



Curso Superior de Ahorro y Eficiencia Energética 2007

MÓDULO-III: Edificación

Sesión “Demanda Energética”

Prof. Salvador Muñoz Muñoz

14 y 15 de Junio de 2007



SESIÓN: Evaluación de la Demanda Energética. DB-HE-1

Nº HORAS: 10 horas

PROFESOR: Salvador Muñoz Muñoz

OBJETIVOS:

Conocimiento detallado del DB-HE-1

METODOLOGIA:

Fundamentos teóricos. Aplicación práctica

INDICE DE LA MATERIA:

Conceptos generales

Opción simplificada

Opción general

Introducción a la Certificación Energética. Relación con la Demanda



EXIGENCIA BÁSICA HE-1

Limitación de la demanda energética

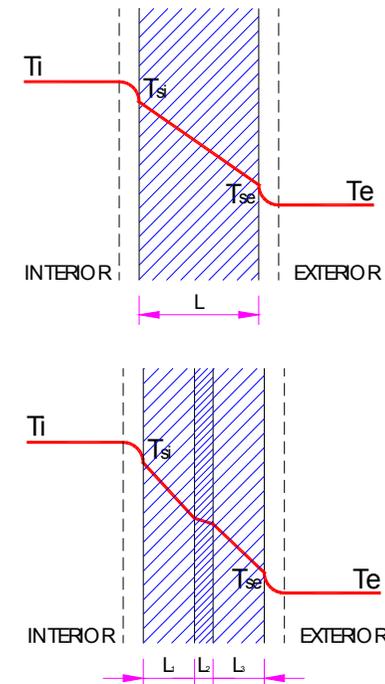
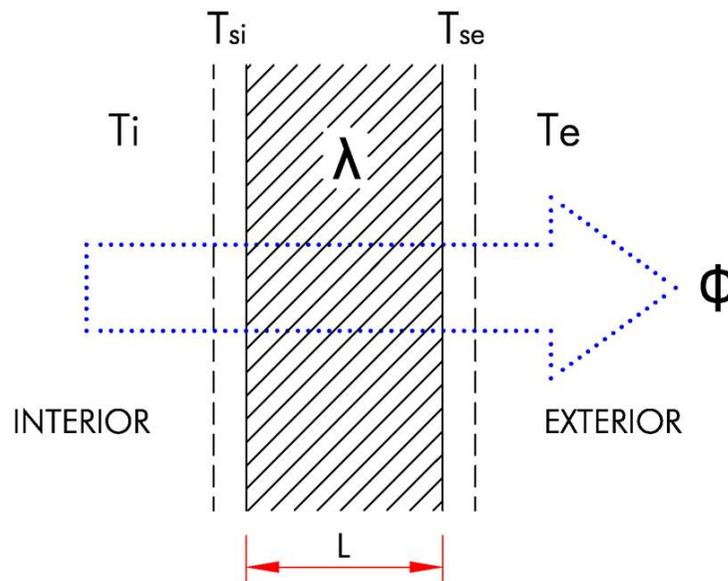
•Objeto del Documento Básico (DB HE)

•<<Establecer las reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de Ahorro de Energía. El objetivo del requisito básico de “Ahorro de Energía” consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, **reduciendo a límites sostenibles su consumo** y conseguir, asimismo, que una **parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovables**>>.

- Exigencia Básica **HE-1**: Limitación de la demanda energética.
- Exigencia básica **HE-2**: Rendimiento de las instalaciones térmicas.
- Exigencia Básica **HE-3**: Eficiencia energética inst. de iluminación
- Exigencia Básica **HE-4**: Contribución solar mínima de A.C.S.
- Exigencia Básica **HE-5**: Contribución fotovoltaica mínima de E.E.

Exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética

<<Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos >>.

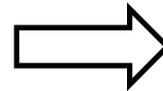


EXIGENCIA BÁSICA HE-1 LIMITACIÓN DEMANDA ENERGÉTICA

ENVOLVENTE TÉRMICA

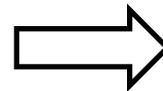
BIENESTAR TÉRMICO

FUNCIÓN DE:



- Clima
- Uso del edificio
- Régimen verano/invierno

ACTUANDO SOBRE:



- Aislamiento Térmico
- Permeabilidad al Aire
- Exposición Radiación Solar
- Condensaciones
- Puentes Térmicos

CAMBIOS SIGNIFICATIVOS RESPECTO A LA NORMATIVA EXISTENTE: **NBE-CT-79**

1) Requisitos exigenciales

Esta Sección sustituye a la anterior NBE-CT-79 respecto a la cual aumenta su nivel exigencial en cubiertas (particularmente en zonas cálidas) y suelos, lo cual constituye una novedad; sin embargo los niveles de aislamiento resultantes, si bien superiores a los de la anterior CT-79, no conlleva en muchos casos aumentos de espesor con respecto a lo que ya se ejecuta como práctica habitual en los edificios de viviendas actuales.

	Total espesor aislamiento (cm)		
	Fachadas	cubiertas	Superficies en contacto con espacios no calefactados
Málaga (A3)	3,0	6,0	2,5
Almería (A4)	3,0	6,0	2,5
Valencia (B3)	3,5	7,0	3,5
Sevilla (B4)	3,5	7,0	3,5
San Sebastián (C1)	4,5	7,5	4,0
Barcelona (C2)	4,5	7,5	4,0
Granada (C3)	4,5	7,5	4,0
Toledo (C4)	4,5	7,5	4,0
Pamplona (D1)	5	8,5	4,0
Valladolid (D2)	5	8,5	4,0

CAMBIOS SIGNIFICATIVOS RESPECTO A LA NORMATIVA EXISTENTE: **NBE-CT-79**

2) **Parámetros Característicos Medios frente al K_G**

La diferencia fundamental entre ambos textos consiste en que del tradicional K_G (coeficiente global de transferencia del edificio) se ha pasado a detallar exclusivamente los coeficientes de transferencia de los elementos (denominados ahora Parámetros Característicos Medios) tales como muros, suelos, cubiertas y lucernarios, lo cual impide establecer una comparación global directa entre ambas normativas. En efecto, la “compacidad” del edificio carece en el CTE de la transcendencia que le atribuía la CT-79 anterior.

3) **Factor de forma del edificio**

Como consecuencia de lo anterior, no se hace ninguna referencia al tradicional concepto de “factor de forma” o cociente del área externa con respecto al volumen construido. La experiencia de los años pasados con la utilización de la NBE-CT-79 evidencia que las formas prismáticas regulares son energéticamente más eficientes que las formas en H o, en general, las diseñadas con grandes ramas.

CAMBIOS SIGNIFICATIVOS RESPECTO A LA NORMATIVA EXISTENTE: **NBE-CT-79**

4) **Separación con espacios no habitables (no calefactados)**

También constituye otra importante diferencia el hecho de que el CTE incluye en su valoración térmica no solamente los cerramientos en contacto con la atmósfera exterior, sino también los cerramientos delimitadores de espacios no habitables (no calefactados). Estos últimos, por tanto, deberán aislarse sistemáticamente a diferencia de lo llevado a cabo hasta ahora: constituía un sobreaislamiento que no se ejecutaba sistemáticamente sino de forma voluntaria. En esta exigencia la transmitancia térmica de las particiones interiores en contacto con espacios no habitables tiene el mismo valor de los muros de fachada.

5) **Separación con zonas comunes en edificios de viviendas**

En edificios de viviendas, las particiones interiores que limitan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas, tendrán cada una de ellas una transmitancia inferior a $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

CAMBIOS SIGNIFICATIVOS RESPECTO A LA NORMATIVA EXISTENTE: **NBE-CT-79**

6) **Unidades de cálculo**

Se adopta el Sistema Internacional y se pasa de las unidades empleadas hasta ahora (Kcal/hm²°C ó W/m²°C) a utilizar W/m²K.

7) **Zonificación Climática**

La zonificación climática establecida en esta Sección HE 1 es, asimismo, diferente a la establecida en la CT-79 e incluye tanto la severidad climática invernal como la estival. Este doble criterio afecta tanto a la instalación de calefacción como a la de climatización con objeto de controlar mejor la concentración temporal de la demanda energética para refrigeración de edificios. Concentración que está originando serios problemas técnicos e incluso colapsos en la red de transporte de energía eléctrica.

8) **Humedades de Condensación**

Respecto a la presencia y tratamiento de las condensaciones hay que mencionar que la CT-79 era más exigente para impedir su aparición.

CONSIDERACIONES FINALES

- No resulta ninguna novedad el recordar que tanto en frío como en calor una de las formas más importantes de eficiencia energética lo constituye el aislamiento térmico ya que “la energía que menos contamina es la que no se consume”. Sin embargo, en este aspecto el CTE no presenta mejoras significativas con respecto a los espesores ya utilizados excepto, en el caso de las cubiertas, sean planas o inclinadas, en las que los aumentos de espesor sí resultan apreciables.
- La consideración de las heterogeneidades superficiales de forma sistemática conlleva la necesidad de dedicar especial atención a los encuentros de los elementos estructurales en fachadas, registros de persiana lo más herméticos posible, disposición sistemática de premarcos en carpinterías, etc., y en general aquellos puntos de encuentro entre materiales diferentes, frecuentemente poco atendidos, pese a ser causantes de frecuentes patologías de humedades.
- No se considera la disposición del aislamiento en la composición constructiva de los cerramientos por lo que conviene recordar que su colocación al exterior resulta especialmente interesante en edificios de ocupación permanente
- La previsión de un aislamiento térmico en los frentes de forjado resulta obligada en la práctica totalidad de los casos

ÁMBITO DE APLICACIÓN

- Edificios de nueva construcción.
- Rehabilitaciones o reformas de edificios de superficie útil > 1000 m² donde se renueven más del 25% de sus cerramientos.

Excluidos:

- Edificaciones abiertas.
- Edificios de culto y de actividades religiosas.
- Edificios aislados de superficie útil < 50 m².
- Construcciones provisionales (plazo de utilización ≤ 2 años).
- Instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales
- Edificios y monumentos protegidos oficialmente si su aplicación puede alterar su carácter o aspecto.

PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE LA EH-1. (Sustituye a la NBE-CT-79)

Establece dos opciones para su verificación: la **OPCIÓN SIMPLIFICADA** Y LA **OPCIÓN GENERAL**.

OPCIÓN SIMPLIFICADA

A) Objeto opción simplificada (control indirecto de la demanda por la envolvente)

Controlar la demanda energética del edificio al limitar las exigencias de transmisión térmica de fachadas, suelos, cubiertas, lucernarios y ventanas así como el "factor solar" de las mismas.

Asimismo se limita la presencia de humedades de condensación, tanto superficiales como intersticiales, y las infiltraciones de aire en huecos y lucernarios.

B) Aplicabilidad de la opción simplificada:

Nuevos cerramientos de las obras de rehabilitación de edificios existentes y envolventes de las obras de nueva construcción cuyos cerramientos estén resueltos por soluciones constructivas convencionales, siempre que estos cumplan las siguientes condiciones:

a) Porcentaje de huecos en cada fachada sea inferior al 60% de su superficie (como excepción, se admiten > 60%, para fachadas cuyas áreas sean < 10% del área total de las fachadas edificio);

b) Porcentaje de lucernarios sea inferior al 5% del área de cubierta.

Son objeto de la opción SIMPLIFICADA los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio, para los cuales se calcularán los parámetros característicos que definen la envolvente térmica:

- Transmitancia térmica de muros de fachada (U_M)
- Transmitancia térmica de medianerías (U_{MD})
- Transmitancia térmica de particiones interiores en contacto con espacios no habitables
- Transmitancia térmica de cubiertas (U_C)
- Transmitancia térmica de suelos (U_S)
- Transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno (U_T)
- Transmitancia térmica de huecos (U_H)
- Factor solar modificado de huecos (F_H)
- Factor solar modificado de lucernarios (F_L)

A efectos de la limitación de la demanda se incluirán sólo aquellos puentes térmicos cuya superficie sea superior a $0,5 \text{ m}^2$ y estén integrados en la fachada, tales como pilares, contorno de huecos y cajas de persianas.

No se incluirán en la consideración anterior las puertas cuyo porcentaje de superficie acristalada sea inferior al 50 %.

OPCIÓN GENERAL

Si no se cumplen las condiciones de aplicabilidad de la opción simplificada se utilizará la opción general:

Limita la demanda energética de una manera directa.

Está basada en la evaluación de la demanda energética de los edificios mediante la comparación con la correspondiente a un edificio de referencia calculada mediante la opción simplificada.

Su aplicación implica la utilización de programas informáticos, bien el oficial de referencia: LIDER (Limitación de la Demanda Energética) u otros alternativos reconocidos por el CTE.

LIDER

En ambas opciones, **simplificada** y **general**, se limita la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los cerramientos, así como las pérdidas energéticas debidas a las infiltraciones de aire.

OPCIÓN GENERAL

La única limitación para la aplicación de la opción general es la utilización de soluciones constructivas innovadoras cuyos modelos no puedan ser introducidos en el programa informático que se utilice.

En el caso de utilizar soluciones constructivas no incluidas en el programa se justificarán en el proyecto las mejoras de ahorro de energía introducidas y que se obtendrán mediante método de simulación o cálculo al uso.

CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS (OPCIÓN SIMPLIFICADA)

A) **Demanda energética**

La demanda energética de los edificios, en función del clima de la localidad y de su carga interna, será inferior a la correspondiente a un edificio en el que los parámetros característicos de su envolvente térmica sean los valores límites establecidos en la Tabla 2.2. Asimismo, los elementos de la envolvente térmica serán inferiores a los valores indicados en la Tabla 2.1.

B) **Condensaciones**

Se limitará la aparición de humedades de condensación, tanto intersticiales como superficiales.

C) **Permeabilidad al aire**

La permeabilidad al aire de las carpinterías será inferior a los siguientes valores:

- Zonas climáticas A y B: $50 \text{ m}^3/\text{h m}^2$
- Zonas climáticas C, D y E: $27 \text{ m}^3/\text{h m}^2$

CONCEPTOS PREVIOS:

a) Espacios interiores: habitables y no habitables. (Apéndice A)

- Recinto habitable: Habitaciones y estancias en edificios residenciales; Aulas, bibliotecas y despachos en edificios docentes; Quirófanos, habitaciones y salas de espera en edificios sanitarios; Cocinas, baños, aseos, pasillos y distribuidores en cualquier edificio; Zonas comunes de circulación en el interior de los edificios; Cualquier otro uso asimilable a los anteriores
- Recinto no habitable: Garajes, trasteros, cámaras técnicas, desvanes no acondicionados y sus zonas comunes, así como cualquier otro uso asimilable a los anteriores.

A su vez, a efectos de cálculo de la demanda energética, los Recintos Habitables se clasifican, en función de la cantidad de calor disipada en su interior (ocupación, iluminación o de equipos existentes), en las siguientes categorías (3.1.2.2):

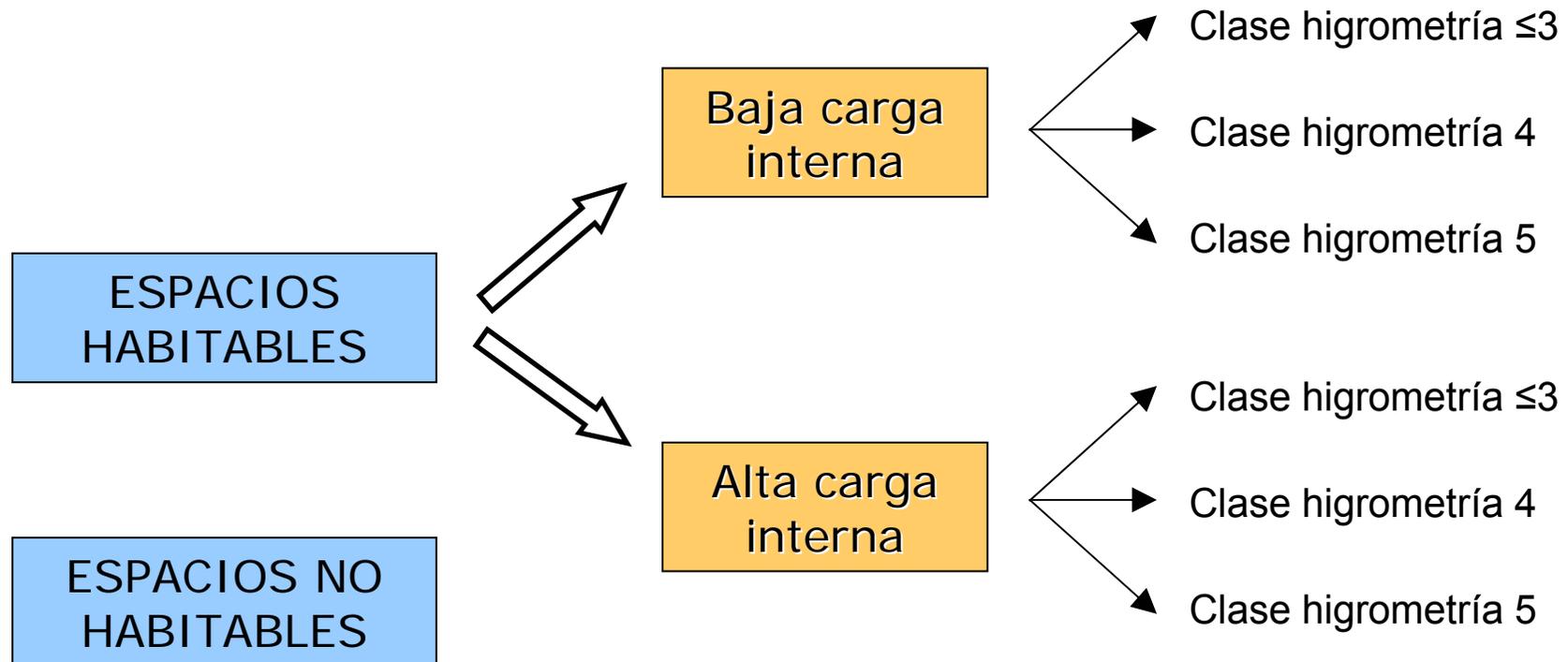
- Espacios de baja carga interna: Se disipa poco calor. Uso residencial o asimilable (permanente o eventual: viviendas, habitaciones de hotel, de hospitales, salas de estar, zonas de circulación vinculadas a estos espacios)
- Espacios de alta carga interna: Se genera gran cantidad de calor.

A efectos de comprobación de la limitación de condensaciones en los cerramientos, los Recintos Habitables se clasifican, en función del exceso de humedad interior, en las siguientes categorías (3.1.2.3):

- Espacios de clase de higrometría 5: Se prevé gran producción de humedad. Lavanderías, piscinas...
- Espacios de clase de higrometría 4: Se prevé alta producción de humedad. Cocinas industriales, restaurantes, pabellones deportivos, duchas colectivas, usos similares.
- Espacios de clase de higrometría 3: No se prevé alta producción de humedad. Espacios de edificios residenciales y resto de espacios no indicados anteriormente.

CONCEPTOS PREVIOS

a) Clasificación de los espacios interiores. (Apartado 3.1.2. y Apéndice A)



b) Envoltente térmica del edificio (3.1.3).

La componen todos lo cerramientos que limitan los espacios habitables con el ambiente exterior (aire, terreno u otros edificios) y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables de los no habitables que a su vez están en contacto con el ambiente exterior (fig. 3.2). A efectos de computar las áreas de cerramientos, se considerarán a partir de las dimensiones tomadas desde el interior del edificio.

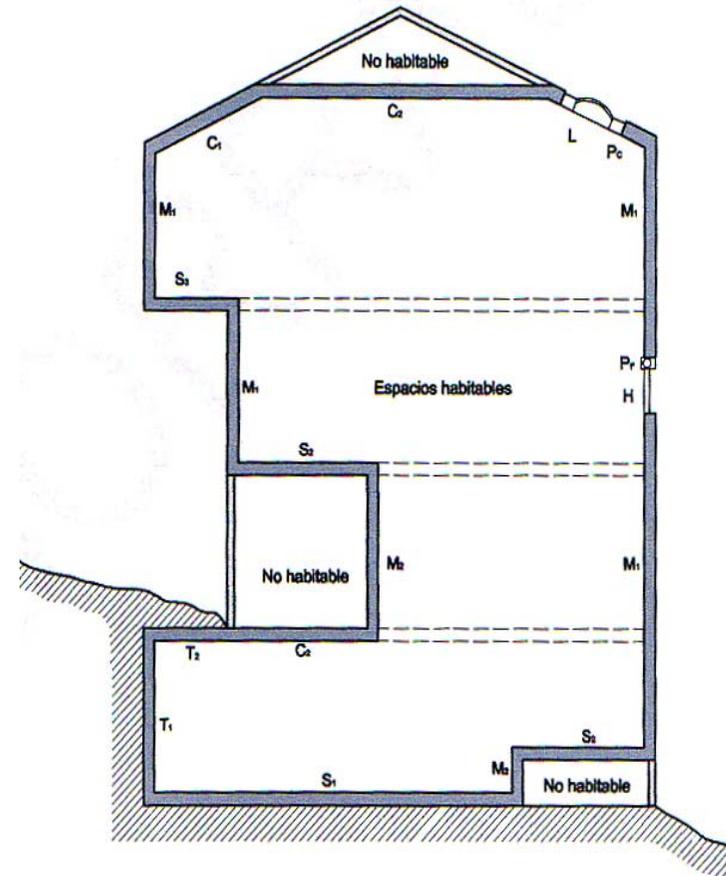


Figura 3.2 Esquema de envoltente térmica de un edificio

CONCEPTOS PREVIOS

Clasificación de cerramientos y particiones interiores de los espacios habitables: **SEGÚN SU SITUACIÓN**

Cubiertas:

Cerramientos superiores en contacto con el aire con inclinación inferior a 60°.

Suelos:

Cerramientos inferiores horizontales (o ligeramente inclinados) en contacto con el aire, terreno o espacios no habitables.

Fachadas:

Cerramientos exteriores en contacto con el aire con inclinación superior a 60°. Se agrupan en 6 orientaciones distintas.

Medianeras:

Cerramientos que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez.

Cerramientos en contacto con el terreno:

Cerramientos distintos a los anteriores que están en contacto con el terreno.

Particiones interiores:

Elementos constructivos horizontales o verticales que separan el interior del edificio en diferentes recintos.

CONCEPTOS PREVIOS

Clasificación de cerramientos y particiones interiores de los espacios habitables: **SEGÚN SU COMPORTAMIENTO TÉRMICO**

Cerramientos en contacto con el aire:

- Parte opaca: muros fachada, cubiertas, suelos en contacto con el aire y puentes térmicos.
- Parte semitransparente: huecos de fachada y lucernarios.

Cerramientos en contacto con el terreno:

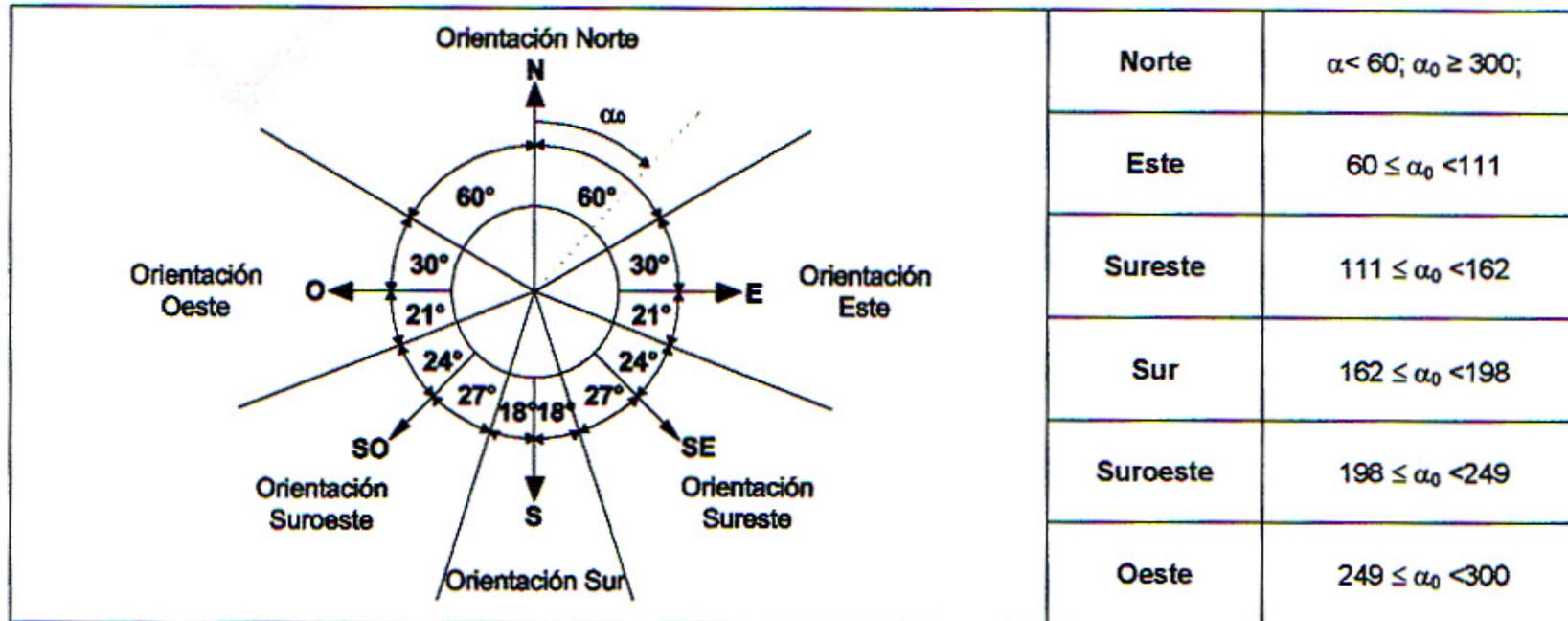
- Suelos en contacto con el terreno.
- Muros en contacto con el terreno.
- Cubiertas enterradas.

Particiones interiores en contacto con espacios no habitables:

- Particiones interiores en contacto con cualquier espacio no habitable (excepto cámaras sanitarias)
- Suelos en contacto con cámaras sanitarias.

c) Orientaciones de las fachadas (3.1.3)

Las fachadas se agrupan en seis orientaciones (figura 3.1). El ángulo α_0 representa el ángulo que forma la normal a la fachada con el norte geográfico



d) Medianerías (3.1.3)

Cerramientos que lindan con edificios ya construidos o que se construyen a la vez y que conforman una división común. Si el edificio se construye con posterioridad el cerramiento, a efectos térmicos, se considerará una fachada.

e) Zonas climáticas (Apéndice D)

Se establecen 12 zonas climáticas (5 primeras letras: severidad climática en invierno y 4 primeros números: severidad climática en verano) a partir de los registros climáticos de las capitales de provincia.

SC (verano)	A4	B4	C4		E1
	A3	B3	C3	D3	
			C2	D2	
			C1	D1	
	SC (invierno)				

Figura D1. Zonas climáticas

PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN:

Los edificios se caracterizarán térmicamente a través de las propiedades higrotérmicas de los productos de construcción que componen su envolvente térmica.

Para las partes ciegas del edificio se definirán:

- Conductividad térmica λ (W/mK)
- Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ
- Se podrán definir, además, la densidad ρ (kg/m³) y el calor específico C_p (J/kg K)

Para los huecos y lucernarios se definirán:

- Transmitancia térmica del vidrio $U_{H,v}$ (W/m²K)
- Factor solar del vidrio g_{\perp}
- Transmitancia térmica del marco $U_{H,m}$ (W/m²K)
- Absortividad del marco α

Los valores de diseño de las propiedades citadas se obtendrán de valores declarados para cada producto según marcado CE.

PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN. CÁLCULO Y DIMENSIONADO

- Zonificación climática (3.1.1) (Apéndice D).
- Clasificación de los espacios habitables (de baja o alta carga interna) y no habitables (3.1.2).
- Definición de la envolvente térmica del edificio (3.1.3).
- Cumplimiento de las limitaciones de permeabilidad al aire (2.3).
- Cálculo de las transmitancias de los elementos de la envolvente y de sus parámetros característicos medios (Apéndice E).
- Limitación de la demanda energética. Transmitancias máximas (Tabla 2.1). Parámetros característicos medios límites (Tabla 2.2). En edificios de viviendas limitación de la transmitancia de las particiones interiores que las separan de las zonas comunes del edificio a $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Control de las condensaciones intersticiales y superficiales.

1) ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA (Apéndice D)

- Las zonas climáticas vienen definidas por las siglas A4, A3, B4, B3, C4, C3, C2, C1, D3, D2, D1 y E1, en las cuales la letra hace referencia a la severidad climática en invierno (letra A constituye el valor de mínima severidad y la letra E el de máxima severidad) mientras que los números hacen referencia a la severidad climática en verano (valor 1 mínima severidad y valor 4 máxima severidad).
- Si la diferencia de altura es menor de 200m o la localidad se encuentra a una altura inferior que la de referencia se tomará, para dicha localidad, la misma zona climática de la capital de su provincia.

Tabla D.1.- Zonas climáticas

Provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥ 200 < 400	≥ 400 < 600	≥ 600 < 800	≥ 800 < 1000	≥ 1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	1353 (143)	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1

Severidad Climática de Invierno (SCI)

A) A partir de los grados-día de invierno y de la radiación global acumulada:

$$SCI = a \cdot \text{Rad} + b \cdot \text{GD} + c \cdot \text{Rad} \cdot \text{GD} + d \cdot (\text{Rad})^2 + e \cdot (\text{GD})^2 + f$$

siendo:

GD: la media de los grados-días de invierno en base 20 para los meses de enero, febrero y diciembre. Para cada mes están calculados en base horaria y posteriormente divididos por 24.

Rad: la media de la radiación global acumulada para los meses de enero, febrero y diciembre (kW h/m²)

a	b	c	d	e	f
$-8,35 \cdot 10^{-3}$	$3,72 \cdot 10^{-3}$	$-8,62 \cdot 10^{-6}$	$4,88 \cdot 10^{-6}$	$7,15 \cdot 10^{-7}$	$-6,81 \cdot 10^{-2}$

Severidad Climática de Invierno (SCI)

B) A partir de los grados-día de invierno y del ratio entre número de horas de sol y número de horas de sol máximas:

$$SCI = a \cdot GD + b \cdot n/N + c \cdot (GD)^2 + d \cdot (n/N)^2 + e$$

siendo:

GD: la media de los grados-días de invierno en base 20 para los meses de enero, febrero y diciembre. Para cada mes están calculados en base horaria y posteriormente divididos por 24.

n/N: el ratio entre el número de horas de sol y número de horas de sol máximas sumadas cada una de ellas por separado para los meses de enero, febrero y diciembre.

a	b	c	d	e
$2,395 \cdot 10^{-3}$	-1,111	$1,885 \cdot 10^{-6}$	$7,026 \cdot 10^{-1}$	$5,709 \cdot 10^{-2}$

Severidad Climática de Verano (SCV)

A) A partir de los grados-día de verano y de la radiación global acumulada:

$$SCV = a \cdot \text{Rad} + b \cdot \text{GD} + c \cdot \text{Rad} \cdot \text{GD} + d \cdot (\text{Rad})^2 + e \cdot (\text{GD})^2 + f$$

siendo:

GD: la media de los grados-días de verano en base 20 para los meses de junio, julio, agosto y septiembre. Para cada mes están calculados en base horaria y posteriormente divididos por 24.

Rad: la media de la radiación global acumulada para los meses de junio, julio, agosto y septiembre (kW h/m²)

a	b	c	d	e	f
$3,724 \cdot 10^{-3}$	$1,409 \cdot 10^{-2}$	$-1,869 \cdot 10^{-5}$	$-2,053 \cdot 10^{-6}$	$-1,389 \cdot 10^{-5}$	$-5,434 \cdot 10^{-1}$

Severidad Climática de Verano (SCV)

B) A partir de los grados-día de verano y del ratio entre número de horas de sol y número de horas de sol máximas:

$$SCV = a \cdot GD + b \cdot n/N + c \cdot (GD)^2 + d \cdot (n/N)^2 + e$$

siendo:

GD: la media de los grados-días de verano en base 20 para los meses de junio, julio, agosto y septiembre. Para cada mes están calculados en base horaria y posteriormente divididos por 24.

n/N: el ratio entre el número de horas de sol y número de horas de sol máximas sumadas cada una de ellas por separado para los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

a	b	c	d	e
$1,090 \cdot 10^{-2}$	1,023	$-1,638 \cdot 10^{-5}$	$-5,977 \cdot 10^{-1}$	$-3,370 \cdot 10^{-1}$

ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA A PARTIR DE REGISTROS CLIMÁTICOS

Tabla D.2a - Severidad climática de invierno

A	B	C	D	E
$SCI \leq 0,3$	$0,3 < SCI \leq 0,6$	$0,6 < SCI \leq 0,95$	$0,95 < SCI \leq 1,3$	$SCI > 1,3$

Tabla D.2b - Severidad climática de verano

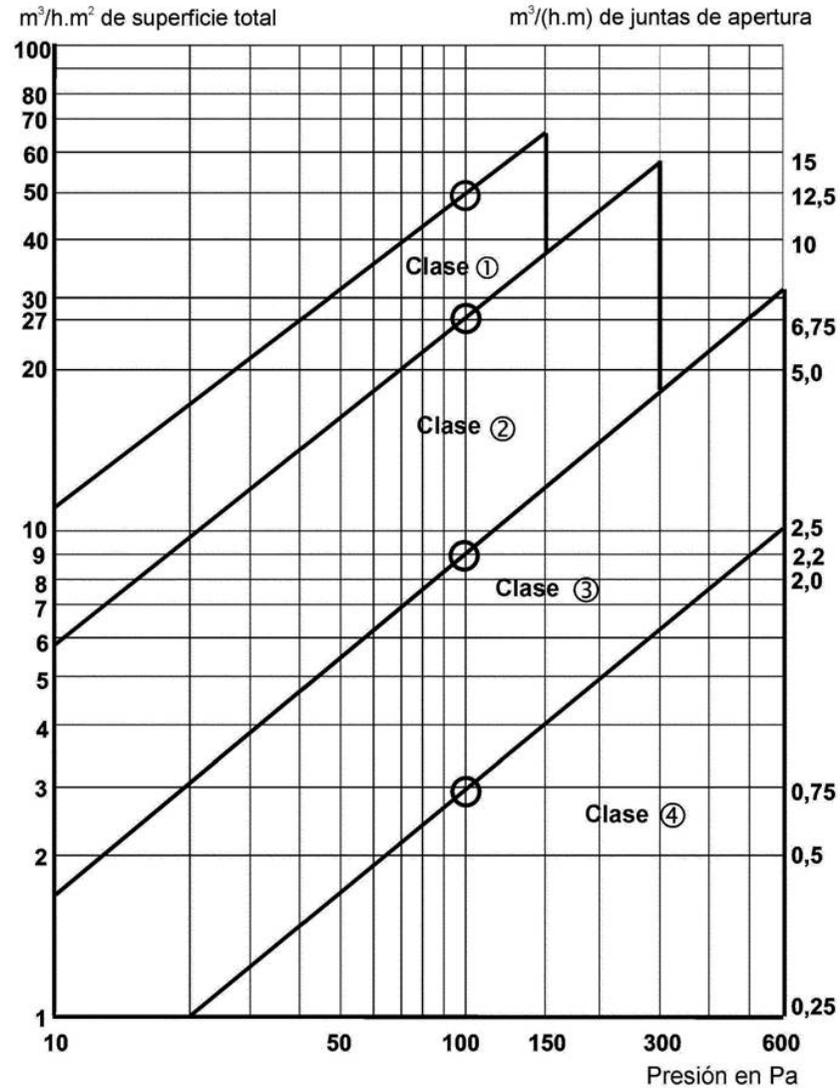
1	2	3	4
$SCV \leq 0,6$	$0,6 < SCV \leq 0,9$	$0,9 < SCV \leq 1,25$	$SCV > 1,25$

2) CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS HABITABLES (3.1.2)

3) DEFINICIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO (3.1.3)

4) CUMPLIMIENTO DE LAS LIMITACIONES DE PERMEABILIDAD (2.3)

- Zonas climáticas A y B: $50 \text{ m}^3/\text{h m}^2$
- Zonas climáticas C, D y E: $27 \text{ m}^3/\text{h m}^2$



5) CÁLCULO DE LAS TRANSMITANCIAS DE LOS ELEMENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO (Apéndice E)

Transmitancia térmica: Es el flujo de calor, en régimen estacionario, dividido por el área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del elemento que se considera. Viene definida por la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

donde R_T ($\text{m}^2\text{K/W}$) es la resistencia térmica total del elemento constructivo

PARÁMETROS QUE DEFINEN LA ENVOLVENTE TÉRMICA

- Transmitancia térmica de muros de fachada (U_M)
- Transmitancia térmica de medianerías (U_{MD})
- Transmitancia térmica de particiones interiores en contacto con espacios no habitables
- Transmitancia térmica de cubiertas (U_C)
- Transmitancia térmica de suelos (U_S)
- Transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno (U_T)
- Transmitancia térmica de huecos (U_H)
- Factor solar modificado de huecos (F_H)
- Factor solar modificado de lucernarios (F_L)

CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR (U_M , U_C y U_S)

(Apéndice E.1.1)

Aplicable a la parte opaca de todos los cerramientos en contacto con el exterior (muros de fachada, cubiertas y suelos en contacto con el exterior, así como sus puentes térmicos de superficie mayor de 0'50 m²).

Para su obtención se mantiene la sistemática tradicional por capas complementada con las resistencias térmicas superficiales de los cerramientos contenidas en la Tabla E.1.

$$U = 1/R_T$$

La resistencia térmica total R_T de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

$$R_T \text{ (m}^2 \text{ K/W)} = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

donde:

$R_1, R_2, R_3 \dots R_n$: resistencias térmicas de cada capa.

R_{si}, R_{se} : resistencias térmicas superficiales (Tabla E.1)

La resistencia térmica R_n de una capa térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

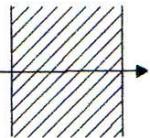
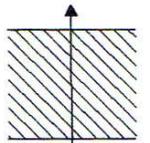
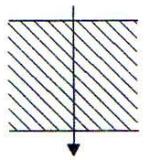
$$R_n = \frac{e(m)}{\lambda}$$

e: espesor de la capa (m).

λ : conductividad térmica (W/mK) (UNE EN ISO 10: 456:2001)

Resistencias térmicas superficiales

Tabla E.1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m^2K/W

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi
<p>Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal</p> 	0,04	0,13
<p>Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente</p> 	0,04	0,10
<p>Cerramientos horizontales y flujo descendente</p> 	0,04	0,17

Conductividades térmicas

MATERIALES		Densidad (kg / m ³)	Conductividad λ (W / mK)	Factor resist. dif. vapor de agua μ	
Pétreos y suelos	Basalto	2700 < d < 3000	3,500	10.000	
	Granito	2500 < d < 2700	2,800	10.000	
	Piedra pómez natural	d < 400	0,120	6	
	Roca natural porosa (por ejem. Lava)	d < 1600	0,550	15	
	Traquita, andesita	2000 < d < 2700	1,100	15	
	Arcilla o limo	1200 < d < 1800	1,500	50	
	Arena y grava	1700 < d < 2200	2,000	50	
	Arenisca	2200 < d < 2600	3,000	50	
	Asperón	1900 < d < 2500	1,800	40	
		1300 < d < 1900	0,900	20	
	Caliza	muy dura	2200 < d < 2590	2,300	200
		dura	2000 < d < 2190	1,700	150
		dureza media	1800 < d < 1990	1,400	40
		blanda	1600 < d < 1790	1,100	25
		muy blanda	d < 1590	0,850	20
	Silex	2600 < d < 2800	2,600	10.000	
	Gneis, Pórfido	2300 < d < 2900	3,500	10.000	
	Esquisto, Pizarra	2000 < d < 2800	2,200	800	
Mármol	2600 < d < 2800	3,500	10.000		
Tierra vegetal	d < 2050	0,520	1		
Piedra artificial	-	1,300	40		
Tierra apisonada, adobe, bloques de tierra comprimida	1770 < d < 2000	1,100	1		

$$R_n = e/\lambda$$

FÁBRICAS		Espesor/Grosor (mm)	Conductividad λ (W / mK)	Factor resist. dif. vapor de agua μ	
Fábricas de ladrillo	Tabique de LH sencillo	40 < E < 60	0,444	10	
	Tabicón de LH doble	60 < E < 90	0,375	10	
	Tabicón de LH triple	100 < E < 110	0,435	10	
	Tabique de LH sencillo Gran Formato	40 < E < 60	0,222	10	
	Tabicón de LH doble Gran Formato	60 < E < 90	0,182	10	
	Tabicón de LH triple Gran Formato	100 < E < 110	0,208	10	
	1/2 pie LP métrico o catalán		40 < G < 60	0,694	10
			60 < G < 80	0,595	10
			80 < G < 100	0,543	10
	1 pie LP métrico o catalán		40 < G < 60	0,743	10
			60 < G < 80	0,634	10
			80 < G < 100	0,553	10
1/2 pie LM métrico o catalán		40 < G < 50	1,042	10	
	1 pie LM métrico o catalán	40 < G < 50	1,529	10	
Fábricas de bloque cerámico de arcilla aligerada	BC con mortero convencional	140	0,438	10	
		190	0,432	10	
		240	0,421	10	
		290	0,426	10	
	BC con mortero aislante	140	0,318	10	
		190	0,302	10	
		240	0,296	10	
		290	0,296	10	
Fábricas de bloque de hormigón convencional	BH convencional	100	0,625	10	
		150	0,789	10	
		200	0,909	10	
		250	1,000	10	
		300	1,154	10	
Fábricas de bloque de hormigón aligerado	BH aligerado macizo	200	0,286	6	
		250	0,301	6	
		300	0,316	6	
	BH aligerado macizo -muro de carga-	300	0,309	6	
		BH aligerado hueco	250	0,472	6
			300	0,455	6
BH aligerado hueco -muro de carga-	300	0,448	6		

ACRISTALAMIENTOS - VIDRIOS										
Composición	Vidrios normales			vidrio normal + vidrio de baja emisividad						Factor solar (g _L)
	Transmitancia térmica (U _{H,v} en W / m ² K)		Factor solar (g _L)	0,1 < ε < 0,2		0,03 < ε < 0,1		ε < 0,03		
	en posición horizontal	en posición vertical		en posición horizontal	en posición vertical	en posición horizontal	en posición vertical	en posición horizontal	en posición vertical	
	Transmitancia térmica (U _{H,v} en W / m ² K)		Transmitancia térmica (U _{H,v} en W / m ² K)		Transmitancia térmica (U _{H,v} en W / m ² K)		Transmitancia térmica (U _{H,v} en W / m ² K)			
Monolíticos										
4	6,90	5,70	0,850	-	-	-	-	-	-	-
6	6,80	5,70	0,850	-	-	-	-	-	-	-
33.1	6,80	5,60	0,850	-	-	-	-	-	-	-
33.1a	6,80	5,60	0,850	-	-	-	-	-	-	-
44.1a	6,70	5,60	0,850	-	-	-	-	-	-	-
55.1a	6,60	5,50	0,850	-	-	-	-	-	-	-
66.1a	6,50	5,40	0,850	-	-	-	-	-	-	-
Dobles (vidrio-cámara-vidrio)										
4-6-4	3,60	3,30	0,750	3,00	2,70	2,80	2,60	2,60	2,50	0,700
4-6-6	3,60	3,30	0,750	2,90	2,70	2,80	2,60	2,60	2,40	0,700
4-6-33.1	3,60	3,20	0,750	2,90	2,70	2,80	2,50	2,60	2,40	0,700
4-6-44.1a	3,60	3,20	0,750	2,90	2,70	2,70	2,50	2,60	2,40	0,700
4-6-55.1a	3,50	3,20	0,750	2,90	2,70	2,70	2,50	2,60	2,40	0,700
4-6-66.1a	3,50	3,20	0,750	2,90	2,60	2,70	2,50	2,60	2,40	0,700

CERRAMIENTOS CON CÁMARA DE AIRE

Apartado E.1.1.6. (CTE-DB HE-1)

TIPOS DE CÁMARAS DE AIRE	
Cámaras de aire SIN ventilar	500 mm ² /m (c.a. verticales) 500 mm ² /m ² (c.a. horizontales)
Cámaras de aire LIGERAMENTE ventiladas	500 mm ² /m < S _{aberturas} ≤ 1500 mm ² /m (c.a. verticales) 500 mm ² /m ² < S _{aberturas} ≤ 1500 mm ² /m ² (c.a. horizont.)
Cámaras de aire MUY ventiladas	S _{aberturas} > 1500 mm ² /m (c.a. verticales) S _{aberturas} > 1500 mm ² /m ² (c.a. horizontales)

CERRAMIENTOS CON CÁMARA DE AIRE

Apartado E.1.1.6. (CTE-DB HE-1)

e (cm.)	Horizontal	Vertical
1	0.15	0.15
2	0.16	0.17
5	0.16	0.18

TABLA E.2. Resistencias térmicas de cámaras de aire sin ventilar en m² K/W

CERRAMIENTOS CON CÁMARA DE AIRE

Apartado E.1.1.6. (CTE-DB HE-1)

RESISTENCIAS DE CÁMARAS DE AIRE	
Cámaras de aire SIN ventilar	VALORES TABLA E.2
Cámaras de aire LIGERAMENTE ventiladas	50% VALORES TABLA E.2
Cámaras de aire MUY ventiladas	Se <u>desprecian</u> las capas entre la cámara y el exterior Se toman de resistencias Rsi + Rsi

CERRAMIENTOS MEDIANEROS (U_{MD})

Se calcularán como un cerramiento en contacto con el exterior pero considerando las resistencias térmicas superficiales como interiores.

Transmitancia térmica: $U = 1/R_T$

$$R_T \text{ (m}^2 \text{ K/W)} = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{si}$$

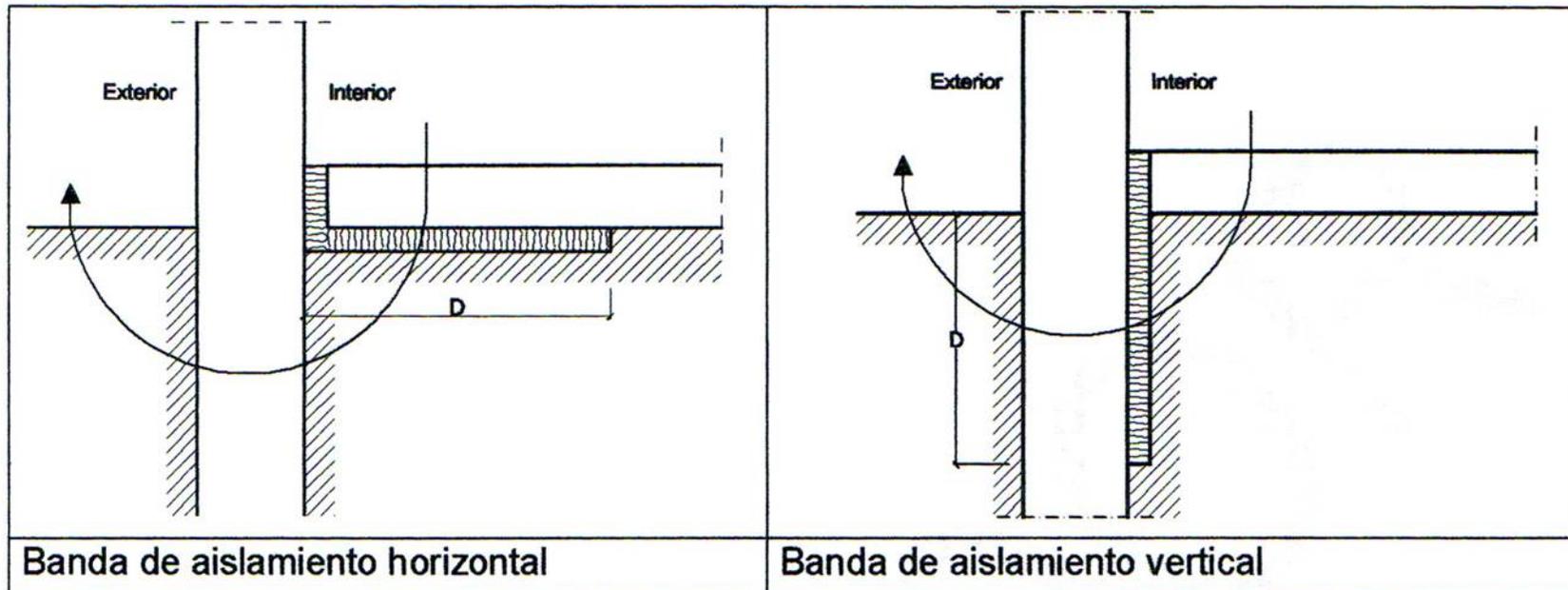
CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO (U_T)

SUELOS EN CONTACTO CON EL TERRENO (CASO 1)

Soleras o losas apoyadas en el terreno o a 0,50 m de profundidad máxima

Apartado E.1.2.1. (CTE-DB HE-1)

Figura E.1. Soleras con aislamiento perimetral



SUELOS EN CONTACTO CON EL TERRENO (CASO 1)

$$B' = \frac{A}{P/2}$$

$$R_a = \frac{e_a}{\lambda_a}$$

Tabla E.3 Transmitancia térmica U_s en $W/m^2 K$

B'	R_a	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				
		R_a (m ² K/W)					R_a (m ² K/W)					R_a (m ² K/W)				
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

La transmitancia térmica del primer metro de losa o solera se obtendrá de la fila $B'=1$.

SUELOS EN CONTACTO CON EL TERRENO (CASO 2)

Soleras o losas enterradas a más de 0,50 m de profundidad

Apartado E.1.2.1. (CTE-DB HE-1)

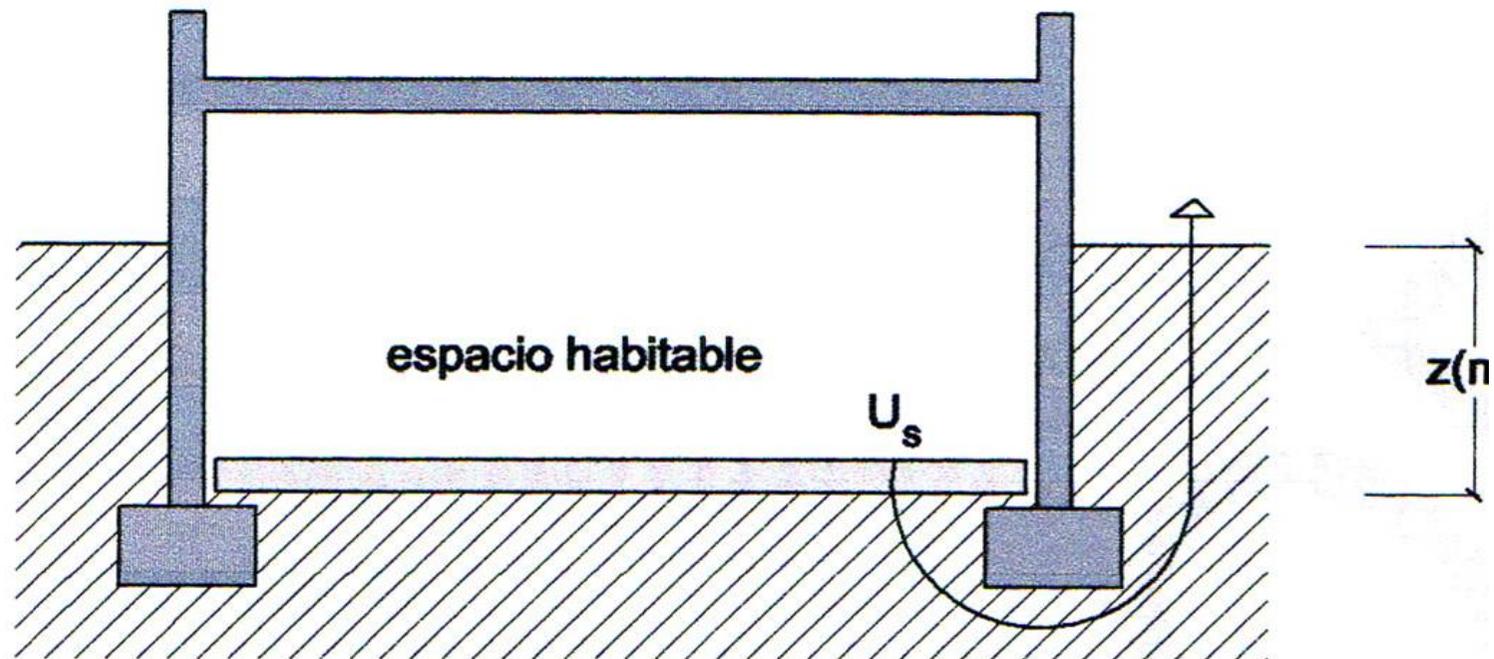


Figura E.2. Solera enterrada

SUELOS EN CONTACTO CON EL TERRENO (CASO 2)

$$R_f = \sum \frac{e_n}{\lambda_n}$$

$$B' = \frac{A}{P/2}$$

Tabla E.4 Transmitancia térmica U_s en $W/m^2 K$

B'	0.5 m < z ≤ 1.0 m				1.0 m < z ≤ 2.0 m				2.0 m < z ≤ 3.0 m				z > 3.0 m			
	Rf (m ² K/W)				Rf (m ² K/W)				Rf (m ² K/W)				Rf (m ² K/W)			
	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50
5	0,64	0,52	0,44	0,39	0,54	0,45	0,40	0,36	0,42	0,37	0,34	0,31	0,35	0,32	0,29	0,27
6	0,57	0,46	0,40	0,35	0,48	0,41	0,36	0,33	0,38	0,34	0,31	0,28	0,32	0,29	0,27	0,25
7	0,52	0,42	0,37	0,33	0,44	0,38	0,33	0,30	0,35	0,31	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,24
8	0,47	0,39	0,34	0,30	0,40	0,35	0,31	0,28	0,33	0,29	0,27	0,25	0,28	0,26	0,24	0,22
9	0,43	0,36	0,32	0,28	0,37	0,32	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,23	0,26	0,24	0,22	0,21
10	0,40	0,34	0,30	0,27	0,35	0,30	0,27	0,25	0,29	0,26	0,24	0,22	0,25	0,23	0,21	0,20
12	0,36	0,30	0,27	0,24	0,31	0,27	0,24	0,22	0,26	0,23	0,21	0,20	0,22	0,21	0,19	0,18
14	0,32	0,27	0,24	0,22	0,28	0,25	0,22	0,20	0,23	0,21	0,20	0,18	0,20	0,19	0,18	0,17
16	0,29	0,25	0,22	0,20	0,25	0,23	0,20	0,19	0,21	0,20	0,18	0,17	0,19	0,17	0,16	0,16
18	0,26	0,23	0,20	0,19	0,23	0,21	0,19	0,18	0,20	0,18	0,17	0,16	0,17	0,16	0,15	0,15
≥20	0,24	0,21	0,19	0,17	0,22	0,19	0,18	0,16	0,18	0,17	0,16	0,15	0,16	0,15	0,14	0,14

La transmitancia térmica del primer metro de muro enterrado se obtendrá de la columna z=1 m (incongruencia).

MUROS EN CONTACTO CON EL TERRENO

Apartado E.1.2.2 (CTE-DB HE-1)

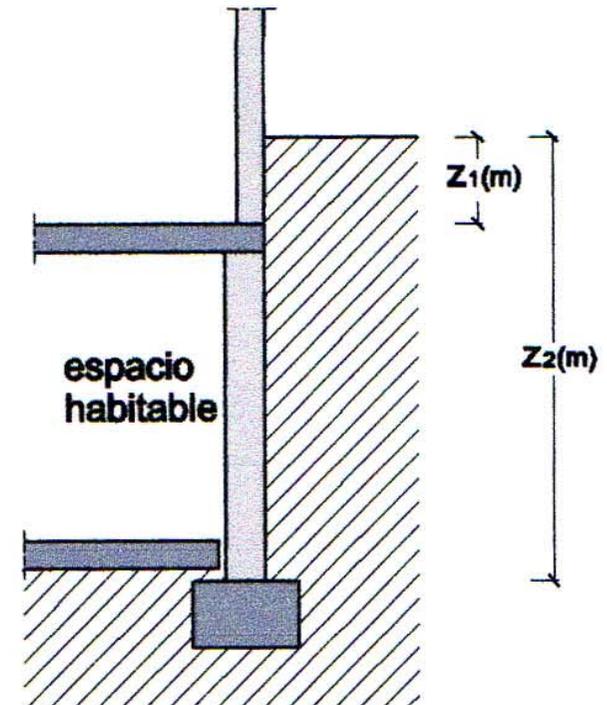
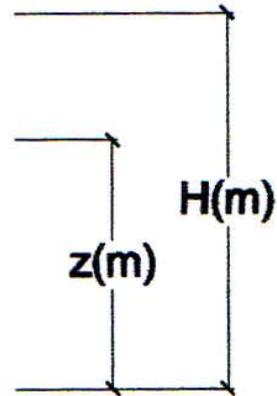
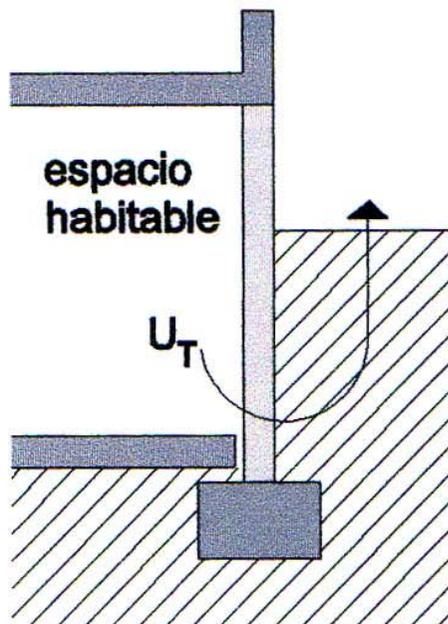


Figura E.3 Muro en contacto con el terreno

Figura E.4 Muro enterrado

MUROS EN CONTACTO CON EL TERRENO

Tabla E.5 Transmitancia térmica de muros enterrados U_T en $W/m^2 K$

Rm ($m^2 K/W$)	Profundidad z de la parte enterrada del muro (m)					
	0,5	1	2	3	4	≥ 6
0,00	3,05	2,20	1,48	1,15	0,95	0,71
0,50	1,17	0,99	0,77	0,64	0,55	0,44
1,00	0,74	0,65	0,54	0,47	0,42	0,34
1,50	0,54	0,49	0,42	0,37	0,34	0,28
2,00	0,42	0,39	0,35	0,31	0,28	0,24

La transmitancia térmica del primer metro de muro enterrado se obtendrá de la columna $z=1$

En el caso de muros cuya composición varíe con la profundidad (fig. E.4), la transmitancia térmica se obtendrá con la expresión:

$$U_T = (U_1 \cdot z_1 + U_2 \cdot z_2 - U_{12} \cdot z_1) / z_2$$

CUBIERTAS ENTERRADAS

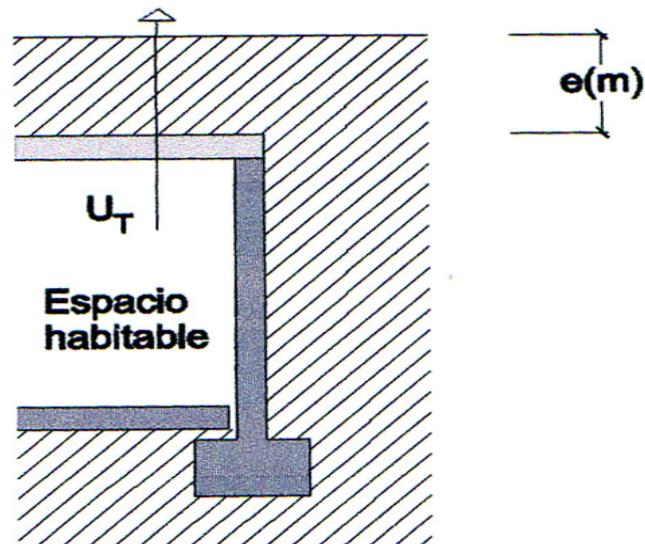


Figura E.5 Cubierta enterrada

La transmitancia de las cubiertas enterradas se obtendrá considerando el terreno como otra capa de conductividad $\lambda=2 \text{ W/mK}$

PARTICIONES INTERIORES EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES (U)

PARTICIONES INTERIORES

Apartado E.1.3.1 (CTE-DB HE-1)

$$U = U_p \cdot b$$

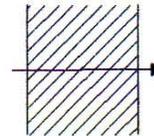
Tabla E.6

Posición de la *partición interior* y sentido del flujo de calor

R_{se}

R_{si}

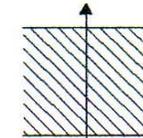
Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal



0,13

0,13

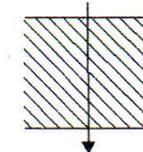
Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente



0,10

0,10

Particiones interiores horizontales y flujo descendente



0,17

0,17

PARTICIONES INTERIORES

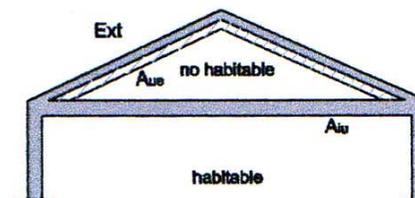
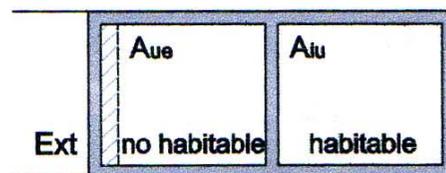
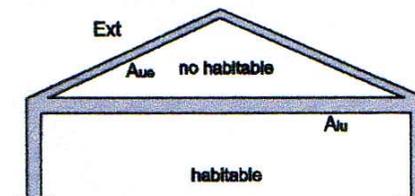
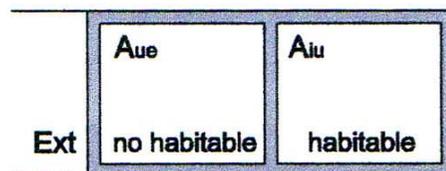
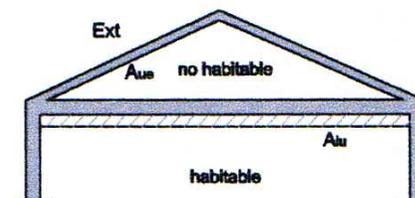
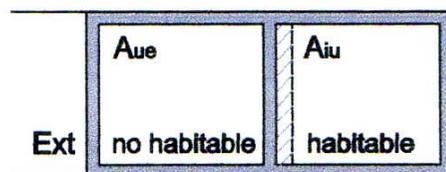


Figura E.6 Espacios habitables en contacto con espacios no habitables

PARTICIONES INTERIORES

Tabla E.7 Coeficiente de reducción de temperatura b

A_{iu}/A_{ue}	No aislado _{ue} - Aislado _{iu}		No aislado _{ue} -No aislado _{iu}		Aislado _{iu} -No aislado _{iu}	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0.25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
0.25 ≤ 0.50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0.50 ≤ 0.75	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
0.75 ≤ 1.00	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
1.00 ≤ 1.25	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
1.25 ≤ 2.00	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
2.00 ≤ 2.50	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
2.50 ≤ 3.00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3.00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

Caso 1: Espacio ligeramente ventilado. Nivel de estanqueidad 1, 2 ó 3

Caso 2: Espacio muy ventilado. Nivel de estanqueidad 4 ó 5

Tabla E.8 Tasa de renovación de aire entre espacios no habitables y el exterior (h^{-1})

Nivel de estanqueidad		h^{-1}
1	Ni puertas, ni ventanas, ni aberturas de ventilación	0
2	Todos los componentes sellados, sin aberturas de ventilación	0,5
3	Todos los componentes bien sellados, pequeñas aberturas de ventilación	1
4	Poco estanco, a causa de juntas abiertas o presencia de aberturas de ventilación permanentes	5
5	Poco estanco, con numerosas juntas abiertas o aberturas de ventilación permanentes grandes o numerosas	10

PARTICIONES INTERIORES

Para el resto de espacios no habitables, el coeficiente de reducción de temperatura b se define mediante la siguiente expresión:

$$b = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}$$

siendo:

H_{ue} es el coeficiente de pérdida del espacio no habitable hacia el exterior

$$H_{ue} = \sum U_{ue} A_{ue} + 0,34Q_{ue}$$

H_{iu} es el coeficiente de pérdida del espacio habitable hacia el espacio no habitable

$$H_{iu} = \sum U_{iu} A_{iu} + 0,34Q_{iu}$$

SUELOS EN CONTACTO CON CÁMARAS SANITARIAS

Apartado E.1.3.2 (CTE-DB HE-1)

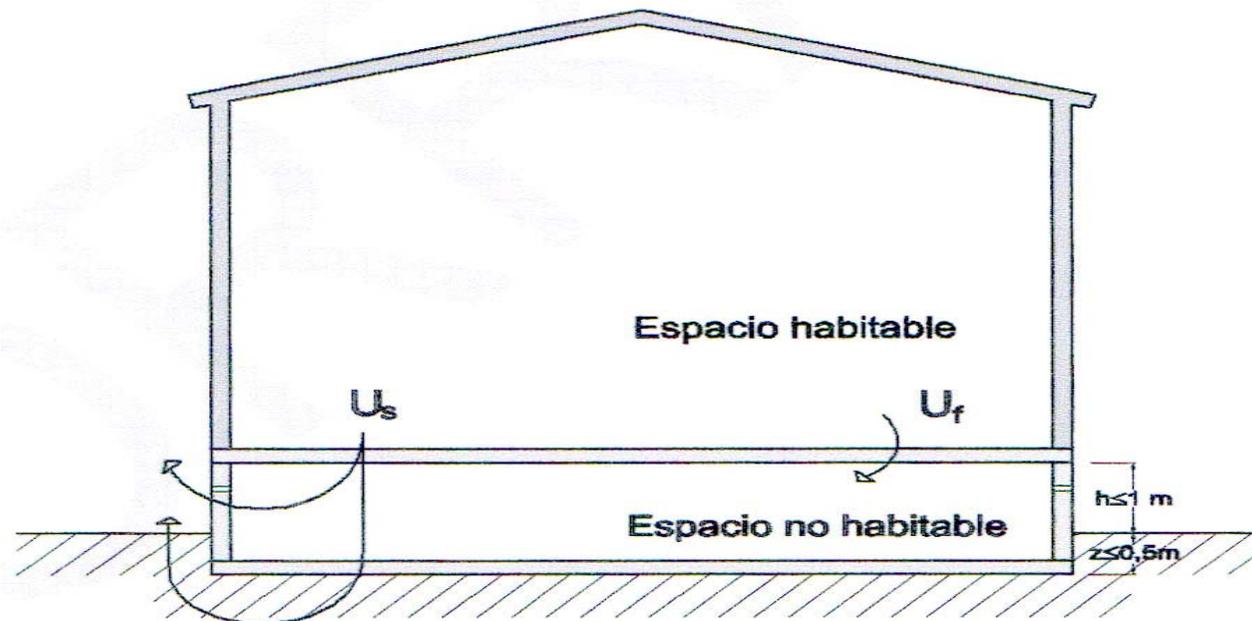


Figura 3.8. Cámaras sanitarias

SUELOS EN CONTACTO CON CÁMARAS SANITARIAS

Tabla E.9 Transmitancia térmica U_s en $W/m^2 K$

B'	R_r (m^2K/W)					
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
5	2,63	1,14	0,72	0,53	0,42	0,35
6	2,30	1,07	0,70	0,52	0,41	0,34
7	2,06	1,01	0,67	0,50	0,40	0,33
8	1,87	0,97	0,65	0,49	0,39	0,33
9	1,73	0,93	0,63	0,48	0,39	0,32
10	1,61	0,89	0,62	0,47	0,38	0,32
12	1,43	0,83	0,59	0,45	0,37	0,31
14	1,30	0,79	0,57	0,44	0,36	0,31
16	1,20	0,75	0,55	0,43	0,35	0,30
18	1,12	0,72	0,53	0,42	0,35	0,29
20	1,06	0,69	0,51	0,41	0,34	0,29
22	1,00	0,67	0,50	0,40	0,33	0,29
24	0,96	0,65	0,49	0,39	0,33	0,28
26	0,92	0,63	0,48	0,39	0,32	0,28
28	0,89	0,61	0,47	0,38	0,32	0,28
30	0,86	0,60	0,46	0,38	0,32	0,27
32	0,83	0,59	0,45	0,37	0,31	0,27
34	0,81	0,58	0,45	0,37	0,31	0,27
≥36	0,79	0,57	0,44	0,36	0,31	0,27

$$R_f = \sum \frac{e_n}{\lambda_n}$$

$$B' = \frac{A}{P/2}$$

HUECOS Y LUCERNARIOS (U_H)

TRANSMITANCIA DE HUECOS

Apartado E.1.4.1 (CTE-DB HE-1)

$$U_H = (1-FM) U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m}$$

siendo:

$U_{H,v}$: transmitancia térmica del vidrio

$U_{H,m}$: transmitancia térmica del marco de la ventana

FM : fracción del hueco ocupado por el marco

FACTOR SOLAR MODIFICADO DE HUECOS Y LUCERNARIOS

Apartado E.2 (CTE-DB HE-1)

$$F = F_S [(1-FM) g_{\perp} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha]$$

siendo:

F_S : factor de sombra del hueco (Tablas E.11 a E.15)

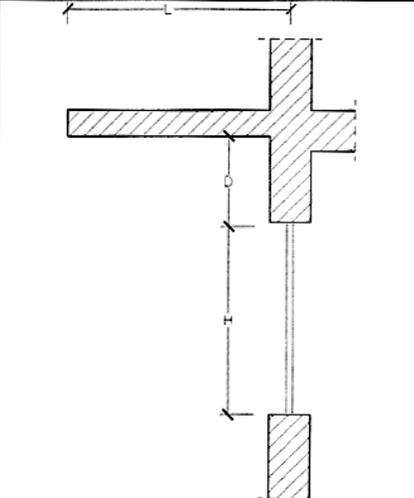
FM : fracción del hueco ocupado por el marco

g_{\perp} : factor solar del vidrio

U_m : transmitancia térmica del marco

α : absortividad del marco en función de su color (Tabla E.10)

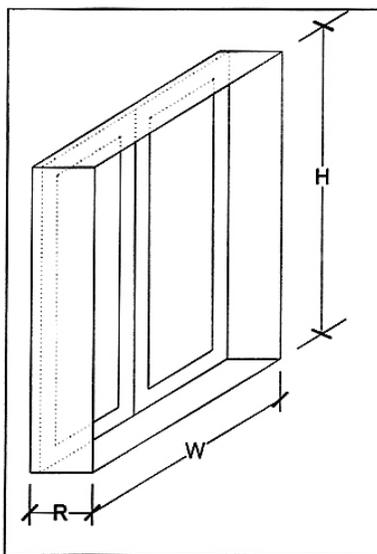
Tabla E.11: Factor de sombra para obstáculos de fachada: Voladizo



NOTA: En caso de que exista un retranqueo, la longitud L se medirá desde el centro del acristalamiento.

ORIENTACIONES DE FACHADAS			$0,2 < L/H \leq 0,5$	$0,5 < L/H \leq 1$	$1 < L/H \leq 2$	$L/H > 2$
S	$0 < D/H \leq 0,2$		0,82	0,50	0,28	0,16
	$0,2 < D/H \leq 0,5$		0,87	0,64	0,39	0,22
	$D/H > 0,5$		0,93	0,82	0,60	0,39
SE/SO	$0 < D/H \leq 0,2$		0,90	0,71	0,43	0,16
	$0,2 < D/H \leq 0,5$		0,94	0,82	0,60	0,27
	$D/H > 0,5$		0,98	0,93	0,84	0,65
E/O	$0 < D/H \leq 0,2$		0,92	0,77	0,55	0,22
	$0,2 < D/H \leq 0,5$		0,96	0,86	0,70	0,43
	$D/H > 0,5$		0,99	0,96	0,89	0,75

Tabla E.12: Factor de sombra para obstáculos de fachada: Retranqueo



		ORIENTACIONES DE FACHADAS			
		0,05 < R/W ≤ 0,1	0,1 < R/W ≤ 0,2	0,2 < R/W ≤ 0,5	R/W > 0,5
S	0,05 < R/H ≤ 0,1	0,82	0,74	0,62	0,39
	0,1 < R/H ≤ 0,2	0,76	0,67	0,56	0,35
	0,2 < R/H ≤ 0,5	0,56	0,51	0,39	0,27
	R/H > 0,5	0,35	0,32	0,27	0,17
SE/SO	0,05 < R/H ≤ 0,1	0,86	0,81	0,72	0,51
	0,1 < R/H ≤ 0,2	0,79	0,74	0,66	0,47
	0,2 < R/H ≤ 0,5	0,59	0,56	0,47	0,36
	R/H > 0,5	0,38	0,36	0,32	0,23
E/O	0,05 < R/H ≤ 0,1	0,91	0,87	0,81	0,65
	0,1 < R/H ≤ 0,2	0,86	0,82	0,76	0,61
	0,2 < R/H ≤ 0,5	0,71	0,68	0,61	0,51
	R/H > 0,5	0,53	0,51	0,48	0,39

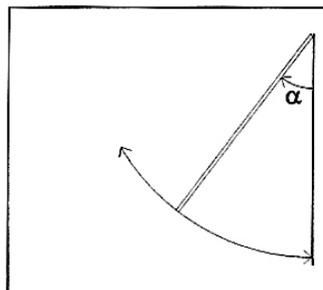
Tabla E.13 Factor de sombra para obstáculos de fachada: lamas

LAMAS HORIZONTALES		ANGULO DE INCLINACIÓN (β)		
		0	30	60
ORIENTACIÓN	SUR	0,49	0,42	0,26
	SURESTE/ SUROESTE	0,54	0,44	0,26
	ESTE/ OESTE	0,57	0,45	0,27

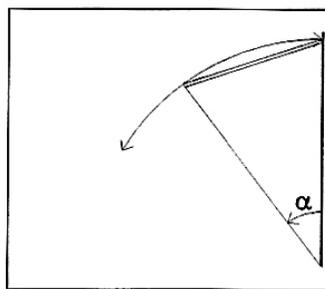
LAMAS VERTICALES		ANGULO DE INCLINACIÓN (σ)						
		-60	-45	-30	0	30	45	60
ORIENTACIÓN	SUR	0,37	0,44	0,49	0,53	0,47	0,41	0,32
	SURESTE	0,46	0,53	0,56	0,56	0,47	0,40	0,30
	ESTE	0,39	0,47	0,54	0,63	0,55	0,45	0,32
	OESTE	0,44	0,52	0,58	0,63	0,50	0,41	0,29
	SUROESTE	0,38	0,44	0,50	0,56	0,53	0,48	0,38

NOTAS Los valores de factor de sombra que se indican en estas tablas han sido calculados para una relación D/L igual o inferior a 1.
El ángulo σ debe ser medido desde la normal a la fachada hacia el plano de las lamas, considerándose positivo en dirección horaria.

Tabla E.14 Factor de sombra para obstáculos de fachada: toldos

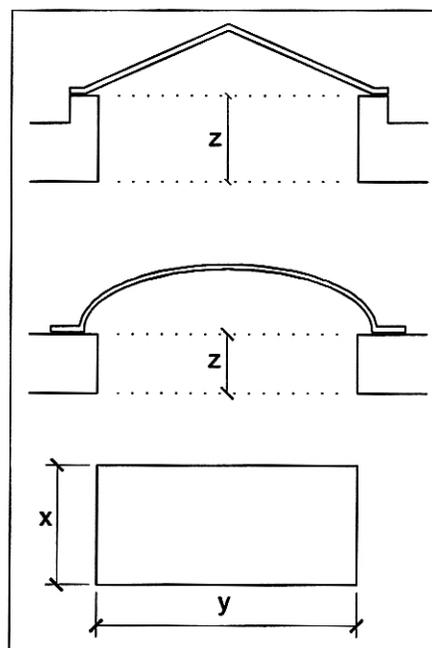


CASO A	Tejido opacos $\tau=0$		Tejidos translúcidos $\tau=0,2$	
	α	SE/S/SO	E/O	SE/S/SO
30	0,02	0,04	0,22	0,24
45	0,05	0,08	0,25	0,28
60	0,22	0,28	0,42	0,48



CASO B	Tejido opacos $\tau=0$			Tejidos translúcidos $\tau=0,2$		
	α	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
30	0,43	0,61	0,67	0,63	0,81	0,87
45	0,20	0,30	0,40	0,40	0,50	0,60
60	0,14	0,39	0,28	0,34	0,42	0,48

Tabla E.15 Factor de sombra para lucernarios

		Y / Z						
		0,1	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0	
	X / Z	0,1	0,42	0,43	0,43	0,43	0,44	0,44
		0,5	0,43	0,46	0,48	0,50	0,51	0,52
		1,0	0,43	0,48	0,52	0,55	0,58	0,59
		2,0	0,43	0,50	0,55	0,60	0,66	0,68
		5,0	0,44	0,51	0,58	0,66	0,75	0,79
		10,0	0,44	0,52	0,59	0,68	0,79	0,85

NOTAS Los valores de factor de sombra que se indican en esta tabla son válidos para lucernarios sensiblemente horizontales.
En caso de lucernarios de planta elíptica o circular podrán tomarse como dimensiones características equivalentes los ejes mayor y menor o el diámetro.

Tabla E.10 Absortividad del marco para radiación solar α

Color	Claro	Medio	Oscuro
Blanco	0,20	0,30	---
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	---
Negro	---	0,96	---

6) TRANSMITANCIAS MÁXIMAS DE LOS ELEMENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO (Tabla 2.1)

Tabla 2.1.- Transmitancia térmica máxima de *cerramientos y particiones interiores* de la envolvente térmica U en W/m² K

(Novedad destinada a evitar descompensaciones entre la calidad térmica de los cerramientos de los diferentes espacios manteniendo unos valores máximos)

<i>Cerramientos y particiones interiores</i>	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con <i>espacios no habitables</i> , primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos ⁽²⁾	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

7) CÁLCULO DE LOS PARAMETROS CARACTERÍSTICOS MEDIOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO (Tabla 3.1)

Cálculo de la media de los distintos parámetros característicos de la zona de baja carga interna y de la zona de alta carga interna:

- Transmitancia térmica U ($W/m^2 K$). Su cálculo ha de efectuarse por categorías según el siguiente listado:
 - Transmitancia media de cubiertas U_{Cm} , incluyendo en el promedio la transmitancia media de sus lucernarios U_L y de sus puentes térmicos U_{PC} .
 - Transmitancia media de los suelos U_{Sm} .
 - Transmitancia media de los muros de fachada para cada orientación U_{Mm} , incluyendo en el promedio sus puentes térmicos, como: contorno de huecos U_{PF1} , pilares en fachadas U_{PF2} y cajas de persianas U_{PF3} (u otros).
 - Transmitancia media de cerramientos en contacto con el terreno U_{Tm} .
 - Transmitancia media de huecos de fachadas U_{Hm} para cada orientación.
 - Factor solar modificado medio de huecos y lucernarios.

Tabla 3.1 Síntesis del procedimiento de comparación con los valores límite

<i>Cerramientos y particiones interiores</i>	Componentes		Parámetros característicos	Parámetros característicos medios	Comparación con los valores límites
CUBIERTAS	C ₁	En contacto con el aire	U _{C1}	$U_{Cm} = \frac{\sum A_C \cdot U_C + \sum A_{PC} \cdot U_{PC} + \sum A_L \cdot U_L}{\sum A_C + \sum A_{PC} + \sum A_L}$	U _{Cm} ≤ U _{Clim}
	C ₂	En contacto con un espacio no habitable	U _{C2}		
	P _C	Puente térmico (Contorno de lucernario > 0,5 m ²)	U _{PC}		
			U _L		
	L	Lucernarios	F _L	$F_{Lm} = \frac{\sum A_F \cdot F_L}{\sum A_F}$	F _{Lm} ≤ F _{Llim}

FACHADAS	M_1	Muro en contacto con el aire	U_{M1}	$U_{Mm} = \frac{\sum A_M \cdot U_M + \sum A_{PF} \cdot U_{PF}}{\sum A_M + \sum A_{PF}}$	$U_{Mm} \leq U_{Mlim}$
	M_2	Muro en contacto con espacios no habitables	U_{M2}		
	P_{F1}	Puente térmico (contorno de huecos >0,5 m ²)	U_{PF1}		
	P_{F2}	Puente térmico (pilares en fachada >0,5 m ²)	U_{PF2}		
	P_{F3}	Puente térmico (caja de persianas > 0,5 m ²)	U_{PF3}		
	H	Huecos	U_H		
			F_H	$F_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot F_H}{\sum A_H}$	$F_{Hm} \leq F_{Hlim}$

SUELOS	S ₁	Apoyados sobre el terreno	U _{S1}	$U_{Tm} = \frac{\sum A_T \cdot U_T}{\sum A_T}$	U _{Sm} ≤ U _{Slim}
	S ₂	En contacto con espacios no habitables	U _{S2}		
	S ₃	En contacto con el aire exterior	U _{S3}		
CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO	T ₁	Muros en contacto con el terreno	U _{T1}	$U_{Hm} = \frac{\sum A_s \cdot U_s}{\sum A_s}$	U _{Tm} ≤ U _{Mlim}
	T ₂	Cubiertas enterradas	U _{T2}		
	T ₃	Suelos a una profundidad mayor de 0,5 m	U _{T3}		

8) PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS MEDIOS LÍMITES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO (Tabla 2.2)

Conformidad con la Opción simplificada.

Un edificio cumple con la limitación de la demanda energética conforme la Opción Simplificada, cuando los parámetros característicos medios de todos los cerramientos de la envolvente son inferiores a los valores límite indicados en la Tabla 2.2

Tablas 2.2 Valores límite de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA A3

**Transmitancia límite de muros de fachada y
cerramientos en contacto con el terreno**

$U_{Mlim}: 0,94 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de suelos

$U_{Slim}: 0,53 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de cubiertas

$U_{Clim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$F_{Lim}: 0,29$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	4,7 (5,6)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	4,1 (4,6)	5,5 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	3,8 (4,1)	5,2 (5,5)	5,7	5,7	-	-	-	0,48	-	0,51
de 41 a 50	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,57	-	0,60	0,41	0,57	0,44
de 51 a 60	3,4 (3,6)	4,8 (4,9)	5,7	5,7	0,50	-	0,54	0,36	0,51	0,39

ZONA CLIMÁTICA A4

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$$U_{Mlim}: 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Transmitancia límite de suelos

$$U_{Slim}: 0,53 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Transmitancia límite de cubiertas

$$U_{Clim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$$F_{Llim}: 0,29$$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} W/m ² K				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	4,7 (5,6)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	4,1 (4,6)	5,5 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,56	-	0,57
de 31 a 40	3,8 (4,1)	5,2 (5,5)	5,7	5,7	0,57	-	0,58	0,43	0,59	0,44
de 41 a 50	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,47	-	0,48	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	3,4 (3,6)	4,8 (4,9)	5,7	5,7	0,40	0,55	0,42	0,30	0,42	0,32

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,67 se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas A3 y A4.

ZONA CLIMÁTICA B3

**Transmitancia límite de muros de fachada y
cerramientos en contacto con el terreno**
Transmitancia límite de suelos
Transmitancia límite de cubiertas
Factor solar modificado límite de lucernarios

$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $F_{Llim}: 0,30$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,57	-	-
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	-	-	-	0,45	-	0,50
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,53	-	0,59	0,38	0,57	0,43
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

ZONA CLIMÁTICA B4

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Transmitancia límite de suelos

$$U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Transmitancia límite de cubiertas

$$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$$F_{Llim}: 0,28$$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} W/m ² K				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,55	-	0,57
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	0,55	-	0,58	0,42	0,59	0,44
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,45	-	0,48	0,34	0,49	0,36
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,39	0,55	0,41	0,29	0,42	0,31

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,58 se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas B3 y B4.

ZONA CLIMÁTICA C1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Transmitancia límite de suelos

$$U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Transmitancia límite de cubiertas

$$U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$$F_{Llim}: 0,37$$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} W/m ² K				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,56	-	0,60
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	-	-	-	0,47	-	0,52
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	-	-	-	0,42	-	0,46

ZONA CLIMÁTICA C2

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Transmitancia límite de suelos

$$U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Transmitancia límite de cubiertas

$$U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$$F_{Llim}: 0,32$$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} $\text{W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,47	-	0,51
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,59	-	-	0,40	0,58	0,43
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,51	-	0,55	0,35	0,52	0,38

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,52 se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas C1, C2, C3 y C4.

ZONA CLIMÁTICA C3

Transmitancia límite de muros de fachada y
cerramientos en contacto con el terreno

$$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Transmitancia límite de suelos

$$U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Transmitancia límite de cubiertas

$$U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$$F_{Llim}: 0,28$$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} W/m ² K				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,55	-	0,59
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,43	-	0,46
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,51	-	0,54	0,35	0,52	0,39
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,43	-	0,47	0,31	0,46	0,34

ZONA CLIMÁTICA C4

Transmitancia límite de muros de fachada y
cerramientos en contacto con el terreno

$$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Transmitancia límite de suelos

$$U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Transmitancia límite de cubiertas

$$U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$$F_{Lim}: 0,27$$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} $\text{W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,54	-	0,56
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	0,54	-	0,56	0,41	0,57	0,43
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,47	-	0,46	0,34	0,47	0,35
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,38	0,53	0,39	0,29	0,40	0,30

ZONA CLIMÁTICA D1

**Transmitancia límite de muros de fachada y
cerramientos en contacto con el terreno**

$$U_{Mlim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Transmitancia límite de suelos

$$U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Transmitancia límite de cubiertas

$$U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$$F_{Llim}: 0,36$$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} W/m ² K				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,54	-	0,58
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	-	-	-	0,45	-	0,49
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	-	-	-	0,40	0,57	0,44

ZONA CLIMÁTICA D2

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$$U_{Mlim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Transmitancia límite de suelos

$$U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Transmitancia límite de cubiertas

$$U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$$F_{Lim}: 0,31$$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} W/m ² K				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	0,58	-	0,61
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,46	-	0,49
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	-	-	0,61	0,38	0,54	0,41
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	0,49	-	0,53	0,33	0,48	0,36

ZONA CLIMÁTICA D3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$$U_{Mlim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Transmitancia límite de suelos

$$U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Transmitancia límite de cubiertas

$$U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$$F_{Llim}: 0,28$$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} W/m ² K				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	0,54	-	0,57
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,42	0,58	0,45
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	0,50	-	0,53	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	0,42	0,61	0,46	0,30	0,43	0,32

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,47 se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas D1, D2 y D3.

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA Zona de baja carga interna Zona de alta carga interna

MUROS (U_{Mm}) y (U_{Tm})				
Tipos	A (m ²)	U (W/m ² °K)	A · U (W°K)	Resultados
N				$\Sigma A =$ <input type="text"/>
				$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
				$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
E				$\Sigma A =$ <input type="text"/>
				$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
				$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
O				$\Sigma A =$ <input type="text"/>
				$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
				$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
S				$\Sigma A =$ <input type="text"/>
				$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
				$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
SE				$\Sigma A =$ <input type="text"/>
				$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
				$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
SO				$\Sigma A =$ <input type="text"/>
				$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
				$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
C-TER				$\Sigma A =$ <input type="text"/>
				$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
				$U_{Tm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>

SUELOS (U_{Sm})				
Tipos	A (m ²)	U (W/m ² °K)	A · U (W°K)	Resultados
				$\Sigma A =$ <input type="text"/>
				$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
				$U_{Sm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U_{Cm} , F_{Lm})				
Tipos	A (m ²)	U (W/m ² °K)	A · U (W°K)	Resultados
				$\Sigma A =$ <input type="text"/>
				$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
				$U_{Cm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>

Tipos	A (m ²)	F	A · F (m ²)	Resultados	Tipos
				$\Sigma A =$ <input type="text"/>	
				$\Sigma A \cdot F =$ <input type="text"/>	
				$F_{Tm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$ <input type="text"/>	

ZONA CLIMÁTICA Zona de baja carga interna Zona de alta carga interna

HUECOS (U_{Him} , F_{Him})							
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °K)	A · U (W/°K)	Resultados		
Z					$\Sigma A =$	<input type="text"/>	
					$\Sigma A \cdot U =$	<input type="text"/>	
					$U_{Him} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	<input type="text"/>	
Tipos	A (m ²)	U	F	A · U	A · F (m ²)	Resultados	Tipos
E						$\Sigma A =$	<input type="text"/>
						$\Sigma A \cdot U =$	<input type="text"/>
						$\Sigma A \cdot F =$	<input type="text"/>
						$U_{Him} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	<input type="text"/>
						$F_{Him} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$	<input type="text"/>
O						$\Sigma A =$	<input type="text"/>
						$\Sigma A \cdot U =$	<input type="text"/>
						$\Sigma A \cdot F =$	<input type="text"/>
						$U_{Him} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	<input type="text"/>
						$F_{Him} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$	<input type="text"/>
S						$\Sigma A =$	<input type="text"/>
						$\Sigma A \cdot U =$	<input type="text"/>
						$\Sigma A \cdot F =$	<input type="text"/>
						$U_{Him} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	<input type="text"/>
						$F_{Him} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$	<input type="text"/>
SE						$\Sigma A =$	<input type="text"/>
						$\Sigma A \cdot U =$	<input type="text"/>
						$\Sigma A \cdot F =$	<input type="text"/>
						$U_{Him} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	<input type="text"/>
						$F_{Him} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$	<input type="text"/>
SO						$\Sigma A =$	<input type="text"/>
						$\Sigma A \cdot U =$	<input type="text"/>
						$\Sigma A \cdot F =$	<input type="text"/>
						$U_{Him} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	<input type="text"/>
						$F_{Him} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$	<input type="text"/>



FICHA 3 CONFORMIDAD-Condensaciones

CERRAMIENTOS, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS									
Tipos	C. superficiales		C. intersticiales						
	$f_{Rsi} \geq f_{Rsmín}$	$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7
	f_{Rsi}	$P_{sat,n}$							
	$f_{Rsmín}$	P_n							
	f_{Rsi}	$P_{sat,n}$							
	$f_{Rsmín}$	P_n							
	f_{Rsi}	$P_{sat,n}$							
	$f_{Rsmín}$	P_n							
	f_{Rsi}	$P_{sat,n}$							
	$f_{Rsmín}$	P_n							
	f_{Rsi}	$P_{sat,n}$							
	$f_{Rsmín}$	P_n							
	f_{Rsi}	$P_{sat,n}$							
	$f_{Rsmín}$	P_n							

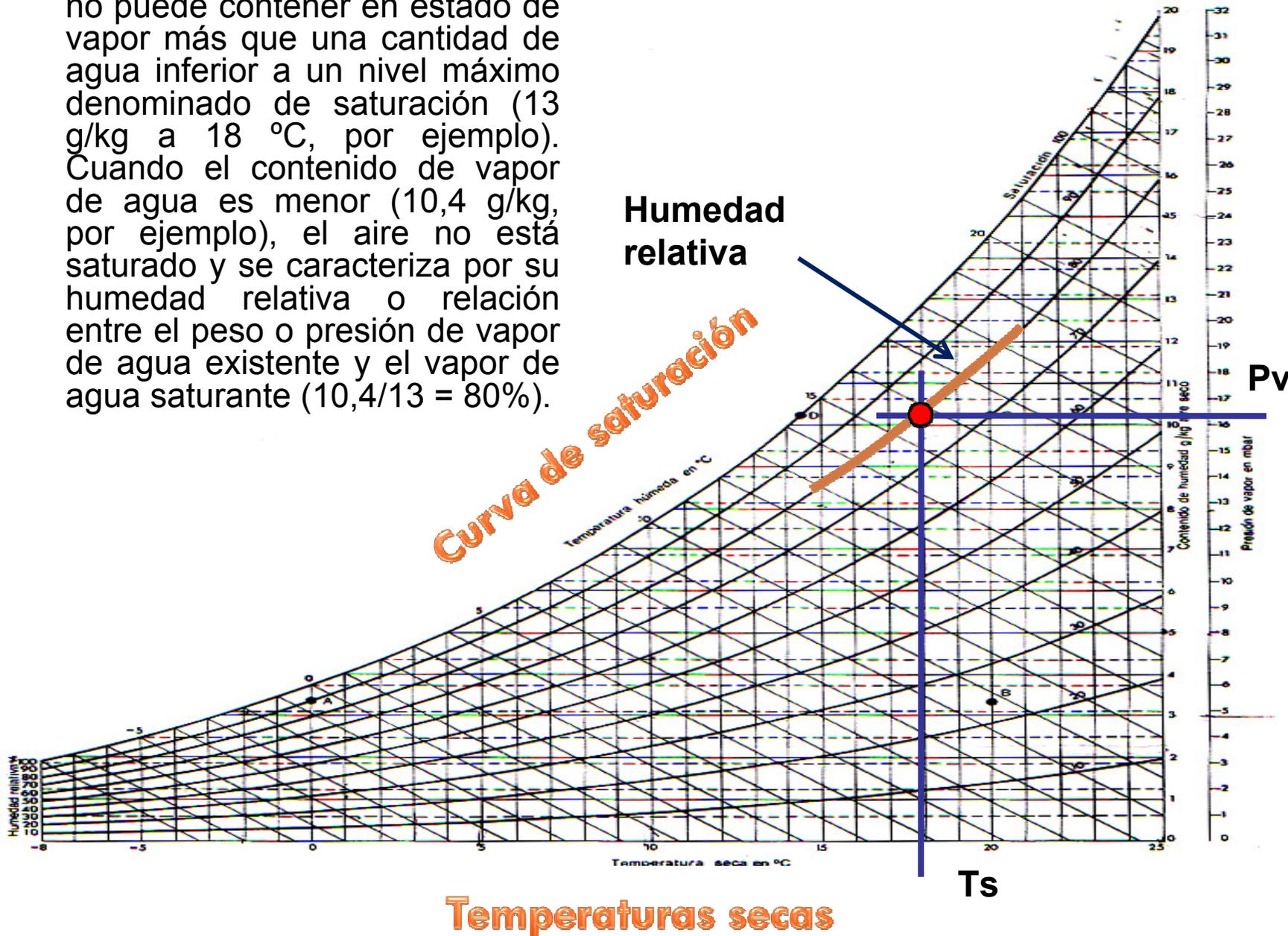
9) CONTROL DE LAS HUMEDADES SUPERFICIALES E INTERSTICIALES

(3.2.3)

- Aire atmosférico: mezcla de aire seco + vapor de agua
- **CONDENSACIÓN:** fenómeno que se produce cuando el vapor de agua del aire entra en contacto con un elemento (cerramiento) cuya t^a es inferior a la t^a de rocío.
- **TIPOS DE CONDENSACIONES:**
 - Condensaciones superficiales
 - Condensaciones intersticiales

- A una temperatura dada el aire no puede contener en estado de vapor más que una cantidad de agua inferior a un nivel máximo denominado de saturación (13 g/kg a 18 °C, por ejemplo). Cuando el contenido de vapor de agua es menor (10,4 g/kg, por ejemplo), el aire no está saturado y se caracteriza por su humedad relativa o relación entre el peso o presión de vapor de agua existente y el vapor de agua saturante ($10,4/13 = 80\%$).
- La presión de saturación será más elevada a medida que la temperatura del aire sea más alta, como se ve en el ábaco psicrométrico.
- Una masa de aire inicialmente no saturada (80% a 18 °C, por ejemplo) llevada a una temperatura más baja puede alcanzar el nivel de saturación sin necesidad de ver modificada su presión de vapor de agua. A partir de este punto parte del vapor de agua se condensará en estado líquido. La temperatura a partir de la cual se produce esta condensación se denomina punto de rocío del ambiente considerado (14 °C, en este ejemplo).

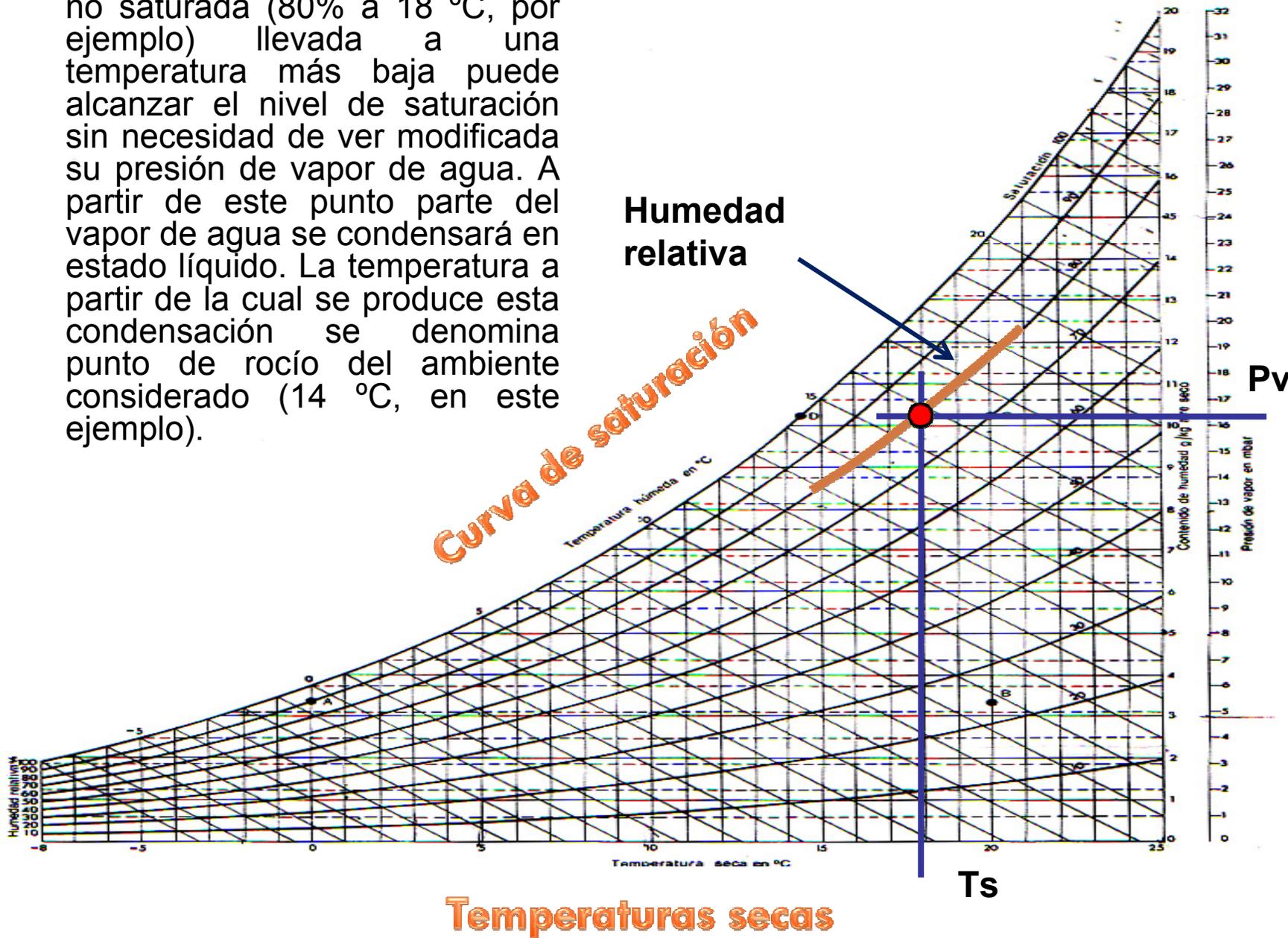
- A una temperatura dada el aire no puede contener en estado de vapor más que una cantidad de agua inferior a un nivel máximo denominado de saturación (13 g/kg a 18 °C, por ejemplo). Cuando el contenido de vapor de agua es menor (10,4 g/kg, por ejemplo), el aire no está saturado y se caracteriza por su humedad relativa o relación entre el peso o presión de vapor de agua existente y el vapor de agua saturante ($10,4/13 = 80\%$).



- La presión de saturación será más elevada a medida que la temperatura del aire sea más alta, como se ve en el ábaco psicrométrico.



- Una masa de aire inicialmente no saturada (80% a 18 °C, por ejemplo) llevada a una temperatura más baja puede alcanzar el nivel de saturación sin necesidad de ver modificada su presión de vapor de agua. A partir de este punto parte del vapor de agua se condensará en estado líquido. La temperatura a partir de la cual se produce esta condensación se denomina punto de rocío del ambiente considerado (14 °C, en este ejemplo).



Se produce la condensación, sí:

1. Se alcanza (desciende) la temperatura del aire por debajo de la temperatura de rocío (T_r).
2. Se aumenta la presión de vapor hasta la de saturación (P_s).
3. El vapor de agua del aire entra en contacto con un elemento (cerramiento) cuya T^a superficial es inferior a la T^a de rocío.

Condensaciones (2.2):

- Superficiales: Ha de evitarse la formación de mohos en la superficie interior de cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente del edificio, capaces de absorber agua o susceptibles de degradarse.
- Intersticiales: No han de suponer una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. Además, en una año la cantidad de agua condensada no ha de ser superior a la que en el mismo tiempo puede ser evaporada.

CONDICIONES PARA EL CÁLCULO DE CONDENSACIONES (Apéndice G)

Condiciones exteriores de cálculo

Tabla G.2 Datos climáticos mensuales de capitales de provincia, T en °C y HR en %

Localidad		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Albacete	T _{med}	5,0	6,3	8,5	10,9	15,3	20,0	24,0	23,7	20,0	14,1	8,5	5,3
	HR _{med}	78	70	62	60	54	50	44	50	58	70	77	79
Alicante	T _{med}	11,6	12,4	13,8	15,7	18,6	22,2	25,0	25,5	23,2	19,1	15,0	12,1
	HR _{med}	67	65	63	65	65	65	64	68	69	70	69	68
Almería	T _{med}	12,4	13,0	14,4	16,1	18,7	22,3	25,5	26,0	24,1	20,1	16,2	13,3
	HR _{med}	70	68	66	65	67	65	64	66	66	69	70	69
Avila	T _{med}	3,1	4,0	5,6	7,6	11,5	16,0	19,9	19,4	16,5	11,2	6,0	3,4
	HR _{med}	75	70	62	61	55	50	39	40	50	65	73	77
Badajoz	T _{med}	8,7	10,1	12,0	14,2	17,9	22,3	25,3	25,0	22,6	17,4	12,1	9,0
	HR _{med}	80	76	69	66	60	55	50	50	57	68	77	82
Barcelona	T _{med}	8,8	9,5	11,1	12,8	16,0	19,7	22,9	23,0	21,0	17,1	12,5	9,6
	HR _{med}	73	70	70	70	72	70	69	72	74	74	74	71
Bilbao	T _{med}	8,9	9,6	10,4	11,8	14,6	17,4	19,7	19,8	18,8	16,0	11,8	9,5
	HR _{med}	73	70	70	72	71	72	73	75	74	74	74	74
Burgos	T _{med}	2,6	3,9	5,7	7,6	11,2	15,0	18,4	18,3	15,8	11,1	5,8	3,2
	HR _{med}	86	80	73	72	69	67	61	62	67	76	83	86
Caceres	T _{med}	7,8	9,3	11,7	13,0	16,6	22,3	26,1	25,4	23,6	17,4	12,0	8,8
	HR _{med}	55	53	60	63	65	76	76	76	78	74	65	57
Cádiz	T _{med}	12,8	13,5	14,7	16,2	18,7	21,5	24,0	24,5	23,5	20,1	16,1	13,3
	HR _{med}	77	75	70	71	71	70	69	69	70	73	76	77
Castellón	T _{med}	10,1	11,1	12,7	14,2	17,2	21,3	24,1	24,5	22,3	18,3	13,5	11,2
	HR _{med}	68	66	64	66	67	66	66	69	71	71	73	69
Ceuta	T _{med}	11,5	11,6	12,6	13,9	16,3	18,8	21,7	22,2	20,2	17,7	14,1	12,1
	HR _{med}	87	87	88	87	87	87	87	87	89	89	88	88

Condiciones exteriores de cálculo

Ciudad Real	T _{med}	5,7	7,2	9,6	11,9	16,0	20,8	25,0	24,7	21,0	14,8	9,1	5,9
	HR _{med}	80	74	66	65	59	54	47	48	57	68	78	82
Córdoba	T _{med}	9,5	10,9	13,1	15,2	19,2	23,1	26,9	26,7	23,7	18,4	12,9	9,7
	HR _{med}	80	75	67	65	58	53	46	49	55	67	76	80
A Coruña	T _{med}	10,2	10,5	11,3	12,1	14,1	16,4	18,4	18,9	18,1	15,7	12,7	10,9
	HR _{med}	77	76	74	76	78	79	79	79	79	79	79	78
Cuenca	T _{med}	4,2	5,2	7,4	9,6	13,6	18,2	22,4	22,1	18,6	12,9	7,6	4,8
	HR _{med}	78	73	64	62	58	54	44	46	56	68	76	79
Girona	T _{med}	6,8	7,9	9,8	11,6	15,4	19,4	22,8	22,4	19,9	15,2	10,2	7,7
	HR _{med}	77	73	71	71	70	67	62	68	72	76	77	75
Granada	T _{med}	6,5	8,4	10,5	12,4	16,3	21,1	24,3	24,1	21,1	15,4	10,6	7,4
	HR _{med}	76	71	64	61	56	49	42	42	53	62	73	77
Guadalajara	T _{med}	5,5	6,8	8,8	11,6	15,3	19,8	23,5	22,8	19,5	14,1	9,0	5,9
	HR _{med}	80	76	69	68	67	62	53	54	61	72	79	81
Huelva	T _{med}	12,2	12,8	14,4	16,5	19,2	22,2	25,3	25,7	23,7	20,0	15,4	12,5
	HR _{med}	76	72	66	63	60	59	54	54	60	67	72	75
Huesca	T _{med}	4,7	5,7	9,0	11,3	15,3	19,5	23,3	22,7	19,7	14,6	8,7	5,3
	HR _{med}	80	73	64	63	60	56	48	53	61	70	78	81
Jaén	T _{med}	8,7	9,9	12,0	14,3	18,5	23,1	27,2	27,1	23,6	17,6	12,2	8,7
	HR _{med}	77	72	67	64	59	53	44	45	55	67	75	77
León	T _{med}	3,1	4,4	6,6	8,6	12,1	16,4	19,7	19,1	16,7	11,7	6,8	3,8
	HR _{med}	81	75	66	63	60	57	52	53	60	72	78	81
Lleida	T _{med}	5,5	7,8	10,3	13,0	17,1	21,2	24,6	24,0	21,1	15,7	9,2	5,8
	HR _{med}	81	69	61	56	55	54	47	54	62	70	77	82
Logroño	T _{med}	5,8	7,3	9,4	11,5	15,1	19,0	22,2	21,8	19,2	14,4	9,1	6,3
	HR _{med}	75	68	62	61	59	56	55	56	61	69	73	76
Lugo	T _{med}	5,8	6,5	7,8	9,5	11,7	14,9	17,2	17,5	16,0	12,5	8,6	6,3
	HR _{med}	85	81	77	77	76	76	75	75	77	82	84	85

Condiciones exteriores de cálculo

Localidad		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Madrid	T _{med}	6,2	7,4	9,9	12,2	16,0	20,7	24,4	23,9	20,5	14,7	9,4	6,4
	HR _{med}	71	66	56	55	51	46	37	39	50	63	70	73
Málaga	T _{med}	12,2	12,8	14,0	15,8	18,7	22,1	24,7	25,3	23,1	19,1	15,1	12,6
	HR _{med}	71	70	66	65	61	59	60	63	65	70	72	72
Melilla	T _{med}	13,2	13,8	14,6	15,9	18,3	21,5	24,4	25,3	23,5	20,0	16,6	14,1
	HR _{med}	72	72	71	70	69	68	67	68	72	75	74	73
Murcia	T _{med}	10,6	11,4	12,6	14,5	17,4	21,0	23,9	24,6	22,5	18,7	14,3	11,3
	HR _{med}	72	69	69	68	70	71	72	74	73	73	73	73
Ourense	T _{med}	7,4	9,3	10,7	12,4	15,3	19,3	21,9	21,7	19,8	15,0	10,6	8,2
	HR _{med}	83	75	69	70	67	64	61	62	64	73	83	84
Oviedo	T _{med}	7,5	8,5	9,5	10,3	12,8	15,8	18,0	18,3	17,4	14,0	10,4	8,7
	HR _{med}	77	75	74	77	79	80	80	80	78	78	78	76
Palencia	T _{med}	4,1	5,6	7,5	9,5	13,0	17,2	20,7	20,3	17,9	13,0	7,6	4,4
	HR _{med}	84	77	71	70	67	64	58	59	63	73	80	85
Palma de Mallorca	T _{med}	11,6	11,8	12,9	14,7	17,6	21,8	24,6	25,3	23,5	20,0	15,6	13,0
	HR _{med}	71	69	68	67	69	69	67	71	73	72	72	71
Palmas, Las	T _{med}	17,5	17,6	18,3	18,7	19,9	21,4	23,2	24,0	23,9	22,5	20,4	18,3
	HR _{med}	68	67	65	66	65	67	66	67	69	70	70	68
Pamplona	T _{med}	4,5	6,5	8,0	9,9	13,3	17,3	20,5	20,3	18,2	13,7	8,3	5,7
	HR _{med}	80	73	68	66	66	62	58	61	61	68	76	79
Pontevedra	T _{med}	9,9	10,7	11,9	13,6	15,4	18,8	20,7	20,5	19,1	16,1	12,6	10,3
	HR _{med}	74	73	69	67	68	66	65	65	69	72	73	74
S ,Sebastian	T _{med}	7,9	8,5	9,4	10,7	13,5	16,1	18,4	18,7	18,0	15,2	10,9	8,6
	HR _{med}	76	74	74	79	79	82	82	83	79	76	76	76
Salamanca	T _{med}	3,7	5,3	7,3	9,6	13,4	17,8	21,0	20,3	17,5	12,3	7,0	4,1
	HR _{med}	85	78	69	66	62	58	50	53	62	74	82	86

Condiciones exteriores de cálculo

Santa Cruz de Tenerife	T _{med}	17,9	18,0	18,6	19,1	20,5	22,2	24,6	25,1	24,4	22,4	20,7	18,8
	HR _{med}	66	66	62	61	60	59	56	58	63	65	67	66
Santander	T _{med}	9,7	10,3	10,8	11,9	14,3	17,0	19,3	19,5	18,5	16,1	12,5	10,5
	HR _{med}	71	71	71	74	75	77	77	78	77	75	73	72
Segovia	T _{med}	4,1	5,2	7,1	9,1	13,1	17,7	21,6	21,2	17,9	12,6	7,3	4,3
	HR _{med}	75	71	65	65	61	55	47	49	55	65	73	78
Sevilla	T _{med}	10,7	11,9	14,0	16,0	19,6	23,4	26,8	26,8	24,4	19,5	14,3	11,1
	HR _{med}	79	75	68	65	59	56	51	52	58	67	76	79
Soria	T _{med}	2,9	4,9	5,9	8,9	11,9	18,1	18,9	18,5	18,5	11,9	8,1	8,1
	HR _{med}	77	73	68	67	64	60	53	54	60	70	76	78
Tarragona	T _{med}	10,0	11,3	13,1	15,3	18,4	22,2	25,3	25,3	22,7	18,4	13,5	10,7
	HR _{med}	66	63	59	59	61	60	59	62	67	70	68	66
Teruel	T _{med}	3,8	4,8	6,8	9,3	12,6	17,5	21,3	20,6	17,9	12,1	7,0	4,5
	HR _{med}	72	67	60	60	60	55	50	54	59	66	71	76
Toledo	T _{med}	6,1	8,1	10,9	12,8	16,8	22,5	26,5	25,7	22,6	16,2	10,7	7,1
	HR _{med}	78	72	59	62	55	47	43	45	54	68	77	81
Valencia	T _{med}	10,4	11,4	12,6	14,5	17,4	21,1	24,0	24,5	22,3	18,3	13,7	10,9
	HR _{med}	63	61	60	62	64	66	67	69	68	67	66	64
Valladolid	T _{med}	4,1	6,1	8,1	9,9	13,3	18,0	21,5	21,3	18,6	12,9	7,6	4,8
	HR _{med}	82	72	62	61	57	52	44	46	53	67	77	83
Vitoria	T _{med}	4,6	6,0	7,2	9,2	12,4	15,6	18,3	18,5	16,5	12,7	7,5	5,0
	HR _{med}	83	78	72	71	71	71	69	70	70	74	81	83
Zamora	T _{med}	4,3	6,3	8,3	10,5	14,0	18,5	21,8	21,3	18,7	13,4	8,1	4,9
	HR _{med}	83	75	65	63	59	54	47	50	58	70	79	83
Zaragoza	T _{med}	6,2	8,0	10,3	12,8	16,8	21,0	24,3	23,8	20,7	15,4	9,7	6,5
	HR _{med}	76	69	60	59	55	52	48	54	61	70	75	77

CONDICIONES PARA EL CÁLCULO DE CONDENSACIONES (Apéndice G)

Condiciones exteriores de cálculo

En el caso de localidades que no son capitales de provincia y que no dispongan de registros climáticos contrastados, se supondrá que la temperatura exterior es igual a la de la capital de provincia minorada en 1°C por cada 100 m de diferencia de altura entre ambas localidades. La humedad relativa se puede calcular suponiendo que su humedad absoluta es igual a la de su capital de provincia y empleando las expresiones (G.1) y (G2).

Si la localidad se encuentra a una altura menor que la de su capital de provincia se tomará la misma temperatura y humedad relativa exterior que ésta.

□ Determinación de Presiones (int. y ext.)

P_s

Presiones de Saturación (Pa) para una temperatura dada:

$$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta_n}{237,3 + \theta_n}} \quad \text{si } \theta_n \geq 0$$

$$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{21,875 \cdot \theta_n}{265,5 + \theta_n}} \quad \text{si } \theta_n < 0$$

$P_{e,i}$

Presiones de Vapor (int/ext) para una Hr dada:

$$P_i = \phi_i \cdot P_{sat}(\theta_i)$$

$$P_e = \phi_e \cdot P_{sat}(\theta_e)$$

- a) cálculo de la presión de saturación de la capital de provincia P_{sat} en [Pa], a partir de su temperatura exterior para el mes de cálculo en [°C], según el apartado G.3.1
- b) cálculo de la presión de vapor de la capital de provincia P_e en [Pa], mediante la expresión:
- $$P_e = \phi_e \cdot P_{\text{sat}}(\theta_e) \quad (\text{G.1})$$

siendo

ϕ_e la humedad relativa exterior para la capital de provincia y el mes de cálculo [en tanto por 1].

- c) cálculo de la presión de saturación de la localidad $P_{\text{sat,loc}}$ en [Pa], según el apartado G.3.1, siendo ahora θ la temperatura exterior para la localidad y el mes de cálculo en [°C].
- d) cálculo de la humedad relativa para dicha localidad y mes, mediante:
- $$\phi_{e,\text{loc}} = P_e / P_{\text{sat,loc}}(\theta_{e,\text{loc}}) \quad (\text{G.2})$$

EJEMPLO, una localidad en Huelva a 200 m sobre la capital:

- a) $P_{\text{sat}} \text{ capital: } 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot (12,2^\circ\text{C})}{237,3 + 12,2^\circ\text{C}}} = 1.420 \text{ Pa}$

-

- b) $P_e \text{ capital: } P_{\text{sat}} \times H_r = 1420 \text{ bar} \times 76\% = 1.079 \text{ Pa}$
(Capital y Localidad)

- c) $P_{\text{sat}} \text{ localidad: } = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot (12,2 - 2^\circ\text{C})}{237,3 + 12,2 - 2^\circ\text{C}}} = 1.079 \text{ Pa}$

- d) $H_r \text{ localidad: } \frac{P_{\text{localidad}}}{P_{\text{sat localid ad}}} = \frac{1.079 \text{ Pa}}{1.243 \text{ Pa}} = 87\%$

Condiciones Localidad: T^a enero: $10,2^\circ\text{C}$ y 87 %

CONDICIONES PARA EL CÁLCULO DE CONDENSACIONES (Apéndice G)

Condiciones interiores de cálculo

En ausencia de datos más precisos se tomará una temperatura interior $\theta_i=20^{\circ}\text{C}$ (todos los meses) y una humedad relativa del ambiente interior Φ_i en función de la clase de higrometría del espacio:

- Clase de higrometría 5: 70%
- Clase de higrometría 4: 62%.
- Clase de higrometría ≤ 3 : 55%

Si se dispone del dato de humedad relativa interior y esta se mantiene constante (por ejemplo debido a un sistema de climatización), se podrá utilizar dicho dato en el cálculo añadiéndose 0'05 como margen de seguridad.

COMPROBACIÓN DE LAS CONDENSACIONES

Condensaciones Superficiales

Para las condiciones ambientales interiores y exteriores de cálculo correspondientes al mes de enero (tabla G.1), ha de comprobarse en los cerramientos (incluidos sus puentes térmicos) que el factor de temperatura de la superficie interior f_{Rsi} es superior al factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{Rsi,min}$

$$f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$$

donde: $f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0,25$

y $f_{Rsi,min}$ se obtiene de la Tabla 3.2 , o de la expresión:

$$f_{Rsi,min} = \frac{(\theta_{si,min} - \theta_e)}{20 - \theta_e}$$

Tabla 3.2 Factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{Rsi,min}$

Categoría del espacio	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Clase de higrometría 5	0.80	0.80	0.80	0.90	0.90
Clase de higrometría 4	0.66	0.66	0.69	0.75	0.78
Clase de higrometría 3 o inferior a 3	0,50	0.52	0.56	0.61	0.64

$$f_{Rsi, \min} = \frac{(\theta_{si, \min} - \theta_e)}{20 - \theta_e}$$

siendo:

θ_e : la temperatura exterior de la localidad

θ_i : la temperatura superficial interior mínima obtenida con la siguiente expresión:

$$\theta_{si, \min} = \frac{237.31 \log_e \left(\frac{P_{sat}}{610.5} \right)}{17.269 - \log_e \left(\frac{P_{sat}}{610.5} \right)}$$

$$P_{sat} = \frac{P_i}{0.8}$$

$$P_i = \phi_i \cdot 2337$$

COMPROBACIÓN DE LAS CONDENSACIONES

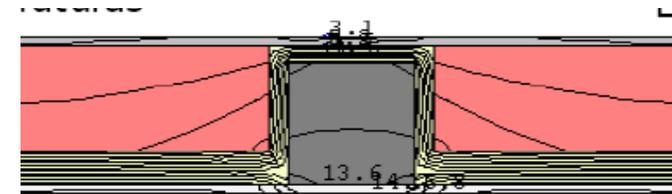
Condensaciones Superficiales

El cumplimiento de los valores de transmitancia máxima de la Tabla 2.1 para los cerramientos y particiones interiores de los espacios de clase de higrometría ≤ 4 hace innecesario esta comprobación, **a excepción de los puentes térmicos**.

Estarán exentas de comprobación aquellas particiones interiores que linden con espacios habitables donde se prevea escasa producción de vapor de agua, así como los cerramientos en contacto con el terreno.

Opción del CTE DB-HE-1:

Simplificada: calcular como cerramientos superficiales (despreciar los efectos multidimensionales del flujo térmico).



Isotermas

Métodos alternativos (más reales):

- UNE EN ISO 10 211-1:1995 "Puentes térmicos en edificación. Flujos de calor y temperaturas superficiales.
Parte 1: Métodos generales de cálculo"
- UNE EN ISO 10 211-2: 2002 "Puentes térmicos en edificación. Flujos de calor y temperaturas superficiales.
Parte 2: Puentes térmicos lineales"



Necesario el cálculo por ordenador

Comparación de resultados:

Ejemplo de pilar en fachada:

	<i>e(cm)</i>	$\lambda(W/m-K)$	<i>R (m²-K/W)</i>
R _{se}			0,04
Mortero	1,5	0,9	0,01666
Lana de vidrio	3	0,039	0,7692
Hormigón	22	2,2	0,1
Yeso	1,5	0,35	0,04286
R _{si}			0,13
		R _{total}	1,0987
		U _{pilar} (W/m ² -K)	0,9101

- Ciudad: Burgos, T_e = 2,6°C en Enero.
- R_{si} = 0,25 (conforme al cálculo del factor de temperatura establecido por el CTE-HE 1, apdo. G.1.1.1).
- R_{se} = 0,04.

Teniendo en cuenta que la ecuación del CTE $f_{Rsi} = 1 - U \times 0,25$ se deriva de la ecuación general:

$$f_{Rsi} = \frac{(T_{si} - T_e)}{(T_i - T_e)} = \frac{(T_i - \frac{R_{si}}{R_T} \cdot (T_i - T_e) - T_e)}{(T_i - T_e)} = 1 - R_{si} \cdot U$$

Podemos obtener la temperatura para la superficie interior que ofrece el método simplificado del CTE:

$$T_{si} = 16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Mientras que el Therm ofrecía una T_{si}=14,5 °C

A partir de las relaciones psicrométricas, podemos deducir la presión de saturación sobre la superficie interior para ambas temperaturas, y a partir de ahí, determinar la humedad relativa que originaría condensación sobre la superficie interior. Los resultados que se obtienen son:

- HR_{HE1} = 70,6%
- HR_{Therm} = 77,7%
- HR_{Therm}-HR_{HE1} = 7,1%

COMPROBACIÓN DE LAS CONDENSACIONES

Condensaciones Intersticiales

Para las condiciones ambientales interiores y exteriores de cálculo correspondientes al mes de enero (Tabla G.1), ha de comprobarse en cada punto interior de un cerramiento que la presión de vapor es inferior a la presión de vapor de saturación, o lo que es lo mismo, que la temperatura en cada punto interior del cerramiento sea superior a su temperatura de rocío.

$$P_n \leq P_{\text{sat},n}$$

Esa comprobación exige, pues, el cálculo de la distribución de temperaturas, de presiones de vapor y de presiones de vapor de saturación, siguiendo los procedimientos descritos en G.2.2.

Distribución de temperaturas:
$$\Delta\theta = \frac{(\theta_i - \theta_e)}{R_T} R_n$$

Distribución de presión de vapor:
$$\Delta P = \frac{(P_i - P_e)}{\sum S_{dn}} S_{dn}$$

COMPROBACIÓN DE LAS CONDENSACIONES

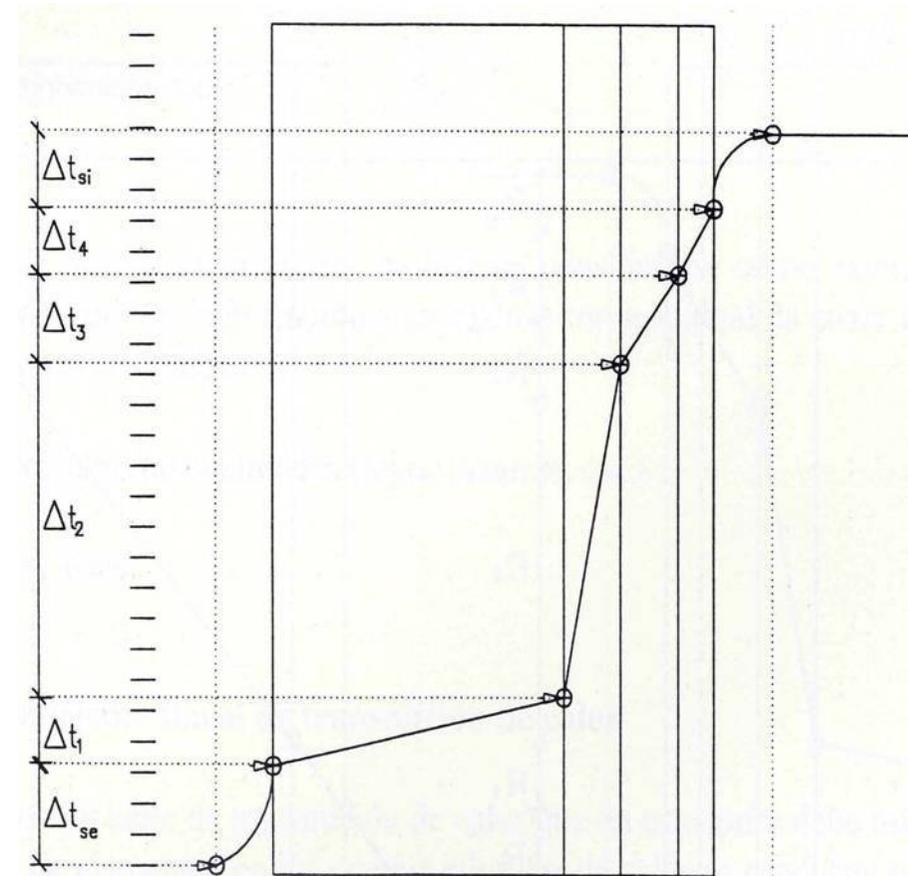
Condensaciones Intersticiales

1. Distribución de temperaturas

$$\Delta\theta = \frac{(\theta_i - \theta_e)}{R_T} R_n$$

$$R_n = \frac{e_n}{\lambda_n}$$

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \Delta\theta$$



COMPROBACIÓN DE LAS CONDENSACIONES

Condensaciones Intersticiales

2. Distribución de presiones de vapor de saturación (Pa)

$$P_{\text{sat}} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta_n}{237,3 + \theta_n}} \quad \text{si } \theta_n \geq 0$$

$$P_{\text{sat}} = 610,5 \cdot e^{\frac{21,875 \cdot \theta_n}{265,5 + \theta_n}} \quad \text{si } \theta_n < 0$$

COMPROBACIÓN DE LAS CONDENSACIONES

Condensaciones Intersticiales

3. Distribución de presiones de vapor (Pa)

$$\Delta P = \frac{(P_i - P_e)}{\sum S_{dn}} S_{dn}$$

S_{dn} = espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor (m)

$$S_{dn} = e_n \cdot \mu_n$$

μ_n = resistencia a la difusión del vapor de agua

$$P_i = \phi_i \cdot P_{sat}(\theta_i)$$

$$P_e = \phi_e \cdot P_{sat}(\theta_e)$$

$$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}}$$

$$P_n = P_{n-1} + \Delta P$$

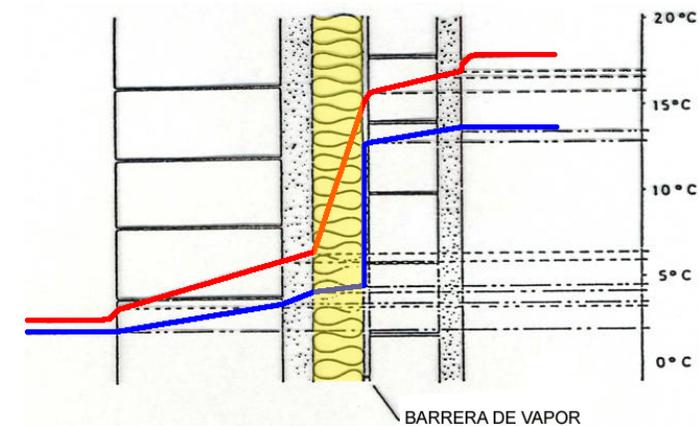
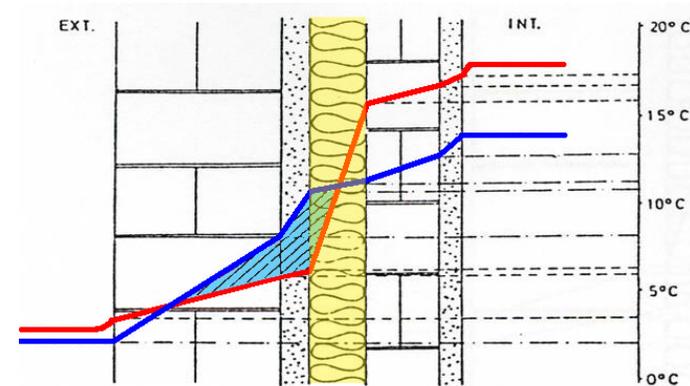
MATERIALES		Densidad (kg / m ³)	Conductividad λ (W / mK)	Factor resist. dif. vapor de agua μ	
Pétreos y suelos	Basalto	2700 < d < 3000	3,500	10.000	
	Granito	2500 < d < 2700	2,800	10.000	
	Piedra pómez natural	d < 400	0,120	6	
	Roca natural porosa (por ejem. Lava)	d < 1600	0,550	15	
	Traquita, andesita	2000 < d < 2700	1,100	15	
	Arcilla o limo	1200 < d < 1800	1,500	50	
	Arena y grava	1700 < d < 2200	2,000	50	
	Arenisca	2200 < d < 2600	3,000	50	
	Asperón	1900 < d < 2500	1,800	40	
		1300 < d < 1900	0,900	20	
	Caliza	muy dura	2200 < d < 2590	2,300	200
		dura	2000 < d < 2190	1,700	150
		dureza media	1800 < d < 1990	1,400	40
		blanda	1600 < d < 1790	1,100	25
		muy blanda	d < 1590	0,850	20
	Silex	2600 < d < 2800	2,600	10.000	
	Gneis, Pórfido	2300 < d < 2900	3,500	10.000	
	Esquisto, Pizarra	2000 < d < 2800	2,200	800	
Mármol	2600 < d < 2800	3,500	10.000		
Tierra vegetal	d < 2050	0,520	1		
Piedra artificial	-	1,300	40		
Tierra apisonada, adobe, bloques de tierra comprimida	1770 < d < 2000	1,100	1		

COMPROBACIÓN DE LAS CONDENSACIONES

Condensaciones Intersticiales

$$P_n \leq P_{SAT}$$

$$T_r \leq T_i$$



$$\Delta\theta = \frac{(\theta_i - \theta_e)}{R_T} R_n$$



$$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}}$$

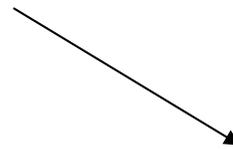


$$P_i = \phi_i \cdot P_{sat}(\theta_i)$$

$$P_e = \phi_e \cdot P_{sat}(\theta_e)$$



$$\Delta P = \frac{(P_i - P_e)}{\Sigma S_{dn}} S_{dn}$$



$$S_{dn} = e_n \cdot \mu_n$$

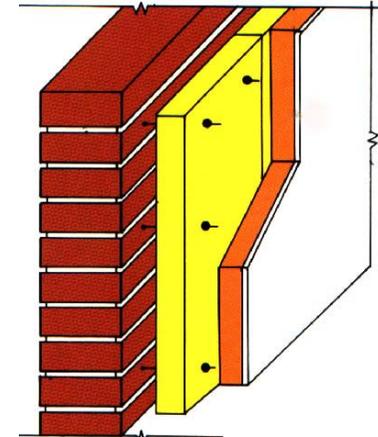
$$P_n \leq P_{sat,n}$$

COMPROBACIÓN DE LAS CONDENSAIONES

Condenaciones Intersticiales

Estarán exentos de comprobación los cerramientos en contacto con el terreno y los cerramientos que dispongan de barrera de vapor en su cara caliente. Para particiones interiores en contacto con espacios no habitables en los que se prevea gran producción de humedad se colocará la barrera de vapor en el lado de dicho espacio no habitable.

Salvo expresa justificación en el proyecto, se considerará nula la cantidad de agua condensada admisible en los materiales aislantes.



En el caso de que se produzcan condenaciones intersticiales en una capa distinta a la del aislamiento, se deberá comprobar que la cantidad de agua condensada durante un año no sea superior a la cantidad evaporada posible en ese mismo tiempo.

JUSTIFICACIÓN DOCUMENTAL EN LOS PROYECTOS BÁSICO Y DE EJECUCIÓN

Proyecto Básico

- En la memoria del Proyecto Básico se incluirá:
 - Descripción general de los parámetros que determinan las previsiones técnicas a considerar en el proyecto respecto al sistema envolvente, de compartimentación y de acondicionamiento ambiental.
 - Prestaciones del edificio para el requisito básico de ahorro de energía HE, en relación con la exigencias básicas HE-1 Limitación de la demanda energética (parámetros característicos límites según el DB HE-1).

JUSTIFICACIÓN DOCUMENTAL EN LOS PROYECTOS BÁSICO Y DE EJECUCIÓN

Proyecto de Ejecución

- En la memoria del Proyecto de Ejecución se incluirá:
 - Definición constructiva de los distintos subsistemas de la envolvente con descripción de sus propiedades higrotérmicas -aislamiento térmico y comportamiento frente a la humedad (condensaciones)- y sus bases de cálculo.
 - Definición de las características constructivas e higrotérmicas de elementos de compartimentación que formen parte de la envolvente térmica del edificio (particiones interiores)

Justificación de las prestaciones para el requisito básico de Ahorro de Energía - HE-1 Limitación de la demanda energética.

Opción Simplificada (fichas Apéndice H)

- Fichas justificativas del cálculo de los parámetros característicos medios.
- Fichas de conformidad de demanda energética.
- Fichas de conformidad de condensaciones.

Opción General

Informe de conformidad (informatizado) generado por el programa LIDER.

- En un futuro se incluirá la Calificación Energética del Edificio.

CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS

- La aplicación de la Directiva 2002/91/CE, relativa a la eficiencia energética de los edificios, obligará a una certificación energética de éstos.
- La metodología de cálculo se basa en la herramienta informática LIDER para la evaluación de la demanda energética de los edificios y su calificación energética vendrá definida a través del programa CALENER.
- Las CC.AA. Podrán ejercer el control de esta certificación, la cual, como proceso de verificación de la calificación, incluirá un certificado del proyecto y un certificado del edificio finalizado.
- La vigencia de la certificación será de 10 años y las CC.AA. establecerán el procedimiento de renovación.

BIBLIOGRAFIA:

NORMAS DE CÁLCULO

UNE EN ISO 10 211-1:1995 “Puentes térmicos en edificación. Flujos de calor y temperaturas superficiales. Parte 1: Métodos generales de cálculo”

UNE EN ISO 10 211-2: 2002 “Puentes térmicos en edificación. Flujos de calor y temperaturas superficiales. Parte 2: Puentes térmicos lineales”

UNE EN ISO 6 946: 1997 “Elementos y componentes de edificación. Resistencia y transmitancia térmica. Método de cálculo”

UNE EN ISO 13 370 : 1999 “Prestaciones térmicas de edificios. Transmisión de calor por el terreno. Métodos de cálculo”

EN ISO 13 788:2001 “Características higrotérmicas de los elementos y componentes de la edificación. Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial. Métodos de cálculo”

UNE EN 673:1998 “Vidrio en la construcción. Determinación del coeficiente de transmisión térmica, U. Método de cálculo.”

UNE EN 673/A1: 2001

UNE EN 673/A2: 2003

BIBLIOGRAFIA:

UNE EN ISO 10 077-1: 2001 “Características térmicas de ventanas, puertas y contraventanas. Cálculo del coeficiente de transmisión térmica. Parte 1: Método simplificado”

UNE EN 410:1998 “Vidrio para la edificación. Determinación de las características luminosas y solares de los acristalamientos”

NORMAS DE PRODUCTO

UNE EN ISO 10456: 2001 “Materiales y productos para la edificación. Procedimientos para la determinación de los valores térmicos declarados y de diseño”

NORMAS DE ENSAYO

UNE EN 1 026: 2000 “Ventanas y puertas. Permeabilidad al aire. Método de ensayo”

UNE EN 12 207: 2000 “Puertas y ventanas. Permeabilidad al aire. Clasificación”