

Documento Básico **HE**

Ahorro de energía

- HE 1 Limitación de demanda energética
- HE 2 Rendimiento de las instalaciones térmicas
- HE 3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación
- HE 4 Aportación solar mínima de agua caliente sanitaria
- HE 5 Aportación fotovoltaica mínima de energía eléctrica

Noviembre 2003

Generalidades

I Objeto

Este Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía. Las secciones de este DB se corresponden con las exigencias básicas HE 1 a HE 5. La correcta aplicación de cada sección supone el cumplimiento de la exigencia básica correspondiente. La correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico "Ahorro de energía".

Tanto el objetivo del requisito básico "Ahorro de energía", como las exigencias básicas se establecen el artículo 15 de la Parte I de este CTE y son los siguientes:

Artículo 15. Exigencias básicas de ahorro de energía (HE)

1. El objetivo del requisito básico "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 renovable.
2. Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán de forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen a continuación.
3. El Documento Básico "DB HE Energía" especifica los parámetros objetivos y los procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía.

15.1 Exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética

Los edificios dispondrán de una *envolvente* de características tales que limite adecuadamente la *demandas 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 higratérmicos en los mismos.

15.2 Exigencia básica HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas

Los edificios dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el *bienestar térmico* de sus ocupantes, limitando el rendimiento de las mismas y de sus equipos. (Esta exigencia viene desarrollada en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE).

15.3 Exigencia básica HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

Los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural, en las zonas que reúnan unas determinadas condiciones.

15.4 Exigencia básica HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

En los edificios con previsión de demanda de agua caliente sanitaria una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esa demanda se cubrirá mediante la incorporación en los mismos de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura, adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda total de agua caliente del edificio. Los valores derivados de esta exigencia tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores más estrictos que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su ámbito territorial.

15.5. Exigencia básica HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

En los edificios que así se establezca en este Código se incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos para uso propio o

suministro a la red. Los valores derivados de esta exigencia tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores más estrictos que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su ámbito territorial.

II Ámbito de aplicación

El ámbito de aplicación en este DB se especifica, para cada sección de las que se compone el mismo, en sus respectivos apartados.

El contenido de este DB se refiere únicamente a las exigencias básicas relacionadas con el requisito básico "Ahorro de energía". También deben cumplirse las exigencias básicas de los demás requisitos básicos, lo que se posibilita mediante la aplicación del DB correspondiente a cada uno de ellos.

III Criterios generales de aplicación

Pueden utilizarse otras soluciones diferentes a las contenidas en este DB, en cuyo caso deberá seguirse el procedimiento establecido en el artículo 5 del CTE, y deberá documentarse en el proyecto el cumplimiento de las exigencias básicas.

Las citas a disposiciones reglamentarias contenidas en este DB se refieren a sus versiones vigentes en cada momento en que se aplique el Código. Las citas a normas UNE, UNE EN o UNE EN ISO se deben relacionar con la versión que se indica en cada caso, aún cuando exista una versión posterior, excepto cuando se trate de normas equivalentes a normas EN cuya referencia haya sido publicada en el Diario Oficial de la Comunidad Europea, en el marco de la aplicación de la Directiva 89/106/CEE sobre productos de construcción, en cuyo caso la cita se debe relacionar con la versión de dicha referencia.

IV Términos y definiciones

A efectos de aplicación de este DB, los términos que figuran en letra cursiva deben utilizarse conforme al significado y a las condiciones que se establecen para cada uno de ellos, bien en los apéndices A de cada una de las secciones de este DB o bien en el Anejo III de la Parte I de este CTE, cuando sean términos de uso común en el conjunto del Código.

Índice

SECCIÓN HE 1 LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA

1 Generalidades

- 1.1 Ámbito de aplicación
- 1.2 Procedimiento de verificación

2 Caracterización y cuantificación de las exigencias

- 2.1 Demanda energética
- 2.2 Condensaciones
- 2.3 Permeabilidad al aire

3 Diseño y dimensionado

- 3.1 Datos previos
- 3.2 Opción simplificada
- 3.3 Opción general

4 Productos de construcción

- 4.1 Características exigibles a los productos
- 4.2 Características exigibles a los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica
- 4.3 Control de recepción en obra de productos

5 Construcción

- 5.1 Ejecución
- 5.2 Control de la ejecución de la obra
- 5.3 Control de la obra terminada

Apéndice A Terminología

Apéndice B Notaciones y unidades

Apéndice C Normas de referencia

Apéndice D Zonas climáticas

Apéndice E Cálculo de los parámetros característicos de la demanda

Apéndice F Resistencia térmica total de un elemento de edificación constituido por capas homogéneas y heterogéneas

Apéndice G Cálculo de la transmitancia de la parte semitransparente del hueco o lucernario

Apéndice H Condensaciones

Apéndice I Puentes térmicos

Apéndice J Fichas justificativas de la opción simplificada

SECCIÓN HE 2 RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

La exigencia básica HE 2 se desarrolla en el vigente Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE)

SECCIÓN HE 3 EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN

1 Generalidades

- 1.1 Ambito de aplicación
- 1.2 Verificación de la conformidad
- 1.3 Documentación justificativa

2 Caracterización y cuantificación de las exigencias

- 2.1 Valor de eficiencia energética de la instalación
- 2.2 Sistemas de control y regulación

3 Diseño y dimensionado

- 3.1 Datos previos
- 3.2 Método de cálculo

4 Productos de construcción

- 4.1 Equipos
- 4.2 Control de recepción en obra de los productos

5 Mantenimiento y conservación

Apéndice A Terminología

Apéndice B Normas de referencia

SECCIÓN HE 4 APORTACIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

1 Generalidades

- 1.1 Ambito de aplicación
- 1.2 Procedimiento de verificación

2 Caracterización y cuantificación de las exigencias

- 2.1 Contribución solar mínima

3 Diseño y dimensionado

- 3.1 Datos previos
- 3.2 Prescripciones técnicas de la instalación solar térmica
- 3.3 Criterios generales de diseño
- 3.4 Componentes
- 3.5 Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación
- 3.6 Cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras

4 Mantenimiento

- 4.1 Plan de vigilancia
- 4.2 Plan de mantenimiento

Apéndice A Terminología

Apéndice B Tablas de referencia

Apéndice C Normas de referencia

SECCIÓN HE 5 APORTACIÓN FOTOVOLTAICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

1 Generalidades

- 1.1 Ambito de aplicación
- 1.2 Procedimiento de verificación

2 Caracterización y cuantificación de las exigencias

- 2.1 Potencia eléctrica mínima
- 2.2 Determinación de la potencia a instalar

3 Diseño y dimensionado

- 3.1 Zonas climáticas
- 3.2 Prescripciones técnicas de la instalación solar fotovoltaica
- 3.3 Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación
- 3.4 Cálculo de las pérdidas de radiación solar por sombras

4 Mantenimiento

- 4.1 Plan de vigilancia
- 4.2 Plan de mantenimiento preventivo

Apéndice A Terminología

Apéndice B Tablas de referencia

Apéndice C Normas de referencia

Sección HE 1

Limitación de demanda energética

1 Generalidades

1.1. Ámbito de aplicación

- 1 Esta sección es de aplicación en:
 - a) edificios de nueva construcción;
 - b) rehabilitaciones de edificios existentes con una superficie útil superior a 1000 m² donde se sustituya más del 25% del total de sus cerramientos.
- 2 Se excluyen del campo de aplicación:
 - a) aquellas edificaciones que por sus características de utilización deban permanecer abiertas;
 - b) edificios y monumentos protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico, cuando el cumplimiento de tales exigencias pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto;
 - c) edificios utilizados como lugares de culto y para actividades religiosas;
 - d) construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años;
 - e) instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales;
 - f) edificios independientes con una superficie útil total inferior a 50 m².

1.2 Procedimiento de verificación

- 1 Para la correcta aplicación de este documento deben realizarse las verificaciones siguientes:
 - a) en la fase de proyecto se podrá optar por uno de los dos procedimientos alternativos de comprobación siguientes:
 - i) **opción simplificada**, basada en el control indirecto de la demanda energética de los edificios mediante la limitación de los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que componen su envolvente térmica. La comprobación se realiza a través de la comparación de los valores obtenidos en el cálculo con los valores límite permitidos. Esta opción podrá aplicarse a obras de edificación de nueva construcción que cumplan los requisitos especificados en el apartado 3.2.1.2 y a obras de rehabilitación de edificios existentes.
 - ii) **opción general**, basada en la evaluación de la demanda energética de los edificios mediante la comparación de ésta con la correspondiente a un edificio de referencia que define la propia opción. Esta opción podrá aplicarse a todos los edificios que cumplan los requisitos especificados en 3.3.1.2.

En ambas opciones se limita la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los cerramientos y se limitan las pérdidas energéticas debidas a las infiltraciones de aire, para unas condiciones normales de utilización de los edificios.
 - b) durante la construcción de los edificios se comprobarán las indicaciones descritas en el apartado 5.

2 Caracterización y cuantificación de las exigencias

2.1 Demanda energética

- 1 La demanda energética de los edificios se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican, según la zonificación climática establecida en el apartado 3.1.1, y de la carga interna en sus espacios según el apartado 3.1.2.
- 2 La demanda energética será inferior a la de un edificio de referencia en el que los parámetros característicos de los *cerramientos* y *particiones interiores* que componen su *envolvente térmica*, sean los valores límites establecidos en las tablas 2.1.
- 3 Los parámetros característicos que definen la *envolvente térmica* se agrupan en los siguientes tipos:
 - a) **transmitancia térmica de muros de fachada U_M** ;
 - b) **transmitancia térmica de cubiertas U_C** ;
 - c) **transmitancia térmica de suelos U_S** ;
 - d) **transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno U_T** ;
 - e) **transmitancia térmica de huecos U_H** ;
 - f) **factor solar modificado de huecos F_H** ;

Tablas 2.1 Valores límite de la opción simplificada

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

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

% 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
< 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
10 ≤ % < 20	4,7 (5,6)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
20 ≤ % < 30	4,1 (4,6)	5,5 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,60	-	-
30 ≤ % < 40	3,8 (4,1)	5,2 (5,5)	5,7	5,7	-	-	-	0,48	-	0,51
40 ≤ % < 50	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,57	-	0,60	0,41	0,57	0,44
50 ≤ % < 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

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

% 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
< 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
10 ≤ % < 20	4,7 (5,6)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
20 ≤ % < 30	4,1 (4,6)	5,5 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,56	-	0,57
30 ≤ % < 40	3,8 (4,1)	5,2 (5,5)	5,7	5,7	0,57	-	0,58	0,43	0,59	0,44
40 ≤ % < 50	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,47	-	0,48	0,35	0,49	0,37
50 ≤ % < 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 U_{Mm} 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

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

Transmitancia límite de suelos

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

Transmitancia límite de cubiertas

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

% 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
< 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
10 ≤ % < 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
20 ≤ % < 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,57	-	-
30 ≤ % < 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	-	-	-	0,45	-	0,50
40 ≤ % < 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
50 ≤ % < 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

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

% 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
< 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
10 ≤ % < 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
20 ≤ % < 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,55	-	0,57
30 ≤ % < 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
40 ≤ % < 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
50 ≤ % < 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 U_{Mm} 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
 Transmitancia límite de suelos
 Transmitancia límite de cubiertas

$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2\text{k}$
 $U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{k}$
 $U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2\text{k}$

% 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
< 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
10 ≤ % < 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
20 ≤ % < 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	-	-	-
30 ≤ % < 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,56	-	0,60
40 ≤ % < 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	-	-	-	0,47	-	0,52
50 ≤ % < 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
 Transmitancia límite de suelos
 Transmitancia límite de cubiertas

$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2\text{k}$
 $U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{k}$
 $U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2\text{k}$

% 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
< 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
10 ≤ % < 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
20 ≤ % < 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,60	-	-
30 ≤ % < 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,47	-	0,51
40 ≤ % < 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
50 ≤ % < 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 U_{Mm} 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 $U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2\text{k}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{k}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2\text{k}$

% 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
< 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
10 ≤ % < 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
20 ≤ % < 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,55	-	0,59
30 ≤ % < 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,43	-	0,46
40 ≤ % < 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
50 ≤ % < 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 $U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2\text{k}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{k}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2\text{k}$

% 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
< 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
10 ≤ % < 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
20 ≤ % < 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,54	-	0,56
30 ≤ % < 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
40 ≤ % < 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
50 ≤ % < 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

⁽¹⁾ En los casos en que U_{Mm} 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 D1

Transmitancia límite de muros
 Transmitancia límite de suelos
 Transmitancia límite de cubiertas

$U_{Mlim}: 0,66 \text{ W/m}^2\text{k}$
 $U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2\text{k}$
 $U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2\text{k}$

% 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
< 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
10 ≤ % < 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
20 ≤ % < 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
30 ≤ % < 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,54	-	0,58
40 ≤ % < 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	-	-	-	0,45	-	0,49
50 ≤ % < 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
 Transmitancia límite de suelos
 Transmitancia límite de cubiertas

$U_{Mlim}: 0,66 \text{ W/m}^2\text{k}$
 $U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2\text{k}$
 $U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2\text{k}$

% 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
< 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
10 ≤ % < 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
20 ≤ % < 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	0,58	-	0,61
30 ≤ % < 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,46	-	0,49
40 ≤ % < 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
50 ≤ % < 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
 Transmitancia límite de suelos
 Transmitancia límite de cubiertas

$U_{Mlim}: 0,66 \text{ W/m}^2\text{k}$
 $U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2\text{k}$
 $U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2\text{k}$

% 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
< 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
10 ≤ % < 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
20 ≤ % < 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	0,54	-	0,57
30 ≤ % < 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,42	0,58	0,45
40 ≤ % < 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
50 ≤ % < 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 U_{Mm} sea inferior a 0,47 se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas D1, D2 y D3.

ZONA CLIMÁTICA E1

Transmitancia límite de muros
 Transmitancia límite de suelos
 Transmitancia límite de cubiertas

$U_{Mlim}: 0,57 \text{ W/m}^2\text{k}$
 $U_{Slim}: 0,48 \text{ W/m}^2\text{k}$
 $U_{Clim}: 0,35 \text{ W/m}^2\text{k}$

% 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
< 10	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
10 ≤ % < 20	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
20 ≤ % < 30	2,6 (2,9)	3,0 (3,1)	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
30 ≤ % < 40	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,1	3,1	-	-	-	0,54	-	0,56
40 ≤ % < 50	2,0 (2,2)	2,4 (2,6)	3,1	3,1	-	-	-	0,45	0,60	0,49
50 ≤ % < 60	1,9 (2,0)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	-	-	-	0,40	0,54	0,43

⁽¹⁾ En los casos en que U_{Mm} sea inferior a 0,43 se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas E1.

2.2 Condensaciones

- 1 Las condensaciones superficiales en los cerramientos en contacto con el ambiente exterior (aire o terreno) y en las particiones interiores que separan un *espacio habitable* de uno *no habitable*, se limitarán a las producidas en su superficie interior por una humedad relativa media mensual del 80%.
- 2 Las condensaciones intersticiales que se produzcan en los cerramientos en contacto con el aire exterior o en particiones interiores que separan un *espacio habitable* de un *no habitable*, serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. Además, la máxima condensación acumulada en cada periodo anual no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.

2.3 Permeabilidad al aire

- 1 Las carpinterías de los huecos (ventanas y puertas) y lucernarios de los *cerramientos* se caracterizan por su **permeabilidad al aire**.
- 2 La permeabilidad de las carpinterías de los huecos y lucernarios de los *cerramientos* que limitan los *espacios habitables* de los edificios con el ambiente exterior se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican, según la zonificación climática establecida en el apartado 3.1.1.
- 3 La permeabilidad al aire de las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100 Pa, tendrá unos valores inferiores a los siguientes:
 - a) para las zonas climáticas A y B: $50 \text{ m}^3/\text{h m}^2$;
 - b) para las zonas climáticas C, D y E: $27 \text{ m}^3/\text{h m}^2$.
- 4 Se considerarán válidos los huecos y lucernarios clasificados según la norma UNE EN 12 207:2000 y ensayados según la norma UNE EN 1 026:2000 para las distintas zonas climáticas.
 - a) para las zonas climáticas A y B: huecos y lucernarios de clase 1, clase 2, clase 3, clase 4;
 - b) para las zonas climáticas C, D y E: huecos y lucernarios de clase 2, clase 3, clase 4.

2.4 Aislamiento entre usuarios

- 5 Los *cerramientos* de un *espacio habitable* que sean *medianerías* tendrán una transmitancia no superior a $1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.
- 6 En edificios de viviendas, las *particiones interiores* que limitan cada *unidad de uso* tendrán una transmitancia no superior a $1,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

3. Diseño y dimensionado

3.1 Datos previos

3.1.1 Zonificación Climática

- 1 Para la limitación de la demanda energética se establecen 12 zonas climáticas identificadas mediante una letra, correspondiente a la división de invierno, y un número, correspondiente a la división de verano. En general, la zona climática donde se ubican los edificios se determinará a partir de los valores tabulados. En localidades que no sean capitales de provincia y que dispongan de registros climáticos contrastados, se podrán emplear, previa justificación, zonas climáticas específicas.
- 2 El procedimiento para la determinación de la zonificación climática se recoge en el apéndice D.

3.1.2 Clasificación de los *espacios*

- 1 Los espacios de los edificios se clasifican en *espacios habitables* y *espacios no habitables*.
- 2 A efectos de cálculo de la demanda energética, los *espacios habitables* se clasifican en función de la cantidad de calor disipada en su interior, debido a la actividad realizada y al periodo de utilización de cada espacio, en las siguientes categorías:
 - a) **espacios con baja carga interna:** espacios en los que se disipa poco calor.

Son los espacios destinados principalmente a residir en ellos, con carácter eventual o permanente. En esta categoría se incluyen todos los espacios de edificios de viviendas y aquellas zonas o espacios de edificios asimilables a éstos en uso y dimensión, tales como habitaciones de hotel, habitaciones de hospitales y salas de estar, así como sus zonas de circulación vinculadas.

En el caso de espacios no destinados a viviendas, el proyectista estimará si el calor disipado por las fuentes internas en el interior del espacio se puede asimilar a la que se podría producir si fuera un espacio de vivienda, por ejemplo, una pequeña sala de estar de una residencia de ancianos podría tener las mismas fuentes internas que un salón de una vivienda. El conjunto de estos espacios conforma la zona de baja carga interna edificio.
 - b) **espacios con alta carga interna:** espacios en los que se genera gran cantidad de calor por causa de su ocupación, iluminación o equipos existentes. Son aquellos espacios no incluidos en la definición de espacios con baja carga interna. El conjunto de estos espacios conforma la zona de alta carga interna del edificio.
- 3 A efectos de comprobación de la limitación de condensaciones en los cerramientos, los espacios habitables se clasifican en función de la cantidad de vapor de agua que se produce en sus interiores, en las siguientes categorías:
 - a) **espacios de alto riesgo de condensaciones:** espacios en los que se prevea una gran producción de humedad, tales como lavanderías y piscinas.
 - b) **espacios de riesgo medio de condensaciones** espacios en los que se prevea una alta producción de humedad, tales como baños, cocinas, restaurantes, pabellones deportivos u otros.
 - c) **espacios de bajo riesgo de condensaciones:** espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad.

3.1.3 Clasificación de los *cerramientos y particiones interiores*

- 1 Los *cerramientos y particiones interiores* de los *espacios habitables* se clasifican según su situación en las siguientes categorías:
 - a) **cubiertas**, comprenden aquellos cerramientos superiores en contacto con el aire cuya inclinación sea inferior a 60° respecto a la horizontal;
 - b) **suelos**, comprenden aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados que estén en contacto con el aire, con el terreno, o con un espacio no habitable;
 - c) **muros de fachada**, comprenden los cerramientos perimétricos en contacto con el aire cuya inclinación sea superior a 60° respecto a la horizontal, subdivididos en 6 orientaciones según los sectores angulares contenidos en la figura 3.1. La **orientación** de una fachada se caracteriza mediante el ángulo α que es el formado por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada, medido en sentido horario;
 - d) **medianerías**, comprenden aquellos cerramientos que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez y que conformen una división común. Si el edificio se construye con posterioridad el cerramiento se considerará, a efectos térmicos, una fachada;
 - e) **cerramientos en contacto con el terreno**, comprenden aquellos cerramientos distintos a los anteriores que están en contacto con el terreno;
 - f) **particiones interiores**, comprenden aquellos elementos constructivos horizontales o verticales que separan el interior del edificio en diferentes recintos.

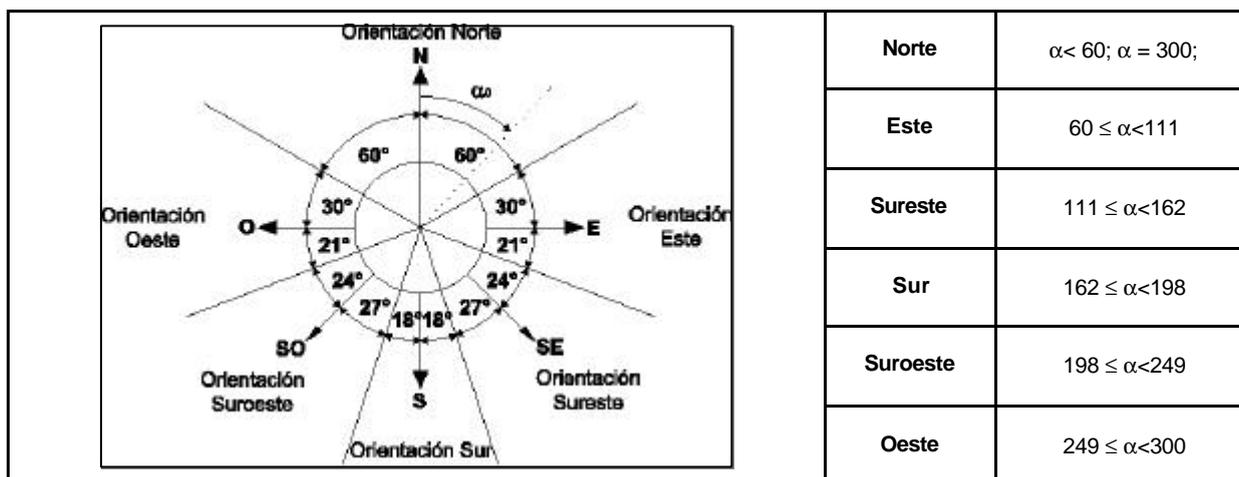


Figura 3.1. Orientaciones de las Fachadas

- 2 Los *cerramientos* de los *espacios habitables* se clasifican según su diferente comportamiento térmico y cálculo de sus parámetros característicos en las siguientes categorías:
- cerramientos en contacto con el aire:**
 - parte opaca, constituida por muros de fachada, cubiertas, suelos en contacto con el aire y los puentes térmicos integrados;
 - parte semitransparente, constituida por huecos (ventanas y puertas) de fachada y lucernarios de cubiertas.
 - cerramientos en contacto con el terreno**, clasificados según los tipos siguientes:
 - suelos en contacto con el terreno;
 - muros en contacto con el terreno;
 - cubiertas enterradas.
 - particiones interiores en contacto con espacios no habitables**, clasificados según los tipos siguientes:
 - particiones interiores en contacto con cualquier espacio no habitable (excepto cámaras sanitarias);
 - suelos en contacto con cámaras sanitarias;

Los *espacios no habitables* pueden tener diferentes grados de ventilación.

3.2 Opción simplificada

3.2.1 Aplicación de la opción

3.2.1.1 Objeto

- 1 El objeto de la opción simplificada es:
- limitar la demanda energética de los edificios, de una manera indirecta, mediante el establecimiento de determinados valores límite de los parámetros de transmitancia térmica U y del factor solar modificado F de los componentes de la *envolvente térmica*;
 - limitar la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los cerramientos para las condiciones ambientales establecidas en este documento;
 - limitar las infiltraciones de aire en los huecos y lucernarios.

3.2.1.2 Aplicabilidad

- 1 Puede utilizarse la opción simplificada cuando se cumplan simultáneamente las condiciones siguientes:
- que el porcentaje de huecos de cada fachada sea inferior al 60% de su superficie;

- b) que el porcentaje de lucernarios sea inferior al 5% de la superficie total de la cubierta.
- 2 Como excepción, se admiten porcentajes de huecos superiores al 60% en aquellas fachadas cuyo área suponga un porcentaje inferior al 10% del área total de las fachadas del edificio.
- 3 Quedan excluidos aquellos edificios cuyos cerramientos estén formados por soluciones constructivas no convencionales tales como muros tipo “trombe” o “parietodinámicos” e invernaderos adosados.
- 4 En el caso de obras de rehabilitación, se aplicarán a los nuevos cerramientos los criterios establecidos en esta opción.

3.2.1.3 Cerramientos objeto de la opción

- 1 Son objeto de esta opción simplificada los *cerramientos y particiones interiores* que componen la **envolvente térmica** del edificio, compuesta de todos los cerramientos que limitan *espacios habitables* con el ambiente exterior (aire o terreno u otro edificio) y de todas la particiones interiores que limitan los *espacios habitables* con los *espacios no habitables*.
- 2 Se incluirán en la consideración anterior aquellos puentes térmicos cuya superficie sea superior a 0,5 m² y que estén integrados en las fachadas, tales como pilares, contornos de huecos y cajas de persiana.
- 3 En los puentes térmicos tales como frentes de forjado y encuentros entre paredes se limitarán las condensaciones en su superficie.
- 4 Se excluyen de la comprobación de la limitación de condensaciones aquellas *particiones interiores* que lindan con *espacios no habitables* donde se prevea escasa producción de vapor de agua, así como los cerramientos en contacto con el terreno situados a una profundidad superior a 0,5 m respecto al nivel del terreno.
- 5 Se excluyen de la opción simplificada las puertas cuyo porcentaje de superficie semitransparente sea inferior al 50 %.

3.2.1.4 Conformidad con la opción

- 1 El procedimiento de aplicación mediante la opción simplificada es el siguiente:
 - a) determinación de la zonificación climática según el apartado 3.1.1;
 - b) clasificación de los espacios del edificio según el apartado 3.1.2;
 - c) definición de la *envolvente térmica* y cerramientos objeto según el apartado 3.2.1.3;
 - d) comprobación del cumplimiento de las limitaciones de permeabilidad al aire establecidas en el apartado 2.3 de las carpinterías de los huecos y lucernarios de la *envolvente térmica*;
 - e) cálculo de los parámetros característicos de los distintos componentes de los *cerramientos y particiones interiores* que conforman la envolvente térmica según el apéndice E.
 - f) limitación de la demanda energética:
 - i) cálculo de la media de los distintos parámetros característicos para la zona con baja carga interna y la zona de alta carga interna del edificio según el apartado 3.2.3.1;
 - ii) comprobación de que los parámetros característicos medios de la zona de baja carga interna y la zona de alta carga interna son inferiores a los valores límite de las tablas 2.1;
 - g) control de las condensaciones intersticiales y superficiales según el apéndice H.

3.2.1.5 Documentación justificativa

- 1 En la memoria técnica del proyecto se justificará el cumplimiento de las condiciones que se establecen en esta sección mediante las fichas justificativas del cálculo de los parámetros característicos medios y los formularios de conformidad que figuran en el apéndice J para la zona habitable de baja carga interna y la de alta carga interna del edificio.

3.2.3 Comprobación de la limitación de la demanda energética

3.2.3.1 Parámetros característicos medios de los *cerramientos y particiones interiores*

- 1 Tanto para las zonas de baja carga interna como para la zonas de alta carga interna de los edificios, se calculará el valor de los parámetros característicos de los *cerramientos* y *particiones interiores* como se describe en el apéndice E y se agruparán en las categorías descritas en el apartado 3.1.3.
- 2 Para cada categoría se determinará la media de los parámetros característicos U y F, que se obtendrá ponderando los parámetros correspondientes a cada cerramiento según su fracción de área en relación con el área total de la categoría a la que pertenece.
- 3 Se obtendrán de esta manera, los siguientes valores:
 - a) **transmitancia media de cubiertas U_{Cm}** , incluyendo en el promedio la transmitancia de los lucernarios U_L y los puentes térmicos integrados en cubierta U_{PC} ;
 - b) transmitancia media de suelos U_{Sm} ;
 - c) **transmitancia media de muros de fachada para cada orientación U_{Mm}** , incluyendo en el promedio los puentes térmicos integrados en la fachada tales como contorno de huecos U_{PF1} , pilares en fachada U_{PF2} y de cajas de persianas U_{PF3} , u otros;
 - d) **transmitancia media de cerramientos en contacto con el terreno U_{Tm}** ;
 - e) **transmitancia media de huecos de fachadas U_{Hm}** para cada orientación;
 - f) **factor solar modificado medio de huecos de fachadas F_{Hm}** para cada orientación;
 - g) **factor solar modificado medio de lucernarios de cubiertas F_{Lm}** .
- 4 Las áreas de los cerramientos se considerarán a partir de las dimensiones tomadas desde el interior del edificio.

3.2.3.2 Valores límite de los parámetros característicos medios

- 1 Tanto para las zonas de baja carga interna como para la zonas de alta carga interna de los edificios, los parámetros característicos medios de los *cerramientos* y *particiones interiores* que limitan los *espacios habitables* serán inferiores a los valores límite indicados en las tablas 2.1 en función de la zona climática en la que se encuentre el edificio, de la siguiente manera:
 - a) La transmitancia media de muros de fachada U_{Mm} para cada orientación y la transmitancia media de cerramientos en contacto con el terreno U_{Tm} serán inferiores a la transmitancia límite de muros U_{Mlim} .
 - b) La transmitancia media de suelos U_{Sm} será inferior a la transmitancia límite de suelos U_{Slim} .
 - c) La transmitancia media de cubiertas U_{Cm} será inferior a la transmitancia límite de cubiertas U_{Clim} .
 - d) El factor solar modificado medio de lucernarios F_{Lm} será inferior al factor solar modificado límite de lucernarios F_{Llim} .
 - e) La transmitancia media de huecos U_{Hm} en función del porcentaje de huecos y de la transmitancia media de muros de fachada U_{Mm} será inferior, para cada orientación, a la transmitancia límite de huecos U_{Hlim} .
 - f) El factor solar modificado medio de huecos F_{Hm} en función del porcentaje de huecos y de la zona del edificio de la que se trate (de baja carga interna o de alta carga interna) será inferior, para cada orientación de fachada, al factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim} .
- 2 La figura 3.2 y la tabla 3.1 resumen esta verificación.

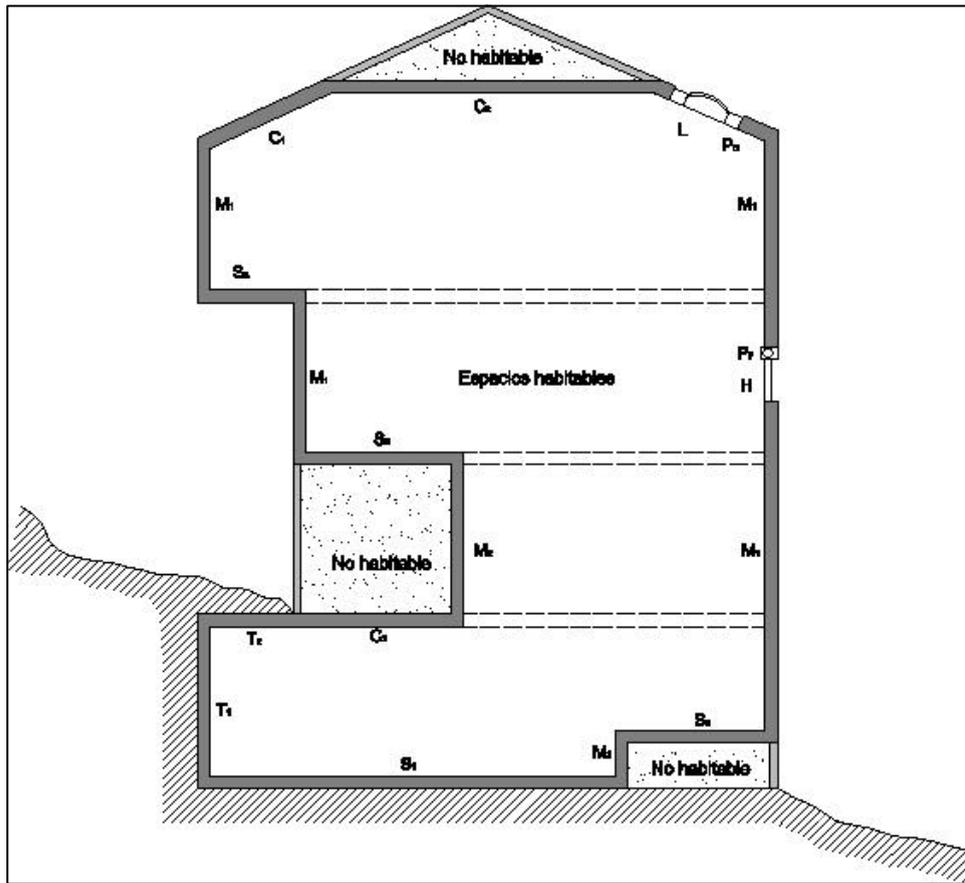


Figura 3.2 Esquema de envolvente térmica de un edificio

Tabla 3.1 Síntesis del procedimiento de aplicación de la opción simplificada

Cerramientos y particiones interiores	Componentes		Parámetros característicos	Parámetros característicos medios	Comparación con los valores límites
CUBIERTAS	C ₁	En contacto con el aire	U _{C1}	$U_{Cm} = \frac{\sum U_{Ci} \cdot A_{Ci} + U_{PC} \cdot A_{PC} + U_L \cdot A_L}{\sum A_{Ci} + A_{PC} + A_L}$	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}		
	L	Lucernarios	U _L		
SUELOS	S ₁	Apoyados sobre el terreno	U _{S1}	$U_{Sm} = \frac{\sum U_{Si} \cdot A_{Si}}{\sum A_{Si}}$	U _{Sm} ≤ U _{Slim}
	S ₂	En contacto con espacios no habitables	U _{S2}		
	S ₃	En contacto con el aire exterior	U _{S3}		
FACHADAS	M ₁	Muro en contacto con el aire	U _{M1}	$U_{Mm} = \frac{\sum U_M \cdot A_M + \sum U_{PFi} \cdot A_{PFI}}{\sum A_M + \sum A_{PFI}}$	U _{Mm} ≤ 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	$U_{Hm} = \frac{\sum U_H \cdot A_H}{\sum A_H}$	U _{Hm} ≤ U _{HLim}
F _H			$F_{Hm} = \frac{\sum F_H \cdot A_H}{\sum A_H}$	F _{Hm} ≤ F _{HLim}	
CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO	T ₁	Muros en contacto con el terreno	U _{T1}	$U_{Tm} = \frac{\sum U_{Ti} \cdot A_{Ti}}{\sum A_{Ti}}$	U _{Tm} ≤ U _{MLim}
	T ₂	Cubiertas enterradas	U _{T2}		
	T ₃	Suelos a una profundidad mayor de 0,5 m	U _{T3}		
MEDIANERÍAS	MD	Muros	U _{MD}		U _{MD} ≤ 1W/m ² K
PARTICIONES INTERIORES	PI	Particiones interiores que limitan distintas <i>unidades de uso</i> en edificios de viviendas	U _{PI}		U _{PI} ≤ 1,2W/m ² K

- (1) El cálculo se realizará para la zona de baja carga interna y para la zona de alta carga interna de los edificios.
 (2) La tabla no es exhaustiva en cuanto a los componentes de los *cerramientos* y *particiones interiores*.

3.2.4 Comprobación de la limitación de condensaciones

3.2.4.1 Condensaciones superficiales

- 1 La comprobación de la limitación de **condensaciones superficiales** se realizará según el método de cálculo que se desarrolla en el apéndice H bajo las condiciones interiores y exteriores especificadas en dicho apéndice.
- 2 Estarán exentos de la comprobación aquellos *cerramientos* y *particiones interiores* que limiten los espacios de alto riesgo de condensaciones, definidos en el apartado 3.1.2, y aquellos que cumplan las condiciones expresadas a continuación:
 - a) aquellos *cerramientos* y *particiones interiores* cuya transmitancia térmica no supere los valores indicados en la tabla 3.2;

Tabla 3.2 Transmitancia térmica máxima de cerramientos U (W/m²·K)

Cerramientos	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros y suelos	1,66	1,27	0,93	0,69	0,57
Cubiertas	1,33	1,06	0,80	0,61	0,51
Vidrios y marcos	5,65	5,65	4,40	3,54	3,14

⁽¹⁾ Las *transmitancias térmicas* se calcularán según el apartado E.1

⁽²⁾ Las *transmitancias térmicas* de vidrios y marcos se compararán por separado.

- b) aquellos puentes térmicos cuyo factor de temperatura superficial interna f_{Rsi} sea superior a los valores mínimos indicados en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Factor de temperatura superficial interior mínimo de puentes térmicos $f_{Rsi,min}$

Cerramientos	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Puentes térmicos	0,420	0,556	0,675	0,758	0,801

- 3 Se controlará, además, la limitación de condensaciones superficiales en los siguientes casos:
 - a) para el caso 1 de suelos en contacto con el terreno, se comprobará en el primer metro del perímetro de la solera que el valor de U, obtenido de la tabla E.3 para la fila de B'=1 m, es inferior al valor máximo expresado en la tabla 3.2;
 - b) para muros en contacto con el terreno se comprobará para el primer metro de cerramiento que el valor de U obtenido de la tabla E.5 para la columna z =1m, es inferior al valor máximo expresado en la tabla 3.2.
- 4 Para un cálculo más detallado, se podrá seguir el método propuesto en la norma EN ISO 13 788:2001 tomando los datos climáticos mensuales de la tabla H.2.

3.2.4.2 Condensaciones intersticiales

- 1 La comprobación de la limitación de **condensaciones intersticiales** se realizará según el método de cálculo que se desarrolla en el apéndice H bajo las condiciones interiores y exteriores especificadas en dicho apéndice.
- 2 Estarán exentos de la comprobación aquellos cerramientos que dispongan de barrera contra el paso de vapor de agua en la parte caliente del cerramiento. 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*.
- 3 Para un cálculo más detallado, se podrá seguir el método propuesto en la norma EN ISO 13 788:2001 tomando los datos climáticos mensuales de la tabla H.2.

3.3. Opción General

3.3.1 Aplicación de la opción general

3.3.1.1 Objeto

- 1 El objeto de la opción general es triple y consiste en:

- a) limitar la demanda energética de los edificios de una manera directa, evaluando dicha demanda mediante el método de cálculo especificado en 3.3.2. Esta evaluación se realizará considerando el edificio en dos situaciones:
 - i) como edificio objeto, es decir, el edificio tal cual ha sido proyectado en geometría (forma y tamaño), construcción y operación;
 - ii) como edificio de referencia, que tiene la misma forma y tamaño del edificio objeto; la misma zonificación interior y el mismo uso de cada zona que tiene el edificio objeto; los mismos obstáculos remotos del edificio objeto; y unas calidades constructivas de los componentes de fachada, suelo y cubierta por un lado y unos elementos de sombra por otro que garantizan el cumplimiento de la opción simplificada;
- b) limitar la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los *cerramientos y particiones interiores*;
- c) limitar las infiltraciones de aire para las condiciones establecidas en 2.3.

3.3.1.2 Aplicabilidad

- 1 La única limitación para la utilización de la opción general es la derivada del uso en el edificio de soluciones constructivas innovadoras cuyos modelos no puedan ser introducidos en el programa informático que se utilice.
- 2 En el caso de utilizar soluciones constructivas (muros acumuladores, fachadas ventiladas, sistemas pasivos de acondicionamiento, etc.) se justificarán las mejoras de ahorro de energía introducidas obtenidas mediante método de simulación o cálculo al uso.

3.3.1.3 Conformidad con la opción

- 1 El procedimiento de aplicación para verificar que un edificio es conforme con la opción general consiste en comprobar que:
 - a) las demandas energéticas de la *envolvente térmica* del edificio objeto para régimen de calefacción y refrigeración son ambas inferiores a las del edificio de referencia. Por régimen de calefacción se entiende los meses de diciembre a febrero ambos inclusive y por régimen de refrigeración los meses de junio a septiembre, ambos inclusive.
Como excepción, se admite que en caso de que para el edificio objeto una de las dos demandas anteriores sea inferior al 10% de la otra, se ignore el cumplimiento de la restricción asociada a la demanda más baja.
 - b) la humedad relativa media mensual en la superficie interior sea inferior al 80% para controlar las condensaciones superficiales. Comprobar, además, que la humedad acumulada en cada capa del cerramiento se seca a lo largo de un año, y que la máxima condensación acumulada en un mes no sea mayor que el valor admisible para cada material aislante.
 - c) el cumplimiento de las limitaciones de permeabilidad al aire de las carpinterías de los huecos establecidas en el apartado 2.3.
- 2 Estas comprobaciones se han de realizar mediante programas informáticos que desarrollen el método de cálculo.

3.3.2 Método de cálculo

3.3.2.1 Especificaciones del método de cálculo

- 1 El método de cálculo que se utilice para demostrar el cumplimiento de la opción general se basará en cálculo hora a hora, en régimen transitorio, del comportamiento térmico del edificio, teniendo en cuenta de manera simultánea las solicitaciones exteriores e interiores y considerando los efectos de masa térmica.
- 2 El desarrollo del método de cálculo debe contemplar los aspectos siguientes:
 - a) Particularización de las solicitaciones exteriores de radiación solar a las diferentes orientaciones e inclinaciones de los cerramientos de la envolvente, teniendo en cuenta las sombras propias del edificio y la presencia de otros edificios u obstáculos que pueden bloquear dicha radiación.
 - b) Determinación de las sombras producidas sobre los huecos por obstáculos de fachada tales como voladizos, retranqueos, salientes laterales, etc.
 - c) Valoración de las ganancias y pérdidas por conducción a través de cerramientos opacos y huecos acristalados considerando la radiación absorbida.

- d) Transmisión de la radiación solar a través de las superficies semitransparentes teniendo en cuenta la dependencia con el ángulo de incidencia.
- e) Valoración del efecto de persianas y cortinas exteriores a través de coeficientes correctores del factor solar y de la transmitancia térmica del hueco.
- f) Cálculo de infiltraciones a partir de la permeabilidad de las ventanas.
- g) Procedimiento para la comprobación de la limitación de condensaciones superficiales e intersticiales
- h) Toma en consideración de la ventilación en términos de renovaciones/hora para las diferentes zonas y de acuerdo con unos patrones de variación horarios y estacionales.
- i) Valoración del efecto de las fuentes internas, diferenciando sus fracciones radiantes y convectivas y teniendo en cuenta variaciones horarias de la intensidad de las mismas para cada zona térmica.
- j) Valoración de la posibilidad de que los espacios se comporten a temperatura controlada o en oscilación libre (durante los periodos en los que la temperatura de éstos se sitúe espontáneamente entre los valores de consigna y durante los periodos sin ocupación)
- k) Acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio que se encuentren a diferente nivel térmico.

3.3.2.2 Descripción del edificio necesaria para la utilización del método de cálculo

- 1 Para el uso de la opción general se deben proporcionar los datos que se detallan a continuación.
- 2 Para la definición geométrica será necesario especificar los siguientes datos o parámetros:
 - a) situación, forma, dimensiones de los lados, orientación e inclinación de todos los cerramientos de *espacios habitables y no habitables*. De igual manera se precisará si están en contacto con aire o con el terreno.
 - b) longitud de los puentes térmicos, tanto de los integrados en las fachadas como de los lineales procedentes de encuentros entre cerramientos.
 - c) para cada cerramiento la situación, forma y las dimensiones de los huecos (puertas, ventanas, lucernarios y claraboyas) contenidos en el mismo.
 - d) para cada hueco la situación, forma y las dimensiones de los obstáculos de fachada, incluyendo retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales y cualquier otro elemento de control solar exterior al hueco.
 - e) para las persianas y cortinas exteriores no se definirá su geometría sino que se incluirán coeficientes correctores de los parámetros de caracterización del hueco.
 - f) La situación, forma y dimensiones de aquellos obstáculos remotos que puedan arrojar sombra sobre los cerramientos exteriores del edificio.
- 3 Para la definición constructiva se precisarán para cada tipo de cerramiento los datos siguientes:
 - a) Parte opaca de los cerramientos:
 - i) espesor y propiedades de cada una de las capas (conductividad térmica, densidad, calor específico y factor de resistencia al vapor de agua);
 - ii) absortividad de las superficies exteriores frente a la radiación solar en caso de que el cerramiento esté en contacto con el aire exterior;
 - iii) factor de temperatura de la superficie interior
 - b) Puentes térmicos:
 - i) Transmitancia térmica lineal
 - c) Huecos y lucernarios:
 - i) transmitancia del acristalamiento y del marco
 - ii) factor solar del acristalamiento
 - iii) absortividad del marco
 - iv) corrector del factor solar y corrector de la transmitancia para persianas o cortinas exteriores.
 - v) permeabilidad al aire de las carpinterías de los huecos para una sobrepresión de 100 Pa. (Para las puertas se proporcionará siempre un valor por defecto igual a $60 \text{ m}^3/\text{hm}^2$).
- 4 Se especificará para cada espacio si se trata de un *espacio habitable* o *no habitable*, indicando para estos últimos, si son de baja carga interna o alta carga interna.

3.3.2.3 Programa informático de referencia

- 1 El método de cálculo de la opción general se formaliza a través de un programa informático oficial o de referencia que realiza de manera automática los aspectos mencionados en el apartado anterior, previa entrada de los datos necesarios para la descripción del edificio.
- 2 La versión oficial de este programa se denomina Limitación de la Demanda Energética, LIDER, y tendrá la consideración de documento reconocido del CTE, estando disponible al público para su libre utilización.

3.3.2.4 Métodos alternativos de cálculo

- 1 Para la verificación de la opción general se podrán utilizar otros programas de ordenador alternativos que estén basados en el método de cálculo y que sean aceptados previamente por las administraciones competentes.
- 2 Con el fin de que cualquier programa informático que desarrolle el método de cálculo pueda ser aceptado como procedimiento válido para cumplimentar la opción general, éste debe ser validado con el procedimiento que se establezca para su reconocimiento.

4 Productos de construcción

4.1 Características exigibles a los productos

- 1 Los edificios se caracterizan térmicamente a través de las propiedades higrotérmicas de los productos de construcción que componen su envolvente térmica.
- 2 Se distinguen los productos para los muros y la parte ciega de las cubiertas, de los productos para los huecos y lucernarios.
- 3 Los productos para los muros y la parte ciega de las cubiertas se definen mediante las siguientes propiedades higrométricas:
 - a) la conductividad térmica λ (W/mK);
 - b) el factor de resistencia al vapor de agua μ .
- 4 En su caso, además se podrán definir las siguientes propiedades:
 - a) la densidad ρ (kg/m³);
 - b) el calor específico c_p (J/kg.K);
- 5 Los productos para huecos y lucernarios se caracterizan mediante los siguientes parámetros:
 - a) Parte semitransparente del hueco por:
 - i) la transmitancia térmica U (W/m²K);
 - ii) el factor solar.
 - b) Marcos de huecos (puertas y ventanas) y lucernarios por:
 - i) la transmitancia térmica U (W/m²K);
 - ii) la absortividad.
- 6 Los valores de diseño de las propiedades citadas se obtendrán de valores declarados para cada producto, según mercado CE, o de documentos oficialmente reconocidos para cada tipo de producto.
- 7 En el pliego de condiciones técnicas del proyecto debe expresarse las características higrotérmicas de los productos utilizados en los *cerramientos* y *particiones interiores* que componen la envolvente térmica del edificio. Si éstos están recogidos de documentos oficialmente reconocidos, se podrán tomar los datos allí incluidos por defecto. Si no están incluidos, en la memoria técnica deben incluirse los cálculos justificativos de dichos valores y consignarse éstos en el pliego.
- 8 En todos los casos se utilizarán valores térmicos de diseño, los cuales se pueden calcular a partir de los valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456.

4.2 Características exigibles a los *cerramientos* y *particiones interiores* de la envolvente térmica

- 1 Las características exigibles a los *cerramientos* y *particiones interiores* son las expresadas mediante los parámetros característicos de acuerdo con lo indicado en el apartado 2 de este DB.
- 2 El cálculo de estos parámetros deberá figurar en la memoria técnica del proyecto. En el pliego de condiciones técnicas se consignarán los valores y características exigibles a los cerramientos y particiones interiores.

4.3 Control de recepción en obra de productos

- 1 En el pliego de condiciones técnicas se indicarán las condiciones particulares de control para la recepción de los productos que forman los *cerramientos* y *particiones interiores* de la envolvente térmica, incluyendo los ensayos necesarios para comprobar que los mismos reúnen las características exigidas en los apartados anteriores.
- 2 Debe comprobarse que los productos recibidos:
 - a) corresponden a los especificados en el pliego de condiciones del proyecto;
 - b) disponen de la documentación exigida;
 - c) están caracterizados por las propiedades exigidas;
 - d) han sido ensayados, cuando así se establezca en el pliego de condiciones o lo determine el director de la ejecución de la obra, con la frecuencia establecida.
- 3 En el control se seguirán los criterios indicados en el artículo 7.2 de la parte I del CTE.

5 Construcción

- 1 En el proyecto se definirán y justificarán las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, así como las condiciones de ejecución de cada unidad de obra, con las verificaciones y controles especificados para comprobar su conformidad con lo indicado en dicho proyecto, según lo indicado en el artículo 6 de la parte I del CTE.

5.1 Ejecución

- 1 Las obras de construcción del edificio se ejecutarán con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable, a las normas de la buena práctica constructiva y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7 de la parte I del CTE. En el pliego de condiciones técnicas se indicarán las condiciones particulares de ejecución de los *cerramientos* y *particiones interiores* de la envolvente térmica.

5.2 Control de la ejecución de la obra

- 1 El control de la ejecución de las obras se realizará de acuerdo con las especificaciones del proyecto, sus anexos y modificaciones autorizados por el director de obra y las instrucciones del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7.3 de la parte I del CTE y demás normativa vigente de aplicación.
- 2 Se comprobará que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con los controles y con la frecuencia de los mismos establecida en el pliego de condiciones técnicas.
- 3 Cualquier modificación que pueda introducirse durante la ejecución de la obra quedará en la documentación de la obra ejecutada sin que en ningún caso dejen de cumplirse las condiciones mínimas señaladas en este Documento Básico.

5.2.1 *Cerramientos* y *particiones interiores* de la envolvente térmica

- 1 Se prestará especial cuidado en la ejecución de los puentes térmicos integrados en los *cerramientos* tales como pilares, contornos de huecos y cajas de persiana, atendiéndose a los detalles constructivos correspondientes.
- 2 Se controlará que la puesta en obra de los aislantes térmicos se ajusta a lo indicado en el proyecto, en cuanto a su colocación, posición, dimensiones y tratamiento de puntos singulares.

- 3 Se prestará especial cuidado en la ejecución de los puentes térmicos tales como frentes de forjado y encuentro entre *cerramientos*, atendiéndose a los detalles constructivos correspondientes.

5.2.2 Condensaciones

- 1 Si es necesario la interposición de una barrera de vapor, ésta se colocará en la cara caliente del cerramiento y se controlará que durante su ejecución no se produzcan roturas o deterioros en la misma.

5.2.2 Permeabilidad al aire

- 1 Se comprobará que la fijación de los cercos de las carpinterías que forman los huecos (puertas y ventanas) y lucernarios, se realiza de tal manera que quede garantizada la estanquidad a la permeabilidad del aire especificada según la zonificación climática que corresponda.

5.3 Control de la obra terminada

- 1 En el control de la obra terminada se seguirán los criterios indicados en el artículo 7.4 de la parte I del CTE En esta sección del DB no se prescriben pruebas finales.

Apéndice A Terminología

Bienestar térmico: Condiciones interiores de temperatura y humedad establecidas reglamentariamente que se considera que producen una sensación de bienestar adecuada y suficiente a sus ocupantes.

Cerramiento: Elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior, ya sea aire, terreno u otros edificios.

Componentes del edificio: Se entienden por componentes del edificio los que aparecen en su *envolvente edificatoria*: cerramientos, huecos y puentes térmicos.

Condiciones higrotérmicas: Son las condiciones de temperatura seca y humedad relativa que prevalecen en los ambientes exterior e interior para el cálculo de las condensaciones intersticiales.

Demanda energética: Es la energía necesaria para mantener en el interior del edificio unas condiciones de confort definidas reglamentariamente en función del uso del edificio y de la zona climática en la que se ubique. Se compone de la demanda energética de calefacción, correspondientes a los meses de la temporada de calefacción y de refrigeración respectivamente.

Edificio de referencia: Edificio obtenido a partir del edificio objeto, cuya demanda energética debe ser mayor, tanto en régimen de calefacción como de refrigeración, que la del edificio objeto. Se obtiene a partir del edificio objeto sustituyendo los cerramientos por otros que cumplen los requisitos de la opción simplificada.

Edificio objeto: Edificio del que se quiere verificar el cumplimiento de la reglamentación.

Envolvente edificatoria: Se compone de todos los *cerramientos* del edificio.

Envolvente térmica: Se compone de los *cerramientos* del edificio que separan los recintos *habitables* del ambiente exterior y las *particiones interiores* que separan los *recintos habitables* de los *no habitables*.

Espacio: Región del edificio cerrado en todo su perímetro por *cerramientos* o *particiones interiores*. En el caso de recintos contiguos con mismo uso e idénticas condiciones térmicas se considerará, a efectos de cálculo de demanda energética, que forman un único espacio.

Espacio habitable: Véase *recinto habitable*.

Espacio no habitable: Véase *recinto no habitable*.

Lucernario: Cualquier hueco situado en una cubierta, por tanto su inclinación será menor de 60° respecto a la horizontal.

Fachada: Conjunto de cerramientos (paredes y ventanas), normalmente verticales, que separan el edificio del exterior, agrupados por orientaciones.

Factor de sombra: Es la fracción de la radiación incidente en un hueco que es bloqueada por la presencia de obstáculos de fachada tales como retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales u otros.

Factor solar: Es el cociente entre la energía térmica que se introduce en el edificio a través del acristalamiento y la que se introduciría si el acristalamiento se sustituyese por un hueco perfectamente transparente.

Factor solar modificado: Producto del factor solar por el factor de sombra.

Grados-día: Grados-día de un período determinado de tiempo es la suma, para todos los días de ese período de tiempo, de la diferencia entre una temperatura fija, o base de los grados-día, y la temperatura media del día, cuando esa temperatura media diaria sea inferior a la temperatura base.

Hueco: Es cualquier elemento semitransparente de la envolvente del edificio. Comprende las ventanas, puertas acristaladas, y claraboyas o lucernarios.

Humedad relativa: Es la fracción de la presión de saturación que representa la presión parcial del vapor de agua en el espacio o ambiente exterior en estudio. Se tiene en cuenta en el cálculo de las condensaciones, superficiales e intersticiales en los cerramientos.

Material: Parte de un producto si considerar su modo de entrega, forma y dimensiones, sin ningún revestimiento o recubrimiento.

Parámetro característico: Los parámetros característicos son las magnitudes que se suministran como datos de entrada a los procedimientos de cumplimentación, tanto el simplificado como el general.

Partición interior: Elemento constructivo del edificio que divide su interior en recintos independientes. Pueden ser verticales u horizontales (suelos y techos).

Permeabilidad al aire: Es la propiedad de una ventana o puerta de dejar pasar el aire cuando se encuentra sometida a una presión diferencial. La permeabilidad al aire se caracteriza por la capacidad de paso del aire, expresada en m^3/h , en función de la diferencia de presiones.

Permeabilidad al vapor de agua: Es la cantidad de vapor que pasa a través de la unidad de superficie de material de espesor unidad cuando la diferencia de presión de vapor entre sus caras es la unidad.

Porcentaje de huecos: Fracción del área total de la fachada ocupada por los huecos de la misma, expresada en porcentaje.

Producto: Forma final de un material listo para su uso, de forma y dimensiones dadas y que incluye cualquier recubrimiento o revestimiento.

Puente térmico: Parte de la envolvente térmica de un edificio donde la resistencia térmica normalmente uniforme cambia significativamente debido a:

- a) penetraciones completas o parciales en el cerramiento de un edificio, de materiales con diferente conductividad térmica y / o
- b) un cambio en el espesor de la fábrica; y / o
- c) una diferencia entre las áreas internas o externas, tales como juntas entre paredes, suelos, o techos

Recinto: Espacio del edificio limitado por cerramientos, particiones o cualquier otro elemento separador.

Recinto habitable: Espacio destinado al uso de personas que tiene una densidad de ocupación y un tiempo de estancia que exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas.

Recinto no habitable: Espacio no destinado al uso permanente de personas o con una ocupación ocasional y un tiempo de estancia bajo que sólo exigen unas condiciones de salubridad adecuadas. En esta categoría se incluyen explícitamente los garajes, cámaras técnicas y desvanes no acondicionados.

Régimen de invierno: Condiciones de uso del edificio que prevalecen durante la temporada de calefacción.

Régimen de verano: Condiciones de uso del edificio que prevalecen durante la temporada de refrigeración.

Severidad climática: La severidad climática de una localidad es el cociente entre la demanda energética de un edificio cualquiera en dicha localidad y la correspondiente al mismo edificio en una localidad de referencia. En la presente reglamentación se ha tomado Madrid como localidad de

referencia, siendo, por tanto, su severidad climática la unidad. Se define una severidad climática para verano y una para invierno.

Suelo: Comprende aquellos cerramientos horizontales situados bajo un espacio habitado o no habitado y que están en contacto con el terreno o con un espacio no habitable.

Superficie útil: Superficie interior de los espacios, habitados o no habitados. Se define para un espacio y para la totalidad del edificio, siendo ésta última la suma de las superficies útiles de los espacios habitados y no habitados que contenga.

Temporada de calefacción: En la presente reglamentación se extiende de diciembre a febrero.

Temporada de refrigeración: En la presente reglamentación se extiende de junio a septiembre.

Transmitancia promedio: La transmitancia promedio se obtiene ponderando las transmitancias particulares de cada cerramiento por la fracción de área que cada uno de ellos supone en relación con el área total asociada a la categoría a la que pertenece, para cada orientación.

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.

Unidad de uso: Edificio o parte de él destinada a un uso específico, en la que sus usuarios están vinculados entre sí bien por pertenecer a una misma unidad familiar, empresa, corporación; o bien por formar parte de un grupo o colectivo que realiza la misma actividad. Se consideran unidades de uso diferentes entre otras, las siguientes:

En edificios de vivienda, cada una de las viviendas.

En hospitales, hoteles, residencias, etc., cada habitación incluidos sus anexos.

En edificios docentes, cada aula, laboratorio, etc.

Uso de los espacios: Las condiciones de utilización de cada espacio se definen a través de dos parámetros: intensidad de fuentes internas y duración de los periodos de ocupación. En esta reglamentación, se han fijado 3 intervalos para definir la intensidad de uso y cuatro para definir la duración de los periodos de ocupación, lo que arroja un total de 12 combinaciones. La intensidad de fuentes internas agrupa las contribuciones de ocupantes, iluminación, y equipos. La intensidad media de fuentes internas se calcula multiplicando la intensidad por la duración y dividiendo por 24.

Zona climática: En esta reglamentación se definen 12 zonas climáticas en función de las severidades climáticas de invierno (A, B, C, D, E) y verano (1, 2, 3, 4) de la localidad en cuestión. Se excluyen las combinaciones imposibles para la climatología española.

Apéndice B Notaciones y unidades

α	Absortividad, adimensional
β	Angulo de inclinación de lamas horizontales, grados sexagesimales
α_o	Orientación de las fachadas, en grados sexagesimales
δ	Factor de sombra, adimensional
φ	Humedad relativa, en %
φ_e	Humedad relativa exterior, en %
φ_i	Humedad relativa interior, en %
θ_n	Temperatura en la capa n, en °C
θ_e	Temperatura exterior, en °C
θ_i	Temperatura interior, en °C
θ_{si}	Temperatura superficial interior, en °C
θ_{se}	Temperatura superficial exterior, en °C
λ	Conductividad térmica, en W/m.K
ρ	Densidad, en Kg/m ³
μ	Factor de resistencia al vapor de agua, adimensional
σ	Angulo de orientación de lamas verticales, grados sexagesimales
τ	Transmitancia de tejido en toldos, adimensional
c_p	Calor específico, en J/Kg.K
A	Area de la solera o losa, m ²
D	Ancho de banda de aislamiento, en m
F	Factor solar modificado
F_H	Factor solar modificado de huecos
F_{HL}	Factor solar modificado límite de huecos
F_{Hm}	Factor solar modificado medio de huecos
F_L	Factor solar modificado de lucernarios
F_{LL}	Factor solar modificado límite de lucernarios
F_{Lm}	Factor solar modificado de lucernarios
FM	Fracción de marco
P	Presión de vapor del aire, en Pa
P_e	Presión de vapor del aire exterior, en Pa
P_i	Presión de vapor del aire interior, en Pa
P_n	Presión de vapor del aire en la capa n, en Pa
P_{sat}	Presión de vapor de saturación, en Pa
R_n	Resistencia térmica de la capa n de un cerramiento, en m ² K/ W
R_m	Resistencia térmica del muro enterrado, en m ² K/ W
R_a	Resistencia térmica del aislante en soleras o losas, en m ² K/ W
R_{se}	Resistencia térmica superficial exterior, en m ² K/ W
R_{si}	Resistencia térmica superficial interior, en m ² K/ W
R_u	Resistencia térmica para espacios no habitables, en m ² K/ W
R_T	Resistencia térmica total, en m ² K/ W
S_{dn}	Espesor equivalente, en m
U	Transmitancia térmica, en W/m ² .°K
U_M	Transmitancia térmica de muros, en W/m ² .°K
U_{ML}	Transmitancia térmica límite de muros, en W/m ² .°K
U_{Mm}	Transmitancia térmica media de muros, en W/m ² .°K
U_C	Transmitancia térmica de cubiertas, en W/m ² .°K

U_{CL}	Transmitancia térmica límite de cubiertas, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
U_{Cm}	Transmitancia térmica media de cubiertas, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
U_L	Transmitancia térmica de lucernarios, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
U_{Fm}	Transmitancia térmica media de fachadas, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
U_H	Transmitancia térmica de huecos, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
U_{HL}	Transmitancia térmica límite de huecos, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
U_{Hm}	Transmitancia térmica media de huecos, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{H,v}$	Transmitancia térmica de la parte acristalada del hueco, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{H,m}$	Transmitancia térmica del marco del hueco, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
U_T	Transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
U_{Tm}	Transmitancia térmica media de cerramientos en contacto con el terreno, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
U_S	Transmitancia térmica de suelos, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
U_{SL}	Transmitancia térmica límite de suelos, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
U_{Sm}	Transmitancia térmica media de suelos, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
U_f	Transmitancia térmica de cerramientos en contacto con la cámara de aire, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
e	Espesor de una capa, en m
u	Coefficiente de transmisión térmica lineal para soleras
f_{Rsi}	Factor de temperatura de la superficie interior, adimensional
$f_{Rsi,min}$	Factor de temperatura de la superficie interior mínimo, adimensional

Apéndice C Normas de referencia

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 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

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”

Apéndice D Zonas climáticas

D.1 Determinación de la zona climática a partir de valores tabulados

- 1 La zona climática de cualquier localidad en la que se ubiquen los edificios se obtiene de la tabla D.1 en función de la diferencia de altura que exista entre dicha localidad y la altura de referencia de la capital de su provincia. Si la diferencia de altura fuese menor de 200 m o la localidad se encontrase a una altura inferior que la de referencia, se tomará, para dicha localidad, la misma zona climática que la que corresponde a la capital de 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	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Melilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de gran canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

D.2 Determinación de la zona climática a partir de registros climáticos

- 1 La determinación de zonas climáticas, para localidades que dispongan de registros climáticos contrastados, se obtendrá a partir del cálculo de las severidades climáticas de invierno y de verano para dichas localidades.
- 2 Una vez obtenidas las dos severidades climáticas, la zona climática se determinará localizando los dos intervalos correspondientes en los que se encuentran dichas severidades, de acuerdo con la figura D.1.
- 3 La severidad climática combina los *grados-día* y la radiación solar de la localidad, de forma que se puede demostrar que cuando dos localidades tienen la misma severidad climática de invierno

(SCI) la demanda energética de calefacción de un mismo edificio situado en ambas localidades es sensiblemente igual. Lo mismo es aplicable para la severidad climática de verano (SCV).

- 4 Para invierno se definen cinco divisiones distintas correspondientes a los siguientes intervalos de valores:

Tabla D.2a.- Severidad climática de invierno

A	B	C	D	E
SCI = 0,3	0,3 < SCI = 0,6	0,6 < SCI = 0,95	0,95 < SCI = 1,3	SCI > 1,3

- 5 Para verano se definen 4 divisiones distintas correspondientes a los siguientes intervalos de valores:

Tabla D.2a.- Severidad climática de verano

1	2	3	4
SCV = 0,6	0,6 < SCV = 0,9	0,9 < SCV = 1,25	SCV > 1,25

- 6 Combinando las 5 divisiones de invierno con las 4 de verano se obtendrían 20 zonas distintas, de las cuales se han retenido únicamente las 12 en las cuales se ubican las localidades españolas.
- 7 Las 12 zonas retenidas se identifican mediante una letra, correspondiente a la división de invierno, y un número, correspondiente a la división de verano, como se muestra en la figura D.1.

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

Figura D1. Zonas climáticas

D.2.1 Cálculo de las severidades climáticas

D.2.1.1 Severidad climática de Invierno (SCI)

- 1 En función de la disponibilidad de datos climáticos existen dos correlaciones alternativas:
- a) correlación 1: a partir de los grados-día de invierno, y de la radiación global acumulada.

$$SC = aRad + bGD + cRad GD + d(Rad)^2 + e.(GD)^2 + f \quad (D.1)$$

siendo

GD la media de los grados-día 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
-8.3521·10 ⁻³	3.7210·10 ⁻³	-8.6243·10 ⁻⁶	4.8833·10 ⁻⁵	7.1479·10 ⁻⁷	-6.8143·10 ⁻²

- b) correlación 2: a partir de los grados-día de invierno, y del ratio entre número de horas de sol y número de horas de sol máximas.

$$SC = a GD + b n/N + c (GD)^2 + d \cdot (n/N)^2 + e \quad (D.2)$$

siendo

GD la media de los grados-día 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 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	$1.885 \cdot 10^{-6}$	$7.026 \cdot 10^{-1}$	$5.709 \cdot 10^{-2}$

D.2.2.2 Severidad climática de Verano (SCV)

1 Al igual que para invierno, en función de la disponibilidad de datos climáticos existen dos correlaciones alternativas:

a) correlación 1: a partir de los grados-día de verano y de la radiación global acumulada.

$$SC = a \cdot Rad + b \cdot GD + c \cdot Rad \cdot GD + d \cdot (Rad)^2 + e \cdot (GD)^2 + f \quad (D.3)$$

siendo

GD la media de los grados-día 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
$3.724 \cdot 10^{-3}$	$1.409 \cdot 10^{-2}$	$-1.869 \cdot 10^{-5}$	$-2.053 \cdot 10^{-6}$	$-1.389 \cdot 10^{-5}$	$-5.434 \cdot 10^{-1}$

b) correlación 2: a partir de los grados-día de verano, y del ratio entre número de horas de sol y número de horas de sol máximas.

$$SC = a \cdot GD + b \cdot n/N + c \cdot (GD)^2 + d \cdot (n/N)^2 + e \quad (D.4)$$

siendo

GD la media de los grados-día 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 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	$-1.638 \cdot 10^{-5}$	$-5.977 \cdot 10^{-1}$	$-3.370 \cdot 10^{-1}$

Apéndice E Cálculo de los parámetros característicos de la demanda

E.1 Transmitancia térmica

E.1.1 Cerramientos en contacto con el aire exterior

- 1 Este cálculo es aplicable a todos los cerramientos en contacto con el aire exterior tales como muros de fachada, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior. De la misma forma se calcularán los puentes térmicos integrados en los citados cerramientos cuya superficie sea superior a 0,5 m².
- 2 La transmitancia térmica U (W/m²K) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (\text{E.1})$$

siendo

R_T la resistencia térmica total del componente constructivo [m² K/ W].

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

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (\text{E.2})$$

siendo

$R_1, R_2 \dots R_n$ las resistencias térmicas de cada capa definidas según la expresión (E.3) [m² K/W];
 R_{si} y R_{se} las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [m² K/W].

- 4 En caso de un componente constituido por capas homogéneas y heterogéneas la resistencia térmica total R_T debe calcularse mediante el procedimiento descrito en el apéndice F.
- 5 La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (\text{E.3})$$

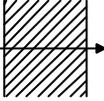
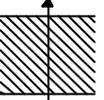
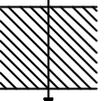
siendo

e el espesor de la capa [m].

En caso de una capa de espesor variable se considerará el espesor medio.

λ la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de documentos oficialmente reconocidos, [W/m K].

Tabla E.1: Resistencias térmicas superficiales en m^2K/W

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		Situación del cerramiento			
		De separación con el exterior		De separación con un espacio no habitable	
		Rse	Rsi	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal		0,04	0,13	0,13	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente		0,04	0,10	0,10	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente		0,04	0,17	0,17	0,17

6 Las cámaras de aire pueden ser consideradas por su resistencia térmica, para ello se considerarán:

- a) **cámara de aire sin ventilar:** aquella en la que no existe ningún sistema específico para el flujo del aire a través de ella. Una cámara de aire que no tenga aislamiento entre ella y el ambiente exterior pero con pequeñas aberturas al exterior puede también considerarse como cámara de aire sin ventilar, si esas aberturas no permiten el flujo de aire a través de la cámara y no exceden:
- 500 mm^2 por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;
 - 500 mm^2 por m^2 de superficie para cámaras de aire horizontales.

La resistencia térmica de las cámaras de aires sin ventilar viene definida en la tabla E.2 en función de su espesor.

Tabla E.2 Resistencias térmicas de cámaras de aire en $m^2 K/W$

e (cm)	Sin ventilar	
	horizontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

⁽¹⁾ Estos valores son aplicables cuando la cámara:

- Esté limitada por dos superficies paralelas entre sí y perpendiculares a la dirección del flujo de calor y cuyas emisividades sean superiores a 0,8;
- Tengan un espesor menor a 0,1 veces cada una de las otras dos dimensiones y no mayor a 0,3 m.
- No tenga intercambio de aire con el ambiente interior.

Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal

Para un cálculo más detallado se considera válido el procedimiento descrito en el apartado B.2 de la norma UNE EN ISO 6 946:1997.

- b) **cámara de aire ligeramente ventilada:** aquella en la que no existe un dispositivo para el flujo de aire limitado a través de ella desde el ambiente exterior pero con aberturas dentro de los siguientes rangos:
- 500 $mm^2 < S_{aberturas} = 1500 mm^2$ por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;
 - 500 $mm^2 < S_{aberturas} = 1500 mm^2$ por m^2 de superficie para cámaras de aire horizontales.

La resistencia térmica de una cámara de aire ligeramente ventilada es la mitad de los valores de la tabla E.2.

- c) **cámara de aire muy ventilada:** aquella en que los valores de las aberturas exceden:
- 1500 mm^2 por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;

- ii) 1500 mm² por m² de superficie para cámaras de aire horizontales.
- 7 Para cámaras de aire muy ventiladas, la resistencia térmica total del cerramiento se obtendrá despreciando la resistencia térmica de la cámara de aire y las de las demás capas entre la cámara de aire y el ambiente exterior, e incluyendo una resistencia superficial exterior correspondiente al aire en calma, igual a la resistencia superficial interior del mismo elemento.
- 8 La transmitancia térmica U_{MD} (W/m²K) de las medianerías se calculará como un cerramiento en contacto con el exterior pero considerando las resistencias superficiales como interiores.

E.1.2 Cerramientos en contacto con el terreno

E.1.2.1 Suelos en contacto con el terreno

- 1 Para el cálculo de la transmitancia U_s (W/m²K) se consideran en este apartado:
 - CASO 1 soleras o losas apoyadas sobre el nivel del terreno o como máximo 0,50 m por debajo de éste;
 - CASO 2 soleras o losas a una profundidad superior a 0,5 m respecto al nivel del terreno.

CASO 1

- 1 La transmitancia térmica U_s (W/m²K) se obtendrá de la tabla E.3 en función del ancho D de la banda de aislamiento perimetrico, de la resistencia térmica del aislante R_a calculada mediante la expresión (E.3) y la longitud característica B' de la solera o losa.

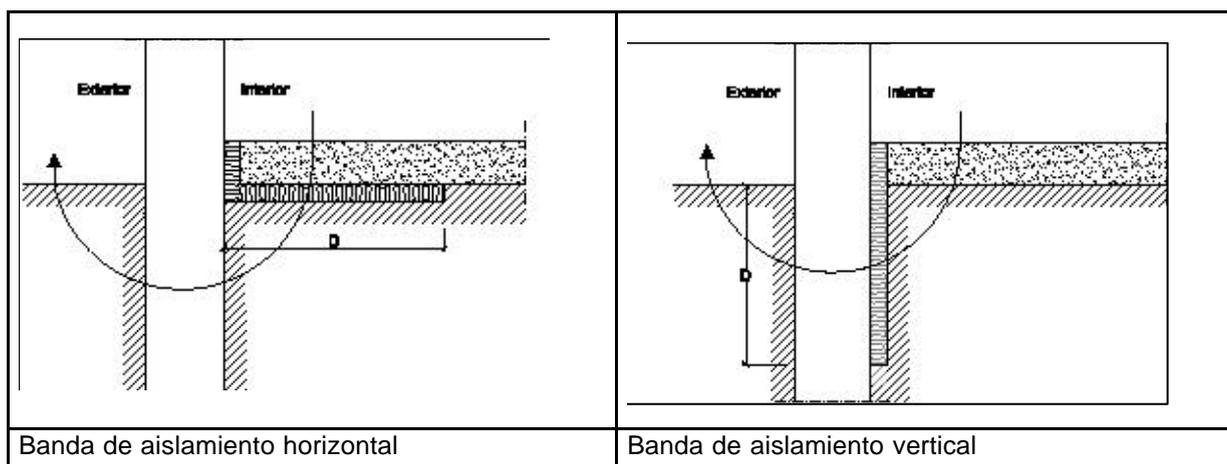


Figura E.1. Soleras con aislamiento perimetral

- 2 Se define la longitud característica B' como el cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro, según la expresión:

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P} \quad (E.4)$$

siendo

- P la longitud del perímetro de la solera [m];
- A el área de la solera [m²].

- 3 Para soleras o losas sin aislamiento térmico, la transmitancia térmica U_s se tomará de la columna $R_a = 0$ m² K/ W en función de su longitud característica B'.
- 4 Para soleras o losas con aislamiento continuo en toda su superficie se tomarán los valores de la columna $D > 1,5$ m.

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

B'	R_a 0,00	D = 0.5 m R_a ($m^2 K/W$)					D = 1.0 m R_a ($m^2 K/W$)					D = 1.5 m R_a ($m^2 K/W$)				
		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

(1) Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal

5 Alternativamente, para un cálculo más detallado de la transmitancia térmica U_s podrá utilizarse la metodología descrita en la norma UNE EN ISO 13 370:1999.

CASO 2

1 La transmitancia térmica U_s ($W/m^2 K$) se obtendrá de la tabla E.4 en función de la profundidad z de la solera o losa respecto el nivel del terreno, de su resistencia térmica R_f calculada mediante la expresión (E.2), despreciando las resistencias térmicas superficiales, y la longitud característica B' calculada mediante la expresión (E.4).

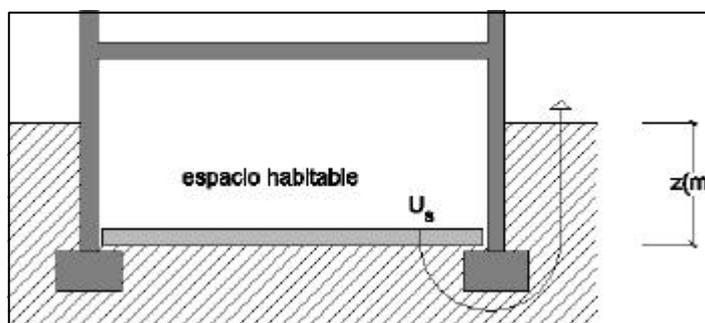


Figura E.2. Solera enterrada

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

B'	0.5 m < z = 1.0 m R_f ($m^2 K/W$)				1.0 m < z = 2.0 m R_f ($m^2 K/W$)				2.0 m < z = 3.0 m R_f ($m^2 K/W$)				z > 3.0 m R_f ($m^2 K/W$)			
	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

- (1) Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal
- 2 Alternativamente, para un cálculo más detallado de la transmitancia térmica U_s podrá utilizarse la metodología descrita en la norma UNE EN ISO 13 370:1999.

E.1.2.2 Muros en contacto con el terreno

- 1 La transmitancia térmica U_T (W/m^2K) de los muros o pantallas en contacto con el terreno se obtendrá de la tabla E.5 en función de su profundidad z , y de la resistencia térmica del muro R_m calculada mediante la expresión (E.2) despreciando las resistencias térmicas superficiales.

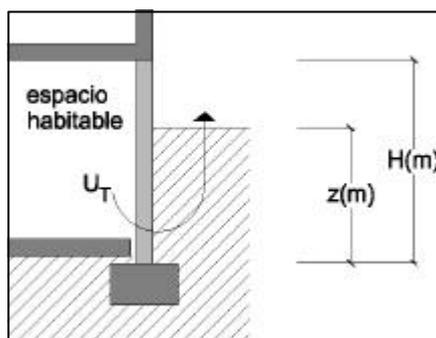


Figura E.3 Muro en contacto con el terreno

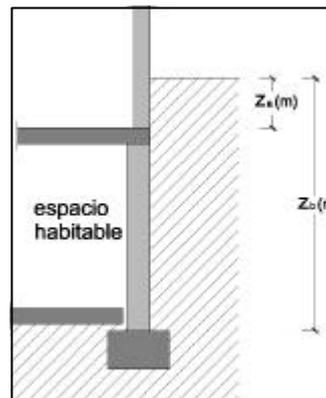


Figura E.4 Muro enterrado

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

R_m ($m^2 K/W$)	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

- (1) Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal
- 2 En el caso de muros cuya composición varíe con la profundidad, la transmitancia térmica U_T se obtendrá de la expresión:

$$U_T = \frac{U_b z_b - U_a z_a}{z_b - z_a} \quad (E.5)$$

siendo

z_a y z_b las profundidades de los distintos muros [m].

U_a la transmitancia térmica de la parte menos profunda del muro, obtenida de la tabla 3.6 para una profundidad $z = z_a$ y una resistencia térmica $R_m = R_a$ [$W/m^2 K$];

U_b la transmitancia térmica obtenida de la tabla E.5 de un muro hipotético de profundidad $z = z_b$ y resistencia térmica $R_m = R_b$ [$W/m^2 K$].

- 3 Alternativamente, para un cálculo más detallado de la transmitancia térmica U_T podrá utilizarse la metodología descrita en la norma UNE EN ISO 13 370:1999.

E.1.2.3 Cubiertas enterradas

- 1 La transmitancia térmica U_T ($W/m^2 K$) de las cubiertas enterradas se obtendrá mediante procedimiento descrito en el apartado E.1.1, considerando el terreno como otra capa térmicamente homogénea de conductividad $\lambda = 2 W/mK$.

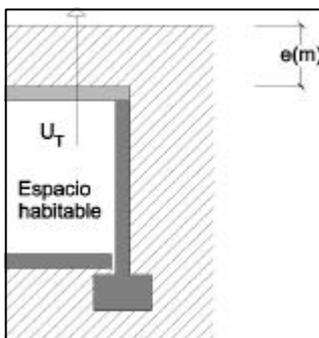


Figura E.5 Cubierta enterrada

E.1.3 Particiones interiores en contacto con espacios no habitables

- 1 Para el cálculo de la transmitancia U (W/m^2K) se consideran en este apartado el caso de cualquier partición interior en contacto con un *espacio no habitable*.

E.1.3.1 Particiones interiores en contacto con espacios no habitables

- 1 Se excluyen de este apartado los vacíos o cámaras sanitarias.
- 2 La transmitancia térmica U (W/m^2K) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = U_c \cdot b \tag{E.6}$$

siendo

- U_c la transmitancia térmica del cerramiento en contacto con el *espacio no habitable*, calculada mediante la expresión (E.1) [$W/m^2 K$];
 - b el coeficiente de reducción de temperatura (relacionado al *espacio no habitable*) obtenido por la tabla E.6 para los casos concretos que se citan o mediante el procedimiento descrito.
- 3 El coeficiente de reducción de temperatura b para *espacios adyacentes no habitables* (trasteros, despensas, garajes adyacentes...) y espacios no acondicionados bajo cubierta inclinada se podrá obtener de la tabla E.6 en función de la situación del aislamiento térmico (véase figura E.6), del grado de ventilación del espacio y de la relación de áreas entre la *partición interior* y el *cerramiento* (A_{iu} / A_{ue}).
 - 4 Se distinguen dos grados de ventilación en función del nivel de estanqueidad del espacio definido en la tabla E.7:
 - CASO 1 espacio ligeramente ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de estanqueidad 1, 2 o 3;
 - CASO 2 espacio muy ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de estanqueidad 4 o 5.

Tabla E.6 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

(1) Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal

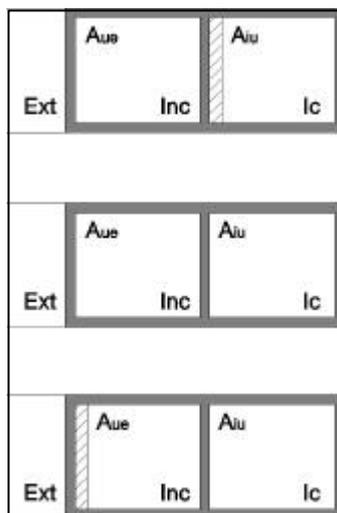


Figura E.6 Espacios habitables en contacto con espacios no habitables

NOTA: El subíndice *ue* se refiere al cerramiento entre el *espacio no habitable* y el exterior
El subíndice *iu* se refiere a la partición interior entre el *espacio habitable* y el *espacio no habitable*;

- 5 El coeficiente de reducción de temperatura *b*, para el resto de *espacios no habitables*, se define mediante la siguiente expresión:

$$b = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} \quad (E.7)$$

siendo

H_{ue} es el coeficiente de pérdida del *espacio no habitable* hacia el exterior [W/m];

H_{iu} es el coeficiente de pérdida del *espacio habitable* hacia el *espacio no habitable* [W/m].

Los coeficientes H_{ue} y H_{iu} incluyen las pérdidas por transmisión y por renovación de aire. Se calculan mediante las fórmulas siguientes:

$$H_{ue} = \sum U_{ue} A_{ue} + 0.34 Q_{ue} \quad (E.8)$$

$$H_{iu} = \sum U_{iu} A_{iu} + 0.34 Q_{iu} \quad (E.9)$$

siendo

U_{ue} la transmitancia térmica del cerramiento del *espacio no habitable* en contacto con el ambiente exterior, calculado mediante la expresión (E.1) si está en contacto con el aire o mediante la metodología descrita en el apartado E.1.2 si está en contacto con el terreno [W/m²K];

U_{iu} la transmitancia térmica del cerramiento del *espacio habitable* en contacto con el *no habitable* calculado mediante la expresión (E.1) [W/m²K];

A_{ue} el área del cerramiento del *espacio no habitable* en contacto con el ambiente exterior;

A_{iu} el área del cerramiento del *espacio habitable* en contacto con el *no habitable*;

Q_{ue} el caudal de aire entre el exterior y el *espacio no habitable* [m³/h];

Q_{iu} el caudal de aire entre el *espacio no habitable* y el *espacio habitable* [m³/h].

Para el cálculo del caudal de aire Q_{ue} se podrán utilizar los valores de renovaciones hora (h^{-1}) contenidos en la tabla E.7 multiplicados por el volumen del local *no habitable*:

Tabla E.7 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

6 Alternativamente, para un cálculo más detallado de la transmitancia térmica U podrá utilizarse la metodología descrita en la norma UNE EN ISO 13 789:2001.

E.1.3.2 Suelos en contacto con cámaras sanitarias

- 1 Este apartado es aplicable para cámaras de aire ventiladas por el exterior que cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:
 - a) que tengan una altura h inferior o igual a 1 m;
 - b) que tengan una profundidad z respecto al nivel del terreno inferior o igual a 0,5 m.
- 2 En caso de no cumplirse la condición a), pero sí la b), la transmitancia del cerramiento en contacto con la cámara se calculará mediante el procedimiento descrito en el apartado E.1.1
- 3 En caso de no cumplirse la condición b), la transmitancia del cerramiento se calculará mediante la definición general del coeficiente b descrito en el apartado E.1.3.1.



Figura 3.8. Cámaras sanitarias

4 La transmitancia térmica del suelo sanitario U_s viene dada por la tabla E.8, en función longitud característica B' del suelo en contacto con la cámara y su resistencia térmica R_f calculada mediante la expresión (E.2) despreciando las resistencias térmicas superficiales.

Tabla E.8 Transmitancia térmica U_s ($W/m^2 K$)

B'	R_f (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

(1) Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal

5 Alternativamente, para un cálculo más detallado podrá utilizarse el método descrito en el apartado 10 de la norma UNE EN ISO 13 370.

3.2.2.1.4 Huecos y lucernarios

1 La transmitancia térmica de los huecos U_H ($W/m^2 K$) se determinará mediante la siguiente expresión:

$$U_H = (1 - FM) \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m} \quad (E.10)$$

siendo

$U_{H,v}$ la transmitancia térmica de la parte semitransparente obtenida de la tabla E.9 o alternativamente según el procedimiento descrito en el apéndice G [$W/m^2 K$];

$U_{H,m}$ la transmitancia térmica del marco obtenida de la tabla E.10 en el caso de huecos tipo ventana o lucernarios, o la tabla E.11 si se trata de huecos tipo puerta [$W/m^2 K$];

FM la fracción del hueco ocupada por el marco.

2 De la misma forma se determinará la transmitancia térmica de los lucernarios U_F .

Tabla E.9 Transmitancia térmica de la parte semitransparente del hueco o lucernario $U_{H,v}$ ($W/m^2 K$)

Tipo	Cristal	Emisividad normal	Dimensiones (mm)	$U_{H,v}$ Hueco vertical ($W/m^2 K$)	$U_{H,v}$ Lucernario horizontal ($W/m^2 K$)
Sencillo			4	5.9	7.1
Doble acristalamiento	Cristal normal	? = 0.89	4-6-4	3.3	3.7
			4-9-4	3.0	3.3
			4-12-4	2.9	3.2
			4-15-4	2.7	2.9
			4-20-4	2.7	2.9
	Un solo cristal de baja emisividad	0,2 < ? = 0,4	4-6-4	2.9	3.2
			4-9-4	2.6	2.8
			4-12-4	2.4	2.6
			4-15-4	2.2	2.4
			4-20-4	2.2	2.4
	Un solo cristal de baja emisividad	0,1 < ? = 0,2	4-6-4	2.7	2.9
			4-9-4	2.3	2.5
			4-12-4	1.9	2.0
			4-15-4	1.8	1.9
			4-20-4	1.8	1.9
			Un solo cristal de baja emisividad	? = 0.1	4-6-4
4-9-4	2.1	2.2			
4-12-4	1.8	1.9			
4-15-4	1.6	1.7			
4-20-4	1.6	1.7			

Tabla E.10 Transmitancia térmica del marco del hueco o lucernario $U_{H,m}$ ($W/m^2 K$)

Tipo de Marco	Transmitancia Térmica $W/m^2 K$
Madera	2.50
Metálico	5.88
Metálico con Rotura de puente térmico	4.00
PVC (2 huecos)	2.20

PVC (3 huecos) | 2.00

Tabla E.11 Transmitancia térmica de la parte maciza de la puerta $U_{H,m}$ ($W/m^2 K$)

Tipo	$U_{H,m}$
De madera	3.5
Metálica	5.8

- 3 Alternativamente, para un cálculo más detallado de la transmitancia térmica U_H podrá utilizarse la metodología descrita en la norma UNE EN ISO 10 077-1:2001.

3.2.2.2 Factor solar modificado de huecos

- 1 El factor solar modificado en el hueco F_H se determinará utilizando la siguiente expresión:

$$F_H = \delta \cdot [(1 - FM) \cdot F_{a,g} + FM \cdot 0,04 \cdot U_{H,m} \cdot \alpha] \quad (E.11)$$

siendo

- d el factor de sombra obtenido de las tablas E.14 a E.17 en función del dispositivo de sombra del hueco o mediante simulación para otras tipologías;
- FM la fracción del hueco ocupada por el marco en el caso de ventanas o la fracción de parte maciza en el caso de puertas;
- $F_{a,g}$ el factor solar de la parte semitransparente obtenido de la tabla E.12 o alternativamente por la norma UNE EN 410:1998;
- $U_{H,m}$ la transmitancia térmica del marco obtenida de la tabla E.10 en el caso de huecos tipo ventana, o la tabla E.11 si se trata de huecos tipo puerta [$W/m^2 K$];
- a la absorptividad del marco o parte maciza de la puerta obtenida de la tabla E.13 en función de su color.

Tabla E.12 Factor solar de la parte semitransparente del hueco $F_{a,g}$

Tipo	$F_{a,g}$
Sencillo	0,85
Doble	0,75
Doble de baja emisividad	0,72

Tabla E.13 Absortividad del marco para radiación solar a

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	---

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

<p>NOTA: En caso de que exista un retranqueo, la longitud L se medirá desde el centro del acristalamiento.</p>	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.15: Factor de sombra para obstáculos de fachada: Retranqueo

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

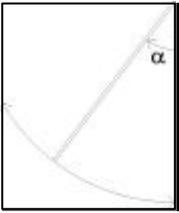
Tabla E.16 Factor de sombra para obstáculos de fachada: lamas

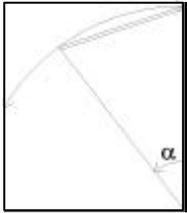
LAMAS HORIZONTALES		ANGULO DE INCLINACIÓN (β)		
		0	30	60
ORIENTACIÓN	SUR	0,49	0,42	0,26
	SURESTE/ SUROESTE	0,54	0,44	0,26
	ESTE/ OESTE	0,57	0,45	0,27

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

- (1) Los valores de factor de sombra que se indican en estas tablas han sido calculados para una relación D/L aproximadamente igual o inferior a 1.
- (2) 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.17 Factor de sombra para obstáculos de fachada: toldos

	CASO A	Tejido opacos $t=0$		Tejidos translúcidos $t=0,2$	
	α	SE/S/SO	E/O	SE/S/SO	E/O
	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 $t=0$			Tejidos translúcidos $t=0,2$		
	α	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O
	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

Apéndice F Resistencia térmica total de un elemento de edificación constituido por capas homogéneas y heterogéneas.

- 1 La resistencia térmica total R_T , de un elemento constituido por capas térmicamente homogéneas y heterogéneas paralelas a la superficie, es la media aritmética de los valores límite superior e inferior de la resistencia:

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} \quad (F.1)$$

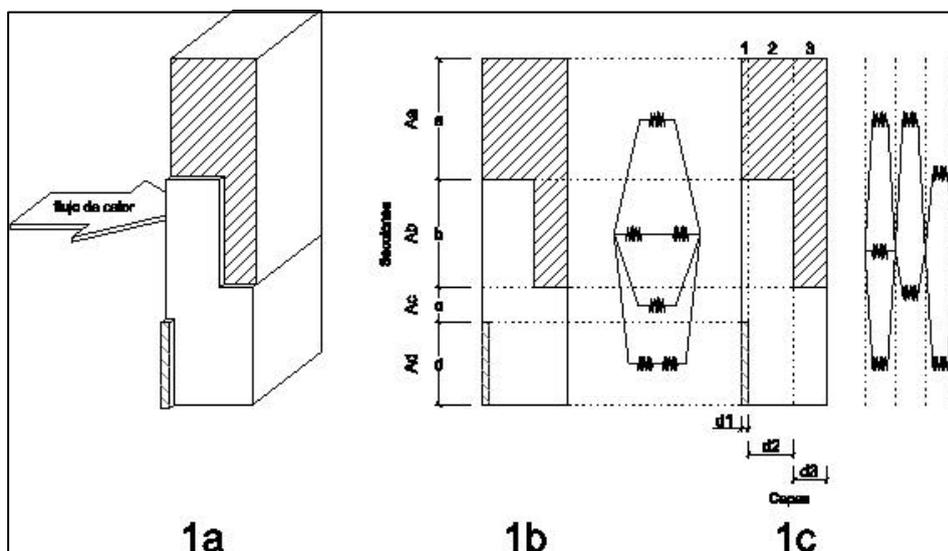
siendo

R'_T el límite superior de la resistencia térmica total calculada mediante el procedimiento descrito en el apartado F.1 [$m^2 K/W$];

R''_T el límite inferior de la resistencia térmica total calculada mediante el procedimiento descrito en el apartado F.2 [$m^2 K/W$].

- 2 Para realizar el cálculo de los valores límite superior e inferior, el elemento se divide en rebanadas horizontales (figura 1b) y verticales (figura 1c) como se muestra en la figura F.1, de tal manera que las capas que se generan sean térmicamente homogéneas.

Figura F.1



- 3 La rebanada horizontal m ($m = a, b, c, \dots, q$) tiene un área fraccional f_m .
- 4 La rebanada vertical j ($j = 1, 2, \dots, n$) tiene un espesor d_j .
- 5 La capa mj tiene una conductividad térmica λ_{mj} , un espesor d_j , un área fraccional f_m y una resistencia térmica R_{mj} .
- 6 El área fraccional de una sección es su proporción del área total. Entonces $f_a + f_b + \dots + f_q = 1$.

F.1 Límite superior de la resistencia térmica total R'_T

- 1 El límite superior de la resistencia térmica total se determina suponiendo que el flujo de calor es unidimensional y perpendicular a las superficies del componente. Viene dado por la siguiente expresión:

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_q}{R_{Tq}} \quad (F.2)$$

siendo

$R_{Ta}, R_{Tb}, \dots, R_{Tq}$ las resistencias térmicas totales de cada rebanada horizontal, calculada mediante la expresión (E.2) [$m^2 K/W$];

f_a, f_b, \dots, f_q las áreas fraccionales de cada rebanada horizontal.

F.2 Límite inferior de la resistencia térmica total R''_T

- 1 El límite inferior se determina suponiendo que todos los planos paralelos a la superficie del componente son superficies isoterma.
- 2 El cálculo de la resistencia térmica equivalente R_j , para cada rebanada vertical térmicamente heterogénea se realizará utilizando la siguiente expresión:

$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \dots + \frac{f_q}{R_{qj}} \quad (\text{F.3})$$

siendo

$R_{aj}, R_{bj}, \dots, R_{qj}$ las resistencias térmicas de cada capa de cada rebanada vertical, calculadas mediante la expresión (E.3) [$\text{m}^2 \text{K/W}$];

f_a, f_b, \dots, f_q las áreas fraccionales de cada rebanada vertical.

- 3 El límite inferior se determina entonces según la siguiente expresión:

$$R''_T = R_{si} + R_{j1} + R_{j2} + \dots + R_{jn} + R_{se} \quad (\text{F.4})$$

siendo

$R_{j1}, R_{j2}, \dots, R_{jn}$ las resistencias térmicas equivalentes de cada rebanada vertical, obtenida de la expresión (F.3) [$\text{m}^2 \text{K/W}$];

R_{si} y R_{se} las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del elemento, dirección del flujo de calor [$\text{m}^2 \text{K/W}$].

- 4 Si una de las capas que constituyen la rebanada heterogénea es una cavidad de aire sin ventilar, se podrá considerar como un material de conductividad térmica equivalente λ_j definida mediante la expresión:

$$\lambda_j = d_j / R_g \quad (\text{F.5})$$

siendo

d_j el espesor de la rebanada vertical [m];

R_g la resistencia térmica de la cavidad de aire sin ventilar calculada mediante el apartado F.3 [$\text{m}^2 \text{K/W}$].

F.3 Resistencia térmica de cavidades de aire sin ventilar R_g

- 1 Se consideran cavidades de aire sin ventilar los pequeños espacios de aire cuyo largo y ancho es inferior a 10 veces su espesor en dirección al flujo de calor.
- 2 La resistencia térmica R_g de una cavidad de aire sin ventilar se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R_g = \frac{1}{h_a + \frac{1}{2} E h_{ro} (1 + \sqrt{1 + d^2 / b^2} - d/b)} \quad (\text{F.6})$$

siendo

d el espesor del hueco en la dirección del flujo de calor;

b la anchura del hueco;

E el factor de emisividad entre las superficies calculada mediante la expresión (F.7);

h_a el coeficiente de conducción convección cuyo valor viene dado en función de la dirección del flujo de calor:

– para flujo de calor horizontal: el mayor de 1, 25 W/ $\text{m}^2 \text{K}$ y 0,025/d W/ $\text{m}^2 \text{K}$;

- para flujo de calor hacia arriba: el mayor de 1, 95 W/ m²K y 0,025/d W/m²K;
 - para flujo de calor hacia abajo: el mayor de 0, 12d^{0,44} W/ m²K y 0,025/d W/m²K.
- h_{r0} es el coeficiente de radiación para una superficie negra obtenido de la tabla F.1.

3 El factor de emisividad entre las superficies E viene dado por la siguiente expresión:

$$E = \frac{1}{\frac{1}{e_1} + \frac{1}{e_2} - 1} \quad (F.7)$$

siendo

e_1 y e_2 las emisividades corregidas de las superficies que rodean el hueco.

Tabla F.1: coeficiente de radiación para una superficie negra

Temperatura	Hro W/m2K
-10	4,1
0	4,6
10	5,1
20	5,7
30	6,3

Apéndice G Cálculo de la transmitancia de la parte semitransparente del hueco o lucernario

- 1 La transmitancia térmica de la parte semitransparente se calculará para acristalamientos sencillos mediante la siguiente expresión:

$$U_{H,v} = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{e_j}{\lambda_j} + R_{si}} \quad (G.1)$$

siendo

e_j el espesor del cristal, o de la capa de material j [m];

λ_j la conductividad térmica del cristal o de la capa de material j [W/m K].

- 2 La transmitancia térmica de la parte semitransparente se calculará para acristalamientos múltiples mediante la siguiente expresión:

$$U_{H,v} = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{e_j}{\lambda_j} + \sum R_{s,j} + R_{si}} \quad (G.2)$$

siendo

$R_{s,j}$ la resistencia de la cámara de aire j , calculada según la tabla G.1, o mediante la norma UNE EN 673:1998.

Tabla G.1: Resistencia térmica de las cámaras de aire no ventiladas para ventanas dobles, en m² KW

Espesor de la Cámara (mm)	Una cara de emisividad normal				Vidrio Normal
	0,1	0,2	0,4	0,8	
6	0,211	0,190	0,163	0,132	0,127
9	0,298	0,259	0,211	0,162	0,154
12	0,376	0,316	0,247	0,182	0,173
15	0,446	0,363	0,276	0,197	0,186
50	0,406	0,335	0,260	0,189	0,179
100	0,376	0,315	0,247	0,182	0,173
300	0,333	0,284	0,228	0,171	0,163

Apéndice H Condensaciones

H.1 Comprobación de la condensaciones

H.1.1 Condensaciones superficiales

- 1 El procedimiento para la comprobación de la limitación de condensaciones superficiales se basa en la comparación del factor de temperatura de la superficie interior $f_{R_{si}}$ con el factor de temperatura mínimo aceptable para cada cerramiento o partición interior $f_{R_{si},min}$.
- 2 Un *cerramiento o partición interior* no presentará condensaciones superficiales siempre que el factor de temperatura de su superficie interior sea superior al factor de temperatura mínimo aceptable para la localidad en la que se encuentre el edificio al que pertenece.
- 3 El factor de temperatura de la superficie interior mínimo aceptable $f_{R_{si},min}$ de un cerramiento o partición interior se determina en función del grado de producción de humedad del espacio que limita mediante una de las expresiones siguientes:

Espacios de bajo riesgo de condensaciones	Espacios de alto riesgo de condensaciones
Ecuación 1: $f_{R_{si},min} = \frac{13,5 - \theta_e}{20 - \theta_e}$	Ecuación 2: $f_{R_{si},min} = \frac{16,5 - \theta_e}{20 - \theta_e}$

(H.1)

siendo

θ_e la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio obtenida de la tabla H.1 correspondiente a la temperatura media del mes de enero [°C].

- 4 El factor de temperatura de la superficie interior mínimo aceptable $f_{R_{si},min}$ de un puente térmico viene definido en la tabla 3.3 en función de la zona climática en la que se ubique el edificio.
- 5 El factor de temperatura de la superficie interior $f_{R_{si}}$, para cada *cerramiento o partición interior* se calcula a partir de su transmitancia térmica mediante la siguiente ecuación:

$$f_{R_{si}} = 1 - U \cdot R_{si} \quad (H.2)$$

siendo

U la transmitancia del *cerramiento o partición interior* calculado por el procedimiento descrito en el apartado E.1 [W/m² K];

R_{si} la resistencia térmica superficial interior en obtenida de la tabla E.1 [m²K/W].

- 6 El factor de temperatura de la superficie interior para puentes térmicos se obtiene de las tablas I.1.

H.1.2 Condensaciones intersticiales

- 1 El procedimiento para la comprobación de la limitación de condensaciones intersticiales se basa en la comparación entre la presión de vapor y la presión de vapor de saturación que existe en cada punto intermedio de un cerramiento formado por diferentes capas.
- 2 No se producirán condensaciones intersticiales si la presión de vapor en la superficie de cada capa no supera la presión de vapor de saturación.
- 3 Para que no se produzcan condensaciones la presión de vapor en cada superficie de dichas capas no debe superar la presión de vapor de saturación.
- 4 Para cada cerramiento objeto se calculará:
 - a) la distribución de temperaturas;

- b) la distribución de presiones de vapor de saturación para las temperaturas antes calculadas;
- c) la distribución de presiones de vapor.

H.1.2.1 Distribución de temperatura

- 1 La distribución de temperaturas a lo largo del espesor de una pared formada por varias capas depende de las temperaturas del aire a ambos lados de la misma, así como de las resistencias térmicas superficiales interior R_{si} y exterior R_{se} , y de las resistencias térmicas de cada capa ($R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$).
- 2 El siguiente procedimiento parte de los datos anteriores para calcular la distribución de temperaturas:
 - a) cálculo de la resistencia térmica total del elemento constructivo mediante la expresión (E.2).
 - b) cálculo de la temperatura superficial exterior θ_{se} :

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{R_{se}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (H.3)$$

siendo

- θ_e la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio obtenida de la tabla H.1 correspondiente a la temperatura media del mes de enero [°C];
- θ_i la temperatura interior de diseño definida en el apartado H.2.1 [°C];
- R_T la resistencia térmica total del componente constructivo obtenido mediante la expresión (E.2) [$m^2 K/W$];
- R_{se} la resistencia térmica superficial correspondiente al aire exterior, tomada de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del elemento constructivo, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [$m^2 K/W$].

- c) cálculo de la temperatura en cada una de las capas que componen el elemento constructivo según:

$$\theta_1 = \theta_{se} + \frac{R_1}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_2 = \theta_1 + \frac{R_2}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (H.4)$$

siendo

- θ_{se} la temperatura superficial exterior [°C];
- θ_e la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio obtenida de la tabla H.1 correspondiente a la temperatura media del mes de enero [°C];
- θ_i la temperatura interior de diseño definida en el apartado H.2.1 [°C];
- $\theta_1 \dots \theta_{n-1}$ la temperatura en cada capa [°C].
- $R_1, R_2 \dots R_n$ las resistencias térmicas de cada capa definidas según la expresión (E.3) [$m^2 K/W$];
- R_T la resistencia térmica total del componente constructivo, calculada mediante la expresión (E.2) [$m^2 K/W$];

- d) Cálculo de la temperatura superficial interior θ_{si} :

$$\theta_{si} = \theta_n + \frac{R_{si}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (H.5)$$

siendo

- θ_e la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio obtenida de la tabla H.1 correspondiente a la temperatura media del mes de enero [°C];
- θ_i la temperatura interior de diseño definida en el apartado H.2.1 [°C];

θ_n	la temperatura en la capa n [°C];
R_{si}	la resistencia térmica superficial correspondiente al aire interior, tomada de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del elemento constructivo, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [m ² K/W].
R_T	la resistencia térmica total del componente constructivo calculada mediante la expresión (E.2) [m ² K/ W];

3 Se considera que la distribución de temperaturas es lineal en cada capa.

H.1.2.2 Distribución de la presión de vapor de saturación

1 Se determinará la distribución de la presión de vapor de saturación a lo largo de un muro formado por varias capas, para el que ya se ha calculado la distribución de temperaturas, a partir de las siguientes ecuaciones:

a) si la temperatura es mayor o igual a 0°C:
$$P_{sat} = 610.5 \cdot e^{\frac{17.269\theta}{237.3+\theta}} \quad (H.6)$$

b) si la temperatura es menor a 0°C:
$$P_{sat} = 610.5 \cdot e^{\frac{21.875\theta}{265.5+\theta}} \quad (H.7)$$

siendo

P_{sat} la presión de saturación [Pa];

θ la temperatura superficial de cada capa [°C].

H.1.2.3 Distribución de presión de vapor

1 La distribución de presión de vapor a través del cerramiento se calculará según la siguiente expresión:

$$P_1 = P_e + \frac{S_{d1}}{S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

$$P_2 = P_1 + \frac{S_{d2}}{S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

...

$$P_n = P_{n-1} + \frac{S_{d(n-1)}}{S_{dn}} \cdot (P_i - P_e) \quad (H.8)$$

siendo

P_i la presión de vapor del aire interior [Pa];

P_e la presión de vapor del aire exterior [Pa];

P_n la presión de vapor en la capa n [Pa];

$P_1 \dots P_{n-1}$ la presión de vapor en cada capa n [Pa];

$S_{d1} \dots S_{d(n-1)}$ el espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua, calculado mediante la expresión (H.9) [m];

$$S_{dn} = e_n \cdot \mu_n \quad (H.9)$$

donde

μ_n factor de resistencia al vapor de agua de cada capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomado de documentos oficialmente reconocidos;

e_n el espesor de la capa n [m].

- Gráficamente, la distribución de presiones de vapor a través del cerramiento, se puede representar mediante una línea recta que una el valor de P_i con P_e , dibujado sobre la sección del cerramiento utilizando los espesores de capa equivalentes a la difusión de vapor de agua, S_{dn} (véase figura H.1)
- Para el cálculo analítico de P_i y de P_e , en función de la temperatura y de la humedad relativa, se utilizará la siguiente expresión:

$$P_i = \phi_i \cdot P_{\text{sat}}(\theta_i) \quad (\text{H.10})$$

$$P_e = \phi_e \cdot P_{\text{sat}}(\theta_e) \quad (\text{H.11})$$

siendo

- f_i la humedad relativa del ambiente interior definida en el apartado H.2.1 [%];
 f_e la humedad relativa del ambiente exterior definida en el apartado H.2.2 [%].

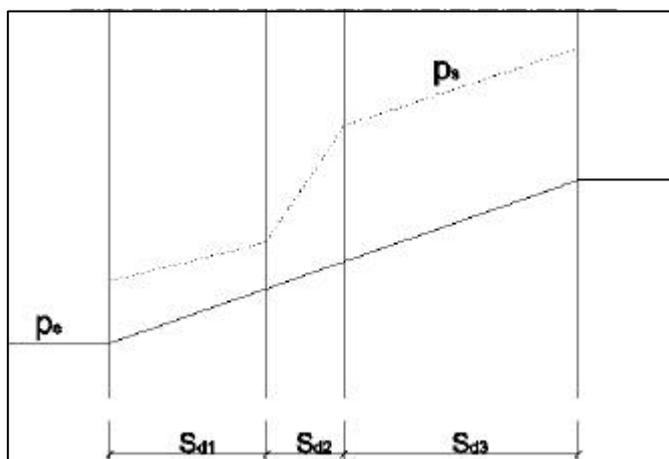


Figura H.1 Distribución de presiones de vapor de saturación y presiones de vapor en un elemento multicapa del edificio dibujada frente a la resistencia a presión de vapor de cada capa.

H.2 Condiciones para el cálculo de condensaciones

H.2.1 Condiciones interiores

- Se tomará una temperatura del ambiente interior igual a 20°C
- La humedad relativa del ambiente interior se tomará para el cálculo del 75%, con la excepción de locales como cocinas y aseos donde se tomará del 85%.

H.2.2 Condiciones exteriores

- En el caso de cerramientos en contacto con el aire exterior, la temperatura exterior y la humedad relativa exterior se tomarán iguales a los valores medios mensuales correspondientes al mes de enero. Para las capitales de provincia, los valores que se usarán serán los contenidos en la tabla H.1. En el caso de otras localidades, a falta de mejores datos, se supondrá que la temperatura exterior es igual a la de la capital de provincia correspondiente minorada en 1°C por cada 100m de diferencia de altura entre la localidad en cuestión. La humedad relativa para dichas localidades se tomará igual al 95%.

- 2 Si la localidad se encuentra a menor altura que la de referencia se tomará para dicha localidad la misma temperatura y humedad que la que corresponde a la capital de provincia.

Tabla H.1 Datos climáticos de capitales de provincia

Localidad	T med	HR	Localidad	T med	HR
Albacete	5	78	Lugo	5.8	85
Alicante	11.6	67	Madrid	6.1	71
Almería	12.5	70	Málaga	12.2	71
Ávila	3.2	75	Melilla	13.4	72
Badajoz	8.7	80	Murcia	10.6	72
Barcelona	8.8	73	Orense	7.3	83
Bilbao	8.9	73	Oviedo	7.7	77
Burgos	2.6	86	Palencia	4.2	84
Cáceres	7.8	77	Palma	11.6	71
Cádiz	12.7	77	Pamplona	4.6	80
Castellón	10.1	68	Pontevedra	9.9	74
Ceuta	11.5	87	Salamanca	3.7	85
Ciudad Real	5.7	80	San Sebastián	8	76
Córdoba	9.5	80	Santa Cruz TF	17.9	66
Cuenca	4.2	78	Santander	9.7	71
Gerona	6.7	77	Segovia	4.1	75
Granada	6.7	75	Sevilla	10.7	76
Guadalajara	5.5	80	Soria	2.9	77
Huelva	12.1	76	Tarragona	10.1	66
Huesca	4.7	80	Teruel	3.9	72
Jaén	8.7	77	Toledo	6.1	78
La Coruña	10.2	77	Valencia	11.5	63
Las Palmas	17.5	68	Valladolid	4	82
León	3.1	81	Vitoria	4.6	81
Lérida	5.5	80	Zamora	4.3	83
Logroño	5.8	75	Zaragoza	6.2	76

NOTA: (T_{med}) Temperatura media mensual de aire exterior (°C), (HR) Humedad Relativa media mensual (%). Todos los datos son del mes de enero.

Tabla H.2 Datos climáticos mensuales de capitales de provincia

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}	83	76	68	66	59	55	48	54	63	75	83	85
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	64	65	65	65	64	68	69	70	69	69
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	65	66	69	70	69
Ávila	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}	84	80	72	70	64	58	46	47	58	74	83	87
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}	81	77	71	67	62	56	51	51	58	69	78	83
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}	72	70	70	70	71	70	69	71	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}	91	87	81	79	77	73	68	69	74	83	89	92
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}	81	76	66	67	60	49	40	41	47	65	80	83
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	71	71	71	70	69	68	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}	88	88	89	88	88	87	88	88	90	90	89	89
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}	85	79	71	70	64	58	51	52	61	73	83	87
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	76	68	65	59	53	46	49	55	67	77	81
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}	78	76	75	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}	86	81	72	70	66	61	50	52	63	76	84	87
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}	78	74	72	72	71	68	63	68	73	77	78	76
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}	79	75	66	65	59	52	44	47	57	68	78	82
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}	86	81	75	73	72	67	58	59	66	77	85	87
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	67	63	60	58	54	54	59	67	72	74
Huesca	T _{med}	4,7	6,7	9,0	11,3	15,3	19,5	23,3	22,7	19,7	14,6	8,7	5,3
	HR _{med}	85	78	69	67	64	60	52	56	65	74	83	86
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}	81	76	71	69	62	57	46	48	58	70	78	81
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}	89	82	74	70	67	64	58	59	67	79	85	88
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}	82	71	61	60	57	55	51	55	63	71	78	81
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}	77	71	65	63	62	59	57	58	63	71	76	79
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	78	77	76	76	75	75	77	82	84	85

(1) Los datos climáticos de esta tabla no son válidos para el cálculo de condensaciones definido en el apartado H.2

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}	77	72	62	60	56	50	41	43	55	68	76	79
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	62	65	69	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	70	72	73	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}	84	76	71	71	68	65	62	63	65	74	84	85
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}	80	78	77	79	81	82	82	82	80	81	80	79
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}	90	84	78	76	73	70	64	64	69	79	86	91
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	70	67	67	68	69	67	70	72	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}	84	77	72	70	69	66	62	64	65	71	79	83
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}	78	76	76	81	81	84	84	84	81	78	78	78
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}	91	84	76	73	68	64	55	58	68	80	88	91
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	72	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}	84	80	74	73	69	62	54	56	63	73	81	87
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}	75	70	68	65	57	53	49	50	54	65	73	77
Soria	T _{med}	2,9	4,0	5,8	8,0	11,8	16,1	19,9	19,5	16,5	11,3	6,1	3,4
	HR _{med}	86	82	77	76	73	68	61	62	68	79	85	87
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	60	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}	79	74	68	67	67	62	56	60	66	72	79	84
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}	82	76	63	66	59	50	46	48	57	72	81	85
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	68	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}	91	83	73	70	67	62	51	54	59	75	85	92
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}	86	81	77	77	75	75	73	74	75	81	84	88
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}	87	78	67	66	62	57	48	50	58	72	83	88
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}	78	71	62	61	57	53	49	55	63	72	77	79

(1) Los datos climáticos de esta tabla no son válidos para el cálculo de condensaciones definido en el apartado H.2

Apéndice I Puentes térmicos

I.1 Definición y clasificación de los puentes térmicos

- 1 Se consideran puentes térmicos las zonas de la envolvente del edificio en las que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio de la geometría o de los materiales empleados, lo que conlleva necesariamente una minoración de la resistencia térmica respecto al resto de los cerramientos. Los puentes térmicos son partes sensibles de los edificios donde aumenta la posibilidad de producción de condensaciones superficiales, en la situación de invierno o épocas frías.
- 2 Los puentes térmicos más comunes en la edificación, que se tendrán en cuenta en el análisis, se clasifican en:
 - a) Puentes térmicos integrados en los cerramientos:
 - i) Pilares integrados en los cerramientos de las fachadas;
 - ii) Contorno de huecos y lucernarios;
 - iii) Cajas de persianas;
 - iv) otros puentes térmicos integrados.
 - b) Puentes térmicos formados por encuentro de cerramientos:
 - i) Frentes de forjado en las fachadas;
 - ii) Uniones de cubiertas con fachadas;
 - Cubiertas con pretil;
 - Cubiertas sin pretil;
 - iii) Uniones de fachadas con cerramientos en contacto con el terreno;
 - Unión de fachada con losa o solera;
 - Unión de fachada con muro enterrado o pantalla;
 - iv) Esquinas o encuentros de fachadas, dependiendo de la posición del ambiente exterior respecto se subdividen en:
 - esquinas entrantes;
 - esquinas salientes;
 - c) Encuentros de voladizos con fachadas;
 - d) Encuentros de tabiquería interior con fachadas
- 3 En la figura H.1 se ilustran las diferentes clases de puentes térmicos que se tendrán en consideración.

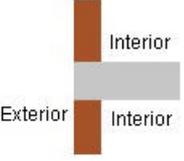
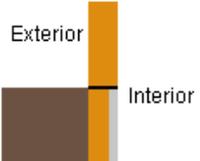
<p>Tipologías de puentes térmicos</p>	 <p>Exterior</p> <p>Forjado</p> <p>Interior</p> <p>Esquina convexa de cerramiento con forjado. (Forjado)</p>	<p>Consiste en el homólogo convexo al anterior, en el cual un cerramiento vertical de obra está unido a un forjado, por ejemplo, de hormigón armado, con un ángulo entre planos comprendido entre 225° y 360°. Incluye también las uniones en las que participen un número indeterminado de cerramientos interiores.</p>	
 <p>Exterior</p> <p>Interior</p> <p>Esquina convexa en cerramiento (Esquina saliente)</p>	<p>Este tipo incluye a todos los encuentros entre dos muros exteriores verticales y cualquier número de muros interiores. Considera como tales aquellas en que los ángulos entre planos de elementos en el intervalo están entre 0 y 135°. Se considera como parte de un cerramiento exterior vertical construido típicamente de fábrica de ladrillo y con el aislamiento correspondiente.</p>	 <p>Interior</p> <p>Exterior</p> <p>Interior</p> <p>Frente de forjado</p>	<p>Unión entre cerramientos verticales con forjado horizontal, incluye aquellas uniones cuyo ángulo entre elementos exteriores esté comprendido entre 135° y 225°.</p>
 <p>Interior</p> <p>Exterior</p> <p>Esquina cóncava en cerramiento (Esquina entrante)</p>	<p>Este tipo es análogo al anterior, y engloba a los puentes térmicos entre dos cerramientos exteriores verticales y cualquier número de cerramientos interiores, cuando el ángulo que forman los planos de los elementos está comprendido entre 225° y 360°.</p>	 <p>Hueco de ventana / marco</p>	<p>Este tipo de puentes térmicos se forma en los huecos existentes en los cerramientos necesarios para albergar ventanas y puertas. Para todo el edificio se considerará un único puente térmico</p>
 <p>Exterior</p> <p>Forjado</p> <p>Interior</p> <p>Uniones de cubiertas con paramentos. (Cubiertas)</p>	<p>Considera los puentes térmicos que se forman en las uniones de cerramientos exteriores verticales y cubiertas horizontales por ejemplo de hormigón armado (forjados). El ángulo entre los planos de los elementos debe estar comprendido entre 0° y 135°, e incluye también uniones en las que haya cerramientos interiores en contacto con los exteriores</p>	 <p>Exterior</p> <p>Interior</p> <p>Unión entre cerramiento vertical exterior y cerramiento vertical enterrado.</p>	<p>Presente en uniones entre cerramientos verticales en soluciones constructivas tales como sótanos y vacíos sanitarios. Considera que el ángulo entre cerramientos está comprendido entre 135° y 225° (Aislamiento de la pared no conectado con el aislamiento de la solera)</p>

Figura H.1. Puentes térmicos de la envolvente edificatoria

I.2 Tratamiento de los puentes térmicos

I.2.1 Demanda de energía

- 1 El puente térmico se evalúa a través de un coeficiente corrector del flujo de calor denominado transmitancia térmica lineal, asociado a la longitud de cerramiento en el cual existe.
- 2 Los **puentes térmicos integrados en fachada** tales como pilares, contornos de huecos y cajas de persianas se caracterizarán por su transmitancia térmica U como cualquier cerramiento formados por capas y se calcularán según el procedimiento explicado en el apartado E.1, si su superficie supera 0,5 m², despreciando efectos multidimensionales de flujo de calor.
- 3 Los **puentes térmicos formados por encuentros de cerramientos**, tales como frentes de forjado y encuentros entre paredes se han tenido en cuenta de forma implícita en la confección de los valores límite de transmitancia térmica de los cerramientos que aparecen en las tablas 2.1 de la opción simplificada.

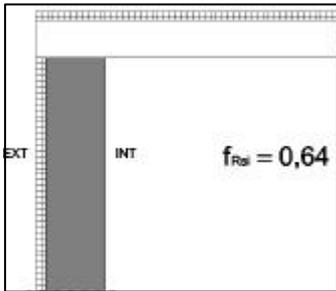
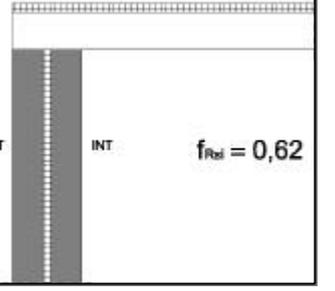
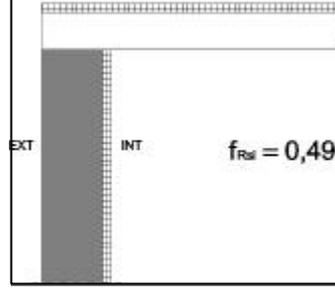
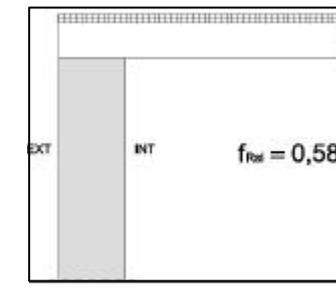
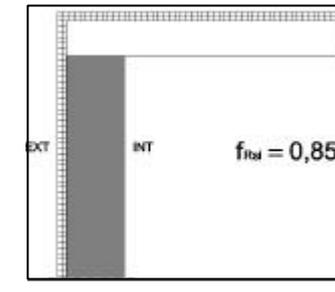
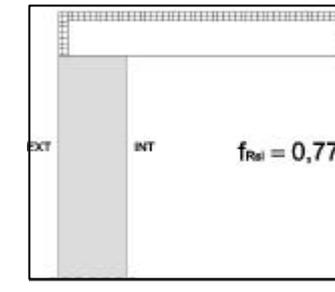
I.2.2 Condensaciones

- 1 Los puentes térmicos no deben presentar condensaciones superficiales.
- 2 Se considera que no presentan condensaciones superficiales aquellos puentes térmicos cuyos factores de temperatura superficial interna f_{Rsi} son superiores a los valores mínimos indicados en la tabla 3.3.
- 3 Los valores de los factores de temperatura superficial interior de los puentes térmicos f_{Rsi} se obtienen de la tabla I.2.

I.2 Factor de temperatura superficial, f_{Rsi} , para puentes térmicos

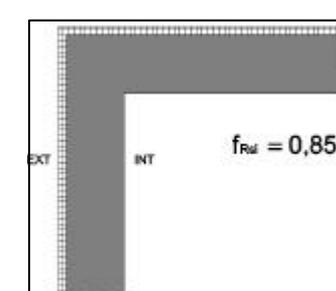
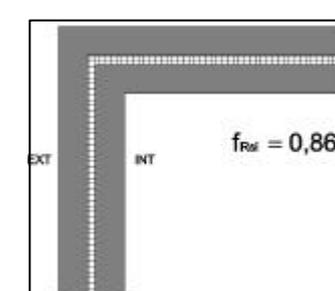
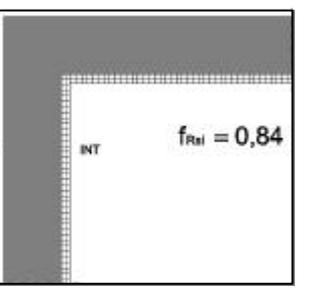
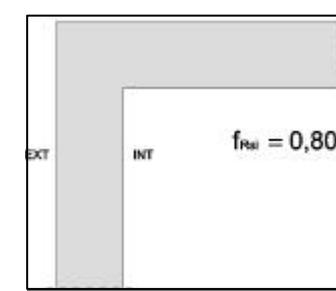
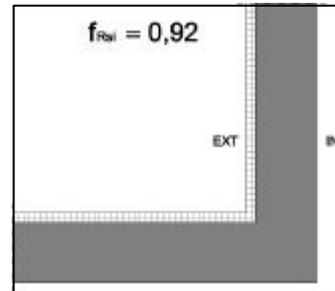
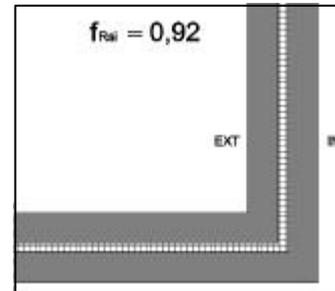
Tabla I.1. Puentes térmicos de la envolvente edificatoria

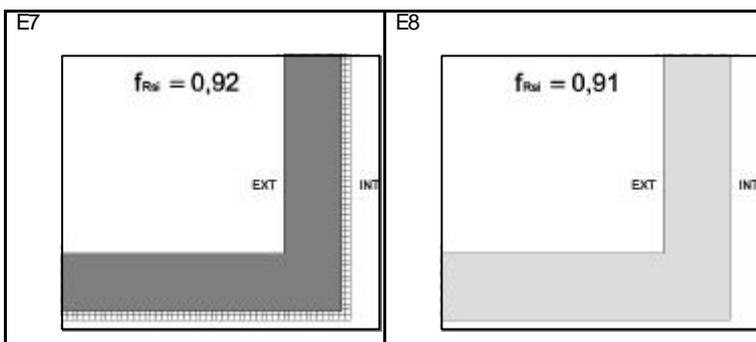
Cubiertas

<p>C1</p>  <p>EXT INT $f_{Rsi} = 0,64$</p>	<p>C2</p>  <p>EXT INT $f_{Rsi} = 0,62$</p>	<p>C3</p>  <p>EXT INT $f_{Rsi} = 0,49$</p>
<p>C4</p>  <p>EXT INT $f_{Rsi} = 0,58$</p>	<p>C5</p>  <p>EXT INT $f_{Rsi} = 0,85$</p>	<p>C6</p>  <p>EXT INT $f_{Rsi} = 0,77$</p>

NOTA: Esquemas en sección

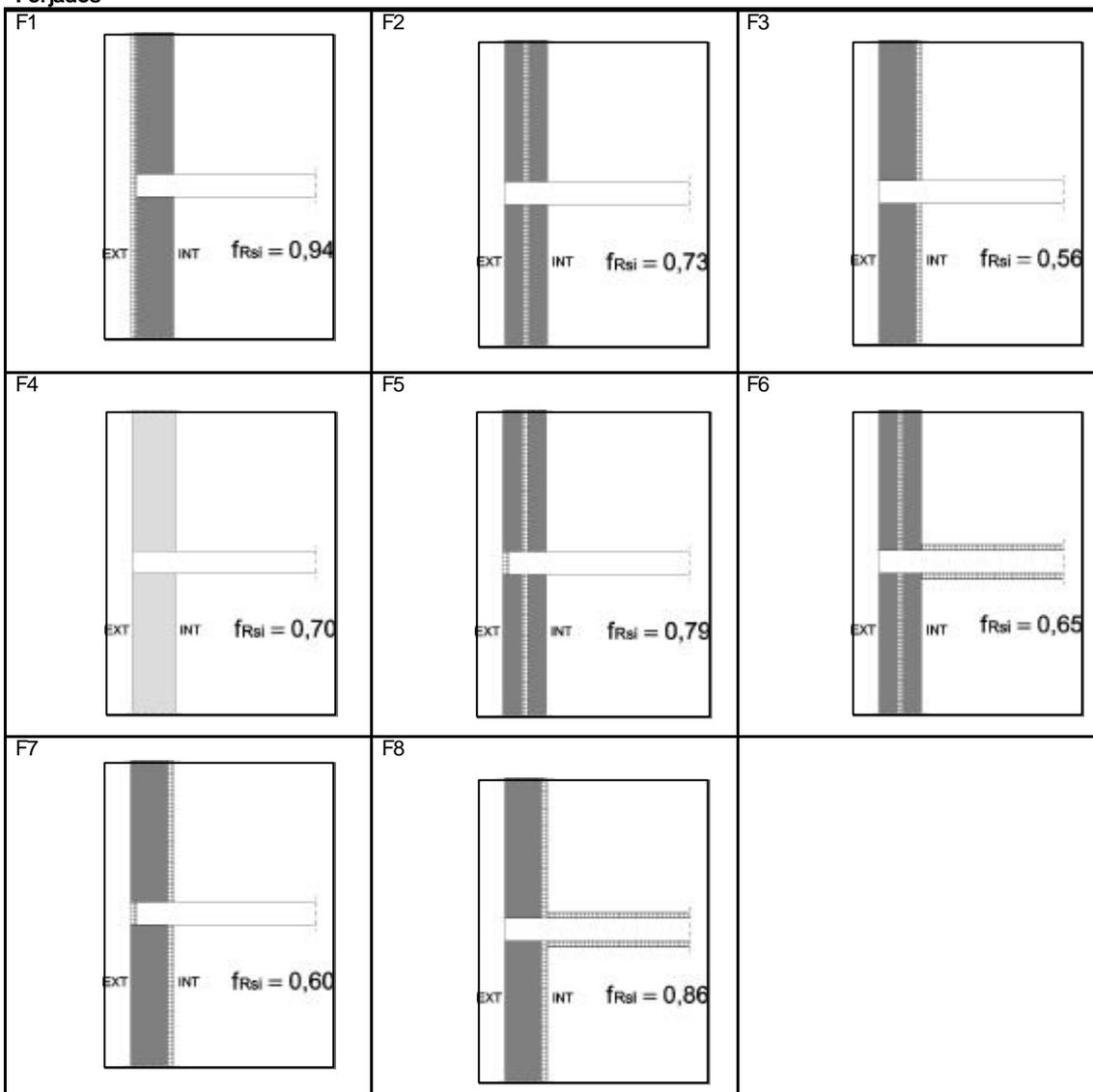
Esquinas

<p>E1</p>  <p>EXT INT $f_{Rsi} = 0,85$</p>	<p>E2</p>  <p>EXT INT $f_{Rsi} = 0,86$</p>	<p>E3</p>  <p>EXT INT $f_{Rsi} = 0,84$</p>
<p>E4</p>  <p>EXT INT $f_{Rsi} = 0,80$</p>	<p>E5</p>  <p>$f_{Rsi} = 0,92$ EXT INT</p>	<p>E6</p>  <p>$f_{Rsi} = 0,92$ EXT INT</p>



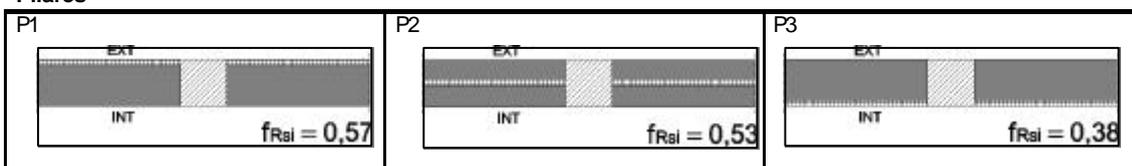
NOTA: Esquemas en planta

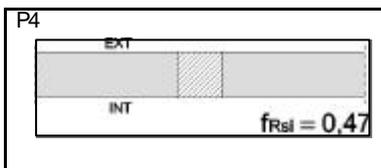
Forjados



NOTA: Esquemas en sección

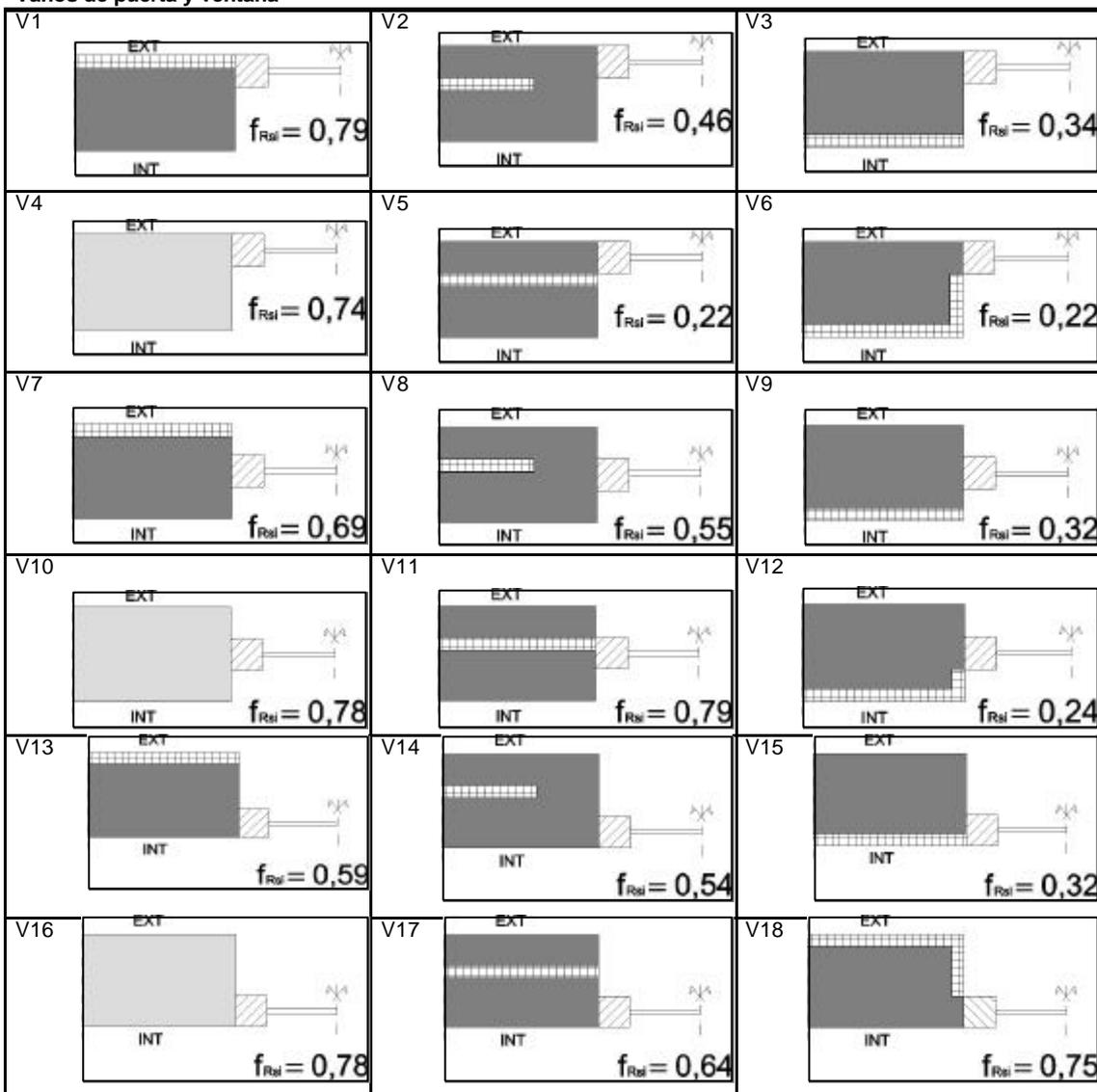
Pilares



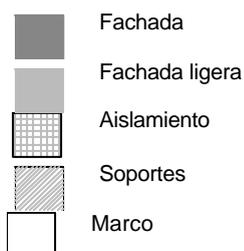


NOTA: Esquemas en planta

Vanos de puerta y ventana



NOTA: Esquemas en planta



Apéndice J Fichas justificativas de la opción simplificada

Tablas J.1 Fichas justificativas del cumplimiento de las exigencias relativas a la limitación de la demanda energética y condensación mediante la opción simplificada.

FICHA 1 Parámetros característicos medios

Baja carga interna
Alta carga interna

MUROS (U_M)					
Tipos		A (m ²)	U _M (W/m ² °K)	A · U _M (W/°C)	Resultados
N					ΣA=
					ΣA · U=
					U _{Mm} =ΣA · U / A=
E/O					ΣA=
					ΣA · U=
					U _{Mm} =ΣA · U / A=
S					ΣA=
					ΣA · U=
					U _{Mm} =ΣA · U / A=
SE/SO					ΣA=
					ΣA · U=
					U _{Mm} =ΣA · U / A=
C-terr					ΣA=
					ΣA · U=
					U _{Tm} =ΣA · U / A=

SUELOS (U_S)					
Tipos		A (m ²)	U _S (W/m ² °C)	A · U _S (W/°C)	Resultados
					ΣA=
					ΣA · U=
					U _{Sm} =ΣA · U _S / A=

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U_c, F_L)							
Tipos		A (m ²)	U _c (W/m ²)	F _L	A · U	A · F (m ²)	Resultados
							ΣA=
							ΣA · U=
							ΣA · F=
							U _{Cm} =ΣA · U / ΣA=
							F _{Lm} = ΣA · F / ΣA=

HUECOS (U_H, F_H)							
Tipos		A (m ²)	U _H (W/m ²)	F _H	A · U	A · F (m ²)	Resultados
N							ΣA=
							ΣA · U=
							ΣA · F=
							U _{Hm} =ΣA · U / ΣA=
							F _{Hm} =ΣA · F / ΣA=
E/O							ΣA=
							ΣA · U=
							ΣA · F=
							U _{Hm} =ΣA · U / ΣA=
							F _{Hm} =ΣA · F / ΣA=
S							ΣA=
							ΣA · U=
							ΣA · F=
							U _{Hm} =ΣA · U / ΣA=
							F _{Hm} =ΣA · F / ΣA=
SE/SO							ΣA=
							ΣA · U=
							ΣA · F=
							U _{Hm} =ΣA · U / ΣA=
							F _{Hm} =ΣA · F / ΣA=

FICHA 2 CONFORMIDAD-Transmitancia y factor solar

Baja carga interna

Alta carga interna

Transmitancia de muros															
Norte				Este/Oeste				Sur				Sureste/Suroeste			
$U_{Mm} \leq U_{MLim}$				$U_{Mm} \leq U_{MLim}$				$U_{Mm} \leq U_{MLim}$				$U_{Mm} \leq U_{MLim}$			
Transmitancia muros terreno				Transmitancia suelos				Transmitancia cubiertas				Factor solar modif lucernario			
$U_{Tm} \leq U_{MLim}$				$U_s \leq U_{SLim}$				$U_c \leq U_{CLim}$				$F_L \leq F_{LLim}$			
Transmitancia de huecos															
Norte				Este/Oeste				Sur				Sureste/Suroeste			
$U_H \leq U_{HLim}$				$U_H \leq U_{HLim}$				$U_H \leq U_{HLim}$				$U_H \leq U_{HLim}$			
Factor solar modificado de huecos												Medianerías y particiones			
Este/Oeste				Sur				Sureste/Suroeste							
$F_H \leq F_{HLim}$				$F_H \leq F_{HLim}$				$F_H \leq F_{HLim}$							
												$U_{MD} \leq 1 \text{ W/m}^2\text{K}$			
												$U_{PU} \leq 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$			

FICHA 3 CONFORMIDAD-Condensaciones

MUROS										
Tipos	C. superficiales		C. intersticiales							
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_v \leq P_{sat}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7
	f_{Rsi}		P_{sat}							
	f_{Rmin}		P_v							
	f_{Rsi}		P_{sat}							
	f_{Rmin}		P_v							
	f_{Rsi}		P_{sat}							
	f_{Rmin}		P_v							
	f_{Rsi}		P_{sat}							
	f_{Rmin}		P_v							
	f_{Rsi}		P_{sat}							
	f_{Rmin}		P_v							

CUBIERTAS										
Tipos	C. superficiales		C. intersticiales							
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_v \leq P_{sat}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7
	f_{Rsi}		P_{sat}							
	f_{Rmin}		P_v							
	f_{Rsi}		P_{sat}							
	f_{Rmin}		P_v							
	f_{Rsi}		P_{sat}							
	f_{Rmin}		P_v							
	f_{Rsi}		P_{sat}							
	f_{Rmin}		P_v							
	f_{Rsi}		P_{sat}							
	f_{Rmin}		P_v							

Sección HE 3

Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación

1 Generalidades

1.1 Ámbito de aplicación

- 1 Esta sección es de aplicación a las instalaciones de iluminación interior en:
 - a) edificios de nueva construcción;
 - b) rehabilitación de edificios existentes con una superficie útil superior a 1000 m², donde se rehabilite más del 25% de la superficie iluminada.
- 2 Se excluyen del ámbito de aplicación:
 - a) aquellas edificaciones de nueva construcción que por sus características de utilización deban permanecer abiertas;
 - b) edificios y monumentos con valor histórico o arquitectónico, cuando el cumplimiento de las exigencias de esta sección pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto;
 - c) edificios utilizados como lugares de culto y para actividades religiosas;
 - d) construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a 2 años;
 - e) instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales;
 - f) edificios independientes con una superficie útil total inferior a 50 m²;
 - g) interiores de viviendas.
- 3 En los casos excluidos en el punto anterior, el proyectista justificará las soluciones adoptadas, en su caso, para el ahorro de energía en la instalación de iluminación.
- 4 Se excluyen, también, de este ámbito de aplicación los alumbrados de emergencia.

1.2 Procedimiento de verificación

- 1 Para la aplicación de esta sección debe seguirse la secuencia de verificaciones que se expone a continuación:
 - a) cálculo del valor de eficiencia energética VEE en cada zona, constatando que no se superan los valores máximos consignados en la Tabla 2.1 del apartado 2.1;
 - b) comprobación de la existencia de un sistema de control y, en su caso, de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural, cumpliendo lo dispuesto en el apartado 2.2;
 - c) verificación de la existencia de un plan de mantenimiento, que cumpla con lo dispuesto en el apartado 5.

1.3 Documentación justificativa

- 1 En la Memoria Técnica del proyecto de iluminación figurarán junto con los cálculos justificativos al menos:
 - a) el índice del local (K) utilizado en el cálculo;
 - b) número de puntos considerados en el proyecto;
 - c) factor de mantenimiento (Fm) previsto;

- d) iluminancia media horizontal mantenida (E_m) obtenida;
 - e) índice de deslumbramiento unificado (UGR) alcanzado;
 - f) índices de rendimiento de color (R_a) de las lámparas seleccionadas;
 - g) valor de eficiencia energética (VEE) resultante en el cálculo.
- 2 En el caso de iluminación de instalaciones deportivas, cuando las actividades sean televisadas o filmadas en color, se incluirá también la iluminancia media vertical mantenida y las uniformidades en el área de referencia.
 - 3 Asimismo debe justificarse en la Memoria Técnica del proyecto de iluminación para cada zona el sistema de control utilizado y la necesidad o no de sistema de aprovechamiento de la luz natural.

2 Caracterización y cuantificación de las exigencias

2.1 Valor de Eficiencia Energética de la Instalación

- 1 La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el valor de la eficiencia energética VEE ($W/m^2 \cdot lux$) 100. Los valores de la eficiencia energética VEE máximos se asocian en cada zona al factor de mantenimiento F_m de la instalación, cuyos valores máximos se establecen en la Tabla 2.1.
- 2 Con el fin de establecer los correspondientes valores de eficiencia energética máxima, las instalaciones de iluminación se identificarán, según el uso de la zona, dentro de uno de los 4 grupos siguientes:
 - a) grupo 0. Instalaciones de iluminación interior en las que no se justifica el no aprovechamiento de la luz natural, aplicación de sistemas de alumbrado poco eficientes (luz indirecta), utilización de lámparas de baja eficacia luminosa, etc;
 - b) grupo 1. Instalaciones de iluminación interior en zonas, cuyos usos justifiquen un reducido porcentaje de sistemas de alumbrado energéticamente poco eficientes;
 - c) grupo 2. Instalaciones de iluminación interior en zonas, cuyo funcionamiento requiere un mayor margen de libertad en el diseño de dichas instalaciones;
 - d) grupo 3. Instalaciones de iluminación interior en zonas que, por sus características, condiciones estéticas y singularidad, no admiten limitaciones energéticas en el ámbito luminotécnico.

Grupo	Usos	Factor de mantenimiento máximo	VEE_{max}
0	almacén, archivo o salas técnicas		
	entorno limpio	0,8	4
	entorno medio	0,55	6
	entorno sucio	0,3	10
	aparcamiento	0,55	5
	espacios o locales asimilables a grupo 0 no descritos en la lista anterior	0,55	6
1	zonas comunes edificios de viviendas	0,8	7
	despachos en general (zonas de no representación)	0,8	3,5
	aulas y laboratorios	0,8	3,5
	zonas comunes (zonas de no representación)	0,8	3,5
	zonas no específicas de estaciones de transporte	0,8	4,5
	salas de diagnóstico (iluminación general)	0,8	3,5
	zonas comunes de espacios de no representación en hostelería y restauración	0,8	4,5
	supermercados e hipermercados (iluminación general)	0,8	3
	espacios deportivos- artes marciales	0,8	6,5
	espacios deportivos-atletismo	0,8	5
	espacios deportivos-equitación	0,8	3,5
	espacios deportivos-fútbol	0,8	4,5
	espacios deportivos-natación	0,8	4
	pista polideportiva	0,8	5
espacios deportivos-tenis	0,8	5	
espacios o locales asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	0,8	6	
2	espacios comunes (zonas de representación)	0,8	16
	zonas específicas estaciones de transporte	0,8	12
	salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones	0,8	18
	habitaciones de hospital	0,8	10
	habitaciones de hotel	0,8	12
	zonas no industriales de hostelería y restauración	0,8	16
	zonas comunes de multicentros comerciales	0,8	12
	tiendas	0,8	16
	espacios culturales, de ocio o espectáculo. zonas no expositivas	0,8	17
	espacios o locales asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	0,8	15
3	espacios culturales, de ocio o espectáculo. zonas expositivas	0,8	*
	locales especiales	0,8	*

* Sin límite de VEE pero con obligación de no superar el valor indicado de F_m

2.2 Sistemas de Control y Regulación

- 1 Las instalaciones de iluminación dispondrán, para cada zona, de un sistema de regulación y control con las siguientes condiciones:
 - a) toda zona dispondrá al menos de un sistema de encendido y apagado manual, cuando no disponga de otro sistema de control, no aceptándose los sistemas de encendido y apagado en cuadros eléctricos como único sistema de control. Las zonas de uso esporádico dispondrán de

- un control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia o sistema de temporización;
- b) se instalarán sistemas de aprovechamiento de la luz natural, que regulen el nivel de iluminación en función del aporte de luz natural, en la primera línea paralela de luminarias situadas a una distancia inferior a 3 metros de la ventana, y en todas las situadas bajo un lucernario, en los siguientes casos;
- i) en las zonas de los grupos 0, 1 y 2 que cuenten con cerramientos acristalados al exterior, salvo las de viviendas, cuando estas cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

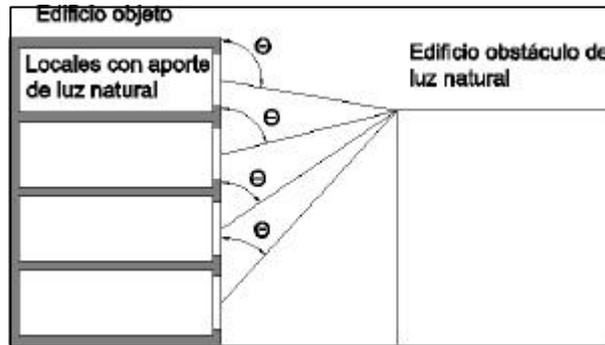


Fig. 2.1

- que el ángulo T sea superior a 65° ($T > 65^\circ$), siendo T el ángulo desde el punto medio del acristalamiento hasta la cota máxima del edificio obstáculo, medido en grados sexagesimales;
- que se cumpla la expresión:

$$T(A_w/A) > 0,07, \quad (2.1)$$

siendo

T_x coeficiente de transmisión de luz del vidrio de la ventana del local en %.

A_w área de vidrio de la ventana de la zona [m^2].

A área total de las superficies interiores del local (suelo + techo + paredes + ventanas) [m^2].

- ii) en todas las zonas de los grupos 0, 1 y 2 que cuenten con cerramientos acristalados a patios o atrios, salvo las de viviendas, cuando estas cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:
- en el caso de patios no cubiertos cuando estos tengan una anchura (a_i) superior a 2 veces la distancia (h_i), siendo h_i la distancia entre el suelo de la planta donde se encuentre la zona en estudio, y la cubierta del edificio;



Fig. 2.2

En el caso de patios cubiertos por acristalamientos cuando su anchura (a_i) sea superior a $2/T_c$ veces la distancia (h_i), siendo h_i la distancia entre la planta donde se en-

cuentre el local en estudio y la cubierta del edificio, y siendo T_c el coeficiente de transmisión luminosa del vidrio de cerramiento del patio, expresado en %.

- que se cumpla la expresión

$$T(A_w/A) > 0.07 \quad (2.2)$$

siendo

T coeficiente de transmisión de luz del vidrio de la ventana del local en %.

A_w área de vidrio de la ventana de la zona [m^2].

A área total de las superficies interiores del local (suelo + techo + paredes + ventanas) [m^2].

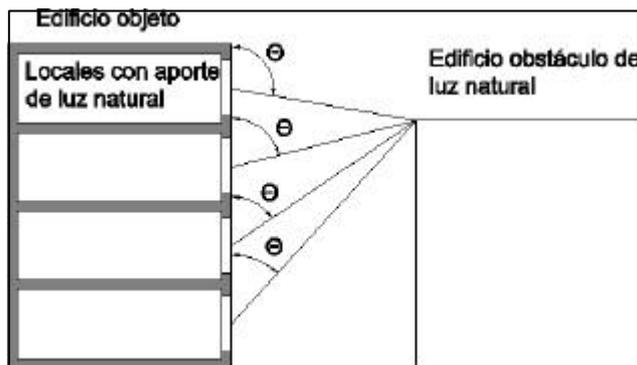


Figura 2.3

3 Diseño y dimensionado

3.1 Datos Previos

- 1 Para determinar el diseño y soluciones luminotécnicas de las instalaciones de iluminación interior, se tendrán en cuenta parámetros tales como:
 - a) uso de la zona a iluminar;
 - b) tipo de tarea visual a realizar;
 - c) necesidades de luz y del usuario del local;
 - d) índice K del local o dimensiones del espacio (longitud, anchura y altura útil);
 - e) reflectancias de las paredes, techo y suelo de la sala;
 - f) características y tipo de techo;
 - g) condiciones de la luz natural;
 - h) tipo de acabado y decoración;
 - i) mobiliario previsto.

Podrá realizarse cualquier método de cálculo que cumpla las exigencias de este documento, los parámetros de iluminación y los criterios de diseño contenidos en el apartado 1 del Apéndice B.

3.2 Método de cálculo

- 1 El método de cálculo utilizado será el adecuado para el cumplimiento de las exigencias de esta sección y utilizará como datos y parámetros de partida, al menos, los consignados en el apartado 3.1, así como los derivados de los materiales adoptados en las soluciones propuestas, tales como lámparas, equipos auxiliares, luminarias.
- 2 Se obtendrán como mínimo los siguientes resultados:
 - a) valor de la eficiencia energética VEE de la instalación;
 - b) iluminancia media horizontal mantenida E_m en el plano de trabajo;

c) índice de deslumbramiento unificado UGR para el observador.

Asimismo, en función de las lámparas seleccionadas se incluirán los valores del índice de rendimiento de color (R_a) y las potencias de los conjuntos lámpara más equipo auxiliar.

En la iluminación de instalaciones deportivas, cuando las actividades sean televisadas o filmadas en color, se obtendrán también la iluminancia media vertical mantenida y las uniformidades en el área de referencia.

- 3 El método de cálculo se formalizará bien manualmente o a través de un programa informático, que ejecutará los cálculos referenciados obteniendo como mínimo los resultados mencionados en el punto 2 anterior. Se consideran aceptables a efectos del cumplimiento de las exigencias de este documento el método de cálculo y los resultados obtenidos mediante el programa informático DIALux, que tendrá la consideración de Documento Reconocido del CTE, estando disponible al público para su libre utilización.

4 Productos de construcción

4.1 Equipos

- Las lámparas, equipos auxiliares, luminarias y resto de dispositivos cumplirán lo dispuesto en la normativa específica para cada tipo de material. Particularmente, las lámparas fluorescentes cumplirán con los valores admitidos por el Real Decreto 838/2002, de 2 de agosto, por el que se establecen los requisitos de eficiencia energética de los balastos de lámparas fluorescentes
- Todas las lámparas utilizadas en la instalación de iluminación de cada zona tendrán limitada las pérdidas de sus equipos auxiliares, por lo que la potencia del conjunto lámpara más equipo auxiliar no superará los valores indicados en las tablas 3.1 y 3.2:

Tabla 3.1 Lámparas de descarga

Potencia nominal de lámpara (W)	Potencia total del conjunto (W)		
	Vapor de mercurio	Vapor de sodio alta presión	Vapor de halogenuros metálicos
50	60	62	---
70	---	84	84
80	92	---	---
100	---	116	116
125	139	---	---
150	---	171	171
250	270	277	270 (2,15A) 277(3A)
400	425	435	425 (3,5A) 435 (4,6A)

⁽¹⁾ Estos valores se aplican a los balastos estándares de mercado (los balastos de ejecución especial no están contemplados, p.ej. "secciones reducidas, reactancias de doble nivel")

Tabla 3.2 Lámparas halógenas de baja tensión

Potencia nominal de lámpara (W)	Potencia total del conjunto (W)
35	43
50	60
2x35	85
3x35	125
2x50	120

4.2 Control de recepción en obra de productos

- Se comprobará que los conjuntos de las lámparas y sus equipos auxiliares disponen de un certificado del fabricante que acredite su potencia total.

5 Mantenimiento y conservación

- 1 Para garantizar en el transcurso del tiempo el mantenimiento de los parámetros luminotécnicos adecuados y la eficiencia energética de la instalación VEE, se elaborará un plan de mantenimiento de las instalaciones de iluminación que contemplará, entre otras acciones, las operaciones de reposición de lámparas con la frecuencia de reemplazamiento, limpieza de luminarias con la metodología prevista y limpieza de la zona iluminada, incluyendo en ambas la periodicidad necesaria.

Apéndice A Terminología

Alumbrado de emergencia: Instalación de iluminación que, en caso de fallo en el alumbrado normal, suministra la iluminación necesaria para facilitar la visibilidad a los usuarios y que estos puedan abandonar el edificio, impida situaciones de pánico y permita la visión de las señales indicativas de las salidas y la situación de los equipos y medios de protección existentes.

Coefficiente de transmisión luminosa del vidrio: porcentaje de luz natural en su espectro visible que deja pasar un vidrio. Se expresa en tanto por un o tanto por ciento.

Eficacia luminosa: relación entre el flujo luminoso emitido por una lámpara y la potencia consumida. Se expresa en lm/w (lúmenes/vatio).

Equipo auxiliar: equipos eléctricos o electrónicos asociados a la lámpara, diferentes para cada tipo de lámpara. Su función es el encendido y control de las condiciones de funcionamiento de una lámpara. Estos equipos auxiliares están formados por combinación de los siguientes tipos de elementos:

- Arrancador: Dispositivo que, por sí mismo o en combinación con otros componentes del circuito, genera impulsos de tensión para cebar una lámpara de descarga sin precaldeado de los electrodos.
- Balasto: Dispositivo conectado entre la alimentación y la lámpara de descarga, que sirve para limitar la corriente de la lámpara a un valor determinado.
- Condensador: Dispositivo que corrige el factor de potencia a los valores definidos en normas y reglamentos en vigor.
- Cebador: Dispositivo de cebado, normalmente para lámparas fluorescentes que proporciona el precaldeo necesario de los electrodos y, en combinación con la impedancia serie del balasto, provoca una sobretensión momentánea en la lámpara.

Factor de mantenimiento (F_m): relación entre la iluminancia mantenida (E_m) exigida con mantenimiento de la instalación y la iluminancia inicial (E inicial).

Iluminancia: Magnitud que mide la cantidad de flujo luminoso que incide (vertical u horizontalmente) sobre un objeto por unidad de superficie del mismo, siendo la unidad de medida el lux.

Iluminación general: La proporcionada por una distribución regular de luminarias.

Iluminación indirecta: La proporcionada por sistemas de iluminación que dirigen la mayor parte de la luz (90% al 100%) hacia el techo y zonas superiores de las paredes.

Iluminancia inicial ($E_{inicial}$): la iluminancia calculada en proyecto para que dividida por F_m se obtenga la E_m , por debajo de la cual no se puede bajar. Así:

$$E_{inicial} = \frac{E_m}{F_m}$$

Iluminancia media en el plano horizontal (E): Valor medio de Iluminancias del sumatorio de puntos, siendo la unidad de medida el lux. El número mínimo de puntos a considerar en su cálculo, estará en función del índice del local (K) y de la obtención de un reparto cuadrículado simétrico.

Iluminancia media horizontal mantenida (E_m): valor de iluminancia media en el plano horizontal de trabajo por debajo del cual no está permitido bajar.

Iluminancia media vertical mantenida: valor de iluminancia media en el plano vertical de trabajo por debajo del cual no está permitido bajar.

Índice de deslumbramiento unificado (UGR): Es el índice de deslumbramiento molesto procedente directamente de las luminarias de una instalación de iluminación interior, definido en la publicación CIE (Comisión Internacional de Alumbrado) nº 117.

Índice de rendimiento en color (R_a): Efecto de un iluminante sobre el aspecto cromático de los objetos que ilumina por comparación con su aspecto bajo un iluminante de referencia. La forma en que la luz de una lámpara reproduce los colores de los objetos iluminados se denomina índice de rendimiento de color (R_a). El color que presenta un objeto depende de la distribución de la energía espectral de la luz con que está iluminado y de las características reflexivas selectivas de dicho objeto.

Índice del local (K): Es función de:

$$K = L \times A / H \times (L + A) \tag{A.1}$$

siendo

- L Longitud del local.
- A Anchura del local.
- H Distancia del plano de trabajo a las luminarias.

El número de puntos mínimo a considerar en el cálculo de la iluminancia media (E) será:

- a) si $K < 1 = 4$ puntos
- b) si $2 > K \geq 1 = 9$ puntos
- c) si $3 > K \geq 2 = 16$ puntos
- d) si $K \geq 3 = 25$ puntos

Lámpara: Fuente construida para producir una radiación óptica, generalmente visible.

Luminaria: Aparato que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que, además de los accesorios necesarios para fijarlas, protegerlas y conectarlas al circuito eléctrico de alimentación contiene, en su caso, los equipos auxiliares necesarios para su funcionamiento, definida y regulada en la norma UNE EN 60.598.

Perdida de equipo auxiliar: potencia máxima de entrada al equipo auxiliar, que será diferente para cada potencia nominal y tipo de lámpara.

Potencia nominal de lámpara: potencia de funcionamiento de entrada a la lámpara, medida en las condiciones definidas por las normas UNE y/o UNE EN pertinentes.

Potencia total del conjunto lámpara más equipo auxiliar: potencia máxima de entrada de los circuitos equipo auxiliar-lámpara, medidos en las condiciones definidas en las Normas UNE y/o UNE EN pertinentes.

Reflectancias: cociente entre la cantidad de luz incidente sobre un material, y la reflejada. Se expresa en tanto por ciento o en tanto por uno.

Salas Técnicas: salas donde se ubican instalaciones que dan servicio al edificio como sala de calderas, sala de bombeo, centros de transformación, sala de cuadros eléctricos, sala de contadores, sala de sistemas de alimentación ininterrumpidas o cualquier sala de máquinas.

Sistema de control: conjunto de equipos, cableado y aparellaje destinados a controlar, de forma automática o manual, el encendido/apagado o el flujo luminoso de una instalación de iluminación. Se distinguen 4 tipos fundamentales:

- a) Regulación y control bajo demanda del usuario, por interruptor manual, pulsador, potenciómetro o mando a distancia.
- b) Regulación de iluminación artificial según aporte de luz natural por ventanas, cristaleras, lucernarios o claraboyas.
- c) Control del encendido y apagado según presencia en la zona.
- d) Regulación y control por sistema centralizado de gestión.

Sistema de regulación: Conjunto de equipos, cableado y aparellaje destinados a controlar, de forma automática o manual, el flujo luminoso de una instalación de iluminación. Se distinguen 3 tipos fundamentales:

- a) Regulación bajo demanda del usuario, por potenciómetro o mando a distancia.
- b) Regulación de iluminación artificial según aporte de luz natural por ventanas, cristaleras, lucernarios o claraboyas.
- c) Regulación por sistema centralizado de gestión.

Sistema de aprovechamiento de la luz natural: Conjunto de equipos, cableado y aparataje destinados a regular de forma automática el flujo luminoso de una instalación de iluminación, en función del flujo luminoso aportado a la zona por la luz natural, de tal forma ambos flujos aporten un nivel de iluminación fijado en un punto, donde se encontraría el sensor de luz. Existen 2 tipos fundamentales de regulación:

- a) Regulación todo/nada: la iluminación se enciende o se apaga por debajo o por encima de un nivel de iluminación prefijado.
- b) Regulación progresiva: la iluminación se va ajustando progresivamente según el aporte de luz natural hasta conseguir el nivel de iluminación prefijado.

Sistema de detección de presencia: Conjunto de equipos, cableado y aparellaje destinados a controlar de forma automática, el encendido y apagado de una instalación de iluminación en función de presencia o no de personas en la zona. Existen 4 tipos fundamentales de detección:

- a) Infrarrojos.

- b) Acústicos por ultrasonido.
- c) Acústicos por microondas.
- d) Híbrido de los anteriores.

Sistema de temporización: Conjunto de equipos, cableado y aparellaje destinados a controlar de forma automática, el apagado de una instalación de iluminación en función de un tiempo de encendido prefijado.

Zona: espacio o local con un determinado uso y por tanto, con unos parámetros de iluminación acordes con el mismo.

Zonas comunes: Espacios utilizados por cualquier persona o usuario, como vestíbulos, aseos, pasillos, espacios de tránsito de personas, etc.

Zona de representación: Espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, es preponderante respecto a otros criterios como el de eficiencia energética o cumplimiento de parámetros de iluminación. Así podrán considerarse zonas de representación: vestíbulos, despachos de dirección, recepciones, tiendas, zonas expositivas de tiendas, comedor de restaurantes, ciertos espacios en bares, habitaciones hospitales y de cierto tipo de hoteles, salones de actos, auditorios, sala de convenciones, espacios culturales, de ocio o espectáculos, etc.

Zona de no representación: Espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el confort visual, la eficiencia energética o cumplimiento de parámetros de iluminación.

Zonas expositivas: Espacios destinados a exponer productos de diferente índole al público, como escaparates de tiendas, museos, salas de arte, salas culturales o de ocio.

Zonas no industriales de hostelería y restauración: Espacios destinados a una actividad de servicio al público.

Zona de uso esporádico: Espacios donde la ocupación es aleatoria, no controlada y no permanente, como aseos, pasillos, escaleras, zonas de tránsito, aparcamientos, etc.

Valor de eficiencia energética (VEE): índice que evalúa la eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, cuya unidad de medida es $(W/m^2 \cdot lux) \cdot 100$. Se determina para cada zona mediante la siguiente expresión:

$$VEE = \frac{\text{potencia (lámpara + equipo auxiliar) en vatios}}{\text{superficie iluminada en m}^2} \times \frac{100}{\text{iluminancia media mantenida (E}_m\text{) en lux}}$$

Apéndice B Normas de referencia

B.1 Parámetros de iluminación

- 1 A efectos del cumplimiento de las exigencias de esta sección, se consideran aceptables los valores de los distintos parámetros de iluminación que definen la calidad de las instalaciones de iluminación interior, dispuestos en la siguiente normativa:
 - a) UNE-EN 12464-1: 2003. Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo en interiores.
 - b) Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo, que adopta la norma EN 12.464 y ha sido elaborada en virtud de lo dispuesto en el artículo 5 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero y en la disposición final primera del Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, que desarrollan la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
 - c) Norma UNE EN 12193: Iluminación. Alumbrado de instalaciones deportivas.

B.2 Recomendaciones de diseño

UNE 72 112 Tareas visuales. Clasificación.

UNE 72 163 Niveles de iluminación. Asignación de Tareas.

Sección HE 4

Producción de agua caliente sanitaria por energía solar térmica

1 Generalidades

1.1 Ámbito de aplicación

- 1 Esta sección es aplicable a los edificios de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria.
- 2 La contribución solar mínima determinada en aplicación de la exigencia básica que se desarrolla en esta Sección, podrá disminuirse justificadamente en los siguientes casos:
 - a) cuando se cubra ese aporte energético de agua caliente sanitaria mediante el aprovechamiento de energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia generación de calor del edificio;
 - b) cuando el cumplimiento de este nivel de producción suponga sobrepasar los criterios de cálculo que marca la normativa de aplicación;
 - c) cuando el emplazamiento del edificio no cuente con suficiente acceso al sol por barreras externas al mismo;
 - d) en rehabilitación de edificios, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la configuración previa del edificio existente o de la normativa urbanística aplicable;
 - e) en edificios de nueva planta, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la normativa urbanística aplicable, que imposibiliten de forma evidente la disposición de la superficie de captación necesaria;
 - f) cuando así lo determine el órgano competente que deba dictaminar en materia de protección histórico-artística.
- 3 En el caso de edificios que se encuentren en los casos b), c) d), y e) del apartado anterior, se debe justificar la inclusión alternativa de medidas o elementos que produzcan un ahorro energético térmico o reducción de emisiones de dióxido de carbono, equivalentes a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar, respecto a los requisitos básicos que fije la normativa vigente, realizando mejoras en el aislamiento térmico y rendimiento energético de los equipos.

1.2 Procedimiento de verificación

- 1 Para la aplicación de esta sección debe seguirse la secuencia que se expone a continuación.
 - a) Obtención de la contribución solar mínima según el apartado 2.1.
 - b) Cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado del apartado 3.
 - c) Cumplimiento de las condiciones de mantenimiento del apartado 4.

2 Caracterización y cuantificación de las exigencias

- Las contribuciones solares que se recogen a continuación tienen el carácter de mínimos pudiendo ser ampliadas voluntariamente por el promotor o como consecuencia de disposiciones dictadas por las administraciones competentes.

2.1 Contribución solar mínima

- La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada a la demanda y la demanda energética anual, obtenidos a partir de los valores mensuales. En las tablas 2.1 y 2.2 se indican, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de agua caliente sanitaria (ACS) a una temperatura de referencia de 60 °C, la contribución solar mínima anual, considerándose los siguientes casos:
 - general: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea gasóleo, propano, gas natural, u otras;
 - efecto Joule: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea electricidad mediante efecto Joule.

Tabla 2.1. Contribución solar mínima en %. Caso general

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	0	0	50	60	70
5.000-6.000	0	0	55	65	70
6.000-7.000	0	35	61	70	70
7.000-8.000	0	45	63	70	70
8.000-9.000	0	52	65	70	70
9.000-10.000	0	55	70	70	70
10.000-12.500	0	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Tabla 2.2. Contribución solar mínima en %. Caso Efecto Joule

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
> 3.000	70	70	70	70	70

- En el caso de ocupaciones parciales de instalaciones de uso turístico de las recogidas en el apartado 3.1.1, se deben detallar los motivos, modificaciones de diseño, cálculos y resultados tomando como criterio de dimensionado que la instalación deberá aproximarse al máximo al nivel de contribución solar mínima. El dimensionado de la instalación estará limitado por el cumplimiento de la condición de que en ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110 % de la demanda energética y en no más de tres meses el 100 % y a estos efectos no se tomarán en consideración aquellos periodos de tiempo en los cuales la demanda energética se

- sitúe un 50 % por debajo de la media correspondiente al resto del año, tomándose medidas de protección.
- 5 Con independencia del uso al que se destine la instalación, en el caso de que en algún mes del año la contribución solar real sobrepase el 110 % de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100 %, se adoptarán cualquiera de las siguientes medidas:
 - a) dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes (a través de equipos específicos o mediante la circulación nocturna del circuito primario);
 - b) tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que seguirá atravesando el captador);
 - c) vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, debe ser repuesto por un fluido de características similares debiendo incluirse este trabajo en ese caso entre las labores del contrato de mantenimiento;
 - d) desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes.
 - 6 En el caso de optarse por las soluciones b) y c), dentro del mantenimiento deben programarse las operaciones a realizar consistentes en el vaciado parcial/tapado parcial del campo de captadores y reposición de las condiciones iniciales. Estas operaciones se realizarán una antes y otra después de cada periodo de sobreproducción energética. No obstante se recomiendan estas soluciones cuando el edificio tenga un servicio de mantenimiento continuo.
 - 7 Cuando la instalación tenga uso de vivienda y no sea posible la solución d) se recomienda la solución a).
 - 8 Adicionalmente, durante todo el año se vigilará la instalación con el objeto de prevenir los posibles daños ocasionados por los posibles sobrecalentamientos.
 - 9 La orientación e inclinación del sistema generador y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Pérdidas límite

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

- 10 En la tabla 2.3 se consideran tres casos: general, superposición de módulos e integración arquitectónica. Se considera que existe integración arquitectónica cuando los módulos cumplen una doble función energética y arquitectónica y además sustituyen elementos constructivos convencionales. Se considera que existe superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este concepto la disposición horizontal con en fin de favorecer la autolimpieza de los módulos. Una regla fundamental a seguir para conseguir la integración o superposición de las instalaciones solares es la de mantener, dentro de lo posible, la alineación con los ejes principales de la edificación.
- 11 En todos los casos se han de cumplir las tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.
- 12 Se considerará como la orientación óptima el sur y la inclinación óptima, dependiendo del periodo de utilización, uno de los valores siguientes:
 - a) demanda constante anual: la latitud geográfica;
 - b) demanda preferente en invierno: la latitud geográfica + 10 °;
 - c) demanda preferente en verano: la latitud geográfica – 10 °.
- 13 Sin excepciones, se deben evaluar las pérdidas por orientación e inclinación y sombras de la superficie de captación de acuerdo a lo estipulado en los apartados 3.4 y 3.5. Cuando, por razones arquitectónicas excepcionales no se pueda dar toda la contribución solar mínima anual que se indica en las tablas 2.1 y 2.2 cumpliendo los requisitos indicados en la tabla 2.3, se justificará esta imposibilidad, analizando las distintas alternativas de configuración del edificio y de ubicación de la instalación, debiéndose optar por aquella solución que más se aproxime a las condiciones de máxima contribución solar.

3 Diseño y dimensionado

3.1 Datos previos

3.1.1 Cálculo de la demanda

- 1 Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en la siguiente tabla (Demanda de referencia a 60 °C).

Tabla 3.1. Demanda de referencia a 60°C

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Oficinas	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

- 2 Para el caso de que se elija una temperatura de diseño, es decir en el acumulador final, diferente de 60 °C, se deberá alcanzar la contribución solar mínima correspondiente a la demanda obtenida con las demandas de referencia a 60 °C. No obstante la demanda a considerar a efectos de cálculo y diseño, según la temperatura de diseño elegida, será la que se obtenga a partir de la siguiente expresión:

$$D(T) = \sum_1^{12} D_i(T) \quad (3.1)$$

$$D_i(T) = D_i(60\text{ }^\circ\text{C}) \times \left(\frac{60 - T_i}{T - T_i} \right) \quad (3.2)$$

siendo

- D(T) Demanda de agua caliente sanitaria anual a la temperatura T de diseño
- D_i(T) Demanda de agua caliente sanitaria para el mes i a la temperatura T de diseño
- D_i(60 °C) Demanda de agua caliente sanitaria para el mes i a la temperatura de 60 °C
- T Temperatura de diseño del acumulador final
- T_i Temperatura media del agua fría en el mes i.

- 3 Para otros usos se tomarán valores contrastados por la experiencia o recogidos por fuentes de reconocida solvencia.
- 4 En el uso residencial el cálculo del número de personas por vivienda deberá hacerse utilizando como valores mínimos los que se relacionan a continuación:
 - a) Estudios de un único espacio o viviendas de 1 dormitorio : 1,5 personas.
 - b) Viviendas de 2 dormitorios: 3 personas.
 - c) Viviendas de 3 dormitorios: 4 personas.
 - d) Viviendas de 4 dormitorios: 6 personas.
 - e) Viviendas de 5 dormitorios: 7 personas.
 - f) Viviendas de 6 dormitorios: 8 personas.
 - g) Viviendas de 7 dormitorios: 9 personas.
 - h) A partir de 8 dormitorios se valorarán las necesidades como si se tratase de hostales.
- 5 Adicionalmente se tendrán en cuenta las pérdidas en distribución/recirculación del agua a los puntos de consumo.
- 6 Para el cálculo posterior de la contribución solar anual, se estimarán las demandas mensuales tomando en consideración el número de unidades (personas, camas, servicios, etc...) correspondientes a la ocupación plena, salvo instalaciones de uso turístico en las que se justifique un perfil de demanda propio originado por ocupaciones parciales.
- 7 Se tomarán como perteneciente a un único edificio la suma de demandas de agua caliente sanitaria de diversos edificios ejecutados dentro de un mismo recinto, incluidos todos los servicios. Igualmente en el caso de edificios de varias viviendas o usuarios de ACS, a los efectos de esta exigencia, se considera la suma de las demandas de todos ellos.
- 8 Quedan excluidos de esta exigencia aquellos casos en que se justifique que no existe ningún tipo de ocupación en 185 días al año o más.
- 9 En el caso que se justifiquen un nivel de demanda de ACS que presente diferencias de más del 50 % entre los diversos días de la semana, se considerará la correspondiente al día medio de la semana y la capacidad de acumulación será igual a la del día de la semana de mayor demanda.

3.1.2 Zonas climáticas

- 1 En la figura 3.1 y en la tabla 3.2 se marcan los límites de zonas homogéneas a efectos de la exigencia. Las zonas se han definido teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal (H), tomando los intervalos que se relacionan para cada una de las zonas, como se indica a continuación:

Tabla 3.2 Radiación solar global

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	H < 13,7	H < 3,8
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0



Fig. 3.1. Zonas climáticas

Tabla 3.3 Zonas climáticas

A CORUÑA	Arteixo	I	Petrer	IV	Villanueva de la Serena	V		
	Carballo	I	San Vicente del Raspeig	IV	BARCELONA	Badalona	II	
	A Coruña	I	Torreveja	V		Barbera del valles	II	
	Ferrol	I	Villajoyosa	IV		Barcelona	II	
	Naron	II	Villena	IV		Castelldefels	II	
	Oleiros	I	ALMERIA	Adra	V		Cerdanyola del Valles	II
	Riveira	I		Almeria	V		Cornella de	II
	Santiago de compostela	I		El Ejido	V		Gava	II
ALAVA	Vitoria-gasteiz	I		Roquetas de mar	V		Granollers	III
ALBACETE	Albacete	V	ASTURIAS	Aviles	I		L'Hospitalet de	II
	Almansa	IV		Castrillon	I		Llobregat	III
	Hellin	V		Gijon	I		Igualada	III
	Villarrobledo	V		Langreo	I		Manresa	III
ALICANTE	Alcoy	IV		Mieres	I		El Masnou	II
	Alicante	V		Oviedo	I		Mataro	III
	Benidorm	IV		San Martin del rey Aurelio Siero	I		Mollet del Valles	II
	Crevillent	V	AVILA	Avila	III		Montcada i Reixac	II
	Denia	IV		Almendralejo	V		El Prat de Llobregat	II
	Elche	V	BADAJOS	Badajoz	IV		Premia de mar	II
	Elda	IV		Don Benito	V		Ripollet	II
	Ibi	IV		Merida	V		Rubi	II
	Javea	IV					Sabadell	III
	Novelda	IV						
	Orihuela	V						

Sant Adria de Besos	II	CORDOBA	Baena	V	LEON	Leon	III
Sant Boi de Llobregat	II		Cabra	V		Ponferrada	II
Sant Cugat del Valles	II		Cordoba	IV		San Andres del Rabanedo	II
Sant Feliu de Llobregat	II		Lucena	V	LUGO	Lugo	II
Sant Joan Despi	II		Montilla	V	LLEIDA	Lleida	III
Sant Pere de Ribes	III		Priego de Cordoba	V	MADRID	Alcala de Henares	IV
Sant Vicenç dels Horts	II		Puente Genil	V		Alcobendas	IV
Santa coloma de Gramenet	II	CUENCA	Cuenca	II		Alcorcon	IV
Terrassa	III	GIRONA	Blanes	III		Aranjuez	IV
Vic	III		Figueres	III		Arganda del Rey	IV
Viladecans	II		Girona	III		Colmenar Viejo	IV
Vilafranca del Penedes	II		Olot	III		Collado Villalba	IV
Vilanova i la Geltru	II		Salt	III		Coslada	IV
BURGOS	II	GRANADA	Almuñecar	IV		Fuenlabrada	IV
Burgos	II		Baza	V		Getafe	IV
Miranda de Ebro	I		Granada	IV		Leganes	IV
CACERES	V		Guadix	IV		Madrid	IV
Plasencia	V		Loja	IV		Majadahonda	III
CADIZ	III		Motril	V		Mostoles	IV
Arcos de la Frontera	V	GUADALAJARA	Guadalajara	IV		Parla	IV
Barbate	III	GUIPUZCOA	Arrasate o Mondragon	I		Pinto	IV
Cadiz	IV		Donostia-San Sebastian	I		Pozuelo de Alarcon	IV
Chiclana de la frontera	IV		Eibar	I		Rivas-Vaciamadrid	IV
Jerez de la Frontera	V		Errenteria	I		Las Rozas de Madrid	III
CADIZ	III		Irun	I	MADRID	San Fernando de Henares	IV
La Linea de la Concepcion	III	HUELVA	Huelva	V		San Sebastian de los Reyes	IV
El Puerto de Santa Maria	IV	HUESCA	Huesca	III		Torrejon de Ardoz	IV
Puerto Real	IV	ILLES	Calvia	III		Tres Cantos	III
Rota	V	BALEARS	Ciutadella de Menorca	III		Valdemoro	IV
San Fernando	IV		Eivissa	III	MALAGA	Antequera	IV
San Roque	III		Inca	III		Benalmadena	IV
Sanlucar de Barrameda	V		Llucmajor	III		Estepona	IV
CANTABRIA	I		Mahon	III		Fuengirola	IV
Camargo	I		Manacor	III		Malaga	IV
Santander	I		Palma de Mallorca	III		Marbella	IV
Torrelavega	I		Santa Eulalia del Rio	III		Mijas	IV
CASTELLON	IV	JAEN	Alcala la Real	IV		Rincon de la Victoria	IV
Castellon de la Plana	IV		Andujar	IV		Ronda	III
La Vall d'uixo	IV		Jaen	IV		Torremolinos	IV
Vila-Real	IV		Linares	IV		Velez-Malaga	IV
Vinaros	IV		Martos	IV	MELILLA	Melilla	V
CEUTA	V	LA RIOJA	Ubeda	V	MURCIA	Aguilas	V
CIUDAD REAL	IV	LAS PALMAS	Arrecife	V		Alcantarilla	IV
Alcazar de San Juan	IV		Arucas	V		Caravaca de la Cruz	V
Ciudad Real	IV		Galdar	V		Cartagena	IV
Puertollano	IV		Ingenio	V		Cieza	V
Tomelloso	IV		Las Palmas de Gran Canaria	V		Jumilla	V
Valdepeñas	IV		San Bartolome de Tirajana	V		Lorca	V
			Santa Lucia	V		Molina de Segura	V
			Telde	V		Murcia	IV

	Torre-Pacheco	IV		Carmona	V		Cullera	IV
	Totana	IV		Coria del Rio	V		Gandia	IV
	Vecla	IV		Dos Hermanas	V		Manises	IV
NAVARRA	Barañain	I		Ecija	V		Mislata	IV
	Pamplona	I		Lebrija	V		Oliva	IV
	Tudela	II		Mairena del Aljarafe	V		Ontinyent	IV
OURENSE	Ourense	I		Moron de la Frontera	V		Paterna	IV
PALENCIA	Palencia	II		Los Palacios y Villafranca	V		Quart de poblet	IV
PONTEVEDRA	Cangas	I		La Rinconada	V		Sagunto	IV
	A Estrada	I		San Juan de Aznalfarache	V		Sueca	IV
	Lalin	I		Sevilla	V		Torrent	IV
	Marin	I		Utrera	V		Valencia	IV
	Pontevedra	I		SORIA	III		Xativa	IV
	Redondela	I		TARRAGONA	III	VALLADOLID	Xirivella	IV
	Vigo	I		Reus	III		Medina del Campo	III
	Vilagarcia de Arousa	I		Tarragona	III		Valladolid	II
SALAMANCA	Salamanca	III		Tortosa	IV	VIZCAYA	Barakaldo	I
SANTA CRUZ DE TENERIFE	Arona	V		Valls	III		Basauri	I
	Icod de los Vinos	V		El Vendrell	II		Bilbao	I
	La Orotava	V		TERUEL	II		Durango	I
	Puerto de la Cruz	V		TOLEDO	IV		Erandio	I
	Los Realejos	V		Talavera de la Reina	IV		Galdakao	I
SANTA CRUZ DE TENERIFE	San Cristobal de Tenerife	V		Toledo	IV		Getxo	I
	Tacoronte	V		VALENCIA	IV		leioa	I
SEGOVIA	Segovia	III		Alaquas	IV		Portugalete	I
SEVILLA	Alcala de Guadaira	V		Aldaia	IV	ZAMORA	Zamora	III
	Camas	V		Algemesi	IV	ZARAGOZA	Zaragoza	IV
				Alzira	IV			
				Burjassot	IV			
				Carcaixent	IV			
				Catarroja	IV			

3.2 Prescripciones técnicas de la instalación solar térmica

3.2.1 Definición

- 1 Una instalación solar térmica para agua caliente está constituida por un conjunto de componentes encargados de realizar las funciones de captar la radiación solar, transformarla directamente en energía térmica cediéndola a un fluido de trabajo y, por último almacenar dicha energía térmica de forma eficiente, bien en el mismo fluido de trabajo de los captadores, o bien transferirla a otro, para poder utilizarla después en los puntos de consumo. Dicho sistema se complementa con una producción de energía térmica por sistema convencional auxiliar que puede o no estar integrada dentro de la misma instalación.
- 2 Los sistemas que conforman la instalación solar térmica para agua caliente son los siguientes:
 - a) un sistema de captación formado por los captadores solares, encargado de transformar la radiación solar incidente en energía térmica de forma que se calienta el fluido de trabajo que circula por ellos;
 - b) un sistema de acumulación constituido por uno o varios depósitos que almacenan el agua caliente hasta que se precisa su uso;
 - c) un circuito hidráulico constituido por tuberías, bombas, válvulas, etc., que se encarga de establecer el movimiento del fluido caliente hasta el sistema de acumulación;
 - d) un sistema de intercambio que realiza la transferencia de energía térmica captada desde el circuito de captadores, o circuito primario, al agua caliente que se consume;
 - e) sistema de regulación y control que se encarga por un lado de asegurar el correcto funcionamiento del equipo para proporcionar la máxima energía solar térmica posible y, por otro, actúa como protección frente a la acción de múltiples factores como sobrecalentamientos del sistema, riesgos de congelaciones, etc;
 - f) adicionalmente, se dispone de un equipo de energía convencional auxiliar que se utiliza para complementar la contribución solar suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista, garantizando la continuidad del suministro de agua caliente en los casos de escasa radiación solar o demanda superior al previsto.
- 3 Se consideran sistemas solares prefabricados a los que se producen bajo condiciones que se presumen uniformes y son ofrecidos a la venta como equipos completos y listos para instalar, bajo un solo nombre comercial. Pueden ser compactos o partidos y, por otro lado constituir un sistema integrado o bien un conjunto y configuración uniforme de componentes

3.2.2 Requisitos generales

- 1 El objetivo básico del diseño del sistema de ACS solar es suministrar al usuario una instalación solar que:
 - a) optimice el ahorro energético global de la instalación en combinación con el resto de equipos térmicos del edificio;
 - b) garantice una durabilidad y calidad suficientes;
 - c) garantice un uso seguro de la instalación.
- 2 Las instalaciones se realizarán con un circuito primario y un circuito secundario independientes, con producto químico anticongelante, evitándose cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que pueden operar en la instalación.
- 3 En instalaciones que cuenten con más de 10 m² de captación correspondiendo a un solo circuito primario, éste será de circulación forzada.
- 4 Si la instalación debe permitir que el agua alcance una temperatura de 60 °C, no se admitirá la presencia de componentes de acero galvanizado.
- 5 Respecto a la protección contra descargas eléctricas, las instalaciones deben cumplir con lo fijado en la reglamentación vigente y en las normas específicas que la regulen.

3.2.2.1 Fluido de trabajo

- 1 El fluido portador se seleccionará de acuerdo con las especificaciones del fabricante de los captadores. Pueden utilizarse como fluidos en el circuito primario agua de la red, agua desmineralizada o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar de

instalación y de la calidad del agua empleada. En caso de utilización de otros fluidos térmicos se incluirán en el proyecto su composición y su calor específico.

- 2 El fluido de trabajo tendrá un pH a 20 °C entre 5 y 9, y un contenido en sales que se ajustará a los señalados en los puntos siguientes:
 - a) la salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
 - b) el contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l, expresados como contenido en carbonato cálcico;
 - c) el límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.
- 3 Fuera de estos valores, el agua deberá ser tratada.

3.2.2.2 Protección contra heladas

- 1 El fabricante, suministrador final, instalador o diseñador del sistema deberá fijar la mínima temperatura permitida en el sistema. Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior deben ser capaces de soportar la temperatura especificada sin daños permanentes en el sistema.
- 2 Cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura pueda caer por debajo de los 0 °C, deberá estar protegido contra las heladas.
- 3 La instalación estará protegida, con un producto químico no tóxico cuyo calor específico no será inferior a 3 kJ/kg K, en 5°C por debajo de la mínima histórica registrada con objeto de no producir daños en el circuito primario de captadores por heladas. Adicionalmente este producto químico mantendrá todas sus propiedades físicas y químicas de diseño dentro de los intervalos mínimo y máximo de temperatura permitida por todos los componentes y materiales de la instalación.

3.2.2.3 Sobrecalentamientos

3.2.2.3.1 Protección contra sobrecalentamientos

- 1 Se debe dotar a las instalaciones solares de dispositivos de control manuales o automáticos que eviten los sobrecalentamientos de la instalación que puedan dañar los materiales o equipos y penalicen la calidad del suministro energético. En el caso de dispositivos automáticos, se evitarán de manera especial las pérdidas de fluido anticongelante, el relleno con una conexión directa a la red y el control del sobrecalentamiento mediante el gasto excesivo de agua de red. Especial cuidado se tendrá con las instalaciones de uso estacional en las que en el periodo de no utilización se tomarán medidas que eviten el sobrecalentamiento por el no uso de la instalación.
- 2 Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenajes como protección ante sobrecalentamientos, la construcción deberá realizarse de tal forma que el agua caliente o vapor del drenaje no supongan ningún peligro para los habitantes y no se produzcan daños en el sistema, ni en ningún otro material en el edificio o vivienda.
- 3 Cuando las aguas sean duras, es decir con una concentración en sales de calcio entre 100 y 200 mg/l, se realizarán las previsiones necesarias para que la temperatura de trabajo de cualquier punto del circuito de consumo no sea superior a 60 °C, sin perjuicio de la aplicación de los requerimientos necesarios contra la legionella. En cualquier caso, se dispondrán los medios necesarios para facilitar la limpieza de los circuitos.

3.2.2.3.2 Protección contra quemaduras.

- 1 En sistemas de Agua Caliente Sanitaria, donde la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder de 60 °C debe instalarse un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60 °C, aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para sufragar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar.

3.2.2.3.3 Protección de materiales contra altas temperaturas

- 1 El sistema deberá ser diseñado de tal forma que nunca se exceda la máxima temperatura permitida por todos los materiales y componentes.

3.2.2.4 Resistencia a presión

- 1 Los circuitos deben someterse a una prueba de presión de 1,5 veces el valor de la presión máxima de servicio. Se ensayará el sistema con esta presión durante al menos una hora no produciéndose daños permanentes ni fugas en los componentes del sistema y en sus interconexiones. Pasado este tiempo, la presión hidráulica no deberá caer más de un 10 % del valor medio medido al principio del ensayo.
- 2 El circuito de consumo deberá soportar la máxima presión requerida por las regulaciones nacionales/europeas de agua potable para instalaciones de agua de consumo abiertas o cerradas.
- 3 En caso de sistemas de consumo abiertos con conexión a la red, se tendrá en cuenta la máxima presión de la misma para verificar que todos los componentes del circuito de consumo soportan dicha presión.

3.2.2.5 Prevención de flujo inverso

- 1 La instalación del sistema deberá asegurar que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes debidas a flujos inversos no intencionados en ningún circuito hidráulico del sistema.
- 2 La circulación natural que produce el flujo inverso se puede favorecer cuando el acumulador se encuentra por debajo del captador por lo que habrá que tomar, en esos casos, las precauciones oportunas para evitarlo.
- 3 Para evitar flujos inversos es aconsejable la utilización de válvulas antirretorno, salvo que el equipo sea por circulación natural.

3.3 Criterios generales de diseño

3.3.1 Dimensionado básico

- 1 El método de cálculo especificará, al menos en base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y de la contribución solar. Asimismo el método de cálculo incluirá las prestaciones globales anuales definidas por:
 - a) la demanda de energía térmica;
 - b) la energía solar térmica aportada;
 - c) las fracciones solares mensuales y anual;
 - d) el rendimiento medio anual.
- 2 Se deberá comprobar si existe algún mes del año en el cual la energía producida teóricamente por la instalación solar supera la demanda correspondiente a la ocupación real o algún otro periodo de tiempo en el cual puedan darse las condiciones de sobrecalentamiento, tomándose en estos casos las medidas de protección de la instalación correspondientes. Durante ese periodo de tiempo se intensificarán los trabajos de vigilancia descritos en el apartado de mantenimiento. En una instalación de energía solar, el rendimiento del captador, independientemente de la aplicación y la tecnología usada, debe ser siempre igual o superior al 40%..
Adicionalmente se deberá cumplir que el rendimiento medio dentro del periodo al año en el que se utilice la instalación, deberá ser mayor que el 20 %.
- 3 Siempre que sea posible, se recomienda previo al calculo y dimensionado de la instalación, realizar las medidas de consumo.

3.3.2 Diseño del sistema de captación

3.3.2.1 Generalidades

- 1 El captador seleccionado deberá poseer la certificación emitida por el organismo competente en la materia según lo regulado en el RD 891/1980 de 14 de Abril, sobre homologación de los captadores solares y en la Orden de 28 de Julio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los captadores solares, o la certificación o condiciones que considere la reglamentación que lo sustituya.
- 2 Se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.
- 3 En las instalaciones destinadas exclusivamente a la producción de agua caliente sanitaria mediante energía solar, se recomienda que los captadores tengan un coeficiente global de pérdidas, referido a la curva de rendimiento en función de la temperatura ambiente y temperatura de entrada, menor de $10 \text{ Wm}^2/\text{°C}$, según los coeficientes definidos en la normativa en vigor.

3.3.2.2 Conexionado

- 1 Se debe prestar especial atención en la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador.
- 2 Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie ó en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre, en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc. Además se instalará una válvula de seguridad por fila con el fin de proteger la instalación.
- 3 Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie ó en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante. En el caso de que la aplicación sea exclusivamente de ACS no deben conectarse más de dos captadores en serie.
- 4 La conexión entre captadores y entre filas se realizará de manera que el circuito resulte equilibrado hidráulicamente recomendándose el retorno invertido frente a la instalación de válvulas de equilibrado.

3.3.2.3 Estructura soporte

- 1 Se aplicará a la estructura soporte las exigencias del Código Técnico de la Edificación en cuanto a seguridad.
- 2 A la estructura soporte les será de aplicación las exigencias del Código Técnico de la Edificación en cuanto a seguridad.
- 3 El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transferir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.
- 4 Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuadas, de forma que no se produzcan flexiones en el captador, superiores a las permitidas por el fabricante.
- 5 Los topes de sujeción de captadores y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los captadores.
- 6 En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanqueidad entre captadores se ajustará a las exigencias indicadas en la parte correspondiente del Código Técnico de la Edificación y demás normativa de aplicación.

3.3.3 Diseño del sistema de acumulación solar

3.3.3.1 Generalidades

- 1 El sistema solar se debe diseñar y calcular en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser ésta simultánea con la generación.
- 2 Para esta aplicación el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \quad (3.3)$$

siendo

A la suma de las áreas de los captadores [m²];

V el volumen del depósito de acumulación solar [litros].

- 3 Preferentemente, el sistema de acumulación solar estará constituido por un solo depósito, será de configuración vertical y estará ubicado en zonas interiores. En volumen de acumulación podrá fraccionarse en dos o más depósitos, que se conectarán, preferentemente, en serie invertida en el circuito de consumo ó en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrados.
- 4 Para instalaciones prefabricadas según se definen en el apartado 3.2.1, a efectos de prevención de la legionelosis se alcanzarán los niveles térmicos necesarios según normativa mediante el no uso de la instalación. Para el resto de las instalaciones y únicamente con el fin y con la periodicidad que contemple la legislación vigente referente a la prevención y control de la legionelosis, es admisible prever un conexionado puntual entre el sistema auxiliar y el acumulador solar, de forma que se pueda calentar este último con el auxiliar. En ambos casos deberá ubicarse un termómetro cuya

lectura sea fácilmente visible por el usuario. No obstante, se podrán realizar otros métodos de tratamiento antilegionela permitidos por la legislación vigente.

- 5 Los acumuladores de los sistemas grandes a medida con un volumen mayor de 20 m³ deben llevar válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

3.3.3.2 Situación de las conexiones

- 1 Las conexiones de entrada y salida se situarán de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido y, además:
 - a) la conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al interacumulador se realizará, preferentemente a una altura comprendida entre el 50% y el 75% de la altura total del mismo;
 - b) la conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste;
 - c) la conexión de retorno de consumo al acumulador y agua fría de red se realizarán por la parte inferior;
 - d) la extracción de agua caliente del acumulador se realizará por la parte superior.
- 2 En los casos en los debidamente justificados en los que sea necesario instalar depósitos horizontales las tomas de agua caliente y fría estarán situadas en extremos diagonalmente opuestos.
- 3 La conexión de los acumuladores permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.
- 4 No se permite la conexión de un sistema de generación auxiliar en el acumulador solar, ya que esto puede suponer una disminución de las posibilidades de la instalación solar para proporcionar las prestaciones energéticas que se pretenden obtener con este tipo de instalaciones. Para los equipos de instalaciones solares que vengan preparados de fábrica para albergar un sistema auxiliar eléctrico, se deberá anular esta posibilidad de forma permanente, mediante sellado irreversible u otro medio.

3.3.4 Diseño del sistema de intercambio

- 1 Para el caso de intercambiador independiente, la potencia mínima de diseño del intercambiador P, se determinará para las condiciones de trabajo en las horas centrales del día suponiendo una radiación solar de 1000 W/m² y un rendimiento de la conversión de energía solar a calor del 50 %, cumpliéndose la condición:
$$P \geq 500 \cdot A \quad (3.4)$$
siendo
P potencia mínima del intercambiador [W];
A el área de captadores [m²].
- 2 Para el caso de intercambiador incorporado al acumulador, la relación entre la superficie útil de intercambio y la superficie total de captación no será inferior a 0,15.
- 3 En cada una de las tuberías de entrada y salida de agua del intercambiador de calor se instalará una válvula de cierre próxima al manguito correspondiente.
- 4 Se puede utilizar el circuito de consumo con un segundo intercambiador (circuito terciario).

3.3.5 Diseño del circuito hidráulico

3.3.5.1 Generalidades

- 1 Debe concebirse en fase de diseño un circuito hidráulico de por sí equilibrado. Si no fuera posible, el flujo debe ser controlado por válvulas de equilibrado.
- 2 El caudal de diseño del fluido portador se determinará de acuerdo con las especificaciones del fabricante como consecuencia del diseño de su producto. En su defecto su valor estará comprendido entre 1,2 l/s y 2 l/s por cada 100 m² de red de captadores. En las instalaciones en las que los captadores estén conectados en serie, el caudal de la instalación se obtendrá aplicando el criterio anterior y dividiendo el resultado por el número de captadores conectados en serie.”

3.3.5.2 Tuberías

- 1 El diseño y los materiales deben ser tales que no exista posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal para las condiciones de trabajo.
- 2 Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible y evitar al máximo los codos y pérdidas de carga en general. Los tramos horizontales tendrán siempre una pendiente mínima del 1% en el sentido de la circulación.
- 3 El aislamiento de las tuberías de intemperie deberá llevar una protección externa que asegure la durabilidad ante las acciones climatológicas admitiéndose revestimientos con escayola, con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o pinturas acrílicas. El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

3.3.5.3 Bombas

- 1 Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, la caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito.
- 2 Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.
- 3 En instalaciones superiores a 50 m² se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se preverá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

3.3.5.4 Vasos de expansión

- 1 Los vasos de expansión preferentemente se conectarán en la aspiración de la bomba. La altura en la que se situarán los vasos de expansión abiertos será tal que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario.

3.3.5.5 Purga de aire

- 1 En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será superior a 100 cm³. Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático.
- 2 En el caso de utilizar purgadores automáticos, adicionalmente, se colocarán los dispositivos necesarios para la purga manual.

3.3.5.6 Drenaje

- 1 Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñarán en lo posible de forma que no puedan congelarse.

3.3.6 Diseño del sistema de energía convencional auxiliar

- 1 Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía convencional auxiliar.
- 2 Queda prohibido el uso de sistemas de energía convencional auxiliar en el circuito primario de captadores.
- 3 El sistema convencional auxiliar se diseñara para cubrir el servicio como si no se dispusiera del sistema solar. Sólo entrará en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y de forma que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación.
- 4 El sistema de aporte de energía convencional auxiliar con acumulación o en línea, siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con la legislación vigente en cada momento referente a la prevención y control de la legionelosis.
- 5 En el caso de que el sistema de energía convencional auxiliar no disponga de acumulación, es decir sea una fuente instantánea, el equipo será modulante, es decir, capaz de regular su potencia de forma que se obtenga la temperatura de diseño de manera permanente con independencia de cual sea la temperatura del agua de entrada al citado equipo.

3.3.7 Diseño del sistema de control

- 1 El diseño del sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprenderá el control de funcionamiento de los circuitos y los sistemas de protección y seguridad contra sobrecalentamientos, heladas etc.
- 2 En circulación forzada, el control de funcionamiento normal de las bombas del circuito de captadores, deberá ser siempre de tipo diferencial y, en caso de que exista depósito de acumulación solar, deberá actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de los captadores y la del depósito de acumulación. El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2°C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7°C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor que 2°C.
- 3 Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación. El sensor de temperatura de la acumulación se colocará preferentemente en la parte inferior en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado.
- 4 El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a la máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos.
- 5 El sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido.
- 6 Alternativamente al control diferencial, se podrán usar sistemas de control accionados en función de la radiación solar.

3.3.8 Diseño del sistema de medida

- 1 Además de los aparatos de medida de presión y temperatura que permitan la correcta operación, para el caso de instalaciones mayores de 20 m² se deberá disponer al menos de un sistema analógico de medida local que indique como mínimo las siguientes variables:
 - a) temperatura de entrada agua fría de red;
 - b) temperatura de salida acumulador solar;
 - c) caudal de agua fría de red.
- 2 El tratamiento de los datos proporcionará al menos la energía solar térmica acumulada a lo largo del tiempo.

3.4 Componentes

3.4.1 Captadores solares

- 1 Los captadores con absorbente de hierro no pueden ser utilizados bajo ningún concepto.
- 2 Cuando se utilicen captadores con absorbente de aluminio, obligatoriamente se utilizarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibitor de los iones de cobre e hierro.
- 3 El captador llevará, preferentemente, un orificio de ventilación de diámetro no inferior a 4 mm situado en la parte inferior de forma que puedan eliminarse acumulaciones de agua en el captador. El orificio se realizará de forma que el agua pueda drenarse en su totalidad sin afectar al aislamiento.
- 4 Se montará el captador, entre los diferentes tipos existentes en el mercado, que mejor se adapte a las características y condiciones de trabajo de la instalación, siguiendo siempre las especificaciones y recomendaciones dadas por el fabricante.
- 5 Las características ópticas del tratamiento superficial aplicado al absorbedor, no deben quedar modificadas substancialmente en el transcurso del periodo de vida previsto por el fabricante, incluso en condiciones de temperaturas máximas del captador.
- 6 La carcasa del captador debe asegurar que en la cubierta se eviten tensiones inadmisibles, incluso bajo condiciones de temperatura máxima alcanzable por el captador.
- 7 El captador llevará en lugar visible una placa en la que consten, como mínimo, los siguientes datos:
 - a) nombre y domicilio de la empresa fabricante, y eventualmente su anagrama;

- b) modelo, tipo, año de producción;
 - c) número de serie de fabricación;
 - d) área total del captador;
 - e) peso del captador vacío, capacidad de líquido;
 - f) presión máxima de servicio.
- 8 Esta placa estará redactada como mínimo en castellano y podrá ser impresa o grabada con la condición que asegure que los caracteres permanecen indelebles.

3.4.2 Acumuladores

- 1 Cuando el intercambiador esté incorporado al acumulador, la placa de identificación indicará además, los siguientes datos:
- a) superficie de intercambio térmico en m²;
 - b) presión máxima de trabajo, del circuito primario.
- 2 Cada acumulador vendrá equipado de fábrica de los necesarios manguitos de acoplamiento, soldados antes del tratamiento de protección, para las siguientes funciones:
- a) manguitos roscados para la entrada de agua fría y la salida de agua caliente;
 - b) registro embridado para inspección del interior del acumulador y eventual acoplamiento del serpentín;
 - c) manguitos roscados para la entrada y salida del fluido primario;
 - d) manguitos roscados para accesorios como termómetro y termostato;
 - e) manguito para el vaciado.
- 3 En cualquier caso la placa característica del acumulador indicará la pérdida de carga del mismo.
- 4 Los depósitos mayores de 750 l dispondrán de una boca de hombre con un diámetro mínimo de 400 mm, fácilmente accesible, situada en uno de los laterales del acumulador y cerca del suelo, que permita la entrada de una persona en el interior del depósito de modo sencillo, sin necesidad de desmontar tubos ni accesorios;
- 5 El acumulador estará enteramente recubierto con material aislante y, es recomendable disponer una protección mecánica en chapa pintada al horno, PRFV, o lámina de material plástica.
- 6 Podrán utilizarse acumuladores de las características y tratamientos descritos a continuación:
- a) acumuladores de acero vitrificado con protección catódica;
 - b) acumuladores de acero con un tratamiento que asegure la resistencia a temperatura y corrosión con un sistema de protección catódica;
 - c) acumuladores de acero inoxidable adecuado al tipo de agua y temperatura de trabajo.
 - d) acumuladores de cobre;
 - e) acumuladores no metálicos que soporten la temperatura máxima del circuito y esté autorizada su utilización por las compañías de suministro de agua potable;
 - f) acumuladores de acero negro (sólo en circuitos cerrados, cuando el agua de consumo pertenezca a un circuito terciario);
 - g) los acumuladores se ubicarán en lugares adecuados que permitan su sustitución por envejecimiento o averías.

3.4.3 Intercambiador de calor

- 1 Cualquier intercambiador de calor existente entre el circuito de captadores y el sistema de suministro al consumo no debería reducir la eficiencia del captador debido a un incremento en la temperatura de funcionamiento de captadores.
- 2 Si en una instalación a medida sólo se usa un intercambiador entre el circuito de captadores y el acumulador, la transferencia de calor del intercambiador de calor por unidad de área de captador no debería ser menor que 40 W/m²·K.

3.4.4 Bombas de circulación

- 1 Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado.

- 2 Cuando las conexiones de los captadores son en paralelo, el caudal nominal será el igual caudal unitario de diseño multiplicado por la superficie total de captadores en paralelo.
- 3 La potencia eléctrica parásita para la bomba no debería exceder los valores dados en tabla 3.4:

Tabla 3.4 Potencia eléctrica máxima de la bomba

Sistema	Potencia eléctrica de la bomba
Sistema pequeño	50 W o 2% de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores
Sistemas grandes	1 % de la mayor potencia calorífica que puede suministrar el grupo de captadores

- 4 La potencia máxima de la bomba especificada anteriormente excluye la potencia de las bombas de los sistemas de drenaje con recuperación, que sólo es necesaria para rellenar el sistema después de un drenaje.
- 5 La bomba permitirá efectuar de forma simple la operación de desaireación o purga.

3.4.5 Tuberías

- 1 En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embridadas y protección exterior con pintura anticorrosiva. Se podrá usar acero negro en el circuito primario siempre que se realice previamente el correspondiente tratamiento del agua.
- 2 En el circuito secundario o de servicio de agua caliente sanitaria, podrá utilizarse cobre y acero inoxidable. En ambos casos podrán utilizarse materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito y que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las compañías de suministro de agua potable.

3.4.6 Válvulas

- 1 La elección de las válvulas se realizará, de acuerdo con la función que desempeñen y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura) siguiendo preferentemente los criterios que a continuación se citan:
 - a) para aislamiento: válvulas de esfera;
 - b) para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento;
 - c) para vaciado: válvulas de esfera o de macho;
 - d) para llenado: válvulas de esfera;
 - e) para purga de aire: válvulas de esfera o de macho;
 - f) para seguridad: válvula de resorte;
 - g) para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta.
- 2 Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

3.4.7 Vasos de expansión

3.4.7.1 Vasos de expansión abiertos

- 1 Los vasos de expansión abiertos, cuando se utilicen como sistemas de llenado o de rellenado, dispondrán de una línea de alimentación, mediante sistemas tipo flotador o similar.

3.4.7.2 Vasos de expansión cerrados

- 1 El dispositivo de expansión cerrada del circuito de captadores deberá estar dimensionado de tal forma que, incluso después de una interrupción del suministro de potencia a la bomba de circulación del circuito de captadores, justo cuando la radiación solar sea máxima, se pueda restablecer la operación automáticamente cuando la potencia esté disponible de nuevo.
- 2 Cuando el medio de transferencia de calor pueda evaporarse bajo condiciones de estancamiento, hay que realizar un dimensionado especial del volumen de expansión: Además de dimensionarlo como es usual en sistemas de calefacción cerrados (la expansión del medio de transferencia de

calor completo), el depósito de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen del medio de transferencia de calor en todo el grupo de captadores completo incluyendo todas las tuberías de conexión entre captadores más un 10 %.

- 3 El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes. Los aislamientos empleados serán resistentes a los efectos de la intemperie, pájaros y roedores.

3.4.8 Purgadores

- 1 Se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito. Los purgadores automáticos deben soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador y en cualquier caso hasta 130 °C.

3.4.9 Sistema de llenado

- 1 Los circuitos con vaso de expansión cerrado deben incorporar un sistema de llenado manual o automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado. En general, es muy recomendable la adopción de un sistema de llenado automático con la inclusión de un depósito de recarga u otro dispositivo, de forma que nunca se utilice directamente un fluido para el circuito primario cuyas características incumplan esta sección del Código Técnico o con una concentración de anticongelante más baja. Será obligatorio cuando, por el emplazamiento de la instalación, en alguna época del año pueda existir riesgo de heladas o cuando la fuente habitual de suministro de agua incumpla las condiciones de pH y pureza requeridas en esta sección del Código Técnico.
- 2 En cualquier caso, nunca podrá rellenarse el circuito primario con agua de red si sus características pueden dar lugar a incrustaciones, deposiciones o ataques en el circuito, o si este circuito necesita anticongelante por riesgo de heladas o cualquier otro aditivo para su correcto funcionamiento.
- 3 Las instalaciones que requieran anticongelante deben incluir un sistema que permita el relleno manual del mismo.
- 4 Para disminuir los riesgos de fallos se evitarán los aportes incontrolados de agua de reposición a los circuitos cerrados y la entrada de aire que pueda aumentar los riesgos de corrosión originados por el oxígeno del aire. Es aconsejable no usar válvulas de llenado automáticas.

3.4.10 Sistema eléctrico y de control

- 1 La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la parte en la cual hay que medir la temperatura, para conseguirlo en el caso de las de inmersión se instalarán en contra corriente con el fluido. Los sensores de temperatura deben estar aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que le rodean.
- 2 La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que éstas midan exactamente las temperaturas que se desean controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos.
- 3 Preferentemente las sondas serán de inmersión. Se tendrá especial cuidado en asegurar una adecuada unión entre las sondas de contactos y la superficie metálica.

3.5 Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación

3.5.1 Introducción

- 1 El objeto de este apartado es determinar los límites en la orientación e inclinación de los módulos de acuerdo a las pérdidas máximas permisibles.
- 2 Las pérdidas por este concepto se calcularán en función de:
 - a) ángulo de inclinación, β definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0 para módulos horizontales y 90° para verticales;
 - b) ángulo de acimut, α definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos son 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y +90° para módulos orientados al oeste.

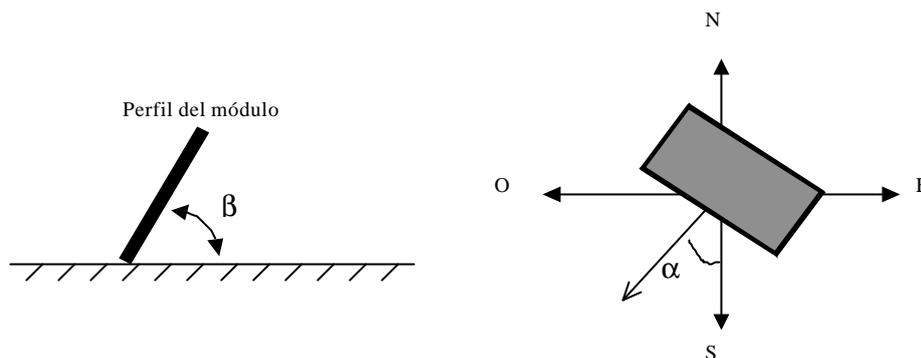


Figura 3.2 Orientación e inclinación de los módulos

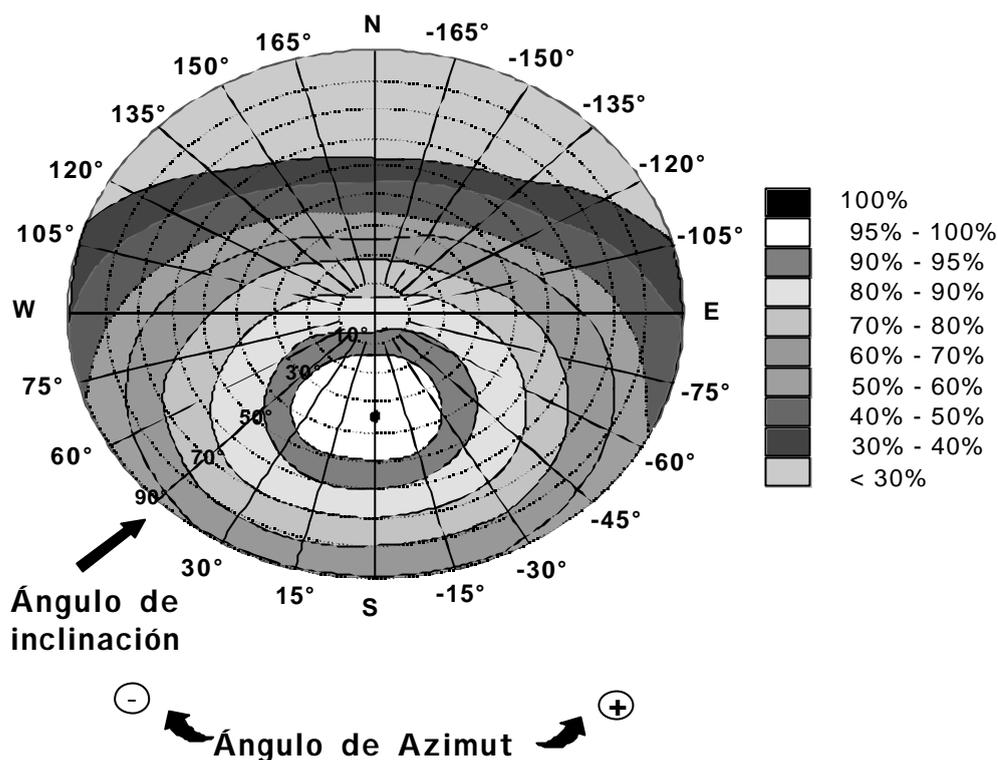
3.5.2 Procedimiento

- 1 Determinado el ángulo de acimut del captador, se calcularán los límites de inclinación aceptables de acuerdo a las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima establecidas con la figura 3.3, válida para una latitud (ϕ) de 41° , de la siguiente forma:
 - a) conocido el acimut, determinamos en la figura 3.3 los límites para la inclinación en el caso (ϕ) = 41° . Para el caso general, las pérdidas máximas por este concepto son del 10 %, para superposición del 20 % y para integración arquitectónica del 40 %. Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de acimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima;
 - b) si no hay intersección entre ambas, las pérdidas son superiores a las permitidas y la instalación estará fuera de los límites. Si ambas curvas se intersectan, se obtienen los valores para latitud (ϕ) = 41° y se corrigen de acuerdo a lo indicado a continuación;
- 2 Se corregirán los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre la latitud del lugar en cuestión y la de 41° , de acuerdo a las siguientes fórmulas:
 - a) inclinación máxima = inclinación ($\phi = 41^\circ$) - (41° - latitud);
 - b) inclinación mínima = inclinación ($\phi = 41^\circ$) - (41° - latitud); siendo 5° su valor mínimo.
- 3 En casos cerca del límite y como instrumento de verificación, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \cdot \left[1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2 \right] \quad \text{para } 15^\circ < \beta \leq 90^\circ$$

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \cdot \left[1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 \right] \quad \text{para } \beta \geq 15^\circ$$

(Nota: α y β se expresan en grados.)



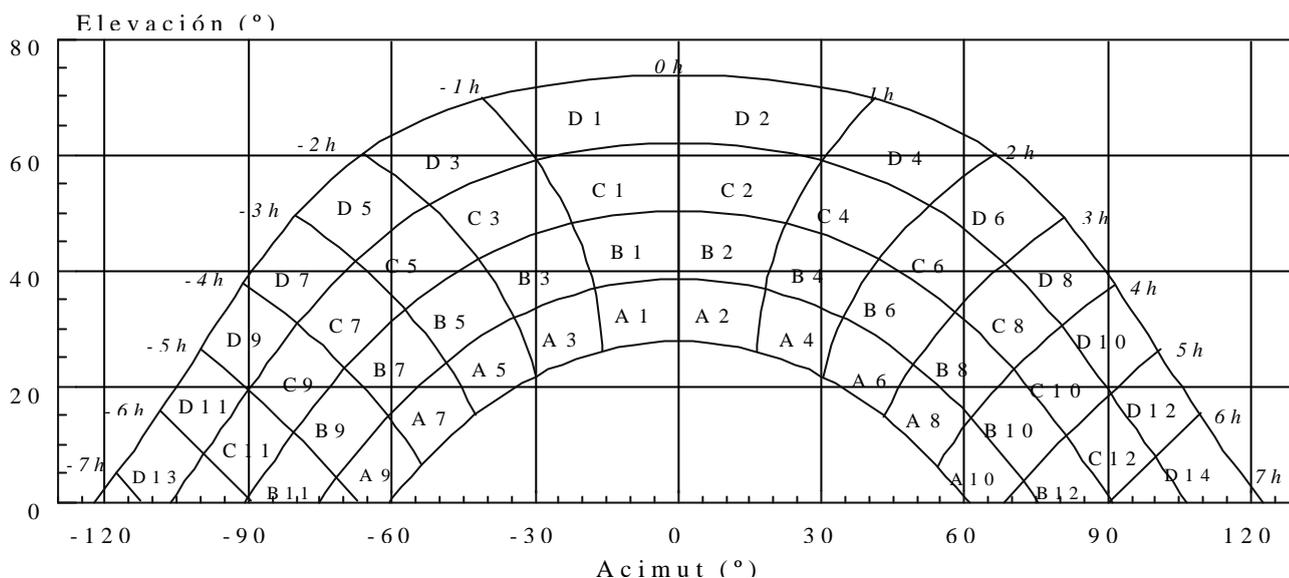
3.6 Cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras

3.6.1 Introducción

- 1 El presente apartado describe un método de cálculo de las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debidas a sombras circundantes. Tales pérdidas se expresan como porcentaje de la radiación solar global que incidiría sobre la mencionada superficie, de no existir sombra alguna.

3.6.2 Procedimiento

- 1 El procedimiento consiste en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias del sol. Los pasos a seguir son los siguientes:
- 2 Localización de los principales obstáculos que afectan a la superficie, en términos de sus coordenadas de posición acimut (ángulo de desviación con respecto a la dirección sur) y elevación (ángulo de inclinación con respecto al plano horizontal). Para ello puede utilizarse un teodolito.
- 3 Representación del perfil de obstáculos en el diagrama de la figura 3.4, en el que se muestra la banda de trayectorias del sol a lo largo de todo el año, válido para localidades de la Península Ibérica y Baleares (para las Islas Canarias el diagrama debe desplazarse 12° en sentido vertical ascendente). Dicha banda se encuentra dividida en porciones, delimitadas por las horas solares (negativas antes del mediodía solar y positivas después de éste) e identificadas por una letra y un número (A1, A2, ..., D14).



[Nota: los grados de ambas escalas son sexagesimales]

Figura 3.4 Diagrama de trayectorias del sol

- 4 Cada una de las porciones de la figura 3.4 representa el recorrido del sol en un cierto periodo de tiempo (una hora a lo largo de varios días) y tiene, por tanto, una determinada contribución a la irradiación solar global anual que incide sobre la superficie de estudio. Así, el hecho de que un obstáculo cubra una de las porciones supone una cierta pérdida de irradiación, en particular aquella que resulte interceptada por el obstáculo. Debe escogerse para el cálculo la tabla de referencia más adecuada de entre las que se incluyen en el anejo C.
- 5 La comparación del perfil de obstáculos con el diagrama de trayectorias del sol permite calcular las pérdidas por sombreado de la irradiación solar global que incide sobre la superficie, a lo largo de todo el año. Para ello se han de sumar las contribuciones de aquellas porciones que resulten total o parcialmente ocultas por el perfil de obstáculos representado. En el caso de ocultación parcial se utilizará el factor de llenado (fracción oculta respecto del total de la porción) más próximo a los valores: 0,25 , 0,50 , 0,75 ó 1.
- 6 El anejo E muestra un ejemplo concreto de utilización del método descrito.

3.6.3 Tablas de referencia

- 1 Las tablas incluidas en esta sección se refieren a distintas superficies caracterizadas por sus ángulos de inclinación y orientación (β y α , respectivamente). Debe escogerse aquella que resulte más parecida a la superficie en estudio. Los números que figuran en cada casilla se corresponden con el porcentaje de irradiación solar global anual que se perdería si la porción correspondiente resultase interceptada por un obstáculo.

4 Mantenimiento

- 1 Sin perjuicio de aquellas operaciones de mantenimiento derivadas de otras normativas, para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma, se definen dos escalones de actuación:
 - a) plan de vigilancia;
 - b) plan de mantenimiento preventivo.

4.1 Plan de vigilancia

- 1 El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los

parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Tendrá el alcance descrito en la tabla 4.1:

Tabla 4.1

Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
CAPTADORES	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados
	Cristales	3	IV condensaciones en las horas centrales del día.
	Juntas	3	IV Agrietamientos y deformaciones.
	Absorbedor	3	IV Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	IV fugas.
CIRCUITO PRIMARIO	Estructura	3	IV degradación, indicios de corrosión.
	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV Ausencia de humedad y fugas.
CIRCUITO SECUNDARIO	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín.
	Termómetro	Diaria	IV temperatura
	Tubería y aislamiento	6	IV ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del depósito.

⁽¹⁾ IV: inspección visual

4.2 Plan de mantenimiento

- 1 Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.
- 2 El mantenimiento implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie de captación inferior a 20 m² y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m².
- 3 El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico especializado que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas así como el mantenimiento correctivo.
- 4 El mantenimiento ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles ó desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.
- 5 A continuación se desarrollan de forma detallada las operaciones de mantenimiento que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y observaciones en relación con las prevenciones a observar.

Tabla 4.2 Sistema de captación

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores	6	IV diferencias sobre original.
		IV diferencias entre captadores.
Cristales	6	IV condensaciones y suciedad
Juntas de degradación	6	IV agrietamientos, deformaciones
Absorbedor	6	IV corrosión, deformaciones
Carcasa	6	IV deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Conexiones	6	IV aparición de fugas
Estructura	6	IV degradación, indicios de corrosión, y apriete de tornillos
Captadores*	12	Tapado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Destapado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Vaciado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Llenado parcial del campo de captadores

* Operaciones a realizar en el caso de optar por las medidas b) o c) del apartado 2.1.

⁽¹⁾ IV: inspección visual

Tabla 4.3 Sistema de acumulación

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Depósito	12	Presencia de lodos en fondo
Ánodos sacrificio	12	Comprobación del desgaste
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación del buen funcionamiento
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad

Tabla 4.4 Sistema de intercambio

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Intercambiador de placas	12	CF eficiencia y prestaciones
		Limpieza
Intercambiador de serpentín	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza

(1) CF: control de funcionamiento

Tabla 4.5 Circuito hidráulico

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión
Aislamiento al exterior	6	IV degradación protección uniones y ausencia de humedad
Aislamiento al interior	12	IV uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12	CF y limpieza
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín
Bomba	12	Estanqueidad
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel
Sistema de llenado	6	CF actuación
Válvula de corte	12	CF actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12	CF actuación

(1) IV: inspección visual

(2) CF: control de funcionamiento

Tabla 4.6 Sistema eléctrico y de control

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está siempre bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12	CF actuación
Termostato	12	CF actuación
Verificación del sistema de medida	12	CF actuación

(1) CF: control de funcionamiento

Tabla 4.7 Sistema de energía auxiliar

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Sistema auxiliar	12	CF actuación
Sondas de temperatura	12	CF actuación

(1) CF: control de funcionamiento

Nota: Para las instalaciones menores de 20 m² se realizarán conjuntamente en la inspección anual las labores del plan de mantenimiento que tienen una frecuencia de 6 y 12 meses.

No se incluyen los trabajos propios del mantenimiento del sistema auxiliar.

Apéndice A Terminología

Absorbedor: componente de un captador solar cuya función es absorber la energía radiante y transferirla en forma de calor a un fluido.

Captador solar térmico: dispositivo diseñado para absorber la radiación solar solar y transmitir la energía térmica así producida a un fluido de trabajo que circula por su interior.

Carcasa: es el componente del captador que conforma su superficie exterior, fija la cubierta, contiene y protege a los restantes componentes del colector y soporta los anclajes del mismo.

Cerramiento: función que realizan los captadores cuando constituyen el tejado o la fachada de la construcción arquitectónica, debiendo garantizar la debida estanqueidad y aislamiento térmico.

Circuito primario: circuito del que forman parte los captadores y las tuberías que los unen, en el cual el fluido recoge la energía solar y la transmite.

Circuito secundario: circuito en el que se recoge la energía transferida del circuito primario para ser distribuida a los puntos de consumo.

Circuito de consumo: circuito por el que circula agua de consumo.

Circulación natural: cuando el movimiento del fluido entre los captadores y el intercambiador del depósito de acumulación se realiza por convección y no de forma forzada.

Depósitos solares conectados en serie invertida: depósitos conectados de forma que el sentido de circulación del agua de consumo es contrario al sentido de circulación de calentamiento del agua solar.

Depósitos solares conectados en paralelo con el circuito secundario equilibrado: depósitos conectados en paralelo de forma que el sentido de circulación del agua de consumo es contrario al sentido de circulación de calentamiento del agua solar.

Elementos de sombreado: cuando los captadores protegen a la construcción arquitectónica de la sobrecarga térmica causada por los rayos solares, proporcionando sombras en el tejado o en la fachada del mismo.

Integración arquitectónica de los captadores: cuando los captadores cumplen una doble función, energética y arquitectónica (revestimiento, cerramiento o sombreado) y, además, sustituyen a elementos constructivos convencionales.

Irradiancia solar: potencia radiante incidente por unidad de superficie sobre un plano dado. Se expresa en kW/m^2 .

Irradiación solar: a energía incidente por unidad de superficie sobre un plano dado, obtenida por integración de la irradiancia durante un intervalo de tiempo dado, normalmente una hora o un día. Se mide en kWh/m^2 .

Perdidas por orientación: cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema captador a consecuencia de no tener la orientación óptima.

Perdidas por inclinación: cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema captador a consecuencia de no tener la inclinación óptima.

Perdidas por sombras: cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema captador a consecuencia de la existencia de sombras sobre el mismo en algún momento del día.

Radiación solar: es la energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.

Radiación Solar Global media diaria anual: es la energía procedente del sol que llega a una determinada superficie (global), tomando el valor anual como suma de valores medios diarios.

Revestimiento: cuando los captadores constituyen parte de la envolvente de una construcción arquitectónica.

Superposición de captadores: cuando los captadores se colocan paralelos a la envolvente del edificio sin la doble funcionalidad definida en la integración arquitectónica. No obstante no se consideran los módulos horizontales.

Temperatura de estancamiento del captador: corresponde a la máxima temperatura del fluido que se obtiene cuando, sometido el captador a altos niveles de radiación y temperatura ambiente y siendo la velocidad del viento despreciable, no existe circulación en el captador y se alcanzan condiciones cuasi-estacionarias.

Apéndice B Tablas de referencia

Tabla B.1

	b=35°; a=0°				b=0°; a=0°				b=90°; a=0°				b=35°; a=30°			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,10
11	0,00	0,01	0,12	0,44	0,00	0,01	0,18	1,05	0,00	0,01	0,02	0,15	0,00	0,00	0,03	0,06
9	0,13	0,41	0,62	1,49	0,05	0,32	0,70	2,23	0,23	0,50	0,37	0,10	0,02	0,10	0,19	0,56
7	1,00	0,95	1,27	2,76	0,52	0,77	1,32	3,56	1,66	1,06	0,93	0,78	0,54	0,55	0,78	1,80
5	1,84	1,50	1,83	3,87	1,11	1,26	1,85	4,66	2,76	1,62	1,43	1,68	1,32	1,12	1,40	3,06
3	2,70	1,88	2,21	4,67	1,75	1,60	2,20	5,44	3,83	2,00	1,77	2,36	2,24	1,60	1,92	4,14
1	3,17	2,12	2,43	5,04	2,10	1,81	2,40	5,78	4,36	2,23	1,98	2,69	2,89	1,98	2,31	4,87
2	3,17	2,12	2,33	4,99	2,11	1,80	2,30	5,73	4,40	2,23	1,91	2,66	3,16	2,15	2,40	5,20
4	2,70	1,89	2,01	4,46	1,75	1,61	2,00	5,19	3,82	2,01	1,62	2,26	2,93	2,08	2,23	5,02
6	1,79	1,51	1,65	3,63	1,09	1,26	1,65	4,37	2,68	1,62	1,30	1,58	2,14	1,82	2,00	4,46
8	0,98	0,99	1,08	2,55	0,51	0,82	1,11	3,28	1,62	1,09	0,79	0,74	1,33	1,36	1,48	3,54
10	0,11	0,42	0,52	1,33	0,05	0,33	0,57	1,98	0,19	0,49	0,32	0,10	0,18	0,71	0,88	2,26
12	0,00	0,02	0,10	0,40	0,00	0,02	0,15	0,96	0,00	0,02	0,02	0,13	0,00	0,06	0,32	1,17
14	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,22

Tabla B.2

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

Tabla B.3

	b=90°; a= -30°				b=35°; a= -60°				b=90°; a= -60°			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	1,01
11	0,00	0,05	0,60	1,28	0,00	0,04	0,60	2,09	0,00	0,08	1,10	3,08
9	0,43	1,17	1,38	2,30	0,27	0,91	1,42	3,49	0,55	1,60	2,11	4,28
7	2,42	1,82	1,98	3,15	1,51	1,51	2,10	4,76	2,66	2,19	2,61	4,89
5	3,43	2,24	2,24	3,51	2,25	1,95	2,48	5,48	3,36	2,37	2,56	4,61
3	4,12	2,29	2,18	3,38	2,80	2,08	2,56	5,68	3,49	2,06	2,10	3,67
1	4,05	2,11	1,93	2,77	2,78	2,01	2,43	5,34	2,81	1,52	1,44	2,22
2	3,45	1,71	1,41	1,81	2,32	1,70	2,00	4,59	1,69	0,78	0,58	0,53
4	2,43	1,14	0,79	0,64	1,52	1,22	1,42	3,46	0,44	0,03	0,05	0,24
6	1,24	0,54	0,20	0,11	0,62	0,67	0,85	2,20	0,10	0,13	0,19	0,48
8	0,40	0,03	0,06	0,31	0,02	0,14	0,26	0,92	0,22	0,18	0,26	0,69
10	0,01	0,06	0,12	0,39	0,02	0,04	0,03	0,02	0,08	0,21	0,28	0,68
12	0,00	0,01	0,13	0,45	0,00	0,01	0,07	0,14	0,00	0,02	0,24	0,67
14	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,36

Apéndice C Normas de referencia

Real Decreto 1751/1998 de 31 de julio por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios.

Reglamento de Recipientes a Presión (RAP).

Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Ordenanzas de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OSHT).

Ley de Protección del Ambiente Atmosférico (LPAA).

Ley número 88/67 de 8 de noviembre Sistema Internacional de Unidades de Medida S.I.

UNE-EN 12975-1:2001 “Sistemas solares térmicos y componentes—Captadores Solares — Parte 1: Requisitos Generales”

UNE-EN 12975-2:2002 “Sistemas solares térmicos y componentes—Captadores Solares — Parte 2: Métodos de Ensayo”.

UNE-EN 12976-1:2001 “Sistemas solares térmicos y componentes—Sistemas solares prefabricados— Parte 1: Requisitos Generales”

UNE-EN 12976-2:2001 “Sistemas solares térmicos y componentes— Sistemas solares prefabricados — Parte 2: Métodos de Ensayo”.

UNE-EN 12977-1:2002 “Sistemas solares térmicos y componentes—Sistemas solares a medida— Parte 1: Requisitos Generales”

UNE-EN 12977-2:2002 “Sistemas solares térmicos y componentes— Sistemas solares a medida — Parte 2: Métodos de Ensayo”

UNE EN 806-1:2001 “Especificaciones para instalaciones de conducción de agua destinada al consumo humano en el interior de edificios. Parte 1: Generalidades”

UNE EN 1717:2001 “Protección contra la contaminación del agua potable en las instalaciones de aguas y requisitos generales de los dispositivos para evitar la contaminación por reflujo”.

UNE ENV 1991-2-3 “Eurocódigo 1: Bases de proyecto y acciones en estructuras. Parte 2-3: acciones en estructuras. Cargas de nieve”

UNE ENV 1991-2-4 “Eurocódigo 1: Bases de proyecto y acciones en estructuras. Parte 2-4: acciones del viento”

UNE EN 60335-1:1997 “Seguridad de los aparatos electrodomésticos y análogos. Parte 1: Requisitos generales”

UNE EN 60335-2-21:2001 “Seguridad de los aparatos electrodomésticos y análogos. Parte 2: Requisitos particulares para los termos eléctricos”

UNE EN-ISO 9488:2001 “Energía solar. Vocabulario”

Sección HE 5

Producción de electricidad con energía solar fotovoltaica

1 Generalidades

1.1 Ámbito de aplicación

- 1 Los edificios de los usos indicados en la tabla 1.1 incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar por procedimientos fotovoltaicos cuando superen los límites de aplicación establecidos en dicha tabla.

Tabla 1.1 Ámbito de aplicación

Tipo de uso	Límite de aplicación
Comercial hipermercado	5.000 m ² construidos
Comercial multitienda y centros de ocio	3.000 m ² construidos
Comercial gran almacén	10.000 m ² construidos
Oficinas	4.000 m ² construidos
Hoteles y hostales	100 plazas
Hospitales y clínicas	100 camas
Pabellones de recintos feriales	10.000 m ² construidos

- 2 La potencia eléctrica mínima determinada en aplicación de exigencia básica que se desarrolla en esta Sección, podrá disminuirse justificadamente, en los siguientes casos:
- cuando se cubra la producción eléctrica estimada que correspondería a la potencia mínima mediante el aprovechamiento de otras fuentes de energías renovables;
 - cuando el emplazamiento no cuente con suficiente acceso al sol por barreras externas al mismo y no se puedan aplicar soluciones alternativas;
 - en rehabilitación de edificios, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la configuración previa del edificio existente o de la normativa urbanística aplicable;
 - en edificios de nueva planta, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la normativa urbanística aplicable que imposibiliten de forma evidente la disposición de la superficie de captación necesaria;
 - cuando así lo determine el órgano competente que deba dictaminar en materia de protección histórico-artística;
- 3 Los edificios para los cuales sean de aplicación los apartados b), c), d), deben justificar la inclusión de medidas o elementos alternativos que produzcan un ahorro eléctrico equivalente a la producción que se obtendría con la instalación solar mediante mejoras en instalaciones consumidoras de energía eléctrica tales como la iluminación, regulación de motores o equipos más eficientes;

1.2 Procedimiento de verificación

- 1 Para la aplicación de esta sección debe seguirse la secuencia que se expone a continuación.
- Cálculo de la potencia a instalar en función de la zona climática cumpliendo lo establecido en el apartado 2.2.
 - Comprobación de que las pérdidas debidas a la orientación e inclinación de las placas y a las sombras sobre ellas no superen los límites establecidos en la tabla 2.2.

- c) Cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado del apartado 3.
- d) Cumplimiento de las condiciones de mantenimiento del apartado 4.

2 Caracterización y cuantificación de las exigencias

2.1 Potencia eléctrica mínima

- 1 Las potencias eléctricas que se recogen tienen el carácter de mínimos pudiendo ser ampliadas voluntariamente por el promotor o como consecuencia de disposiciones dictadas por las administraciones competentes.

2.2 Determinación de la potencia a instalar

- 1 La potencia pico a instalar se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$P = C \cdot (A \cdot S + B) \quad (2.1)$$

siendo

P la potencia pico a instalar [kWp];

A y B los coeficientes definidos en la tabla 2.1 en función del uso del edificio;

C el coeficiente definido en la tabla 2.2 en función de la zona climática establecida en el apartado 3.1;

S la superficie construida del edificio [m²].

Tabla 2.1 Coeficientes de uso

Tipo de uso	A	B
Comercial hipermercado	0,001875	-3,12500
Comercial multitienda y centros de ocio	0,004688	-7,81250
Comercial gran almacén	0,001406	-7,81250
Oficina	0,001223	1,35870
Hoteles y hostales	0,003516	-7,81250
Hospitales y clínicas privadas	0,000740	3,28947
Pabellones de recintos feriales	0,001406	-7,81250

Tabla 2.2 Coeficiente climático

Zona climática	C
I	1
II	1,1
III	1,2
IV	1,3
V	1,4

- 2 En cualquier caso, la potencia pico mínima a instalar será de 6,25 kWp. El inversor tendrá una potencia mínima de 5 kW.
- 3 La superficie S a considerar para el caso de edificios ejecutados dentro de un mismo recinto será:
 - a) en el caso que se destinen a un mismo uso, la suma de la superficie de todos los edificios del recinto.
 - b) en el caso de distintos usos, de los establecidos en la tabla 1.1, dentro de un mismo edificio o recinto, se aplicarán a las superficies construidas correspondientes, la expresión 2.1 aunque éstas sean inferiores al límite de aplicación indicado en la tabla 1.1. La potencia pico mínima a instalar será la suma de las potencias picos de cada uso, siempre que resulten positivas. Para que sea obligatoria esta exigencia, la potencia resultante debe ser superior a 6,25 kWp.
- 4 La disposición de los módulos se hará de tal manera que las pérdidas debidas a la orientación e inclinación del sistema y a las sombras sobre el mismo sean inferiores a los límites de la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Pérdidas límite

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

- En la tabla 2.2 se consideran tres casos: general, superposición de módulos e integración arquitectónica. Se considera que existe integración arquitectónica cuando los módulos cumplen una doble función energética y arquitectónica y además sustituyen elementos constructivos convencionales. Se considera que existe superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este concepto la disposición horizontal con el fin de favorecer la autolimpieza de los módulos. Una regla fundamental a seguir para conseguir la integración o superposición de las instalaciones solares es la de mantener, dentro de lo posible, la alineación con los ejes principales de la edificación.
- En todos los casos se han de cumplir las tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos. Se considerará como la orientación óptima el sur y la inclinación óptima la latitud del lugar menos 10°.
- Sin excepciones, se deben evaluar las pérdidas por orientación e inclinación y sombras del sistema generador de acuerdo a lo estipulado en los apartados 3.3 y 3.4. Cuando, por razones arquitectónicas excepcionales no se pueda instalar toda la potencia exigida cumpliendo los requisitos indicados en la tabla 2.2, se justificará esta imposibilidad analizando las distintas alternativas de configuración del edificio y de ubicación de la instalación, debiéndose optar por aquella solución que más se aproxime a las condiciones de máxima producción.

3 Diseño y dimensionado

3.1 Zonas climáticas

- En la tabla 3.1 y en la figura 3.1 se marcan los límites de zonas homogéneas a efectos de la exigencia. Las zonas se han definido teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal (H), tomando los intervalos que se relacionan para cada una de las zonas.

Tabla 3.1 Radiación solar Global

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

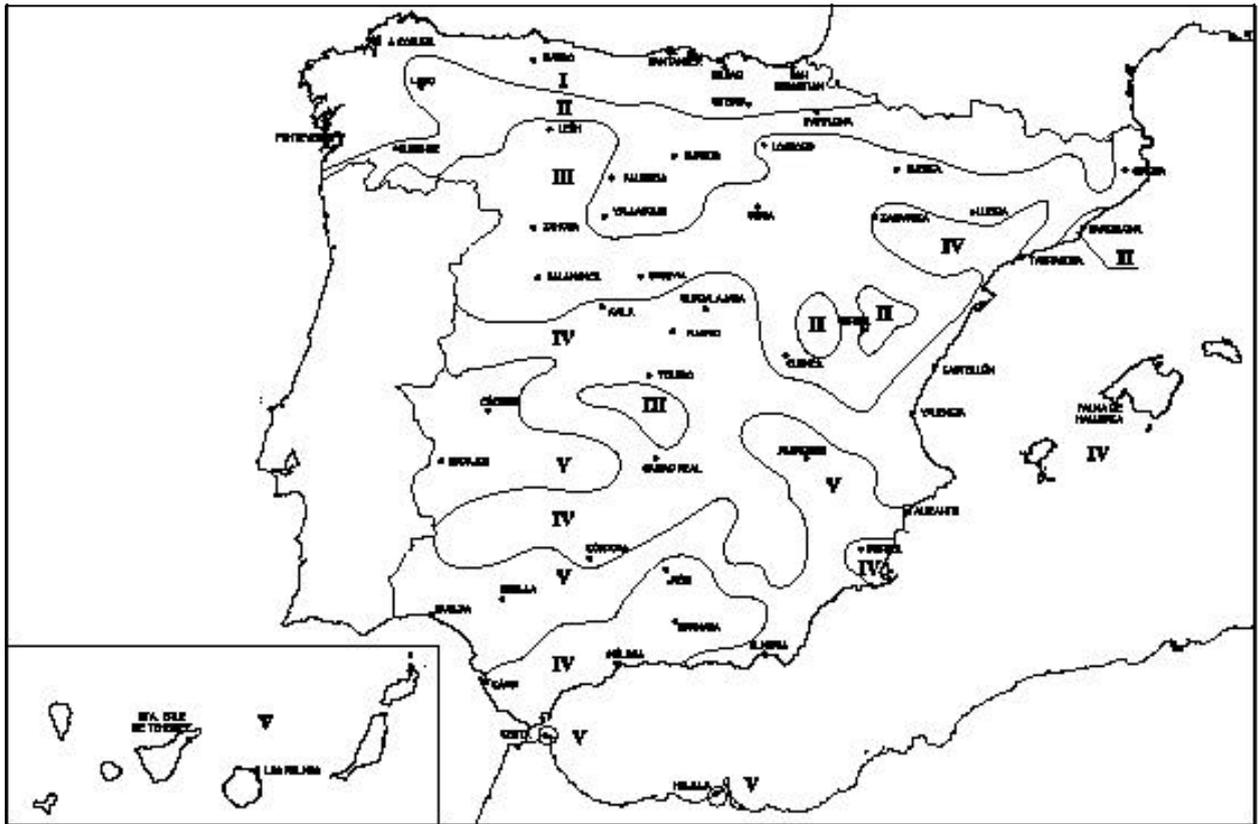


Figura 3.1 Zonas climáticas

Tabla 3.2 Zonas climáticas

A CORUÑA	Arteixo	I	Cerdanyola del Valles	II	Rota	V		
	Carballo	I	Cornella de Llobregat	II	San Fernando	IV		
	A Coruña	I	Gava	II	San Roque	III		
	Ferrol	I	Granollers	III	Sanlúcar de Barrameda	V		
	Naron	II	L'Hospitalet de Llobregat	II	CANTABRIA	Camargo	I	
	Oleiros	I	Igualada	III	Santander	I		
	Riveira	I	Manresa	III	Torrelavega	I		
	Santiago de compostela	I	El Masnou	II	CASTELLON	Burriana	IV	
ALAVA	Vitoria-gasteiz	I	Mataro	III	Castellon de la Plana	IV		
ALBACETE	Albacete	V	Mollet del Valles	II	La Vall d'Uixó	IV		
	Almansa	IV	Montcada i Reixac	II	Vila-Real	IV		
	Hellin	V	El Prat de Llobregat	II	Vinaros	IV		
	Villarrobledo	V	Premia de mar	II	CEUTA	Ceuta	V	
ALICANTE	Alcoy	IV	Ripollet	II	CIUDAD REAL	Alcazar de San Juan	IV	
	Alicante	V	Rubi	II	Ciudad Real	IV		
	Benidorm	IV	Sabadell	III	Puertollano	IV		
	Crevillent	V	Sant Adria de Besos	II	Tomelloso	IV		
	Denia	IV	Sant Boi de Llobregat	II	Valdepeñas	IV		
	Elche	V	Sant Cugat del Valles	II	CORDOBA	Baena	V	
	Elda	IV	Sant Feliu de Llobregat	II	Cabra	V		
	Ibi	IV	Sant Joan Despi	II	Cordoba	IV		
	Javea	IV	Sant Pere de Ribes	III	Lucena	V		
	Novelda	IV	Sant Vicenç dels Horts	II	Montilla	V		
	Orihuela	V	Santa coloma de Gramenet	II	Priego de Córdoba	V		
	Petrer	IV	Terrassa	III	Puente Genil	V		
	San Vicente del Raspeig	IV	Vic	III	CUENCA	Cuenca	II	
	Torreveja	V	Viladecans	II	GIRONA	Blanes	III	
	Villajoyosa	IV	Vilafranca del Penedes	II	Figueres	III		
	Villena	IV	Vilanova i la Geltru	II	Girona	III		
ALMERIA	Adra	V	BURGOS	Aranda de Duero	II	Olot	III	
	Almeria	V	Burgos	II	Salt	III		
	El Ejido	V	Miranda de Ebro	I	GRANADA	Almuñecar	IV	
	Roquetas de mar	V	CACERES	Caceres	V	Baza	V	
ASTURIAS	Aviles	I	Plasencia	V	Granada	IV		
	Castrillon	I	CADIZ	Algeciras	III	Guadix	IV	
	Gijon	I	Arcos de la Frontera	V	Loja	IV		
	Gijon	I	Barbate	III	Motril	V		
	Langreo	I	Cadiz	IV	GUADALAJARA	Guadalajara	IV	
	Mieres	I	Chiclana de la frontera	IV	GUIPUZCOA	Arrasate o Mondragon	I	
	Oviedo	I	Jerez de la Frontera	V	Donostia-San Sebastian	I		
	San Martin del rey Aurelio	I	CADIZ	La Linea de la Concepcion	III	Eibar	I	
Siero	I	El Puerto de Santa Maria	IV	Errenteria	I			
AVILA	Avila	III	Puerto Real	IV	Irun	I		
BADAJOZ	Almendralejo	V	BARCELONA	Badalona	II	HUELVA	Huelva	V
	Badajoz	IV	Barbera del valles	II	HUESCA	Huesca	III	
	Don Benito	V	Barcelona	II	ILLES	Calvia	III	
	Merida	V	Castelldefels	II	BALEARS	Ciudadella de Menorca	III	
	Villanueva de la Serena	V				Eivissa	III	
BARCELONA	Badalona	II				Inca	III	
	Barbera del valles	II						
	Barcelona	II						
	Castelldefels	II						

	Lucmajor	III	MALAGA	Antequera	IV		Ecija	V
	Mahon	III		Benalmadena	IV		Lebrija	V
	Manacor	III		Estepona	IV		Mairena del Aljarafe	V
	Palma de Mallorca	III		Fuengirola	IV		Moron de la Frontera	V
	Santa Eulalia del Rio	III		Malaga	IV		Los Palacios y Villafranca	V
JAEN	Alcala la Real	IV		Marbella	IV		La Rinconada	V
	Andujar	IV		Mijas	IV		San Juan de Aznalfarache	V
	Jaen	IV		Rincon de la Victoria	IV		Sevilla	V
	Linares	IV		Ronda	III		Utrera	V
	Martos	IV		Torremolinos	IV			
	Ubeda	V		Velez-Malaga	IV			
LA RIOJA	Logroño	II	MELILLA	Melilla	V	SORIA	Soria	III
LAS PALMAS	Arrecife	V	MURCIA	Aguilas	V	TARRAGONA	Reus	III
	Arucas	V		Alcantarilla	IV		Tarragona	III
	Galdar	V		Caravaca de la Cruz	V		Tortosa	IV
	Ingenio	V		Cartagena	IV		Valls	III
	Las Palmas de Gran Canaria	V		Cieza	V		El Vendrell	II
	San Bartolome de Tirajana	V		Jumilla	V	TERUEL	Teruel	II
	Santa Lucia	V		Lorca	V	TOLEDO	Talavera de la Reina	IV
	Telde	V		Molina de Segura	V		Toledo	IV
LEON	Leon	III		Murcia	IV	VALENCIA	Alaquas	IV
	Ponferrada	II		Torre-Pacheco	IV		Aldaia	IV
	San Andres del Rabanedo	II		Totana	IV		Algemesi	IV
LUGO	Lugo	II		Vecla	IV		Alzira	IV
LLEIDA	Lleida	III	NAVARRA	Barañain	I		Burjassot	IV
MADRID	Alcala de Henares	IV		Pamplona	I		Carcaixent	IV
	Alcobendas	IV		Tudela	II		Catarroja	IV
	Alcorcon	IV	OURENSE	Ourense	I		Cullera	IV
	Aranjuez	IV	PALENCIA	Palencia	II		Gandia	IV
	Arganda del Rey	IV	PONTEVEDRA	Cangas	I		Manises	IV
	Colmenar Viejo	IV		A Estrada	I		Mislata	IV
	Collado Villalba	IV		Lalin	I		Oliva	IV
	Coslada	IV		Marin	I		Ontinyent	IV
	Fuenlabrada	IV		Pontevedra	I		Paterna	IV
	Getafe	IV		Redondela	I		Quart de poblet	IV
	Leganes	IV		Vigo	I		Sagunto	IV
	Madrid	IV		Vilagarcia de Arousa	I		Sueca	IV
	Majadahonda	III	SALAMANCA	Salamanca	III		Torrent	IV
	Mostoles	IV	SANTA CRUZ	Arona	V	VALLADOLID	Valencia	IV
	Parla	IV	DE TENERIFE	Icod de los Vinos	V		Xativa	IV
	Pinto	IV		La Orotava	V		Xirivella	IV
	Pozuelo de Alarcón	IV		Puerto de la Cruz	V			
	Rivas-Vaciamadrid	IV		Los Realejos	V		Medina del Campo	III
	Las Rozas de Madrid	III		San Cristobal de Tenerife	V		Valladolid	II
	Madrid	IV		Santa Cruz de Tenerife	V	VIZCAYA	Barakaldo	I
MADRID	San Fernando de Henares	IV		Tacoronte	V		Basauri	I
	San Sebastian de los Reyes	IV	SEGOVIA	Segovia	III		Bilbao	I
	Torrejon de Ardoz	IV	SEVILLA	Alcala de Guadaira	V		Durango	I
	Tres Cantos	III		Camas	V		Erandio	I
	Valdemoro	IV		Carmona	V		Galdakao	I
				Coria del Rio	V		Getxo	I
				Dos Hermanas	V		leioa	I
							Portugalete	I
							Santurtzi	I
							Sestao	I
						ZAMORA	Zamora	III
						ZARAGOZA	Zaragoza	IV

3.2 Prescripciones técnicas de la instalación solar fotovoltaica

3.2.1 Definición

- 1 Una instalación solar fotovoltaica conectada a red está constituida por un conjunto de componentes encargados de realizar las funciones de captar la radiación solar, generar energía eléctrica en tensión continua y adaptarla a las características que la hagan utilizable por los consumidores conectados a la red de distribución de corriente alterna. Este tipo de instalaciones fotovoltaicas trabajan en paralelo con el resto de los sistemas de generación que suministran a la red de distribución.
- 2 Los sistemas que conforman la instalación solar fotovoltaica conectada a la red son los siguientes:
 - a) sistema generador fotovoltaico, compuesto de módulos que a su vez contienen un conjunto elementos semiconductores conectados entre sí, denominados células, y que transforman la energía solar en energía eléctrica;
 - b) inversor que transforma la corriente continua producida por los módulos en corriente alterna de las mismas características que la de la red eléctrica;
 - c) conjunto de protecciones, elementos de seguridad, de maniobra, de medida y auxiliares.
- 3 Se entiende por potencia pico o potencia máxima del generador aquella que puede entregar el módulo en las condiciones estándares de medida. Estas condiciones se definen del modo siguiente:
 - a) Irradiancia 1000 W/m^2
 - b) Distribución espectral AM 1,5 G
 - c) Incidencia normal
 - d) Temperatura de la célula $25 \text{ }^\circ\text{C}$

3.2.2 Requisitos generales

- 1 Para instalaciones conectadas, aún en el caso de que éstas no se realicen en un punto de conexión de la compañía de distribución, serán de aplicación las condiciones técnicas que procedan del RD 1663/2000, así como todos aquellos aspectos aplicables de la legislación vigente.

3.2.3 Criterios generales de diseño

3.2.3.1 Sistema generador fotovoltaico

- 1 Todos los módulos deben satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215:1997 para módulos de silicio cristalino o UNE-EN 61646:1997 para módulos fotovoltaicos de capa delgada, así como estar cualificados por algún laboratorio acreditado por las entidades nacionales de acreditación reconocidas por la Red Europea de Acreditación (EA) o por el Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica del Departamento de Energías Renovables del CIEMAT, demostrado mediante la presentación del certificado correspondiente.
- 2 En el caso excepcional en el cual no se disponga de módulos cualificados por un laboratorio según lo indicado en el apartado anterior, se deben someter éstos a las pruebas y ensayos necesarios de acuerdo a la aplicación específica según el uso y condiciones de montaje en las que se vayan a utilizar, realizándose las pruebas que a criterio de alguno de los laboratorios antes indicados sean necesarias, otorgándose el certificado específico correspondiente.
- 3 El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre ó logotipo del fabricante, potencia pico, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.
- 4 Los módulos serán Clase II y tendrán un grado de protección mínimo IP65. Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.
- 5 Las exigencias del Código Técnico de la Edificación relativas a seguridad estructural serán de aplicación la estructura soporte de módulos.
- 6 El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos permitirá las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, si-

guiendo las indicaciones del fabricante. El diseño de la estructura se realizará teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

- 7 La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales.
- 8 En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanqueidad entre módulos se ajustará a las exigencias indicadas en la parte correspondiente del Código Técnico de la Edificación y demás normativa de aplicación.

3.2.3.2 Inversor

- 1 Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica en Baja Tensión y Compatibilidad Electromagnética.
- 2 Las características básicas de los inversores serán las siguientes:
 - a) Principio de funcionamiento: fuente de corriente
 - b) Autoconmutado
 - c) Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
 - d) No funcionará en isla o modo aislado.
- 3 La potencia del inversor será como mínimo el 80% de la potencia pico real del generador fotovoltaico.

3.2.3.3 Protecciones y elementos de seguridad

- 1 La instalación incorporará todos los elementos y características necesarias para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico, de modo que cumplan las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica en Baja Tensión y Compatibilidad Electromagnética.
- 2 Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente. En particular, se usará en la parte de corriente continua de la instalación protección Clase II o aislamiento equivalente cuando se trate de un emplazamiento accesible. Los materiales situados a la intemperie tendrán al menos un grado de protección IP65.
- 3 La instalación debe permitir la desconexión del inversor, tanto en la parte de corriente continua como en la de corriente alterna, para facilitar las tareas de mantenimiento.

3.3 Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación

3.3.1 Introducción

- 1 El objeto de este apartado es determinar los límites en la orientación e inclinación de los módulos de acuerdo a las pérdidas máximas permisibles.
- 2 Las pérdidas por este concepto se calcularán en función de:
 - a) Ángulo de inclinación, β definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0 para módulos horizontales y 90° para verticales.
 - b) Ángulo de acimut, α definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos son 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y +90° para módulos orientados al oeste.

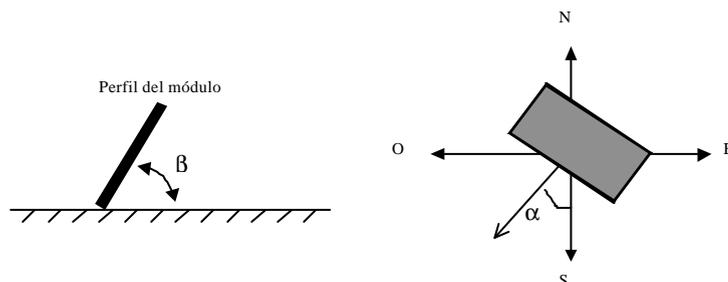


Figura 3.2 Orientación e inclinación de los módulos

3.3.2 Procedimiento

- 1 Determinado el ángulo de acimut del captador, se calcularán los límites de inclinación aceptables de acuerdo a las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima establecidas. Para ello se utilizará la figura 3.3, válida para una la latitud (ϕ) de 41° , de la siguiente forma:
 - a) Conocido el acimut, determinamos en la figura 3.3 los límites para la inclinación en el caso (ϕ) = 41° . Para el caso general, las pérdidas máximas por este concepto son del 10 %, para superposición del 20 % y para integración arquitectónica del 40 %. Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de acimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima.
 - b) Si no hay intersección entre ambas, las pérdidas son superiores a las permitidas y la instalación estará fuera de los límites. Si ambas curvas se intersectan, se obtienen los valores para latitud (ϕ) = 41° y se corrigen de acuerdo a lo indicado a continuación.
- 2 Se corregirán los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre la latitud del lugar en cuestión y la de 41° , de acuerdo a las siguientes fórmulas:
 - a) Inclinación máxima = inclinación ($\phi = 41^\circ$) - (41° - latitud);
 - b) Inclinación mínima = inclinación ($\phi = 41^\circ$) - (41° - latitud); siendo 5° su valor mínimo.
- 3 En casos cerca del límite y como instrumento de verificación, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \phi + 10)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2] \quad \text{para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \phi + 10)^2] \quad \text{para } \beta \leq 15^\circ$$

(Nota: α , β , ϕ se expresan en grados, siendo ϕ la latitud del lugar)

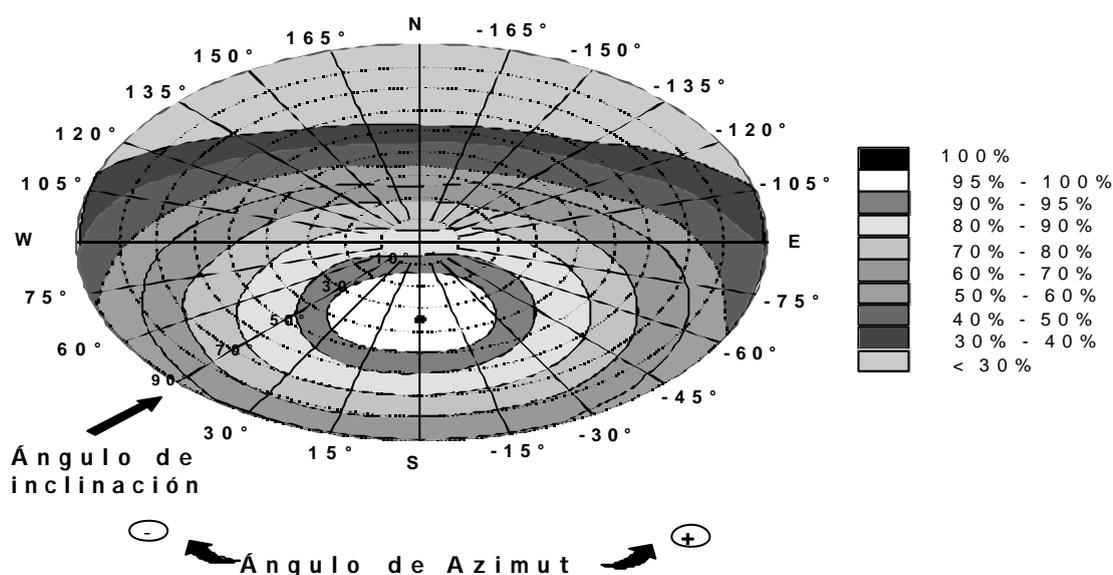


Figura 3.3

3.4 Cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras

3.4.1 Introducción

- 1 El presente apéndice describe un método de cálculo de las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debidas a sombras circundantes. Tales pérdidas se expresan como porcentaje de la radiación solar global que incidiría sobre la mencionada superficie, de no existir sombra alguna.

3.4.2 Procedimiento

- 1 El procedimiento consiste en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias del sol. Los pasos a seguir son los siguientes:

- 2 Localización de los principales obstáculos que afectan a la superficie, en términos de sus coordenadas de posición acimut (ángulo de desviación con respecto a la dirección sur) y elevación (ángulo de inclinación con respecto al plano horizontal). Para ello puede utilizarse un teodolito.
- 3 Representación del perfil de obstáculos en el diagrama de la figura 3.4, en el que se muestra la banda de trayectorias del sol a lo largo de todo el año, válido para localidades de la Península Ibérica y Baleares (para las Islas Canarias el diagrama debe desplazarse 12° en sentido vertical ascendente). Dicha banda se encuentra dividida en porciones, delimitadas por las horas solares (negativas antes del mediodía solar y positivas después de éste) e identificadas por una letra y un número (A1, A2, ..., D14).

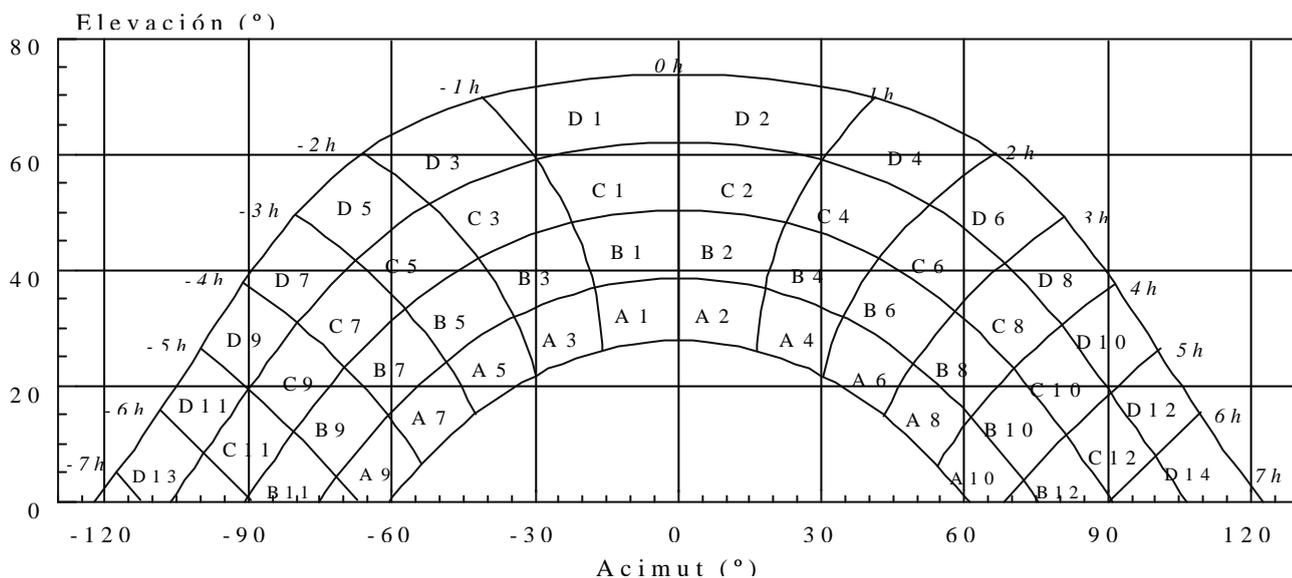


Figura 3.4 Diagrama de trayectorias del sol

(1) los grados de ambas escalas son sexagesimales

- 4 Cada una de las porciones de la figura 3.4 representa el recorrido del sol en un cierto periodo de tiempo (una hora a lo largo de varios días) y tiene, por tanto, una determinada contribución a la irradiación solar global anual que incide sobre la superficie de estudio. Así, el hecho de que un obstáculo cubra una de las porciones supone una cierta pérdida de irradiación, en particular aquella que resulte interceptada por el obstáculo. Debe escogerse como referencia para el cálculo la tabla más adecuada de entre las que se incluyen en el apéndice C de tablas de referencia.
- 5 Las tablas incluidas en este apéndice se refieren a distintas superficies caracterizadas por sus ángulos de inclinación y orientación (β y α , respectivamente). Debe escogerse aquella que resulte más parecida a la superficie en estudio. Los números que figuran en cada casilla se corresponden con el porcentaje de irradiación solar global anual que se perdería si la porción correspondiente resultase interceptada por un obstáculo.
- 6 La comparación del perfil de obstáculos con el diagrama de trayectorias del sol permite calcular las pérdidas por sombreado de la irradiación solar que incide sobre la superficie, a lo largo de todo el año. Para ello se han de sumar las contribuciones de aquellas porciones que resulten total o parcialmente ocultas por el perfil de obstáculos representado. En el caso de ocultación parcial se utilizará el factor de llenado (fracción oculta respecto del total de la porción) más próximo a los valores 0,25, 0,50, 0,75 ó 1.
- 7 En el apéndice E se muestra un ejemplo concreto de utilización del método descrito.

4 Mantenimiento

- 1 Para englobar las operaciones necesarias durante la vida de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma, se definen dos escalones de actuación:
 - a) plan de vigilancia;
 - b) plan de mantenimiento preventivo.

4.1 Plan de vigilancia

- 1 El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación son correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales (energía, tensión etc.) para verificar el correcto funcionamiento de la instalación, incluyendo la limpieza de los módulos en el caso de que sea necesario.

4.2 Plan de mantenimiento preventivo

- 1 Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.
- 2 El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico especializado que conozca la tecnología solar fotovoltaica y las instalaciones eléctricas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas así como el mantenimiento correctivo.
- 3 El mantenimiento preventivo ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles ó desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.
- 4 El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá, al menos, una revisión semestral en la que se realizarán las siguientes actividades:
 - a) comprobación de las protecciones eléctricas;
 - b) comprobación del estado de los módulos: comprobar la situación respecto al proyecto original y verificar el estado de las conexiones;
 - c) comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, alarmas, etc.
 - d) comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornas), pletinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones, reaprietes, limpieza.

Apéndice A Terminología

Célula solar o fotovoltaica: dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.

Cerramiento: función que realizan los módulos que constituyen el tejado o la fachada de la construcción arquitectónica, debiendo garantizar la debida estanqueidad y aislamiento térmico.

Elementos de sombreado: módulos fotovoltaicos que protegen a la construcción arquitectónica de la sobrecarga térmica causada por los rayos solares, proporcionando sombras en el tejado o en la fachada del mismo.

Fuente de corriente: sistema de funcionamiento del inversor, mediante el cual se produce una inyección de corriente alterna a la red de distribución de la compañía eléctrica.

Funcionamiento en isla o modo aislado: cuando el inversor sigue funcionando e inyectando energía a la red aún cuando en ésta no hay tensión.

Generador fotovoltaico: asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.

Instalación solar fotovoltaica: aquella que dispone de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica, sin ningún paso intermedio.

Integración arquitectónica de módulos fotovoltaicos: módulos fotovoltaicos que cumplen una doble función, energética y arquitectónica (revestimiento, cerramiento o sombreado) y, además, sustituyen a elementos constructivos convencionales.

Interruptor: dispositivo de seguridad y maniobra.

Irradiación solar: energía incidente por unidad de superficie sobre un plano dado, obtenida por integración de la irradiancia durante un intervalo de tiempo dado, normalmente una hora o un día. Se mide en kWh/m².

Irradiancia solar: potencia radiante incidente por unidad de superficie sobre un plano dado. Se expresa en kW/m².

Módulo o panel fotovoltaico: conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como único bloque, entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.

Perdidas por inclinación: cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema generador a consecuencia de no tener la inclinación óptima.

Perdidas por orientación: cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema generador a consecuencia de no tener la orientación óptima.

Perdidas por sombras: cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema generador a consecuencia de la existencia de sombras sobre el mismo en algún momento del día.

Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal: suma de la potencia nominal de los inversores (la especificada por el fabricante) que intervienen en las tres fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.

Potencia nominal del generador: suma de las potencias máximas de los módulos fotovoltaicos.

Radiación Solar Global media diaria anual: energía procedente del sol que llega a una determinada superficie (global), tomando el valor anual como suma de valores medios diarios.

Radiación solar: energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.

Rama fotovoltaica: subconjunto de módulos interconectados en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.

Revestimiento: módulos fotovoltaicos que constituyen parte de la envolvente de una construcción arquitectónica.

Superposición de módulos fotovoltaicos: módulos fotovoltaicos que se colocan paralelos a la envolvente del edificio sin la doble funcionalidad definida en la integración arquitectónica. No obstante no se consideran los módulos horizontales.

Apéndice B Tablas de referencia

Tabla C.1

	b=35°; a=0°				b=0°; a=0°				b=90°; a=0°				b=35°; a=30°			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,10
11	0,00	0,01	0,12	0,44	0,00	0,01	0,18	1,05	0,00	0,01	0,02	0,15	0,00	0,00	0,03	0,06
9	0,13	0,41	0,62	1,49	0,05	0,32	0,70	2,23	0,23	0,50	0,37	0,10	0,02	0,10	0,19	0,56
7	1,00	0,95	1,27	2,76	0,52	0,77	1,32	3,56	1,66	1,06	0,93	0,78	0,54	0,55	0,78	1,80
5	1,84	1,50	1,83	3,87	1,11	1,26	1,85	4,66	2,76	1,62	1,43	1,68	1,32	1,12	1,40	3,06
3	2,70	1,88	2,21	4,67	1,75	1,60	2,20	5,44	3,83	2,00	1,77	2,36	2,24	1,60	1,92	4,14
1	3,17	2,12	2,43	5,04	2,10	1,81	2,40	5,78	4,36	2,23	1,98	2,69	2,89	1,98	2,31	4,87
2	3,17	2,12	2,33	4,99	2,11	1,80	2,30	5,73	4,40	2,23	1,91	2,66	3,16	2,15	2,40	5,20
4	2,70	1,89	2,01	4,46	1,75	1,61	2,00	5,19	3,82	2,01	1,62	2,26	2,93	2,08	2,23	5,02
6	1,79	1,51	1,65	3,63	1,09	1,26	1,65	4,37	2,68	1,62	1,30	1,58	2,14	1,82	2,00	4,46
8	0,98	0,99	1,08	2,55	0,51	0,82	1,11	3,28	1,62	1,09	0,79	0,74	1,33	1,36	1,48	3,54
10	0,11	0,42	0,52	1,33	0,05	0,33	0,57	1,98	0,19	0,49	0,32	0,10	0,18	0,71	0,88	2,26
12	0,00	0,02	0,10	0,40	0,00	0,02	0,15	0,96	0,00	0,02	0,02	0,13	0,00	0,06	0,32	1,17
14	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,22

Tabla C.2

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

Tabla C.3

	b=90°; a= -30°				b=35°; a= -60°				b=90°; a= -60°			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	1,01
11	0,00	0,05	0,60	1,28	0,00	0,04	0,60	2,09	0,00	0,08	1,10	3,08
9	0,43	1,17	1,38	2,30	0,27	0,91	1,42	3,49	0,55	1,60	2,11	4,28
7	2,42	1,82	1,98	3,15	1,51	1,51	2,10	4,76	2,66	2,19	2,61	4,89
5	3,43	2,24	2,24	3,51	2,25	1,95	2,48	5,48	3,36	2,37	2,56	4,61
3	4,12	2,29	2,18	3,38	2,80	2,08	2,56	5,68	3,49	2,06	2,10	3,67
1	4,05	2,11	1,93	2,77	2,78	2,01	2,43	5,34	2,81	1,52	1,44	2,22
2	3,45	1,71	1,41	1,81	2,32	1,70	2,00	4,59	1,69	0,78	0,58	0,53
4	2,43	1,14	0,79	0,64	1,52	1,22	1,42	3,46	0,44	0,03	0,05	0,24
6	1,24	0,54	0,20	0,11	0,62	0,67	0,85	2,20	0,10	0,13	0,19	0,48
8	0,40	0,03	0,06	0,31	0,02	0,14	0,26	0,92	0,22	0,18	0,26	0,69
10	0,01	0,06	0,12	0,39	0,02	0,04	0,03	0,02	0,08	0,21	0,28	0,68
12	0,00	0,01	0,13	0,45	0,00	0,01	0,07	0,14	0,00	0,02	0,24	0,67
14	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,36

Apéndice C Normas de referencia

Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

UNE EN 61215:1997 “Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación tipo”.

UNE EN 61646:1997 “Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación tipo”.

Directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica en Baja Tensión y Compatibilidad Electromagnética.

Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.

Real Decreto 2818/1998, de 23 diciembre, sobre producción de energía eléctrica por recursos o fuentes de energías renovables, residuos y cogeneración.

Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

Real Decreto 841/2002 de 2 de agosto por el que se regula para las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial su incentivación en la participación en el mercado de producción, determinadas obligaciones de información de sus previsiones de producción, y la adquisición por los comercializadores de su energía eléctrica producida.

Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Real Decreto 1433/2002 de 27 de diciembre, por el que se establecen los requisitos de medida en baja tensión de consumidores y centrales de producción en Régimen Especial.