

DISEÑO DE BLOQUES DE HORMIGÓN ENCAMINADO A LA OPTIMIZACIÓN DE SU COMPORTAMIENTO TÉRMICO

DESIGN OF CONCRETE BLOCKS, DIRECTED TO THE OPTIMIZATION OF ITS THERMAL BEHAVIOUR

Recibido: 31/10/06

Aceptado: 25/01/07



Eduardo Rojí Chandro
Dr. Ingeniero Industrial
Profesor titular UPV



Jesús Cuadrado Rojo
Ingeniero Industrial
Profesor titular UPV



Unai Elósegui Lecanda
Ingeniero Industrial
Prefabricados Alberdi

RESUMEN

La búsqueda de los máximos niveles de sostenibilidad en la materialización de las construcciones nos conduce, hoy en día, a la consideración de este concepto desde la fase de diseño de los edificios, e incluso en la fabricación de los diferentes componentes que integran dichos edificios.

Una de las vertientes fundamentales de la sostenibilidad es el ahorro energético de las edificaciones. Dicho ahorro energético pasa, forzosamente, por la optimización del comportamiento térmico de los elementos frontera entre el ambiente interior y exterior.

El nuevo Código Técnico de la Edificación (CTE) introduce una serie de nuevos requerimientos térmicos a cumplir por los sistemas de cerramiento de los edificios, que condicionan las características que deben tener los componentes que lo integran.

El presente documento analiza dichos requerimientos para el caso de un bloque de hormigón, marcando las premisas de diseño para conseguir un elemento optimizado en sus propiedades térmicas.

Palabras clave: Energía, cerramiento, bloque de hormigón, sostenibilidad.

ABSTRACT

The search of the maximum levels of sustainability in the construction's

process leads us, up today, to the consideration of this concept from the starter phase of design of buildings, and also in the manufacture of the different components that integrates the above mentioned buildings.

One of the fundamental scopes of the sustainability is the energetic saving of the buildings. For this mentioned energetic saving it is necessary, the optimization of the thermal behaviour of the elements which delimited the internal and external environment.

The new Technical Code of the Building (CTE) introduces new thermal requirements that must be complying for the closing systems of the buildings, which determine the characteristics that must have the components that integrate it.

The present document analyzes the above mentioned requirements for the case of a block of concrete, marking the premises of design to obtain an element optimized in his thermal properties.

Key words: Energy, closing wall, block of concrete, sustainability.

1- CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO

La Directiva 2002/91/CE, tiene como objetivo fomentar la eficiencia energética de los edificios. Su transposición se hace a través del nuevo Código Técnico de la Edificación (CTE), que establece, en

el Artículo 15 de su Primera parte, las exigencias básicas para el ahorro de energía (HE), con objeto de conseguir un uso más racional de la misma, tratando así, de reducir su consumo a límites más sostenibles.

Uno de los requisitos básicos para la obtención de la eficiencia energética en los edificios pasa por dotar a los mismos de una envolvente, cuyas características limiten la demanda energética, garantizando un bienestar térmico, en función del clima local, del uso del edificio y de las características aislantes del cerramiento.

En este sentido, es importante definir el comportamiento térmico de los elementos de cerramiento, pudiéndose plantear diferentes metodologías. Así, el comportamiento térmico se puede obtener mediante el cálculo teórico estricto o el cálculo basado en la normativa. El cálculo teórico plantea una complejidad operacional, que se ve compensada por una mayor precisión de los resultados, lo cual no se produce con la utilización de las normas.

En el mercado existen actualmente una amplia gama de bloques con geometrías muy diferentes variando las dimensiones y tipos de huecos, espesores de pared, anchuras de bloque, características del material, etc., donde cada diseño presenta unas propiedades acordes a su finalidad, que pueden verse afectadas por la entrada en vigor del CTE.

El presente estudio ha planteado la modelización del comportamiento térmico del bloque de hormigón, mediante el programa *CF-Design*, con objeto de estudiar el comportamiento de las diferentes variables que aparecen en el diseño de un bloque de hormigón, para a mejorar su comportamiento térmico.

1.1. El coeficiente de transmisión térmica del cerramiento (U) según el nuevo Código Técnico de la Edificación

En el cerramiento de un edificio se encuentran capas de materiales, con valores diferentes de su transmisión térmica, y todos ellos componen un tipo de cerramiento concreto, donde es necesario realizar una media ponderada de los diversos valores de transmisión térmica de cada uno, obteniendo el coeficiente de transmisión térmica de la tipología de cerramiento, que no debe de superar un valor máximo definido en norma. De esta forma se obtiene

donde
U: Coeficiente de transmisión térmica del cerramiento.

porciona el Código Técnico para los cerramientos depende de la tipología de cerramiento y de la zona climática donde esté ubicado el edificio.

Se consideran las siguientes tipologías de cerramientos verticales:

- 1) Medianerías.
- 2) Particiones interiores.
- 3) Fachadas.

Los cerramientos de un espacio habitable que sean medianerías, esto es, cerramientos que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez y que conformen una división común, tendrán un coeficiente de transmisión térmica (U) no superior a $1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

En edificios de viviendas, las particiones interiores que delimitan cada unidad de uso, entendiendo como tales, los elementos constructivos horizontales o verticales que separan el interior del edificio en diferentes recintos, tendrán un coeficiente de transmisión térmica (U) no superior a $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

El valor máximo del coeficiente de transmisión térmica ($U_{\max}$) que se permite en muros de fachada depende de la zona climática donde esté ubicado el edificio:

climática donde se ubican los edificios se determinará a partir de los valores tabulados.

1.3. Modelización del comportamiento térmico mediante CF-Design

Se ha planteado un modelo de estudio mediante el programa *CF-Design* que trata de reducir la complejidad matemática asociada al cálculo estrictamente teórico. Esta modelización supone la realización de una serie de hipótesis simplificadoras, al igual que se hace en el cálculo teórico, que permiten obtener unos resultados similares a los de este último con unos márgenes de error máximo, siempre inferiores al 4%, siendo el error máximo permitido para el coeficiente de transmisión térmica (U) del 2%.

2- ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES PARÁMETROS QUE AFECTAN AL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE BLOQUES

Se ha pretendido realizar un diseño optimizado de los bloques de hormigón desde el punto de vista del consumo de recursos necesarios para su

Zona climática												
	A3	A4	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	E1
$U_{\max} (\text{W/m}^2\text{K})$	0,94	0,94	0,82	0,82	0,73	0,73	0,73	0,73	0,66	0,66	0,66	0,57

Tabla 1. Valores de U según la zona climática

U_i : Coeficiente de transmisión térmica de una parte de cerramiento que pertenece a una tipología de cerramiento concreto (calculado según el apéndice F de la norma CTE: DB-HE1, o utilizando los valores que indica el fabricante de los cerramientos).

A_i : Superficie de una parte de cerramiento que pertenece a una tipología de cerramiento concreto.

$$U = \sum (U_i \cdot A_i) / \sum A_i \leq U_{\max}$$

1.2. Límites marcados al coeficiente de transmisión térmica (U), según el CTE

El valor máximo del coeficiente de transmisión térmica ($U_{\max}$) que pro-

Al objeto de limitar la demanda energética, se establecen 12 zonas identificadas por una letra, correspondiente a la división de invierno, y un número, correspondiente a la división de verano. En general, la zona

fabricación. Del mismo modo, se ha buscado la obtención de unos valores de coeficiente de transmisión térmica (U), lo más bajos posibles con objeto de reducir el consumo energético del edificio en el largo periodo de vida

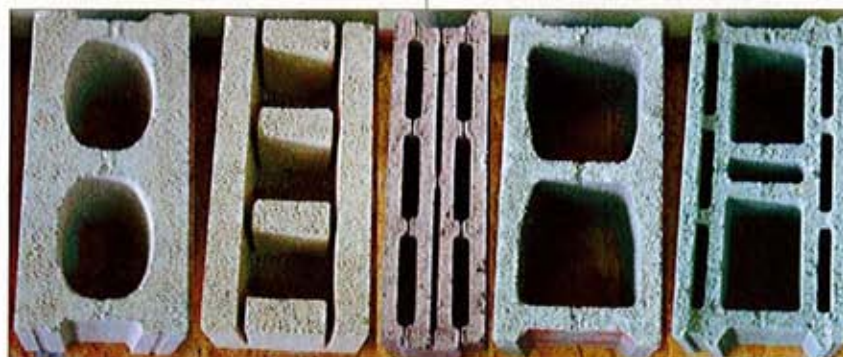


Figura 1. Diferentes tipos de bloques existentes en el mercado

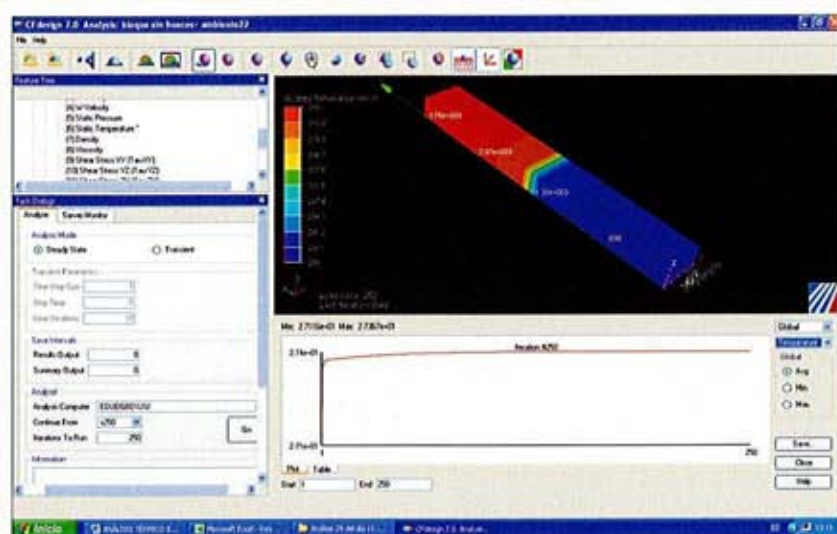


Figura 2. Modelización mediante el programa CF-Design

útil del mismo, de hecho, este gasto energético supone una de las principales fuentes de consumo de energía en gran parte de los países.

Se muestran a continuación una parte del conjunto de parámetros de diseño, que se han tenido en cuenta en el estudio y modelización del bloque térmicamente optimizado:

- Conductividad del material del bloque.
- Espesor del bloque.
- Espesor de huecos interiores.
- Filas de huecos.
- Relación espesor de huecos-filas de huecos.
- Disposición de columnas de huecos.
- Disposición de huecos.

En todos los casos se ha tratado de obtener una gráfica que relacione estos parámetros con la posible variación del coeficiente de transmisión térmica (U).

2.1. Conductividad del material del bloque

En referencia a la conductividad del material que compone el bloque, para conseguir un mejor comportamiento desde el punto de vista térmico, este valor debe ser lo más bajo posible, lo que generalmente equivale a decir que es interesante trabajar con materiales de densidades bajas. Este parámetro supone importantes reducciones del coeficiente de transmisión térmica. Se ha podido observar como, reduciendo la conductividad del

material en un 50%, el valor correspondiente a la U del bloque se reduce en un 35%.

2.2. Espesor del bloque

Según este criterio, conseguir un mejor comportamiento desde el punto de vista térmico supone un mayor espesor del bloque (anchura del mismo). Este factor se encuentra limitado ya que, al incrementar el espesor

del cerramiento, se están reduciendo los metros cuadrados útiles del interior del edificio.

2.3. Espesor de huecos interiores

Otro posible factor a considerar es el espesor que se puede dar a los huecos interiores. En este apartado, se ha observado que, para un mismo número de filas de huecos, es recomendable térmicamente, que la dimensión del hueco en la dirección paralela al flujo (d) sea lo más próxima posible a 2 cm, que es el punto donde se produce la inflexión en la gráfica que representa la variación de la U del bloque en función del espesor del hueco, para un bloque de las mismas dimensiones y conductividad del material utilizado como se aprecia en la figura 4.

2.4. Filas de huecos

Otro parámetro que se ha estudiado es el número de filas óptimo para obtener el valor más bajo del coeficiente de transmisión térmica. En este caso se ha observado que, si se mantiene constante la dimensión del hueco en la dirección paralela al flujo (d), es re-

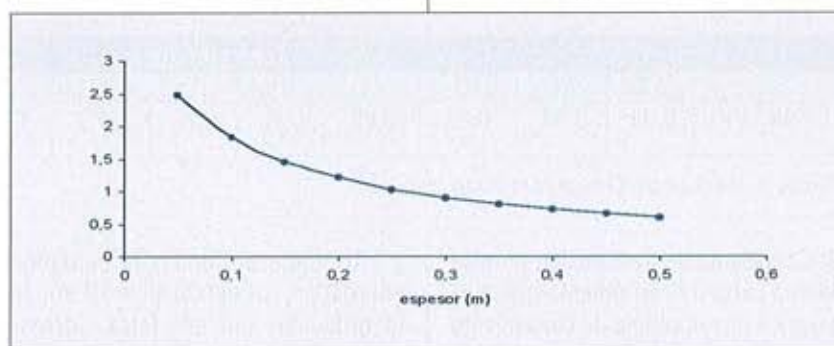


Figura 3. Resultados de la variación de U, según el espesor del bloque

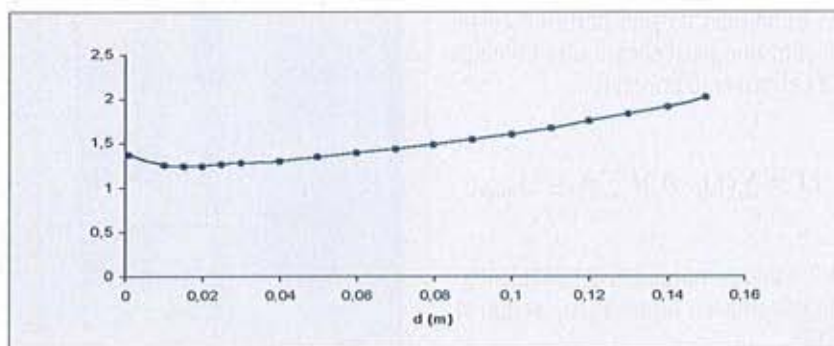
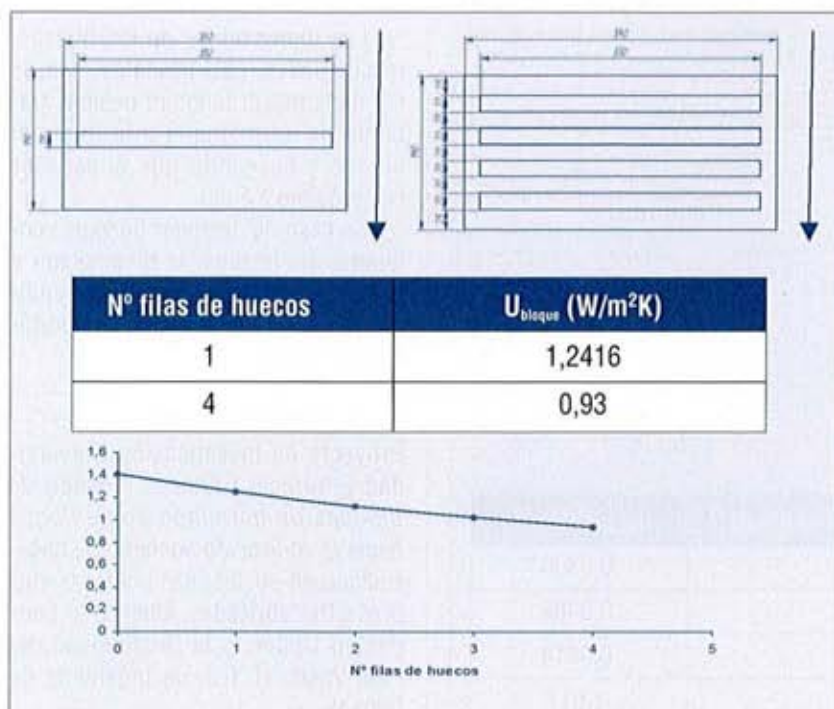


Figura 4. Resultados de la variación de U, según el espesor de los huecos interiores

Figura 5. Variación de U según el número de filas de huecos

comendable desde el punto de vista térmico, que haya la mayor cantidad de filas de huecos posible. Así se ha podido comprobar cómo, para un mismo bloque de hormigón, la disposición de una única fila de huecos frente a cuatro filas del mismo espesor, supone una mejora del coeficiente de transmisión térmica en este último caso de un 25%.

2.5. Relación espesor de huecos-filas de huecos

Tal y como se ha indicado en los dos últimos criterios de diseño, desde el punto de vista térmico, interesa fabricar los bloques con una gran cantidad de filas de huecos y con la dimensión del hueco en la dirección paralela al flujo (d) de valor igual a 2 cm. Conseguir ambas condiciones es complicado en un bloque en el cual el espesor se encuentra limitado y en el que hay que mantener una distancia mínima entre los huecos para que sea factible la fabricación del bloque. Se ha observado cómo, para el conjunto de bloques del mismo material, el comportamiento térmico mejora cuando se plantea un mayor número de filas, según la figura 6, aunque el aumento es menos significativo en el bloque C, teniendo,

además, el inconveniente asociado al mayor peso que alcanza el bloque tanto para su manejo como para la optimización del consumo de material.

2.6. Disposición de columnas de huecos

En un principio, como ya se ha comprobado desde el punto de vista térmico, es más recomendable disponer de un número elevado de columnas de huecos con la mayor longitud po-

sible. En este caso se ha comprobado esta solución (Véase bloque A), frente a la realización de bloques con un mayor número de columnas pero donde los huecos presentaban menor anchura (Véanse bloques B, C y D en la figura 7).

La ventaja que presenta el bloque "A" frente al resto de soluciones consigue una mejora máxima de un 8 %, frente al bloque "D" que es precisamente, el bloque que presenta una menor anchura de hueco en su disposición de cuatro columnas.

2.7. Disposición de huecos

Otro parámetro que se ha estudiado, para tratar de mejorar el comportamiento térmico de los bloques, es la posibilidad de disponer en un bloque, de una serie de columnas con sus huecos de forma que se encuentre alineados o al tresbolillo. En este caso se ha comprobado la disposición de las columnas al tresbolillo, en la dirección del flujo y en la dirección perpendicular al mismo. Ha sido en este último caso donde se ha apreciado una mejora en el comportamiento del bloque, como se puede apreciar en los resultados planteados en la figura 8.

3- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO

Como resumen de los análisis térmicos realizados, se pueden destacar los siguientes aspectos, que pueden dar una idea sobre los parámetros

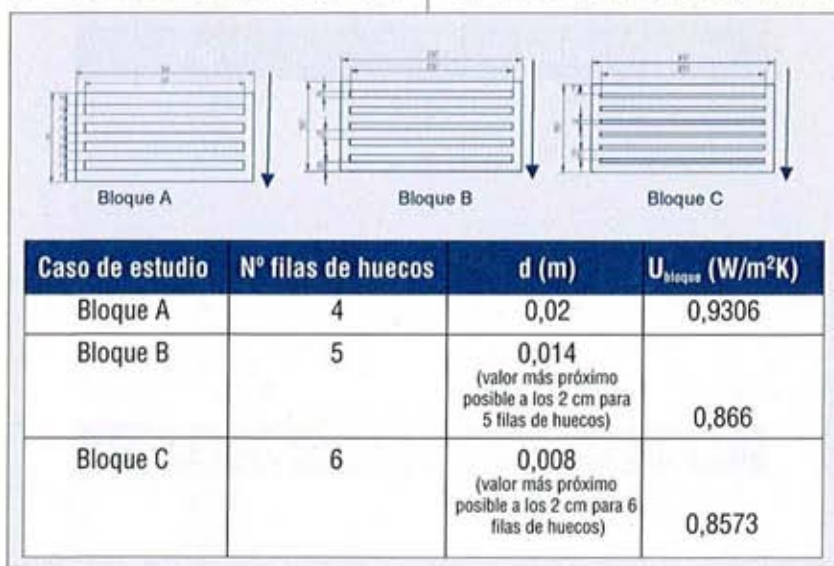


Figura 6. Resultados según el espesor de filas de huecos

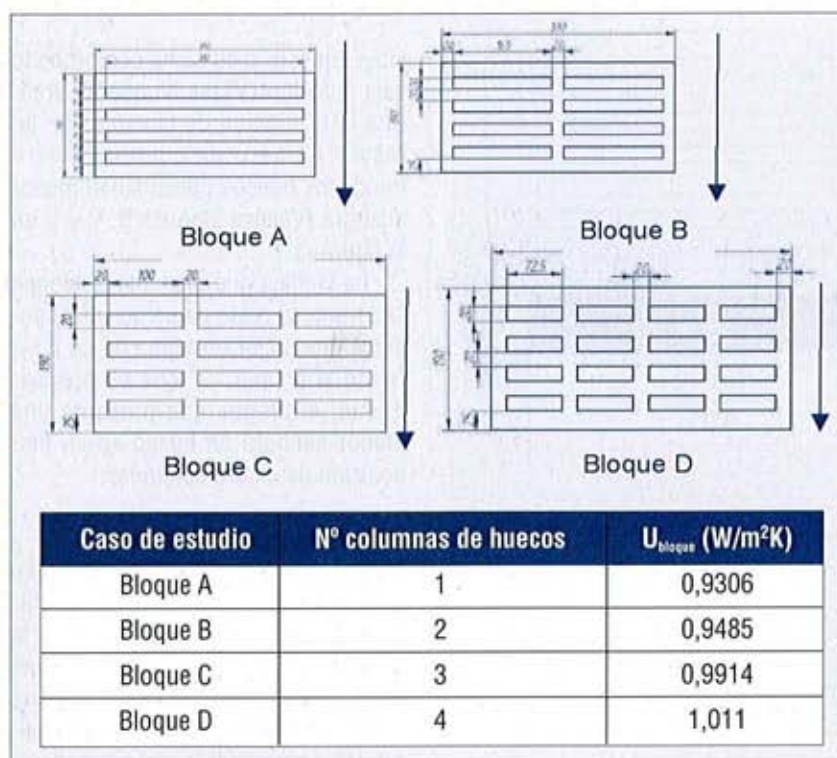


Figura 7. Influencia del número de columnas de huecos en la variación de U

susceptibles de variación a la hora de mejorar el bloque térmicamente:

Hay que tratar de reducir al máximo, en la medida de lo posible, la conductividad o densidad del material utilizado en la fabricación del bloque.

Cuanto mayor sea el espesor del bloque, mejor será su comportamiento térmico.

Hay que tratar de colocar el mayor número de filas de huecos posible en la dirección perpendicular al flujo.

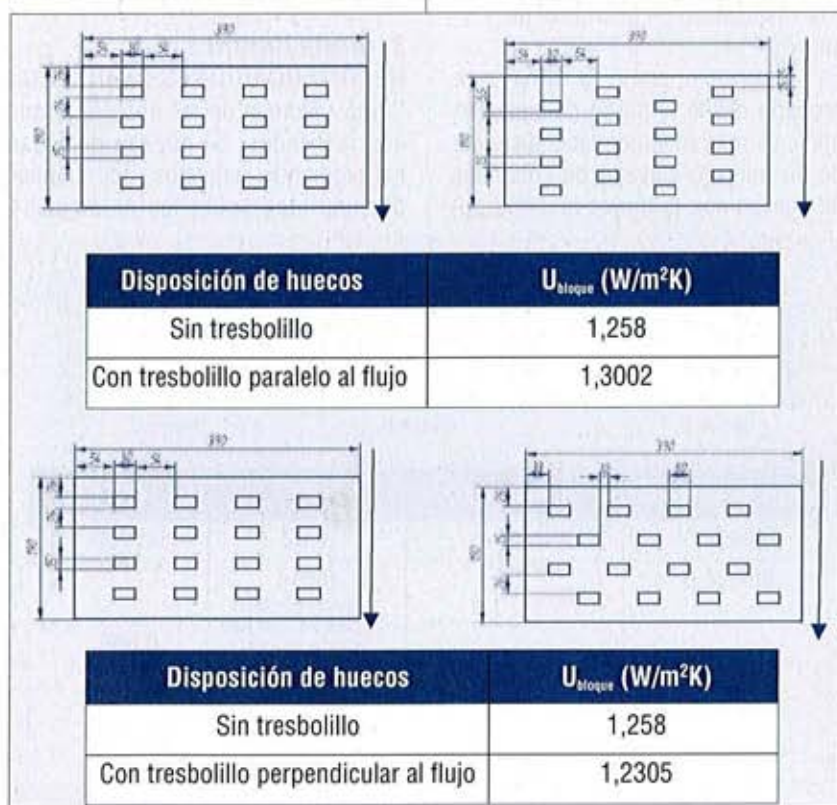


Figura 8. Influencia de la disposición de huecos

Las dimensiones de los huecos, rectangulares, casi pasantes, han de ser de la mayor longitud posible, tratando de aproximarla a la total del bloque y buscando que el espesor sea próximo a 2 cm.

En caso de disponer de varias columnas de huecos, la disposición a tresbolillo, en la dirección perpendicular al flujo, tiene mejor comportamiento térmico.

4- AGRADECIMIENTOS

Proyecto de Investigación Universidad-Empresa, titulado: "Diseño de bloques de hormigón con enfoque hacia la edificación sostenible", desarrollado en colaboración entre la empresa Prefabricados Alberdi, la Fundación Unitec, y la Universidad del País Vasco (E.T.S. de Ingeniería de Bilbao).

5- BIBLIOGRAFÍA

- UNE- EN 1745, "Fábrica de albañilería y componentes para fábrica. Métodos para determinar los valores térmicos del proyecto." 2002.
- UNE- ENV 1996-1-1. Eurocódigo 6, "Proyecto de estructuras de fábrica. Parte 1-1 Reglas generales para edificios. Reglas para fábrica y fábrica armada."
- CTE- DB- HE, "Código Técnico de la Edificación Documento Básico. Habitabilidad. Ahorro de energía", 2006.
- CTE- DB- HS, "Código Técnico de la Edificación Documento Básico. Habitabilidad. Salubridad", 2006
- CTE- DB- SE- F, "Código Técnico de la Edificación Documento Básico. Seguridad estructural. Estructuras de fábrica", 2006.
- UNE- EN 771-3, "Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 3: Bloques de hormigón (Con áridos densos y ligeros)", 2004
- UNE- EN ISO 10211-1, "Puentes térmicos en edificación. Flujos de calor y temperaturas superficiales. Parte 1: Métodos generales de cálculo. Parte 2: Puentes térmicos lineales", 1995.
- UNE- EN ISO 14683, "Puentes térmicos en la edificación. Transmitancia térmica lineal. Métodos simplificados y valores por defecto", 1999. ■