elemento constructivo. Se indican las capas del elemento constructivo, desde el exterior hacia el interior.

7. Resistencia térmica superficial interior **(Rsi)**: Se adopta el valor de la tabla de Resistencias superficiales según el sentido del flujo de calor.

8. Espesor **(e)**: Se indican los espesores de cada capa.

9. Conductividad térmica **(λ)**: Se indica el valor de la conductividad térmica de cada capa homogénea, obtenido mediante ensayos en organismos acreditados o de la Tabla de Conductividades que se adjunta. En el caso de cámaras de aire, de bloques y ladrillos huecos cerámicos o de hormigón, de forjados de bloques cerámicos huecos, concreto o EPS, se colocan los valores de la Resistencias; mientras que las capas de poco espesor que no contribuyen a la resistencia térmica, tales como barreras de vapor, láminas de aluminio, etc. éstas no se tendrán en cuenta en le cálculo.

10. Resistencia térmica **(R)**: Se indica la resistencia térmica de cada capa, según las siguientes alternativas:
    - *Para capas homogéneas, se calcula la resistencia térmica dividiendo el espesor **(e)** indicado en (8) por la conductividad **(λ)**, indicada en (9).*
    - *Para ladrillos y bloques cerámicos huecos o para bloques de hormigón, se utilizan los valores de resistencia térmica obtenidos de ensayos o los valores orientativos dados en la Tabla adjunta correspondiente.*
    - *Para forjados (con bovedillas cerámicas, de concreto o de **EPS**), se utilizan los valores de resistencia térmica de ensayo (algunos figuran en la Tabla), o los valores orientativos deTransmitancia Térmica **(K)** dados en la misma. A partir de estos últimos, se calcula la resistencia térmica total **(1/K)** y se restan las resistencias térmicas superficiales interior y exterior, obteniéndose de esta forma la resistencia térmica del forjado.*
    - *Para las cámaras de aire no ventiladas, se utilizan los valores de Resistencia térmica dados en la tabla correspondiente, que tiene en cuenta el espesor de la cámara, la dirección del flujo de calor y las características de emisividad de las superficies de la cámara, habitualmente de mediana o alta emitancia (caso de la mayoría de los materiales no metálicos). (Ver Tabla de Emitancia de las Superficies).*
    - *Para cámaras de aire ventiladas en verano, se considera a la cámara como no ventilada, usando los valores de la tabla correspondiente.*
    - *Para cámaras de aire ventiladas en invierno, se utiliza el procedimiento de cálculo indicado a tal fin en IRAM **11601**, que tienen en cuenta el área de ventilación, si son componentes verticales y horizontales o áticos ventilados. Se las clasifica además según su grado de ventilación en: débilmente ventiladas, medidanamente o muy ventiladas. (Consultar la citada Norma).*

11. Se indicará el nivel de confort especificado por el comitente según IRAM **11605**, que a los efectos del cumplimiento de la Ley 13059 es como mínimo el Nivel B.

12. Los requisitos para las condiciones de invierno y de verano establecidos en la IRAM **11605**.

13. Resistencia térmica superficial exterior: Rse = 0,04 m^2.K/W

14. Se suman los espesores de las capas para obtener el espesor total del componente.

15. Se suman las resistencias térmicas de las capas para obtener la resistencia térmica total del componente.

Evaluación del resultado

16. Transmitancia térmica del componente **(K)**: se calcula con la siguiente fórmula: **K = 1/RT**. En el caso de ventanas se toman los valores indicados por **IRAM 11507-4** y se obtienen de las Tablas de Transmitancia térmica de vidrios y ventanas que se adjunta.

17. La Transmitancia térmica máxima admisible **($K_{MAX\ ADM}$)** se obtiene de acuerdo con IRAM **11605 Nivel B.**

18. Cuando la transmitancia térmica **K** obtenida en (16) es menor que la máxima admisible para el nivel de confort determinado en (17), tanto para condiciones de invierno como de verano, el componente **cumple la IRAM 11605.**

19. En el recuadro final de la planilla se pueden agregar comentarios sobre el componente y presentar los cálculos suplementarios.

- NOTA IMORTANTE

Las tablas requeridas para el llenado de la planilla se encuentran en el apartado “Tablas” y son: 11601 Resistencias Superficiales; 11601 Resistencia térmica de cámaras de aire no ventiladas; 11601 Emitancia de las Superficies y 11601 Tabla de Conductividades.

2. Resistencias Superficiales

Resistencias superficiales (*) en m^2.K/W

Interior Rsi			Exterior Rse		
Dirección del flujo de calor			Dirección del flujo de calor		
Horizontal (muros)	Ascendente (Pisos o techos)	Descendente (Pisos o techos)	Horizontal (muros)	Ascendente (Pisos o techos)	Descendente (Pisos o 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 misma, su temperatura, la velocidad del aire incidente sobre la misma, y también las temperaturas del aire ambiente y las de las superficies circundantes. Esta norma no considera expresamente los posibles aumentos de las **Rsi** o **Rse** 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 puede asegurarse en las condiciones reales de las obras.

04 Cuarta Parte

3. Resistencia térmica de cámaras de aire no ventiladas

Resistencia térmica de cámaras de aire no ventiladas, en las cuales las medidas superficiales son mucho mayores que el espesor (1)

Estado de las superficies de la cámara de aire (2)	Espesor de la capa de aire (mm)	Resistencia térmica (m^2.K/W)		
		Dirección del flujo de calor		
		Horizontal (muros)	Ascendente (Pisos o techos)	Descendente (Pisos o techos)
"Superficies de mediana o alta 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 + 20ºC, y con una diferencia de temperatura entre las superficies límites inferior a 15ºC.
(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 A.7 de IRAM 11605 se establece una clasificación de los materiales de construcción según su emitancia que se reproduce aquí en ítem 6 de "TABLAS".

4. Tabla de Conductividades

Tabla de Conductividades, Transmitancias y Resistencias Térmicas
Según IRAM 11601 y valores de fabricantes avalados por ensayos

Material			Densidad aparente (kg/m³)	Conductividad térmica [(W/(m.K)]
Rocas y suelos naturales				
Rocas y terrenos			1200	0,31
Mármol			2500 a 2800	3,2 a 3,5
Granito			2600 a 2900	2,9 a 4,1
Arcilla			1200	0,37
Suelo natural	* Depende de la composición, grado de compactación y humedad. Si no se dispone de datos, adoptar λ=1,2 W/(m.K)		1600 a 1900	0,28 a 2,8
Materiales para relleno de suelos desecados al aire, en forjados, etc.				
		Arena Seca	1300 a 1500	0,30
		De río Humedad 2 %	1300 a 1500	0,58
Arena		De río Humedad 10 %		0,93
		De río Humedad 20 %		1,33
		De río Saturada		1,88
Grava			1500 a 1800	0,93
Materiales para relleno de suelos desecados al aire, en forjados, etc.				
		Arena Seca	1300 a 1500	0,30
		De río Humedad 2 %	1300 a 1500	0,58
Arena		De río Humedad 10 %		0,93
		De río Humedad 20 %		1,33
		De río Saturada		1,88
Grava			1500 a 1800	0,93
Morteros, hormigones y yesos				
Revestimientos continuos:				
- Morteros de revoques y juntas (exterior)			1800 a 1200	1,16
- Morteros de revoques y juntas (interior)			1900	0,93
Mortero de cemento y arena	1:3	Humedad 0 %	1900	0,89
		Humedad 6 %	2000	1,13
		Humedad 10 %	2100	1,30
	1:4	Humedad 0 %	1950	0,92
		Humedad 5 %	2000	1,10
Mortero con perlita		Humedad 12 %	600	0,19
Mortero de yeso y arena			1500	0,65
Mortero de cal y yeso			1400	0,70

04 Cuarta Parte

Material		Densidad aparente (kg/m³)	Conductividad térmica [(W/(m.K)]
Cubiertas			
Cubiertas	Asfalto (espesor mínimo 7 mm y membranas asfálticas)	2000	0,70
	Techado y fieltro asfáltico	1100 a 1200	0,17
	Bitumen	1050	0,16
	Cartón embreado	1100	0,14
	Chapas onduladas metálicas		58,00
	Tejas curvas		0,70
	Tejas planas		0,76
Pizarra	Paralelo a los estratos	2700	2,8
	Perpendicular a los estratos	2700	1,7
Materiales aislantes térmicos			
Lana de vidrio		8 a 10	0,045
		11 a 14	0,043
		15 a 18	0,040
		19 a 30	0,037
		31 a 45	0,034
		46 a 100	0,033
Lana mineral		30 - 50	0,042
		51 - 70	0,040
		71 - 150	0,038
Perlita	Suelta (granulado volcánico expandido)	30 a 130	0,054
	Mortero de perlita con yeso	400	0,10
		500	0,12
		600	0,14
		700	0,18
	Mortero de perlita con cemento	300	0,088
		400	0,093
		500	0,12
		600	0,14
		700	0,18
Poliestireno expandido (EPS)	En planchas	15	0,037
		20	0,034
		25	0,033
		30	0,032
	En copos a granel		0,050
Poliestireno expandido gris (Neopor)	En planchas	15	0,034
		20	0,031
Revoque termoaislante premezclado de perlas de EPS aditivadas (tipo Isolteco)			0,076

Material		Densidad aparente (kg/m³)	Conductividad térmica [(W/(m.K)]
Paneles o placas			
Placas de yeso		600	0,31
		800	0,37
		1000	0,44
		1200	0,51
Placas de fibrocemento		600	0,15
		700	0,26
		800	0,30
		1200	0,39
		1300	0,45
		1400	0,51
		1500	0,58
		1700	0,70
		1800	0,87
		1800 a 2200	0,95
Mampostería de ladrillos y bloques macizos			
Ladrillos cerámicos macizos		1600	0,81
		1800	0,91
		2000	1,10
Bloques de suelo cemento macizos		1800	0,62
Plásticos rígidos en planchas			
Resina acrílica porlicarbonato		1140	0,20
		1150	0,23
Polietileno, PE	De baja densidad	920	0,35
	De alta densidad	960	0,50
Polipropileno, PP		915	0,24
Poliestireno, PS		1050	0,17
Poli (cloruro de vinilo) rígido, PVC		1350	0,16
Metales			
Acero de construcción		7800	58
Fundición		7200	50
Aluminio		2700	204
Cobre		8900	384
Latón		8600	110
Bronce		8800	42
Acero inoxidable		8100 a 9000	14,5 a 20,9

04 Cuarta Parte

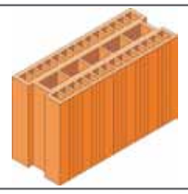
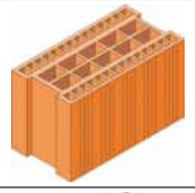
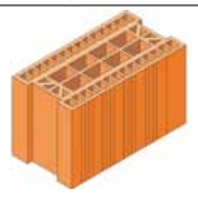
Material		Densidad aparente (kg/m³)	Conductividad térmica [(W/(m.K)]
Maderas			
Fresno	Paralelo a las fibras	740	
	Perpendicular a las fibras		
Alerce	Perpendicular a las fibras	600	0,14
Arce	Paralelo a las fibras	700	0,42
	Perpendicular a las fibras		0,16
Roble		650	0,24
Pino spruce, abeto	Paralelo a las fibras	400 a 600	0,28
	Perpendicular a las fibras		0,13 a 0,19
Teca	Paralelo a las fibras	720	0,16
	Perpendicular a las fibras		0,14
Nogal		700	0,27
Madera dura		1200 a 1400	0,34
Madera terciada		600	0,11
Madera enchapada		600	0,15
Tableros de partículas aglomeradas en general		200	0,06
		300	0,07
		400	0,08
		500	0,09
		600	0,09
		700	0,11
		800	0,13
		900	0,15
		1000	0,17
Tableros de fibra de madera aglomerada		200	0,05
		300	0,05
		350	0,06
Tableros lignocelulósicos de partículas aglomeradas mediante resinas sintéticas (con o sin impregnación en aceite)		100	0,24
Laminado plástico decorativo	En una cara	1400	0,49
	En ambas caras	1400	0,44
Pisos			
Baldosas	cerámicas		0,70
	de hormigón	2100	1,15
	de plástico	1000	0,51
	de corcho	530	0,08
Caucho		800	0,11
		1300	0,13
Parquet		1500	0,19
		500	0,17
		700	0,23

Material		Densidad aparente (kg/m^3)	Conductividad térmica [(W/(m.K)]
Cubiertas			
Cubiertas	Asfalto (espesor mínimo 7 mm y membranas asfálticas)	2000	0,70
	Techado y fieltro asfáltico	1100 a 1200	0,17
	Bitumen	1050	0,16
	Cartón embreado	1100	0,14
	Chapas onduladas metálicas		58,00
	Tejas curvas		0,70
	Tejas planas		0,76
Pizarra	Paralelo a los estratos	2700	2,8
	Perpendicular a los estratos	2700	1,7
Materiales aislantes térmicos			
Lana de vidrio		8 a 10	0,045
		11 a 14	0,043
		15 a 18	0,040
		19 a 30	0,037
		31 a 45	0,034
		46 a 100	0,033
Lana mineral		30 - 50	0,042
		51 - 70	0,040
		71 - 150	0,038
Perlita	Suelta (granulado volcánico expandido)	30 a 130	0,054
	Mortero de perlita con yeso	400	0,10
		500	0,12
		600	0,14
		700	0,18
	Mortero de perlita con cemento	300	0,088
		400	0,093
		500	0,12
		600	0,14
		700	0,18
Poliestireno expandido (EPS)	En planchas	15	0,037
		20	0,034
		25	0,033
		30	0,032
	En copos a granel		0,050
Poliestireno expandido gris (Neopor)	En planchas	15	0,034
		20	0,031
Revoque termoaislante premezclado de perlas de EPS aditivadas (tipo Isolteco)			0,076

04 Cuarta Parte

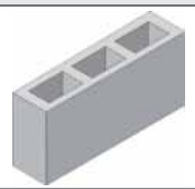
Material		Densidad aparente (kg/m^3)	Conductividad térmica [(W/(m.K)]
Cubiertas			
Poliuretano (PUR) (espumas rígidas)	Entre capas o placas que hacen de barrera de vapor, según el agente expansor utilizado	30 - 60	0,022 - 0,024
	Placas aislantes sin protección	30 - 60	0,027
	Proyectadas in situ, protegidas entre barreras de vapor	30 - 60	0,022
	Proyectadas in situ, protegidas entre frenos de vapor	30 - 60	0,024
Vermiculita	Suelta	80 a 130	0,070
	Con cemento	400	0,11
		500	0,13
		600	0,17
		700	0,20
		800	0,24
	Con yeso (placas o revoques)	200	0,11
		400	0,13
		500	0,15
		600	0,19
		700	0,22
		800	0,26
		900	0,29
		1000	0,34
Materiales varios			
Hielo		917	2,21
Nieve		150	0,12
		300	0,23
		500	0,47
		800	1,28
Crin		173	0,052
Yute		100	0,037

Ladrillos cerámicos

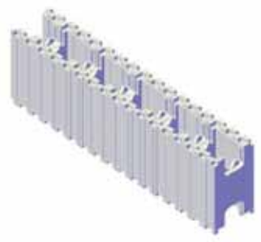
Esquema	Medidas (cm)			Masa	R_t
	e	h	l	kg/m³	m².K/W
(01)	8,00	15,00	25,00	69,00	0,21
	8,00	18,00	40,00	69,00	0,23
(02)	18,00	8,00	25,00	168,00	0,35
	20,00	18,00	40,00	142,00	0,33
(03)	12,00	18,00	25,0/33,0	96	0,36
	15,00	18,00	33	106	0,4
	18,00	18,00	25,0/33,0	125	0,41
	18,00	18,00	40	155	0,31
	20,00	18,00	40	162	0,32
 (04)	12	18	40	104	0,43
	12	19	40	104	0,43
	18	19	33	140	0,46
 (05)	18	19	40	145	0,54
 (06)	18	19	33	127	0,43

(07)	18	18	25	122	0,5

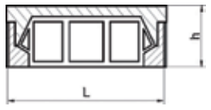
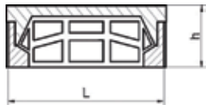
Bloques de hormigón

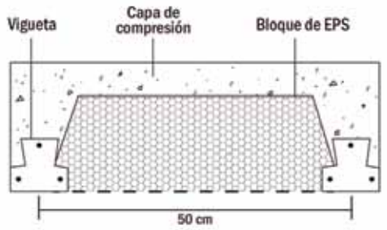
Esquema	Medidas (cm)			Masa	R_t
	e	h	l	kg/m³	m².K/W
 (08)	10	19	39	130	0,17
	20	20	40	236	0,2
(09)	19,5	19,5	39,5	172	0,31

Muros de ICF

Esquema	Ladrillo de 12 cm.		Ladrillo de 18 cm.	
	EPS (W/m².K)	NEOPOR	EPS (W/m².K)	NEOPOR
	0,51	0,43	0,41	0,35

Losa de forjados con bovedillas de cerámica, de concreto y de EPS

Transmitancias y resistencias térmicas de forjados				
Tipos de forjado	Medidas de forjado		Transmitancia térmica (K)	
			Invierno	Verano
	(h) cm	(L) cm	[W/(m².K)]	[W/(m².K)]
		50	3,61	2,9
	12	50 < L < 60	3,48	2,79
		50	3,37	2,79
	16	50 < L < 60	3,24	2,67
		50	3,14	2,56
	20	50 < L < 60	3,02	2,44
		50	3,02	2,44
	25	50 < L < 60	2,9	2,33
	20	50	2,67	2,15
		50 < L < 70	2,56	2,09
		50	2,56	2,03
	25	50 < L < 70	2,44	1,98



Forjados con BOVEDILLA de EPS con capa de compresión de hormigón de 5 cm			
Altura de la bovedilla	Ancho talón vigueta	Distancia entre ejes de vigueta	Resistencia térmica del forjado
mm (d)	mm (l_T)	mm (l_f)	m².K/W
120	95≤ l_T ≤ 125	550≤ l_f < 600	0,54
150	95≤ l_T ≤ 125	550≤ l_f < 600	0,60
170	95≤ l_T ≤ 125	550≤ l_f < 600	0,63
200	95≤ l_T ≤ 125	550≤ l_f < 600	0,68

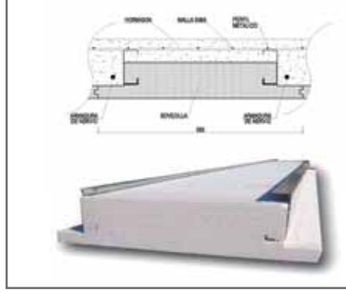
Tabla basada en publicaciones del CSTB y NBE-CT-79

Forjado con bovedilla de EPS moldeada (TIPO B) enrasada con capa de compresión de hormigón de 5 cm.

Altura de Bovedilla en cm: 12
Ancho del talón de la vigueta: 95 ≤ le ≤ 125
Distancia entre eje de viguetas: 50 ≤ E ≤ 60
Resistencia térmica: 0.50 m².K/W

04 Cuarta Parte

Losa nervadura con encofrado de EPS



LE 160	LE 185	LE 225
d = h + 6 cm = 16 cm	d = h + 6 cm = 18,5 cm	d = h + 6 cm = 22,5 cm
K = 0,338 W/(m².K)	K = 0,274 W/(m².K)	K = 0,210 W/(m².K)
R = 2,96 m².K/W	R = 3,65 m².K/W	R = 4,76 m².K/W

5. Emitancia de las Superficies

Emitancia de las superficies

Superficies de mediana o alta emitancia (no reflectivas)*
Aluminio anodizado u oxidado
Cobre oxidado
Hierro galvanizado
Fieltro bituminoso
Fieltro con superficie mate
Pintura blanca "a la cal"
Pintura de alumnio
Pinturas rojas (tipo óxido de hierro)
Pinturas amarillas
Negro mate
Pintura verde militar
Hormigón
Poliestireno Expandido
Vidrio transparente
Mampostería de ladrillos comunes y cerámicos (rojos)
Tejas cerámicas
Tejas de pizarra
Tejas asfálticas
Mármol blanco
Revestimiento de yeso
Granítico (rojizo)
Tierra
Arena
Madera
Pasto

Superficies de baja emitancia (reflectivas)*
Película de aluminio (muy brillante)
Lámina de aluminio
Cinc pulido
Cobre pulido

* La reflectividad o la emisividad en este caso, se refieren fundamentalmente a radiaciones electromagnéticas en el rango del Infrarrojo lejano IRL, siendo las del espectro visible EV, Infrarrojo cercano IRC y ultravioleta UV, las longitudes de onda dominates del Espectro Solar.
Para éste, la absortividad α y la reflectividad ρ están definidas, básicamente, por el "color" de las superficies. Consecuentemente, la reflectancia de una superficie metalizada será similar a la de una pintura gris de "valor" monocromático semejante, que puediese cubrir cualquier tipo de material.

NOTA IMPORTANTE: Según IRAM 11601 "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."

04 Cuarta Parte

6. Datos climaticos de Invierno y verano PBA

Datos climáticos de invierno y de verano

LAT	Latitud
LONG	Longitud
ASNM	Altura sobre el nivel del mar en metros
TMED, TMAX y TMIN	Temperaturas Media, Máxima y Mínima, promedio de los meses de invierno y de los meses de verano, respectivamente, en grados Celsius
TDMN	Temperatura de diseño mínima, en grados Celsius
TMA	Temperatura mínima absoluta, en grados Celsius
TDMX	Temperatura de diseño máxima, en grados Celsius
PREC	Precipitación media de los meses de invierno y verano, respectivamente, en milímetros
HR	Humedad relativa media mensual de los meses de invierno y de verano, respectivamente, en por ciento
HELRE	Heliofanía relativa
VM	Velocidad del viento, en kilómetros por hora
GDnn	Grados día de calefacción en función de diversas temperaturas base de confort, en grados Celsius

Datos climaticos de invierno

Estación	Prov.	Lati-tud	Longi-tud	ASNM	TMED	TMAX	TMIN	TMA	TDMN	PREC	HR	Hel.Rel.	VM	GD18	GD20	GD22
Buenos Aires (Aero)	BAC	-34,57	-58,42	6	12,8	16,0	9,7	-1,0	1,7	248	76	5,2	14,1	852	1256	1743
Buenos Aires	BAC	-34,58	-58,48	25	12,9	17,1	8,8	-2,1	0,1	278	77	5,0	9,7	854	1249	1723
Pergamino (INTA)	BAP	-33,93	-60,55	65	11,4	17,3	5,6	-7,0	-4,4	140	79	5,6	11,0	1163	1605	2125
Pehuajó (Aero)	BAP	-35,87	-61,9	87	10,1	15,7	4,5	-7,8	-5,2	132	79	5,1	10,4	1369	1853	2415
Junín (Aero)	BAP	-34,55	-60,92	81	10,9	16,8	5,1	-8,0	-5,0	151	77	5,1	11,3	1215	1672	2211
Nueve de Julio	BAP	-35,45	-60,88	76	10,9	16,4	5,4	-6,3	-3,8	172	76	-	10,6	1216	1674	2210
San Fernando	BAP	-34,45	-58,58	3	12,3	17,0	7,5	-5,4	-2,3	252	78	-	11,1	968	1382	1886
Don Torcuato (Aero)	BAP	-34,48	-58,62	4	12,0	16,6	7,5	-4,7	-2,7	253	80	5,3	10,5	1012	1436	1937
San Miguel	BAP	-34,55	-58,73	26	12,0	16,9	7,2	-4,8	-2,2	247	81	5,1	8,2	1018	1441	1944
El Palomar (Aero)	BAP	-34,6	-58,6	12	11,4	16,8	6,1	-7,0	-4,5	234	79	5,1	11,0	1133	1575	2097
Ezeiza (Aero)	BAP	-34,82	-58,53	20	11,4	16,6	6,2	-5,8	-3,5	228	78	3,5	12,6	1139	1583	2107
La Plata (Aero)	BAP	-34,97	-57,9	23	11,08	15,7	6,5	-4,3	-2,5	264	83	5,1	13	1210	1678	2228
Punta Indio B.A.	BAP	-35,37	-57,28	22	11,1	15,5	6,8	-4,4	-1,9	273	86	5,0	13,5	1188	1657	2207
Coronel Suárez (Aero)	BAP	-37,43	-61,88	233	7,96	13,9	2	-13,5	-7,7	143	79	4,9	11,8	1908	2472	3100
Tandil (Aero)	BAP	-37,23	-59,25	175	8,5	14,1	2,9	-11,6	-6,6	180	80	4,4	13,4	1839	2409	3046
Benito Juárez (Aero)	BAP	-37,72	-59,78	207	8,5	13,8	2,8	-8,7	-5,5	172	81	5,0	12,1	1793	2344	2960
Pigüé (Aero)	BAP	-37,6	-62,38	304	8,0	13,5	2,6	-12,2	-6,4	124	75	4,6	9,3	1858	2405	3019
Laprida	BAP	-37,57	-60,77	212	8,4	14,6	2,5	-8,9	-6,1	173	69		11,3	1815	2362	2979
Tres Arroyos	BAP	-38,03	-60,25	115	9,2	14,2	4,3	-10,0	-4,4	180	75	4,4	12,0	1629	2163	2763
Mar del Plata (Aero)	BAP	-37,93	-57,58	21	9,4	14,4	4,4	-9,3	-4,4	239	82	3,1	14,3	1707	2277	2917
Bahía Blanca (Aero)	BAP	-38,73	-62,02	83	9,6	15,3	4,0	-11,8	-5,6	142	73	5,0	21,8	1477	1966	2524

Datos climaticos de verano

Estación	Prov.	Lati-tud	Longi-tud	ASNM	TMED	TMAX	TMIN	TMA	TDMX	PREC	HR	Hel.Rel.	VM
Buenos Aires (Aero)	BAC	-34,57	-58,42	6	23,3	27,0	19,6	39,6	34,4	451,5	69,3	8,5	16,7
Buenos Aires	BAC	-34,58	-58,48	25	23,7	28,5	18,8	40,5	36,5	515,8	67,6	8,2	11,1
Pergamino (INTA)	BAP	-33,93	-60,55	65	22,3	28,7	15,9	40,3	37,7	465,9	70,7	8,7	10,2
Pehuajó (Aero)	BAP	-35,87	-61,9	87	21,5	28,1	14,9	39,0	36,5	472,5	72,2	9,0	11,9
Junín (Aero)	BAP	-34,55	-60,92	81	21,9	28,4	15,4	41,3	36,9	182,3	71,8	8,3	11,5
Nueve de Julio	BAP	-35,45	-60,88	76	22,3	29,0	15,6	41,8	37,4	475,4	67,5	–	10,8
San Fernando	BAP	-34,45	-58,58	3	22,8	27,8	17,8	39,4	35,6	453,9	69,2	–	13,6
Don Torcuato (Aero)	BAP	-34,48	-58,62	4	23,0	28,0	18,0	40,0	36,4	444,3	71,0	8,7	12,9
San Miguel	BAP	-34,55	-58,73	26	22,9	28,5	17,4	40,5	36,5	465,1	72,9	8,7	9,5
El Palomar (Aero)	BAP	-34,6	-58,6	12	22,5	28,3	16,8	39,7	36,4	459,0	69,2	8,1	12,9
Ezeiza (Aero)	BAP	-34,82	-58,53	20	22,4	28,5	16,4	41,2	36,9	422,4	69,8	6,4	13,7
La Plata (Aero)	BAP	-34,97	-57,9	23	21,9	27,4	16,4	39,9	35,5	446,2	76,2	8,7	15,1
Punta Indio B.A.	BAP	-35,37	-57,28	22	21,9	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	19,7	27,0	12,4	39,2	35,5	378,6	67,9	8,6	15,0
Tandil (Aero)	BAP	-37,23	-59,25	175	19,5	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	20,1	26,8	12,6	39,7	35,6	360,0	72,9	9,2	13,3
Pigüé (Aero)	BAP	-37,6	-62,38	304	20,2	27,1	13,0	39,5	36,0	373,5	64,0	8,4	9,6
Laprida	BAP	-37,57	-60,77	212	20,2	28,3	12,4	39,7	36,7	391,6	66,9	–	12,1
Tres Arroyos	BAP	-38,03	-60,25	115	20,2	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	19,4	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	22,0	29,2	14,8	43,8	39,0	271,9	58,2	9,2	24,4

04 Cuarta Parte

7. Tabla de Transmitancias térmicas máximas admisibles de Muros y Techos

Tablas de Transmitancias Máximas Admisibles K y Absortancia de superficies α

Mediante esta Norma, se establecen los valores máximos de transmitancia térmica **K** aplicables a muros y techos de edificios destinados a viviendas (los que por extensión pueden aplicarse a otro tipo de edificios), de manera de asegurar condiciones mínimas de habitabilidad.

*** Esta norma establece además, los criterios de evaluación de los **puentes térmicos**.

Niveles de confort higrotérmico

Se establecen tres niveles diferentes, los cuales corresponden en grado decreciente a menores condiciones de confort:		
Nivel **A:**	Recomendado	Nivel exigido para edificios de alto Consumo Energético Global (CEG) **Nivel A** por la Ley **4458.**
Nivel **B:**	Medio	Que es el mínimo establecido para el cumplimiento de la Ley **13059** y el **Nivel B** (Edificios de Bajo Consumo Global) de acuerdo a la Ley **4458.** La Ordenanza **8757** de Rosario exige un valor único para paredes y otro para techos, ambos más exigentes pero dentro del Nivel **B.**
Nivel **C:**	Mínimo	NO VERIFICA

$K_{MAX\ ADM}$ de Muros y Techos Condición de invierno*

Temperatura exterior mín. de diseño (TDMN) [°C]	Nivel A	[W/(m².K)]	Nivel B	[W/(m².K)]
	Muros	Techos	Muros	Techos
-8	0,28	0,24	0,74**	0,63
-7	0,29	0,25	0,77	0,65
-6	0,3	0,26	0,80	0,67
-5	0,31	0,27	0,83	0,69
-4	0,32	0,28	0,87	0,72
-3	0,33	0,29	0,91	0,74
-2	0,35	0,3	0,95	0,77
-1	0,36	0,31	0,99	0,8
>0	0,38	0,32	1	0,83

* Para valores de TDMN intermedios, los $K_{MAX\ ADM}$ se obtienen por intepolación lineal.

** Valor único que exige la Ordenanza **8757** para la envolvente opaca de muros.

Los valores de Transmitancias Máximas Admisibles de Muros y Techos para las condiciones climáticas de la Provincia de Buenos Aires dependen: para Muros, de las temperaturas mínimas de diseño (TDMN) y para Techos, de las Zonas Bioambientales a la que pertenezcan (aunque para III y IV este valor es uno solo para toda la provincia) **$K_{MAX\ ADM}$ = 0,48 W/(m².K)**. No obstante, este valor es aplicable a superficies con coeficientes de absorción de la radiación solar α de 0,7 ± 0,1 (es decir para superficies de colores intermedios). Para coeficientes menores α < 0,6 (superficies claras) se deberá incrementar un 30% resultando el **$K_{MAX\ ADM}$ = 0,62 W/(m².K)**; en tanto que para cubiertas cuyo coeficiente de absorción de la radiación solar sea mayor α > 0,8 (superficies oscuras), dicho valor se deberá disminuir un 20% resultando un **$K_{MAX\ ADM}$ = 0,38 W/(m².K).**

$K_{MAX\ ADM}$ de techos [W/(m².K)] Condición de Verano

Color de la superficie	Zona Bioambiental		Nivel A [W/(m².K)]	Nivel B [W/(m².K)]
Mediano	III y IV		0,19	0,48
Nivel A Oscuro	α > 0,8	0,19 (-) 30%	0,13	
Nivel A Claro	α < 0,6	0,19 (+) 20%	0,23	
Nivel B Oscuro	α > 0,8	0,48 (-) 30%		0,38*
Nivel B Claro	α < 0,6	0,48 (+) 20%		0,62

* Valor de Transmitancia Máxima de Techo exigido por la Ordenanza 8757.

8. Valores de Rsi para Iram 11625 y 11630

Valores de Resistencia Superficial Interior

Lugar	Rsi m².K/W
Paños centrales (IRAM 11625)	**0,17**
Aristas superiores y rincones	0,25
Aristas verticales a altura media	0,25
Aristas y rincones inferiores	0,34
Vidrios	0,15
Rincones y aristas "protegidas" (como interiores de placares sobre muros exteriores)	0,50
Detrás de muebles en muros externos	0,50

04 Cuarta Parte

9. Tabla Permeabilidades y Permeancias al vapor

Permeabilidades y Permeancias al vapor de agua

Material		Densidad (p)	Permeabilidad al vapor de agua (δ)	Permeancia al vapor de agua (Δ)
		Kg/m³	g/(m.h.kPa)	g/(m².h.kPa)
Aire en reposo			0,626	
Materiales aislantes				
Lana de roca			0,6	
Lana de vidrio			0,5	
Poliestireno expandido	en planchas	30	$0,75 . 10^{-2}$	
		25	$1,08 . 10^{-2}$	(estimado)
		20	$1,42 . 10^{-2}$	ensayo
		15	$1,84 . 10^{-2}$	(estimado)
		10	$2,25 . 10^{-2}$	
	en copos		$2,25 . 10^{-2}$	
Espuma rígida de poliuretano (celdas cerradas)			$0,75 . 10^{-2}$	
Espuma flexible de poliuretano (celdas abiertas)			0,4	
Hormigones				
Hormigón armado		1800	$4,4 . 10^{-2}$	
		2000	$3,0 . 10^{-2}$	
		2200	$2,2 . 10^{-2}$	
		2400	$2,0 . 10^{-2}$	
Hormigones livianos		600	$15,0 . 10^{-2}$	
		700	$12,0 . 10^{-2}$	
		800	$10,0 . 10^{-2}$	
		900	$8,0 . 10^{-2}$	
		1000	$7,0 . 10^{-2}$	
		1200	$6,0 . 10^{-2}$	
Hormigón celular			$11,0 . 10^{-2}$	
Morteros				
de cemento		2000	$2,2 . 10^{-2}$	
de cal y cemento		1800	$4,4 . 10^{-2}$	
de cal y cemento con siliconas		2100	$2,7 . 10^{-2}$	
de cal y cemento con impermeabilizantes de cal		1700	$3,7 . 10^{-2}$	
de cal y yeso		1400	$5,0 . 10^{-2}$	
de yeso con arena		1400	$6,5 . 10^{-2}$	
de yeso		1200	$7,0 . 10^{-2}$	
Enlucido de yeso y placas de yeso		1000	$11,0 . 10^{-2}$	
Cielorraso con mortero de cemento		1900	$4,7 . 10^{-2}$	
Cielorraso con mortero de yeso		1200	$11,0 . 10^{-2}$	

Material	Densidad (p) Kg/m³	Permeabilidad al vapor de agua (δ) g/(m.h.kPa)	Permeancia al vapor de agua (Δ) g/(m².h.kPa)
Mampostería			
De ladrillos comunes macizos con mortero de asiento y sin revoque	1500	$8{,}0 \cdot 10^{-2}$	
De bloque cerámico portante con agujeros verticales con asiento en mortero sin revoque	850 a 1200	$10{,}0 \cdot 10^{-2}$	
De bloque cerámico portante con agujeros horizontales, con asiento de mortero y sin revoque	850 a 1100	$13{,}0 \cdot 10^{-2}$	
Maderas			
Tableros porosos	300	0,33	
Tableros duros (tipo “hardboard”)		$0{,}7 \cdot 10^{-2}$	
Madera terciada con pegamentos resinosos		$0{,}09 \cdot 10^{-2}$ a	
Madera enchapada	600	$0{,}2 \cdot 10^{-2}$	
Tablero de fibras duras	600	$4{,}3 \cdot 10^{-2}$	
	800	$1{,}6 \cdot 10^{-2}$	
	1000	$0{,}9 \cdot 10^{-2}$	
Maderas en general		$2{,}25 \cdot 10^{-2}$ a $4{,}50 \cdot 10^{-2}$	
Fibrocemento			
Placas	1400	$2{,}6 \cdot 10^{-2}$	
	1800	$1{,}0 \cdot 10^{-2}$	
Revestimientos			
Cerámicos, tipo porcelana con mortero de cemento	1900	$0{,}32 \cdot 10^{-2}$	
Azulejos con mortero de cemento	1700	$0{,}32 \cdot 10^{-2}$	
Baldosas de pavimentación con mortero de cemento	2300	$0{,}2 \cdot 10^{-2}$	
Placas de clinker con mortero de cemento	2000	$0{,}2 \cdot 10^{-2}$	
Linóleo	1200	$0{,}13 \cdot 10^{-2}$	
De plástico y de caucho	1300	$0{,}08 \cdot 10^{-2}$	
Vidrio		$6{,}4 \cdot 10^{-5}$	
Metales		0	

Masillas y adhesivos	Espesor (mm)			
Bituminosa, asfalto	5,0			$6{,}5 \cdot 10^{-2}$
Caucho artificial de polisulfuros (Thiokol)	10,0			$2{,}2 \cdot 10^{-2}$
Resina epoxi	0,5			$0{,}13 \cdot 10^{-2}$
	2,0			0,16

04 Cuarta Parte

Material	Densidad (p) Kg/m³	Permeabilidad al vapor de agua (δ) g/(m.h.kPa)	Permeancia al vapor de agua (Δ) g/(m².h.kPa)
Pinturas	**Espesor (mm)**		
Una capa — En frío, bituminosa	0,1		1,08
Dos capas — Asfáltica sobre madera terciada	Variable		0,08
Dos capas — Aluminizada sobre madera			0,66 a 0,19
Dos capas — Esmalte sobre revestimiento liso			0,1 a 0,3
Dos capas — Selladora sobre tablero aislante			0,19 a 0,43
Dos capas — Imprimación y pintura al óleo liviana sobre revestimiento			0,62
Dos capas — Al agua, tipo emulsión			16,0
Tres capas — Pintura exterior al óleo sobre madera	Variable		0,21
Tres capas — Látex			1,13
Tres capas — Mástic polietileno cloro-sulfonado (1130 g/m² a 2260 g/m²)			0,012
Tres capas — Mástic asfáltico			0,10

Pinturas	Espesor (µm)			
Pintura a la cal				75
Pintura tipo "epoxi"				1,13
Pintura a base de siliconas				3,75
Pintura esmalte aplicada sobre enlucido				0,4

Pinturas	Espesor (µm)			
Resina acrílica de vinil-tolueno				1,2
Resina acrílica	200-210			3,86
Terpolímero de acetato, cloruro y laurato de vinilo	205			9,0
Poliisocianato más poliéster	133			0,4
Resina acrílica de estireno (pintura texturada)	1000			5,0
Copolímero de cloruro de vinilo-acetato de vinilo más ácido maleico	220			0,1
Resinas de poliuretano	200			1,76

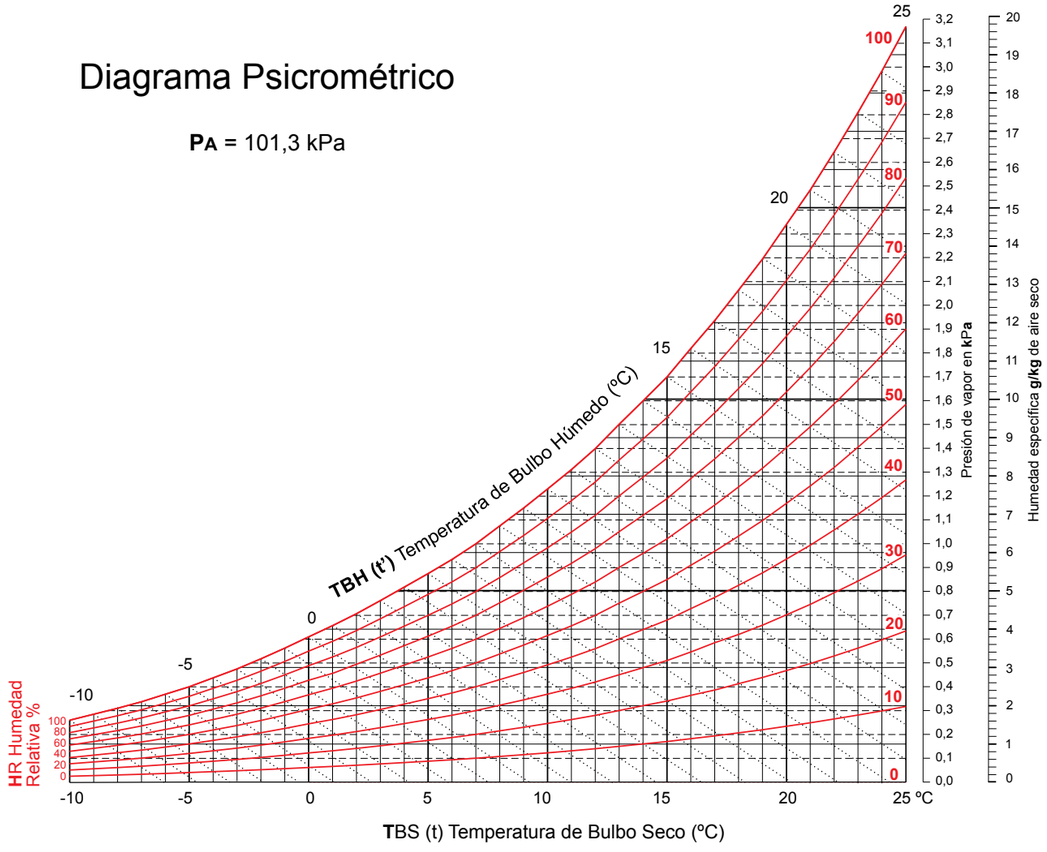
Películas y barreras de vapor	Espesor (µm)			
Hoja de aluminio	25			0
	8			$1{,}12 \cdot 10^{-2}$
Polietileno	50			$3{,}3 \cdot 10^{-2}$
	100			$1{,}6 \cdot 10^{-2}$
	150			$1{,}2 \cdot 10^{-2}$
	200			$0{,}8 \cdot 10^{-2}$
	250			$0{,}6 \cdot 10^{-2}$
Poliéster	25			0,15

Material		Densidad (p)	Permeabilidad al vapor de agua (δ)	Permeancia al vapor de agua (Δ)
		Kg/m³	g/(m.h.kPa)	g/(m².h.kPa)
Barreras y frenos de vapor		**Espesor (µm)**		
Policloruro de vinilo	No plastificado	50		0,14
	Plastificado	100		0,29
Fieltros	Alquitranado	Variable de 50 a 100		2,28
	Asfáltico			0,67
	Saturado y revestido en rollos pesados para cubiertas			0,03
	Bituminado con hoja de aluminio			0,03
Papel	Kraft y láminas de asfalto reforzado			0,15
	Kraft (500 g/m²)			7,60
Lámina de papel embreado y revestido				0,23
Película plástica (*)		25		0,01
Hule				0,015

NOTA: (*) Tipo "MYLAR"

04 Cuarta Parte

10. Diagrama Psicrométrico



11. Tabla de Presiones de Vapor de Saturación

Presiones de vapor de agua de saturación Pvs

Temperatura C°	kilopascal [kPa]									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
30	4,24	4,27	4,29	4,32	4,34	4,37	4,39	4,42	4,45	4,47
29	4,01	4,03	4,05	4,08	4,10	4,15	4,15	4,17	4,20	4,22
28	3,78	3,80	3,83	3,85	3,87	3,89	3,92	3,94	3,96	3,98
27	3,57	3,59	3,61	3,63	3,65	3,67	3,70	3,72	3,79	3,76
26	3,36	3,38	3,40	3,42	3,44	3,46	3,48	3,50	3,53	3,54
25	3,17	3,19	3,21	3,23	3,25	3,27	3,28	3,30	3,32	3,34
24	2,99	3,00	3,02	3,04	3,06	3,08	3,10	3,11	3,13	3,15
23	2,81	2,83	2,85	2,86	2,88	2,90	2,92	2,93	2,95	2,97
22	2,65	2,66	2,68	2,70	2,71	2,73	2,74	2,76	2,78	2,79
21	2,49	2,50	2,52	2,54	2,55	2,57	2,58	2,60	2,61	2,63
20	2,34	2,35	2,37	2,38	2,40	2,41	2,43	2,44	2,46	2,47
19	2,20	2,21	2,23	2,24	2,25	2,27	2,28	2,30	2,31	2,32
18	2,07	2,08	2,09	2,11	2,12	2,13	2,15	2,16	2,17	2,19
17	1,94	1,95	1,96	1,98	1,99	2,00	2,01	2,03	2,04	2,05
16	1,82	1,83	1,84	1,85	1,87	1,88	1,89	1,90	1,91	1,93
15	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,80	1,81
14	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,70
13	1,50	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59
12	1,40	1,41	1,42	1,43	1,44	1,45	1,46	1,47	1,48	1,49
11	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,39	1,39
10	1,23	1,24	1,25	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,30
9	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,20	1,21	1,22
8	1,07	1,08	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,13	1,13	1,14
7	1,00	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07
6	0,94	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	1,00
5	0,87	0,88	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91	0,92	0,93
4	0,81	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87
3	0,76	0,77	0,77	0,78	0,78	0,79	0,79	0,80	0,80	0,81
2	0,71	0,71	0,72	0,72	0,73	0,73	0,74	0,74	0,75	0,75
1	0,66	0,66	0,67	0,67	0,68	0,68	0,69	0,69	0,70	0,70
0	0,61	0,61	0,60	0,60	0,59	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57
-1	0,56	0,56	0,55	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,52
-2	0,52	0,51	0,51	0,51	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48
-3	0,48	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44
-4	0,44	0,43	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41
-5	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,37
-6	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34
-7	0,34	0,34	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32	0,31
-8	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29
-9	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26
-10	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24
-11	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22
-12	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20
-13	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18
-14	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
-15	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15
-16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
-17	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
-18	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
-19	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10
-20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09

12. 11507-1 Infiltración por Ventanas

IRAM 11507-1 Infiltración por Ventanas

Caudal de aire para una presión de 100 Pa (10 mm H_2O)		
Clasificación según la infiltración de aire	**Caudal de aire por metro de junta [m^3/(h.m)]**	**Designación**
IRAM A1	Mayor que 4,01 hasta 6,00	Normal
IRAM A2	Mayor que 2,01 hasta 4,00	Mejorada
IRAM A3	Hasta 2,00	Reforzada

La Ley exige clasificar IRAM A1 para carpinterías colocadas en edificios de hasta 10 m de altura sobre el nivel del terreno (medido hasta el dintel de la ventana), e IRAM A2 para carpinterías colocadas por encima de ese nivel.

13. 11507-4 Aislación térmica de Ventanas

IRAM 11507-4 Tabla de categoría de aislación

Caudal de aire para una presión de 100 Pa (10 mm H_2O)	
Categoría de aislación	**Transmitancia térmica K W/(m^2.K)**
K_1	K < 1,0
K_2	1,0 ≤ K ≤ 1,5
K_3	1,5 ≤ K ≤ 2,0
K_4	2,0 ≤ K ≤ 3,0
K_5	3,0 ≤ K ≤ 4,0
No clasificable	K > 4,0

IMPORTANTE: Se exige cumplir con la Categoría de aislación **K_5 en edificios de hasta 10 m de altura** sobre el nivel del terreno (medidos hasta el dintel de ventana) y **K_4** para las carpinterías colocadas por encima de ese nivel.

14. Transmitancia térmica de ventanas con perfilería de Aluminio y PVC

Transmitancia térmica (K) de ventanas con perfilería de aluminio y perfilería de PVC de 1600x1200mm

Transmitancia térmica (K) de ventanas con perfilería de aluminio en [W/(m². K)]					Transmitancia térmica (K) de ventanas con perfilería de PVC en [W/(m². K)]				
Tipología	Vidrio simple 6 (mm)	DVH 6-12-6 (mm)	DVH Low-E 6-12-6 (mm)	DVH Low-E con argon 4-15-4 (mm)	Tipología	Vidrio simple 6 (mm)	DVH 6-12-6 (mm)	DVH Low-E 6-12-6 (mm)	DVH Low-E con argon 4-15-4 (mm)
Ventana simple sin ruptor de puente térmico	5,79	3,76	3,06	2,92	Ventana simple PVC de 2 cámaras	4,65	2,62	1,92	1,78
Ventana simple con ruptor de puente térmico	4,74	2,71	2,01	1,87	Ventana simple PVC de 3 cámaras	4,53	2,50	1,80	1,66
Ventana simple con ruptor de puente térmico TS y cortina	4,16	2,33	1,73	1,64	Ventana simple PVC de 3 cámaras y cortina de enrollar	4,13	2,30	1,70	1,61

Transmitancia térmica (K) de ventanas con perfilería de aluminio y perfilería de PVC de 2500x2000mm

Transmitancia térmica (K) de ventanas con perfilería de aluminio en [W/(m². K)]					Transmitancia térmica (K) de ventanas con perfilería de PVC en [W/(m². K)]				
Tipología	Vidrio simple 6 (mm)	DVH 6-12-6 (mm)	DVH Low-E 6-12-6 (mm)	DVH Low-E con argon 4-15-4 (mm)	Tipología	Vidrio simple 6 (mm)	DVH 6-12-6 (mm)	DVH Low-E 6-12-6 (mm)	DVH Low-E con argon 4-15-4 (mm)
Ventana simple sin ruptor de puente térmico	5,75	3,28	2,43	2,26	Ventana simple PVC de 2 cámaras	5,18	2,71	1,86	1,69
Ventana simple con ruptor de puente térmico	5,32	2,85	2,00	1,83	Ventana simple PVC de 3 cámaras	4,72	2,65	1,80	1,63
Ventana simple con ruptor de puente térmico TS y cortina	4,73	2,47	1,72	1,60	Ventana simple PVC de 3 cámaras y cortina de enrollar	4,72	2,45	1,70	1,58

04 Cuarta Parte

Ventanal 2500x2000mm

m² ventana	m² vidrio	m² carp.	K vidrio	K carp.	K ventana	Descripción Ventana
5	4,25	0,75	5,7	6,01	5,75	Aluminio + Vidrio simple
5	4,25	0,75	2,8	6,01	3,28	Aluminio + DVH
5	4,25	0,75	1,8	6,01	2,43	Aluminio + DVH c/Low-E
5	4,25	0,75	1,6	6,01	2,26	Aluminio + DVH Argon c/low-E
5	4,25	0,75	5,7	3,15	5,32	Aluminio RPT (varilla 20mm)+ Vidrio simple
5	4,25	0,75	2,8	3,15	2,85	Aluminio RPT (varilla 20mm) + DVH
5	4,25	0,75	1,8	3,15	2,00	Aluminio RPT (varilla 20mm)+ DVH c/Low-E
5	4,25	0,75	1,6	3,15	1,83	Aluminio RPT (varilla 20mm) + DVH Argon c/low-E
5	4,25	0,75	5,7	3,15	4,92	Aluminio RPT (varilla 20mm)+ Vidrio simple. cortina enrollar cerrada
5	4,25	0,75	2,8	3,15	2,65	Aluminio RPT (varilla 20mm) + DVH. cortina enrollar cerrada
5	4,25	0,75	1,8	3,15	1,90	Aluminio RPT (varilla 20mm)+ DVH c/Low-E. cortina enrollarcerrada
5	4,25	0,75	1,6	3,15	1,78	Aluminio RPT (varilla 20mm)+ DVH Argon c/low-E. cortina enrollar cerrada
5	4,25	0,75	5,7	1,9	4,73	Batiente Aluminio RPT TS+ Vidrio simple. cortina enrollar cerrada
5	4,25	0,75	2,8	1,9	2,47	Batiente Aluminio RPT TS+ DVH. cortina enrollar cerrada
5	4,25	0,75	1,8	1,9	1,72	Batiente Aluminio RPT TS+ DVH c/Low-E. cortina enrollar cerrada
5	4,25	0,75	1,6	1,9	1,60	Batiente Aluminio RPT TS+ DVH Argon c/low-E. cortina enrollar cerrada
5	4,25	0,75	5,7	2,2	5,18	PVC 2 cámaras + Vidrio simple
5	4,25	0,75	2,8	2,2	2,71	PVC 2 cámaras + DVH
5	4,25	0,75	1,8	2,2	1,86	PVC 2 cámaras + DVH c/Low-E
5	4,25	0,75	1,6	2,2	1,69	PVC 2 cámaras + DVH Argon c/low-E
5	4,25	0,75	5,7	1,8	5,12	PVC 3 cámaras + Vidrio simple
5	4,25	0,75	2,8	1,8	2,65	PVC 3 cámaras + DVH
5	4,25	0,75	1,8	1,8	1,80	PVC 3 cámaras+ DVH c/Low-E
5	4,25	0,75	1,6	1,8	1,63	PVC 3 cámaras + DVH Argon c/low-E
5	4,25	0,75	5,7	1,8	4,72	PVC 3 cámaras+ Vidrio simple. cortina enrollar cerrada
5	4,25	0,75	2,8	1,8	2,45	PVC 3 cámaras + DVH. cortina enrollar cerrada
5	4,25	0,75	1,8	1,8	1,70	PVC 3 cámaras + DVH c/Low-E. cortina enrollar cerrada
5	4,25	0,75	1,6	1,8	1,58	PVC 3 cámaras + DVH Argon c/low-E. cortina enrollar cerrada

Ventanal 1600x1200mm

m² ventana	m² vidrio	m² carp.	K vidrio	K carp.	K ventana	Descripción Ventana
1,92	1,344	0,576	5,7	6,01	5,79	Aluminio + Vidrio simple
1,92	1,344	0,576	2,8	6,01	3,76	Aluminio + DVH
1,92	1,344	0,576	1,8	6,01	3,06	Aluminio + DVH c/Low-E
1,92	1,344	0,576	1,6	6,01	2,92	Aluminio + DVH Argon c/low-E
1,92	1,344	0,576	5,7	2,5	4,74	Aluminio RPT (varilla 20mm)+ Vidrio simple
1,92	1,344	0,576	2,8	2,5	2,71	Aluminio RPT (varilla 20mm) + DVH
1,92	1,344	0,576	1,8	2,5	2,01	Aluminio RPT (varilla 20mm)+ DVH c/Low-E
1,92	1,344	0,576	1,6	2,5	1,87	Aluminio RPT (varilla 20mm) + DVH Argon c/low-E
1,92	1,344	0,576	5,7	2,5	4,34	Aluminio RPT (varilla 20mm)+ Vidrio simple. cortina enrollar cerrada
1,92	1,344	0,576	2,8	2,5	2,51	Aluminio RPT (varilla 20mm) + DVH. cortina enrollar cerrada
1,92	1,344	0,576	1,8	2,5	1,91	Aluminio RPT (varilla 20mm)+ DVH c/Low-E. cortina enrollarcerrada
1,92	1,344	0,576	1,6	2,5	1,82	Aluminio RPT (varilla 20mm)+ DVH Argon c/low-E. cortina enrollar cerrada
1,92	1,344	0,576	5,7	1,9	4,16	Batiente Aluminio RPT TS+ Vidrio simple. cortina enrollar cerrada
1,92	1,344	0,576	2,8	1,9	2,33	Batiente Aluminio RPT TS+ DVH. cortina enrollar cerrada
1,92	1,344	0,576	1,8	1,9	1,73	Batiente Aluminio RPT TS+ DVH c/Low-E. cortina enrollar cerrada
1,92	1,344	0,576	1,6	1,9	1,64	Batiente Aluminio RPT TS+ DVH Argon c/low-E. cortina enrollar cerrada
1,92	1,344	0,576	5,7	2,2	4,65	PVC 2 cámaras + Vidrio simple
1,92	1,344	0,576	2,8	2,2	2,62	PVC 2 cámaras + DVH
1,92	1,344	0,576	1,8	2,2	1,92	PVC 2 cámaras + DVH c/Low-E
1,92	1,344	0,576	1,6	2,2	1,78	PVC 2 cámaras + DVH Argon c/low-E
1,92	1,344	0,576	5,7	1,8	4,53	PVC 3 cámaras + Vidrio simple
1,92	1,344	0,576	2,8	1,8	2,50	PVC 3 cámaras + DVH
1,92	1,344	0,576	1,8	1,8	1,80	PVC 3 cámaras+ DVH c/Low-E
1,92	1,344	0,576	1,6	1,8	1,66	PVC 3 cámaras + DVH Argon c/low-E
1,92	1,344	0,576	5,7	1,8	4,13	PVC 3 cámaras+ Vidrio simple. cortina enrollar cerrada
1,92	1,344	0,576	2,8	1,8	2,30	PVC 3 cámaras + DVH. cortina enrollar cerrada
1,92	1,344	0,576	1,8	1,8	1,70	PVC 3 cámaras + DVH c/Low-E. cortina enrollar cerrada
1,92	1,344	0,576	1,6	1,8	1,61	PVC 3 cámaras + DVH Argon c/low-E. cortina enrollar cerrada

15. Transmitancia K y Factor solar FS de vidrios y ventanas

Tabla de transmitancia térmica K y factor solar FS de vidrios y ventanas

Tipo de vidrio	Sin Protección		Persiana exterior de madera, PVC o aluminio		Parasol horizontal fijo con proporcion 1:2 saliente - altura		Parasoles verticales fijos o moviles		Cortina exterior	
	Transmi-tancia térmica K W/(m².K)	FACTOR SOLAR (FS)	Transmi-tancia térmica K W/(m².K)	FES	Transmi-tancia térmica K W/(m².K)	FACTOR SOLAR (FS)	Transmi-tancia térmica K W/(m².K)	FACTOR SOLAR (FS)	Transmi-tancia térmica K W/(m².K)	FACTOR SOLAR (FS)
Incoloro (3 mm)	5,80	1,00	2,80	0,22	5,80	0,40	5,80	0,30	5,80	0,25
Incoloro (4 mm)	5,80	0,98	2,80	0,22	5,80	0,40	5,80	0,30	5,80	0,25
Incoloro (5 mm)	5,80	0,96	2,80	0,21	5,80	0,40	5,80	0,30	5,80	0,24
Incoloro (6 mm)	5,80	0,95	2,80	0,21	5,80	0,40	5,80	0,30	5,80	0,24
Incoloro (10 mm)	5,80	0,89	2,80	0,20	5,80	0,40	5,80	0,30	5,80	0,22
Laminado (3+3) o (4+4)	5,70	0,95	2,80	0,21	5,70	0,40	5,70	0,30	5,70	0,22
Laminado 4+4 reflectivo cara 2	5,60	0,30	2,70	0,07	5,60	0,31	5,60	0,15	5,60	0,15
Coloreado en su masa Gris (3 mm)	5,80	0,85	2,70	0,19	5,80	0,37	5,80	0,30	5,80	0,21
Coloreado en su masa Gris (6 mm)	5,70	0,73	2,70	0,16	5,70	0,37	5,70	0,30	5,70	0,18
Coloreado en su masa Bronce (3 mm)	5,80	0,85	2,70	0,19	5,80	0,37	5,80	0,29	5,80	0,21
Coloreado en su masa Bronce (6 mm)	5,70	0,73	2,70	0,16	5,70	0,37	5,70	0,27	5,70	0,18
Coloreado en su masa Verde (3 mm)	5,80	0,82	2,70	0,18	5,80	0,37	5,80	0,27	5,80	0,21
Coloreado en su masa Verde (6 mm)	5,70	0,68	2,70	0,15	5,70	0,35	5,70	0,25	5,70	0,17
Coloreado en su masa Azul (6 mm)	5,70	0,72	2,70	0,16	5,70	0,35	5,70	0,27	5,70	0,18
Coloreado en su masa Super Gris (6mm)	5,70	0,35	2,70	0,08	5,70	0,35	5,70	0,20	5,70	0,10
Monolitico de 6 mm reflectivo en cara 2	3,80	0,60	2,25	0,10	3,80	0,40	3,80	0,30	3,80	0,30
Monolitico de 6 mm tonalizado con baja emisividad	3,68	0,52	2,20	0,10	3,68	0,40	3,68	0,30	3,68	0,30
DVH Incoloro exterior; incoloro interior (3+12+3 mm)	2,80	0,88	2,15	0,19	2,80	0,35	2,80	0,27	2,80	0,22
DVH Incoloro exterior; incoloro interior (4+9+4 mm)	3,00	0,86	2,30	0,18	3,00	0,35	3,00	0,30	3,00	0,20
DVH Incoloro exterior; incoloro interior (5+9+5 mm)	3,00	0,84	2,30	0,18	3,00	0,35	3,00	0,30	3,00	0,19
DVH Incoloro exterior; incoloro interior (3+3+9+6 mm)	3,00	0,81	2,30	0,18	3,00	0,35	3,00	0,30	3,00	0,18
DVH Color Gris exterior; incoloro interior (4+9+4 mm)	3,00	0,72	2,30	0,16	3,00	0,35	3,00	0,30	3,00	0,15
DVH Color Gris exterior; incoloro interior (6+9+6 mm)	3,00	0,59	2,30	0,13	3,00	0,35	3,00	0,20	3,00	0,18
DVH Color Bronce exterior; incoloro interior (4+9+4mm)	3,00	0,70	2,30	0,15	3,00	0,35	3,00	0,30	3,00	0,14
DVH Color Bronce exterior; incoloro interior (6+9+6 mm)	3,00	0,54	2,30	0,12	3,00	0,35	3,00	0,20	3,00	0,18
DVH Color Verde exterior; incoloro interior (4+9+4 mm)	3,00	0,70	2,30	0,15	3,00	0,35	3,00	0,30	3,00	0,14
DVH Color Verde exterior; incoloro interior (6+9+6 mm)	3,00	0,54	2,30	0,12	3,00	0,35	3,00	0,25	3,00	0,15
DVH Color Super Gris exterior; incoloro interior (6+9+6 mm)	3,00	0,21	2,30	0,07	3,00	0,21	3,00	0,21	3,00	0,02
DVH Color Azul exterior; incoloro interior (6+9+6 mm)	3,00	0,58	2,30	0,13	2,00	0,32	2,00	0,25	2,00	0,14
DVH Reflectivo Incoloro c/Low-E ext.; incoloro int. (6+9+6 mm)	2,00	0,54	1,50	0,12	2,00	0,32	2,00	0,25	2,00	0,09
DVH Reflectivo Gris c/Low-E ext.; incoloro int. (6+9+6 mm)	2,00	0,35	1,50	0,08	2,00	0,35	2,00	0,20	2,00	0,10
DVH Reflectivo Bronce c/Low-E ext.; incoloro int. (6+9+6 mm)	2,00	0,38	1,50	0,08	2,00	0,35	2,00	0,15	2,00	0,09
DVH Reflectivo Blue-Green c/Low-E ext.; incoloro int. (6+9+6 mm)	2,00	0,36	1,50	0,08	2,00	0,35	2,00	0,15	2,00	0,07
DVH - Reflectivo Verde c/Low-E ext.; incoloro int. (6+9+6 mm)	2,00	0,28	1,50	0,06	2,00	0,28	2,00	0,15	2,00	0,08
DVH Reflectivo Azul c/Low-E ext.; incoloro int. (6+9+6 mm)	2,00	0,30	1,50	0,07	2,00	0,30	2,00	0,15	2,00	0,20
DVH Incoloro exterior; Low-E interior (4+9+4 mm)	2,00	0,81	1,50	0,18	2,00	0,40	2,00	0,30	2,00	0,19
DVH - Incoloro exterior; Low-E interior (6+9+6 mm)	2,00	0,75	1,50	0,17	2,00	0,40	2,00	0,30	2,00	0,16
DVH Color Gris exterior, Low-E interior (4+9+4 mm)	2,00	0,63	1,50	0,14	2,00	0,37	2,00	0,30	2,00	0,12
DVH Color Gris exterior, Low-E interior (6+9+6 mm)	2,00	0,46	1,50	0,1	2,00	0,32	2,00	0,25	2,00	0,17
DVH Color Bronce exterior; Low-E interior (4+9+4 mm)	2,00	0,66	1,50	0,15	2,00	0,35	2,00	0,30	2,00	0,13
DVH Color Bronce exterior; Low-E interior (6+9+6 mm)	2,00	0,52	1,50	0,11	2,00	0,33	2,00	0,30	2,00	0,16
DVH Color Verde exterior; Low-E interior (4+9+4 mm)	2,00	0,63	1,50	0,14	2,00	0,33	2,00	0,30	2,00	0,12
DVH Color Verde exterior; Low-E interior (6+9+6 mm)	2,00	0,48	1,50	0,11	2,00	0,32	2,00	0,24	2,00	0,13
DVH Reflectivo incoloro exterior, Low-E int (6+9+6 mm)	2,00	0,50	1,40	0,11	2,00	0,32	2,00	0,24	2,00	0,08
DVH Reflectivo Gris exterior; Low-E interior (6+9+6 mm)	2,00	0,31	1,40	0,07	2,00	0,31	2,00	0,22	2,00	0,09
DVH Reflectivo Bronce exterior; Low-E interior (6+9+6 mm)	2,00	0,34	1,40	0,07	2,00	0,32	2,00	0,20	2,00	0,06
DVH Reflectivo Verde exterior; Low-E interior (6+9+6 mm)	2,00	0,31	1,40	0,05	2,00	0,31	2,00	0,20	2,00	0,06
DVH Incoloro exterior; incoloro interior (4+9+4 mm)	2,80	0,86	2,15	0,18	2,80	0,35	2,80	0,30	2,80	0,20
DVH Incoloro exterior; incoloro interior (5+9+5 mm)	2,80	0,84	2,15	0,18	2,80	0,35	2,80	0,30	2,80	0,19
DVH Incoloro exterior; incoloro interior (3+3+9+6 mm)	2,80	0,81	2,15	0,18	2,80	0,35	2,80	0,30	2,80	0,18
DVH Color Gris exterior; incoloro interior (4+9+4 mm)	2,80	0,72	2,15	0,16	2,80	0,35	2,80	0,30	2,80	0,15
DVH Color Gris exterior; incoloro interior (6+9+6 mm)	2,80	0,59	2,15	0,13	2,80	0,35	2,80	0,20	2,80	0,18
DVH Color Bronce exterior; incoloro interior (4+9+4 mm)	2,80	0,70	2,15	0,15	2,80	0,35	2,80	0,30	2,80	0,14

Cámara 9 mm

Cámara 9 mm c/ argón

Tipo de vidrio	Sin Protección		Persiana exterior de madera, PVC o aluminio		Parasol horizontal fijo con proporcion 1:2 saliente - altura		Parasoles verticales fijos o moviles		Cortina exterior	
	Transmi-tancia térmica K W/(m².K)	FACTOR SOLAR (FS)	Transmi-tancia térmica K W/(m².K)	FES	Transmi-tancia térmica K W/(m².K)	FACTOR SOLAR (FS)	Transmi-tancia térmica K W/(m².K)	FACTOR SOLAR (FS)	Transmi-tancia térmica K W/(m².K)	FACTOR SOLAR (FS)
DVH Color Bronce exterior; incoloro interior (6+9+6 mm)	2,80	0,54	2,15	0,12	2,80	0,35	2,80	0,20	2,80	0,18
DVH Color Verde exterior; incoloro interior (4+9+4 mm)	2,80	0,70	2,15	0,15	2,80	0,35	2,80	0,30	2,80	0,14
DVH Color Verde exterior; incoloro interior (6+9+6 mm)	2,80	0,54	2,15	0,12	2,80	0,35	2,80	0,25	2,80	0,15
DVH Color Super Gris exterior; incoloro interior (6+9+6 mm)	2,80	0,21	2,15	0,07	2,80	0,21	2,80	0,21	2,80	0,02
DVH Color Azul ext; incoloro interior (6+9+6 mm)	2,80	0,58	2,15	0,13	2,80	0,32	2,80	0,25	2,80	0,14
DVH Reflectivo Incoloro c/Low-E ext.; incoloro int. (6+9+6 mm)	1,80	0,54	1,40	0,12	1,80	0,32	1,80	0,25	1,80	0,09
DVH Reflectivo Gris c/Low-E ext.; incoloro int. (6+9+6 mm)	1,80	0,35	1,40	0,08	1,80	0,35	1,80	0,20	1,80	0,10
DVH Reflectivo Bronce c/Low-E ext.; incoloro int. (6+9+6 mm)	1,80	0,38	1,40	0,08	1,80	0,35	1,80	0,15	1,80	0,09
DVH Reflectivo Blue-Green c/Low-E ext.; incoloro int. (6+9+6 mm)	1,80	0,36	1,40	0,08	1,80	0,35	1,80	0,15	1,80	0,07
DVH - Reflectivo Verde c/Low-E ext.; incoloro int. (6+9+6 mm)	1,80	0,28	1,40	0,06	1,80	0,28	1,80	0,15	1,80	0,08
DVH Reflectivo Azul c/Low-E ext.; incoloro int. (6+9+6 mm)	1,80	0,30	1,40	0,07	1,80	0,30	1,80	0,15	1,80	0,20
DVH Incoloro exterior; Low-E interior (4+9+4 mm)	1,80	0,81	1,40	0,18	1,80	0,40	1,80	0,30	1,80	0,19
DVH - Incoloro exterior; Low-E interior (6+9+6 mm)	1,80	0,75	1,40	0,17	1,80	0,40	1,80	0,30	1,80	0,16
DVH Color Gris exterior, Low-E interior (4+9+4 mm)	1,80	0,63	1,40	0,14	1,80	0,37	1,80	0,30	1,80	0,12
DVH Color Gris exterior, Low-E interior (6+9+6 mm)	1,80	0,46	1,40	0,1	1,80	0,32	1,80	0,25	1,80	0,17
DVH Color Bronce exterior; Low-E interior (4+9+4 mm)	1,80	0,66	1,40	0,15	1,80	0,35	1,80	0,30	1,80	0,13
DVH Color Bronce exterior; Low-E interior (6+9+6 mm)	1,80	0,52	1,40	0,11	1,80	0,33	1,80	0,30	1,80	0,16
DVH Color Verde exterior; Low-E interior (4+9+4 mm)	1,80	0,63	1,40	0,14	1,80	0,33	1,80	0,30	1,80	0,12
DVH Color Verde exterior; Low-E interior (6+9+6 mm)	1,80	0,48	1,40	0,11	1,80	0,32	1,80	0,24	1,80	0,13
DVH Reflectivo incoloro exterior, Low-E int (6+9+6 mm)	1,80	0,50	1,30	0,11	1,80	0,32	1,80	0,24	1,80	0,08
DVH Reflectivo Gris exterior; Low-E interior (6+9+6 mm)	1,80	0,31	1,30	0,07	1,80	0,31	1,80	0,22	1,80	0,09
DVH Reflectivo Bronce exterior; Low-E interior (6+9+6 mm)	1,80	0,34	1,30	0,07	1,80	0,32	1,80	0,20	1,80	0,06
DVH Reflectivo Verde exterior; Low-E interior (6+9+6 mm)	1,80	0,31	1,30	0,05	1,80	0,31	1,80	0,20	1,80	0,06
DVH Incoloro exterior; incoloro interior (4+12+4 mm)	2,80	0,86	2,15	0,18	2,80	0,35	2,80	0,30	2,80	0,20
DVH Incoloro exterior; incoloro interior (5+12+5 mm)	2,80	0,84	2,15	0,18	2,70	0,35	2,70	0,30	2,70	0,19
DVH Incoloro exterior; incoloro interior (3+3+12+6 mm)	2,80	0,81	2,15	0,18	2,70	0,35	2,70	0,30	2,70	0,18
DVH Color Gris exterior; incoloro interior (4+12+4 mm)	2,70	0,72	2,15	0,16	2,70	0,35	2,70	0,30	2,70	0,15
DVH Color Gris exterior; incoloro interior (6+12+6 mm)	2,70	0,59	2,15	0,13	2,70	0,35	2,70	0,20	2,70	0,18
DVH Color Bronce exterior; incoloro interior (4+12+4mm)	2,70	0,70	2,15	0,15	2,70	0,35	2,70	0,30	2,70	0,14
DVH Color Bronce exterior; incoloro interior (6+12+6 mm)	2,70	0,54	2,15	0,12	2,70	0,35	2,70	0,20	2,70	0,18
DVH Color Verde exterior; incoloro interior (4+12+4 mm)	2,70	0,70	2,15	0,15	2,70	0,35	2,70	0,30	2,70	0,14
DVH Color Verde exterior; incoloro interior (6+12+6 mm)	2,70	0,54	2,15	0,12	2,70	0,35	2,70	0,25	2,70	0,15
DVH Color Super Gris exterior; incoloro interior (6+12+6 mm)	2,70	0,21	2,15	0,07	2,70	0,21	2,70	0,21	2,70	0,02
DVH Color Azul exterior; incoloro interior (6+12+6 mm)	2,70	0,58	2,15	0,13	1,80	0,32	1,80	0,25	1,80	0,14
DVH Reflectivo Incoloro c/Low-E ext.; incoloro int (6+12+6 mm)	1,80	0,54	1,40	0,12	1,80	0,32	1,80	0,25	1,80	0,09
DVH Reflectivo Gris c/Low-E ext.; incoloro int. (6+12+6 mm)	1,80	0,35	1,40	0,08	1,80	0,35	1,80	0,20	1,80	0,10
DVH Reflectivo Bronce c/Low-E ext.; incoloro int. (6+12+6 mm)	1,80	0,38	1,40	0,08	1,80	0,35	1,80	0,15	1,80	0,09
DVH Reflectivo Blue-Green c/Low-E ext.; incoloro int. (6+12+6 mm)	1,80	0,36	1,40	0,08	1,80	0,35	1,80	0,15	1,80	0,07
DVH - Reflectivo Verde c/Low-E ext.; incoloro int. (6+12+6 mm)	1,80	0,28	1,40	0,06	1,80	0,28	1,80	0,15	1,80	0,08
DVH Reflectivo Azul c/Low-E ext.; incoloro int (6+12+6 mm)	1,80	0,30	1,40	0,07	1,80	0,30	1,80	0,15	1,80	0,20
DVH Incoloro exterior; Low-E interior (4+12+4 mm)	1,80	0,81	1,40	0,18	1,80	0,40	1,80	0,30	1,80	0,19
DVH - Incoloro exterior; Low-E interior (6+12+6 mm)	1,80	0,75	1,40	0,17	1,80	0,40	1,80	0,30	1,80	0,16
DVH Color Gris exterior, Low-E interior (4+12+4 mm)	1,80	0,63	1,40	0,14	1,80	0,37	1,80	0,30	1,80	0,12
DVH Color Gris exterior, Low-E interior (6+12+6 mm)	1,80	0,46	1,40	0,1	1,80	0,32	1,80	0,25	1,80	0,17
DVH Color Bronce exterior; Low-E interior (4+12+4 mm)	1,80	0,66	1,40	0,15	1,80	0,35	1,80	0,30	1,80	0,13
DVH Color Bronce exterior; Low-E interior (6+12+6 mm)	1,80	0,52	1,40	0,11	1,80	0,33	1,80	0,30	1,80	0,16
DVH Color Verde exterior; Low-E interior (4+12+4 mm)	1,80	0,63	1,40	0,14	1,80	0,33	1,80	0,30	1,80	0,12
DVH Color Verde exterior; Low-E interior (6+12+6 mm)	1,80	0,48	1,40	0,11	1,70	0,32	1,70	0,24	1,70	0,13
DVH Reflectivo incoloro exterior, Low-E interior (6+12+6 mm)	1,70	0,50	1,30	0,11	1,70	0,32	1,70	0,24	1,70	0,08
DVH Reflectivo Gris exterior; Low-E interior (6+12+6 mm)	1,70	0,31	1,30	0,07	1,70	0,31	1,70	0,22	1,70	0,09
DVH Reflectivo Bronce exterior; Low-E interior (6+12+6 mm)	1,70	0,34	1,30	0,07	1,70	0,32	1,70	0,20	1,70	0,06
DVH Reflectivo Verde exterior; Low-E interior (6+12+6 mm)	1,70	0,31	1,30	0,05	1,70	0,31	1,70	0,20	1,70	0,06
DVH Incoloro exterior, Low-E c/argón (4+12+4)	1,50	0,75	1,05	0,08	1,50	0,40	1,30	0,30	1,50	0,30
DVH Reflectivo Incoloro exterior, Low-E c/argón (4+12+4)	1,50	0,50	1,05	0,05	1,50	0,40	1,30	0,25	1,50	0,25
DVH Lam. 4+4 reflectivo cara 2+12+ incoloro interior 6 mm	2,70	0,20	1,80	0,07	2,70	0,20	2,70	0,15	2,70	0,15
DVH Lam. 4+4 reflectivo cara 2+12+6 mm Low-E cara 5	1,80	0,17	1,30	0,07	1,80	0,17	1,80	0,17	1,80	0,17

Cámara 9 mm c/ argón

04 Cuarta Parte

Tipo de vidrio	Sin Protección		Persiana exterior de madera, PVC o aluminio		Parasol horizontal fijo con proporcion 1:2 saliente - altura		Parasoles verticales fijos o moviles		Cortina exterior	
	Transmi-tancia térmica K W/(m².K)	FACTOR SOLAR (FS)	Transmi-tancia térmica K W/(m².K)	FES	Transmi-tancia térmica K W/(m².K)	FACTOR SOLAR (FS)	Transmi-tancia térmica K W/(m².K)	FACTOR SOLAR (FS)	Transmi-tancia térmica K W/(m².K)	FACTOR SOLAR (FS)
U Glass simple	5,80	0,80			5,80	0,40	5,80	0,30	5,80	0,30
U Glass doble	1,80	0,60			1,80	0,40	1,80	0,30	1,80	0,30
Ladrillos de vidrio de 8 cm con 1 cámara	2,80	0,81			2,80	0,40	2,80	0,30	2,80	0,30
Ladrillos de vidrio de 16 cm con 2 cámaras	1,80	0,65			1,80	0,40	1,80	0,30	1,80	0,30
Policarbonato macizo transparente incoloro de 3 mm	5,46	0,89			5,46	0,40	5,46	0,30	5,46	0,30
Policarbonato incoloro con 2 cámaras espesor 10 mm	2,70	0,76			2,70	0,35	2,70	0,20	2,70	0,20
Policarbonato opalino con 2 cámaras espesor 10 mm	2,70	0,65			2,70	0,35	2,70	0,20	2,70	0,20

Factor solar (FS): Es la ganacia de energía solar total relativa a la energía solar incidente. Incluye la energía solar transmitida directamente a través del vidrio más la energía solar absorbida, y en parte transmitida al interior por irradiación infrarroja de onda larga y convección.

Coeficiente de sombra (CS): Es la relación entre la ganancia solar total, incidiendo en forma normal respecto de un vidrio incoloro de 3 mm de espesor.

04 Cuarta Parte

16. Cuadro de propiedades físicas del EPS

Cuadro orientativo de propiedades físicas del Poliestireno Expandido EPS

Propiedad		Unidad	Densidad aparente				Norma
Densidad aparente		**kg/m³**	**15**	**20**	**25**	**30**	
Resistencia mínima a la compresión o tensión mínima de compresión al 10 % de deformación (el valor que resulte menor)		kPa	65	110	150	200	**IRAM 1858**
Conductividad térmica máxima a 10ºC temperatura media, 28 días de estacionado, si corresponde		W/(m.K)	0,037	0,034	0,033	0,032	**IRAM 1858**
Deformación máxima después de 48 h a 70ºC		%	5	5	5	5	**IRAM 1858** **IRAM 1747**
Deformaciones lentas máximas después de 48 h a 80ºC con 20 kPa de carga		%	-	5	5	-	
Deformaciones lentas máximas después de 7 d a 70ºC con 40 kPa de carga		%	-	-	-	5	
Permeabilidad al vapor de agua		g/(m.h.kPa)	de 0,75 x 10^{-2} a 2,25 x 10^{-2}				**IRAM 11601**
Absorción de agua por inmersión (porcentaje de volumen)	desp. de 7 días	% Vol.	0,5 - 1,5				**DIN 53434**
	desp. de 28 días	% Vol.	1,0 - 3,0				
EPS Gris (Neopor) Conductividad térmica máxima según ensayo realizado por INTI de acuerdo a la norma indicada		W/(m.K)	0,034	0,031	-	-	**IRAM 11559**

Equivalencias: 100 kPa = 0,1 N/mm² = 1kgf/cm² 1,16 W/(m.K) = 1 kcal/(h.m.ºC)

18. Ejemplo de cálculo de Riesgo de Condensación intersticial

Ejemplo de cálculo de riesgo de condensación Intersticial - NORMAS IRAM 11625 / 11630
Flujo de calor horizontal: Muro doble macizo con barrera de vapor y placa de EPS Coronel Suarez (BA), zona bioambiental IVc Templada Fría

Capa del elemento Constructivo [1]	Espesor [2]	λ [3]	R [4]	T [5]	Δ [6]	"δ" [7]	R_V [8]	HR [9]	P [10]	tr [11]	Δt [12]
	mm	W/(m.K)	m².K/W	°C	g/(m².h. kPa)	g/(m.h. kPa)	m².h. kPa/g		kPa	°C	°C
Tempertura Interior del Aire				**18,0**				**58%**	1,195		
Resistencia superficial interior Rsi			0,13	15,66					1,195	9,60	6,06
1 Revoque fino interior	5	0,700	0,01	15,53		0,050	0,10		1,194	9,59	5,95
2 Revoque grueso interior	20	0,930	0,02	15,15		0,044	0,45		1,189	9,53	5,62
3 Hoja interior de ladrillo macizo "común"	120	0,810	0,15	12,48		0,080	1,50		1,174	9,33	3,15
4 Azotado hidrófugo	5	1,130	0,00	12,40		0,022	0,23		1,172	9,30	3,10
5 Film de PE de 150 micrones	0,15			12,40	0,012		83,33		0,318	-7,73	20,13
6 Placa de Poliestireno Expandido EPS de 15 kg/m³	35	0,037	0,95	-4,61		0,023	1,56		0,302	-8,30	3,69
7 Hoja exterior de ladrillo macizo "visto"	120	0,910	0,13	-6,98		0,080	1,50		0,286	-8,90	1,92
Resistencia superficial exterior Rse			**0,04**								
Temperatura de Diseño Mínima TDMN para Coronel Suarez (Zona Bioclimática IVc)				**-7,7**				**90%**	**0,286**		
Resistencia térmica total			**1,43**	**25,7**	R_{VT} total al vapor		**88,67**		**0,909**		

NOTA: La descripción de los ítems y el procedimiento de cálculo están desarrollados en el capítulo referido al tema "cálculo de riesgo de condensación".

04 Cuarta Parte

Recomendaciones generales sobre diseño*

Se recomienda respetar los siguientes principios básicos de manera prioritaria:

a) tomar los recaudos necesarios para evitar condensación en la zona del litoral marítimo y fluvial teniendo en cuenta que tiene un alto tenor de humedad relativa;

b) respetar las orientaciones dadas en la figura al pie;

c) en la zona **IV** (dentro de las que aquí nos ocupamos: centro y sur de la provincia de Buenos Aires), la protección contra el viento es de suma importancia.

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[39].
Tanto en los aspectos de la orientación como en las necesidades de ventilación, por tratarse de una zona templada, las exigencias pueden ser menores.

• *NOTA IMPORTANTE

Las siguientes recomendaciones generales fueron extractadas en su mayoría de la IRAM 11603 de 2012. Esta son sólo son referidas a las zonas y subzonas de la provincia de Buenos Aires. Para el resto de las localidades se recomienda consultar la citada norma.

a) En las edificaciones orientadas al **oeste** es aconsejable prever protecciones solares adecuadas.

b) Se recomienda que las aberturas estén provistas de sistemas de protección a la radiación solar. Los colores claros exteriores son altamente recomendables.

• Subzona IIIb

Si bien las amplitudes térmicas durante todo el año son pequeñas, para el resto de las consideraciones valen las recomendaciones dadas en el punto anterior.

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. (Estas subzonas no están particularmente comprendidas dentro de este Manual pero se mencionan tan sólo como referencia).

• Subzona IVc

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

*39 Como ya fuera tratado en "Definiciones", en el punto "La importancia de la Inercia Térmica en la Construcción", es significativo considerar si el edificio o local será **de uso permanente o eventual**. Luego importará **la ubicación del aislante térmico** en el espesor de la envolvente edilicia que definirá **la masa térmica efectiva**, como la que se halla al interior del aislante, siendo la posición más favorable **la más próxima a la cara exterior**.*

• 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.

• Viviendas al sur del paralelo 38º
Es primordial un diseño urbanístico que posibilite simultáneamente un asoleamiento correcto de las viviendas y una adecuada protección del viento en los espacios comunes, zonas abiertas de recreación y circulaciones peatonales.

La rigurosidad del clima indica la conveniencia de agrupamientos que permitan minimizar las superficies expuestas al exterior.

• Viviendas al norte del paralelo 38º
Zona con altos valores de amplitud térmica durante gran parte del año. Se recomienda prever las medidas necesarias para conferir una mayor inercia térmica.

Evaluación de orientaciones por zonas bioambientales

Radiación solar

Para cada una de las zonas bioambientales se detallan las orientaciones térmicas óptimas, regulares y netamente desfavorables ***(ver figura)***.

Para las regiones cálidas, las orientaciones térmicamente favorables coinciden con las de mínimo asoleamiento, mientras que para las regiones templadas y frías, las orientaciones con asoleamiento son las deseables.

• Zona III: Templada Cálida
Para latitudes mayores que 30°, la orientación óptima es la NO, N, NE y E.
Para latitudes menores que 30°, la orientación óptima es la NO, N, NE y E.

Si bien toda la zona tiene una característica climática homogénea, esto no ocurre con el asoleamiento, pues las características del mismo dependen de la latitud.

• Zona IV: Templada Fría
Para latitudes mayores que 30° la orientación favorable es la NO, N, NE y E.
Para latitudes menores que 30° la orientación favorable es la NO, N, NE, E y SE

Asoleamiento en invierno

Necesidad de asoleamiento

El asoleamiento directo que penetra a través de ventanas en invierno proporciona beneficios psicohigiénicos, mejora la calidad de la iluminación natural y disminuye la demanda de energía convencional para calefacción.

Las recomendaciones mínimas de asoleamiento invernal de esta norma facilitan la verificación y aseguran niveles mínimos de aporte de energía solar, tomando en cuenta la variación de radiación directa según la altura del sol, la transmisión de la radiación a través de vidrios según el ángulo de incidencia y la relación entre el costo del proyecto y los beneficios del asoleamiento.

04 Cuarta Parte

Requisitos de verificación
En localidades ubicadas al norte de la latitud 47° Sur, se recomienda que en cada edificio a construir se contemplen los siguientes requisitos:

a) un mínimo de dos horas de sol directo en el solsticio de invierno (23 de junio) a través de las ventanas como mínimo la mitad de los locales habitables;

b) se acepta el período de asoleamiento sólo cuando la altura del sol es mayor que 10°;

c) no se considera el asoleamiento cuando el ángulo de incidencia es mayor que 67°30'. En la tabla siguiente se indican las orientaciones que permiten obtener el asoleamiento mínimo en zonas residenciales de media y baja densidad. En los casos en los cuales la altura angular de edificios u otros obstáculos es mayor que 20°, es recomendable verificar el asoleamiento utilizando métodos gráficos o simulaciones en escala.

En conjuntos de viviendas multifamiliares, se acepta hasta un 10% de las unidades sin asoleamiento, siempre y cuando el agrupamiento resultante logre beneficios bioambientales, tales como protección del viento en los espacios exteriores o formas compactas que disminuyan las pérdidas de calor.

En edificios que aprovechen la radiación solar a través de sistemas solares pasivos, es recomendable obtener como mínimo seis horas de asoleamiento para optimizar la captación de energía. En este caso se recomienda que los niveles de aislación térmica del edificio sean mayores que las exigencias de la IRAM 11604.

Orientaciones que permiten 2 horas de asoleamiento mínimo

Latitud Sur	Fecha de verificacipon	Orientaciones respecto del Norte	
		(con edificación)*	(sin edificación)*
33º a 38º	23 de junio	267º a 93º	270º a 90º
38º a 42º	23 de junio	270º a 90º	
"con edificación"	Con edificación u otros obstáculos típicos de zonas urbanas y suburbanas, con una altura angular menor de 20°. Cuando los obstáculos sean mayores que 20° se debe realizar la verificación con métodos específicos.		
"sin edificación"	Terrenos sin edificios, árboles u otros obstáculos que disminuyen el asoleamiento. Angulo máximo de obstáculos = 10°.		

Análisis comparativo considerando la Radiación solar y el Asoleamiento en invierno
En el cuadro de la figura al pie, se realiza un análisis gráfico comparativo por zona climática(de la provincia), teniendo en cuenta los aspectos térmicos (radiación solar) y psicohigiénico (mínimo asoleamiento).

La tercera columna del cuadro muestra las orientaciones que cumplen simultáneamente con las condiciones impuestas por los criterios térmicos y psicohigiénicos.

Recomendaciones sobre protecciones solares

Se aconseja para las zonas bioambientales **I** a **IV** y para las orientaciones **SO, O, NO, N, NE, E y SE** el uso de sistemas de protección solar, como por ejemplo parasoles horizontales y verticales, cortinas de enrollar de color claro.

Se recomienda el uso de los parasoles para cuyo cálculo se aconseja el empleo de los instrumentos gráficos o digitales idóneos (cartas solares o programas informáticos) para la determinación de las proporciones adecuadas al "*ocultamiento*" que se desea obtener.

Consideraciones generales sobre microclimas

Causas que pueden dar origen a microclimas y sus características

Siempre es conveniente realizar estudios locales sobre microclimas.

• Características climáticas de una ciudad

Las ciudades producen las llamadas islas de calor. En el período frío, la energía liberada por las instalaciones de acondicionamiento térmico, por el tránsito vehicular y por los sistemas de iluminación, contribuye al aumento de temperatura. Pueden registrarse incrementos de como máximo 3ºC con respecto a las zonas de baja densidad edilicia.

En el período caliente la presencia de edificios contribuye a aumentar considerablemente la superficie expuesta, y con ello, la radiación solar absorbida (inercia térmica edilicia), con el consiguiente aumento de temperatura. Si la circulación general del aire determina calma, el calentamiento diferencial es generador de zonas de baja y alta presión, provocando circulaciones internas. Si la circulación general produce vientos, el aumento de la fricción por la ciudad reduce su velocidad.

• Características climáticas de las costas marinas

Los fenómenos que se producen en la costa también se desarrollan en menor escala en presencia de lagos, lagunas y ríos. La ausencia de vientos (calma) permite el desarrollo de las circulaciones que a continuación se detallan.

Durante el día, la diferencia de capacidad calorífica entre la tierra y el agua motiva que la tierra aumente su temperatura con respecto al agua. Este calentamiento diferencial da como resultado un descenso de la presión sobre la tierra, lo que permite una circulación de aire desde el agua hacia la costa, llamada brisa de mar.

En las mismas condiciones, o sea calma, durante la noche se produce la situación inversa. El mayor enfriamiento ocurre para la tierra y esto produce un aumento de la presión, que da como resultado vientos que soplan desde la costa hacia el agua.

Cuando la circulación general implica vientos desde el mar hacia la costa, la mayor fricción sobre el suelo origina una convergencia del aire sobre la costa, favoreciendo los movimientos ascendentes que posibilitan la condensación y hacen sumamente probables las precipitaciones.

Estos vientos portadores de masas de aire muy húmedas, hacen sentir los efectos moderadores del agua con pequeñas amplitudes térmicas, temperaturas mínimas relativamente altas y temperaturas máximas relativamente bajas.

04 Cuarta Parte

• Modificación del clima por la orografía[40]

Cuando una masa de aire atraviesa un obstáculo orográfico, del lado de donde sopla el viento (barlovento[41]) el aire se ve obligado a ascender y, por consiguiente, a condensar su humedad; por lo tanto, son frecuentes las lluvias.
Al ascender el aire va perdiendo su vapor de agua que condensa en forma de gotas. Por esto, al superar la cima de obstáculos (región de sotavento) lo hace como aire seco que se calienta adiabáticamente a razón de 1ºC por cada 100 m de descenso.

• Clima de barlovento[42]

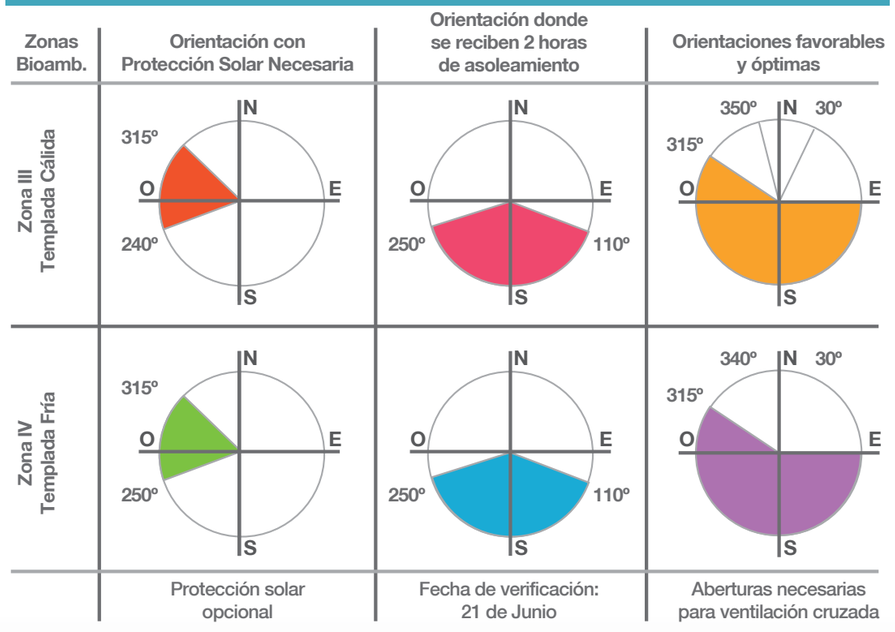
Sus características dominantes son: aire húmedo, gran nubosidad, abundantes precipitaciones, escasa radiación y pequeñas amplitudes térmicas.

Evaluación de los microclimas

Clima templado

En las zonas III y IV (templadas), es importante una ubicación que aproveche favorablemente las manifestaciones microclimáticas durante todo el año.

Análisis comparativo de orientaciones por zonas bioambientales



40 Creemos conveniente mencionar que desde el punto de vista de la geografía física, en la provincia de Buenos Aires, predomina la llanura pampeana con una inclinación suave hacia el Mar Argentino. Esta planicie está interrumpida por dos pequeños sistemas serranos, el de Tandilia de unos 500 msnm (metros sobre el nivel del mar) y el de Ventania de unos 1.100 msnm, siendo su punto más alto el Cerro Tres Picos con unos 1.239 msnm.
41 Según el DRAE, barlovento significa "Parte de donde viene el viento, con respecto a un punto o lugar determinado" y sotavento, hacia donde se dirige. Barlovento es el lado de un accidente orográfico expuesto a los vientos dominantes y, en general, el lado más húmedo. El lado de sotavento es el protegido del viento y generalmente, el más seco.
En la llanura pampeana suele decirse barlovento a un viento fuerte del Este o Sudoeste, en tanto que en Chile, por ejemplo, el viento fuerte y húmedo es del Oeste.
42 Por las razones antes expuestas en la provincia de Buenos Aires tiene poca significación el "clima de barlovento".

04 Cuarta Parte

Recomendaciones de carácter general para reducir los riesgos de condensación de humedad superficial e intersticial

En lugares donde se produzcan habitualmente condensaciones superficiales transitorias, tales como vidrios o paredes opacas de cocinas y baños, por superarse allí comúnmente las condiciones higrotérmicas establecidas las normas correspondientes, deben utilizarse materiales que sean resistentes a posibles deterioros por efectos del agua.

Se recomienda que el valor máximo de transmitancia térmica **K** en baños y cocinas sea igual o menor que el indicado en la norma **IRAM11605, Nivel B**, para controlar el fenómeno de condensación superficial, si simultáneamente se dispone de una ventilación adecuada.

En viviendas, el riesgo de condensaciones aumenta considerablemente cuando el volumen sea reducido, el grado de ventilación sea bajo o la producción de vapor de agua supere los niveles corrientes. En estos casos es conveniente, a los efectos de realizar las verificaciones que establece esta norma, **aumentar el valor de la humedad relativa interior de diseño.**

Se indican a continuación, una serie de pautas de diseño que deberán ser tenidas en cuenta para disminuir el riesgo de condensación en viviendas.

a) Favorecer la ventilación cruzada interior (teniendo en cuenta las pérdidas de calor que esto ocasiona).

b) No instalar calefactores de gas sin tiraje exterior y, en lo posible, que sean de tiro balanceado.

c) Favorecer la extracción de aire en baños y cocinas por medios naturales o mecánicos.

Barreras y frenos de vapor

Las barreras o frenos de vapor pueden ser necesarios para controlar los riesgos de condensación intersticial. Su función consiste en reducir la presión parcial de vapor dentro de la pared o techo, en las partes en las que comienza a disminuir la temperatura.

La efectividad de una barrera de vapor se reduce e incluso puede volverse perjudicial por una incorrecta ubicación o por defectos en su colocación.

Es importante la realización de las juntas: se deben superponer (solapar) las películas o mejor aún, cuando fuera posible, soldarlas o adherirlas.

Las grietas o perforaciones reducen asimismo la efectividad de la barrera de vapor.
Se recomienda tener en cuenta ese riesgo y, de ser posible deberán entonces preverse los medios que permitan la salida del vapor que atraviesa dicha barrera.

La barrera de vapor se coloca en la cara caliente de la pared o en el lado caliente del aislante. De esta manera frena el vapor de agua en el lugar más adecuado e imposibilita que atraviese capas frías, evitando la condensación intersticial.

Al encontrarse con la barrera “*caliente*” el vapor no puede condensarse en ella. Situada en un lugar inadecuado, la barrera de vapor imposibilita por un lado la difusión de vapor, e impide la evaporación de la humedad del o los materiales componentes del elemento (muro o techo), facilitando la condensación del vapor sobre sus caras.

Anexo Normativo

- **Ley 13059 y Decreto Reglamentario 1030/10 (Completos)** 160
- **Ordenanza 8757/11 de la Municip. de Rosario SF y DR 0985/13** 165
  (Resumen)
- **Ordenanza 8757/11. Municip. de Rosario, Santa Fe** 165
  Aspectos higrotérmicos y demanda energética de las contrucciones Ley 4458. Normas de Acondicionamiento Térmico en Edificios. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Boletín Oficial 4142 - 30/04/2013.
- **Ley 4458** 168

Anexo Normativo

LEY 13059/2003 y DECRETO 1030/2010

El Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires sanciona con fuerza de Ley 13059

• **Art. 1:** La finalidad de la presente Ley es establecer las condiciones de acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de los edificios, para contribuir a una mejor calidad de vida de la población y a la disminución del impacto ambiental a través del uso racional de la energía.

• **Art. 2:** Todas las construcciones públicas y privadas destinadas al uso humano viviendas, escuelas, industrias, hospitales, entre otras) que se construyan en el territorio de la Provincia de Buenos Aires deberán garantizar un correcto aislamiento térmico, acorde a las diversas variables climatológicas, a las características de los materiales a utilizar, a la orientación geográfica de la construcción u otras condiciones que se determinen por vía reglamentaria.

• **Art. 3:** A los efectos indicados en la presente Ley serán de aplicación obligatoria las normas técnicas del Instituto de Racionalización de Materiales (IRAM) referidas a acondicionamiento térmico de edificios y ventanas, en su edición más reciente.

• **Art. 4:** Las Municipalidades serán Autoridad de Aplicación de la presente Ley, debiendo ejercer cada una, el poder de policía en su respectivo territorio. El Poder Ejecutivo Provincial determinará el área de contralor de las obras públicas provinciales.

• **Art. 5:** En todos los casos, la Autoridad de Aplicación deberá exigir previo a la expedición del permiso de inicio de la obra, la presentación de la documentación técnica respectiva, acorde con las normas IRAM, que como mínimo contenga:
cálculo justificado de los valores de transmitancía térmica y lista de los materiales que demande la envolvente de la vivienda, con la indicación de los valores de conductividad térmica y espesor. Los organismos competentes deberán exigir al momento de la aprobación de la documentación técnica de la obra todos los elementos que acrediten el cumplimiento de la presente.

• **Art. 6:** El incumplimiento de la presente, facultará al Municipio a no extender el certificado de final de obra, así como la aplicación de otras sanciones (que correspondan) al titular del proyecto. Los profesionales que suscriban los proyectos de obra serán responsables de dar cumplimiento a la presente, pudiendo ser sancionados por el incumplimiento con apercibimiento, multa o inhabilitación por parte de la autoridad de aplicación, quien asimismo deberá comunicarlo al colegio profesional respectivo para la aplicación de las medidas disciplinarias que en su caso pudieren corresponder.

• **Art. 7:** Comuníquese al Poder Ejecutivo.
Dada en la Sala de Sesiones de la Honorable Legislatura de la Provincia de Buenos Aires, en la ciudad de La Plata, a los nueve días del mes de abril de dos mil tres.

Anexo Normativo

Departamento de infraestructura. Decreto 1030

VISTO el expediente N° 2416-13646/04 por el que tramita la reglamentación de la Ley N° 13059, y CONSIDERANDO:
Que por artículo 1° del Decreto N° 140/07 del Poder Ejecutivo Nacional, la Señora Presidenta de la Nación ha declarado de interés y prioridad nacional el uso racional y eficiente de la energía;
Que por Ley Nacional N° 24.295, la República Argentina, aprobó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y por la Ley N° 25.438, en el año 2001, aprobó el Protocolo de Kyoto (PK) de esa convención;
Que el Protocolo de Kyoto afirma la necesidad de los países firmantes de asegurar el fomento de la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional;
Que en el mismo sentido se ha pronunciado el Parlamento europeo (Directiva 2002/91/CE) con relación a la eficiencia energética de los edificios, lo que con posterioridad ha sido receptado por los Códigos Técnicos de diversas ciudades y países de la Unión Europea;
Que dichos Códigos, entre los que puede citarse el de España (Real Decreto 314/2006 por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, texto refundido con modificaciones del RD 1371/2007, de 19 de octubre, y corrección de errores del BOE de 25 de enero de 2008) determinan que los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética para alcanzar el bienestar térmico;
Que en la Provincia de Buenos Aires y con fecha 9 de abril de 2003, el Senado y Cámara de Diputados, han sancionado con fuerza de Ley N° 13.059 cuya finalidad es establecer las condiciones de acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de los edificios, para contribuir a una mejor calidad de vida de la población y a la disminución del impacto ambiental a través del uso racional de la energía;
Que sin perjuicio de su vigencia y carácter operativo, se entiende como beneficioso y razonable, reglamentar su ejercicio, bajo la competencia que surge de la Constitución Provincial;
Que por artículo 3° de la mencionada Ley se ha establecido que a nivel técnico se deberán utilizar en forma obligatoria las normas técnicas del Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM), quien desde fines de la década del 70 y a través del Sub-comité de acondicionamiento térmico ha creado, revisado y modificado las reglas con alto nivel y verdadero valor científico;
Que a fin de elevar la calidad de vida de la población y obtener una economía de energía para su acondicionamiento, la construcción de edificios debe garantizar condiciones de habitabilidad higrotérmica, de higiene y de salubridad, que permitan obtener una reducción de costos en los consumos de energía de calefacción y refrigeración y mejoras en la salud de sus habitantes y en la preservación del patrimonio edilicio y sus bienes;
Que de conformidad con lo dictaminado por Asesoría General de Gobierno, lo informado por Contaduría General de la Provincia y la vista del Fiscal de Estado, procede el dictado del pertinente acto administrativo;
Que la presente medida se dicta en uso de las atribuciones conferidas por el Artículo 144, inciso 2, de la Constitución de la Provincia de Buenos Aires;
Por ello,
EL Goberbador de la Provincia de Buenos Aires,
Decreta

• **ARTÍCULO 1°.** Aprobar la reglamentación de la Ley N° 13059 sobre “Condiciones de Acondicionamientos Térmico exigibles en la construcción de edificios”, que como Anexo Único que consta de ocho (8) fojas, forma parte integrante del presente.

• **ARTÍCULO 2°.** El presente Decreto será refrendado por la señora Ministra Secretaria en el Departamento de Infraestructura.
Registrar, notificar al Fiscal de Estado, comunicar, publicar, dar al Boletín Oficial y al SINBA, pasar al Ministerio de Infraestructura. Cumplido archivar.

Cristina Álvarez Rodríguez
Ministra de Infraestructura

Daniel Osvaldo Scioli
Gobernador

Anexo Normativo

Anexo único

Reglamento de aplicación de la Ley Nº 13059

• **ARTÍCULO 1°:** Sin reglamentar.

• **ARTÍCULO 2°:** Se entiende por construcción, el conjunto de actividades para la realización física de una obra nueva o intervención sobre una existente, en su totalidad o parcialmente ya sea in-situ o mediante la fabricación de partes para su posterior montaje.

• **ARTÍCULO 3°:** La normativa técnica vigente a cumplimentar, emanada del Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM) es la que surge del Anexo I que forma parte integrante del presente. Las normas técnicas futuras que de cualquier forma revisen, modifiquen, corrijan o innoven sobre acondicionamiento térmico de edificios y ventanas, serán de aplicación obligatoria y automática a partir de los 90 días de su publicación y sólo para los proyectos a aprobarse por la Autoridad de Aplicación.

• **ARTÍCULO 4°:** Determinar que el Ministerio de Infraestructura se constituirá en el área de contralor de la Ley N° 13.059 de las obras públicas provinciales. En tal carácter podrá dictar las normas aclaratorias y complementarias que fueran necesarias para la correcta implementación de la misma.

• **ARTÍCULO 5°:** Sin reglamentar.

• **ARTÍCULO 6°:** Sin reglamentar.

Anexo I

Normativas, alcances y disposiciones de diseño en edificios de habitación humana

• 1.- Normativas

La Normativa vigente a cumplimentar es la siguiente:

1.1 Normas IRAM Nº 11549. Aislamiento térmico de edificios. Vocabulario.
1.2 Normas IRAM Nº 11601. Aislamiento térmico de edificios. Propiedades térmicas de los materiales para la construcción. Método de cálculo de la resistencia térmica total.
1.3 Norma IRAM Nº 11603. Aislamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
1.4 Normas IRAM Nº 11604. Aislamiento térmico de edificios. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico “G” de pérdidas de calor.
1.5 Normas IRAM Nº 11605. Aislamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en viviendas. Valores máximos admisibles de Transmitancia Térmica “K” (como máximo los valores correspondientes a Nivel B).
1.6 Normas IRAM Nº 11625. Aislamiento térmico de edificios. Verificación del riesgo de condensación del vapor de agua superficial e intersticial en paños centrales.
1.7 Normas IRAM Nº 11630. Aislamiento térmico de edificios. Verificación riesgo de condensación intersticial y superficial en puntos singulares.
1.8 Normas IRAMN° 11507-1. Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Requisitos básicos y clasificación.
1.9 Normas IRAM N° 11507-4. Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Requisitos complementarios. Aislación térmica.

• 2.- Disposiciones de diseño

2.1 La Transmitancia Térmica “K” [W/(m^2.K)] es la inversa de la Resistencia Térmica “R” (m^2.K/W), su cálculo se realiza utilizando el método y los valores normalizados de Resistencias Térmicas y Conductividades Térmicas “λ” (W/m.K), indicados en la Norma IRAM 11601 y empleando la guía para la aplicación de la misma.
2.2 Se deberá confeccionar una planilla de cálculo para verificar el Coeficiente de Trasmitancia Térmica “K” para cada componente de la envolvente, (IRAM 11601 tabla C.1), tanto para condición de verano como de invierno.
En esta planilla se deberá especificar cada una de las capas que conforman el cerramiento, definiéndose claramente las características de cada elemento, especificándose su espesor, su conductividad térmica y/o su resistencia térmica.

Anexo Normativo

Los valores de las conductividades térmicas de cada material se obtendrán según Norma IRAM 11601. Los materiales que no estén incluidos dentro de la lista enunciada en la Norma 11601, deberán ser ensayados en organismos certificados y de acuerdo a las Normas IRAM de métodos de ensayo: la 11559 (“Determinación de la resistencia térmica y propieda-des conexas en régimen estacionario. Método de la placa caliente con guarda.”) y la 1860 (“Método de ensayo de las propiedades de transmisión térmica en régimen estacionario, mediante el aparato de medición del flujo de calor”).
2.3 La Transmitancia Térmica de aire a aire de los techos, muros y pisos, deberá ser igual o menor a la Transmitancia Térmica Máxima Admisible “$K_{MAX\ ADM}$” correspondiente al Nivel B de la Norma IRAM 11605.

Esta condición deberá verificarse tanto para las condiciones de invierno como para las condiciones de verano.
2.3.1 Condición de Invierno: los valores de “$K_{MAX\ ADM}$” para condición de invierno son los indicados en la Tabla 1, para el Nivel B, en función de la temperatura exterior de diseño mínima “TDMN” de la localidad en la que se encuentra emplazado el edificio.
Esta temperatura se halla establecida en la norma IRAM 11603, Tabla 2 - Datos Climáticos de Invierno -. En caso de no encontrarse en ésta la localidad donde se ubica el edificio, se adoptarán los TDMN de la localidad más cercana, teniendo en cuenta además lo indicado en el anexo A.2 de la citada norma.
2.3.2 Condición de Verano: los valores de “$K_{MAX\ ADM}$” para condición de verano para muros se indican en la Tabla 2 - MUROS - para la Zona Bioambiental III y IV, como máximo los correspondientes al Nivel B. y para techos el indicado en la Tabla 3 - TECHOS - para la Zona Bioambiental III y IV, también como máximo los correspondientes al Nivel B. Los valores de las tablas aplicados deberán ser ajustados según lo indica la norma teniendo en cuenta los colores de las superficies y su absorción de la radiación solar.
2.4 A fin de evitar los Riesgos de Condensación se verificará según las Normas IRAM 11625 y 11630 que, tanto las temperaturas superficiales como las intersticiales en los muros, techos y pisos no sean igual o inferiores en ningún caso a las correspondientes Temperaturas de Rocío, tanto en la superficie como en todo el espesor del paramento, sea éste homogéneo o heterogéneo.
Sobre los métodos de cálculo y datos a utilizar en la verificación del riesgo de condensación tanto intersticial como superficial, se establece:

a) Para la temperatura superficial y el gradiente de temperaturas interiores se adoptará la Temperatura Exterior de Diseño Mínima “TDMN” correspondiente a la localidad donde se emplace el edificio, Tabla 2, Datos Climáticos de Invierno, IRAM 11603.
b) Para la verificación del riesgo de condensación superficial en paños centrales, se tomará el valor de Resistencia Térmica Superficial Interior (Rsi) de la Norma IRAM 11625. El valor de la Resistencia Térmica Superficial Exterior (Rse) se tomará de la Norma IRAM 11601, Tabla 2. Para la verificación del riesgo de condensación intersticial en paños centrales, se tomarán los valores de las Resistencias Térmicas Superficial Interior (Rsi) y exterior (Rse) de la Norma IRAM 11601, Tabla 2.
A los fines de aplicación de la presente solamente se verificarán los puntos singulares correspondientes a las aristas verticales y superiores de locales, establecidos en la Norma IRAM 11630.
c) Los valores de Conductividades Térmicas se obtendrán de la Tabla A1 del Anexo A de la Norma IRAM 11601 o de los ensayos mencionados en el ítem 2.2 según corresponda.
d) Los valores de Permeabilidad y Permeancia al vapor de agua a considerar en los cálculos serán los establecidos en la Tabla A.6 del Anexo A de la Norma IRAM 11601. Los materiales que no estén incluidos dentro de la lista enunciada en la Norma correspondiente deberán ser ensayados según la Norma IRAM 1735 en organismos acreditados con certificación oficial.
e) El método de verificación del riesgo de condensación superficial e intersticial de paños centrales y puntos singulares, se encuentra establecido en las Normas IRAM 11625 y 11630, respectivamente.
f) Los valores de las Temperaturas de Rocío se obtienen a partir de la Temperatura Superficial Interna (Tsi) y la Temperatura Intersticial de las distintas capas, con una humedad relativa exterior del 90%, (Norma IRAM 11625), con Temperatura Interior de Diseño, según tipo de edificio, (Norma IRAM 11625) y del diagrama psicrométrico, Norma IRAM 11625.
Deberá confeccionarse para cada componente de la envolvente la Planilla de Cálculo de las normas IRAM 11625 y 11630. En estas planillas se deberá especificar claramente cada capa del cerramiento constructivo, definiendo el material en cada caso.
De utilizarse un procedimiento informatizado en la verificación del riesgo de condensación deberá adecuarse en un todo a lo establecido en las Normas involucradas.

2.5 Para minimizar la ocurrencia de los puentes térmicos, los materiales aislantes térmicos de masa o soluciones constructivas especificadas en el proyecto, sólo podrán estar interrumpidas por elementos estructurales y/o tuberías. Los materiales aislantes térmicos de masa o soluciones constructivas especificadas en el proyecto, deberán cubrir el máximo de la superficie de la parte del muro, techo y piso, conformando un elemento continuo por todo el contorno de la envolvente expuesta al aire exterior.

En todos los casos, la transmitancia térmica correspondiente a un puente térmico, no puede ser mayor que una vez y medio el valor de la transmitancia térmica del cerramiento opaco, establecido en Norma IRAM 11605.
En las normas IRAM 11625 y 11630 se dan soluciones que se deben adoptar para evitar los puentes térmicos frecuentes.

2.6 A fin de propender al ahorro de energía en calefacción en las edificaciones y facilitar el planeamiento y gestión energética ambiental del hábitat bonaerense se cumplimentará lo establecido en la Norma IRAM 11604. Se hace extensivo su cumplimiento a cualquier edificación de uso humano. Esta norma establece:

a) el método de cálculo del coeficiente volumétrico de pérdida de calor Gcal;
b) fija los parámetros de ahorro de energía para calefaccionar edificios a través de valores máximos admisibles Gadm;
c) los niveles de aislamiento de pisos en contacto con el terreno - Tabla 2;
d) el número de renovaciones de aire requerido para el cálculo y el procedimiento cuando se cuente con valores de infiltración o permeabilidad al aire de carpinterías con certificado de eficiencia o etiquetado.
e) el procedimiento para la obtención de la carga térmica de calefacción anual;
f) recomendaciones para el aislamiento de cañerías de agua caliente y calefacción y;
g) recomendaciones para viviendas.

Los valores de cerramientos opacos y vidriados deberán corresponderse con los valores de K obtenidos previamente. Las dimensiones de cada componente de cerramiento deberán corresponderse con la documentación técnica gráfica y escrita presentada.

2.7 A los efectos de cumplir con el ítem referido a ventanas, establecido en el artículo 3° de la Ley Nº 13059, las mismas deberán contar como mínimo, con certificación de las propiedades establecidas a continuación, otorgada por laboratorios reconocidos.

2.7.1 Infiltración de aire según el capítulo 4.6 de la norma IRAM N° 11507-1, cumpliendo como mínimo con la Clasificación IRAM A1 para las carpinterías colocadas en edificios de hasta 10 m de altura sobre el nivel del terreno (medidos hasta el dintel de ventana) y con la Clasificación IRAM A2 para las carpinterías colocadas por encima de ese nivel.

2.7.2 Aislación térmica según la tabla 1 de la norma IRAM N° 11507-4, cumpliendo con la Categoría de aislación K5 en edificios de hasta 10 m de altura sobre el nivel del terreno (medidos hasta el dintel de ventana) y K4 para las carpinterías colocadas por encima de ese nivel.

• 3.- Documentación técnica

Se deberá anexar a lo requerido por las disposiciones de cada organismo de aplicación y ser presentadas con la firma del propietario y el profesional responsable del diseño, con el fin de obtener el permiso de inicio de obra, la siguiente documentación:

a) Planilla de cálculo de la Resistencia Térmica “R” y Transmitancia Térmica “K” para cada componente de la envolvente, para condición de invierno y verano. - verificación de la Transmitancia Térmica Máxima Admisible igual o menor a las establecidas para los Niveles A o B de IRAM 11605.
b) Verificación de las Condiciones Higrotérmicas de los paños centrales, Riesgo de Condensación Superficial y Riesgo de Condensación Intersticial según IRAM 11625.
c) Verificación de las Condiciones Higrotérmicas de puntos singulares, Riesgo de Condensación Superficial y Riesgo de Condensación Intersticial según IRAM 11630.
Planilla de verificación del coeficiente “G” y carga térmica admisible según Norma IRAM 11604.

• 4.- Funciones de la autoridad de aplicación

4.1 La autoridad de aplicación deberá verificar el total cumplimiento de las exigencias normativas y de la documentación técnica requerida en el presente, para la iniciación de la construcción y a los efectos de autorizar oportunamente, el correspondiente Certificado de Final de Obra.

4.2 A fin de auspiciar la correcta aplicación de la normativa exigida en el presente, se designará desde el ámbito público una Comisión Técnica encargada de coordinar el asesoramiento y capacitación a los cuerpos técnicos de cada organismo de aplicación. Dicha comisión tendrá asiento en el Área Evaluadora de Materiales del Instituto de la Vivienda de la Provincia de Buenos Aires, la que será nombrada por el Señor Administrador del Instituto de la Vivienda de la Provincia de Buenos Aires.

Anexo Normativo

Ordenanza 8757/11 Municipalidad de Rosario, Santa Fe

Aspectos higrométricos y demanda energética de las contrucciones

Establece la obligación de optimizar las envolventes del edificio con el fin de reducir el consumo de energía para acondicionamiento térmico tanto en calefacción como en refrigeración.

2011.- Se aprueba la Ordenanza Nº 8757 y se conforma la Comisión Especial para la elaboración del Decreto Reglamentario.
2013.- Se establecen las pautas para hacer operativa la aplicación de la Ordenanza y a tal fin se determina:

a) Actualizar los valores y datos incluidos en el Anexo I en virtud de la revisión de las Normas IRAM.
b) Establecer criterios de gradualidad de aplicación, consensuada entre los colegios profesionales, las universidades, las cámaras de la construcción y los técnicos municipales.

Fecha de entrada en vigencia: 1° de julio de 2013.

Criterios de gradualidad de su aplicación

Se proponen dos criterios de gradualidad paralelos que se reglamentan en el Anexo del presente decreto consistente en:

1) La aplicación de exigencias respecto de las características de la envolvente de los edificios (parámetros higrotérmicos y de demanda energética).
2) El tamaño y escala de los edificios. Se incorporan año a año edificios de superficies cubiertas decrecientes (4000 m^2 en el primer año; ≥3000 m^2 en el segundo…hasta ≥500 m^2 en el quinto año).

Ámbito de aplicación

A excepción de los edificios de valor patrimonial, la ordenanza es aplicable a nueva construcción de edificios públicos y privados y a modificaciones, reformas y rehabilitaciones con los siguientes usos: Vivienda unifamiliar, Multivivienda, Oficinas, Estudios, Salones Comerciales, Clínicas, Sanatorios, Hospitales, Supermercados, Auditorios, Casas Velatorias, Casinos, Centros comerciales, Cines, Confiterías bailables, Hoteles y Teatros, con una superficie cubierta computable superiora 4000 m^2 durante el primer año (2013) y con superficies decrecientes a partir del segundo año.

Exclusión del ámbito de aplicación

- Edificaciones que por sus características de utilización deben permanecer abiertas.
- Monumentos y edificios catalogados oficialmente por su valor histórico o arquitectónico.
- Edificios utilizados como lugares de culto y actividades religiosas.
- Construcciones provisorias con un plazo previsto de utilización igual o menor a dos años.
- Instalaciones industriales, talleres, edificios agrícolas no residenciales, depósitos, galpones y cocheras.

Gradualidad de parámetros higrotérmicos

En la primera etapa se establecen exigencias según parámetros higrotérmicos de la envolvente: aislamiento térmico y riesgo de condensación, estableciéndose valores máximos de transmitancia térmica $K_{(KMAX\ ADM)}$ para paredes, techos y cerramientos semitransparentes y además, para estos últimos, valores de factor de exposición solar FES según las orientaciones.

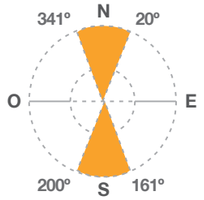
Gradualidad de parámetros higrotérmicos

Tipo de cerramiento	$K_{MAX\ ADM}$ [W/(m²K)]
Techos	0.38[43]
Paredes exteriores	0.74
Cerramientos semitransparentes (superficies vidriadas)	2.80
Superficies vidriadas verticales superiores al 60% de la fachada y superficie vidriada de techo cualquiera sea su superficie relativa y posición	1.80

Dados los valores máximos de Transmitancia Térmica exigidos para techos y paredes, no será necesaria la verificación del riesgo de condensación superficial.

Las condensaciones intersticiales en los cerramientos no serán admitidas. A los fines de evitar las mismas, se exigirá la existencia de barrera de vapor, cuando fuera necesario por las características del material, debiendo verificarse su materialización y ubicación relativa en el detalle constructivo a presentar.

Tabla de orientaciones



Norte: 341° a 20°
Este: 21° a 160°
Oeste: 201° a 340°
Sur: 161° a 200°

Orientaciones	FES máximo
Cuadrante Norte (NNE - NNO) 341° a 20°	0.45
Cuadrantes Este y Oeste. 21° a 160° y 201° a 340°	0.30
Cuadrante Sur (SSE - SSO) 161° a 200°	0.90
Lucernarios y planos inclinados con ángulo inferior a 60°	0.25

En una segunda etapa se aplicarán la totalidad de los parámetros que hacen a la demanda energética para el acondicionamiento térmico de los edificios.

43 El valor de la Transmitancia máxima admisible de verano para la zonas bioclimáticas III y IV es $K_{MAX\ ADM}$ = 0,48 W/(m².K). No obstante, este valor es aplicable a superficies con coeficientes de absorción de la radiación solar α de 0,7 ± 0,1 (es decir para superficies de colores intermedios). Para coeficientes menores α < 0,6 (superficies claras) se deberá incrementar un 30% resultando el $K_{MAX\ ADM}$ = 0,62 W/(m²K); en tanto que para cubiertas cuyo coeficiente de absorción de la radiación solar sea mayor α > 0,8 (superficies oscuras), dicho valor se deberá disminuir un 20% resultando un **$K_{MAX\ ADM}$ = 0,38 W/(m²K), más exigente, pero que por seguridad, exige la Ordenanza 8757.**

Anexo Normativo

Gradualidad de aplicación según tamaño

2013 Edificios de superficie cubierta superior a **4000 m²**
2014 Edificios de superficie cubierta superior a **3000 m²**
2015 Edificios de superficie cubierta superior a **2000 m²**
2016 Edificios de superficie cubierta superior a **1000 m²**
2017 Edificios de superficie cubierta superior a **500 m²**
2018 **Se extiende la aplicación a la totalidad de los edificios.**

Datos climáticos de Rosario SF[44]

Datos climáticos de Invierno																
Estación	Prov.	Latitud	Longitud	ASNM	TMED	TMAX	TMIN	TMA	TDMN	PREC	HR	Hel.Rel.	VM	GD18	GD20	GD22
Rosario (Aero)	SF	-32,92	-60,78	25	12,2	17,9	6,5	-7,8	**-4,0**	147	80	5,4	13	970	1365	1840

Datos climáticos de Verano													
Estación	Prov.	Latitud	Longitud	ASNM	TMED	TMAX	TMIN	TMA	TDMX	PREC	HR	Hel.Rel.	VM
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

Zona III: templada cálida

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. Presenta valores medios de temperatura comprendidos entre 8°C y 12°C, y valores mínimos rara vez son inferiores a 0°C.

Las presiones parciales de vapor de agua son bajas durante todo el año, con valores máximos que en verano que no superan, en promedio, los 1870 Pa (14 mm Hg).

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.

44 Clima similar a la de buena parte de la región central del país, por lo que los ejemplos presentados en este manual resultan también aplicables con mínimas interpolaciones por la semejanza de la condiciones bioclimáticas

Anexo Normativo

Ley 4458

Normas de acondicionamiento térmico en la construcción de edificios

Ciudad Autónoma de Buenos Aires Boletín Oficial 4142 - 30/04/2013

Esta Ley, inspirada en la **13059** de la Provincia de Buenos Aires y en la Ordenanza **8757** de la Municipalidad de Rosario SF, incorpora en el Código de Edificación de la CABA artículos sobre el acondicionamiento higrotérmico de edificios, tornando obligatorias, total o parcialmente, diversas normas IRAM sobre el tema.

Ámbito de aplicación

Construcciones nuevas de más de 1500m², correspondientes a edificios públicos o privados.
Se excluyen:

- Edificaciones que por sus características de utilización deban permanecer abiertas.
- Construcciones provisionales.
- Edificios industriales, salvo sus sectores administrativos.
- Depósitos que no requieran climatización.

Serán de aplicación obligatoria, las normas IRAM que se mencionan a continuación y, de destacar, las normas técnicas IRAM futuras que revisen, corrijan o innoven sobre acondicionamiento térmico en construcciones, las que deberán ser actualizadas por vía reglamentaria:

- **IRAM 11601.** Aislamiento térmico de edificios. Propiedades térmicas de los materiales para la construcción. Método de cálculo de la resistencia total.
- **IRAM 11603.** Aislamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- **IRAM 11604.** Aislamiento térmico de edificios. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico **G** de pérdidas de calor.
- **IRAM 11605.** Aislamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en viviendas. Valores máximos admisibles de transmitancia térmica (Niveles **A** y **B**).
- **IRAM 11625.** Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación del riesgo de condensación del vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.
- **IRAM N° 11630.** Aislamiento térmico de edifícios. Verificación del riesgo de condensación intersticial y superficial en puntos singulares y Normas concurrentes.
- **IRAM 11507-1.** Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Requisitos básicos y clasificación.
- **IRAM 11507-4.** Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Requisitos complementarios. Aislamiento térmico.
- **IRAM 11549.** Acondicionamiento térmico de edificios. Vocabulario.
- **IRAM 11659-1.** Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 1: vocabulario, definiciones, tablas y datos para determinar la carga térmica de verano.
- **IRAM 11659-2.** Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: edificios para vivienda.
- **IRAM 11900.** Cabe destacarse, la incorporación de la norma de "*Etiquetado de Eficiencia Energética de Calefacción para Edificios*".

Aspectos destacados de la Ley

• Caracterización y cuantificación de las exigencias

Aislación Térmica - Condiciones Higrotérmicas
Se establecen dos niveles de verificación, dependiendo del Consumo Energético Global **(CEG)**:

NIVEL **A** - Construcciones con alto consumo energético global.
NIVEL **B** - Construcciones con bajo consumo energético global.

Anexo Normativo

NIVEL A
Los muros y cubiertas, deberán cumplir con los valores de Transmitancía térmica máxima admisible del Nivel A de IRAM 11605.

Transmitancia térmica máxima de cubierta (verano) KMmáx de 0,19 W/(m².K).

Los pisos no podrán supera un KMmáx de 0,32 W/(m².K).

La Transmitancia térmica máxima en huecos y cerramientos no opacos dependerán de su orientación y del porcentaje de la envolvente que tengan, siendo el menos exigente, de 4,0 W/(m².K), correspondiente a 0 a 20% de hueco en las orientaciones N; NE/NO y S) (lo que implica al menos un DVH incoloro). Resultando las de mayor exigencia, 1,6 W/(m².K) el de las orientaciones E/O) con un porcentaje de hueco >>60%.

El Factor de Exposición solar máxima en huecos será, en lucernarios FesHmáx=0,25 y dependiendo en los huecos verticales (al igual que en los elementos verticales opacos), de su orientación y del porcentaje que ocupen de la envolvente opaca, no presentando exigencia para huecos de 0 a 20% en todas las orientaciones y resultando el valor más exigente, el correspondiente a un porcentaje de hueco >>60% en las orientaciones NE/NO y E/O, con un FesHmáx=0,25.

Los valores límites, corresponden a elementos de cerramientos cuya superficie exterior presenta una coeficiente de absorción solar α de 0,7 ± 0,1.
Para valores menores a 0,6; los valores indicados pueden incrementarse en un 30%.
Para valores mayores a 0,8; los valores indicados deben reducirse en un 20%.
Cuando se consideren protecciones en ventanas (ejemplo: aleros, parasoles, cortinas), los factores de exposición solar podrán ser modificados por coeficientes de reducción de acuerdo con las características de la protección.

Condensaciones

Las condensaciones superficiales en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio, se limitarán de forma que se evite la formación de mohos en su superficie interior. Para ello, en aquellas superficies interiores de los cerramientos que puedan absorber agua o susceptibles de degradarse y especialmente en los puentes térmicos de los mismos, la humedad relativa media mensual en dicha superficie sería inferior al 65%.

Las condensaciones intersticiales que se produzcan en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. Además, la máxima condensación acumulada en cada período anual no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo período.

Por último, para culminar esta breve síntesis de la Ley 4458 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires cabe mencionar que la misma exige el cumplimiento de la Norma **IRAM 11900** "Etiquetado de Eficiencia Energética de Calefacción para Edificios", un aspecto no contemplado por la ley y ordenanza precedentes.

Permeabilidad del aire

La permeabilidad de las carpinterías de los huecos y lucernarios de los cerramientos que limitan los espacios habitables de los edificios con el ambiente exterior se limita a los siguientes valores máximos:
Nivel **A**: A2 (Mejorado: 3 m³/(h.m)[45]
Nivel **B**: A1 (Medio: 5 m³/(h.m)

En ambos niveles de control la tasa de renovación de aire no podrá ser inferior a 1,0 renov / h; a los efectos de preservar la calidad del aire interior.
En los casos de edificios con elevada carga térmica se requerirán controles y sistemas de ventilación especiales.

45 Caudal de aire por metro lineal de junta.

Anexo Normativo

Coeficientes volumétricos de pérdidas

La Ley 4458 exige el cumplimento de valores volumétricos máximos admisibles Gadm de acuerdo a IRAM 11604 "*Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico* ***G*** *de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites*".

Coeficientes volumétricos de refrigeración

Por otra parte 4458 también establece valores admisibles Gr de refrigeración para distintas tipologías edilicias según IRAM 11659. "*Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 1: vocabulario, definiciones, tablas y datos para determinar la carga térmica de verano*".

Y la IRAM 11659-2. Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: edificios para vivienda.

NIVEL B- Construcciones con bajo consumo energético global.
Los muros y cubiertas, deberán cumplir con los valores de Transmitancía térmica máxima admisible del Nivel **B** de IRAM 11605.

Transmitancia térmica máxima de cubierta (verano) KMmáx de 0,48 W/(m^2.K).

Los pisos no podrán supera un KMmáx de 0,60 W/(m^2.K).

La Transmitancia térmica máxima en huecos y cerramientos no opacos dependerán de su orientación y del porcentaje de la envolvente que tengan, siendo el menos exigente, de 5,7 W/(m^2.K), correspondiente a 0 a 20% de hueco en las orientaciones N; NE/NO y S) (lo que implica al menos un DVH incoloro). Resultando las de mayor exigencia, 2,5 W/(m^2.K) el de las orientaciones E/O) con un porcentaje de hueco >>60%.

El Factor de Exposición solar máxima en huecos será, en lucernarios FesHmáx=0,30 y dependiendo en los huecos verticales (al igual que en los elementos verticales opacos), de su orientación y del porcentaje que ocupen de la envolvente opaca,no presentando exigencia para huecos de 0 a 20% en todas las orientaciones y resultando el valor más exigente, el correspondiente a un porcentaje de hueco >>60% en las orientaciones NE/NO y E/O, con un FesHmáx=0,27.

Los valores límites, corresponden a elementos de cerramientos cuya superficie exterior presenta una coeficiente de absorción solar α de 0,7 ± 0,1.
Para valores menores a 0,6; los valores indicados pueden incrementarse en un 30%.
Para valores mayores a 0,8; los valores indicados deben reducirse en un 20%.
Cuando se consideren protecciones en ventanas (ejemplo: aleros, parasoles, cortinas), los factores de exposición solar podrán ser modificados por coeficientes de reducción de acuerdo con las características de la protección.

Índice analítico

- **Editorial** 02
- **Indice** 03
- **Prólogo** 07
- **Introducción** 08
- **Hacia un diseño consciente con criterios de sustentabilidad** 08
  - Ciudad compacta, ciudad dispersa 08
  - Arquitectura y construcción sostenible 09
  - Las acciones concretas de diseño que los promueven 09
  - Cambio cultural y nuevos paradigmas 10
  - La energía más limpia y barata… es la que se consume con responsabilidad y eficiencia 10
  - Sobre leyes, decretos y normativas 11
  - Otras leyes y ordenanzas 12
- **Cuánto, cómo y dónde aislar** 13
  - Algunos aspectos prácticos a tener en cuenta para cumplir con los objetivos de la ley y sus costos 13
  - Acerca de dónde colocar el aislante 14
  - Una reflexión sobre el lenguaje arquitectónico 14

- **Primera Parte** 17
- **Marco normativo** 18
  - Normas Iram, sinopsis de las Normas IRAM básicas a cumplimentar y su consideración en este Manual 18
  - IRAM 11549, Aislamiento térmico de edificios. Vocabulario 18
  - IRAM 11601, Aislamiento térmico de edificios. Propiedades térmicas de los materiales para la construcción. Método de cálculo de la resistencia térmica total 18
  - RAM 11603, Aislamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina 19
  - IRAM 11604, Aislamiento térmico de edificios. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor 19
  - IRAM 11625, Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación del vapor de agua superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general 20
  - IRAM 11630, Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación intersticial y superficial en puntos singulares 21
  - IRAM 11507-1, Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Requisitos básicos y clasificación 21
  - IRAM 11507-4, Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Requisitos complementarios. Aislación térmica 21

- **Segunda Parte** 23
- **Nociones de transferencia de calor y materia** 24
  - Definiciones, conceptos, términos y unidades utilizados en la normativa a aplicar a fin de establecer un lenguaje común 24
  - Calor, Temperatura y Equilibrio Térmico 24
    - Calor Sensible y Latente 24
    - Calor Específico 25
    - Cantidad de Calor y Flujo de Calor 25
    - Densidad de Flujo de Calor 25
    - Conductividad Térmica y Resistencia Térmica 26
    - Resistencia Térmica y Resistencias Térmicas Superficiales 26
    - Transmitancia Térmica 26
    - Mecanismos de Transferencia de Calor 27
    - Conducción 27
    - Convección 27
    - Radiación 28
    - Reflectancia, Absortancia y Transmitancia (espectro visible e infrarrojo lejano) 29
    - Superficies Opacas y Semitransparentes 29
  - La importancia de estos aspectos físicos en el comportamiento térmico de los edificios 30
  - Los Vidrios y el Efecto Invernadero 31
  - Retardo Térmico e Inercia Térmica 31
  - La Importancia de la Inercia Térmica en la Construcción 32
  - La Masa Térmica Efectiva 32
  - Calor y Aire Húmedo. Condensación y Evaporación 33
  - Temperatura de Bulbo Seco y Temperatura de Bulbo Húmedo 34
  - Diagrama Psicrométrico 34
  - Tablas de Presiones de Vapor de Saturación 35
  - Condensación superficial 35
  - Condensación intersticial 35
  - Permeabilidad al vapor de agua (δ) 35
  - Permeancia al vapor de agua (Δ) 35
  - Resistencia a la difusión del vapor de agua (Rv) 35
  - Barrera de vapor 35
  - Freno de vapor 35
  - Confort Higrotérmico 35

- **Tercera Parte** 39
- **Métodos de cálculo** 40
  - IRAM 11601,Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario 40
    - Objeto y campo de aplicación 40
    - Cálculo de la resistencia y transmitancias térmicas 40
    - Resistencia térmica. Capas homogéneas 41
    - Simbología, unidades y equivalencias 41
    - Resistencias térmicas superficiales 42
    - Resistencias térmicas de cámaras de aire no ventiladas 42
    - Instructivo para el llenado de la planilla de cálculo de Resistencias y Transmitancia térmicas y Verificación del K máximo admisible 43
  - IRAM 11603,Clasificación Bioambiental de la República Argentina 46
    - Zonas Bioambientales (IRAM 11603-2012) 46
      - Zona III: templada cálida 46
      - Zona IV: templada fría 47
      - Datos climáticos de invierno y verano 48
  - IRAM 11605***, Condiciones de habitabilidad de edificios 51
    - Valores Máximos de Transmitancia Térmica en Cerramientos Opacos 51
  - IRAM 11625 y 11630,Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales y en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general 53
    - Condiciones higrotérmicas 54
    - Temperatura exterior de diseño 54
    - Humedad relativa exterior 54
    - Humedad relativa interior de diseño 55
    - Resistencia térmica superficial 56
    - Método de verificación del riesgo de condensación superficial 56
    - Sobre los puntos singulares 57
    - Ejemplo de gráfico comparativo de dos muros dobles de mampostería con cámara de aire estanca y con la incorporación de aislamiento térmico de EPS 57
    - Método de verificación del riesgo de condensación interstical 58
    - Ejemplo de cálculo de riesgo de condensación Intersticial - NORMAS IRAM 11625 / 11630 60
    - Ejemplos gráficos de riesgo de condensación intersticial (diagramas de Glaser). La localización del aislante térmico y y el uso adecuado de la barrera de vapor 62

Índice analítico

- Patología higrotérmica en edificios 67
  - Introducción 67
  - Definiciones de aspectos higrotérmicos 68
    - Condensaciones Superficiales 68
    - Puente térmico geométrico 69
    - Puentes térmicos constructivos 69
    - Puente térmico geométrico y contructivo 69
    - Algunas sugerencias de solución de puentes térmicos 70
  - Condensación de humedad, higiene y salubridad 71
    - Imágenes de Proliferación de Mohos por Condensación Superficial 72
- El Poliestireno Expandido en la construcción 73
  - Un material con historia... y más vigente que nunca 73
  - El material 73
  - Las innumerables aplicaciones del EPS en la construcción 73
  - Las características destacadas del EPS 74
  - El comportamiento ambiental del EPS 75

Cuarta Parte 79

Soluciones constructivas para paredes 80
- A.1. Muros tradicionales de mampostería 80
  - A.1.1. Muro doble macizo con barrera de vapor y placa de EPS 80
  - A.1.2. Muro cerámico estructural del 12 + hoja de ladrillo macizo visto o revocado 82
  - A.1.3. Muro cerámico hueco estructural del 18 con aislamiento exterior tipo “EIFS” 84
  - A.1.4. Muro de bloques de hormigón con revoque exterior aislante de microperlas de EPS 86
  - A.1.5. Muro con estructura independiente de H°A° (vigas y columnas) y cerramiento de tabiques de cerámico no portante de 18 con aislamiento tipo “EIFS” 88
- A.2. Aislamientos especiales de muros y tabiques 90
  - A.2.1. Tabiques de hormigón visto con aislamiento interior de placas de EPS, barrera de vapor y placas de yeso 90
  - A.2.2. Sistema “steelframing” con aislamiento exterior tipo “EIFS”, para evitar los puentes térmicos 92
- Nota sobre los Sistemas y Elementos Constructivos que poseen CAT* 95
- B. Sistemas constructivos Integrales 96
  - B.1. Sistema de concreto armado con mallas de acero electrosoldadas y alma de EPS Gris o Blanco 96
  - B.2. ICF (“Insulated Concrete Form”) 97

Soluciones constructivas para techos 98
- C.1 Techos livianos 98
  - C.1.1. Techo ventilado 98
  - C.1.2. Techo “doble capa” con ruptura de puentes térmicos y EPS “estándar” 100
  - C.1.3. Paneles tipo sándwich de chapa de acero galvanizado prepintado 102
- C.2. Techos pesados 104
  - C.2.1. Techo pesado tradicional, con barrera de vapor sobre losa estructural, placas de EPS; hormigón de pendiente, carpeta nivelación, aislación hidráulica, mezcla de asiento y piso cerámico 104
  - C2.2. Techo pesado con aislamiento térmico superior o “techo invertido” 106
  - C.2.3. Losa de Forjados de EPS y Aislamiento de Hº Liviano de Perlas de EPS aditivadas 108

Otras aplicaciones 110
- Sistema de cubiertas de terrazas verdes 110
- Dos aplicaciones, una solución 110
- Placas especiales para losa radiante 112

Apostilla de techos y cubiertas 113
- El fenómeno de Heladicidad 113
- La necesidad de ventilar las cubiertas 114
- El Techo “doble capa” con ruptura de puente térmico y EPS estándar 116

Tablas 118
- 1. Instructivo para el llenado de la Planilla de Cálculo de R y K (IRAM 11601) y Verificación del $K_{MAX\ ADM}$ (IRAM 11605) 118
- 2. Resistencias Superficiales 121
- 3. Resistencia térmica de cámaras de aire no ventiladas 122
- 4. Tabla de Conductividades 123
- 5. Emitancia de las Superficies 133
- 6. Datos climaticos de invierno y de verano PBA 134
- 7. Tabla de Transmitancias térmicas máximas admisibles de Muros y Techos 136
- 8. Valores de Rsi para Iram 11625 y 11630 137
- 9. Tabla Permeabilidades y Permeancias al vapor 138
- 10. Diagramas Psicrométricos 142
- 11. Tabla de Presiones de Vapor de Saturación 143
- 12. 11507-1 Infiltración por Ventanas 144
- 13. 11507-4 Aislación térmica de Ventanas 144
- 14. Transmitancia térmica de ventanas con perfilería de Aluminio y PVC 145
- 15. Transmitancia K y Factor solar FS de vidrios y ventanas 147
- 16. Cuadro de propiedades físicas del EPS 150
- 17. Ejemplo de cálculo de Riesgo de Condensación intersticial 151

Recomendaciones generales sobre diseño 152
- Zona III: Templada Cálida 152
  - Subzona IIIa 152
  - Subzona IIIb 152
- Zona IV: Templada Fría 152
  - SubzonaIVa y IVb 152
  - Subzona IVc 152
  - Subzona IVd 153
  - Viviendas al sur del paralelo 38º 153
  - Viviendas al norte del paralelo 38º 153
- Evaluación de orientaciones por zonas bioambientales 153
- Radiación solar 153
- Zona III: Templada Cálida 153
- Zona IV: Templada Fría 153
- Asoleamiento en invierno 153
- Necesidad de asoleamiento 153
- Recomendaciones sobre protecciones solares 155
- Consideraciones generales sobre microclimas 155
- Causas que pueden dar origen a microclimas y sus características 155
- Características climáticas de una ciudad 155
- Características climáticas de las costas marinas 155
- Modificación del clima por la orografía 156
- Clima de barlovento 156
- Evaluación de los microclimas 156
- Recomendaciones de carácter general para reducir los riesgos de condensación de humedad superficial e intersticial 157
- Barreras y frenos de vapor 157

Anexo Normativo 159

LEY 13059/2003 y DECRETO 1030/2010 160
- Departamento de infraestructura. Decreto 1030 161
- Anexo único,Reglamento de aplicación de la Ley Nº 13059 162
- Anexo I 162

Índice analítico

- Normativas, alcances y disposiciones de diseño en edificios de habitación humana 162
  - 1.- Normativas 162
  - 2.- Disposiciones de diseño 162
  - 3.- Documentación técnica 164
  - 4.- Funciones de la autoridad de aplicación 164
- **Ordenanza 8757/11 Municipalidad de Rosario, Santa Fe** 165
  - Aspectos higrométricos y demanda energética de las contrucciones 165
    - Criterios de gradualidad de su aplicación 165
    - Ámbito de aplicación 165
    - Gradualidad de parámetros higrotérmicos 165
    - Datos climáticos de Rosario SF 167
    - Gradualidad de aplicación según tamaño 167
    - Datos climáticos de Rosario SF 167
    - Zona III: templada cálida 167
- **Ley 4458** 168
  - Normas de acondicionamiento térmico en la construcción de edificios 168
    - Ciudad Autónoma de Buenos Aires Boletín Oficial 4142 - 30/04/2013 168
    - Ámbito de aplicación 168
    - Aspectos destacados de la Ley 168
    - Caracterización y cuantificación de las exigencias 168
    - Condensaciones 169
    - Permeabilidad del aire 169
    - Coeficientes volumétricos de pérdidas 170
    - Coeficientes volumétricos de refrigeración 170
- **Bibliografía** 177
- **El autor** 178

Bibliografía

- **Normas IRAM**
- **11549 Aislamiento térmico de edificios.** Vocabulario.
- **11601 Aislamiento térmico de edificios.** Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.
- **11603 Acondicionamiento térmico de edificios.** Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- **11605 Acondicionamiento térmico de edificios.** Condiciones de habitabilidad en edificios.
- **Valores máximos de transmitancia térmica en cerramiento opacos.**
- **11625 Aislamiento térmico de edificios.** Verificación de sus condiciones higrotérmicas.
  Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.
- **11630 Aislamiento térmico de edificios.** Verificación de sus condiciones higrotérmicas.
  Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.
- **11507-1 Carpintería de obra.** Ventanas exteriores.
  Requisitos básicos y clasificación.
- **11504-4 Carpintería de obra y fachadas integrales livianas.** Ventanas exteriores. Parte 4 - Requisitos complementarios. Aislación térmica.
- **H. Young & R. Freedman,** “Sears•Zemansky Física Universitaria”. 12a edición - Vol.1. Pearson Educación. México, 2009.
- **J. Neila González - C. Bedoya Frutos**, “Técnicas arquitectónicas y constructivas de Acondicionamiento ambiental”. 2a edición. Edit. Munilla-Lería,1997.
- **Frank Kreith,** “Principios de Transferencia de Calor”, Herrero Hnos S.A. México; y extractos de “Fundamentals of Fluid Mechanics and Heat Transfer”. F. Kreith and J. Kreider, McGraw-Hill, 1978.
- **El Vitrubio Ecológico.** Principios y Práctica del Proyecto Arquitectónico Sostenible. University College Dublin, Architects Council of Europe, Energy Research Group, Softech y Suomen Arkkitehtiliitto, 1999. 1a edición. Editorial Gustavo Gili, 2007.
- **Notas y apuntes del Clase.** Taller de Materialidad 2 / FAPyD UNR (Física aplicada en Luminotécnica, Termodinamica, Acústica y Arquitectura Solar).
- **“A brief guide to mold, moisture and your home”** / EPA United States Environmental Protection Agency / www.epa.gov/mold
- **“Vocabulario Científico y Técnico”.** Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 1996. 3a edición. Edit. Espasa Calpe S.A.
- **Victor Ogyay,** “Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas”. “DESIGN WITH CLIMATE. Bioclimatic approach to architectural regionalism”, Princeton University Press, 1963.
- **Baruch Givoni** “Man, Climate and Architecture”. Elsevier, 1st. Edition 1969.

El autor

Pablo Enrique Azqueta

- **Mg. Arq. Pablo Azqueta.** Profesor Adjunto FAPyD, UNR.
- Máster en Restauración Arquitectónica. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid ETSAM UPM / España.

Títulos de Posgrados:

- "Especialista en Patología y Terapéutica de la Edificación" y "Especialista en Teoría, Historia e Intervención en la Rehabilitación de Edificios", ETSAM UPM.
- Posgrados (3) en: "Basic Course on Renewable Energy Sources (RES)" / "Technology Transferof RES", / "Follow Up Course on RES"/ "Italian Training Agency on Renewable Energy Sources" (SIES), Italy.
- Posgrado en Seguridad Contra Incendios en la Edificación. INTI - UNSAM.
- "Problemas Actuales y Estrategias de Desarrollo en America Latina" / Secretaría de Planejamento da Presidencia do Brasil y el Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) / Brasilia, Brasil.

Asesor Técnico de la Asociación Argentina del Poliestireno Expandido AAPE y de ANDIMA Asociación Nacional de Industrias de Materiales Aislantes.

Ex miembro de la Carrera de Investigador Científico de la Universidad Nacional de Rosario UNR y Ex Secretario de Investigación y Asistencia Técnica de la Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño FAPyD UNR.

Consultor en Uso Racional y Eficiente de la Energía y otros Recursos, Acústica Arquitectónica, Luminotécnica, Patología Edilicia y Acondicionamiento Higrotérmico de Edificios.

Asesor y Proyectista de edificios con criterios de sustentabilidad.

Miembro de la Comisión Técnica Asesora de la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Secretaría de Obras Públicas de la Nación para colaborar en la revisión y redacción de las "Normas Mínimas de Calidad para Viviendas de Interés Social".

Consultor y Colaborador del Instituto de la Vivienda de la Provincia de Buenos Aires (IVBA), para la difusión y redacción de un Manual de Aplicaciones para la Ley 13059 y su Decreto Reglamentario 1030/10.

Ex asesor técnico de BASF Argentina S.A. y autor de la "CasaE de la Eficiencia Energética" de BASF Argentina / 2010.

Desde 1996, Miembro del Instituto Argentino de Normalización y Certificación de materiales IRAM.

Miembro del Comité Ejecutivo del Centro de Construcciones del Instituto Nacional de Tecnología Industrial INTI.

Miembro de la Comisión Especial de la Ordenanza Municipal de Rosario N° 8757.

Autor de numerosos "papers", artículos y notas, en revistas; capítulos de libros, libros y videos. Ex columnista de la Revista Vivienda en el tema "Patología Edilicia". Autor del Manual Práctico del Aislamiento Térmico en la Construcción de AAPE.

Disertante y Profesor Invitado en diversas oportunidades por numerosas Instituciones y Universidades del país y de Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Uruguay, Bolivia, Paraguay, España e Italia.

1° de mayo 2563 / 2000 Rosario SF/ Argentina / Celular: (++ 54 9 341) 315 7383 / Tel. (++54 341) 481 6598 / 4290
pablo@aape.com.ar / pabloazqueta@gmail.com / www.aape.com.ar

AAPE
ASOCIACION ARGENTINA DEL
POLIESTIRENO EXPANDIDO
www.aape.com.ar

www.aape.com.ar info@aape.com.ar