

Aspectos Energéticos del Código Técnico de la Edificación

Madrid, 27 de abril de 2006

HE1: Limitación de Demanda Energética

Servando Álvarez Domínguez
AICIA – Grupo de Termotecnia
Escuela Superior de Ingenieros
Universidad de Sevilla

Contexto

Exigencia básica HE1 : limitación de la demanda

La Demanda de Energía en los edificios

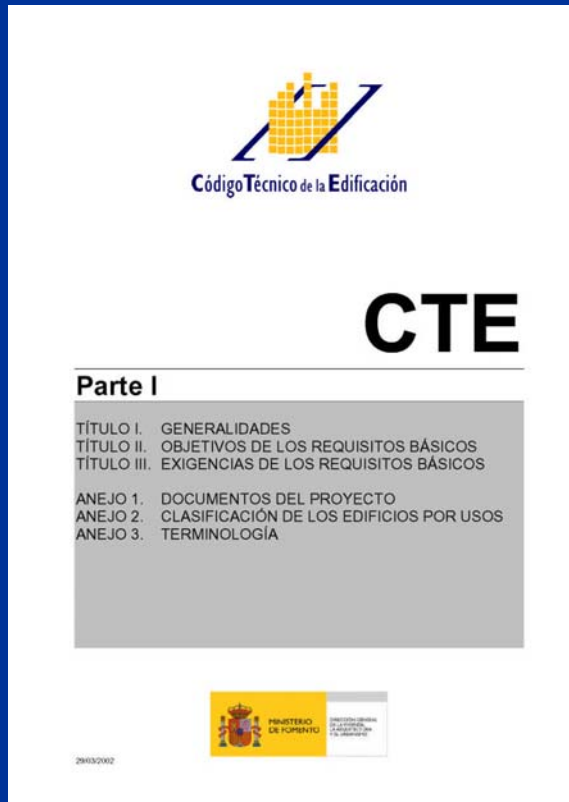
Bases conceptuales y metodología para el desarrollo de la CTE-HE1

Estudio de Impacto.

Conclusiones.

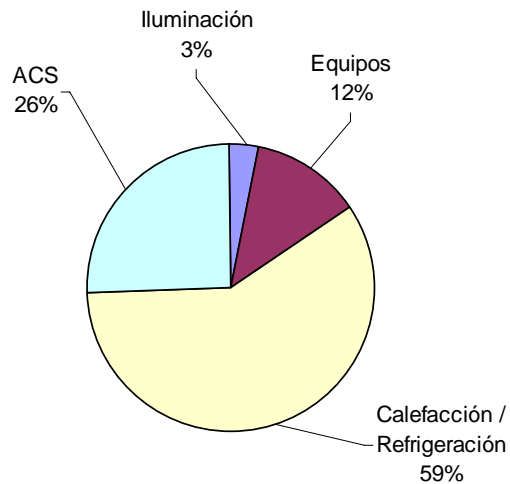
CTE-HE y la Directiva 2002/91/CE

LOE 39/1999: Requisito básico HE

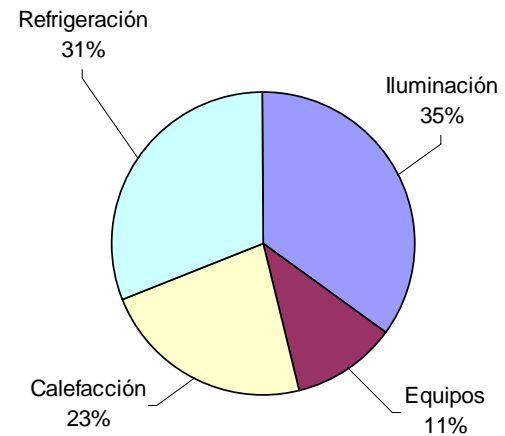


El objetivo del requisito básico “Ahorro de energía” consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable. (...)

El consumo de energía en los edificios



Residencial



Oficinas

Exigencias ligadas al requisito de ahorro de energía

- ❑ Funcionalidad
- ❑ Seguridad
- ❑ Habitabilidad
 - Salubridad
 - Protección ruido
 - Ahorro de Energía →

Código Técnico

HE 1: Limitación de demanda energética

HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas

HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

Ahorro de Energía en Edificios:

Objetivo último: limitar el consumo total



EXPRESIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

$$C = \frac{\text{DEMANDA ENERGÉTICA}}{\text{RENDIMIENTO MEDIO DEL SISTEMA}}$$

Calefacción
Refrigeración
ACS
Iluminación



REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO



REDUCCIÓN DE LA DEMANDA



AUMENTO DEL RENDIMIENTO EN SISTEMAS
CONVENCIONALES



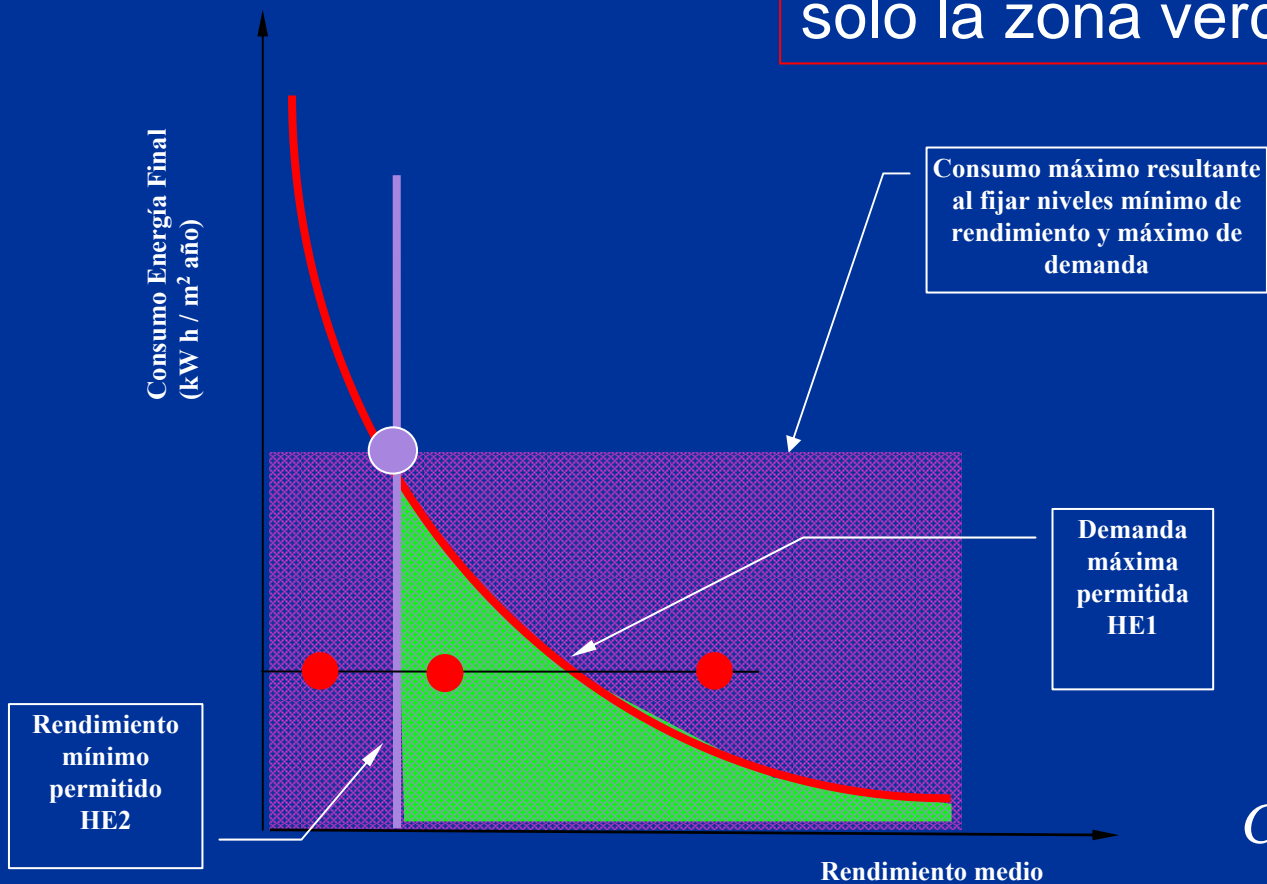
USO DE SISTEMAS ALTERNATIVOS (ENERGÍAS RENOVABLES)

Jerarquización de Prescripciones Normativas

Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	CTE
Consumo Total	Calefacción	Demanda	HE1
		Rendimiento	HE2
	Refrigeración	Demanda	HE1
		Rendimiento	HE2
	Agua Caliente Sanitaria	Cont. Solar	HE4
		Rendimiento	HE2
Iluminación	Cont. solar	HE5	
	Rendimiento	HE3	
Uso general electricidad	Cont. Solar	HE5	

Jerarquización de Prescripciones Normativas

Implicaciones de utilizar el nivel 2:
sólo la zona verde está permitida



$$\text{Consumo} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Rendimiento}}$$

Contexto

Exigencia básica HE1 : limitación de la demanda

La Demanda de Energía en los edificios

Bases conceptuales y metodología para el desarrollo de la CTE-HE1

Estudio de Impacto.

Conclusiones.

CTE-HE y la Directiva 2002/91/CE

Exigencia básica HE1 : limitación de la demanda

- Los *cerramientos* deben construirse de tal forma que la *demanda energética anual* del edificio, necesaria para alcanzar el *bienestar térmico*, debe estar limitada adecuadamente, en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno.
- La contribución de los cerramientos a la demanda energética del edificio se determinará teniendo en cuenta sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar.

(...)

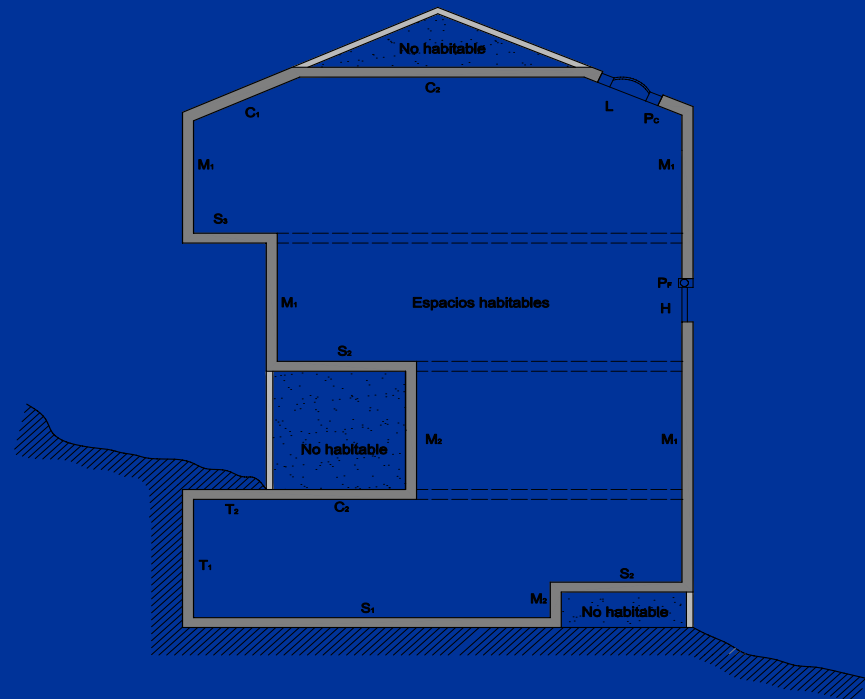
DB HE 1 Demanda energética

Envolvente térmica

“Todos los cerramientos que **limitan espacios habitables con el ambiente exterior** –aire o terreno u otro edificio- y todas las particiones interiores que **limitan los espacios habitables con los espacios no habitables**”

■ **Espacio habitable:** espacio destinado al uso permanente u ocasional de personas. Tendrán que tener unas condiciones acústicas, térmicas y de calidad de aire adecuadas

■ **Espacio no habitable:** espacio no destinado al uso de personas aunque éstas puedan eventualmente acceder a los mismos



Exigencia básica HE1 : limitación de la demanda:

Caracterización y cuantificación de las exigencias

- La Demanda energética será inferior a la de un edificio de referencia en el que los parámetros característicos de su envolvente térmica son inferiores a unos valores límite

**Parámetros
característicos**

Transmitancia térmica de muros de fachada U_M

Transmitancia térmica de cubiertas U_C

Transmitancia térmica de suelos U_S

**Transmitancia térmica de cerramientos en
contacto con el terreno U_T**

Transmitancia térmica de huecos U_H

Factor solar modificado de huecos F_H

DB HE 1 : Ejemplo de valores límite en función de la zona climática

ZONA CLIMÁTICA D3

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

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

Transmitancia límite de suelos

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

Transmitancia límite de cubiertas

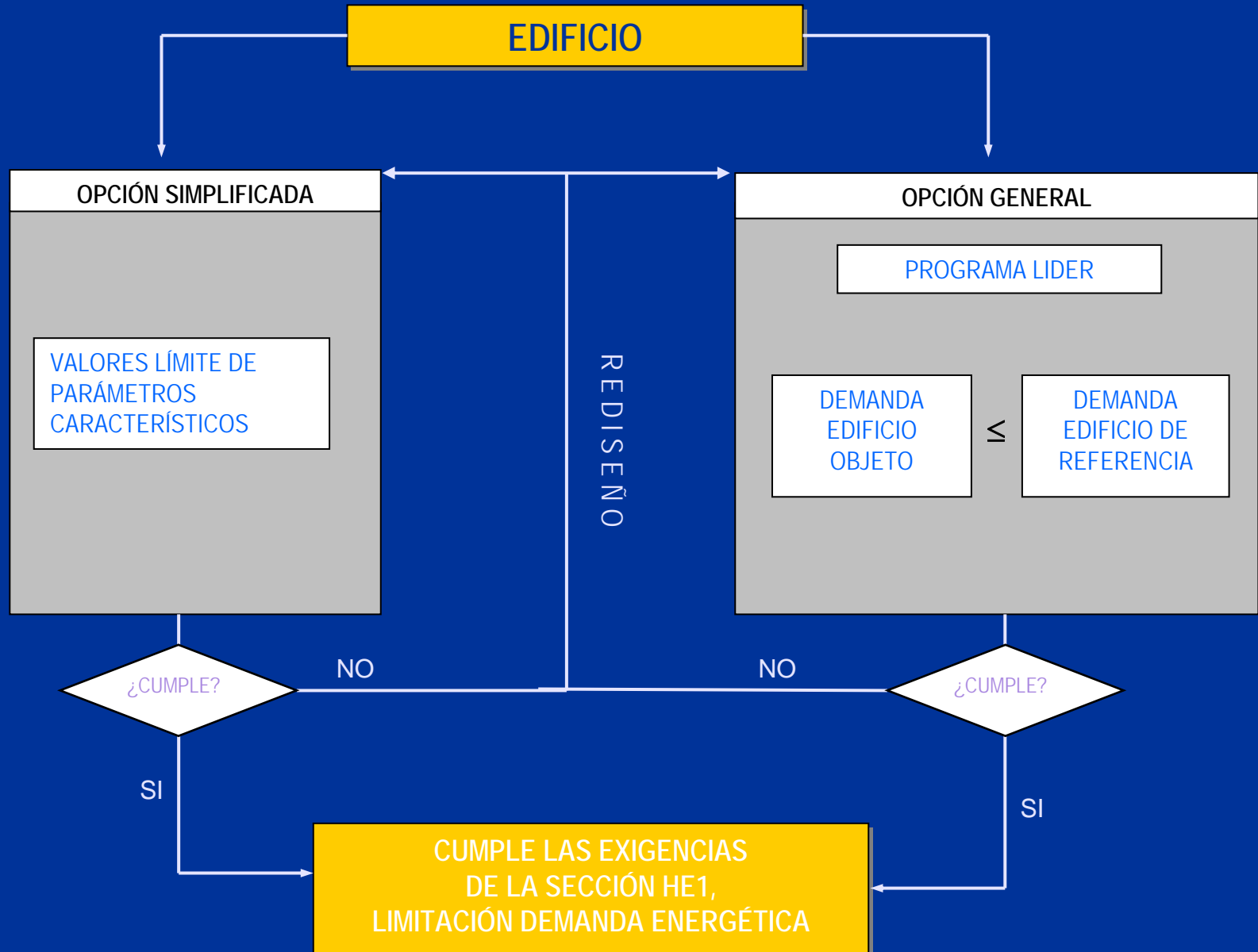
$$U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Factor solar modificado límite de lucernarios

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

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

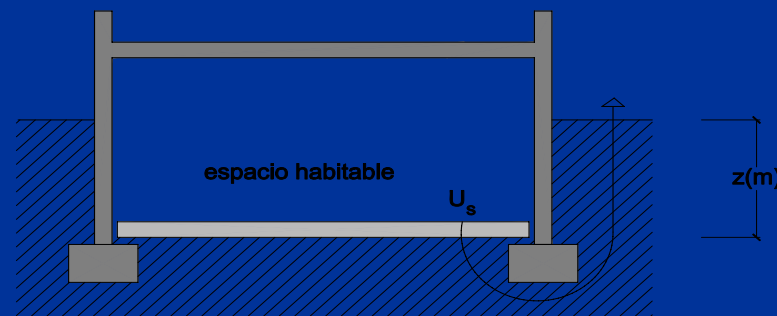
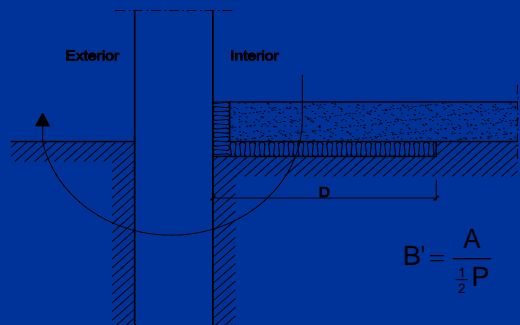
DB HE 1 : Opciones de Cumplimentación



Otros elementos de la HE1

- Métodos de cálculo aceptados para el cálculo de los parámetros característicos.
- Soluciones simplificadas para casos complejos:
 - Cerramientos en contacto con el terreno.
 - Particiones interiores en contacto con espacios no habitables.
- Documento reconocido: Catálogo de materiales y productos
- Documento reconocido: Procedimiento de acreditación de programas alternativos

Ejemplo de solución simplificada de transmitancia para cerramientos en contacto con el terreno



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

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

Aspectos a considerar en el acreditación de programas alternativos

- Relativos al Alcance
- Relativos al Motor de Cálculo. (Capacidades mínimas)
- Relativos a la Fiabilidad técnica.
- Relativos a la Calibración del programa
- Relativos a Entrada de datos
- Relativos a las Bases de datos
- Relativos a Variables meteorológicas
- Relativos a Documentos administrativos
- Relativos a Protección de datos y manipulación fraudulenta

Contexto

Exigencia básica HE1 : limitación de la demanda

La Demanda de Energía en los edificios

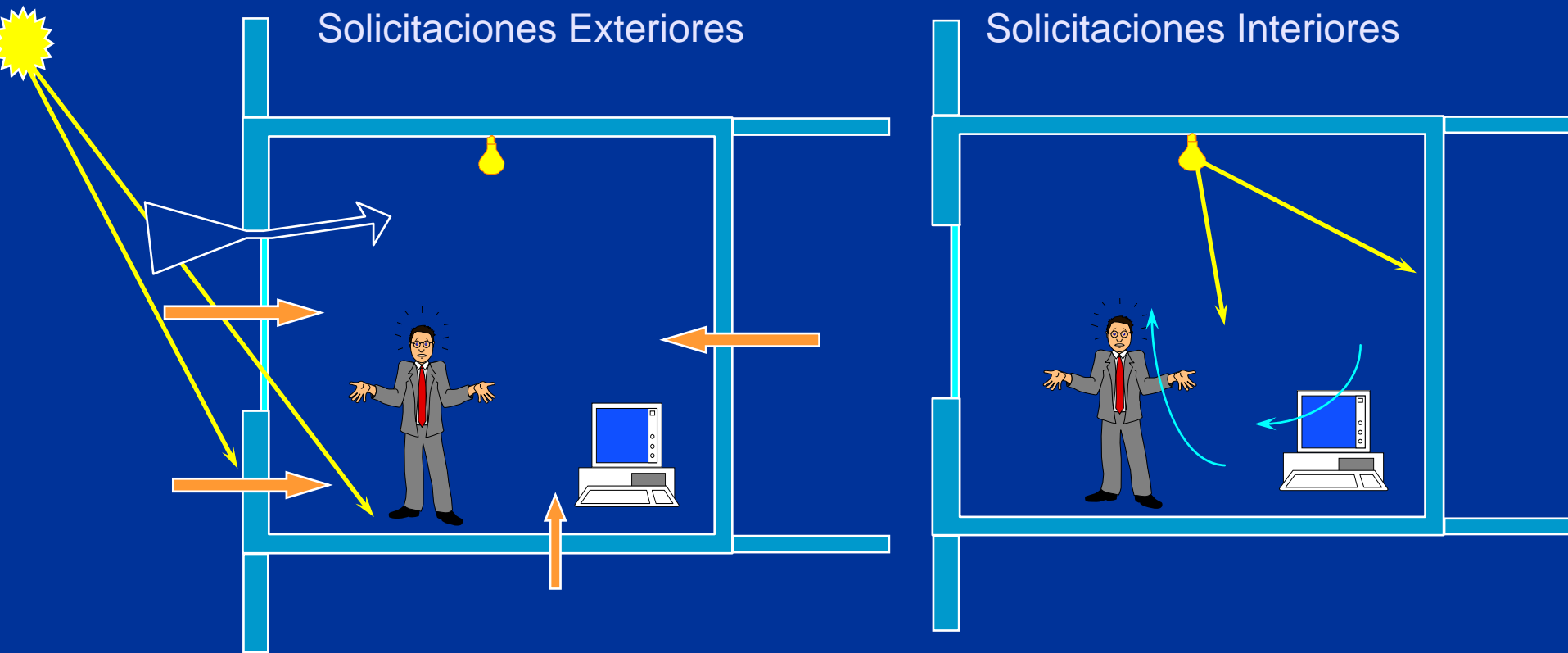
Bases conceptuales y metodología para el desarrollo de la CTE-HE1

Estudio de Impacto.

Conclusiones.

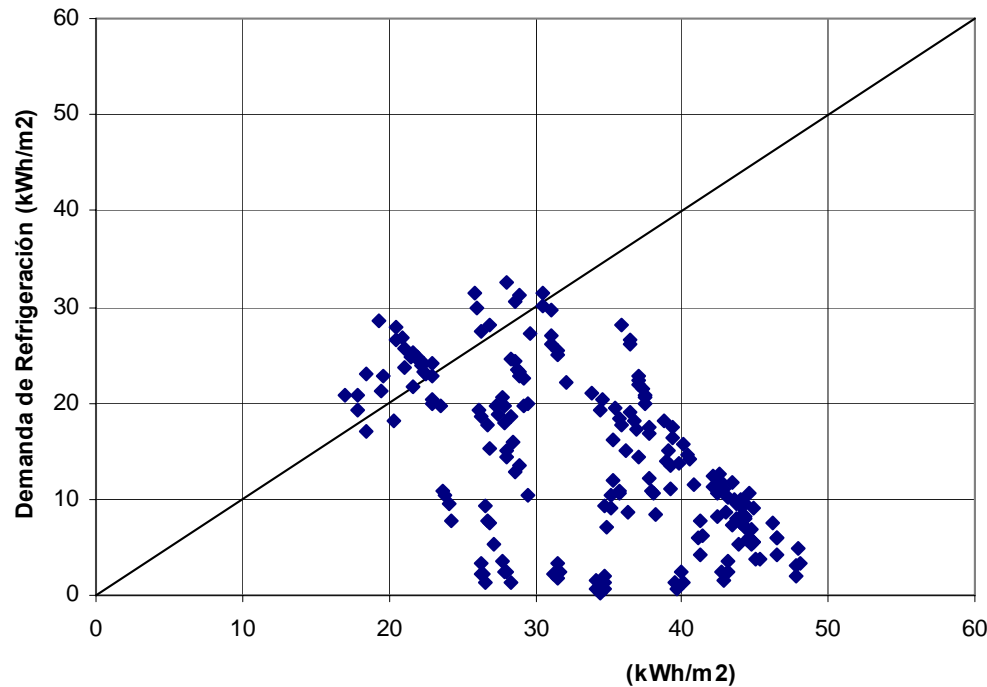
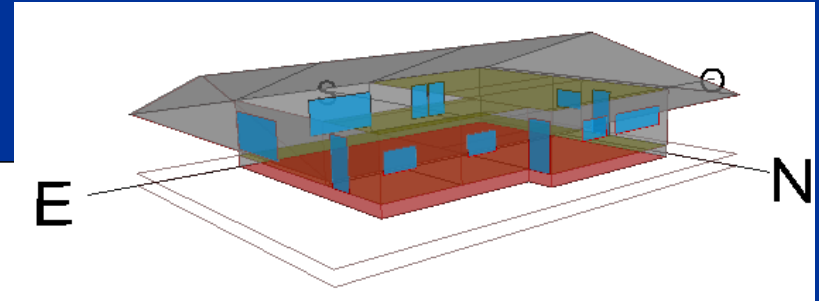
CTE-HE y la Directiva 2002/91/CE

¿Por qué el edificio demanda energía de calefacción y refrigeración?



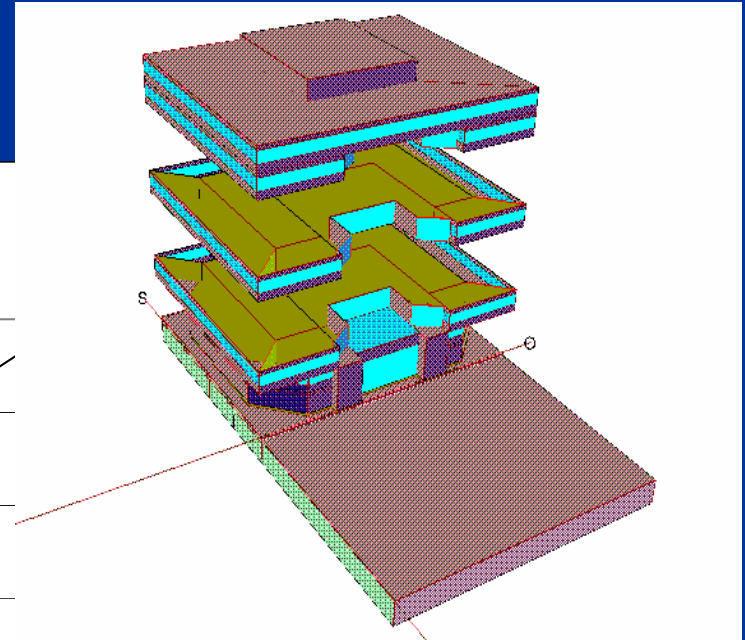
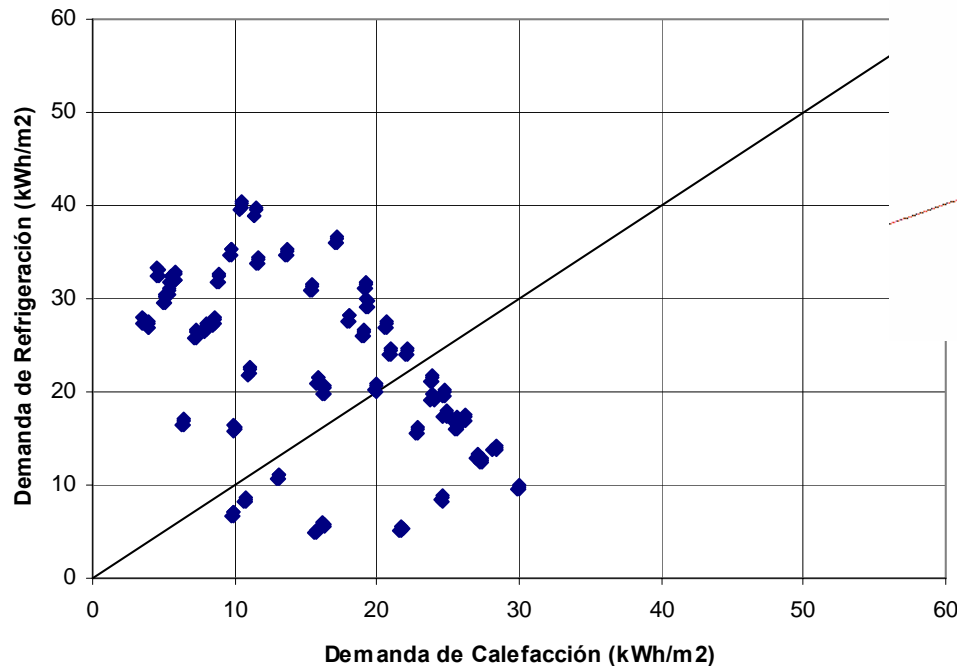
Los flujos de calor no conducen de manera espontánea a una situación de confort

Demanda calefacción y refrigeración (vivienda unifamiliar)



Demanda calefacción y refrigeración (edificio oficinas)

Demandas Calefacción y Refrigeración.
Oficinas según Código Técnico.



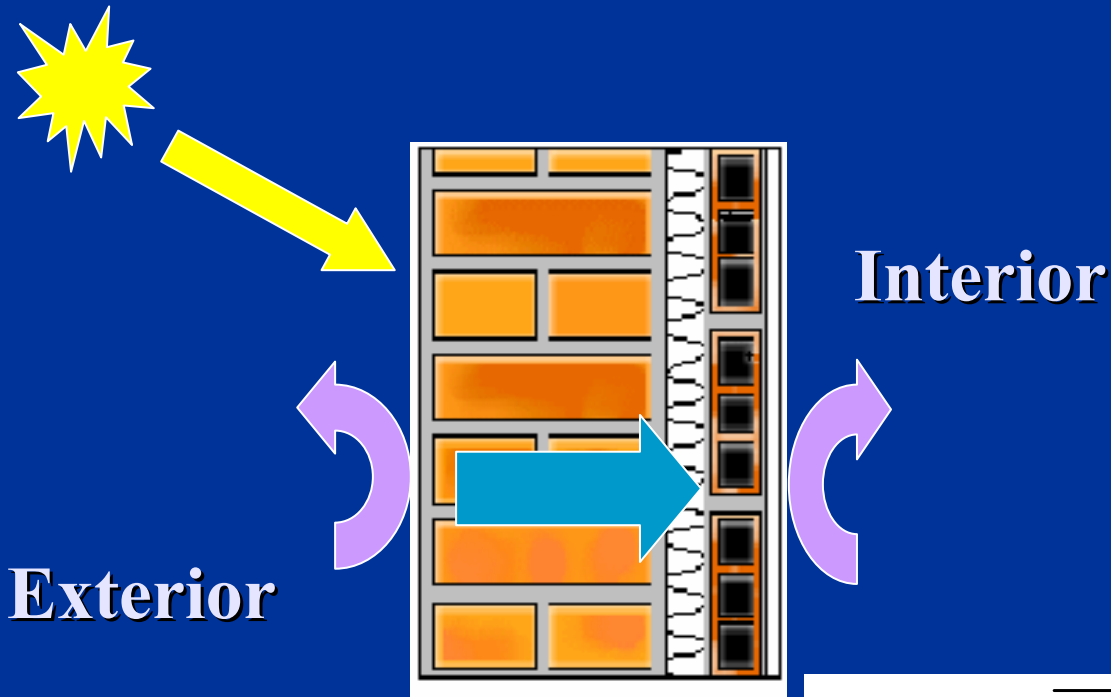
¿Qué aspectos condicionan la demanda?

DEMANDA = f (Clima, Ubicación, Envolverte, Condiciones operacionales y funcionales)

**Envolverte = forma (compacidad)
orientación y % vidriado fachadas
características constructivas**

Ubicación = acceso solar, control solar

Contribución a la demanda de los cerramientos opacos



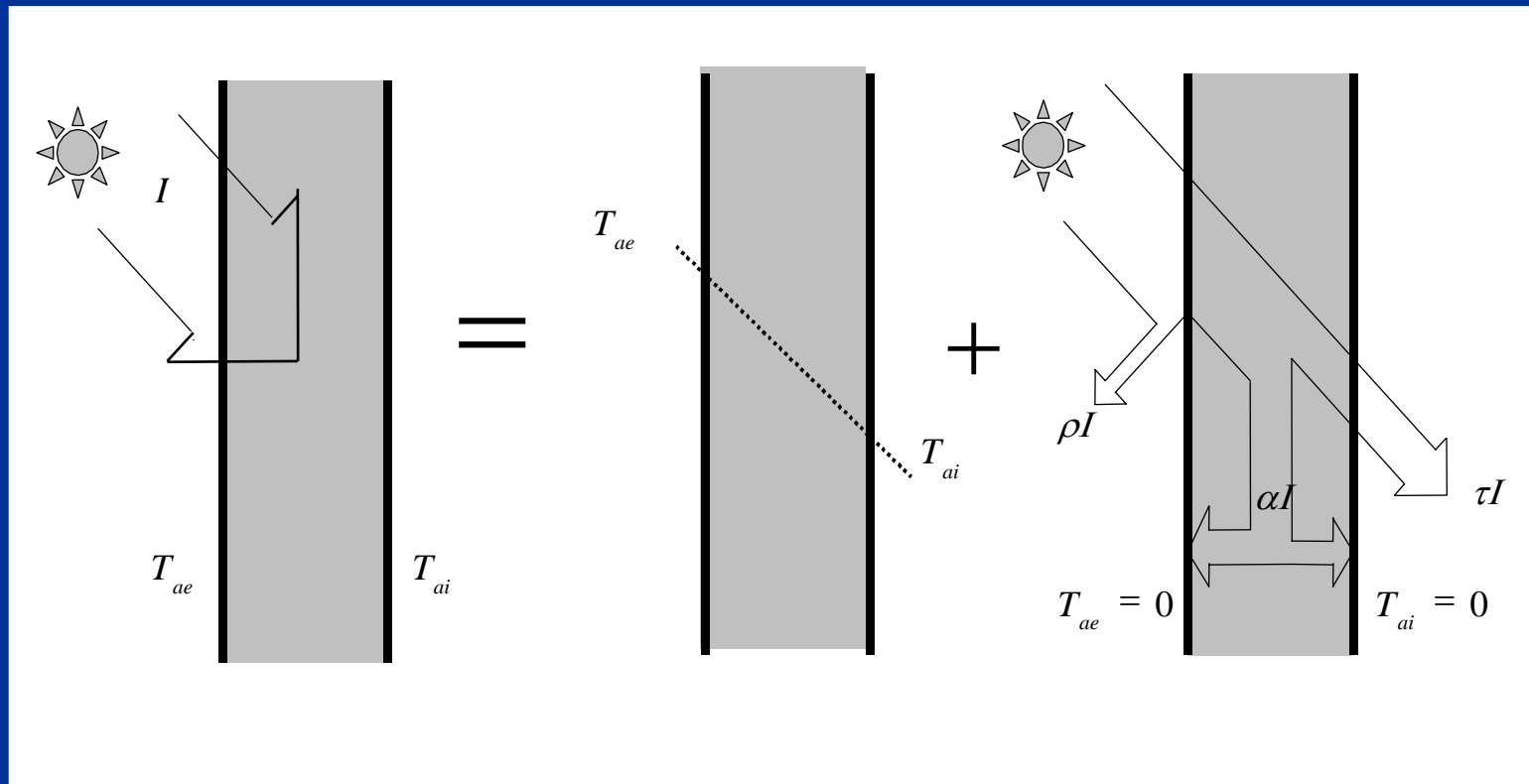
$$Q_{rt} = U(\overline{T_{sa}} + \lambda \cos(\omega t - \phi - \delta) - T_{ai})$$

$$T_{sa} = T_{ext} + \alpha \cdot I/h$$

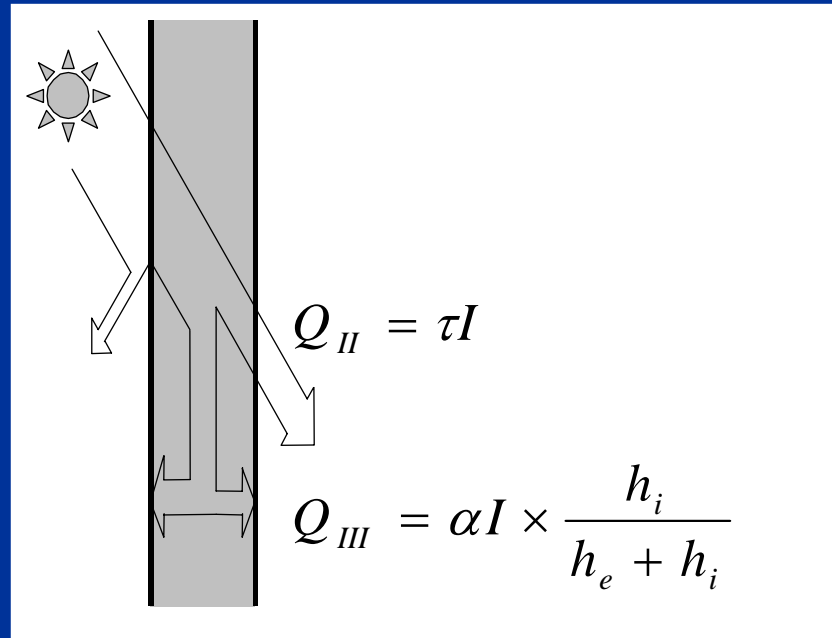
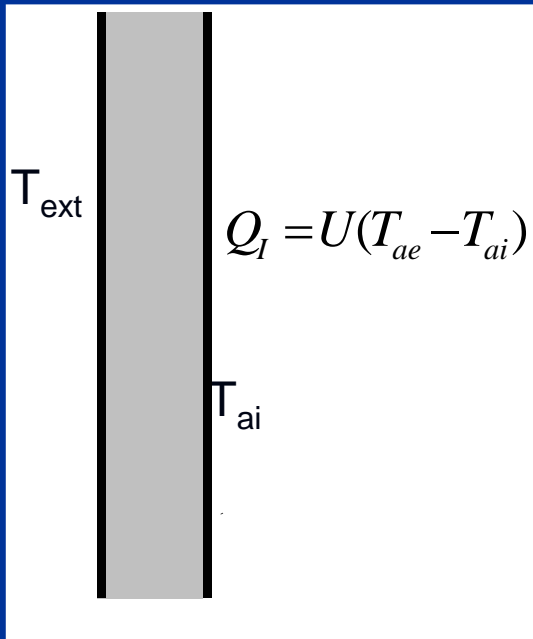
$\lambda =$ Amortiguamiento

$\delta =$ Desfase(retardo)

Contribución a la demanda de los cerramientos semitransparentes



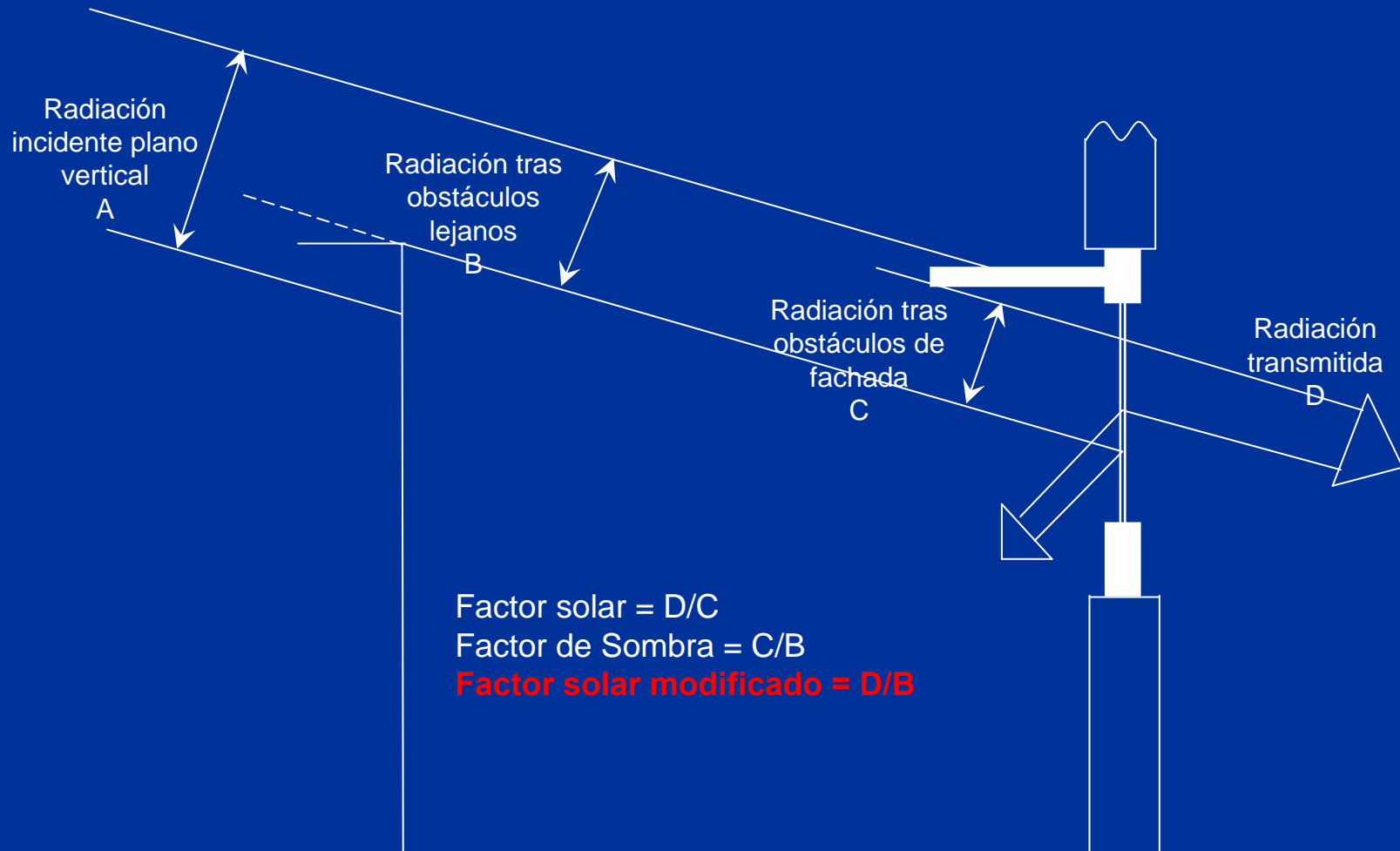
Contribución a la demanda de los cerramientos semitransparentes



$$Q = U(T_{\text{ae}} - T_{\text{ai}}) + I \left\{ \frac{\alpha}{h_e + h_i} + \tau \right\}$$

Factor solar

Efecto de obstáculos y elementos de control solar: Factor solar modificado



Estrategia general limitación demanda

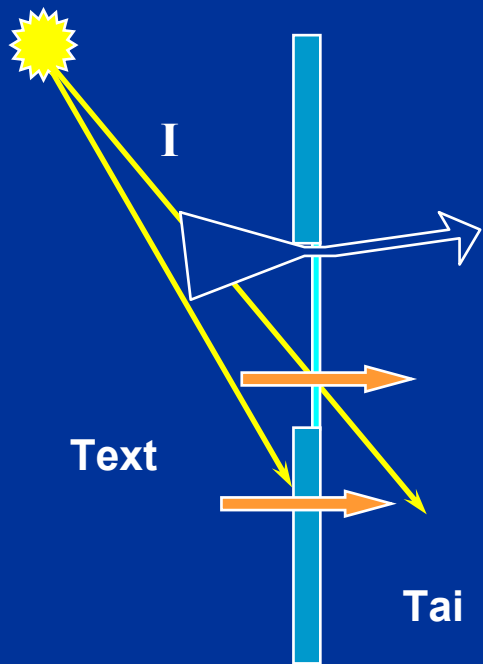
EN INVIERNO: DEMANDA = PÉRDIDAS – GANANCIAS

- ✓ Limitar pérdidas (aislamiento)
- ✓ Promover ganancias (orientación ventanas, inercia)

EN VERANO: DEMANDA = GANANCIAS – PÉRDIDAS

- ✓ Limitar ganancias (control solar, modulación)
- ✓ Promover pérdidas (ventilación)

■ Comportamiento general de los componentes de la envuelta



Opa cos :

Semitransparentes :

Inf / vent. :

$$\bar{Q} = U \cdot (\bar{T}_{eq} - T_{ai})$$

$$\bar{Q} = U \cdot (\bar{T}_{ext} - T_{ai}) + g \cdot I$$

$$\bar{Q} = \dot{v} \rho c_p (\bar{T}_{ext} - T_{ai})$$

■ Comportamiento de la envuelta en régimen de invierno

Opa cos :

Semitransparentes :

Inf / vent. :

$$\bar{Q} = U \cdot (\bar{T}_{eq} - T_{ai})$$

$$\bar{Q} = U \cdot (\bar{T}_{ext} - T_{ai}) + \boxed{g \cdot \bar{i}}$$

$$\bar{Q} = \dot{V} \rho c_p (\bar{T}_{ext} - T_{ai})$$

Pérdidas

Ganancias
brutas

■ Comportamiento de la envuelta en régimen de invierno

Opa cos :

Semitransparentes :

Inf / vent. :

$$\bar{Q} = U \cdot (\bar{T}_{eq} - T_{ai})$$

$$\bar{Q} = U \cdot (\bar{T}_{ext} - T_{ai}) + \boxed{g \cdot I}$$

$$\bar{Q} = \dot{v} \rho c_p (\bar{T}_{ext} - T_{ai})$$

Pérdidas

Ganancias
brutas

Limitar pérdidas -> reducir U, reducir \dot{v}

Promover ganancias -> aumentar g

■ Comportamiento de la envuelta en régimen de verano

Opa cos :

Semitransparentes :

Inf / vent. :

Neutro (excepto cubierta-ganancias-)

$$\bar{Q} = U \cdot (\bar{T}_{eq} - T_{ai})$$

$$\bar{Q} = U \cdot (\bar{T}_{ext} - T_{ai}) + g \cdot \bar{I}$$

$$\bar{Q} = \dot{v} \rho c_p (T_{ext} - T_{ai})$$

Neutro

Ganancias

Neutro (excepto ventilación nocturna-pérdidas-)

■ Comportamiento de la envuelta en régimen de verano

Opa cos :

Semitransparentes :

Inf / vent. :

Neutro (excepto cubierta-ganancias-)

$$\bar{Q} = U \cdot (\bar{T}_{eq} - T_{ai})$$

$$\bar{Q} = U \cdot (\bar{T}_{ext} - T_{ai}) + g \cdot i$$

$$\bar{Q} = \dot{v} \rho c_p (T_{ext} - T_{ai})$$

Neutro

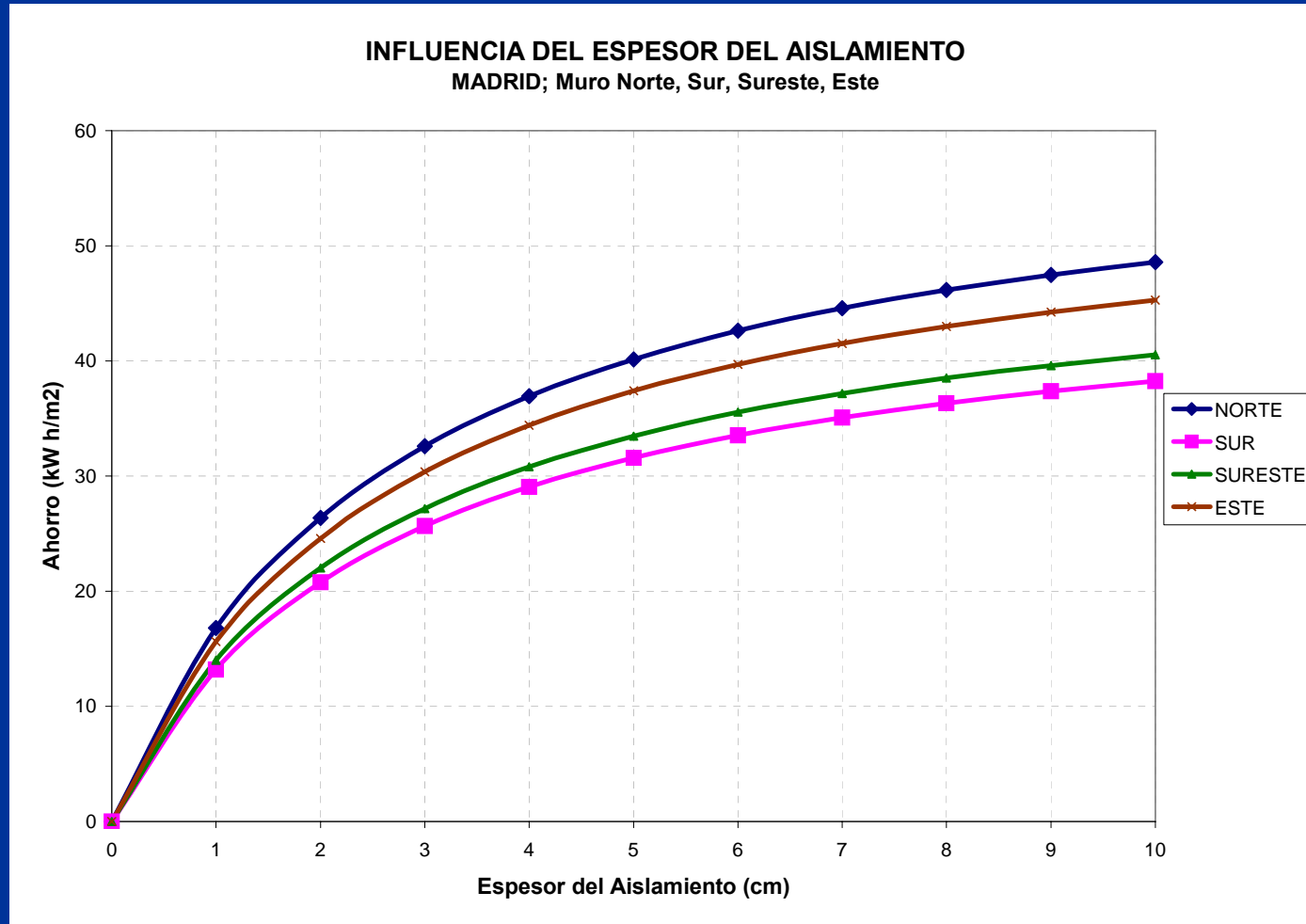
Ganancias

Neutro (excepto ventilación nocturna-pérdidas-)

Limitar ganancias -> reducir g, reducir U en cubiertas

Promover pérdidas -> aumentar \dot{v} durante la noche

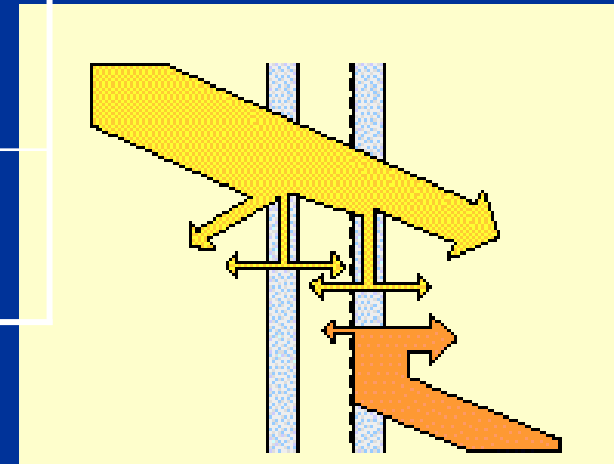
Aislamiento en cerramientos opacos (reducir U)



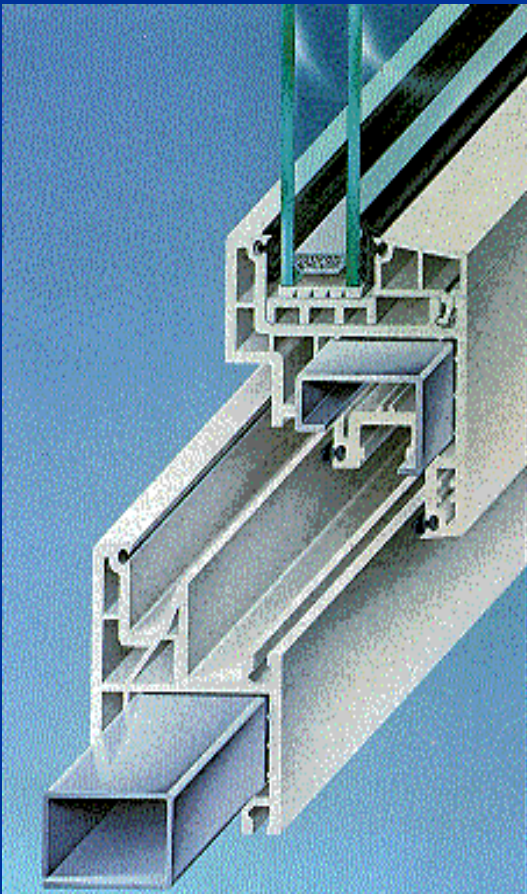
Aislamiento en Medios Semitransparentes

Reducir U -> reducir g

Tipo de vidrio	Transmitancia U ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)	Factor solar (g)
Vidrio simple claro	5.7	0.88
Vidrio doble claro	3.1	0.76
Vidrio doble bajo emisivo	2.5	0.71
Vidrio doble bajo emisivo	1.9	0.61

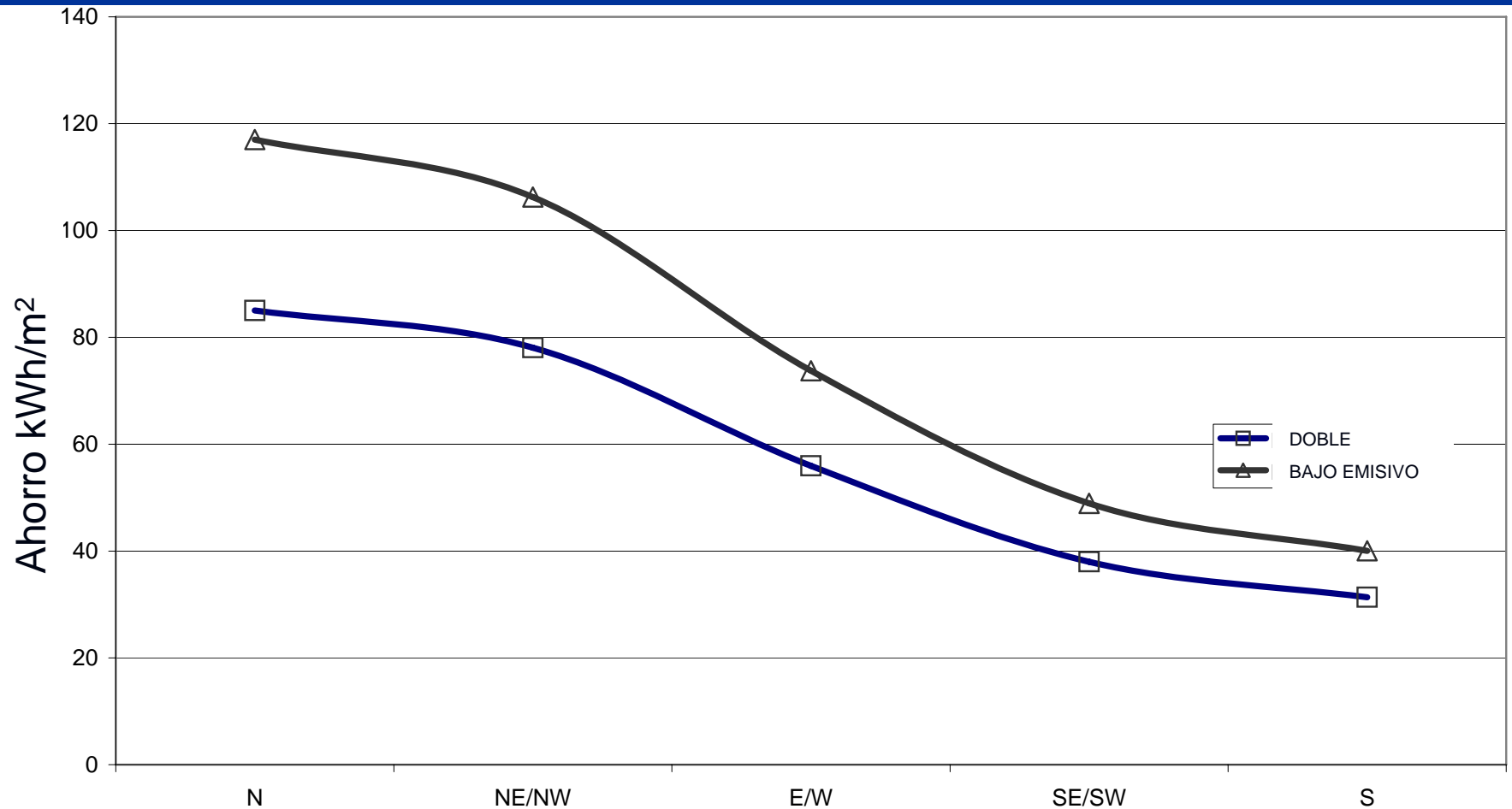


□ Marcos

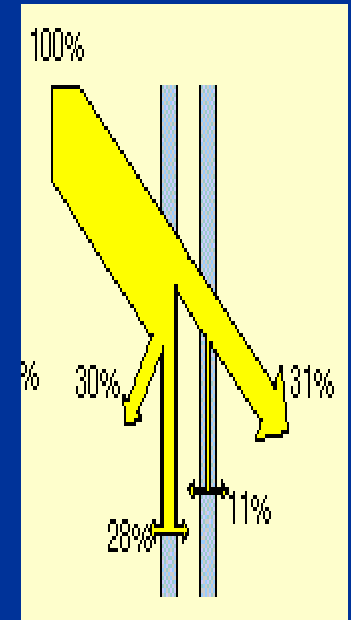
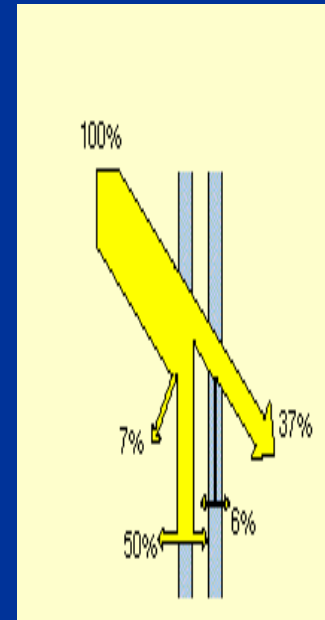
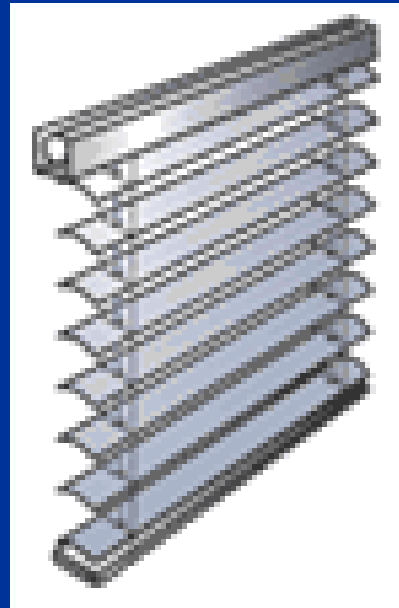
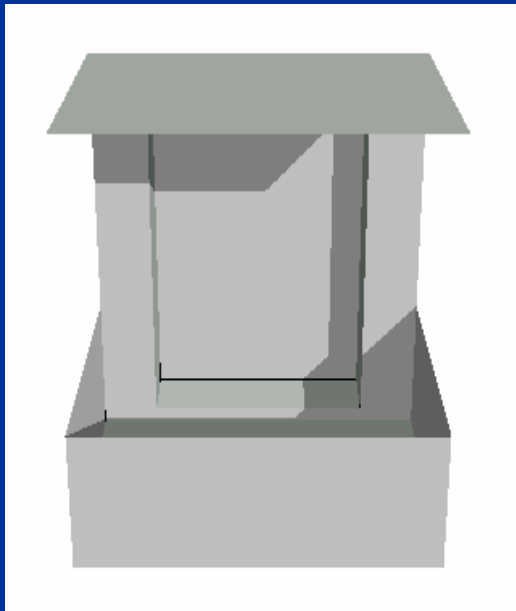


Tipo de Marco	Transmitancia Térmica $W/m^2 K$
Madera	2.50
Metálico	5.88
Metálico con Rotura de puente térmico	4.00
PVC (2 huecos)	2.20
PVC (3 huecos)	2.00

Ahorro si un vidrio simple se sustituye por uno doble o bajo emisivo (Madrid, Noviembre-Abril)



Control solar (reducción de g en régimen de verano)



Contexto

Exigencia básica HE1 : limitación de la demanda

La Demanda de Energía en los edificios

Bases conceptuales y metodología para el desarrollo de la CTE-HE1

Estudio de Impacto.

Conclusiones.

CTE-HE y la Directiva 2002/91/CE

Proceso seguido para el desarrollo de CTE-HE1

1. Se perfeccionan las leyes de la NBE-CT-79.
2. Se añaden los aspectos de la exigencia no incluidos.
3. Se fija para el edificio de referencia en la localidad de referencia una demanda un 25% inferior a la obtenida si se construyera según la NBE-CT-79.
4. Se determinan las calidades constructivas para el edificio de referencia en la localidad de referencia
5. Se extrapolan para otros edificios y climas aplicando las leyes

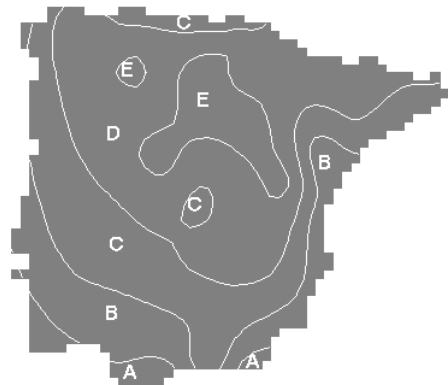
Recomendaciones Generales del Consejo Internacional de la Edificación

- Tener un objetivo perfectamente definido
- Basarse en un conocimiento técnico seguro
- Ser de fácil comprensión
- Proporcionar certeza en cuanto al resultado
- Ser flexible en cuanto a su aplicación
- Poder aplicarse coherentemente en todo el territorio
- Poder actualizarse fácilmente
- No impedir la innovación
- Tener un cumplimiento lo más económico posible

Ejemplo de perfeccionamiento de
las leyes de la NBE-CT-79:

Caracterización del clima y variación
de la demanda con el clima

Severidad climática y Zonificación climática



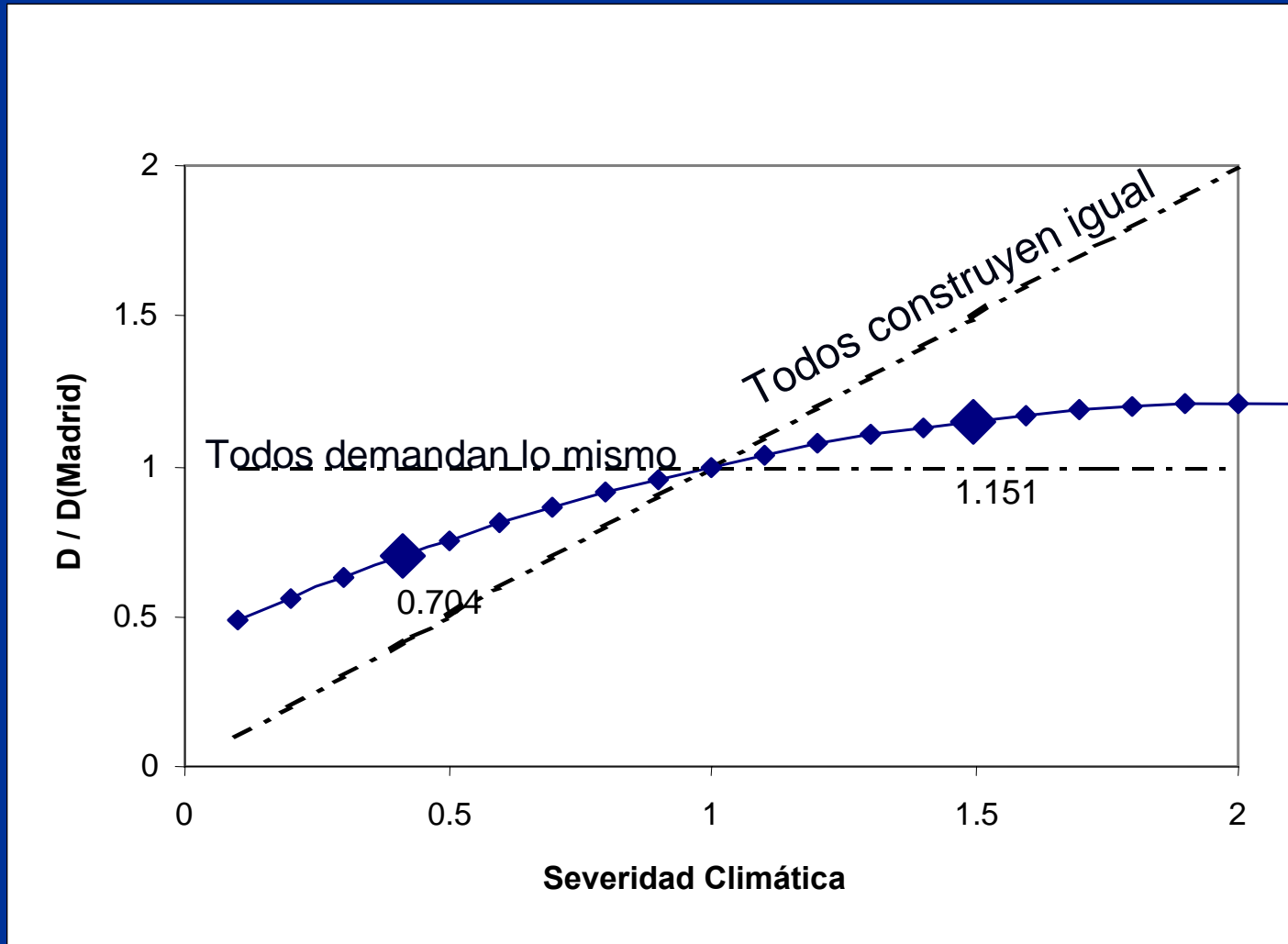
Zonas Climáticas de Invierno



Zonas Climáticas de Verano

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

Variación de la Demanda con el clima



**Obtención de las Calidades de
los Componentes para el
Edificio de Referencia en la
Localidad de Referencia**

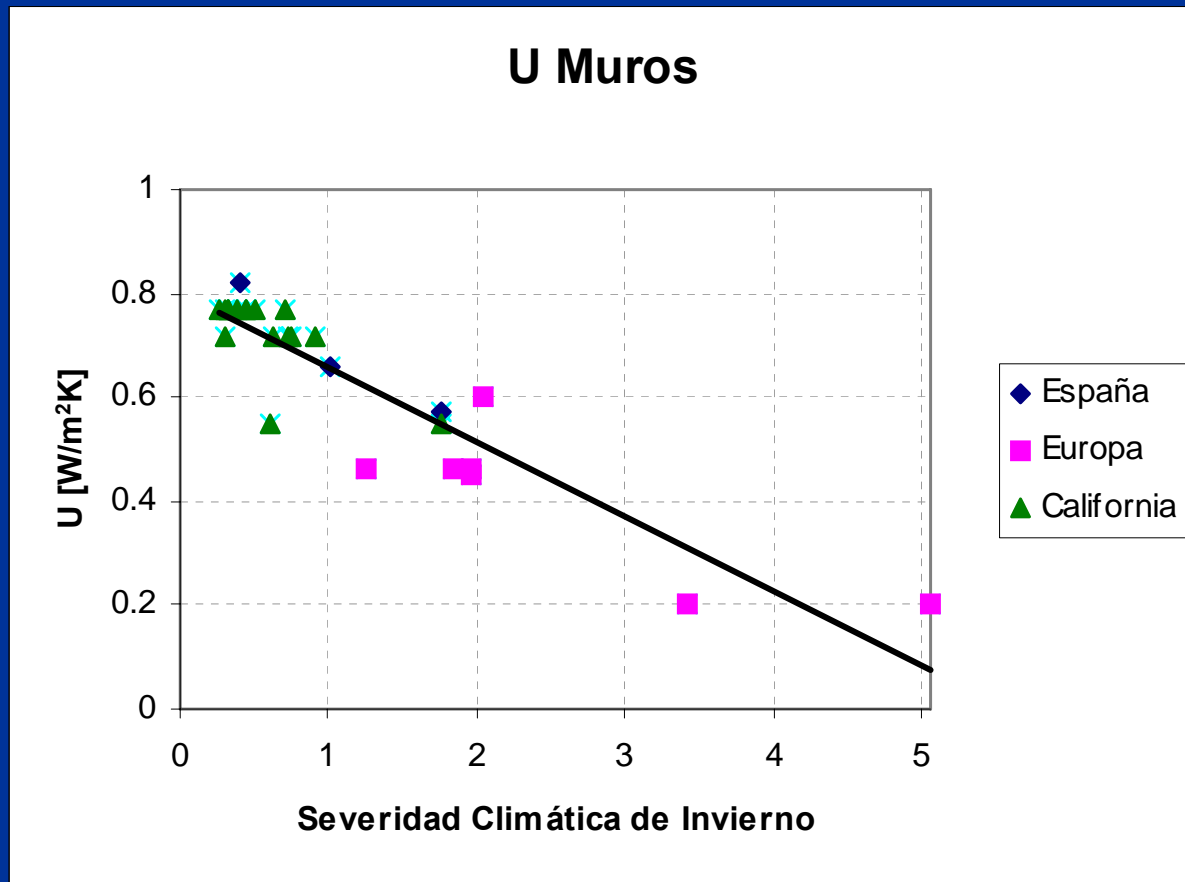
Obtención de las Calidades Exigibles a los Componentes del Edificio de Referencia

Cuando se pretende limitar una variable dependiente única (demanda) estableciendo límites a una serie de n variables independientes (los diferentes factores y elementos que contribuyen a dicha demanda), se está obviamente en presencia de un problema indeterminado

$$D = 3x + 2y + 4z + 8w$$

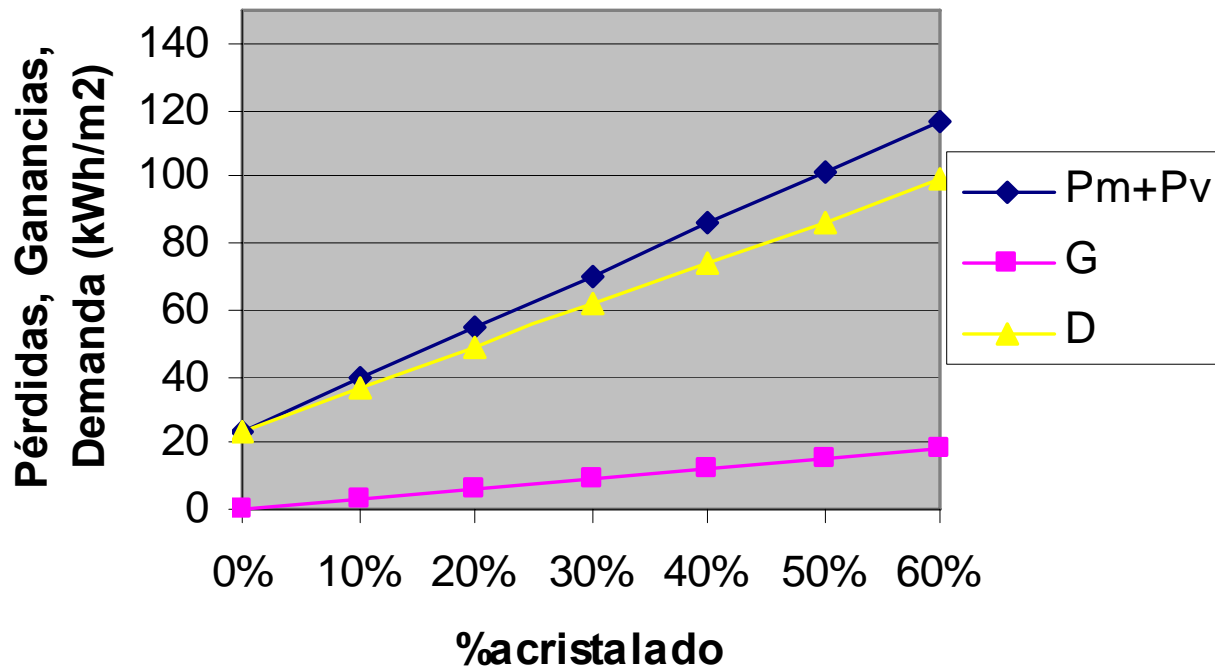
Como hipótesis fundamental se ha establecido que la demanda específica (por m^2) de las fachadas, debe ser independiente de su orientación y del porcentaje de huecos.

Obtención de las Calidades Exigibles a los Cerramientos opacos (Muros, cubiertas y suelos)



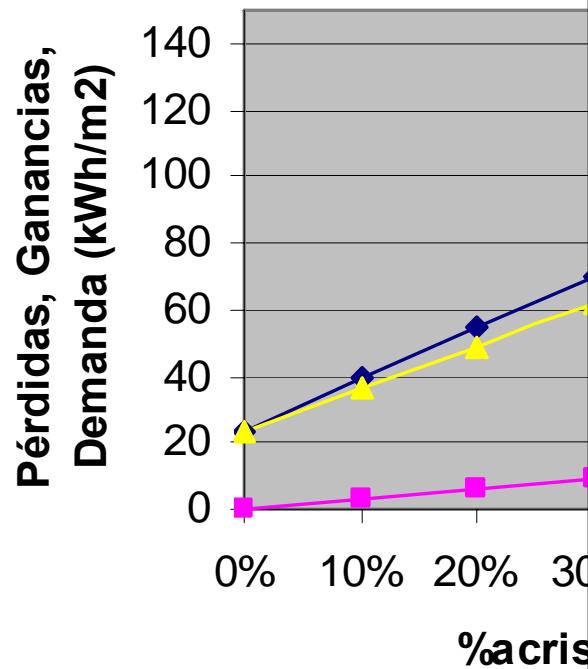
Demanda neta de una fachada en la que no cambia la calidad de los componentes (influencia del porcentaje de huecos)

Madrid Fachada Norte

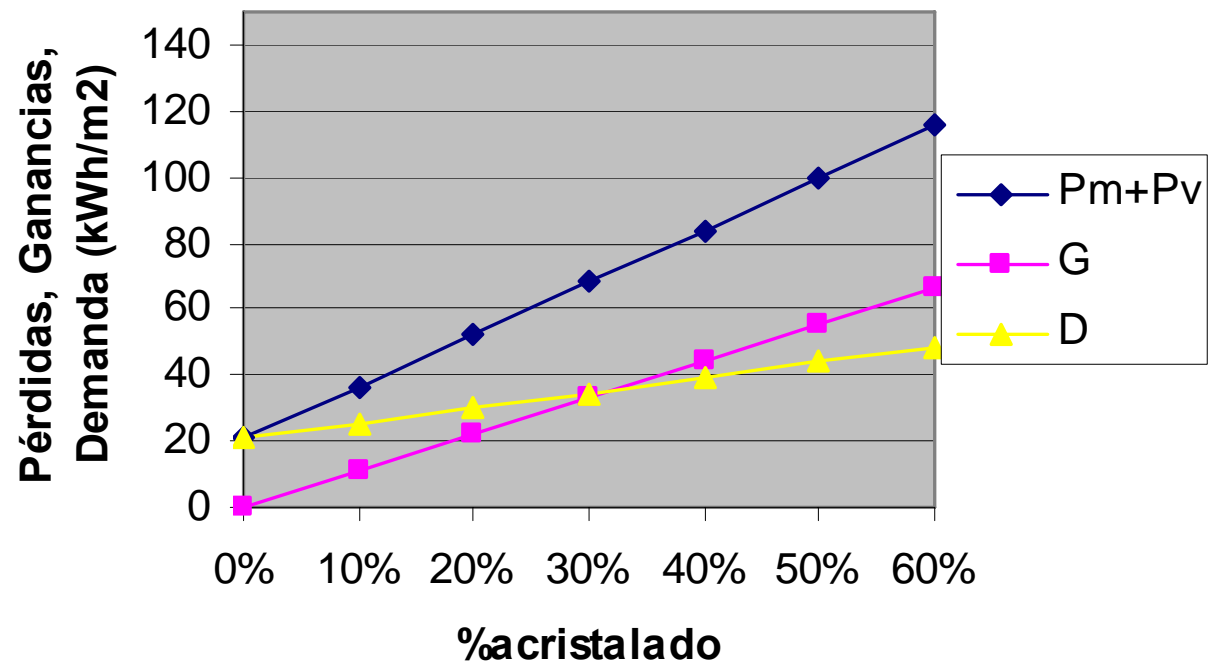


Demanda neta de una fachada en la que no cambia la calidad de los componentes (influencia del porcentaje de huecos)

Madrid Fachada Norte

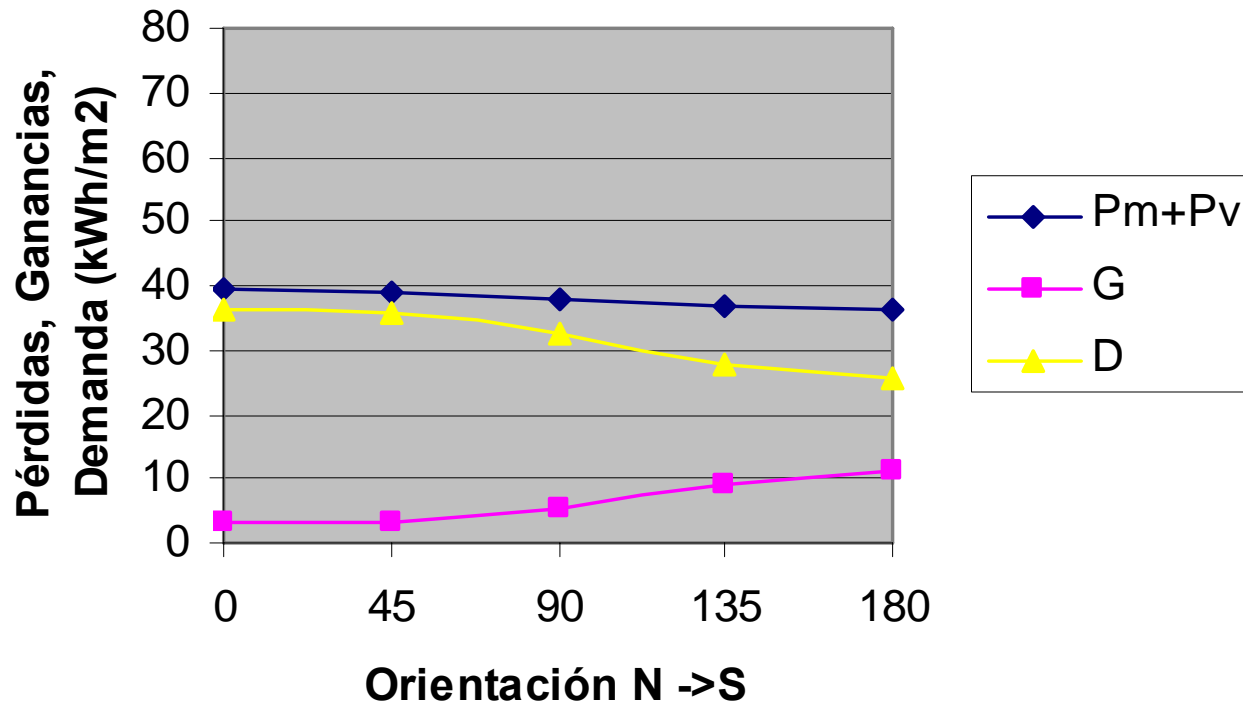


Madrid Fachada Sur



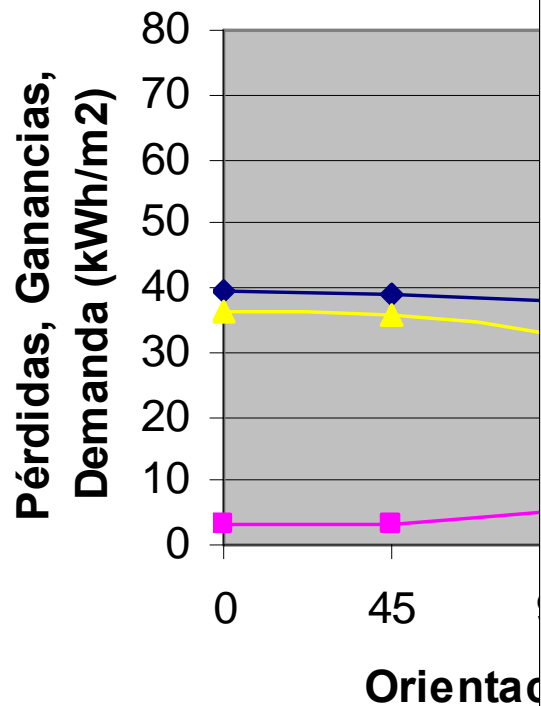
Demanda neta de una fachada en la que no cambia la calidad de los componentes (influencia de la orientación)

Madrid Fachada 10% acristalado

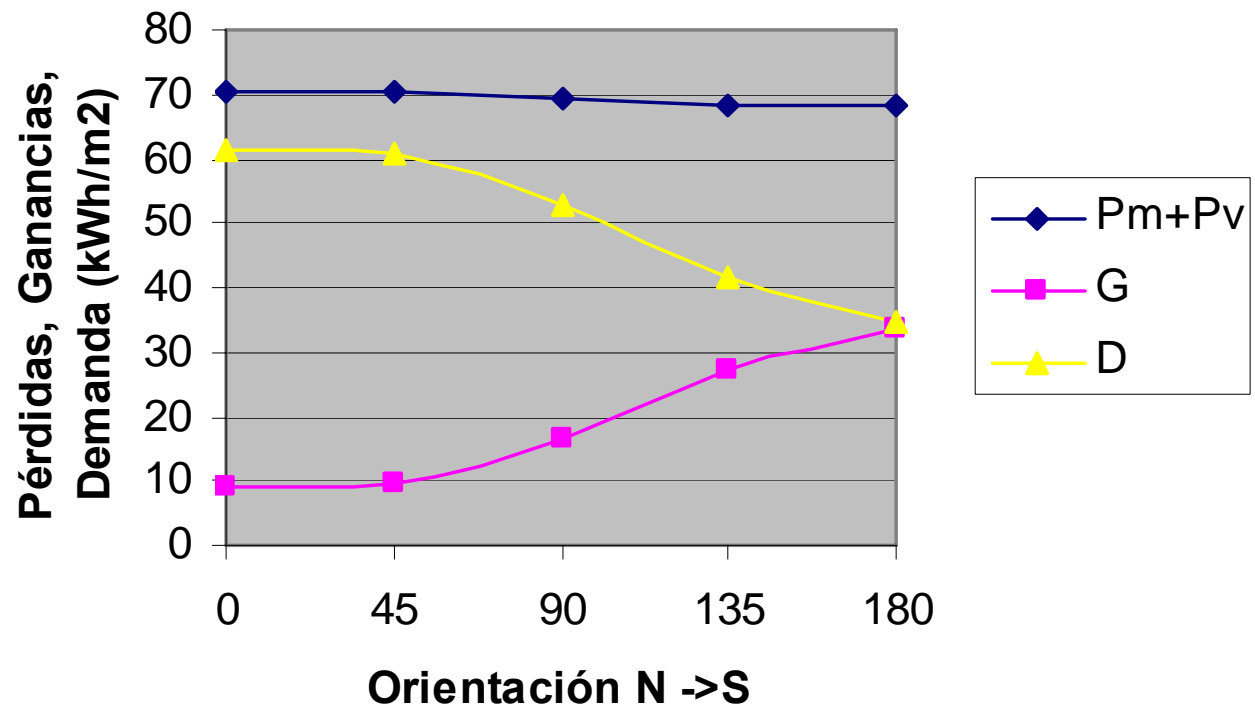


Demanda neta de una fachada en la que no cambia la calidad de los componentes (influencia de la orientación)

Madrid Fachada 10% acristalado



Madrid Fachada 30% acristalado



El resultado final: Tabla con los Valores Límite para una zona climática

ZONA CLIMÁTICA C3

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

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

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

Variación de la transmitancia de las ventanas con el porcentaje de huecos

Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} W/m ² k				
% Huecos	N	E/O	S	SE/SO
< 10	4,4	4,4	4,4	4,4
10 ≤ % < 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4
20 ≤ % < 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)
30 ≤ % < 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)
40 ≤ % < 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)
50 ≤ % < 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)

Transmitancia	
% Huecos	N
< 10	4,4
10 ≤ % < 20	3,4 (4,2)
20 ≤ % < 30	2,9 (3,3)
30 ≤ % < 40	2,6 (2,9)
40 ≤ % < 50	2,4 (2,6)
50 ≤ % < 60	2,2 (2,4)

Variación de la transmitancia de las ventanas con la orientación

Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} W/m ² k				
% Huecos	N	E/O	S	SE/SO
< 10	4,4	4,4	4,4	4,4
10 ≤ % < 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4
20 ≤ % < 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)
30 ≤ % < 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)
40 ≤ % < 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)
50 ≤ % < 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)

% Huecos	N	E/O	S	SE/SO
50 ≤ % < 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)

El resultado final: Tabla con los Valores Límite para una zona climática

ZONA CLIMÁTICA C3

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

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

Transmitancia límite de huecos⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{k}$

Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}

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

El resultado final: Tabla con los Valores Límite para una zona climática

ZONA CLIMÁTICA C3

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

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

Transmitancia límite de huecos⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{k}$

% Huecos	N	E/O	S	SE/SO
< 10	4,4	4,4	4,4	4,4
10 ≤ % < 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4
20 ≤ % < 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)
30 ≤ % < 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)
40 ≤ % < 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)
50 ≤ % < 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)

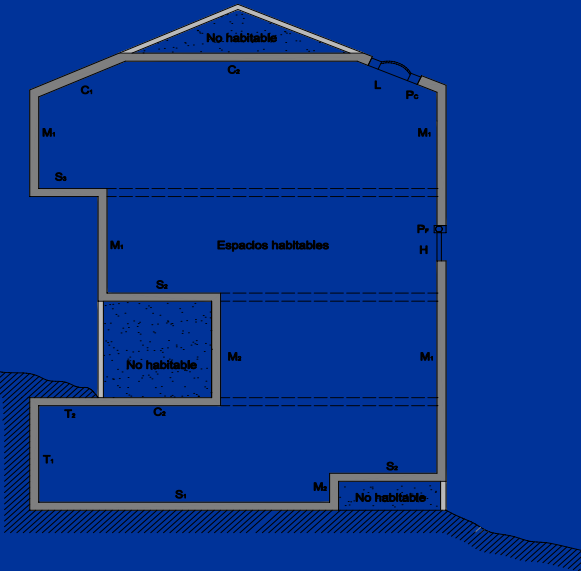
Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}

Baja carga interna

Alta carga interna

Baja carga interna			Alta carga interna		
E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	0,55	-	0,59
-	-	-	0,43	-	0,46
0,51	-	0,54	0,35	0,52	0,39
0,43	-	0,47	0,31	0,46	0,34

Síntesis del procedimiento de comparación con los valores límites

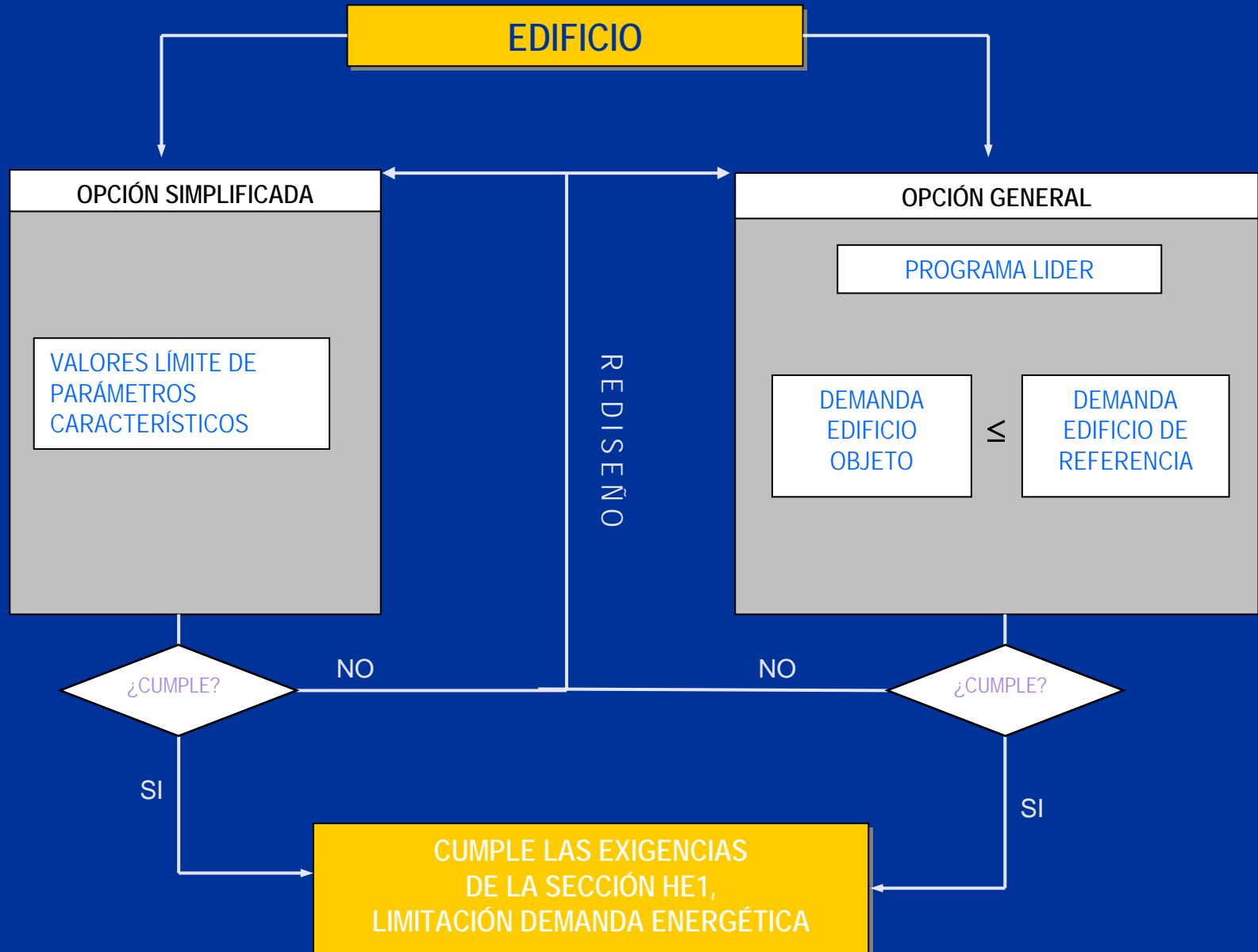


Cerramientos y particiones interiores	Componentes		Parámetros característicos	Parámetros característicos medios	Comparación con los valores límites
CUBIERTAS	C ₁	En contacto con el aire	U _{C1}	$U_{Cm} = \frac{\sum U_{Ci} \cdot A_{Ci} + U_{PC} \cdot A_{PC} + U_L \cdot A_L}{\sum A_{Ci} + A_{PC} + A_L}$	U _{Cm} ≤ U _{Clim}
	C ₂	En contacto con un espacio no habitable	U _{C2}		
	P _C	Puente térmico (Contorno de lucernario > 0,5 m ²)	U _{PC}		
	L	Lucernarios	U _L		
SUELOS	S ₁	Apoyados sobre el terreno	U _{S1}	$U_{Sm} = \frac{\sum U_{Si} \cdot A_{Si}}{\sum A_{Si}}$	U _{Sm} ≤ U _{Slim}
	S ₂	En contacto con espacios no habitables	U _{S2}		
	S ₃	En contacto con el aire exterior	U _{S3}		
FACHADAS	M ₁	Muro en contacto con el aire	U _{M1}	$U_{Mm} = \frac{\sum U_{Mi} \cdot A_{Mi} + \sum U_{PFI} \cdot A_{PFI}}{\sum A_{Mi} + \sum A_{PFI}}$	U _{Mm} ≤ U _{Mlim}
	M ₂	Muro en contacto con espacios no habitables	U _{M2}		
	P _{F1}	Puente térmico (contorno de huecos > 0,5 m ²)	U _{PF1}		
	P _{F2}	Puente térmico (pilares en fachada > 0,5 m ²)	U _{PF2}		
	P _{F3}	Puente térmico (caja de persianas > 0,5 m ²)	U _{PF3}		
	H	Huecos	U _H	$U_{Hm} = \frac{\sum U_H \cdot A_H}{\sum A_H}$	U _{Hm} ≤ U _{Hlim}
			F _H	$F_{Hm} = \frac{\sum F_H \cdot A_H}{\sum A_H}$	F _{Hm} ≤ F _{Hlim}
CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO	T ₁	Muros en contacto con el terreno	U _{T1}	$U_{Tm} = \frac{\sum U_{Ti} \cdot A_{Ti}}{\sum A_{Ti}}$	U _{Tm} ≤ U _{Tlim}
	T ₂	Cubiertas enterradas	U _{T2}		
	T ₃	Suelos a una profundidad mayor de 0,5 m	U _{T3}		

¿Dónde están en la normativa anterior la flexibilidad y la innovación?

Opción Prescriptiva (simplificada) frente a Opción Prestacional (general)

DB HE 1 : Opciones de Cumplimentación



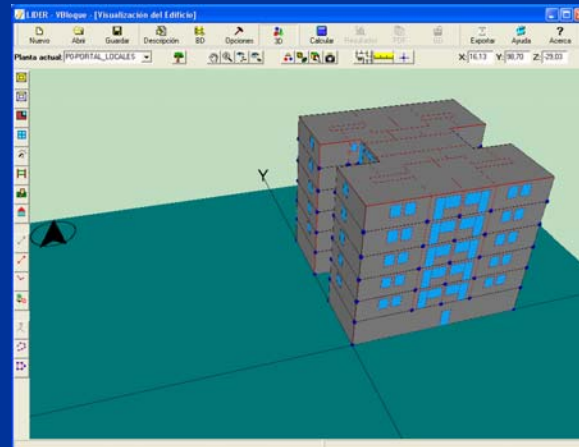
El programa LIDER

Estructura de la Aplicación

Base de Datos

REFERENC	Nombre	A	P	g	U	Fuente de los datos
ASL-001	Poliestireno Espandido tipo I	0,043	10	1,450	UNE 92115 1997	
ASL-002	Poliestireno Espandido tipo II	0,043	12	1,450	UNE 92115 1997	
ASL-003	Poliestireno Espandido tipo III	0,039	15	1,450	UNE 92115 1997	
ASL-004	Poliestireno Espandido tipo IV	0,036	20	1,450	UNE 92115 1997	
ASL-005	Poliestireno Espandido tipo V	0,025	25	1,450	UNE 92115 1997	
ASL-006	Poliestireno Espandido tipo VI	0,014	50	1,450	UNE 92115 1997	
ASL-007	Poliestireno Espandido tipo VII	0,010	50	1,450	UNE 92115 1997	
ASL-008	Poliestireno C-Grupos clase 0 028	0,028	25	1,450	UNE 92115 1997	
ASL-009	Poliestireno C-Grupos clase 0 031	0,031	25	1,450	UNE 92115 1997	
ASL-010	Poliestireno C-Grupos clase 0 034	0,034	25	1,450	UNE 92115 1997	
ASL-011	Poliestireno C-Grupos clase 0 037	0,037	25	1,450	UNE 92115 1997	
ASL-012	Poliestireno C-Grupos clase 0 040	0,040	25	1,450	UNE 92115 1997	
ASL-013	Lana mineral MW14	0,044	50	10,000	UNE 92105 2000	
ASL-014	Lana mineral MW16	0,043	50	10,000	UNE 92105 2000	
ASL-015	Lana mineral MW18	0,042	50	10,000	UNE 92105 2000	
ASL-016	Lana mineral MW20	0,040	50	10,000	UNE 92105 2000	
ASL-017	Lana mineral MW22	0,038	50	10,000	UNE 92105 2000	
ASL-018	Lana mineral MW25	0,036	50	10,000	UNE 92105 2000	
ASL-019	Lana mineral MW27	0,033	50	10,000	UNE 92105 2000	
ASL-020	Lana mineral MW30	0,030	50	10,000	UNE 92105 2000	
ASL-021	Lana mineral MW35	0,026	50	10,000	UNE 92105 2000	
ASL-022	Lana mineral MW38	0,023	50	10,000	UNE 92105 2000	

Interfaz Gráfica



Verificación Administrativa

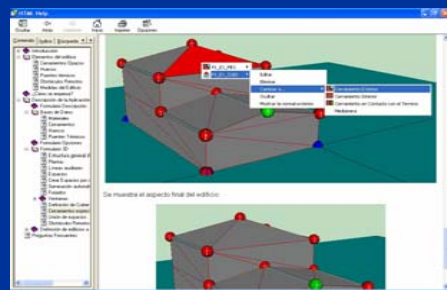
4. Resultados

4.1. Resultados globales

Base	Cálculo (kWh/m²)		Aislamiento (kWh/m²)	
	Eficiencia	Eficiencia	Eficiencia	Eficiencia
Cuanto	4,85	0,00	11,10	27,63
Paredes	-0,12	0,00	19,36	20,27
Suelo	-0,71	0,00	20,16	41,79
Techo	0,00	0,00	28,24	45,85
Medio	0,00	0,00	81,12	57,60

Datos Usuario

Ayuda en Pantalla



Motor de Cálculo

```

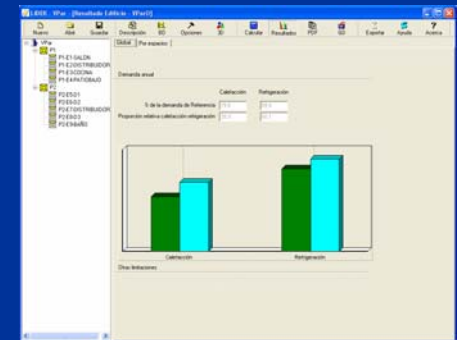
C:\Archivos de programa\CCTE2001\PCTE2001.exe

*****
CALCULO DE DEMANDA
TÉRMICA DE EDIFICIOS

Grupo de Termotecnia
E.S. Ingenieros Industriales
Universidad de Sevilla
*****

Nombre del fichero de datos:
    
```

Resultados en Pantalla



Contexto

Exigencia básica HE1 : limitación de la demanda

La Demanda de Energía en los edificios

Bases conceptuales y metodología para el desarrollo de la CTE-HE1

Estudio de Impacto.

Conclusiones.

CTE-HE y la Directiva 2002/91/CE

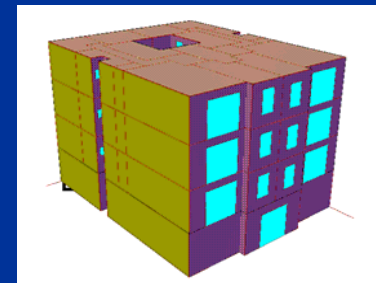
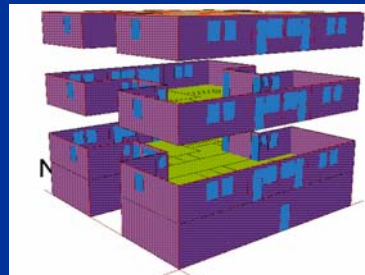
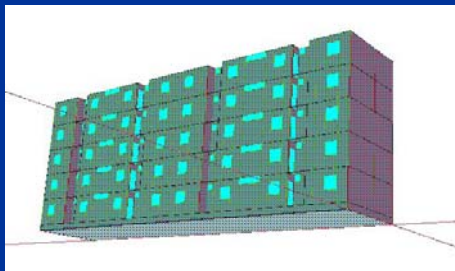
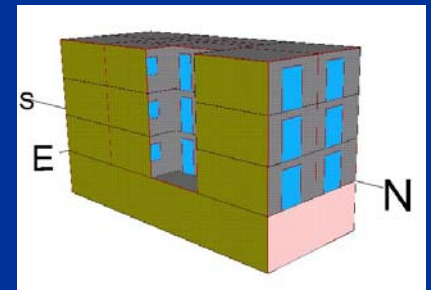
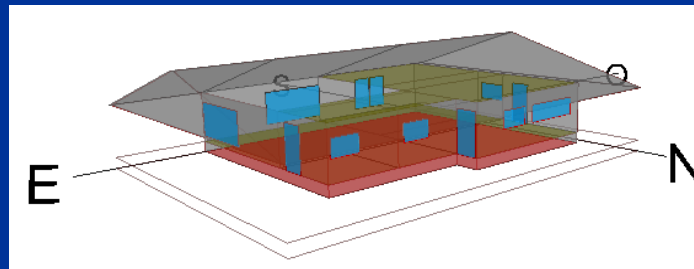
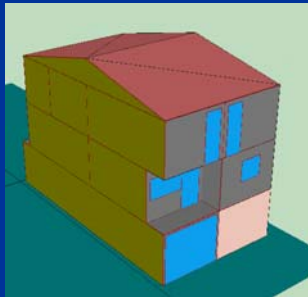
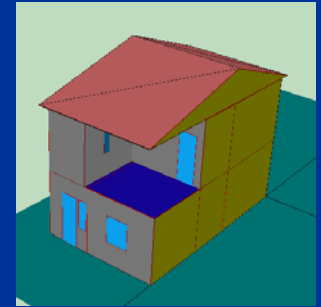
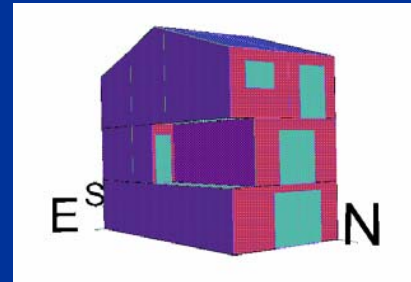
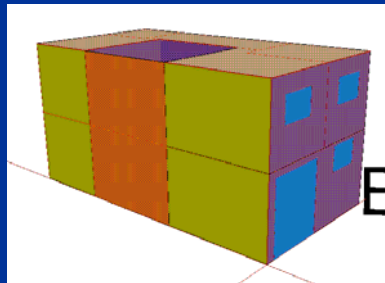
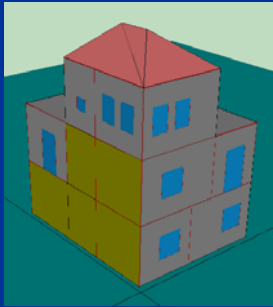
Estudio de Impacto

El objetivo genérico consiste en comparar la situación antes y después de adoptar CTE-HE1 para determinar:

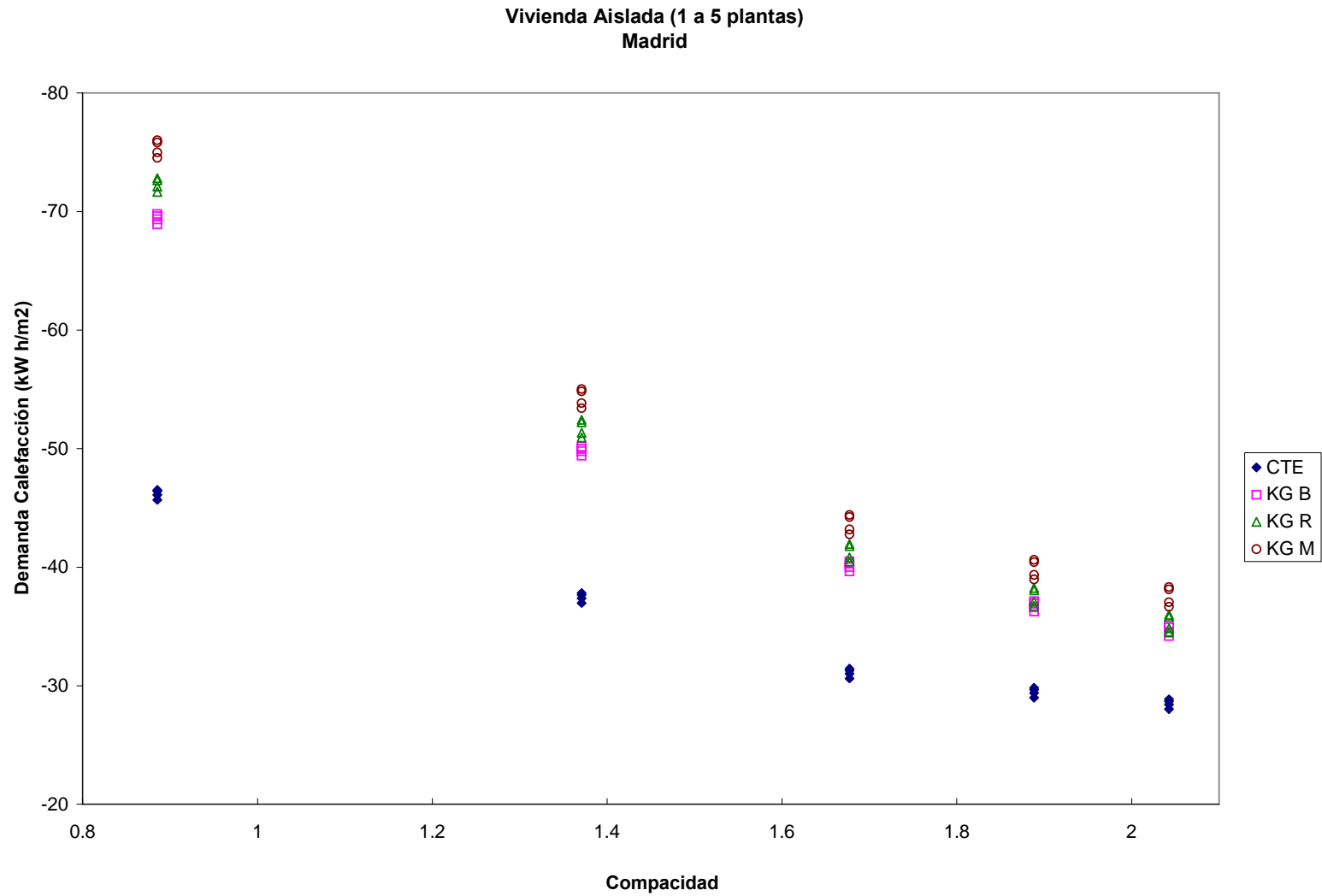
- o La reducción probable de la demanda energética de calefacción y refrigeración,
- o La reducción probable del consumo de energía final y de sus magnitudes asociadas.
- o El sobrecoste económico que estas reducciones suponen.

(59940 casos)

SECTOR RESIDENCIAL

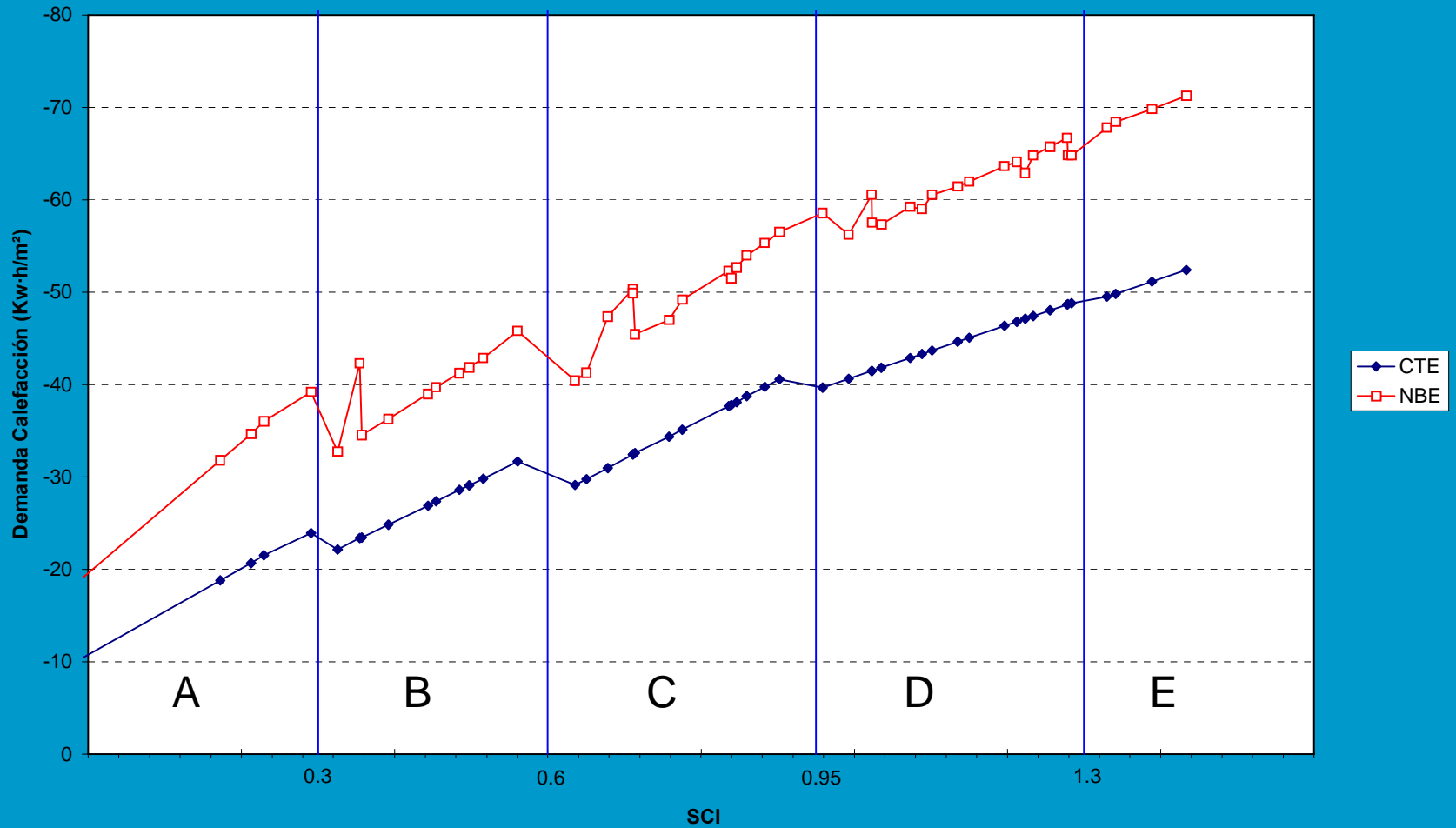


Influencia de la compacidad



Influencia del clima

Demanda Vivienda Aislada Orientación Sur



Resumen de Resultados

			DESTINADAS A VIVIENDA			Sector Terciario	TOTAL
			Unifamiliar	Bloque	Total Vivienda		
DEMANDA DE CALEFACCIÓN	AHORRO ABSOLUTO DE DEMANDA DE CALEFACCIÓN(kWh/m2)	Minimo	20.81	10.51	13.75	10.78	13.67
		Medio	23.16	12.20	15.65	11.52	15.54
		Máximo	25.55	13.95	17.60	12.17	17.45
	AHORRO RELATIVO DE DEMANDA DE CALEFACCIÓN	Minimo	30.23%	21.03%	24.60%	26.02%	25.44%
		Medio	33.64%	24.42%	27.99%	27.76%	28.62%
		Máximo	37.11%	27.91%	31.47%	29.32%	31.86%
SOBRECOSTE DE CALEFACCIÓN	SOBRECOSTE DEBIDO A LOS REQUERIMIENTOS DE CALEFACCIÓN (€/m2)	Minimo	6.50	3.56	4.49	4.05	4.48
		Medio	8.94	5.63	6.67	6.84	6.68
		Máximo	11.63	8.82	9.70	9.60	9.70
	SOBRECOSTE DEBIDO A LOS REQUERIMIENTOS DE CALEFACCIÓN (%)	Minimo	0.48%	0.25%	0.32%	0.26%	0.32%
		Medio	0.66%	0.39%	0.47%	0.45%	0.47%
		Máximo	0.86%	0.61%	0.69%	0.64%	0.69%

Contexto

Exigencia básica HE1 : limitación de la demanda

La Demanda de Energía en los edificios

Bases conceptuales y metodología para el desarrollo de la CTE-HE1

Estudio de Impacto.

Conclusiones.

CTE-HE y la Directiva 2002/91/CE

Conclusiones (1)

Se ha realizado una actualización de la Normativa de Aislamiento Térmico, encuadrada en el nuevo Código Técnico de la Edificación, de acuerdo con las siguientes características principales:

- Está planteada con un doble enfoque, la denominada Opción Prescriptiva o método simplificado de aplicación manual y la Opción Prestacional o método general que se implementa a través de un programa informático. Esta última opción constituye el “enfoque por objetivos” que se postula como filosofía global del Código Técnico.
- Controla las necesidades energéticas tanto en régimen de invierno como de verano, en el caso de que ambos regímenes sean significativos para el edificio y el clima considerado.
- Los coeficientes limitadores responden a leyes concretas y no se pueden cambiar de manera aleatoria sin introducir desajustes en el sistema

Conclusiones (2)

- La reducción total porcentual alcanzada (28.62%) es consistente con la hipótesis inicial que condujo a la determinación de los valores límite (reducción del 25%).
- La reducción ha tenido en cuenta la situación anterior originada por la NBE y corrige algunas disfunciones inherentes a la misma como es la incorrecta especificación de la zonificación climática.
- La propuesta es estable y proporcionada, tanto en climas como en edificios
- La propuesta es viable económicamente.
- Es dinámica, en el doble sentido de permitir la incorporación de nuevos componentes y de posibilitar la modificación de los coeficientes limitadores de forma que éstos se adecuen a planteamientos variables de política energética.

Contexto

Exigencia básica HE1 : limitación de la demanda

La Demanda de Energía en los edificios

Bases conceptuales y metodología para el desarrollo de la CTE-HE1

Estudio de Impacto.

Conclusiones.

CTE-HE y la Directiva 2002/91/CE

DEEE (Objetivos vs. Instrumentos)

OBJETIVOS

- El endurecimiento progresivo de la reglamentación sobre calidad térmica de los edificios de nueva planta
- La promoción de edificios de nueva planta con alta eficiencia energética
- Identificación de medidas de mejora de la eficiencia energética en edificios existentes dentro de un contexto de viabilidad técnica y económica.

INSTRUMENTOS

- Requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios nuevos
- Certificación energética de edificios.
- Inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado de edificios

DEEE (Objetivos vs. Instrumentos)

OBJETIVOS

- El endurecimiento progresivo de la reglamentación sobre calidad térmica de los edificios de nueva planta
- La promoción de edificios de nueva planta con alta eficiencia energética
- Identificación de medidas de mejora de la eficiencia energética en edificios existentes dentro de un contexto de viabilidad técnica y económica.

INSTRUMENTOS

- Requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios nuevos
- Certificación energética de edificios.
- Inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado de edificios



Código Técnico vs. DEEE

■ C.T.E (L.O.E 38/1999)

- Funcionalidad
- Seguridad
- Habitabilidad
 - Salubridad
 - Protección ruido
 - Ahorro de Energía

■ Directiva EEE 2002/91/CE

- Requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios nuevos
- Certificación energética de edificios.
- Inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado de edificios

Código Técnico vs. DEEE

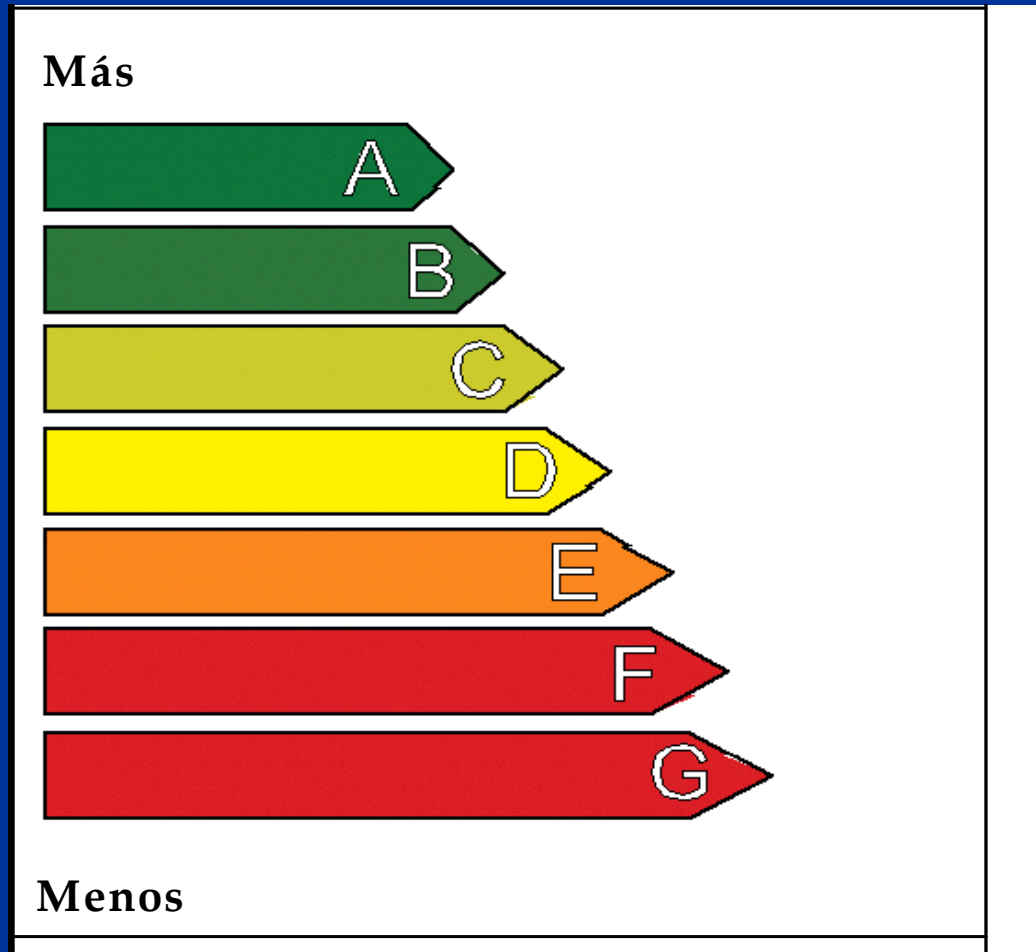
■ C.T.E (L.O.E 38/1999)

- ❑ Funcionalidad
- ❑ Seguridad
- ❑ Habitabilidad
 - Salubridad
 - Protección ruido
 - Ahorro de Energía

■ Directiva EEE 2002/91/CE

- Requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios nuevos
- Certificación energética de edificios.
- Inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado de edificios

Escala de calificación



EDIFICIO

OPCIÓN SIMPLIFICADA

VALORES LÍMITE DE
PARÁMETROS
CARACTERÍSTICOS

CERTIFICACIÓN
PRESCRIPTIVA
LETRAS D Y E

OPCIÓN GENERAL

LIDER

CALENER

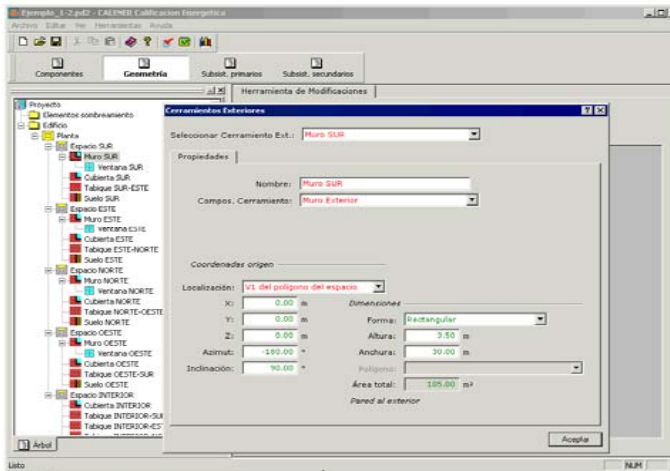
Ejemplo de tabla para obtención de clase D en viviendas unifamiliares que cumplen estrictamente los requisitos del CTE

ZONAS CLIMÁTICAS A-3, A-4 , B-4 , C-3 y C-4

CONCEPTO		OPCIONES DE OBTENCIÓN DE CLASE D			
		1	2	3	4
Envuelta					
	Compacidad	≥ 2.5	≥ 2.5	< 2.5	< 2.5
Instalación de calefacción					
	Bomba de calor	COP>2.2	COP>1.8	COP>2.8	COP>2.2
	Caldera individual	GAS $\eta > 0.93$	GAS Todas LIQ $\eta > 0.87$	-	GAS $\eta > 0.93$
	Caldera ind. mixta con acumulación	GAS $\eta > 0.93$	GAS Todas LIQ $\eta > 0.87$	-	GAS $\eta > 0.93$
	Caldera ind. mixta sin acumulación	-	GAS $\eta > 0.87$	-	-
	Caldera eléctrica efecto Joule	-	-	-	-
Instalación de refrigeración					
	Aire/aire expansión directa	Todos	EER>2.6	Todos	EER>3.1
Instalación de agua caliente sanitaria					
	Caldera sin acumulación	Todas	Todas	Todas	Todas
	Caldera con acumulación	Todas	Todas	Todas	Todas
	Caldera eléctrica efecto Joule	Todas	Todas	Todas	Todas

CALENER

Windows interface to input/edit data

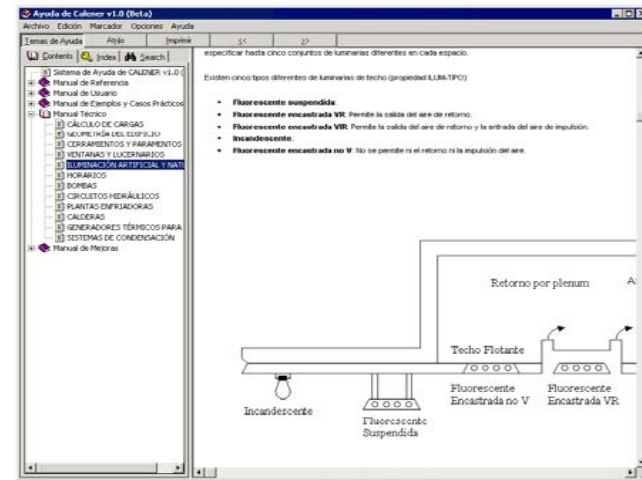


CALCULATION ENGINE
DOE-2.2

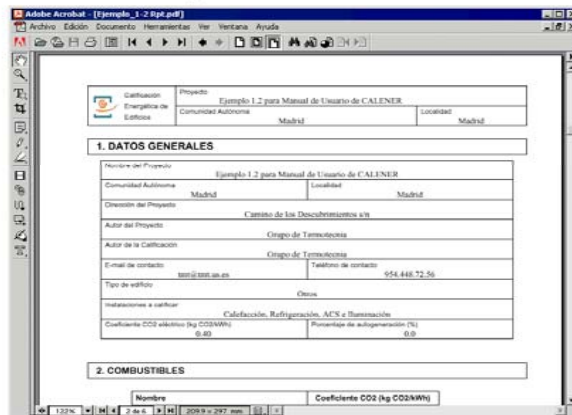
Database

Nombre	Descripción	n	k	Densidad	Cp	Res. Térmica
		(mm)	(W/mK)	(kg/m³)	(J/(kg.K))	(m².K/W)
Acabados interiores						
Baldosin catalán	Baldosin catalán	0.020	1.650	2000	840	--
Enlucado	Enlucado	0.020	1.400	2000	1000	--
Impresionabilizante	Impresionabilizante	0.003	0.190	1100	1600	--
Machimbreado	Machimbreado	0.050	0.600	1200	860	--
Módulo monocapa	Módulo monocapa	0.020	0.170	1100	1600	--
Placa fibrocemento	Placa de fibrocemento	0.010	0.720	1400	1050	--
Tela curva	Tela curva	0.100	0.450	1200	820	--
Tela plana	Tela plana	0.100	0.150	1600	920	--
Acabados exteriores						
Parquet	Parquet	0.020	0.230	700	2500	--
Terrazo	Terrazo	0.020	1.160	2000	1050	--
Aislamientos						
Arilla expansida tipo I	Arilla expansida tipo I	0.030	0.030	300	1500	--
Arilla expansida tipo II	Arilla expansida tipo II	0.020	0.110	450	1500	--
Espuma de polioisocianurato	Espuma de polioisocianurato	0.030	0.020	35	1500	--
Espuma de urea formal I	Espuma de urea formal I	0.030	0.030	11	1500	--
Espuma de urea formal 2	Espuma de urea formal 2	0.030	0.030	13	1500	--
Espuma etilpolimérica	Espuma etilpolimérica	0.030	0.030	60	1500	--
Espuma poliuretano ap	Espuma de poliuretano aplicado in situ tipo I	0.030	0.020	35	1500	--
Espuma poliuretano ad	Espuma de poliuretano aplicado in situ tipo II	0.030	0.020	40	1500	--
Espuma poliuretano c conf	Espuma de poliuretano conformado tipo I	0.030	0.020	32	1500	--
Espuma poliuretano c conf tipo II	Espuma de poliuretano conformado tipo II	0.030	0.020	35	1500	--
Espuma poliuretano c conf tipo III	Espuma de poliuretano conformado tipo III	0.030	0.020	40	1500	--
Espuma poliuretano c conf tipo IV	Espuma de poliuretano conformado tipo IV	0.030	0.040	60	1500	--

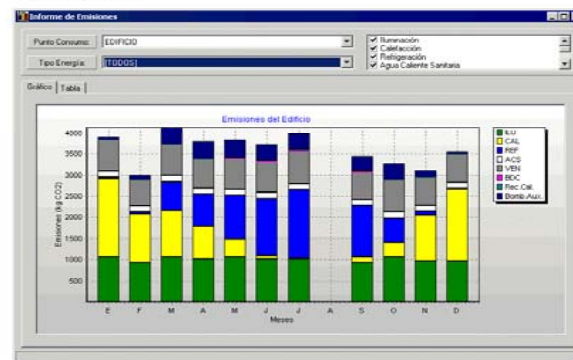
Help



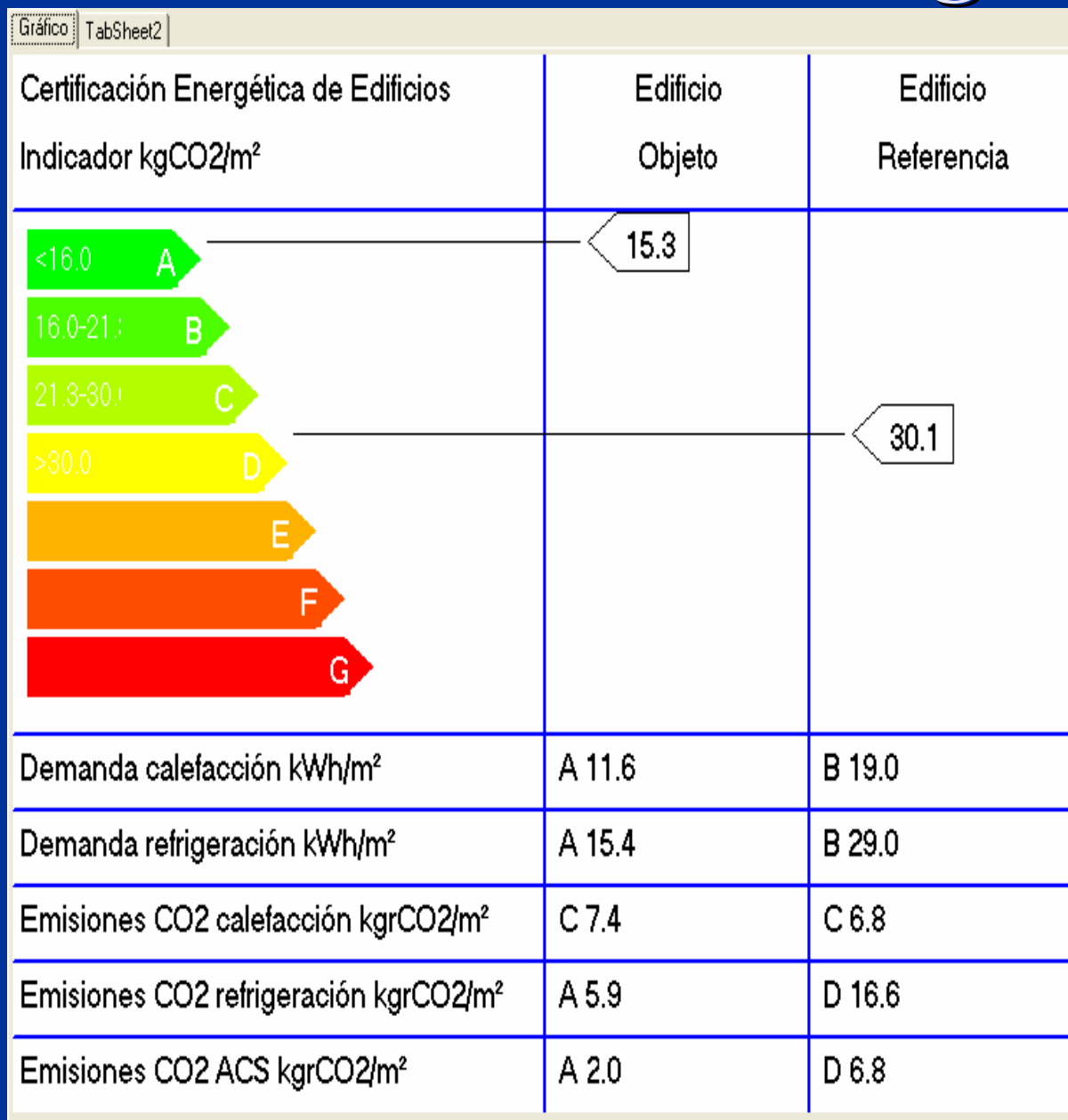
Administrative report



Results Tool



CALENER : Salidas del Programa



Más cosas...

papel de las administraciones autonómicas

No basta con un marco legislativo adecuado basado en sólidos principios y con un objetivo claro. Tampoco basta el disponer de herramientas que no impidan la innovación o la creatividad del diseñador.

Es necesario además:

- Una política completa y permanente de disseminación y formación.
- Un control de calidad de la implementación práctica.
- El tratamiento simultáneo de edificios nuevos y existentes.
- Un seguimiento de los resultados obtenidos que permita la toma de decisiones progresivas y fundamentadas sobre política energética
- Una política coherente de subvenciones.

Todos estos últimos aspectos están en España transferidos a las administraciones autonómicas que, en la mayoría de los casos, no han tomado las medidas necesarias para la gestión eficaz del CTE y la certificación

Aspectos Energéticos del Código Técnico de la Edificación

Madrid, 27 de abril de 2006

HE1: Limitación de Demanda Energética

Servando Álvarez Domínguez
AICIA – Grupo de Termotecnia
Escuela Superior de Ingenieros
Universidad de Sevilla