

Guía de Diseño Integral de Viviendas Energéticamente Eficientes en Andalucía



Agencia Andaluza de la Energía
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y CIENCIA



Dirección técnica y edición:

Agencia Andaluza de la Energía
Consejería de Economía, Innovación y Ciencia

Redacción:

Grupo de termotecnia de la Asociación de Investigación
y Cooperación Industrial de Andalucía (AICIA)

Maquetación:

Paco Oca

Documento disponible en Internet:

www.agenciaandaluzadelaenergia.es

Agencia Andaluza de la Energía:

Consejería de Economía, Innovación y Ciencia
Junta de Andalucía
C/Isaac Newton, nº6 - 41092 Isla de la Cartuja. Sevilla
Tel. 954 78 63 35 Fax: 954 78 63 50
www.agenciaandaluzadelaenergia.es

Advertencia sobre el ámbito de aplicación de la guía:

Esta guía tiene por objeto establecer las reglas y procedimientos que permitan la generación de edificios de alta calificación energética. La correcta aplicación supone un acercamiento fiel al objetivo anteriormente marcado, sin embargo, al no ser un documento normativo ni reconocido oficialmente, no puede tomarse como un procedimiento para la justificación de la reglamentación vigente de certificación energética según el RD 47/2007 por el que se aprueba la Reglamentación para la certificación energética de edificios.

Guía de Diseño Integral de Viviendas Energéticamente Eficientes en Andalucía



Índice

12 Introducción

16 Desarrollo de la Guía de Diseño

- 16 0.1. Introducción
- 16 0.2. Estructura de la guía
- 16 0.3. Relación de Documentos de la guía
- 18 0.4. Terminología
- 20 0.5. Ficha 1. Toma previa de Decisiones

24 ETAPA 1. Selección de parámetros básicos del edificio

- 26 1.1. Cumplimentación de la Ficha de Toma previa de Decisiones. Etapa 1

30 ETAPA 2. Obtención de los Indicadores de Eficiencia Energética

- 30 2.1. Indicador de Eficiencia Energética de Calefacción (IEE_c)
 - 30 2.1.1. Alternativas para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Calefacción (IEE_c)
 - 32 2.1.2. Soluciones para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de la Demanda de Calefacción (IEE_{DC})
 - 36 2.1.3. Soluciones para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de los Sistemas de Calefacción, IEE_{SC}
- 37 2.2. Obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Refrigeración (IEE_R)



2.2.1. Alternativas para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de refrigeración (IEER)	37
2.2.2. Soluciones para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de la Demanda de Refrigeración (IEEDR)	38
2.2.3. Soluciones para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de los Sistemas de Refrigeración (IEESR)	40
2.2.4. Cumplimentación de la Ficha de Toma de Decisiones - Etapa 2	42



ETAPA 3. Determinación de los Parámetros Característicos **44**

3.1. Obtención de soluciones y valores para las Transmitancias Térmicas	45
3.1.1. Obtención de la Transmitancia Térmica Media del Edificio Opaco (U_{OPACO})	45
3.1.2. Obtención de las Transmitancias Térmicas de Cubiertas y de Muros	46
3.1.3. Obtención de las Transmitancias Térmicas de Suelos	48
3.2. Obtención de los valores y soluciones de Puentes Térmicos	48
3.3. Obtención de los valores y soluciones para la ventilación	51
3.3.1. Obtención de los valores para el tratamiento de la ventilación e infiltración de aire	51
3.3.2. Obtención de los valores para la ventilación nocturna	51
3.4. Obtención de los valores de transmitancias térmicas y soluciones para huecos	52

	3.4.1. Obtención del valor Diferencia entre la Transmitancia Térmica Media de Huecos del Edificio y la Transmitancia Térmica Media de Muros del Edificio, $U_{Hm} - U_{Hm}$
52	
	3.4.2. Obtención de los valores para el control solar de huecos
55	
	3.4.3. Cumplimentación de la Ficha de Toma previa de Decisiones
56	

58 ETAPA 4. Selección de soluciones constructivas

62 Documentos para la aplicación de esta guía

62	5.1. FICHA DE TOMA PREVIA DE DECISIONES
62	5.2. TABLAS 1. Alternativas para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Calefacción (IEE_c)
63	5.3. TABLAS 2. Obtención del Indicador de Eficiencia Energética de la Demanda de Calefacción (IEE_{DC})
66	5.4. TABLA 3. Obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Sistemas de Calefacción (IEE_{SC})
76	TABLA 4. Alternativas para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Refrigeración (IEE_R)
88	5.5. TABLA 5. Obtención del Indicador de Eficiencia Energética de la Demanda de Refrigeración (IEE_{DR})
91	



5.6. TABLA 6. Obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Sistemas de Refrigeración (IEESR)	97
5.7. TABLA 7. Valores de la Transmitancia Térmica Media del Edificio (UOPACO) en función de la compacidad y el nivel de eficiencia energética a alcanzar	109
5.8. TABLA 8: Obtención de la transmitancia térmica de fachadas y cubierta respecto a la relación $A_{FACHADA}/A_{CUBIERTAS}$ y U_{OPACO}	110
5.9. TABLA 9. Valores del Factor Corrector de Puente Térmico (fpt) en función del nivel de eficiencia energética a alcanzar	116
5.10. TABLA 10. Valores del Indicador de Eficiencia Energética debido a la Ventilación (IEE_{vent}) en función del nivel de eficiencia energética a alcanzar	116
5.11. TABLA 11: Obtención del valor $U_{Hm} - U_{Mm}$ en función del porcentaje de huecos captadores del edificio y la eficiencia energética de la solución constructiva	117
5.12. TABLA 12. Valores Factor Solar de vidrios en función del nivel de eficiencia energética a alcanzar	123



ANEXO I. Zonificación climática de Andalucía por municipios para su uso en el código técnico de la edificación en su sección de ahorro de energía apartado de limitación de demanda energética (CTE-HE1)

126

144 ANEXO II. Soluciones técnicas y fundamentos de cálculo

- 144 AII.1.** Soluciones de cubierta
- 145 AII.2.** Soluciones de huecos
- 151 AII.3.** Soluciones de suelos
- 155 AII.4.** Soluciones de muros
- 161 AII.5.** Soluciones de muros enterrados
- 163 AII.6.** Tabla de aislamientos con espesores equivalentes
- 164 AII.7.** Valores de factor solar según tipo de vidrio
- 165 AII.8.** Factores de sombra en huecos
- 172 AII.9.** Factor de sombra según tipo de protección solar
- 173 AII.10.** Puentes térmicos
- 176 AII.11.** Control de la ventilación

178 ANEXO III. Descripción del edificio en la opción informática

198 ANEXO IV. Fundamentos técnicos

- 198 AIV.1.** Desarrollo de correlaciones en base estacional para estimar la demanda energética de un edificio
- 232 AIV.2.** Procedimiento de cálculo del área solar
- 239 AIV.3.** Caracterización de puentes térmicos
- 242 AIV.2.** Cálculo de caudales de ventilación/infiltración





Introducción

Introducción

El sector de la edificación es responsable en Europa del 40% del consumo energético. En Andalucía, el último dato disponible refleja que un 23,7% del consumo final de energía se ha debido a este sector, el único en el que se ha incrementado el consumo energético.

Con un diseño coherente de las edificaciones actuales se podría alcanzar, a costes razonables, un ahorro energético superior al 40% respecto a las construcciones actuales. Esto se conseguiría incluyendo elementos propios de la arquitectura bioclimática, sistemas de producción térmica con energías renovables energéticamente eficientes e implementando planes de mantenimiento para las instalaciones, junto con la introducción de técnicas de gestión que permitan un uso racional de la energía consumida en el edificio.

Sin embargo, actualmente todavía siguen sin considerarse de forma generalizada en el diseño y construcción de las edificaciones, factores como la orientación, el aislamiento térmico o los materiales empleados, cuya correcta elección puede suponer un importante descenso de la demanda energética para satisfacer las necesidades de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria o iluminación de un edificio.

De ahí que la Unión Europea haya desarrollado en los últimos años un amplio abanico normativo donde es una prioridad la introducción de medidas más eficientes y de mayor impacto en este sector. Así, en 2010 se aprobó la Directiva 2010/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios, que deroga a la Directiva 2002, y que entre otras disposiciones introduce el concepto de edificios de consumo de energía casi nulo, que será de aplicación a partir del 31 de diciembre de 2020, a todos los edificios nuevos. Para los nuevos edificios que estén ocupados y que sean propiedad de las autoridades públicas se adelanta su aplicación al 31 de diciembre de 2018.

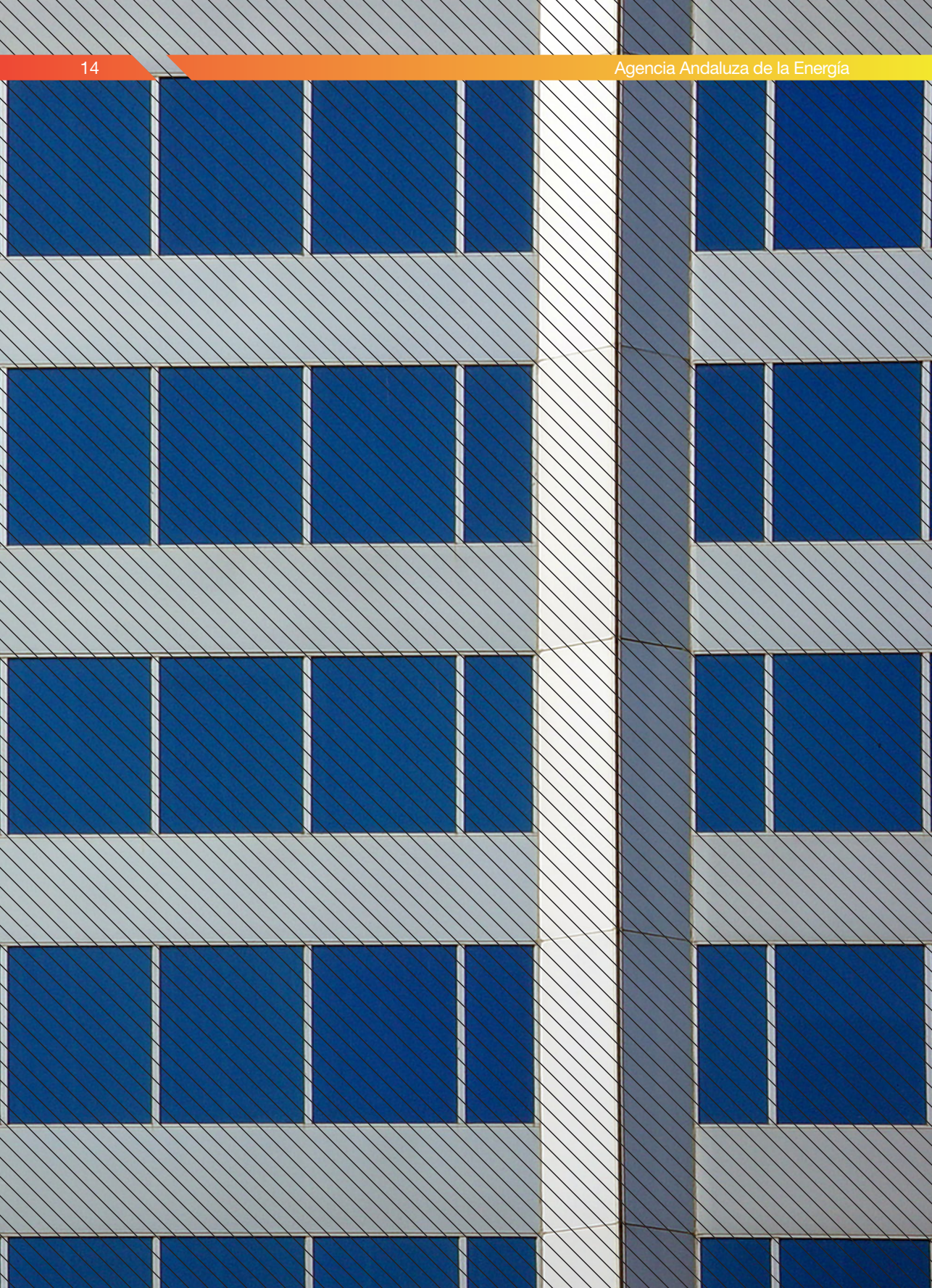
En la misma línea, en 2007 se aprueba la Ley de Fomento de las Energías Renovables y del Ahorro y Eficiencia Energética de Andalucía, un instrumento clave para el impulso del ahorro y la eficiencia energética en el sector edificatorio andaluz.

Su desarrollo reglamentario, con el Decreto 169/2011, supone incidir en una serie de pautas de ahorro y eficiencia energética, entre las que destaca el certificado energético andaluz, documento acreditativo del cumplimiento de los requisitos energéticos mínimos exigibles en la Ley a los edificios que se reformen y nuevas construcciones. Este certificado permitirá identificar con claridad los comportamientos energéticos asociados a las diferentes tipologías constructivas, estableciendo indicadores de referencia para el consumidor de su eficiencia energética y favoreciendo comportamientos más sostenibles desde el punto de vista energético.

En aplicación de este Decreto los nuevos edificios que se construyan en Andalucía, deberán disponer de una calificación energética mínima e incorporar un plan de gestión de la energía que asegure en el tiempo el mantenimiento de los parámetros de eficiencia energética contenidos en el certificado energético.

Esta guía lleva asociada una aplicación informática que facilita el uso del procedimiento de diseño, dotándola de una mayor versatilidad. Pretende ofrecer a los técnicos proyectistas de nueva vivienda en Andalucía, herramientas que les faciliten la toma de decisiones durante el diseño y redacción del proyecto con el fin de obtener una mejor calificación energética en el consumo de energía para el uso y mantenimiento del edificio. Confiamos en que les sea de utilidad.

Agencia Andaluza de la Energía





Desarrollo de la Guía de Diseño

Desarrollo de la Guía de Diseño

0.1 Introducción

El objetivo del presente trabajo es ayudar a los técnicos proyectistas de edificios destinados a vivienda en Andalucía a tomar las decisiones durante el diseño y redacción del proyecto que conduzcan a la obtención de una mejor calificación energética, principalmente para la obtención de las letras A y B, y por tanto una mayor eficiencia en el consumo energético para el uso y mantenimiento de la edificación.

Esta guía lleva asociada una aplicación informática que facilita el uso del procedimiento de diseño y que tiene mayor versatilidad que este documento. No obstante, para la comprensión en el uso de esta aplicación se recomienda la lectura detallada de este texto, sus ejemplos y recomendaciones, ya que permitirá considerar todas las variables que intervienen en la obtención de la calificación de una forma integral, de acuerdo con el proceso natural de diseño de las edificaciones.

0.2 Estructura de la guía

El uso de la guía se estructura en cuatro etapas:

ETAPA 1: Selección de parámetros básicos del edificio

ETAPA 2: Obtención de los Indicadores de Eficiencia Energética

ETAPA 3: Determinación de los parámetros característicos

ETAPA 4: Selección de soluciones constructivas

Para facilitar la comprensión, la aplicación informática se estructura en estas mismas cuatro etapas.

La guía de diseño se inicia con la FICHA DE TOMA DE DECISIONES, donde el técnico podrá ir anotando las determinaciones que adoptará para el diseño de su edificio. El resto de pasos están acompañados de una serie de tablas y gráficas de valores que facilitarán la labor de toma de decisiones de diseño de la edificación de una forma integrada, relacionando parámetros característicos necesarios con soluciones constructivas habituales en el diseño de los edificios de vivienda.

0.3 Relación de Documentos de la guía

Los documentos necesarios para el uso de esa guía de diseño son los siguientes:

Comunes para todas las zonas climáticas y tipologías de edificio:Fichas (Apartado 4)

FICHA 1. Toma previa de decisiones

Tablas (Apartado 4)

TABLA 8. Relación entre los valores de la Transmitancia Térmica Media de Cubierta (U_{Cm}) y la Transmitancia Térmica Media de Muros (U_{Mm}) en función de la superficies de muro y cubierta y la Transmitancia Térmica Media del Edificio Opaco (U_{opaco}).

Gráficas de valores (Anexo II)

GRÁFICAS 1. Soluciones de cubierta

GRÁFICAS 2. Soluciones de huecos

GRÁFICAS 3. Soluciones de suelos

GRÁFICAS 4. Soluciones de muros

GRÁFICAS 5. Soluciones de muros enterrados

GRÁFICAS 6. Tabla de aislamientos con espesores equivalentes

GRÁFICAS 7. Factor solar de vidrios

GRÁFICAS 8. Factor de sombra

GRÁFICAS 9. Factor de sombra según tipo de protección solar

GRÁFICAS 10. Puentes térmicos

GRÁFICAS 11. Control de la ventilación.

Específicos para cada zona climática (A3, A4, B3, B4, C3, C4) y tipología de edificio (unifamiliar y bloque)

La aplicación informática permite considerar cualquiera de las zonas climáticas del Código Técnico de la Edificación

Para Calefacción (Apartado 4)

TABLA 1. Alternativas para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Calefacción (IEE_c)

TABLA 2. Obtención del Indicador de Eficiencia Energética de la Demanda de Calefacción (IEE_{DC})

TABLA 3. Obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Sistemas de Calefacción (IEE_{SC})

Para Refrigeración (Apartado 4)

TABLA 4. Alternativas para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Refrigeración (IEE_R)

TABLA 5. Obtención del Indicador de Eficiencia Energética de la Demanda de Refrigeración (IEE_{DR})

TABLA 6. Obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Sistemas de Refrigeración (IEE_{SR})

Para la determinación de parámetros característicos de la edificación (Apartado 4)

TABLA 7. Valores de la Transmitancia Térmica Media del Edificio (U_{OPACO}) en función de la compacidad y el nivel de eficiencia energética a alcanzar.

TABLA 9. Valores del Factor Corrector de Puente Térmico (f_{pt}) en función del nivel de eficiencia energética a alcanzar.

TABLA 10. Valores del Indicador de Eficiencia Energética debido a la Ventilación (IEE_{vent}) en función del nivel de eficiencia energética a alcanzar.

TABLA 11: Obtención del valor $U_{Hme} - U_{Mme}$ en función del porcentaje de huecos captadores del edificio y la eficiencia energética de la solución constructiva.

TABLA 12. Valores Factor Solar Modificado de huecos en función del nivel de eficiencia energética a alcanzar.

0.4 Terminología

Área de transmisión térmica de la envolvente (A_T): Suma del área de todos los cerramientos que limitan la envolvente térmica del edificio definida por el Código Técnico de la Edificación, en adelante CTE, en el Documento Básico para la Limitación de Energía (CTE-HE 1). Deben ser medidas desde la cara interior de cada cerramiento.

Compacidad: La compacidad es el resultado de dividir el volumen comprendido por la envolvente térmica de la edificación entre el área de transmisión térmica de la envolvente (V/A_T)

Factor corrector de puente térmico (f_{pt}): Es la corrección al indicador de eficiencia energética del edificio opaco debido a los puentes térmicos de encuentro de la edificación.

Factor solar (g): Es el cociente entre la radiación solar a incidencia normal 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 (F_{sm}): Producto del factor solar por el factor de sombra.

Factor de sombra (F_s): Es la fracción de la radiación incidente en un hueco que no es bloqueada por la presencia de obstáculos de fachada tales como retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales u otros.

Huecos captores a sur (HC_s): Huecos orientados al sur en los que no existen obstrucciones durante los meses de invierno.

Huecos captores a sureste (HC_{SE}): Huecos orientados al sureste en los que no existen obstrucciones durante los meses de invierno.

Huecos captores a suroeste (HC_{SO}): Huecos orientados al suroeste en los que no existen obstrucciones durante los meses de invierno.

Indicador de Eficiencia Energética Opaco (IEE_{opaco}): Es la contribución al indicador de eficiencia energética de Demanda de Calefacción, debida a las pérdidas a través de los cerramientos para un edificio de idéntica geometría y nivel de aislamiento que el que se quiere calcular, pero con las siguientes peculiaridades:

- Las ventanas han sido sustituidas por parte opaca con una transmitancia igual a la de la fachada en la que aquéllas se encuentran.
- No tiene puentes térmicos ni se introduce ningún caudal de ventilación o infiltraciones.

Indicador de Eficiencia Energética debido a la Ventilación (IEE_{vent}): Es la contribución al indicador de eficiencia energética asociado a la tasa de ventilación requerida por el CTE, Documento Básico de Salubridad (CTE-HS 3), en su Apartado 2, Tabla 2.1 Caudales de ventilación mínimos exigidos, y a la zona climática donde se ubica el edificio.

Indicador de Eficiencia Energética debido a las ganancias a través de huecos sureste, suroeste, este y oeste $IEE_{SE/SO/E/O}$: Es la contribución al Indicador de eficiencia energética de Demanda de Refrigeración debido a las ganancias a través de la superficie acristalada orientada al Sureste, Suroeste, Este y Oeste.

Indicador de Eficiencia Energética a las ganancias a través de huecos orientados a sur IEE_s : Es la contribución al indicador de eficiencia energética de Demanda de Refrigeración debido a las ganancias a través de la superficie acristalada orientada al Sur.

Indicador de Eficiencia Energética de Sistemas de Calefacción IEE_{sc} : Es el indicador de eficiencia energética de sistemas de calefacción.

Indicador de Eficiencia Energética de Sistemas de Refrigeración IEE_{sr} : Es el indicador de eficiencia energética de sistemas de refrigeración.

Indicador de Eficiencia Energética de Agua Caliente Sanitaria $IEES_{acs}$: Es el indicador de eficiencia energética de los sistemas para agua caliente sanitaria.

Modificador del Indicador Eficiencia Energética debido a la superficie acristalada (ΔIEE_{huecos}): Modificación del indicador de eficiencia energética debida a la diferencia de comportamiento entre las superficies acristaladas existentes y la parte opaca supuesta inicialmente.

Transmitancia térmica media del edificio opaco U_{opaco} : Es el resultado de obtener la media de las transmitancias medias de muros, suelos y cubiertas ponderadas por las áreas totales de fachadas, suelos y cubiertas respectivamente.

Rendimiento (η) medio estacional, COP medio estacional o EER medio estacional: Es la relación entre la energía útil proporcionada y la energía consumida por un determinado equipo funcionando durante una estación (de calefacción o refrigeración según proceda) en condiciones reales.

0.5 Ficha 1. Toma previa de Decisiones

Como se ha mencionado anteriormente el inicio del proceso se realiza tomando como base la FICHA DE TOMA PREVIA DE DECISIONES, que es común para todas las zonas climáticas y tipologías de edificio, en la que el técnico podrá ir anotando las decisiones previas que adoptará para el diseño de su edificio.

La ficha es la siguiente:

FICHA 1. TOMA PREVIA DE DECISIONES

ETAPA 1. SELECCIÓN DE PARÁMETROS BÁSICOS DEL EDIFICIO

ZONA CLIMÁTICA

TIPO DE EDIFICIO

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DESEADA

ETAPA 2. OBTENCIÓN DE LOS INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

TIPO DE SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ACS

ALTERNATIVAS PARA LA OBTENCIÓN DEL IEE CALEFACCIÓN

DEMANDA SISTEMAS	Combinación de colores					Elección solución N°	
						Tipo	Rendimiento
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		

ALTERNATIVAS PARA LA OBTENCIÓN DEL IEE REFRIGERACIÓN

DEMANDA SISTEMAS	Combinación de colores					Elección solución N°	
						Tipo	Rendimiento
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		

ETAPA 3. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS CARÁCTERÍSTICOS

Transmitancias Térmicas

Puentes Térmicos

Ventilación

Calidad de huecos

Control solar de huecos

Para cumplimentarla es necesario conocer los datos que se describen a continuación.



ETAPA 1. Selección de parámetros básicos del edificio



ETAPA 1. Selección de parámetros básicos del edificio

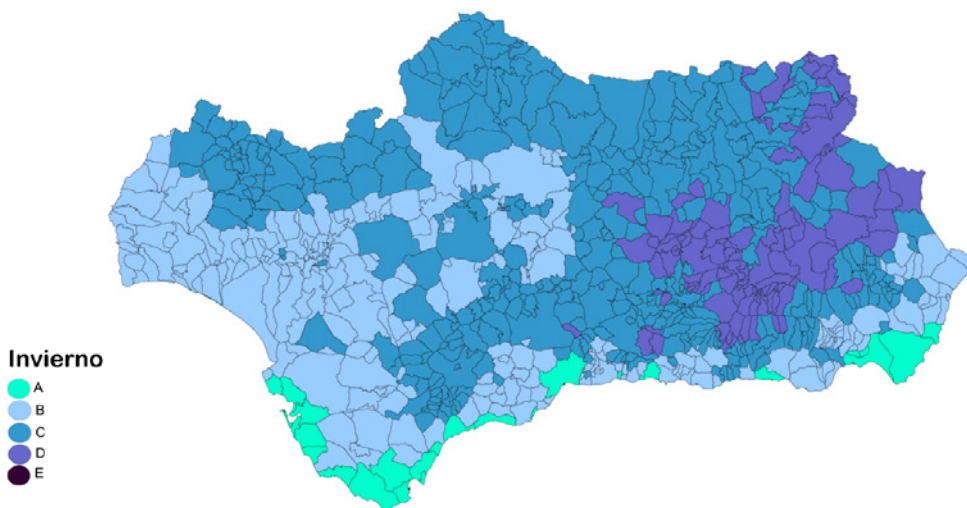
Las primeras determinaciones y decisiones que deberá adoptar el técnico son las relativas a:

a) Zona climática en la que se encuentra el edificio

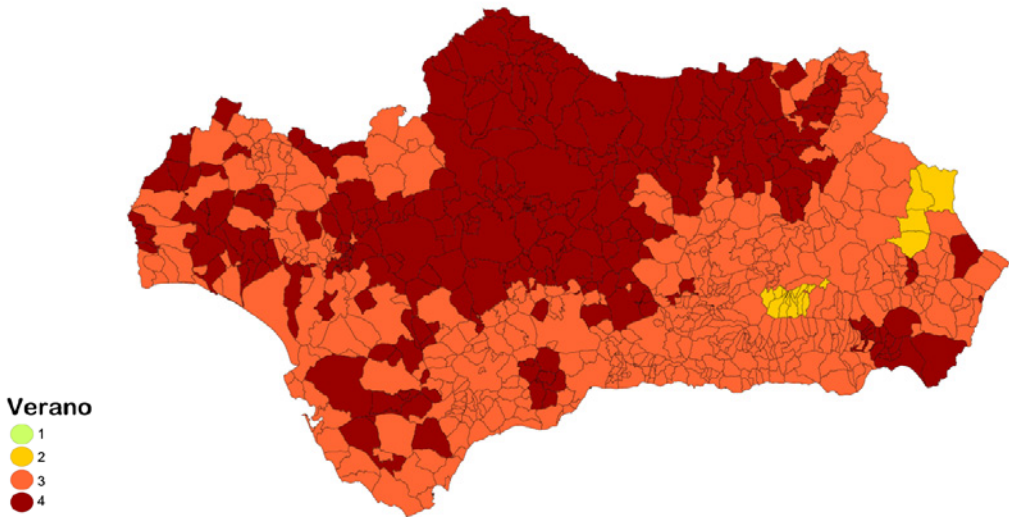
Para la determinación de la zona climática del lugar en el que se ubica la edificación, se cuenta el documento reconocido “Zonificación Climática de Andalucía por Municipios para su uso en el Código Técnico de la Edificación en su sección de Ahorro de Energía apartado de Limitación de Demanda Energética (CTE-HE1)”, incluido como **Anexo I** de esta guía.

Las zonas climáticas para las localidades andaluzas son las que se recogen en los siguientes mapas. La asignación por localidades de cada provincia se puede consultar en el Anexo I.

Zonas climáticas de invierno para Andalucía



Zonas climáticas de verano para Andalucía



De todas las zonas climáticas de Andalucía, esta guía incluye las tablas de datos, valoraciones y soluciones para las más extensas y comunes, que son: A3, A4, B3, B4, C3, C4, y que representan la mayoría del territorio habitado.

La aplicación informática permite considerar todas las zonas climáticas recogidas en el Código Técnico de la Edificación

Estas zonas climáticas corresponden a las siguientes áreas:

- **A3**, correspondiente a áreas costeras que incluyen las ciudades de Cádiz y Málaga
- **A4**, correspondiente a áreas costeras que incluyen la ciudad de Almería
- **B3**, correspondiente a zonas que incluyen la ciudad de Jerez de la Frontera
- **B4**, correspondiente a zonas que incluyen las ciudades de Córdoba, Huelva y Sevilla
- **C3**, correspondiente a zonas que incluyen la ciudad de Granada
- **C4**, correspondiente a zonas que incluyen la ciudad de Jaén

b) Tipo de edificio

En esta guía se permiten dos alternativas para el uso residencial:

- Bloque de viviendas
- Vivienda unifamiliar

c) Calificación energética que se desea conseguir

Se podrán seleccionar las siguientes calificaciones:

- Calificación energética **A**
- Calificación energética **B**

La aplicación informática permite alcanzar cualquiera calificación

Para explicar y facilitar el uso de esta guía se procede a explicar un ejemplo que servirá para ir definiendo los valores de las tablas correspondientes, cumplimentar las fichas necesarias.

El ejemplo seleccionado es un **bloque** de viviendas, ubicado **en Granada** (zona climática C3) y la calificación que deseamos obtener es **Calificación A**.

1.1 Cumplimentación de la Ficha de Toma previa de Decisiones. Etapa 1

Para el caso que hemos elegido como ejemplo, la Ficha de Toma de Decisiones quedaría de la siguiente manera:

FICHA 1. TOMA PREVIA DE DECISIONES						
ETAPA 1. SELECCIÓN DE PARÁMETROS BÁSICOS DEL EDIFICIO						
ZONA CLIMÁTICA	<input type="text" value="A3"/>	<input type="text" value="A4"/>	<input type="text" value="B3"/>	<input type="text" value="B4"/>	<input checked="" type="text" value="C3"/>	<input type="text" value="C4"/>
TIPO DE EDIFICIO	<input type="text" value="Unifamiliar"/>		<input checked="" type="text" value="Bloque"/>			
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DESEADA	<input checked="" type="text" value="A"/>	<input type="text" value="B"/>				

ETAPA 2. OBTENCIÓN DE LOS INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

TIPO DE SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ACS Base Mejorada

ALTERNATIVAS PARA LA OBTENCIÓN DEL IEE CALEFACCIÓN

DEMANDA SISTEMAS	Combinación de colores					Elección solución N°	
						Tipo	Rendimiento

ALTERNATIVAS PARA LA OBTENCIÓN DEL IEE REFRIGERACIÓN

DEMANDA SISTEMAS	Combinación de colores					Elección solución N°	
						Tipo	Rendimiento

ETAPA 3. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS CARÁCTERÍSTICOS

Transmitancias Térmicas

U_{opaco}	U_{cm}	U_{Mm}	U_{sm}
-------------	----------	----------	----------

Puentes Térmicos

Contorno de huecos	Frente de forjados	Forjado-cubierta
--------------------	--------------------	------------------

Ventilación

Renovaciones/	Solución n°	Escenario seleccionado	Ventilación nocturna
---------------	-------------	------------------------	----------------------


Calidad de huecos

% acristalado	% huecos captores	$U_{HUECOS} - U_{Mm}$	U_{HUECOS}
---------------	-------------------	-----------------------	--------------

Control solar de huecos

Fs mod. S	Fs mod. SE	Fs mod. SO	Fs mod. E	Fs mod. O
-----------	------------	------------	-----------	-----------





ETAPA 2.
Obtención
de los
Indicadores
de Eficiencia
energética

ETAPA 2. Obtención de los Indicadores de Eficiencia energética

Para la obtención de los indicadores de eficiencia energética es preciso definir algunas variables que permitan ajustar los valores de todos los parámetros. La primera decisión en esta etapa es definir el tipo de sistema de producción de agua caliente sanitaria, en adelante ACS. Para ello, en esta guía de diseño propone dos alternativas:

- **Decreto. $IEE_{ACS} = 1$**
Obtenido del supuesto de una contribución solar mínima de ACS igual a la demandada por el Código Técnico de la Edificación en su sección HE_4, y un sistema de producción de agua caliente mediante caldera estándar eléctrica.
- **Bueno. $IEE_{ACS} = 0,5$**
Obtenido del supuesto de una contribución solar mínima de ACS igual a la demandada por el Código Técnico de la Edificación en su sección HE_4, y un sistema de producción de agua caliente mediante caldera estándar de rendimiento 0,85, y de energético GLP (Gas Licuado del Petróleo), por ejemplo de gas butano.

En la aplicación informática no hay limitación para este factor, siempre y cuando se cumplan los requisitos mínimos definidos en el Código Técnico de la Edificación

Para nuestro ejemplo, tomaremos el valor definido por un **sistema de producción de ACS bueno**.

En esta etapa de la guía se explicará al técnico proyectista las alternativas que puede elegir, para obtener los Indicadores de Eficiencia Energética de Calefacción (IEE_c) y de Refrigeración (IEE_r); en función de los parámetros que ha seleccionado en la Etapa 1.

2.1 Indicador de Eficiencia Energética de Calefacción (IEE_c)

Para alcanzar la calificación deseada es preciso definir el valor del IEE_c que conduce a los valores correspondientes a la letra, en nuestro caso A. Ello implica diversas alternativas en función de las características del edificio, tanto de su diseño arquitectónico como de las características aislantes de la envolvente y de los sistemas instalados de calefacción. Por ello, en esta etapa hay que definir las diversas alternativas que nos permiten conseguir la calificación que se pretende.

2.1.1 Alternativas para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Calefacción (IEE_c)

En función de la zona climática, el tipo de edificio, la calificación energética que deseamos obtener y el tipo de sistema de producción de ACS, el primer paso para obtener este indicador será consultar los valores de la **TABLAS 1: Alternativas de obtención del IEE_c** , diferentes

para la zona climática en la que se está trabajando y que se pueden consultar en el Apartado 4.2 de este documento.

En estas tablas se recogen por códigos de colores y estrellas una escala de posibles soluciones de reducción de la demanda y de los sistemas de calefacción en función de su eficiencia energética. Para alcanzar la letra deseada es necesario que este parámetro alcance el nivel de la escala que se indica en cada combinación de colores.

Los códigos de colores y estrellas van de mayor a menor eficiencia energética distribuidos de la siguiente manera:



Cuando aparece una casilla en blanco significa que no existe una combinación posible que conduzca a la calificación buscada.

Para el edificio de nuestro ejemplo, un bloque ubicado en Granada, zona C3, la tabla correspondiente es:

TABLA 1. C3 Bloque. Alternativas de obtención del IEE_c

C3 BLOQUE	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE _{ACS} = 1	--	--	****	*
	*****	*****	***	**
	--	--	*	****
BUENO IEE _{ACS} = 0.5	--	--	***	*
	****	****	**	**
	--	--	*	***

Utilizando los datos de nuestro ejemplo, en el que tenemos un sistema de producción de ACS bueno (IEE_{ACS} = 0,5) y queremos obtener una **calificación A**, la opción que nos ofrece la TABLA 1. **Zona climática C3. Tipología Bloque** es la siguiente:

IEE ACS = 0,5	CLASE A	
	Demanda	Sistema
	****	****

Si quisiéramos obtener una **Calificación B**, encontraríamos un mayor número de alternativas de combinaciones entre los indicadores de la demanda y de los sistemas:

IEE ACS = 0,5	CLASE B					
	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
	Demanda	Sistema	Demanda	Sistema	Demanda	Sistema
	***	*	**	**	*	***

Nótese que en la opción 1, el diseño pone mayor énfasis en la mejora de la eficiencia energética de la demanda, lo que implica la consideración de aspectos relacionados con el diseño arquitectónico, la definición de la envuelta y las estrategias pasivas de captación. La opción 3 por el contrario plantea la elección de mejores sistemas de calefacción para reducir el consumo, no teniendo planteando soluciones que mejoren la eficiencia en los aspectos de la demanda. Por último, la opción 2 busca el equilibrio entre ambos factores.

En la opción informática, en función de la calificación deseada se puede elegir el énfasis que se quiere poner en la demanda o en los sistemas de forma porcentual

En el ejemplo elegido, en el que se opta por la obtención de la Clase A, tendremos que obtener un nivel de eficiencia energética de ******** tanto en demanda como en sistemas de calefacción.

El paso siguiente es localizar en las TABLAS 2 y 3 las opciones que tenemos para la obtención de los Indicadores de Eficiencia Energética de Demanda (IEE_{DC}) y de Sistemas de Calefacción (IEE_{SC}). Este paso se explica en los puntos siguientes.

2.1.2 Soluciones para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de la Demanda de Calefacción (IEE_{DC})

En la **TABLA 2: Soluciones para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de la Demanda de Calefacción (IEE_{DC})**, que se elegirá según la zona climática y la tipología del edificio, y según el nivel de eficiencia que nos ha indicado la TABLA 1, podemos ver las diferentes alternativas que hay que cumplir en función de los siguientes parámetros y algunas recomendaciones en el diseño:

Nivel de aislamiento

El nivel de aislamiento viene definido por el Indicador de Eficiencia Energética Opaco (IEE_{OPACO}), que a su vez depende de la compacidad de la edificación y de un valor en función de las áreas y transmitancias de suelos, muros y cubiertas (U_{OPACO}). Las estrategias de mejora que se recomiendan para mejorar estos parámetros son:

En la medida de lo posible, aumentar el valor de la compacidad mediante la reducción del área

de transmisión de la envolvente térmica (A_T). Esto implica diseñar edificios más compactos. Disminuir el valor de la U_{OPACO} reduciendo las transmitancias térmicas de los diferentes elementos mediante la incorporación o aumento de materiales aislantes o soluciones alternativas.

Se establecen 4 niveles en función de la eficiencia energética de la solución de aislamiento de la envolvente. De menor a mayor son las siguientes:

D = Decretada

Para soluciones de cumplimiento estricto del CTE_HE1 de las calidades de los sistemas constructivos empleados en edificios de baja y media compactidad.

C = Corregida

Para calidades medias en soluciones de sistemas constructivos en edificios de baja y media compactidad.

B = Buena

Para buenas calidades en soluciones de sistemas constructivos en edificios de baja, media, e incluso de alta compactidad.

A = Alta Eficiencia

Para óptimas calidades en soluciones de sistemas constructivos en edificios de media y alta compactidad.

Tratamiento de los puentes térmicos

Para mejorar este parámetro es necesario identificar y aplicar las soluciones constructivas que contribuyan a reducir la existencia de puentes térmicos, por ejemplo soluciones de aislamiento por el exterior.

Se establecen 3 niveles en función de la eficiencia energética de la solución constructiva. De menor a mayor:

D = Decretada

Para soluciones de cumplimiento estricto del CTE

B = Buena

Para soluciones constructivas donde se mejora el comportamiento de los puentes térmicos, por ejemplo, soluciones de forjados completos o al menos el primer entrevigado con bovedillas de Poliestireno Expandido (EPS).

A = Alta Eficiencia

Para soluciones constructivas donde se busca especialmente la eliminación de todos los puentes térmicos, por ejemplo, aislamiento en la cara exterior.

Tratamiento de ventilación e infiltración e aire

El indicador que recoge la contribución de la ventilación en la definición de la demanda de calefacción depende del nivel de renovación de aire (renov./hora), de la zona climática y tipo de edificio. Para mejorar los valores se pueden incorporar sistemas de ventilación controlada.

Se establecen 3 niveles en función de la eficiencia energética de la solución para el control de la ventilación. De menor a mayor:

D = Decretada

Para soluciones de cumplimiento estricto del CTE_HS3.

B = Buena

Para soluciones de renovaciones/hora sólo en zonas críticas (cocina y baños) + control de presencia.

A = Alta Eficiencia

Para soluciones de renovaciones/hora sólo en zonas críticas (cocina y baños) + control de presencia + rejillas autoregulables.

Calidad de los huecos

El parámetro de calidad de huecos depende de la superficie de los huecos acristalados, de sus características aislantes así como de su distribución por orientaciones. Por tanto, las estrategias para mejorar el valor son controlar el área total de huecos acristalados del edificio, repartir el porcentaje de dicha superficie en función de la orientación para conseguir una mayor superficie de huecos captadores a sur, sures y suroeste y reducir la transmitancia térmica media de huecos del edificio.

Se establecen 3 niveles en función de la eficiencia energética de las características necesarias en los huecos. De menor a mayor:

D = Decretada

Para soluciones de cumplimiento estricto del CTE_HE1 de calidades de ventanas según el porcentaje de huecos en la vivienda y sus respectivas orientaciones.

B = Buena

Para soluciones de calidades medias de ventanas según el porcentaje de huecos en la vivienda y sus respectivas orientaciones.

A = Alta Eficiencia

Para soluciones de óptimas calidades de ventanas según el porcentaje de huecos en la vivienda y sus respectivas orientaciones.

A partir de la alternativa obtenida a partir de la TABLA 1 para nuestro ejemplo, obtenemos las combinaciones posibles para alcanzar las **** necesarias en el IEE_{DC}

IEE ACS = 0,5	CLASE A	
	Demanda	Sistema
	****	****

TABLA 2: Zona climática C3. Tipología Bloque. Obtención del Indicador de Eficiencia Energética de la Demanda de Calefacción IEE_{DC}

SOLUCIÓN	Nivel Aislamiento				Tratamiento Puentes Térmicos			Trat. de Ventilación e Infiltración			Calidad de huecos		
	D	C	B	A	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1				x			x			x			x
2				x		x				x			x
3				x			x			x		x	
4				x		x				x		x	
5			x			x				x	x		
6			x		x					x	x		
7			x			x		x					x
8		x				x				x			x
9			x		x			x					x
10			x			x			x		x		
11		x					x		x				x
12			x			x		x				x	
13				x	x			x			x		
14		x			x					x			x
15		x				x				x		x	
16			x		x				x		x		
17		x					x			x	x		
18			x				x	x			x		
19		x				x			x				x
20			x		x			x				x	
21		x					x		x			x	
22			x			x		x			x		
23		x					x	x					x
24		x				x				x	x		
25		x			x					x		x	
26		x			x				x				x
27		x				x			x			x	
28			x		x			x			x		
29		x					x		x		x		
30	x						x			x			x
31		x				x		x					x

En esta tabla podemos ver las combinaciones posibles (soluciones 2 y 3) para cumplir con los requisitos que se habían establecido en el punto anterior, referente a las alternativas de obtención del IEE_{DC}. Se señalan con una cruz las opciones para cada solución

En la aplicación informática únicamente se muestran las opciones para la obtención del IEE_{DC} deseado.

Si elegimos, por ejemplo, la solución 3, la tabla nos indica las condiciones necesarias, que son las siguientes:

- Nivel de aislamiento: A - Alta Eficiencia
- Tratamiento de puentes térmicos: A - Alta Eficiencia
- Tratamiento de la ventilación e infiltración de aire: A - Alta Eficiencia
- Calidad de huecos: B - Buena

2.1.3 Soluciones para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de los Sistemas de Calefacción, IEE_{sc}

En la **TABLA 3: Soluciones para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Sistemas de Calefacción (IEE_{sc})**, y según el nivel de eficiencia que nos ha indicado la TABLA 1, podemos ver las diferentes alternativas que hay que cumplir en función del tipo de instalación y el combustible utilizado:

IEE ACS = 0,5	CLASE A	
	Demanda	Sistema
	****	****

TABLA 3. Zona climática C3. Tipología bloque. Obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Sistemas de Calefacción IEE_{sc}

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica		Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Efecto Joule	Biomasa
		Hor.	Vert.	Cble. G.N.	Cble. G.N.	Cble. GLP	Cble. GLP	Cble. Líquido	Cble. Líquido			
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7	TIPO 8	TIPO 9	TIPO 10	TIPO 11	TIPO 12	
			A									
			B									
		A	C									
		B	D		rend=0.93 rend=0.90							
		C	E	rend=0.93 rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84	rend=0.87 rend=0.84							
		D	F				rend=0.93 rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84					
						rend=0.93 rend=0.90						
A	A	E				rend=0.87 rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84				rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84		
B	B	F										
C	C							rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87				

En este ejemplo sólo existe una alternativa para alcanzar **** en la demanda de sistemas, que es la bomba de calor geotérmica con disposición de tuberías en vertical. Sin embargo se pueden usar los sistemas que proporcionan una mejor eficiencia, como es el caso de las calderas de biomasa.

2.2 Obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Refrigeración (IEE_R)

Para alcanzar la calificación deseada es preciso definir el valor del IEE_R que conduce a los valores correspondientes a la letra, en nuestro caso A. Ello implica diversas alternativas en función de las características del edificio, tanto de su diseño arquitectónico como de las estrategias que mejoren las condiciones de confort en verano, así como de los sistemas instalados de refrigeración. Por ello, en esta etapa hay que definir las diversas alternativas que nos permiten conseguir la calificación que se pretende.

2.2.1 Alternativas para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de refrigeración (IEE_R)

Como se explicaba en los apartados anteriores, una vez definida la zona climática, el tipo de edificio, la calificación energética que deseamos obtener y el tipo de sistema de producción de ACS, para conocer las posibles combinaciones para este indicador de refrigeración deberemos seleccionar la **TABLA 4: Alternativas de obtención del IEE_R** para la zona climática y la tipología del edificio con el que estamos trabajando.

En nuestro ejemplo, para un edificio en bloque ubicado en Granada, zona C3, la tabla correspondiente es:

TABLA 4: Zona climática C3. Tipología bloque. Alternativas de obtención del IEE_R .

C3 BLOQUE	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	--	--
	*****	***	****	**
	--	--	***	*****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	--	--
	****	***	****	**
	***	*****	***	****

Según el ejemplo seleccionado, tenemos un sistema de producción de ACS mejorado (IEE ACS = 0,5) y queremos obtener una **calificación A**, luego la opción que nos ofrece la TABLA 4 es la siguiente:

IEE ACS = 0,5	CLASE A	
	Demanda	Sistema
	****	***

Para ilustrar el proceso y ampliando el ejemplo, si quisiéramos obtener una calificación B, encontraríamos mayor número de posibilidades para la demanda y los sistemas:

IEE ACS = 0,5	CLASE B			
	Opción 1		Opción 2	
	Demanda	Sistema	Demanda	Sistema
	****	**	***	****

Al optar por la obtención de la **Clase A**, el siguiente paso será buscar las **TABLAS 5 y 6** para conocer las opciones tenemos para la obtención de los Indicadores de Eficiencia Energética de Demanda (IEE_{DR}) y de Sistemas de Refrigeración (IEE_{SR}). Este paso se explica en siguientes apartados.

2.2.2 Soluciones para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de la Demanda de Refrigeración (IEE_{DR})

En la **TABLA 5: Soluciones para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de la Demanda de refrigeración, IEE_{DR}** , y según el nivel de eficiencia que resulta de la TABLA 4 en función de las decisiones previas adoptadas, podemos ver las diferentes alternativas que hay que cumplir en función de los siguientes parámetros. Asimismo se indican estrategias de mejora para cada uno de estos parámetros.

Ventilación nocturna

Dadas las características de verano de las zonas climáticas de verano en Andalucía, se incorpora esta estrategia pasiva para mejorar el comportamiento de la edificación en los meses cálidos. Se establecen 3 niveles de ventilación nocturna para asignar la eficiencia energética de la solución. De menor a mayor serían:

D = Decretada

Para soluciones de cumplimiento estricto del CTE con 4 renovaciones/hora + ventilación nocturna.

B = Buena

Para soluciones con 6 renovaciones/hora + ventilación nocturna.

A = Alta Eficiencia

Para soluciones con 10 renovaciones/hora + ventilación cruzada + control mecánico.

Control solar de huecos orientados a SE/SO/E/O

En función de la protección de los huecos a la radiación solar en los periodos cálidos se establecen diferentes niveles de eficiencia energética. Como estrategias para la mejora del diseño se propone incorporar protecciones, móviles o fijas, propias o lejanas, en función de las necesidades de radiación para cada orientación (SE/E/O/SO) y mejorar el factor solar de los vidrios de las ventanas.

Se establecen 3 niveles en función de la eficiencia energética de la solución. De menor a mayor:

D = Decretada

Para soluciones de cumplimiento estricto del CTE sin elementos de protección solar (Factor solar modificado del CTE)

B = Buena

Para soluciones de elementos de protección solar media (Factor solar modificado medio según zonas climáticas de refrigeración)

A = Alta Eficiencia

Para soluciones de elementos de protección solar completa (Factor solar modificado = 0,15)

Control solar de huecos orientados a Sur.

Al igual que en los vidrios orientados a SE/SO/E/O se establecen 3 niveles en función de la eficiencia energética de la solución. De menor a mayor:

D = Decretada

Para soluciones de cumplimiento estricto del CTE sin elementos de protección solar (Factor solar modificado del CTE)

B = Buena

Para soluciones de elementos de protección solar media (Factor solar modificado medio según zonas climáticas de refrigeración)

A = Alta Eficiencia

Para soluciones de elementos de protección solar completa (Factor solar modificado = 0,15)

En este extracto de la TABLA 4 para la zona climática C3 y tipología de bloque recordamos las combinaciones posibles para cumplir con los requisitos que se habían establecido en el punto anterior, referente a las alternativas de obtención del IEE_r . Se señalan con una cruz las opciones para cada solución.

IEE ACS = 0,5	CLASE A	
	Demanda	Sistema
	****	***

TABLA 5: Zona climática C3. Tipología Bloque. Obtención del Indicador de Eficiencia Energética de la Demanda de Refrigeración (IEE_{DR})

SOLUCIÓN	Ventilación Nocturna			control solar huecos SE/SO/E/O			control solar huecos Sur		
	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1			x			x			x
2		x				x			x
3	x					x			x
4			x			x		x	
5			x		x				x
6		x				x		x	
7		x			x				x

En este caso observamos que existe una solución posible, la nº 2. La tabla nos indica las condiciones necesarias para cumplir, que son las siguientes:

- Ventilación nocturna: B-Buena
- Control solar de huecos a SE/SO/E/O: A-Alta Eficiencia
- Control solar de huecos a Sur: A-Alta Eficiencia

2.2.3 Soluciones para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de los Sistemas de Refrigeración (IEE_{SR})

En la TABLA 6: Soluciones para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Sistemas de Refrigeración, (IEE_{SR}) y según el nivel de eficiencia que nos ha indicado la TABLA 4, podemos ver las diferentes alternativas que hay que cumplir en función del tipo de instalación y el combustible utilizado:

IEE ACS = 0,5	CLASE A	
	Demanda	Sistema
	****	***

TABLA 6: Zona climática C3. Tipología Bloque. Obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Sistemas de Refrigeración (IEE_{SR})

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz. en viviendas	Aparatos Centraliz. en Bloque	BdC geotérmica	
	TIPO 2	TIPO 3	Hor. TIPO 4	Vert. TIPO 5
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3		A
				B
			A	C
			B	D
			C	E
			D	F
			E	
			F	
			G	
EDIFICIOS SIN SISTEMA (SISTEMA DE SUSTITUCIÓN)				

En este caso existen únicamente dos alternativas:

Solución 1.- Bomba de calor geotérmica con disposición de tuberías en vertical.

Solución 2.- Bomba de calor geotérmica con disposición de tuberías en horizontal.

Los rendimientos necesarios quedan definidos según las letras que aparecen en el cuadro.

2.2.4 Cumplimentación de la Ficha de Toma de Decisiones - Etapa 2

Para el caso que hemos elegido como ejemplo, la Ficha de Toma Previa de Decisiones quedaría de la siguiente manera:

FICHA 1. TOMA PREVIA DE DECISIONES

ETAPA 1. SELECCIÓN DE PARÁMETROS BÁSICOS DEL EDIFICIO

ZONA CLIMÁTICA A3 A4 B3 B4 C3 C4

TIPO DE EDIFICIO Unifamiliar Bloque

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DESEADA A B

ETAPA 2. OBTENCIÓN DE LOS INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

ETAPA 2

TIPO DE SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ACS Base Mejorada

ALTERNATIVAS PARA LA OBTENCIÓN DEL IEE CALEFACCIÓN

DEMANDA SISTEMAS	Combinación de colores					Elección solución N°	
							Solución 3
		<input checked="" type="checkbox"/>				Tipo	Rendimiento

ALTERNATIVAS PARA LA OBTENCIÓN DEL IEE REFRIGERACIÓN

DEMANDA SISTEMAS	Combinación de colores					Elección solución N°	
							Solución 2
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Tipo	Rendimiento

ETAPA 3. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS

Transmitancias Térmicas

U_{opaco} U_{cm} U_{Mm} U_{Sm}

Puentes Térmicos

Contorno de huecos Frente de forjados Forjado-cubierta

Ventilación


Renovaciones/ Solución n° Escenario seleccionado Ventilación nocturna

Calidad de huecos

% acristalado % huecos captores $U_{HUECOS} - U_{Mm}$ U_{HUECOS}

Control solar de huecos

$F_s \text{ mod. S}$ $F_s \text{ mod. SE}$ $F_s \text{ mod. SO}$ $F_s \text{ mod. E}$ $F_s \text{ mod. O}$

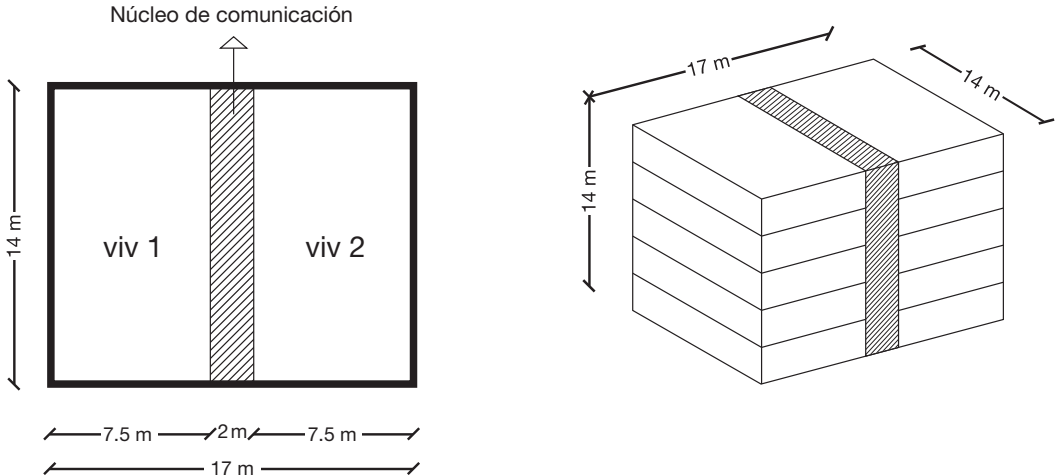


ETAPA 3.
Determinación
de los
Parámetros
Característicos

ETAPA 3. Determinación de los Parámetros Característicos

Para el desarrollo de este punto necesitaremos conocer las características volumétricas y algunos datos sobre los huecos del edificio que se quiere diseñar.

Se ha elegido, a modo de ejemplo, un edificio en bloque rectangular, con cubierta plana, y con las siguientes características:



- Altura: $B + 4$ (14 m)
- Superficie útil total: $1.020 \text{ m}^2 \times 0,8 = 952 \text{ m}^2$
- Medidas en planta: 17 x 14 m. Incluye dos viviendas de 7,5 m x 14 m + núcleo de comunicación de 2 m de ancho + espesor de muros.
- Volumen: $V = 17\text{m} \times 14\text{m} \times 14\text{m} = 3.332 \text{ m}^3$
- Área total de la envolvente: $A_T = 1.344 \text{ m}^2$
- Área de cerramiento a S/N = $14 \times 17 = 238 \text{ m}^2$
- Área de cerramiento a E/O = $14 \times 14 = 196 \text{ m}^2$
- Porcentaje de huecos: 20 %
- Superficie huecos a N: $47,60 \text{ m}^2$
- Superficie huecos a E: $39,20 \text{ m}^2$
- Superficie huecos a O: $39,20 \text{ m}^2$
- Superficie huecos a S: $47,60 \text{ m}^2$
- Compacidad: $C = V/A_T = 2,5$
- Área de fachada / Área de cubierta: 3,64

La introducción de los datos para la descripción del edificio en la opción informática se explica en el Anexo III

3.1 Obtención de soluciones y valores para las Transmitancias Térmicas

En función de las características volumétricas y el diseño inicial del volumen, y teniendo en cuenta los niveles de eficiencia definidos para cada parámetro en el paso anterior es posible definir los valores de transmitancia térmica necesarios para los elementos que componen la envolvente.

3.1.1 Obtención de la Transmitancia Térmica Media del Edificio Opaco (U_{OPACO})

Para la obtención de este factor necesitamos conocer la compacidad del edificio que estamos diseñando. En el ejemplo elegido la compacidad tiene el siguiente valor: $C = V/A_T = 2,5$

En función del tipo de edificio y la zona climática donde estamos trabajando, se determina a partir de la **TABLA 7** los Valores de la Transmitancia Térmica Media del Edificio Opaco, U_{OPACO} , en función de la Compacidad y el nivel de Eficiencia Energética.

TABLA 7. Zona climática C. Tipología Bloque. Valores del U_{OPACO} en función de la Compacidad y nivel de Eficiencia Energética

Compacidad	A=Alta eficiencia	B=Bueno	C=Corregido	D=decretado
<2.0	-	-	0.45	0.65
2.0-2.5	-	0.35	0.60	CTE
2.5-3.0	0.30	0.40	0.70	CTE
3.0-3.5	0.35	0.50	CTE	CTE

Cuando se indica CTE, implica el cumplimiento estricto de los valores máximos de transmitancia definidos por el Código Técnico de la Edificación para cada elemento de la envolvente.

El nivel de eficiencia energética se refiere a la Transmitancia Térmica Media del Edificio Opaco (IEE_{OPACO}), que a su vez depende las transmitancias térmicas de muros, suelos, cubiertas y cerramientos en contacto con el terreno, según la siguiente expresión:

$$U_{opaco} = \frac{U_{Mma} \times (A_{TM} + A_{TH}) + U_{SM} \times A_{TS} + U_{CM} \times A_{TC} + U_{TM} \times A_{CT}}{AT}$$

(W/m²K)

En el caso del ejemplo elegido la compacidad tiene el valor $C=V/A_T=2,5$ y la solución que se había seleccionado para el Indicador de Eficiencia Energética de la Demanda de Calefacción (IEE_{DC}) era la solución 3, que nos indicaba las siguientes condiciones a cumplir:

- Nivel de aislamiento: A

- Tratamiento de puentes térmicos: A
- Tratamiento de la ventilación e infiltración de aire: A
- Calidad de huecos: B

Con las condiciones anteriormente descritas se selecciona el valor en la tabla correspondiente a la zona climática C y tipología Bloque:

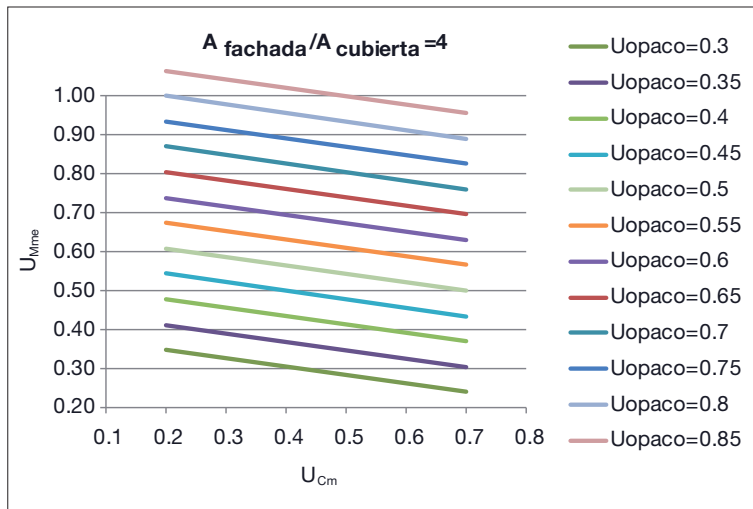
Compacidad	A=Alta eficiencia	B=Bueno	C=Corregido	D=decretado
<2.0		-	0.45	0.65
2.0-2.5		0.35	0.60	CTE
2.5-3.0	0.30	0.40	0.70	CTE
3.0-3.5	0.35	0.50	CTE	CTE

El valor de la Transmitancia Térmica Media del Edificio Opaco para el edificio es $U_{OPACO} = 0,3$

3.1.2 Obtención de las Transmitancias Térmicas de Cubiertas y de Muros

Una vez obtenidos los valores de de la Compacidad y la Transmitancia Térmica del Edificio Opaco, para el siguiente paso es necesario el uso de la **TABLA 8: Obtención de la transmitancia térmica de fachadas y cubierta respecto a la relación $A_{fachada}/A_{cubiertas}$ y U_{opaco}**

Hay que seleccionar la tabla correspondiente en función del valor de la relación entre ambas superficies. En el caso del ejemplo, con una relación de 3.64, la tabla es la siguiente:



En esta tabla podemos entrar decidiendo previamente el valor de la Transmitancia Térmica media del Muro (U_{Mm}) o el de la Cubierta (U_{Cm}).

Si elegimos como valor de entrada el de la Transmitancia Térmica del Muro el proceso sería el siguiente. Primero definimos el tipo de muro con la ayuda de las gráficas de valores:

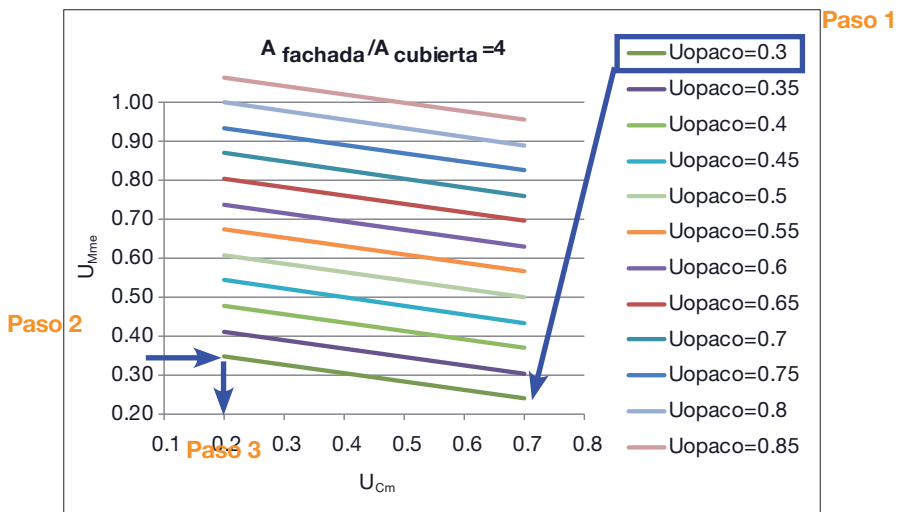
Muro compuesto, de exterior a interior, por revoco + 8 cm de EPS + 19 cm de bloque cerámico aligerado + yeso:

EPS: $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$

Espesor total del muro: $4+19+2 = 25 \text{ cm}$

$U_{Mm} = 0,36 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$

Con este valor y el del $U_{OPACO} = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ entramos en la tabla para obtener el valor de la Transmitancia Térmica media de la Cubierta (U_c):



La elección de este nivel de aislamiento para el muro implica conseguir una transmitancia media de cubiertas de $U_{cm} = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$.

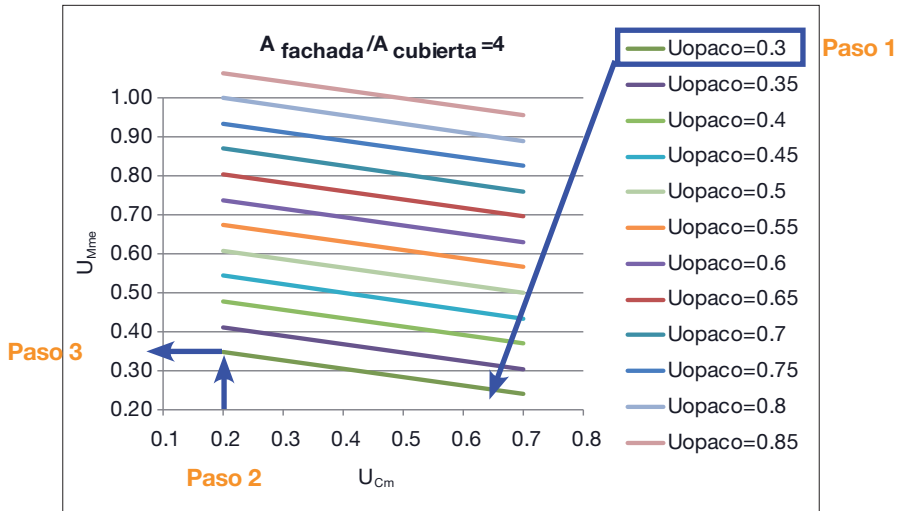
Si definiéramos primero las características de la cubierta con las siguientes características, en el caso del ejemplo se elige:

Cubierta plana transitable compuesta, de interior a exterior, por: yeso + forjado de hormigón + barrera de vapor + hormigón celular + lámina asfáltica + XPS tipo SL-A (10 cm) + losa filtrante:

Área de cubierta: 204 m^2

XPS: $\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$.

$U_{cm} = 0,27 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$



Con este valor y el del $U_{OPACO} = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ entramos en la tabla para obtener el valor de la Transmitancia Térmica media del Muro (U_{Mm}):

El valor obtenido para la Transmitancia Térmica media del Muro es $U_{Mm} = 0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$

3.1.3 Obtención de las Transmitancias Térmicas de Suelos

La obtención de la Transmitancia Térmica media de los Suelos se realiza asignándole un valor porcentual del **60%** respecto a los valores adoptados en la cubierta. Para el caso que hemos elegido, sería el siguiente:

$$U_{Sm} = 0,6 \times U_{Cm} = 0,6 \times 0,27 = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$$

3.2 Obtención de los valores y soluciones de Puentes Térmicos

Según los parámetros definidos en el paso anterior, el nivel de eficiencia de los puentes térmicos para alcanzar la calificación A con nuestro edificio es:

Nivel de aislamiento: A

Tratamiento de puentes térmicos: A

Tratamiento de la ventilación e infiltración de aire: A

Calidad de huecos: B

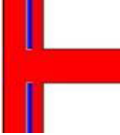
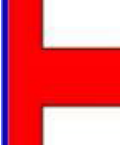


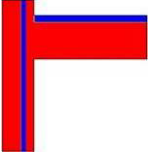
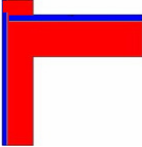
Para alcanzar este nivel, es preciso consultar la **TABLA 9. Valores del Factor Corrector de Puente Térmico (fpt) en función del nivel de eficiencia energética a alcanzar**, en la que se referencias diversas soluciones constructivas para cada uno de los posibles puentes térmicos.

Puentes térmicos	Puentes térmicos		
	Decretada	Buena	Alta eficiencia
frente forjados	Ff1	Ff2	Ff3
contorno de huecos	Ff4	Ff5	Ff6
encuentro fachada-forjado de cubierta	Ff7	Ff8	Ff9

En nuestro caso, debemos alcanzar las siguientes soluciones

Frente de forjados	Ff3
Contorno de hueco	Ff6
Encuentro fachada-forjado de cubierta	Ff9

Las soluciones constructivas que corresponden a estos códigos se encuentran en el Anexo II. Soluciones Técnicas y serían las dos siguientes, teniendo en cuenta las apreciaciones que se hacen:

		Opción 1	Opción 2
Frente de forjados	Ff3	 <p>Se puede utilizar considerando al menos la primera hilera de Forjado de bovedillas de EPS mecanizado de espesor > 25cm o de bovedillas de EPS moldeado de espesor > 30cm o un espesor de aislante > 7cm. y frente de forjado emparchado con un espesor de aislante > 2cm.</p>	 <p>Diseño de la envolvente con un sistema de aislamiento por el exterior que pase por delante de la cara exterior del forjado.</p>
Contorno de hueco	Ff6	 <p>Es preciso el doblado de la hoja de aislante hasta el encuentro con el premarco de la ventana con un espesor >4cm. o mediante PUR proyectado de 3cm.</p>	 <p>Diseño de la envolvente con un sistema de aislamiento por el exterior que se prolongue en las jambas de la ventana en caso de carpintería en la cara interna del muro.</p>
Encuentro fachada-forjado de cubierta	Ff9	 <p>Es preciso el doblado de la hoja de aislante hasta el encuentro del aislante de cubierta con un espesor >5cm. o colocación de al menos la primera hilera de Forjado de bovedillas de EPS mecanizado de espesor > 25cm o de bovedillas de EPS moldeado de espesor > 30cm.</p>	 <p>Diseño de la envolvente con un sistema de aislamiento por el exterior continuo en el encuentro con la cubierta.</p>

3.3 Obtención de los valores y soluciones para la ventilación

La ventilación en el edificio se trata de dos aspectos. Por un lado, en la demanda de la calefacción cuantificada en el IEE_{DC} se contempla el tratamiento de la ventilación e infiltración de aire mediante los valores del IEE_{vent} . Asimismo es posible considerar estrategias de ventilación nocturna para mejorar las condiciones de confort en los meses cálidos, quedando recogido este parámetro en el IEE_{DR} . A continuación se describe el procedimiento de obtención de los valores y soluciones para estos dos parámetros.

3.3.1 Obtención de los valores para el tratamiento de la ventilación e infiltración de aire

Para definir las características de nuestro edificio en relación a la ventilación es necesario consultar la **Tabla 10. Valores del Indicador de Eficiencia Energética debido a la Ventilación (IEE_{vent}) en función del nivel de eficiencia energética a alcanzar.**

Según los pasos anteriores, para nuestro edificio, situado en la zona C, las soluciones a adoptar serían la de que proporciona una solución de Alta eficiencia:

Nivel de aislamiento: A

Tratamiento de puentes térmicos: A

Tratamiento de la ventilación e infiltración de aire: A

Calidad de huecos: B

Entrando en la tabla correspondiente con un valor típico de renovaciones hora en viviendas de 0,70, el resultado sería:

ren/hora	Ventilación		
	Decreitada	Buena	Alta eficiencia
> 0,50	CTE	4	3
0,50 < 0,75	4	3	2
> 1,00	3	2	1

La solución resultante es la número 2, que implica que, según la lectura de la tabla, menos del 15% debe estar acristalado, la permeabilidad de ventanas debe ser de $\leq 27 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$, debe existir control de presencia y rejillas autorregulables.

3.3.2 Obtención de los valores para la ventilación nocturna

Según la alternativa elegida para nuestro ejemplo para la obtención de las **** en el Indicador de Eficiencia Energética de Demanda de Refrigeración (IEE_{DR}) necesitaríamos obtener una ventilación nocturna con una solución **B-Buena**. Según los criterios definidos en el apartado 2.2.2, esto implica el diseño de una solución que proporcione soluciones con **6 renovaciones/hora** en la ventilación nocturna.

3.4 Obtención de los valores de transmitancias térmicas y soluciones para huecos

3.4.1 Obtención del valor Diferencia entre la Transmitancia Térmica Media de Huecos del Edificio y la Transmitancia Térmica Media de Muros del Edificio, $U_{Hm}-U_{Mm}$

El primer paso para la obtención de este valor es la selección de la **TABLA 11: Obtención del valor $U_{Hm}-U_{Mm}$** . Para la elección de la misma necesitamos conocer el valor del porcentaje de huecos del edificio.

En el ejemplo, dicho porcentaje es del 20%, luego se elige la tabla correspondiente para la zona climática C y la tipología Bloque:

% de superficie de huecos 10 - 20 %			
% de huecos captores	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	1.5	1.5	2.5
25 – 50%	1.5	2.0	2.5
50 – 75%	1.5	2.5	3.5
> 75%	2.5	3.0	4.0

Para entrar en la tabla se necesita conocer la calidad de huecos requerida y el porcentaje de huecos captores. La solución que se había seleccionado para el Indicador de Eficiencia Energética de la Demanda de Calefacción (Solución 3), IEE_{DC} , nos indicaba las siguientes condiciones a cumplir:

Nivel de aislamiento: A

Tratamiento de puentes térmicos: A

Tratamiento de la ventilación e infiltración de aire: A

Calidad de huecos: B

El porcentaje de huecos captores, según los datos del edificio utilizado como ejemplo, es el siguiente:

- Superficie huecos a N: 47,60 m²
- Superficie huecos a E: 39,20 m²
- Superficie huecos a O: 39,20 m²
- Superficie huecos a S: 47,60 m²
- Superficie total de huecos = 173,60 m²

Superficie de huecos captores: En el ejemplo son todos los huecos a sur = 47,60 m²

Porcentaje de huecos captores = 27,40 %

Para que un hueco sea considerado como captor es preciso que no tenga obstrucciones solares en los meses de invierno.

Para la comprobación de huecos captores, se pueden utilizar las siguientes tablas justificativas del documento reconocido Procedimiento Simplificado Viviendas CE2

Tabla de justificación del cumplimiento de condiciones de captación solar. Sur

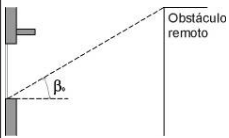
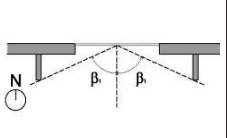
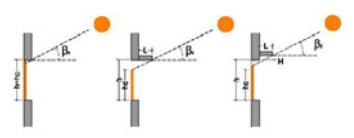
Huecos a Sur	Área huecos orientados a sur (m ²)	Condición 1 ^I		Condición 2 ^{II}		Factor de corrección por obstrucción vertical FC ^{III}		
		Latitud	β_0	Latitud	β_1	Latitud	K	β_2
		>41°	< 22°	>41°	> 65°	>41°	0,73	36°
	$38^\circ \leq L \leq 41^\circ$	< 23°	$38^\circ \leq L \leq 41^\circ$	> 60°	$38^\circ \leq L \leq 41^\circ$	0,78	38°	
	< 38°	< 25°	< 38°	> 60°	< 38°	0,84	40°	
Descripción	 <p>Sección</p>	 <p>Planta</p>	 <p>Sección</p>					
	β_0	β_1	a) $FC = \frac{hc}{h}$ b) $FC = 1 + \frac{H}{h} - \frac{L}{h} \cdot K$					

Tabla de justificación del cumplimiento de condiciones de captación solar. Sureste

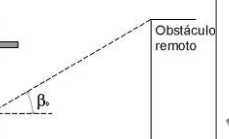
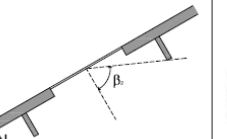
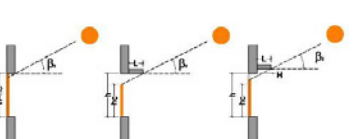
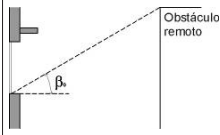
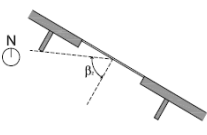
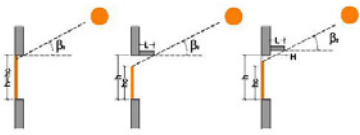
Huecos a Sureste	Área huecos orientados a SE (m ²)	Condición 1 ^I		Condición 2 ^{II}		Factor de corrección por obstrucción vertical FC ^{III}		
		Latitud	β_0	Latitud	β_1	Latitud	K	β_2
		>41°	< 10°	>41°	> 65°	>41°	0,73	36°
	$38^\circ \leq L \leq 41^\circ$	< 12°	$38^\circ \leq L \leq 41^\circ$	> 60°	$38^\circ \leq L \leq 41^\circ$	0,78	38°	
	< 38°	< 15°	< 38°	> 60°	< 38°	0,84	40°	
Descripción	 <p>Sección</p>	 <p>Planta</p>	 <p>Sección</p>					

Tabla de justificación del cumplimiento de condiciones de captación solar. Suroeste

Huecos a Suroeste	Descripción	Condición 1 ^I		Condición 2 ^{II}		Factor de corrección por obstrucción vertical FC ^{III}		
		Latitud	β_0	Latitud	β_1	Latitud	K	β_2
		$>41^\circ$	$< 10^\circ$	$>41^\circ$	$> 65^\circ$	$>41^\circ$	0,73	36°
$38^\circ \leq L \leq 41^\circ$	$< 12^\circ$	$38^\circ \leq L \leq 41^\circ$	$> 60^\circ$	$38^\circ \leq L \leq 41^\circ$	0,78	38°		
$< 38^\circ$	$< 15^\circ$	$< 38^\circ$	$> 60^\circ$	$< 38^\circ$	0,84	40°		
A_H	Área huecos orientados a SO (m ²)							
		Sección		Planta		Sección		
		β_0		β_1		a) $FC = \frac{hc}{h}$ b) $FC = 1 + \frac{H}{h} - \frac{L}{h} \cdot K$		

^I Si no existen obstáculos remotos $\beta_0 = 0$, luego se cumple esta condición.

^{II} Si no existen obstáculos laterales β_1 estará determinado por el retranqueo de la ventana respecto a la cara exterior del cerramiento.

^{III} El factor de corrección (FC) se puede calcular de dos formas:

- Mediante procedimientos gráficos como el cociente hc/h , utilizando para ello el ángulo β_2 que depende de la latitud del lugar.
- Mediante la ecuación que depende de la longitud del voladizo (L) y la distancia vertical respecto al dintel de la ventana (H), utilizando el parámetro K, que depende de la latitud del lugar. Si el resultado de esta ecuación fuese mayor de la unidad, se tomará como valor 1.

Con los datos de la superficie de huecos y de huecos captore, entramos en la tabla anterior:

% de superficie de huecos: 10 - 20 %			
% de huecos captore	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	1.5	1.5	2.5
25 – 50%	1.5	2.0	2.5
50 – 75%	1.5	2.5	3.5
> 75%	2.5	3.0	4.0

Obtenemos que el valor correspondiente a $U_{Hme} - U_{Mme} = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

Con este valor podemos hallar la Transmitancia Térmica Media de Huecos del Edificio U_{Hm} , ya que conocemos el valor de la Transmitancia Térmica Media de Muros del Edificio U_{Mm} (hallada en el punto 3.1.2):

$$\begin{aligned}
 U_{Hm} - U_{Me} &= 2,0 \text{ W/m}^2\text{K} \\
 U_{Mm} &= 0,36 \text{ W/m}^2\text{K} \\
 U_{Hm} &= 2,0 + U_{Mm} = 2,0 + 0,36 = 2,36 \text{ W/m}^2\text{K}
 \end{aligned}$$

Luego el valor hallado es: $U_{Hm} = 2,36 \text{ W/m}^2\text{K}$

3.4.2 Obtención de los valores para el control solar de huecos

En el apartado para la obtención de los parámetros que conducen a la obtención del IEE_{DR} necesario para alcanzar la calificación A en la opción elegida para nuestro ejemplo era necesario que el control solar de todos los huecos del edificio fuera del tipo A-Alta eficiencia como se resume a continuación:

- Ventilación nocturna: B-Buena
- Control solar de huecos a SE/SO/E/O: A-Alta Eficiencia
- Control solar de huecos a Sur: A-Alta Eficiencia

Según se describe en el apartado 2.2.2, para alcanzar este nivel es necesario que alcancemos un valor de factor solar modificado de 0,15.

En la **TABLA 12. Valores factor solar de vidrios en función del nivel de eficiencia energética a alcanzar** se encuentran los valores para la elección del tipo de vidrio. En nuestro caso, podemos utilizar un vidrio doble de baja emisividad con permeabilidad media con un factor solar (g) de 0,55.

En el Anexo II de soluciones técnicas se encuentran los valores de factores de sombra en función de la solución de protección solar elegida en el diseño así como la metodología de

cálculo para las sombras propias. Para alcanzar el valor de factor solar modificado de 0,15 es preciso contemplar elementos de sombra que como máximo tengan valores de 0,27.

3.4.3 Cumplimentación de la Ficha de Toma previa de Decisiones

FICHA 1. TOMA PREVIA DE DECISIONES

ETAPA 1. SELECCIÓN DE PARAMETROS BÁSICOS DEL EDIFICIO

ZONA CLIMÁTICA C3

TIPO DE EDIFICIO Bloque

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DESEADA A B

ETAPA 2. OBTENCIÓN DE LOS INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

TIPO DE SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ACS Mejorada

ALTERNATIVAS PARA LA OBTENCIÓN DEL IEE CALEFACCIÓN


DEMANDA SISTEMAS	Combinación de colores					Elección solución N°	
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solución 3	
						Tipo	Rendimiento

ALTERNATIVAS PARA LA OBTENCIÓN DEL IEE REFRIGERACIÓN

DEMANDA SISTEMAS	Combinación de colores					Elección solución N°	
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solución 2	
						Tipo	Rendimiento

ETAPA 3. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS

					ETAPA 3
Transmitancias Térmicas	U_{opaco} 0,30	U_{cm} 0,22	U_{Mm} 0,36	U_{Sm} 0,16	
Puentes Térmicos	Contorno de huecos Ff3	Frente de forjados Ff6	Forjado-cubierta Ff9		
Ventilación	Renovaciones/ 0,70	Solución n° 2	Escenario seleccionado Control + rejillas	Ventilación nocturna 6 renov/h	
Calidad de huecos	% acristalado 10-20%	% huecos captadores 29,91%	$U_{HUECOS} \cdot U_{Mm}$ 2,0	U_{HUECOS} 2,36	
Control solar de huecos	Fs mod. S 0,15	Fs mod. SE	Fs mod. SO	Fs mod. E 0,15	Fs mod. O 0,15



ETAPA 4.
**Selección de
soluciones
constructivas**

ETAPA 4. Selección de soluciones constructivas

A continuación se resumen los parámetros necesarios para la obtención de calificación energética A para el bloque de viviendas situado en Granada que hemos utilizado como ejemplo. Asimismo se indican las **Tablas** de parámetros a utilizar en cada paso y el apartado del **Anexo II. Soluciones técnicas** en el que se pueden encontrar alternativas de diseño diversas para alcanzar los valores necesarios.

Para $IEE_{ACS} = 0,5$

				Eficiencia a conseguir	Parámetro	Valores del ejemplo	Solución técnica	
Valores para la obtención del indicador de eficiencia energética de calefacción A Tabla 1	Demanda Tabla 2	****	Nivel de aislamiento (U_{opaco}) Tabla 7	Alta eficiencia	U_{Mm} Tabla 8	0,36	Gráficas 4 y 6	
					U_{Cm} Tabla 8	0,22	Gráficas 1 y 6	
					U_{Sm}	0,16	Gráficas 3 y 6	
			Tratamiento de puentes térmicos Tabla 9	Alta eficiencia	Contorno huecos	Ff3	Gráficas 10	
						Frente de forjado		Ff6
						Forjado cubierta		Ff9
			Tratamiento de ventilación e infiltración de aire Tabla 10	Alta eficiencia	Sistemas de control	Control de presencia + rejillas regulables	Gráficas 11	
			Calidad de huecos Tabla 11	Buena	U_{Hm}	2,36	Gráficas 2	
					% huecos	10-20%	Según diseño	
	% huecos captadores	27,40%			Según diseño			
Sistemas Tabla 3	****	Bomba de calor	Geotermia vertical	Cualquier rendimiento		Según diseño		
Valores para la obtención del indicador de eficiencia energética de refrigeración A Tabla 4	Demanda Tabla 5	****	Ventilación nocturna	Buena	Renov/hora	6	Gráficas 11	
			Control solar de huecos SE/SO/E/O Tabla 12	Alta eficiencia	Fsmod	0,15	Gráficas 7 y 8	
			Control solar de huecos S Tabla 12	Alta eficiencia	Fsmod	0,15	Gráficas 7 y 8	
	Sistemas Tabla 6	***	Bomba de calor	Geotermia vertical	Cualquier rendimiento		Según diseño	





**Documentos
para la
aplicación de
esta guía**

DOCUMENTOS PARA LA APLICACIÓN DE ESTA GUÍA

5.1 FICHA DE TOMA PREVIA DE DECISIONES

FICHA 1. TOMA PREVIA DE DECISIONES

ETAPA 1. SELECCIÓN DE PARÁMETROS BÁSICOS DEL EDIFICIO

ZONA CLIMÁTICA

TIPO DE EDIFICIO

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DESEADA

ETAPA 2. OBTENCIÓN DE LOS INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

TIPO DE SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ACS

ALTERNATIVAS PARA LA OBTENCIÓN DEL IEE CALEFACCIÓN

DEMANDA SISTEMAS	Combinación de colores					Elección solución N°	
						Tipo	Rendimiento

ALTERNATIVAS PARA LA OBTENCIÓN DEL IEE REFRIGERACIÓN

DEMANDA SISTEMAS	Combinación de colores					Elección solución N°	
						Tipo	Rendimiento

ETAPA 3. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS CARÁCTERÍSTICOS

Transmitancias Térmicas

Puentes Térmicos

Ventilación

Calidad de huecos

Control solar de huecos

5.2 TABLAS 1. Alternativas para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Calefacción (IEEC)

Tabla 1. Zona climática A3. Tipología Unifamiliar. Alternativas para la obtención del IEE_C

A3 UNIFAMILIAR	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	*****	**
	--	--	***	****
	--	--	**	*****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	***	**
	*****	*****	***	***
	--	--	**	****

Tabla 1. Zona climática A3. Tipología Bloque. Alternativas para la obtención del IEE_C

A3 BLOQUE	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	*****	*
	--	--	***	***
	--	--	--	--
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	***	*
	*****	*****	**	**
	--	--	*	****

Tabla 1. Zona climática A4. Tipología Unifamiliar. Alternativas para la obtención del IEE_C

A4 UNIFAMILIAR	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	*****	*
	--	--	***	***
	--	--	*	*****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	***	*
	*****	*****	**	**
	--	--	*	****

Tabla 1. Zona climática A4. Tipología Bloque. Alternativas para la obtención del IEE_C

A4 BLOQUE	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	*****	*
	--	--	***	****
	--	--	*	*****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	***	*
	****	*****	**	**
	--	--	*	***

Tabla 1. Zona climática B3. Tipología Unifamiliar. Alternativas para la obtención del IEE_c

B3 UNIFAMILIAR	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	*****	*
	--	--	***	***
	--	--	**	*****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	****	*
	*****	*****	***	**
	--	--	**	****

Tabla 1. Zona climática B3. Tipología Bloque. Alternativas para la obtención del IEE_c

B3 BLOQUE	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	*****	*
	--	--	***	***
	--	--	*	*****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	****	*
	*****	*****	**	**
	--	--	*	****

Tabla 1. Zona climática B4. Tipología Unifamiliar. Alternativas para la obtención del IEE_c

B4 UNIFAMILIAR	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	*****	*
	*****	*****	****	**
	--	--	**	****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	****	*
	*****	****	***	**
	--	--	**	***

Tabla 1. Zona climática B4. Tipología Bloque. Alternativas para la obtención del IEE_c

B4 BLOQUE	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	****	*
	*****	*****	***	**
	--	--	*	***
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	***	*
	****	****	**	**
	--	--	*	***

Tabla 1. Zona climática C3. Tipología Unifamiliar. Alternativas para la obtención del IEE_C

C3 UNIFAMILIAR	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	*****	*
	--	--	***	***
	--	--	*	*****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	****	*
	*****	*****	**	**
	--	--	*	****

Tabla 1. Zona climática C3. Tipología Bloque. Alternativas para la obtención del IEE_C

C3 BLOQUE	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	****	*
	*****	*****	***	**
	--	--	*	****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	***	*
	****	****	**	**
	--	--	*	***

Tabla 1. Zona climática C4. Tipología Unifamiliar. Alternativas para la obtención del IEE_C

C4 UNIFAMILIAR	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	****	*
	*****	*****	**	**
	--	--	*	****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	***	*
	****	****	**	**
	--	--	*	***

Tabla 1. Zona climática C4. Tipología Bloque. Alternativas para la obtención del IEE_C

C4 BLOQUE	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	****	*
	*****	*****	***	**
	--	--	*	****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	****	*
	****	****	**	**
	--	--	*	***

5.3 TABLAS 2. Obtención del Indicador de Eficiencia Energética de la Demanda de Calefacción (IEE_{DC})

Tabla 2. Zona climática A3. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{DC}

ZONA A3 UNIFAMILIARES

SOLUCIÓN	Nivel Aislamiento				Trat. Puentes Térmicos			Trat. de vent. a Infiltración			Calidad de Huecos		
	D	C	B	A	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1				x	x					x	x		
2				x	x				x		x		
3				x	x			x			x		
4		x					x			x	x		
5		x	x		x			x			x		
6		x				x				x	x		
7		x			x					x	x		
8		x				x			x				x
9		x			x				x				x
10		x				x			x			x	
11		x					x		x		x		
12		x			x				x			x	
13		x							x		x		
14		x			x				x		x		
15		x					x	x			x		

Tabla 2. Zona climática A3. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{DC}

ZONA A3 BLOQUES

SOLUCIÓN	Nivel Aislamiento				Trat. Puentes Térmicos			Trat. de vent. a Infiltración			Calidad de Huecos		
	D	C	B	A	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1			x			x				x			x
2				x			x		x				x
3			x		x					x			x
4			x			x				x		x	
5			x				x			x	x		
6				x		x			x				x
7				x	x					x	x		
8				x			x		x			x	
9			x			x				x	x		
10			x		x					x		x	
11				x		x			x			x	
12				x	x				x		x		
13				x	x			x			x		
14			x		x			x			x		
15		x			x					x	x		
16	x						x			x	x		
17	x					x				x	x		
18		x					x	x			x		
19	x				x					x			x
20		x			x				x		x		
21	x						x		x		x		
22	x					x			x				x
23		x				x		x			x		
24		x			x			x					x
25	x						x	x					x
26	x				x					x		x	
27	x					x			x			x	
28	x				x					x	x		
29		x			x			x				x	
30	x						x	x				x	
31	x					x			x		x		
32	x				x				x				x
33		x			x			x			x		
34	x						x	x			x		
35	x					x		x					x

Tabla 2. Zona climática A4. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{DC}

ZONA A4 UNIFAMILIARES

SOLUCIÓN	Nivel Aislamiento				Trat. Puentes Térmicos			Trat. de vent. a Infiltración			Calidad de Huecos		
	D	C	B	A	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1				x	x					x	x		
2				x	x				x		x		
3				x	x			x			x		
4		x					x			x	x		
5		x	x		x			x			x		
6		x				x				x	x		
7		x			x					x	x		
8		x				x			x				x
9		x			x				x				x
10		x				x			x			x	
11		x					x		x		x		
12		x			x				x			x	
13		x				x			x		x		
14		x			x				x		x		
15		x					x	x			x		

Tabla 2. Zona climática A4. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{DC}

ZONA A4 BLOQUES

SOLUCIÓN	Nivel Aislamiento				Trat. Puentes Térmicos			Trat. de vent. a Infiltración			Calidad de Huecos		
	D	C	B	A	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1			x			x				x			x
2				x			x		x				x
3			x		x					x			x
4			x			x				x		x	
5			x				x			x	x		
6				x		x			x				x
7				x	x					x	x		
8				x			x		x			x	
9			x			x				x	x		
10			x		x					x		x	
11				x		x			x			x	
12				x	x				x		x		
13				x	x			x			x		
14			x		x			x			x		
15		x			x					x	x		
16	x						x			x	x		
17	x					x				x	x		
18		x					x	x			x		x
19	x				x					x			
20		x			x				x		x		
21	x						x		x		x		
22	x					x			x				x
23		x				x		x			x		
24		x			x			x					x
25	x						x	x					x
26	x				x					x		x	
27	x					x			x			x	
28	x				x					x	x		
29		x			x			x				x	
30	x						x	x				x	
31	x					x			x		x		
32	x				x				x				x
33		x			x			x			x		
34	x						x	x			x		
35	x					x		x					x

Tabla 2. Zona climática B3. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{DC}

ZONA B3 UNIFAMILIARES

SOLUCIÓN	Nivel Aislamiento				Trat. Puentes Térmicos			Trat. de vent. a Infiltración			Calidad de Huecos		
	D	C	B	A	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1				x	x					x			x
2				x	x					x		x	
3			x		x					x	x		
4				x	x			x			x		
5		x					x			x			x
6		x				x				x			x
7		x					x			x		x	
8			x		x				x		x		
9			x				x	x				x	
10			x		x			x					x
11		x				x				x		x	
12			x			x		x				x	
13		x			x					x			x
14		x					x			x	x		
15		x					x		x				x
16			x				x	x			x		
17		x				x				x	x		
18			x		x			x				x	
19			x			x		x			x		
20		x				x			x				x
21		x			x					x		x	
22		x					x		x			x	

Tabla 2. Zona climática B3. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{DC}

ZONA B3 BLOQUES

SOLUCIÓN	Nivel Aislamiento				Trat. Puentes Térmicos			Trat. de vent. a Infiltración			Calidad de Huecos		
	D	C	B	A	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1				x			x			x			x
2				x			x			x		x	
3			x				x			x	x		
4			x			x				x	x		
5			x				x	x					x
6			x		x				x				x
7		x				x				x			x
8			x				x		x		x		
9			x		x					x	x		
10			x			x		x					x
11		x					x		x				x
12			x				x	x				x	
13				x	x			x			x		
14			x			x			x		x		
15			x		x				x			x	
16		x					x			x	x		
17		x					x			x		x	
18			x			x		x				x	
19			x				x	x			x		
20		x					x		x			x	
21			x		x				x		x		
22		x					x			x	x		

Tabla 2. Zona climática B4. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{DC}

ZONA B4 UNIFAMILIARES

SOLUCIÓN	Nivel Aislamiento				Trat. Puentes Térmicos			Trat. de vent. a Infiltración			Calidad de Huecos		
	D	C	B	A	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1				x	x					x			x
2				x	x					x		x	
3			x		x					x	x		
4				x	x			x			x		
5		x					x			x			x
6		x				x				x			x
7		x					x			x		x	
8			x		x				x		x		
9			x				x	x				x	
10			x		x			x					x
11		x				x				x		x	
12			x			x		x				x	
13		x			x					x			x
14		x					x			x	x		
15		x					x		x				x
16			x				x	x			x		
17		x				x				x	x		
18			x		x			x				x	
19			x			x		x			x		
20		x				x			x				x
21		x			x					x		x	
22		x					x		x			x	

Tabla 2. Zona climática B4. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{DC}

ZONA B4 BLOQUES

SOLUCIÓN	Nivel Aislamiento				Trat. Puentes Térmicos			Trat. de vent. a Infiltración			Calidad de Huecos		
	D	C	B	A	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1				x			x			x			x
2				x			x			x		x	
3			x				x			x	x		
4			x			x				x	x		
5			x				x	x					x
6			x		x				x				x
7		x				x				x			x
8			x				x		x		x		
9			x		x					x	x		
10			x			x		x					x
11		x					x		x				x
12			x				x	x				x	
13				x	x			x			x		
14			x			x			x		x		
15			x		x				x			x	
16		x					x			x	x		
17		x				x				x		x	
18			x			x		x				x	
19			x				x	x			x		
20		x					x		x			x	
21			x		x				x		x		
22		x				x				x	x		

Tabla 2. Zona climática C3. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{DC}

ZONA C3 UNIFAMILIARES

SOLUCIÓN	Nivel Aislamiento				Trat. Puentes Térmicos			Trat. de vent. a Infiltración			Calidad de Huecos		
	D	C	B	A	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1				x	x					x			x
2			x				x			x			x
3				x			x		x				x
4				x			x			x	x		
5				x	x					x		x	
6				x		x			x				x
7			x			x				x			x
8				x		x				x	x		
9			x				x			x		x	
10				x			x		x			x	
11				x	x					x	x		
12			x		x					x			x
13				x		x			x			x	
14			x			x				x		x	
15			x		x					x		x	
16			x			x				x	x		
17				x	x				x		x		
18			x		x				x				x
19			x		x					x	x		
20			x		x				x			x	
21				x	x			x			x		
22			x		x			x					x
23		x					x		x				x
24			x		x				x		x		
25		x					x			x	x		
26		x			x					x			x
27			x		x			x				x	
28		x					x		x			x	
29		x				x			x				x
30		x				x				x	x		
31		x					x	x					x
32		x			x					x		x	
33			x		x			x			x		
34		x					x		x		x		
35		x				x			x			x	
36		x			x				x				x
37	x						x			x			x
38		x			x					x	x		
39		x					x	x				x	
40		x				x		x					x
41		x				x			x		x		

Tabla 2. Zona climática C3. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{DC}

ZONA C3 BLOQUES

SOLUCIÓN	Nivel Aislamiento				Trat. Puentes Térmicos			Trat. de vent. a Infiltración			Calidad de Huecos		
	D	C	B	A	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1				x			x			x			x
2				x		x				x			x
3				x			x			x		x	
4				x		x				x		x	
5			x			x				x	x		
6			x		x					x	x		
7			x			x		x					x
8		x				x				x			x
9			x		x			x					x
10			x			x			x		x		
11		x					x		x				x
12			x			x		x				x	
13				x	x			x			x		
14		x			x					x			x
15		x				x				x		x	
16			x		x				x		x		
17		x					x			x	x		
18			x				x	x			x		
19		x				x			x				x
20			x		x			x				x	
21		x					x		x			x	
22			x			x		x			x		
23		x					x	x					x
24		x					x			x	x		
25		x			x					x		x	
26		x			x				x				x
27		x				x			x			x	
28			x		x			x			x		
29		x					x		x		x		
30	x						x			x			x
31		x				x		x					x

Tabla 2. Zona climática C4. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{DC}

ZONA C4 UNIFAMILIARES

SOLUCIÓN	Nivel Aislamiento				Trat. Puentes Térmicos			Trat. de vent. a Infiltración			Calidad de Huecos		
	D	C	B	A	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1				x	x					x			x
2			x				x			x			x
3				x			x		x				x
4				x			x			x	x		
5				x	x					x		x	
6				x		x			x				x
7			x			x				x			x
8				x		x				x	x		
9			x				x			x		x	
10				x			x		x			x	
11				x	x					x	x		
12			x		x					x			x
13				x		x			x			x	
14			x			x				x		x	
15			x		x					x		x	
16			x			x				x	x		
17				x	x				x		x		
18			x		x				x				x
19			x		x					x	x		
20			x		x				x			x	
21				x	x			x			x		
22			x		x			x					x
23		x					x		x				x
24			x		x				x		x		
25		x					x			x	x		
26		x			x					x			x
27			x		x			x				x	
28		x					x		x			x	
29		x				x			x				x
30		x				x				x	x		
31		x					x	x					x
32		x			x					x		x	
33			x		x			x			x		
34		x					x		x		x		
35		x				x			x			x	
36		x			x				x				x
37	x						x			x			x
38		x			x					x	x		
39		x					x	x				x	
40		x				x		x					x
41		x				x			x		x		

Tabla 2. Zona climática C4. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{DC}

ZONA C4 BLOQUES

SOLUCIÓN	Nivel Aislamiento				Trat. Puentes Térmicos			Trat. de vent. a Infiltración			Calidad de Huecos		
	D	C	B	A	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1				x			x			x			x
2				x		x				x			x
3				x			x			x		x	
4				x		x				x		x	
5			x			x				x	x		
6			x		x					x	x		
7			x			x		x					x
8		x				x				x			x
9			x		x			x					x
10			x			x			x		x		
11		x					x		x				x
12			x			x		x				x	
13				x	x			x			x		
14		x			x					x			x
15		x				x				x		x	
16			x		x				x		x		
17		x					x			x	x		
18			x				x	x			x		
19		x				x			x				x
20			x		x			x				x	
21		x					x		x			x	
22			x			x		x			x		
23		x					x	x					x
24		x					x			x	x		
25		x			x					x		x	
26		x			x				x				x
27		x				x			x			x	
28			x		x			x			x		
29		x					x		x		x		
30	x						x			x			x
31		x				x		x					x

5.4 TABLA 3. Obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Sistemas de Calefacción (IEESC)

Tabla 3. Zona climática A3. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{sc}

A3

CALEFACCIÓN UNIFAMILIAR

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica		Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas convs.	Efecto Joule	Biomasa
		Hor.	Vert.	Cble. G.N.	Cble. G.N.	Cble. GLP	Cble. GLP	Cble. Líquido	Cble. Líquido		
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7	TIPO 8	TIPO 9	TIPO 10	TIPO 11	TIPO 12
			A								
			B								
		A	C								
		B	D		rend=0.93 rend=0.90						
		C	E	rend=0.93 rend=0.93	rend=0.87 rend=0.84						
				rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84							
		D	F					rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84			
		E				rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87					
A	A					rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84				rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84	
B	B	F									
C	C							rend=0.93 rend=0.90 rend=0.90 rend=0.87			

Tabla 3. Zona climática A3. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{SC}

A3

CALEFACCIÓN BLOQUE

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica		Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas convs.	Efecto Joule	Biomasa
		Hor.	Vert.	Cble. G.N.	Cble. G.N.	Cble. GLP	Cble. GLP	Cble. Líquido	Cble. Líquido		
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7	TIPO 8	TIPO 9	TIPO 10	TIPO 11	TIPO 12
			A								
			B								
		A	C								
		B	D		rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84						
		C	E	rend=0.93 rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84			rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.87				
		D	F				rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84	rend=0.84			
A	A	E							rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84		
B	B	F									
C	C							rend=0.93 rend=0.90 rend=0.90 rend=0.87			

Tabla 3. Zona climática A4. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{SC}

A4

CALEFACCIÓN UNIFAMILIAR

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica		Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas convs.	Efecto Joule	Biomasa
		Hor.	Vert.	Cble. G.N.	Cble. G.N.	Cble. GLP	Cble. GLP	Cble. Líquido	Cble. Líquido		
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7	TIPO 8	TIPO 9	TIPO 10	TIPO 11	TIPO 12
			A								
			B								
		A	C								
		B	D		rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84						
		C	E	rend=0.93 rend=0.93							
		D	F	rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84			rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.87				
		E				rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84	rend=0.84				
A	A	F							rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84		
B	B										
C	C							rend=0.93 rend=0.90 rend=0.90 rend=0.87			

Tabla 3. Zona climática A4. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{SC}

AA

CALEFACCIÓN BLOQUE

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica		Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas convs.	Efecto Joule	Biomasa
		Hor.	Vert.	Cble. G.N.	Cble. G.N.	Cble. GLP	Cble. GLP	Cble. Líquido	Cble. Líquido		
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7	TIPO 8	TIPO 9	TIPO 10	TIPO 11	TIPO 12
			A								
			B								
		A	C								
		B	D		rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84						
		C	E	rend=0.93 rend=0.93							
				rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84							
		D	F				rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84				
						rend=0.93					
A	A	E				rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84			rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84		
B	B	F							rend=0.84 rend=0.84 rend=0.84		
C	C							rend=0.93 rend=0.90 rend=0.90 rend=0.87			

Tabla 3. Zona climática B3. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{SC}

B3

CALEFACCIÓN UNIFAMILIAR

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica		Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas convs.	Efecto Joule	Biomasa
		Hor.	Vert.	Cble. G.N.	Cble. G.N.	Cble. GLP	Cble. GLP	Cble. Líquido	Cble. Líquido		
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7	TIPO 8	TIPO 9	TIPO 10	TIPO 11	TIPO 12
			A								
			B								
		A	C								
		B	D		rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84						
		C	E	rend=0.93 rend=0.93							
		D	F	rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84			rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.87				
A	A	E				rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84	rend=0.84		rend=0.93 rend=0.90 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84		
B	B	F									
C	C							rend=0.93 rend=0.90 rend=0.90 rend=0.87			

Tabla 3. Zona climática B3. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{SC}

B3

CALEFACCIÓN BLOQUE

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica		Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas convs.	Efecto Joule	Biomasa
		Hor.	Vert.	Cble. G.N.	Cble. G.N.	Cble. GLP	Cble. GLP	Cble. Líquido	Cble. Líquido		
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7	TIPO 8	TIPO 9	TIPO 10	TIPO 11	TIPO 12
			A								
			B								
		A	C								
		B	D		rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84						
		C	E	rend=0.93 rend=0.93							
		D	F	rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84				rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87			
		E						rend=0.87 rend=0.84			
A	A	F				rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84			rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84		
B	B										
C	C							rend=0.93 rend=0.90 rend=0.90 rend=0.87			

Tabla 3. Zona climática B4. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{SC}

B4

CALEFACCIÓN UNIFAMILIAR

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica		Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas convs.	Efecto Joule	Biomasa
		Hor.	Vert.	Cble. G.N.	Cble. G.N.	Cble. GLP	Cble. GLP	Cble. Líquido	Cble. Líquido		
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7	TIPO 8	TIPO 9	TIPO 10	TIPO 11	TIPO 12
			A								
			B								
		A	C								
		B	D		rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84						
		C	E	rend=0.93 rend=0.93							
		D	F	rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84			rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84				
		E				rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87					
A	A	F				rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84			rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84		
B	B										
C	C							rend=0.93 rend=0.90 rend=0.90 rend=0.87			

Tabla 3. Zona climática B4. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{SC}

B4

CALEFACCIÓN BLOQUE

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica		Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas convs.	Efecto Joule	Biomasa
		Hor.	Vert.	Cble. G.N.	Cble. G.N.	Cble. GLP	Cble. GLP	Cble. Líquido	Cble. Líquido		
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7	TIPO 8	TIPO 9	TIPO 10	TIPO 11	TIPO 12
			A								
			B								
		A	C								
		B	D		rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84						
		C	E	rend=0.93 rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84				rend=0.93 rend=0.90			
		D						rend=0.93 rend=0.90			
			F					rend=0.87 rend=0.84			
		E				rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84			rend=0.93 rend=0.90		
A	A					rend=0.84 rend=0.84			rend=0.93 rend=0.90		
		F							rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84		
B	B										
C	C							rend=0.93 rend=0.90 rend=0.90 rend=0.87			

Tabla 3. Zona climática C3. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{SC}

C3

CALEFACCIÓN UNIFAMILIAR

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica		Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas convs.	Efecto Joule	Biomasa
		Hor.	Vert.	Cble. G.N.	Cble. G.N.	Cble. GLP	Cble. GLP	Cble. Líquido	Cble. Líquido		
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7	TIPO 8	TIPO 9	TIPO 10	TIPO 11	TIPO 12
			A								
			B								
		A	C								
		B	D		rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84						
		C	E	rend=0.93 rend=0.93							
		D	F	rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84				rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84			
		E				rend=0.93					
A	A	F				rend=0.90 rend=0.87 rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84			rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84		
B	B										
C	C							rend=0.93 rend=0.90 rend=0.90 rend=0.87			

Tabla 3. Zona climática C3. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{SC}

C3

CALEFACCIÓN BLOQUE

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica		Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas convs.	Efecto Joule	Biomasa
		Hor.	Vert.	Cble. G.N.	Cble. G.N.	Cble. GLP	Cble. GLP	Cble. Líquido	Cble. Líquido		
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7	TIPO 8	TIPO 9	TIPO 10	TIPO 11	TIPO 12
			A								
			B								
		A	C								
		B	D		rend=0.93 rend=0.90						
		C	E	rend=0.93 rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84	rend=0.87 rend=0.84						
		D	F				rend=0.93 rend=0.90				
						rend=0.93 rend=0.90					
A	A	E				rend=0.87 rend=0.87 rend=0.84					
		F									
B	B										
C	C							rend=0.93 rend=0.90 rend=0.90 rend=0.87			
									rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84		

Tabla 3. Zona climática C4. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{SC}

C4

CALEFACCIÓN UNIFAMILIAR

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica		Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas convs.	Efecto Joule	Biomasa
		Hor.	Vert.	Cble. G.N.	Cble. G.N.	Cble. GLP	Cble. GLP	Cble. Líquido	Cble. Líquido		
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7	TIPO 8	TIPO 9	TIPO 10	TIPO 11	TIPO 12
			A								
			B								
		A	C								
		B	D		rend=0.93 rend=0.90						
		C	E	rend=0.93 rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84	rend=0.87 rend=0.84						
		D	F				rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84				
		E				rend=0.93					
A	A	F				rend=0.90 rend=0.87 rend=0.87 rend=0.84			rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84		
B	B										
C	C							rend=0.93 rend=0.90 rend=0.90 rend=0.87			

Tabla 3. Zona climática C4. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{SC}

C4

CALEFACCIÓN BLOQUE

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica		Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas cond.	Calderas convs.	Calderas convs.	Efecto Joule	Biomasa
		Hor.	Vert.	Cble. G.N.	Cble. G.N.	Cble. GLP	Cble. GLP	Cble. Líquido	Cble. Líquido		
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7	TIPO 8	TIPO 9	TIPO 10	TIPO 11	TIPO 12
			A								
			B								
		A	C								
		B	D		rend=0.93 rend=0.90						
		C	E	rend=0.93 rend=0.93	rend=0.87 rend=0.84						
		D	F	rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84			rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84				
		E					rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87				
A	A	F				rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84			rend=0.93 rend=0.90 rend=0.87 rend=0.84 rend=0.84		
B	B										
C	C							rend=0.93 rend=0.90 rend=0.90 rend=0.87			

TABLA 4. Alternativas para la obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Refrigeración (IEE_R)

Tabla 4. Zona climática A3. Tipología Unifamiliar. Alternativas para la obtención del IEE_R

A3 UNIFAMILIAR	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	--	--
	--	--	****	***
	--	--	**	*****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	--	--
	*****	****	***	**
	--	--	**	****

Tabla 4. Zona climática A3. Tipología Bloque. Alternativas para la obtención del IEE_R

A3 BLOQUE demanda	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1		--	--	--
		--	****	***
		--	**	*****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	*****	*
	*****	****	***	**
	--	--	**	***

Tabla 4. Zona climática A4. Tipología Unifamiliar. Alternativas para la obtención del IEE_R

A4 UNIFAMILIAR	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	*****	*
	--	--	***	***
	--	--	*	*****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	****	*
	*****	****	**	**
	--	--	*	****

Tabla 4. Zona climática A4. Tipología Bloque. Alternativas para la obtención del IEE_R

A4 BLOQUE	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	--	--
	--	--	****	***
	--	--	***	*****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	--	--
	*****	****	****	***
	--	--	***	*****

Tabla 4. Zona climática B3. Tipología Unifamiliar. Alternativas para la obtención del IEE_R

B3 UNIFAMILIAR	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	--	--
	--	--	***	***
	--	--	*	*****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	*****	*
	****	****	**	**
	--	--	*	****

Tabla 4. Zona climática B3. Tipología Bloque. Alternativas para la obtención del IEE_R

B3 BLOQUE	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	--	--
	--	--	****	***
	--	--	***	*****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	--	--
	*****	****	****	**
	--	--	***	****

Tabla 4. Zona climática B4. Tipología Unifamiliar. Alternativas para la obtención del IEE_R

B4 UNIFAMILIAR	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	*****	*
	*****	****	***	**
	--	--	**	****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	*****	*
	****	***	***	**
	**	*****	**	****

Tabla 4. Zona climática B4. Tipología Bloque. Alternativas para la obtención del IEE_R

B4 BLOQUE	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	--	--
	--	--	****	**
	--	--	***	*****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	--	--
	*****	***	****	**
	--	--	***	****

Tabla 4. Zona climática C3. Tipología Unifamiliar. Alternativas para la obtención del IEE_R

C3 UNIFAMILIAR	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	*****	*
	****	***	***	**
	*	*****	*	****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	*****	*
	****	***	**	**
	*	*****	*	***

Tabla 4. Zona climática C3. Tipología Bloque. Alternativas para la obtención del IEE_R

C3 BLOQUE	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	--	--
	*****	***	****	**
	--	--	***	*****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	--	--
	****	***	****	**
	***	*****	***	****

Tabla 4. Zona climática C4. Tipología Unifamiliar. Alternativas para la obtención del IEE_R

C4 UNIFAMILIAR	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	*****	**
	****	****	***	***
	--	--	**	*****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	*****	**
	****	****	***	***
	--	--	**	*****

Tabla 4. Zona climática C4. Tipología Bloque. Alternativas para la obtención del IEE_R

C4 BLOQUE	CLASE A		CLASE B	
	demanda	sistema	demanda	sistema
DECRETADO IEE ACS = 1	--	--	--	--
	*****	****	***	***
	--	--	***	*****
BUENO IEE ACS = 0.5	--	--	--	--
	*****	****	***	***
	--	--	***	*****

5.5 TABLA 5. Obtención del Indicador de Eficiencia Energética de la Demanda de Refrigeración (IEE_{DR})

Tabla 5. Zona climática A3. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{DR}

ZONA A3 UNIFAMILIAR

SOLUCIÓN	Ventilación nocturna			Control solar huecos SE/SO/E/O			Control solar huecos Sur		
	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1			x			x			x
2		x				x			x
3			x			x		x	
4			x		x				x
5	x					x			x
6		x				x		x	
7		x			x				x
8			x		x			x	
9	x					x		x	
10	x				x				x
11		x			x			x	
12			x			x	x		

Tabla 5. Zona climática A3. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{DR}

ZONA A3 BLOQUE

SOLUCIÓN	Ventilación nocturna			Control solar huecos SE/SO/E/O			Control solar huecos Sur		
	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1	x					x			x
2		x				x			x
3			x			x			x
4	x					x		x	
5	x				x				x
6		x				x		x	
7		x			x				x

Tabla 5. Zona climática A4. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{DR}

ZONA A4 UNIFAMILIAR

SOLUCIÓN	Ventilación nocturna			Control solar huecos SE/SO/E/O			Control solar huecos Sur		
	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1			x			x			x
2		x				x			x
3			x			x		x	
4			x		x				x
5	x					x			x
6		x				x		x	
7		x			x				x
8			x		x			x	
9	x					x		x	
10	x				x				x
11		x			x			x	
12			x			x	x		

Tabla 5. Zona climática A4. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{DR}

ZONA A4 BLOQUE

SOLUCIÓN	Ventilación nocturna			Control solar huecos SE/SO/E/O			Control solar huecos Sur		
	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1			x			x			x
2		x				x			x
3	x					x			x
4			x			x		x	
5			x		x				x
6		x				x		x	
7		x			x				x

Tabla 5. Zona climática B3. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{DR}

ZONA B3 UNIFAMILIAR

SOLUCIÓN	Ventilación nocturna			Control solar huecos SE/SO/E/O			Control solar huecos Sur		
	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1			x			x			x
2		x				x			x
3			x			x		x	
4			x		x				x
5	x					x			x
6		x				x		x	
7		x			x				x
8			x		x			x	
9	x					x		x	
10	x				x				x
11		x			x			x	
12			x			x	x		

Tabla 5. Zona climática B3. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{DR}

ZONA B3 BLOQUE

SOLUCIÓN	Ventilación nocturna			Control solar huecos SE/SO/E/O			Control solar huecos Sur		
	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1	x					x			x
2		x				x			x
3			x			x			x
4	x					x		x	
5	x				x				x
6		x				x		x	
7		x			x				x

Tabla 5. Zona climática B4. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{DR}

ZONA B4 UNIFAMILIAR

SOLUCIÓN	Ventilación nocturna			Control solar huecos SE/SO/E/O			Control solar huecos Sur		
	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1			x			x			x
2		x				x			x
3			x			x		x	
4			x		x				x
5	x					x			x
6		x				x		x	
7		x			x				x
8			x		x			x	
9	x					x		x	
10	x				x				x
11		x			x			x	
12			x			x	x		

Tabla 5. Zona climática B4. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{DR}

ZONA B4 BLOQUE

SOLUCIÓN	Ventilación nocturna			Control solar huecos SE/SO/E/O			Control solar huecos Sur		
	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1			x			x			x
2		x				x			x
3	x					x			x
4			x			x		x	
5			x		x				x
6		x				x		x	
7		x			x				x

Tabla 5. Zona climática C3. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{DR}

ZONA C3 UNIFAMILIAR

SOLUCIÓN	Ventilación nocturna			Control solar huecos SE/SO/E/O			Control solar huecos Sur		
	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1			x			x			x
2		x				x			x
3			x			x		x	
4			x		x				x
5	x					x			x
6		x				x		x	
7		x			x				x
8			x		x			x	
9	x					x		x	
10	x				x				x
11		x			x			x	
12			x			x	x		

Tabla 5. Zona climática C3. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{DR}

ZONA C3 BLOQUE

SOLUCIÓN	Ventilación nocturna			Control solar huecos SE/SO/E/O			Control solar huecos Sur		
	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1			x			x			x
2		x				x			x
3	x					x			x
4			x			x		x	
5			x		x				x
6		x				x		x	
7		x			x				x

Tabla 5. Zona climática C4. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{DR}

ZONA C4 UNIFAMILIAR

SOLUCIÓN	Ventilación nocturna			Control solar huecos SE/SO/E/O			Control solar huecos Sur		
	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1			x			x			x
2		x				x			x
3			x			x		x	
4			x		x				x
5	x					x			x
6		x				x		x	
7		x			x				x
8			x		x			x	
9	x					x		x	
10	x				x				x
11		x			x			x	
12			x			x	x		

Tabla 5. Zona climática C4. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{DR}

ZONA C4 BLOQUE

SOLUCIÓN	Ventilación nocturna			Control solar huecos SE/SO/E/O			Control solar huecos Sur		
	D	B	A	D	B	A	D	B	A
1			x			x			x
2		x				x			x
3	x					x			x
4			x			x		x	
5			x		x				x
6		x				x		x	
7		x			x				x

5.6 TABLA 6. Obtención del Indicador de Eficiencia Energética de Sistemas de Refrigeración (IEESR)

Tabla 6. Zona climática A3. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{SR}

A3

REFRIGERACIÓN UNIFAMILIAR

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica			
	Unifamiliares	Hor.	Vert.		
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 4	TIPO 5		
			A		
			B		
		A	C		
			D		
		B	E		
		C	F		
		D			
		E	G		
		F			
		G	G		
				G	
		A	A	G	G
		SIN SISTEMA (SISTEMA DE SUSTITUCIÓN)			

Tabla 6. Zona climática A3. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{SR}

A3

REFRIGERACIÓN BLOQUE

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica	
	en viviendas	en Bloque	Hor.	Vert.
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5
				A
				B
			A	C
				D
			B	E
			C	F
			D	
			E	F
			F	
			A	G
			A	G
			B	
			C	
EDIFICIOS SIN SISTEMA (SISTEMA DE SUSTITUCIÓN)				

Tabla 6. Zona climática A4. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{SR}

A4

REFRIGERACIÓN UNIFAMILIAR

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica			
		Hor.	Vert.		
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 4	TIPO 5		
			A		
			B		
		A	C		
			D		
		B	E		
		C	F		
		D			
		E			
			G		
		F			
			G		
		A	A		
		SIN SISTEMA (SISTEMA DE SUSTITUCIÓN)			

Tabla 6. Zona climática A4. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{SR}

A4

REFRIGERACIÓN BLOQUE

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica		
	en viviendas	en Bloque	Hor.	Vert.	
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	
				A	
				B	
			A	C	
				D	
			B	E	
			C	F	
			D		
			E		
				F	G
				G	
			A	A	
	B				
	C				
EDIFICIOS SIN SISTEMA (SISTEMA DE SUSTITUCIÓN)					

Tabla 6. Zona climática B3. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{SR}

B3

REFRIGERACIÓN UNIFAMILIAR

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica			
		Hor.	Vert.		
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 4	TIPO 5		
			A		
			B		
		A	C		
			D		
		B	E		
		C	F		
		D			
		E			
		F			
		G	G		
		A	A		
		SIN SISTEMA (SISTEMA DE SUSTITUCIÓN)			

Tabla 6. Zona climática B3. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{SR}

B3

REFRIGERACIÓN BLOQUE

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica	
	en viviendas	en Bloque	Hor.	Vert.
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5
				A
				B
			A	C
				D
			B	E
			C	F
			D	
			E	
		A	F	
		A	G	G
A	A			
			B	
		C		
EDIFICIOS SIN SISTEMA (SISTEMA DE SUSTITUCIÓN)				

Tabla 6. Zona climática B4. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{SR}

B4

REFRIGERACIÓN UNIFAMILIAR

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica	
		Hor.	Vert.
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 4	TIPO 5
			A
			B
		A	C
			D
		B	E
		C	F
		D	
		E	
		F	
			G
			G
A	A		
SIN SISTEMA (SISTEMA DE SUSTITUCIÓN)			

Tabla 6. Zona climática B4. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{SR}

B4

REFRIGERACIÓN BLOQUE

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica		
	en viviendas	en Bloque	Hor.	Vert.	
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	
				A	
				B	
			A	C	
				D	
			B	E	
			C	F	
			D		
			E	G	
				F	G
				G	
			A	B	G
			A		
			C		
EDIFICIOS SIN SISTEMA (SISTEMA DE SUSTITUCIÓN)					

Tabla 6. Zona climática C3. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{SR}
C3

REFRIGERACIÓN UNIFAMILIAR

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica			
		Hor.	Vert.		
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 4	TIPO 5		
			A		
			B		
		A	C		
			D		
		B	E		
		C	F		
		D			
		E			
		F			
		G	G		
		A	A		
		SIN SISTEMA (SISTEMA DE SUSTITUCIÓN)			

Tabla 6. Zona climática C3. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{SR}
C3

REFRIGERACIÓN BLOQUE

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica	
	en viviendas	en Bloque	Hor.	Vert.
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5
				A
				B
			A	C
				D
			B	E
			C	F
			D	
			E	
				A
				F
				G
				G
A	A	B		
EDIFICIOS SIN SISTEMA (SISTEMA DE SUSTITUCIÓN)				

Tabla 6. Zona climática C4. Tipología Unifamiliar. Obtención del IEE_{SR}
C4

REFRIGERACIÓN UNIFAMILIAR

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica			
		Hor.	Vert.		
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 4	TIPO 5		
			A		
			B		
		A	C		
			D		
		B	E		
		C	F		
		D			
		E	G		
		F			
		G	G		
		A	A	SIN SISTEMA (SISTEMA DE SUSTITUCIÓN)	

Tabla 6. Zona climática C4. Tipología Bloque. Obtención del IEE_{SR}
C4

REFRIGERACIÓN BLOQUE

Aparatos Divididos	Aparatos Centraliz.	Aparatos Centraliz.	BdC geotérmica				
	en viviendas	en Bloque	Hor.	Vert.			
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5			
				A			
				B			
			A	C			
				D			
			B	E			
			C	F			
			D				
			E				
				F	G		
				G			
			A	A	B	C	D
			A				
			A				
EDIFICIOS SIN SISTEMA (SISTEMA DE SUSTITUCIÓN)							

5.7 TABLA 7. Valores de la Transmitancia Térmica Media del Edificio (UOPACO) en función de la compacidad y el nivel de eficiencia energética a alcanzar

Tabla 7. Zona climática A. Tipología Unifamiliar. Valores U_{OPACO}

U_{opaco}	A=Alta eficiencia	B=Bueno	C=Corregido	D=decretado
<1.5	-	-	0.55	0.85
1.5-2.0	-	0.55	0.85	CTE
2.0-2.5	0.45	0.70	CTE	CTE
>2.5	0.65	CTE	CTE	CTE

Tabla 7. Zona climática A. Tipología Bloque. Valores U_{OPACO}

U_{opaco}	A=Alta eficiencia	B=Bueno	C=Corregido	D=decretado
<2.0	-	-	0.60	0.85
2.0-2.5	-	0.45	0.75	CTE
2.5-3.0	0.45	0.55	CTE	CTE
3.0-3.5	0.5	0.60	CTE	CTE

Tabla 7. Zona climática B. Tipología Unifamiliar. Valores U_{OPACO}

U_{opaco}	A=Alta eficiencia	B=Bueno	C=Corregido	D=decretado
<1.5	-	0.40	0.55	0.80
1.5-2.0	0.40	0.55	0.80	CTE
2.0-2.5	0.50	0.80	CTE	CTE
>2.5	0.65	CTE	CTE	CTE

Tabla 7. Zona climática B. Tipología Bloque. Valores U_{OPACO}

U_{opaco}	A=Alta eficiencia	B=Bueno	C=Corregido	D=decretado
<2.0	-	-	0.55	0.75
2.0-2.5	-	0.50	0.70	CTE
2.5-3.0	0.40	0.60	CTE	CTE
3.0-3.5	0.45	0.70	CTE	CTE

Tabla 7. Zona climática C. Tipología Unifamiliar. Valores U_{OPACO}

U_{opaco}	A=Alta eficiencia	B=Bueno	C=Corregido	D=decretado
<1.5	-	0.30	0.50	0.70
1.5-2.0	0.30	0.45	0.70	CTE
2.0-2.5	0.40	0.60	CTE	CTE
>2.5	0.50	CTE	CTE	CTE

Tabla 7. Zona climática C. Tipología Bloque. Valores U_{OPACO}

U_{opaco}	A=Alta eficiencia	B=Bueno	C=Corregido	D=decretado
<2.0	-	-	0.45	0.65
2.0-2.5	-	0.35	0.60	CTE
2.5-3.0	0.30	0.40	0.70	CTE
3.0-3.5	0.35	0.50	CTE	CTE

5.8 TABLA 8: Obtención de la transmitancia térmica de fachadas y cubierta respecto a la relación $A_{\text{FACHADA}}/A_{\text{CUBIERTAS}}$ y U_{OPACO}

Si partimos de la ecuación de transmitancia térmica de cerramientos (U_{opaco}):

$$U_{\text{opaco}} = \frac{U_{\text{Mme}} \times (A_{\text{TM}} + A_{\text{TH}}) + U_{\text{Sm}} \times A_{\text{TS}} + U_{\text{Cm}} \times A_{\text{TC}} + U_{\text{TM}} \times A_{\text{CT}}}{A_{\text{T}}}$$

Donde:

$$A_{\text{T}} = A_{\text{TM}} + A_{\text{TH}} + A_{\text{TS}} + A_{\text{TC}} + A_{\text{CT}}$$

A_{TM} : Área total de muros [m^2]

A_{TH} : Área total de huecos [m^2]

A_{TS} : Área total de suelo [m^2]

A_{TC} : Área total de cubierta [m^2]

A_{CT} : Área total de cerramientos en contacto con el terreno [m^2]

U_{Mme} : Transmitancia térmica media de muros del edificio [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]

U_{Sm} : Transmitancia térmica media de suelos del edificio [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]

U_{Cm} : Transmitancia térmica media de cubiertas del edificio [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]

U_{Tm} : Transmitancia térmica media de cerramientos en contacto con el terreno [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]

Vamos a despreciar el área de cerramientos en contacto con el terreno $A_{\text{CT}} = 0$.

Se va a suponer que el área total de suelo es igual al área total de cubierta $A_{\text{TS}} = A_{\text{TC}}$

La compacidad se define como:

$$C = \frac{V}{A_{\text{T}}} = \frac{A_{\text{TS}} \times h_{\text{T}}}{A_{\text{TM}} + A_{\text{TH}} + A_{\text{TS}} + A_{\text{TC}}}$$

Siendo:

h_{T} = altura del edificio = nº plantas x altura planta

La relación entre el área de muros y huecos y el área de cubierta es:

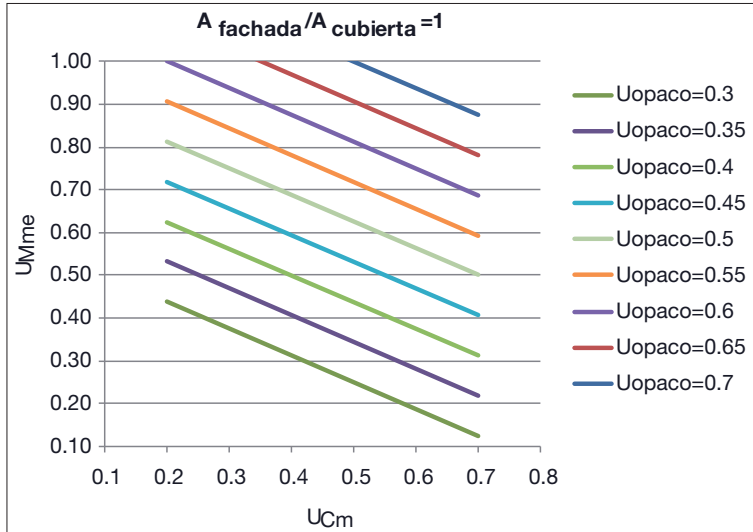
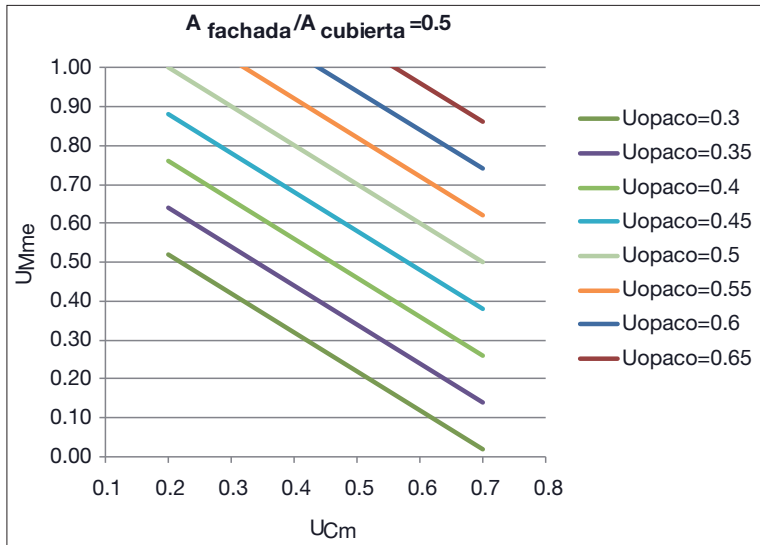
$$\frac{A_{\text{TM}} + A_{\text{TH}}}{A_{\text{TC}}} = \frac{A_{\text{fachada}}}{A_{\text{cubierta}}} = \frac{h_{\text{T}}}{C} - 2$$

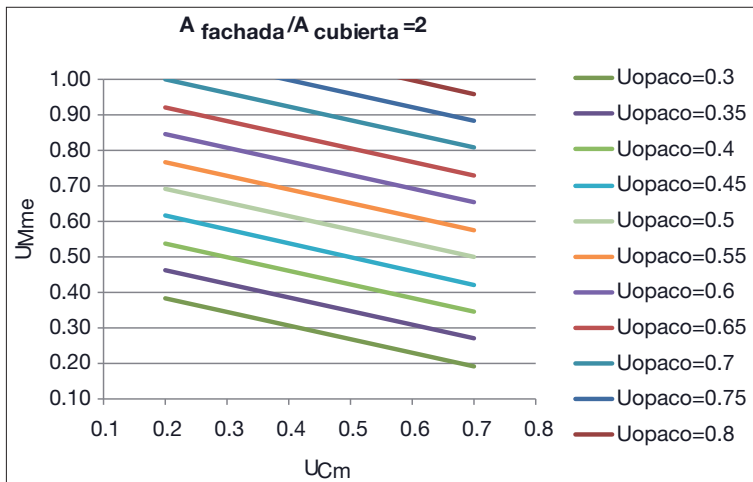
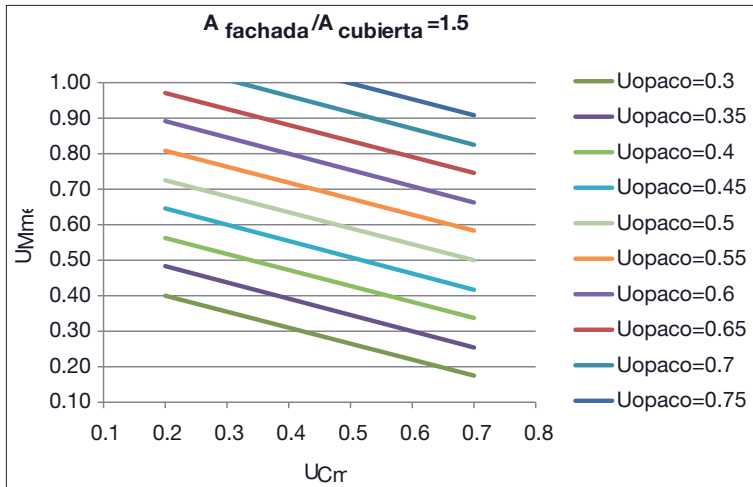
Trataremos la expresión de U_{opaco} para poder despejar U_{Mme} en función de $\frac{A_{\text{fachada}}}{A_{\text{cubierta}}}$ y de U_{opaco} :

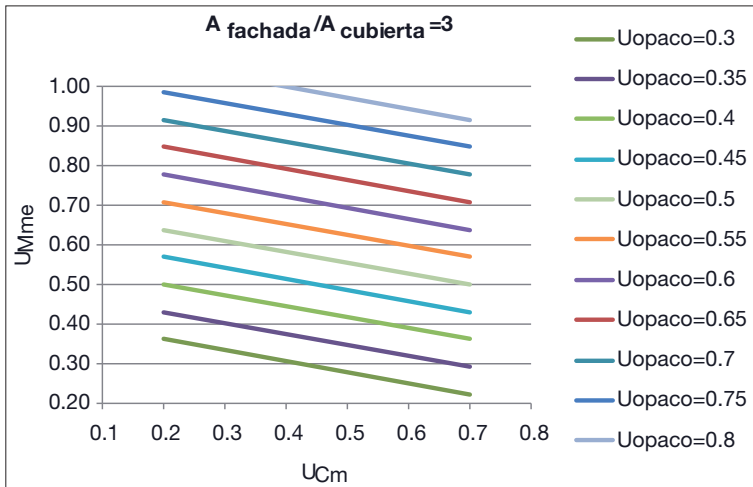
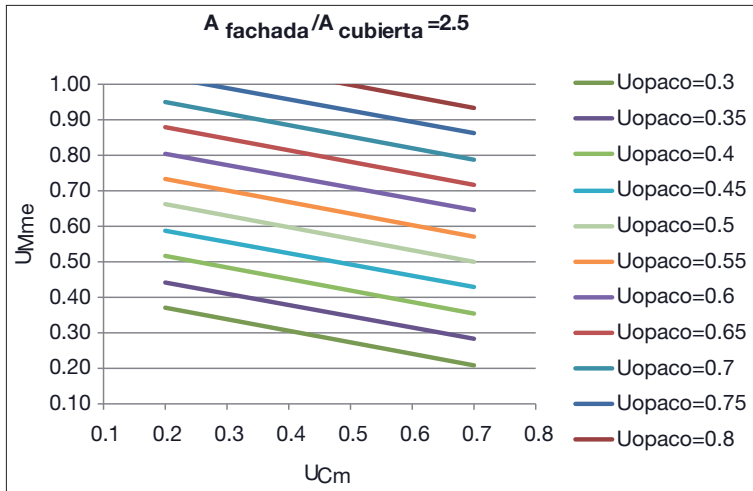
$$U_{\text{opaco}} = \frac{U_{\text{Mme}} \times A_{\text{fachada}} + A_{\text{cubierta}} (U_{\text{Sm}} + U_{\text{Cm}})}{A_{\text{fachada}} + 2 \times A_{\text{cubierta}}}$$

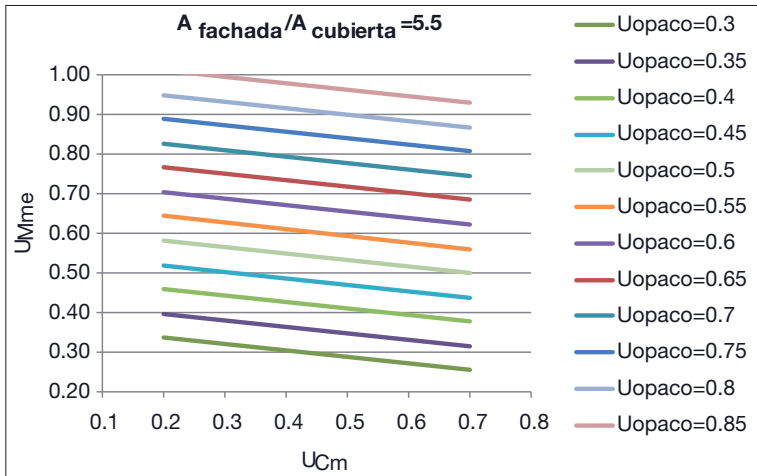
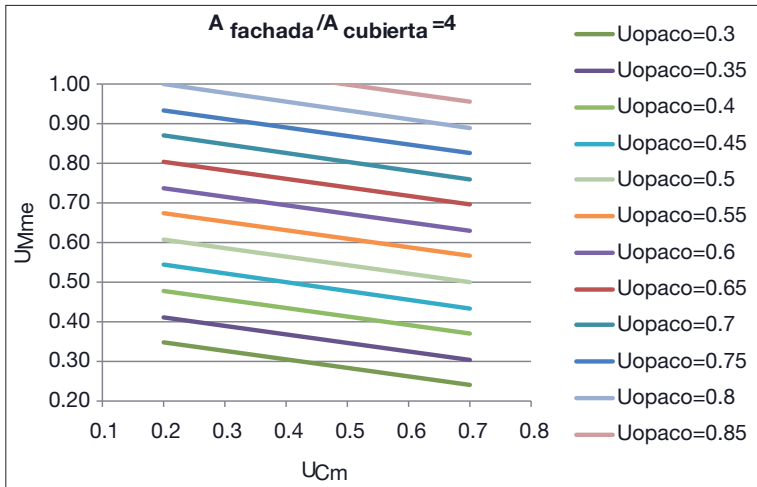
Se supone $U_{\text{Sm}} = 0.6 \cdot U_{\text{Mms}}$, y se despeja U_{Mme} :

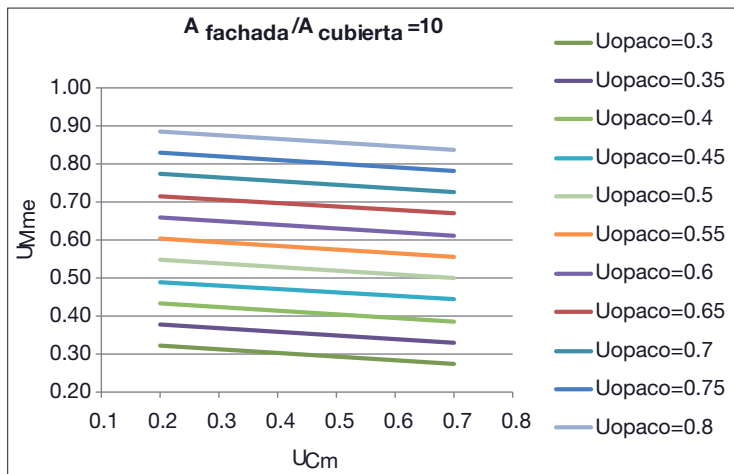
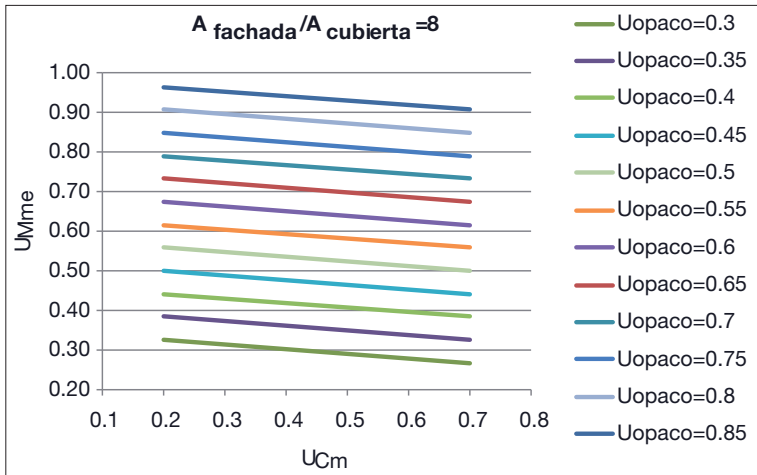
$$U_{\text{Mme}} = \frac{U_{\text{opaco}} \times \left(\frac{A_{\text{fachada}}}{A_{\text{cubierta}}} + 2 \right) - U_{\text{Cm}}}{\frac{A_{\text{fachada}}}{A_{\text{cubierta}}} + 0,6}$$











5.9 TABLA 9. Valores del Factor Corrector de Puente Térmico (fpt) en función del nivel de eficiencia energética a alcanzar.

Puentes Térmicos	Puentes Térmicos		
	Decretada	Buena	Alta eficiencia
frente de forjados	Ff1	Ff2	Ff3
contorno de huecos	Ff4	Ff5	Ff6
encuentro fachada-forjado de cubierta	Ff7	Ff8	Ff9

5.10 TABLA 10. Valores del Indicador de Eficiencia Energética debido a la Ventilación (IEE_{vent}) en función del nivel de eficiencia energética a alcanzar.

Zonas climáticas A y B. Tipología Unifamiliar y Bloque. Valores IEE_{VENT}

ren/hora	Ventilación		
	Decretada	Buena	Alta eficiencia
> 0,50	CTE	4	3
0,50 < 0,75	4	3	2
> 1,00	3	2	1

1. <10% acristalado; permeabilidad de ventanas $\leq 27\text{m}^3\text{h}/\text{m}^2$; control de presencia; rejillas autorregulables
2. <15% acristalado; permeabilidad de ventanas $\leq 27\text{m}^3\text{h}/\text{m}^2$; control de presencia; rejillas autorregulables
3. <15% acristalado; permeabilidad de ventanas $\leq 27\text{m}^3\text{h}/\text{m}^2$; control de presencia
4. <20% acristalado; permeabilidad de ventanas $\leq 50\text{m}^3\text{h}/\text{m}^2$

Zonas climáticas C y D. Tipología Unifamiliar y Bloque. Valores IEE_{VENT}

ren/hora	Ventilación		
	Decretada	Buena	Alta eficiencia
> 0,50	CTE	4	3
0,50 < 0,75	4	3	2
> 1,00	3	2	1

1. <10% acristalado; permeabilidad de ventanas $\leq 9\text{m}^3\text{h}/\text{m}^2$; control de presencia; rejillas autorregulables
2. <15% acristalado; permeabilidad de ventanas $\leq 27\text{m}^3\text{h}/\text{m}^2$; control de presencia; rejillas autorregulables
3. <15% acristalado; permeabilidad de ventanas $\leq 27\text{m}^3\text{h}/\text{m}^2$; control de presencia
4. <20% acristalado; permeabilidad de ventanas $\leq 27\text{m}^3\text{h}/\text{m}^2$

5.11 TABLA 11: Obtención del valor $U_{Hm} - U_{Mm}$ en función del porcentaje de huecos captadores del edificio y la eficiencia energética de la solución constructiva

Zona climática A. Tipología Unifamiliar. Valores U_{Hm}

% de superficie de huecos: < 10 %			
% de huecos captadores	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	2.5	3.5	4.5
25 – 50%	3.0	4.0	5.0
50 – 75%	3.0	4.5	5.0
> 75%	4.5	5.0	5.0

% de superficie de huecos: 10 - 20 %			
% de huecos captadores	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	2.5	2.5	3.5
25 – 50%	2.5	3.0	3.5
50 – 75%	2.5	3.5	4.5
> 75%	3.5	4.5	5.0

% de superficie de huecos: > 20 %			
% de huecos captadores	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	2.0	2.0	3.0
25 – 50%	2.0	2.5	3.0
50 – 75%	2.5	3.0	3.5
> 75%	3.0	4.0	5.0

Zona climática A. Tipología Bloque. Valores U_{Hm}

% de superficie de huecos: < 10 %			
% de huecos captoreos	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	2.5	3.5	4.5
25 – 50%	2.5	3.5	5.0
50 – 75%	2.5	4.0	5.0
> 75%	2.5	5.0	5.0

% de superficie de huecos: 10 - 20 %			
% de huecos captoreos	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	2.5	3.5	4.0
25 – 50%	2.5	3.5	4.0
50 – 75%	2.5	3.5	4.5
> 75%	2.5	4.0	5.0

% de superficie de huecos: > 20 %			
% de huecos captoreos	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	2.5	3.0	3.5
25 – 50%	2.5	3.0	4.0
50 – 75%	2.5	3.5	4.0
> 75%	2.5	3.5	5.0

Zona climática B. Tipología Unifamiliar. Valores U_{Hm}

% de superficie de huecos: < 10 %			
% de huecos captoreadores	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	2.0	3.0	4.0
25 – 50%	2.5	3.5	4.5
50 – 75%	3.0	4.5	4.5
> 75%	4.5	4.5	4.5

% de superficie de huecos: 10 - 20 %			
% de huecos captoreadores	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	2.0	2.0	2.5
25 – 50%	2.0	2.5	3.0
50 – 75%	2.0	3.0	4.0
> 75%	3.0	4.0	4.5

% de superficie de huecos: > 20 %			
% de huecos captoreadores	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	2.0	2.0	2.0
25 – 50%	2.0	2.0	2.5
50 – 75%	2.0	2.5	3.0
> 75%	2.5	3.5	4.5

Zona climática B. Tipología Bloque. Valores U_{Hm}

% de superficie de huecos: < 10 %			
% de huecos captoreos	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	2.0	3.0	4.0
25 – 50%	2.5	3.5	4.5
50 – 75%	3.0	4.0	4.5
> 75%	4.5	4.5	4.5

% de superficie de huecos: 10 - 20 %			
% de huecos captoreos	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	2.0	2.0	2.5
25 – 50%	2.0	2.0	3.0
50 – 75%	2.0	3.0	4.0
> 75%	3.0	4.0	4.5

% de superficie de huecos: > 20 %			
% de huecos captoreos	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	2.0	2.0	2.0
25 – 50%	2.0	2.0	2.5
50 – 75%	2.0	2.0	3.0
> 75%	2.5	3.5	4.5

Zona climática C. Tipología Unifamiliar. Valores U_{Hm}

% de superficie de huecos: < 10 %			
% de huecos captoreadores	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	1.5	2.5	3.5
25 – 50%	1.5	2.5	4.0
50 – 75%	2.0	3.0	4.0
> 75%	3.0	4.0	4.0

% de superficie de huecos: 10 - 20 %			
% de huecos captoreadores	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	1.5	1.5	2.0
25 – 50%	1.5	2.0	2.5
50 – 75%	1.5	2.5	3.0
> 75%	2.0	3.0	3.5

% de superficie de huecos: > 20 %			
% de huecos captoreadores	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	1.5	1.5	1.5
25 – 50%	1.5	1.5	2.0
50 – 75%	1.5	2.0	2.5
> 75%	1.5	2.5	3.0


Zona climática C. Tipología Bloque. Valores U_{Hm}

% de superficie de huecos: < 10 %			
% de huecos captoreos	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	1.5	2.5	3.5
25 – 50%	2.0	3.0	4.0
50 – 75%	2.5	3.5	4.0
> 75%	3.5	4.0	4.0

% de superficie de huecos: 10 - 20 %			
% de huecos captoreos	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	1.5	1.5	2.5
25 – 50%	1.5	2.0	2.5
50 – 75%	1.5	2.5	3.5
> 75%	2.5	3.0	4.0

% de superficie de huecos: > 20 %			
% de huecos captoreos	Nivel de Eficiencia Energética		
	A = Alta Eficiencia	B = Buena	D = Decretada
<25%	1.5	1.5	2.0
25 – 50%	1.5	1.5	2.0
50 – 75%	1.5	2.0	2.5
> 75%	2.0	3.0	3.5





Anexo I.

Zonificación climática de Andalucía por municipios para su uso en el código técnico de la edificación en su sección de ahorro de energía apartado de limitación de demanda energética (CTE-HE1)

ANEXO I. Zonificación climática de Andalucía por municipios para su uso en el código técnico de la edificación en su sección de ahorro de energía apartado de limitación de demanda energética (CTE-HE1)

Documento Reconocido

Según ORDEN VIV/1744/2008, de 9 de junio, por la que se regula el Registro General del Código Técnico de la Edificación (BOE núm.148 de 19 junio 2008):

Documentación justificativa del alcance

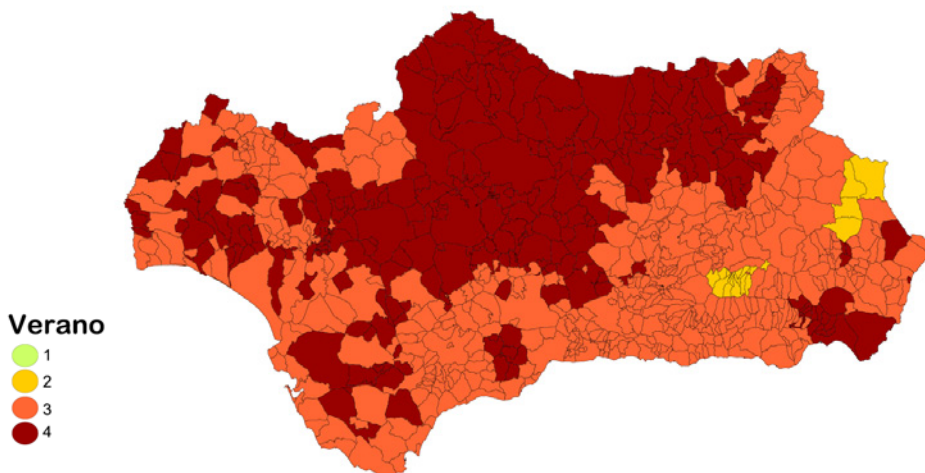
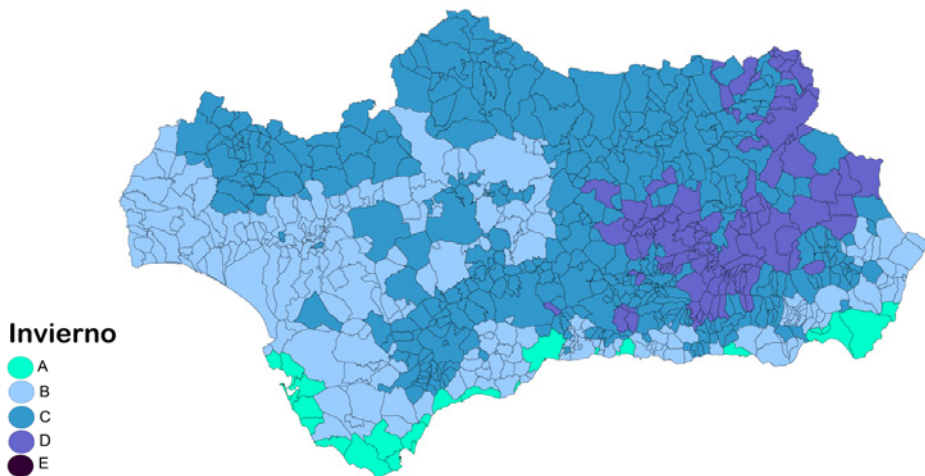
Objeto de Documento

El objeto de este documento es la caracterización de las zonas climáticas de los 770 municipios andaluces de acuerdo con la zonificación establecida en la sección HE1 del documento básico HE de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación y para su utilización en todos los supuestos previstos en el citado documento.

Las zonas climáticas se presentan mediante mapas y listados agrupados por provincias que se reproducen en el presente apartado.

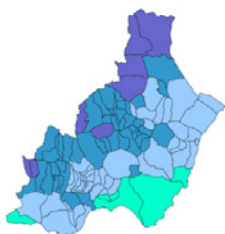
Mapas y listados de zonas climáticas:

Las zonas climáticas así obtenidas para su uso en el CTE-HE1 para todos los municipios de Andalucía, en su conjunto y por provincias, se representan en las siguientes figuras:

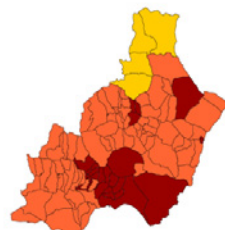


ALMERÍA

Invierno

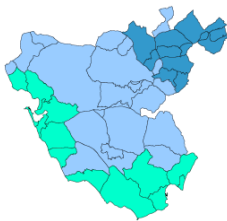
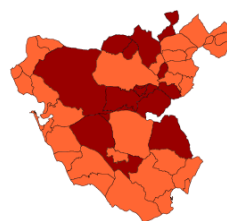


Verano



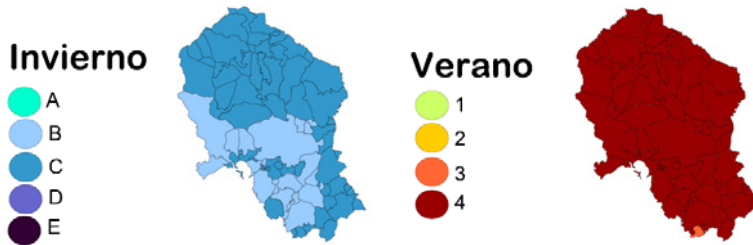
Abla	C3	Cóbdar	C3	Padules	C3
Abrucena	C3	Cuevas del Almanzora	B3	Partaloa	C3
Adra	A3	Dalías	B3	Paterna del Río	D3
Albánchez	B3	Ejido, El	B3	Pechina	B4
Alboloduy	B4	Enix	C3	Pulpí	B3
Albox	B3	Felix	C3	Purchena	C3
Alcolea	C3	Fines	B4	Rágol	B3
Alcóntar	D3	Fiñana	C3	Rioja	B4
Alcudia de Monteagud	C3	Fondón	C3	Roquetas de Mar	B3
Alhabia	B4	Gádor	B4	Santa Cruz de Marchena	B4
Alhama de Almería	B3	Gallardos, Los	B3	Santa Fe de Mondújar	B4
Alicún	B4	Garrucha	B4	Senés	C3
Almería	A4	Gérgal	C3	Serón	C3
Almócita	C3	Huécija	B3	Sierro	C3
Alsodux	B4	Huércal de Almería	A4	Somontín	C3
Antas	B3	Huércal-Overa	B4	Sorbas	B3
Arboleas	B3	Illar	B3	Sufí	C3
Armuña de Almanzora	C3	Instinción	B3	Tabernas	B4
Bacares	D3	Laroya	C3	Taberno	C3
Bayárcal	D3	Láujar de Andarax	C3	Tahal	C3
Bayarque	C3	Líjar	C3	Terque	B4
Bédar	B3	Lubrín	C3	Tíjola	C3
Beires	C3	Lucainena de las Torres	B3	Tres Villas, Las	C3
Benahadux	B4	Lúcar	C3	Turre	B3
Benitagla	C3	Macael	C4	Turrillas	C3
Benizalón	C3	María	D2	Uleila del Campo	C3

Bentarique	B4	Mojácar	B3	Urrácal	C3
Berja	B3	Mojonera, La	B3	Veleftique	C3
Canjáyar	C3	Nacimiento	C3	Vélez-Blanco	D2
Cantoria	B3	Níjar	A4	Vélez-Rubio	C3
Carboneras	A3	Ohanes	C3	Vera	B3
Castro de Filabres	C3	Olula de Castro	C3	Viator	A4
Chercos	C3	Olula del Río	C4	Vícar	B3
Chirivel	D2	Oria	D2	Zurgena	B3

CÁDIZ**Invierno****Verano**

Alcalá de los Gazules	B3	Chipiona	B3	Rota	A3
Alcalá del Valle	C3	Conil de la Frontera	A3	San Fernando	A3
Algar	B4	Espera	B4	San José del Valle	B4
Algeciras	A3	Gastor, El	C3	San Roque	A3
Algodonales	C3	Grazalema	C3	Sanlúcar de Barrameda	B3
Arcos de la Frontera	B3	Jerez de la Frontera	B4	Setenil de las Bodegas	C3
Barbate	A3	Jimena de la Frontera	B4	Tarifa	A3
Barrios, Los	A3	Línea de la Concepción, La	A3	Torre Alháquime	C3
Benalup-Casas Viejas	B3	Medina-Sidonia	B4	Trebujena	B3
Benaocaz	C3	Olvera	C3	Ubrique	B4
Bornos	B4	Paterna de Rivera	B4	Vejer de la Frontera	B3
Bosque, El	B4	Prado del Rey	C3	Villaluenga del Rosario	C3
Cádiz	A3	Puerto de Santa María, El	A3	Villamartín	C4
Castellar de la Frontera	B3	Puerto Real	A3	Zahara	C3
Chiclana de la Frontera	A3	Puerto Serrano	B4		

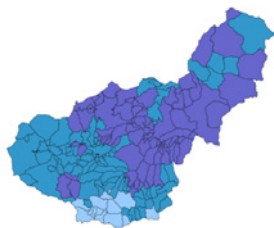
CÓRDOBA



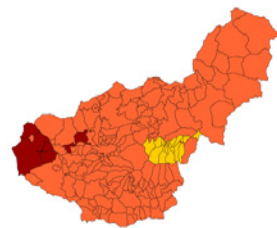
Adamuz	C4	Espiel	C4	Pedroche	C4
Aguilar de la Frontera	B4	Fernán-Núñez	C4	Peñarroya-Pueblonuevo	C4
Alcaracejos	C4	Fuente la Lancha	C4	Posadas	B4
Almedinilla	C4	Fuente Obejuna	C4	Pozoblanco	C4
Almodóvar del Río	B4	Fuente Palmera	C4	Priego de Córdoba	C4
Añora	C4	Fuente-Tójar	C4	Puente Genil	C4
Baena	C4	Granjuela, La	C4	Rambla, La	C4
Belalcázar	C4	Guadalcazar	C4	Rute	C4
Belmez	C4	Guijo, El	C4	San Sebastián de los Ballesteros	C4
Benamejí	C3	Hinojosa del Duque	C4	Santa Eufemia	C4
Blázquez, Los	C4	Hornachuelos	B4	Santaella	B4
Bujalance	C4	Iznájar	C4	Torrecampo	C4
Cabra	B4	Lucena	B4	Valenzuela	C4
Cañete de las Torres	C4	Luque	C4	Valsequillo	C4
Carcabuey	C4	Montalbán de Córdoba	B4	Victoria, La	B4
Cardeña	C4	Montemayor	C4	Villa del Río	C4
Carlota, La	B4	Montilla	B4	Villafranca de Córdoba	B4
Carpio, El	B4	Montoro	C4	Villaharta	C4
Castro del Río	B4	Monturque	B4	Villanueva de Córdoba	C4
Conquista	C4	Moriles	B4	Villanueva del Duque	C4
Córdoba	B4	Nueva Carteya	B4	Villanueva del Rey	C4
Doña Mencía	B4	Obejo	C4	Villaralto	C4
Dos Torres	C4	Palenciana	C4	Villaviciosa de Córdoba	C4
Encinas Reales	C4	Palma del Río	B4	Viso, El	C4
Espejo	C4	Pedro Abad	B4	Zuheros	C4

GRANADA

Invierno



Verano

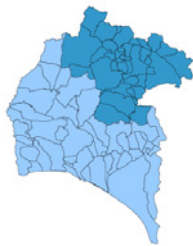


Agrón	D3	Dehesas de Guadix	C3	Montillana	D3
Alamedilla	C3	Deifontes	C3	Moraleda de Zafayona	C3
Albolote	C3	Diezma	D3	Morelábor	D3
Albondón	C3	Dílar	C3	Motril	B3
Albuñán	D2	Dólar	D2	Murtas	C3
Albuñol	B3	Dúdar	C3	Nevada	C3
Albuñuelas	C3	Dúrcal	C3	Nigüelas	C3
Aldeire	D2	Escúzar	C3	Nívar	D3
Alfacar	D3	Ferreira	D2	Ogijares	C3
Algarinejo	C4	Fonelas	C3	Orce	D3
Alhama de Granada	C3	Freila	D3	Órgiva	B3
Alhendín	C3	Fuente Vaqueros	D3	Otívar	B3
Alicún de Ortega	C3	Gabias, Las	C3	Otura	C3
Almegíjar	C3	Galera	C3	Padul	C3
Almuñécar	B3	Gobernador	D3	Pampaneira	C3
Alpujarra de la Sierra	D3	Gójar	C3	Pedro Martínez	D3
Alquife	D2	Gor	D3	Peligros	C3
Arenas del Rey	D3	Gorafe	D3	Peza, La	D3
Armillá	C3	Granada	C3	Pinar, El	B3
Atarfe	C3	Guadahortuna	D3	Pinos Genil	C3
Baza	D3	Guadix	D3	Pinos Puente	C4
Beas de Granada	D3	Guajares, Los	B3	Píñar	D3
Beas de Guadix	D3	Gualchos	B3	Polícar	D3
Benalúa	C3	Güejar Sierra	D3	Polopos	C3
Benalúa de las Villas	D3	Güevéjar	D3	Pórtugos	D3
Benamaurel	C3	Huélogo	D3	Puebla de Don Fadrique	C3
Bérchules	D3	Huéneja	D3	Pulianas	C3

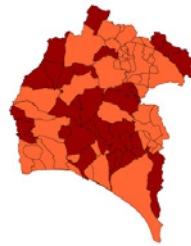
Bubión	D3	Huércar	D3	Purullena	D3
Busquístar	D3	Huétor de Santillán	D3	Quéntar	C3
Cacín	C3	Huétor Tájar	C4	Rubite	C3
Cádiar	C3	Huétor Vega	C3	Salar	C4
Cájar	C3	Illora	C3	Salobreña	B3
Calahorra, La	D2	Itrabo	B3	Santa Cruz del Comercio	C3
Calicasas	C3	Iznalloz	D3	Santa Fe	D3
Campotéjar	D3	Jayena	D3	Soportújar	C3
Caniles	D3	Jerez del Marquesado	D2	Sorvilán	C3
Cáñar	C3	Jete	B3	Taha, La	D3
Capileira	D3	Jun	C3	Torre-Cardela	D3
Carataunas	C3	Juviles	D3	Torvizcón	C3
Cástaras	C3	Láchar	C3	Trevélez	D3
Castilléjar	C3	Lanjarón	C3	Turón	C3
Castril	D3	Lanteira	D2	Ugíjar	C3
Cenes de la Vega	C3	Lecrín	C3	Valle del Zalabí	D3
Chauchina	C3	Lentegí	C3	Valle, El	C3
Chimeneas	C3	Lobras	C3	Válor	C3
Churriana de la Vega	C3	Loja	C4	Vegas del Genil	C3
Cijuela	C3	Lugros	D2	Vélez de Benaudalla	B3
Cogollos de Guadix	D2	Lújar	C3	Ventas de Huelma	C3
Cogollos de la Vega	D3	Malahá, La	C3	Villamena	C3
Colomera	D3	Maracena	C3	Villanueva de las Torres	C3
Cortes de Baza	C3	Marchal	D3	Villanueva Mesía	C3
Cortes y Graena	D3	Moclín	D3	Víznar	D3
Cuevas del Campo	D3	Molvízar	B3	Zafarraya	C3
Cúllar	D3	Monachil	C3	Zagra	C3
Cúllar Vega	C3	Montefrío	C3	Zubia, La	C3
Darro	D3	Montejícar	D3	Zújar	D3

HUELVA

Invierno



Verano

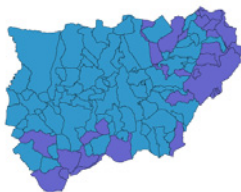


Alájar	C3	Cumbres de Enmedio	C3	Palos de la Frontera	B3
Aljaraque	B3	Cumbres de San Bartolomé	C3	Paterna del Campo	B3
Almendro, El	B3	Cumbres Mayores	C3	Paymogo	B4
Almonaster la Real	C3	Encinasola	C4	Puebla de Guzmán	B3
Almonte	B3	Escacena del Campo	B3	Puerto Moral	C3
Alosno	B4	Fuenteheridos	C3	Punta Umbría	B3
Aracena	C3	Galaroza	C3	Rociana del Condado	B4
Aroche	C3	Gibraleón	B4	Rosal de la Frontera	B4
Arroyomolinos de León	C4	Granada de Río-Tinto, La	C3	San Bartolomé de la Torre	B4
Ayamonte	B3	Granado, El	B4	San Juan del Puerto	B3
Beas	B4	Higuera de la Sierra	C3	San Silvestre de Guzmán	B4
Berrocal	C3	Hinojales	C3	Sanlúcar de Gadiana	B4
Bollullos Par del Condado	B4	Hinojos	B4	Santa Ana la Real	C3
Bonares	B4	Huelva	B4	Santa Bárbara de Casa	B4
Cabezas Rubias	B4	Isla Cristina	B3	Santa Olalla del Cala	C4
Cala	C4	Jabugo	C4	Trigueros	B4
Calañas	B4	Lepe	B3	Valdelarco	C3
Campillo, El	C4	Linares de la Sierra	C3	Valverde del Camino	C3
Campofrío	C3	Lucena del Puerto	B4	Villablanca	B3
Cañaveral de León	C3	Manzanilla	B3	Villaiba del Alcor	B3
Cartaya	B3	Marines, Los	C3	Villanueva de las Cruces	B4
Castaño del Robledo	C3	Minas de Riotinto	C4	Villanueva de los Castillejos	B3
Cerro de Andévalo, El	B3	Moguer	B3	Villarrasa	B4
Chucena	B3	Nava, La	C3	Zalamea la Real	C4

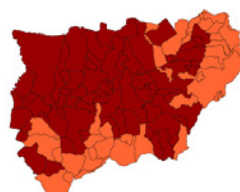
Corteconcepción	C3	Nerva	C3	Zufre	C3
Cortegana	C4	Niebla	B4		
Cortelazor	C3	Palma del Condado, La	B4		

JAÉN

Invierno



Verano

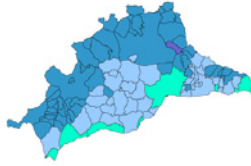


Albánchez de Mágina	C4	Fuensanta de Martos	C3	Porcuna	C4
Alcalá la Real	D3	Fuerte del Rey	C4	Pozo Alcón	D3
Alcaudete	C4	Génave	D3	Puente de Génave	C4
Aldeaquemada	C4	Guardia de Jaén, La	C4	Puerta de Segura, La	C4
Andújar	C4	Guarromán	C4	Quesada	C4
Arjona	C4	Higuera de Calatrava	C4	Rus	C4
Arjonilla	C4	Hinojares	C4	Sabiote	C4
Arquillos	C4	Hornos	D3	Santa Elena	C4
Arroyo del Ojanco	C4	Huelma	D3	Santiago de Calatrava	C4
Baeza	C4	Huesa	C4	Santiago-Pontones	D3
Bailén	C4	Ibros	C4	Santisteban del Puerto	C4
Baños de la Encina	C4	Iruela, La	D3	Santo Tomás	C4
Beas de Segura	C4	Iznatoraf	D3	Segura de la Sierra	D3
Bedmar y Garcíez	C4	Jabalquinto	C4	Siles	D3
Begíjar	C4	Jaén	C4	Sorihuela del Guadalimar	C4
Bélmez de la Moraleda	C3	Jamilena	C3	Torre del Campo	C4
Benatae	D3	Jimena	C4	Torreblascopedro	C4
Cabra del Santo Cristo	C3	Jódar	C4	Torredonjimeno	C3
Cambil	C3	Lahiguera	C4	Torreperogil	C4
Campillo de Arenas	D3	Larva	C4	Torres	D3
Canena	C4	Linares	C4	Torres de Albánchez	D3
Carboneros	C4	Lopera	C4	Úbeda	C4
Cárcheles	C3	Lupión	C4	Valdepeñas de Jaén	D3
Carolina, La	C4	Mancha Real	C3	Vilches	C4
Castellar	D3	Marmolejo	C4	Villacarrillo	C4
Castillo de Locubín	C4	Martos	D3	Villanueva de la Reina	C4
Cazalilla	C4	Mengíbar	C4	Villanueva del Arzobispo	C4

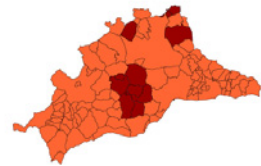
Cazorla	C4	Montizón	C4	Villardompardo	C4
Chiclana de Segura	D3	Navas de San Juan	C4	Villares, Los	C4
Chilluévar	C4	Noalejo	D3	Villarodrigo	D3
Escañuela	C4	Orcera	C3	Villatorres	C4
Espelúy	C4	Peal de Becerro	C4		
Frailes	D3	Pegalajar	D3		

MÁLAGA

Invierno



Verano

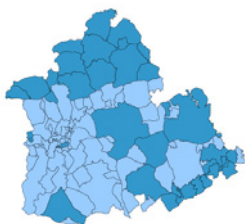


Alameda	C3	Cañete la Real	C3	Marbella	A3
Alcaucín	B3	Carratraca	B4	Mijas	B3
Alfarnate	C3	Cartajima	C3	Moclínejo	C3
Alfarnatejo	C3	Cártama	B4	Mollina	C3
Algarrobo	A3	Casabermeja	C3	Monda	B3
Algatocín	C3	Casarabonela	B4	Montejaque	C3
Alhaurín de la Torre	B3	Casares	B3	Nerja	A3
Alhaurín el Grande	B4	Coín	B4	Ojén	B3
Almáchar	B3	Colmenar	C3	Parauta	C3
Almargen	C3	Comares	C3	Periana	B3
Almogía	B3	Cómpeta	C3	Pizarra	B4
Álora	B4	Cortes de la Frontera	C3	Pujerra	C3
Alozaina	C3	Cuevas Bajas	C4	Rincón de la Victoria	B3
Alpandeire	C3	Cuevas de San Marcos	C4	Riogordo	C3
Antequera	C3	Cuevas del Becerro	C3	Ronda	C3
Árchez	C3	Cútar	B3	Salares	C3
Archidona	C4	Estepona	A3	Sayalonga	B3
Ardales	B3	Faraján	C3	Sedella	C3
Arenas	B3	Frigiliana	B3	Sierra de Yeguas	C3
Arriate	C3	Fuengirola	A3	Teba	C3
Atajate	C3	Fuente de Piedra	C4	Tolox	B3
Benadalid	C3	Gaucín	C3	Torremolinos	B3
Benahavís	B3	Genalguacil	C3	Torrox	B3
Benalauría	C3	Guaro	B3	Totalán	B3
Benalmádena	B3	Humilladero	C3	Valle de Abdalajís	B3
Benamargosa	B3	Igualeja	C3	Vélez-Málaga	B3
Benamocarra	B3	Istán	B3	Villanueva de Algaidas	C3

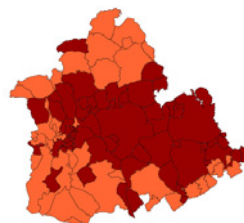
Benaoján	C3	Iznate	B3	Villanueva de Tapia	C3
Benarrabá	C3	Jimera de Libar	C3	Villanueva del Rosario	D3
Borge, El	B3	Jubrique	C3	Villanueva del Trabuco	C3
Burgo, El	C3	Júzcar	C3	Viñuela	B3
Campillos	C3	Macharaviaya	B3	Yunquera	B3
Canillas de Aceituno	C3	Málaga	A3		
Canillas de Albaida	C3	Manilva	A3		

SEVILLA

Invierno




Verano



Aguadulce	B4	Coripe	B3	Osuna	B4
Alanís	C3	Coronil, El	B4	Palacios y Villafranca, Los	B4
Albaida del Aljarafe	B3	Corrales, Los	C3	Palomares del Río	B4
Alcalá de Guadaíra	B4	Cuervo de Sevilla, El	B3	Paradas	B4
Alcalá del Río	B4	Dos Hermanas	B3	Pedrera	C3
Alcolea del Río	B4	Écija	C4	Pedroso, El	C3
Algaba, La	B3	Espartinas	B3	Peñaflor	B4
Algámitas	C4	Estepa	C4	Pilas	B4
Almadén de la Plata	C3	Fuentes de Andalucía	B4	Pruna	C3
Almensilla	B4	Garrobo, El	C4	Puebla de Cazalla, La	B4
Arahal	B4	Gelves	B4	Puebla de los Infantes, La	C4
Aznalcázar	B3	Gerena	B4	Puebla del Río, La	B3
Aznalcóllar	B4	Gilena	C3	Real de la Jara, El	C4
Badolatosa	B4	Gines	B4	Rinconada, La	B4
Benacazón	B3	Guadalcanal	C3	Roda de Andalucía, La	C3
Bollullos de la Mitación	B4	Guillena	B4	Ronquillo, El	C3
Bormujos	B4	Herrera	B4	Rubio, El	B4
Brenes	B4	Huévar del Aljarafe	B3	Salteras	B4
Burguillos	B4	Isla Mayor	B4	San Juan de Aznalfarache	B4
Cabezas de San Juan, Las	B3	Lantejuela, La	B4	San Nicolás del Puerto	C3
Camas	B4	Lebrija	C3	Sanlúcar la Mayor	B3
Campana, La	B4	Lora de Estepa	C3	Santiponce	B4
Cantillana	B4	Lora del Río	B4	Saucejo, El	C3
Cañada Rosal	B4	Luisiana, La	B4	Sevilla	B4
Carmona	C4	Madroño, El	C3	Tocina	B4
Carrión de los Céspedes	C3	Mairena del Alcor	B4	Tomares	B4

Casariche	C4	Mairena del Aljarafe	C4	Umbrete	B3
Castilblanco de los Arroyos	C4	Marchena	C4	Utrera	B3
Castilleja de Guzmán	B4	Marinaleda	B4	Valencina de la Concepción	B4
Castilleja de la Cuesta	B4	Martín de la Jara	C3	Villamanrique de la Condesa	B3
Castilleja del Campo	C3	Molares, Los	B3	Villanueva de San Juan	C4
Castillo de las Guardas, El	C3	Montellano	B4	Villanueva del Ariscal	B3
Cazalla de la Sierra	C3	Morón de la Frontera	C3	Villanueva del Río y Minas	B4
Constantina	C3	Navas de la Concepción, Las	C3	Villaverde del Río	B4
Coria del Río	B3	Olivares	B3	Viso del Alcor, El	B4



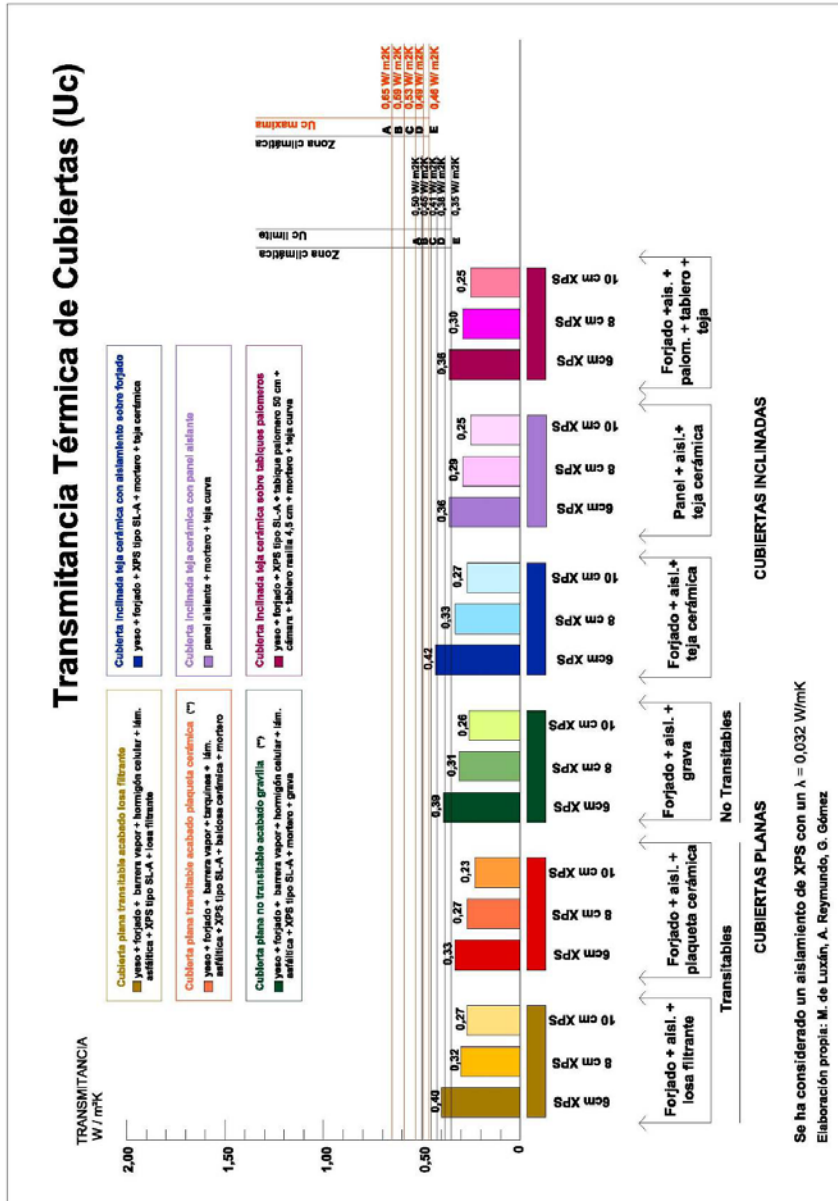


**Anexo II.
Soluciones
técnicas y
fundamentos
de cálculo**

ANEXO II. Soluciones técnicas y fundamentos de cálculo

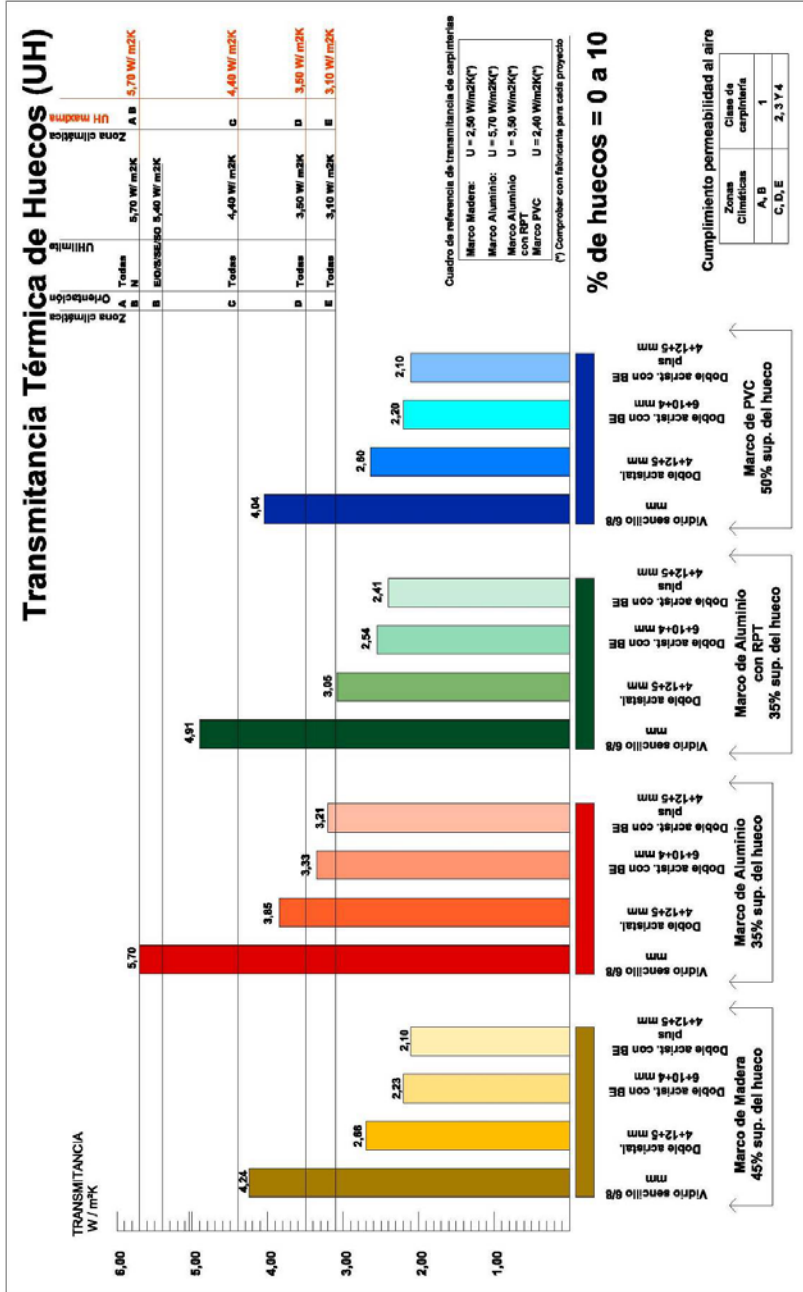
AI. 1 SOLUCIONES DE CUBIERTA

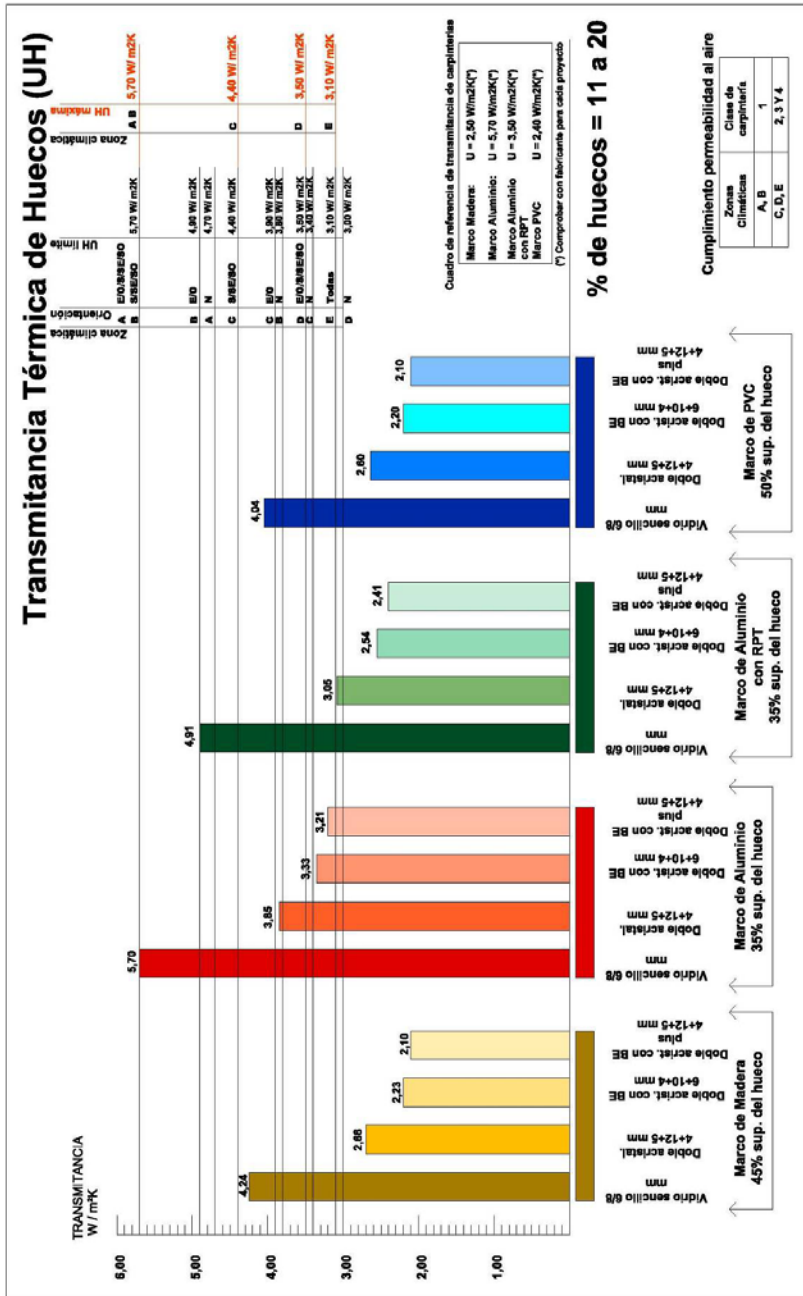
GRÁFICAS 1. SOLUCIONES DE CUBIERTA

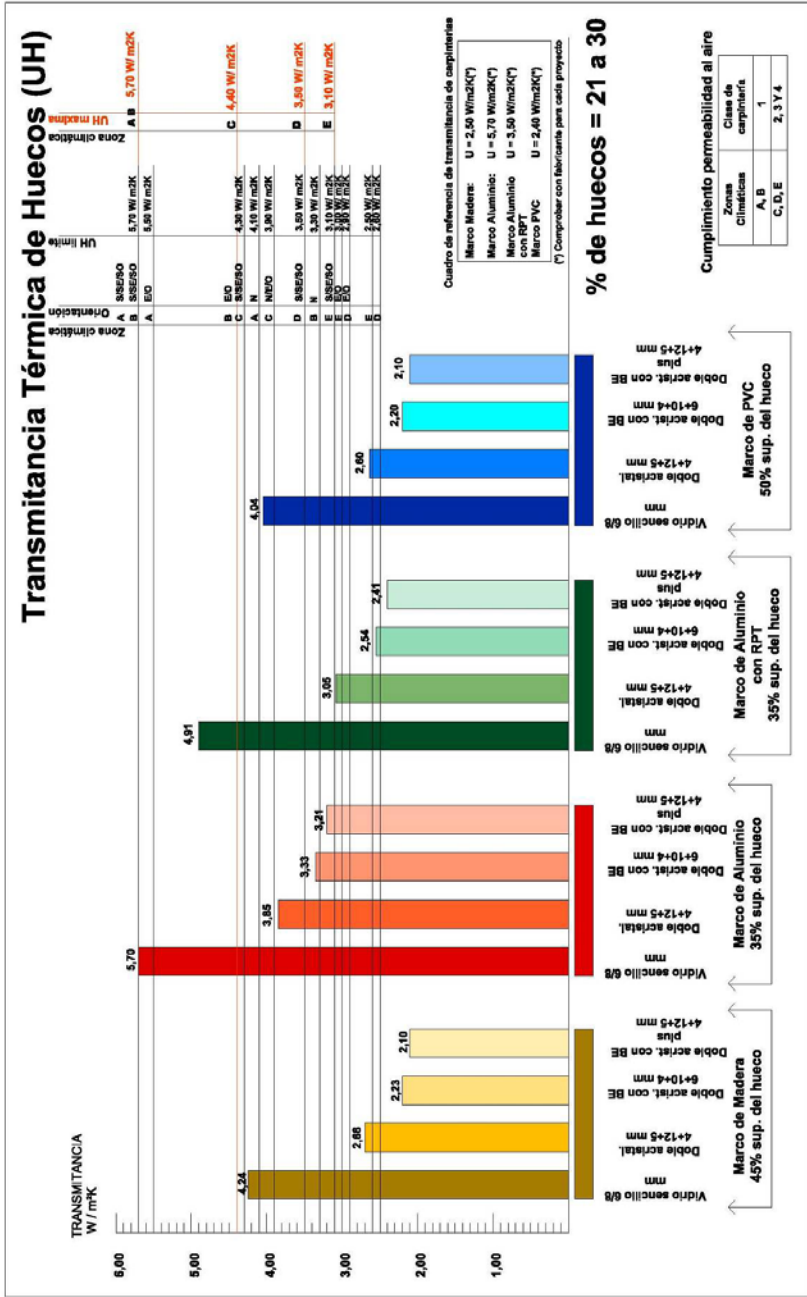


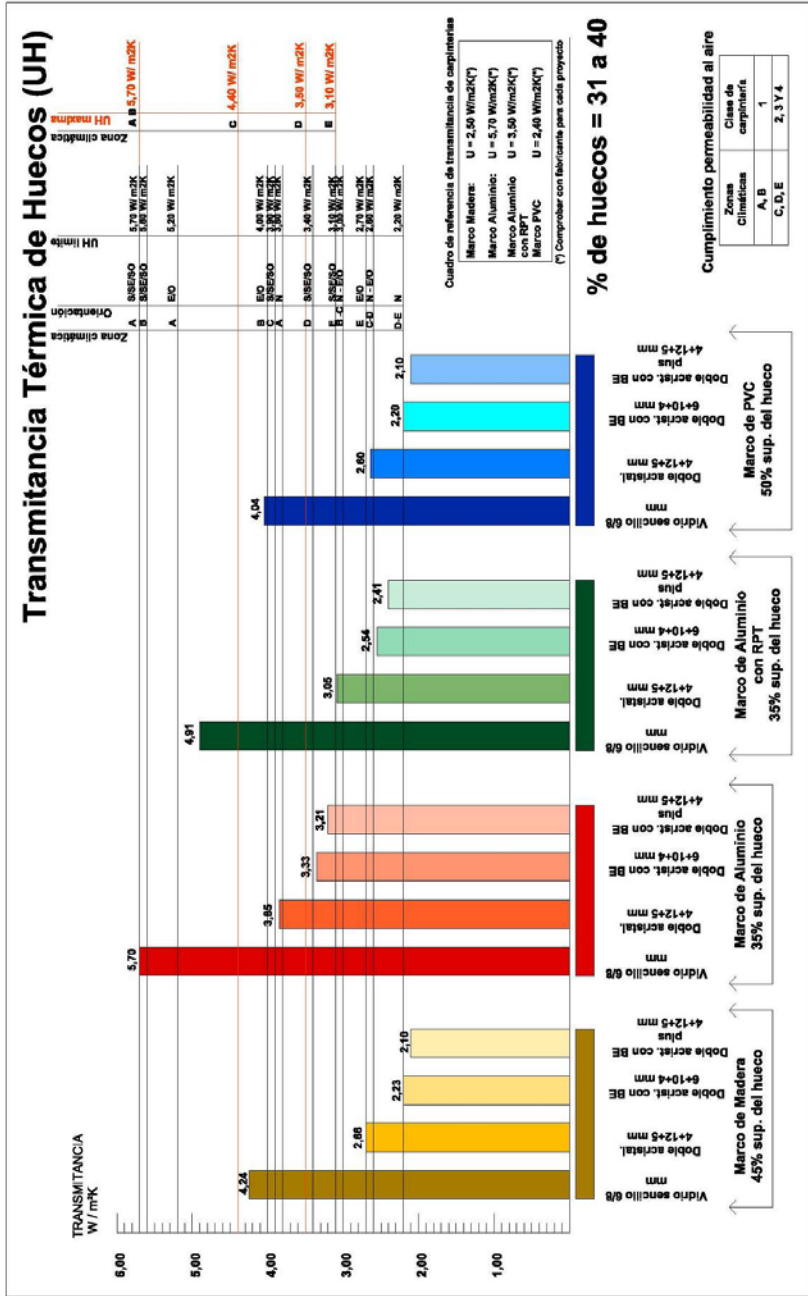
AII.2 SOLUCIONES DE HUECOS

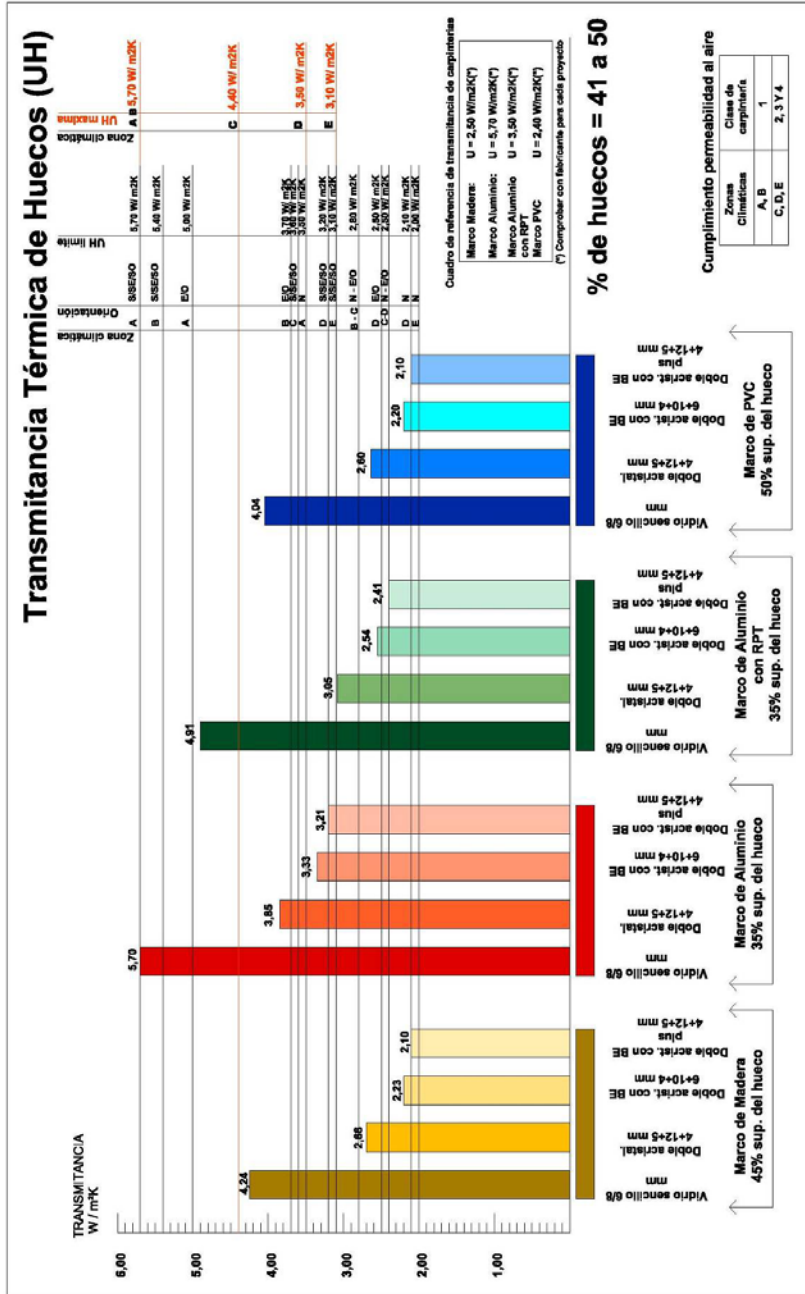
GRÁFICAS 2. SOLUCIONES DE HUECOS

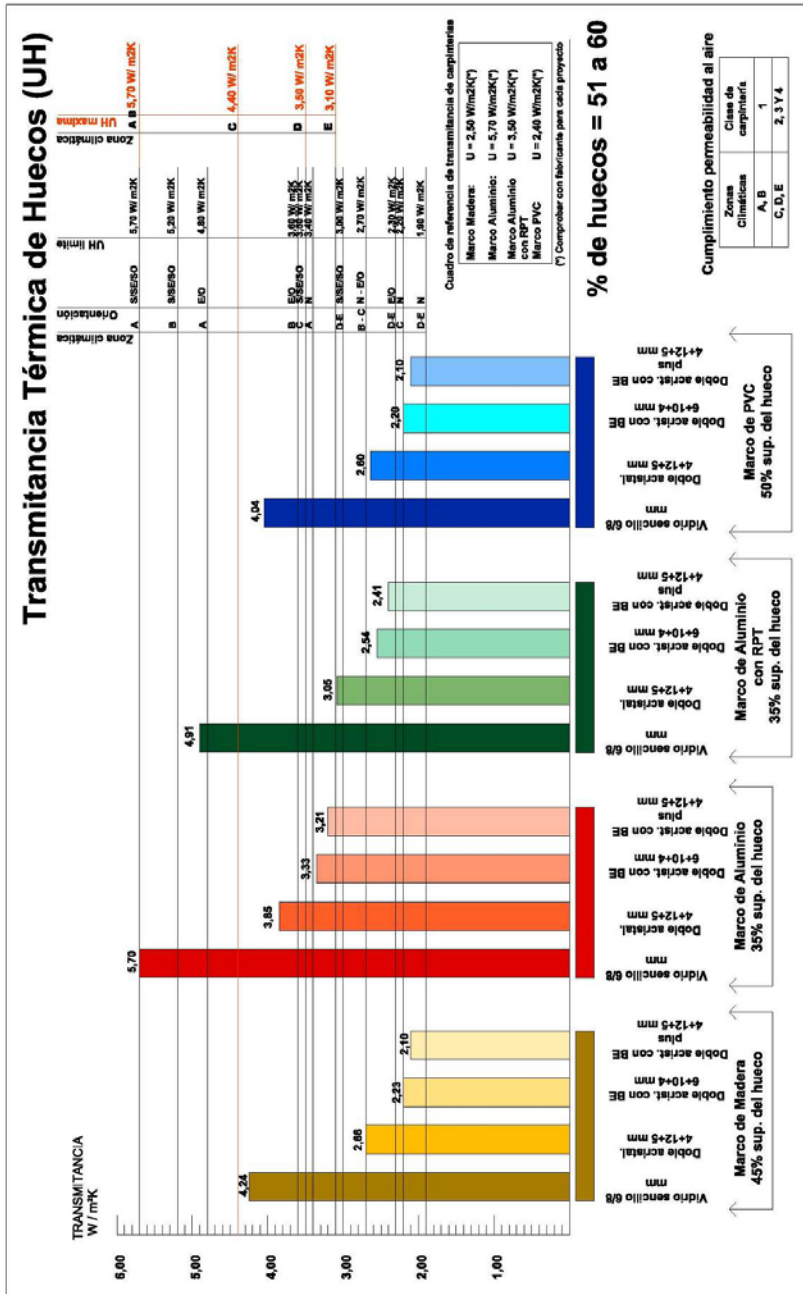






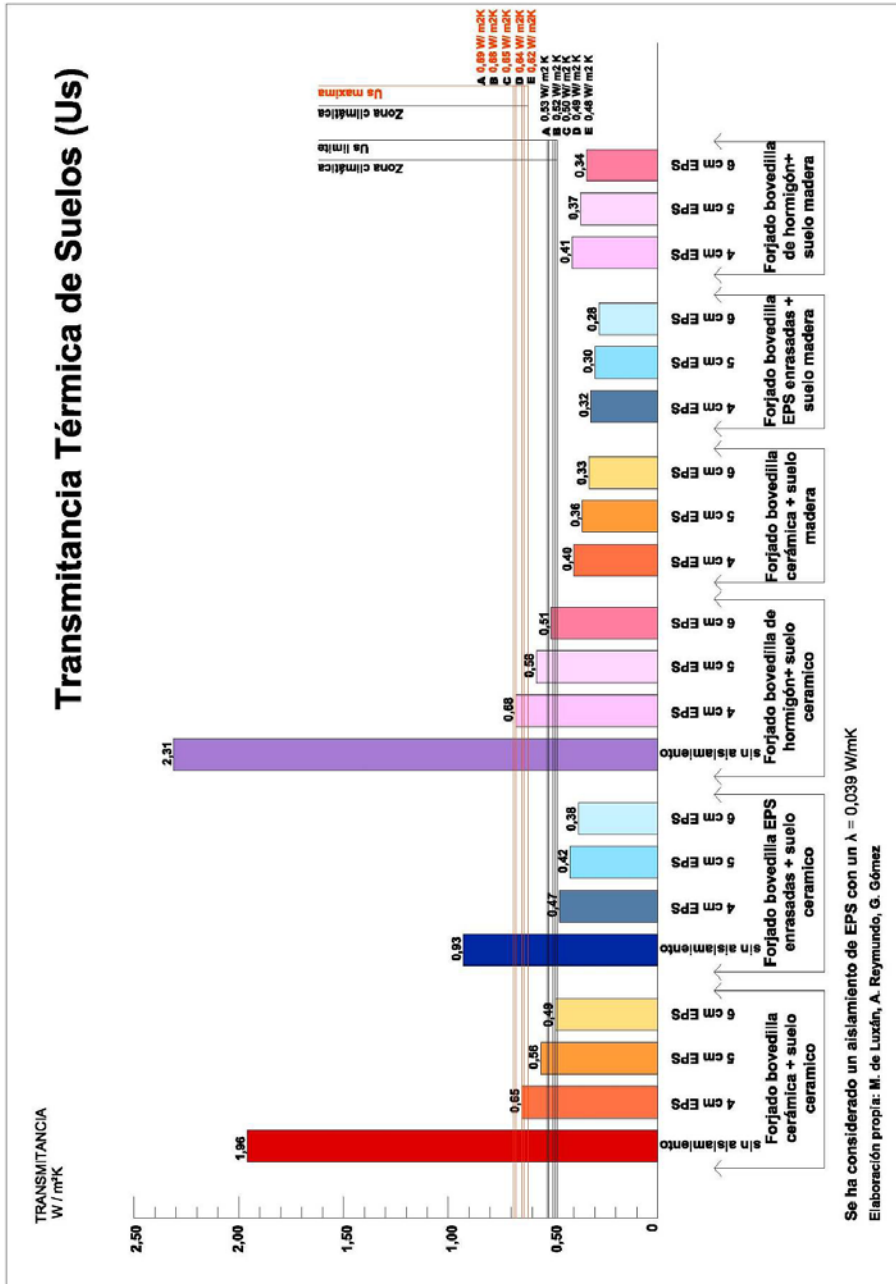






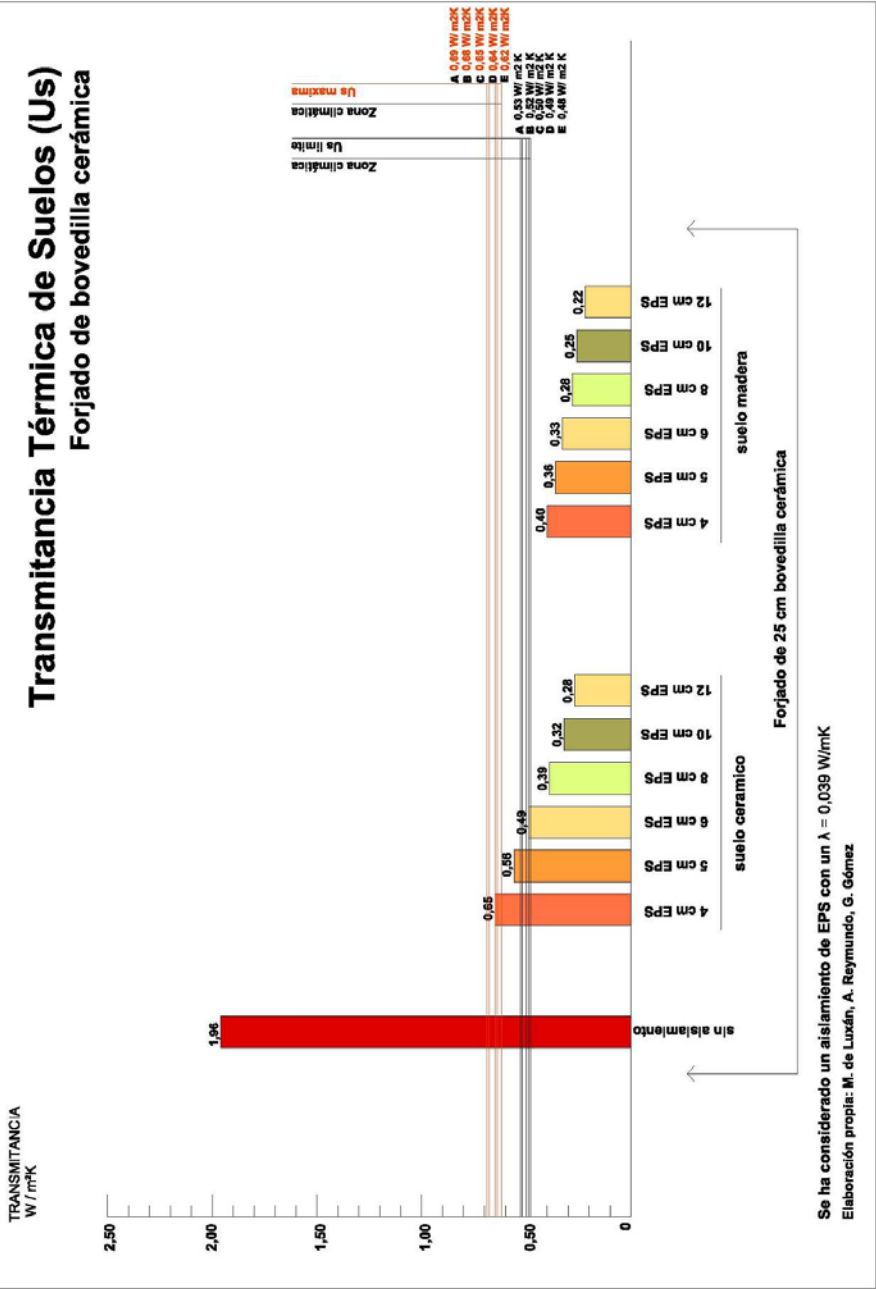
AII.3 SOLUCIONES DE SUELOS

GRÁFICAS 3. SOLUCIONES DE SUELOS



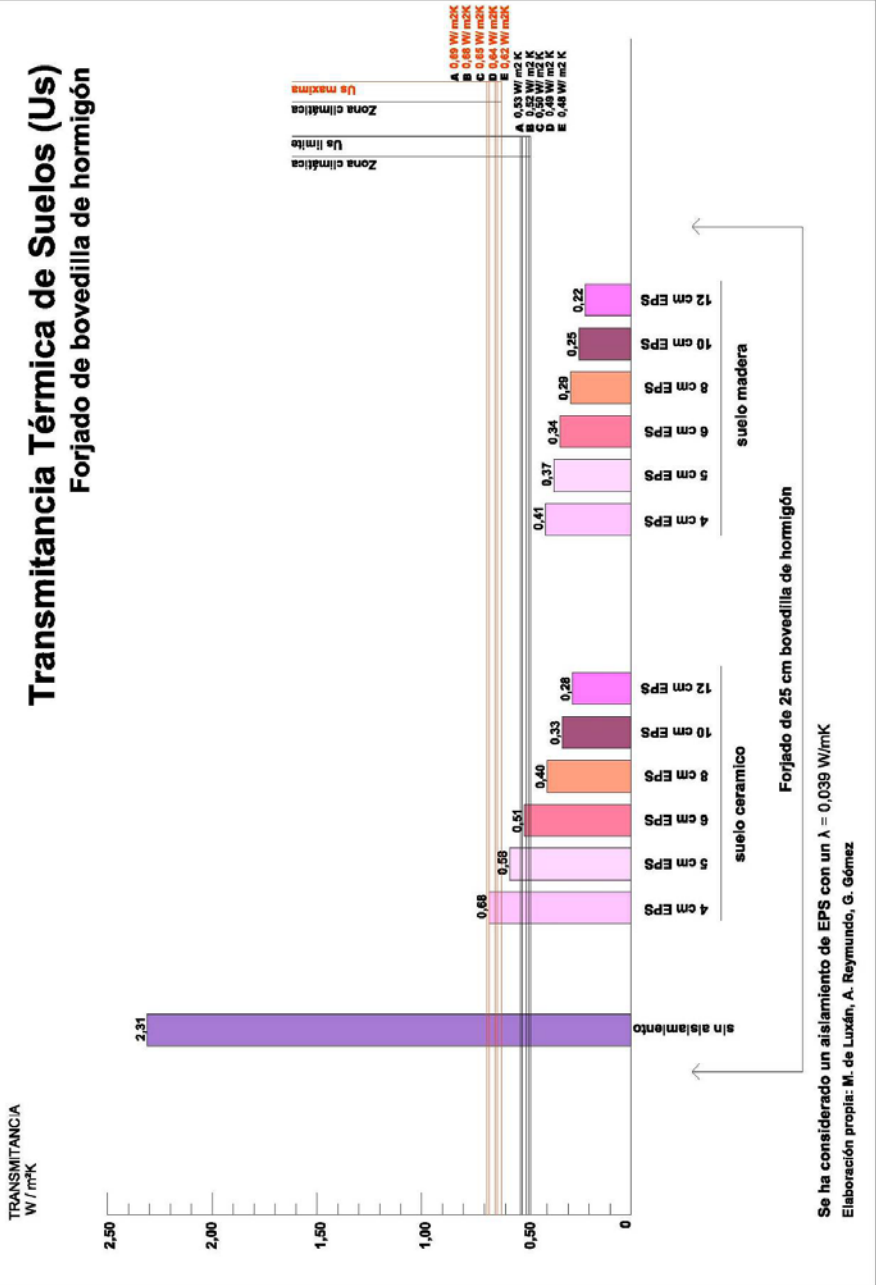
Transmitancia Térmica de Suelos (Us)

Forjado de bovedilla cerámica



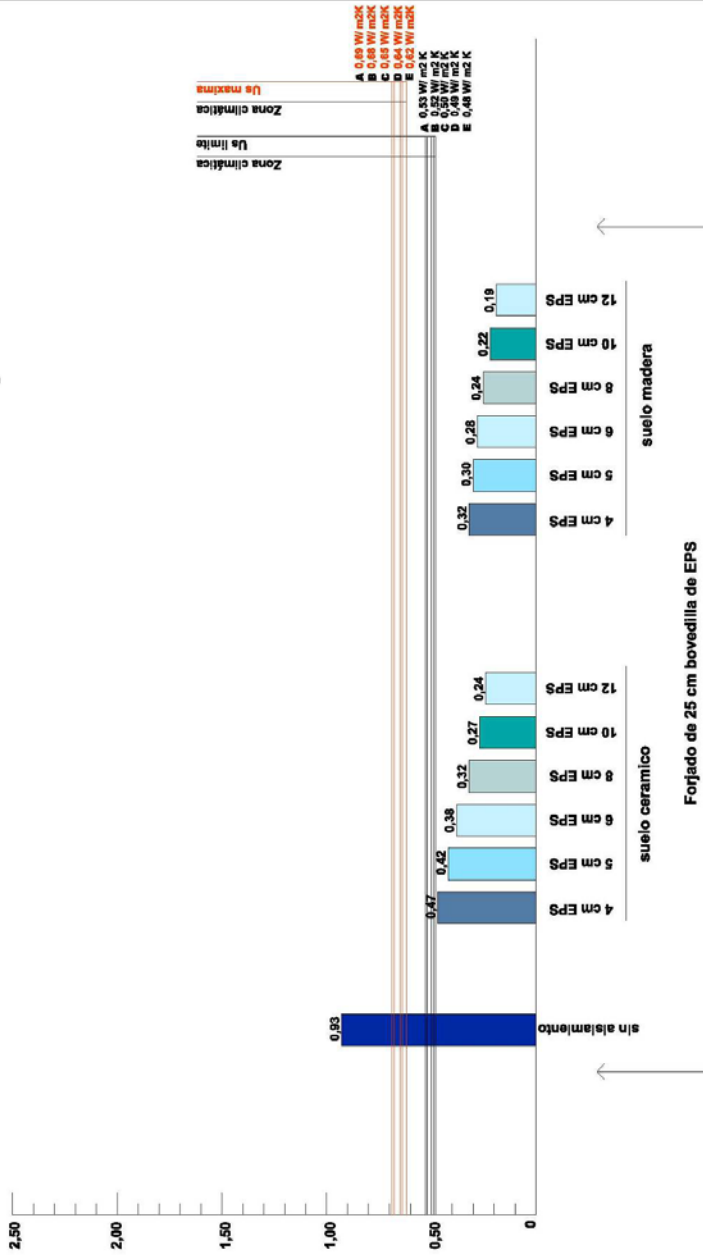
Transmitancia Térmica de Suelos (Us)

Forjado de bovedilla de hormigón



Transmitancia Térmica (Us) Forjado de bovedilla de EPS

TRANSMITANCIA
W/m²K

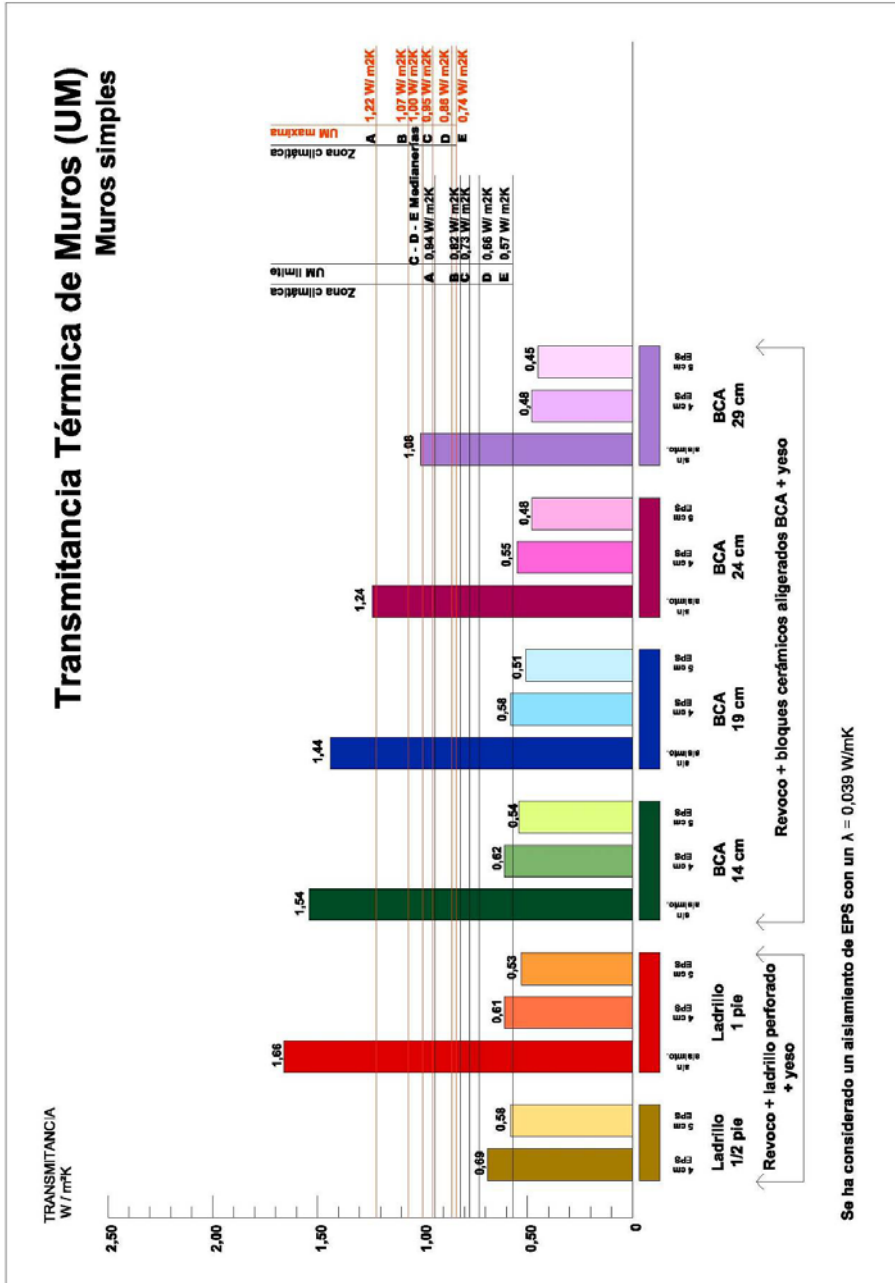


Se ha considerado un aislamiento de EPS con un $\lambda = 0,039$ W/mK
Elaboración propia: M. de Luxán, A. Reymundo, G. Gómez

- Zona climática
Us máxima
- A 0,53 W/m²K
 - B 0,55 W/m²K
 - C 0,57 W/m²K
 - D 0,49 W/m²K
 - E 0,48 W/m²K
- Zona climática
Us máxima
- A 0,69 W/m²K
 - B 0,68 W/m²K
 - C 0,68 W/m²K
 - D 0,62 W/m²K
 - E 0,62 W/m²K

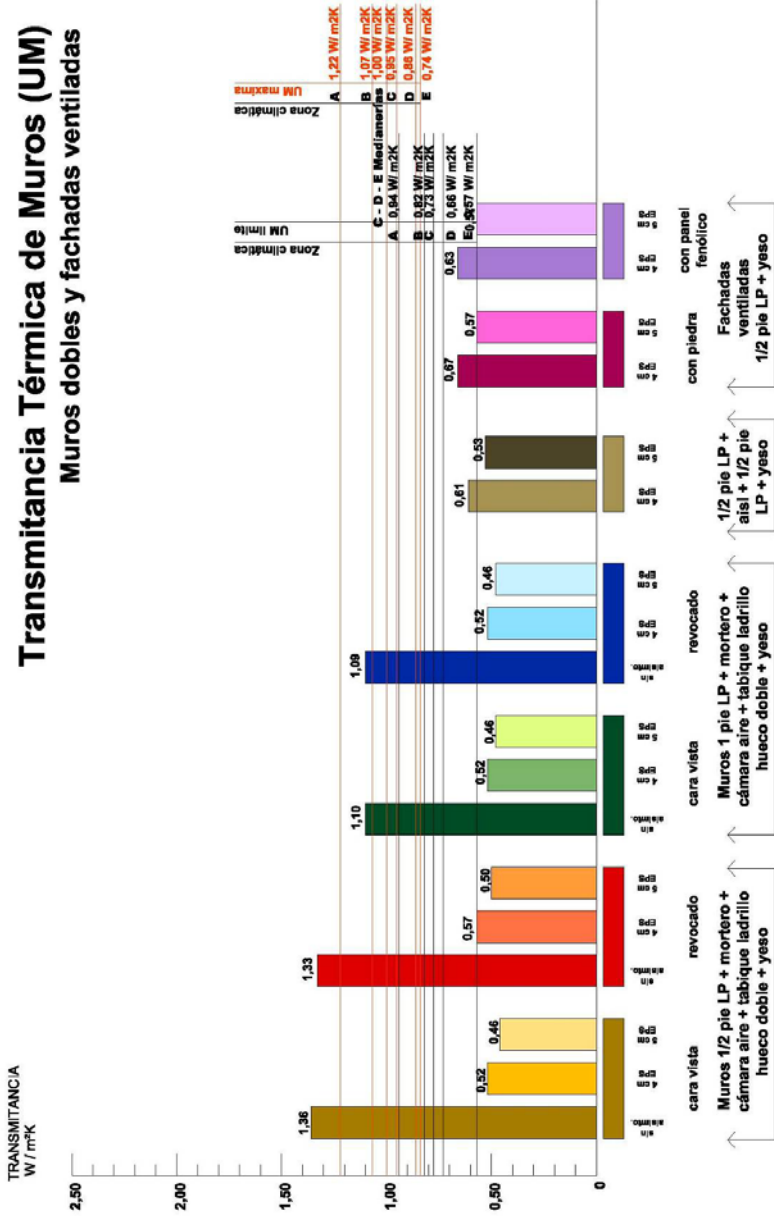
AII.4 SOLUCIONES DE MUROS

GRÁFICAS 4. SOLUCIONES DE MUROS



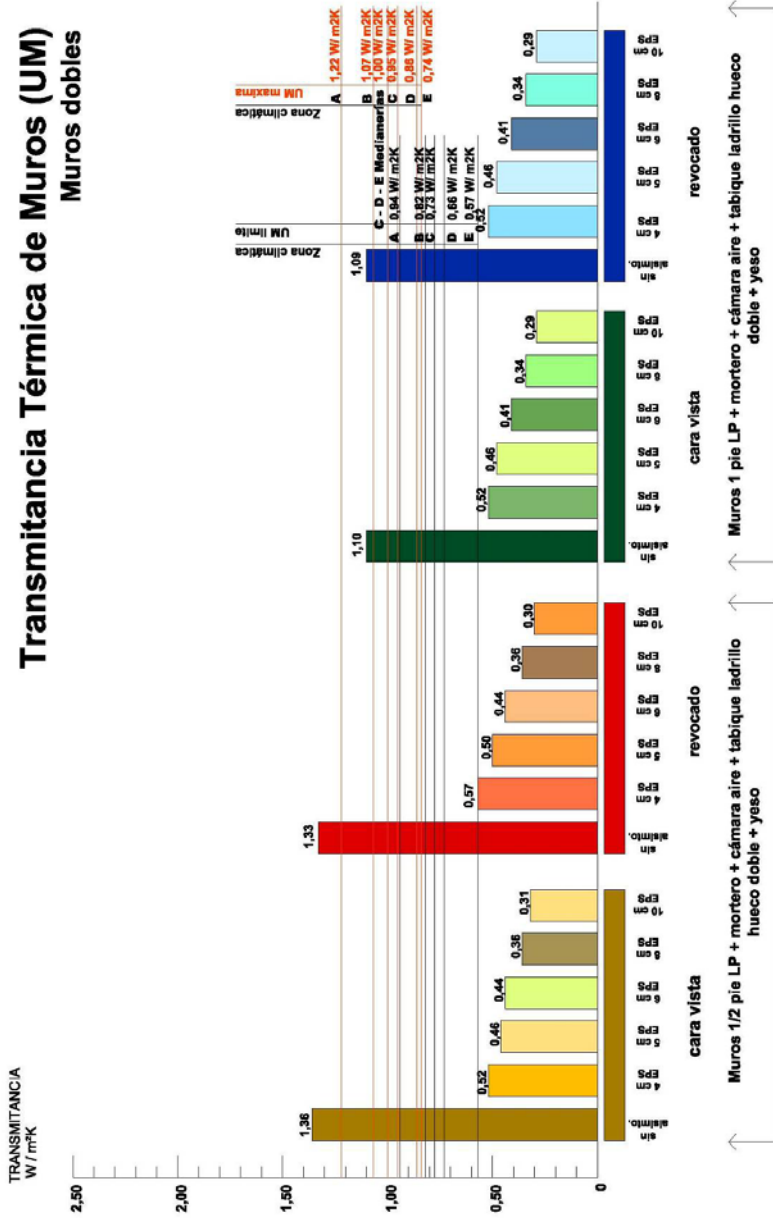
Transmitancia Térmica de Muros (UM)

Muros dobles y fachadas ventiladas



Se ha considerado un aislamiento de EPS con un $\lambda = 0,039$ W/mK
 Las cámaras de aire se han tomado de 5 cm incluyendo el espesor del aislamiento. En la fachada ventilada se han considerado 2 cm de cámara de aire

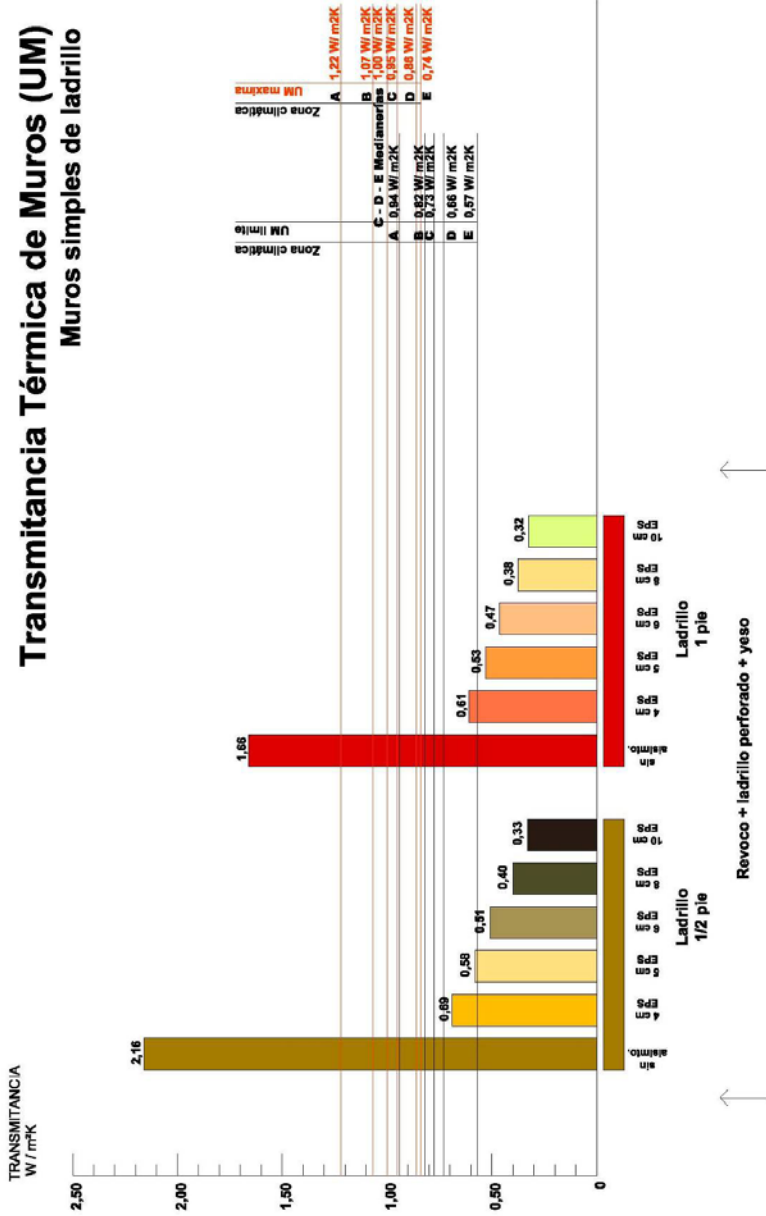
Transmitancia Térmica de Muros (UM) Muros dobles



Se ha considerado un aislamiento de EPS con un $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$
Las cámaras de aire se han tomado incluyendo 1 cm además del espesor del aislamiento.

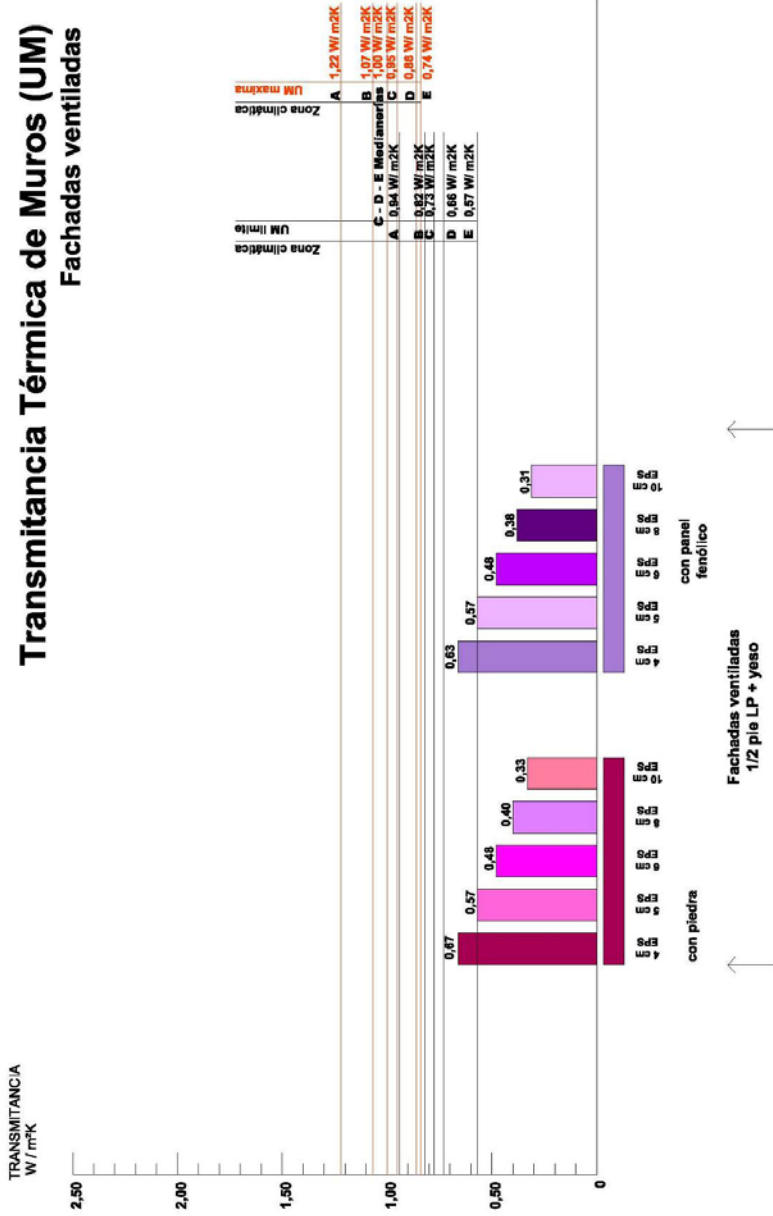
Transmitancia Térmica de Muros (UM)

Muros simples de ladrillo



Se ha considerado un aislamiento de EPS con un $\lambda = 0.039$ W/mK

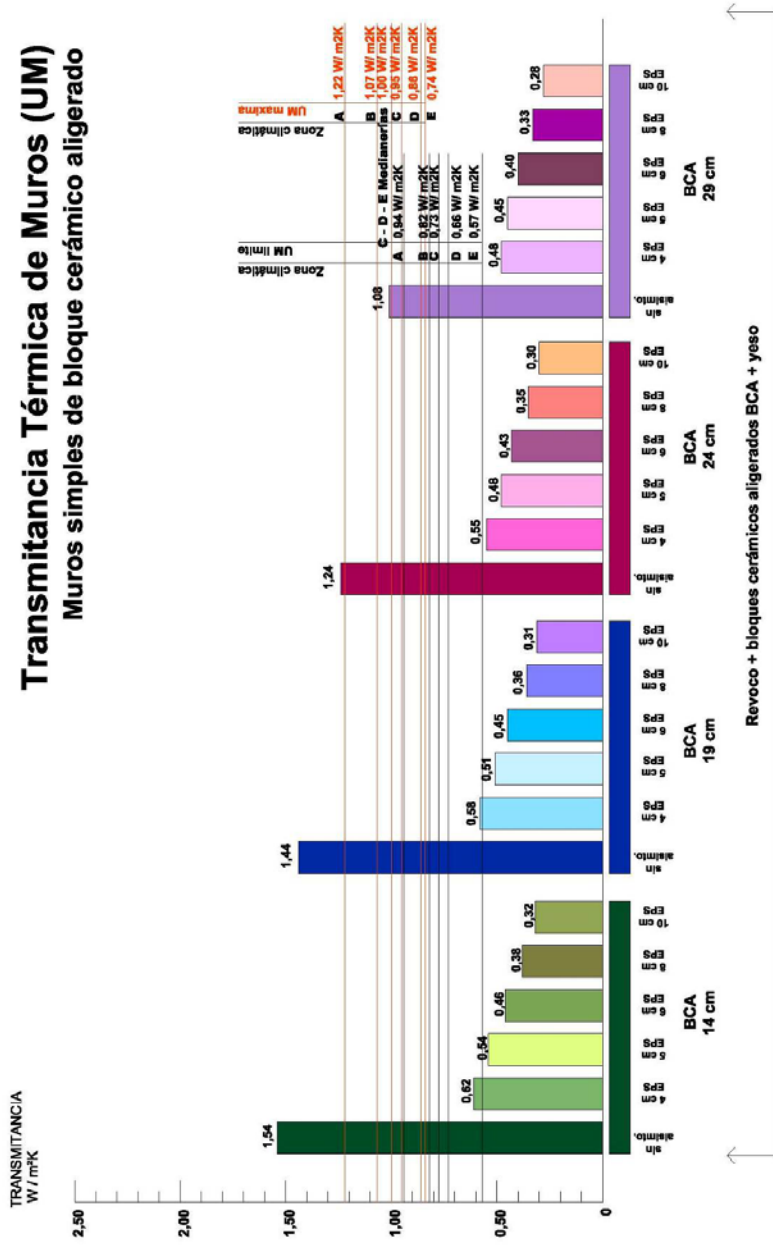
Transmitancia Térmica de Muros (UM) Fachadas ventiladas



Se ha considerado un aislamiento de EPS con un $\lambda = 0,039$ W/mK
 En la fachada ventilada se han considerado 2 cm de cámara de aire

Transmitancia Térmica de Muros (UM)

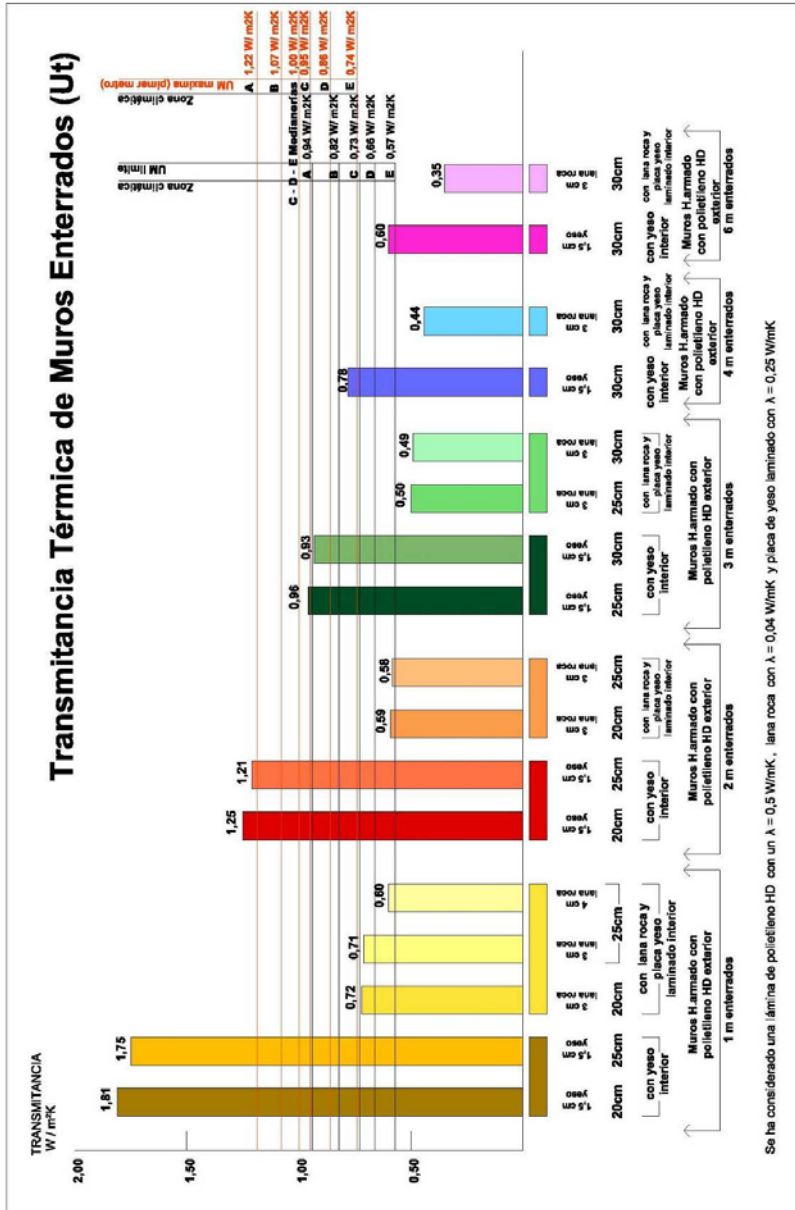
Muros simples de bloque cerámico aligerado

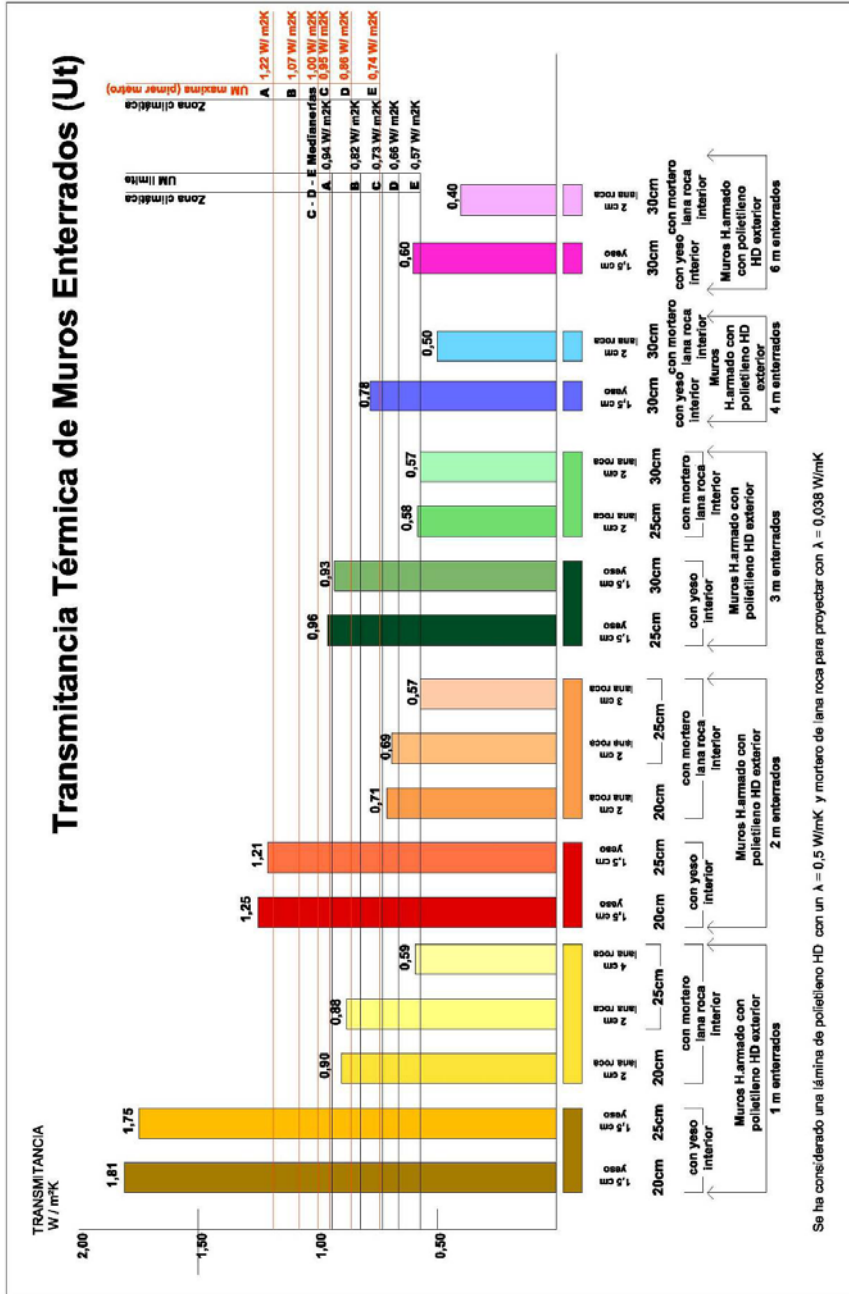


Se ha considerado un aislamiento de EPS con $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$

AII. 5 SOLUCIONES DE MUROS ENTERRADOS

GRÁFICAS 5. SOLUCIONES DE MUROS ENTERRADOS





AII.6 TABLA DE AISLAMIENTOS CON ESPESORES EQUIVALENTES

Cada grupo de materiales aislantes de la misma conductividad aparece ordenado de arriba abajo, de menos a más contaminante en su fabricación.

Material	Conductividad I W/mK	Espesor de aislamiento (en cm)						
Fibra de madera en tablero	0,080	4	6	9	11	13	17	
Perlita expandida (130 Kg/m ³)	0,047	3	4	5	6	8	10	
Lana de Vidrio (10-18 Kg/m ³)	0,044	3	4	5	6	7	9	
Lana Mineral (30-50 Kg/m ³)	0,042	3	4	5	6	7	9	
Corcho aglomerado UNE 5.690	0,040	2	3	4	6	7	9	
Celulosa en copos								
Lana Mineral (51-70 Kg/m ²)								
PUR conformado (80 Kg/m ³)								
EPS (15 Kg/m ³)	0,039	2	3	4	5	6	8	
Lana Mineral (71-90 Kg/m ³)	0,038	2		4	5	6	8	
Lana Mineral (90-120 Kg/m ²)								
Lana Mineral (121-150 Kg/m ³)								
Polietileno reticulado (30 Kg/m ²)								
Lana de Vidrio (19-30 Kg/m ³)	0,037	2	3	4	5	6	8	
Lana de Vidrio (91 Kg/m ³)	0,036	2	3	4	5	6	8	
EPS (20 Kg/m ³)								
EPS (25 Kg/m ³)	0,035	2	3	4	5	6	8	
Lana de Vidrio (31-45 Kg/m ³)	0,034		3	4	5	6	7	
EPS (30 Kg/m ³)								
Lana de Vidrio (46-65 Kg/m ³)	0,033	2	3	4	5	5	7	
Lana de Vidrio (66-90 Kg/m ³)								
EPS (35 Kg/m ³)								
XPS (25 Kg/m ³) ⁽²⁾								
EPS GRIS (25 Kg/m ³)	0,030	2	3	3	4	5	6	
XPS (33 Kg/m ³) ⁽²⁾								
PUR conformado, espuma III (32 Kg/m ³)	0,028	2	3	3	4	5	6	
PUR conformado, espuma III (35 Kg/m ³)								
PUR conformado, espuma III (40Kg/m ³)								
PUR in situ, espuma I (35 Kg/m ³)			---	min. 3 cm ⁽³⁾				
PUR in situ, espuma II (40 Kg/m ³)			---	min. 3 cm ⁽³⁾				

NOTAS

(1) Como orientación aparece la densidad del material. Para datos precisos sobre conductividades consultar el catálogo de los fabricantes.

(2) Para el XPS con espumación basada en CO₂ los valores típicos de lambda declarada entre 0,034 y 0,036 W/m²·K

Para el XPS con espumación basada en HFCs los valores típicos de lambda declarada entre 0,029 y 0,033 W/m²·K

(3) Según las recomendaciones de la Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado (ATEPA), el espesor mínimo de aplicación es de 2 cm para cerramientos verticales y el espesor máximo por capa aplicada es de 1,5 cm, por lo que el espesor mínimo para cumplir ambas condiciones es 3 cm.

(4) Aparece -- cuando no existe el espesor o no es conveniente dado el material.

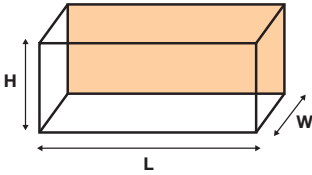
AII.7 VALORES DE FACTOR SOLAR SEGÚN TIPO DE VIDRIO

Tipo de vidrio	Espesor	Tratamiento	Factor solar
Simple	4		0,91
	6		0,85
	10		0,80
	6	gris plata	0,66
	6	pintura ligeramente coloreada en cara interior	0,65-0,60
	6	tintado color medio oscuro	0,52
	6	absorbente	0,52 -0,35
	6	reflectante	0,57-0,78
	6	lámina metalizada gris oscuro adosada	0,35-0,20
	6	pintura plástica en cara interior de vidrio oscuro traslúcido	0,50-0,20
Doble	6+6+6		0,72
	6+8+6		0,72
	6+12+6		0,72
	6+12+6	absorbente	0,47-0,67
	6+12+6	reflectante	0,11-0,45
	6+6+6	baja emisividad	0,65
	6+8+6		0,65
	6+12+6		0,65

AII.8 FACTORES DE SOMBRA EN HUECOS

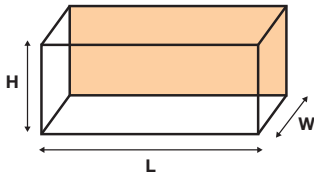
Gráficas 8.1 Tabla de justificación de las condiciones de Sombras Propias. Patios.

Tabla de valores del factor de sombra de radiación directa en fachadas orientadas al Sur en Verano



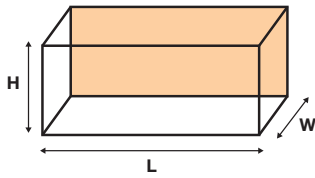
		W/H				
		0.2	0.4	0.6	0.8	1
L/H	0.2	0.38	0.50	0.50	0.50	0.50
	0.4	0.50	0.77	0.99	0.99	0.99
	0.6	0.61	0.88	1.00	1.00	1.00
	0.8	0.73	1.00	1.00	1.00	1.00
	1	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00
	1.2	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00
	1.4	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00
	1.6	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00
	1.8	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00
	2	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla de valores del factor de sombra de radiación directa en fachadas orientadas al Este u Oeste en Verano



		W/H					
		0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2
L/H	0.2	0.13	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
	0.4	0.14	0.26	0.35	0.35	0.35	0.35
	0.6	0.16	0.27	0.39	0.53	0.53	0.53
	0.8	0.18	0.29	0.40	0.52	0.71	0.71
	1	0.18	0.30	0.42	0.53	0.65	0.76
	1.2	0.18	0.32	0.43	0.55	0.66	0.78
	1.4	0.18	0.33	0.45	0.56	0.68	0.79
	1.6	0.18	0.35	0.46	0.58	0.69	0.81
	1.8	0.18	0.36	0.48	0.59	0.71	0.82
	2	0.18	0.37	0.49	0.61	0.72	0.84
	2.2	0.18	0.37	0.50	0.62	0.73	0.85
	2.4	0.18	0.37	0.52	0.63	0.75	0.86
	2.6	0.18	0.37	0.53	0.65	0.76	0.88
	2.8	0.18	0.37	0.55	0.66	0.78	0.89
	3	0.18	0.37	0.55	0.68	0.79	0.91
	3.2	0.18	0.37	0.55	0.69	0.81	0.92
	3.4	0.18	0.37	0.55	0.71	0.82	0.94
	3.6	0.18	0.37	0.55	0.72	0.84	0.95
	3.8	0.18	0.37	0.55	0.73	0.85	0.97
	4	0.18	0.37	0.55	0.74	0.86	0.98
4.2	0.18	0.37	0.55	0.74	0.88	0.99	
4.4	0.18	0.37	0.55	0.74	0.89	1.00	
4.6	0.18	0.37	0.55	0.74	0.91	1.00	
4.8	0.18	0.37	0.55	0.74	0.92	1.00	
5	0.18	0.37	0.55	0.74	0.92	1.00	

Tabla de valores del factor de sombra de radiación directa en fachadas orientadas al Sureste o Suroeste en Verano



		W/H				
		0.2	0.4	0.6	0.8	1
L/H	0.2	0.22	0.30	0.30	0.30	0.30
	0.4	0.23	0.43	0.60	0.60	0.60
	0.6	0.24	0.44	0.65	0.90	0.90
	0.8	0.26	0.46	0.66	0.86	1.00
	1	0.27	0.47	0.67	0.87	1.00
	1.2	0.27	0.48	0.69	0.89	1.00
	1.4	0.27	0.50	0.70	0.90	1.00
	1.6	0.27	0.51	0.71	0.91	1.00
	1.8	0.27	0.52	0.73	0.93	1.00
	2	0.27	0.53	0.74	0.94	1.00
	2.2	0.27	0.53	0.75	0.95	1.00
	2.4	0.27	0.53	0.77	0.97	1.00
	2.6	0.27	0.53	0.78	0.98	1.00
	2.8	0.27	0.53	0.79	0.99	1.00
3	0.27	0.53	0.80	1.00	1.00	

Tabla de valores del factor de sombra de radiación directa en fachadas orientadas al Sur en Verano



		L/H				
		0.2	0.4	0.6	0.8	1
W/H	0.2	0.38	0.50	0.50	0.50	0.50
	0.4	0.50	0.77	0.99	0.99	0.99
	0.6	0.61	0.88	1.00	1.00	1.00
	0.8	0.73	1.00	1.00	1.00	1.00
	1	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00
	1.2	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00
	1.4	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00
	1.6	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00
	1.8	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00
	2	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla de valores del factor de sombra de radiación directa en fachadas orientadas al Este u Oeste en Verano



		L/H					
		0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2
W/H	0.2	0.13	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
	0.4	0.14	0.26	0.35	0.35	0.35	0.35
	0.6	0.16	0.27	0.39	0.53	0.53	0.53
	0.8	0.18	0.29	0.40	0.52	0.71	0.71
	1	0.18	0.30	0.42	0.53	0.65	0.76
	1.2	0.18	0.32	0.43	0.55	0.66	0.78
	1.4	0.18	0.33	0.45	0.56	0.68	0.79
	1.6	0.18	0.35	0.46	0.58	0.69	0.81
	1.8	0.18	0.36	0.48	0.59	0.71	0.82
	2	0.18	0.37	0.49	0.61	0.72	0.84
	2.2	0.18	0.37	0.50	0.62	0.73	0.85
	2.4	0.18	0.37	0.52	0.63	0.75	0.86
	2.6	0.18	0.37	0.53	0.65	0.76	0.88
	2.8	0.18	0.37	0.55	0.66	0.78	0.89
	3	0.18	0.37	0.55	0.68	0.79	0.91
	3.2	0.18	0.37	0.55	0.69	0.81	0.92
	3.4	0.18	0.37	0.55	0.71	0.82	0.94
	3.6	0.18	0.37	0.55	0.72	0.84	0.95
3.8	0.18	0.37	0.55	0.73	0.85	0.97	
4	0.18	0.37	0.55	0.74	0.86	0.98	
4.2	0.18	0.37	0.55	0.74	0.88	0.99	
4.4	0.18	0.37	0.55	0.74	0.89	1.00	
4.6	0.18	0.37	0.55	0.74	0.91	1.00	
4.8	0.18	0.37	0.55	0.74	0.92	1.00	
5	0.18	0.37	0.55	0.74	0.92	1.00	

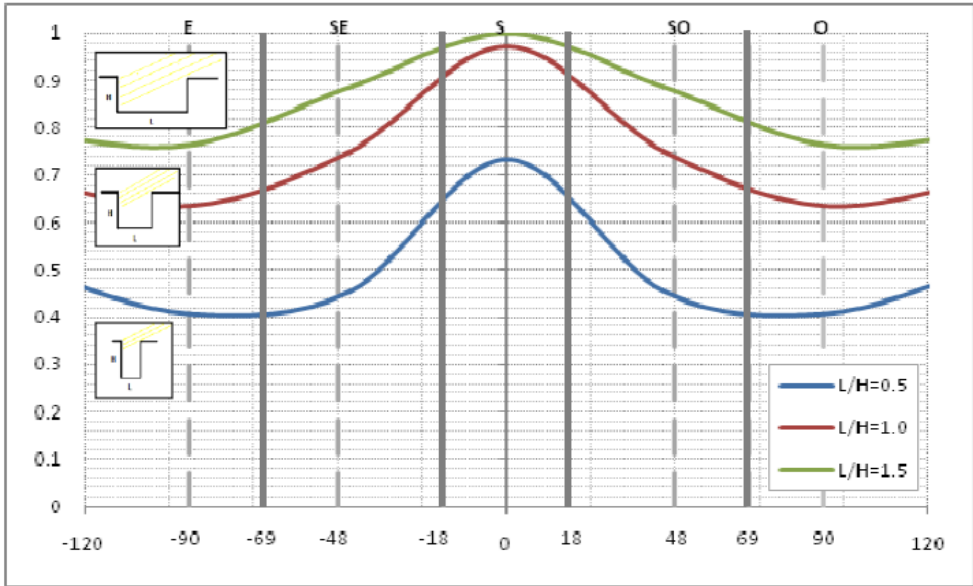
Tabla de valores del factor de sombra de radiación directa en fachadas orientadas al Sur en Verano



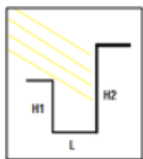
		L/H				
		0.2	0.4	0.6	0.8	1
W/H	0.2	0.22	0.30	0.30	0.30	0.30
	0.4	0.23	0.43	0.60	0.60	0.60
	0.6	0.24	0.44	0.65	0.90	0.90
	0.8	0.26	0.46	0.66	0.86	1.00
	1	0.27	0.47	0.67	0.87	1.00
	1.2	0.27	0.48	0.69	0.89	1.00
	1.4	0.27	0.50	0.70	0.90	1.00
	1.6	0.27	0.51	0.71	0.91	1.00
	1.8	0.27	0.52	0.73	0.93	1.00
	2	0.27	0.53	0.74	0.94	1.00
	2.2	0.27	0.53	0.75	0.95	1.00
	2.4	0.27	0.53	0.77	0.97	1.00
	2.6	0.27	0.53	0.78	0.98	1.00
	2.8	0.27	0.53	0.79	0.99	1.00
3	0.27	0.53	0.80	1.00	1.00	

Gráficas 8.2 Sombras remotas

Tabla de justificación de las condiciones de Sombras Remotas



***NOTA:** Si la altura de fachadas no es similar a ambos lados de la calzada, el Factor de Sombra de elementos Remotos será calculado mediante la siguiente ecuación:



1: elemento de sombra
2: elemento sombreado

Factor de sombra arrojada por H1 sobre H2: $FS = (H2-h)/H2$

donde h se calcula de: $tg(\alpha) = (H1-h)/L$ y despejando: $h = H1 - L * tg(\alpha)$

Se ha graficado el FS para $H1=H2$, es decir, $FS = (H1-h)/H1$

Si $H1 < H2$, $FS = (H2-h)/H2 = (H1-H1+H2-h)/H2 = (H1-h)/H2 + (H2-H1)/H2$

$$FS = (H1-h)/H1 * (H1/H2) + (H2-H1)/H2$$

Por lo tanto, si $H1 < H2$, $FS = FS(\text{de la gráfica usando } H1 \text{ y } L) * (H1/H2) + (H2-H1)/H2$

AII.9 FACTOR DE SOMBRA SEGÚN TIPO DE PROTECCIÓN SOLAR

Tipo de protección	Posición	Acabado	Estado	Factor de sombra
Persiana enrollable	interior	oscuro	medio bajada	0,91
Persiana enrollable	interior	medio	medio bajada	0,81
Persiana veneciana	interior	oscuro	totalmente bajada	0,75
Persiana enrollable	interior	claro	medio bajada	0,71
Persiana veneciana	interior	medio	totalmente bajada	0,65
Persiana enrollable	interior	medio	totalmente bajada	0,62
Cortina de tela	interior	oscuro	totalmente echada	0,58
Árbol	exterior	ligero		0,60-0,50
Persiana veneciana	interior	blanca	totalmente bajada	0,56
Cortina de tela	interior	claro	totalmente echada	0,47
Persiana veneciana	interior	aluminio reflectante	totalmente bajada	0,45
Persiana veneciana	exterior		despegada de fachada y bajada 2/3	0,43
Persiana enrollable	interior	blanco	totalmente bajada	0,41
Cortina de tela	interior	blanco	totalmente echada	0,40

VALOR DE FACTOR DE SOMBRA SEGÚN TIPO DE PROTECCIÓN				
Tipo de protección	Posición	Acabado	Estado	Factor de sombra
Aletas verticales	exterior en fachada este y oeste		fijas	0,31
Pantalla de rejilla de aluminio	exterior		fija	0,28
Toldo	exterior despegado	oscuro o medio		0,25
Parasol horizontal	exterior en fachada sur		continuo	0,25
Pantalla rejilla densa	exterior	color bronce		0,23
Árboles	exteriores		sombra muy densa	0,25-0,20
Persiana veneciana	exterior	blanco o crema		0,15
Persiana veneciana	exterior	blanca	separada de fachada	0,15
Lamas horizontales	exteriores		móviles	0,15-0,10
Lamas verticales	exteriores en fachadas este u oeste		móviles	0,15-0,10
Persiana enrollable	exterior	oscura	totalmente bajada	0,15-0,10

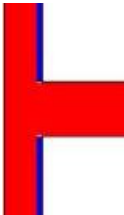
AII.10 PUENTES TÉRMICOS

GRÁFICA 10.1 PUENTES TÉRMICOS. CONTORNO DE HUECOS

contorno de huecos	Puentes Térmicos		
	Ff4	Ff5	Ff6
	TODOS	2	NUNCA
	TODOS	1	2
	TODOS	TODOS	TODOS

1. Doblado de la hoja de aislante hasta el encuentro con el premarco de la ventana con un espesor >2cm.
2. Doblado de la hoja de aislante hasta el encuentro con el premarco de la ventana con un espesor >4cm. o mediante PUR proyectado de 3cm.

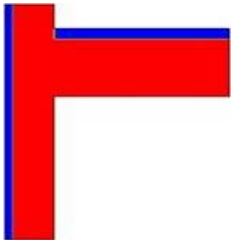
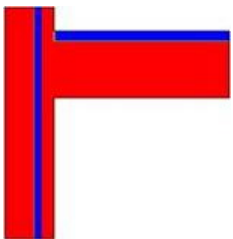
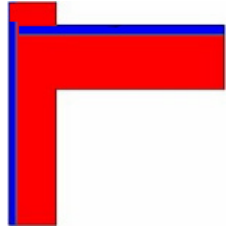
GRÁFICA 10.2. PUENTES TÉRMICOS. FRENTE DE FORJADOS

frente de forjados	Puentes Térmicos		
	Ff1	Ff2	Ff3
	TODOS	2	NUNCA
	TODOS	1	2
	TODOS	TODOS	TODOS

1. Al menos la primera hilera de Forjado de bovedillas de EPS moldeado de espesor > 25cm o un Espesor de aislante > 5cm. Y frente de forjado emparchado con ladrillo hueco doble (LHD) > 6cm.

2. Al menos la primera hilera de Forjado de bovedillas de EPS mecanizado de espesor > 25cm o de bovedillas de EPS moldeado de espesor > 30cm o un Espesor de aislante > 7cm. y frente de forjado emparchado con un espesor de aislante > 2cm.

GRÁFICA 10.3. PUENTES TÉRMICOS. FORJADO CUBIERTA

encuentro fachada-forjado de cubierta	Puentes Térmicos		
	Ff7	Ff8	Ff9
	TODOS	2	NUNCA
	TODOS	1	2
	TODOS	TODOS	TODOS

1. Doblado de la hoja de aislante hasta el encuentro del aislante de cubierta con un espesor >5cm.
2. Doblado de la hoja de aislante hasta el encuentro del aislante de cubierta con un espesor >5cm. o colocación de al menos la primera hilera de Forjado de bovedillas de EPS mecanizado de espesor > 25cm o de bovedillas de EPS moldeado de espesor > 30cm.

AII.11 CONTROL DE LA VENTILACIÓN

Gráfica 11.1 Control de la ventilación para las zonas climáticas A y B y tipología Unifamiliar y Bloque


ren/hora	Ventilación		
	Decretada	Bueno	Alta eficiencia
> 0,50	CTE	4	3
0,50 < 0,75	4	3	2
> 1,00	3	2	1

1. <10% acristalado; permeabilidad de ventanas ≤ 27 m³/h/m²; control de presencia; rejillas autoregulables
2. <15% acristalado; permeabilidad de ventanas ≤ 27 m³/h/m²; control de presencia; rejillas autoregulables
3. <15% acristalado; permeabilidad de ventanas ≤ 27 m³/h/m²; control de presencia
4. <20% acristalado; permeabilidad de ventanas ≤ 50 m³/h/m²

Gráfica 11.2 Control de la ventilación para las zonas climáticas C, D y E y tipología Unifamiliar y Bloque

ren/hora	Ventilación		
	Decretada	Bueno	Alta eficiencia
> 0,50	CTE	4	3
0,50 < 0,75	4	3	2
> 1,00	3	2	1

1. <10% acristalado; permeabilidad de ventanas ≤ 9 m³/h/m²; control de presencia; rejillas autoregulables
2. <15% acristalado; permeabilidad de ventanas ≤ 27 m³/h/m²; control de presencia; rejillas autoregulables
3. <15% acristalado; permeabilidad de ventanas ≤ 27 m³/h/m²; control de presencia
4. <20% acristalado; permeabilidad de ventanas ≤ 27 m³/h/m²



**Anexo III.
Descripción
del edificio
en la opción
informática**

ANEXO III. Descripción del edificio en la opción informática

Se define en esta pantalla la envuelta térmica del edificio mediante la descripción de plantas completas.

ETAPA 1: Selección de Parametros Básicos del Edificio

Tipo de Edificio: Zona Climática: Renovaciones Hora HS-3 (1/h):

Planta_001 Nombre de la Planta: Descripción de la Planta: Superficie de esta planta (m²): Altura (m): Multiplicador:

Añadir Modificar Eliminar

Número de Fachada	1	2	3	4	5	
Orientación de la fachada	Sur	Norte	Oeste	Este	Suelo	Añadir Fachada
Superficie de la fachada (m²)	51.00	51.00	42.00	42.00	238.00	
Porcentaje de Huevo (%)	20.00	20.00	20.00	20.00	0.00	
Obstáculos Propios y Remotos	Definir	Definir	Definir	Definir	Definir	Eliminar Fachada

Altura Total (m): Superficie total (m²): Volumen (m³): Área total de envolvente (m²): Porcentaje de huecos (%): Cubiertas/Fachadas (%): Compacidad (V/AT):

Superficie cerramientos (m²):		Superficie de huecos (m²):		Factores de sombra iniciales:	
N	204.00	N	51.00	N	0.83
E	168.00	E	42.00	E	0.90
O	168.00	O	42.00	O	0.92
SE	0.00	SE	0.00	SE	0.00
SO	0.00	SO	0.00	SO	0.00
S	204.00	S	51.00	S	0.84
Cubierta	238.00	Cubierta	0.00	Cubierta	0.00
Suelo	238.00				

Aceptar

Mediante esta pantalla se permite introducir diferentes variables para cada orientación como porcentaje de huecos por fachada o bien diferentes obstáculos remotos por orientaciones.

Explicación de los campos o comandos incluidos en cada pantalla

Tipología y Localización

ETAPA 1: Selección de Parametros Básicos del Edificio

Tipo de Edificio:

Zona Climática:

Renovaciones Hora HS-3 (1/h):

Planta_001 Nombre de la Planta:

Planta_001 Descripción de la Planta:

Planta_002 Superficie de esta planta (m²):

Planta_003 Altura (m):

Multiplicador:

Número de Fachada	1	2	3	4	5	
Orientación de la fachada	Sur	Norte	Oeste	Este	Suelo	Añadir Fachada
Superficie de la fachada (m²)	51.00	51.00	42.00	42.00	238.00	
Porcentaje de Huevo (%)	20.00	20.00	20.00	20.00	0.00	
Obstáculos Propios y Remotos	<input type="button" value="Definir"/>	<input type="button" value="Definir"/>	<input type="button" value="Definir"/>	<input type="button" value="Definir"/>	<input type="button" value="Definir"/>	Eliminar Fachada

Altura Total (m)	<input type="text" value="9.00"/>
Superficie total (m²)	<input type="text" value="1190.00"/>
Volumen (m³)	<input type="text" value="3570.00"/>
Area total de envolvente (m²)	<input type="text" value="1406.00"/>
Porcentaje de huecos (%)	<input type="text" value="13.23"/>
Cubiertas/Fachadas (%)	<input type="text" value="25.59"/>
Compacidad (V/AT)	<input type="text" value="2.54"/>

Superficie cerramientos (m²):		Superficie de huecos (m²):		Factores de sombra iniciales:	
N	<input type="text" value="204.00"/>	N	<input type="text" value="51.00"/>	N	<input type="text" value="0.83"/>
E	<input type="text" value="168.00"/>	E	<input type="text" value="42.00"/>	E	<input type="text" value="0.90"/>
O	<input type="text" value="168.00"/>	O	<input type="text" value="42.00"/>	O	<input type="text" value="0.92"/>
SE	<input type="text" value="0.00"/>	SE	<input type="text" value="0.00"/>	SE	<input type="text" value="0.00"/>
SO	<input type="text" value="0.00"/>	SO	<input type="text" value="0.00"/>	SO	<input type="text" value="0.00"/>
S	<input type="text" value="204.00"/>	S	<input type="text" value="51.00"/>	S	<input type="text" value="0.84"/>
Cubierta	<input type="text" value="238.00"/>	Cubierta	<input type="text" value="0.00"/>	Cubierta	<input type="text" value="0.00"/>
Suelo	<input type="text" value="238.00"/>				

El usuario deberá definir tanto la tipología como la ubicación geográfica del edificio:

- Tipo de edificio: Unifamiliar o bloque.
- Localidad en la que se encuentra
- Marcar el tipo de zona climática asociada (ver Anexo I / Zonas climáticas de Andalucía)

Adición de espacios

ETAPA 1: Selección de Parametros Básicos del Edificio

Tipo de Edificio:

Zona Climática:

Renovaciones Hora HS-3 (1/h):

Nombre de la Planta:

Descripción de la Planta:

Superficie de esta planta (m²): Altura (m):

Multiplicador:

Número de Fachada	1	2	3	4	5	
Orientación de la fachada	Sur	Norte	Oeste	Este	Suelo	<input type="button" value="Añadir Fachada"/>
Superficie de la fachada (m ²)	51.00	51.00	42.00	42.00	238.00	
Porcentaje de Huelco (%)	20.00	20.00	20.00	20.00	0.00	
Obstáculos Propios y Remotos	<input type="button" value="Definir"/>	<input type="button" value="Definir"/>	<input type="button" value="Definir"/>	<input type="button" value="Definir"/>	<input type="button" value="Definir"/>	<input type="button" value="Eliminar Fachada"/>

Altura Total (m)	<input type="text" value="9.00"/>
Superficie total (m ²)	<input type="text" value="1190.00"/>
Volumen (m ³)	<input type="text" value="3570.00"/>
Area total de envolvente (m ²)	<input type="text" value="1406.00"/>
Porcentaje de huecos (%)	<input type="text" value="13.23"/>
Cubiertas/Fachadas (%)	<input type="text" value="25.59"/>
Compacidad (V/AT)	<input type="text" value="2.54"/>

Superficie cerramientos (m ²):		Superficie de huecos (m ²):		Factores de sombra iniciales:	
N	204.00	N	51.00	N	0.83
E	168.00	E	42.00	E	0.90
O	168.00	O	42.00	O	0.92
SE	0.00	SE	0.00	SE	0.00
SO	0.00	SO	0.00	SO	0.00
S	204.00	S	51.00	S	0.84
Cubierta	238.00	Cubierta	0.00	Cubierta	0.00
Suelo	238.00				

El usuario deberá definir tantas plantas como existan en el edificio. Para ello, deberá seguir la siguiente secuencia de pasos:

- Darles un nombre en el cuadro de texto inicial.
- Incorporar una descripción de la planta (opcional).
- Indicar la superficie del espacio
- Indicar la altura del espacio
- Indicar si el espacio que se está definiendo se repite varias veces (“Multiplicador”), en este campo deberá indicarse el número de veces que esto sucede y sólo definirla una vez.
- Presionar “Añadir” para que el elemento se almacene en la lista de espacios creados por el usuario. Esta lista de espacios aparecerá en el menú desplegable de la parte izquierda. En cualquier momento el usuario podrá volver a la información de cada espacio seleccionando el deseado en este menú desplegable.
- Presionar “Cerrar” para almacenar la información en el programa y salir de este formulario.
- Si se desea modificar la información introducida para alguno de los espacios, una vez seleccionado el espacio e introducido el cambio deberá presionarse “Modificar”.
- Al pulsar “Añadir” el programa añade un nuevo espacio a partir de los valores existentes en la pantalla, por ello es una función cómoda en caso de repetición de espacios con leves modificaciones.

También existe la opción de eliminar un espacio creado, pulsando en “Eliminar”. Al eliminar un espacio, se reenumeran los espacios que quedan.

No se solicitan las soluciones constructivas empleadas ya que la herramienta informática planteará cuales son las mejores soluciones para alcanzar la calificación energética deseada partiendo de las soluciones que cumplen estrictamente el código técnico de la edificación.

Características de las fachadas exteriores del espacio

ETAPA 1: Selección de Parametros Básicos del Edificio

Tipo de Edificio: Zona Climática: Renovaciones Hora HS-3 (1/h):

Nombre de la Planta: Descripción de la Planta: Superficie de esta planta (m²): Altura (m): Multiplicador:

Planta_001
Planta_002
Planta_003

Número de Fachada	1	2	3	4	5
Orientación de la fachada	Sur	Norte	Oeste	Este	Suelo
Superficie de la fachada (m ²)	51.00	51.00	42.00	42.00	238.00
Porcentaje de Huevo (%)	20.00	20.00	20.00	20.00	0.00
Obstáculos Propios y Remotos	<input type="button" value="Definir"/>	<input type="button" value="Definir"/>	<input type="button" value="Definir"/>	<input type="button" value="Definir"/>	<input type="button" value="Definir"/>

Altura Total (m): Superficie total (m²): Volumen (m³): Área total de envolvente (m²): Porcentaje de huecos (%): Cubiertas/Fachadas (%): Compacidad (V/AT):

Superficie cerramientos (m ²):		Superficie de huecos (m ²):		Factores de sombra iniciales:	
N	204.00	N	51.00	N	0.83
E	168.00	E	42.00	E	0.90
O	168.00	O	42.00	O	0.92
SE	0.00	SE	0.00	SE	0.00
SO	0.00	SO	0.00	SO	0.00
S	204.00	S	51.00	S	0.84
Cubierta	238.00	Cubierta	0.00	Cubierta	0.00
Suelo	238.00				

Acceptar

En función del tipo de espacio (número de fachadas al exterior) que el usuario haya seleccionado anteriormente, a continuación aparecerán tantos bloques de solicitud de información (longitud, porcentaje, cerramiento opaco, acristalamiento), como fachadas al exterior tenga el espacio. En la imagen de pantalla incluida en la página anterior, al haberse seleccionado un tipo de espacio con una fachada exterior aparece un solo conjunto de campos de información, en el cual deberá indicarse respectivamente:

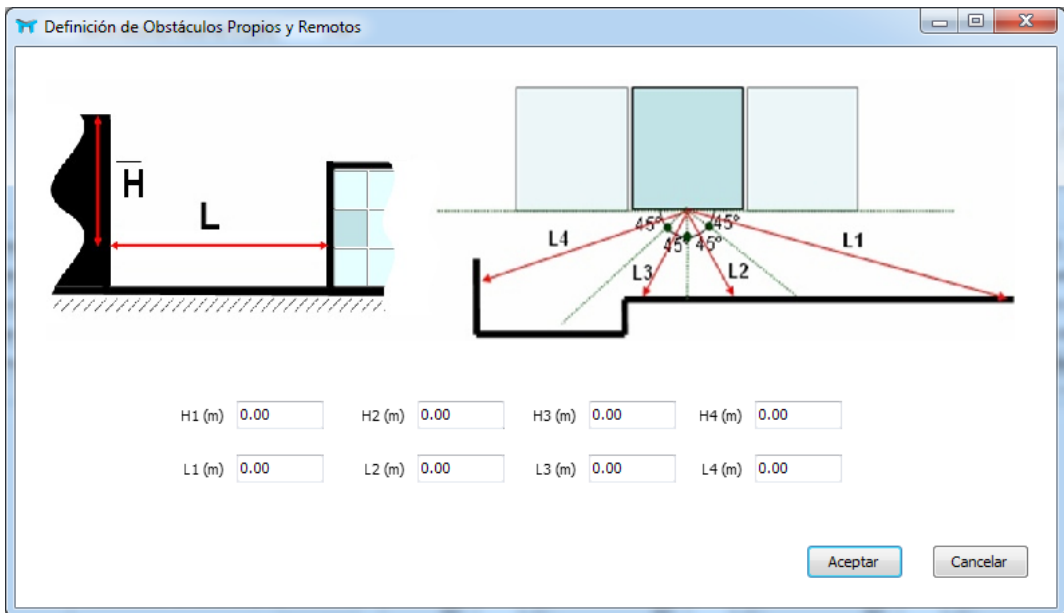
- Orientación de la fachada.
- Superficie de la fachada (m²).
- Porcentaje de hueco (%).

ES IMPRESCINDIBLE INTRODUCIR EL VALOR “0.00” COMO MÍNIMO, ya que si se deja en blanco el programa dará un error.

Obstáculos Remotos

Pulsando este botón, el programa llevará al usuario a una pantalla desde donde podrá definir las sombras proyectadas sobre la fachada del edificio de estudio, debidas al propio edificio y a los edificios próximos.

Si el edificio de estudio tiene varias plantas, hay que tener en cuenta que la sombra que proyectan los edificios próximos es distinta para cada planta. Si utilizamos la opción de replicar espacios utilizando el multiplicador, debemos asegurarnos que el efecto de sombreado en los espacios que estamos replicando sea similar, o en otro caso, introducir las oportunas correcciones.



Se indicarán valores para las dimensiones H y L, según indica la figura adjunta, para caracterizar el efecto de sombras producidas sobre el edificio por obstáculos próximos o remotos.

Los valores H1, H2, H3 y H4 hacen referencia a la altura de los obstáculos remotos existentes en las visuales L1, L2, L3 y L4.

Parámetros característicos del edificio

A medida que el usuario introduce las plantas del edificio, en la parte inferior de la pantalla marcada en la imagen anexa, se van actualizando los parámetros característicos del edificio de estudio siguientes, desde los que se obtendrán todos los resultados buscados:

- Altura total del edificio
- Superficie total (m²)
- Volumen

- Área de la envolvente
- Porcentaje de hueco (%)
- Compacidad

Y un resumen por orientaciones de de:

- Superficie de muros
- Superficie de huecos
- Factor solar modificado

ETAPA 1: Selección de Parametros Básicos del Edificio

Tipo de Edificio:

Zona Climática:

Renovaciones Hora HS-3 (1/h):

Nombre de la Planta:

Descripción de la Planta:

Superficie de esta planta (m²): Altura (m):

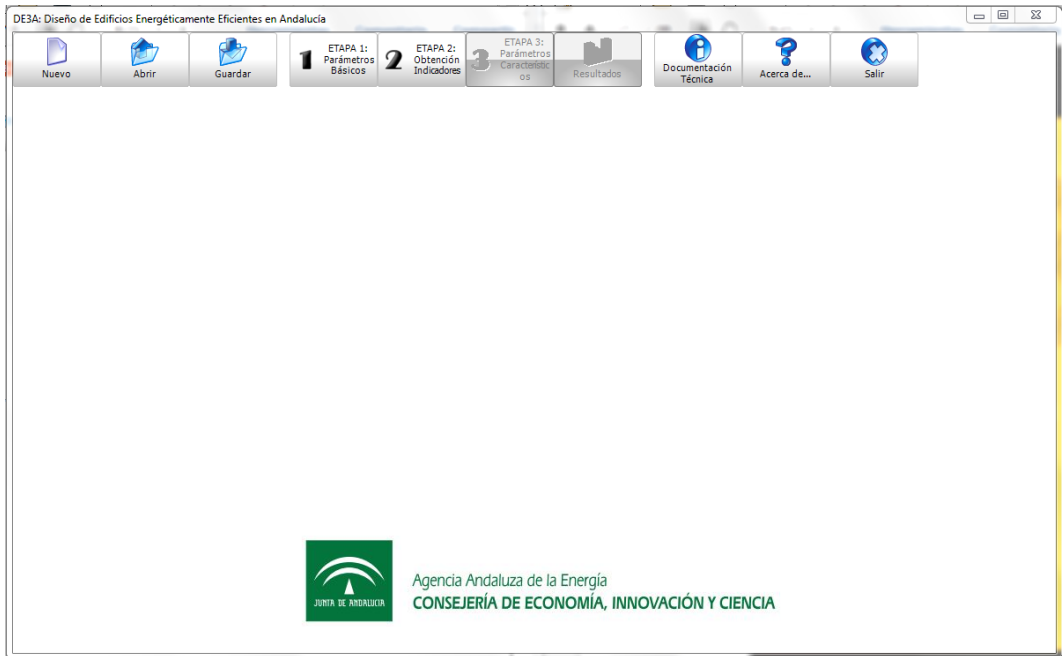
Multiplicador:

Número de Fachada	1	2	3	4	5	
Orientación de la fachada	Sur	Norte	Oeste	Este	Suelo	Añadir Fachada
Superficie de la fachada (m2)	51.00	51.00	42.00	42.00	238.00	
Porcentaje de Hueco (%)	20.00	20.00	20.00	20.00	0.00	
Obstáculos Propios y Remotos	<input type="button" value="Definir"/>	<input type="button" value="Definir"/>	<input type="button" value="Definir"/>	<input type="button" value="Definir"/>	<input type="button" value="Definir"/>	Eliminar Fachada

Alta Total (m)	Superficie total (m²)	Volumen (m³)	Area total de envolvente (m²)	Porcentaje de huecos (%)	Cubiertas/Fachadas (%)	Compacidad (V/AT)
<input type="text" value="9.00"/>	<input type="text" value="1190.00"/>	<input type="text" value="3570.00"/>	<input type="text" value="1406.00"/>	<input type="text" value="13.23"/>	<input type="text" value="25.59"/>	<input type="text" value="2.54"/>

Superficie cerramientos (m²):		Superficie de huecos (m²):		Factores de sombra iniciales:	
N	204.00	N	51.00	N	0.83
E	168.00	E	42.00	E	0.90
O	168.00	O	42.00	O	0.92
SE	0.00	SE	0.00	SE	0.00
SO	0.00	SO	0.00	SO	0.00
S	204.00	S	51.00	S	0.84
Cubierta	238.00	Cubierta	0.00	Cubierta	0.00
Suelo	238.00				

Una vez pulsado el botón “Aceptar” en la pantalla anterior aparece de nuevo la pantalla índice (mostrada a continuación) donde se activa el botón de la “ETAPA 2: Obtención de Indicadores”.



En esta ETAPA 2, se debe seguir el orden de toma de decisiones que marca el esquema a la izquierda de la pantalla, guiado por la flecha de color verde.

En primer lugar se determinarán las características del agua caliente sanitaria para el proyecto. Tanto la demanda cubierta por renovables (en %) como el tipo de sistema de producción y su energético, a seleccionar en ambas listas de sistemas y combustibles comunes.

A continuación se pulsa el botón para generar el cuadro de toma de decisiones, a la derecha de la pantalla, donde ya aparece la distribución de calificaciones para la zona climática y tipología edificatoria en la que se encuentra el caso en cuestión, así como la calificación energética del edificio de partida en un recuadro negro, obtenida para la geometría definida, con una envuelta y unos sistemas de calefacción y refrigeración que cumplen estrictamente el Código Técnico de la Edificación.

ETAPA 2 Obtención de los Indicadores de Eficiencia Energética

Demanda de A.C.S. cubierta por renovables (%)

Tipo de sistema para producción de A.C.S.

Combustible utilizado por el sistema de A.C.S.

Rendimiento nominal del sistema de A.C.S. (%)

Pulse aquí para generar el cuadro de toma de decisiones

Seleccione la situación final haciendo clic en la casilla correspondiente

Calefacción

Demanda Calefacción

Parámetros Característicos Calefacción

Refrigeración

Demanda Refrigeración

Parámetros Característicos Refrigeración

Sistemas Calefacción → Sistemas Refrigeración

	Indicador Refrigeración																				Indicador Calefacción																													
	Mayor eficiencia										Menor Eficiencia										Mayor eficiencia										Menor Eficiencia																			
Mayor eficiencia	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Indicador Refrigeración	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Indicador Calefacción	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Menor Eficiencia	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

Aceptar

Una vez determinado el objetivo, debe marcarse la intensidad de las medidas de calefacción entre mejora de la envuelta y/o de los sistemas. Moviendo el dial sobre la columna de calefacción, marcaremos mayor énfasis en las medidas mediante envuelta (en naranja) o bien, un mayor énfasis en las medidas de sistemas (en color gris).

ETAPA 2. Obtención de los Indicadores de Eficiencia Energética

Demanda de A.C.S. cubierta por renovables (%): 70.0
 Tipo de sistema para producción de A.C.S.: Caldera ACS combustión estándar
 Combustible utilizado por el sistema de A.C.S.: G.L.P.
 Rendimiento nominal del sistema de A.C.S. (%): 85.0

Pulse aquí para generar el cuadro de toma de decisiones

Seleccione la situación final haciendo clic en la casilla correspondiente

Seleccione la intensidad relativa de las actuaciones Envuelta/Sistemas:

Calefacción Refrigерación

ENFASIS EN ENVUELTA ENFASIS EN SISTEMAS

Demanda Calefacción Demanda Refrigeración

Parámetros Características Demanda Calefacción Parámetros Características Demanda Refrigeración

Sistemas Calefacción Sistemas Refrigeración

Mayor eficiencia Indicador Refrigeración Menor Eficiencia

Mayor eficiencia

Indicador Calefacción

Menor Eficiencia

Aceptar

Esto significa que para llegar al objetivo marcado, en este caso clase A, se pretende obtener tanto con medidas de soluciones de la envuelta como con sistemas de calefacción. Si se colocase el dial en el 100% (todo naranja) significaría que el énfasis sólo se plantea mediante la envuelta, sin el aporte de las mejoras de sistemas de calefacción de mejores prestaciones. Por el contrario, si se colocase el dial en el 0% (todo gris) significaría que no se atiende a soluciones de envuelta que puedan mejorar la calificación energética del edificio, recayendo todo el peso sobre los sistemas de calefacción del mismo.

De forma análoga se desarrollan los movimientos necesarios en refrigeración, en este caso el énfasis en las medidas de la envuelta aparecen en color azul, mientras que los sistemas permanecen en color gris.

Una vez determinados los niveles de intensidad se pulsarán los botones inferiores “Demanda de Calefacción” y “Demanda de Refrigeración” donde se seleccionarán las soluciones deseadas para obtener dichos fines.

En la imagen siguiente vemos como aparecen el listado de combinaciones con los que poder obtener el objetivo deseado en términos de Indicadores de eficiencia energética.

La combinación de soluciones se realiza entre los parámetros de:

- Calidad de los cerramientos opacos
- Soluciones de los puentes térmicos
- Tratamiento de la ventilación
- Calidad de las ventanas (huecos)

En la cabecera de la pantalla aparece el “indicador relativo requerido”, es decir el valor al menos necesario para obtener los resultados que se han definido previamente, por lo que se puede tomar la solución más cercana a lo requerido.

Indicador Relativo Requerido: 0.363

Combinaciones que satisfacen la exigencia solicitada

Nº	Cerramientos Opacos	Puentes Térmicos	Ventilación	Huecos	Indicador Relativo
49	B	B	D	D	0.331
25	C	B	D	B	0.307
58	B	A	D	D	0.282
26	C	B	D	A	0.280
41	B	D	D	B	0.263
33	C	A	D	B	0.248
42	B	D	D	A	0.237
34	C	A	D	A	0.221
50	B	B	D	B	0.177
51	B	B	D	A	0.150
59	B	A	D	B	0.128

Ordene las columnas pulsando en la cabecera, Seleccione una fila y pulse el botón Aceptar para continuar.

Aceptar

Análogamente para Refrigeración aparece el listado de combinaciones con los que poder obtener el objetivo deseado en términos de Indicadores de eficiencia energética.

La combinación de soluciones se realiza entre los parámetros de:

- Factor de sombra al Sur
- Factor de sombra en el resto de las orientaciones
- Tratamiento de la ventilación nocturna

ETAPA 2: Determinación de los Parámetros Característicos (REFRIGERACIÓN)

Indicador Relativo Requerido: 0.600

Combinaciones que satisfacen la exigencia solicitada

Nº	Factor de Sombra SUR	Factor de Sombra RESTO	Ventilación Nocturna	Indicador Relativo
7	A	B	B	0.584
1	D	A	B	0.581
3	B	B	A	0.545
4	B	A	D	0.523
8	A	B	A	0.494
2	D	A	A	0.491
5	B	A	B	0.479
9	A	A	D	0.472
10	A	A	B	0.427
6	B	A	A	0.389
11	A	A	A	0.337

Ordene las columnas pulsando en la cabecera, Seleccione una fila y pulse el botón Aceptar para continuar.

Aceptar

ETAPA 2 Obtención de los Indicadores de Eficiencia Energética

Demanda de A.C.S. cubierta por renovables (%)

Tip de sistema para producción de A.C.S.

Combustible utilizado por el sistema de A.C.S.

Rendimiento nominal del sistema de A.C.S. (%)

Seleccione la situación final haciendo clic en la casilla correspondiente

Seleccione la intensidad relativa de las actuaciones Envuelta/Sistemas:

Calefacción **Refrigeración**

ENFASIS EN ENVUELTA

ENFASIS EN SISTEMAS

Demanda Calefacción **Demanda Refrigeración** **Sistemas Calefacción** **Sistemas Refrigeración**

Parámetros Característicos **Demanda Calefacción** **Demanda Refrigeración**

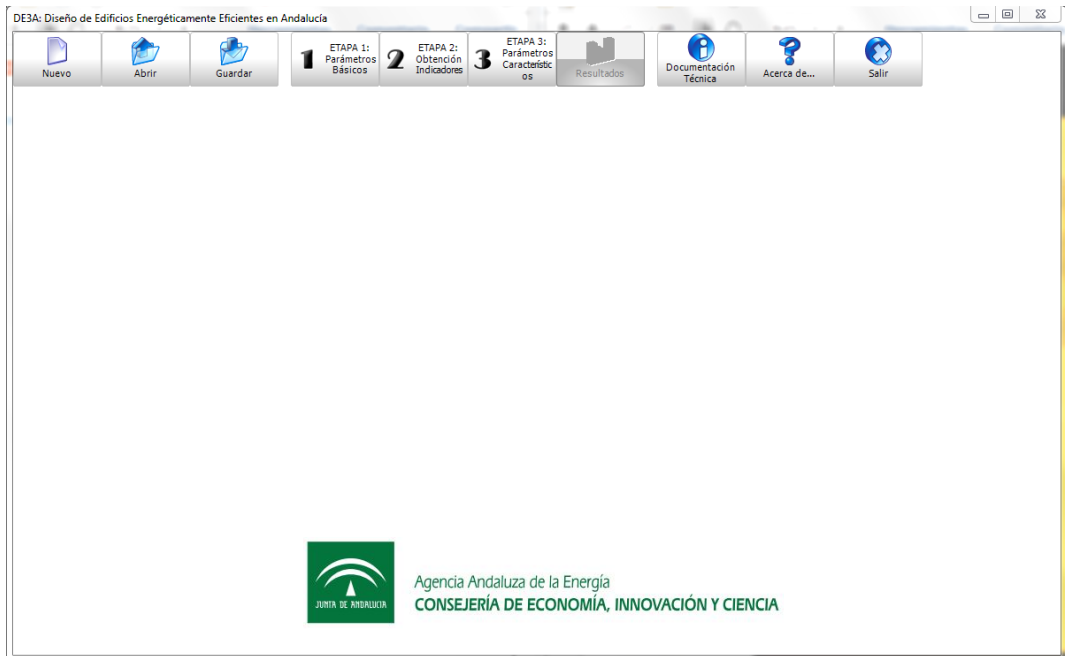
Mayor eficiencia **Indicador Refrigeración** **Menor Eficiencia**

Mayor eficiencia

Indicador Calefacción

Menor Eficiencia

Una vez pulsado el botón “Aceptar” en la pantalla anterior aparece de nuevo la pantalla índice (mostrada a continuación) donde se activa el botón de la “ETAPA 3: Parámetros Característicos”.



En esta pantalla se muestran los valores asociados a las combinaciones antes determinadas por lo que se puede determinar en este punto si son viables o no las decisiones tomadas, como por ejemplo, la transmitancia térmica necesaria para los cerramientos de fachada, o las calidades de las ventanas necesarias, siendo por tanto un punto de preevaluación de las soluciones tomadas, y por tanto, un punto de toma de decisiones finales.

Las combinaciones anteriormente tomadas de parámetros tales como:

- Calidad de los cerramientos opacos
- Soluciones de los puentes térmicos
- Tratamiento de la ventilación
- Calidad de las ventanas (huecos)
- Factor de sombra al Sur
- Factor de sombra en el resto de las orientaciones
- Tratamiento de la ventilación nocturna

Se traducen ahora en:

- Transmitancia térmica de los muros
- Transmitancia térmica de los huecos
- Factor solar de los huecos

- Transmitancia térmica de cubiertas
- Transmitancia térmica de los suelos
- Factor corrector de los puentes térmicos
- Factor corrector de la ventilación requerida por el actual CTE_HS3
- Factor de sombras en superficies orientadas al Sur
- Factor de sombras en superficies orientadas al resto de direcciones
- Renovaciones por hora necesarias por la ventilación nocturna

Parámetro	Valor
Transmitancia Térmica de Muros (W/m ² K)	0.39
Transmitancia Térmica de Huecos (W/m ² K)	3.90
Factor Solar de Huecos (-)	0.62
Transmitancia Térmica de Cubiertas (W/m ² K)	0.28
Transmitancia Térmica de Suelos (W/m ² K)	0.50
Factor Corrector por Puentes Térmicos (-)	1.13
Factor Corrector de la Ventilación requerida por CTE-HS-3 (-)	1.10

Parámetro	Valor
Factor de sombra de superficies orientadas al sur	0.10
Factor de sombra del resto de superficies	0.40
Renovaciones por ventilación nocturna (1/h)	6.00

Si los valores de las soluciones son viables para el proyecto, una vez pulsado el botón “Aceptar” en la pantalla anterior aparece de nuevo la pantalla índice (mostrada a continuación) donde se activa el botón de la “RESULTADOS”.





Anexo IV. Fundamentos técnicos

ANEXO IV. Fundamentos técnicos

AIV.1 Desarrollo de correlaciones en base estacional para estimar la demanda energética de un edificio

El esquema de funcionamiento de este procedimiento simplificado se basa en el desarrollo de una serie de correlaciones que han permitido relacionar las demandas energéticas de los edificios (calefacción y refrigeración) con algunas de sus principales características geométricas y constructivas.

Para desarrollar estas correlaciones se han abordado las tareas resumidas a continuación.

Generación de datos de partida

Consolidación de una muestra ampliada de edificios de viviendas nomencladas y reales

Según el esquema indicado, la primera etapa del proyecto ha consistido en la consolidación y depuración de una muestra de viviendas nomencladas.

El factor crítico a la hora de realizar esta acción ha sido lograr una muestra lo suficientemente representativa del parque edificatorio existente. Para lograrlo se ha realizado un análisis exhaustivo de las tipologías básicas de edificios de viviendas existentes en España consistente en:





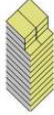



- Selección de las tipologías edificatorias existentes más comunes
- Estructuración de las tipologías edificatorias en periodos reconocibles en los que las características edificatorias y constructivas sean equiparables
- Determinación de una serie de parámetros básicos geométricos para cada una de ellas
- Definición de soluciones constructivas más comunes en cada uno de los periodos definidos

Como resultado de estas acciones se han definido las siguientes tipologías edificatorias y periodos reconocibles:

Tabla 1. Periodos reconocibles en la construcción de edificios en España

Periodo	Características
1961-1980	Entrada en vigor de las normas MV
1981-2006	Entrada en vigor del CT_79
Posterior a 2006	Entrada en vigor del actual CTE

Tabla 2. Tipologías edificatorias básicas definidas en el proyecto

Tipología	Representación gráfica
Unifamiliar aislada	
Unifamiliar pareada	
Unifamiliar en hilera	
Unifamiliar adosada	
Bloque exento compacto adosado sin patio	
Bloque compacto adosado con patio	
Bloque en cruz o estrella	
Bloque compacto aislado sin patio	

Cada una de estas tipologías, con objeto de generar en la siguiente fase una base de datos de demandas energéticas sobre las que poder establecer las correlaciones, se ha analizado específicamente asociándole un rango de dimensiones geométricas probables y características constructivas dependientes del periodo en el que se edificaron. Desde el punto de vista tipológico, se han contemplado las siguientes variaciones (cuando corresponda):

Posición:

- Aislado
- Cabecera izquierda
- Cabecera derecha
- Entre medianeras

Posición de patios:

- central
- a fachada
- a medianeras
- sin patio

%acristalado:

- bajo
- alto

Sobre cada uno de los 46 casos que resultan de las combinaciones tipológicas mencionadas se han modificado diferentes parámetros como son:

Orientación:

- Edificio en la orientación inicialmente propuesta
- Edificio girado 90°

Ventilación:

Ventilación durante el invierno:

- 0.25 renh
- 1 renh
- 2.25 renh

Ventilación durante el verano de día:

- 0.25 renh
- 1 renh
- 2.25 renh

Ventilación durante el verano de noche:

- 1 renh
- 4 renh
- 8 renh

Calidad constructiva:

Transmitancia térmica U de cubiertas:

- 0.5 W/m²K
- 1.5 W/m²K
- 2.5 W/m²K

Transmitancia térmica U de muros:

- 0.5 W/m²K
- 1.5 W/m²K
- 2.5 W/m²K

Transmitancia térmica U de suelos:

- 0.5 W/m²K
- 1.5 W/m²K

- 2.5 W/m²K

Transmitancia térmica U de ventanas:

- 1.9 W/m²K

- 3.4 W/m²K

- 5.7 W/m²K

Transmitancia solar g de ventanas:

- 0.602

- 0.731

- 0.86

Factor de sombra de ventanas:

- 1

- 0.5

Para las simulaciones realizadas se han tomado las siguientes localidades características de cada una de las 6 zonas climáticas del CTE-HE1 presentes en Andalucía:

	Zona climática:	Localidad característica:
1	A3	Cádiz, Málaga
2	A4	Almería
3	B3	Córdoba, Huelva
4	B4	Sevilla
5	C3	Granada
6	C4	Jaén

Generación de base de datos de demandas de edificios

A partir de la muestra de edificios obtenida en la fase anterior, utilizando el programa LIDER se ha generado una base de datos de demandas energéticas.

En total, se tienen 46 edificios x 6 localidades x 3240 calidades constructivas = 894.240 combinaciones.

Dada la imposibilidad, por tiempo de cálculo necesario, y tratamiento de resultados, de simular todas las combinaciones existentes, se ha optado por simular sólo algunas de las calidades constructivas. La elección de las calidades constructivas a simular se ha realizado aleatoriamente siguiendo el método de Montecarlo, que predice que el resultado medio se alcanza con suficiente exactitud para la raíz de las combinaciones totales, es decir, que en este caso deberíamos utilizar al menos 57 calidades constructivas elegidas aleatoriamente entre las 3240 existentes.

El número de casos a simular se reduce entonces a $46 \times 6 \times 57 = 15.732$.

El resultado final ha sido la generación automática y simulación a través de LIDER de las combinaciones mencionadas obteniéndose una base de datos de demandas energéticas mensuales para calefacción y refrigeración.

Esta base de datos ha permitido relacionar cada valor de demanda con las características geométricas y constructivas del edificio para el que ha sido simulada. Sobre ella, se ha trabajado en la siguiente fase para desarrollar correlaciones con las que, a partir de una serie de datos de entrada, se pueda estimar la demanda energética del edificio.

Tabla 3. Estructura de base de datos de demanda energética obtenida.

Caso	Variables de definición de caso			Demandas energéticas	
	Caract. geométricas	Caract. constructivas	Otras	Calefacción	Refrigeración
Caso 1	G_1^*	C_1	O_1	DC_1	DR_1
Caso 2	G_2	C_2	O_2	DC_2	DR_2
...					
Caso 15.732	G_{15732}	C_{15732}	O_{15732}	DC_{15732}	DR_{15732}

*Siendo G_i , C_i , O_i , DC_i , DR_i los valores de las variables que caracterizan cada edificio y los resultados de demandas de calefacción y refrigeración obtenidos en el proceso de simulación.

Desarrollo de las correlaciones

A partir de la base de datos generada en la fase anterior se han desarrollado diversas correlaciones para estimar las demandas energéticas (calefacción y refrigeración) de cada edificio a partir de sus principales características geométricas y constructivas.

En este apartado se explica el procedimiento seguido así como los resultados obtenidos.

Descripción general de la metodología seguida

Para la obtención de las correlaciones de calefacción y refrigeración se ha partido de las expresiones matemáticas que simulan el comportamiento térmico del edificio recogidas en la norma UNE-EN ISO 13790¹.

En cada caso (calefacción y refrigeración) se ha comprobado si los resultados obtenidos aplicando estas expresiones con los datos generados en la fase anterior se ajustaban a los valores de demanda.

A partir de este análisis inicial se ha ido corrigiendo el modelo, añadiendo nuevas variables con objeto de obtener el mejor ajuste posible.

En el proceso de análisis de las correlaciones se han realizado diversos análisis hasta llegar al resultado final (correlaciones específicas para cada zona climática y tipología edificatoria). La secuencia de pasos seguida ha sido la siguiente:

- Establecimiento de correlaciones con todas las demandas de la base de datos generadas.
- Establecimiento de correlaciones específicas para cada zona climática desagregando las demandas obtenidas para los casos simulados en cada zona.
- Establecimiento de correlaciones específicas para cada tipología de edificios desagregando las demandas obtenidas para los casos correspondientes a cada tipología.
- Establecimiento de correlaciones específicas para cada tipología y zona climática.

Únicamente el último análisis ha generado correlaciones con la suficiente solidez estadística como para ser utilizadas en el proyecto.

¹ UNE-EN ISO 13790:2008. Eficiencia térmica de los edificios. Cálculo del consumo de energía para calefacción de espacios.

Modelos de calefacción

PUNTO DE PARTIDA

Según lo indicado anteriormente, la expresión matemática de la que se parte para estimar la demanda de calefacción² de un edificio (en kWh/m²) es:

Figura 1. Expresión para el cálculo de la Demanda energética de calefacción en un edificio basada en la norma UNE-EN-ISO 13790:2008.

$$DC_{mes} = \left\{ \begin{array}{l} a_{mes} \cdot \left(\frac{Um}{V/At} \right) \cdot (altura) \cdot GD_{mes} \cdot \frac{24}{1000} + b_{mes} \cdot \left(\frac{Av}{Aa} \right) \cdot g \cdot ASSE \cdot Is_{mes} + \\ + c_{mes} \cdot (ventilación) \cdot \rho \cdot Cp \cdot (altura) \cdot GD_{mes} \cdot \frac{24}{3600} + d_{mes} \end{array} \right\}$$

siendo: $a_{mes} = a_1 + a_2 \cdot SCI_{mes} \quad \dots \quad b_{mes} = b_1 + b_2 \cdot SCI_{mes} \quad \dots \quad c_{mes} = c_1 + c_2 \cdot SCI_{mes}$
 $d_{mes} = d_1 + d_2 \cdot SCI_{mes}$

La demanda de calefacción calculada con esta ecuación tiene un valor positivo siendo el significado de cada término el siguiente:

- El primer término recoge la influencia del nivel de aislamiento del edificio, de su compacidad y del clima, a través de los grados-días. Tiene signo positivo porque contribuye a aumentar la demanda de calefacción.
- El segundo término recoge la influencia del nivel de acristalamiento del edificio, y del clima, a través de la radiación solar. Tiene signo negativo, es decir, contrario al de la demanda de calefacción.
- El tercer término recoge la influencia de la ventilación y/o la infiltración del edificio, y del clima, a través de los grados-días. Tiene signo positivo porque contribuye a aumentar la demanda de calefacción.
- En último lugar, se ha añadido un término independiente que recoge la influencia de todos los demás términos de los que depende la demanda de calefacción, como las fuentes internas.
- Si se usa la anterior ecuación para un determinado mes, se obtendrá la demanda de calefacción de dicho mes. Para obtener la demanda para toda la estación de invierno (de octubre a mayo), se tiene:

² Se han considerado como meses de calefacción enero, febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre.

Figura 2. Ajuste de la anterior expresión para el cálculo de demandas de calefacción en base estacional.

$$\begin{aligned}
 DC_{\text{INVIERNO}} &= \sum_{\forall \text{meses}} DC_{\text{mes}} = \\
 &= \left\{ \sum_{\forall \text{meses}} a_{\text{mes}} \cdot \left(\frac{Um}{V/At} \right) \cdot (\text{altura}) \cdot GD_{\text{mes}} \cdot \frac{24}{1000} + \sum_{\forall \text{meses}} b_{\text{mes}} \cdot \left(\frac{Av}{Aa} \right) \cdot g \cdot ASSE \cdot Is_{\text{mes}} + \right. \\
 &\quad \left. + \sum_{\forall \text{meses}} c_{\text{mes}} \cdot (\text{ventilación}) \cdot \rho \cdot Cp \cdot (\text{altura}) \cdot GD_{\text{mes}} \cdot \frac{24}{3600} + \sum_{\forall \text{meses}} d_{\text{mes}} \right\} = \\
 &= \left\{ a_{\text{INV}} \cdot \left(\frac{Um}{V/At} \right) \cdot (\text{altura}) \cdot GD_{\text{INV}} \cdot \frac{24}{1000} + b_{\text{INV}} \cdot \left(\frac{Av}{Aa} \right) \cdot g \cdot ASSE \cdot Is_{\text{INV}} + \right. \\
 &\quad \left. + c_{\text{INV}} \cdot (\text{ventilación}) \cdot \rho \cdot Cp \cdot (\text{altura}) \cdot GD_{\text{INV}} \cdot \frac{24}{3600} + d_{\text{INV}} \right\} \\
 \text{siendo: } &a_{\text{INV}} = a_1 + a_2 \cdot SCI_{\text{INV}} \quad \dots \quad b_{\text{INV}} = b_1 + b_2 \cdot SCI_{\text{INV}} \quad \dots \quad c_{\text{INV}} = c_1 + c_2 \cdot SCI_{\text{INV}} \\
 &d_{\text{INV}} = d_1 + d_2 \cdot SCI_{\text{INV}}
 \end{aligned}$$

Para facilitar el uso de la correlación en base estacional se tiene que:

$$\begin{aligned}
 a_{2,\text{INV}} &= a_2 \cdot \frac{\sum_{\forall \text{meses}} GD_{\text{mes}} \cdot SCI_{\text{mes}}}{GD_{\text{INV}} \cdot SCI_{\text{INV}}} \quad \dots \quad b_{2,\text{INV}} = b_2 \cdot \frac{\sum_{\forall \text{meses}} Is_{\text{mes}} \cdot SCI_{\text{mes}}}{Is_{\text{INV}} \cdot SCI_{\text{INV}}} \\
 c_{2,\text{INV}} &= c_2 \cdot \frac{\sum_{\forall \text{meses}} GD_{\text{mes}} \cdot SCI_{\text{mes}}}{GD_{\text{INV}} \cdot SCI_{\text{INV}}} \quad \dots \quad d_{1,\text{INV}} = 8 \cdot d_{1,\text{mes}} \\
 \text{siendo: } &GD_{\text{INV}} = \sum_{\forall \text{meses}} GD_{\text{mes}} \quad \dots \quad Is_{\text{INV}} = \sum_{\forall \text{meses}} Is_{\text{mes}} \quad \dots \quad SCI_{\text{INV}} = \sum_{\forall \text{meses}} SCI_{\text{mes}}
 \end{aligned}$$

Descripción del resultado final

Sobre las ecuaciones anteriores se ha realizado un análisis de regresión múltiple con objeto de calcular los coeficientes de correlación para ajustar sus resultados a las demandas de la base de datos generada en la fase anterior.

El análisis realizado no ha validado este modelo razón por la cual, a partir del estudio de los resultados de este análisis estadístico se han realizado diversas modificaciones en la ecuación para obtener un nuevo modelo que satisfaga los criterios de validación exigidos en un análisis de regresión múltiple.

Finalmente, se ha obtenido un modelo basado en tres variables complejas (formadas por la combinación de varias variables individuales que representan características geométricas y

constructivas del edificio o características climáticas de la zona en la que éste se ubica) y sus cuadrados:

Demanda Calefacción =

$$\begin{aligned}
 & a + b (U_m / \text{Compacidad}) * (\text{altura}) * \text{GD} * 24/1000 \\
 & + c (\text{renh}) * \rho * \text{CP} * \text{altura} * \text{GD} * 24/3600 \\
 & + d (A_v / A_a) * g * \text{ASSE} * \text{IS} \\
 & + e [(U_m / \text{Compacidad}) * (\text{altura}) * \text{GD} * 24/1000]^{\wedge} 2 \\
 & + f [(A_v / A_a) * g * \text{ASSE} * \text{IS}]^{\wedge} 2 \\
 & + g [(\text{renh}) * \rho * \text{CP} * \text{altura} * \text{GD} * 24/3600]^{\wedge} 2
 \end{aligned}$$

Las variables consideradas en el modelo son comunes para todos los casos, si bien los coeficientes a, b, c, d, e, f y g que multiplican a cada una de ellas han debido ser ajustados para cada tipología y zona climática.

El significado y forma de cálculo de cada una de estas variables se indica a continuación:

(U_m)	<p>(Um) Transmitancia térmica media (en W/m³ K). <i>Um</i> es la transmitancia térmica media del edificio calculada a partir de las transmitancias de los elementos de la envuelta, incluidos los puentes térmicos³.</p> $ U_m = \frac{\sum_{\substack{\forall \text{muros} \\ \text{exteriores}}} A_i U_i + \sum_{\forall \text{ventanas}} A_i U_i + \sum_{\forall \text{cubiertas}} A_i U_i + \sum_{\forall \text{suelos}} A_i U_i + \sum_{\forall \text{puentes} \\ \text{t\u00e9rmi cos}} L_i \Psi_i}{A_t} $ <p>donde, Ψ_i (transmitancia térmica lineal del puente térmico i) y L_i (longitud).</p>
$\text{Compacidad} = V / A_t$	<p>Compacidad (en m) Cociente del volumen acondicionado dividido por el área de transferencia. El área de transferencia, se calcula:</p> $ A_t = \sum_{\substack{\forall \text{muros} \\ \text{exteriores}}} A_i + \sum_{\forall \text{ventanas}} A_i + \sum_{\forall \text{cubiertas}} A_i + \sum_{\forall \text{suelos}} A_i $
(altura)	<p>Altura libre de los espacios (m)</p>
GD	<p>Grados- día de invierno en base 20 (o verano en base 25) de la localidad en el periodo considerado</p>
<i>renh</i>	<p>Renovaciones hora de ventilación y/o infiltración (h⁻¹). El Anexo II explica con mayor detalle el significado de este parámetro (ventilación/infiltración) así como las principales hipótesis consideradas en su cálculo.</p>

³ El anexo III incluye una explicación de cómo se han caracterizado los puentes térmicos para su uso en las correlaciones.

ρ	Densidad del aire Se toma igual a 1,2 kg/m ³ .
C_p	Calor específico del aire a presión constante Se toma igual a 1 kJ/kg K.
(g)	Factor solar medio de las ventanas (adimensional)
$\left(\frac{A_v}{A_a}\right)$	Área de ventanas equivalente al sur dividida por el área acondicionada (adimensional)
$(ASSE)$	Área solar sur equivalente (adimensional) Es la relación entre la radiación que reciben las ventanas en sus correspondientes orientaciones y con las sombras propias y/o lejanas que tengan, y la radiación que recibirían si estuvieran orientadas al sur sin ningún tipo de sombra. El anexo I explica con mayor detalle el significado de este parámetro (Área Solar) así como las principales hipótesis consideradas en su cálculo.
I_s	Radiación global acumulada sobre superficie vertical con orientación sur en el periodo considerado (en kWh/m ²)
$\left(\frac{A_c}{A_a}\right)$	Área de cubierta dividida por el área acondicionada (adimensional)
GD_{mod}	Grados día modificados de verano de la localidad calculados en base 25 Esta modificación consiste en el cálculo de los grados día a partir de las temperaturas sol-aire sobre cubierta en vez de a partir de la temperatura de aire.
GD_{noche}	Grados día de verano de la localidad durante la noche (de 1h a 8h) calculados en base 25
SCI_{mes}	Severidad climática de invierno para el mes considerado
SCV_{mes} :	Severidad climática de verano para el mes considerado

Modelos de refrigeración

PUNTO DE PARTIDA

Para la estimación de la demanda de refrigeración se ha optado por el desarrollo de una correlación que permite obtener la demanda para toda la vivienda en cada uno de los meses de verano por separado (junio, julio, agosto y septiembre).

Se ha seguido un procedimiento análogo al de la demanda de calefacción, para llegar al cálculo de la demanda estacional.

La ecuación que se propone para el cálculo de la demanda de refrigeración es la siguiente:

Figura 4. Expresión para el cálculo de la demanda de refrigeración en un edificio según la norma UNE-EN-ISO 13790:2008.

$$DR_{mes} = \left\{ \begin{array}{l} a_{mes} \cdot \left(\frac{Um_{sin_cubierta}}{V/At} \right) \cdot (altura) \cdot GD_{mes} \cdot \frac{24}{1000} + \\ + b_{mes} \cdot (U_{cubierta}) \cdot \left(\frac{Acubierta}{Aacondicionada} \right) \cdot GD_{mod_cub_{mes}} \cdot \frac{24}{1000} + \\ + c_{mes} \cdot (ventilación) \cdot \rho \cdot Cp \cdot (altura) \cdot GD_{mes} \cdot \frac{24}{3600} + \\ + d_{mes} \cdot (ventilación_noche) \cdot \rho \cdot Cp \cdot (altura) \cdot GD_{noche_{mes}} \cdot \frac{24}{3600} + \\ + e_{mes} \cdot \left(\frac{Av}{Aa} \right) \cdot g \cdot ASSE \cdot Is_{mes} + f_{mes} \end{array} \right\}$$

siendo:

$$\begin{array}{llll} a_{mes} = a_1 + a_2 \cdot SCV_{mes} & \cdots & b_{mes} = b_1 + b_2 \cdot SCV_{mes} & \cdots & c_{mes} = c_1 + c_2 \cdot SCV_{mes} \\ d_{mes} = d_1 + d_2 \cdot SCV_{mes} & \cdots & e_{mes} = e_1 + e_2 \cdot SCV_{mes} & \cdots & f_{mes} = f_1 + f_2 \cdot SCV_{mes} \end{array}$$

Para facilitar el uso de la correlación en base estacional se tiene que:

Figura 5. Ajuste de la anterior expresión para el cálculo de la demanda de refrigeración en base estacional.

$$\begin{aligned}
 a_{2,VER} &= a_2 \cdot \frac{\sum_{\forall \text{meses}} GD_{mes} \cdot SCV_{mes}}{GD_{VER} \cdot SCV_{VER}} \quad \dots \quad b_{2,VER} = b_2 \cdot \frac{\sum_{\forall \text{meses}} GD_{mod_cub_{mes}} \cdot SCV_{mes}}{GD_{mod_cub_{VER}} \cdot SCV_{VER}} \\
 c_{2,INV} &= c_2 \cdot \frac{\sum_{\forall \text{meses}} GD_{mes} \cdot SCV_{mes}}{GD_{VER} \cdot SCV_{VER}} \quad \dots \quad d_{2,VER} = d_2 \cdot \frac{\sum_{\forall \text{meses}} GD_{noche_{mes}} \cdot SCV_{mes}}{GD_{noche_{VER}} \cdot SCV_{VER}} \\
 e_{2,INV} &= e_2 \cdot \frac{\sum_{\forall \text{meses}} Is_{mes} \cdot SCV_{mes}}{Is_{VER} \cdot SCV_{VER}} \quad \dots \quad f_{1,INV} = 4 \cdot f_{1,mes} \\
 \text{siendo: } GD_{VER} &= \sum_{\forall \text{meses}} GD_{mes} \quad \dots \quad GD_{mod_cub_{VER}} = \sum_{\forall \text{meses}} GD_{mod_cub_{mes}} \\
 GD_{noche_{VER}} &= \sum_{\forall \text{meses}} GD_{noche_{mes}} \quad \dots \quad Is_{VER} = \sum_{\forall \text{meses}} Is_{mes} \quad \dots \quad SCV_{VER} = \sum_{\forall \text{meses}} SCV_{mes}
 \end{aligned}$$

La demanda de calefacción calculada con esta ecuación tiene un valor positivo, siendo el significado de cada término el siguiente:

- El primer término recoge la influencia del nivel de aislamiento del edificio, sin contar la cubierta, de su compacidad y del clima, a través de los grados-días. Tiene signo negativo porque contribuye a disminuir la demanda de refrigeración, aunque se observa que su influencia es muy pequeña.
- El segundo término recoge la influencia del nivel de aislamiento de la cubierta del edificio, y del clima, a través de los grados-días modificados. Tiene signo positivo porque contribuye a aumentar la demanda de refrigeración.
- El tercer término recoge la influencia de la ventilación y/o la infiltración del edificio durante las horas diurnas, y del clima, a través de los grados-días. Según la localidad puede tener signo positivo o negativo, pero en ambos casos su influencia es pequeña.
- El cuarto término recoge la influencia de la ventilación y/o la infiltración del edificio durante las horas nocturnas, y del clima, a través de los grados-días-noche. Tiene signo negativo porque contribuye a disminuir la demanda de refrigeración.
- El quinto término recoge la influencia del nivel de acristalamiento del edificio, y del clima, a través de la radiación solar. Tiene signo positivo porque contribuye a aumentar la demanda de refrigeración.
- En último lugar, se ha añadido un término independiente que recoge la influencia de todos los demás términos de los que depende la demanda de refrigeración, como las fuentes internas.

RESULTADO FINAL

Para la realización del análisis regresivo multivariante se han realizado los siguientes supuestos:

De conformidad con lo indicado en el documento reconocido: “Condiciones de Aceptación de Procedimientos Alternativos a LIDER y CALENER”, todas las demandas mensuales de refrigeración inferiores a 1,5 kWh/m² se han considerado nulas. Por ello, en el procedimiento de obtención del modelo estacional de demanda de refrigeración, se han desestimado los casos con demandas de refrigeración inferiores a 6 kWh/m². Este valor 6 se ha calculado como el producto de los 4 meses para los que existe demanda de refrigeración por el umbral mínimo a considerar, 1,5 kWh/m².

De igual manera, según lo indicado en el anexo I del documento reconocido de escala de calificación energética para edificios de nueva construcción, las demandas de refrigeración para las zonas climáticas C1, D1 y E1, se han considerado nulas.

Análogamente al caso de calefacción se han obtenido modelos específicos para cada zona climática y tipología, los cuales contienen las siguientes variables:

Demanda Refrigeración =

$$\begin{aligned}
 & a + b (\text{Um sin cub/Compacidad}) * (\text{alt}) * \text{GD} * 24/1000 \\
 & + c (\text{Uc}) * (\text{Ac/Aa}) * \text{GDmod} * (24/1000) \\
 & + d (\text{renh}) * \rho * \text{CP} * \text{altura} * \text{GD} * 24/3600 \\
 & + e (\text{renhnoche}) * \rho * \text{CP} * \text{altur} * \text{GD noche} * 24/3600 \\
 & + f (\text{Av /Aa}) * g * \text{AS} * \text{IS}
 \end{aligned}$$

Las variables consideradas en el modelo son comunes para todos los casos, si bien los coeficientes a, b, c, d, e y f que multiplican a cada una de ellas han debido ser ajustados para cada tipología y zona climática.

El significado y forma de cálculo de cada una de estas variables se indica a continuación:

<p>$(U_m \text{ sin cubierta})$</p>	<p>Transmitancia térmica media dividida por la compacidad (en $W/m^3 K$). U_m es la Transmitancia térmica media del edificio calculada a partir de las transmitancias de los elementos de la envuelta, incluidos puentes térmicos⁴.</p> $U_m = \frac{\sum_{\forall \text{muros exteriores}} A_i U_i + \sum_{\forall \text{ventanas}} A_i U_i + \sum_{\forall \text{suelos}} A_i U_i + \sum_{\forall \text{puentes térmicos}} L_i \Psi_i}{A_t}$ <p>Siendo Ψ_i (transmitancia térmica lineal de puente térmico i, y L_i (longitud) El área de transferencia, se calcula:</p> $A_t = \sum_{\forall \text{muros exteriores}} A_i + \sum_{\forall \text{ventanas}} A_i + \sum_{\forall \text{cubiertas}} A_i + \sum_{\forall \text{suelos}} A_i$
<p>$Compacidad = V/A_t$</p>	<p>Compacidad (en m) Cociente del volumen acondicionado dividido por el área de transferencia.</p>
<p>$(altura)$</p>	<p>Altura libre de los espacios (m)</p>
<p>GD</p>	<p>Grados- día de invierno en base 20 (o verano en base 25) de la localidad en el periodo considerado</p>
<p>Uc</p>	<p>Transmitancia térmica de la cubierta</p>
<p>$\left(\frac{Ac}{Aa}\right)$</p>	<p>Área de cubierta dividida por el área acondicionada (adimensional)</p>
<p>GD_{mod}</p>	<p>Grados día modificados de verano de la localidad calculados en base 25 Esta modificación consiste en el cálculo de los grados día a partir de las temperaturas sol-aire sobre cubierta en vez de a partir de la temperatura de aire.</p>
<p>renh y renhnoche</p>	<p>Renovaciones hora de ventilación y/o infiltración (h^{-1}) El Anexo IV explica con mayor detalle el significado de estos parámetros así como las principales hipótesis consideradas en su cálculo.</p>
<p>ρ</p>	<p>Densidad del aire Se toma igual a $1,2 \text{ kg/m}^3$.</p>
<p>C_p</p>	<p>Calor específico del aire a presión constante Se toma igual a 1 kJ/kg K.</p>
<p>GD_{noche}</p>	<p>Grados día de verano de la localidad durante la noche (de 1h a 8h) calculados en base 25</p>
<p>$\left(\frac{Av}{Aa}\right)$</p>	<p>Área de ventanas equivalente al sur dividida por el área acondicionada (adimensional)</p>

⁴ El anexo V incluye una explicación de cómo se han caracterizado los puentes térmicos para su uso en las correlaciones.

(g)	Factor solar medio de las ventanas (adimensional)
(AS)	Área solar Radiación que reciben las ventanas en sus correspondientes orientaciones y con las sombras propias y/o lejanas que tengan. El anexo III explica con mayor detalle el significado de este parámetro (Área Solar) así como las principales hipótesis consideradas en su cálculo.
Is	Radiación global acumulada sobre superficie vertical con orientación sur en el periodo considerado en kWh/m ²

Validación estadística de los modelos

Criterios

Para el desarrollo de los modelos se ha utilizado el método de regresión lineal múltiple. En los siguientes apartados se explican las características del mismo así como los criterios utilizados para la validación de los modelos.

Tipo de análisis estadístico utilizado

El tipo de modelo utilizado para explicar la Demanda (de calefacción o refrigeración) de un edificio en función de variables propias de su tipología, características constructivas o zona climática en la que se ubica es el de Regresión Lineal Múltiple caracterizado por expresiones del siguiente tipo:

$$Demanda_i = b_0 + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} + \dots + b_px_{pi} + e_i$$

En esta expresión el subíndice i indica el dato de partida; x_1, x_2, \dots, x_p hacen referencia a las variables explicativas; b_1, b_2, \dots, b_p son los coeficientes que hay que calcular y e_i es el residuo final, la parte de la demanda que no ha sido explicada por el modelo:

$$e_i = Demanda_i - (b_0 + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} + \dots + b_px_{pi}) = Demanda_i - \mathbf{P} evisión_i$$

Una vez definido el modelo, es decir, qué variables explicaran la demanda, se calculan los coeficientes b_i . El método utilizado ha sido el de Mínimos Cuadrados basado en calcular los coeficientes que minimicen la suma de residuos al cuadrado.

El ajuste del modelo por mínimos cuadrados está sujeto al cumplimiento de una serie de hipótesis centradas en el comportamiento de los residuos.

Para verificarlas se utilizan, básicamente, métodos gráficos representando en diagramas bi-variantes los residuos frente a los valores previstos por el modelo. El análisis de estos diagramas ha de confirmar que los residuos no contienen información alguna comprobando que:

- que siguen una distribución normal,
- que son independientes unos de otros, es decir, que a partir del valor de uno de los residuos no se pueda inferir el valor de otro,
- que tienen variabilidad constante,
- que no muestran tendencias,
- que no contienen información

Si las hipótesis quedan verificadas, el modelo puede darse por bueno y determinar la bondad del ajuste obtenido. Para ello disponemos de 2 medidas que están fuertemente relacionadas entre sí:

La R^2_{aj} (coeficiente de determinación) que mide el porcentaje de variabilidad de los valores de la Demanda explicado por la regresión. Cuanto mayor es R^2_{aj} mejor es el ajuste del modelo.

En los modelos para la Demanda de Calefacción se han obtenido valores muy próximos al 100%, mientras que para la Demanda de Refrigeración los valores están alrededor del 90%.

La S_r o desviación típica de los residuos. Cuanto menor es S_r mayor es R^2_{aj} y mejor es el ajuste del modelo. La S_r nos da una medida de la precisión con la que se obtendrán las previsiones con el modelo.

Para estas dos medidas, R^2_{aj} y S_r no hay valores de referencia que nos indiquen si el modelo es bueno o no lo es. Sirven para comparar modelos alternativos y para elegir el mejor entre estos.

Cuando las hipótesis quedan verificadas y las medidas de calidad del ajuste se consideran adecuadas, el modelo puede ser utilizado para realizar previsiones. En caso contrario, hay que redefinirlo, introduciendo nuevas variables o transformaciones de las variables ya existentes en el modelo o eliminando variables. Se trata de un proceso iterativo, en el que cada paso se realiza alguna de las acciones, se verifica el modelo y se replantean posibles mejoras en su especificación hasta que se obtiene un modelo que cumpla con todas las hipótesis. La información necesaria para determinar qué acciones tomar en cada caso suele obtenerse también por vía gráfica, representando, en diagramas bivariantes, los residuos frente a las variables del modelo y a transformaciones de éstas.

Esta clase de modelos es útil para explicar la realidad que se ha pretendido modelar y para obtener previsiones, pero no siempre es posible que un modelo sea útil, simultáneamente, para explicar y para obtener previsiones.

El problema principal reside en el hecho que las variables explicativas suelen compartir información (están correlacionadas). Cuando esto ocurre, es imposible evaluar el efecto de una variable sobre la demanda fijando el valor de las otras variables explicativas, y, por lo tanto, el modelo no explica bien las relaciones entre cada una de las variables y la demanda, pero sigue siendo bueno para hacer previsiones.

Para determinar cuando esto ocurre, utilizamos el VIF, Variance Inflation Factor. Cuando el VIF es cercano a 1 esta variable no comparte información con otras y puede explicarse independientemente. Esto es lo que ocurre en los modelos para la Demanda de Refrigeración. En cambio, cuando este valor se aleja de 1 no puede explicarse independientemente el efecto de la variable. Esto es lo que ocurre en los modelos para la Demanda de Calefacción, en los que tenemos como variables explicativas 3 variables x_i y sus cuadrados x_i^2 , que, evidentemente, comparten información. Esto implica que debemos interpretar el efecto de una variable sobre la demanda considerando conjuntamente el efecto lineal x_i y el cuadrático x_i^2 .

Asimismo, para confirmar que el modelo obtenido es adecuado es preciso comprobar que todas las variables incluidas expliquen parte de la demanda. En caso de que hubiera alguna variable que no explicara nada, habría que eliminarla del modelo y preceder a recalcular los coeficientes.

Para realizar este análisis se aplica el test de la t-student para cada uno de los coeficientes. El test comprueba que el coeficiente que acompaña a cada variable es estadísticamente distinto de cero: si lo es, la variable explica, si no lo es, la variable no explica nada y debe eliminarse. El coeficiente será significativamente distinto de 0 cuando el p-valor asociado a este test sea menor de 0,05, es decir, del 5%.

Los modelos de Regresión Lineal Múltiple pueden ajustarse con una gran variedad de software, al ser métodos estándar. En el presente proyecto se ha utilizado el Minitab, versión 15.

Bondad del ajuste obtenido para los modelos

El ajuste final obtenido para los modelos de regresión múltiple de calefacción y refrigeración utilizando los criterios estadísticos indicados anteriormente ha sido muy elevado tal y como muestran los siguientes dos gráficos:

Figura 6. CALEFACCIÓN. Comparación de los resultados obtenidos aplicando el modelo con las demandas simuladas a través de LIDER.

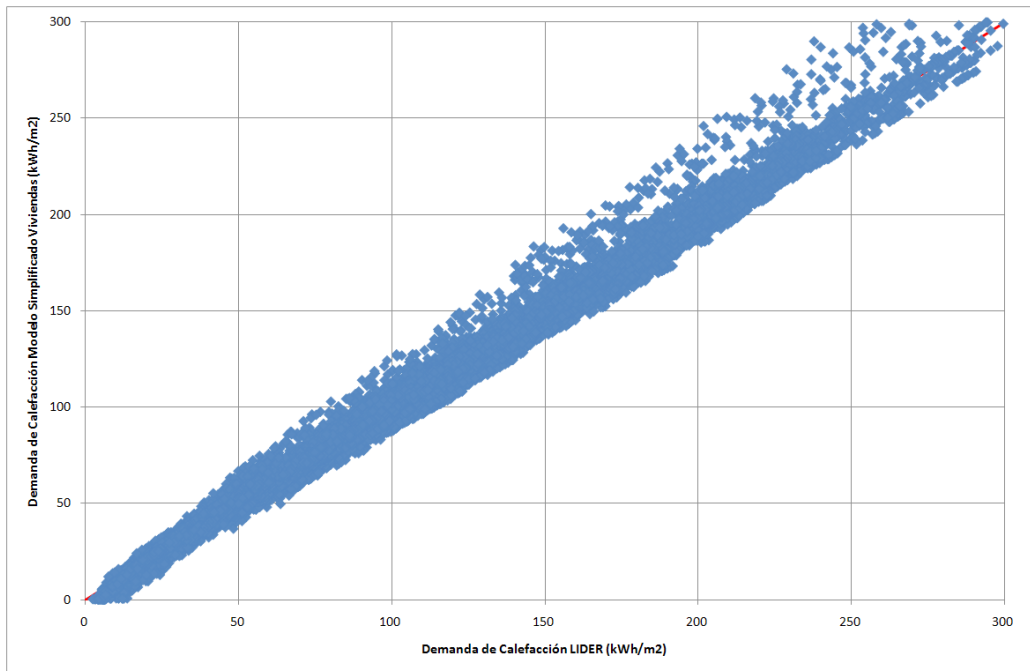
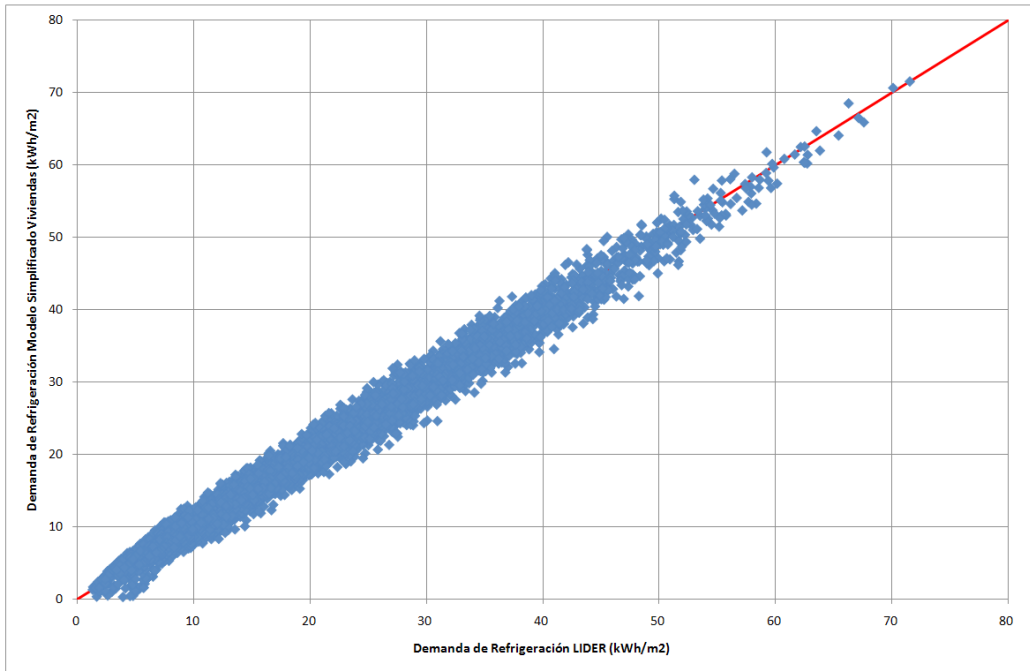


Figura 7. REFRIGERACIÓN. Comparación de los resultados obtenidos aplicando el modelo con las demandas simuladas a través de LIDER.



Los valores de los indicadores estadísticos R^2_{adj} y S_r obtenidos para cada uno de los modelos se muestran en las siguientes dos tablas:

Tabla 7. CALEFACCIÓN. Indicadores estadísticos R²adj y Sr obtenidos para los modelos (por Zona climática y tipología)

Calefacción	A3	A4	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	E1
Tip. 1	R ²	99,10%	99,20%	99,40%	99,30%	99,50%	99,40%	99,40%	99,30%	99,30%	99,40%	99,70%
	S	1,65954	1,68762	2,08642	1,97597	2,84437	2,69218	3,09195	4,61047	4,31606	3,51448	3,20938
Tip. 2	R ²	97,40%	97,90%	98,90%	98,20%	99,80%	99,00%	99,20%	99,70%	99,60%	99,50%	99,70%
	S	2,53579	2,41203	2,73524	3,00396	1,70789	3,34985	3,84644	3,33311	2,69665	3,2142	2,87877
Tip. 3	R ²	97,30%	97,80%	98,90%	98,10%	99,80%	99,00%	99,10%	99,80%	99,60%	99,60%	99,80%
	S	2,49623	2,39364	2,68807	2,95612	1,61982	3,22434	3,58615	3,53932	2,57915	3,03552	2,73284
Tip. 4	R ²	96,20%	96,90%	98,60%	97,40%	99,80%	98,80%	98,80%	99,80%	99,60%	99,50%	99,80%
	S	2,86365	2,7355	2,9337	3,35855	1,45807	3,43031	4,07441	3,64968	2,32619	3,03109	2,81314
Tip. 5	R ²	98,30%	98,60%	99,30%	99,00%	99,60%	99,40%	99,60%	99,60%	99,60%	99,60%	99,60%
	S	1,57176	1,51248	1,6998	1,73152	1,92029	1,93466	2,07696	2,079	2,88887	2,58215	2,17697
Tip. 6	R ²	98,70%	99,00%	99,50%	99,30%	99,90%	99,60%	99,70%	99,90%	99,80%	99,80%	99,90%
	S	1,37419	1,28676	1,40427	1,43387	0,89525	1,59924	1,78837	1,61108	1,46965	1,66934	1,50035
Tip. 7	R ²	98,40%	98,80%	99,60%	99,40%	99,90%	99,80%	99,80%	99,90%	99,90%	99,90%	99,90%
	S	1,49408	1,38506	1,35318	1,34098	0,79656	1,27676	1,3599	1,21001	1,09586	1,21075	1,19425
Tip. 8	R ²	98,30%	98,80%	99,50%	99,30%	99,90%	99,70%	99,70%	99,90%	99,80%	99,80%	99,90%
	S	1,46954	1,36019	1,42082	1,36903	1,01237	1,45277	1,60244	1,41608	1,55649	1,61665	1,45798

Tabla 8. REFRIGERACIÓN. Indicadores estadísticos R²adj y Sr obtenidos para los modelos (por Zona climática y tipología)

Refrigeración	A3	A4	B3	B4	C1*	C2	C3	C4	D1*	D2	D3	E1*	
Tip. 1	R ²	93,30%	93,70%	92,30%	94,50%	#N/A	91,30%	92,30%	93,70%	#N/A	89,40%	92,40%	#N/A
	S	1,95976	1,90524	1,83602	2,1706	#N/A	1,61534	2,40725	2,17316	#N/A	1,86144	1,85836	#N/A
Tip. 2	R ²	89,70%	89,90%	88,20%	91,90%	#N/A	87,80%	89,70%	90,00%	#N/A	84,30%	88,60%	#N/A
	S	1,94489	1,90439	1,81921	2,08488	#N/A	1,5901	2,10404	2,13424	#N/A	1,75028	1,78703	#N/A
Tip. 3	R ²	92,50%	93,20%	92,20%	94,40%	#N/A	90,60%	92,80%	93,50%	#N/A	87,20%	92,30%	#N/A
	S	1,99834	1,94224	1,76545	2,14363	#N/A	1,57554	2,13438	2,11859	#N/A	1,7878	1,77359	#N/A
Tip. 4	R ²	92,60%	94,00%	91,80%	95,50%	#N/A	88,20%	92,80%	94,20%	#N/A	82,90%	91,70%	#N/A
	S	1,53867	1,46715	1,43926	1,64992	#N/A	1,28744	1,74123	1,68295	#N/A	1,4442	1,43496	#N/A
Tip. 5	R ²	90,90%	91,40%	89,40%	93,30%	#N/A	82,80%	88,60%	92,10%	#N/A	74,40%	86,40%	#N/A
	S	1,24875	1,20918	1,15601	1,41453	#N/A	1,08106	1,54067	1,37062	#N/A	1,1022	1,22532	#N/A
Tip. 6	R ²	92,50%	93,50%	91,10%	95,40%	#N/A	85,20%	91,40%	94,10%	#N/A	75,70%	89,50%	#N/A
	S	1,14835	1,08033	1,11083	1,19727	#N/A	1,07699	1,39686	1,22031	#N/A	1,16364	1,15787	#N/A
Tip. 7	R ²	91,00%	90,60%	88,80%	93,60%	#N/A	84,60%	89,60%	91,70%	#N/A	79,80%	87,50%	#N/A
	S	1,26145	1,22579	1,31048	1,32388	#N/A	1,28772	1,59778	1,38704	#N/A	1,29694	1,38405	#N/A
Tip. 8	R ²	93,50%	93,50%	91,90%	95,20%	#N/A	88,20%	92,10%	94,00%	#N/A	83,30%	90,80%	#N/A
	S	1,24036	1,20833	1,26266	1,3047	#N/A	1,23518	1,53133	1,3533	#N/A	1,34238	1,31458	#N/A

*Como se indicó anteriormente para las zonas C1, D1 y E1 se han supuesto demandas de refrigeración nulas. Por ello, no se indican coeficientes para las variables por cuanto no existe modelo.

PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LAS PRESTACIONES MEDIAS ESTACIONALES DE EQUIPOS Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FRÍO Y CALOR

Introducción y metodología

Las prestaciones medias estacionales de un sistema térmico no dependen exclusivamente de sí mismo (tipo y prestaciones nominales), sino que son función además del:

- Clima
- Edificio donde está instalado (que condiciona la carga parcial)
- Dimensionado (o más bien sobredimensionado) de su potencia

Puesto que estos tres elementos condicionan las prestaciones medias estacionales, su tipificación debe hacerse en principio para una familia de edificios concreta (tales como las viviendas unifamiliares, los bloques de viviendas ó edificios de uso terciario), para cada clima concreto y bajo unos escenarios concretos de dimensionado de la potencia punta.

Las prestaciones a las que se hace referencia en el documento son típicamente rendimientos cuando se trata de calderas, COP cuando se habla de bombas de calor funcionando en modo calefacción y EER para los equipos de producción de frío. El presente apartado contiene un procedimiento para determinar las prestaciones medias estacionales de los equipos y sistemas de calefacción, refrigeración y producción de agua caliente sanitaria en edificios de viviendas y pequeños y medianos terciarios.

Este procedimiento ha sido aplicado a los equipos y sistemas que actualmente forman parte del programa de referencia CALENER-VYP y para las condiciones en que dichos equipos se contemplan en el estándar de cálculo del mencionado programa con objeto de determinar sus prestaciones medias estacionales y así poder utilizarlas directamente en el procedimiento simplificado de certificación energética de **viviendas existentes**.

Metodología para edificios de vivienda

De forma general en el caso de edificios de vivienda, tanto en viviendas unifamiliares como en bloque, las prestaciones medias estacionales de un equipo o sistema se han calculado multiplicando sus prestaciones nominales por un factor denominado factor de ponderación representativo.

En el apartado 3.2 se describirá la metodología seguida para la obtención de dicho factor de ponderación. En el apartado 3.3 se describirá la integración de los factores de ponderación y su utilización en el procedimiento simplificado para certificación de eficiencia energética de edificios existentes de viviendas. De los resultados recopilados en este apartado se deduce que el factor de ponderación dependerá exclusivamente del tipo de sistema y de la zona climática.

Apartado 3.2 Obtención de factores de ponderación

Definición del sistema o equipo en CALENER-VYP

Se definen los equipos o sistemas cuyo factor de ponderación se desea obtener sobre una muestra de edificios representativos del subsector correspondiente. La representatividad de la muestra de edificios se ha basado en aquellos parámetros que determinan el diseño de los sistemas tales como la superficie útil y el tamaño de los espacios. En el caso de viviendas dicha muestra está formada por 6 edificios, de los cuales 3 son edificios de viviendas unifamiliares y 3 correspondientes a bloques de viviendas.

Las características constructivas de dichos edificios se han modificado para que se correspondan con los siguientes supuestos:

Aplicación estricta de las exigencias del documento básico CTE-HE1 para cada zona climática.

Aplicación estricta de las exigencias de la NBE-CT 79 para cada zona climática.

Selección de localidades

El comportamiento del edificio y del sistema se han evaluado realizando las simulaciones de CALENER VYP en las localidades andaluzas clasificadas climáticamente en las tablas del Anexo I.

Dimensionado del equipo o sistema

La potencia de los equipos o sistemas se calculará de acuerdo con los siguientes criterios:

Calderas de combustión (centralizadas por vivienda).- 25 Kw

Calderas de combustión (centralizadas por bloque).- Sobredimensionado del 0% y del 42% a partir de los valores de carga punta que presenten los valores horarios de demanda obtenidos mediante LIDER.

Sistemas de calefacción por bombas de calor aire-aire (equipos centralizados por vivienda).

Según la siguiente tabla (en W/m^2 en condiciones EUROVENT):

Tabla 11. Dimensionado de sistemas de calefacción por bombas de calor aire-aire (W/m^2)

	Zona Climática		
	A	B	C
Viviendas unifamiliares	70	80 y 100	
Viviendas en bloque	60	70	

Sistemas de calefacción por bombas de calor aire-aire (equipos individuales tipo split) los mismos criterios que los equipos centralizados con una potencia mínima en condiciones EUROVENT de 2.0 kW.

Sistemas de refrigeración.- Se calculará la potencia nominal en condiciones EUROVENT multiplicando por 0.87 las potencias de calefacción citadas anteriormente y suponiendo que el ratio potencia sensible frente a potencia total es 0.70.

Generación de base de datos de factores de ponderación

De los resultados del programa CALENER VYP se han obtenido las demandas y los consumos en energía final de calefacción, refrigeración y ACS (según corresponda).

Las prestaciones medias estacionales se calcularán como el cociente entre las demandas y los consumos en energía final obtenidos de los ficheros de resultados *Obj.dat.

El factor de ponderación se define finalmente como el cociente entre la prestación media estacional y la prestación en condiciones nominales. Se hace notar en este punto que el factor de ponderación es independiente de la calidad del equipo en condiciones nominales, es decir, el factor de ponderación es el mismo si, por ejemplo, el COP nominal de una bomba de calor es 2.5 o 4.

Se obtendrán las distribuciones de los factores de ponderación para los siguientes casos:

Agrupación del documento reconocido “Prestaciones medias estacionales de equipos y sistemas de producción de frío y calor” para el procedimiento simplificado de edificios de nueva planta Ce2.

Tipo de edificio	Unifamiliares	Bloques												
Localidades	Todas (8)													
Calidad constructiva	CTE-HE1													
Dimensionado calderas	25kW	0% y 42% respecto a punta (CTE-HE1)												
Dimensionado Bombas de calor	<table border="1"> <tr> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>70</td> <td colspan="2">80-100</td> </tr> </table> Split mín 2kW	A	B	C	70	80-100		<table border="1"> <tr> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td colspan="2">70</td> </tr> </table>	A	B	C	60	70	
A	B	C												
70	80-100													
A	B	C												
60	70													

Construcción CT-79 e infra-dimensionado de equipos.

Tipo de edificio	Unifamiliares	Bloques												
Localidades	Todas (8)													
Calidad constructiva	NBE-CT79													
Dimensionado calderas	25kW	0% y 42% respecto a punta (CTE-HE1)												
Dimensionado Bombas de calor	<table border="1"> <tr> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>70</td> <td colspan="2">80-100</td> </tr> </table> Split mín 2kW	A	B	C	70	80-100		<table border="1"> <tr> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td colspan="2">70</td> </tr> </table>	A	B	C	60	70	
A	B	C												
70	80-100													
A	B	C												
60	70													

Construcción CT-79 y dimensionado de equipos acorde.

Tipo de edificio	Unifamiliares	Bloques												
Localidades	Todas (8)													
Calidad constructiva	NBE-CT79													
Dimensionado calderas	25kW	0% y 42% respecto a punta (NBE-CT79)												
Dimensionado Bombas de calor	<table border="1"> <tr> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td colspan="2">95-120</td> </tr> </table> Split mín 2kW	A	B	C	80	95-120		<table border="1"> <tr> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>70</td> <td colspan="2">80</td> </tr> </table>	A	B	C	70	80	
A	B	C												
80	95-120													
A	B	C												
70	80													

Selección del factor de ponderación aplicable en el procedimiento simplificado para edificios de viviendas

Para seleccionar los valores que finalmente se habrán de utilizar en el “Procedimiento simplificado para Certificación de Eficiencia Energética de Edificios de Viviendas” se elegirá de la muestra el valor que se corresponde con el 50% de los casos.

La muestra es obviamente discreta por lo que la elección del percentil del 50% no es trivial en muchos casos. Para obviar esta dificultad se propone un ajuste de la muestra mediante una función de Weibull a partir de la cual la obtención del percentil es inmediata. Para ilustrar esto último se incluye a continuación una de las muestras obtenidas para la aplicación del procedimiento (figura 8) y el proceso de obtención del factor de ponderación que se retiene para el procedimiento simplificado de certificación de viviendas (figura 9 y figura 10).

Este procedimiento se aplicará a los tres casos descritos en el apartado precedente. Analizándose a posteriori la dispersión obtenida en cada caso y proponiéndose un valor final a utilizar.

Figura 8. Distribución en frecuencias de la muestra

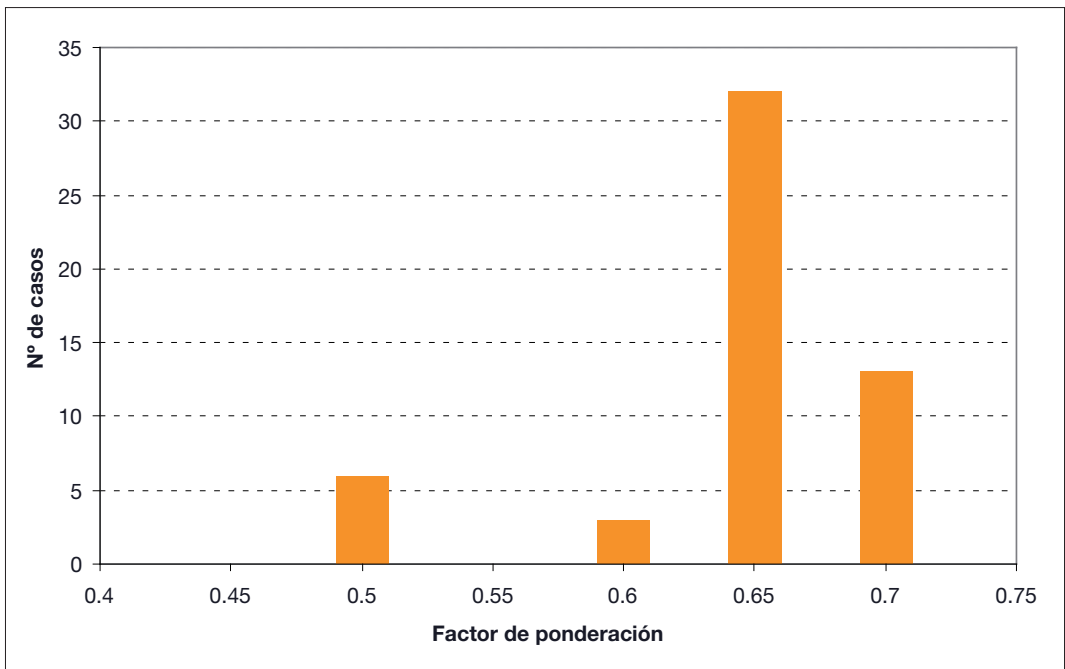


Figura 9. Ajuste de la muestra

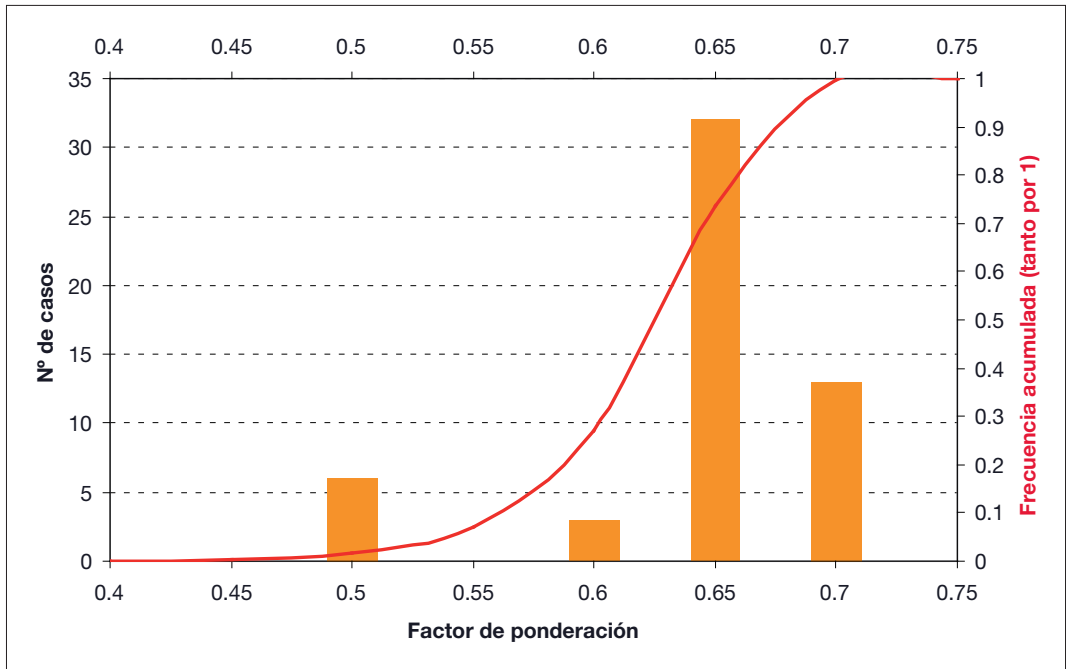
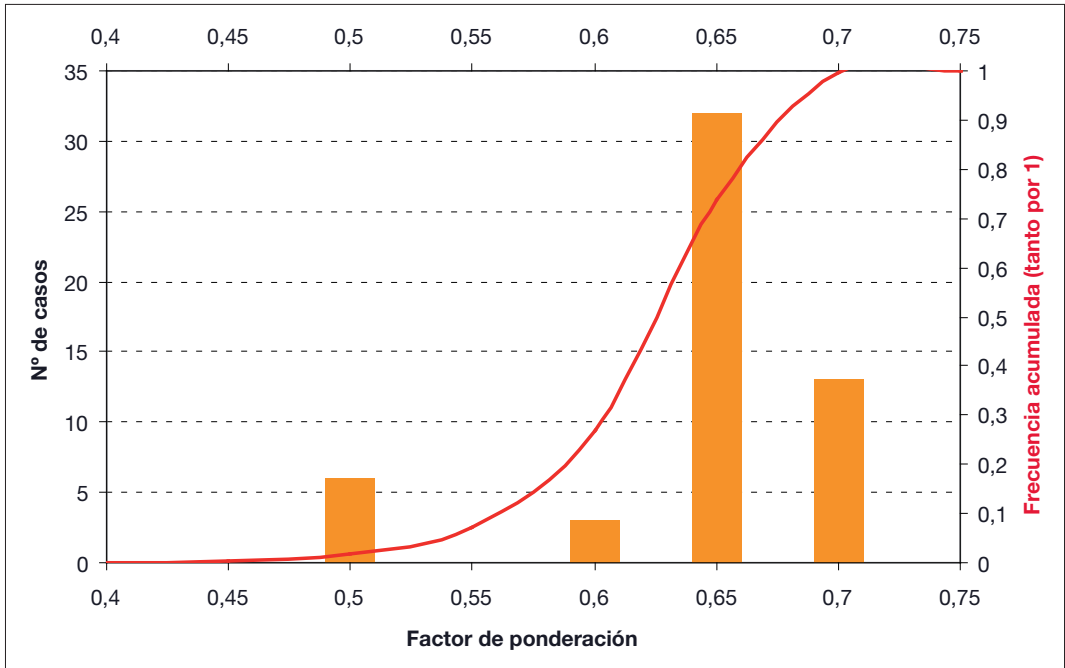


Figura 10. Selección del factor de ponderación aplicable (0.63 en este caso)



Hay que añadir que el número de casos a considerar para construir la muestra depende obviamente de la estabilidad del factor reponderación buscado frente al clima, al edificio y al dimensionado del equipo. En muchos casos de equipos muy estables (por ejemplo algunas calderas), basta una muestra pequeña, por ejemplo 2 edificios en 3 climas para asegurar que el factor de ponderación elegido tiene precisión técnica suficiente.

Apartado 3.3 Integración de los factores de ponderación y su utilización en el procedimiento simplificado para certificación de eficiencia energética de edificios existentes de viviendas

Las tablas de factores de ponderación que cumplan con las exigencias del CTE-HE1 son las siguientes:

Tabla 12. T_{sis} Ce3_SV 1. Factores de ponderación para sistemas de calefacción y mixtos basados en calderas de combustión.

Caldera calefacción combustión estándar	0.97
Caldera calefacción combustión baja temperatura	1.00
Caldera calefacción combustión de condensación	1.08
Caldera calefacción combustión de biomasa	0.74
Caldera mixta combustión estándar	0.98
Caldera mixta combustión baja temperatura	1.00
Caldera mixta combustión de condensación	1.06
Caldera mixta combustión de biomasa	0.76

Tabla 13. T_{sis} Ce3_SV 2. Factores de ponderación para sistemas de agua caliente sanitaria.

Caldera ACS combustión estándar	0.93
Caldera ACS eléctrica	1.00
Caldera mixta combustión estándar	0.98
Caldera mixta combustión baja temperatura	1.00
Caldera mixta combustión de condensación	1.06
Caldera mixta combustión de biomasa	0.76

Tabla 14. T_{sis} Ce3_SV 3. Factores de ponderación para sistemas de calefacción por bomba de calor

	Zona Climática		
	A	B	C
Equipos centralizados (viviendas unifamiliares)	0.80	0.72	
Equipos centralizados (viviendas en bloque)	0.80	0.79	
Equipos individuales tipo split (viviendas individuales y viviendas en bloque)	0.65	0.65	

Tabla 15. T_{sis} Ce3_SV 4. Factores de ponderación para sistemas de refrigeración

	Zona Climática	
	3	4
Equipos centralizados (viviendas unifamiliares)	0.85	0.79
Equipos centralizados (viviendas en bloque)	0.94	0.89
Equipos individuales tipo split (viviendas individuales y viviendas en bloque)	0.72	0.77

Dominio de aplicación

Los valores anteriores son válidos para los sistemas explícitamente mencionados en las tablas y para buenas prácticas de dimensionado de los equipos.

Validación del procedimiento

La validación del procedimiento descrito en el presente capítulo se hace comparando los rendimientos medios estacionales obtenidos según la metodología descrita con los rendimientos medios estacionales según el programa CALENER_VYP.

En el caso de viviendas la propia metodología hace que el rendimiento medio estacional de todos los casos coincida con el rendimiento medio calculado por la definición de los factores de ponderación. Como validación se tabularán los rangos de variación del factor de ponderación obtenidos según CALENER_VYP y se compararán con el valor fijo dado por el procedimiento. Cabe indicar que sólo se escriben los rangos de variación del programa cuando son significativos.

La siguiente tabla resume la comparación en el caso de sistemas de calefacción:

	CALENER-VYP		DE3A	
Caldera combustión estándar	0.97		0.97	
Caldera combustión baja temperatura	1.00		1.00	
Caldera combustión condensación	1.08		1.08	
Caldera mixta combustión estándar	0.98		0.98	
Caldera mixta combustión baja temperatura	1.00		1.00	
Caldera mixta combustión condensación	1.06		1.06	
Bombas de calor por conductos (viviendas unifamiliares)	A	0.61 - 0.82	A	0.80
	B,C	0.62 - 0.77	B,C	0.72
Bombas de calor por conductos (viviendas en bloque)	A	0.71 - 0.82	A	0.80
	B	0.74 - 0.80	B,C	0.79
	C	0.70 - 0.80		
Bombas de calor individuales tipo split (viviendas unifamiliares y viviendas en bloque)	A	0.60-0.67	A	0.65
	B,C	0.62 - 0.67	B,C	0.65

La siguiente tabla resume los casos de comparación para refrigeración:

	CALENER-VYP		DE3A	
Bombas de calor por conductos (viviendas unifamiliares)	3	0.66 - 0.95	3	0.85
	4	0.78 - 0.90	4	0.79
Bombas de calor por conductos (viviendas en bloque)	3	0.80 - 0.99	3	0.94
	4	0.88 - 0.92	4	0.89
Bombas de calor individuales tipo split (viviendas unifamiliares y viviendas en bloque)	3	0.66 - 0.75	3	0.72
	4	0.75 - 0.78	4	0.77

Según el signo de la carga sensible a combatir por la unidad (+ refrigeración \ - calefacción).

En el caso de que la carga sensible que recibe como entrada sea nula, y la máquina tenga funcionamiento en modo solo ventilación, recibiendo además como entrada activa que se combate carga de refrigeración y calefacción, el reparto de consumos se hace al 50% para cada régimen.

Tablas de obtención del IEE a partir de los rendimientos medios

Para obtener el indicador de eficiencia energética (IEE) de un sistema es necesario entrar en las siguientes tablas mediante su rendimiento medio estacional. Dicho rendimiento medio se obtiene multiplicando el rendimiento nominal del sistema por un factor de ponderación que se obtendrá en función del tipo de sistema y combustible utilizado por el mismo.

1. Sistemas de calefacción:

Bombas de calor

COP medio estacional	IEE sist elect peninsular
3.30	0.61
3.20	0.63
3.10	0.65
3.00	0.68
2.90	0.70
2.80	0.72
2.70	0.75
2.60	0.78
2.50	0.81
2.40	0.85
2.30	0.88
2.20	0.92
2.10	0.97
2.00	1.01
1.90	1.07
1.80	1.13
1.70	1.19
1.60	1.27
1.50	1.35
1.40	1.45
1.30	1.56

Calderas:

η medio estacional	Peninsular		
	IEE Calderas Gas Natural	IEE Calderas Gasoleo C	IEE Calderas GLP
1.10	0.58	0.82	0.69
1.05	0.61	0.85	0.73
1.00	0.64	0.90	0.76
0.95	0.67	0.94	0.80
0.90	0.71	1.00	0.85
0.85	0.75	1.06	0.90
0.80	0.80	1.12	0.95
0.75	0.85	1.20	1.02
0.70	0.91	1.28	1.09
0.65	0.98	1.38	1.17
0.60	1.06	1.49	1.27

2. Sistemas de refrigeración:

Bomba de calor:

EER medio estacional	IEE sistemas eléctricos peninsular
3.30	0.79
3.20	0.81
3.10	0.84
3.00	0.87
2.90	0.90
2.80	0.93
2.70	0.96
2.60	1.00
2.50	1.04
2.40	1.08
2.30	1.13
2.20	1.18
2.10	1.24
2.00	1.30
1.90	1.37
1.80	1.44
1.70	1.53
1.60	1.62
1.50	1.73
1.40	1.85
1.30	2.00

3. Sistemas de agua caliente sanitaria:

Calderas de combustión:

η medio estacional	Peninsular		
	IEE Calderas Gas Natural	IEE Calderas Gasóleo C	IEE Calderas GLP
1.10	0.49	0.69	0.58
1.05	0.51	0.72	0.61
1.00	0.54	0.76	0.64
0.95	0.57	0.80	0.68
0.90	0.60	0.84	0.71
0.85	0.63	0.89	0.76
0.80	0.67	0.94	0.80
0.75	0.72	1.01	0.86
0.70	0.77	1.08	0.92
0.65	0.83	1.16	0.99
0.60	0.89	1.26	1.07

Calderas eléctricas:

η medio estacional	IEE Calderas Electricas Peninsular
1.00	1.44
0.95	1.52
0.90	1.60

En viviendas de protección oficial en Andalucía, es habitual no instalar sistemas de calefacción ni refrigeración, en este caso los valores del indicador de eficiencia energética que se deberían tomar serían los siguientes:

1. Sistemas de calefacción: 1.20
2. Sistemas de refrigeración: 1.07

AIV.2 Procedimiento de cálculo del área solar

El área solar de una ventana se calcula multiplicando la superficie acristalada de la misma por el factor solar del vidrio (g) y por el factor de sombra global de la fachada donde dicha ventana se localiza.

Dado que en la correlación esta área se multiplica por la radiación vertical al sur, todas las áreas solares se multiplican previamente por un factor corrector que es el ratio entre la radiación recibida por la fachada en la orientación real de la misma y la radiación de dicha fachada orientada al sur.

El factor de sombra global de una fachada es un parámetro que permite calcular el efecto que tiene sobre la radiación de cualquier tipo –directa, difusa o reflejada– que incide sobre una fachada, la presencia de obstáculos remotos, del propio edificio o bien de los elementos de control solar instalados sobre la propia fachada del edificio. En los siguientes subapartados se expondrá la metodología de cálculo de los factores de sombra para la radiación directa por una parte, y para la difusa y reflejada por otra. A continuación expondremos cómo evaluar el factor de sombra global a partir de los parámetros anteriores. Usaremos la siguiente nomenclatura para dichos parámetros:

- f_{D1} : Factor de sombra de directa para obstáculos remotos.
- f_{D2} : Factor de sombra de directa para obstáculos cercanos.
- f_{D3} : Factor de sombra de difusa para obstáculos remotos y cercanos.
- f_{D4} : Factor de sombra de radiación reflejada para obstáculos remotos y cercanos.

Recordemos aquí que en el caso de radiación directa se tienen en cuenta por separado los factores solares correspondientes a obstáculos próximos y remotos, mientras que para la difusa y la reflejada los factores solares correspondientes reúnen en un mismo valor los efectos de los obstáculos cercanos y remotos. Destacar por tanto que tal y como aparece en la metodología de cálculo de estos últimos es posible calcular el factor de sombra debido a la presencia de obstáculos remotos más un obstáculo de fachada, no siendo posible el cálculo de dicho factor para dos obstáculos de fachada distintos simultáneamente. En el caso de que existiesen dos obstáculos cercanos de forma simultánea sólo se podría calcular el factor de sombra debido a los obstáculos remotos más uno de los dos.

Por factor de sombra global queremos hacer referencia a un parámetro cuyo valor englobe los efectos de todos los factores solares anteriormente mencionados en una fachada determinada.

Para ello es necesario realizar la siguiente operación:

$$F_s = \frac{D}{R_T} \times f_{D1} \times f_{D2} + \frac{d}{R_T} \times f_{D3} + \frac{r}{R_T} \times f_{D4}$$

Donde:

F_s es el factor de sombra global

D es la radiación directa en la orientación propia de la fachada considerada

d es la radiación difusa en la orientación propia de la fachada considerada

r es la radiación reflejada en la orientación propia de la fachada considerada

R_T es la radiación total en la orientación propia de la fachada considerada

Como de los cálculos necesarios para estimar la demanda de calefacción es necesario conocer D , d y r únicamente es necesario aplicar la ecuación anterior para calcular el factor de sombra global en una fachada con una orientación determinada.

Factor de sombra de radiación directa

Obstáculos de fachada. Obtención del factor f_{D1} .

En el proyecto Passys se desarrollaron correlaciones para la obtención de este factor ante diversos obstáculos de fachada. Los obstáculos considerados son: el propio retranqueo de la ventana respecto de la fachada exterior, salientes laterales y voladizos.

1. Retranqueo.

Los parámetros geométricos de la ventana son:

$P_1 = \frac{R}{W}$ $P_2 = \frac{R}{H}$, siendo R la dimensión del retranqueo, H la altura de la ventana y W su ancho

La correlación para obtener el factor de sombra es la siguiente:

$$f_{D1} = \exp[(A_1 + B_1(\phi - \delta))P_1 + (A_2 + B_2(\phi - \delta))P_2]$$

Donde: δ es la declinación solar y ϕ es la latitud.

Los coeficientes A y B se indican en la siguiente tabla en función de la orientación de la ventana:

Orientación	A_1	B_1	A_2	B_2
S	-5.695	0.081	-1.342	0.009
SE-SW	-2.418	0.032	-1.479	0.017
E-W	-0.868	0.009	0.232	-0.022
NE-NW	0.336	-0.013	-0.320	-0.074
N	-1.193	0.036	-1.825	-0.163

2. Salientes laterales.

Los parámetros geométricos de la ventana son:

$$P_1 = \frac{L}{W} \quad P_2 = \frac{D}{W}$$

Siendo L la profundidad de la aleta, D su distancia horizontal a la ventana y W el ancho de la ventana

La correlación para obtener el factor de sombra es la siguiente:

$$f_{D1} = 1 + [(A_1 + B_1(\phi - \delta))P_1 + (A_2 + B_2(\phi - \delta))P_1P_2]$$

Donde: δ es la declinación solar y ϕ es la latitud.

Los coeficientes A y B se indican en la siguiente tabla en función de la orientación de la ventana:

Orientación	A ₁	B ₁	A ₂	B ₂
S	-1.175	0.012	0.860	-0.008
SE-SW	-0.799	0.009	0.684	-0.006
E-W	0.118	-0.014	0.005	0.010
NE-NW	0.155	-0.041	-0.680	0.009
N	0.275	-0.133	0.641	0.039

3. Voladizos.

Los parámetros geométricos en este caso son:

$$P_1 = \frac{L}{H} \quad P_2 = \frac{D}{H}$$

Siendo L la profundidad del voladizo, H la altura de la ventana y D la distancia vertical entre el dintel de la ventana y la base del voladizo

La correlación para obtener el factor de sombra es la siguiente:

$$f_{D1} = 1 + [(A_1 + B_1(\phi - \delta))P_1 + (A_2 + B_2(\phi - \delta))P_1P_2]$$

Donde: δ es la declinación solar y ϕ es la latitud.

Los coeficientes A y B se indican en la siguiente tabla en función de la orientación de la ventana:

Orientación	A ₁	B ₁	A ₂	B ₂
S	-3.023	0.045	1.285	-0.006
SE-SW	-1.255	0.015	0.905	-0.008
E-W	-0.684	0.005	0.610	-0.004
NE-NW	-0.654	0.006	0.616	-0.006
N	-0.726	0.007	0.616	-0.007

Obstáculos remotos. Obtención del factor f_{D_2}

Existen varias posibilidades de cálculo de este factor, en el proyecto Passys se proponía un método basado en las alturas solares y las alturas de los obstáculos remotos, resultando un valor puramente geométrico. En este caso se ha perfeccionado el método anterior ya que la radiación que llega a una superficie depende de la posición solar, es decir no llega la misma radiación en todos los ángulos y el método Passys hace esta suposición de forma implícita. Para hacer el proceso de cálculo útil para un modelo simplificado se han supuesto cuatro sectores en cada orientación, de tal forma que en una fachada orientada al este dichos sectores serían los siguientes, el primero iría de N a NE, el segundo de NE a E, el tercero de E a SE y el cuarto de SE a S. El algoritmo para calcular la radiación total que llega a una orientación sería:

Desde el cuadrante 1 al 4 se calcula el siguiente factor:

$$1 - \frac{h}{H_1}$$

Mediante la ecuación que se indica a continuación y se multiplica por el porcentaje de radiación que llega por el sector actual considerado.

Se pasa a realizar el cálculo anterior para el siguiente cuadrante teniendo la precaución de acumular los valores que se van obteniendo como resultado de la operación anterior.

$$1 - \frac{h}{H_1} = 1 - \frac{H_2}{H_1} + \frac{D}{H_1} * \tan(\alpha)$$

Siendo:

h: altura de la fachada sobre la que se realizan los cálculos que queda en sombra –no es necesario calcularla de forma explícita-

H₁: altura de la fachada del edificio sobre la que se realizan los cálculos

H₂: altura del obstáculo remoto en el sector correspondiente

D: distancia al obstáculo remoto en el sector correspondiente

α: ángulo de la altura solar en el sector correspondiente

Con las restricciones siguientes: $\tan(\alpha) \leq 1$, y

$$0 \leq 1 - \frac{h}{H_1} \leq 1$$

De tal forma que si la ecuación anterior arroja un resultado superior a 1 o inferior a 0 debemos igualar estos valores a los límites superior e inferior respectivamente.

A continuación aparecen las tablas de la fracción de radiación por cada sector en invierno y verano válida para todas las localidades:

Invierno	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4
N	0%	0%	0%	0%
NE	0%	0%	0%	100%
E	0%	0%	31%	69%
SE	0%	14%	58%	28%
S	6%	40%	47%	7%
SO	22%	63%	15%	0%
O	70%	30%	0%	0%
NO	100%	0%	0%	0%

Verano	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4
N	0%	0%	0%	100%
NE	0%	0%	62%	38%
E	0%	48%	48%	4%
SE	33%	53%	10%	3%
S	30%	20%	21%	29%
SO	3%	11%	52%	34%
O	4%	47%	49%	0%
NO	37%	63%	0%	0%

Y las correspondientes alturas solares

Invierno	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4
N	-	-	-	-
NE	-	-	-	7.6
E	-	-	9.0	20.8
SE	-	9.2	22.2	24.0
S	9.4	22.8	22.6	9.7
SO	24.2	22.0	9.6	-
O	20.6	9.5	-	-
NO	8.7	-	-	-

Verano	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4
N	-	-	-	17.4
NE	-	-	20.9	50.2
E	-	21.8	52.5	74.4
SE	23.2	54.0	74.4	74.4
S	60.5	74.4	74.4	60.7
SO	74.4	74.4	54.2	23.1
O	74.4	52.7	21.8	-
NO	50.3	20.9	-	-

Factor de sombra de radiación difusa y reflejada

Este factor de sombra engloba los efectos de los obstáculos remotos y de fachada. El factor de sombra de difusa será el denominado f_{D3} y el de reflejada será el f_{D4} . Ambos se calculan en función del factor de forma entre la ventana y el obstáculo de fachada y la ventana y el cielo.

1. Retranqueo y obstáculos remotos

$$f_{D3} = \frac{(1 - F_{w-r}) \cdot F_{w-sky}}{1 + \cos \beta}$$

2

$$f_{D4} = \frac{(1 - F_{w-r}) \cdot (1 - F_{w-sky})}{\frac{1 - \cos \beta}{2}}$$

2. Salientes laterales y obstáculos remotos

$$f_{D3} = \frac{(1 - F_{w-s}) \cdot F_{w-sky}}{\frac{1 + \cos \beta}{2}}$$

$$f_{D4} = \frac{(1 - F_{w-s}) \cdot (1 - F_{w-sky})}{\frac{1 - \cos \beta}{2}}$$

3. Voladizo y obstáculos remotos

$$f_{D3} = \frac{F_{w-sky} - F_{w-o}}{\frac{1 + \cos \beta}{2}}$$

$$f_{D4} = \frac{(1 - F_{w-sky})}{\frac{1 - \cos \beta}{2}}$$

Los factores de forma incluidos en estas ecuaciones se han calculado en el proyecto Passys utilizando un método detallado basado en la semiesfera de radio unidad de Nusselt.

$$F_{w-r} = 1 - \exp[-0.8632 \cdot (P_1 + P_2)]$$

$$F_{w-s} = 0.6514 \left(1 - \frac{P_2}{\sqrt{P_1^2 + P_2^2}} \right)$$

$$F_{w-o} = 0.3282 \left(1 - \frac{P_2}{\sqrt{P_1^2 + P_2^2}} \right)$$

AIV.3 Caracterización de puentes térmicos

Los puentes térmicos se caracterizan mediante su transmitancia térmica lineal ψ (W/mK). Éste valor depende de la calidad constructiva de los cerramientos que forman el puente térmico (básicamente de la posición del aislamiento y de su resistencia térmica) así como de la calidad del diseño de la solución constructiva, es decir si el detalle se ha diseñado para minimizar el efecto de puente térmico o no.

En las correlaciones para el cálculo de la demanda el efecto de los puentes térmicos aparece implícitamente en el término correspondiente al coeficiente global de transferencia de los cerramientos. Dicho coeficiente es igual a la suma ponderada por el área de los coeficientes globales de muros, cubiertas y suelos; con las siguientes particularidades:

No se incluyen las ventanas, es por tanto un valor del coeficiente global de transferencia de los cerramientos opacos (U_{opaco}).

Este coeficiente incluye el efecto de los puentes térmicos integrados como son los contornos de huecos (jambas, alfeizar y dintel), los pilares integrados en fachada y las cajas de persiana. Para incluir el efecto de los puentes térmicos existen tres alternativas dependiendo del nivel empleado en la descripción del edificio:

- Si el edificio se define de tal forma que no se pueden calcular las longitudes ni las tipologías de los puentes térmicos.
- Si el edificio se define de forma detallada de tal forma que se conozcan las longitudes de los puentes térmicos pero no se den datos sobre la tipología constructiva de los mismos.
- Si el edificio se define de forma detallada, se conocen las longitudes y las tipologías de los puentes térmicos.

En el primer caso, el efecto de los puentes térmicos sobre la demanda se pone de manifiesto en el primer término de la correlación:

$$U_M \cdot A_T = U_{opaco} \cdot A_T + \sum \psi \cdot L$$

Donde:

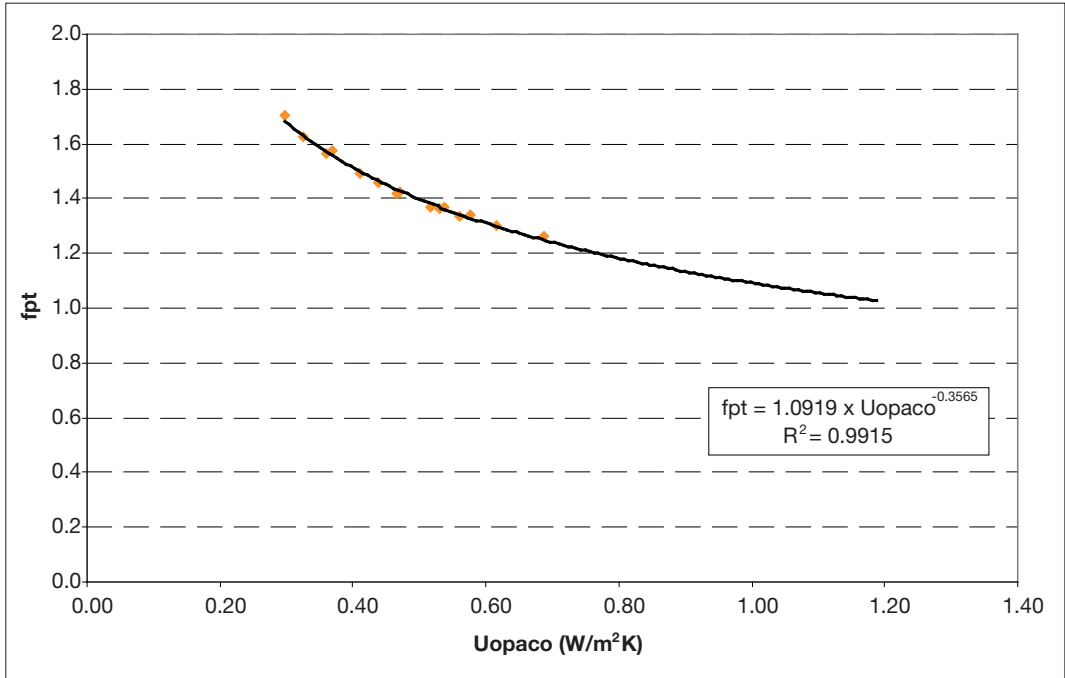
- U_M es la transmitancia térmica global media opaca del edificio (W/m²K)
- U_{opaco} es la transmitancia térmica media de fachadas, cubiertas y suelos (W/m²K)
- A_T es el área total de transferencia (m²)
- Ψ es la transmitancia térmica lineal de los puentes térmicos del edificio (W/mK)
- L es la longitud de los puentes térmicos del edificio (m)

Ante la ausencia de datos la forma de proceder es la siguiente:

$$U_M \cdot A_T = U_{opaco} \cdot A_T \cdot f_{pt} + \psi_b \cdot L_b$$

Donde:

El factor de puentes térmicos se puede evaluar en función del U_{opaco} usando la correlación obtenida de la gráfica siguiente:



Nota: el f_{pt} es siempre mayor o igual a uno de tal forma que el resultado de la correlación se tiene que truncar.

Ψ_{ch} es la transmitancia térmica lineal media de los puentes térmicos de contorno de huecos del edificio, y es igual a 0.61 W/mK

L_{ch} es la longitud de los puentes térmicos de contorno de huecos del edificio, y es igual a 4.4 por el número de ventanas (m)

Si se quiere calcular la transmitancia térmica global como el producto de la transmitancia térmica de los cerramientos opacos multiplicada por un único factor, éste se definiría como f_{pt}' y sería igual a:

$$U_M \cdot A_T = U_{opaco} \cdot A_T \cdot f_{pt} + \psi_{ch} \cdot L_{ch} = U_{opaco} \cdot A_T \cdot f_{pt}'$$

Donde :

$$f_{pt}' = f_{pt} + \frac{0.61 \cdot 4.4 \cdot nro.vent}{U_{opaco} \cdot A_T}$$

En el segundo caso, el efecto de los puentes térmicos sobre la demanda se pone de manifiesto en el primer término de la correlación:

$$U_M \cdot A_T = U_{opaco} \cdot A_T + \sum \psi \cdot L$$

Donde:

U_M es la transmitancia térmica global media del edificio (W/m²K)

U_{opaco} es la transmitancia térmica media de fachadas, cubiertas y suelos (W/m²K)

A_T es el área total de transferencia (m²)

ψ es la transmitancia térmica lineal de los puentes térmicos del edificio (W/mK)

L es la longitud de los puentes térmicos del edificio (m)

La transmitancia térmica global se puede calcular mediante la ecuación anterior ya que se conocen las longitudes de los distintos puentes térmicos y las transmitancias térmicas lineales de los mismos se pueden obtener por defecto de la siguiente tabla:

Tipo de Puente Térmico		Transmitancia Térmica Lineal ψ (W/mK)
Encuentro de forjado de suelo con cerramiento de fachada	Sobre el terreno para una vivienda anterior a 1979	2.0
	Sobre el terreno para una vivienda posterior a 1979	1.4
	Con vacío técnico o cámara de aire	1.0
Encuentro de forjado intermedio con cerramiento de fachada		0.60
Encuentro de forjado de cubierta con cerramiento de fachada		0.44
Encuentro de forjado de suelo en contacto con el aire exterior con cerramiento de fachada		0.54
Encuentro de partición interior con cerramiento de fachada		0.40
Encuentro de partición interior con forjado de suelo		0.64
Jambas		0.50
Dintel		0.80
Alféizar		0.50

En el tercer caso es aplicable todo lo dicho en el segundo caso salvo que las transmitancias térmicas lineales serían dadas y justificadas por el usuario.

AIV.4 Cálculo de caudales de ventilación/infiltración

La infiltración se define como la entrada involuntaria de aire del exterior que penetra en el edificio debido a la presión dinámica del viento.

Las actuaciones más efectivas para reducir la infiltración son:

- Sellado de grietas y rendijas en ventanas y puertas.
- Sellado de grietas y rendijas de la fachada.
- Colocación de burletes de estanqueidad en ventanas practicables y en puertas.
- Sustitución completa de la ventana, incluyendo la carpintería

Los dispositivos de sombra exterior del tipo salientes laterales, contraventanas o celosías pueden actuar como deflectores del viento y por tanto, pueden contribuir a reducir las infiltraciones.

La rehabilitación de la fachada mediante aislamiento colocado por la cara exterior de la misma reduce la permeabilidad de la misma debido a que se sellan las grietas que eventualmente pudieran aparecer.

La norma UNE-EN 13465:2004 proporciona un método de cálculo para la obtención de los caudales de aire en viviendas. En este documento analizaremos dicho método de cálculo para deducir a partir de él el valor de las infiltraciones en un edificio.

La norma anterior propone un balance unizona en el cual se determina la presión interior, una vez obtenida dicha presión es posible evaluar los caudales de aire que entran y salen de la vivienda. Dichos caudales pueden ser de dos tipos:

- Ventilación: provocados de forma voluntaria por el usuario de la vivienda para mantener un buen nivel de calidad de aire interior.
- Infiltración: caudales de aire involuntarios.

Esta es la ecuación de balance resultante:

$$\left(\sum \text{todas las fugas } q_{vleak i} \right) + \left(\sum \text{todas las entradas de aire } q_{vent i} \right) + q_{v \text{ sup ply}} - q_{vextra} = 0$$

La norma requiere realizar el cálculo anterior para 2 velocidades de viento diferentes, en concreto, velocidad de viento nula y velocidad igual a 4 m/s. el resultado final será el caudal medio de las dos condiciones anteriores.

A efectos de éste cálculo simplificado consideraremos que el edificio presenta la mitad de su superficie exterior expuesta al viento y la otra mitad protegida del viento, es decir a sotavento. Dado que estamos tratando el caso de viviendas existentes y para evitar perjuicios comparativos con las viviendas de nueva planta, se considerará que éstas tienen unos requerimientos de ventilación iguales entre sí estableciéndose las diferencias únicamente en términos de la permeabilidad. Por tanto para hacer los cálculos normativos se supondrá que las viviendas

existentes tienen unas rejillas virtuales que garanticen el nivel de ventilación requerido por el Código Técnico de la Edificación en su Documento básico HS-3. Para hacer esto se calculará el caudal de ventilación en la vivienda con las siguientes hipótesis:

- la permeabilidad de las ventanas se habrá modificado a tipo A1 (50m³/h a 100Pa)
- la velocidad de aire exterior se hará igual a 0m/s

Posteriormente se calculará la vivienda real (con la permeabilidad real de las ventanas) con velocidad de aire exterior igual a 0m/s y se calcularán las rejillas necesarias para que se tenga la misma ventilación calculada anteriormente.

Con lo anterior quedan definidas las entradas de aire o rejillas.

Para calcular el caudal de fugas se utilizará la siguiente expresión dada en la norma:

$$q_{vleak\ i} = C_{leaki} \cdot \left(\frac{|\Delta p_{leaki}|}{4} \right)^{0.6} \cdot \text{signo}(\Delta p_{leaki})$$

Siendo:

$$\Delta p_{leaki} = Cp_i \cdot 0.5 \cdot 1.2 \cdot v^2 - p_{int}$$

Donde:

- C_{leaki} es el caudal de infiltraciones por la fachada “i” para un salto de presiones de 4Pa
- Δp_{leaki} es la diferencia de presiones entre la cara exterior e interior de la fachada “i”
- Cp_i es el coeficiente de presión de la fachada “i”
- v es la velocidad del viento

Dentro de la metodología global, se debe calcular el caudal medio de infiltraciones tanto en la situación inicial como en las posibles situaciones resultantes tras la aplicación de las medidas de mejora, a continuación se detallan los métodos de cálculo del C_{leak} [m³/h] que es necesario para evaluar el caudal de fugas en ambas situaciones:

Situación inicial, caben dos posibilidades:

Si las ventanas no se han rehabilitado no se dice nada sobre su permeabilidad, y el coeficiente de infiltraciones se tomaría de la tabla siguiente en función de la antigüedad de la construcción.

Viviendas Unifamiliares	
Año de construcción	C_{leak} [m ³ /h]
-1960	7.4·V
1961-1975	5.5·V
1976-1988	3.6·V
1989-	2.2·V

Siendo V el volumen total del edificio.

Bloques de viviendas	
Año de construcción	C_{leak} [m ³ /h]
-1960	5.5·V
1961-1975	3.6·V
1976-	2.2·V

Si las ventanas se han rehabilitado tras la construcción, el usuario proporciona su permeabilidad y el coeficiente de infiltraciones se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C_{leak} = (P_{edif} + P_{ventana} \cdot 0.116 \cdot S_{acristalada})$$

Donde:

- P_{edif} es la permeabilidad de la parte opaca del edificio tomada de la siguiente tabla
- $P_{ventana}$ es la permeabilidad de la superficie acristalada, dada por el usuario en el formulario, en las siguientes unidades, m³/hm² a una diferencia de presiones de 100 Pa
- $S_{acristalada}$ es el área total de la superficie acristalada

Viviendas Unifamiliares	
Año de construcción	P_{edif} [m ³ /h]
-1960	5.6·V
1961-1975	4.1·V
1976-1988	2.7·V
1989-	1.7·V

Bloques de viviendas	
Año de construcción	P_{edif} [m ³ /h]
-1960	4.1·V
1961-1975	2.7·V
1976-	1.7·V

Siendo V el volumen total del edificio

Situación mejorada, sólo hay que calcular las nuevas infiltraciones si se aísla la fachada con un aislante colocado por el exterior o si se mejoran las ventanas; si se cumple alguno de estos supuestos por separado o los dos de forma simultánea, el coeficiente de infiltraciones se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C_{leak} = (P_{edif} + P_{ventana} \cdot 0.116 \cdot S_{acristalada})$$

Donde:

- P_{edif} es la permeabilidad de la parte opaca del edificio, tomada de la siguiente tabla
- $S_{acristalada}$ es el área total de la superficie acristalada

Viviendas Unifamiliares	
Año de construcción	P_{edif} [m³/h]
-1960	5.6·V
1961-1975	4.1·V
1976-1988	2.7·V
1989- ó fachadas aisladas por el exterior	1.7·V

Bloques de viviendas	
Año de construcción	P_{edif} [m³/h]
-1960	4.1·V
1961-1975	2.7·V
1976- ó fachadas aisladas por el exterior	1.7·V

Siendo V el volumen total del edificio

$P_{ventana}$ es el promedio de las permeabilidades de las superficies acristaladas de las distintas fachadas ponderado por su superficie, dichos valores se darán por el usuario para cada fachada en las propuestas de mejora; en caso de que en alguna orientación no se mejoren las ventanas, el valor por defecto que se considerará para la permeabilidad será el dado por la siguiente tabla:

Viviendas Unifamiliares	
Año de construcción	Valor por defecto: $P_{ventana}$ [m³/hm²] a 100 Pa
-1960	250
1961-1975	200
1976-1988	130
1989-	80
Bloques de viviendas	
Año de construcción	Valor por defecto: $P_{ventana}$ [m³/hm²] a 100 Pa
-1960	200
1961-1975	130
1976-	80

Finalmente cabe comentar que la norma UNE EN 13829:2001 permite calcular la permeabilidad de la vivienda mediante un ensayo establecido a tal efecto. Como resultado de aplicar el método B descrito en dicha norma se obtendría el valor C_{leak} a la presión a la cual se realice el ensayo (normalmente 50 ó 100Pa), para usar ese valor en el procedimiento descrito es necesario previamente convertir el valor a una diferencia de presiones de 4Pa.



www.agenciaandaluzadelaenergia.es

C/Isaac Newton, 6
Isla de la Cartuja, 41092. Sevilla
Tel: 954 78 63 35 · Fax: 954 78 63 50



Agencia Andaluza de la Energía
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y CIENCIA