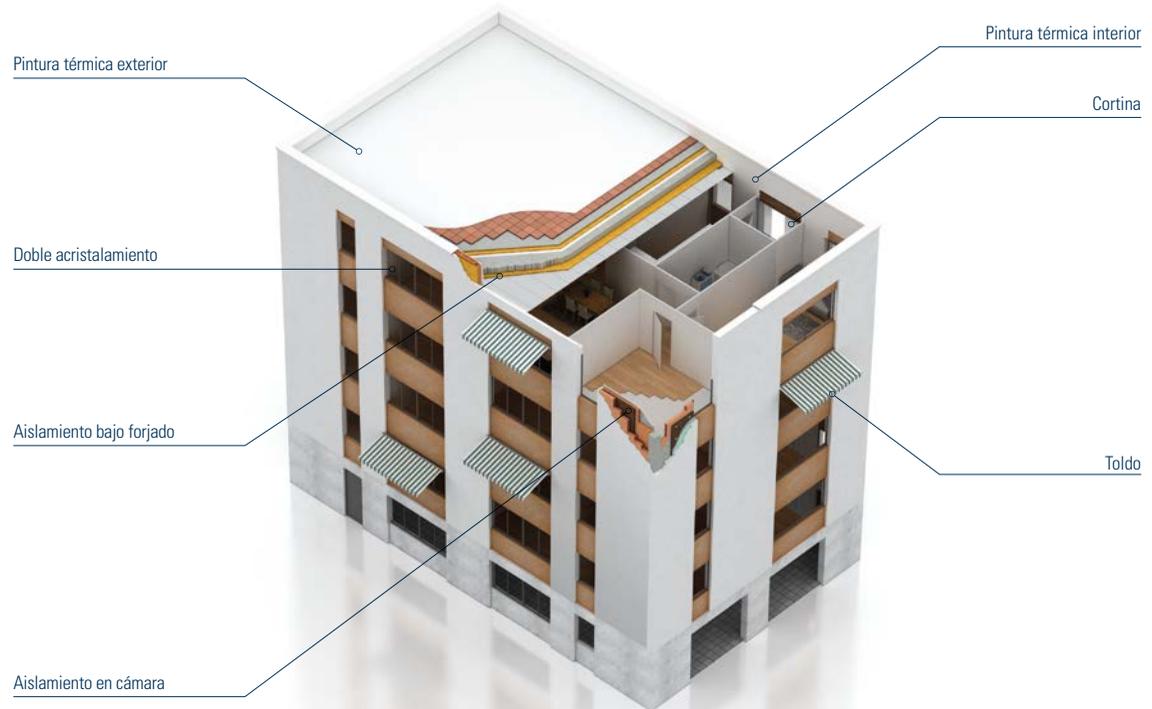


# Re-habilitación exprés para hogares vulnerables

## Soluciones de bajo coste



## **Margarita de Luxán García De Diego**

Dra. Arquitecta, Catedrática de la Universidad Politécnica de Madrid en la Escuela técnica Superior de Arquitectura. Directora del Seminario de Arquitectura Integrada en su Medio Ambiente (S.A.I.M.A.), U.P.M., 1980-2016. Miembro del Grupo de Investigación para Arquitectura y Urbanismo más Sostenibles GIAU+S. U.P.M. 2005/2016. Tres sexenios de Investigación reconocidos, 27 artículos publicados en Revisitas Profesionales reconocidas y 49 Ponencias y Comunicaciones en Congresos Internacionales, 12 de ellas como Ponente Invitada. Ponente General por España, "Problemas de Asentamientos Humanos en Europa Meridional", Naciones Unidas 1992. Experta para el Gobierno Central en Arquitectura y Urbanismo Sostenibles en el I, XIV y XV Concurso de Buenas Prácticas de la Naciones Unidas Habitat 1996- Estambul, y para el Ministerio de Fomento en el 2014-Dubai y 2016. Directora de 42 Proyectos de Investigación, Estudios y Trabajos sobre Arquitectura y Medio Ambiente, para Ministerios y Comunidades Autónomas. Ha proyectado y dirigido la construcción de 75 Edificios y 5 Conjuntos Bioclimáticos de viviendas, con sistemas de climatización pasivos y activos: viviendas aisladas, agrupadas, en bloque, en conjuntos y edificios de enseñanza.

## **Carmen Sánchez-Guevara Sánchez**

Dra. Arquitecta por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM). Profesora en el Máster en Medio Ambiente y Arquitectura Bioclimática de la UPM. Investigadora en el Grupo de Investigación Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible (ABIO-UPM) donde desarrolla proyectos de investigación nacionales e internacionales sobre el comportamiento energético de edificios, el bienestar térmico y su impacto sobre la salud de las personas y la población vulnerable. Su tesis doctoral (2016) presenta una "Propuesta metodológica de evaluación de la pobreza energética en España. Nuevos indicadores para la rehabilitación de viviendas".

## **Emilia Román López**

Dra. Arquitecta por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM). Profesora asociada del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la ETSAM, UPM. Perteneció al Grupo de Investigación en Arquitectura, Urbanismo y Sostenibilidad (GIAU+S) de la Universidad Politécnica de Madrid. Es socia de cc60 Estudio de Arquitectura SLP desde su fundación, donde realiza proyectos de arquitectura y urbanismo integrados en su medio ambiente. Ha participado en numerosos cursos, estudios e investigaciones sobre sostenibilidad, eficiencia energética, paisaje, territorio y patrimonio.

## **María del Mar Barbero Barrera**

Dra. Arquitecta por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM). Profesora Ayudante Doctor del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la ETSAM, UPM. Perteneció al Grupo de Investigación en Arquitectura, Urbanismo y Sostenibilidad (GIAU+S) de la Universidad Politécnica de Madrid. Ha participado en numerosas investigaciones sobre rehabilitación y restauración energética así como sostenibilidad desde el punto de vista de los materiales y sistemas constructivos. En esta línea es coautora de diversas publicaciones a nivel nacional e internacional.

## **Gloria Gómez Muñoz**

Dra. Arquitecta por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM). Socia de cc60 Estudio de Arquitectura SLP desde su fundación. Experta en arquitectura y urbanismo integrado en su medio ambiente. Ha redactado diversos proyectos de obras de arquitectura bioclimática en toda España y ha participado en numerosos estudios e investigaciones sobre sostenibilidad, alojamiento y energía en la edificación. Desde 2003 colabora con el Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos en estos y en otros aspectos técnicos de la profesión.

*Re-habilitación exprés*  
para hogares vulnerables  
**Soluciones de bajo coste**

Julio 2017

# **Re-habilitación exprés para hogares vulnerables**

## **Soluciones de bajo coste**

### **Dirección**

Margarita de Luxán García de Diego.

*Dra. Arquitecta. Catedrática Emérita Universidad Politécnica de Madrid*

### **Equipo de trabajo**

Carmen Sánchez-Guevara Sánchez.

*Dra. Arquitecta*

Emilia Román López.

*Dra. Arquitecta*

María del Mar Barbero Barrera.

*Dra. Arquitecta*

Gloria Gómez Muñoz.

*Dra. Arquitecta*

### **Edita**

Fundación Gas Natural Fenosa

Plaça del Gas, 8

08201 Sabadell (Barcelona)

Teléfono: 93 412 96 40 Fax: 93 745 03 20

[www.fundaciongasnaturalfenosa.org](http://www.fundaciongasnaturalfenosa.org)

1ª edición, 2017

ISBN: 978-84-697-4628-8

Depósito legal: B 18398-2017

Impreso en España



## Resumen ejecutivo

El objetivo de este estudio es avanzar hacia posibles mejoras en las condiciones de bienestar térmico y en la evaluación del consumo energético en climatización de las viviendas habitadas por familias en situación de pobreza o vulnerabilidad energética, así como proporcionar soluciones de bajo coste, de aplicación rápida y sencilla, que mejoren las condiciones de confort de estas personas.

A partir de un análisis previo de las condiciones de las construcciones y los hogares en cuatro ciudades seleccionadas por su representatividad climática y poblacional (Barcelona, A Coruña, Madrid y Sevilla), se plantean una serie de indicadores característicos de las situaciones de pobreza energética. Para ello, se recogen datos climáticos, demográficos, económicos y sociales, junto con características de las viviendas, que reflejan las diferencias en las cuatro ciudades en cuanto a sus circunstancias de composición y tenencia de los hogares, edad y estado de la edificación, instalaciones existentes, etc., lo que implica actuaciones y resultados diversos.

### Pobreza energética

Los tres factores principales a los que se suele atribuir la pobreza energética son el elevado coste de la factura energética, los bajos ingresos de los hogares y la baja eficiencia energética de las viviendas. Como se ha indicado, este estudio se centra en la mejora del comportamiento térmico de las viviendas.

La metodología empleada para la valoración de las situaciones de pobreza energética se basa en un enfoque de ingresos y gastos, considerando como pobres energéticos a aquellos hogares que deben gastar más de un 10% de su renta en los suministros energéticos asociados a su vivienda (climatización, producción de agua caliente sanitaria, iluminación, equipos y cocina).

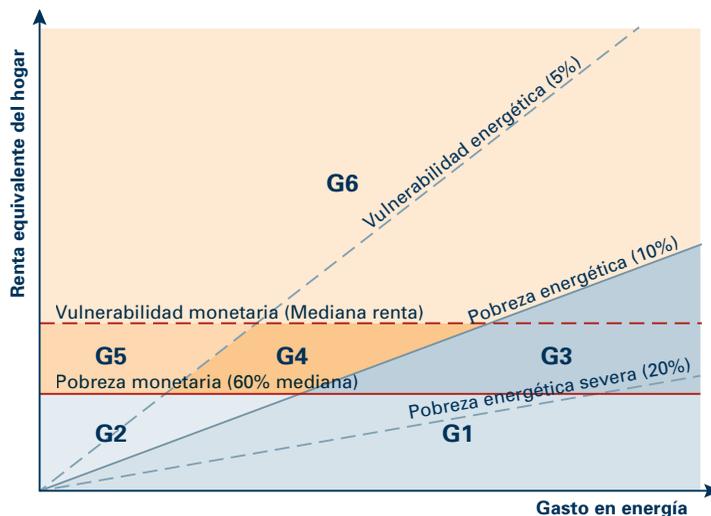
Los costes de calefacción y refrigeración asociados a las viviendas corresponden a la cantidad de energía necesaria para mantener unas condiciones mínimas de habitabilidad térmica en las viviendas y suelen representar el gasto más importante, especialmente en los meses fríos.

Además del umbral de pobreza energética fijado en el 10% de la renta, el método empleado tiene en cuenta la línea de pobreza monetaria, con lo que se consigue recoger el solape que existe muchas veces entre ambas problemáticas. Por último, también se valora el potencial de un hogar de caer en una situación de pobreza energética.

La metodología utilizada en el estudio, que ha sido desarrollada por miembros del equipo (Sánchez-Guevara *et al.*, 2015), permite clasificar los hogares en función de su posición relativa frente a la delimitación de los distintos umbrales de pobreza energética y pobreza monetaria.

De esta manera, se definen los siguientes seis grupos:

- Grupo 1 (G1): Hogares en situación de pobreza energética y monetaria
- Grupo 2 (G2): Hogares en situación de pobreza monetaria
- Grupo 3 (G3): Hogares en situación pobreza energética
- Grupo 4 (G4): Hogares en situación vulnerabilidad a la pobreza energética y monetaria
- Grupo 5 (G5): Hogares en situación de vulnerabilidad a la pobreza monetaria
- Grupo 6 (G6): Hogares sin pobreza energética ni monetaria



**Gráfico de caracterización de la pobreza energética**

Fuente: Sánchez-Guevara, C.; Sanz, A.; Hernández Aja, A. 2015

Según el informe sobre pobreza energética realizado a nivel autonómico por la Asociación de Ciencias Ambientales (Tirado *et al.*, 2016), el 15% de la población en Catalunya, el 17% en Galicia y el 15% en Andalucía estarían en esta situación. En el caso de la ciudad de Madrid, un estudio específico sobre el municipio (Sanz *et al.*, 2016) señala que este dato aumentaría hasta 23% al incluir, no sólo a la población con un gasto en energía superior al 10% de la renta, sino también a los hogares en pobreza monetaria que no gastan en energía porque no tienen capacidad económica para hacerlo.

Respecto a datos específicos de las ciudades estudiadas, en Barcelona unos 100.000 hogares podrían estar en pobreza energética, lo que supone el 14% de hogares totales; en A Coruña esta cifra alcanza los 17.400 hogares, lo que supone que el 16% del total; y en Sevilla, se encontrarían en situación de pobreza energética 45.500 hogares, un 17% del total.

Por último, en Madrid alrededor de 323.000 hogares estarían en situación de pobreza energética; teniendo en cuenta que en dicha ciudad hay 2,46 personas por hogar (INE, 2015), habría unas 805.000 personas en esta circunstancia.

El mayor porcentaje de hogares incapaces de mantener su vivienda a la temperatura adecuada en invierno y en verano se da en Andalucía (no existen datos a escala municipal). Los porcentajes más bajos se dan en Barcelona para el invierno y en A Coruña para el verano. En el caso de Madrid, hay un porcentaje mucho mayor de viviendas incapaces de mantener la temperatura adecuada en verano que en invierno.

Hay que destacar que las personas en situación de pobreza energética hacen un uso muy restringido, o casi nulo, de sus instalaciones de calefacción o refrigeración y, por tanto, la mejora de las condiciones térmicas interiores mediante la rehabilitación de la envolvente de sus viviendas supone una solución eficaz y duradera en el tiempo.

Desde esa perspectiva, se plantea una forma de abordar la pobreza energética que difiere de la habitual rehabilitación energética e integral de los edificios residenciales. Se parte de las características específicas de las viviendas en las que se alojan familias en situación de vulnerabilidad energética, proponiendo soluciones que mejoren las condiciones de bienestar, de forma individual, con intervenciones de bajo coste y de rápida aplicación y que no comprometen futuras actuaciones integrales.

## **Análisis climático y estrategias de diseño pasivo**

El consumo energético de las viviendas está directamente relacionado con las condiciones climáticas. Un diseño adecuado de las edificaciones, adaptado al clima en el que se ubican, reduce el consumo de energía necesaria para mantener el bienestar. Para aprovechar las posibilidades del uso de estrategias pasivas de diseño en las viviendas es necesario conocer las características del clima en relación a la edificación. Por ello, se ha realizado un análisis climático de las cuatro ciudades escogidas, identificando para cada una de ellas las estrategias de diseño más adecuadas, que difieren en función de la época del año. De esta manera existen estrategias propias de los meses fríos, como la captación solar, las ganancias internas y la calefacción convencional, y estrategias para los meses cálidos como la protección solar o la ventilación nocturna.

En el caso del invierno, la calefacción mediante sistemas convencionales sería precisa en las horas más frías de los periodos de invierno, existiendo mayor necesidad en A Coruña y en Madrid respecto a Sevilla y Barcelona. El uso de un sistema de calefacción convencional implica necesariamente un consumo energético y, dado el perfil socio-económico de las familias en situación de vulnerabilidad energética, habría que minimizar su utilización mediante la implementación de medidas pasivas, como la mejora de la envolvente de la vivienda (paramentos, acristalamientos y carpintería, techos y suelos) o la reducción de infiltraciones.

Otra estrategia sería el aprovechamiento de la inercia térmica de los elementos de la edificación, sobre todo la de muros y forjados, que sería más efectiva en localidades como Barcelona, Madrid

o Sevilla, siendo en este último lugar una estrategia imprescindible para alcanzar el confort en el interior de las edificaciones durante los meses más calurosos. En ese sentido, la composición y características del muro existente condicionan las soluciones de incorporación de aislamientos y por tanto la capacidad de utilizar esta estrategia en las viviendas.

Algunas de las estrategias pasivas son de aplicación en casi todas las localidades estudiadas, como la protección solar, ventilación, aprovechamiento de la inercia térmica, enfriamiento evaporativo y deshumidificación, aunque en cada localidad el nivel de necesidad es muy diferente. Por ejemplo, en Sevilla se triplica el porcentaje de horas con necesidad de sombra respecto A Coruña (en la que es muy reducido), o en Barcelona la necesidad de ventilación natural y mecánica es el doble que en Madrid. Sin embargo, existen otras estrategias que son específicas para determinados lugares, resultando menos eficaces si se emplean en otras localizaciones; es el caso del enfriamiento evaporativo, positivo en zonas como Madrid o Sevilla, pero de muy poca efectividad en áreas donde la humedad relativa es alta (como Barcelona y A Coruña).

LOCALIDAD	ESTRATEGIAS DE DISEÑO																							
	Protección solar			Ventilación			Inercia			Enfriamiento por evaporación			Deshumidificación			Ganancias internas			Captación solar			Calefacción convencional		
	C	I	F	C	I	F	C	I	F	C	I	F	C	I	F	C	I	F	C	I	F	C	I	F
Barcelona	■	■	□	■	□	□	■	□	□	□	□	□	■	□	□	■	■	■	■	■	■	□	□	□
A Coruña	■	□	□	■	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	■	■	■	■	■	■	□	□	□
Madrid	■	■	□	■	□	□	■	□	□	■	□	□	□	□	□	■	■	■	■	■	■	□	□	□
Sevilla	■	■	□	■	□	□	■	□	□	■	□	□	■	□	□	■	■	■	■	■	■	□	□	□

**C** Meses cálidos    **I** Meses intermedios    **F** Meses fríos  
 ■ Necesidad muy alta    ■ Necesidad alta    ■ Necesidad media    ■ Necesidad baja    □ No necesaria

#### Aplicación de estrategias de diseño por meses, según localidad

Fuente: Elaboración propia

El estudio de las condiciones climáticas de las cuatro localidades indica que, respecto a las medidas de rehabilitación de las viviendas, es fundamental considerar el tratamiento de los huecos frente a la protección solar durante los meses más calurosos (que varían según la localidad), principalmente en localidades como Sevilla, Madrid y Barcelona.

Hay que tener especial cuidado en el diseño de dichas protecciones, que deben permitir el paso sin obstrucciones de la radiación solar en los meses de invierno, y también en algunos meses de primavera u otoño, ya que una de las estrategias que reducen el consumo de energía es la captación solar en los meses en los que resulta necesaria.

En ese sentido, una protección fija que sombre todo el hueco en los meses estivales no debe impedir el acceso solar en algunos meses intermedios, donde la captación solar sigue siendo necesaria. Por ese motivo, puede ser recomendable el uso de elementos de sombra fijos y móviles.

Para no errar en las decisiones de diseño es aconsejable tener un claro conocimiento del contexto físico, climático, socio-económico y urbano en el que se encuentra el edificio y la vivienda en concreto, para poder implementar medidas eficaces a lo largo del año.

Si bien las estrategias pasivas en la edificación en un determinado clima son las mismas en una vivienda de nueva planta que en una vivienda ya construida, las soluciones son diferentes, ya que en el segundo caso se parte de una situación urbana, constructiva y de uso ya determinada. En este último caso, en función del estado inicial de la vivienda, la reducción del consumo de energía por la aplicación de las soluciones de bajo coste variará.

## **Catálogo de soluciones**

El carácter de las intervenciones de bajo coste y rápida ejecución para las viviendas requiere de soluciones que cumplan una serie de requisitos como, por ejemplo, que su puesta en obra sea rápida y que preferentemente se puedan realizar desde el interior de la vivienda, para no afectar a los elementos comunes además, que no sea preciso la solicitud de licencia de obras, o incluso los permisos de la comunidad de propietarios.

Teniendo en cuenta que las transferencias térmicas se producen a través de la envolvente, las soluciones se clasifican en: fachada, suelos, cubiertas, carpintería y vidrios y protecciones solares.

Bajo estos criterios, el catálogo de soluciones constructivas ha permitido identificar aquéllas que se consideran de mayor viabilidad en estos casos, y dejarlas reflejadas en 77 fichas. En éstas se recoge información general de las soluciones las casas comerciales que distribuyen los productos y los datos técnicos de mayor relevancia para la evaluación de su conveniencia, asimismo se recogen distintas recomendaciones sobre su empleo, montaje y puesta en obra junto con el coste estimado. La organización de la información según estos campos permite la comparación y elección de soluciones más adecuadas para cada caso.

## **Simulación energética del estado actual y aplicación de soluciones: intervención exprés**

La simulación energética de las viviendas en el estado actual y tras la aplicación de un conjunto de soluciones permite evaluar la reducción del consumo de energía para mantener el bienestar interior, así como las temperaturas dentro de las mismas a lo largo del año.

El bloque lineal exento es una tipología representativa de las viviendas construidas en la década de los 60 en muchas ciudades españolas y en el que se aloja una parte importante de la población vulnerable. Por ese motivo se ha elegido para la simulación energética, con el objetivo de evaluar el impacto de un conjunto de soluciones seleccionadas que se ha denominado intervención exprés.

El consumo energético de cada vivienda, además de lo anteriormente expuesto, depende de otros factores como su orientación y su posición relativa en el edificio. Por ese motivo, es fundamental evaluar las medidas en diferentes posiciones dentro del bloque seleccionado. Para ello, se han seleccionado para cada localidad 9 tipos de vivienda, tomando como elemento diferenciador principal entre unas y otras su grado de exposición respecto al entorno, es decir, la cantidad de envolvente expuesta a las condiciones climáticas exteriores.

Por otro lado, el consumo energético también depende de los márgenes de confort que se establezcan; en este caso se han establecido unos márgenes de bienestar basados en el confort adaptativo y en condiciones mínimas de habitabilidad térmica. La definición de estos márgenes ha tenido en cuenta las estimaciones de la Organización Mundial de la Salud, que hacen hincapié en las graves consecuencias que tiene para la salud la pobreza energética y que derivan de una exposición prolongada a temperaturas que se alejan de las de condiciones de confort.

Los cálculos de demanda de calefacción y refrigeración realizados en base a los parámetros y datos expuestos anteriormente ofrecen datos para nueve viviendas en cada una de las cuatro localidades estudiadas.

Como es de esperar, las diferentes necesidades energéticas de las viviendas varían en función de la zona climática en la que se encuentran. Por ejemplo, las necesidades energéticas de calefacción de las viviendas de Sevilla apenas sobrepasan los 50 kWh/m<sup>2</sup> mientras que las viviendas de Madrid llegan a los 150 kWh/m<sup>2</sup>. La demanda anual de calefacción de las viviendas situadas en Barcelona y A Coruña, en climas con la misma severidad climática de invierno, oscilan entre los 55 y los 120 kWh/m<sup>2</sup>. Las necesidades anuales respecto a la demanda de refrigeración también varían: las viviendas situadas en A Coruña no tienen demanda de refrigeración mientras que las viviendas de Sevilla alcanzan los 37-50 kWh/m<sup>2</sup>. Las viviendas situadas en Madrid y Barcelona también presentan demanda de refrigeración, aunque menor (no sobrepasan los 24 kWh/m<sup>2</sup>).

Junto con las diversas circunstancias climáticas, se ponen de manifiesto importantes diferencias debidas a las distintas posiciones relativas de las viviendas dentro de cada bloque. Así, las viviendas situadas en las plantas bajas y últimas presentan las peores condiciones de habitabilidad en condiciones de invierno, mientras que son las últimas plantas las que sufren un mayor sobrecalentamiento en el período de verano.

La aplicación de un conjunto de soluciones (mejora del aislamiento térmico, sustitución de carpinterías y vidrios e incorporación de protecciones solares) en las viviendas muestra una reducción de la demanda energética en climatización diversa en función de la localidad donde se ubica.

En Barcelona, se comprueba la efectividad de esta intervención, y especialmente en las viviendas más expuestas (plantas superiores), donde las demandas se reducen hasta en una cuarta parte respecto a las iniciales en los meses más fríos y a un tercio en los meses más cálidos. En la planta primera, se mejora sustancialmente el comportamiento en condiciones de invierno.

En A Coruña, resultan también efectivas las medidas de reducción de necesidades de calefacción, principalmente en las viviendas más expuestas (plantas superiores), donde las demandas de calefacción se reducen hasta en una cuarta parte respecto a las iniciales.

En Madrid también lo son, sobre todo en las viviendas más expuestas (plantas superiores), donde las demandas se reducen hasta en una tercera parte respecto a las iniciales durante los meses más fríos y a menos del 50% en los meses más cálidos.

En Sevilla son igualmente efectivas, aumentando en las viviendas con peores condiciones iniciales que coinciden con las más expuestas (plantas superiores), donde las demandas se reducen en gran medida respecto al estado inicial durante los meses más fríos y a menos del 40% en los meses más cálidos.

El gasto económico para la aplicación de este conjunto de soluciones de bajo coste (aislamiento de muro, cambio de carpinterías y vidrios, incorporación de protecciones solares) varía desde los 5.600 y los 8.000 euros, en función de la posición de la vivienda dentro del bloque. Esta estimación económica se ha realizado en la situación más desfavorable, esto es, teniendo en cuenta que no se ha intervenido en el edificio desde su construcción inicial y equivale aproximadamente al 25% del coste generalizado de las rehabilitaciones energéticas de edificios de viviendas al uso.

Para los casos con aún menores posibilidades económicas, que no permitan la aplicación completa del conjunto de medidas, se ofrecen, para las 4 ciudades y los 9 tipos de viviendas, tablas que señalan el orden de efectividad de cada solución por separado.

Suponiendo que en estas viviendas la calefacción y producción de agua caliente sanitaria con radiadores y caldera de gas y la refrigeración por aparatos eléctricos son los sistemas más habituales para garantizar el bienestar interior (con excepciones según el clima y la localidad), el ahorro anual que les supondría esta intervención en las viviendas oscilaría entre los 300 y los 650 euros, en función de la posición de la vivienda y la localidad. Los mayores ahorros se producen en los climas más severos en invierno y verano, como Madrid.

Sin embargo, los hogares en situación pobreza y vulnerabilidad energética no suelen utilizar los sistemas de climatización porque no pueden permitirse ese gasto y, por lo tanto, no mantienen las viviendas en condiciones de bienestar adecuadas todos los días del año. De este modo, no tiene sentido un análisis de retorno de la inversión económica de mejora de la vivienda, ya que no es posible estimar el ahorro económico cuando la situación inicial es que apenas se produce gasto.

Por ese motivo, se ha considerado necesario evaluar las temperaturas interiores de las viviendas antes y después de la aplicación de las soluciones, en condiciones pasivas, sin hacer uso de los sistemas de climatización. De esta manera, es posible estimar el bienestar interior en la situación más desfavorable, en la que los hogares no pueden permitirse encender la calefacción o la refrigeración.

Los datos son distintos para cada localidad, pero en todas ellas se observa que, tras la intervención expresada, en invierno disminuyen, incluso desaparecen, las temperaturas inferiores a 10°C en el interior de la vivienda y aumenta el porcentaje de tiempo en el que la vivienda está a una temperatura superior a los 18,5°C. En el caso del verano, se reduce el periodo de tiempo en el que la temperatura se encuentra por encima de los 29°C, especialmente en las viviendas situadas en última planta.

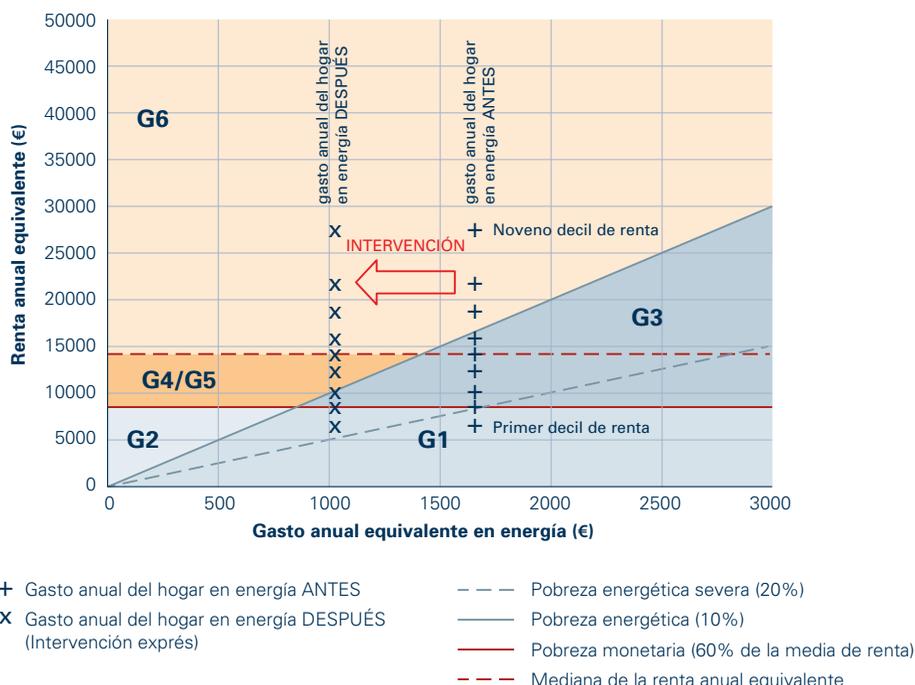
Estos datos permiten conocer el número de días en los que la vivienda está en condiciones adecuadas de temperatura en invierno como en verano, antes y después de la intervención, sin el uso de sistemas de climatización. Aunque el aumento del número de días en bienestar es diferente en cada localidad, se pueden estimar incremento del 10% al 15% en los meses de invierno y del 7% al 15% en verano.

## **Analisis del impacto de las soluciones y su relación con la pobreza energética**

Los resultados respecto a la caracterización de las viviendas en función de la renta y el gasto de energía antes y después de la intervención, permite observar la eficacia social de estas medidas en cada caso.

En todos los casos analizados, en aquellos hogares en los cuales la pobreza monetaria se solapa con la pobreza energética, las medidas de intervención exprés consiguen mejorar sus condiciones considerablemente, pero no son suficientes para sacar a estos hogares de una situación de pobreza energética.

Por ejemplo, en el caso de una vivienda situada en última planta como la que se muestra en el siguiente gráfico, el primer decil de renta se encontraría en situación de pobreza monetaria y monetaria (G1). Una intervención exprés en su vivienda alejaría al hogar de la pobreza energética, pero se mantendría en la situación solapada de pobreza monetaria. Sería necesario adoptar otro tipo de medidas, bien en la línea de la reducción del gasto de energía en la vivienda o bien mediante el incremento de renta de manera que se conseguiría que este hogar saliera de su situación. Los siguientes deciles de renta se encontrarían en el grupo de pobreza energética (G3) por lo que, a un porcentaje importante de hogares con estas rentas, la intervención exprés les permitiría salir de esta situación. Aun así, las rentas más bajas se encontrarían en una situación de vulnerabilidad por lo que, para garantizar que no volvieran a la pobreza energética, sería necesario garantizar mayor reducción del gasto energético, por ejemplo, con una rehabilitación integral del edificio, o medidas que les permitan un incremento de renta.



**Gráfico de caracterización de la pobreza energética de vivienda de última planta en Madrid**

El impacto de la intervención exprés siempre resulta positivo sobre la situación de vulnerabilidad energética de las familias desde dos perspectivas: por un lado, los cambios en la relación entre gasto en energía para mantener las situaciones de bienestar y la renta anual media equivalente según la metodología descrita anteriormente; y, por otro, la modificación del número de horas en bienestar y el porcentaje de horas en cada rango de temperatura antes y después de la intervención.

La metodología utilizada en este trabajo permite ajustarse a una realidad que no suele analizarse en los estudios de eficiencia energética habituales. A modo de conclusión, y en una escala descendente, se puede señalar que en las situaciones de pobreza energética no es adecuado usar como indicador principal el posible ahorro energético, ya que estos hogares no pueden ahorrar en algo que no consumen. Por ello, hay que trabajar con las consideraciones de la demanda que sería necesaria para conseguir las condiciones de bienestar en el interior de la vivienda y, finalmente, es imprescindible comprobar el número de horas en las que podrían alcanzar bienestar sin consumo alguno ya que esta es la situación más habitual de los hogares en pobreza energética.



# Índice

<b>Resumen ejecutivo</b>	3
<b>Parte 0. Introducción</b>	15
<b>1. Introducción</b>	16
1.1 Condiciones normativas	18
1.2 Condiciones de aplicación	18
1.3 Propuestas del catálogo de soluciones	19
1.4 Márgenes en las temperaturas de confort	19
<b>Parte I. Pobreza energética, factores e indicadores en las ciudades seleccionadas</b>	21
<b>2. Antecedentes</b>	22
2.1 Origen y definición de la pobreza energética	22
2.2 Caracterización de la pobreza energética en España	23
<b>3. Factores e indicadores de la pobreza energética</b>	26
<b>4. Condiciones económicas, sociales y de la edificación en Barcelona, A Coruña, Madrid y Sevilla</b>	28
4.1 Barcelona. Caracterización de indicadores relacionados con la pobreza energética	28
4.2 A Coruña. Caracterización de indicadores relacionados con pobreza energética	36
4.3 Madrid. Caracterización de indicadores relacionados con pobreza energética	44
4.4 Sevilla. Caracterización de indicadores relacionados con pobreza energética	52
4.5 Datos comparados de las ciudades estudiadas	60
4.6 Perfiles de pobreza energética en Barcelona, A Coruña, Madrid y Sevilla	65
<b>5. Análisis climático y estrategias pasivas para los ámbitos de estudio</b>	68
5.1 Definición de estrategias pasivas para el bienestar en los espacios interiores	68
5.2 Climograma de Givoni	69
5.3 Análisis a través del programa Climate Consultant	71
5.4 Análisis del clima de Barcelona y estrategias en la edificación	72
5.5 Análisis del clima de A Coruña y estrategias en la edificación	78
5.6 Análisis del clima de Madrid y estrategias en la edificación	84
5.7 Análisis del clima de Sevilla y estrategias en la edificación	90
5.8 Conclusiones del análisis climático	97

<b>Parte II. Catálogo de soluciones de bajo coste</b>	109
<b>6. Catálogo de soluciones constructivas de bajo coste y aplicación sencilla</b>	110
6.1 Paramentos	112
6.2 Acristalamientos y carpinterías	137
6.3 Protección solar	162
6.4 Techos	175
6.5 Suelos	196
<b>Parte III. Simulación energética de estado actual y aplicación de soluciones</b>	205
<b>7. Selección de casos de estudio</b>	206
7.1 Definición geométrica de la tipología edificatoria seleccionada: el bloque lineal	206
7.2 Características constructivas	208
<b>8. Evaluación teórica simulada de la eficiencia energética de las soluciones en cuanto a demanda y tiempos de mantenimiento de confort en las viviendas de Barcelona, A Coruña, Madrid y Sevilla.</b>	209
8.1 Método de evaluación energética de las viviendas	209
8.2 Análisis de demanda de energía antes de la intervención con soluciones de bajo coste	216
8.3 Reducción en la demanda energética tras la aplicación de las medidas propuestas	219
<b>Parte IV. Análisis del impacto de las soluciones de bajo coste en las viviendas y su relación con la pobreza energética</b>	229
<b>9. Valoración económica de las soluciones consideradas</b>	230
<b>10. Impacto de la intervención exprés sobre la situación de pobreza energética de los hogares</b>	233
10.1 Caracterización de viviendas en función de renta y gasto de energía antes y después de la intervención	233
10.2 Análisis de temperaturas y horas de confort en las viviendas antes y después de la intervención	244
<b>Parte V. Recomendaciones</b>	253
<b>11. Recomendaciones</b>	254
<b>12. Bibliografía</b>	259