

An aerial photograph of a city with a semi-transparent globe overlaid on top. The globe is centered over the city, and the city's buildings and streets are visible through the globe's surface. The globe is rendered in a light blue and white color scheme. The text is positioned in the lower right quadrant of the image, enclosed in a white box with a blue border.

► Estudio de los costes constructivos y consumos energéticos derivados de la clasificación energética de viviendas

## Estudio de los costes constructivos y consumos energéticos derivados de la clasificación energética de viviendas

### INTRODUCCIÓN

En el año 2010 la **FUNDACIÓN ASPRIMA** presentó la primera parte del estudio de **EVALUACIÓN DE LOS COSTES CONSTRUCTIVOS Y CONSUMOS ENERGÉTICOS DERIVADOS DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS EN MADRID**.

Como continuación de este primer trabajo, y manteniendo los compromisos adquiridos por todos sus patrocinadores, se presenta ahora una segunda parte que recoge, además de los resultados obtenidos para el caso de Madrid, los de otras zonas climáticas representadas por las ciudades de Valencia, Sevilla, Oviedo y Barcelona.

Así, quedaría completo un trabajo que ha pretendido analizar y cuantificar el beneficio que el comprador de una vivienda nueva obtiene por adquirir un hogar más o menos eficiente en términos

energéticos y comparar, en el mapa de la geografía española, qué zonas climáticas de nuestro país requieren de un mayor o menor esfuerzo para el promotor que apuesta por ofrecer al mercado viviendas eficientes.

Este estudio, tanto su primera fase como esta segunda, ha sido elaborado por el **Grupo de Investigación Sostenibilidad en la Construcción y en la Industria (SCI) de la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**, dirigido por el Profesor D. Justo García Navarro, a petición de la **FUNDACIÓN ASPRIMA** (Asociación de Promotores Inmobiliarios de Madrid) y sus socios colaboradores técnicos: **URSA-PLADUR, UPONOR Y GAS NATURAL**.

### 1. OBJETIVOS Y FASES DEL ESTUDIO

El Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, en vigor desde noviembre de 2008, aprobó el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, que obliga a poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un Certificado de Eficiencia Energética. Éste asigna a cada edificio una calificación energética de eficiencia que varía desde la clase A, para los más eficientes, a la clase E para los menos eficientes



(según CTE y otros documentos que lo desarrollan).

Con fecha 15 de mayo de 2009 la **FUNDACIÓN ASPRIMA**, junto con sus socios colaboradores técnicos **URSA-PLADUR, UPONOR Y GAS NATURAL**, suscribió un convenio de colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), representada por el **Grupo de Investigación 'SOSTENIBILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN Y EN LA INDUSTRIA'** para la realización de un estudio denominado **"Evaluación de los costes constructivos y consumos energéticos derivados de la calificación energética de viviendas"** (PRECOST&E). El objetivo se centra en cuantificar la repercusión económica en el Presupuesto de Ejecución Material (COSTE), de las medidas constructivas que permitan obtener las diferentes categorías energéticas previstas, A, B, C, D y E (las admitidas por el Código Técnico, CTE), en comparación con el ahorro energético y por tanto económico (BENEFICIO) que se obtiene con cada una de ellas, y evaluar, en términos de INVERSIÓN, lo que estas mejoras suponen en el precio final de la vivienda.

El estudio completo se ha estructurado, como ya se avanzó en la presentación de la primera parte, en dos fases consecutivas. La primera, presentada en 2010,

analizó la zona climática D3 representada por la ciudad de Madrid. Esta segunda, utilizando el mismo modelo y metodología, repite el análisis en las ciudades de Valencia, Sevilla, Oviedo y Barcelona (zonas climáticas B3, B4, C1 y C2 respectivamente) y compara los resultados individuales obtenidos en cada una de ellas.

## 2. EDIFICIO MODELO Y METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

En la segunda fase del estudio se utiliza como edificio modelo el mismo evaluado en la fase 1, un edificio ya real y ejecutado, situado en Madrid. Se consideró ya en la etapa anterior como metodología más adecuada la utilización de un edificio existente como ejemplo sobre el que realizar el estudio, con el objetivo posterior de generalizar las conclusiones.

Por mediación de la FUNDACIÓN ASPRIMA, la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid (EMVS) puso a disposición del equipo investigador, dirigido por el Prof. Justo García Navarro, las últimas promociones realizadas en Madrid para que se seleccionara la más adecuada. Sobre todas ellas se habían aplicado ya las herramientas para medir la certificación energética.



El proyecto seleccionado fue el “Edificio de 143 viviendas de Protección Oficial sobre Suelo de Precio Tasado (VPP-SPT), adscritas al Plan Primera Vivienda”, cuyos autores son los arquitectos Salvador Pérez Arroyo y Eva Hurtado Torán. El bloque está situado en la parcela 1.43 de Vallecas, en el ensanche 8 del Plan Parcial UZP 1.03. (C/ Almonte nº 1, 3, 5 y 7, en Madrid).

### MOTIVACIÓN DE LA ELECCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio fue seleccionado por el hecho de presentar una serie de características específicas que le hacen ser, por una parte, tipológicamente común, y por otra, susceptible de reflejar resultados interesantes. Son las siguientes:

- Edificio en bloque de 143 viviendas, con viviendas de 2 a 5 dormitorios y superficie de 56 m<sup>2</sup> a 103 m<sup>2</sup>.
- La orientación de cada vivienda es única (todas las dependencias de la vivienda tienen huecos a la misma fachada).
- El mismo tipo de vivienda se encuentra en las cuatro orientaciones.
- Las características constructivas son propias de esta tipología.
- El edificio es el que tiene menor calificación de los

edificios facilitados por la EMVS que han sido evaluados.

### Estas características permiten asimismo:

- Evaluar la influencia de las orientaciones y las condiciones de diseño, las características constructivas y los sistemas energéticos en la calificación energética de las viviendas.
- Estudiar la calificación energética de las viviendas por orientaciones.
- Analizar las variaciones de presupuesto para conseguir las distintas calificaciones energéticas en función de las orientaciones.

### ESQUEMA GENERAL DEL PROCEDIMIENTO

El edificio modelo de estudio para la fase II es el mismo utilizado en la primera fase: el edificio de 143 viviendas en Vallecas. El edificio no cumplía el CTE, por lo que en un principio se realizan hipotéticos ajustes. En la segunda fase se parte del edificio que cumple el DB-HE1 para Madrid, en la zona climática D3, y se adapta a las condiciones de las demás zonas climáticas para que cumpla el documento de ahorro de energía. Las etapas del estudio son las siguientes:

1. Definición del edificio modelo para cada zona climática. edificio existente, diciembre de 2007, ajustándose todas a la misma fecha.
2. Comprobación del cumplimiento del DB-HE1: Limitación de la demanda energética.
3. Definición de las actuaciones y propuestas (hipótesis).
4. Simulación energética de las actuaciones y propuestas con Calener VyP.
4. Las actuaciones para mejorar la calificación energética del edificio tienen en cuenta el sistema constructivo y estructural del proyecto.
5. Valoración económica de las propuestas.
5. El Calener VyP es la herramienta utilizada para simular el edificio en los diferentes escenarios. Los resultados obtenidos están condicionados por la utilización de este programa y su estructura de funcionamiento.
6. Elaboración de conclusiones.

### HIPÓTESIS DE TRABAJO

1. El estudio, para obtener las diferentes calificaciones energéticas, parte de la normativa existente y las prácticas habituales en cada zona climática.
2. Los sistemas energéticos para cada ciudad se seleccionan en función de su clima a partir de un listado de sistemas energéticos objeto de estudio. (Tabla 1)
3. Las valoraciones económicas se realizan basándose en el presupuesto original del

### 3. CONCLUSIONES SOBRE EL PROCEDIMIENTO

El estudio se realiza con la herramienta Calener VyP, y los resultados obtenidos están condicionados por el uso de este método de calificación energética. Por eso, para la correcta interpretación de los resultados, hay que tener en cuenta las limitaciones siguientes:

1. La dificultad para introducir en Calener VyP elementos constructivos singulares. Tampoco se pueden calcular todos los sistemas energéticos disponibles en el mercado, o aquellos que utilizan tipos de energía que el



programa no considera.

2. La consideración de que todos los espacios están acondicionados para refrigeración (excepto en las zonas climáticas en las que no se tiene en cuenta la demanda de refrigeración), asignándose un sistema por defecto que penaliza la calificación energética.
3. Las limitaciones del programa para evaluar la refrigeración. La consideración de la demanda global impide evaluar las verdaderas necesidades de las viviendas. Así, sobre todo en zonas con demanda de refrigeración no muy alta, esta puede concentrarse en pocas viviendas, pero el programa reflejará una demanda global media mucho más baja.
4. La obtención de una calificación energética global del edificio no contempla la calificación independiente para las viviendas en función de su diseño, orientación o disposición dentro del edificio. Así puede ocurrir que se establezca una calificación energética para el conjunto del edificio que sea incongruente con la situación real de cada vivienda.
5. El proceso de cálculo para obtener la calificación energética del edificio no es transparente, lo que dificulta su utilización para evaluar las diferentes actuaciones

propuestas o como herramienta de diseño.

6. La escala/ gradación/ medida que define los niveles de calificación energética no es la misma para las diferentes zonas climáticas, lo que puede dificultar la interpretación de los resultados.

#### 4. CONCLUSIONES SOBRE EL EDIFICIO CONSIDERADO

##### COMUNES A TODAS LAS ZONAS CLIMÁTICAS

- Los resultados obtenidos se basan en la aplicación de conjuntos de medidas que abarcan actuaciones constructivas y de diseño. Hay tres variables fundamentales sobre las que sacar conclusiones:
  - el diseño y orientación del edificio,
  - la envolvente del edificio,
  - los sistemas de gestión energética.
- El diseño adaptado a la orientación de las viviendas resulta fundamental para obtener una buena calificación energética.
- La reducción de la transmitancia de la envolvente, en igualdad de condiciones de

diseño y sistemas energéticos, supone una importante mejora de la calificación energética.

- No se puede concluir que la elección de un sistema colectivo o individualizado influya de forma determinante en la calificación energética del edificio, así como en el coste del proyecto.
- La instalación de calderas de condensación en vez de calderas estándar en los sistemas de calefacción, tanto individuales como colectivos, supone una mejora en la calificación energética del edificio.
- La colocación de un sistema de calefacción por suelo radiante, en igualdad de condiciones de diseño y envolvente, supone una mejora en la calificación energética del edificio.
- La eficiencia energética no depende tanto de la inversión económica como de la concepción conjunta y equilibrada de las actuaciones posibles; depende de un diseño que combine y articule compacidad, orientación, porcentaje de huecos, protección solar y aislamiento térmico, junto con sistemas eficientes

de producción de calefacción con calderas de condensación, de baja temperatura, sistema de emisión por suelo radiante y combustible gas natural.

## 5. CONCLUSIONES TÉCNICAS

**5.1. El diseño adaptado a la orientación y a la situación de las viviendas en el edificio resulta fundamental para obtener una buena calificación energética.**

Las viviendas, siendo iguales en todas las orientaciones, tienen un comportamiento energético diferente en función de su situación en el edificio, por lo que requerirán de diferentes actuaciones. Así, la consideración de elementos de sombra estacional o una relación adecuada entre superficies opacas y huecos en función de la orientación, reduce la demanda energética:

- En las zonas climáticas con mayor demanda de refrigeración (**B3** Valencia, **B4** Sevilla) la colocación de protección solar en verano en las orientaciones este, oeste y sur supone una disminución de las emisiones entre 0,6 y 1 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.



- En la zona climática **C1** (Oviedo) la reducción de huecos no mejora la calificación energética.
  - En las zonas climáticas **B3** (Valencia), **B4** (Sevilla) y **C2** (Barcelona), la reducción del 20% de los huecos en todas las orientaciones supone una ligera mejora de la calificación energética, entre 0,1 y 0,3 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.
  - En la zona climática **D3** (Madrid) no se puede alcanzar una calificación energética superior a C sin actuar en el diseño del edificio estudiado, reduciendo un 20% la superficie de huecos en la fachada norte y colocando dispositivos de sombra en las orientaciones este, oeste y sur.
- La dificultad de alcanzar una calificación energética A se debe, entre otras causas, a que es necesario considerar unas adecuadas características de diseño y volumen adaptadas a unas condiciones climáticas determinadas desde la concepción del proyecto.
- 5.2. La mejora de la envolvente, en todas las zonas climáticas estudiadas, es indispensable para alcanzar las mejores calificaciones energéticas, aun considerando los sistemas energéticos más eficientes.**
- En la zona climática **B3** (Valencia), pasar de transmitancias adaptadas al CTE a transmitancias mejoradas ( $U_m = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $U_c = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $U_s = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) supone una reducción de emisiones de 1,5 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. El paso de transmitancias mejoradas a transmitancias óptimas ( $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) supone una disminución de 0,8 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.
  - En la zona climática **B4** (Sevilla), pasar de transmitancias adaptadas al CTE a transmitancias mejoradas ( $U_m = 0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $U_c = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $U_s = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) supone una reducción de emisiones de 2,6 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. El paso de transmitancias mejoradas a transmitancias óptimas ( $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) supone una disminución de 1,3 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.
  - En la zona climática **C1** (Oviedo), pasar de transmitancias adaptadas al CTE a transmitancias mejoradas ( $U_m = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $U_c = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $U_s = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) supone una reducción de



emisiones de 4,4 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. El paso de transmitancias mejoradas a transmitancias óptimas (U= 0,15 W/ m<sup>2</sup>K) supone una disminución de 1,1 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.

- En la zona climática **C2** (Barcelona), pasar de transmitancias adaptadas al CTE a transmitancias mejoradas (U<sub>m</sub>= 0,30 W/ m<sup>2</sup>K, U<sub>c</sub>= 0,22 W/ m<sup>2</sup>K, U<sub>s</sub>= 0,40 W/ m<sup>2</sup>K) supone una reducción de emisiones de 2 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. El paso de transmitancias mejoradas a transmitancias óptimas (U= 0,15 W/ m<sup>2</sup>K) supone una disminución de 0,8 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.
- En la zona climática **D3** (Madrid), pasar de transmitancias adaptadas al CTE a transmitancias mejoradas (U<sub>m</sub>= 0,30 W/ m<sup>2</sup>K, U<sub>c</sub>= 0,22 W/ m<sup>2</sup>K, U<sub>s</sub>= 0,25 W/ m<sup>2</sup>K) supone una reducción de emisiones de 2,3 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. El paso de transmitancias adaptadas al CTE a transmitancias óptimas (U= 0,15 W/ m<sup>2</sup>K) supone una disminución de 2,4 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.

### 5.3. Los sistemas de gestión energética

Zona climática **B3** (Valencia)

- El sistema energético de partida, con el que se obtiene la peor calificación E (27,4), es uno individual de producción de ACS con termo eléctrico y calefacción con radiadores eléctricos.
- Es necesario considerar un sistema de calefacción y refrigeración con suelo radiante para calefacción y refrigeración (sin mejorar la envolvente) para obtener una calificación superior a D.
- Si a un sistema de calefacción y apoyo de ACS se añade un sistema de refrigeración mediante expansión directa y conductos, la calificación apenas mejora. Esto es debido a que este sistema es similar al que Calener VyP asocia por defecto aun cuando el proyecto no considera un sistema de refrigeración.
- El sistema con el que se obtiene una mejor calificación (C 7,2), sin mejorar la envolvente, es uno centralizado de producción de ACS, calefacción y refrigeración con bomba de calor de gas natural y suelo radiante para calefacción y refrigeración. Esta medida supone una inversión adicional del 2,46% (21,05€/m<sup>2</sup>)

### Zona climática **B4** (Sevilla)

- El sistema energético de partida, con el que se obtiene la peor calificación E(22,7), es uno individual de producción de ACS con termo eléctrico.
- Es necesario considerar un sistema de calefacción y refrigeración (sin mejorar la envolvente) para obtener una calificación superior a D.
- El sistema con el que se obtiene una mejor calificación (C 10,7), sin mejorar la envolvente, es uno individual de producción de ACS, calefacción con caldera mixta de condensación de gas natural, refrigeración mediante enfriadora y suelo radiante para calefacción y refrigeración. Esta medida supone una inversión adicional del 8,84% (72,78 €/m<sup>2</sup>)

### Zona climática **C1** (Oviedo)

- El sistema energético de partida, con el que se obtiene la peor calificación E(43,8), es uno individual de producción de ACS con termo eléctrico y calefacción con radiadores eléctricos.
- Se han tenido en cuenta solamente sistemas de cale-

facción y apoyo de ACS porque en esta zona climática no se considera demanda de refrigeración.

- El sistema con el que se obtiene una mejor calificación (C 15,4), sin mejorar la envolvente, es uno individual de producción de ACS y calefacción con caldera mixta de calefacción de gas natural, y suelo radiante. Esta medida supone una reducción en la inversión inicial del 1,65% (-14,19€/m<sup>2</sup>)

### Zona climática **C2** (Barcelona)

- El sistema energético de partida, con el que se obtiene la peor calificación E(32,2), es uno individual de producción de ACS con termo eléctrico y calefacción con radiadores eléctricos.
- La calificación energética no varía si a un sistema de calefacción y apoyo de ACS se le añade un sistema de refrigeración mediante expansión directa y conductos. Esto es debido a que este sistema es similar al que Calener VyP asocia por defecto aun cuando el proyecto no considera un sistema de refrigeración.



- El sistema con el que se obtiene una mejor calificación (B 8,4), sin mejorar la envolvente, es uno centralizado de producción de ACS, calefacción y refrigeración con bomba de calor de gas natural y suelo radiante para calefacción y refrigeración. Esta medida supone una inversión adicional del 2,40% (20,54€/m<sup>2</sup>)

#### Zona climática D3 (Madrid)

- El sistema energético de partida, con el que se obtiene la peor calificación E(39,2), es uno individual de producción de ACS con termo eléctrico y calefacción con radiadores eléctricos.
- Se han tenido en cuenta solamente sistemas de calefacción y apoyo de ACS.
- Los sistemas con los que se obtiene una mejor calificación (C 15,6-15,7), sin mejorar la envolvente, son los de producción de ACS y calefacción mediante caldera de condensación y suelo radiante, tanto individuales como colectivos. Esta medida supone una inversión adicional entre el 2,65% y el 2,81% (21,71-22,98 €/m<sup>2</sup>)

## 6. CONCLUSIONES ECONÓMICAS

### 6.1 COMUNES A TODAS LAS ZONAS CLIMÁTICAS

- La magnitud para alcanzar las diferentes escalas de calificación energética no es la misma en las diferentes zonas climáticas, lo que dificulta la comparación calificación energética-coste entre las ciudades estudiadas.
- El edificio modelo está construido en Madrid, y su diseño es más adecuado para unas zonas climáticas que para otras.
- Algunas zonas climáticas no consideran la demanda de refrigeración y por lo tanto tampoco sistemas de refrigeración, por lo que las medidas energéticas son más baratas.

### 6.2 ESPECÍFICAS EN CADA CIUDAD ESTUDIADA

#### VALENCIA (B3)

Obtener una calificación B (4,6) desde la peor calificación E (27,4) supone una inversión adicional del 6,4% (54,9 €/m<sup>2</sup>).

Alcanzar una calificación D (12,4) desde la E (27,4) supone un ahorro del 1,6% (13,7 €/m<sup>2</sup>).

Conseguir una calificación C (10,6) desde la D supone desde un ahorro del 1,3% (11,4 €/m<sup>2</sup>) a una inversión adicional de 2,6% (22,4 €/m<sup>2</sup>).

Aumentar la calificación energética de una B (4,6) a una C supone desde un ahorro del 1,1% (10,1 €/m<sup>2</sup>) a una inversión adicional del 5,3% (46,1 €/m<sup>2</sup>).

### SEVILLA (B4)

Obtener una calificación B (6,7) desde la peor calificación E (22,7) supone una inversión adicional del 15% (125 €/m<sup>2</sup>).

Alcanzar una calificación D (15,8) desde la E supone una inversión adicional entre el 2,2% y el 2,4% (18,4-19,9 €/m<sup>2</sup>).

Aumentar la calificación energética de una C (10,7) a una D supone desde un ahorro del 2,4% (21,7 €/m<sup>2</sup>) a una inversión adicional del 6,5% (54,4 €/m<sup>2</sup>).

Conseguir una calificación B (6,7) desde la C supone desde un ahorro del 0,1% (1 €/m<sup>2</sup>) a una inversión adicional de 5,8% (52,1 €/m<sup>2</sup>).

### OVIEDO (C1)

Obtener una calificación B (9,8) desde la peor calificación E (43,8) supone una inversión adicional del 2,5% (21 €/m<sup>2</sup>).

Alcanzar una calificación D (20,3)

desde la E (43,8) supone un ahorro del 4,2% (35,8 €/m<sup>2</sup>).

Conseguir una calificación C (17,7) desde la D supone desde un ahorro del 0,2% (1,7 €/m<sup>2</sup>) a una inversión adicional del 2% (16 €/m<sup>2</sup>).

Aumentar la calificación energética de una B (11) a una C supone una inversión adicional entre el 2,2% y el 2,9% (18,7-24,2 €/m<sup>2</sup>).

### BARCELONA (C2)

Obtener una calificación A (5,1) desde la peor calificación E (32,2) supone una inversión adicional del 7,9% (67,4 €/m<sup>2</sup>), mientras que para obtener una calificación B (8,4) desde la peor calificación E (32,2) la inversión adicional es del 2,4% (20,5 €/m<sup>2</sup>).

Alcanzar una calificación C (12,9) desde la E (32,2) supone un ahorro del 1,6% (13,6 €/m<sup>2</sup>).

Aumentar la calificación energética de una B (8,4) a una C desde un ahorro del 2,2% (20 €/m<sup>2</sup>) a una inversión adicional del 4,1% (34,2 €/m<sup>2</sup>).

Conseguir una calificación A (5,1) desde la B puede suponer desde un ahorro del 2,8% (26,8 €/m<sup>2</sup>) a una inversión adicional del 5,3% (46,8 €/m<sup>2</sup>).

### MADRID (D3)

Obtener una calificación B (10,6) desde la peor calificación E (39,2) supone una inversión adicional del 4,9% (40,2 €/m<sup>2</sup>).



Alcanzar una calificación D (18,7) desde la E (39,2) supone una inversión adicional del 2,3% (18,4 €/m<sup>2</sup>).

Aumentar la calificación energética de una C (16,7) a una D supone desde un ahorro del 0,8% (7,1 €/m<sup>2</sup>) a una inversión adicional del 0,1% (0,8 €/m<sup>2</sup>).

Conseguir una calificación B (10,6) desde la C supone una inversión adicional del 0,03% (0,24 €/m<sup>2</sup>) al 2,5% (20,8 €/m<sup>2</sup>).

## 7. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS DIFERENTES CUESTIONES ESPECÍFICAS ANALIZADAS

### Conclusiones económicas:

- Sevilla (B4) es la ciudad en la que se necesita una mayor inversión para alcanzar la calificación energética B (hasta un incremento del 15% del presupuesto). Esto se debe en parte a que el diseño del edificio no es adecuado para una ciudad donde la demanda de refrigeración es alta y a la propia escala de calificación.
- Oviedo (C1) y Barcelona (C2) son las ciudades en las que alcanzar una calificación energética B es más barato, con un incremento del presupuesto del 2,5%.
- Obtener la máxima

calificación posible (A o B) desde la E supone el incremento del presupuesto entre el 2,5 % y el 15%.

- Alcanzar una calificación D desde la E supone, en función de las medidas que se adopten, desde un ahorro del 4,2% a una inversión adicional del 2,4% del presupuesto.
- Aumentar la calificación desde la D a la C supone, en función de las medidas adoptadas, desde un ahorro del 1,3% a una inversión adicional del 6,5% del presupuesto.
- Obtener una calificación B desde la C supone, dependiendo de las medidas que se adopten, desde un ahorro del 1,1% a una inversión adicional del 5,8% del presupuesto.

### Consumos:

**Valencia (B3):** obtener una calificación B (4,6) desde la peor calificación E (27,4) supone una disminución de emisiones de 22,8 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año y una reducción en el consumo del 82%.

**Sevilla (B4):** alcanzar una calificación B (6,7) desde la peor calificación E (22,7) supone una disminución de emisiones de 16 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año y una reducción en el consumo del 71%.

**Oviedo (C1):** alcanzar una calificación B (9,8) desde la peor

calificación E (43,8) supone una disminución de emisiones de 34 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año y una reducción en el consumo del 76%.

**Barcelona (C2):** obtener una calificación A (5,1) desde la peor calificación E (32,2) supone una disminución de emisiones de 27,1 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año y una reducción en el consumo del 83%.

**Madrid (D3):** obtener una calificación B (9,3) desde la peor calificación E (39,2) supone una disminución de emisiones de 29,9 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año y una reducción en el consumo del 76%.

## 8. RESUMEN

La eficiencia energética no depende tanto de la inversión económica como de la concepción conjunta y equilibrada de actuaciones que combinen diseño adecuado y sistemas apropiados.

La solución óptima en determinados climas, con respecto a eficiencia y economía, depende de un diseño que combine y articule compacidad, orientación, porcentaje de huecos, protección solar y aislamiento térmico, junto con sistemas eficientes de producción de calefacción con calderas de condensación, de baja temperatura, sistema de emisión por suelo radiante y combustible gas natural.

Cada zona climática exige un diseño adecuado y específico sin el cual no es posible alcanzar las mejores

calificaciones energéticas.

Inversiones económicas muy bajas (entre el 3 y el 7%), realizadas sobre diseños adecuados a su zona climática, obtienen los resultados óptimos.

La refrigeración constituye el tema fundamental y el elemento más conflictivo que debe ser especialmente tratado en algunas zonas climáticas, tanto en sus aspectos constructivos como el propio tratamiento recibido en la herramienta utilizada para la calificación energética. El mayor esfuerzo requerido para obtener buenos resultados en materia de emisiones de CO<sub>2</sub> se encuentra en la zona climática B4, representada por Sevilla.

Para considerar todas las estrategias posibles, se hace necesaria una herramienta que incluya entre sus posibilidades la de evaluar sistemas pasivos.





TABLA 2: REPERCUSION EN PRESUPUESTO.

Cambio calificación energética	presupuesto	VALENCIA (B3)	SEVILLA (B4)	OVIEDO(C1)	BARCELONA (C2)	MADRID (D3)
B a A	%				-2,8 / 5,3	
	€/m <sup>2</sup> construido				-26,8 / 46,8	
C a B	%	-1,1 / 5,3	-0,1 / 5,8	2,2 / 2,9	-2,2 / 4,1	0,03 / 2,5
	€/m <sup>2</sup> construido	-10,1 / 46,1	-1 / 52,1	18,7 / 24,2	-20 / 34,2	0,2 / 20,8
D a C	%	-1,3 / 2,6	-2,4 / 6,5	-0,2 / 2		-0,8 / 0,1
	€/m <sup>2</sup> construido	-11,4 / 22,4	-21,7 / 54,4	-1,7 / 16		-7,1 / 0,8
E a C	%				-1,6	
	€/m <sup>2</sup> construido				-13,6	
E a D	%	-1,6	2,2 / 2,4	-4,2		2,3
	€/m <sup>2</sup> construido	-13,7	18,4 / 19,9	-35,8		18,4
E a B	%	<b>6,4</b>	<b>15</b>	<b>2,5</b>	<b>2,4</b>	<b>4,9</b>
	€/m <sup>2</sup> construido	54,9	125	21	20,5	40,2
E a A	%				7,9	
	€/m <sup>2</sup> construido				67,4	

Repercusión en presupuesto (en porcentaje y euros por metro cuadrado construido) de las modificaciones realizadas para alcanzar las diferentes calificaciones energéticas en función de las zonas climáticas representadas por diversas ciudades.

Se incluyen los valores extremos entre las diferentes posibilidades estudiadas.

(+) = Incremento de presupuesto (-) = Disminución de presupuesto



TABLA 3: AHORRO EN COSTES Y CONSUMO

Cambio calificación energética		VALENCIA (B3)	SEVILLA (B4)	OVIEDO(C1)	BARCELONA (C2)	MADRID (D3)
B a A	% de ahorro en los costes del consumo final	-	-	-	<b>23,7 – 37,9</b>	-
	% de ahorro en consumo energía final	-	-	-	31,5 – 39	-
C a B	% de ahorro en los costes del consumo final	<b>7,6 – 50</b>	<b>31,9 – 37</b>	<b>24,8 – 44,4</b>	<b>19,9 – 45,6</b>	<b>26,1 – 47,3</b>
	% de ahorro en consumo energía final	0,4 – 42,2	20,9 – 32,6	29,2 – 44,3	14,8 – 42,2	28,3 – 51,7
D a C	% de ahorro en los costes del consumo final	<b>21,1 – 51,8</b>	<b>15,5 – 36,6</b>	<b>(-5,3) – 21,7</b>	-	<b>(-0,6) – 24,7</b>
	% de ahorro en consumo energía final	9,4 – 38,2	4,3 – 34,4	2,2 – 25,4	-	4,4 – 28,5
E a C	% de ahorro en los costes del consumo final	-	-	-	<b>58,3 – 65,1</b>	-
	% de ahorro en consumo energía final	-	-	-	4,2 – 19,7	-
E a D	% de ahorro en los costes del consumo final	<b>47,4 – 54,3</b>	<b>21,8 – 36,1</b>	<b>54,1 – 58,8</b>	-	<b>49,4 – 55,2</b>
	% de ahorro en consumo energía final	6,4 -15,8	13,1 – 21,3	(-10,5) - (-24,8)	-	(-8,4)- 1,3
E a B	% de ahorro en los costes del consumo final	<b>75,1 - 82</b>	<b>66,2 – 71,3</b>	<b>73 – 75,9</b>	<b>72,2 – 77,4</b>	<b>71,8 – 76,2</b>
	% de ahorro en consumo energía final	42,3 – 55,9	54,9 – 56,1	33,1 – 60,3	31,6 – 44,6	44,5 – 54,5
E a A	% de ahorro en los costes del consumo final	-	-	-	<b>82,7</b>	-
	% de ahorro en consumo energía final	-	-	-	41,7	-

El % de ahorro del coste de consumo está realizado sobre costes calculados sin IVA y teniendo en cuenta solo el término variable.

En las ciudades de Oviedo y Madrid no se han considerado sistemas de refrigeración

Los valores de la tabla son los extremos entre las propuestas estudiadas

(+) = Ahorro (-) = Incremento coste/ consumo