

estrategias para una VENTANA eficaz

forma geométrica del HUECO – diseño de la VENTANA - UH

Fernando Mora Martín

TESIS DOCTORAL San Sebastián - octubre 2015

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

ARKITEKTURA SAILA - DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA

DONOSTIAKO ARKITEKTURA GOI ESKOLA TEKNIKOAA - ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE SAN SEBASTIAN

VOLUMEN

1

PROGRAMA DE DOCTORADO: **879 - IDEA, FORMA Y MATERIA**
TÍTULO DE LA TESIS DOCTORAL: **13358 - ESTRATEGIAS PARA UNA VENTANA EFICAZ**
SUBTÍTULO DE LA TESIS DOCTORAL: **FORMA GEOMÉTRICA DEL HUECO – DISEÑO DE LA VENTANA – UH**
UNIVERSIDAD: **UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO – EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA**
CENTRO: **ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE SAN SEBASTIÁN**
DEPARTAMENTO: **ARQUITECTURA**
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: **CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS**
DOCTORANDO: **FERNANDO MORA MARTÍN**
TUTOR Y DIRECTOR DE LA TESIS DOCTORAL: **Dr. RUFINO JAVIER HERNÁNDEZ MINGUILLÓN**
FECHA DEPÓSITO TESIS: **OCTUBRE de 2015**
PORTADA: **fachada del 100 Eleventh Avenue, NY, Atelier Jean Nouvel**

estrategias para una VENTANA eficaz

forma geométrica del HUECO – diseño de la VENTANA - UH

VOLUMEN 1

dedicado a la memoria de mi madre

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación surge como continuación al de suficiencia investigadora realizado bajo el mismo título y la misma tutela y dirección del Dr. D. Rufino Javier Hernández Minguillón. Desde aquí quiero agradecer su disponibilidad, trato y paciencia en todo momento y el haber contribuido a que el perfil de mi investigación se centrara y concretara en un elemento tan complejo como el hueco y el sistema constructivo de la ventana.

Quiero agradecer el apoyo recibido por mis compañeros del cuerpo docente, departamento de arquitectura y administración de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de San Sebastián de la EHU-UPV, y especialmente a todos mis compañeros de la Escuela Politécnica Donostia, por su apoyo, ánimo y disponibilidad sin condiciones en algunos de los momentos más difíciles y comprometidos que he pasado para la culminación de este trabajo.

También quiero dar las gracias al alumnado de las asignaturas que imparto en la Escuela Politécnica por haber sido ellos mismos los primeros en recibir en pequeñas dosis parte del contenido de la investigación y contribuir indirectamente y sin saberlo a que perfilase de un modo más claro el volumen total de mi tesis doctoral.

A mi familia y amigos por haber sabido estar ahí en los momentos más duros y que particularmente me hicieron interrumpir este trabajo para definitivamente retomarlo y darle sentido.

Finalmente agradecer enormemente a Iñaki, mi amado compañero, por su paciencia, apoyo, actitud y energía, haciendo verosímil y posible lo que no lo es.

No puedo terminar sin recordar a mi madre, que perdí en el transcurso de la escritura de esta tesis doctoral, ella me dio la vida y la fuerza que me faltaban.

ÍNDICE - CONTENIDO

VOLUMEN 1

1.	Objetivos de la Investigación	12
2.	Metodología de la Investigación	19
3.	Forma del HUECO	24
3.1.	Formas Geométricas Básicas para HUECOS	25
3.2.	Parámetros de Valoración	28
3.3.	Diferentes Formas Geométricas de HUECOS con Igual Ocupación de Superficie	29
3.3.1.	PH, Perímetro de HUECO – Valores de los Resultados obtenidos	31
3.4.	Igualas Formas Geométricas de HUECOS con Diferente Ocupación de Superficie	36
3.4.1.	PH - Perímetro de HUECO - Valores de los Resultados obtenidos	37
3.5.	PH - Perímetro de HUECO - Conclusiones	40
4.	Forma – Diseño de la VENTANA	44
4.1.	Diseño Formal – Particiones	45
4.2.	Diseño Funcional de Aperturas → fijos → practicables	48
4.2.1.	Diseño Funcional de Aperturas → fijos	49
4.2.2.	Diseño Funcional de Aperturas → practicables	50
4.3.	Descripción de las Particiones	52
4.4.	Elección del Sistema de Estructura del Marco – Carpintería de Análisis	54
4.4.1.	Material del Marco - Carpintería de Análisis	55
4.4.2.	Perfil Comercial del Marco - Carpintería de Análisis	56
4.5.	Parámetros del Análisis Comparativo	62
5.	Conclusiones - Resumen – Forma del HUECO / Forma-Diseño de la VENTANA	66
5.1.	Conclusiones - Resumen – Forma del HUECO	67
5.2.	Conclusiones - Resumen – Forma / Diseño de la VENTANA	68
5.2.1.	Conclusiones - Resumen – Forma / Diseño de la VENTANA - Clasificación de las Formas Geométricas	69
5.2.2.	Conclusiones - Resumen – Forma / Diseño de la VENTANA - Clasificación de las Particiones	70
6.	Propiedades Térmicas, MARCO, VIDRIO, Ψ_g, CTE DB HE (UNE EN ISO 10072-1–UNE EN ISO 10077-2)	84
6.1.	Nuestro Marco Normativo CTE DB HE	98
6.2.	Evolución Normativa Española - Vidrios y Marcos, de la NBE CT-79 al CTE DB HE	108
6.3.	Evolución Normativa del CTE DB HE. Expresiones y Fórmulas de Cálculo	116
6.4.	Ψ_g – Importancia de su Valoración, UNE EN ISO 10077-1 <i>versus</i> CTE DB HE	124
6.4.1.	Ψ_g – Influencia sobre el Valor UH de la VENTANA	125
6.4.2.	Ψ_g – Influencia sobre la Forma Geométrica del HUECO y el Diseño de la VENTANA	127
6.5.	Fórmulas y Normativas de Cálculo para el Análisis	129
6.6.	UH,m Transmitancia Térmica del Sistema Marco	131
6.7.	UH,v Transmitancia Térmica del Sistema Vidrio	132
6.8.	Ψ_g Transmitancia Térmica Lineal del Espaciador del Vidrio	136
6.9.	Parámetros del Análisis Comparativo	142

ÍNDICE - CONTENIDO

VOLUMEN 1

7.	Conclusiones Globales Finales – Valores de los Resultados obtenidos	144
7.1.	FM y PV Valores de los Resultados obtenidos	146
7.2.	UH,v = UH,m Valores de los Resultados obtenidos, UH	153
7.3.	UH,v < UH,m Valores de los Resultados obtenidos, UH	163
7.4.	UH,v > UH,m Valores de los Resultados obtenidos, UH	173
7.5.	Formas Geométricas de HUECOS CTE DB HE (UNE EN ISO 10077-1 - Espaciador Aluminio)	186
7.6.	Diseños de VENTANAS CTE DB HE (UNE EN ISO 10077-1 - Espaciador Aluminio)	192
7.7.	Propuestas	200
8.	Bibliografía	208

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo

Formas Geométricas para Huecos	3.1.	26
PH-Perímetro de hueco, Diferente forma geométrica, Igual superficie	3.3.1.	31
PH-Incremento de PH, % , respecto a la forma de hueco Circular	3.3.1	34
PH-Clasificación de formas Geométricas de huecos	3.3.1, 5.1	35, 67
PH-Incremento en %, respecto a la serie de superficie de 0,10 m ²	3.4.1	38
PH-Incremento en %, respecto a la serie de superficie adyacente	3.4.1	38
Transmitancia térmica lineal Ψ_p y Ψ_g en huecos, CTE DB HE (febrero 2015)	4.1, 6, 6.8	47, 88, 136
Descripción de las particiones, diseño de la ventana	4.3	52
FM-Clasificación formas geométricas de huecos	5.2.1.	69
FM-Clasificación particiones, diseño de la ventana	5.2.2.	70
FM-Clasificación particiones con FIJOS, diseño de la ventana	5.2.2.	73
FM-Clasificación particiones con HOJAS, diseño de la ventana	5.2.2.	74
FM-Clasificación particiones con HOJAS, versus particiones con FIJOS	5.2.2.	76
FM-Clasificación particiones 2P2F, 3P3F y 4P4F versus 1P1F	5.2.2.	78
FM-Clasificación particiones 2P2H, 3P3H y 4P2H versus 1P1H	5.2.2.	80
PV-Clasificación formas geométricas de huecos	5.2.1.	69
PV-Clasificación particiones, diseño de la ventana	5.2.2.	70
PV-Clasificación particiones con HOJAS, diseño de la ventana	5.2.2.	72
PV-Clasificación particiones con FIJOS, diseño de la ventana, PV	5.2.2.	74
PV-Clasificación particiones con FIJOS, versus particiones con HOJAS	5.2.2.	76
PV-Clasificación particiones 2P2F, 3P3F y 4P4F versus 1P1F	5.2.2.	78
PV-Clasificación particiones 2P2H, 3P3H y 4P2H versus 1P1H	5.2.2.	80
Table E1, E2, Values of Ψ_g , Anexo EN ISO 10077-1	6.	87
Datenblatt Psi-Werte Fenster, ROLL TECH, CHROMATECH PLUS	6.	92
Datenblatt Psi-Werte Fenster, ALLMETAL GmbH, GTS	6.	93
Datenblatt Psi-Werte Fenster, LINGEMANN-GRUPPE, NIROTEC 017	6.	94
Datenblatt Psi-Werte Fenster, EDGETECH, T-SPACER PREMIUM PLUS	6.	95
Datenblatt Psi-Werte Fenster, SWISSPACER, SWISSPACER	6.	96
Datenblatt Psi-Werte Fenster, TECHNOFORM, TGI-SPACER M	6.	97

ÍNDICE - CONTENIDO

VOLUMEN 1

Tabelle 1 – EnEV 2014, Transmítancias térmicas máximas	6.1	100, 105
Tabla 2.3 Transmítancias térmicas máximas, CTE DB HE, septiembre 2013	6.1, 6.2	102, 115
Tabla 2.1 Transmítancias térmicas máximas, CTE DB HE, marzo 2006	6.1	110
Tabla 2.1 Transmítancias térmicas máximas, CTE DB HE, octubre 2007	6.1	113
Comparativa UH y Um, CTE DB HE, marzo 2006, octubre 2007, septiembre 2013	6.1	103
Comparativa UH, CTE DB HE, octubre 2007, septiembre 2013	6.1	104
Comparativa Um, CTE DB HE, octubre 2007, septiembre 2013	6.1	104
UH,v, 2,2 W/m ² K, GUARDIAN CONFIGURATOR software	6.7	133
UH,v, 1,1 W/m ² K, GUARDIAN CONFIGURATOR software	6.7	134
UH,v, 3,0 W/m ² K, GUARDIAN CONFIGURATOR software	6.7	135
Valores transmitancia térmica lineal Ψ_g W/mK	6.8	138
Ψ_g 0,089 W/mK (aluminio) → UH,v = UH,m = 2,2 W/m ² K, CALUWIN software	6.8	139
Ψ_g 0,026 W/mK (térmico) → UH,v = UH,m = 2,2 W/m ² K, CALUWIN software	6.8	139
Ψ_g 0,110 W/mK (aluminio) → UH,v < UH,m 1,1 W/m ² K, CALUWIN software	6.8	140
Ψ_g 0,036 W/mK (térmico) → UH,v < UH,m 1,1 W/m ² K, CALUWIN software	6.8	140
Ψ_g 0,072 W/mK (aluminio) → UH,v > UH,m 3,0 W/m ² K, CALUWIN software	6.8	141
Ψ_g 0,019 W/mK (térmico) → UH,v > UH,m 3,0 W/m ² K, CALUWIN software	6.8	141
Parámetros de análisis comparativo UH,v = UH,m = 2,2 W/m ² K	6.9	142
Parámetros de análisis comparativo UH,v < UH,m = 1,1 W/m ² K < 2,2 W/m ² K	6.9	142
Parámetros de análisis comparativo UH,v > UH,m = 3,0 W/m ² K > 2,2 W/m ² K	6.9	142
Identificación de las formas geométricas de huecos	7.	144
Identificación de los diseños de ventanas, soluciones con fijos y hojas	7.	145
Identificación de los valores, FM, PV y UH	7.	145
FM - Tabla clasificación global	7.1	147
PV - Tabla clasificación global	7.1	149
UH → UH,v = UH,m, Tabla clasificación global	7.2	153
UH → UH,v = UH,m, Tabla comparativa global, CTE DB HE, UNE EN ISO 10077-1	7.2	159
UH → UH,v < UH,m, Tabla clasificación global	7.3	163
UH → UH,v < UH,m, Tabla comparativa global, CTE DB HE, UNE EN ISO 10077-1	7.3	169
UH → UH,v > UH,m, Tabla clasificación global	7.4	173
UH → UH,v > UH,m, Tabla comparativa global, CTE DB HE, UNE EN ISO 10077-1	7.4	181
FM – PV - UH → Forma geométrica de hueco CIRCULAR	7.5	186
FM – PV - UH → Forma geométrica de hueco TRIANGULAR	7.5	187
FM – PV - UH → Forma geométrica de hueco CUADRADA	7.5	188
FM – PV - UH → Forma geométrica de hueco ÁUREA	7.5	189
FM – PV - UH → Forma geométrica de hueco RECTANGULAR 2W=H, W=2H	7.5	190
FM – PV - UH → Forma geométrica de hueco RECTANGULAR 3W=H, W=3H	7.5	191
FM – PV - UH → Diseño de ventana 1P1F	7.6	192
FM – PV - UH → Diseño de ventana 1P1H	7.6	193
FM – PV - UH → Diseño de ventana 2P2F	7.6	194
FM – PV - UH → Diseño de ventana 2P2H	7.6	195
FM – PV - UH → Diseño de ventana 3P3F	7.6	196
FM – PV - UH → Diseño de ventana 3P3H	7.6	197

ÍNDICE - CONTENIDO VOLUMEN 1

FM – PV - UH → Diseño de ventana 4P4F	7.6	198
FM – PV - UH → Diseño de ventana 4P2H	7.6	199

ÍNDICE de IMÁGENES y GRÁFICOS

	Capítulo	
PH - Gráficos, superficies de 0,10 - 0,80 - 1,00 – 2,00 m ²	3.3.1.	32
PH - Gráfico Perímetro de hueco, comparativo formas geométricas	3.3.1.	33
PH - Gráfico Perímetro de hueco, comparativo versus circular	3.3.1.	34
PH - Gráfico Perímetro de hueco, formas geométricas de huecos	3.4.1.	37
Mercado de la ventana en España, 2010, (fuente ASOMA)	4.4.1.	55
Tipología de secciones de carpintería de análisis, CORTIZO, COR60 RPT CC-16	4.4.2.	59
Folleto comercial carpintería de análisis, CORTIZO, COR60 RPT CC-16	4.4.2.	60
Folleto comercial carpintería de análisis, CORTIZO, COR60 RPT CC-16	4.4.2.	61
Imagen del puente térmico del espaciador del vidrio, (fuente ift Rosenheim)	6.	86
Imagen de producto de espaciador térmico, ROLL TECH, CHROMATECH PLUS	6.	92
Imagen de producto de espaciador térmico, ALLMETAL GmbH, GTS	6.	93
Imagen de producto de espaciador térmico, LINGEMANN-GRUPPE, NIROTEC 017	6.	94
Imagen de producto de espaciador térmico, EDGETECH, T-SPACER PREMIUM PLUS	6.	95
Imagen de producto de espaciador térmico, SWISSPACER, SWISSPACER	6.	96
Imagen de producto de espaciador térmico, TECHNOFORM, TGI-SPACER M	6.	97

ÍNDICE - CONTENIDO VOLUMEN 2 ANEXO de CÁLCULOS y RESULTADOS

9.	FM – Fracción de Ocupación del Marco dentro del HUECO	Valores de FM	12
10.	PV – Perímetro de Vidrio	Valores de PV	66
11.	UH,v = UH,m = 2,2 W/m ² K	Valores de UH	120
12.	UH,v < UH,m 1,1 W/m ² K < 2,2 W/m ² K	Valores de UH	270
13.	UH,v > UH,m 3,0 W/m ² K > 2,2 W/m ² K	Valores de UH	430

1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los objetivos de esta investigación, se establecen en el estudio de las mejores posibilidades y combinaciones del sistema complejo y prefabricado del **HUECO-VENTANA**, valorando la incidencia de la forma geométrica del hueco y el diseño de la ventana, dentro del contexto del ahorro energético, bajo la elección de productos comerciales estándares y en nuestro contexto normativo de obligado cumplimiento.

Dentro de las múltiples posibilidades o configuraciones que se pueden desarrollar para el proyecto de edificación en la ejecución de la solución de un cerramiento para un hueco determinado, se establece como punto de partida, la incidencia del factor geométrico del hueco, su forma geométrica, donde sin intervención directa de las propiedades térmicas de los diferentes componentes podemos obtener disparidad de valores relativos al perímetro del mismo que indirectamente inciden en el valor final de la transmitancia térmica del hueco, **UH**, correspondiente.

De igual modo que la forma geométrica del hueco nos puede dar diferentes valores de su perímetro, incidiendo en la cuantificación de la transmitancia térmica de los huecos, **UH**, el diseño de la ventana, sus particiones, su distribución formal, si es practicable o fija, aspectos que muchas veces se proyectan sobre el papel, atendiendo generalmente a configuraciones formales o de uso sin mas condicionantes, generan un abanico de fracciones de ocupación del marco y el vidrio dentro del hueco así como perímetros de vidrio, modificando notablemente y de manera muy dispar esa valoración final de la transmitancia térmica del hueco.

En este trabajo de investigación, se plantea el estudio de diferentes opciones de diseño dentro del sistema de la ventana como elemento prefabricado y comercial, valorando y cuantificando de modo comparativo estas incidencias formales y/o prácticas.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Dependiendo del diseño del hueco y del diseño de la ventana y derivada de esta fracción de ocupación de los diferentes sistemas, marco y vidrio dentro del hueco, existe así mismo otro parámetro geométrico, el perímetro del vidrio, que desarrolla el valor del puente térmico del espaciador, recientemente incorporado en nuestro marco normativo de aplicación, el **CTE DB HE**, posterior a febrero de 2015, donde se establece la aplicación definitiva de la normativa **UNE EN ISO 10077-1**, cuya primera publicación se establecía ya en 2001[1] y a la que el **CTE DB HE** en su primera publicación de marzo de 2006, ya hacía referencia[2].

Esta reciente incorporación novedosa en cuanto al cálculo de la transmitancia térmica de los huecos **UH**, ha generado en estos primeros años de andadura de nuestro marco normativo, entre otras muchas cosas un privilegio en cuanto al proceso de medición de las propiedades térmicas de los mismos, haciendo que los valores obtenidos con la

anterior normativa y su metodología, donde no se tenía en cuenta este parámetro del puente térmico derivado del espaciador del vidrio, fuesen muy inferiores a los que se establecen actualmente con la nueva aplicación o con los valores que se establecían en los países de nuestro entorno más próximo y siempre desde el punto de vista del mantenimiento y coexistencia de ambas normativas.

Esta ambigüedad legislativa ha favorecido en España entre otras muchas cosas, que nuestros huecos pudiesen disponer de valores de transmitancia térmica muy diferentes, por supuesto, inferiores, que en otros países europeos.

Derivada directamente de esta estrategia legislativa, por denominarla de algún modo, cabe preguntarse cómo se han realizado o configurado en estos últimos nueve años, desde que hace aparición el **CTE** en marzo del 2006, los diferentes consumos energéticos que inciden en otros procesos de

1) Ver la norma española. *UNE EN ISO 10077-1, Características térmicas de ventanas, puertas y contraventanas. Cálculo del coeficiente de transmisión térmica. Parte 1: Método simplificado.* (ISO 1077-1:2000). AENOR 2001. pp. 5.5.1 Ventanas sencillas-11

2) Ver *CTE DB HE. Apéndice E Cálculo de los parámetros característicos de la demanda. E.1.4.1 Transmitancia térmica de huecos.* Primera Publicación, Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. Ministerio de Vivienda, marzo 2006. pp. HE1-43

1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

medición relativos a la reducción de emisiones, calificaciones energéticas, ahorro energético, subvenciones administrativas referentes a la rehabilitación, etc. y que se establecen y gestionan desde directivas globales europeas y que básicamente se configuran con análisis comparativos entre los diferentes miembros de la Unión Europea.

Uno de los objetivos de esta investigación se plantea dentro de esta diferente metodología de medición, planteando los valores obtenidos de la transmitancia térmica de huecos, **UH**, tanto con la normativa de obligado cumplimiento anterior a febrero de 2015 como posteriormente, de modo que podamos entender y referenciar, como hemos calculado las propiedades térmicas de nuestros huecos durante estos últimos o primeros años del **CTE**.

Es evidente que no solo la configuración del hueco incide en su cuantificación energética, otros factores como la orientación, ubicación, la inserción en la

envolvente, los elementos de protección solar, incidencia de sombras, etc., pueden mejorar o empeorar esta situación.

Pero este trabajo de investigación trata exclusivamente del sistema del hueco y de la ventana insertada en él, del sistema constructivo prefabricado y de su valoración a partir de elementos comerciales.

La amplia variabilidad de formas de huecos así como del diseño de la ventana acompañada de las diferentes propiedades térmicas de los componentes del sistema hacen que el proceso haya sido lo suficientemente amplio como para quedar acotado exclusivamente al sistema de cerramiento propiamente dicho, dejando abierto desde aquí otros procesos de investigación a estos otros parámetros que dependen más del entorno, de estrategias climáticas y de otros sistemas constructivos adyacentes.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1. RESEARCH OBJECTIVES

The objectives of this research are set out in the study of the best possibilities and combinations of the complex precast **HOLLOW-WINDOW** system, assessing the impact of the geometry of the gap and the window's design, in the context of energy saving, under the choice of standard commercial products in our regulatory environment and enforceable.

Among the many possibilities or configurations that can be developed for the building project on the implementation of the solution of an enclosure for a certain gap, it is set as a starting point the impact of the geometric factor of the gap, its geometric form, where without direct intervention of the thermal properties of the different components we can obtain disparity values for the perimeter thereof which indirectly affect the final value of the thermal transmittance of the corresponding **UH** gap.

Just as the geometric shape of the gap can give us different values of its

perimeter; focusing on quantifying the thermal transmittance of the gaps, **UH**, the window's design, its partitions, its formal distribution, if it is practicable or fixed, elements that often are projected on paper, normally responding to a formal settings or use without conditions, generating a range of fractions of occupation of the frame and the glass into the hollow, as well as glass perimeters, modifying notably and very unevenly the final assessment of thermal transmittance of the gap.

In this research work, the study approaches different design options within the window's system, as prefabricated and commercial element, assessing and quantifying in a comparative way these formal incidents and/or practices.

Depending on the design of the gap and the window's design and this fraction derived from occupation of the different systems, frame and glass into the gap, there is another geometrical parameter, the glass's perimeter,

RESEARCH OBJECTIVES

which develops the value of the thermal bridge spacer, recently incorporated into our regulatory framework for implementing the **CTE DB HE**, after February 2015 [1], where the final application of the rules set **UNE EN ISO 10077-1**, which first publication is already established in 2001 and the **CTE DB HE** its first publication in March 2006, already referred [2].

This recent newfangled inclusion on the calculation of the thermal transmittance of the **UH** gaps, has generated in these first few years of our regulatory framework, among other things, a privilege as to the process of measuring the thermal properties of them, making the obtained values with the previous legislation and methodology, where is not taken into account the thermal bridge parameter derived of glass spacer, were much lower than those currently set with the new application or the values that were established in countries in our immediate surroundings and always from the

point of view of maintenance and coexistence of both standards.

This legislative ambiguity has favored in Spain among other things, that our gaps could have very different thermal transmittance, of course, lower than in other European countries.

Derived directly from this legislative strategy, calling it somehow, one wonders how they have made and set in the past nine years, since the **CTE** appears in March 2006, the different energy consumptions that affect other measurement processes related to reducing emissions, energy ratings, energy savings, administrative grants relating to rehabilitation, etc. and established and managed from European and global policies are configured basically comparative analysis between the different members of the European Union.

1) See the Spanish rule. *UNE EN ISO 10077-1, Características térmicas de ventanas, puertas y contraventanas. Cálculo del coeficiente de transmisión térmica. Parte 1: Método simplificado.* (ISO 1077-1:2000). AENOR 2001. pp. 5.5.1 Ventanas sencillas-11

2) See *Apéndice E Cálculo de los parámetros característicos de la demanda. E.1.4.1 Transmisión térmica de huecos.* Primera Publicación, Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. Ministerio de Vivienda, marzo 2006. pp. HE1-43

1. RESEARCH OBJECTIVES

One goal of this research arises within this different measurement methodology, considering the values obtained from the thermal transmittance of gaps, UH, so as the regulations must comply with previous February 2015 and subsequently, so that we can understand and referencing, as we have calculated the thermal properties of our gaps over the last or first years of **CTE**.

Clearly, not only gap configuration affects its energy quantification, other factors such as orientation, location, insertion into the surround, sunscreen elements, incidence of shadows, etc., can improve or aggravate the situation.

But this research is exclusively about the system of gap and window inserted therein, the prefabricated building system and their assessment from commercial elements.

The wide variability of hollow shapes and window's design accompanied of the different thermal properties of

system components, made the process sufficiently wide as to be exclusively bounded to the enclosure system itself, leaving open other research processes to these other parameters that depend more on the environment, climate strategies and other adjacent building systems.

2.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Se plantea una metodología de análisis dividida en tres acciones básicas:

I. **Análisis** de parámetros **SIN INCIDENCIA** de las propiedades térmicas de los componentes del sistema

• **FORMA DEL HUECO**

Parámetro de valoración	PERÍMETRO DE HUECO	PH
-------------------------	--------------------	-----------

• **FORMA DE LA VENTANA**

Parámetro de valoración	FRACCIÓN DE OCUPACIÓN DEL MARCO	FM
Parámetro de valoración	PERÍMETRO DE VIDRIO	PV

Esta primera acción se basa en el análisis de aquellos parámetros que no incorporan propiedades térmicas al sistema del cerramiento del hueco.

Primeramente se analiza el aspecto puramente formal y geométrico del **hueco**, exponiendo las 9 formas geométricas que se estudian a través de diferentes fracciones de superficie y valorando el perímetro de hueco, **PH** que se genera, acompañado de las correspondientes conclusiones.

El segundo apartado de esta primera acción de investigación, se desarrolla en torno al diseño de la **ventana**, su

división formal, su carácter de fija o practicable y siempre de igual manera, obteniendo y estudiando los parámetros sin incorporar las propiedades térmicas.

Se analizan la fracción de ocupación del marco dentro del hueco, **FM** y el perímetro de vidrio, **PV** que se genera con cada diseño de ventana y hueco.

Para poder desarrollar este segundo apartado, es necesario la selección de una carpintería que nos permita identificar estos factores geométricos de ocupación y perímetro, partiendo siempre de un objetivo, que el producto

2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

sea comercial y de libre acceso y que el fabricante nos aporte todos aquellos datos que necesitamos tanto para esta primera fase, donde nos interesan los aspectos puramente dimensionales como para poder ejecutar la segunda acción de la investigación, donde nos son necesarios todos los aspectos y propiedades térmicas del producto.

Una vez calculados estos dos parámetros de **FM** y **PV**, se establecen los correspondientes análisis de conclusiones.

Las conclusiones se establecen primeramente con respecto a las formas geométricas de los huecos, analizando que formas, desempeñan mejores posibilidades de ahorro energético y seguidamente se establece un análisis comparativo con respecto al diseño de particiones de la ventana y su configuración de fija o practicable, valorando de igual manera que distribución o configuración de ventana nos pueda permitir un mayor ahorro energético.

A este respecto y sin introducir todavía las propiedades térmicas de los diferentes sistemas del conjunto del cerramiento, las conclusiones de mejora quedan abiertas a las propiedades térmicas de los productos, pero si se pueden establecer unos itinerarios de mejora claros.

Menores fracciones de ocupación, menores valores de transmitancia térmica para aquellas soluciones con peores propiedades térmicas del sistema de la carpintería o marco.

El caso del puente térmico del espaciador es diferente, ya que no es una propiedad constante del material del espaciador, dependiendo de las propiedades térmicas del vidrio, del marco, la propia tipología del espaciador, la profundidad de éste en el galce, aunque puede establecerse de inicio que a menores desarrollo del parámetro del perímetro de vidrio, menores valores de cuantificación de dicho puente térmico.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

II. **Análisis** de parámetros **CON INCIDENCIA** de las propiedades térmicas de los componentes del sistema• **UH,m = UH,v**

Parámetro de valoración	TRANSMITANCIA TÉRMICA	UH
CTE DB HE (anterior a febrero 2015)	No se tiene en cuenta el espaciador del vidrio	
CTE DB HE (posterior a febrero 2015)-UNE EN ISO 10077-1	Espaciador de aluminio	
CTE DB HE (posterior a febrero 2015)-UNE EN ISO 10077-1	Espaciador mejorado térmicamente	

• **UH,m > UH,v**

Parámetro de valoración	TRANSMITANCIA TÉRMICA	UH
CTE DB HE (anterior a febrero 2015)	No se tiene en cuenta el espaciador del vidrio	
CTE DB HE (posterior a febrero 2015)-UNE EN ISO 10077-1	Espaciador de aluminio	
CTE DB HE (posterior a febrero 2015)-UNE EN ISO 10077-1	Espaciador mejorado térmicamente	

• **UH,m < UH,v**

Parámetro de valoración	TRANSMITANCIA TÉRMICA	UH
CTE DB HE (anterior a febrero 2015)	No se tiene en cuenta el espaciador del vidrio	
CTE DB HE (posterior a febrero 2015)-UNE EN ISO 10077-1	Espaciador de aluminio	
CTE DB HE (posterior a febrero 2015)-UNE EN ISO 10077-1	Espaciador mejorado térmicamente	

La segunda acción del proceso de esta investigación se emplaza en el estudio y análisis de todos estos parámetros anteriores y su incidencia en el valor final de la transmitancia térmica del hueco, **UH**, cuando aplicamos o intervienen las propiedades térmicas de los diferentes productos que configuran el sistema del cerramiento.

Para poder establecer un punto de partida, se vuelve a recurrir al product estándar, comercial y con valores o propiedades térmicas publicadas que nos permita confeccionar el cálculo de la transmitancia térmica del hueco.

El estudio de subdivide en tres capítulos o escenarios básicos:

2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

$$UH,m = UH,v$$

$$UH,m > UH,v$$

$$UH,m < UH,v$$

A su vez cada uno de los escenarios anteriores, se analiza con referencia a dos marcos normativos distintos:

- **CTE DB HE** (anterior febrero de 2015) donde no se tiene en cuenta el valor del puente térmico del espaciador en la cuantificación del valor **UH**.

- **CTE DB HE** (posterior a febrero de 2015), **UNE EN ISO 10077-1**, donde si se tiene en cuenta el valor del puente térmico del espaciador del vidrio, planteando el cálculo de **UH**, con referencia a dos tipos de espaciadores de vidrio:

- o Espaciadores de aluminio
- o Espaciadores mejorados térmicamente

III. Conclusiones

Por último se establece la acción o capítulo final de conclusiones donde de forma global y en conjunto, se establecen los resultados de este análisis, valorando dentro de los diferentes escenarios que formas de

huecos y que diseños de ventanas se configuran como las soluciones con mejores posibilidades de ahorro energético directamente relacionadas con su menor o inferior valor de la transmitancia térmica obtenida.

FH

FORMA DEL HUECO

3. FORMA DEL HUECO

Como punto de partida de la parte analítica de esta Tesis Doctoral, se establece la comparativa de diversas formas geométricas de huecos para entender cómo y de qué manera inciden en la mejor elección y disposición en la envolvente del edificio y poder llegar a establecer unos patrones o comportamientos que nos permitan dictaminar estrategias de ahorro energético.

El análisis que se plantea, valora diferentes formas geométricas de huecos con igual superficie de ocupación e iguales formas geométricas de huecos con diferente superficie de ocupación.

3.1.

FORMA DEL HUECO FORMAS GEOMÉTRICAS BÁSICAS PARA HUECOS

Las formas geométricas básicas para huecos analizadas que se definen a continuación, se han seleccionado debido pura y exclusivamente a su condición primaria y básica formal, sin entrar en el análisis de la valoración económica que se genera con cada una de estas configuraciones.

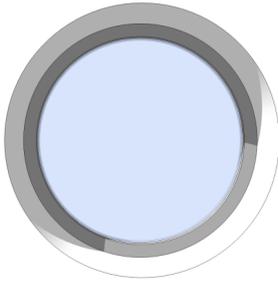
Está claro que algunas formas geométricas de huecos, como las circulares, pueden establecerse como formas económicamente más caras en la configuración de huecos y ventanas debido al proceso de fabricación, manufactura y mecanizado, más complejo que el resto de formas realizadas con elementos lineales, bien sean triangulares, cuadradas o rectangulares.

Pero esta tesis quiere plantear las comparativas y las incidencias puramente formales, ya que los procesos de fabricación y el sobre costo que algunas formas geométricas pueden generar, son aspectos puntuales que pueden evolucionar y cambiar debido a otros

procesos de investigación que inciden directamente en el mecanizado y las tecnologías de producción que desde aquí se plantean y quedan abiertos.

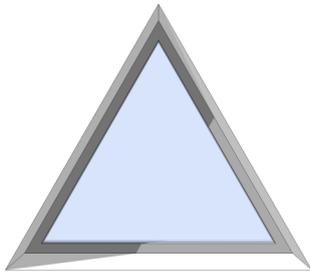
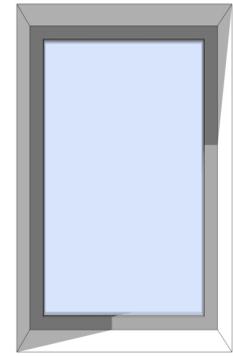
Se describen a continuación las **formas geométricas** de los diferentes huecos que se han seleccionado para el análisis comparativo.

3.1. FORMA DEL HUECO FORMAS GEOMÉTRICAS BÁSICAS PARA HUECOS



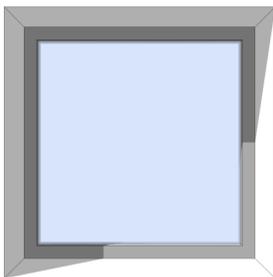
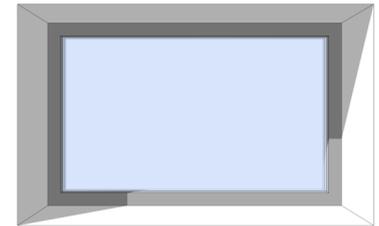
1 - CIRCULAR

Forma de hueco **circular** que desarrolla la mayor superficie con la menor dimensión de perímetro del mismo.



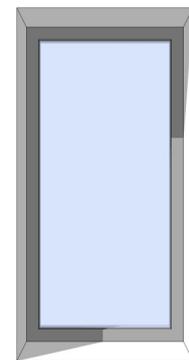
2 - TRIANGULAR

Forma de hueco **triangular equilátera**, con la base configurando el alfeizar del hueco.



3 - CUADRADA

Forma de hueco **cuadrada**, $W = H$



FORMA DEL HUECO

FORMAS GEOMÉTRICAS BÁSICAS PARA HUECOS

4 - ÁUREA VERTICAL

Forma de hueco áurea, ubicada de forma vertical en el lienzo de la envolvente.

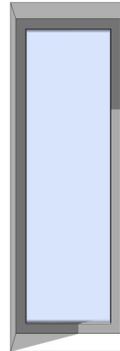


7 - RECTANGULAR $W = 2H$

Forma de hueco **rectangular**, con la anchura igual al doble de la altura del hueco, $W = 2H$ [3]

5 - ÁUREA HORIZONTAL

Forma de hueco áurea, ubicada de forma horizontal en el lienzo de la envolvente.



8 - RECTANGULAR $3W = H$

Forma de hueco **rectangular**, con la altura igual al triple de la anchura del hueco, $H = 3W$

6 - RECTANGULAR $2W = H$

Forma de hueco rectangular, con la altura igual al doble de la anchura del hueco, $H = 2W$ [3]



9 - RECTANGULAR $W = 3H$

Forma de hueco **rectangular**, con la anchura igual al triple de la altura del hueco, $W = 3H$

3) Ver capítulo 4.3.1. *La ventana. Elemento principal en la edificación para el aprovechamiento de la luz natural*. Comité Español de Iluminación (CEI) y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), con la colaboración del Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE). Guía Técnica Aprovechamiento de la Luz Natural en la Iluminación de Edificios – IDAE – Madrid, mayo 2005

3.2. FORMA DEL HUECO PARÁMETROS DE VALORACIÓN

En este primer paso y sin ninguna otra variable que la sola forma geométrica del hueco, el único parámetro que nos puede dar valores diferenciadores en esta comparativa es el del **perímetro** que se genera dentro del mismo, al que hemos denominado, **PH**, estudiando en capítulos posteriores, la forma de la ventana que se puede diseñar, proyectar o desarrollar dentro del mismo.

En el siguiente capítulo, **4. Forma - Diseño de la VENTANA**, avanzaremos en este análisis, introduciendo otros parámetros y variables que harán que podamos conocer en profundidad los diferentes comportamientos de los diferentes diseños de la ventana y sus particiones, en cada forma geométrica de hueco particularizada y de ese modo poder establecer los mejores criterios, posibilidades o estrategias para el diseño del conjunto.

3.3.

FORMA DEL HUECO DIFERENTES FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS CON IGUAL OCUPACIÓN DE SUPERFICIE

En este apartado se han analizado todas y cada una de las formas geométricas de huecos anteriormente definidas, en ocupación de la misma superficie de hueco y variando este mismo parámetro, desde **0,10 m²**, planteada como superficie mínima de hueco, en fracciones o intervalos de **0,10 m²**, hasta un máximo de **2,00 m²**.

Se analizan todas y cada una de las formas geométricas de huecos descritas en todas y cada una de las fracciones de superficies planteadas, de ese modo podemos observar y comparar lo que sucede en cada hueco de igual valor de superficie pero con diferente forma geométrica y evaluar así mismo como incide el tamaño del hueco, su dimensión, entre **0,10 m²** y **2,00 m²** para una misma determinada forma geométrica de hueco.

Estas ocupaciones mínima y máxima, se han establecido debido a que suponen el rango de superficies de huecos más habituales dentro del mundo de la edificación residencial estándar.

Como observaremos en las diferentes tablas que se acompañan a esta tesis, las fracciones inferiores de superficie, son las que originan las mayores incidencias, discontinuidades o puntos singulares, no correspondiéndose con el resto de las series superiores de superficies propuestas, donde a partir de la superficie de **0,80 m²**, se obtienen patrones más estabilizados o generalistas.

También se puede observar que en estos ratios de superficies inferiores o mínimos, en capítulos sucesivos, donde analizamos el desarrollo de las particiones de la ventana, algunas de las particiones geométricas propuestas no se pueden establecer, debido a lo reducido de las dimensiones del hueco y la imposibilidad de insertar la correspondiente carpintería, indicando a pié de tabla esta singularidad.

3.3. FORMA DEL HUECO DIFERENTES FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS CON IGUAL OCUPACIÓN DE SUPERFICIE

Se han establecido así mismo, gráficos comparativos como herramientas de interpretación visual de las series de ocupación mínima y máxima así como los referidos a la ocupación de **0,80 m²** por ser esta el área de los huecos más habituales en nuestras edificaciones y los referidos así mismo a los de **1,00 m²**, por representar la unidad comparativa o unidad de referencia.

El parámetro que se analiza en este primer apartado, dedicado a la forma geométrica del hueco, es el del **perímetro** que genera la forma geométrica dentro del hueco, **PH**, planteando el análisis desde el aspecto puramente formal. No intervienen en este primer análisis ni la ocupación del diseño de la carpintería, ni su fracción de ocupación, ni las propiedades térmicas de ninguno de sus componentes, estableciendo el análisis puramente geométrico debido a la forma.

3.3.1.

DIFERENTES FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS CON IGUAL OCUPACIÓN DE SUPERFICIE PH - PERÍMETRO DE HUECO. VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Este parámetro depende solo de la forma geométrica del hueco, sin intervención de la carpintería, el vidrio, del número de particiones o de ser o no practicable.

PH - HUECO DIFERENTE FORMA GEOMÉTRICA <i>versus</i> HUECO IGUAL SUPERFICIE																				
PERÍMETRO DE HUECO: PH (m)																				
FORMA	A m²																			
	PH																			
CIRCULAR	1,121	1,585	1,942	2,242	2,507	2,746	2,966	3,171	3,363	3,545	3,718	3,883	4,042	4,194	4,342	4,484	4,622	4,756	4,886	5,013
TRIANGULAR	1,442	2,039	2,497	2,883	3,224	3,531	3,814	4,078	4,325	4,559	4,782	4,994	5,198	5,394	5,584	5,767	5,944	6,117	6,284	6,447
CUADRADO	1,265	1,789	2,191	2,530	2,828	3,098	3,347	3,578	3,795	4,000	4,195	4,382	4,561	4,733	4,899	5,060	5,215	5,367	5,514	5,657
ÁUREO V.	1,302	1,841	2,255	2,603	2,911	3,189	3,444	3,682	3,905	4,116	4,317	4,509	4,693	4,871	5,041	5,207	5,367	5,523	5,674	5,821
ÁUREO H.	1,302	1,841	2,255	2,603	2,911	3,189	3,444	3,682	3,905	4,116	4,317	4,509	4,693	4,871	5,041	5,207	5,367	5,523	5,674	5,821
2W=H	1,342	1,897	2,324	2,683	3,000	3,286	3,550	3,795	4,025	4,243	4,450	4,648	4,837	5,020	5,196	5,367	5,532	5,692	5,848	6,000
W=2H	1,342	1,897	2,324	2,683	3,000	3,286	3,550	3,795	4,025	4,243	4,450	4,648	4,837	5,020	5,196	5,367	5,532	5,692	5,848	6,000
3W=H	1,461	2,066	2,530	2,921	3,266	3,578	3,864	4,131	4,382	4,619	4,844	5,060	5,266	5,465	5,657	5,842	6,022	6,197	6,367	6,532
W=3H	1,461	2,066	2,530	2,921	3,266	3,578	3,864	4,131	4,382	4,619	4,844	5,060	5,266	5,465	5,657	5,842	6,022	6,197	6,367	6,532

Tabla T-3.1-FH



Serie de superficies analizadas en gráficos.

Se analizan las series mínima y máxima, así como las correspondientes al valor 0,80 m², por ser de las más habituales y la correspondiente al valor de 1,00 m², por su carácter de unidad comparativa

- Valores Mínimos PH
- Valores Máximos PH

3.3.1.

DIFERENTES FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS CON IGUAL OCUPACIÓN DE SUPERFICIE

PH - PERÍMETRO DE HUECO. VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

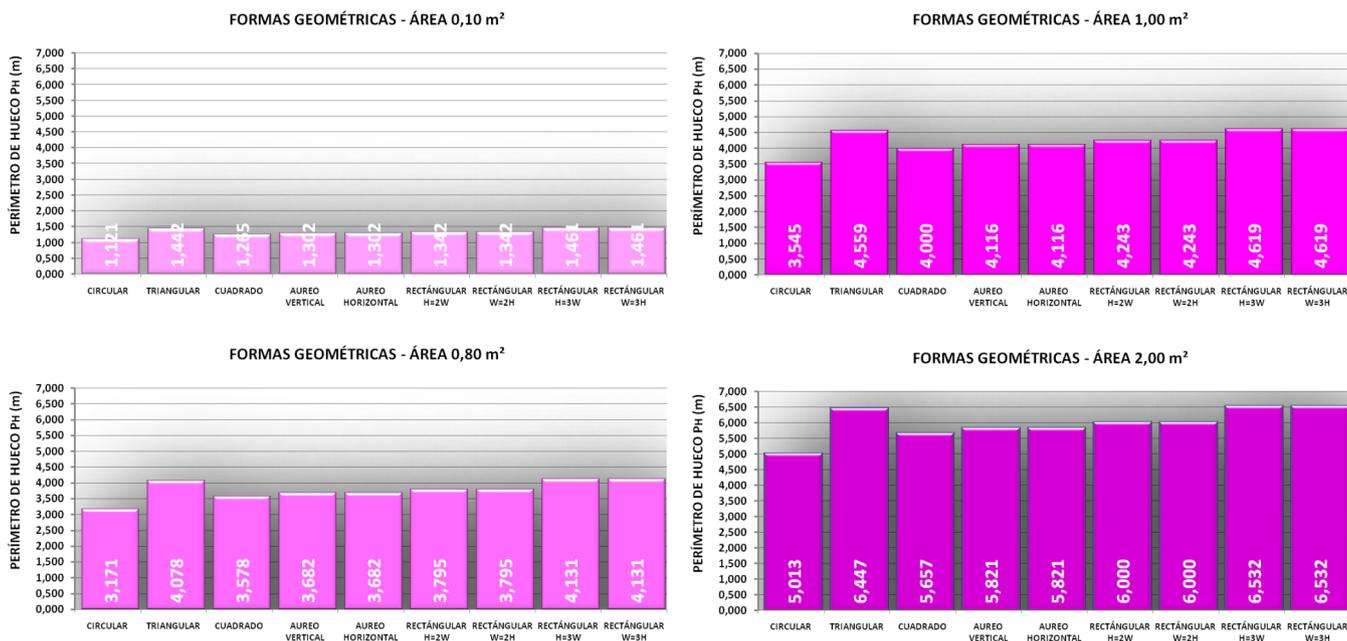


Gráfico G-3.1-FH

Tanto en la tabla **T-3.1-FH** y el gráfico **G-3.1-FH**, se puede observar como la forma geométrica de hueco **circular** es de entre todas las formas geométricas analizadas la que suministra un valor inferior de perímetro interior de hueco, **PH**, en todas las series de superficies.

Por el contrario, las rectangulares **3W=H**, **W=3H**, son las formas geométricas que mayor perímetro de hueco desarrollan.

DIFERENTES FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS CON IGUAL OCUPACIÓN DE SUPERFICIE PH - PERÍMETRO DE HUECO. VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

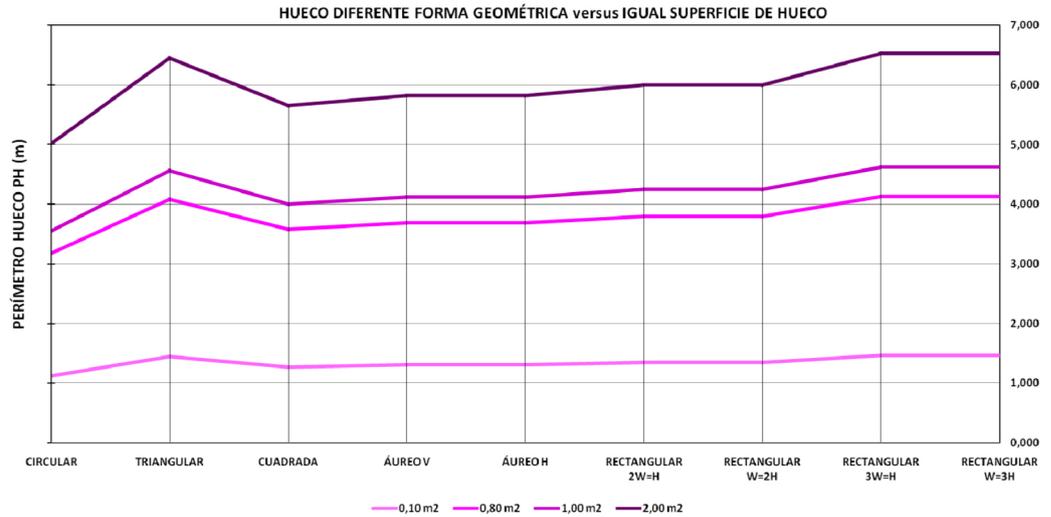


Gráfico G-3.2-FH

En el gráfico **G-3.2-FH**, se observa como las cuatro series de superficie, **0,10 m²**, **0,80 m²**, **1,00 m²** y **2,00 m²**, establecen diferentes perímetros de hueco, **PH**, para cada forma geométrica de hueco.

3.3.1.

DIFERENTES FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS CON IGUAL OCUPACIÓN DE SUPERFICIE PH - PERÍMETRO DE HUECO. VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

PH - HUECO DIFERENTE FORMA GEOMÉTRICA <i>versus</i> HUECO IGUAL SUPERFICIE																				
PERÍMETRO DE HUECO: PH (m)																				
INCREMENTO PORCENTAJE (%) RESTO FORMAS GEOMÉTRICAS, RESPECTO A LA FORMA (CÍRCULAR) x CADA MÓDULO DE ÁREA (A)																				
FORMA	A m ²																			
	ΔPH																			
CIRCULAR	1,121	1,585	1,942	2,242	2,507	2,746	2,966	3,171	3,363	3,545	3,718	3,883	4,042	4,194	4,342	4,484	4,622	4,756	4,886	5,013
TRIANGULAR	28,61	28,61	28,61	28,61	28,61	28,61	28,61	28,61	28,61	28,61	28,61	28,61	28,61	28,61	28,61	28,61	28,61	28,61	28,61	28,61
CUADRADO	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84
ÁUREO V.	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12
ÁUREO H.	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12	16,12
2W=H	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68
W=2H	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68
3W=H	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29
W=3H	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29	30,29

Tabla T-3.2-FH

- Valores Mínimos Δ PH respecto CIRCULAR
- Valores Máximos Δ PH respecto CIRCULAR

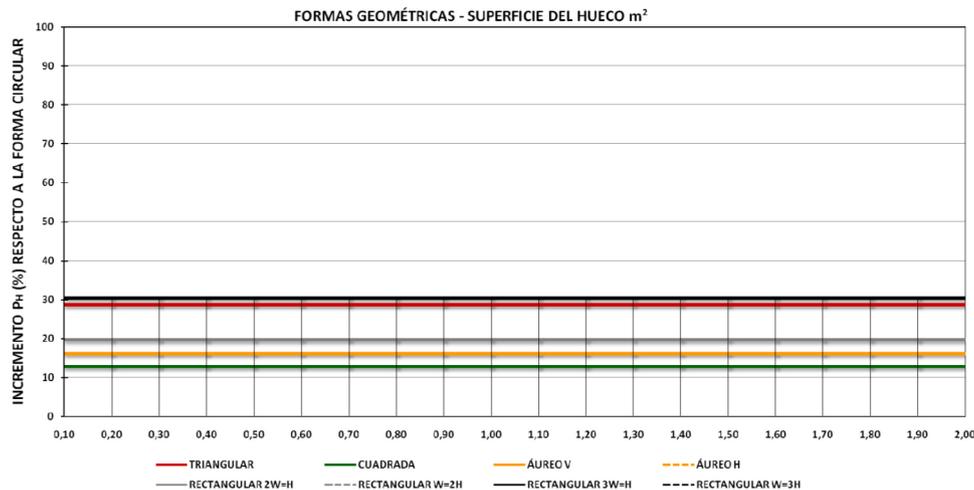


Gráfico G-3.3-FH

DIFERENTES FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS CON IGUAL OCUPACIÓN DE SUPERFICIE PH - PERÍMETRO DE HUECO. VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En la tabla **T-3.2-FH** y en el gráfico **G-3.3-FH**, se observa como las demás formas geométricas de huecos generan mayores **PH** que la forma **circular**, oscilando este exceso con referencia a la serie de superficie de **1 m²**, en un valor de:

- Un **12,84 %** cuando se trata de la forma **cuadrada**
- Un **16,12 %** cuando se trata de las formas **áureas**
- Un **19,68 %** cuando se trata de las formas **rectangulares 2W=H, W=2H**
- Un **28,61 %** cuando se trata de la forma **triangular**
- Un **30,29 %** cuando se trata de las formas **rectangulares 3W=H, W=3H**

Estos valores porcentuales de incremento del perímetro de hueco generado por cada forma geométrica y con respecto a la forma circular, se mantienen constantes a lo largo de las

diferentes series de superficies para cada una de ellas.

Estableciendo la escala de formas geométricas de huecos de menor a mayor valor de **PH**, se obtiene:

PH – FORMA DEL HUECO						
MENOR PH ←			→ MAYOR PH			
FORMA HUECO	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS	R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H

Tabla T-3.3-FH

3.4. **FORMA DEL HUECO IGUALES FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS CON DIFERENTE OCUPACIÓN DE SUPERFICIE**

Del estudio anterior y utilizando las mismas series de datos obtenidos, se puede realizar una lectura complementaria, analizando cada forma geométrica de modo independiente, individualizando su comportamiento con la variación de superficie a través de las series utilizadas.

3.4.1.

IGUALES FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS CON DIFERENTE OCUPACIÓN DE SUPERFICIE PH - PERÍMETRO DE HUECO VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

PH - HUECO IGUAL FORMA GEOMÉTRICA <i>versus</i> HUECO DIFERENTE SUPERFICIE																				
PERÍMETRO DE HUECO: PH (m)																				
FORMA	A m ²																			
	PH																			
CIRCULAR	1,121	1,585	1,942	2,242	2,507	2,746	2,966	3,171	3,363	3,545	3,718	3,883	4,042	4,194	4,342	4,484	4,622	4,756	4,886	5,013
TRIANGULAR	1,442	2,039	2,497	2,883	3,224	3,531	3,814	4,078	4,325	4,559	4,782	4,994	5,198	5,394	5,584	5,767	5,944	6,117	6,284	6,447
CUADRADO	1,265	1,789	2,191	2,530	2,828	3,098	3,347	3,578	3,795	4,000	4,195	4,382	4,561	4,733	4,899	5,060	5,215	5,367	5,514	5,657
ÁUREO V.	1,302	1,841	2,255	2,603	2,911	3,189	3,444	3,682	3,905	4,116	4,317	4,509	4,693	4,871	5,041	5,207	5,367	5,523	5,674	5,821
ÁUREO H.	1,302	1,841	2,255	2,603	2,911	3,189	3,444	3,682	3,905	4,116	4,317	4,509	4,693	4,871	5,041	5,207	5,367	5,523	5,674	5,821
2W=H	1,342	1,897	2,324	2,683	3,000	3,286	3,550	3,795	4,025	4,243	4,450	4,648	4,837	5,020	5,196	5,367	5,532	5,692	5,848	6,000
W=2H	1,342	1,897	2,324	2,683	3,000	3,286	3,550	3,795	4,025	4,243	4,450	4,648	4,837	5,020	5,196	5,367	5,532	5,692	5,848	6,000
3W=H	1,461	2,066	2,530	2,921	3,266	3,578	3,864	4,131	4,382	4,619	4,844	5,060	5,266	5,465	5,657	5,842	6,022	6,197	6,367	6,532
W=3H	1,461	2,066	2,530	2,921	3,266	3,578	3,864	4,131	4,382	4,619	4,844	5,060	5,266	5,465	5,657	5,842	6,022	6,197	6,367	6,532

Tabla T-3.4-FH

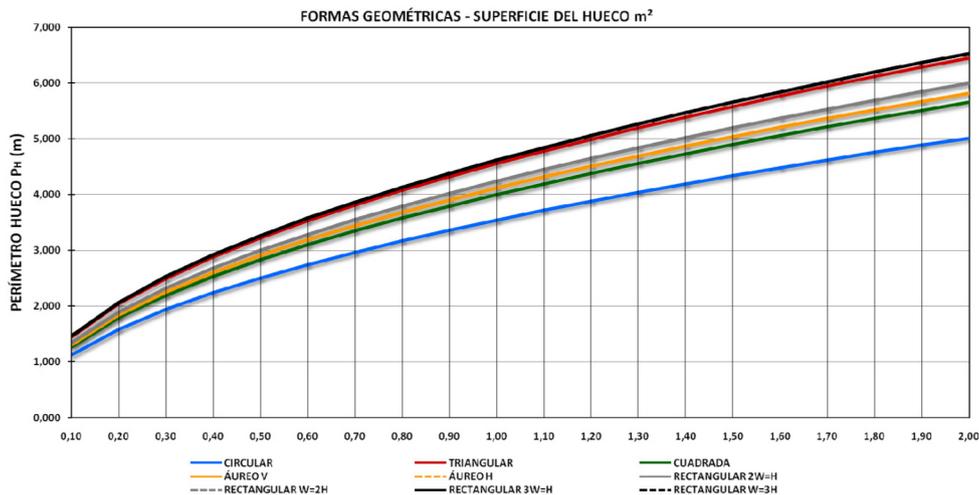


Gráfico G-3.4-FH

3.4.1.

IGUALES FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS CON DIFERENTE OCUPACIÓN DE SUPERFICIE PH - PERÍMETRO DE HUECO VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

PH - HUECO IGUAL FORMA GEOMÉTRICA <i>versus</i> HUECO DIFERENTE SUPERFICIE																				
PERÍMETRO DE HUECO: PH (m)																				
INCREMENTO PORCENTAJE (%), RESPECTO A LA SERIE DE SUPERFICIE ORIGEN - SERIE DE SUPERFICIE 0,10 m ²																				
FORMA	A m ²																			
	PH	ΔPH																		
CIRCULAR	1,121	41,42	73,21	100,00	123,61	144,95	164,58	182,84	200,00	216,23	231,66	246,41	260,56	274,17	287,30	300,00	312,31	324,26	335,89	347,21
TRIANGULAR	1,442	41,42	73,21	100,00	123,61	144,95	164,58	182,84	200,00	216,23	231,66	246,41	260,56	274,17	287,30	300,00	312,31	324,26	335,89	347,21
CUADRADO	1,265	41,42	73,21	100,00	123,61	144,95	164,58	182,84	200,00	216,23	231,66	246,41	260,56	274,17	287,30	300,00	312,31	324,26	335,89	347,21
ÁUREO V.	1,302	41,42	73,21	100,00	123,61	144,95	164,58	182,84	200,00	216,23	231,66	246,41	260,56	274,17	287,30	300,00	312,31	324,26	335,89	347,21
ÁUREO H.	1,302	41,42	73,21	100,00	123,61	144,95	164,58	182,84	200,00	216,23	231,66	246,41	260,56	274,17	287,30	300,00	312,31	324,26	335,89	347,21
2W=H	1,342	41,42	73,21	100,00	123,61	144,95	164,58	182,84	200,00	216,23	231,66	246,41	260,56	274,17	287,30	300,00	312,31	324,26	335,89	347,21
W=2H	1,342	41,42	73,21	100,00	123,61	144,95	164,58	182,84	200,00	216,23	231,66	246,41	260,56	274,17	287,30	300,00	312,31	324,26	335,89	347,21
3W=H	1,461	41,42	73,21	100,00	123,61	144,95	164,58	182,84	200,00	216,23	231,66	246,41	260,56	274,17	287,30	300,00	312,31	324,26	335,89	347,21
W=3H	1,461	41,42	73,21	100,00	123,61	144,95	164,58	182,84	200,00	216,23	231,66	246,41	260,56	274,17	287,30	300,00	312,31	324,26	335,89	347,21

Tabla T-3.5-FH

PH - HUECO IGUAL FORMA GEOMÉTRICA <i>versus</i> HUECO DIFERENTE SUPERFICIE																				
PERÍMETRO DE HUECO: PH (m)																				
INCREMENTO PORCENTAJE (%), RESPECTO A LA SERIE DE SUPERFICIE ADYACENTE – ORIGEN SERIE DE SUPERFICIE 0,10 m ²																				
FORMA	A m ²																			
	PH	ΔPH																		
CIRCULAR	1,121	41,42	22,47	15,47	11,80	9,54	8,01	6,90	6,07	5,41	4,88	4,45	4,08	3,77	3,51	3,28	3,08	2,90	2,74	2,60
TRIANGULAR	1,442	41,42	22,47	15,47	11,80	9,54	8,01	6,90	6,07	5,41	4,88	4,45	4,08	3,77	3,51	3,28	3,08	2,90	2,74	2,60
CUADRADO	1,265	41,42	22,47	15,47	11,80	9,54	8,01	6,90	6,07	5,41	4,88	4,45	4,08	3,77	3,51	3,28	3,08	2,90	2,74	2,60
ÁUREO V.	1,302	41,42	22,47	15,47	11,80	9,54	8,01	6,90	6,07	5,41	4,88	4,45	4,08	3,77	3,51	3,28	3,08	2,90	2,74	2,60
ÁUREO H.	1,302	41,42	22,47	15,47	11,80	9,54	8,01	6,90	6,07	5,41	4,88	4,45	4,08	3,77	3,51	3,28	3,08	2,90	2,74	2,60
2W=H	1,342	41,42	22,47	15,47	11,80	9,54	8,01	6,90	6,07	5,41	4,88	4,45	4,08	3,77	3,51	3,28	3,08	2,90	2,74	2,60
W=2H	1,342	41,42	22,47	15,47	11,80	9,54	8,01	6,90	6,07	5,41	4,88	4,45	4,08	3,77	3,51	3,28	3,08	2,90	2,74	2,60
3W=H	1,461	41,42	22,47	15,47	11,80	9,54	8,01	6,90	6,07	5,41	4,88	4,45	4,08	3,77	3,51	3,28	3,08	2,90	2,74	2,60
W=3H	1,461	41,42	22,47	15,47	11,80	9,54	8,01	6,90	6,07	5,41	4,88	4,45	4,08	3,77	3,51	3,28	3,08	2,90	2,74	2,60

Tabla T-3.6-FH

IGUALES FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS CON DIFERENTE OCUPACIÓN DE SUPERFICIE PH - PERÍMETRO DE HUECO VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

La tabla, **T-3.5-FH**, valora los incrementos en porcentaje que cada una de las formas geométricas de huecos establece sobre sí misma y con respecto a la fracción de superficie inferior de **0,10 m²**.

Se observa cómo se obtienen diferentes porcentajes de aumento del perímetro del hueco, **PH**, dependiendo de la fracción de superficie analizada, manteniéndose en cada una de ellas constante dicho porcentaje para todas las formas geométricas analizadas.

La tabla, **T-3.6-FH**, valora los incrementos en porcentaje que cada una de las formas geométricas de huecos establece sobre sí misma y con respecto a las diferentes series de superficies adyacentes, estableciendo como origen comparativo la serie de superficie inferior de **0,10 m²**.

Estos porcentajes son muy acusados en las fracciones de superficie reducidas, mientras que a medida que aumenta ésta, los porcentajes se van reduciendo a valores mínimos.

Todas las formas geométricas de huecos tienen el mismo comportamiento, al aumentar la superficie del hueco, se aumenta el perímetro de hueco, **PH**, en un porcentaje cada vez más reducido.

3.5. FORMA DEL HUECO PH - PERÍMETRO DE HUECO CONCLUSIONES

Este parámetro dependiente solo de la forma geométrica del hueco, sin intervención de ninguna otra variable, nos proporciona datos sobre las formas geométricas que desarrollan menores perímetros de hueco, que posteriormente podrán ser utilizados como recurso en el diseño de huecos y de ventanas.

Conclusión 1

La elección particular de la forma geométrica del hueco para una misma superficie, incide en el valor del perímetro interior del mismo, **PH**, obteniendo formas compactas o de perímetro mínimo, como la forma **circular**, o máximo como las **rectangulares $W=3H$, $3W=H$** , que con respecto a la circular establecen valores superiores de este parámetro en más de un **30%**

Conclusión 3

El valor del perímetro del hueco, **PH** de todas las formas geométricas de huecos, aumenta con el aumento de la superficie del hueco.

Conclusión 2

El porcentaje de aumento del valor del perímetro del hueco, **PH**, de cada una de las diversas formas geométricas con respecto a la más compacta, es independiente de la superficie del hueco, manteniéndose constante dicho porcentaje en todas las series de superficies analizadas para cada una de las formas geométricas de huecos.

Conclusión 4

El porcentaje de incremento del perímetro del hueco, **PH**, disminuye con el aumento de superficie del hueco.

FORMA DEL HUECO PH - PERÍMETRO DE HUECO CONCLUSIONES

Estas conclusiones inciden en las estrategias de diseño del hueco desde dos aspectos fundamentales como son:

I Reducción del perímetro del hueco para igual área o superficie

Menor perímetro de hueco, en principio implica menor desarrollo de marco o carpintería en la ventana para igual superficie de hueco.

Esta reducción del perímetro del hueco, **PH** y el menor desarrollo de marco o carpintería, que habitualmente dispone de peores o más reducidas propiedades térmicas, puede ocasionar que los resultados finales de la transmitancia térmica del hueco en general, mejoren.

En los capítulos siguientes, veremos que dependiendo del diseño de la ventana y las propiedades térmicas de sus componentes esta estrategia de elección de huecos con geometrías de perímetro reducido es válida y cuantificable.

II Aumento del área o superficie del hueco para igual perímetro

Mayor superficie de hueco para un mismo perímetro de hueco, **PH**, implica mayor superficie de vidrio para igual ocupación marco o carpintería.

3.5.

FORMA DEL HUECO PH - PERÍMETRO DE HUECO CONCLUSIONES

Este aumento de la superficie del hueco y el correspondiente aumento de la superficie de vidrio que habitualmente dispone de mejores propiedades térmicas, puede ocasionar que los resultados finales de la transmitancia térmica del hueco en general, mejoren.

También este aumento de la superficie del hueco, implica mejores condiciones de captación, tanto a nivel energético como luminoso, originando mejores condiciones térmicas interiores, funcionales y de uso, evidentemente, siempre y cuando las orientaciones de los huecos sean las idóneas.

De igual modo, este criterio puede justificarse también negativamente, debido a nuestro entorno geográfico, al posible exceso de radiación y al posible recalentamiento de las edificaciones, pero las estrategias de ahorro energético no deben basarse en penalizar o impedir la captación como principio, sino en evitar la incidencia directa de esta radiación por medio del diseño y el desarrollo de

estrategias pasivas externas que la interrumpen en los correspondientes ciclos estacionales, permitiendo que la radiación solar pueda ser usada en otros periodos más propicios.

Respecto a las conclusiones propiamente dichas de este capítulo dedicado a la forma del hueco, la forma geométrica de hueco circular, la que menor perímetro genera, en principio, parece que es la forma geométrica que puede realizar huecos más compactos, con menores desarrollos de marco o carpintería y mayor superficie de vidrio.

Veremos en los siguientes capítulos, que no solo la forma del hueco incide en las estrategias de mejora térmica, sino que factores como la forma de la ventana, su diseño y particiones y las propiedades térmicas tanto del marco como del vidrio, conjuntamente con las del espaciador de éste, van a configurar una compleja serie de variaciones que completan estas estrategias.

FDV

FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA

4. FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA

La forma geométrica del hueco, como hemos visto en el capítulo 3, y desde un primer y básico análisis, incide en la dimensión del perímetro interior del mismo estableciendo aquellas formas geométricas que nos proporcionan un mayor o menor desarrollo perimetral de marco o carpintería, que a su vez, dependiendo de su ocupación superficial y de sus propiedades térmicas en combinación con las del vidrio y su espaciador, nos permiten obtener diferentes valores de **UH** para una misma superficie de hueco [4].

La simple elección de la forma geométrica del hueco, sin intervención de otros parámetros o variables, como hemos podido observar, puede modificar el perímetro del hueco en porcentajes que en algunos casos superan el **30%** con respecto a formas más compactas o de menor desarrollo perimetral e independientemente de la superficie del hueco .

También hemos podido observar como a medida que aumenta la superficie del hueco, el perímetro, **PH**,

también aumenta, pero lo hace en menor proporción en las fracciones de superficie superiores que en las series de superficie de menor entidad, lo que sumado a lo reducido de la superficie de vidrio que se genera en estas fracciones de pequeños huecos, penaliza su uso, desde el punto de vista de la captación y desde los elevados resultados de transmitancia térmica, **UH**, que se pueden llegar a obtener, como veremos en los capítulos **11**, **12** y **13**, del **Volumen 2** de esta investigación.

En este capítulo relativo a la forma y el diseño de la ventana, vamos a introducir las primeras variables a cada una de las formas geométricas de huecos analizadas y que corresponden al diseño del sistema que se inserta en el correspondiente hueco.

Por una parte vamos a analizar la distribución o diseño de sus particiones, su carácter **formal** y por otro lado su carácter **funcional**, el diseño de su forma de manipulación y apertura.

4) Ver subcapítulo 3.5. PH – Perímetro de Hueco - CONCLUSIONES

4.1. FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA DISEÑO FORMAL - PARTICIONES

Como punto de partida se han establecido una serie de diseños o particiones formales que aplicadas a todas y cada una de las formas geométricas de huecos, nos permitan valorar la incidencia de este parámetro en las soluciones o modelos más habituales de la edificación.

Se han establecido 4 tipologías básicas de particiones:

- | | | |
|----|--------------------------------------|---------------------|
| 1- | Ventanas con 1 sola partición | en su configuración |
| 2- | Ventanas con 2 particiones | en su configuración |
| 3- | Ventanas con 3 particiones | en su configuración |
| 4- | Ventanas con 4 particiones | en su configuración |

Las particiones que se efectúan se realizan configurando y mecanizando el sistema del marco o carpintería que conformar la geometría, generando el mismo número de unidades de vidrio independientes.

Existen en el mercado múltiples soluciones de posibles particiones sobrepuestas o superpuestas al vidrio que no se han tenido en cuenta debido a que la posible modificación

del valor de la transmitancia térmica del hueco, **UH**, y más concretamente la transmitancia térmica del vidrio, **UH,v**, que se produce en la zona de la partición, es indefinida o imposible de determinar con los parámetros de cálculo normativos del **CTE DB HE** (posterior a febrero 2015) con la aplicación de la **UNE EN ISO 10077-1:2010, EN ISO 10077-1:2006** [5], ya que en esta normativa solo se especifican los valores de la transmitancia

5) Ver: anexo E, *Table E.1-Values of linear thermal transmittance for common types of glazing spacer bars (e.g. aluminium or steel)* y *Table E.2-Values of linear thermal transmittance for glazing spacer bars with improved thermal performance*. EN ISO 10077-1:2006

4.1. FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA DISEÑO FORMAL - PARTICIONES

térmica lineal del espaciador perimetral del vidrio, del tipo convencional o mejorado térmicamente.

De igual modo, existen así mismo soluciones comerciales de posibles particiones que se pueden insertar en el interior del vidrio, en la cámara, con los mismos efectos que se han descrito anteriormente.

La superposición o inclusión en el vidrio, de un elemento o partición con diferente naturaleza y propiedades térmicas que las del vidrio, hace que se genere un diferencial de transmitancia térmica entre ambos, produciendo un puente térmico lineal a lo largo del desarrollo de las particiones, difícil de evaluar y valorar con los parámetros de cálculo habituales o establecidos, pudiendo recurrir a software o programas de cálculo específicos por métodos numéricos recogidos en la **UNE EN ISO 10077-2:2012, EN ISO 10077-2:2012** [6].

Debido a estas imposibilidades o dificultades de cálculo, como se especificaba anteriormente, se ha optado por las particiones ejecutadas con el mismo sistema del marco, creando así mismo las correspondientes particiones particulares o unidades de vidrio individuales para cada una de las particiones que se generan.

Esta opción de generar las particiones, dispone del correspondiente valor del coeficiente de transmitancia térmica lineal, Ψ_g , que genera el espaciador perimetral del vidrio, bien recurriendo a las tablas especificadas en los anexos E.1 y E.2 de la norma **UNE EN ISO 10077-1:2010, EN ISO 10077-1:2006**, o al nuevo documento publicado por el CTE, “*Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, Código Técnico de la Edificación, DA DB-HE / 1, Cálculo de parámetros característicos de la envolvente, de febrero 2015*”, en la correspondiente tabla 10 que se muestra a continuación.

6) Ver: *EN ISO 10077-2:2012 Thermal performance of Windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance – Part 2: Numerical method for frames*

FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA DISEÑO FORMAL - PARTICIONES

Tabla 10 Transmitancia térmica lineal Ψ_p y Ψ_g en huecos*

Material del marco	Acrilamiento o empanelado simple	Acrilamiento o empanelado doble o triple	Acrilamiento doble con baja emisividad o triple con dos capas de baja emisividad
Madera y plástico	0,00	0,06 / 0,05	0,08 / 0,06
Metálico con rotura de puente térmico	0,00	0,08 / 0,06	0,11 / 0,08
Metálico sin rotura de puente térmico	0,00	0,02 / 0,01	0,05 / 0,04

* Valores para elementos separadores convencionales y para elementos de prestaciones térmicas mejoradas.

Tabla T-4.1-FDV[7]

7) Ver: Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, Código Técnico de la Edificación, DA DB-HE / 1, Cálculo de parámetros característicos de la envolvente. Febrero 2015, Ministerio de Fomento. Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda. Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo

4.2. FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA DISEÑO FUNCIONAL de APERTURA → FIJOS → PRACTICABLES

Para la aplicación y el desarrollo del diseño funcional o forma de apertura, se parte de la configuración básica y simplificada de ventanas fijas y practicables, estudiando ambas soluciones de modo independiente y analizando comparativamente los resultados.

4.2.1. FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA DISEÑO FUNCIONAL de APERTURA → FIJOS

Las ventanas fijas no tienen ninguna problemática en su configuración, ya que se establecen con la elección del correspondiente diseño de particiones y a través de los perfiles comerciales seleccionados para su diseño y construcción.

Estudiando la geometría de los perfiles comerciales de marcos o carpinterías habituales que se emplean en la edificación, podemos encontrar:

• FIJO TIPO 1

Una primera tipología con dimensiones de ocupación específicas y concretas, destinada para la ejecución de ventanas con 1 sola partición fija, cuyo perfil se desarrolla perimetralmente configurando la ventana.

• FIJO TIPO 2

Un segundo perfil, también con dimensiones de ocupación específicas y concretas, superiores al **FIJO TIPO 1**, para aquellos diseños con 2 o más particiones fijas, destinado a la conformación del perfil de carpintería que configura la partición, el parte luz, mainel o travesaño, recibiendo dos vidrios, uno a cada lado y en combinación con el **FIJO TIPO 1**, que constituye el contorno perimetral de la ventana.

4.2.2. FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA DISEÑO FUNCIONAL de APERTURA → PRACTICABLES

Con respecto a las ventanas practicables, se ha tenido que establecer y definir el modo de apertura, ya que las diferentes posibilidades de manipulación implican diferentes sistemas de perfilería y consecuentemente diferentes valores de transmitancia térmica del perfil o marco, **UH,m**. La decisión ha sido sencilla, partiendo que el objetivo de este trabajo de investigación como ya se ha especificado en el capítulo 1, es estudiar aquellas soluciones comerciales habituales y más extendidas.

El estudio se centra en las soluciones de carpinterías con hojas batientes verticales, que además permiten los mejores parámetros de hermeticidad del conjunto de la ventana.

• HOJA TIPO 1

Una primera tipología con dimensiones de ocupación específicas y concretas, destinada para la ejecución de ventanas con 1 sola partición 1 hoja, cuyo perfil se desarrolla perimetralmente configurando la ventana y que difiere en dimensiones del utilizado en las particiones fijas.

• HOJA TIPO 2

Un segundo perfil, también con dimensiones de ocupación específicas y concretas, superiores al **HOJA TIPO 1**, para aquellos diseños con 2 o más particiones con hojas, destinado a la conformación del perfil de carpintería que configura la partición, el parte luz,

FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA DISEÑO FUNCIONAL de APERTURA → PRACTICABLES

mainel o travesaño, recibiendo dos hojas, una a cada lado y en combinación con el **HOJA TIPO 1**, que constituye el contorno perimetral de la ventana.

En la Tabla **T-4.2-FDV** del capítulo siguiente, **4.3 Descripción de las Particiones**, se especifican las diferentes formas geométricas de huecos, el diseño de las ventanas, sus particiones y sus posibilidades de manipulación o sistema de apertura sobre los cuales se ha establecido el análisis.

El criterio de diseño de la ubicación de la partición, como se puede observar, ha sido el que se deriva exclusivamente de aplicar la lógica de uso y de manipulación de las hojas batientes verticales, desarrollando en todas las variaciones, particiones verticales, a excepción de los diseños con 4 particiones, que incorporan también particiones horizontales.

4.3.

FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA DESCRIPCIÓN DE LAS PARTICIONES

1 PARTICIÓN - 1 FIJO										
CIRCULAR	TRIANGULAR *	CUADRADO	ÁUREO VERTICAL	ÁUREO HORIZONTAL	RECTANGULAR 2W=H	RECTANGULAR W=2H	RECTANGULAR 3W=H	RECTANGULAR W=3H	RECTANGULAR 3W=H	RECTANGULAR W=3H
1 PARTICIÓN - 1 HOJA										
CIRCULAR *	TRIANGULAR *	CUADRADO	ÁUREO VERTICAL	ÁUREO HORIZONTAL	RECTANGULAR 2W=H	RECTANGULAR W=2H	RECTANGULAR 3W=H	RECTANGULAR W=3H	RECTANGULAR 3W=H	RECTANGULAR W=3H
2 PARTICIONES - 2 FIJOS *										
CIRCULAR	TRIANGULAR	CUADRADO	ÁUREO VERTICAL	ÁUREO HORIZONTAL	RECTANGULAR 2W=H	RECTANGULAR W=2H	RECTANGULAR 3W=H	RECTANGULAR W=3H	RECTANGULAR 3W=H	RECTANGULAR W=3H
3 PARTICIONES - 3 FIJOS										
CIRCULAR	TRIANGULAR	CUADRADO	ÁUREO VERTICAL	ÁUREO HORIZONTAL	RECTANGULAR 2W=H	RECTANGULAR W=2H	RECTANGULAR 3W=H	RECTANGULAR W=3H	RECTANGULAR 3W=H	RECTANGULAR W=3H
3 PARTICIONES - 3 HOJAS *										
CIRCULAR	TRIANGULAR	CUADRADO	ÁUREO VERTICAL	ÁUREO HORIZONTAL	RECTANGULAR 2W=H	RECTANGULAR W=2H	RECTANGULAR 3W=H	RECTANGULAR W=3H	RECTANGULAR 3W=H	RECTANGULAR W=3H
4 PARTICIONES - 4 FIJOS										
CIRCULAR	TRIANGULAR	CUADRADO	ÁUREO VERTICAL	ÁUREO HORIZONTAL	RECTANGULAR 2W=H	RECTANGULAR W=2H	RECTANGULAR 3W=H	RECTANGULAR W=3H	RECTANGULAR 3W=H	RECTANGULAR W=3H
4 PARTICIONES - 2 HOJAS **										
CIRCULAR	TRIANGULAR	CUADRADO	ÁUREO VERTICAL	ÁUREO HORIZONTAL	RECTANGULAR 2W=H	RECTANGULAR W=2H	RECTANGULAR 3W=H	RECTANGULAR W=3H	RECTANGULAR 3W=H	RECTANGULAR W=3H
CIRCULAR	TRIANGULAR	CUADRADO	ÁUREO VERTICAL	ÁUREO HORIZONTAL	RECTANGULAR 2W=H	RECTANGULAR W=2H	RECTANGULAR 3W=H	RECTANGULAR W=3H	RECTANGULAR 3W=H	RECTANGULAR W=3H

Tabla T-4.2-FDV

FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA DESCRIPCIÓN DE LAS PARTICIONES

* Como se aprecia en los diferentes diseños con más de una partición, la lógica de la manipulación de las diferentes hojas practicables batientes, hace que estas se hayan dispuesto de forma vertical y de ese modo aplicar el mismo criterio a los diseños con más de una partición fija.

** En el diseño de ventana, de 4 particiones, se adopta la opción de 2 hojas practicables, con dos particiones horizontales fijas en dichas hojas, más acorde con el aspecto funcional del hueco.

De nuevo la lógica de manipulación, hace que una ventana de 4 particiones y 4 hojas practicables no sea un diseño muy funcional y extendido. El diseño seleccionado implica una inferior ocupación de marco en la división horizontal de cada hoja que se ha tenido en cuenta en los diferentes cálculos realizados.

4.4. FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA ELECCIÓN DEL SISTEMA DE LA ESTRUCTURA DEL MARCO CARPINTERÍA DE ANÁLISIS

Para configurar el análisis, una vez elegidas las formas geométricas de los huecos, el diseño de la ventana, sus particiones, fijas o practicables, ha sido necesario seleccionar una tipología o sistema de carpintería estándar comercial determinado, ya que de esta elección se deriva la ocupación del marco, la ocupación del vidrio y consecuentemente el perímetro de éste y de sus particiones.

La investigación plantea la elección de un producto comercial, con publicación de sus datos geométricos y de sus propiedades térmicas y con una configuración de perfil estándar o habitual en cuanto a dimensiones, evitando soluciones especiales de hoja oculta o sistemas singulares o específicos de perfil reducido, haciendo más extensible o generalista el estudio a la edificación convencional.

4.4.1.

FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA MATERIAL del MARCO CARPINTERÍA DE ANÁLISIS

Dentro de la elección del material del sistema del marco, se ha seleccionado una carpintería de aluminio con rotura de puente térmico, **RPT**, ya que representa la opción más equilibrada en cuanto a prestaciones térmicas con respecto al costo económico y la sostenibilidad, así como la más extendida en cuanto a su uso en la edificación ordinaria habitual.

Gráfico 1. Mercado de la ventana en España (2010)

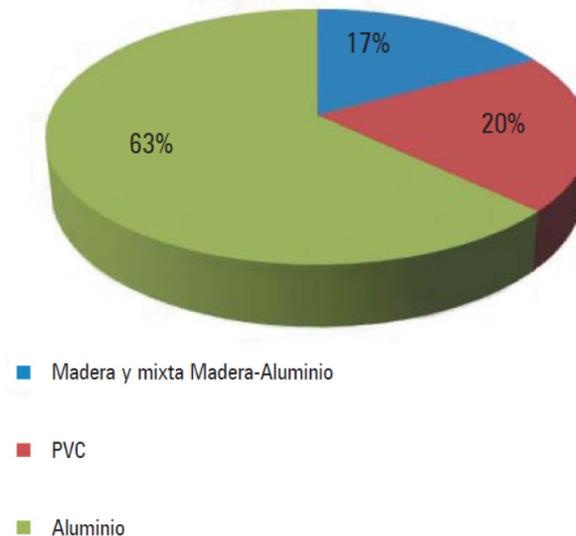


Imagen I-4.1-FDV[8]

8) Fuente: ASOMA -Asociación Española de Fabricantes de Ventanas de Madera y Mixtas (Madera-Aluminio)

4.4.2. FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA PERFIL COMERCIAL del MARCO CARPINTERÍA DE ANÁLISIS

El perfil seleccionado se ha determinado, valorando a la vez diferentes productos comerciales, que dispongan públicamente de sus correspondientes datos de transmitancia térmica del perfil del marco, **UH,m** en **W/m²K**, poco habitual o muy difícil de conseguir e indispensable para poder aplicar los diferentes productos comerciales a nuestros huecos particulares y poder realizar con rigurosidad los cálculos correspondientes de la transmitancia térmica del hueco **UH**.

A este respecto indicar que nos hemos encontrado con los siguientes patrones comerciales:

a) Productos comerciales que aportan un valor general de transmitancia térmica del hueco, **UH**, sin definir la ventana de ensayo, sin aportar sus dimensiones, sin especificar el vidrio utilizado, ni el valor de la transmitancia térmica del marco, con lo que definitivamente no podemos adoptar dicho producto a nuestro hueco particular y establecer con rigor las propiedades térmicas del mismo.

b) Productos comerciales que aportan un valor general de transmitancia térmica de hueco, **UH**, acompañado de las dimensiones y características de la ventana de ensayo, así como el tipo de vidrio. Datos confusos y engañosos, ya que por sí solos estos datos, no se pueden aplicar directamente a la gran variedad de huecos que se pueden realizar con ese producto.

La aplicación particular e individualizada de estas carpinterías pasa por obtener el valor teórico de las características térmicas, la transmitancia térmica del marco, **UH,m**, por deducción matemática en aplicación de las expresiones de cálculo recogidas tanto en el **CTE DB HE**, "*Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, Código Técnico de la Edificación, DA DB-HE / 1, Cálculo de parámetros característicos de la envolvente, de febrero 2015*", como en la **EN ISO 10077-1:2006**

FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA PERFIL COMERCIAL del MARCO CARPINTERÍA DE ANÁLISIS

c) Y por último, productos comerciales que nos proporcionan tanto el valor general de la transmitancia térmica del hueco, **UH**, así como las características de la ventana de ensayo y del valor particular de la transmitancia térmica del marco, **Uh,m**, así como la del vidrio utilizado **UH,v**.

En esta tercera opción de fabricantes y suministradores es donde se ha centrado el estudio de búsqueda de los diferentes productos para obtener dicho valor de **UH,m**, seleccionando y aplicando las características térmicas que se suministran y publican.

Anotamos así mismo que incluso entre este reducido grupo de marcas o productos comerciales que sí suministran los datos particulares de la transmitancia térmica del marco, **Uh,m**, la mayoría de las veces está relacionada con ventanas de ensayo con hojas practicables, desconociendo el valor que representa el marco de una configuración de un hueco con carpintería fija, que dimensionalmente varía en una reducción en cuanto a

ocupación, datos que se han tenido en cuenta a la hora de calcular nuestras particiones, pero que varían en cuanto a las propiedades térmicas de la solución practicable publicada.

Una opción para la obtención de estos datos característicos de la configuración de la carpintería para huecos fijos, sería a través de la aplicación de cualquier software o programa de cálculo por métodos numéricos de acuerdo con la Norma **UNE EN ISO 10077-2:2012**, “*Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas. Cálculo del coeficiente de transmisión térmica. Parte 2 Método numérico para los marcos*”, como por ejemplo:

AnTherm2D [9],
WinIso2D [10],
Therm [11],
HEAT2D [12],
FLIXO [13],

9) <http://www.antherm.at/antherm/index.htm>

10) <http://www.sommer-informatik.com/winiso2d>

11) <http://windows.lbl.gov/software/therm/therm/html>

12) <http://www.buildingphysics.com/index-filer/heat2.htm>

13) <http://www.infomind.ch>

4.4.2. FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA PERFIL COMERCIAL del MARCO CARPINTERÍA DE ANÁLISIS

Debido a que el objetivo de esta tesis no se enmarca en la metodología de obtención particular de los datos de los productos en cuanto a sus características térmicas, si no en la adopción de todos aquellos valores que son de acceso público y suministrados por las marcas comerciales sin entrar en la veracidad de estos o la manera o método de su obtención ya que existe normativa al respecto [14] y por aplicar un carácter de simplificación, se ha adoptado el valor **UH,m**, suministrado, para ambas opciones, **FIJA** y **PRACTICABLE**, teniendo en cuenta, eso sí, la variación dimensional de ocupación.

Dentro de esta escasa y reducida horquilla de productos comerciales, asentados en nuestro mercado nacional, que sí nos proporcionan los datos de la transmitancia térmica del marco de la ventana, **UH,m**, la elección recae en un perfil estándar, sin representar tipologías de perfil reducido o con características específicas o singulares, recurriendo a un perfil visto de dimensiones habituales de:

55 mm para soluciones de carpinterías no practicables o fijas, **FIJO TIPO 1**, colocado perimetralmente;

80 mm para ventanas con más de 1 partición no practicables o fijas, **FIJO TIPO 2**, configurando la partición intermedia;

104 mm con incorporación de una hoja practicable, **HOJA TIPO 1**, ubicado perimetralmente; y por último,

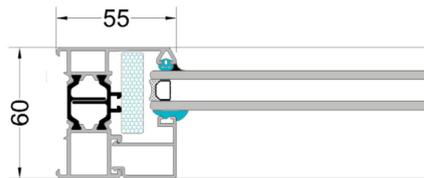
170 mm para el perfil montante intermedio, **HOJA TIPO 2**, mainel de hojas practicables.

La profundidad del perfil también supone una dimensión estándar o habitual de 60 mm, para los cercos del marco de la ventana y 70 mm para los cercos de las hojas practicables de la ventana, parámetro que influirá en el factor solar modificado F, resultante de aplicar el retranqueo específico seleccionado, sin ningún otro tipo de elementos o sistemas de control solar en el hueco.

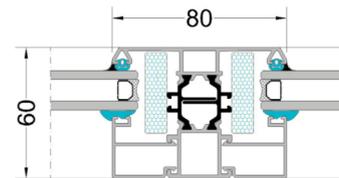
14) Instrucción sobre criterios para la puesta en práctica del marcado CE de las ventanas, ventanas para tejados y puertas exteriores peatonales, en el marco del reglamento (UE) nº 305/2011 (versión 6ª octubre 2013). Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa. Subdirección General de Calidad y Seguridad Industrial

FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA PERFIL COMERCIAL del MARCO CARPINTERÍA DE ANÁLISIS

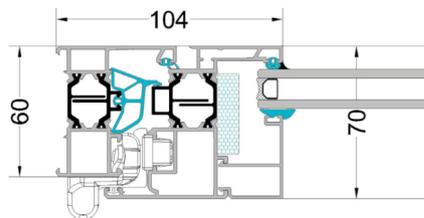
Con todos estos requisitos y con las restringidas posibilidades comerciales que se publican en nuestro país y que en última instancia ofrecen los datos correspondientes, se ha seleccionado para realizar todo el análisis comparativo un perfil de carpintería de la marca **CORTIZO, COR60 RPT CC16**, cuya ficha comercial y secciones de perfilería se acompañan.



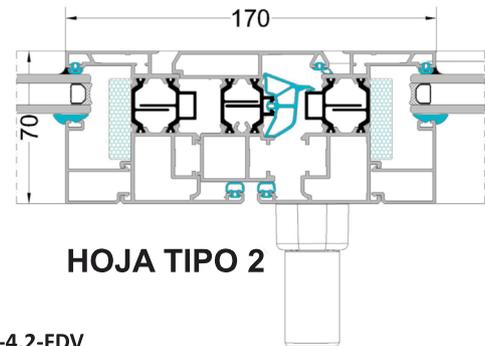
FIJO TIPO 1



FIJO TIPO 2



HOJA TIPO 1



HOJA TIPO 2

Imagen I-4.2-FDV

4.4.2. FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA PERFIL COMERCIAL del MARCO CARPINTERÍA DE ANÁLISIS

Sistema Cor-60 CC16 con RPT

Sistema de ventana abisagrada de 60 mm. con un valor de transmitancia de marco de sólo 2,2 W/m²K que se logra gracias a la perfecta conjunción y diseño de perifería de aluminio, varillas de poliamida tubulares de 25 mm, juntas de estanqueidad tubulares E.P.D.M. y un sistema de espuma de poliuretano colocada perimetralmente en el galce del vidrio.

Posibilidad de hojas rectas y achaflanadas y de junquillos rectos, achaflanados y curvos.

Presenta la posibilidad de incorporar herraje con bisagras ocultas.



Imagen I-4.3-FDV

FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA PERFIL COMERCIAL del MARCO CARPINTERÍA DE ANÁLISIS

Sistema Cor-60 CC16 con RPT

Transmitancia

UH desde 0,8 (W/m²K)

Consultar tipología, dimensión y vidrio

CTE-Apto para zonas climáticas*: α A B C D E

*En función de la transmitancia del vidrio

Aislamiento acústico

Máximo acristalamiento: 48 mm.

Máximo aislamiento acústico R_w=46 dB

Categorías alcanzadas en banco de ensayos

Permeabilidad al aire
(UNE-EN 12207:2000): Clase 4

Etanqueidad al agua
(UNE-EN 12208:2000): Clase E1200

Resistencia al viento
(UNE-EN 12210:2000): Clase C5
Ensayo de referencia: 1,31 x 1,48 m. 2 hojas

Acabados

Posibilidad bicolor
Lacado colores (RAL, moteados y rugosos)
Lacado Imitación madera
Lacado antibacteriano
Anodizado



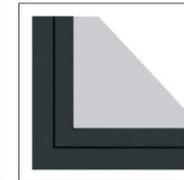
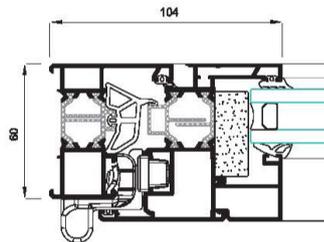
Secciones

Marco 60 mm.
Hoja 70 mm.

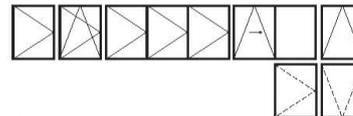
Esesor perfilaría

Ventana 1,5 mm.
Puerta 1,7 mm.

Longitud varilla poliamida 25 mm.



Posibilidades de apertura



Apertura interior: practicable, oscilo-batiente, plegable, oscilo-paralela y abatible.

Apertura exterior: practicable, proyectante-deslizante.

Dimensiones máximas

Ancho (L) = 1.800 mm.

Alto (H) = 2.800 mm.

Verdadero 1 hoja, oscilo-batiente

Consultar peso y dimensiones máximas para el resto de tipologías.

Peso máximo/hoja

150 Kg.

4.5. FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA PARÁMETROS DEL ANÁLISIS COMPARATIVO

Se han analizado todas y cada una de las formas geométricas de huecos y los correspondientes diseños de particiones y manipulación anteriormente definidas, en ocupación de la misma superficie de hueco y variando este mismo parámetro, desde **0,10 m²**, planteada como superficie mínima de hueco, en fracciones o intervalos de **0,10 m²**, hasta un máximo de **2,00 m²**.

Se analizan todas y cada una de las formas geométricas descritas en todas y cada una de las fracciones de superficies planteadas, de ese modo podemos observar y comparar lo que sucede en cada hueco con igual valor de superficie pero con diferente forma geométrica y evaluar así mismo como incide el tamaño del hueco, su dimensión, entre **0,10 m²** y **2,00 m²** para una misma determinada forma geométrica.

Los parámetros básicos que se analizan en este segundo apartado, son aquellos en los que no inciden las propiedades térmicas de ninguno de los materiales o sistemas que

intervienen, planteando el análisis desde los aspectos puramente formales y de ocupación de los sistemas, marco y vidrio dentro del hueco y sus variaciones formales debido a las particiones realizadas, los sistemas de apertura y la ocupación de los mismos.

Los parámetros que se analizan son dos:

- **FM (%)**

La fracción de ocupación del marco dentro del hueco

- **PV (m)**

El perímetro de vidrio que se genera en la ventana

Estos dos parámetros de análisis, como se observa, son puramente formales, de ocupación o dimensión, sin depender de las características o propiedades térmicas del marco, del vidrio, ni del espaciador, aunque sí de la forma geométrica del hueco y sus correspondientes particiones o divisiones geométricas, derivadas del diseño de la ventana.

Están directamente relacionados con un elemento básico, la dimensión geométrica del sistema del marco y su correspondiente ocupación dentro del hueco.

FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA PARÁMETROS DEL ANÁLISIS COMPARATIVO

Para un análisis detallado de los resultados obtenidos en cuanto a la fracción de ocupación del marco dentro del HUECO, **FM** y el perímetro de vidrio, **PV**, que se generan con todas las variantes de formas geométricas de huecos y sus correspondientes diseños de ventanas, ver el **Volumen 2** de esta Tesis Doctoral, **ANEXO de CÁLCULOS y RESULTADOS**, capítulos **9** y **10**.

4.5.

FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA PARÁMETROS DEL ANÁLISIS COMPARATIVO

CR
FH
FDV

CONCLUSIONES - RESUMEN
FORMA DEL HUECO
FORMA - DISEÑO DE LA VENTANA

5. CONCLUSIONES - RESUMEN FORMA DEL HUECO - FORMA / DISEÑO DE LA VENTANA

Debido a la gran cantidad de datos que se establecen sobre todo para la forma y el diseño de la **VENTANA**, se realiza este capítulo resumen de conclusiones, con el comparativo directo de los parámetros que hasta este momento se han obtenido y analizado.

En el caso de la forma del **HUECO**, existe solo un parámetro de análisis, el perímetro del mismo, **PH**, estableciendo en este apartado, los valores mas relevantes que ya se han desarrollado en el capítulo 3.

Respecto a la forma y el diseño de la **VENTANA**, vamos a establecer un comparativo directo entre los diferentes parámetros analizados, la fracción de ocupación del marco dentro del hueco, **FM** y el perímetro del vidrio, **PV**, desarrollados así mismo en los correspondientes capítulos **9** y **10**, del **Volumen 2** de esta Tesis Doctoral, **ANEXO de CÁLCULOS y RESULTADOS**.

5.1. CONCLUSIONES - RESUMEN FORMA DEL HUECO

• PARÁMETRO DE ANÁLISIS  PERÍMETRO del HUECO - PH

PH - FORMA DEL HUECO						
MENOR PH ←			→ MAYOR PH			
FORMA HUECO	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS	R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H

Tabla T-3.3-FH

- **CIRCULAR** forma geométrica de hueco que desarrolla el inferior perímetro, **PH**.
- **CUADRADA** **PH = 12,84 % > PH circular**
- **ÁUREAS** **PH = 16,12 % > PH circular**
- **RECTANGULARES, 2W=H, W=2H** **PH = 19,68 % > PH circular**
- **TRIANGULARES** **PH = 28,61 % > PH circular**
- **RECTANGULARES, 3W=H, W=3H** **PH = 30,29 % > PH circular**

Este incremento porcentual, se mantiene constante en cada forma geométrica y en todas las diferentes series de superficies analizadas con respecto a la forma circular.

5.2. CONCLUSIONES - RESUMEN FORMA / DISEÑO DE LA VENTANA

• PARÁMETROS DE ANÁLISIS



FRACCIÓN DE OCUPACIÓN DEL MARCO - FM

PERÍMETRO DE VIDRIO - PV

5.2.1. CONCLUSIONES - RESUMEN FORMA / DISEÑO DE LA VENTANA VENTANA - CLASIFICACIÓN FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS

FM - HUECO – CLASIFICACIÓN FORMAS GEOMÉTRICAS										
VENTANA - DISEÑO		MENOR FM ←			HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR FM	
1 PART.	1 FIJO	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H	
	1 HOJA	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H	
2 PART.	2 FIJOS	CIRCULAR	R W=2H	ÁUREA H	CUADRADA	R W=3H	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
	2 HOJAS	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	R W=3H	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
3 PART.	3 FIJOS	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	CUADRADA	TRIANGULAR	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H
	3 HOJAS	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	TRIANGULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H
4 PART.	4 FIJOS	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H	
	2 HOJAS	CIRCULAR	ÁUREA H	CUADRADA	R W=2H	ÁUREA V	R W=3H	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
VENTANA - DISEÑO		MENOR FM ←			HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR FM	

Tabla T-9.3-FM

FM - Disminuye con el aumento de superficie

PV - HUECO – CLASIFICACIÓN FORMAS GEOMÉTRICAS										
VENTANA - DISEÑO		MENOR PV ←			HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR PV	
1 PART.	1 FIJO	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H	
	1 HOJA	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H	
2 PART.	2 FIJOS	R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
	2 HOJAS	R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
3 PART.	3 FIJOS	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H
	3 HOJAS	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H
4 PART.	4 FIJOS	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS		TRIANGULAR	R 2W=H, W=2H		R 3W=H, W=3H	
	2 HOJAS	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS		TRIANGULAR	R 2W=H, W=2H		R 3W=H, W=3H	
VENTANA - DISEÑO		MENOR PV ←			HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR PV	

Tabla T-10.3-PV

PV - Aumenta con el aumento de superficie

Básicamente se repite la clasificación y el orden de las **FORMAS** geométricas

con respecto a estos dos parámetros.

5.2.2. CONCLUSIONES - RESUMEN FORMA / DISEÑO DE LA VENTANA VENTANA - CLASIFICACIÓN DE PARTICIONES

FM - VENTANA - CLASIFICACIÓN PARTICIONES								
HUECO FORMAS GEOMÉTRICAS	VENTANA - DISEÑO - VALORES PARA LA SERIE DE SUPERFICIE DE 1,00 m ²							
	1 Partición		2 Particiones		3 Particiones		4 Particiones	
	1 Fijo	1 Hoja	2 Fijos	2 Hojas	3 Fijos	3 Hojas	4 Fijos	2 Hojas
	MENOR FM ←				PARTICIONES	→ MAYOR FM		
CIRCULAR	1P 1F	2P 2F	1P 1H	3P 3F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
TRIANGULAR	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
CUADRADO	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
AÚREO V.	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
AÚREO H.	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
2W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
W=2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
3W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
W=3H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	3P 3H	4P 2H

Tabla T-9.6-FM

PV - VENTANA - CLASIFICACIÓN PARTICIONES								
HUECO FORMAS GEOMÉTRICAS	VENTANA - DISEÑO - VALORES PARA LA SERIE DE SUPERFICIE DE 1,00 m ²							
	1 Partición		2 Particiones		3 Particiones		4 Particiones	
	1 Fijo	1 Hoja	2 Fijos	2 Hojas	3 Fijos	3 Hojas	4 Fijos	2 Hojas
	MENOR PV ←				PARTICIONES	→ MAYOR PV		
CIRCULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	4P 4F	3P 3F
TRIANGULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F
CUADRADO	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	4P 2H	3P 3H	4P 4F	3P 3F
AÚREO V.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
AÚREO H.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	3P 3F	4P 4F
2W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
W=2H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F
3W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
W=3H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	3P 3F	4P 2H	4P 4F

Tabla T-10.6-PV

CONCLUSIONES - RESUMEN
FORMA / DISEÑO DE LA VENTANA
VENTANA - CLASIFICACIÓN DE PARTICIONES



- **1P1F**, es el diseño de ventana que obtiene los valores mínimos de **FM**, para todas las formas geométricas de huecos.

- **3P3H** y **4P2H**, son los diseños de ventana que obtienen los valores máximos de **FM**, para todas las formas geométricas de huecos.

- Los diseños de ventanas con soluciones con **FIJOS**, obtienen siempre valores inferiores de **FM** con respecto a los mismos diseños de ventanas con soluciones con **HOJAS**, para todas las formas geométricas de huecos.



- **1P1H**, es el diseño de ventana que obtiene los valores mínimos de **PV**, para todas las formas geométricas de huecos.

- **3P3F** y **4P4F**, son los diseños de ventana que obtienen los valores máximos de **PV**, para todas las formas geométricas de huecos.

- Los diseños de ventanas con soluciones con **HOJAS**, obtienen siempre valores inferiores de **PV** con respecto a los mismos diseños de ventanas con soluciones con **FIJOS**, para todas las formas geométricas de huecos.

5.2.2. CONCLUSIONES - RESUMEN FORMA / DISEÑO DE LA VENTANA VENTANA - CLASIFICACIÓN DE PARTICIONES

FM - VENTANA – CLASIFICACIÓN - DISEÑOS PARTICIONES CON FIJOS				
HUECO FORMAS GEOMÉTRICAS	VENTANA - DISEÑO - VALORES PARA LA SERIE DE SUPERFICIE DE 1,00 m ²			
	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	MENOR Δ FM ←		PARTICIONES CON FIJOS	→ MAYOR Δ FM
CIRCULAR	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
TRIANGULAR	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
CUADRADO	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
ÁUREO V.	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
ÁUREO H.	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
2W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
W=2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
3W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
W=3H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F

Tabla T-9.12-FM

PV - VENTANA – CLASIFICACIÓN - DISEÑOS PARTICIONES CON HOJAS				
HUECO FORMAS GEOMÉTRICAS	VENTANA - DISEÑO - VALORES PARA LA SERIE DE SUPERFICIE DE 1,00 m ²			
	1P 1H	2P 2H	3P 3H	4P 2H
	MENOR Δ FM ←		PARTICIONES CON HOJAS	→ MAYOR Δ FM
CIRCULAR	1P 1H	2P 2H	3P 3H	4P 2H
TRIANGULAR	1P 1H	2P 2H	3P 3H	4P 2H
CUADRADO	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
ÁUREO V.	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
ÁUREO H.	1P 1H	2P 2H	3P 3H	4P 2H
2W=H	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
W=2H	1P 1H	2P 2H	3P 3H	4P 2H
3W=H	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
W=3H	1P 1H	2P 2H	3P 3H	4P 2H

Tabla T-10.15-PV

CONCLUSIONES - RESUMEN
FORMA / DISEÑO DE LA VENTANA
VENTANA - CLASIFICACIÓN DE PARTICIONES



- La clasificación de los diseños de ventanas con soluciones con **FIJOS**, que obtienen siempre valores inferiores de **FM** con respecto a los mismos diseños de ventanas con soluciones con **HOJAS**, se establece en la tabla **T-9.12-FM**.



- La clasificación de los diseños de ventanas con soluciones con **HOJAS**, que obtienen siempre valores inferiores de **PV** con respecto a los mismos diseños de ventanas con soluciones con **FIJOS**, se establece en la tabla **T-10.15-PV**.

5.2.2. CONCLUSIONES - RESUMEN FORMA / DISEÑO DE LA VENTANA VENTANA - CLASIFICACIÓN DE PARTICIONES

FM - VENTANA – CLASIFICACIÓN - DISEÑOS PARTICIONES CON HOJAS				
HUECO FORMAS GEOMÉTRICAS	VENTANA - DISEÑO - VALORES PARA LA SERIE DE SUPERFICIE DE 1,00 m ²			
	1P 1H	2P 2H	3P 3H	4P 2H
	MENOR Δ FM ←		PARTICIONES CON HOJAS	→ MAYOR Δ FM
CIRCULAR	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
TRIANGULAR	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
CUADRADO	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
ÁUREO V.	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
ÁUREO H.	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
2W=H	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
W=2H	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
3W=H	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
W=3H	1P 1H	2P 2H	3P 3H	4P 2H

Tabla T-9.15-FM

PV - VENTANA – CLASIFICACIÓN - DISEÑOS PARTICIONES CON FIJOS				
HUECO FORMAS GEOMÉTRICAS	VENTANA - DISEÑO - VALORES PARA LA SERIE DE SUPERFICIE DE 1,00 m ²			
	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	MENOR Δ FM ←		PARTICIONES CON FIJOS	→ MAYOR Δ FM
CIRCULAR	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
TRIANGULAR	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
CUADRADO	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
ÁUREO V.	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
ÁUREO H.	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
2W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
W=2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
3W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
W=3H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F

Tabla T-10.12-PV

CONCLUSIONES - RESUMEN
FORMA / DISEÑO DE LA VENTANA
VENTANA - CLASIFICACIÓN DE PARTICIONES



- La clasificación de los diseños de ventanas con soluciones con **HOJAS**, que obtienen siempre valores superiores de **FM** con respecto a los mismos diseños de ventanas con soluciones con **FIJOS**, se establece en la tabla **T-9.15-FM**.



- La clasificación de los diseños de ventanas con soluciones con **FIJOS**, que obtienen siempre valores superiores de **PV** con respecto a los mismos diseños de ventanas con soluciones con **HOJAS**, se establece en la tabla **T-10.12-PV**.

5.2.2. CONCLUSIONES - RESUMEN FORMA / DISEÑO DE LA VENTANA VENTANA - CLASIFICACIÓN DE PARTICIONES

FM - VENTANA – CLASIFICACIÓN - DISEÑOS PARTICIONES CON HOJAS <i>versus</i> DISEÑOS PARTICIONES CON FIJOS				
HUECO FORMAS GEOMÉTRICAS	VENTANA - DISEÑO - VALORES PARA LA SERIE DE SUPERFICIE DE 1,00 m ²			
	1P 1H	2P 2H	3P 3H	4P 2H
	MENOR Δ FM ←	PARTICIONES CON HOJAS <i>versus</i> PARTICIONES CON FIJOS		→ MAYOR Δ FM
CIRCULAR	4P 2H	1P 1H	2P 2H	3P 3H
TRIANGULAR	4P 2H	3P 3H	2P 2H	1P 1H
CUADRADO	4P 2H	1P 1H	2P 2H	3P 3H
AUREO V.	4P 2H	1P 1H	2P 2H	3P 3H
AUREO H.	4P 2H	1P 1H	2P 2H	3P 3H
2W=H	4P 2H	1P 1H	2P 2H	3P 3H
W=2H	4P 2H	3P 3H	2P 2H	1P 1H
3W=H	4P 2H	1P 1H	2P 2H	3P 3H
W=3H	4P 2H	3P 3H	2P 2H	1P 1H

Tabla T-9.9-FM

PV - VENTANA – CLASIFICACIÓN - DISEÑOS PARTICIONES CON FIJOS <i>versus</i> DISEÑOS PARTICIONES CON HOJAS				
HUECO FORMAS GEOMÉTRICAS	VENTANA - DISEÑO - VALORES PARA LA SERIE DE SUPERFICIE DE 1,00 m ²			
	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	MENOR Δ FM ←	PARTICIONES CON HOJAS <i>versus</i> PARTICIONES CON FIJOS		→ MAYOR Δ FM
CIRCULAR	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
TRIANGULAR	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
CUADRADO	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
AUREO V.	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
AUREO H.	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
2W=H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
W=2H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
3W=H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
W=3H	1P 1F	4P 4F	2P 2F	3P 3F

Tabla T-10.9-PV

CONCLUSIONES - RESUMEN
FORMA / DISEÑO DE LA VENTANA
VENTANA - CLASIFICACIÓN DE PARTICIONES



De los diseños de ventanas con soluciones con **HOJAS**, que son los que desarrollan los valores máximos de **FM** y analizando comparativamente este incremento de **FM** con respecto a las mismos diseños de ventanas con soluciones con **FIJOS**:

- **4P2H**, es el diseño de ventana con soluciones con **HOJAS** que proporciona los valores mínimos de incremento de **FM**, con respecto a los mismos diseños con soluciones con **FIJOS**, para todas las formas geométricas de huecos.



De los diseños de ventanas con soluciones con **FIJOS**, que son los que desarrollan los valores máximos de **PV** y analizando comparativamente este incremento de **PV** con respecto a las mismos diseños de ventanas con soluciones con **HOJAS**:

- **1P1F**, es el diseño de ventana con soluciones con **FIJOS** que proporciona los valores mínimos de incremento de **PV**, con respecto a los mismos diseños con soluciones con **HOJAS**, para todas las formas geométricas de huecos.

CONCLUSIONES - RESUMEN

FORMA / DISEÑO DE LA VENTANA

VENTANA - CLASIFICACIÓN DE PARTICIONES

5.2.2.

FM – VENTANA - CLASIFICACIÓN - DISEÑOS 2P 2F, 3P 3F y 4P 4F <i>versus</i> DISEÑO 1P 1F				
HUECO FORMAS GEOMÉTRICAS	VENTANA - DISEÑO - VALORES PARA LA SERIE DE SUPERFICIE DE 1,00 m ²			
	1 Partición	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	1 Fijo			
	FM (%)	MENOR Δ FM ← PARTICIONES 2P 2F, 3P 3F y 4P 4F <i>versus</i> PARTICIONES 1P 1F → MAYOR Δ FM		
CIRCULAR	18,55	2P 2F	3P 3F	4P 4F
TRIANGULAR	23,50	2P 2F	3P 3F	4P 4F
CUADRADO	20,79	2P 2F	4P 4F	3P 3F
ÁUREO V.	21,43	2P 2F	4P 4F	3P 3F
ÁUREO H.		2P 2F	3P 3F	4P 4F
2W=H	22,12	2P 2F	4P 4F	3P 3F
W=2H		2P 2F	3P 3F	4P 4F
3W=H	24,19	2P 2F	4P 4F	3P 3F
W=3H		2P 2F	3P 3F	4P 4F

Tabla T-9.11-FM

PV – VENTANA - CLASIFICACIÓN - DISEÑOS 2P 2F, 3P 3F y 4P 4F <i>versus</i> DISEÑO 1P 1F				
HUECO FORMAS GEOMÉTRICAS	VENTANA - DISEÑO - VALORES PARA LA SERIE DE SUPERFICIE DE 1,00 m ²			
	1 Partición	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	1 Fijo			
	PV (m)	MENOR Δ PV ← PARTICIONES 2P 2F, 3P 3F y 4P 4F <i>versus</i> PARTICIONES 1P 1F → MAYOR Δ PV		
CIRCULAR	3,199	2P 2F	4P 4F	3P 3F
TRIANGULAR	3,987	2P 2F	3P 3F	4P 4F
CUADRADO	3,560	2P 2F	4P 4F	3P 3F
ÁUREO V.	3,676	2P 2F	4P 4F	3P 3F
ÁUREO H.		2P 2F	3P 3F	4P 4F
2W=H	3,803	2P 2F	4P 4F	3P 3F
W=2H		2P 2F	3P 3F	4P 4F
3W=H	4,179	2P 2F	4P 4F	3P 3F
W=3H		2P 2F	3P 3F	4P 4F

Tabla T-10.11-PV

CONCLUSIONES - RESUMEN
FORMA / DISEÑO DE LA VENTANA
VENTANA - CLASIFICACIÓN DE PARTICIONES



De los diseños de ventanas con **FIJOS**, los que proporcionan los valores más reducidos de **FM** y partiendo del diseño **1P1F**, el que suministra los valores mínimos de **FM**, para todas las formas geométricas de huecos, se establece la siguiente clasificación de diseños de ventanas con **FIJOS** para cada forma geométrica de hueco.



De los diseños de ventanas con **FIJOS**, los que proporcionan los valores más altos de **PV** y partiendo del diseño **1P1F**, el que suministra los valores mínimos de **PV**, para todas las formas geométricas de huecos, se establece la siguiente clasificación de diseños de ventanas con **FIJOS** para cada forma geométrica de hueco.

CONCLUSIONES - RESUMEN

FORMA / DISEÑO DE LA VENTANA

VENTANA - CLASIFICACIÓN DE PARTICIONES

5.2.2.

FM – VENTANA - CLASIFICACIÓN - DISEÑOS 2P 2H, 3P 3H y 4P 2H <i>versus</i> DISEÑO 1P 1H				
HUECO FORMAS GEOMÉTRICAS	VENTANA - DISEÑO - VALORES PARA LA SERIE DE SUPERFICIE DE 1,00 m ²			
	1 Partición	2P 2H	3P 3H	4P 2H
	1 Hoja	MENOR Δ FM ← PARTICIONES 2P 2F, 3P 3F y 4P 4F <i>versus</i> PARTICIONES 1P 1F → MAYOR Δ FM		
	FM (%)			
CIRCULAR	33,47	2P 2H	4P 2H	3P 3H
TRIANGULAR	41,79	2P 2H	4P 2H	3P 3H
CUADRADO	37,27	2P 2H	4P 2H	3P 3H
ÁUREO V.	38,48	2P 2H	4P 2H	3P 3H
ÁUREO H.		2P 2H	4P 2H	3P 3H
2W=H	39,80	2P 2H	4P 2H	3P 3H
W=2H		2P 2H	4P 2H	3P 3H
3W=H	43,71	2P 2H	4P 2H	3P 3H
W=3H		2P 2H	3P 3H	4P 2H

Tabla T-9.14-FM

PV – VENTANA - CLASIFICACIÓN - DISEÑOS 2P 2H, 3P 3H y 4P 2H <i>versus</i> DISEÑO 1P 1H				
HUECO FORMAS GEOMÉTRICAS	VENTANA - DISEÑO - VALORES PARA LA SERIE DE SUPERFICIE DE 1,00 m ²			
	1 Partición	2P 2H	3P 3H	4P 2H
	1 Hoja	MENOR Δ PV ← PARTICIONES 2P 2F, 3P 3F y 4P 4F <i>versus</i> PARTICIONES 1P 1F → MAYOR Δ PV		
	PV (m)			
CIRCULAR	2,891	2P 2H	3P 3H	4P 2H
TRIANGULAR	3,478	2P 2H	3P 3H	4P 2H
CUADRADO	3,168	2P 2H	4P 2H	3P 3H
ÁUREO V.	3,284	2P 2H	4P 2H	3P 3H
ÁUREO H.		2P 2H	3P 3H	4P 2H
2W=H	3,411	2P 2H	4P 2H	3P 3H
W=2H		2P 2H	3P 3H	4P 2H
3W=H	3,787	2P 2H	4P 2H	3P 3H
W=3H		2P 2H	3P 3H	4P 2H

Tabla T-10.14-PV

CONCLUSIONES - RESUMEN
FORMA / DISEÑO DE LA VENTANA
VENTANA - CLASIFICACIÓN DE PARTICIONES



De los diseños de ventanas con **HOJAS**, los que proporcionan los valores más altos de **FM** y partiendo del diseño **1P1H**, el que suministra los valores mínimos de **FM**, para todas las formas geométricas de huecos, se establece la siguiente clasificación de diseños de ventanas con **FIJOS** para cada forma geométrica de hueco.



De los diseños de ventanas con **HOJAS**, los que proporcionan los valores más reducidos de **PV** y partiendo del diseño **1P1H**, el que suministra los valores mínimos de **PV**, para todas las formas geométricas de huecos, se establece la siguiente clasificación de diseños de ventanas con **HOJAS** para cada forma geométrica de hueco.

5.2.2.

CONCLUSIONES - RESUMEN FORMA / DISEÑO DE LA VENTANA VENTANA - CLASIFICACIÓN DE PARTICIONES

PT

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR

6. PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g CTE DB HE - UNE EN ISO 10077-1 / UNE EN ISO 10077-2

Tras el análisis de la forma geométrica del hueco, valorando el perímetro de hueco que se genera, **PH** y la forma o diseño de la ventana, donde la ocupación del sistema de marco o carpintería y consecuentemente la del vidrio tras la elección del perfil estándar descrito, hemos obtenido los diferentes parámetros de **FM** y **PV**, dependiendo directamente estos dos valores del diseño o particiones de la ventana y del carácter fijo o practicable del mismo, vamos a incorporar ahora las variables de las propiedades térmicas de los diferentes componentes del conjunto del sistema de la ventana.

El marco normativo español, el **CTE** y más concretamente el documento **CTE DB HE** en referencia al cálculo de los parámetros característicos de la envolvente, al que se refiere a las transmitancias térmicas de huecos, **UH**, ha venido sufriendo varios cambios desde su primera publicación en marzo de 2006, relativos sobre todo a la forma de valorar individualmente o conjuntamente las

máximas transmitancias térmicas admitidas para los vidrios y los marcos, **UH,v** y **UH,m**, a la limitación de los valores máximos de la transmitancia térmica del hueco [15], **UH** y últimamente, en febrero de 2015, relativos a la forma de cálculo de la transmitancia térmica del hueco **UH** [16].

Nueve años de normativa en vigor que suponen un periodo demasiado corto para haber sufrido tres cambios sustancialmente importantes y que no deja de ser de igual manera un periodo demasiado largo para seguir sin conseguir los objetivos esenciales de las directrices europeas sobre el ahorro energético, situándonos a la zaga del resto de nuestros vecinos.

Como avanzábamos en el capítulo anterior, la nueva publicación del “*Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, Código Técnico de la Edificación, DA DB-HE / 1, Cálculo de parámetros característicos de la envolvente, de febrero 2015*”, establece definitivamente

15) CTE DB HE. *Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica*. HE1-2, Tabla 2.1. Primera Publicación, Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. Ministerio de Vivienda, marzo 2006. HE1-2

16) CTE DB HE. *Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, Código Técnico de la Edificación, DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*, Ministerio de Fomento, febrero 2015, II pp. 11

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
 CTE DB HE - UNE EN ISO 10077-1 / UNE EN ISO 10077-2

la aplicación única de la normativa **UNE EN ISO 10077-1**, para el cálculo de los parámetros característicos de la envolvente, con la expresión general:

$$U_H = \frac{A_{H,v} U_{H,v} + A_{H,m} U_{H,m} + l_v \psi_v + A_{H,p} U_{H,p} + l_p \psi_p}{A_{H,v} + A_{H,m} + A_{H,p}}$$

Donde [17]:

UH	=	Transmitancia térmica de la ventana [W/m ² K]
AH,v	=	Área de la parte acristalada [m ²]
UH,v	=	Transmitancia térmica del acristalamiento [W/m ² K]
AH,m	=	Área de ocupación del marco [m ²]
UH,m	=	Transmitancia térmica del marco de la ventana [W/m ² K]
lv	=	Longitud de contacto entre marco y acristalamiento [m]
ψv	=	Transmitancia térmica lineal del borde del vidrio [W/mK]
AH,p	=	Área de la parte con panel opaco [m ²]
UH,p	=	Transmitancia térmica parte del panel opaco [W/m ² K]
lp	=	Longitud de contacto entre marco y panel opaco [m]
ψp	=	Transmitancia térmica lineal del borde del panel opaco [W/mK]

Expresión que engloba, el vidrio, el marco, el puente térmico del espaciador del vidrio, un posible panel opaco y su correspondiente puente térmico.

17) CTE DB HE. *Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, Código Técnico de la Edificación, DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*, Ministerio de Fomento, febrero 2015, II pp. 11-12

6.

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
CTE DB HE - UNE EN ISO 10077-1 / UNE EN ISO 10077-2

La expresión resumida para nuestro análisis ya que no existen paneles opacos, se establece como:

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + \psi_g \cdot l_g}{A_g + A_f}$$

Donde l_g es el perímetro interno del vidrio o espaciador y Ψ_g o \mathbf{Psi} , el coeficiente de transmisión lineal del borde o espaciador del vidrio, debidamente ensayado y certificado, suministrado por las administraciones, los fabricantes o entidades certificadoras encargadas de realizar los ensayos y pruebas correspondientes.

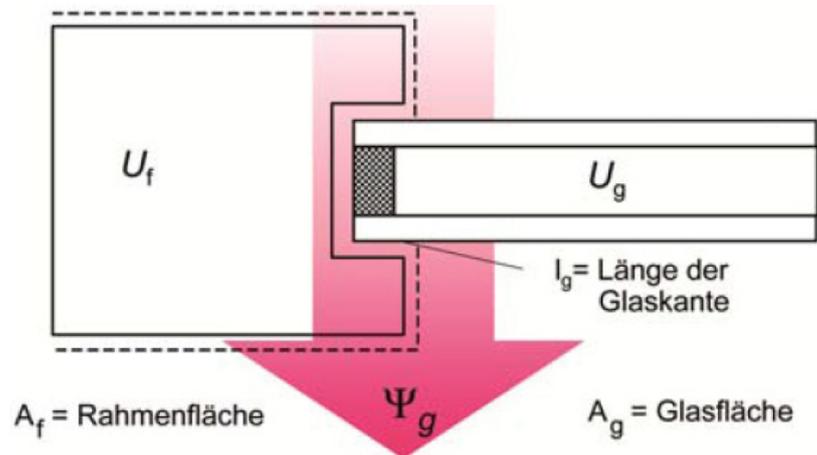


Imagen I-6.1-PT[18]

18) FUENTE: Sack, Norbert. Dipl.-Phys. "F+E Projekt Warme Kante. Vereinfachung von Nachweisen für Abstandhaltern im Isolierglas", Publikation – ift Rosenheim. 2013

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
CTE DB HE - UNE EN ISO 10077-1 / UNE EN ISO 10077-2

Table E.1 — Values of linear thermal transmittance for common types of glazing spacer bars (e.g. aluminium or steel)

Frame type	Linear thermal transmittance for different types of glazing Ψ_g	
	Double or triple glazing uncoated glass air- or gas-filled	Double ^a or triple ^b glazing low-emissivity glass air- or gas-filled
Wood or PVC	0,06	0,08
Metal with a thermal break	0,08	0,11
Metal without a thermal break	0,02	0,05
^a One pane coated for double glazed. ^b Two panes coated for triple glazed.		

Table E.2 — Values of linear thermal transmittance for glazing spacer bars with improved thermal performance

Frame type	Linear thermal transmittance for different types of glazing with improved thermal performance Ψ_g	
	Double or triple glazing uncoated glass air- or gas-filled	Double ^a or triple ^b glazing low emissivity glass air- or gas-filled
Wood or PVC	0,05	0,06
Metal with a thermal break	0,06	0,08
Metal without a thermal break	0,01	0,04
^a One pane coated for double glazed. ^b Two panes coated for triple glazed.		

Tablas T-6.1-PT[19]

Para simplificar el procedimiento de obtención de datos, la Norma Europea **EN ISO 10077-1** en su anexo E, tabla E.1 y tabla E.2, “*Values of linear thermal transmittance for common types of glazing spacer bars (e.g. aluminium or*

steel)”, especifica diversas combinaciones de tipologías de espaciadores, naturalezas de marco y tipos de acristalamiento. Estos valores se pueden utilizar, si no existen resultados de cálculos detallados y específicos.

19) EN ISO 10077-1 *Thermal performance of windows, doors and shutters. Calculation of thermal transmittance. Part 1: General* (ISO 10077-1:2006), CEN European Committee for Standardization. September 2006. Annex E (normative). pp. 25-26

6.

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
CTE DB HE - UNE EN ISO 10077-1 / UNE EN ISO 10077-2

El nuevo “Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, Código Técnico de la Edificación, DA DB-HE / 1, Cálculo de parámetros característicos de la envolvente, de febrero 2015”, establece así mismo la tabla 10, agrupando dichos valores:

Tabla 10 Transmitancia térmica lineal Ψ_p y Ψ_g en huecos*

Material del marco	Acrilamiento o empanelado simple	Acrilamiento o empanelado doble o triple	Acrilamiento doble con baja emisividad o triple con dos capas de baja emisividad
Madera y plástico	0,00	0,06 / 0,05	0,08 / 0,06
Metálico con rotura de puente térmico	0,00	0,08 / 0,06	0,11 / 0,08
Metálico sin rotura de puente térmico	0,00	0,02 / 0,01	0,05 / 0,04

* Valores para elementos separadores convencionales y para elementos de prestaciones térmicas mejoradas.

Tabla T-6.2-PT[20]

Dentro del grupo de entidades o asociaciones que vienen estudiando las propiedades térmicas de los diferentes productos comerciales de los espaciadores, certificando valores para su uso y cálculo, se encuentra la *Bundesverband Flachglas*, (BF) [21], Asociación Federal del Vidrio Plano, BF, ubicada en Troisdorf, Colonia, Alemania, que bajo el marco normativo

de la **EN ISO 10077-2**, “*Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas. Cálculo del coeficiente de transmisión térmica. Parte 2. Método numérico para los marcos*” [22], viene estudiando este fenómeno desde hace varios años y es la encargada de testar y certificar los valores de dicho parámetro Ψ_g , el coeficiente de transmisión lineal del borde o espaciador

20) CTE DB HE. *Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, Código Técnico de la Edificación, DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*, Ministerio de Fomento, febrero 2015, II pp. 12

21) Bundesverband Flachglass (BF). La Asociación Federal de vidrio plano (BF) se constituyó en 1987 a partir de una fusión de la Asociación Federal de la venta al por mayor de vidrio plano alemán, la Federación Alemana de fabricantes de vidrio aislante y la Asociación de la industria del vidrio plano.

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g CTE DB HE - UNE EN ISO 10077-1 / UNE EN ISO 10077-2

del vidrio, simplificando los valores y garantizando la transparencia y fiabilidad de los mismos.

El grupo de trabajo e investigación de dicha asociación *Bundesverband Flachglas, (BF)*, llamado, *Warm Edge*, Borde Caliente, esta asesorado por el departamento *ift Rosenheim* [23] de la Universidad de Rosenheim, ubicada en el estado de Baviera, al sur de Alemania y cuyas investigaciones son de tal importancia que colaboran estrechamente en las normativas europeas de estandarización al respecto.

“Sólo se pueden simular los procesos térmicos en las ventanas con un software para el cálculo específico y basado en el método de elementos finitos. La norma DIN EN ISO 10077-2: 2012 "Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas- Cálculo de la transmitancia térmica, PARTE 2, Métodos numéricos para cálculo de marcos”.

El resultado relaciona la superficie del marco de la ventana y su coeficiente

22) EN ISO 10077-2:2012 *Thermal performance of windows, doors and shutters. Calculation of thermal transmittance. Part 2: Numerical method for frames. General (ISO 10077-2:2006)*, CEN European Committee for Standardization. 2012.

de transmitancia térmica U_f en $W / (m^2K)$ y la transmitancia térmica lineal Ψ_g (psi) en $W / (mK)$, que describe las pérdidas de calor adicionales debido a la influencia combinada del sistema de vidrio, el espaciador y el marco.

Es importante entender que Ψ_g no es una propiedad constante del material del espaciador, sino que el valor de la transmitancia térmica lineal Ψ_g , describe un proceso y una situación física determinada y concreta, que

23) ift ROSENHEIM. Das Institut für Fenster und Fassaden, Türen und Tore, Glas und Baustoffe. ift ROSENHEIM GmbH, Theodor-Gietl Straße 7-9 83026 Rosenheim

6.

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
CTE DB HE - UNE EN ISO 10077-1 / UNE EN ISO 10077-2

resulta de la combinación del conjunto del cerramiento.

Dependiendo de la naturaleza de los materiales adyacentes, las propiedades de los marcos y del acristalamiento de la ventana, el flujo de calor busca el camino de menor resistencia y así, para un mismo sistema de espaciador en diferentes combinaciones de marcos y/o con diferentes estructuras de vidrio, se generan diferentes valores de Ψ_g .

Dado que con la mejora y el aumento del aislamiento térmico que se ha producido en los productos comerciales actuales de las estructuras de los marcos y en las superficies de los vidrios, donde el flujo de calor se desplaza hacia el borde de la hoja de vidrio, el valor Ψ_g que se obtiene, por ejemplo, con un perfil de carpintería de propiedades térmicas excelentes para un mismo tipo de vidrio, puede ser mayor, que con un perfil o marco de peores características térmicas”.[24]

Dependiendo de estas particularidades y singularidades del valor Ψ_g , que están en función de múltiples factores como la naturaleza de la estructura del marco, el tipo de vidrio, la tipología del espaciador, la profundidad de ubicación de éste en el galce, cada situación de hueco debería de ser analizada de forma individual y particularizada para poder obtener, este valor individual de Ψ_g , lo que sería muy costoso y poco eficaz.

El grupo de trabajo **Warm Edge**, de la asociación *Bundesverband Flachglas*, (BF), analiza todos estos aspectos, naturaleza del espaciador, bien sea de aluminio, acero inoxidable o diferentes polímeros, de diferentes fabricantes como:

ROLLTECH [25],

ALLMETALL GmbH [26],

Lingemann-Gruppe [27],

Edgetech [28],

SWISSPACER [29],

TECHNOFORM GLASSINSULATION [30],

etc., dependiendo también de la composición del vidrio **UVA**, así como

24) Original: Quel, Ingrid. Beratungsbüro für warme Kante und Glas, Herrenberg . “Das Fenster – Teil 2, Abstandhalter und warme Kante”, “Bauen + Energie”, agosto 2013. pp. 2-7

25) <http://www.rolltech.dk>

26) <http://www.allmetalinc.com>

27) <http://www.helima.de>

28) <http://edgetechig.co.uk>

29) <http://www.swisspacer.com>

30) <http://www.tgi-spacer.com>

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g CTE DB HE - UNE EN ISO 10077-1 / UNE EN ISO 10077-2

del tipo o material de la carpintería, madera, aluminio con RPT, PVC, madera-aluminio, proporcionando unos valores representativos de Ψ_g .

Un factor que se tiene en cuenta en el desarrollo de los correspondientes valores de Ψ_g , es la profundidad de ubicación del vidrio en el galce del marco, es decir, el solape de vidrio que queda oculto cuando está colocado en el marco.

A mayores profundidades, mejores valores de Ψ_g , es decir, valores reducidos de la transmitancia térmica lineal del borde o del espaciador del vidrio, garantizando una inserción de por lo menos **13 mm** [31], como se indica en la directriz **WA-08/2, (juli 2013)**, redactada por **ift Rosenheim**.

En las tablas siguientes que se acompañan, se pueden ver los diferentes valores representativos obtenidos por el grupo de trabajo e investigación **Warm Edge** para diferentes tipos de espaciador, fabricante, estructura de marco y sistema de vidrio.

El acceso a dicha información comercial y su descarga son gratuitos [32].

Se adjuntan fichas de los productos testados y certificados de algunos de los espaciadores comerciales analizados por el grupo de trabajo **Warm Edge** de la asociación **Bundesverband Flachglas, (BF)**.

31) ift-RICHTLINE WA-08/2. *Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter. Teil 1 Ermittlung des repräsentativen Ψ -Wertes für Fensterrahmenprofile.* ift ROSENHEIM. Das Institut für Fenster und Fassaden, Türen und Tore, Glas und Baustoffe. ISBN 978-3-86791-345-4- ift ROSENHEIM. Juli 2013. VI pp. 5

32) <http://www.bundesverband-flachglas.de/shop/kostenfreie-downloads/bf-datenblaetter/datenblaetter.html>

6.

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
CTE DB HE - UNE EN ISO 10077-1 / UNE EN ISO 10077-2

April 2013 - Nr.2 - Änderungsindex 2

ARBEITSKREIS 'WARME KANTE'

**Datenblatt Psi-Werte Fenster**

auf Basis messtechnischer Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit der Abstandhalter

ROLLTECH

ROLLTECH A/S - an Alu-Pro Group Company

Rolltech A/S
W. Briels Vej 20
DK - 9800 Hjørring

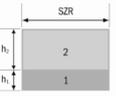
Produktname	Abstandhalter Bauhöhe in mm	Material	Dicke d in mm		
Chromatech Plus 	7,0	Edelstahl	0,15		
Repräsentative Rahmenprofile	Metall mit thermischer Trennung	Kunststoff	Holz	Holz/Metall	
					
	Repräsentativer Psi-Wert Zweischelbiges Wärmehaltemittel W/m ² K	0,064	0,049	0,051	0,056
					
Repräsentativer Psi-Wert Dreischelbiges Wärmehaltemittel W/m ² K	0,060	0,048	0,051	0,056	
					
Typ. Bau-Maße Kerndicke	Scheibenzwischenraum (SZR) in mm	$\lambda_{\text{eq},28}$ in W/mK			
		Box 1 · h ₁ = 3 mm	Box 2 · h ₂ = 7 mm		
	Für alle SZR verwendbar	0,40	0,61		



Imagen I-6.2-PT[33]

33) <http://www.rolltech.dk>
Imagen de producto

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
CTE DB HE - UNE EN ISO 10077-1 / UNE EN ISO 10077-2

April 2013 – Nr.3 – Änderungsindex 2

ARBEITSKREIS 'WARME KANTE'

BF

RAL
GÜTEZEICHEN
MENSCHLICHEN ISOLIERGLAS

Datenblatt Psi-Werte Fenster

auf Basis messtechnischer Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit der Abstandhalter

ALLMETAL GmbH
Allmetal GmbH
Junkestr. 8
D - 04509 Wiedemar

Querschnitt	Produktname GTS	Abstandhalter Bauhöhe in mm 6,5	Material Edelstahl	Dicke d in mm 0,15	
Repräsentative Rahmenprofile	Metall mit thermischer Trennung	Kunststoff	Holz	Holz/Metall	
	Repräsentative Rahmenprofile				
Repräsentativer Psi-Wert Zweischichtiges Wärmehaltesglas W/m ² K	Zweischichtiges Isolierglas $U_g=1.1$ W/m ² K	0,061	0,047	0,049	0,053
	Dreischichtiges Wärmehaltesglas $U_g=0.7$ W/m ² K	0,057	0,046	0,049	0,053
Psi-Wert für die Scheibenzwischenräume Komponente	SZR	Scheibenzwischenraum (SZR) in mm		$\lambda_{eq, SZR}$ in W/mK	
		Für alle SZR verwendbar		Box 1 · h ₁ = 3 mm Box 2 · h ₂ = 6,5 mm	
			0,40	0,59	

Erläuterungen

Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit wurde nach der ift-Richtlinie WA-17/1 "Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter – Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit durch Messung" ermittelt. Die damit berechneten repräsentativen linearen Wärmedurchgangskoeffizienten (repräsentative Psi-Werte) gelten für typische Rahmenprofile und Verglasungen für die Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w von Fenstern. Sie wurden unter den in der ift-Richtlinie WA-08/2 „Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter – Teil 1: Ermittlung des repräsentativen Psi-Wertes für Fenster-rahmenprofile“ festgelegten Rahmenbedingungen (Rahmenprofile, Verglasung, Glaseinstand, Rückenüberdeckung, Primär- und Sekundärdichtstoff) ermittelt. Diese Richtlinie regelt auch den Gültigkeitsbereich und die Anwendung der repräsentativen Psi-Werte. Zur Vermeidung von Rundungsfehlern wurden die Psi-Werte im Datenblatt auf 0,001 W/m²K angegeben. Das Verfahren zur rechnerischen Bestimmung der Psi-Werte hat eine Genauigkeit von $\pm 0,003$ W/m²K. Unterschiede von weniger als 0,005 W/m²K sind nicht signifikant. Weitere Informationen sind dem Merkblatt 004/2008 "Kompass 'Warme Kante' für Fenster" des Bundesverband Flachglas zu entnehmen.

Ermittlung der Kennwerte durch:
Hochschule Rosenheim
University of Applied Sciences
ift
ROSENHEIM

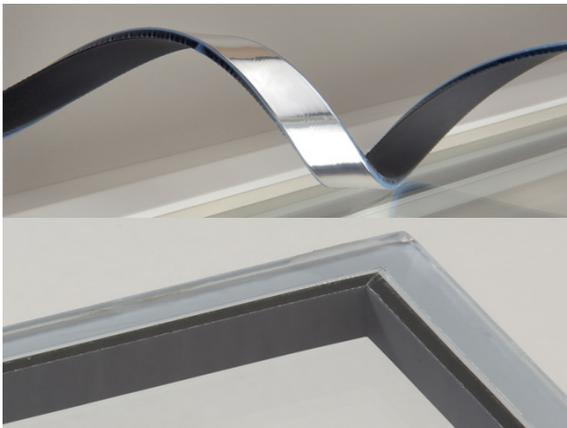


Imagen I-6.3-PT[34]

34) <http://www.allmetalinc.com>
Imagen de producto

6.

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
CTE DB HE - UNE EN ISO 10077-1 / UNE EN ISO 10077-2

April 2013 – Nr.4 – Änderungsindex 2

ARBEITSKREIS 'WARME KANTE'



Datenblatt Psi-Werte Fenster

auf Basis messtechnischer Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit der Abstandhalter



Helmut Lingemann GmbH & Co. KG
Am Deckershäuschen 2
D - 42010 Wuppertal

Querschnitt	Produktname	Abstandhalter Bauhöhe in mm	Material	Dicke d in mm
	Nirotec 017	7,0	Edelstahl	0,17
Repräsentative Rahmenprofile	Metall mit thermischer Trennung	Kunststoff	Holz	Hotz/Metall
Repräsentativer Psi-Wert Zweischichtiges Isolierglas $U_g=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$	 0,065	 0,049	 0,052	 0,056
Repräsentativer Psi-Wert Dreischichtiges Isolierglas $U_g=0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	 0,061	 0,048	 0,052	 0,057
Two Box Modell Kernwerte	SZR	Scheibenzwischenraum (SZR) in mm		$\lambda_{eq,2B}$ in W/mK
		Für alle SZR verwendbar		Box 1 · $h_1 = 3 \text{ mm}$ Box 2 · $h_2 = 7,0 \text{ mm}$
				0,40 0,64

Erläuterungen
Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit wurde nach der ift-Richtlinie WA-17/1 "Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter - Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit durch Messung" ermittelt. Die damit berechneten repräsentativen linearen Wärmedurchgangskoeffizienten (repräsentative Psi-Werte) gelten für typische Rahmenprofile und Verglasungen für die Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w von Fenstern. Sie wurden unter den in der ift-Richtlinie WA-08/2 „Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter - Teil 1: Ermittlung des repräsentativen Psi-Wertes für Fenster-rahmenprofile“ festgelegten Rahmenbedingungen (Rahmenprofile, Vergasung, Glaseinstand, Rückenüberdeckung, Primär- und Sekundärdichtstoff) ermittelt. Diese Richtlinie regelt auch den Gültigkeitsbereich und die Anwendung der repräsentativen Psi-Werte. Zur Vermeidung von Rundungsfehlern wurden die Psi-Werte im Datenblatt auf 0,001 $\text{W/m}^2\text{K}$ angegeben. Das Verfahren zur rechnerischen Bestimmung der Psi-Werte hat eine Genauigkeit von $\pm 0,003 \text{ W/m}^2\text{K}$. Unterschiede von weniger als 0,005 $\text{W/m}^2\text{K}$ sind nicht signifikant. Weitere Informationen sind dem Merkblatt 004/2008 "Kompass 'Warme Kante' für Fenster" des Bundesverband Flachglas zu entnehmen.

Ermittlung der Kernwerte durch:



Imagen I-6.4-PT[35]

35) <http://www.helima.de>
Imagen de producto

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
CTE DB HE - UNE EN ISO 10077-1 / UNE EN ISO 10077-2

Februar 2014 - Nr.6 - Änderungsindex 2

ARBEITSKREIS 'WARME KANTE'



Datenblatt Psi-Werte Fenster

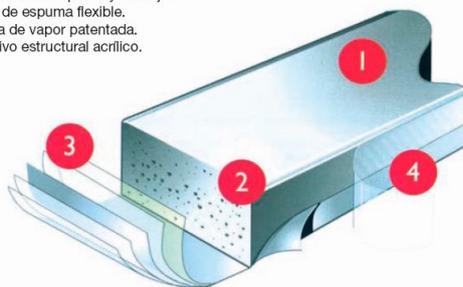
auf Basis messtechnischer Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit der Abstandhalter



Edgetech Europe GmbH
Glabacher Straße 23
D-52525 Heinsberg

Querschnitt	Produktname	Abstandhalter Bauhöhe in mm	Material	Dicke d in mm				
	Super Spacer TriSeal/ T-Spacer Premium Plus	7,2	Mylarfolie Silikonschaum	0,10 7,2				
Repräsentative Rahmenprofile	Metall mit thermischer Trennung		Kunststoff		Holz		Holz/Metall	
Repräsentatives Psi-Wert Zweischichtiges Wärmedämmglas W/mK	 Zweischichtiges-Isolierglas $U_g=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$	0,041	0,035	0,035	0,037			
Repräsentatives Psi-Wert Dreischichtiges Wärmedämmglas W/mK	 Dreischichtiges-Isolierglas $U_g=0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	0,036	0,033	0,033	0,035			
Two Box Modell Anmerkungen	SZR	Scheibenzwischenraum (SZR) in mm	$\lambda_{eq,28}$ in W/mK					
	Für alle SZR verwendbar		Box 1 · $h_1 = 3 \text{ mm}$	Box 2 · $h_2 = 7,2 \text{ mm}$				
			0,40	0,19				

- 1) Superficie mate lisa garantizada contra formación de ampollas y burbujas.
- 2) Matriz de espuma flexible.
- 3) Barrera de vapor patentada.
- 4) Adhesivo estructural acrílico.



Erläuterungen Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit wurde nach der ift-Richtlinie WA-17/1 "Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter - Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit durch Messung" ermittelt. Die damit berechneten repräsentativen linearen Wärmedurchgangskoeffizienten (repräsentative Psi-Werte) gelten für typische Rahmenprofile und Verglasungen für die Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w von Fenstern. Sie wurden unter den in der ift-Richtlinie WA-08/2 „Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter - Teil 1: Ermittlung des repräsentativen Psi-Wertes für Fenster-Rahmenprofile“ festgelegten Rahmenbedingungen (Rahmenprofile, Verglasung, Glaseinstand, Rückenüberdeckung, Primär- und Sekundärdichtstoff) ermittelt. Diese Richtlinie regelt auch den Gültigkeitsbereich und die Anwendung der repräsentativen Psi-Werte. Zur Vermeidung von Rundungsfähern wurden die Psi-Werte im Datenblatt auf 0,001 W/mK angegeben. Das Verfahren zur rechnerischen Bestimmung der Psi-Werte hat eine Genauigkeit von $\pm 0,003 \text{ W/mK}$. Unterschiede von weniger als 0,005 W/mK sind nicht signifikant. Weitere Informationen sind dem Merkblatt 004/2008 "Kompass 'Warme Kante' für Fenster" des Bundesverband Flachglas zu entnehmen.

Ermittlung der Kennwerte durch:
Hochschule **Rosenheim**
University of Applied Sciences

Imagen I-6.5-PT[36]

36) <http://edgetechig.co.uk>
Imagen de producto

6.

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
CTE DB HE - UNE EN ISO 10077-1 / UNE EN ISO 10077-2

Dezember 2013 – Nr.7 – Änderungsindex 2

ARBEITSKREIS 'WARME KANTE'

**Datenblatt Psi-Werte Fenster**

auf Basis messtechnischer Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit der Abstandhalter

SWISSPACER®Vetrotech Saint-Gobain (International) AG
Zweigniederlassung Kreuzlingen
Sonnenwiesenstrasse 15
CH-8280 Kreuzlingen**SWISSPACER®**

Querschnitt	Produktname	Abstandhalter Bauhöhe in mm	Material	Dicke d in mm
	Swisspacer	6,5	Aluminium Kunststoff	0,03 1,0

Repräsentative Rahmenprofile	Metall mit thermischer Trennung	Kunststoff	Holz	Holz/Metall	
Repräsentativer Psi-Wert Zweischaliges Isolierglas W/m ² K	 Zweischaliges Isolierglas $U_g=1,1$ W/m ² K	0,063	0,048	0,050	0,054
Repräsentativer Psi-Wert Dreischaliges Isolierglas W/m ² K	 Dreischaliges Isolierglas $U_g=0,7$ W/m ² K	0,058	0,046	0,050	0,054

Two Box Modell Kernwerte	Scheibenzwischenraum (SZR) in mm	$\lambda_{eq,2B}$ in W/mK	
		Box 1 · h ₁ = 3 mm	Box 2 · h ₂ = 6,5 mm
	Für alle SZR verwendbar	0,40	0,63

Erläuterungen
Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit wurde nach der ift-Richtlinie WA-17/1 "Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter – Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit durch Messung" ermittelt. Die damit berechneten repräsentativen linearen Wärmedurchgangskoeffizienten (repräsentative Psi-Werte) gelten für typische Rahmenprofile und Verglasungen für die Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w von Fenstern. Sie wurden unter den in der ift-Richtlinie WA-08/2 „Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter – Teil 1: Ermittlung des repräsentativen Psi-Wertes für Fenster-rahmenprofile“ festgelegten Rahmenbedingungen (Rahmenprofile, Vergasung, Glaseinstand, Rückenüberdeckung, Primär- und Sekundärdichtstoff) ermittelt. Diese Richtlinie regelt auch den Gültigkeitsbereich und die Anwendung der repräsentativen Psi-Werte. Zur Vermeidung von Rundungsfehlern wurden die Psi-Werte im Datenblatt auf 0,001 W/m²K angegeben. Das Verfahren zur rechnerischen Bestimmung der Psi-Werte hat eine Genauigkeit von $\pm 0,003$ W/m²K. Unterschiede von weniger als 0,005 W/m²K sind nicht signifikant. Weitere Informationen sind dem Merkblatt 004/2008 "Kompass 'Warme Kante' für Fenster" des Bundesverband Flachglas zu entnehmen.

Ermittlung der Kernwerte durch:



Imagen I-6.6-PT[37]

37) <http://www.swisspacer.com>
Imagen de producto

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
 CTE DB HE - UNE EN ISO 10077-1 / UNE EN ISO 10077-2

October 2013 – No.20 – Revision Index 0

'WARM EDGE' WORKING PARTY



Data sheet Psi values for windows

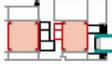
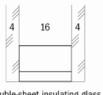
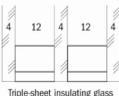
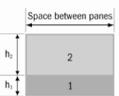
based on determination of the equivalent thermal conductivity of spacers by measurement

TECHNOFORM GLASSINSULATION



Technoform Glass Insulation GmbH
 Matthäus-Merian-Str. 6
 D - 34253 Lohfelden



Product name	Spacer height in mm	Material	Thickness d in mm		
TGI-Spacer M 	6.85	Stainless steel Plastic	0.09 0.6/0.8		
Representative frame profile	Metal with thermal break 	Plastic 	Wood 	Wood / Metal 	
Representative psi values for double sheet thermally insulating glass U_g W/m ² K	 Double-sheet insulating glass $U_g=1.1$ W/m ² K	0.049	0.040	0.040	0.044
Representative psi values for triple sheet thermally insulating glass U_g W/m ² K	 Triple-sheet insulating glass $U_g=0.7$ W/m ² K	0.044	0.038	0.039	0.042
Two Box model Characteristic values	Space between panes 	Space between panes in mm	$\lambda_{eq,2B}$ in W/mK		
			Box 1 · h ₁ = 3 mm	Box 2 · h ₂ = 6.9 mm	
		Can be used for all spacer widths	0.40	0.31	



Explanations

The equivalent thermal conductivity has been determined in accordance with the ift guideline WA-17/1 "Thermally improved spacers – Determination of the equivalent thermal conductivity by measurement". The representative linear heat transfer coefficients calculated in this way (representative psi values) apply to typical frame profiles and glazing for the determination of the heat transfer coefficient U_w of windows. They have been determined under the boundary conditions (frame profiles, glazing, glass mounting depth, back covering, primary and secondary sealant) defined in the ift guideline WA-08/2 "Thermally improved spacers – Part 1: Determination of the representative Psi value for window frame profiles". This guideline also governs the area of validity and application of the representative psi values. In order to avoid rounding errors, the psi values in the data sheet have been given at 0.001 W/mK. The method for the arithmetical determination of the psi values has an accuracy of ± 0.003 W/mK. Differences of less than 0.005 W/mK are not significant. For further information, refer to the Bulletin 004/2008 "Compass 'Warm Edge' for Windows" of Bundesverband Flachglas.

Ermittlung der Kennwerte durch:



Imagen I-6.7-PT[38]

38) <http://www.tgi-spacer.com>
 Imagen de producto

6.1. PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g NUESTRO MARCO NORMATIVO - CTE DB HE

Dentro de nuestro contexto normativo nacional y actual al respecto, se asume y se abala que las propiedades térmicas de los marcos y de los vidrios, son o pueden ser muy diferentes, proporcionando estos últimos, los vidrios, las mejores características térmicas a la configuración de las soluciones del conjunto de la ventana o hueco, **UH**, marco+vidrio.

Esta afirmación sobre la asunción por parte del marco normativo nacional, que las propiedades térmicas entre marco y vidrio, puedan ser muy diferentes queda patente dentro de la propia legislación, ya que no existe restricción alguna de modo particular o individual sobre cada uno de estos dos sistemas, planteándose solo una limitación global sobre el conjunto del hueco, **UH** [39].

Muchos de los fabricantes de marcos para ventanas en nuestro país, siguen basando la calidad y buenas propiedades de sus productos en las mejores propiedades del vidrio que

utilizan para sus ventanas de ensayo, camuflando unas propiedades térmicas de marcos mediocres o bastante inferiores que los vidrios utilizados, pero en definitiva, cumpliendo con sus productos las exigencias del conjunto del hueco, ya que la propia normativa del **CTE DB HE**, que limita los valores máximos de la transmitancia térmica del hueco, **UH**, se ha de aplicar de forma conjunta y combinada en el hueco, **marco + vidrio** y desde febrero de 2015, con la inclusión del espaciador.

Esta situación de amparo normativo y que choca frontalmente con el objetivo final, que es, o debería de ser el del ahorro energético, permite o normaliza situaciones habituales de productos comerciales en las que un perfil de marco de ventana con propiedades muy escasas o reducidas, desde el aspecto puramente térmico, combinado con un vidrio de mejores propiedades, pueda generar una transmitancia térmica global del hueco, **UH**, que se encuentre por debajo de los valores máximos

39) CTE DB HE, *Documento Básico DB-HE Ahorro de energía*, Código Técnico de la Edificación, 2, Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica. Ministerio de Fomento, septiembre 2013, II pp. 15

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g NUESTRO MARCO NORMATIVO - CTE DB HE

admitidos en el marco legal y de ese modo, cumplir la normativa.

Pero esta situación comúnmente habitual y que se viene desarrollando desde la primera publicación del **CTE DB HE** en marzo de 2006, está muy lejos de cumplir el objetivo de ahorro energético en la edificación.

La utilización de sistemas altamente descompensados en cuanto a las propiedades térmicas, hace que en el caso de huecos resueltos con soluciones de vidrios con mucho mejores propiedades térmicas, se consiga incrementar la temperatura de confort interior, ya que la superficie de ocupación del vidrio es mayor, produciendo mayores saltos térmicos con respecto al ambiente exterior que sumado a las bajas propiedades térmicas de la estructura del marco, harán que aumente fuertemente el tránsito energético a través del puente térmico de esta estructura de carpintería de bajas propiedades térmicas.

Evidentemente este proceso de tránsito energético es bidireccional e independiente del periodo estacional:

Invierno → **pérdidas energéticas**
Verano → **ganancias energéticas**

Esta situación de desequilibrio en cuanto a las propiedades térmicas del marco y del vidrio, que no deja de ser habitual en la mayoría de los productos comerciales, debemos de analizarla desde dos puntos de vista críticos esenciales.

1) Por una parte, no se entiende como en una combinación tan íntima y adyacente de estos dos sistemas, como son el marco y el vidrio, la normativa pueda avalar de forma legal, estas propiedades térmicas tan dispares o diferentes de forma conjunta y sin limitaciones.

Una estrategia seria y embarcada en alcanzar los objetivos claros del ahorro energético, debería de ser la de regular ambos sistemas por separado, de forma individual,

6.1. PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g NUESTRO MARCO NORMATIVO - CTE DB HE

estableciendo unas limitaciones máximas de transmitancia térmica tanto para el marco como para el vidrio, o por lo menos para alguno de estos componentes.

Si analizamos otras normativas europeas, como la alemana, **EnEV 2014-Energieeinsparverordnung** [40], “*Ordenanza de ahorro energético EneV2014*”, la limitación que se plantea a este respecto, es a dos niveles.

Por un lado se limita el valor de la transmitancia térmica del hueco, **UH** y por otro lado se limita de igual modo la transmitancia térmica de uno de los componentes, el vidrio en este caso, **UH,v**, haciendo que la limitación del componente del marco, **Uh,m**, quede también limitada indirectamente, pero con un cierto grado de contenida variabilidad.

Se observa también en la tabla como la limitación de estos parámetros se establece bajo dos ámbitos que engloban diferentes saltos térmicos, entre **12 y 19 °C** o **> 19°C**.

Tabelle 1: Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen

Zeile	Bauteil	Maßnahme nach	Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen mindestens 19°C	Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von 12 bis unter 19°C
			Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten $U_{max}^{1)}$	
			4	5
1	Außenwände	Nr. 1 Satz 1 und 2	0,24 W/(m ² ·K)	0,35 W/(m ² ·K)
2 a	Fenster, Fenstertüren	Nr. 2 a und b	1,3 W/(m ² ·K) ²⁾	1,9 W/(m ² ·K) ²⁾
2 b	Dachflächenfenster	Nr. 2 a und b	1,4 W/(m ² ·K) ²⁾	1,9 W/(m ² ·K) ²⁾
2 c	Verglasungen	Nr. 2 c	1,1 W/(m ² ·K) ³⁾	keine Anforderung
2 d	Vorhangfassaden	Nr. 6 Satz 1	1,5 W/(m ² ·K) ⁴⁾	1,9 W/(m ² ·K) ⁴⁾
2 e	Glasdächer	Nr. 2 a und c	2,0 W/(m ² ·K) ³⁾	2,7 W/(m ² ·K) ³⁾
2f	Fenstertüren mit Klapp-, Falt-, Schiebe- oder Hebemechanismus	Nr. 2 a	1,6 W/(m ² ·K) ²⁾	1,9 W/(m ² ·K) ²⁾
3 a	Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster mit Sonderverglasungen	Nr. 2 a und b	2,0 W/(m ² ·K) ²⁾	2,8 W/(m ² ·K) ²⁾
3 b	Sonderverglasungen	Nr. 2 c	1,6 W/(m ² ·K) ³⁾	keine Anforderung
3 c	Vorhangfassaden mit Sonderverglasungen	Nr. 6 Satz 2	2,3 W/(m ² ·K) ⁴⁾	3,0 W/(m ² ·K) ⁴⁾
4 a	Dachflächen einschließlich Dachgauben, Wände gegen unbeheizten Dachraum (einschließlich Abseitenwänden), oberste Geschossdecken	Nr. 4. Satz 1 und 2 Buchstabe a, c und d	0,24 W/(m ² ·K)	0,35 W/(m ² ·K)
4 b	Dachflächen mit Abdichtung	Nr. 4 Satz 2 b	0,20 W/(m ² ·K)	0,35 W/(m ² ·K)
5 a	Wände gegen Erdreich oder unbeheizte Räume (mit Ausnahme von Dachräumen) sowie Decken nach unten gegen Erdreich oder unbeheizte Räume	Nr. 5 Satz 1 und 2 a und c	0,30 W/(m ² ·K)	keine Anforderung
5 b	Fußbodenaufbauten	Nr. 5 Satz 2 b	0,50 W/(m ² ·K)	keine Anforderung
5 c	Decken nach unten an Außenluft	Nr. 5 Satz 1 und 2 a und c	0,24 W/(m ² ·K)	0,35 W/(m ² ·K)

Tabla T-6.3-PT[41]

40) EnEV 2014: *Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung*, vom 18. November 2013

41) *Tabla 1 - EnEV 2014: Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung*, vom 18. November 2013.

Se puede ver la limitación tanto de la transmitancia térmica del hueco UH, fila 2a, como la limitación de la transmitancia térmica del vidrio, UHv, fila 2c

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g NUESTRO MARCO NORMATIVO - CTE DB HE

Está claro que la casuística y *picaresca*, por denominarlo así, de muchos fabricantes de productos o sistemas de carpinterías que se comercializan en nuestro país, se vienen camuflando de manera habitual bajo el paraguas de las propiedades térmicas del vidrio porque la ley así lo permite.

2) Por otro lado, la laxitud y asunción de esta valoración conjunta de las propiedades térmicas del marco y del vidrio, dando por buenas situaciones de excesivos diferenciales de transmitancia térmica que se producen entre ambos sistemas adyacentes, no hace más que favorecer y permitir que el conjunto del cerramiento, aún cumpliendo los requisitos globales de UH, se vea gravemente penalizado por la generación de fuertes e intensos puentes térmicos con un excesivo flujo o tránsito energético y consecuentemente las posibles condensaciones superficiales en el sistema de peores propiedades térmicas y que para nada se tienen

en cuenta en los correspondientes apartados o capítulos del CTE DB HE dedicados a tal efecto.

Remarco tránsito energético ya que parece que por nuestra particular ubicación geográfica, el concepto de aislamiento solo lo percibimos cuando lo relativizamos con las pérdidas energéticas interiores, pérdidas de calefacción, pero de igual manera, nos penaliza en los ciclos de mayor asoleamiento, recurriendo a los sistemas de refrigeración, mucho más costosos, con lo que el aislamiento sigue siendo indispensable y necesario.

De nuevo, una estrategia seria, honesta, eficaz e independiente, en cuanto a los requisitos térmicos y de ahorro energético, permitiría que una vez regulados de forma individual y por separado los valores máximos de las propiedades térmicas del marco y del vidrio, reducir notablemente los diferenciales de transmitancia térmica entre ambos sistemas adyacentes y de ese modo disminuir los flujos energéticos

6.1. PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g NUESTRO MARCO NORMATIVO - CTE DB HE

que se generan a través de estos puentes térmicos y sus desfavorables consecuencias o patologías.

De igual modo, esta estrategia de reducción del diferencial de transmitancia térmica entre el sistema marco de la ventana y el sistema del vidrio, a favor de la reducción de los posibles puentes térmicos que se pueden generar en los huecos, se puede aplicar así mismo al binomio, muro o parte opaca y los huecos.

La última tabla 2.3 de "*Transmitancia Térmica Máxima y Permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica*", de la última publicación del **CTE DB HE** de septiembre de 2013, aun habiendo reducido, algo estos parámetros, sigue manteniendo o asumiendo, estos enormes diferenciales de transmitancia térmica entre los sistemas adyacentes, como son los muros y los huecos.

Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
<i>Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno</i> ⁽¹⁾ [W/m ² ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
<i>Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire</i> [W/m ² ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
<i>Transmitancia térmica de huecos</i> ⁽²⁾ [W/m ² ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
<i>Permeabilidad al aire de huecos</i> ⁽³⁾ [m ³ /h·m ²]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

⁽¹⁾ Para elementos en contacto con el terreno, el valor indicado se exige únicamente al primer metro de muro enterrado, o el primer metro del perímetro de suelo apoyado sobre el terreno hasta una profundidad de 0,50m.

⁽²⁾ Se considera el comportamiento conjunto de vidrio y marco. Incluye lucernarios y claraboyas.

⁽³⁾ La permeabilidad de las carpinterías indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa.

Tabla T-6.4-PT[42]

42) CTE DB HE, *Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, Código Técnico de la Edificación*, 2, Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica. Ministerio de Fomento, septiembre 2013, II pp. 15

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g NUESTRO MARCO NORMATIVO - CTE DB HE

En las tablas siguientes, se analizan a través de las diferentes versiones publicadas del **CTE DB HE**, los altísimos porcentajes de diferencia entre las transmitancias térmicas de los huecos y los cerramientos opacos, los muros, que se dan por asumidos en la norma.

Esta asunción diferencial de las descompensadas transmitancias térmicas entre los huecos y los muros, hace que se dispare el tránsito energético por aquellos elementos de inferiores características térmicas, en este caso por los **huecos**, que a su vez, se configuran con marcos y vidrios, de

COMPARATIVA ENTRE TRANSMITANCIAS TÉRMICAS MÁXIMAS (HUECOS → MUROS)							
PARÁMETRO	ZONA CLIMÁTICA DE INVIERNO - TRANSMITANCIAS TÉRMICAS MÁXIMAS → W/m²K						
	α	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA D	ZONA E	
(43) CTE DB HE MARZO 2006 *	MUROS	-	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
	VIDRIOS	-	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
	MARCOS	-	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
	% INCREMENTO VIDRIOS → MUROS	-	467,20	532,71	463,15	406,97	418,91
	% INCREMENTO MARCOS → MUROS	-	467,20	532,71	463,15	406,97	418,91
(44) CTE DB HE OCTUBRE 2007 **	MUROS	-	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
	VIDRIOS y MARCOS	-	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
	% INCREMENTO VID + MAR → MUROS	-	467,20	532,71	463,15	406,97	418,91
(45) CTE DB HE SEPTIEMBRE 2013 **	MUROS	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
	HUECOS	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
	% INCREMENTO HUECOS → MUROS	422,22	456,00	420,00	413,33	450,00	454,54

Tabla T-6.5-PT

* Comparativa de vidrios y marcos por separado

** Comparativa de UH, vidrios y marcos de forma conjunta

43) Ver CTE DB HE. Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica. HE1-2, Tabla 2.1. Primera Publicación, Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. Ministerio de Vivienda, marzo 2006. pp. HE1-2

44) Ver REAL DECRETO 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

45) CTE DB HE, Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, Código Técnico de la Edificación, 2, Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica. Ministerio de Fomento, septiembre 2013, II pp. 15

6.1. PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g NUESTRO MARCO NORMATIVO - CTE DB HE

diferentes propiedades térmicas, resultando nuevamente penalizados aquellos elementos con deficientes propiedades térmicas, en este caso los **marcos**.

Marcos que se ven doblemente afectados por elementos o sistemas constructivos adyacentes, vidrios y muros, de mucho mejores cualidades aislantes.

COMPARATIVA ENTRE TRANSMITANCIAS TÉRMICAS MÁXIMAS → HUECOS							
PARÁMETRO		ZONA CLIMÁTICA DE INVIERNO - TRANSMITANCIAS TÉRMICAS MÁXIMAS → W/m²K					
		α	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA D	ZONA E
CTE DB HE OCTUBRE 2007 **	VIDRIOS y MARCOS	-	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
	HUECOS	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
CTE DB HE SEPTIEMBRE 2013 **	% REDUCCIÓN HUECOS CTE DB HE SEPTIEMBRE 2013 ** versus OCTUBRE 2007 **	-	-	-26,31	-29,54	-22,85	-19,35

Tabla T-6.6-PT

COMPARATIVA ENTRE TRANSMITANCIAS TÉRMICAS MÁXIMAS → MUROS							
PARÁMETRO		ZONA CLIMÁTICA DE INVIERNO - TRANSMITANCIAS TÉRMICAS MÁXIMAS → W/m²K					
		α	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA D	ZONA E
CTE DB HE OCTUBRE 2007 **	MUROS	-	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
	MUROS	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
CTE DB HE SEPTIEMBRE 2013 **	% REDUCCIÓN MUROS CTE DB HE SEPTIEMBRE 2013 ** versus OCTUBRE 2007 **	-	+1,02	-6,54	-21,05	-30,23	-25,67

Tabla T-6.7-PT

** Comparativa de UH, vidrios y marcos de forma conjunta

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g NUESTRO MARCO NORMATIVO - CTE DB HE

En las tablas anteriores **T-6.6-PT** y **T-6.7-PT**, se han calculado los diferentes porcentajes de reducción de los valores máximos de transmitancias térmicas tanto para muros como para huecos, que se establecen entre los nuevos valores derivados de la última publicación del **CTE DB HE**, de septiembre de 2013 y la versión anterior, de octubre de 2007.

En este orden de cosas, y volviendo a referirme a la normativa alemana, en su última ordenanza **EnEV2014-Energieeinsparverordnung**, de ahorro energético, tanto las ventanas o huecos de obra nueva, como los de rehabilitación, no pueden tener un valor de transmitancia térmica superior a, **UH ≤ 1,3 W/m²K**, para situaciones con un salto térmico igual o superior a 19 °C, es decir un valor inferior a casi la mitad del más desfavorable de nuestros parámetros o limitaciones sobre huecos. (zona climática con similares saltos térmicos en invierno).

„Tabelle 1
Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten
bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen

Zeile	Bauteil	Maßnahme nach	Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten U_{max} 1	
			Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen ≥ 19 °C	Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von 12 bis < 19 °C
1	Außenwände	Nummer 1 Satz 1 und 2	0,24 W/(m²·K)	0,35 W/(m²·K)
2a	Fenster, Fenstertüren	Nummer 2 Buchstabe a und b	1,3 W/(m²·K) 2	1,9 W/(m²·K) 2
2b	Dachflächenfenster	Nummer 2 Buchstabe a und b	1,4 W/(m²·K) 2	1,9 W/(m²·K) 2
2c	Verglasungen	Nummer 2 Buchstabe c	1,1 W/(m²·K) 3	keine Anforderung
2d	Vorhangfassaden	Nummer 6 Satz 1	1,5 W/(m²·K) 4	1,9 W/(m²·K) 4
2e	Glasdächer	Nummer 2 Buchstabe a und c	2,0 W/(m²·K) 3	2,7 W/(m²·K) 3
2f	Fenstertüren mit Klapp-, Falt-, Schiebe- oder Hebe Mechanismus	Nummer 2 Buchstabe a	1,6 W/(m²·K) 2	1,9 W/(m²·K) 2

Tabla T-6.8-PT[46]

46) Extracto de la Tabla 1 - *EnEV 2014: Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung*, vom 18. November 2013.

Se pueden ver las limitaciones tanto de la transmitancia térmica del hueco UH, fila 2a, como la limitación de la transmitancia térmica del vidrio, UH,v, fila 2c

Así mismo, se establece una limitación de transmitancia térmica máxima al sistema de vidrios, **UH,v ≤ 1,1 W/m²K**, en las mismas condiciones de salto térmico.

6.1. PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g NUESTRO MARCO NORMATIVO - CTE DB HE

Analizando normativas que plantean una respuesta seria a favor de estas estrategias de ahorro energético en otros ámbitos de la edificación, como son los estándares **passivhaus** para climas cálidos [47], estas limitaciones quedan recogidas, bajo los tres parámetros fundamentales de estos cerramientos:

- UH $\leq 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$
- UH,m $\leq 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$
- UH,v $\leq 0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $g^\perp > 50 \%$

$$\rightarrow U_{h,v} - 1,5 g^\perp \leq 0$$

Con estos parámetros básicos de los principios de diseño del estándar **passivhaus**, se aprecia inmediatamente, que independientemente de lo reducido de los valores máximos admisibles para las transmitancias térmicas de los elementos que van a componer la ventana de un estándar que aunque diferente del residencial común o habitual, representa el objetivo de las directrices europeas en cuanto a reducción de consumos energéticos y emisiones, existe una segunda lectura igual de importante que es el carácter de

limitación individual o por separado y el reducido diferencial de transmitancia térmica permitido entre ambos sistemas, **marco** y **vidrio**, reduciendo al máximo los diferenciales de transmitancia térmica entre los componentes del sistema de la **ventana**.

El último parámetro, referido a la transmitancia energética solar total o factor solar en %, limita el parámetro mínimo de captación a través del vidrio.

47) Passive-On Project, es un proyecto de investigación y difusión patrocinado dentro programa europeo SAVE integrante de las actuaciones para Energía Inteligente-Europa (EIE). El objetivo del proyecto es promover casas pasivas en climas cálidos.

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
NUESTRO MARCO NORMATIVO - CTE DB HE

6.2. PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g EVOLUCIÓN NORMATIVA ESPAÑOLA - VIDRIOS y MARCOS de la NBE CT-79 al CTE DB HE

Haciendo un balance de la evolución legislativa de nuestro país sobre los sistemas de cerramientos semitransparentes en la edificación a lo largo de los últimos 35 años, no caben otros calificativos que el desinterés general de legislar con rigor sobre el asunto, la falta de disciplina y de aspiraciones reales de mejora sobre un objetivo claro de ahorro energético de los sistemas de cerramientos semitransparentes, el desinterés de legislar de forma progresista en cuanto a los contextos de sostenibilidad y paridad con respecto a otros países de la Unión Europea y sobre todo la incapacidad de crear un marco normativo políticamente independiente de los lobbies o sectores industriales y comerciales de la edificación, los cuales han venido ejerciendo una presión continuada para favorecer sus intereses económicos frente al desarrollo de mejores sistemas de cerramiento.

La edificación en nuestro país ha supuesto durante muchos años el

enriquecimiento rápido y fácil de muchos sectores, independientemente de la calidad o de las buenas prácticas que se aplicaban a la misma.

La incorporación de mejoras técnicas que permitan el ahorro energético a lo largo de la vida de la edificación y el ahorro económico de sus propietarios o usuarios en el uso continuado de su vivienda, no se han encontrado nunca en uno de los objetivos.

Se ha preferido construir con índices de calidad muy reducidos y de forma barata para de esa forma sacar el mayor rédito económico inicial, independientemente del sobre costo económico que supone al usuario de la edificación el mantenimiento de la misma a lo largo de su vida útil, sin mencionar la hipoteca medioambiental que suponen muchas de las soluciones constructivas tanto a nivel del empleo de determinados materiales como de los excesivos consumos energéticos y sus correspondientes emisiones producidas debido a la ineficacia de sus sistemas de acondicionamiento térmico.

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g EVOLUCIÓN NORMATIVA ESPAÑOLA - VIDRIOS y MARCOS de la NBE CT-79 al CTE DB HE

Pero es incluso ahora, en nuestro contexto actual, donde las normativas y directrices europeas vienen marcando los objetivos del futuro próximo en cuanto a las limitaciones de los consumos energéticos referidas a la edificación, cuando seguimos manteniendo criterios de medida y limitaciones que se encuentran muy lejos de alcanzar las metas propuestas.

Publicada por *REAL DECRETO 2429/1979, de 6-JUL, de la Presidencia del Gobierno, B.O.E.: 22-OCT-79* y tras 27 años en los que la **Norma Básica de la Edificación sobre Condiciones Térmicas de los Edificios, NBE CT-79** [48], establecía los requisitos de aislamiento térmico mínimos globales exigibles a los edificios, el denominado **KG**, sin especificaciones o limitaciones térmicas concretas sobre las carpinterías de ventanas y los vidrios, se publicaba en 2006 el Código Técnico de la Edificación, **CTE**, que con su **Documento Básico, Ahorro de Energía, CTE DB HE** [49], parecía que impondría un mayor rigor, en cuanto al ahorro energético de nuestras

edificaciones y sobre los componentes de los diferentes sistemas constructivos, en un afán de equiparar nuestra edificación con el resto de vecinos europeos, más avanzados en las estrategias de ahorro energético, en los parámetros y contextos de sostenibilidad y reducción de emisiones, avalados todos ellos por la coexistencia con normativas y directrices europeas inscritas en esta dirección.

Estableciendo el itinerario normativo que se ha venido publicando a este respecto en los últimos años, es curioso ver como la primera publicación del **Documento Básico HE, Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación en el Real Decreto 314/2006 del 17 de marzo**, en su publicación inicial, en la **tabla 2.1**, referente a las transmitancias térmicas máximas de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica, establecía limitaciones máximas tanto para los marcos como para los vidrios, de manera independiente y por separado, como quedaba constancia en el **subíndice 2**, de dicha tabla.

48) Ver: Real Decreto 2429/79, de 6 de julio, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79, sobre Condiciones Térmicas en los edificios.

49) Ver: *CTE DB HE*. Primera Publicación, Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. Ministerio de Vivienda, marzo 2006

6.2.

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
 EVOLUCIÓN NORMATIVA ESPAÑOLA - VIDRIOS y MARCOS
 de la NBE CT-79 al CTE DB HE

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

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

⁽¹⁾ Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m

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

Tabla T-6.9-PT[50]

Un parámetro en consonancia con las diferentes normativas europeas y a favor de un ahorro energético más claro, eficaz, lógico y honesto.

No deja de sorprender como se hacía especial hincapié en este concepto ya que se especificaba con un particular **subíndice 2** de esta particularidad de medida individualizada y por separado, por si alguien tuviera dudas al respecto.

Con esta primera publicación, aún planteando unos valores máximos de transmitancias térmicas, elevadísimos, parecía lógico que tanto las propiedades térmicas de los marcos y de los vidrios, se evaluaran de forma independiente, limitando las propiedades térmicas de cada uno de ellos y mejorando de una forma compensada y equilibrada, el valor de la transmitancia térmica final del conjunto del hueco, **UH**.

50) Ver: CTE DB HE. *Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica*. HE1-2, Tabla 2.1. Primera Publicación, Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. Ministerio de Vivienda, marzo 2006. pp. HE1-2

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g EVOLUCIÓN NORMATIVA ESPAÑOLA - VIDRIOS y MARCOS de la NBE CT-79 al CTE DB HE

Esa compensación o equilibrio de las propiedades térmicas del conjunto de los elementos que componen el hueco, marco y vidrio, favorece la reducción de la generación de puentes térmicos dentro del sistema y en particular en aquellos elementos de peores propiedades térmicas.

Como patrón ideal, la envolvente de la edificación, debería proporcionar excelentes propiedades térmicas de un modo uniforme y continuo, sin generar diferenciales de transmitancia térmica, configurándose como una envolvente continua de iguales propiedades térmicas en todo su desarrollo.

La estratificación de la misma debido a los diferentes sistemas constructivos y a las variables propiedades térmicas de los múltiples materiales que la integran, produce el elevado número de puentes térmicos que introducimos en nuestras edificaciones.

Dentro de este pensamiento idealizado sobre la envolvente y lejos de ser una

utopía, se puede plantear como estrategia general, que las propiedades térmicas de la misma y para todos los sistemas que la integran, deberían de ser únicas, similares, o muy próximas en valores, bien cuando realizamos cerramientos opacos, **Um** o semitransparentes, huecos, **UH**.

Estos parámetros ideales o singulares no deberían de ser muy diferentes, ya que a medida que aumentamos el gradiente de transmitancia térmica, entre elementos o sistemas adyacentes, mayor es la cuantificación del flujo de energía que se desplaza por los de peores propiedades o inferiores características térmicas.

Los materiales no producen puentes térmicos, solo una incorrecta combinación, diseño, estratificación o configuración de los sistemas constructivos en los que se integran, los generan.

6.2.

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g EVOLUCIÓN NORMATIVA ESPAÑOLA - VIDRIOS y MARCOS de la NBE CT-79 al CTE DB HE

La generación de los puentes térmicos se produce sobre áreas o zonas con una desigual transmitancia térmica, respecto a la de sus adyacentes, bien debido a sus diferentes propiedades térmicas, derivadas de su naturaleza material o debido a su configuración formal constructiva superficial o tridimensional.

Una envolvente continua con un valor uniforme de transmitancia térmica, carece de puentes térmicos. Tendrá mejores o peores propiedades térmicas, mejor o peor comportamiento aislante, pero carecerá de áreas o zonas donde se produzcan diferenciales de transmitancia térmica y consecuentemente de tránsito energético.

Es cierto que dependiendo de la forma de la envolvente se pueden producir también aumentos de la transmitancia térmica, aún siendo continua y con iguales propiedades térmicas, sobre todo en uniones, confluencias o encuentros tridimensionales formales o espaciales complicados.

En el caso de los huecos, las soluciones constructivas no dejan de ser sistemas complejos, donde intervienen muchos elementos, con dispares propiedades térmicas y geométricas y que aun obteniendo valores óptimos de **UH**, no están exentos de generar puentes térmicos.

Esta desigualdad y desequilibrio de las propiedades térmicas, que deja de lado la uniformidad o la paridad, conlleva al aumento del tránsito energético por aquellos elementos, materiales o sistemas con inferiores características térmicas o incorrectas configuraciones constructivas.

Debido a estas desacertadas configuraciones constructivas y volviendo al inicio sobre la primera publicación del **CTE** en su **Documento Básico HE**, parecía lógico que se limitaran en un primer paso las transmitancias térmicas máximas tanto al vidrio como al marco de la carpintería y por separado, en un intento de minimizar estas descompensaciones de propiedades térmicas en los elementos del

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
EVOLUCIÓN NORMATIVA ESPAÑOLA - VIDRIOS y MARCOS
de la NBE CT-79 al CTE DB HE

sistema de los cerramientos semi-transparentes.

(Cambio Normativo-1)

Prácticamente al año de esta primera publicación y acompañando a otro Real Decreto, el 1371/2007 del 19 de octubre, **“REAL DECRETO 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.”**

, publicado en el BOE número 254 del martes 23 de octubre de 2007, se inserta una nueva **tabla 2.1** que modifica a la aprobada 19 meses antes [51].

Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m²K

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

⁽¹⁾ Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m

⁽²⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos

⁽³⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas

Tabla T-6.10-PT[52]

51) Ver: REAL DECRETO 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

52) Tabla incluida en el REAL DECRETO 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

6.2.

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g EVOLUCIÓN NORMATIVA ESPAÑOLA - VIDRIOS y MARCOS de la NBE CT-79 al CTE DB HE

Como se puede observar, en la tabla **T-6.10-PT**, el carácter de los **Vidrios** y **Marcos**, queda sin subíndice aclaratorio, con lo que ya no se hace referencia al análisis comparativo por separado e individualizado de las propiedades térmicas de los dos sistemas, valorando el conjunto de ambos.

Estos cambios estratégicos normativos, sin entrar en profundidades ni en las causas que llevaron a ello, pueden darnos una idea de que el ahorro energético, propiamente dicho, que depende entre otras muchas acciones de las exigencias básicas particulares que se plantean a los productos, materiales o componentes constructivos, no parece que sea un fin en sí mismo, sino que existen otros múltiples factores, muy alejados del verdadero ahorro energético y de la eficacia de los cerramientos semitransparentes que desvirtúan y hacen desvanecer estos objetivos.

No puede haber ahorro energético eficaz, si desde las propias instituciones administrativas, la

legislación al respecto de los parámetros básicos de algunos materiales o sistemas, se somete y modifica bajo la presión de los lobbies comerciales de esos mismos productos comerciales.

(Cambios Normativos – 2, 3 y 4)

En septiembre de 2013, se publica la última versión del **Documento Básico HE** del **CTE** y no solo sigue manteniendo este criterio, sino que desaparecen las denominaciones individuales de **Vidrios y Marcos**, denominándolos ahora **Huecos**, e incluso aparece de nuevo el **subíndice 2**, como en la aprobación inicial, pero con un contenido contrario a éste, aclarando el concepto de medición conjunta, por si no estaba suficientemente claro, como se puede ver en la tabla de transmitancias térmicas máximas, **(Cambio Normativo-2)**.

Con esta nueva publicación, se reducen tímidamente los valores máximos globales admitidos, **(Cambio Normativo-3)**, aplicados a

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
 EVOLUCIÓN NORMATIVA ESPAÑOLA - VIDRIOS y MARCOS
 de la NBE CT-79 al CTE DB HE

las zonas climáticas, cambiando así mismo la clasificación o severidad de algunas zonas geográficas, con respecto a la primera publicación, incluyendo una nueva zona α asignada a algunas áreas geográficas y altitudes del archipiélago Canario, **(Cambio Normativo-4)**.

Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m ² ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m ³ /h·m ²]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

⁽¹⁾ Para elementos en contacto con el terreno, el valor indicado se exige únicamente al primer metro de muro enterrado, o el primer metro del perímetro de suelo apoyado sobre el terreno hasta una profundidad de 0,50m.

⁽²⁾ Se considera el comportamiento conjunto de vidrio y marco. Incluye lucernarios y claraboyas.

⁽³⁾ La permeabilidad de las carpinterías indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa.

Tabla T-6.11-PT[53]

Pero nuestro marco normativo no solo plantea estrategias cambiantes y poco rigurosas, en cuanto a la valoración conjunta o por separado y la limitación de las transmitancias térmicas máximas de los sistemas **marco-vidrio**.

El cálculo del valor **UH**, de la transmitancia térmica del hueco, la expresión que permite su cálculo, también ha venido desarrollando irregularidades o variaciones en coexistencia con normativas europeas de obligado cumplimiento, desde la primera publicación del **CTE** en 2006.

53) CTE DB HE, Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, Código Técnico de la Edificación, 2, Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica. Ministerio de Fomento, septiembre 2013, II pp. 15

6.3. PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g EVOLUCIÓN NORMATIVA ESPAÑOLA - CTE DB HE EXPRESIONES Y FÓRMULAS DE CÁLCULO - UH

• Marzo, 2006

Con la primera publicación en 2006, el Código Técnico de la Edificación, **CTE**, su **Documento Básico, Ahorro de Energía, CTE DB HE**, establecía el cálculo de la transmitancia térmica de un hueco, **UH**, por medio de la opción simplificada, como:

$$U_H = (1 - FM) \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m} \quad [54]$$

Donde:

UH	=	Transmitancia térmica de la ventana [W/m ² K]
1-FM	=	Fracción del hueco ocupada por la parte semitransparente
UH,v	=	Transmitancia térmica de la parte semitransparente [W/m ² K]
FM	=	Fracción del hueco ocupada por el marco
UH,m	=	Transmitancia térmica del marco de la ventana [W/m ² K]

Se acompañaban las definiciones anteriores con la siguiente nota 2:

*“En ausencia de datos, la transmitancia térmica de la parte semitransparente **UH,v** podrá obtenerse según la norma **UNE EN ISO 10 077-1:2001**”, que incorporaba una serie de tablas con valores para ciertas combinaciones de vidrio y tipos de marcos.*

Pero esta Norma española **UNE EN ISO 10077-1:2001** [55], a la que hace referencia el **CTE DB HE**, aprobada en junio de 2001, cinco años antes, que se correspondía con la **Norma Europea EN ISO 10077-1** de julio del 2000 y que a su vez adoptaba la **Norma Internacional ISO 10077-1:2000** de 2000 ya establecía en su punto 5 la ecuación para el cálculo del

54) Ver: CTE DB HE. *Apéndice E Cálculo de los parámetros característicos de la demanda. E.1.4.1 Transmitancia térmica de huecos*. Primera Publicación, Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. Ministerio de Vivienda, marzo 2006. pp. HE1-43

55) Ver: Norma UNE EN ISO 10077-1:2001. *Características térmicas de ventanas, puertas y contraventanas. Cálculo del coeficiente de transmisión térmica. Parte 1: Método simplificado*. Editada por AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación. Junio 2001. V pp. 11

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
 EVOLUCIÓN NORMATIVA ESPAÑOLA - CTE DB HE
 EXPRESIONES Y FÓRMULAS DE CÁLCULO - UH

coeficiente de transmisión térmica
 como:

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + \psi_g \cdot l_g}{A_g + A_f}$$

Donde:

U_w	= UH	Transmitancia térmica de la ventana [W/m ² K]
A_g	= A_v	Área de la parte semitransparente [m ²]
U_g	= UH,v	Transmitancia térmica parte semitransparente [W/m ² K]
A_f	= A_m	Área de ocupación del marco [m ²]
U_f	= UH,m	Transmitancia térmica del marco de la ventana [W/m ² K]
Ψ_g	= Ψ_v	Transmitancia térmica lineal del borde del vidrio [W/mK]
l_g	= l_v	Perímetro de vidrio [m]

Como se puede observar, 5 años antes de la primera publicación del **CTE DB HE** en marzo de 2006, ya disponíamos de una **Norma española**, la **UNE EN ISO 10077-1:2001**, que incorporaba en el cálculo del coeficiente de transmitancia térmica de la ventana, **UH**, el sumando del puente térmico perimetral que se produce a través del espaciador del vidrio, donde el perímetro de este espaciador, aparte de su naturaleza y combinación con el resto de materiales

que intervienen en la ventana, incide directamente en el valor final de la transmitancia térmica del hueco **UH**, situando a la forma del hueco, la forma de la ventana, su diseño, su número de particiones y distribución formal, en parámetros que pueden configurar y contribuir a una mejora en la eficacia térmica de las ventanas y por consiguiente de los huecos.

6.3. PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g EVOLUCIÓN NORMATIVA ESPAÑOLA - CTE DB HE EXPRESIONES Y FÓRMULAS DE CÁLCULO - UH

Esta norma nacional anterior, la **UNE EN ISO 10077-1:2001**, en su apartado inicial de **Antecedentes** que aquí se incorpora, decía lo siguiente:

- 5 -

EN ISO 10077-1:2000

ANTECEDENTES

El texto de la EN ISO 10077-1:2000 ha sido elaborado por el Comité Técnico CEN/TC 89 "*Prestaciones Térmicas de los Edificios y sus Componentes*", cuya Secretaría desempeña SIS, en colaboración con el Comité Técnico ISO/TC 163 "*Aislamiento Térmico*".

Esta norma europea deberá recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a la misma o mediante ratificación antes de finales de enero de 2001, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deberán anularse antes de finales de enero de 2001.

Para la relación con las Directivas UE, véase el Anexo ZA, informativo, que forma parte íntegra de esta norma.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, los siguientes países están obligados a adoptar esta norma europea: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

Esta norma forma parte de una serie de normas sobre los métodos de cálculo para la concepción y la evaluación de las prestaciones térmicas de los edificios y sus componentes.

La parte 1 trata del cálculo simplificado del coeficiente de transmisión térmica de las ventanas y puertas con o sin cierres exteriores. La parte 2 cubre el cálculo numérico (bidimensional) del coeficiente de transmisión térmica de los perfiles de los marcos.

[56]

Podemos observar que la norma adquiriría rango nacional y de aplicación en España, de acuerdo con el Reglamento Interior de **CEN/CENELEC** [57], anulando todas las

Esta norma **UNE EN ISO 10077-1**, se publica por primera vez en el **BOE n°247** del lunes 15 de octubre de 2001, p. 37900.

56) Extracto de los Antecedentes de la UNE EN ISO 10077-1:2001. *Características térmicas de ventanas, puertas y contraventanas. Cálculo del coeficiente de transmisión térmica. Parte 1: Método simplificado.* Editada por AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación. Junio 2001.

57) CEN, Comité Europeo de Normalización CENELEC, Comité Europeo para la Normalización Electrotécnica

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
 EVOLUCIÓN NORMATIVA ESPAÑOLA - CTE DB HE
 EXPRESIONES Y FÓRMULAS DE CÁLCULO - UH

Posteriormente, el lunes 27 de septiembre de 2010, se vuelve a publicar en el BOE nº234 Sec. III p. 81989, la norma **UNE EN ISO 10077-1:2010**, que sigue manteniendo los mismos criterios de medición y cálculo para la transmitancia térmica, **UH** de las ventanas.

Cierto es que hasta 2006, nuestro marco normativo al respecto, la **NBE CT-79**, no contemplaba para nada el cálculo simplificado de la transmitancia térmica de los huecos, pero se estaba gestando la nueva legislación del **CTE** que debería de haber contemplado

En la primera publicación del **CTE DB HE**, en marzo de 2006, y en su sección **HE-1 Limitación de demanda energética**, se establecía como metodología de verificación, la opción simplificada, (ver imagen 58, abajo).

Donde la opción simplificada se basaba en la limitación de los parámetros característicos de los

- i) **opción simplificada**, basada en el control indirecto de la demanda energética de los edificios mediante la limitación de los parámetros característicos de los *cerramientos y particiones interiores* que componen su envolvente térmica. La comprobación se realiza a través de la comparación de los valores obtenidos en el cálculo con los valores límite permitidos. Esta opción podrá aplicarse a obras de edificación de nueva construcción que cumplan los requisitos especificados en el apartado 3.2.1.2 y a obras de rehabilitación de edificios existentes;
- ii) **opción general**, basada en la evaluación de la demanda energética de los edificios mediante la comparación de ésta con la correspondiente a un edificio de referencia que define la propia opción. Esta opción podrá aplicarse a todos los edificios que cumplan los requisitos especificados en 3.3.1.2. [58]

estos nuevos criterios en cuanto a la medida y valoración de los sistemas de cerramientos de huecos.

cerramientos y su comprobación con respecto a los valores límite permitidos, es decir, que los criterios de cálculo

58) Extracto del texto incluido en el apartado 1.2 *Procedimiento de verificación* del CTE DB HE. Primera Publicación, Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. Ministerio de Vivienda, marzo 2006. 1 pp.HE-1

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
 EVOLUCIÓN NORMATIVA ESPAÑOLA - CTE DB HE
 EXPRESIONES Y FÓRMULAS DE CÁLCULO - UH

6.3.

descritos en el **Apéndice E, "Cálculo de los parámetros característicos de la demanda"**, y más concretamente los referidos a los huecos, descritos en el apartado **E.1.4 "Huecos y lucernarios"** [59], mostrados en el inicio de este capítulo, coexistían con otra Normativa, con carácter de **rango nacional** y con unos criterios de cálculo que técnicamente divergen con la norma a la que hacen referencia.

Llegados a este punto, no se entiende como una Normativa como el **CTE** y su documento **DB HE**, hacen referencia en su contenido a una Normativa de rango nacional como la **UNE EN ISO 10077-1:2001**, anterior incluso al propio **CTE**, para, "En ausencia de datos, la transmitancia térmica de la parte semitransparente UH, v podrá obtenerse según la norma **UNE EN ISO 10 077-1:2001**", dejando totalmente olvidados los criterios de cálculo de la transmitancia térmica de la ventana y que en principio parece son de obligado cumplimiento debido a su publicación oficial en el BOE y su recurrencia e inclusión en el texto del CTE.

• Septiembre, 2013

En septiembre de 2013, se publica la última versión del **CTE DB HE**, que con el complementario "**Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, Código Técnico de la Edificación, DA DB-HE / 1, Cálculo de parámetros característicos de la envolvente, de Octubre 2013**" [60], se especifica:

a) Aplicación en primera instancia de la norma **UNE EN ISO 10077-1:2010**, idéntica en criterios de medición a la europea **EN ISO 10077-1:2006**, y a la anterior nacional **UNE EN ISO 10077-1:2001**, para el cálculo de dichos parámetros

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + \psi_g \cdot l_g}{A_g + A_f}$$

b) O alternativamente la aplicación de la expresión que ya se recogía en todas las publicaciones anteriores del documento, **CTE DB HE**:

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

59) Ver: CTE DB HE. *Apéndice E Cálculo de los parámetros característicos de la demanda. E.1.4.1 Transmitancia térmica de huecos*. Primera Publicación, Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. Ministerio de Vivienda, marzo 2006. pp. HE1-43

60) Ver: *Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*. Octubre 2013 Ministerio de Fomento Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo. II pp. 11

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
 EVOLUCIÓN NORMATIVA ESPAÑOLA - CTE DB HE
 EXPRESIONES Y FÓRMULAS DE CÁLCULO - UH

Sigue sin dejar de sorprender la divergencia en cuanto a los criterios de medición que se establecen en la Normativa del **CTE**.

• **Febrero, 2015**

La reciente publicación, en febrero de 2015, de un nuevo **“Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, Código Técnico de la Edificación, DA DB-HE / 1, Cálculo de parámetros característicos de la envolvente, de febrero 2015”** [61], establece definitivamente para el cálculo de los parámetros característicos de la envolvente, la aplicación única de la normativa **UNE EN ISO 10077-1**, con la expresión general:

$$U_H = \frac{A_{H,v} U_{H,v} + A_{H,m} U_{H,m} + l_v \psi_v + A_{H,p} U_{H,p} + l_p \psi_p}{A_{H,v} + A_{H,m} + A_{H,p}}$$

Expresión que engloba, el vidrio, el marco, el puente térmico del espaciador del vidrio, un posible panel opaco y su correspondiente coeficiente de transmitancia térmica lineal, desapareciendo definitivamente la

expresión y el criterio de cálculo anterior:

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

61) Ver: *Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*. Febrero 2015 Ministerio de Fomento Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo. II pp. 11

6.3. PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g EVOLUCIÓN NORMATIVA ESPAÑOLA - CTE DB HE EXPRESIONES Y FÓRMULAS DE CÁLCULO - UH

No se puede entender como desde el inicio del nuevo marco normativo del **CTE DB HE**, en marzo de 2006, donde se partía simbólicamente de cero, se haya creado, generalizado y mantenido un método de medición de la transmitancia térmica de los huecos, **UH**, que difiere y diverge de una Normativa anterior, y de *rango nacional*, la **UNE EN ISO 10077-1:2001**, a la que se hace mención en todas las redacciones de los diferentes documentos aparecidos, para recurrir a ella en 2015, después incluso de la previa y reciente modificación de septiembre de 2013.

Los efectos de esta doble y coexistente legislación con respecto a los criterios de medición, hacen que podamos afirmar que hemos pasado nueve años, valorando nuestros cerramientos semitransparentes, nuestros huecos, la transmitancia térmica de los mismos, UH, de diferente manera que el resto de países de la unión y bajo marcos normativos divergentes en su configuración.

Hemos pasado nueve años en los que nuestras edificaciones debido a diferentes criterios de medida, han sido sobrevaloradas térmicamente en comparación con el resto de edificaciones del entorno Europeo.

La no inclusión del puente térmico del espaciador del vidrio como sumando en la valoración y cálculo de la transmitancia térmica de nuestros huecos, se traduce en que hemos calculado la transmitancia térmica de nuestros huecos de una forma diferente, obteniendo unos valores de **UH**, inferiores, es decir, con menores transferencias de energía, es decir, comparativamente con mejores valoraciones de sus propiedades térmicas.

Esta sobrevaloración de las características térmicas de los huecos de nuestras edificaciones conlleva que hemos pasado nueve años en los que nos cabe hacernos algunas preguntas al respecto:

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
 EVOLUCIÓN NORMATIVA ESPAÑOLA - CTE DB HE
 EXPRESIONES Y FÓRMULAS DE CÁLCULO - UH

¿Cómo hemos calculado los consumos energéticos de nuestras edificaciones para poder establecer ratios comparativos con el resto de países de la Unión Europea y con el resto del mundo?

¿Cómo hemos realizado las certificaciones energéticas de nuestras edificaciones hasta este momento?

¿Son comparables con el resto de certificaciones energéticas de los países de nuestro entorno?

¿Qué pasa con las directivas del parlamento y del consejo Europeo sobre eficiencia energética?

¿Qué pasa con el cumplimiento de los objetivos de emisiones de CO₂?

¿Y con los objetivos de ahorro energético?

¿Son comparables los consumos energéticos de nuestras edificaciones con el resto de países de la Unión Europea?

¿Han sido comparables térmicamente nuestros productos comerciales, nuestras ventanas, con los productos europeos?

¿Ha tenido que ser el factor comercial y de mercado y no el del ahorro energético el que regularice estos criterios de medida?

Está claro que llevamos un largo periodo de tiempo donde nuestros ratios de consumos, emisiones y los consiguientes objetivos de eficiencia energética no pueden ser comparados con los de nuestros colegas europeos.

En otro orden de cosas, el mercado **CE** [62], para todos los fabricantes de ventanas que entró en vigor, en periodo de coexistencia, el 1 de febrero de 2007 y con carácter de obligatoriedad, el 1 de febrero de 2010, ya planteaba que la valoración de la transmitancia térmica del hueco, **UH**, era diferente aplicando el **CTE** y la normativa correspondiente del mercado **CE**, que se basa en las normativas europeas **EN ISO 10077-1:2006** y **EN ISO 10077-2:2012**, quedando patente que un producto con marcado **CE**, disponía hasta febrero de 2015, de un doble valor de transmitancia térmica, el exigido por el **CTE**, el nacional y el correspondiente a la norma **EN ISO 10077-1:2006**, el de exportación.

62) Instrucción sobre Criterios para la puesta en Práctica del Mercado CE de las Ventanas, Ventanas para Tejados y Puertas Exteriores Peatonales, en el Marco del Reglamento UE N°305/2011. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa. Subdirección General de Calidad y Seguridad Industrial. Octubre 2013

6.4. PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g Ψ_g - TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL DEL ESPACIADOR DEL VIDRIO IMPORTANCIA DE SU VALORACIÓN. UNE EN ISO 10077-1 *versus* CTE DB HE

En el apartado anterior, hemos visto como hemos coexistido normativamente con dos formas o criterios de valoración de la transmitancia térmica de los huecos, **UH**, muy diferente, en cuanto a los elementos a tener en cuenta para su cálculo.

Hemos analizado como nuestra Normativa nacional, exceptuando la última modificación reciente de febrero de 2015, hace referencia a la normativa **UNE EN ISO 10077-1**, manteniendo un criterio de valoración y cálculo que no se corresponden con los recogidos en dicha Norma, favoreciendo, digámoslo así, al valor final de nuestros huecos, **UH**, con respecto a los de nuestros vecinos europeos, haciendo imposible la comparativa tanto de los productos comerciales nacionales con respecto a los comunitarios, como de otros factores derivados de esta divergente medición como son los datos relativos al ahorro energético, calificaciones energéticas, emisiones de CO₂, etc., parámetros todos ellos enmarcados en directrices y normas de carácter

europeo y con unos objetivos claros a alcanzar en materia del ahorro energético, la reducción de emisiones y la sostenibilidad.

Pero realmente,

¿Cómo influye o de qué manera interviene en la valoración global de la transmitancia térmica de los huecos, UH, la introducción del valor del puente térmico del espaciador?

¿Es considerable el aumento de la transmitancia térmica del hueco cuando se tiene en cuenta este parámetro?

¿Realmente, el no tener en cuenta este sumando debido al espaciador, tiene consideraciones importantes?

¿Cómo incide la adopción de espaciadores térmicamente mejorados en la transmitancia térmica del hueco, UH, con respecto a los espaciadores convencionales de aluminio o acero inoxidable?

6.4.1.

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g Ψ_g - TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL DEL ESPACIADOR DEL VIDRIO INFLUENCIA SOBRE EL VALOR UH DE LA VENTANA

Esta tesis doctoral, desarrolla entre otros aspectos la investigación sobre la forma del hueco y el diseño de la ventana para establecer estrategias que nos puedan permitir un mayor ahorro energético. En los dos capítulos anteriores, hemos visto como la forma geométrica del hueco, influye en el perímetro del mismo, **PH**, obteniendo diferencias en cuanto a este parámetro de más de un **30%** según planteemos una forma geométrica u otra, independientemente de las propiedades térmicas de los elementos que componen el sistema de cerramiento de la ventana.

También hemos analizado, diferentes diseños de ventanas, con diferentes particiones y sistemas de apertura, donde los parámetros de la fracción de ocupación del marco dentro del hueco, **FM** y el perímetro de vidrio, **PV**, las conclusiones son de una lectura más compleja, y nos van a servir para estableciendo las correspondientes propiedades térmicas de los diferentes elementos de composición, obtener en los capítulos siguientes, los valores

globales de la transmitancia térmica de los huecos, **UH**, con todas estas variables y establecer criterios o estrategias que nos permitan un mayor ahorro energético derivado del diseño de nuestros huecos.

De la aplicación del parámetro del puente térmico del espaciador como sumando en el cálculo de la transmitancia térmica de los huecos, **UH**, se desprende una diferencia clara y básica con respecto a lo que ha venido haciendo el **CTE DB HE**:

- Los valores de transmitancia térmica de huecos **UH**, aplicando la **UNE EN ISO 10077-1**, son **mayores** que los obtenidos con la aplicación del **CTE DB HE** (anterior a febrero de 2015).

(con espaciadores de iguales características o propiedades térmicas; con espaciadores mejorados térmicamente; con valores $U_{Hm}=U_{Hv}$; con valores $U_{Hm}<U_{Hv}$; con valores $U_{Hm}>U_{Hv}$)

6.4.1. PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g Ψ_g - TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL DEL ESPACIADOR DEL VIDRIO INFLUENCIA SOBRE EL VALOR U_H DE LA VENTANA

En el desarrollo de los capítulos siguientes, valoraremos esta incidencia y su cuantificación, dependiendo de la forma geométrica del hueco, del diseño de la ventana y de las propiedades de los tres parámetros térmicos, $U_{H,m}$, $U_{H,v}$ y Ψ_g , bien sea de aluminio o mejorado térmicamente.

6.4.2.

Ψ_g - TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL DEL ESPACIADOR DEL VIDRIO
INFLUENCIA SOBRE LA FORMA GEOMÉTRICA DEL HUECO
INFLUENCIA SOBRE EL DISEÑO DE LA VENTANA

Para establecer el estudio de la influencia del valor del puente térmico del espaciador del vidrio, se ha planteado el análisis para la obtención de los diferentes valores de la transmitancia térmica del hueco, **UH**, introduciendo tres escenarios básicos:

a) $UH,m = UH,v$

• **CTE DB HE (anterior a febrero 2015)**

Con todas las variantes de diseños de ventanas y formas geométricas de huecos, se obtiene el mismo resultado de **$UH = UH_m = UH_v$**

LA FORMA DEL HUECO Y EL DISEÑO DE LA VENTANA, NO INFLUYEN

b) $UH,v < UH,m$

• **CTE DB HE (anterior a febrero 2015)**

Valores de **UH** siempre inferiores a los obtenidos con la **UNE EN ISO 10077-1**

LA FORMA DEL HUECO Y EL DISEÑO DE LA VENTANA, SI INFLUYEN

• **CTE DB HE - UNE EN ISO 10077-1**

Valores de **UH** siempre superiores a los obtenidos con el **CTE DB HE (anterior a febrero 2015)**

LA FORMA DEL HUECO Y EL DISEÑO DE LA VENTANA, SI INFLUYEN

• **CTE DB HE - UNE EN ISO 10077-1**

Valores de **UH** siempre superiores a los obtenidos con el **CTE DB HE (anterior a febrero 2015)**

LA FORMA DEL HUECO Y EL DISEÑO DE LA VENTANA, SI INFLUYEN

6.4.2. Ψ_g - TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL DEL ESPACIADOR DEL VIDRIO INFLUENCIA SOBRE LA FORMA GEOMÉTRICA DEL HUECO INFLUENCIA SOBRE EL DISEÑO DE LA VENTANA

c) $UH,v > UH,m$

• CTE DB HE (anterior a febrero 2015)

Valores de **UH** siempre inferiores a los obtenidos con la **UNE EN ISO 10077-1**

LA FORMA DEL HUECO Y EL DISEÑO DE LA VENTANA, SI INFLUYEN

• CTE DB HE - UNE EN ISO 10077-1

Valores de **UH** siempre superiores a los obtenidos con el **CTE DB HE (anterior a febrero 2015)**

LA FORMA DEL HUECO Y EL DISEÑO DE LA VENTANA, SI INFLUYEN

En el desarrollo de los capítulos siguientes, valoraremos esta incidencia y su cuantificación, dependiendo de la forma geométrica del hueco, del diseño de la ventana y de las propiedades de los tres parámetros térmicos, **UH,m**, **UH,v** y **Ψ_g** , bien sea de aluminio o mejorado térmicamente

6.5.

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
FÓRMULAS Y NORMATIVA DE CÁLCULO PARA EL ANÁLISIS

Independientemente de la discusión y del planteamiento cambiante de los objetivos que ha marcado el contexto normativo español del **CTE**, se ha planteado el análisis comparativo de todas las variantes que se han desarrollado en los capítulos anteriores para formas geométricas de huecos y diseños de particiones de ventanas, calculando los valores de la transmitancia térmica de los mismos, bajo nuestro marco normativo vigente, **“Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, Código Técnico de la Edificación, DA DB-HE / 1, Cálculo de parámetros característicos de la envolvente, febrero 2015”** [63], donde para el cálculo de la transmitancia térmica de huecos (ventana, lucernario o puerta), **UH**, se empleará la norma **UNE EN ISO 10077-1**.

$$U_H = \frac{A_{H,v} U_{H,v} + A_{H,m} U_{H,m} + l_v \psi_v + A_{H,p} U_{H,p} + l_p \psi_p}{A_{H,v} + A_{H,m} + A_{H,p}}$$

Expresión que engloba, el vidrio, el marco, el puente térmico del espaciador

del vidrio, un posible panel opaco y su correspondiente puente térmico.

63) Ver: *Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*. Febrero 2015 Ministerio de Fomento Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo. II pp. 11

6.5. PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g FÓRMULAS Y NORMATIVA DE CÁLCULO PARA EL ANÁLISIS

Resumiendo la expresión para nuestros elementos de análisis:

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + \psi_g \cdot l_g}{A_g + A_f}$$

Donde:

U_w	= U_H	Transmitancia térmica de la ventana [W/m ² K]
A_g	= A_v	Área de la parte semitransparente [m ²]
U_g	= U_{H,v}	Transmitancia térmica parte semitransparente [W/m ² K]
A_f	= A_m	Área de ocupación del marco [m ²]
U_f	= U_{H,m}	Transmitancia térmica del marco de la ventana [W/m ² K]
Ψ_g	= Ψ_v	Transmitancia térmica lineal del borde del vidrio [W/mK]
l_g	= l_v	Perímetro de vidrio [m]

6.6.

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g UH,m TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL SISTEMA MARCO

La adopción de los valores de la transmitancia térmica del marco, como se ha explicado en el **capítulo 4.4. Elección del Sistema de Estructura del Marco - Carpintería de Análisis** [64], se ha realizado a través de la búsqueda de productos comerciales que suministran y publicitan objetivamente dichos datos.

Ya se ha explicado que la mayoría de los productos comerciales disponibles, independientemente del material utilizado, aluminio, PVC, madera, etc., para la realización de sistemas de ventanas, no suministran claramente y objetivamente este dato, dando valores generalizados de transmitancias térmicas de huecos, **UH**.

Estos valores no pueden ser particularizados a la gran variedad de huecos de edificación, variables en forma, en particiones, en modo de apertura y en composición del sistema o conjunto del vidrio.

En la ficha [65] del producto seleccionado, del capítulo, 4.4., se

especifican las propiedades y características del producto comercial que se ha empleado en el estudio comparativo.

$$UH,m = 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$$

64) Ver capítulo 4.4 Elección del Sistema de Estructura del Marco, Carpintería de Análisis

65) Ver capítulo 2.4 Elección del Sistema de Estructura del Marco, Carpintería de Análisis, Ficha producto CORTIZO, COR60 RPT CC16

6.7. PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g UH,v TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL SISTEMA VIDRIO

La elección del sistema de la Unidad de Vidrio Aislante, el vidrio **UVA**, así como sus propiedades y características térmicas, se ha realizado utilizando y valorando diferentes programas de cálculo suministrados por los diferentes fabricantes y multinacionales del vidrio.

Se han comprobado varios programas de cálculo de libre acceso y gratuitos, verificando que los datos obtenidos con diferentes composiciones de vidrio **UVA**, son prácticamente idénticos.

Debido a la facilidad de uso, disponibilidad, validación y reconocimiento, se ha utilizado el software:

- **Guardian Configurator** [66], Versión 4.1.181, disponible y accesible de modo gratuito a través de la multinacional Guardian. Los valores están calculados según las normas **EN 410-2011** y **EN 673-2011** y verificados y certificados por *kiwa* [67].

En este programa o herramientas de cálculo, los resultados obtenidos o buscados, se plantean muy fácilmente

a través de un sencillo proceso de conformación de las diferentes capas de composición, espesor de las hojas de vidrio, espesor de la cámara, introducción de gases inertes y sus porcentajes, capas low e o de control solar, etc., obteniendo un dossier informativo final de las propiedades térmicas, acústicas, lumínicas y de factor solar del conjunto del vidrio.

Esta facilidad y cierta seguridad en cuanto a la obtención de los datos correspondientes a las múltiples posibilidades de conformación de los UVA's de análisis, en comparación con la rigidez y escasez de datos del sistema de marcos de carpintería, me ha permitido, plantear y realizar tres estudios o escenarios comparativos diferentes, con las tres posibilidades u opciones básicas posibles descritas a continuación:

66) <http://www.sunguardglass.es/SunguardProducts/GlassConfigurator/index.htm>

67) *Kiwa* es una empresa de inspección y certificación con una implantación global en mas de 40 países.

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
UH,v TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL SISTEMA VIDRIO

1) UH,v = UH,m

2,2 W/m²K



VIDRIO 1 (IGUAL TRANSMITANCIA QUE EL MARCO)

Código de producto

70 / 65 / 2,2



Espesor total = 16 mm

Vidrios desde el exterior al interior:

Hoja 1	Hoja 2
4 mm Float Glass ExtraClear	4 mm ClimaGuard Neutral 70 Float Glass ExtraClear
Cámara 1 - 8 mm	
100% Aire	

Resultados

Luz visible (EN 410 - 2011)	Energía Solar (EN 410 - 2011)
Transmitancia	Transmitancia energética solar total [%] g = 65,2
Luminosa [%]	Coefficiente de sombra (G/0,87) sc = 0,75
Reflexión Luminosa exterior [%] $\rho_v = 11,4$	Transmitancia energética directa [%] \tau_e = 51,5
Reflexión Luminosa interior [%] $\rho_{vi} = 11,7$	Reflexión energética exterior [%] \rho_e = 23,2
Índice general de rendimiento de color [%] $R_a = 95,9$	Reflexión energética interior [%] \rho_{ei} = 20,4
Propiedades térmicas (EN 673 - 2011)	Absorción energética [%] a = 25,3
Valor-U [W/(m ² K)] U_g = 2,2	Transmitancia de UV [%] \tau_{uv} = 44,4
Inclinación $\alpha = 90^\circ$	Transmitancia energética indirecta [%] q_i = 13,7
	Otros datos
	Índice de atenuación acústica estimada R_w = NPD
	[dB] C = NPD
	(EN 717-1) C_r = NPD

Los valores calculados son sólo orientativos y no ofrecen ninguna garantía sobre la posible fabricación del producto final pretendido. Las configuraciones de vidrio obtenidas nunca garantizarán la disponibilidad de los productos.

Tesis Doctoral
Fernando Mora Martín

Fecha: 26/03/2015
Versión de la base de datos: 20141202
Versión del programa: 4.1.181

Imagen I-6.8-PT[68]

68) Resultados obtenidos con el software Guardian Configurator de Guardian.
Se ha configurado un vidrio con un valor de UH,v igual a UH,m, igual a 2,2 W/m²K

6.7. PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g UH,v TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL SISTEMA VIDRIO



2)

 $U_{H,v} < U_{H,m}$ $1,1 \text{ W/m}^2\text{K} < 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

VIDRIO 2 (MITAD DEL VALOR TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL MARCO)

Codigo de producto

80 / 63 / 1,1



Espesor total = 24 mm

Vidrios desde el exterior al interior:

Hoja 1		Hoja 2	
4 mm	Float Glass ExtraClear	4 mm	ClimaGuard Premium Float Glass ExtraClear
Cámara 1 - 16 mm			
100%	Argón		

Resultados

Luz visible (EN 410 - 2011)	Energía Solar (EN 410 - 2011)
Transmitancia	Transmitancia energética solar total [%] g = 62,8
Luminosa [%] $\tau_v = 80,1$	Coefficiente de sombra (G/0,87) sc = 0,72
Reflexión Luminosa exterior [%] $\rho_v = 12,2$	Transmitancia energética directa [%] $\tau_e = 54,5$
Reflexión Luminosa interior [%] $\rho_{vi} = 12,3$	Reflexión energética exterior [%] $\rho_e = 28,8$
Índice general de rendimiento de color [%] $R_a = 97,3$	Reflexión energética interior [%] $\rho_{ei} = 27,8$
Propiedades térmicas (EN 673 - 2011)	Absorción energética [%] a = 16,7
Valor-U [W/(m ² K)] $U_g = 1,1$	Transmitancia de UV [%] $\tau_{UV} = 34,8$
Inclinación $\alpha = 90^\circ$	Transmitancia energética indirecta [%] $q_i = 8,3$
	Otros datos
	Índice de atenuación acústica estimada $R_w = \text{NPD}$
	[dB] $C = \text{NPD}$
	(EN 717-1) $C_{tr} = \text{NPD}$

Los valores calculados son sólo orientativos y no ofrecen ninguna garantía sobre la posible fabricación del producto final pretendido. Las configuraciones de vidrio obtenidas nunca garantizarán la disponibilidad de los productos.

Tesis Doctoral
Fernando Mora Martín

Fecha: 26/03/2015
Versión de la base de datos: 20141202
Versión del programa: 4.1.181

Imagen I-6.9-PT[69]

69) Resultados obtenidos con el software Guardian Configurator de Guardian.

Se ha configurado un vidrio con un valor de $U_{H,v}$ con un valor del 50 % de $U_{H,m}$.

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g UH,v TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL SISTEMA VIDRIO

3)

$$UH,v > UH,m$$

$$3,0 \text{ W/m}^2\text{K} > 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$$



VIDRIO 3 (TRANSMITANCIA TÉRMICA MAYOR QUE LA DEL MARCO)

Código de producto

83 / 79 / 3,0



Espesor total = 16 mm

Vidrios desde el exterior al interior:

Hoja 1		Hoja 2	
4 mm	Float Glass ExtraClear	4 mm	Float Glass ExtraClear
Cámara 1 - 8 mm			
50%	Aire		
50%	Argón		

Resultados

Luz visible (EN 410 - 2011)		Energía Solar (EN 410 - 2011)	
Transmitancia		Transmitancia energética solar total [%]	g = 79,3
Luminosa [%]	$\tau_v = 82,8$	Coefficiente de sombra (G/0,87)	sc = 0,91
Reflexión Luminosa exterior [%]	$\rho_v = 15,3$	Transmitancia energética directa [%]	$\tau_e = 75,9$
Reflexión Luminosa interior [%]	$\rho_{vi} = 15,3$	Reflexión energética exterior [%]	$\rho_e = 14,0$
Índice general de rendimiento de color [%]	$R_c = 98,4$	Reflexión energética interior [%]	$\rho_{ei} = 14,0$
Propiedades térmicas (EN 673 - 2011)		Absorción energética [%]	a = 10,1
Valor-U [W/(m²K)]	U_g = 3,0	Transmitancia de UV [%]	$\tau_{uv} = 60,2$
Inclinación $\alpha = 90^\circ$		Transmitancia energética indirecta [%]	qi = 3,4
		Otros datos	
		Índice de atenuación acústica estimada [dB]	R _w = NPD
			C = NPD
		(EN 717-1)	C _r = NPD

Los valores calculados son sólo orientativos y no ofrecen ninguna garantía sobre la posible fabricación del producto final pretendido. Las configuraciones de vidrio obtenidas nunca garantizarán la disponibilidad de los productos.

Tesis Doctoral
Fernando Mora Martín

Fecha: 26/03/2015
Versión de la base de datos: 20141202
Versión del programa: 4.1.181

Imagen I-6.10-PT[70]

70) Resultados obtenidos con el software Guardian Configurator de Guardian. Se ha tomado como valor de UH_v, el valor que admite como máxima transmitancia térmica el programa de cálculo CALUWIN, para determinar el valor correspondiente de la transmitancia térmica lineal del espaciador Ψ_g , correspondiente, bien sea de aluminio o se trate de un espaciador mejorado térmicamente.

6.8. PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g $\Psi_v = \Psi_g$ TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL DEL ESPACIADOR

La transmitancia térmica lineal del espaciador se puede seleccionar de los valores que se incorporan al **“Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, Código Técnico de la Edificación, DA DB-HE / 1, Cálculo de parámetros característicos de la envolvente, febrero 2015”** [71], en la tabla 10, de valores de transmitancias térmicas lineales del acoplamiento entre marco y vidrio.

Tabla 10 Transmitancia térmica lineal Ψ_p y Ψ_g en huecos*

Material del marco	Acrilamiento o empanelado simple	Acrilamiento o empanelado doble o triple	Acrilamiento doble con baja emisividad o triple con dos capas de baja emisividad
Madera y plástico	0,00	0,06 / 0,05	0,08 / 0,06
Metálico con rotura de puente térmico	0,00	0,08 / 0,06	0,11 / 0,08
Metálico sin rotura de puente térmico	0,00	0,02 / 0,01	0,05 / 0,04

* Valores para elementos separadores convencionales y para elementos de prestaciones térmicas mejoradas.

Tabla T-6.2-PT

Para el estudio comparativo, se plantean dos nuevas variables:

Variable 1 Utilización dentro del sistema del vidrio, separadores normales o habituales de aluminio

Variable 2 Utilización dentro del sistema del vidrio, separadores comerciales mejorados térmicamente, **“Warm Edge”**

71) Ver: *Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente. Febrero 2015* Ministerio de Fomento Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo. II Tabla 10 pp. 12

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g $\Psi_v = \Psi_g$ TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL DEL ESPACIADOR

Para la elección de los valores de la transmitancia térmica lineal, Ψ_v , de las dos opciones o variables anteriores, tenemos básicamente tres fuentes de información al respecto.

- a) Recurrir a la tabla 10 del **“Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, Código Técnico de la Edificación, DA DB-HE / 1, Cálculo de parámetros característicos de la envolvente, febrero 2015”**
- b) Recurrir a las tablas de productos testados y certificados por la **Bundesverband Flachglas, (BF)**[72], Asociación Federal del Vidrio Plano, **BF**, de acceso y descarga libre y gratuita.
- c) Recurrir a productos comerciales de espaciadores térmicamente mejorados basados en programas de cálculo numérico a tal efecto y certificados con la **EN ISO 10077-2**, como el programa de software **CALUWIN** de **SWISSPACER®** [73].
 (Vetrotech Saint-Gobain (International) AG, Zweigniederlassung Kreuzlingen Sonnenwiesenstrasse 15, 8280 Kreuzlingen Switzerland)

En el estudio comparativo, he utilizado esta última opción c), donde a través de la selección manual del tipo de vidrio y el marco, y sus correspondientes transmitancias térmicas, nos proporcionan el valor de la transmitancia térmica lineal del espaciador, bien sea convencional de aluminio o térmicamente mejorado.

72) Bundesverband Flachglass (BF). La Asociación Federal de vidrio plano (BF) se constituyó en 1987 a partir de una fusión de la Asociación Federal de la venta al por mayor de vidrio plano alemán, la Federación Alemana de fabricantes de vidrio aislante y la Asociación de la industria del vidrio plano.

73) CALUWIN, es un software de SWISSPACER, de Sommer Informatik GmbH, Sepp-Heindl-Str.5 83026 Rosenheim, Germany. www.sommer-informatik.de

6.8. PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_v $\Psi_v = \Psi_g$ TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL DEL ESPACIADOR

Los valores de la transmitancia térmica lineal del espaciador obtenidos con el programa de software **CALUWIN** de **SWISSPACER®**, para el tipo de marco de aluminio con rotura de puente térmico y su transmitancia térmica, **UH,m** y las tres variables de tipo de vidrio **UH,v**, se establecen en:

VALORES TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL ESPACIADOR Ψ_v W/mK							
VIDRIO	VARIANTE	VIDRIO 1		VIDRIO 2		VIDRIO 3	
	HOJAS	4-8-4		4-16-4		4-8-4	
	CÁMARA	AIRE		100% ARGÓN		50% AIRE + 50% ARGÓN	
	CAPAS	LOW e		LOW e		SIN CAPAS	
	UHv	2,20 W/m ² K		1,10 W/m ² K		3,00 W/m ² K	
ESPACIADOR		ALUMINIO	SWISSPACER ULTIMATE	ALUMINIO	SWISSPACER ULTIMATE	ALUMINIO	SWISSPACER ULTIMATE
		0,089	0,026	0,110	0,036	0,072	0,019
MARCO	ALUMINIO RPT	2,20 W/m ² K		2,20 W/m ² K		2,20 W/m ² K	

Tabla T-6.12-PT[74]

Como se puede apreciar en los diferentes valores obtenidos de la transmitancia térmica lineal Ψ_v , cuanto mejor son los valores de la transmitancia térmica del vidrio, como en el vidrio 2, mayores son los valores de Ψ_v , tanto para el espaciador convencional de aluminio como para el mejorado térmicamente.

También hemos descrito en el punto 4 de este capítulo, como el valor de la transmitancia térmica lineal del espaciador, Ψ_v , no es una propiedad constante del material de composición, sino un proceso en el que interactúan conjuntamente las propiedades del marco, del vidrio y las del propio espaciador, variando su valor en las diferentes situaciones o disposiciones.

74) Ver Informes CALUWIN para las variables U_g de vidrio y espaciadores de aluminio o mejorados térmicamente

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
 $\Psi_v = \Psi_g$ TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL DEL ESPACIADOR

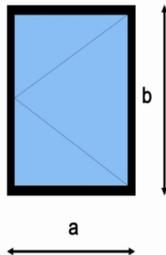


CALUWIN		
Date:	2015-05-01	Project:
Time:		

CALUWIN		
Date:	2015-05-01	Project:
Time:		

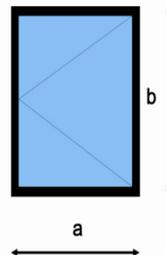
Calculation result of:
Fixed light

Calculation result of:
Fixed light



External dimensions:	
a:	1.00 m
b:	1.00 m
c:	0.10 m
Materials:	
Glass:	Vidrio -1 (man)
Spacer:	Aluminium
Frame:	Aluminium + th.b. 2.20
Frame width:	0.055 m
Details:	
Ag (Glazing area):	0.79 m ²
Af (Frame area):	0.21 m ²
Aw (Window area):	1.00 m ²
Frame fraction:	21 %
Uf (frame):	2.20 W/m ² K
Ug (glazing):	2.20 W/m ² K
Glass thickness, e+:	4 + 4 mm
PSI (glass edge):	0.089 W/mK
Length of glass edge:	3.56 m
PSI (muntins):	0 W/mK
Length of muntins:	0.00 mm
Muntin type:	internal
Condensation Calculator:	
Te (external):	0 C°
Ti (internal):	0 C°
Rhi (Relative humidity):	0 %
Tsi (surface internal):	0.00 C°
Tdp (dew point):	-110.00 C°
Condensat:	NO condensation

Uw: 2.5 W/m² K
2.517 W/m ² K



External dimensions:	
a:	1.00 m
b:	1.00 m
c:	0.10 m
Materials:	
Glass:	Vidrio -1 (man)
Spacer:	Swisspacer Ultimate
Frame:	Aluminium + th.b. 2.20
Frame width:	0.055 m
Details:	
Ag (Glazing area):	0.79 m ²
Af (Frame area):	0.21 m ²
Aw (Window area):	1.00 m ²
Frame fraction:	21 %
Uf (frame):	2.20 W/m ² K
Ug (glazing):	2.20 W/m ² K
Glass thickness, e+:	4 + 4 mm
PSI (glass edge):	0.026 W/mK
Length of glass edge:	3.56 m
PSI (muntins):	0 W/mK
Length of muntins:	0.00 mm
Muntin type:	internal
Condensation Calculator:	
Te (external):	0 C°
Ti (internal):	0 C°
Rhi (Relative humidity):	0 %
Tsi (surface internal):	0.00 C°
Tdp (dew point):	-110.00 C°
Condensat:	NO condensation

Uw: 2.3 W/m² K
2.293 W/m ² K

Calculation based on your requirements and the underlying standards (08/2013). Liability is limited to intent and negligence. Excluded liability for consequential damages. Copyright Sommer Informatik GmbH 2013 - Caluwin 0.0039

Calculation based on your requirements and the underlying standards (08/2013). Liability is limited to intent and negligence. Excluded liability for consequential damages. Copyright Sommer Informatik GmbH 2013 - Caluwin 0.0039

Imagen I-6.11-PT

Imagen I-6.12-PT

6.8.

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
 $\Psi_v = \Psi_g$ TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL DEL ESPACIADOR

SWISSPACER
 SAINT-GOBAIN

SWISSPACER
 SAINT-GOBAIN

CALUWIN

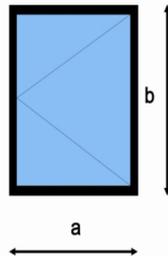
CALUWIN

Date: 2015-05-01 Project:

Date: 2015-05-01 Project:

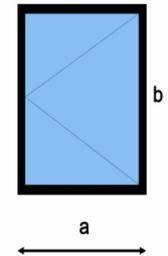
Calculation result of:
Fixed light

Calculation result of:
Fixed light



External dimensions:	
a:	1.00 m
b:	1.00 m
c:	0.10 m
Materials:	
Glass:	Vidrio -1 (man)
Spacer:	Aluminium
Frame:	Aluminium + th.b. 2.20
Frame width:	0.055 m
Details:	
Ag (Glazing area):	0.79 m ²
Af (Frame area):	0.21 m ²
Aw (Window area):	1.00 m ²
Frame fraction:	21 %
Uf (frame):	2.20 W/m ² K
Ug (glazing):	1.10 W/m ² K
Glass thickness, e+:	4 + 4 mm
PSI (glass edge):	0.110 W/mK
Length of glass edge:	3.56 m
PSI (muntins):	0 W/mK
Length of muntins:	0.00 mm
Muntin type:	internal
Condensation Calculator:	
Te (external):	0 °C
Ti (internal):	0 °C
Rhi (Relative humidity):	0 %
Tsi (surface internal):	0.00 °C
Tdp (dew point):	-110.00 °C
Condensat:	NO condensation

Uw: 1.7 W/m² K
 1.723 W/m² K



External dimensions:	
a:	1.00 m
b:	1.00 m
c:	0.10 m
Materials:	
Glass:	Vidrio -1 (man)
Spacer:	Swisspacer Ultimate
Frame:	Aluminium + th.b. 2.20
Frame width:	0.055 m
Details:	
Ag (Glazing area):	0.79 m ²
Af (Frame area):	0.21 m ²
Aw (Window area):	1.00 m ²
Frame fraction:	21 %
Uf (frame):	2.20 W/m ² K
Ug (glazing):	1.10 W/m ² K
Glass thickness, e+:	4 + 4 mm
PSI (glass edge):	0.036 W/mK
Length of glass edge:	3.56 m
PSI (muntins):	0 W/mK
Length of muntins:	0.00 mm
Muntin type:	internal
Condensation Calculator:	
Te (external):	0 °C
Ti (internal):	0 °C
Rhi (Relative humidity):	0 %
Tsi (surface internal):	0.00 °C
Tdp (dew point):	-110.00 °C
Condensat:	NO condensation

Uw: 1.5 W/m² K
 1.459 W/m² K

Calculation based on your requirements and the underlying standards (08/2013). Liability is limited to intent and negligence. Excluded liability for consequential damages. Copyright Sommer Informatik GmbH 2013 - Caluwin 0.0039

Calculation based on your requirements and the underlying standards (08/2013). Liability is limited to intent and negligence. Excluded liability for consequential damages. Copyright Sommer Informatik GmbH 2013 - Caluwin 0.0039

Imagen I-6.13-PT

Imagen I-6.14-PT

PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g
 $\Psi_v = \Psi_g$ TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL DEL ESPACIADOR

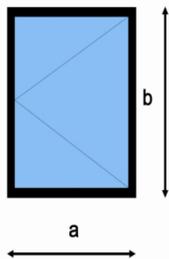


CALUWIN		
Date:	2015-05-01	Project:
Time:		

CALUWIN		
Date:	2015-05-01	Project:
Time:		

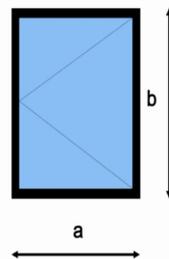
Calculation result of:
Fixed light

Calculation result of:
Fixed light



External dimensions:	
a:	1.00 m
b:	1.00 m
c:	0.10 m
Materials:	
Glass:	Vidrio -1 (man)
Spacer:	Aluminium
Frame:	Aluminium + th.b. 2.20
Frame width:	0.055 m
Details:	
Ag (Glazing area):	0.79 m ²
Af (Frame area):	0.21 m ²
Aw (Window area):	1.00 m ²
Frame fraction:	21 %
Uf (frame):	2.20 W/m ² K
Ug (glazing):	3.00 W/m ² K
Glass thickness, e+/-:	4 + 4 mm
PSI (glass edge):	0.072 W/mK
Length of glass edge:	3.56 m
PSI (muntins):	0 W/mK
Length of muntins:	0.00 mm
Muntin type:	internal
Condensation Calculator:	
Te (external):	0 °C
Ti (internal):	0 °C
Rhi (Relative humidity):	0 %
Tsi (surface internal):	0.00 °C
Tdp (dew point):	-110.00 °C
Condensat:	NO condensation

Uw: 3.0 W/m² K
3.088 W/m ² K



External dimensions:	
a:	1.00 m
b:	1.00 m
c:	0.10 m
Materials:	
Glass:	Vidrio -1 (man)
Spacer:	Swisspacer Ultimate
Frame:	Aluminium + th.b. 2.20
Frame width:	0.055 m
Details:	
Ag (Glazing area):	0.79 m ²
Af (Frame area):	0.21 m ²
Aw (Window area):	1.00 m ²
Frame fraction:	21 %
Uf (frame):	2.20 W/m ² K
Ug (glazing):	3.00 W/m ² K
Glass thickness, e+/-:	4 + 4 mm
PSI (glass edge):	0.019 W/mK
Length of glass edge:	3.56 m
PSI (muntins):	0 W/mK
Length of muntins:	0.00 mm
Muntin type:	internal
Condensation Calculator:	
Te (external):	0 °C
Ti (internal):	0 °C
Rhi (Relative humidity):	0 %
Tsi (surface internal):	0.00 °C
Tdp (dew point):	-110.00 °C
Condensat:	NO condensation

Uw: 2.9 W/m² K
2.900 W/m ² K

Calculation based on your requirements and the underlying standards (08/2013). Liability is limited to intent and negligence. Excluded liability for consequential damages. Copyright Sommer Informatik GmbH 2013 - Caluwin 0.0039

Calculation based on your requirements and the underlying standards (08/2013). Liability is limited to intent and negligence. Excluded liability for consequential damages. Copyright Sommer Informatik GmbH 2013 - Caluwin 0.0039

Imagen I-6.15-PT

Imagen I-6.16-PT

6.9. PROPIEDADES TÉRMICAS - MARCO - VIDRIO - ESPACIADOR Ψ_g PARÁMETROS DEL ANÁLISIS COMPARATIVO

ESTUDIO COMPARATIVO CAPÍTULO 7		
RELACIÓN $U_{H,v} \rightarrow U_{H,m}$		$U_{H,v} = U_{H,m}$
VIDRIO	VARIANTE	VIDRIO 1
	HOJAS	4-8-4
	CÁMARA	AIRE
	CAPAS	LOW e
	U_{Hv}	2,20 W/m ² K
MARCO ALUMINIO RPT		2,20 W/m ² K
ESPACIADOR	ALUMINIO	SWISSPACER ULTIMATE
	0,089	0,026

Tabla T-6.2-PT

ESTUDIO COMPARATIVO CAPÍTULO 8		
RELACIÓN $U_{H,v} \rightarrow U_{H,m}$		$U_{H,v} < U_{H,m}$
VIDRIO	VARIANTE	VIDRIO 1
	HOJAS	4-8-4
	CÁMARA	AIRE
	CAPAS	LOW e
	U_{Hv}	1,10 W/m ² K
MARCO ALUMINIO RPT		2,20 W/m ² K
ESPACIADOR	ALUMINIO	SWISSPACER ULTIMATE
	0,110	0,036

Tabla T-6.2-PT

ESTUDIO COMPARATIVO CAPÍTULO 9		
RELACIÓN $U_{H,v} \rightarrow U_{H,m}$		$U_{H,v} > U_{H,m}$
VIDRIO	VARIANTE	VIDRIO 1
	HOJAS	4-8-4
	CÁMARA	AIRE
	CAPAS	LOW e
	U_{Hv}	3,00 W/m ² K
MARCO ALUMINIO RPT		2,20 W/m ² K
ESPACIADOR	ALUMINIO	SWISSPACER ULTIMATE
	0,072	0,019

Tabla T-6.2-PT

Cuadro resumen de las nuevas variables, derivadas de las propiedades térmicas de los componentes de la ventana que vamos a introducir en el estudio comparativo.

CGF

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES

7. CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Ver Volumen 2, **ANEXO de CÁLCULOS y RESULTADOS**, en los **Capítulos 9, 10, 11, 12 y 13**, para visualizar los datos obtenidos que se analizan en este capítulo de conclusiones.

Se establece la fracción de superficie de **1,00 m²** como la serie comparativa para el análisis de las conclusiones entre todas las variantes de formas geométricas de **HUECOS** y las diferentes formas y diseños de **VENTANAS**.

• IDENTIFICACIÓN DE LAS FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS

Como criterio de identificación, se ha asignado a cada forma geométrica un color sólido, que se establece en la tabla **T-7.1-CGF**.

Las formas geométricas de huecos que disponen de opción de inserción en la envolvente tanto vertical como horizontal, se acompañan en su identificación de una trama, vertical u horizontal, respectivamente.

	CIRCULAR
	TRIANGULAR
	CUADRADA
	ÁREA VERTICAL
	ÁREA HORIZONTAL
	RECTANGULAR 2W=H, (insertada VERTICAL)
	RECTANGULAR W=2H, (insertada HORIZONTAL)
	RECTANGULAR 3W=H, (insertada VERTICAL)
	RECTANGULAR W=3H, (insertada HORIZONTAL)

Tabla T-7.1-CGF

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

• IDENTIFICACIÓN DE LOS DISEÑOS DE VENTANAS, SOLUCIONES CON FIJOS, SOLUCIONES CON HOJAS

1 PARTICIÓN	1P 1F	SOLUCIÓN CON 1 FIJO
	1P 1H	SOLUCIÓN CON 1 HOJA
2 PARTICIONES	2P 2F	SOLUCIÓN CON 2 FIJOS
	2P 2H	SOLUCIÓN CON 2 HOJAS
3 PARTICIONES	3P 3F	SOLUCIÓN CON 3 FIJOS
	3P 3H	SOLUCIÓN CON 3 HOJAS
4 PARTICIONES	4P 4F	SOLUCIÓN CON 4 FIJOS
	4F 2H	SOLUCIÓN CON 2 HOJAS

Tabla T-7.2-CGF

Como criterio de identificación, se ha asignado a cada diseño de ventana y su solución con fijos o con hojas, un color sólido, que se establece en la tabla **T-7.2-CGF**.

• IDENTIFICACIÓN DE LOS VALORES, FM, PV y UH

	VALORES IGUALES
	VALORES SUPERIORES o AUMENTO
	VALORES INFERIORES o DISMINUCIÓN

Tabla T-7.3-CGF

Como criterio de identificación, se ha asignado a cada parámetro de análisis, Fracción de ocupación del marco dentro del hueco, **FM**, Perímetro de vidrio, **PV** y Transmitancia Térmica del hueco, **UH**, el valor numérico en porcentaje %, metros **m** y **W/m²K**, respectivamente.

Así mismo, se identifican los valores máximos y mínimos o las tendencias de valores superiores o inferiores con colores sólidos que se establecen en la tabla, **T-7.3-CGF**.

7.1. CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM y PV

FM - RESULTADOS OBTENIDOS

En la tabla **T-7.4-CGF**, se observa como para la serie de superficie de 1 metro cuadrado y en la completa combinación de todas las formas geométricas de huecos con los correspondientes diseños de ventanas y sus soluciones con fijos o con hojas, la forma geométrica de hueco circular con el diseño de ventana **1P1F**, de 1 partición con 1 fijo, resulta la combinación que menor fracción de ocupación del marco dentro del hueco, **FM**, desarrolla, con un valor del **18,55 %**.

En el otro extremo, nos encontramos con la forma geométrica de hueco **rectangular 3W=H**, la que se inserta verticalmente en la envolvente, con el diseño de ventana **3P3H**, de 3 particiones con 3 hojas, siendo la combinación que mayor fracción de ocupación del marco dentro del hueco, **FM**, desarrolla, con un valor del **95,53 %**.

Esta disparidad de valores del parámetro FM, no debemos de olvidar que se establecen para una misma superficie de hueco de 1 m², estableciendo dicho incremento del valor de FM entre ambas soluciones extremas en más de un 400 %.

Independientemente de las propiedades térmicas del marco, del vidrio y del espaciador de este último, así como de su orientación, podemos deducir que la forma geométrica del hueco y el diseño de la ventana, sus particiones y las soluciones de manipulación, son parámetros que deben de tenerse muy en cuenta a la hora de proyectar o diseñar nuestros huecos, ya que en este primer análisis referido a la fracción de ocupación del marco dentro del hueco y dependiendo solo de factores geométricos y de ocupación, podemos establecer diferencias de más de un **400 %** y referidas a un mismo hueco de **1 m²**.

7.1. CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM y PV

Los diseños de **3P3F** y **4P4F**, tienen una evolución menos definida, pero ambas soluciones se establecen como las que mayores valores de **FM** nos van a proporcionar y siempre en combinación con formas geométricas rectangulares dispuestas en vertical.

Los diseños de ventanas con soluciones con hojas, con mayores desarrollos de **FM**, siguen criterios similares a las soluciones con fijos, estableciéndose **1P1H** como la opción dentro de las soluciones con hojas que nos va a proporcionar los valores mas reducidos de **FM**, seguida de **2P2H**.

Las opciones que mayores valores de **FM** generan son **3P3H** y **4P2H**, en combinación siempre con las formas geométricas de huecos rectangulares dispuestas en vertical.

7.1. CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM y PV

diseño de ventana **3P3F**, de 3 particiones con 3 fijos, siendo la combinación que mayor perímetro de vidrio, **PV**, desarrolla, con un valor del **10,347 metros**.

Esta disparidad de valores del parámetro PV, no debemos de olvidar que se establecen para una misma superficie de hueco de 1 m², estableciendo dicho incremento del valor de PV entre ambas soluciones en más de un 250 %.

Independientemente de las propiedades térmicas del marco, del vidrio y del espaciador de este último, así como de su orientación, podemos deducir que la forma geométrica del hueco y el diseño de la ventana, sus particiones y las soluciones de manipulación, son parámetros que deben de tenerse muy en cuenta a la hora de proyectar o diseñar nuestros huecos, ya que en este segundo análisis referido al perímetro de vidrio que se genera en el diseño y dependiendo solo de factores geométricos y de ocupación, podemos establecer

diferencias de mas de un **250 %** y referidas a un mismo hueco de **1 m²**.

PV - FORMAS GEOMÉTRICAS HUECOS

En la tabla **T-7.5-CGF**, se aprecia claramente como las formas geométricas rectangulares dispuestas en horizontal generan siempre inferiores valores de **PV** que sus respectivas dispuestas en vertical, independientemente de si la solución del diseño de la ventana es con fijos o con hojas y el número de particiones.

Para un análisis mas detallado, ver el capítulo **10. PV – PERÍMETRO DE VIDRIO**.

PV - DISEÑOS DE VENTANAS PARTICIONES - FIJOS - HOJAS

En esta misma tabla **T-7.5-CFG**, se observa también como los diseños de ventanas con soluciones con hojas, desarrollan siempre inferiores valores de **PV** que sus respectivos con soluciones con fijos.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM y PV

Inciendo en los diseños de ventanas con soluciones con hojas, **1P1H**, podemos decir que es la opción sin lugar a dudas que menores **PV**, desarrolla, seguida de **2P2H**.

caso de **4P4F**.

Los diseños de **3P3H** y **4P2H**, tienen una evolución menos definida, pero ambas soluciones se establecen como las que mayores valores de **PV** nos van a proporcionar y siempre en combinación con formas geométricas rectangulares dispuestas en vertical.

Los diseños de ventanas con soluciones con fijos, con mayores desarrollos de **PV**, siguen criterios similares a las soluciones con hojas, estableciéndose **1P1F** como la opción dentro de las soluciones con fijos que nos va a proporcionar inferiores valores de **PV**, seguida de **2P2F**.

Las opciones que mayores valores de **PV** generan son **3P3F** y **4P4F**, en combinación siempre con las formas geométricas de huecos rectangulares dispuestas en vertical, si es que sus valores no coinciden, como en el

7.1.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM y PV

7.2.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES
VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH

UH,v = UH,m

UH - RESULTADOS OBTENIDOS

El caso concreto en el que las propiedades térmicas del vidrio y del marco, son iguales, el diferencial de transmitancia térmica entre las diferentes opciones de formas geométricas de huecos y diseños de ventanas, viene proporcionado exclusivamente por el valor del puente térmico del espaciador y éste está directamente relacionado con el perímetro de vidrio, **PV** que se genera en cada una de las diferentes opciones.

Esta dependencia directa del parámetro, perímetro de vidrio, **PV**, hace que las clasificaciones generales de todas las variantes respecto del valor **UH** que se obtienen en la tabla **T-7.6-CGF**, sean prácticamente idénticas en forma a la anterior tabla **T-7.5-CGF** [75], de análisis del perímetro.

En la tabla **T-7.6-CGF**, se analizan los resultados de los valores de la transmitancia térmica de los huecos, **UH**, bajo los marcos normativos que han estado o están, vigentes en este

momento en nuestro entorno nacional.

Por un lado, primeramente analizamos los resultados obtenidos bajo la normativa del **CTE DB HE, (anterior a febrero de 2015)**, donde no se tiene en cuenta el valor del puente térmico del espaciador del vidrio para su cálculo.

Seguidamente, analizamos los resultados obtenidos aplicando el **CTE DB HE, (posterior a febrero de 2015)**, aplicando la normativa **UNE EN ISO 10077-1**, donde si se tiene en cuenta el valor del puente térmico del espaciador del vidrio para su cálculo, y lo efectuamos con dos opciones, utilizando un espaciador convencional de **aluminio** y otro con unas propiedades **térmicas mejoradas**.

Se configura la tabla con los valores de las tres variantes dispuestas en filas, para poder visualizar mas fácilmente las grandes diferencias de valores **UH**, que se llegan a producir entre ellas.

75) Ver tabla T-7.5-CFG, Valores de PV

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES

VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH UH,v = UH,m

UH - CTE DB HE (anterior febrero 2015) NO SE TIENE EN CUENTA EL ESPACIADOR

Como ya se ha explicado pormenorizadamente en el capítulo 11, los resultados que se obtienen en la tabla **T-7.6-CGF**, muestran como para la serie de superficie de 1 metro cuadrado y en la completa combinación de todas las formas geométricas de huecos con los correspondientes diseños de ventanas y sus soluciones con fijos o con hojas, todas las formas geométricas de huecos y todos los diseños de ventanas con sus correspondientes soluciones con fijos y con hojas, se obtiene un único valor de **UH**, que se corresponde con el valor de **UH,m** y **UH,v**, en este caso de **2,200 W/m²K** [76].

Nuestra normativa anterior, y en este caso concreto de igualdad de propiedades térmicas entre el marco y el vidrio, no distingue entre diferentes formas geométricas de huecos ni los diferentes diseños de ventanas con sus variantes de particiones o soluciones fijas o con hojas.

En el punto anterior, hemos visto como la sola ocupación del sistema del marco en el hueco, su geometría, sin aplicación de las propiedades térmicas de los sistemas marco y vidrio, establece para toda nuestra serie de variantes diferencias que se han establecido en mas de un **400 %** con respecto a la fracción de ocupación del marco, **FM** y en mas de un **250 %**, con referencia al perímetro de vidrio, **PV** que se genera.

Estas elevadas variaciones sobre estos dos parámetros esenciales, no se mostraban o se reflejaban en los valores de **UH** que se obtenían con la aplicación de este marco normativo antes de febrero de 2015.

UH - CTE DB HE (posterior febrero 2015) UNE EN ISO 10077-1 ESPACIADOR DE ALUMINIO

En la tabla **T-7.6-CGF**, se observa como para la serie de superficie de 1

76) Ver tabla T-7.6-CGF

7.2.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES
VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH

$$UH,v = UH,m$$

metro cuadrado y en la completa combinación de todas las formas geométricas de huecos con los correspondientes diseños de ventanas y sus soluciones con fijos o con hojas, y en este caso concreto de igualdad de propiedades térmicas entre el marco y el vidrio, la forma geométrica de hueco **circular** con el diseño de ventana **1P1H**, de 1 partición con 1 hoja, resulta la combinación que menor transmitancia térmica de hueco, **UH**, desarrolla, con un valor de **2,457 W/m²K**.

En el otro extremo, nos encontramos con la forma geométrica de hueco **rectangular 3W=H**, la que se inserta verticalmente en la envolvente, con el diseño de ventana **3P3F**, de 3 particiones con 3 fijos, siendo la combinación que mayor transmitancia térmica de hueco, **UH**, desarrolla, con un valor de **3,121 W/m²K**.

Esta disparidad de valores del parámetro UH, no debemos de olvidar que se establecen para una misma superficie de hueco de 1 m², estableciendo dicho incremento

del valor de UH entre ambas soluciones en más de un 27 % [77].

La particularización de las propiedades térmicas del sistema vidrio y marco a cada hueco, permite obtener valores de UH, rigurosos e individualizados, sin dejar de lado estos altos diferenciales de UH que se producen dependiendo de la forma del hueco y el diseño de la ventana.

UH - FORMAS GEOMÉTRICAS HUECOS

En la tabla **T-7.6-CGF**, se aprecia claramente como las formas geométricas **rectangulares** dispuestas en **horizontal** generan siempre inferiores valores de **UH** que sus respectivas dispuestas en vertical, independientemente de si la solución del diseño de la ventana es con fijos o con hojas y el número de particiones.

Para un análisis mas detallado de las particularidades de cada forma geométrica de hueco y los diferentes diseños de ventanas con sus correspondientes soluciones con fijos

77) Ver tabla T-7.6-CGF

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES

VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH UH,v = UH,m

o con hojas, ver el capítulo 11.

UH - DISEÑOS DE VENTANAS PARTICIONES - FIJOS - HOJAS

En esta misma tabla T-7.6-CGF, se observa también como los diseños de ventanas con soluciones con hojas, desarrollan siempre inferiores valores de **UH** que sus respectivos con soluciones con fijos.

Inciendo en los diseños de ventanas con soluciones con hojas, **1P1H**, podemos decir que es la opción sin lugar a dudas que menores **UH**, desarrolla, seguida de **2P2H**.

Los diseños de **3P3H** y **4P2H**, tienen una evolución menos definida, pero ambas soluciones se establecen como las que mayores valores de **UH** nos van a proporcionar y siempre en combinación con formas geométricas rectangulares dispuestas en vertical.

Los diseños de ventanas con soluciones con fijos, con mayores desarrollos de **UH**, siguen criterios

similares a las soluciones con hojas, estableciéndose **1P1F** como la opción dentro de las soluciones con fijos que nos va a proporcionar inferiores valores de **UH**, seguida de **2P2F**.

Las opciones que mayores valores de **UH** generan son **3P3F** y **4P4F**, en combinación siempre con las formas geométricas de huecos rectangulares dispuestas en vertical, si es que sus valores no coinciden, como en el caso de **4P4F**.

UH - CTE DB HE (posterior febrero 2015) UNE EN ISO 10077-1 ESPACIADOR TÉRMICO

Cuando analizamos el desarrollo de los resultados de **UH** de las soluciones con espaciadores mejorados térmicamente en referencia a los convencionales de aluminio, básicamente el mapa de clasificación es similar en cuanto a la forma geométrica del hueco y el diseño de la ventana, pero obteniendo valores de **UH** inferiores.

7.2.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH

$$U_{H,v} = U_{H,m}$$

Esta reducción de los valores **UH**, debido a la incorporación del espaciador mejorado térmicamente, no solo se establece en el comparativo absoluto con respecto a los convencionales de aluminio, sino que incluso entre todas las variantes de las soluciones analizadas cuando utilizamos espaciadores mejorados térmicamente la diferencia de **UH** es muy inferior [77].

En la tabla **T-7.6-CGF**, se observa como para la serie de superficie de 1 metro cuadrado y en la completa combinación de todas las formas geométricas de huecos con los correspondientes diseños de ventanas y sus soluciones con fijos o con hojas, y en este caso concreto de igualdad de propiedades térmicas entre el marco y el vidrio, la forma geométrica de hueco **circular** con el diseño de ventana **1P1H**, de 1 partición con 1 hoja, resulta la combinación que menor transmitancia térmica de hueco, **UH**, desarrolla, con un valor de **2,275 W/m²K**.

En el otro extremo, nos encontramos con la forma geométrica de hueco **rectangular 3W=H**, la que se inserta verticalmente en la envolvente, con el diseño de ventana **3P3F**, de 3 particiones con 3 fijos, siendo la combinación que mayor transmitancia térmica de hueco, **UH**, desarrolla, con un valor de **2,469 W/m²K**.

Esta disparidad de valores del parámetro UH, no debemos de olvidar que se establecen para una misma superficie de hueco de 1 m², estableciendo dicho incremento del valor de UH entre ambas soluciones en más de un 8 % [78].

78) Ver tabla T-7.6-CGF

En la tabla resumen T-10.5-CGF, se analizan dentro de cada ámbito normativo, los valores máximos y mínimos de UH, así como las diferentes variantes de diseños de ventanas y particiones, aumento de la fracción de superficie y el comparativo entre normativas distintas y espaciadores diferentes.

UH,m = UH,v		CTE DB HE (anterior febrero 2015)																	
ESPACIADOR NO SE TIENE EN CUENTA	GENERAL		1P 1F		1P 1H		2P 2F		2P 2H		3P 3F		3P 3H		4P 4F		4P 4H		
	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	
HUECO FORMA GEOMÉTRICA	TODAS IGUAL	TODAS IGUAL	TODAS IGUAL	TODAS IGUAL	TODAS IGUAL	TODAS IGUAL	TODAS IGUAL	TODAS IGUAL	TODAS IGUAL	TODAS IGUAL	TODAS IGUAL	TODAS IGUAL	TODAS IGUAL	TODAS IGUAL	TODAS IGUAL	TODAS IGUAL	TODAS IGUAL	TODAS IGUAL	
VENTANA Diseño PARTICIONES FIO - HOJAS	-	-	1P	1F	1P	1H	2P	2F	2P	2H	3P	3F	3P	3H	4P	4F	4P	4H	
VALORES UH	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	
Δ UH (%)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	
VALORES UH	VALOR UH IGUAL	VALOR UH IGUAL	VALOR UH IGUAL	VALOR UH IGUAL	VALOR UH IGUAL	VALOR UH IGUAL	VALOR UH IGUAL	VALOR UH IGUAL	VALOR UH IGUAL	VALOR UH IGUAL	VALOR UH IGUAL	VALOR UH IGUAL	VALOR UH IGUAL	VALOR UH IGUAL	VALOR UH IGUAL	VALOR UH IGUAL	VALOR UH IGUAL	VALOR UH IGUAL	
COMPARATIVO RESPECTO CTE DB HE UNE EN ISO 10077-1 (posterior febrero 2015)																			
ESPACIADOR ALUMINIO	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	
HUECO FORMA GEOMÉTRICA	CIRCULAR	RECTANG. 3W=H	CIRCULAR	RECTANG. 3W=H	CIRCULAR	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	
VENTANA Diseño PARTICIONES	1P	3P	1P	3P	1P	1H	2P	2F	2P	2H	3P	3F	3P	3H	4P	4F	4P	4H	
VALORES UH	2,457	3,121	2,485	2,572	2,457	2,537	2,630	2,846	2,562	2,778	2,710	3,121	2,608	3,019	2,777	2,887	2,674	2,785	
Δ UH (%)	27,02 %	3,50 %	3,25 %	8,21 %	8,43 %	15,16 %	15,16 %	3,28 % → 5,13 %	2,43 % → 3,17 %	2,90 % → 5,00 %	4,69 % → 7,95 %	3,60 % → 4,97 %	2,69 % → 6,53 %	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR 1,19 % → 1,97 %	VALOR UH INFERIOR 1,72 % → 2,12 %	VALOR UH SUPERIOR 1,19 % → 1,97 %	VALOR UH INFERIOR 0,84 % → 1,52 %	
VALORES UH	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	
FORMA GEOMÉTRICA	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	
AUMENTO SUPERFICIE 1 m ²	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	
COMPARATIVO RESPECTO CTE DB HE UNE EN ISO 10077-1 (posterior febrero 2015)																			
ESPACIADOR ALUMINIO	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	
HUECO FORMA GEOMÉTRICA	CIRCULAR	RECTANG. 3W=H	CIRCULAR	RECTANG. 3W=H	CIRCULAR	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	
VENTANA Diseño PARTICIONES	1P	3P	1P	1H	1P	1H	2P	2F	2P	2H	3P	3F	3P	3H	4P	4F	4P	4H	
VALORES UH	2,275	2,469	2,283	2,309	2,275	2,298	2,326	2,389	2,306	2,369	2,349	2,469	2,319	2,439	2,368	2,401	2,338	2,371	
Δ UH (%)	8,52 %	1,13 %	1,01 %	2,70 %	2,73 %	5,10 %	5,10 %	0,82 % → 1,38 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %		
VALORES UH	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	
AUMENTO SUPERFICIE 1 m ²	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	
COMPARATIVO RESPECTO CTE DB HE UNE EN ISO 10077-1 (posterior febrero 2015)																			
ESPACIADOR ALUMINIO	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	
HUECO FORMA GEOMÉTRICA	CIRCULAR	RECTANG. 3W=H	CIRCULAR	RECTANG. 3W=H	CIRCULAR	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	
VENTANA Diseño PARTICIONES	1P	3P	1P	1H	1P	1H	2P	2F	2P	2H	3P	3F	3P	3H	4P	4F	4P	4H	
VALORES UH	2,275	2,469	2,283	2,309	2,275	2,298	2,326	2,389	2,306	2,369	2,349	2,469	2,319	2,439	2,368	2,401	2,338	2,371	
Δ UH (%)	8,52 %	1,13 %	1,01 %	2,70 %	2,73 %	5,10 %	5,10 %	0,82 % → 1,38 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %		
VALORES UH	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	
AUMENTO SUPERFICIE 1 m ²	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	
COMPARATIVO RESPECTO CTE DB HE UNE EN ISO 10077-1 (posterior febrero 2015)																			
ESPACIADOR ALUMINIO	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	
HUECO FORMA GEOMÉTRICA	CIRCULAR	RECTANG. 3W=H	CIRCULAR	RECTANG. 3W=H	CIRCULAR	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	RECTANG. 3W=H	
VENTANA Diseño PARTICIONES	1P	3P	1P	1H	1P	1H	2P	2F	2P	2H	3P	3F	3P	3H	4P	4F	4P	4H	
VALORES UH	2,275	2,469	2,283	2,309	2,275	2,298	2,326	2,389	2,306	2,369	2,349	2,469	2,319	2,439	2,368	2,401	2,338	2,371	
Δ UH (%)	8,52 %	1,13 %	1,01 %	2,70 %	2,73 %	5,10 %	5,10 %	0,82 % → 1,38 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %	VALOR UH SUPERIOR 1,23 % → 1,76 %		
VALORES UH	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	
AUMENTO SUPERFICIE 1 m ²	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH INFERIOR	

Tabla T-7.7-CGF

7.2.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH

UH,v = UH,m

En la tabla **T-7.7-CGF** se analiza:

- Los valores máximos y mínimos generales, indicando la forma geométrica de hueco que lo proporciona y la diferencia porcentual o incremento de **UH**.
- Los valores máximos y mínimos para cada partición o diseño de ventana, indicando la forma geométrica de hueco que lo proporciona y la diferencia porcentual o incremento de **UH**.
- Dentro de cada partición o diseño de ventana, que soluciones, bien con fijos o con hojas nos proporcionan valores superiores o inferiores de **UH**, indicando el porcentaje de incremento.
- El aumento de la fracción de superficie en **1 m²**, es decir, para un hueco de **2 m²**, que proceso sigue el valor **UH**, bien de aumento o de reducción y su cuantificación en porcentaje
- Comparativo del valor **UH**, en aplicación del marco normativo del **CTE DB HE** anterior a febrero de 2015, con respecto al marco actual del **CTE DB HE – UNE EN ISO 10077-1**, posterior a febrero de 2015, y cuantificando esta reducción del valor **UH**.
- Comparativo del valor **UH**, en aplicación del marco normativo actual, **CTE DB HE – UNE EN ISO 10077-1**, posterior a febrero de 2015, utilizando **espaciadores mejorados térmicamente** con respecto a espaciadores **convencionales de aluminio** y cuantificando esta reducción del valor **UH**.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES

VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH UH,v = UH,m

CTE DB HE (anterior a febrero 2015) NO SE TIENE EN CUENTA EL ESPACIADOR

En la tabla resumen T-7.7-CGF, observamos como la aplicación del marco normativo anterior al vigente, con espaciadores convencionales de aluminio, obtienen valores de **UH** muy inferiores, situándose entre el **10** y el **30** %, esta horquilla de reducción del valor **UH**.

Debemos de recordar y tener en cuenta, que esta reducción del valor UH no está relacionada con la mejora del sistema térmicamente, sino con la forma o metodología de cálculo.

CTE DB HE (posterior febrero 2015) UNE EN ISO 10077-1 ESPACIADOR TÉRMICO

Con la utilización de espaciadores térmicamente mejorados y aplicando el marco normativo vigente del **CTE**, también obtenemos valores de **UH** muy inferiores, con respecto a las mismas soluciones con espaciadores

convencionales de aluminio, situándose entre el **7** y el **21** %, esta horquilla de reducción del valor **UH** y aquí **si está relacionada directamente esta reducción con la mejora térmica del sistema.**

AUMENTO DE LA SUPERFICIE DEL HUECO EN 1 m²

Por último, el aumento de la superficie del hueco en 1 metro cuadrado, **REDUCE** el valor de **UH**, tanto para las opciones que utilizan espaciadores mejorados térmicamente como para los convencionales de aluminio, siendo en este último caso en el que los porcentajes de reducción con el aumento de superficie son mayores, situándose entre el **2** y el **8** %, esta horquilla de reducción del valor **UH**.

Como veremos en el análisis de la siguiente opción, donde el vidrio dispone de mejores propiedades térmicas que el marco, este proceso de reducción del valor de **UH**, con el aumento de superficie, se desarrolla

7.2.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH

$$UH,v = UH,m$$

con porcentajes superiores, debido a estas mejores propiedades térmicas y la mayor ocupación del sistema vidrio.

Por el contrario, cuando el marco es el que tiene las mejores propiedades térmicas, solo se producen reducciones del valor **UH** con el aumento de superficie en los diseños de ventanas con soluciones con elementos fijos y con espaciadores convencionales de aluminio, para el resto de soluciones, se produce un aumento de la **UH**, con el aumento de superficie.

Este último dato, referente a la reducción del valor UH, con el aumento de superficie, se debe de tener en cuenta al proyectar o diseñar nuestros huecos, ya que no conlleva peores propiedades térmicas del conjunto, sino todo lo contrario.

El proceso de reducción de la UH, en estas condiciones, entra en contradicción con nuestro *modus*

constructivo habitual, donde el aumento de superficie del hueco, siempre lo relacionamos con un aumento de la transmitancia térmica y un aumento de las pérdidas energéticas.

El aumento de la superficie del hueco contribuye así mismo a mejorar notablemente otros aspectos como la captación solar y la mejora lumínica, posibilidades siempre bajo el punto de vista de las orientaciones más favorables a tal efecto y los sistemas correspondientes de protección solar exterior.

7.3.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH

UH,v < UH,m

UH,m > UH,v													CLASIFICACIÓN GENERAL – FORMA GEOMÉTRICA HUECO – DISEÑO VENTANA													CLASIFICACIÓN GENERAL – FORMA GEOMÉTRICA HUECO – DISEÑO VENTANA													UH,m > UH,v																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
VALORES PARA LA SERIE DE SUPERFICIE DE 1,00 m ²													VALORES PARA LA SERIE DE SUPERFICIE DE 1,00 m ²													VALORES PARA LA SERIE DE SUPERFICIE DE 1,00 m ²													VALORES PARA LA SERIE DE SUPERFICIE DE 1,00 m ²																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
CTE DB HE (anterior febrero 2015)													MENOR UH ←													NO SE TIENE EN CUENTA EL ESPACIADOR													NO SE TIENE EN CUENTA EL ESPACIADOR													→ MAYOR UH													CTE DB HE (anterior febrero 2015)																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
1P													2P													3P													2P													1P													3P													2P													4P													3P													2P													4P													3P																																																																																																																																																																																																																																
1F													2F													3F													2F													1H													3F													4F													3F													1H													3F													4F													3F																																																																																																																																																																																																																																
1.304	CIRCULAR	1P	1F	1.329	CUADRADA	1P	1F	1.336	AUREALV	1P	1F	1.336	AUREALV	1P	1F	1.343	AUREALV	1P	1F	1.343	RECTANGULAR	2W	3H	1.343	RECTANGULAR	2W	3H	1.359	TRIANGULAR	1P	1F	1.366	RECTANGULAR	3W	4H	1.366	RECTANGULAR	3W	4H	1.394	CIRCULAR	2P	2F	1.395	AUREALV	2P	2F	1.407	RECTANGULAR	1W	1H	1.407	RECTANGULAR	1W	1H	1.407	RECTANGULAR	1W	1H	1.407	RECTANGULAR	1W	1H	1.438	AUREALV	2P	2F	1.448	RECTANGULAR	1W	1H	1.448	RECTANGULAR	1W	1H	1.455	AUREALV	1P	1F	1.457	TRIANGULAR	2P	2F	1.458	RECTANGULAR	2W	3H	1.468	RECTANGULAR	2W	3H	1.471	CIRCULAR	1P	1H	1.471	CIRCULAR	3P	3F	1.476	CIRCULAR	4P	4F	1.478	CIRCULAR	4P	4F	1.485	CUADRADA	3P	3F	1.490	TRIANGULAR	3P	3F	1.490	AUREALV	4P	4F	1.490	AUREALV	4P	4F	1.490	AUREALV	4P	4F	1.504	RECTANGULAR	2W	3H	1.504	RECTANGULAR	2W	3H	1.509	RECTANGULAR	1W	1H	1.509	RECTANGULAR	1W	1H	1.510	CUADRADA	1P	1H	1.512	TRIANGULAR	4P	4F	1.523	AUREALV	3P	3F	1.523	AUREALV	3P	3F	1.538	RECTANGULAR	2W	3H	1.538	RECTANGULAR	2W	3H	1.538	RECTANGULAR	1W	1H	1.540	AUREALV	3P	3F	1.543	RECTANGULAR	3W	4H	1.543	RECTANGULAR	3W	4H	1.543	RECTANGULAR	1W	1H	1.543	RECTANGULAR	1W	1H	1.560	TRIANGULAR	1P	1H	1.573	RECTANGULAR	2W	3H	1.573	RECTANGULAR	2W	3H	1.581	RECTANGULAR	3W	4H	1.581	RECTANGULAR	3W	4H	1.581	RECTANGULAR	1W	1H	1.581	RECTANGULAR	1W	1H	1.631	AUREALV	2P	2F	1.631	AUREALV	2P	2F	1.639	CIRCULAR	2P	2H	1.650	RECTANGULAR	1W	1H	1.650	RECTANGULAR	1W	1H	1.652	RECTANGULAR	3W	4H	1.652	RECTANGULAR	3W	4H	1.658	CUADRADA	2P	2H	1.705	CIRCULAR	4P	4H	1.710	AUREALV	4P	4H	1.713	CUADRADA	4P	4H	1.719	RECTANGULAR	1W	1H	1.719	RECTANGULAR	1W	1H	1.722	RECTANGULAR	1W	1H	1.722	RECTANGULAR	1W	1H	1.724	RECTANGULAR	1W	1H	1.734	TRIANGULAR	2P	2H	1.740	AUREALV	3P	3H	1.740	AUREALV	3P	3H	1.758	AUREALV	4P	4H	1.763	RECTANGULAR	2W	3H	1.763	RECTANGULAR	2W	3H	1.769	RECTANGULAR	1W	1H	1.769	RECTANGULAR	1W	1H	1.777	TRIANGULAR	4P	4H	1.782	CIRCULAR	3P	3H	1.792	TRIANGULAR	3P	3H	1.792	TRIANGULAR	3P	3H	1.806	CUADRADA	3P	3H	1.866	RECTANGULAR	3W	4H	1.883	RECTANGULAR	3W	4H	1.883	RECTANGULAR	3W	4H	1.921	AUREALV	3P	3H	1.989	RECTANGULAR	2W	3H	1.989	RECTANGULAR	2W	3H	2.151	RECTANGULAR	3W	4H	2.151	RECTANGULAR	3W	4H
1.656	CIRCULAR	1P	1F	1.720	CUADRADA	1P	1F	1.740	AUREALV	1P	1F	1.740	AUREALV	1P	1F	1.762	RECTANGULAR	2W	3H	1.762	RECTANGULAR	2W	3H	1.786	CIRCULAR	1P	1H	1.797	TRIANGULAR	1P	1F	1.826	RECTANGULAR	3W	4H	1.826	RECTANGULAR	3W	4H	1.826	RECTANGULAR	1W	1H	1.826	RECTANGULAR	1W	1H	1.858	CUADRADA	1P	1H	1.858	AUREALV	1P	1F	1.885	AUREALV	1P	1F	1.913	RECTANGULAR	2W	3H	1.913	RECTANGULAR	2W	3H	1.928	RECTANGULAR	1W	1H	1.931	AUREALV	2P	2F	1.942	TRIANGULAR	1P	1H	1.951	CIRCULAR	2P	2F	1.952	RECTANGULAR	1W	1H	1.977	CUADRADA	2P	2F	1.997	RECTANGULAR	3W	4H	1.997	RECTANGULAR	3W	4H	2.078	RECTANGULAR	1W	1H	2.078	RECTANGULAR	1W	1H	2.079	RECTANGULAR	1W	1H	2.080	AUREALV	2P	2F	2.083	AUREALV	2P	2F	2.094	RECTANGULAR	1W	1H	2.094	RECTANGULAR	1W	1H	2.107	TRIANGULAR	2P	2H	2.110	RECTANGULAR	1W	1H	2.119	CIRCULAR	2P	2H	2.121	AUREALV	3P	3H	2.143	CUADRADA	2P	2H	2.146	RECTANGULAR	2W	3H	2.191	CUADRADA	3P	3F	2.202	CIRCULAR	4P	4F	2.203	TRIANGULAR	3P	3F	2.204	CIRCULAR	4P	4F	2.223	RECTANGULAR	1W	1H	2.223	RECTANGULAR	1W	1H	2.229	AUREALV	4P	4F	2.229	AUREALV	4P	4F	2.233	CUADRADA	3P	3F	2.244	RECTANGULAR	1W	1H	2.249	TRIANGULAR	2P	2H	2.261	TRIANGULAR	4P	4F	2.270	RECTANGULAR	2W	3H	2.270	RECTANGULAR	2W	3H	2.280	AUREALV	2P	2H	2.280	AUREALV	2P	2H	2.300	CUADRADA	4P	4H	2.308	RECTANGULAR	3W	4H	2.314	CIRCULAR	4P	4H	2.323	AUREALV	4P	4H	2.335	TRIANGULAR	3P	3H	2.363	TRIANGULAR	4P	4H	2.363	RECTANGULAR	1W	1H	2.366	RECTANGULAR	2W	3H	2.371	RECTANGULAR	2W	3H	2.381	AUREALV	4P	4H	2.392	CIRCULAR	3P	3H	2.421	AUREALV	3P	3H	2.428	CUADRADA	3P	3H	2.433	RECTANGULAR	2W	3H	2.492	RECTANGULAR	1W	1H	2.530	RECTANGULAR	2W	3H	2.580	RECTANGULAR	3W	4H	2.606	RECTANGULAR	3W	4H	2.676	AUREALV	3P	3H	2.790	RECTANGULAR	4P	4H	2.820	RECTANGULAR	2W	3H	3.163	RECTANGULAR	3W	4H																																																																
1.419	CIRCULAR	1P	1F	1.457	CUADRADA	1P	1F	1.468	AUREALV	1P	1F	1.468	AUREALV	1P	1F	1.480	RECTANGULAR	2W	3H	1.480	RECTANGULAR	2W	3H	1.502	TRIANGULAR	1P	1F	1.517	RECTANGULAR	3W	4H	1.517	RECTANGULAR	3W	4H	1.517	RECTANGULAR	1W	1H	1.517	RECTANGULAR	1W	1H	1.570	RECTANGULAR	1W	1H	1.572	AUREALV	2P	2F	1.572	AUREALV	2P	2F	1.576	CIRCULAR	1P	1H	1.586	RECTANGULAR	1W	1H	1.593	CUADRADA	2P	2F	1.624	CUADRADA	1P	1H	1.642	AUREALV	1P	1F	1.648	AUREALV	1P	1F	1.655	RECTANGULAR	1W	1H	1.660	RECTANGULAR	1W	1H	1.661	RECTANGULAR	2W	3H	1.661	RECTANGULAR	2W	3H	1.670	TRIANGULAR	2P	2H	1.683	RECTANGULAR	2W	3H	1.685	RECTANGULAR	2W	3H	1.710	CIRCULAR	3P	3F	1.712	CUADRADA	4P	4F	1.714	CIRCULAR	4P	4F	1.717	RECTANGULAR	3W	4H	1.717	RECTANGULAR	3W	4H	1.717	RECTANGULAR	1W	1H	1.723	TRIANGULAR	3P	3F	1.730	CUADRADA	3P	3F	1.732	AUREALV	4P	4F	1.732	AUREALV	4P	4F	1.754	RECTANGULAR	2W	3H	1.754	RECTANGULAR	2W	3H	1.754	RECTANGULAR	1W	1H	1.757	TRIANGULAR	4P	4F	1.770	RECTANGULAR	3W	4H	1.778	RECTANGULAR	1W	1H	1.779	AUREALV	3P	3H	1.796	CIRCULAR	2P	2H	1.801	RECTANGULAR	1W	1H	1.801	RECTANGULAR	1W	1H	1.821	RECTANGULAR	3W	4H	1.821	RECTANGULAR	3W	4H	1.828	AUREALV	3P	3F	1.884	RECTANGULAR	1W	1H	1.886	RECTANGULAR	2W	3H	1.895	RECTANGULAR	1W	1H	1.902	TRIANGULAR	2P	2H	1.904	CIRCULAR	4P	4H	1.905	AUREALV	4P	4H	1.911	CUADRADA	4P	4H	1.917	AUREALV	4P	4H	1.917	AUREALV	4P	4H	1.932	RECTANGULAR	1W	1H	1.959	AUREALV	4P	4H	1.961	RECTANGULAR	2W	3H	1.969	TRIANGULAR	4P	4H	1.970	TRIANGULAR	3P	3H	1.978	CIRCULAR	3P	3H	2.002	RECTANGULAR	2W	3H	2.006	RECTANGULAR	1W	1H	2.010	CUADRADA	3P	3H	2.024	RECTANGULAR	3W	4H	2.100	RECTANGULAR	3W	4H	2.120	RECTANGULAR	3W	4H	2.168	AUREALV	3P	3H	2.261	RECTANGULAR	2W	3H	2.482	RECTANGULAR	3W	4H																																																																								

* Valores Iguales de UH

Tabla T-7.8-CGF

7.3.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH

UH,v < UH,m

UH - RESULTADOS OBTENIDOS

El caso en el que las mejores propiedades térmicas se atribuyen al vidrio, o por decirlo de otra forma, el marco es el elemento que dispone de peores propiedades térmicas, desencadena mejores valores de **UH** en aquellas variantes o soluciones en las que éste, el marco, tiene menor presencia u ocupación, es decir en aquellas soluciones donde la fracción de ocupación del marco, **FM**, es menor.

Observando la tabla **T-7.8-CGF**, podemos visualizar claramente que la clasificación de todas las variantes respecto del valor **UH**, es muy similar a la clasificación de la tabla **T-7.4-CGF**, donde se analizaba el parámetro **FM**.

Para el caso concreto del análisis bajo el marco normativo del **CTE DB HE**, anterior a febrero de 2015, donde no se tiene en cuenta en el cálculo, el espaciador del vidrio, la clasificación de ambas tablas es idéntica.

Para el resto del análisis emplazado

dentro del marco normativo vigente, este aspecto comparativo presenta más irregularidades, debidas a la incorporación del valor del puente térmico del espaciador en el cálculo, pero atendiendo a los diseños de las particiones y su clasificación, presentan procesos bastante similares.

UH - CTE DB HE (anterior febrero 2015) NO SE TIENE EN CUENTA EL ESPACIADOR

En la tabla **T-7.8-CGF**, se observa como para la serie de superficie de 1 metro cuadrado y en la completa combinación de todas las formas geométricas de huecos con los correspondientes diseños de ventanas y sus soluciones con fijos o con hojas, y en este caso concreto de mejores propiedades térmicas del vidrio frente a las del marco, la forma geométrica de hueco **circular** con el diseño de ventana **1P1F**, de 1 partición con 1 fijo, resulta la combinación que menor transmitancia térmica de hueco, **UH**, desarrolla, con un valor de **1,304 W/m²K**.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES

VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH UH,v < UH,m

En el otro extremo, la forma geométrica de hueco **rectangular 3W=H**, insertada verticalmente en la envolvente, con el diseño de ventana **3P3H**, de 3 particiones con 3 hojas, es la combinación que mayor transmitancia térmica de hueco, **UH**, desarrolla, con un valor de **2,151 W/m²K**.

No debemos de olvidar que estos valores se establecen para una misma superficie de hueco de 1 m², situando dicho incremento del valor de UH entre ambas soluciones en casi un 65 % [79].

UH - FORMAS GEOMÉTRICAS HUECOS

En la tabla **T-7.8-CGF**, se ve como las formas geométricas rectangulares dispuestas en horizontal generan siempre inferiores valores de **UH** que sus respectivas dispuestas en vertical, independientemente de si la solución del diseño de la ventana es con fijos o con hojas y del número de particiones.

Para más detalle ver el capítulo **12**.

79) Ver tabla T-7.8-CGF

UH - DISEÑOS DE VENTANAS PARTICIONES - FIJOS - HOJAS

En la misma tabla **T-7.8-CGF**, se observa también como los diseños de ventanas con soluciones con fijos, desarrollan siempre inferiores valores de **UH** que sus respectivos con soluciones con hojas, caso contrario al que se desarrollaba en el apartado anterior donde las propiedades térmicas de ambos sistemas, marco y vidrio eran iguales.

Analizando los diseños de ventanas con soluciones con fijos, **1P1F**, podemos decir que es la opción sin lugar a dudas que menores **UH**, desarrolla, seguida de **2P2F**.

Los diseños de **3P3F** y **4P4F**, tienen una evolución menos definida, pero ambas soluciones se establecen como las que mayores valores de **UH** nos van a proporcionar y siempre en combinación con formas geométricas rectangulares dispuestas en vertical.

Los diseños de ventanas con soluciones

7.3.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES
VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH

UH,v < UH,m

con hojas, con mayores desarrollos de **UH**, siguen criterios similares a las soluciones con fijos, estableciéndose **1P1H** como la opción dentro de las soluciones con hojas que nos va a proporcionar inferiores valores de **UH**, seguida de **2P2H**.

Las opciones que mayores valores de **UH** generan son **3P3H** y **4P2H**, en combinación siempre con las formas geométricas de huecos rectangulares dispuestas en vertical.

**UH - CTE DB HE (posterior febrero 2015)
UNE EN ISO 10077-1
ESPACIADOR DE ALUMINIO**

En la tabla **T-7.8-CGF**, se observa como para la serie de superficie de 1 metro cuadrado y en la completa combinación de todas las formas geométricas de huecos con los correspondientes diseños de ventanas y sus soluciones con fijos o con hojas, y en este caso concreto de mejores propiedades térmicas del vidrio frente a las del marco, la forma geométrica de hueco **circular** con el

diseño de ventana **1P1F**, de 1 partición con 1 fijo, resulta la combinación que menor transmitancia térmica de hueco, **UH**, desarrolla, con un valor de **1,656 W/m²K**.

En el otro extremo, nos encontramos con la forma geométrica de hueco **rectangular 3W=H**, insertada verticalmente en la envolvente, con el diseño de ventana **3P3H**, de 3 particiones con 3 hojas, siendo la combinación que mayor transmitancia térmica de hueco, **UH**, desarrolla, con un valor de **3,163 W/m²K**.

No debemos de olvidar que estos valores se establecen para una misma superficie de hueco de 1 m², situando dicho incremento del valor de UH entre ambas soluciones en un 91 % [79], un valor realmente considerable.

La particularización de las propiedades térmicas del sistema vidrio y marco a cada hueco, permite obtener valores de UH, rigurosos e individualizados, sin dejar de lado estos altos diferenciales de UH que se producen

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES

VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH $UH_v < UH_m$

dependiendo de la forma del hueco y el diseño de la ventana.

UH - FORMAS GEOMÉTRICAS HUECOS

En la tabla **T-7.8-CGF**, se aprecia como las formas geométricas rectangulares dispuestas en horizontal generan siempre inferiores valores de **UH** que sus respectivas dispuestas en vertical, independientemente de si la solución del diseño de la ventana es con fijos o con hojas y del número de particiones.

UH - DISEÑOS DE VENTANAS PARTICIONES - FIJOS - HOJAS

En esta misma tabla **T-7.8-CGF**, se observa también como los diseños de ventanas con soluciones con fijos, desarrollan siempre inferiores valores de **UH** que sus respectivos con soluciones con hojas, caso contrario al que se desarrollaba en el apartado anterior donde las propiedades térmicas de ambos sistemas, marco y vidrio eran iguales.

Analizando los diseños de ventanas con soluciones con fijos, **1P1F**, podemos decir que es la opción sin lugar a dudas que menores **UH**, desarrolla, seguida de **2P2F**.

Los diseños de **3P3F** y **4P4F**, tienen una evolución menos definida, pero ambas soluciones se establecen como las que mayores valores de **UH** nos van a proporcionar y siempre en combinación con formas geométricas rectangulares dispuestas en vertical.

Los diseños de ventanas con soluciones con hojas, con mayores desarrollos de **UH**, siguen criterios similares a las soluciones con fijos, estableciéndose **1P1H** como la opción dentro de las soluciones con hojas que nos va a proporcionar inferiores valores de **UH**, seguida de **2P2H**.

Las opciones que mayores valores de **UH** generan son **3P3H** y **4P2H**, en combinación siempre con las formas geométricas de huecos rectangulares dispuestas en vertical.

7.3.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH

UH,v < UH,m

UH - CTE DB HE (posterior febrero 2015) UNE EN ISO 10077-1 ESPACIADOR TÉRMICO

Cuando analizamos el desarrollo de valores **UH** de las soluciones con espaciadores mejorados térmicamente en referencia a los convencionales de aluminio, el mapa de clasificación es similar en cuanto a la forma geométrica del hueco y el diseño de la ventana, pero obteniendo valores de **UH** inferiores.

Esta reducción de los valores **UH**, debido a la incorporación del espaciador mejorado térmicamente, no solo se establece en el comparativo absoluto con respecto a los convencionales de aluminio, sino que incluso entre todas las variantes de las soluciones analizadas la diferencia de **UH** es muy inferior [80].

En la tabla **T-7.8-CGF**, se observa como para la serie de superficie de 1 metro cuadrado y en la completa combinación de todas las formas geométricas de huecos con los correspondientes diseños de ventanas

y sus soluciones con fijos o con hojas, y en este caso concreto de mejores propiedades térmicas del vidrio frente a las del marco, la forma geométrica de hueco circular con el diseño de ventana **1P1F**, de 1 partición con 1 fijo, resulta la combinación que menor transmitancia térmica de hueco, **UH**, desarrolla, con un valor de **1,419 W/m²K**.

En el otro extremo, nos encontramos con la forma geométrica de hueco **rectangular 3W=H**, la que se inserta verticalmente en la envolvente, con el diseño de ventana **3P3H**, de 3 particiones con 3 hojas, siendo la combinación que mayor transmitancia térmica de hueco, **UH**, desarrolla, con un valor de **2,482 W/m²K**.

Esta disparidad de valores del parámetro UH, se establecen para una misma superficie de hueco de 1 m², con un incremento del valor de UH entre ambas soluciones en casi un 75 % [81], un valor realmente considerable.

80), 81)Ver tabla T-7.8-CGF

7.3.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH

UH,v < UH,m

En la tabla **T-7.9-CGF** se analiza:

- Los valores máximos y mínimos generales, indicando la forma geométrica de hueco que lo proporciona y la diferencia porcentual o incremento de **UH**.
- Los valores máximos y mínimos para cada partición o diseño de ventana, indicando la forma geométrica de hueco que lo proporciona y la diferencia porcentual o incremento de **UH**.
- Dentro de cada partición o diseño de ventana, que soluciones, bien con fijos o con hojas nos proporcionan valores superiores o inferiores de **UH**, indicando el porcentaje de incremento.
- El aumento de la fracción de superficie en **1 m²**, es decir, para un hueco de **2 m²**, que proceso sigue el valor **UH**, bien de aumento o de reducción y su cuantificación en porcentaje
- Comparativo del valor **UH**, en aplicación del marco normativo del **CTE DB HE** anterior a febrero de 2015, con respecto al marco actual del **CTE DB HE – UNE EN ISO 10077-1**, posterior a febrero de 2015, y cuantificando esta reducción del valor **UH**.
- Comparativo del valor **UH**, en aplicación del marco normativo actual, **CTE DB HE – UNE EN ISO 10077-1**, posterior a febrero de 2015, utilizando **espaciadores mejorados térmicamente** con respecto a espaciadores **convencionales de aluminio** y cuantificando esta reducción del valor **UH**.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES

VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH UH,v < UH,m

CTE DB HE (anterior a febrero 2015) NO SE TIENE EN CUENTA EL ESPACIADOR

En la tabla resumen T-7.9-CGF, observamos como la aplicación del marco normativo anterior al vigente, y con espaciadores convencionales de aluminio, obtienen valores de **UH** muy inferiores, situándose entre el **18** y el **41** %, esta horquilla de reducción del valor **UH**.

Debemos de tener en cuenta, que esta reducción del valor UH no está relacionada con la mejora del sistema térmicamente, sino con la forma o metodología de cálculo.

CTE DB HE (posterior febrero 2015) UNE EN ISO 10077-1 ESPACIADOR TÉRMICO

Con la utilización de espaciadores térmicamente mejorados y aplicando el marco normativo vigente del **CTE**, también obtenemos valores de **UH** muy inferiores, con respecto a las mismas soluciones con espaciadores convencionales de aluminio, situándose

entre el **12** y el **28** %, esta horquilla de reducción del valor **UH** y aquí **si está relacionada directamente esta reducción con la mejora térmica del sistema.**

AUMENTO DE LA SUPERFICIE DEL HUECO EN 1 m²

Por último, el aumento de la superficie del hueco en 1 metro cuadrado, **REDUCE** el valor de **UH**, tanto para las opciones de utilización de espaciadores mejorados térmicamente como para los convencionales de aluminio, siendo en este último caso en el que los porcentajes de reducción con el aumento de superficie son mayores, situándose entre el **9** y el **17** %, esta horquilla de reducción del valor **UH**.

Como se puede apreciar, estos porcentajes de reducción se encuentran entre el **200** % y el **450** % de los que se establecían en el capítulo anterior donde las propiedades térmicas de ambos sistemas, marco y vidrio, eran iguales.

7.3.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH

UH,v < UH,m

Podemos establecer que la mejora de las propiedades térmicas del vidrio frente a las del marco, al ser el sistema de mayor ocupación dentro del hueco, mejora notablemente las propiedades térmicas del conjunto, configurándose como la estrategia mas interesante de las analizadas, desde el punto de vista de la reducción de UH con el aumento de la superficie del hueco.

Está claro que una mejora conjunta de las propiedades térmicas de ambos sistemas, vidrio y marco, conlleva una mejora general del sistema del hueco, pero en este trabajo de investigación, hemos querido verificar y analizar las posibilidades habituales en las soluciones de la edificación convencional.

Este último dato, referente a la reducción del valor **UH**, con el aumento de superficie, se debe de tener en cuenta al proyectar o diseñar nuestros huecos, ya que el aumento de la superficie del hueco, en estos casos concretos, no conlleva peores propiedades térmicas del conjunto, sino todo lo contrario.

El proceso de reducción de la UH, en estas condiciones, entra en contradicción con nuestro *modus constructivo* habitual, donde el aumento de superficie del hueco, siempre lo relacionamos con un aumento de la transmitancia térmica y un aumento de las pérdidas energéticas.

Además, el aumento de la superficie del hueco contribuye a mejorar notablemente otros aspectos como la captación solar y la mejora lumínica, posibilidades siempre bajo el punto de vista de las orientaciones más favorables a tal efecto y los correspondientes sistemas de protección solar exteriores.

7.4.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH

UH,v > UH,m

UH - RESULTADOS OBTENIDOS

En el caso concreto en el que las mejores propiedades térmicas se atribuyen al marco, o por decirlo de otra forma, el vidrio es el elemento que dispone de peores propiedades térmicas, desencadena mejores valores de **UH** en aquellas variantes o soluciones en las que éste, el vidrio, tiene menor presencia u ocupación, es decir en aquellas soluciones donde la fracción de ocupación del marco, **FM**, es mayor.

Para el caso concreto del análisis bajo el marco normativo del **CTE DB HE**, anterior a febrero de 2015, donde no se tiene en cuenta en el cálculo, el espaciador del vidrio, la tabla **T-7.10-CGF**, nos muestra claramente que la clasificación de todas las variantes respecto al valor **UH**, es idénticamente opuesta a la clasificación de la tabla **T-7.4-CFG**, donde se analizaba el parámetro de la fracción de ocupación del marco dentro del hueco, **FM**, es decir, con la lectura de dicha tabla en sentido descendente o decreciente,

valorando en primer lugar las opciones que mayores **FM** desarrollan.

Podemos observar cuando comparamos ambas tablas como los diseños de ventanas y sus diferentes opciones de soluciones con fijos o con hojas, con valores superiores de **FM**, se establecen en la tabla **T-7.10-CGF**, como valores inferiores de **UH**, incluso las diferentes opciones de las formas geométricas de huecos, para cada diseño de ventana, se transforman de forma idéntica y opuesta en cuanto a los valores de **UH**.

Para el resto del análisis emplazado dentro del marco normativo vigente, este aspecto comparativo presenta más irregularidades, debidas a la incorporación del valor del puente térmico del espaciador en el cálculo, pero atendiendo a los diseños de las particiones y su clasificación, presentan procesos bastante similares.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES

VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH UH,v > UH,m

UH - CTE DB HE (anterior febrero 2015) NO SE TIENE EN CUENTA EL ESPACIADOR

En la tabla **T-7.10-CGF**, se observa como para la serie de superficie de 1 metro cuadrado y en la completa combinación de todas las formas geométricas de huecos con los correspondientes diseños de ventanas y sus soluciones con fijos o con hojas, y en este caso concreto de mejores propiedades térmicas del marco frente a las del vidrio, la forma geométrica de hueco **rectangular 3W=H**, la que se inserta verticalmente en la envolvente, con el diseño de ventana 3P3H, de 3 particiones con 3 hojas, resulta la combinación que menor transmitancia térmica de hueco, **UH**, desarrolla, con un valor de **2,236 W/m²K**.

En el otro extremo, nos encontramos con la forma geométrica de hueco **circular** con el diseño de ventana **1P1F**, de 1 partición con 1 fijo, siendo la combinación que mayor transmitancia térmica de hueco, **UH**, desarrolla, con un valor de **2,852 W/m²K**.

Esta disparidad de valores del parámetro UH, no debemos de olvidar que se establecen para una misma superficie de hueco de 1 m², estableciendo dicho incremento del valor de UH entre ambas soluciones en más de un 27 % [82].

UH - FORMAS GEOMÉTRICAS HUECOS

En la tabla **T-7.10-CGF**, se aprecia como las formas geométricas rectangulares dispuestas en vertical generan siempre inferiores valores de **UH** que sus respectivas dispuestas en horizontal, independientemente de si la solución del diseño de la ventana es con fijos o con hojas y el número de particiones.

También podemos observar que las formas geométricas de huecos con valores inferiores de **FM**, generan los mayores valores de **UH**.

82) Ver tabla T-7.10-CGF

7.4.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES
VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH

UH,v > UH,m

Para un análisis más detallado de las particularidades de cada forma geométrica de hueco y los diferentes diseños de ventanas con sus correspondientes soluciones con fijos o con hojas, ver el capítulo 13.

**UH - DISEÑOS DE VENTANAS
PARTICIONES - FIJOS - HOJAS**

En esta misma tabla **T-7.10-CGF**, se observa también como los diseños de ventanas con soluciones con hojas, desarrollan siempre valores inferiores de **UH** que sus respectivos con soluciones con fijos, caso contrario al que se desarrollaba en el apartado anterior donde las propiedades térmicas del vidrio, eran mejores que las del marco.

Inciendo en los diseños de ventanas con soluciones con hojas, **3P3H**, conjuntamente con **4P2H** podemos decir que son las opciones que menores **UH**, desarrollan.

El diseño de **1P1H** tiene una evolución mucho más definida, estableciéndose

como la que mayores valores de **UH** nos proporciona y siempre en combinación con formas geométricas de huecos que desarrollen bajos valores de **FM**.

Los diseños de ventanas con soluciones con fijos, con mayores desarrollos de **UH**, siguen criterios similares a las soluciones con hojas, estableciéndose **3P3F** y **4P4F** como las opciones dentro de las soluciones con fijos que nos van a proporcionar inferiores valores de **UH**.

Las opciones que mayores valores de **UH** generan son **1P1F** y **2P2F**, en combinación siempre con formas geométricas de huecos que desarrollen bajos valores de **FM**.

**UH - CTE DB HE (posterior febrero 2015)
UNE EN ISO 10077-1
ESPACIADOR DE ALUMINIO**

En la tabla **T-7.10-CGF**, se observa como para la serie de superficie de 1 metro cuadrado y en la completa combinación de todas las formas

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES

VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH UH,v > UH,m

geométricas de huecos con los correspondientes diseños de ventanas y sus soluciones con fijos o con hojas, y en este caso concreto de mejores propiedades térmicas del marco frente a las del vidrio, la forma geométrica de hueco **triangular** con el diseño de ventana **3P3H**, de 3 particiones con 3 hojas, resulta la combinación que menor transmitancia térmica de hueco, **UH**, desarrolla, con un valor de **2,853 W/m²K**.

En el otro extremo, nos encontramos con la forma geométrica de hueco **rectangular 3W=H**, la que se inserta verticalmente en la envolvente, con el diseño de ventana **3P3F**, de 3 particiones con 3 fijos, siendo la combinación que mayor transmitancia térmica de hueco, **UH**, desarrolla, con un valor de **3,344 W/m²K**.

Esta disparidad de valores del parámetro UH, no debemos de olvidar que se establecen para una misma superficie de hueco de 1 m², estableciendo dicho incremento del valor de UH entre ambas soluciones

en más de un 17 % [83].

La particularización de las propiedades térmicas del sistema vidrio y marco a cada hueco, permite obtener valores de UH, rigurosos e individualizados, sin dejar de lado estos altos diferenciales de UH que se producen dependiendo de la forma del hueco y el diseño de la ventana.

UH - FORMAS GEOMÉTRICAS HUECOS

Con la incorporación del valor del puente térmico del espaciador en el cálculo de **UH**, la claridad que podíamos observar en las dos opciones anteriores, de iguales propiedades térmicas entre el marco y el vidrio y en la que el vidrio supera a las de marco, no se percibe en este caso un patrón claramente definido con las formas geométricas de los huecos.

En general si se aprecia una tendencia similar en cuanto a que las formas geométricas que generan menores valores de **FM**, desarrollan mayores valores de **UH**.

83) Ver tabla T-7.10-CGF

7.4.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES
VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH

UH,v > UH,m

Para un análisis más detallado de las particularidades de cada forma geométrica de hueco y los diferentes diseños de ventanas con sus correspondientes soluciones con fijos o con hojas, ver el capítulo 13.

**UH - DISEÑOS DE VENTANAS
PARTICIONES - FIJOS - HOJAS**

En esta misma tabla T-7.10-CGF, se observa también como los diseños de ventanas con soluciones con hojas, desarrollan siempre inferiores valores de **UH** que sus respectivos con soluciones con fijos, caso contrario al que se desarrollaba en el apartado anterior donde las propiedades térmicas del vidrio superaban a las del marco.

En los diseños de ventanas con soluciones con hojas, **3P3H**, podemos decir que es la opción que menores **UH** desarrolla.

Los diseños de ventanas con soluciones con fijos, con mayores desarrollos de **UH**, siguen criterios más definidos que las soluciones con

hojas, estableciéndose **1P1F** como la opción dentro de las soluciones con fijos que nos va a proporcionar inferiores valores de **UH**, seguida de **2P2F**.

Las opciones que mayores valores de **UH** generan son **3P3F** y **4P4F**.

**UH - CTE DB HE (posterior febrero 2015)
UNE EN ISO 10077-1
ESPACIADOR TÉRMICO**

Cuando analizamos el desarrollo de valores **UH** de las soluciones con espaciadores mejorados térmicamente en referencia a los convencionales de aluminio, básicamente el mapa de clasificación es similar en cuanto al diseño de la ventana, pero de forma más fragmentada y en definitiva obteniendo valores de **UH** inferiores.

Se puede observar como en el caso de los diseños de ventanas con soluciones con fijos, la clasificación es casi idénticamente opuesta, generando menores valores de **UH**, las soluciones de 3 y 4 particiones y desarrollando mayores valores las de

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES

VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH UH,v > UH,m

1 y 2 particiones, proceso que con espaciadores de aluminio, es inverso.

La reducción de los valores UH, debido a la incorporación del espaciador mejorado térmicamente entre todas las diferentes particiones y soluciones de ventanas ya no se muestra con altos índices diferenciadores, como en las opciones anteriores, planteando niveles de porcentajes similares a los que se producen entre todas las diferentes particiones y soluciones de ventanas cuando utilizamos espaciadores de aluminio [84].

En la tabla **T-7.10-CGF**, se observa como para la serie de superficie de 1 metro cuadrado y en la completa combinación de todas las formas geométricas de huecos con los correspondientes diseños de ventanas y sus soluciones con fijos o con hojas, y en este caso concreto de mejores propiedades térmicas del marco frente a las del vidrio, la forma geométrica de hueco **rectangular 3W=H**, la que se inserta verticalmente en la envolvente,

con el diseño de ventana **3P3H**, de 3 particiones con 3 hojas, resulta la combinación que menor transmitancia térmica de hueco, **UH**, desarrolla, con un valor de **2,411 W/m²K**.

En el otro extremo, nos encontramos con la forma geométrica de hueco **circular**, con el diseño de ventana **1P1F**, de 1 partición con 1 fijo, siendo la combinación que mayor transmitancia térmica de hueco, **UH**, desarrolla, con un valor de **2,912 W/m²K**.

Esta disparidad de valores del parámetro UH, no debemos de olvidar que se establecen para una misma superficie de hueco de 1 m², estableciendo dicho incremento del valor de UH entre ambas soluciones en más de un 20 % [85].

84), 85) Ver tabla T-7.10-CGF

7.4.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH

$UH,v > UH,m$

CTE DB HE (anterior febrero 2015)

ESPACIADOR NO SE TIENE EN CUENTA	GENERAL		1P 1F		1P 1H		2P 2F		2P 2H		3P 3F		3P 3H		4P 4F		4P 2H	
	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH
HUECO	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR						
VENTANA	Diseño	3P	1P	1P	1P	1P	2P	2P	2P	2P	3P	3P	3P	3P	4P	4P	4P	4P
	FIJO - HOJAS	3H	1F	1F	1H	1H	2F	2F	2H	2H	3F	3F	3H	3H	4F	4F	2H	2H
VALORES UH	Valor UH (W/m²K)	2,236	2,852	2,806	2,852	2,650	2,732	2,703	2,787	2,443	2,614	2,599	2,747	2,236	2,550	2,678	2,727	2,430
	Δ UH (%)	27,54 %	1,63 %	1,63 %	3,09 %	3,09 %	6,99 %	6,99 %	6,99 %	6,99 %	5,69 %	5,69 %	14,04 %	14,04 %	1,82 %	1,82 %	5,34 %	5,34 %
	VALORES UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR
	VALORES UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR
	AUMENTO SUPERFICIE	VALOR UH AUMENTA																
	1 m²	9,59 %	7,46 %	9,59 %	7,46 %	9,59 %	7,46 %	9,59 %	7,46 %	9,59 %	7,46 %	9,59 %	7,46 %	9,59 %	7,46 %	9,59 %	7,46 %	9,59 %
	COMPARATIVO RESPECTO CTE DB HE UNE EN ISO 10077-1 (posterior febrero 2015)	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH														
	ESPACIADOR DE ALUMINIO	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH														
HUECO	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR						
VENTANA	Diseño	3P	1P	1P	1P	1P	2P	2P	2P	2P	3P	3P	3P	3P	4P	4P	4P	4P
	FIJO - HOJAS	3H	1F	1F	1H	1H	2F	2F	2H	2H	3F	3F	3H	3H	4F	4F	2H	2H
VALORES UH	Valor UH (W/m²K)	2,853	3,344	3,082	3,107	2,916	2,940	3,133	3,226	2,876	2,922	3,159	3,344	2,853	2,898	3,191	3,234	2,891
	Δ UH (%)	17,20 %	0,81 %	0,81 %	0,82 %	0,82 %	1,59 %	1,59 %	1,59 %	1,59 %	5,85 %	5,85 %	1,57 %	1,57 %	1,34 %	1,34 %	3,32 %	3,32 %
	VALORES UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR
	VALORES UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR
	AUMENTO SUPERFICIE	VALOR UH DISMINUYE																
	1 m²	4,83 %	5,29 %	4,83 %	5,29 %	4,83 %	5,29 %	4,83 %	5,29 %	4,83 %	5,29 %	4,83 %	5,29 %	4,83 %	5,29 %	4,83 %	5,29 %	4,83 %
	COMPARATIVO RESPECTO CTE DB HE UNE EN ISO 10077-1 (posterior febrero 2015)	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH														

CTE DB HE - UNE EN ISO 10077-1 (posterior febrero 2015)

ESPACIADOR MEJORADO TÉRMICAMENTE	GENERAL		1P 1F		1P 1H		2P 2F		2P 2H		3P 3F		3P 3H		4P 4F		4P 2H	
	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH
HUECO	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR						
VENTANA	Diseño	3P	1P	1P	1P	1P	2P	2P	2P	2P	3P	3P	3P	3P	4P	4P	4P	4P
	FIJO - HOJAS	3H	1F	1F	1H	1H	2F	2F	2H	2H	3F	3F	3H	3H	4F	4F	2H	2H
VALORES UH	Valor UH (W/m²K)	2,411	2,912	2,886	2,912	2,722	2,787	2,841	2,883	2,566	2,691	2,795	2,858	2,411	2,637	2,824	2,852	2,555
	Δ UH (%)	20,77 %	0,90 %	0,90 %	2,38 %	2,38 %	4,87 %	4,87 %	4,87 %	4,87 %	2,25 %	2,25 %	9,37 %	9,37 %	0,99 %	0,99 %	3,20 %	3,20 %
	VALORES UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR
	VALORES UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR
	AUMENTO SUPERFICIE	VALOR UH AUMENTA																
	1 m²	7,11 %	5,52 %	7,11 %	5,52 %	7,11 %	5,52 %	7,11 %	5,52 %	7,11 %	5,52 %	7,11 %	5,52 %	7,11 %	5,52 %	7,11 %	5,52 %	7,11 %
	COMPARATIVO RESPECTO CTE DB HE UNE EN ISO 10077-1 (posterior febrero 2015)	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH														

Tabla T-7.11-CGF

FORMA GEOMETRICA PARTICIONES	GENERAL		1P 1F		1P 1H		2P 2F		2P 2H		3P 3F		3P 3H		4P 4F		4P 2H	
	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH
HUECO	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR	RECTANG. 3W-H	CIRCULAR						
VENTANA	Diseño	3P	1P	1P	1P	1P	2P	2P	2P	2P	3P	3P	3P	3P	4P	4P	4P	4P
	FIJO - HOJAS	3H	1F	1F	1H	1H	2F	2F	2H	2H	3F	3F	3H	3H	4F	4F	2H	2H
VALORES UH	Valor UH (W/m²K)	2,411	2,912	2,886	2,912	2,722	2,787	2,841	2,883	2,566	2,691	2,795	2,858	2,411	2,637	2,824	2,852	2,555
	Δ UH (%)	20,77 %	0,90 %	0,90 %	2,38 %	2,38 %	4,87 %	4,87 %	4,87 %	4,87 %	2,25 %	2,25 %	9,37 %	9,37 %	0,99 %	0,99 %	3,20 %	3,20 %
	VALORES UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR	VALOR UH SUPERIOR
	VALORES UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR	VALOR UH INFERIOR
	AUMENTO SUPERFICIE	VALOR UH AUMENTA																
	1 m²	7,11 %	5,52 %	7,11 %	5,52 %	7,11 %	5,52 %	7,11 %	5,52 %	7,11 %	5,52 %	7,11 %	5,52 %	7,11 %	5,52 %	7,11 %	5,52 %	7,11 %
	COMPARATIVO RESPECTO CTE DB HE UNE EN ISO 10077-1 (posterior febrero 2015)	MEJOR ↓ UH	MAYOR ↑ UH	MEJOR ↓ UH														

En la tabla resumen T-10.9-CGF, se analizan dentro de cada ámbito normativo, los valores máximos y mínimos de UH, así como las diferentes variantes de diseños de ventanas y particiones, aumento de la fracción de superficie y el comparativo entre normativas distintas y espaciadores diferentes.

7.4.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH

UH,v > UH,m

En la tabla **T-7.11-CGF** se analiza:

- Los valores máximos y mínimos generales, indicando la forma geométrica de hueco que lo proporciona y la diferencia porcentual o incremento de **UH**.
- Los valores máximos y mínimos para cada partición o diseño de ventana, indicando la forma geométrica de hueco que lo proporciona y la diferencia porcentual o incremento de **UH**.
- Dentro de cada partición o diseño de ventana, que soluciones, bien con fijos o con hojas nos proporcionan valores superiores o inferiores de **UH**, indicando el porcentaje de incremento.
- El aumento de la fracción de superficie en **1 m²**, es decir, para un hueco de **2 m²**, que proceso sigue el valor **UH**, bien de aumento o de reducción y su cuantificación en porcentaje
- Comparativo del valor **UH**, en aplicación del marco normativo del **CTE DB HE** anterior a febrero de 2015, con respecto al marco actual del **CTE DB HE – UNE EN ISO 10077-1**, posterior a febrero de 2015, y cuantificando esta reducción del valor **UH**.
- Comparativo del valor **UH**, en aplicación del marco normativo actual, **CTE DB HE – UNE EN ISO 10077-1**, posterior a febrero de 2015, utilizando **espaciadores mejorados térmicamente** con respecto a espaciadores **convencionales de aluminio** y cuantificando esta reducción del valor **UH**.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES

VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH UH,v > UH,m

CTE DB HE (anterior a febrero 2015) NO SE TIENE EN CUENTA EL ESPACIADOR

En la tabla resumen T-7.11-CGF, observamos como la aplicación del marco normativo anterior al vigente, con espaciadores convencionales de aluminio, obtiene valores de **UH** muy inferiores, situándose entre el **7** y el **23** %, esta horquilla de reducción del valor **UH**.

Debemos de tener en cuenta, que esta reducción del valor UH no está relacionada con la mejora del sistema térmicamente, sino con la forma o metodología de cálculo.

CTE DB HE (posterior febrero 2015) UNE EN ISO 10077-1 ESPACIADOR TÉRMICO

Con la utilización de espaciadores térmicamente mejorados y aplicando el marco normativo vigente del **CTE**, también obtenemos valores de **UH** muy inferiores, con respecto a las mismas soluciones con espaciadores convencionales de aluminio, situándose

entre el **7** y el **17** %, esta horquilla de reducción del valor **UH** y aquí **si está relacionada directamente esta reducción con la mejora térmica del sistema.**

AUMENTO DE LA SUPERFICIE DEL HUECO EN 1 m²

Por último, el aumento de la superficie del hueco en 1 metro cuadrado, desencadena patrones singulares en cuanto al valor de **UH**:

• Espaciadores de ALUMINIO:

o Soluciones con fijos:

El aumento de la superficie del hueco en **1 m²**, **REDUCE** el valor de **UH** en porcentajes que se sitúan entre el **0,65** % y el **2,63** %.

o Soluciones con hojas:

El aumento de la superficie del hueco en **1 m²**, **AUMENTA** el valor de **UH** en porcentajes que se sitúan entre el **0,75** % y el **2,31** %.

7.4.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: UH

UH,v > UH,m

• Espaciadores TÉRMICOS:

o Tanto para las soluciones con hojas como para las soluciones con fijos, el aumento de la superficie del hueco en **1 m²**, **AUMENTA** el valor de **UH** en porcentajes que se sitúan entre el **3 %** y el **7 %**.

Como podemos observar, la opción de mejores propiedades del marco, frente a las del vidrio, no solo obtiene los peores resultados globales de transmitancia térmica del hueco, **UH**, de las tres opciones analizadas, sino que incluso en el diseño de las ventanas, **el aumento de la superficie del hueco**, penaliza, aumentando el valor de **UH** en las soluciones con espaciadores mejorados térmicamente y en las soluciones con hojas y espaciadores convencionales de aluminio.

Un vidrio con peores propiedades térmicas que el marco y con mayor fracción de ocupación dentro del hueco genera los mayores valores de transmitancia térmica del hueco, UH, de las opciones analizadas, incrementándose al aumentar la superficie del hueco.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES
VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: **UH** **UH_v > UH_m**

7.5. CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS *versus* DISEÑOS DE VENTANAS

CONCLUSIONES – PH – FM – PV – UH (UH,m = UH,v - UH,m > UH,v - UH,m < UH,v) CTE DB HE – UNE EN ISO 10077-1 (posterior febrero 2015)

PH – PERÍMETRO de HUECO		MENOR PH ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR PH				
HUECO - FORMA	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS	R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	ÁUREA V	ÁUREA V	R 3W=H, W=3H				
FM – FRACCIÓN OCUPACIÓN del MARCO												
		MENOR FM ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR FM				
VENTANA - DISEÑO	1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS	R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H				
		1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS	R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H				
	2P	2 F	CIRCULAR	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	R W=3H	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
		2 H	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	R W=3H	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	
	3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	CUADRADA	TRIANGULAR	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H	
		3 H	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	TRIANGULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H	
	4P	4 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS	R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	ÁUREA V	R 3W=H, W=3H			
		2 H	CIRCULAR	ÁUREA H	CUADRADA	R W=2H	ÁUREA V	R W=3H	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	
	PV – PERÍMETRO de VIDRIO											
			MENOR PV ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR PV			
	VENTANA - DISEÑO	1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS	R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H			
			1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS	R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H			
		2P	2 F	R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
			2 H	R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
		3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H
			3 H	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H
4P		4 F	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS	TRIANGULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H				
		2 H	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS	TRIANGULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H				
UH,m = UH,v												
		MENOR UH ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR UH				
VENTANA - DISEÑO		1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS	R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H			
			1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS	R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H			
		2P	2 F	R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
			2 H	R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
		3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREO H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H
			3 H	R W=3H	R W=2H	ÁUREO H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H
	4P	4 F	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS	TRIANGULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H				
		2 H	TRIANGULAR	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H				
	UH,m > UH,v											
			MENOR UH ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR UH			
	VENTANA - DISEÑO	1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS	R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H			
			1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS	R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H			
		2P	2 F	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	R W=3H	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
			2 H	R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
		3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREO H	CIRCULAR	TRIANGULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H
			3 H	R W=3H	R W=2H	ÁUREO H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H
4P		4 F	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS	TRIANGULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H				
		2 H	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREA H	R W=2H	TRIANGULAR	ÁUREO V	R 2W=H	R W=3H	R 3W=H	
UH,m < UH,v												
		MENOR UH ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR UH				
VENTANA - DISEÑO		1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS	R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H			
			1 H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H	R 2W=H, W=2H	ÁUREAS	CUADRADA	CIRCULAR			
		2P	2 F	R W=2H *	R W=3H *	ÁUREA H	CUADRADA	CIRCULAR	TRIANGULAR	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H
			2 H	TRIANGULAR	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	R 3W=H	CUADRADA *	R 2W=H *	ÁUREA V	CIRCULAR
		3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H
			3 H	TRIANGULAR	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREA V	R 2W=H *	R 3W=H *
	4P	4 F	TRIANGULAR*	CUADRADA*	ÁUREAS	CIRCULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H				
		2 H	TRIANGULAR	R 3W=H	R 2W=H	ÁUREA V	CUADRADA	ÁUREA H	CIRCULAR	R W=2H	R W=3H	

* Valores Iguales de UH en el correspondiente DISEÑO de ventana

Tabla T-7.12-CGF

CIRCULAR

La forma geométrica de hueco **circular**, obtiene los menores valores de **FM**, **PV** y **UH**, en los diseños de ventanas de 1 partición.

En el resto de diseños de ventanas, obtiene valores intermedios, excepto en la opción de **UH,v > UH,m**, donde aumenta el valor **UH**.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS *versus* DISEÑOS DE VENTANAS

TRIANGULAR

La forma geométrica de hueco **triangular**, obtiene valores muy altos de **FM**, **PV** y **UH**, en comparación con el resto de formas geométicas de huecos.

En la variante de **UH_v > UH_m**, es donde obtiene los valores inferiores de **UH**.

CONCLUSIONES – PH – FM – PV – UH (UH _m = UH _v - UH _m > UH _v - UH _m < UH _v)										CTE DB HE – UNE EN ISO 10077-1 (posterior febrero 2015)			
PH – PERÍMETRO de HUECO			MENOR PH ←			HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR PH			
HUECO - FORMA		CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H				
FM – FRACCIÓN OCUPACIÓN del MARCO			MENOR FM ←			HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR FM			
VENTANA - DISEÑO	1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H			
		1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H			
	2P	2 F	CIRCULAR	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	R W=3H	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	
		2 H	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	R W=3H	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H		
	3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	CUADRADA	TRIANGULAR	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H		
		3 H	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	TRIANGULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H		
	4P	4 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H			
		2 H	CIRCULAR	ÁUREA H	CUADRADA	R W=2H	ÁUREA V	R W=3H	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H		
	VENTANA - DISEÑO	1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		
			1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		
		2P	2 F	R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	
			2 H	R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	
3P		3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H		
		3 H	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H		
4P		4 F	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS		TRIANGULAR		R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H			
		2 H	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS		TRIANGULAR		R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H			
VENTANA - DISEÑO		1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		
			1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		
		2P	2 F	R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	
			2 H	R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	TRIANGULAR	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H	
	3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREO H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H		
		3 H	R W=3H	R W=2H	ÁUREO H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H		
	4P	4 F	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS		TRIANGULAR		R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H			
		2 H	TRIANGULAR	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS		TRIANGULAR		R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H		
	VENTANA - DISEÑO	1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		
			1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		
		2P	2 F	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	R W=3H	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	
			2 H	R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	TRIANGULAR	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H	
3P		3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREO H	CIRCULAR	TRIANGULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H		
		3 H	R W=3H	R W=2H	ÁUREO H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H		
4P		4 F	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS		TRIANGULAR		R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H			
		2 H	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREA H	R W=2H	ÁUREO V	R 2W=H	TRIANGULAR	R W=3H	R 3W=H		
VENTANA - DISEÑO		1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		
			1 H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		R 2W=H, W=2H		ÁUREAS		CUADRADA	CIRCULAR	
		2P	2 F	R W=2H *	R W=3H *	ÁUREA H	CUADRADA	CIRCULAR	TRIANGULAR	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H	
			2 H	TRIANGULAR	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	R 3W=H	CUADRADA *	R 2W=H *	ÁUREA V	CIRCULAR	
	3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H		
		3 H	TRIANGULAR	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREA V	R 2W=H *	R 3W=H *		
	4P	4 F	TRIANGULAR*	CUADRADA*	ÁUREAS		CIRCULAR		R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H			
		2 H	TRIANGULAR	R 3W=H	R 2W=H	ÁUREA V	CUADRADA	ÁUREA H	CIRCULAR	R W=2H	R W=3H		

* Valores Iguales de UH en el correspondiente DISEÑO de ventana

Tabla T-7.13-CGF

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES

VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH

FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS *versus* DISEÑOS DE VENTANAS

7.5.

CONCLUSIONES – PH – FM – PV – UH (UH,m = UH,v - UH,m > UH,v - UH,m < UH,v) CTE DB HE – UNE EN ISO 10077-1 (posterior febrero 2015)

PH – PERÍMETRO de HUECO		MENOR PH ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR PH			
HUECO - FORMA		CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H			
FM – FRACCIÓN OCUPACIÓN del MARCO		MENOR FM ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR FM			
VENTANA - DISEÑO	1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		
		1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		
	2P	2 F	R W=2H	ÁREA H	ÁREA H	CUADRADA	R W=3H	ÁREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
		2 H	R W=2H	ÁREA H	CIRCULAR	R W=3H	CUADRADA	ÁREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
	3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	CIRCULAR	CUADRADA	TRIANGULAR	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H
		3 H	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	CIRCULAR	TRIANGULAR	CUADRADA	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H
	4P	4 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		
		2 H	CIRCULAR	ÁREA H	CUADRADA	R W=2H	ÁREA V	R W=3H	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
	PV – PERÍMETRO de VIDRIO		MENOR PV ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR PV		
	HUECO - FORMA		CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		
	VENTANA - DISEÑO	1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H	
			1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H	
2P		2 F	R W=2H	ÁREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
		2 H	R W=2H	ÁREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
3P		3 F	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H
		3 H	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H
4P		4 F	CUADRADA	CIRCULAR	ÁREAS		TRIANGULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H		
		2 H	CUADRADA	CIRCULAR	ÁREAS		TRIANGULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H		
UH,m = UH,v		MENOR UH ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR UH			
HUECO - FORMA		CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H			
VENTANA - DISEÑO		1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H	
			1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H	
	2P	2 F	R W=2H	ÁREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
		2 H	R W=2H	ÁREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
	3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H
		3 H	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H
	4P	4 F	CUADRADA	CIRCULAR	ÁREAS		TRIANGULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H		
		2 H	TRIANGULAR	CUADRADA	CIRCULAR	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H		
	UH,m > UH,v		MENOR UH ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR UH		
	HUECO - FORMA		CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		
	VENTANA - DISEÑO	1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H	
			1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H	
2P		2 F	R W=2H	ÁREA H	CIRCULAR	R W=3H	CUADRADA	ÁREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
		2 H	R W=2H	ÁREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
3P		3 F	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	CIRCULAR	TRIANGULAR	CUADRADA	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H
		3 H	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H
4P		4 F	CUADRADA	CIRCULAR	ÁREAS		TRIANGULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H		
		2 H	TRIANGULAR	CUADRADA	CIRCULAR	ÁREA H	R W=2H	TRIANGULAR	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H
UH,m < UH,v		MENOR UH ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR UH			
HUECO - FORMA		CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H			
VENTANA - DISEÑO		1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H	
			1 H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	ÁREAS	CUADRADA	CIRCULAR
	2P	2 F	R W=2H *	R W=3H *	ÁREA H	CUADRADA	CIRCULAR	TRIANGULAR	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H
		2 H	TRIANGULAR	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	R 3W=H	CUADRADA *	R 2W=H *	ÁREA V	CIRCULAR
	3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H
		3 H	TRIANGULAR	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	CUADRADA	CIRCULAR	ÁREA V	R 2W=H *	R 3W=H *
	4P	4 F	TRIANGULAR*	CUADRADA*	ÁREAS		CIRCULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H		
		2 H	TRIANGULAR	R 3W=H	R 2W=H	ÁREA V	CUADRADA	ÁREA H	CIRCULAR	R W=2H	R W=3H

* Valores Iguales de UH en el correspondiente DISEÑO de ventana

Tabla T-7.14-CGF

CUADRADA

La forma geométrica de hueco **cuadrada**, obtiene valores mas bien reducidos de **FM**, **PV** y **UH**, en los diseños de ventanas de 1 partición y 4 particiones.

En los diseños de ventanas con 3 particiones, aumenta el valor de todos estos parámetros.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS *versus* DISEÑOS DE VENTANAS

ÁUREA

La forma geométrica de hueco **áurea**, obtiene valores mas bien intermedios de **FM**, **PV** y **UH**, en todos los diseños de ventanas.

Se puede apreciar como en los diseños de ventanas donde los valores de las formas geométricas áureas verticales y horizontales, no coinciden, son estas últimas, las dispuestas de forma horizontal, las que obtienen siempre inferiores valores de todos los parámetros, para todas los diseños de particiones de ventanas.

CONCLUSIONES – PH – FM – PV – UH (UH,m = UH,v - UH,m > UH,v - UH,m < UH,v)										CTE DB HE – UNE EN ISO 10077-1 (posterior febrero 2015)						
PH – PERÍMETRO de HUECO				MENOR PH ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR PH						
HUECO - FORMA		CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
FM – FRACCIÓN OCUPACIÓN del MARCO				MENOR FM ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR FM						
VENTANA - DISEÑO	1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H							
		1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H							
	2P	2 F	CIRCULAR	R W=2H	ÁUREA H	CUADRADA	R W=3H	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H					
		2 H	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	R W=3H	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H					
	3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	CUADRADA	TRIANGULAR	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H					
		3 H	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	TRIANGULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H					
	4P	4 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H							
		2 H	CIRCULAR	ÁUREA H	CUADRADA	R W=2H	ÁUREA V	R W=3H	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H					
	VENTANA - DISEÑO	1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H						
			1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H						
		2P	2 F	R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H				
			2 H	R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H				
		3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H				
			3 H	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H				
		4P	4 F	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS		TRIANGULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H						
			2 H	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS		TRIANGULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H						
VENTANA - DISEÑO		1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H						
			1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H						
		2P	2 F	R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H				
			2 H	R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H				
		3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREO H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H				
			3 H	R W=3H	R W=2H	ÁUREO H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H				
		4P	4 F	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS		TRIANGULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H						
			2 H	TRIANGULAR	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H						
	VENTANA - DISEÑO	1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H						
			1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H						
		2P	2 F	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	R W=3H	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H				
			2 H	R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H				
		3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREO H	CIRCULAR	TRIANGULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H				
			3 H	R W=3H	R W=2H	ÁUREO H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H				
		4P	4 F	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS		TRIANGULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H						
			2 H	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREA H	R W=2H	TRIANGULAR	ÁUREO V	R 2W=H	R W=3H	R 3W=H				
VENTANA - DISEÑO		1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H						
			1 H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H	R 2W=H, W=2H	ÁUREAS		CUADRADA	CIRCULAR	R 2W=H	R 3W=H				
		2P	2 F	R W=2H *	R W=3H *	ÁUREA H	CUADRADA	CIRCULAR	TRIANGULAR	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H				
			2 H	TRIANGULAR	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	R 3W=H	CUADRADA *	R 2W=H *	ÁUREA V	CIRCULAR				
		3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H				
			3 H	TRIANGULAR	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREA V	R 2W=H *	R 3W=H *				
		4P	4 F	TRIANGULAR*	CUADRADA*	ÁUREAS		CIRCULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H						
			2 H	TRIANGULAR	R 3W=H	R 2W=H	ÁUREA V	CUADRADA	ÁUREA H	CIRCULAR	R W=2H	R W=3H				

* Valores Iguales de UH en el correspondiente DISEÑO de ventana

Tabla T-7.15-CGF

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES

VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH

FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS *versus* DISEÑOS DE VENTANAS

7.5.

CONCLUSIONES – PH – FM – PV – UH (UH _m = UH _v - UH _m > UH _v - UH _m < UH _v)										CTE DB HE – UNE EN ISO 10077-1 (posterior febrero 2015)															
PH – PERÍMETRO de HUECO					MENOR PH ←					HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS					→ MAYOR PH										
HUECO - FORMA		CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H									
FM – FRACCIÓN OCUPACIÓN del MARCO										MENOR FM ←					→ MAYOR FM										
VENTANA - DISEÑO	1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
		1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
	2P	2 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA H	CUADRADA	R W=3H	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
		2 H	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	R W=3H	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
	3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	CUADRADA	TRIANGULAR	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
		3 H	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	TRIANGULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
	4P	4 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
		2 H	CIRCULAR	ÁUREA H	CUADRADA	R W=2H	ÁUREA V	R W=3H	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
	PV – PERÍMETRO de VIDRIO										MENOR PV ←					HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS					→ MAYOR PV				
	VENTANA - DISEÑO	1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H							
			1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H							
		2P	2 F	R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H							
2 H			R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
3P		3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
		3 H	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
4P		4 F	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
		2 H	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
UH _m = UH _v										MENOR UH ←					HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS					→ MAYOR UH					
VENTANA - DISEÑO		1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H							
			1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H							
		2P	2 F	R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H							
	2 H		R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
	3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREO H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
		3 H	R W=3H	R W=2H	ÁUREO H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
	4P	4 F	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
		2 H	TRIANGULAR	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H							
	UH _m > UH _v										MENOR UH ←					HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS					→ MAYOR UH				
	VENTANA - DISEÑO	1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H							
			1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H							
		2P	2 F	R W=2H	ÁUREA H	CIRCULAR	R W=3H	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H							
2 H			R W=2H	ÁUREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
3P		3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREO H	CIRCULAR	TRIANGULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
		3 H	R W=3H	R W=2H	ÁUREO H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
4P		4 F	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
		2 H	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREA H	R W=2H	TRIANGULAR	ÁUREO V	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H									
UH _m < UH _v										MENOR UH ←					HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS					→ MAYOR UH					
VENTANA - DISEÑO		1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H							
			1 H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		R 2W=H, W=2H		ÁUREAS		CUADRADA	CIRCULAR	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H							
		2P	2 F	R W=2H *	R W=3H *	ÁUREA H	CUADRADA	CIRCULAR	TRIANGULAR	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H							
	2 H		TRIANGULAR	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	R 3W=H	CUADRADA *	R 2W=H	ÁUREA V	CIRCULAR	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
	3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
		3 H	TRIANGULAR	R W=3H	R W=2H	ÁUREA H	CUADRADA	CIRCULAR	ÁUREA V	R 2W=H	R 3W=H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
	4P	4 F	TRIANGULAR*	CUADRADA*	ÁUREAS		R 2W=H, W=2H		CIRCULAR	R 3W=H, W=3H		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								
		2 H	TRIANGULAR	R 3W=H	R 2W=H	ÁUREA V	CUADRADA	ÁUREA H	CIRCULAR	R W=2H	R W=3H	HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS		R 2W=H, W=2H		TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H								

* Valores Iguales de UH en el correspondiente DISEÑO de ventana

Tabla T-7.16-CGF

RECTANGULAR 2W=H, W=2H

La forma geométrica de hueco rectangular, **2W=H, W=2H**, obtiene valores mas bien intermedios de **FM, PV** y **UH**, en todos los diseños de ventanas donde coinciden sus valores de su disposición en vertical y horizontal.

Se puede también apreciar como la forma geométrica de hueco rectangular, **W=2H**, la dispuesta en horizontal, obtiene siempre valores inferiores en todas de todos los parámetros, para todas los diseños de particiones de ventanas.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS *versus* DISEÑOS DE VENTANAS

RECTANGULAR 3W=H, W=3H

La forma geométrica de hueco rectangular, **3W=H, W=3H**, obtiene los valores mas altos de **FM, PV** y **UH**, en todos los diseños de ventanas donde coinciden los valores de su disposición vertical y horizontal.

Solamente en los diseños de ventanas de 3 particiones, esta forma geométrica de hueco, dispuesta en horizontal, **W=3H**, es la que obtiene los valores más reducidos de todos los parámetros.

CONCLUSIONES – PH – FM – PV – UH (UH,m = UH,v - UH,m > UH,v - UH,m < UH,v)										CTE DB HE – UNE EN ISO 10077-1 (posterior febrero 2015)		
PH – PERÍMETRO de HUECO				MENOR PH ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR PH		
HUECO - FORMA		CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	ÁREAS		R 3W=H, W=3H		
FM – FRACCIÓN OCUPACIÓN del MARCO				MENOR FM ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR FM		
VENTANA - DISEÑO	1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H			
		1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H			
	2P	2 F	CIRCULAR	R W=2H	ÁREA H	CUADRADA	R W=3H	ÁREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	
		2 H	R W=2H	ÁREA H	CIRCULAR	R W=3H	CUADRADA	ÁREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	
	3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	CIRCULAR	CUADRADA	TRIANGULAR	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H	
		3 H	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	CIRCULAR	TRIANGULAR	CUADRADA	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H	
	4P	4 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H			
		2 H	CIRCULAR	ÁREA H	CUADRADA	R W=2H	ÁREA V	R W=3H	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	
	PV – PERÍMETRO de VIDRIO				MENOR PV ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR PV	
	VENTANA - DISEÑO	1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		
			1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		
		2P	2 F	R W=2H	ÁREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
2 H			R W=2H	ÁREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	
3P		3 F	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H	
		3 H	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H	
4P		4 F	CUADRADA	CIRCULAR	ÁREAS		TRIANGULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H			
		2 H	CUADRADA	CIRCULAR	ÁREAS		TRIANGULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H			
UH,m = UH,v				MENOR UH ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR UH		
VENTANA - DISEÑO		1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		
			1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		
		2P	2 F	R W=2H	ÁREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
	2 H		R W=2H	ÁREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	
	3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H	
		3 H	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H	
	4P	4 F	CUADRADA	CIRCULAR	ÁREAS		TRIANGULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H			
		2 H	TRIANGULAR	CUADRADA	CIRCULAR	ÁREAS	TRIANGULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H			
	UH,m > UH,v				MENOR UH ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR UH	
	VENTANA - DISEÑO	1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		
			1 H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		
		2P	2 F	R W=2H	ÁREA H	CIRCULAR	R W=3H	CUADRADA	ÁREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H
2 H			R W=2H	ÁREA H	R W=3H	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	TRIANGULAR	R 2W=H	R 3W=H	
3P		3 F	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	CIRCULAR	TRIANGULAR	CUADRADA	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H	
		3 H	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H	
4P		4 F	CUADRADA	CIRCULAR	ÁREAS		TRIANGULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H			
		2 H	CUADRADA	CIRCULAR	ÁREA H	R W=2H	TRIANGULAR	ÁREA V	R 2W=H	R W=3H	R 3W=H	
UH,m < UH,v				MENOR UH ←		HUECO - FORMAS GEOMÉTRICAS				→ MAYOR UH		
VENTANA - DISEÑO		1P	1 F	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREAS		R 2W=H, W=2H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		
			1 H	TRIANGULAR	R 3W=H, W=3H		R 2W=H, W=2H		ÁREAS		CUADRADA	CIRCULAR
		2P	2 F	R W=2H *	R W=3H *	ÁREA H	CUADRADA	CIRCULAR	TRIANGULAR	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H
	2 H		TRIANGULAR	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	R 3W=H	CUADRADA *	R 2W=H *	ÁREA V	CIRCULAR	
	3P	3 F	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	TRIANGULAR	CIRCULAR	CUADRADA	ÁREA V	R 2W=H	R 3W=H	
		3 H	TRIANGULAR	R W=3H	R W=2H	ÁREA H	CUADRADA	CIRCULAR	ÁREA V	R 2W=H *	R 3W=H *	
	4P	4 F	TRIANGULAR*	CUADRADA*	ÁREAS		CIRCULAR	R 2W=H, W=2H	R 3W=H, W=3H			
		2 H	TRIANGULAR	R 3W=H	R 2W=H	ÁREA V	CUADRADA	ÁREA H	CIRCULAR	R W=2H	R W=3H	

* Valores Iguales de UH en el correspondiente DISEÑO de ventana

Tabla T-7.17-CGF

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES

7.6.

VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH

DISEÑOS DE VENTANAS *versus* FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS

PARTICIONES		1 Partición		2 Particiones		3 Particiones		4 Particiones	
SISTEMA APERTURA		1 Fijo	1 Hoja	2 Fijos	2 Hojas	3 Fijos	3 Hojas	4 Fijos	2 Hojas
FM – FRACCIÓN OCUPACIÓN del MARCO		MENOR FM ←		VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR FM			
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1F	2P 2F	1P 1H	3P 3F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	TRIANGULAR	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	CUADRADO	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	AUREO V.	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	AUREO H.	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	2W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	1W=2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	3W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	W=3H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	3P 3H	4P 2H
	PV – PERÍMETRO de VIDRIO	MENOR PV ←		VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR PV			
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	4P 4F	3P 3F
	TRIANGULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	CUADRADO	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	4P 2H	3P 3H	4P 4F	3P 3F
	AUREO V.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	AUREO H.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	2W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	1W=2H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	3W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	W=3H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	3P 3F	4P 2H	4P 4F
	UH,m = UH,v	MENOR UH ←		VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR UH			
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	4P 4F	3P 3F
	TRIANGULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	4P 2H	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	CUADRADO	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	4P 2H	3P 3H	4P 4F	3P 3F
	AUREO V.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	AUREO H.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	2W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	1W=2H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	3W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	W=3H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	3P 3F	4P 2H	4P 4F
	UH,m > UH,v	MENOR UH ←		VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR UH			
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	4P 4F	4P 2H	3P 3H
	TRIANGULAR	1P 1F	1P 1H	2P 2F	3P 3F	2P 2H	4P 4F	3P 3H	4P 2H
	CUADRADO	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	4P 4F	3P 3F	4P 2H	3P 3H
	AUREO V.	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H
	AUREO H.	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	4P 4F	3P 3H	4P 2H
	2W=H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H
	1W=2H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	3P 3H	4P 4F	4P 2H
	3W=H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H
	W=3H	1P 1F	2P 2F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	3P 3H	4P 4F	4P 2H
	UH,m < UH,v	MENOR UH ←		VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR UH			
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	TRIANGULAR	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	CUADRADO	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	AUREO V.	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	AUREO H.	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	2W=H	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	1W=2H	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	3W=H	3P 3H	4P 2H	2P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	W=3H	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F

Tabla T-7.18-CGF

1P1F

1 Partición, 1 Fijo

El diseño de ventana de **1P1F**, establece los valores mas reducidos de los parámetros **FM** y **UH** en la opción con **UH,v < UH,m**, donde las particiones fijas obtienen menores valores para todas las formas geométricas de huecos.

Cuando **UH,v = UH,m**, el diseño de ventana **1P1F**, se establece en segundo lugar, despues de **1P1H**, para el parámetro **UH** y **PV**, para todas las formas geométricas de huecos.

Cuando **UH,v > UH,m**, los diseños de ventanas con fijos, se establecen como los mas desfavorables, siendo **1P1F**, el que obtiene los valores mas reducidos de **UH** de las soluciones con fijos.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH DISEÑOS DE VENTANAS *versus* FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS

1P1H

1 Partición, 1 Hoja

El diseño de ventana de **1P1H**, establece los valores mas reducidos de los parámetros **PV** y **UH** en la opción con **UH,v = UH,m**, para todas las formas geométricas de huecos.

Cuando **UH,v < UH,m**, el diseño de ventana **1P1H**, se establece en segundo lugar, despues de **1P1F**, para el parámetro **UH**.

Cuando **UH,v > UH,m**, los diseños de ventanas con hojas, se establecen como los mas favorables, siendo **1P1H**, con **4P2H**, los diseños que obtienen los valores mas elevados de **UH** de las soluciones con hojas.

PARTICIONES		1 Partición		2 Particiones		3 Particiones		4 Particiones	
SISTEMA APERTURA		1 Fijo	1 Hoja	2 Fijos	2 Hojas	3 Fijos	3 Hojas	4 Fijos	2 Hojas
FM – FRACCIÓN OCUPACIÓN del MARCO		MENOR FM ←			VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR FM		
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1F	2P 2F	1P 1H	3P 3F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	TRIANGULAR	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	CUADRADO	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	AUREO V.	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	AUREO H.	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	2W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	W=2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	3W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	W=3H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	3P 3H	4P 2H
PV – PERÍMETRO de VIDRIO		MENOR PV ←			VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR PV		
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	4P 4F	3P 3F
	TRIANGULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	CUADRADO	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	4P 2H	3P 3H	4P 4F	3P 3F
	AUREO V.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	AUREO H.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	2W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	W=2H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	3W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	W=3H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	3P 3F	4P 2H	4P 4F
UH,m = UH,v		MENOR UH ←			VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR UH		
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	4P 4F	3P 3F
	TRIANGULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	4P 2H	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	CUADRADO	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	4P 2H	3P 3H	4P 4F	3P 3F
	AUREO V.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	AUREO H.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	2W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	W=2H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	3W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	W=3H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	3P 3F	4P 2H	4P 4F
UH,m > UH,v		MENOR UH ←			VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR UH		
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	4P 4F	4P 2H	3P 3H
	TRIANGULAR	1P 1F	1P 1H	2P 2F	3P 3F	2P 2H	4P 4F	3P 3H	4P 2H
	CUADRADO	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	4P 4F	3P 3F	4P 2H	3P 3H
	AUREO V.	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H
	AUREO H.	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	4P 4F	3P 3H	4P 2H
	2W=H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H
	W=2H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	3P 3H	4P 4F	4P 2H
	3W=H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H
	W=3H	1P 1F	2P 2F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	3P 3H	4P 4F	4P 2H
UH,m < UH,v		MENOR UH ←			VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR UH		
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	TRIANGULAR	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	CUADRADO	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	AUREO V.	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	AUREO H.	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	2W=H	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	W=2H	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	3W=H	3P 3H	4P 2H	2P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	W=3H	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F

Tabla T-7.19-CGF

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES

VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH

DISEÑOS DE VENTANAS *versus* FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS

7.6.

PARTICIONES		1 Partición		2 Particiones		3 Particiones		4 Particiones					
SISTEMA APERTURA		1 Fijo	1 Hoja	2 Fijos	2 Hojas	3 Fijos	3 Hojas	4 Fijos	2 Hojas				
FM – FRACCIÓN OCUPACIÓN del MARCO		MENOR FM ←				VENTANA - DISEÑO				→ MAYOR FM			
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1F	2P 2F	1P 1H	3P 3F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3H				
	TRIANGULAR	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H				
	CUADRADO	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H				
	AUREO V.	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H				
	AUREO H.	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H				
	2W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H				
	1W=2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H				
	3W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H				
	W=3H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	3P 3H	4P 2H				
	PV – PERÍMETRO de VIDRIO	MENOR PV ←				VENTANA - DISEÑO				→ MAYOR PV			
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	4P 4F	3P 3F				
	TRIANGULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F				
	CUADRADO	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	4P 2H	3P 3H	4P 4F	3P 3F				
	AUREO V.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F				
	AUREO H.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	3P 3F	4P 4F				
	2W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F				
	1W=2H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F				
	3W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F				
	W=3H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	3P 3F	4P 2H	4P 4F				
	UH,m = UH,v	MENOR UH ←				VENTANA - DISEÑO				→ MAYOR UH			
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	4P 4F	3P 3F				
	TRIANGULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	4P 2H	2P 2F	3P 3F	4P 4F				
	CUADRADO	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	4P 2H	3P 3H	4P 4F	3P 3F				
	AUREO V.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F				
	AUREO H.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	3P 3F	4P 4F				
	2W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F				
	1W=2H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F				
	3W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F				
	W=3H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	3P 3F	4P 2H	4P 4F				
	UH,m > UH,v	MENOR UH ←				VENTANA - DISEÑO				→ MAYOR UH			
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	4P 4F	4P 2H	3P 3H				
	TRIANGULAR	1P 1F	1P 1H	2P 2F	3P 3F	2P 2H	4P 4F	3P 3H	4P 2H				
	CUADRADO	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	4P 4F	3P 3F	4P 2H	3P 3H				
	AUREO V.	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H				
	AUREO H.	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	4P 4F	3P 3H	4P 2H				
	2W=H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H				
	1W=2H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	3P 3H	4P 4F	4P 2H				
	3W=H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H				
	W=3H	1P 1F	2P 2F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	3P 3H	4P 4F	4P 2H				
	UH,m < UH,v	MENOR UH ←				VENTANA - DISEÑO				→ MAYOR UH			
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F				
	TRIANGULAR	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F				
	CUADRADO	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F				
	AUREO V.	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F				
	AUREO H.	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F				
	2W=H	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F				
	1W=2H	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F				
	3W=H	3P 3H	4P 2H	2P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F				
	W=3H	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F				

Tabla T-7.20-CGF

2P2F

2 Particiones, 2 Fijos

El diseño de ventana de **2P2F**, establece valores reducidos de **FM** y **UH** en la opción con **UH,v < UH,m**, para todas las formas geométricas de huecos.

Cuando **UH,v = UH,m**, el diseño de ventana **2P2F**, establece un termino medio de valores **UH**, muy similar a los valores de **PV**.

Cuando **UH,v > UH,m**, los diseños de ventanas con fijos, se establecen como los mas desfavorables, siendo **2P2F**, despues de **1P1F**, el que obtiene los valores mas reducidos de **UH** de las soluciones con fijos.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH DISEÑOS DE VENTANAS *versus* FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS

2P2H

2 Particiones, 2 Hojas

El diseño de ventana de **2P2H**, establece valores intermedios de los parámetros **PV** y **UH** en la opción con **UH,v = UH,m**, para todas las formas geométricas de huecos.

Cuando **UH,v < UH,m**, el diseño de ventana **2P2H**, establece también valores intermedios del parámetro **UH**.

Cuando **UH,v > UH,m**, los diseños de ventanas con hojas, se establecen como los mas favorables, siendo **2P2H**, despues de **3P3H**, el diseño de ventana que obtienen los valores mas reducidos de **UH** de las soluciones con hojas.

PARTICIONES		1 Partición		2 Particiones		3 Particiones		4 Particiones	
SISTEMA APERTURA		1 Fijo	1 Hoja	2 Fijos	2 Hojas	3 Fijos	3 Hojas	4 Fijos	2 Hojas
FM – FRACCIÓN OCUPACIÓN del MARCO		MENOR FM ←				VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR FM	
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1F	2P 2F	1P 1H	3P 3F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	TRIANGULAR	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	CUADRADO	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	AUREO V.	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	AUREO H.	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	2W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	W=2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	3W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
W=3H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	4P 2H	
PV – PERÍMETRO de VIDRIO		MENOR PV ←				VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR PV	
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	4P 4F	3P 3F
	TRIANGULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	CUADRADO	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	4P 2H	3P 3H	4P 4F	3P 3F
	AUREO V.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	AUREO H.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	2W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	W=2H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	3W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
W=3H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	3P 3F	4P 2H	4P 4F	
UH,m = UH,v		MENOR UH ←				VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR UH	
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	4P 4F	3P 3F
	TRIANGULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	4P 2H	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	CUADRADO	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	4P 2H	3P 3H	4P 4F	3P 3F
	AUREO V.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	AUREO H.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	2W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	W=2H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	3W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
W=3H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	3P 3F	4P 2H	4P 4F	
UH,m > UH,v		MENOR UH ←				VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR UH	
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	4P 4F	4P 2H	3P 3H
	TRIANGULAR	1P 1F	1P 1H	2P 2F	3P 3F	2P 2H	4P 4F	3P 3H	4P 2H
	CUADRADO	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	4P 4F	3P 3F	4P 2H	3P 3H
	AUREO V.	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H
	AUREO H.	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	4P 4F	3P 3H	4P 2H
	2W=H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H
	W=2H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	3P 3H	4P 4F	4P 2H
	3W=H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H
W=3H	1P 1F	2P 2F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	3P 3H	4P 4F	4P 2H	
UH,m < UH,v		MENOR UH ←				VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR UH	
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	TRIANGULAR	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	CUADRADO	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	AUREO V.	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	AUREO H.	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	2W=H	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	W=2H	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	3W=H	3P 3H	4P 2H	2P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
W=3H	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	

Tabla T-7.21-CGF

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES

VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH

DISEÑOS DE VENTANAS *versus* FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS

7.6.

PARTICIONES		1 Partición		2 Particiones		3 Particiones		4 Particiones	
SISTEMA APERTURA		1 Fijo	1 Hoja	2 Fijos	2 Hojas	3 Fijos	3 Hojas	4 Fijos	2 Hojas
FM – FRACCIÓN OCUPACIÓN del MARCO		MENOR FM ←		VENTANA - DISEÑO				→ MAYOR FM	
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1F	2P 2F	1P 1H	3P 3F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	TRIANGULAR	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	CUADRADO	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	AUREO.V.	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	AUREO.H.	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	2W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	W=2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	3W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	W=3H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	3P 3H	4P 2H
	PV – PERÍMETRO de VIDRIO		MENOR PV ←		VENTANA - DISEÑO				→ MAYOR PV
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	4P 4F	3P 3F
	TRIANGULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	CUADRADO	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	4P 2H	3P 3H	4P 4F	3P 3F
	AUREO.V.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	AUREO.H.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	2W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	W=2H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	3W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	W=3H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	3P 3F	4P 2H	4P 4F
	UH,m = UH,v		MENOR UH ←		VENTANA - DISEÑO				→ MAYOR UH
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	4P 4F	3P 3F
	TRIANGULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	4P 2H	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	CUADRADO	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	4P 2H	3P 3H	4P 4F	3P 3F
	AUREO.V.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	AUREO.H.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	2W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	W=2H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	3W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	W=3H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	3P 3F	4P 2H	4P 4F
	UH,m > UH,v		MENOR UH ←		VENTANA - DISEÑO				→ MAYOR UH
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	4P 4F	4P 2H	3P 3H
	TRIANGULAR	1P 1F	1P 1H	2P 2F	3P 3F	2P 2H	4P 4F	3P 3H	4P 2H
	CUADRADO	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	4P 4F	3P 3F	4P 2H	3P 3H
	AUREO.V.	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H
	AUREO.H.	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	4P 4F	3P 3H	4P 2H
	2W=H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H
	W=2H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	3P 3H	4P 4F	4P 2H
	3W=H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H
	W=3H	1P 1F	2P 2F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	3P 3H	4P 4F	4P 2H
	UH,m < UH,v		MENOR UH ←		VENTANA - DISEÑO				→ MAYOR UH
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	TRIANGULAR	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	CUADRADO	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	AUREO.V.	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	AUREO.H.	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	2W=H	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	W=2H	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	3W=H	3P 3H	4P 2H	2P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	W=3H	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F

Tabla T-7.22-CGF

3P3F

3 Particiones, 3 Fijos

El diseño de ventana de **3P3F**, establece los valores mas altos de los parámetros **PV** y **UH** en la opción **UH,v = UH,m** y **UH,v > UH,m**, donde las particiones fijas obtienen siempre mayores valores para todas las formas geométricas de huecos.

Cuando **UH,v < UH,m**, el diseño de ventana **3P3F**, se establece en la zona media alta, para el parámetro **UH** y **FM**, para todas las formas geométricas de huecos.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES

VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH

DISEÑOS DE VENTANAS *versus* FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS

3P3H

3 Particiones, 3 Hojas

El diseño de ventana de **3P3H**, establece los valores mas altos del parámetro **FM** y así mismo el valor mas bajo de **UH** en la opción con **UH,v > UH,m**, para todas las formas geométricas de huecos.

Cuando **UH,v = UH,m**, el diseño de ventana **3P3H**, establece valores intermedio altos del parámetro **UH** coincidiendo con el parámetro **PV**.

Cuando **UH,v < UH,m**, los diseños de ventanas con hojas, se establecen como los mas desfavorables, siendo **3P3H**, con **4P2H** los diseños de ventanas que obtienen los valores mas altos para todas las formas geométricas de huecos.

PARTICIONES		1 Partición		2 Particiones		3 Particiones		4 Particiones		
SISTEMA APERTURA		1 Fijo	1 Hoja	2 Fijos	2 Hojas	3 Fijos	3 Hojas	4 Fijos	2 Hojas	
FM – FRACCIÓN OCUPACIÓN del MARCO		MENOR FM ←				VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR FM		
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1F	2P 2F	1P 1H	3P 3F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3H	
	TRIANGULAR	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H	
	CUADRADO	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H	
	AUREO V.	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H	
	AUREO H.	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H	
	2W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H	
	3W=H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H	
	W=3H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	3P 3H	4P 2H	
	PV – PERÍMETRO de VIDRIO		MENOR PV ←				VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR PV	
	HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	4P 4F	3P 3F
TRIANGULAR		1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F	
CUADRADO		1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	4P 2H	3P 3H	4P 4F	3P 3F	
AUREO V.		1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F	
AUREO H.		1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	3P 3F	4P 4F	
2W=H		1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F	
3W=H		1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F	
W=3H		1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F	
UH,m = UH,v		MENOR UH ←				VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR UH		
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS		CIRCULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	4P 4F	3P 3F
	TRIANGULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	4P 2H	2P 2F	3P 3F	4P 4F	
	CUADRADO	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	4P 2H	3P 3H	4P 4F	3P 3F	
	AUREO V.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F	
	AUREO H.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	3P 3F	4P 4F	
	2W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F	
	3W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F	
	W=3H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F	
	UH,m > UH,v		MENOR UH ←				VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR UH	
	HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	4P 4F	4P 2H	3P 3H
TRIANGULAR		1P 1F	1P 1H	2P 2F	3P 3F	2P 2H	4P 4F	3P 3H	4P 2H	
CUADRADO		1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	4P 4F	3P 3F	4P 2H	3P 3H	
AUREO V.		1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H	
AUREO H.		1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	4P 4F	3P 3H	4P 2H	
2W=H		1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H	
3W=H		1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	4P 2H	3P 3F	4P 2H	
W=3H		1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H	
UH,m < UH,v		MENOR UH ←				VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR UH		
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS		CIRCULAR	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	TRIANGULAR	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	
	CUADRADO	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F	
	AUREO V.	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F	
	AUREO H.	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	
	2W=H	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F	
	3W=H	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	
	W=3H	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F	

Tabla T-7.23-CGF

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES

VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH

DISEÑOS DE VENTANAS *versus* FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS

7.6.

PARTICIONES		1 Partición		2 Particiones		3 Particiones		4 Particiones			
SISTEMA APERTURA		1 Fijo	1 Hoja	2 Fijos	2 Hojas	3 Fijos	3 Hojas	4 Fijos	2 Hojas		
FM – FRACCIÓN OCUPACIÓN del MARCO		MENOR FM ←				VENTANA - DISEÑO				→ MAYOR FM	
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1F	2P 2F	1P 1H	3P 3F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3H		
	TRIANGULAR	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H		
	CUADRADO	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H		
	AUREO V.	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H		
	AUREO H.	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H		
	2W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H		
	1W=2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H		
	3W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H		
	W=3H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	3P 3H	4P 2H		
	PV – PERÍMETRO de VIDRIO		MENOR PV ←				VENTANA - DISEÑO				→ MAYOR PV
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	4P 4F	3P 3F		
	TRIANGULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F		
	CUADRADO	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	4P 2H	3P 3H	4P 4F	3P 3F		
	AUREO V.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F		
	AUREO H.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	3P 3F	4P 4F		
	2W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F		
	1W=2H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F		
	3W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F		
	W=3H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	3P 3F	4P 2H	4P 4F		
	UH,m = UH,v		MENOR UH ←				VENTANA - DISEÑO				→ MAYOR UH
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	4P 4F	3P 3F		
	TRIANGULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	4P 2H	2P 2F	3P 3F	4P 4F		
	CUADRADO	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	4P 2H	3P 3H	4P 4F	3P 3F		
	AUREO V.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F		
	AUREO H.	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	3P 3F	4P 4F		
	2W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F		
	1W=2H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F		
	3W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F		
	W=3H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	3P 3F	4P 2H	4P 4F		
	UH,m > UH,v		MENOR UH ←				VENTANA - DISEÑO				→ MAYOR UH
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	4P 4F	4P 2H	3P 3H		
	TRIANGULAR	1P 1F	1P 1H	2P 2F	3P 3F	2P 2H	4P 4F	3P 3H	4P 2H		
	CUADRADO	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	4P 4F	3P 3F	4P 2H	3P 3H		
	AUREO V.	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H		
	AUREO H.	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	4P 4F	3P 3H	4P 2H		
	2W=H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H		
	1W=2H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	3P 3H	4P 4F	4P 2H		
	3W=H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H		
	W=3H	1P 1F	2P 2F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	3P 3H	4P 4F	4P 2H		
	UH,m < UH,v		MENOR UH ←				VENTANA - DISEÑO				→ MAYOR UH
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F		
	TRIANGULAR	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F		
	CUADRADO	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F		
	AUREO V.	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F		
	AUREO H.	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F		
	2W=H	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F		
	1W=2H	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F		
	3W=H	3P 3H	4P 2H	2P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F		
	W=3H	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F		

Tabla T-7.24-CGF

4P4F**4 Particiones, 4 Fijos**

El diseño de ventana de **4P4F**, establece los valores mas altos de los parámetros **PV** y **UH** en la opción **UH,v = UH,m** y **UH,v > UH,m**, donde las particiones fijas obtienen siempre mayores valores para todas las formas geométricas de huecos.

Cuando **UH,v < UH,m**, el diseño de ventana **4P4F**, se establece en la zona alta y media, para el parámetro **UH** y **FM**, para todas las formas geométricas de huecos.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES

VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH

DISEÑOS DE VENTANAS *versus* FORMAS GEOMÉTRICAS DE HUECOS

4P2H

4 Particiones, 2 Hojas

El diseño de ventana de **4P2H**, establece valores altos de los parámetros **FM** y **UH** en la opción **UH_v < UH_m**, para todas las formas geométricas de huecos.

Cuando **UH_v = UH_m**, el diseño de ventana **4P2H**, se establece en la zona alta y media, para el parámetro **PV** y **UH**, para todas las formas geométricas de huecos.

Cuando **UH_v > UH_m**, el diseño de ventana **4P2H**, conjuntamente con **1P1H**, obtienen los valores mas altos de **UH** para todas las formas geométricas de huecos con soluciones con hojas.

PARTICIONES		1 Partición		2 Particiones		3 Particiones		4 Particiones	
SISTEMA APERTURA		1 Fijo	1 Hoja	2 Fijos	2 Hojas	3 Fijos	3 Hojas	4 Fijos	2 Hojas
FM – FRACCIÓN OCUPACIÓN del MARCO		MENOR FM ←		VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR FM			
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1F	2P 2F	1P 1H	3P 3F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	TRIANGULAR	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	CUADRADO	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	AUREO V	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	AUREO H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	2W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	W=2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	3W=H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	4P 2H	3P 3H
	W=3H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F	1P 1H	2P 2H	3P 3H	4P 2H
	PV – PERÍMETRO de VIDRIO		MENOR PV ←		VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR PV		
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	4P 4F	3P 3F
	TRIANGULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	CUADRADO	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	4P 2H	3P 3H	4P 4F	3P 3F
	AUREO V	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	AUREO H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	2W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	W=2H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	3W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	W=3H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	3P 3F	4P 2H	4P 4F
	UH _m = UH _v		MENOR UH ←		VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR UH		
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	4P 4F	3P 3F
	TRIANGULAR	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	4P 2H	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	CUADRADO	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	4P 2H	3P 3H	4P 4F	3P 3F
	AUREO V	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	AUREO H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	2P 2F	3P 3H	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	2W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	W=2H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	4P 2H	3P 3F	4P 4F
	3W=H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	4P 2H	2P 2F	4P 4F	3P 3H	3P 3F
	W=3H	1P 1H	1P 1F	2P 2H	3P 3H	2P 2F	3P 3F	4P 2H	4P 4F
	UH _m > UH _v		MENOR UH ←		VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR UH		
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	4P 4F	4P 2H	3P 3H
	TRIANGULAR	1P 1F	1P 1H	2P 2F	3P 3F	2P 2H	4P 4F	3P 3H	4P 2H
	CUADRADO	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	4P 4F	3P 3F	4P 2H	3P 3H
	AUREO V	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H
	AUREO H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	4P 4F	3P 3H	4P 2H
	2W=H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H
	W=2H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	2P 2H	3P 3F	3P 3H	4P 4F	4P 2H
	3W=H	1P 1F	1P 1H	2P 2F	4P 4F	2P 2H	4P 2H	3P 3F	3P 3H
	W=3H	1P 1F	2P 2F	1P 1H	3P 3F	2P 2H	3P 3H	4P 4F	4P 2H
	UH _m < UH _v		MENOR UH ←		VENTANA - DISEÑO		→ MAYOR UH		
HUECO – FORMAS GEOMÉTRICAS	CIRCULAR	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	TRIANGULAR	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	CUADRADO	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	AUREO V	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	AUREO H	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	2W=H	3P 3H	2P 2H	4P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	W=2H	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F
	3W=H	3P 3H	4P 2H	2P 2H	1P 1H	1P 1F	2P 2F	4P 4F	3P 3F
	W=3H	3P 3H	2P 2H	1P 1H	4P 2H	1P 1F	2P 2F	3P 3F	4P 4F

Tabla T-7.25-CGF

7.7. CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH PROPUESTAS

Terminando este capítulo de **Conclusiones Globales Finales**, y para establecer unas propuestas objetivas o unos criterios relacionados directamente con el diseño de **HUECOS** y **VENTANAS**, podemos enunciar que la forma geométrica del hueco y el diseño de la ventana, **definitivamente si influyen** en el valor final de la transmitancia térmica del hueco, **UH**.

El índice de influencia de la forma geometría del hueco y el diseño de la ventana en el valor de **UH** es mayor en el escenario en el que las propiedades térmicas del sistema de mayor ocupación, el vidrio, son mejores, **UH,v < UH,m**, llegando a casi un **100 %** de reducción del valor **UH**, para huecos con la misma superficie de 1 metro cuadrado y espaciadores convencionales de aluminio.

Este índice de reducción del valor **UH**, para soluciones con espaciadores mejorados térmicamente, se establece en un **75 %**, para los mismos huecos con el mismo valor de superficie de 1 metro cuadrado.

Pero cada escenario de los tres que se han analizado, tiene o engloba sus propias propuestas que se resumen a continuación:

UH,v = UH,m

- La opción de propiedades térmicas iguales tanto para el sistema del marco o carpintería y el sistema del vidrio, estabiliza el sistema del cerramiento en cuanto a posibles diferenciales de transmitancia térmica **UH** para estos dos sistemas adyacentes.
- El valor del puente térmico del espaciador del vidrio, es el parámetro diferenciador entre las distintas opciones geométricas de huecos y los diseños de ventanas en cuanto al valor de **UH**.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH PROPUESTAS

- La clasificación general de formas geométricas de huecos y diseños de ventanas, en cuanto al valor **UH**, es idéntica a la del perímetro de vidrio, **PV** y está directamente relacionada con él en su cuantificación..
- El valor de la transmitancia térmica lineal del espaciador, **Ψ_g** , se sitúa en valores medios, obteniendo de igual manera valores medios para el puente térmico que origina.
- Los diseños de ventanas con **soluciones con hojas**, desarrollan siempre valores inferiores de **UH**, con respecto a las mismas formas geométricas y las correspondientes y respectivas soluciones con fijos.
- La combinación de forma geométrica de hueco **circular** con el diseño de ventana **1P1H**, es la que obtiene los valores más reducidos de **UH**.
- La combinación de forma geométrica de hueco **rectangular 3W=H**, (la insertada verticalmente), con el diseño de ventana **3P3F**, es la que obtiene los valores mayores de **UH**.
- La diferencia entre ambas soluciones de geometría de hueco y diseño de ventana, del valor **UH**, para una misma superficie de **1 m²**, supera el **27 %**.
- Las soluciones de formas geométricas de huecos **rectangulares dispuestos en horizontal**, generan siempre inferiores valores de **UH**, que sus respectivas dispuestas en vertical, independientemente de si la solución es con fijos o con hojas y el número de particiones.
- La utilización de espaciadores mejorados térmicamente, en este caso concreto con valores de **UH,m = UH,v = 2,2 W/m²K**, reduce el valor de **UH** entre un **7 %** y

7.7. CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH PROPUESTAS

un **21 %**.

- Al aumentar la superficie del hueco en **1 m²**, el valor de **UH** se reduce entre un **2 %** y un **8 %**.

UH,v < UH,m

- La opción de propiedades térmicas mejores para el sistema del vidrio, con respecto a las del sistema del marco o carpintería, desestabiliza el sistema del cerramiento en cuanto a posibles diferenciales de transmitancia térmica **UH** para estos dos sistemas adyacentes.
- El valor de la transmitancia térmica lineal del espaciador, **Ψg**, se sitúa en el mayor de las tres opciones, tanto para los convencionales de aluminio, como para los mejorados térmicamente, obteniendo de igual manera los mayores valores para el puente térmico que origina.
- Dado que el mayor ratio de superficie, lo establece el sistema del vidrio que dispone así mismo de las mejores propiedades térmicas, los valores de **UH**, que se obtienen, a pesar del punto anterior, son los más reducidos de las tres opciones.
- Mejores propiedades del vidrio, peores propiedades del marco o carpintería, mejores valores de **UH** en las soluciones con menor presencia del marco, con menor **FM**.
- La clasificación general de formas geométricas de huecos y diseños de ventanas, en cuanto al valor **UH**, es idéntica o muy similar a la del valor, **FM**, la fracción de ocupación del marco dentro del hueco.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH PROPUESTAS

- Los diseños de ventanas con **soluciones con fijos**, desarrollan siempre valores inferiores de **UH**, con respecto a las mismas formas geométricas y las correspondientes y respectivas soluciones con hojas, contrario al caso anterior.
- La combinación de forma geométrica de hueco **circular** con el diseño de ventana **1P1F**, es la que obtiene los valores más reducidos de **UH**.
- La combinación de forma geométrica de hueco **rectangular 3W=H**, (la insertada verticalmente), con el diseño de ventana **3P3H**, es la que obtiene los valores mayores de **UH**.
- La diferencia entre ambas soluciones de hueco y ventana, del valor **UH**, supera el **91 %**.
- Las soluciones de formas geométricas de huecos **rectangulares dispuestos en horizontal**, generan siempre inferiores valores de **UH**, que sus respectivas dispuestas en vertical, independientemente de si la solución es con fijos o con hojas y el número de particiones.
- La utilización de espaciadores mejorados térmicamente, en este caso concreto con valores de **UH,m = 2,2 W/m²K** y **UH,v = 1,1 W/m²K** reduce el valor de **UH** entre un **12 %** y un **28 %**.
- Al aumentar la superficie del hueco en **1 m²**, el valor de **UH** se reduce entre un **9 %** y un **17 %**.

7.7.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH PROPUESTAS

UH,v > UH,m

- La opción de propiedades térmicas mejores para el sistema del marco o carpintería, con respecto a las del sistema del vidrio, desestabiliza el sistema del cerramiento en cuanto a posibles diferenciales de transmitancia térmica **UH** para estos dos sistemas adyacentes.
- El valor de la transmitancia térmica lineal del espaciador, Ψ_g , se sitúa en el menor de las tres opciones, tanto para los convencionales de aluminio, como para los mejorados térmicamente, obteniendo de igual manera los menores valores para el puente térmico que origina.
- Dado que el mayor ratio de superficie, lo establece siempre el sistema del vidrio que dispone así mismo de las peores propiedades térmicas, los valores de **UH**, que se obtienen, a pesar del punto anterior, son los más altos de las tres opciones.
- Mejores propiedades del marco o carpintería, peores propiedades del vidrio, mejores valores de **UH** en las soluciones con menor presencia del vidrio, con mayor **FM**.
- La clasificación general de formas geométricas de huecos y diseños de ventanas, en cuanto al valor **UH**, es idéntica o muy similar a la inversa del valor, **FM**, la fracción de ocupación del marco dentro del hueco.
- Los diseños de ventanas con **soluciones con hojas**, desarrollan siempre valores inferiores de **UH**, con respecto a las mismas formas geométricas y las correspondientes y respectivas soluciones con fijos, contrario al caso anterior, e igual al que dispone de propiedades iguales para ambos sistemas.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH PROPUESTAS

- La combinación de forma geométrica de hueco **triangular** con el diseño de ventana **3P3H**, es la que obtiene los valores más reducidos de **UH**.
- La combinación de forma geométrica de hueco **rectangular 3W=H**, (la insertada verticalmente), con el diseño de ventana **3P3F**, es la que obtiene los valores mayores de **UH**.
- La diferencia entre ambas soluciones de hueco y ventana, del valor **UH**, supera el **17%**.
- Las soluciones de formas geométricas de huecos **rectangulares dispuestas en horizontal**, ya no generan siempre inferiores valores de **UH**, que sus respectivas dispuestas en vertical, independientemente de si la solución es con fijos o con hojas y el número de particiones.
- La utilización de espaciadores mejorado térmicamente, en este caso concreto con valores de **UH,m = 2,2 W/m²K** y **UH,v = 3,0 W/m²K** reduce el valor de **UH** entre un **7 %** y un **17 %**.
- Al aumentar la superficie del hueco en **1 m²**, el valor de **UH**:
 - o Espaciadores de convencionales de aluminio
 - Soluciones con FIJOS: reduce entre un **0,65 %** y un **2,63 %**
 - Soluciones con HOJAS: aumenta entre un **0,75 %** y un **2,31 %**
 - o Espaciadores de mejorados térmicamente
 - aumenta entre un **3 %** y un **7 %**

7.7.

CONCLUSIONES GLOBALES FINALES VALORES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS: FM, PV, UH PROPUESTAS

B

BIBLIOGRAFÍA

8. BIBLIOGRAFÍA

NORMAS NACIONALES

Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79 sobre Condiciones Térmicas de los Edificios, (octubre 1979), Presidencia del Gobierno, Primera Publicación, Real Decreto 2429/1979, de 6 de julio, BOE núm. 253 de 22 octubre 1979, Madrid

CTE DB HE, Ahorro de Energía, (marzo 2006), Ministerio de Vivienda, Primera Publicación, Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, Madrid
<http://www.codigotecnico.org/index.php/es/menu-documentoscte>

REAL DECRETO 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, (octubre 2007), Ministerio de Vivienda, BOE núm. 254 de 23 octubre 2007, Madrid, cap. Disposición Final Segunda, p.42994
<http://www.codigotecnico.org/index.php/es/menu-documentoscte>

CTE DB HE, Ahorro de Energía, septiembre 2013, Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, (septiembre 2013), Ministerio de Fomento, Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, Madrid. Sec. I. p. 67137
<http://www.codigotecnico.org/index.php/es/menu-documentoscte>

Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, Código Técnico de la Edificación, DA DB-HE/1, Cálculo de parámetros característicos de la envolvente, octubre 2013, (octubre 2013), Ministerio de Fomento, Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, Madrid
<http://www.codigotecnico.org/index.php/es/menu-documentoscte>

Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, Código Técnico de la Edificación, DA DB-HE/1, Cálculo de parámetros característicos de la envolvente, Febrero 2015, (febrero 2015), Ministerio de Fomento, Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, Madrid
<http://www.codigotecnico.org/index.php/es/menu-documentoscte>

Instrucción sobre Criterios para la Puesta en Práctica del Mercado CE de las Ventanas, Ventanas para Tejados y Puertas Exteriores Peatonales, en el Marco del Reglamento (UE) n° 305/2011, (octubre 2013), Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, Subdirección General de Calidad y Seguridad Industrial, (versión 6ª octubre 2013), Madrid

BIBLIOGRAFÍA

NORMAS UNE

Norma UNE EN ISO 10077-1:2001, Características Térmicas de Ventanas, Puertas y Contraventanas. Cálculo del Coeficiente de Transmisión Térmica. Parte 1: Método Simplificado (ISO 10077-1:2000), (junio 2001), Editada por AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación, Depósito legal: M 29173:2001, Junio 2001. Madrid. (Norma Anulada por UNE EN ISO 10077-1:2010)

<http://www.aenor.es/aenor/inicio/home/home.asp>

Norma UNE EN ISO 10077-1:2010, Comportamiento Térmico de Ventanas, Puertas y Persianas. Cálculo de la Transmitancia Térmica. Parte 1: Generalidades. (ISO 10077-1:2006), (junio 2010), Editada por AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación, Depósito legal: M 29114:2010, Junio 2010. Madrid

<http://www.aenor.es/aenor/inicio/home/home.asp>

Norma UNE EN ISO 10077-2:2003, Eficiencia Térmica de Ventanas, Puertas y Persianas. Cálculo de la Transmitancia Térmica. Parte 2: Método Numérico para los Marcos, (ISO 10077-2:2003), (2003), Editada por AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación, (Ratificada por AENOR en septiembre de 2006), (Norma Anulada por UNE EN ISO 10077-2:2008)

<http://www.aenor.es/aenor/inicio/home/home.asp>

Norma UNE EN ISO 10077-2:2008, Comportamiento Térmico de Ventanas, Puertas y Persianas. Cálculo de la Transmitancia Térmica. Parte 2: Método Numérico para los Marcos (ISO 10077-2:2003), (mayo 2008), Editada por AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación, (Anula a UNE EN ISO 10077-2:2003), (Norma Anulada por UNE EN ISO 10077-2:2012)

<http://www.aenor.es/aenor/inicio/home/home.asp>

Norma UNE EN ISO 10077-2:2012, Prestaciones térmicas de ventanas, puertas y persianas. Cálculo del coeficiente de transmitancia térmica. Parte 2: Método numérico para los marcos. (ISO 10077-2:2012), (julio 2012), Editada por AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación, Depósito legal: M 24558:2012, Julio 2012. Madrid

<http://www.aenor.es/aenor/inicio/home/home.asp>

8. BIBLIOGRAFÍA

NORMAS INTERNACIONALES ISO

ISO 10077-1:2000, Thermal Performance of Windows, Doors and Shutters. Calculation of Thermal Transmittance. Part 1: Simplified Method, (2000), Edit: ISO, International Organization for Standardization, Central Secretariat Chemin de Blandonnet 8 CP 401 1214 Vernier, Geneva, Switzerland. (esta norma ha sido revisada y anulada por: ISO 10077-1:2006)

<http://www.iso.org/iso/fr/home/standards.htm>

ISO 10077-1:2006, Thermal Performance of Windows, Doors and Shutters. Calculation of Thermal Transmittance. Part 1: General, (2006), Edit: ISO, International Organization for Standardization, Central Secretariat Chemin de Blandonnet 8 CP 401 1214 Vernier, Geneva Switzerland. (esta norma ha sido revisada en 2013)

<http://www.iso.org/iso/fr/home/standards.htm>

ISO 10077-2:2003, Thermal Performance of Windows, Doors and Shutters. Calculation of Thermal Transmittance. Part 2: Numerical Method for Frames, (2003), Edit: ISO, International Organization for Standardization, Central Secretariat Chemin de Blandonnet 8 CP 401 1214 Vernier, Geneva Switzerland. (esta norma ha sido revisada y anulada por: ISO 10077-2:2012)

<http://www.iso.org/iso/fr/home/standards.htm>

ISO 10077-2:2012, Thermal Performance of Windows, Doors and Shutters. Calculation of Thermal Transmittance. Part 2: Numerical Method for Frames, (2012), Edit: ISO, International Organization for Standardization, Central Secretariat Chemin de Blandonnet 8 CP 401 1214 Vernier, Geneva Switzerland. (esta norma ha sido revisada en 2014)

<http://www.iso.org/iso/fr/home/standards.htm>

NORMAS EUROPEAS CEN

EN ISO 10077-1:2000, Thermal Performance of Windows, Doors and Shutters. Calculation of Thermal Transmittance. Part 1: Simplified Method (ISO 10077-1:2000), (january 2000), Edit: CEN, European Committee for Standardization, Secrétariat Central, rue de Stassart 36 B-1050 Bruxelles. (esta norma ha sido revisada y anulada por: EN ISO 10077-1:2006)

<https://www.cen.eu/Pages/default.aspx>

EN ISO 10077-1:2006, Thermal Performance of Windows, Doors and Shutters. Calculation of Thermal Transmittance. Part 1: General, (ISO 10077-1:2006), (march 2006), Edit: CEN, European Committee for Standardization, Secrétariat Central, rue de Stassart 36 B-1050 Bruxelles

<https://www.cen.eu/Pages/default.aspx>

BIBLIOGRAFÍA

EN ISO 10077-2:2003, Thermal Performance of Windows, Doors and Shutters. Calculation of Thermal Transmittance. Part 2: Numerical Method for Frames, (ISO 10077-2:2003), (april 2003), Edit: CEN, European Committee for Standardization, Secrétariat Central, rue de Stassart 36 B-1050 Bruxelles. (esta norma ha sido revisada y anulada por: EN ISO 10077-2:2012)
<https://www.cen.eu/Pages/default.aspx>

EN ISO 10077-2:2012, Thermal Performance of Windows, Doors and Shutters. Calculation of Thermal Transmittance. Part 2: Numerical Method for Frames, (ISO 10077-2:2012), (august 2012), Edit: CEN, European Committee for Standardization, Secrétariat Central, rue de Stassart 36 B-1050 Bruxelles
<https://www.cen.eu/Pages/default.aspx>

OTRAS NORMAS Y DIRECTRICES EUROPEAS

EnEV 2014: Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung, (vom 18. November 2013), Bundesbauministerium
http://www.enev-online.com/enev_2014_volltext/00_titelseite.htm

ift-Richtlinie WA-08/2. Warmetechnisch verbesserte Abstandhalter. Teil 1 Ermittlung des repräsentativen Ψ -Wertes für Fensterrahmenprofile. (Juli 2013), ift Rosenheim, Das Institut für Fenster und Fassaden, Türen und Tore, Glas und Baustoffe. ISBN 978-3-86791-345-4- ift Rosenheim, Theodor-Gietl-Straße, 7-9, 83026 Rosenheim, Deutschland
<https://www.ift-rosenheim.de/startseite>

ift-Richtlinie WA-17/1. Warmetechnisch verbesserte Abstandhalter. Teil 2 Ermittlung des äquivalenten Wärmeleitfähigkeit durch Messung. (Februar 2013), ift Rosenheim. Das Institut für Fenster und Fassaden, Türen und Tore, Glas und Baustoffe. ISBN 978-3-86791-324-2- ift Rosenheim, Theodor-Gietl-Straße, 7-9, 83026 Rosenheim, Deutschland
<https://www.ift-rosenheim.de/startseite>

LIBROS, REVISTAS, ARTÍCULOS, PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

A Green Vitruvius. Principles and Practice of Sustainable Architectural Design, (1999), edita: James & James (Science Publishers) Ltd, London. Versión castellana, **Un Vitruvio Ecológico. Principios y Práctica del Proyecto Arquitectónico Sostenible**, edita: Editorial Gustavo Gili S.L. Barcelona 2007, ISBN: 978-84-252-2155-2, Barcelona

Beckett, H.E., Godfrey, J.A., (1974), **Windows, Performance, Design & Installation**, versión castellana de Buenaventura Bassegida Dr. Ingeniero Industrial, **Ventanas, Función Diseño e Instalación**, edita: Editorial Gustavo Gili S.A. Barcelona 1978, ISBN: 84-252-0719-3, Barcelona

8.

BIBLIOGRAFÍA

Berthold Kaufmann, (2010), Passivhaus Institut Darmstadt, ***Passivhausfenster im Detail, Gute Aussichten für eine erfolgreiche Sanierung***, IBo magazin (januar 2010)

<http://www.passivhaus-institut.de>

Bundesverband Flachglas, (BF), ***Kompass 'Warme Kante' für Fenster***, edit: BF, Merkblatt 004 / 2008 – Änderungsindex 1 – Juli 2013, Mülheimer Straße 1, 53840 Troisdorf, Deutschland

www.bundesverband-flachglas.de

Dossier Técnico, Ventana de Madera y Mixtas de Madera-Aluminio, (2010), Asoma, Asociación Española de Fabricantes de Ventanas de Madera y Mixtas (Madera-Aluminio), Madrid

<http://www.asomatealaventana.org/>

Guía Técnica Aprovechamiento de la Luz Natural en la Iluminación de Edificios, (mayo 2005), edita: Comité Español de Iluminación (CEI), Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE), Madrid

<http://www.idae.es/>

Guía Técnica para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios Soluciones de Aislamiento con Vidrios y Cerramientos, (noviembre 2007), edita: IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid

<http://www.idae.es/>

Hermes, Marcus, Dipl.-Ing.(2002), ***Die neue wärmedämmtechnische Bewertung von Fenstern mit Einführung der EnEV 2002, Aktuelles aus dem Regelwerk***, GLAS-FENSTER-FASSADE

<http://www.fensterberater.de/>

Marcado CE para Ventanas y Puertas Peatonales Exteriores, Preguntas Frecuentes, Versión revisada y actualizada según los contenidos del reglamento Europeo de Productos de Construcción (nº 305/2011), (2013), Asefave, Asociación Española de Fabricantes de Fachadas Ligeras Ventanas, Madrid

<http://www.asefave.org/>

Next Step: Vakuumisolierverglasung, (jan 2009), EnOB: Forschung für Energieoptimiertes Bauen, © ZAE Bayern, Würzburg, Deutschland

<http://www.enob.info/de/neue-technologien/projekt/details/next-step-vakuumisolierverglasung/>

Hauser, G. und Höttges, K., (2000), ***Bauphysik in Kürze: U-Werte von Fenstern***, Erschienen in: Bauphysik 22 (2000), H. 4, S. 270-273

BIBLIOGRAFÍA

Johannsmeyer, Jörg, Dipl. Ing. (FH) Von der IHK Osnabrück-Emsland öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Fenster und Türen aus Holz, Holz-Aluminium, Kunststoff und Aluminium (januar 2009), **EnEv 2009: Endgültiges Aus für das Fenstersystem IV 68? Welche Anforderungen werden zukünftig durch die Novellierung der EnEv 2009 an Fenster gestellt?**, Publikation: Holzbau die neue quadriga
<http://www.quadriga-news.de/www.quadriga-news.de/>

Mendizabal Aracama, Margarita, (1998), **Manual de la Ventana**, edita: Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, ISBN: 84-7433-575-2, Madrid

Meyer-Quel, Ingrid, Beratungsbüro für warme Kante und Glas, Herrenberg, (agust 2013), **Abstandhalter und warme Kante**, Publikation Bauen + Energie, Informationsdienst 1862-0973

Meyer-Quel, Ingrid, Beratungsbüro für warme Kante und Glas, Herrenberg, (Dezember 2014), **Warme Kante – Stange, Rolle, Fass-wohin geht die Reise?**, Publikation Glaswelt
<http://www.glaswelt.de/>

Note FIV 09, Les Intercalaires Thermiques améliorés, la Valeur psi (ψ) et son impact sur la valeur UW de la fenêtre, (janvier 2010), edit: FIV, Federation de l'Industrie du Verre, Bruxelles
www.vgi-fiv.be

Passive-On Project: Passive-On es un proyecto de investigación y difusión patrocinado dentro programa europeo SAVE integrante de las actuaciones para Energía Inteligente-Europa (EIE). El objetivo del proyecto es promover casas pasivas en climas cálidos. (The Passive-On project has been promoted and coordinated by the end-use Efficiency Research Group of Politecnico di Milano)
http://www.eerg.it/passive-on.org/es/design_principles.php

Peter A. Noyé, M.Sc (Eng) Jacob B. Laustsen, M.Sc (Eng) Svend Svendsen, Professor, Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark, (March 2004), **Calculating the heat transfer coefficient of frame profiles with internal cavities**, © Nordic Journal of Building Physics, 2004
<http://www.byv.kth.se/avd/byte/bphys/>

Peters, Nils, (2013), **Prouvé**, edita; Taschen GmbH, (2013) ISBN: 978-3-8365-4544-0

Sack, Norbert, Dipl.-Phys. Leiter F & E, ift Rosenheim (2013), **F&E Projekt "Warme Kante", Äquivalente Wärmeleitfähigkeit als vereinfachter Nachweis für Abstandhalter im Isolierglas**, Publikation – ift Rosenheim, Rosenheim, Deutschland
<https://www.ift-rosenheim.de/startseite>

Sostenibilidad: Edificios de Oficinas, Certificados Internacionales y el Sector, Energía Gris en el Ciclo de Vida Útil, (2009), edit: DetailGreen 2009, Edición española, (2009), ISSN 1578-5769

8. BIBLIOGRAFÍA

Uwe Friedrich, (2003), **Fenster optimal einbauen**, Bine informationsdienst, projektinfo 10/03, ISSN 0937-8367, Mechenstrasse 57, 53129 Bonn, Deutschland

<http://www.bine.info>

Wolfgang Feist, Dr. (mai 2003), **Hiwin Hochwärmedämmende Fenstersysteme: Untersuchung und Optimierung im eingebauten Zustand Anhang zum Teilbericht A (Bauphysikalische Untersuchungen und Optimierung des Baukörperanschlusses) Teilbericht Passivhaus Institut**, Passivhaus Institut, Darmstadt, Deutschland

<http://www.passivhaus-institut.de>

Wolfgang Feist, Dr. (2006), Passivhaus Institut Darmstadt, **Fenster - Wärmedurchgang Uw und Verglasungs - Gesamtenergiedurchlass g**, Passivhaus Institut Darmstadt, (november 2006)

<http://www.passivhaus-institut.de>

Wolfgang Feist, Dr. (august 2007), Passivhaus Institut Darmstadt, **Passivhausfenster – höchste Qualität bei transparenten Bauteilen**, Passivhaus Institut Darmstadt, (august 2007)

PRODUCTOS Y SOFTWARE

Allmetal, INC: A privately held, worldwide leader in the manufacture of laser-welded air spacer and decorative products and components for the insulated glass, window and door industry

<http://www.allmetalinc.com>

AnTherm: Analysis of Thermal behavior of Building Construction Heat Bridges, is a powerful package of programs used for heat flow calculation in building construction elements

<http://www.antherm.at/antherm>

Caluwin, es un software de SWISSPACER, de Sommer Informatik GmbH, Sepp-Heindl-Str.5 83026 Rosenheim, Germany

<http://www.swisspacer.com/de/caluwin>

Configurator, es un software de Guardian SunGuard, Advanced Architectural Glass, rendimiento del vidrio, según las normas EN 410 y EN 673

<http://www.sunguardglass.es/SunguardProducts/GlassConfigurator/index.htm>

Edgetech: Edgetech is a global leader in the insulated glass and window industry. Edgetech is the manufacturer of the warm edge spacer system product line Super Spacer®, which provide maximum condensation resistance, durability and energy efficiency.

<http://edgetechig.co.uk>

BIBLIOGRAFÍA

Flixo: The thermal bridge analysis and reporting application for Professionals . Infomind Ltd. is a center of competence for the analysis of thermal behavior in building constructions of any kind.
<http://www.infomind.ch>

Heat2: is a PC-program for two-dimensional transient and steady-state heat transfer. The program is along with the three-dimensional version HEAT3 used by more than 1000 consultants and 100 universities and research institutes worldwide
<http://www.buildingphysics.com>

Helima: Our know-how guarantees perfect products. For engineers and technicians, the balance between ecological and economic criteria are an absolute priority in the further development of new concepts.
<http://www.helima.de>

Rolltech A/S: has been a supplier to the insulating glass industry for more than 25 years, and has built up great experience and expertise in the field of warm edge spacers. This means that we are now world leaders in the sector, together with our parent company Alu-Pro
<http://www.rolltech.dk>

Swisspacer: is at the heart of energy saving windows. Warm edge spacer bars insulate the edges of an energy efficient sealed unit. They keep the panes of glass apart and maintain the integrity of the air gap that insulates a building from heat loss through Windows.
<http://www.swisspacer.com>

Technoform Glass Insulation:The specialist for the best heat resistance for insulating glass. Technoform Glass Insulation is a member of the Technoform Group. It specializes in the development and manufacture of thermal insulation components for frames for insulating glass.
<http://www.tgi-spacer.com>

Therm: Two-Dimensional Building Heat-Transfer Modeling. THERM is a state-of-the-art, Microsoft Windows™-based computer program developed at Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) for use by building component manufacturers, engineers, educators, students, architects, and others interested in heat transfer.
<http://windows.lbl.gov/software/therm>

WinIso2D: The professional software for window & façade builder - for the calculation of two-dimensional heat and vapor diffusion streams, isotherms, Uf-values, Psi-values. The foundation for the success story of sommer computer science GmbH was placed with the company was founded in 1996. Mr. Dipl. Computer scientist Robert Sommer.
<http://www.sommer-informatik.de>

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

ARKITEKTURA SAILA - DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA

DONOSTIAKO ARKITEKTURA GOI ESKOLA TEKNIKOA - ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE SAN SEBASTIAN