



Comportamiento térmico de un edificio

Escrito por
JORDI COROMINAS y
ESTEFANÍA
BRUNNER, arquitectos
técnicos.

En este estudio se ha partido de un edificio modelo más convencional posible. Su geometría y materiales han sido introducidos en un programa de simulación térmica dinámica. Al modelo inicial se le han introducido cambios climáticos, de orientación y de elementos constructivos.

En primer lugar, se han analizado las diferencias entre las demandas de frío y calor del mismo edificio, situándolo en distintas zonas climáticas contempladas en el CTE HE-1. Posteriormente se ha ampliado el estudio considerando las consecuencias del cambio de orientación, conjuntamente con las condiciones climáticas de distintas ciudades. Los resultados han permitido determinar la influencia que ejerce una determinada orientación en cada una de las ciudades consideradas.

Por último se han introducido variaciones en el aislamiento, las protecciones solares, la masa térmica y la tipología de acristalamiento, para determinar qué efecto tiene cada uno de estos cambios en el gasto energético total del edificio.

Características del edificio modelo

Este edificio tiene una planta rectangular y está compuesto por 4 viviendas, dos en la planta baja y otras dos en la planta primera con una superficie total aproximada de 300 m². En una de las fachadas longitudinales se han situado grandes aberturas mientras que en la opuesta se han reducido considerablemente. En la fachada más acristalada

se han diseñado voladizos y paramentos que funcionan como protecciones solares horizontales y verticales para proteger de la radiación solar sobre todo en verano.

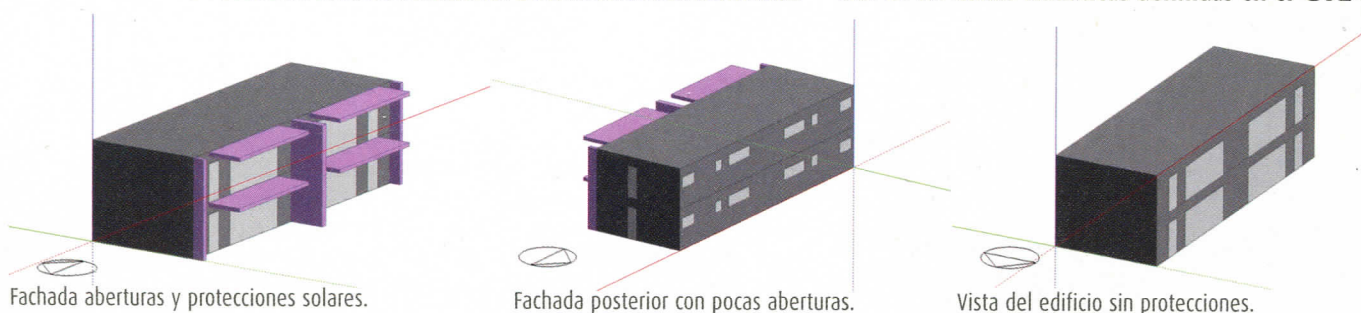
Se han utilizado valores de cerramientos y de cristales que cumplen con el CTE. En el caso de los cerramientos se han utilizado los valores de transmisión de calor de la Tabla 1, en los cristales una U de 2.78 y un factor solar de 0,7 (equivalente a un cristal doble). La composición de los forjados interiores es de hormigón armado. Como temperaturas de consigna interior se han considerado 20 °C en invierno y 24 °C en verano.

Elemento	U (W/h ² K)	Descripción
Paredes	0.56	Pared formada por fábrica de cerámica perforada aislamiento 4 cm, cámara de aire y placa de cartón yeso.
Suelo en contacto con el terreno	0.45	Suelo formado por gres, mortero, aislamiento 3 cm y losa de hormigón.
Cubierta plana	0.38	Cubierta formada por grava, aislamiento 6 cm, láminas, hormigón celular, forjado.

Tabla 1. Valores de transmisión de calor de cerramientos.

Características de las zonas climáticas consideradas en el estudio

Se ha escogido una ciudad perteneciente a cada una de las zonas climáticas definidas en el CTE HE-1





Este artículo se ha redactado en base a la idea de cuantificar energéticamente distintas soluciones constructivas, que es el objetivo también de los dos artículos anteriores "Comparativa de nueve cerramientos" (EcoHABITAR 33) y "Los cerramientos y el paso del vapor de agua" (EcoHABITAR34). Concretamente en este texto se plantea cómo repercute el cambio de orientación, aislamiento, protecciones solares, masa térmica o tipología de acristalamiento en el global del consumo energético de un edificio. Asimismo, se tiene en cuenta otro factor importante como es la ubicación climática del edificio, ya que lo que puede funcionar en un clima frío no tiene por qué funcionar en uno más cálido.

mostradas en la Tabla 2. En los Gráfico 1 y Gráfico 2 se representan los valores de las temperaturas y radiación solar global que ha considerado el programa de simulación térmica en cada ciudad concreta.

Almería	A4
Sevilla	B4
Barcelona	C3
Madrid	D2
Burgos	E1

Tabla 2. Ciudades analizadas y su zona climática.

Demandas de calor y frío para las distintas zona climáticas

Se ha iniciado el estudio comprobando las demandas de calor y frío de cada zona climática, para ello se ha situado el modelo inicial con la fachada más acristalada orientada hacia el sur. El resultado se puede observar en el Gráfico 3, a partir del cual se observa que la demanda total se incrementa proporcionalmente a medida que el clima es más frío, mientras que la proporción entre calor y frío es variable en función de la zona.

Demandas de calor y frío para las distintas orientaciones

Se ha orientado la fachada más acristalada con los balcones hacia los distintos puntos cardinales, y se han obtenido sus valores. Además, se ha añadido otro modelo sin voladizos ni protecciones solares verticales. En este nuevo modelo solo se ha simulado con la fachada acristalada orientada al sur y al oeste para estudiar el comportamiento del edificio sin protecciones solares.

En el Gráfico 4 se observa que la demanda de

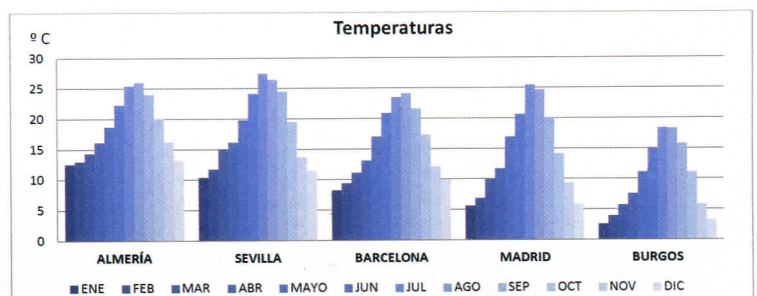


Gráfico 1. Temperaturas en °C de las ciudades analizadas.

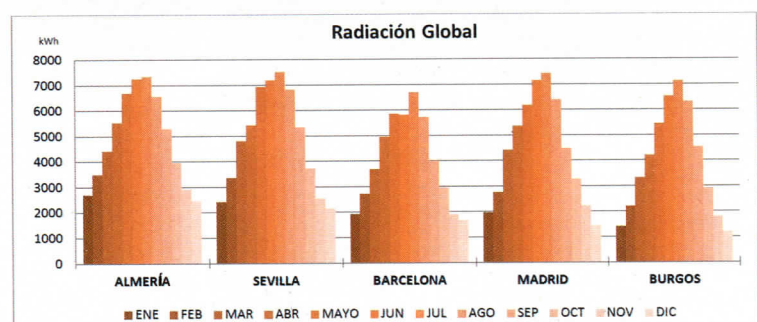


Gráfico 2. Radiación Solar en kWh de las ciudades analizadas.

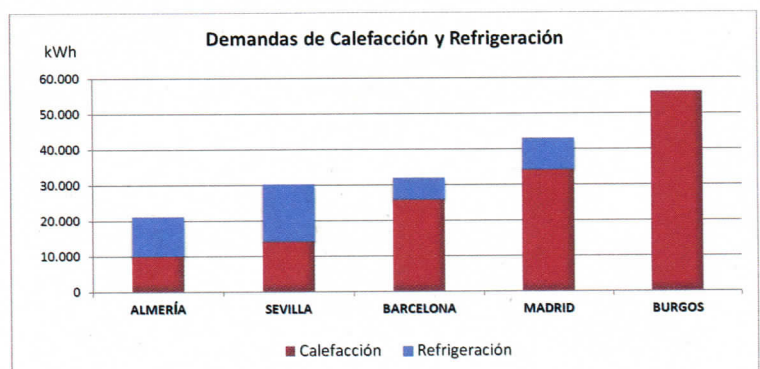


Gráfico 3

calefacción difiere según la orientación. Del gráfico se desprende que la orientación sur es la situación más óptima en todos los casos, mientras que la norte es la más desfavorable. Por ejemplo, en el caso de Almería hay una diferencia de la demanda de calor de hasta un 60%, mientras que en Burgos es del 20%. Estos mismos resultados en números absolutos representan un incremento de aporte de calor por cambio de orientación de 9.000 kWh en Almería y de 13.500 kWh Burgos, cantidades nada despreciables.

En el Gráfico 5, se advierte que en verano aumenta la importancia de la orientación y las protecciones solares, y en zonas concretas la demanda puede llegar a ser tres veces superior. Considerando que el coste de un edificio bien orientado y con las protecciones solares adecuadas es prácticamente

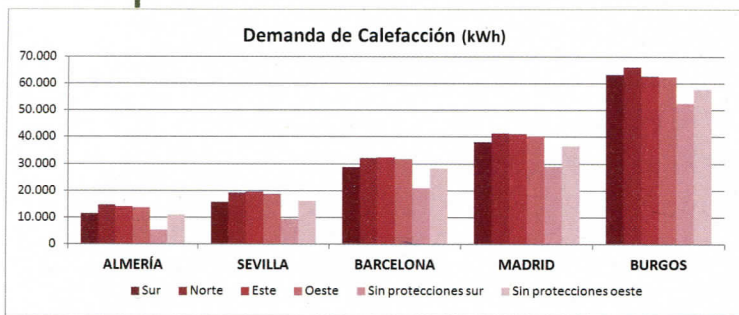
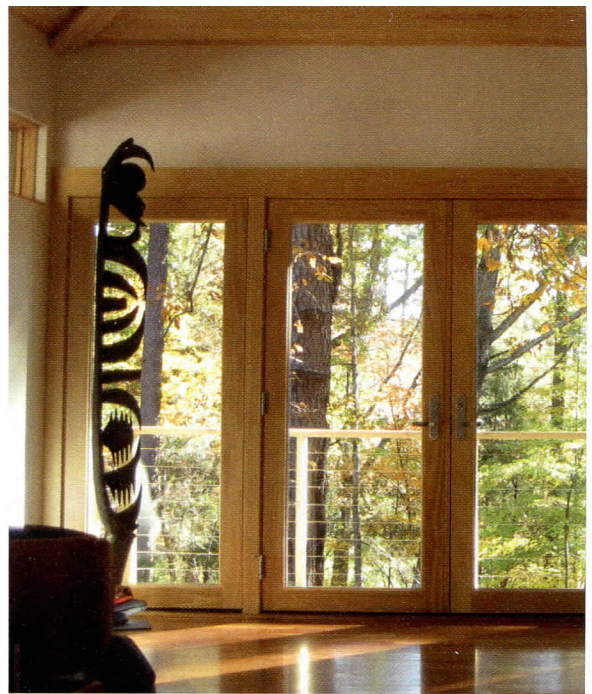


Gráfico 4. Demanda de Calefacción (orientaciones).

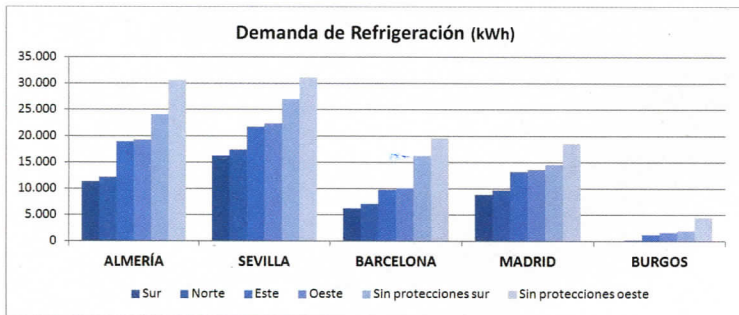


Gráfico 5. Demanda de Refrigeración (orientaciones).

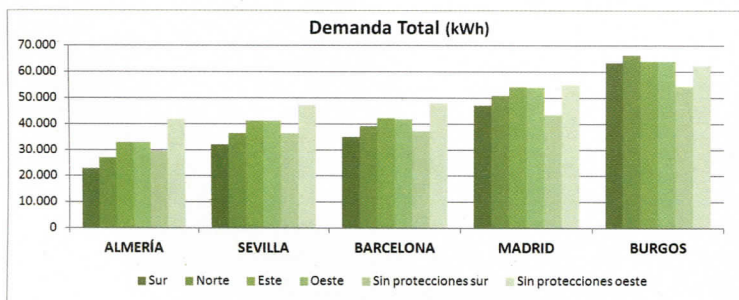


Gráfico 6. Demandas de calefacción y refrigeración (orientaciones).

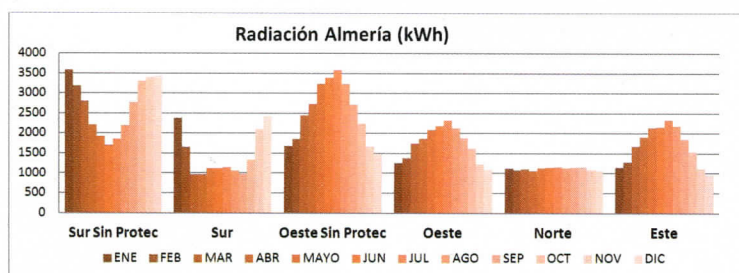


Gráfico 7. Radiación solar en kWh de la Zona A4 Almería situada al sur de la Península.

nulo o muy bajo respecto al coste total del edificio vale la pena tener en cuenta estas premisas en la fase de proyecto. Por otra parte, según la zona climática puede replantearse la necesidad de instalar refrigeración, ahorrando de esta forma costes de equipos, instalación y mantenimiento.

En el Gráfico 6, se aprecia la importancia de la orientación y la disposición de las protecciones solares. Esto es así, tanto para las zonas calurosas como para las zonas más frías, ya que en todas se reduce el consumo energético. En invierno se permite que entre el sol y en verano se evita que este incida. Así, será de vital importancia tener presente elementos móviles o con diseños que permitan obtener el máximo rendimiento en la protección, tanto en invierno como en verano.

Diferencia de las ganancias solares por las ventanas entre las ciudades con los climas más extremos

En el Gráfico 7 y el Gráfico 8 se ven las diferencias de las ganancias solares de las ventanas para las distintas orientaciones. Se observa como en la orientación sur la radiación es más elevada en invierno que en verano y como en las orientaciones este y oeste ocurre exactamente lo contrario. También podemos advertir de la diferencia de ganancias entre una ciudad situada al sur de la península (Almería) y otra situada al norte (Burgos). Los cambios en las ganancias solares son debidos en parte a la nubosidad y en parte a la diferencia de latitud entre ambas localizaciones. A la vista de estos gráficos también podemos apreciar que las ganancias solares entre las dos ciudades, son mucho más acusadas en invierno que en verano.

Elementos de mejora

Aparte de considerar los efectos de las distintas orientaciones también se ha estudiado la repercusión que tiene la introducción de distintas mejoras en algunos elementos del edificio, las cuales se detallan a continuación:

Aislamiento. Aumento del aislamiento en cerramientos hasta los valores de la Tabla 3.



Elemento	U (W/h°K)	Descripción
Paredes	0.30	Pared formada por fábrica de cerámica perforada, aislamiento 8 cm cámara de aire y placa de cartón yeso.
Suelo en contacto con el terreno	0.32	Suelo formado por gres, mortero, aislamiento 6 cm y losa de hormigón.
Cubierta plana	0.24	Cubierta formada por grava, aislamiento 12 cm, láminas, hormigón celular, forjado.

Tabla 3. Valores de transmisión de calor de cerramientos mejorados.

Cristales. Se ha cambiado el cristal doble por otro con una lámina bajo emisiva con un valor de $U=1,2$ y factor solar de 0,6.

Cortina exterior. En este caso, se ha estudiado el efecto de incorporar unas cortinas exteriores tipo "helioscreen" para aumentar la protección de la radiación solar durante los días más calurosos.

Masa térmica. Se ha cambiado trasdosado de placa de cartón-yeso de las paredes exteriores por una pared cerámica de medio pie.

Suma de las mejoras. Se han considerado todas las mejoras: orientación sur, doble aislamiento, cristales con lámina bajo emisiva, incremento de masa térmica y colocación de cortinas exteriores. Es obvio suponer que si se aplican todas las mejoras en el edificio al mismo tiempo, el resultado no será la suma de las mejoras por separado, por ese motivo se ha realizado esta simulación.

Como se puede comprobar en los Gráficos 9, 10 y 11 cada mejora actúa casi con las mismas proporciones en todas las ubicaciones.

El aumento del aislamiento produce una mejora

	Masa térmica	Bajo emisivo	Doble aislamiento	Cortina. Helioscreen	Todas las mejoras
CALEFACCIÓN	1-4%	10-12%	14-20%	0%	30-40%
REFRIGERACIÓN (*)	2-6%	7-10%	5-9%	20-30%	40-60%
TOTAL	1-3%	10%	14-15%	2-10%	30-44%

Tabla 4. Resumen de los % de reducción energética de las distintas opciones de mejora.

(*) No se han considerado los valores de la zona E4 ya que los valores de refrigeración son muy bajos, por lo que los porcentajes no se consideran representativos.

porcentual parecida en todas las ciudades, que se sitúa entre un 14-22% en invierno y entre un 6-9% en verano.

Como se refleja también en los gráficos, la colocación de un cristal con una lámina bajo emisiva tiene un efecto muy similar en la reducción de la demanda energética en todas las zonas climáticas, alrededor de un 10%. Se debe tener en cuenta que el resultado per-

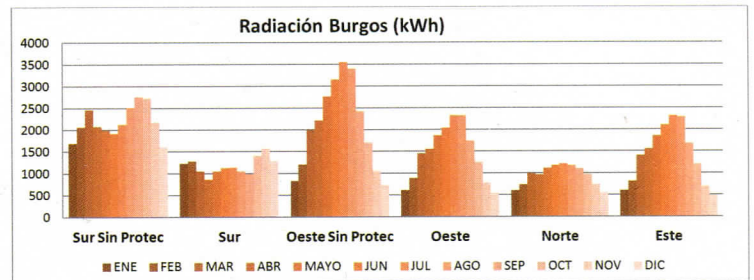


Gráfico 8. Radiación solar en kWh de la Zona E1 Burgos situada al norte de la península.

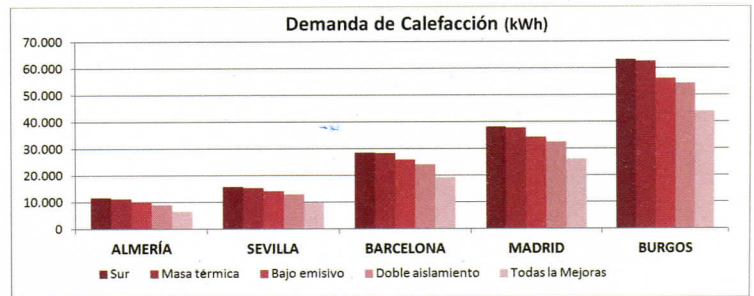


Gráfico 9. Demanda de Calefacción (mejoras).

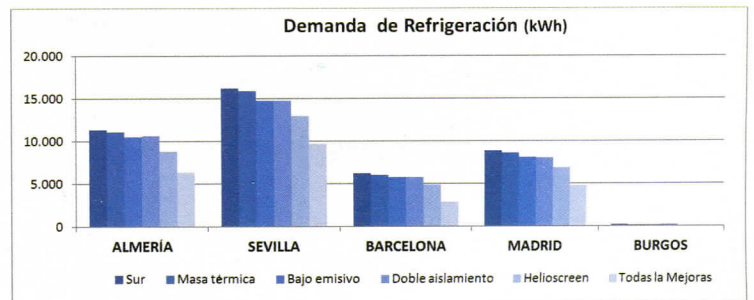


Gráfico 10. Demanda de Refrigeración (mejoras).

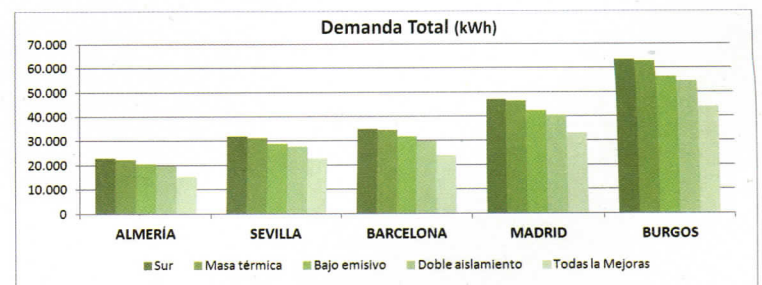


Gráfico 11. Demanda de Calefacción y Refrigeración (mejoras).

tenece a una orientación sur con protecciones solares, su efecto podría ser distinto para otras situaciones.

La colocación de cortinas exteriores tipo "helioscreen" en todos los casos permite conseguir mejoras superiores al 20% en aportación de frío.

Los resultados que hemos obtenido al introducir más masa térmica son bastante bajos en comparación con las otras modificaciones. Las reducciones que se consiguen con este cambio están entre un 1-4%. Su mayor efecto se produce cuando las temperaturas medias exteriores están cercanas a las temperaturas de confort, ya que se consigue más capacidad para amortiguar los cambios de temperatura.

Cuando se aplican todas las mejoras se aprecia que porcentualmente su efecto es similar en todas las zonas climáticas. Si hablamos de consumo de energía en valor absoluto (kWh/año) una mejora de un 10% en zona que consume más, en esta caso la E1, representará un ahorro más elevado de energía, por lo tanto las mejoras se amortizarán más rápidamente. Si ponemos como ejemplo la mejora del aislamiento vemos que representa un 14% en todas la ciudades pero mientras que Almería estaríamos hablando de reducir 3.000 kWh/año, en Burgos la cantidad ascendería hasta 9.000 kWh/año.

En la Tabla 4 se representa de forma resumida el ahorro energético aproximado que se ha obtenido en cada mejora.

Horas de confort

Otro método para evaluar la eficacia de las mejoras y orientación, es saber las horas en que el edificio se encuentra dentro de un rango de temperaturas de confort. Para hacer este análisis se han supuesto los casos que se determinan en la Tabla 5, con los siguientes criterios de confort de la Tabla 6.

Situación	Descripción
Favorable	Edificio orientado a sur con todas las mejoras.
Media	Edificio orientado a sur sin ninguna mejora.
Desfavorable	Edificio orientado a oeste sin protecciones solares.

Tabla 5. Descripción de las distintas situaciones de confort del edificio.

<17° C	17-20 °C	20-24 °C	24-27 °C	>27 °C
No confortable	Poco confortable	Confortable	Poco confortable	No confortable

Tabla 6. Clasificación del nivel de confort según temperatura.

En el Gráfico 12 se ve, de forma proporcional, las horas donde hay desconfort por frío, una zona poco confortable o confortable y por último una zona de desconfort por exceso de calor. Se puede ver, por ejemplo, que en Almería introduciendo todas las mejoras, prácticamente podríamos prescindir de calefacción ya que reducimos considerablemente la demanda de calor. En el otro extremo tenemos Burgos, donde con un buen diseño del edificio no hace falta disponer de refrigeración, a la vez que reducimos el consumo de calefacción en invierno.

En el Gráfico 13 se ve con más claridad la incidencia de las distintas situaciones, solamente se ha graficado la suma de las horas consideradas confortables y las consideradas poco confortables. Con una orientación adecuada y algunas mejoras podemos tener unas diferencias de confort térmico entre un 14-40% en función de la zona climática.

Conclusión

Como es obvio, en este estudio no se han podido tener en cuentas todas las posibilidades ya que son infinitas, pero sí dar una idea de valores. Por este motivo se ha partido de un modelo de edificación lo más convencional posible, tanto por la forma como por los elementos constructivos que la componen para que, de esta forma, se pueda utilizar como referencia en un mayor número de edificios.

En este tipo de estudios se pueden considerar otros parámetros como el cambio de temperaturas de consigna, cantidad de ventilación, horas e intensidad de uso del edificio, sombras de edificios colindantes o vegetación, cambio de las protecciones solares, incremento o disminución de los voladizos, y así ajustar los cálculos al máximo para cada situación.

La simulación energética en fase de proyecto sirve como ayuda para conseguir un diseño lo más bioclimático posible. El coste de cambiar las dimensiones de las aberturas, la orientación, los materiales, etc. en un modelo informático representa un coste muy bajo comparado con lo que puede representar el gasto energético de un mal diseño durante toda la vida útil del edificio. También permite optimizar los recursos económicos, ya que podremos ver de manera muy clara qué aporta cada mejora. De esta forma, quizá se llegue a la conclusión de que en una edificación concreta tenga más relevancia gastarse el dinero en unas protecciones solares o en un cristal con mejores prestaciones que aumentar 4 cm el espesor del aislamiento, o quizá todo lo contrario. ■

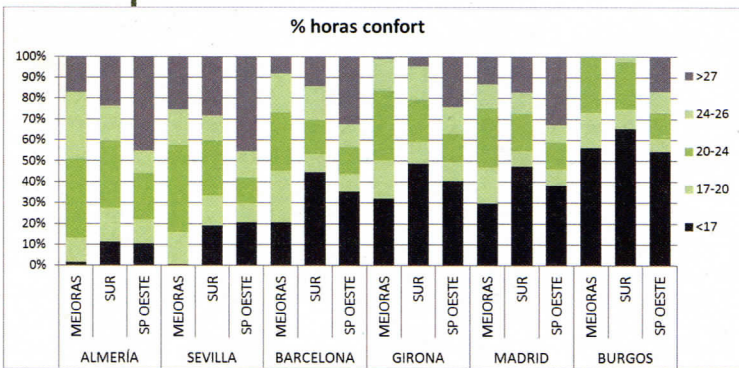


Gráfico 12. Distribución de los distintos niveles de confort según situación y mejoras.

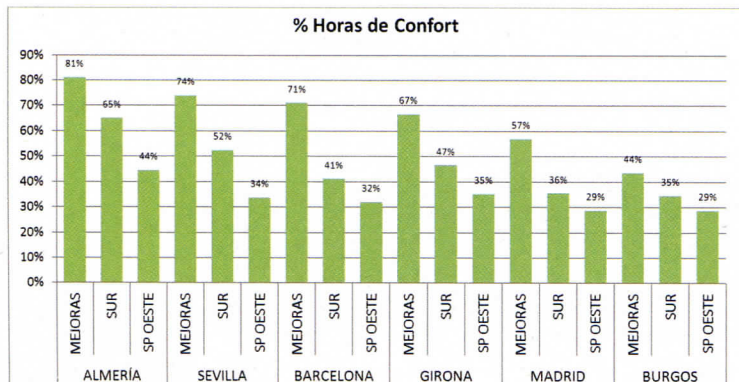


Gráfico 13. Incidencia de horas de confort y poco confort según situación y mejoras.