

## VIVIENDA DE ALTA EFICIENCIA MEDIOAMBIENTAL Y DESCONTAMINANTE EN EL ENTORNO PERIURBANO DE GRANADA

Ignacio Arto Torres  
LAC-arquitectura

### Resumen

*La concienciación medioambiental de los promotores es una de las piezas fundamentales para hacer posible el desarrollo sostenible de nuestras ciudades y es labor fundamental de los técnicos que intervienen en el proceso edificatorio fomentar y avivar dicha concienciación entre nuestros clientes. Conocemos las herramientas necesarias para dotar a las viviendas de los sistemas que las hagan más eficientes, haciendo partícipe e implicando al promotor en todo el proceso. De esta manera somos capaces de diseñar y construir viviendas que contribuyan a la mejora del entorno en el que se ubican, no sólo mediante la reducción de los consumos propios sino también mediante procesos de interacción directa sobre las condiciones de contorno como la descontaminación medioambiental. Podremos así crear viviendas que se conviertan en vectores de sostenibilidad que a su vez puedan provocar sinergias en su entorno. La vivienda que se ha diseñado desde LAC-arquitectura y que se expone a continuación se sitúa en una zona periurbana de la ciudad de Granada, con un clima mediterráneo-continental en el que se alternan épocas de temperaturas bajo cero con otras en las que se superan los 40°C con lo que los materiales y sistemas de control de las condiciones internas de la vivienda se someten a un rango de acción muy amplio. Unido a estos sistemas se utilizará un revestimiento con base de cemento fotocatalítico que será capaz de convertirse en fuente de degradación de las sustancias orgánicas e inorgánicas nocivas con las que entren en contacto, como serán los NOX, SOX, NH3, CO, compuestos orgánicos volátiles (COVs), compuestos orgánicos clorados, aldehídos y compuestos aromáticos policondensados, que son los responsables de la contaminación atmosférica de nuestras ciudades.*

### Resumen en Inglés

*The environmental awareness of the promoters is one of the fundamental pieces to enable the sustainable development of our cities and it is also a vital work of the technicians involved in the building process to encourage and enliven this awareness among our customers.*

*We know the tools needed to provide housing systems to make them more efficient, by involving and implicating the promoter throughout the process. Furthermore, we are able to design and build homes that contribute to improve the environment in which they are located, not only by reducing our own consumption but also through direct interaction processes on the boundary conditions as environmental decontamination.*

*In this way, we can create homes that become vectors of sustainability which in turn could lead to synergies in their environment. The property shown below has been designed by LAC- architecture and it is located in a peri-urban area of the city of Granada, with a mediterranean - continental climate in which there are alternating periods of temperatures below zero with others which are above 40 ° C. Due to these conditions, the materials and systems that control the inner housing conditions are subjected to a very wide range of action.*

*Attached to these systems, a photocatalytic cement based coating will be used and will be able to become a degradation source of the harmful organic and inorganic substances coming into contact with it will be used. These substances are the NOX , SOX , NH3 , CO , volatile organic compounds (VOCs), chlorinated organic compounds , aldehydes and aromatic polycondensation which are responsible for air pollution in our cities.*

**Palabras clave:** vivienda; consumo mínimo; entorno; fotocatalisis; descontaminación

**Área temática:** Actuaciones sostenibles en la edificación.

## 1. Introducción

Cada vez que se proyecta una edificación tenemos una oportunidad directa de actuar en la mejora de las condiciones medioambientales del entorno en el que se encuentre la intervención. La complicidad de los promotores en este objetivo es fundamental ya que serán ellos los encargados de materializar las mejoras estudiadas y los esquemas desarrollados durante los proyectos. Además del programa de la vivienda, que en muchos casos nos propondrá el promotor, se deberán analizar en detenimiento las localizaciones para detectar las fortalezas y las amenazas con las que podemos encontrarnos en el entorno. Será esa la forma de poder incluir soluciones que mejoren o mitiguen los posibles problemas con los que nos vamos a encontrar.

En la vivienda que vamos a tratar a continuación podremos ver como la situación de la misma en una zona periurbana consolidada nos proporciona variables que condicionan las decisiones sobre sistemas de instalaciones y revestimientos.



Figura 1: Situación del solar respecto a los municipios cercanos

El solar se encuentra en una zona con presencia de masas arbóreas por un lado y vías de circulación elevada por otro.

Las masas vegetales están ligadas al cercano cauce del río Genil mientras que las vías de circulación son las que comunican la ciudad de Granada con el municipio de Cenes de la Vega y con los accesos a Sierra Nevada.

Ambas vías presentan densidades de tráfico elevadas. En la figura 2 se puede ver la relación del solar con el entorno descrito.

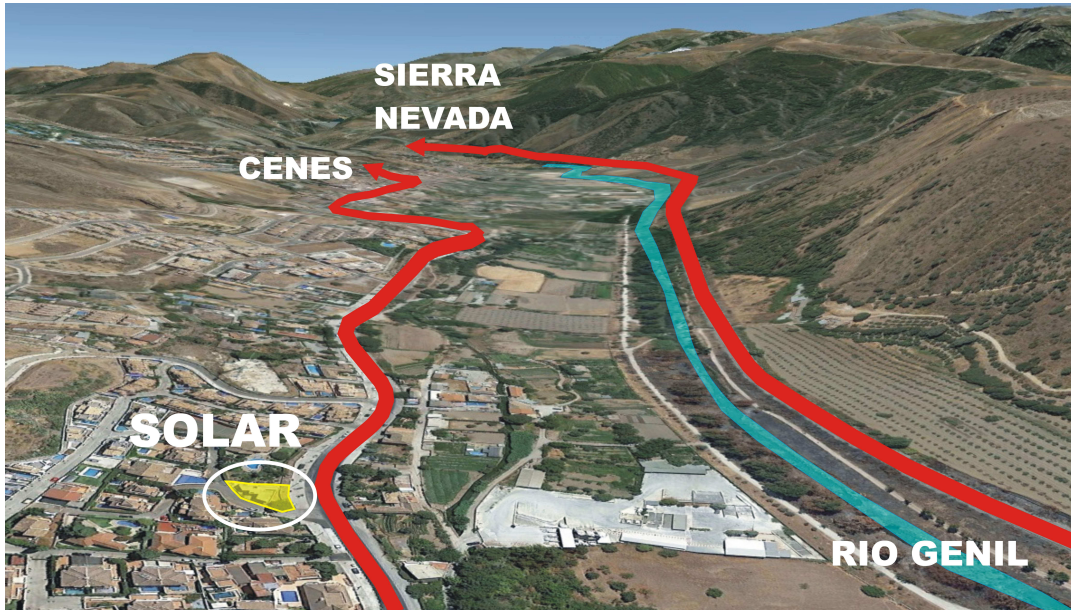


Figura 2: Relación del solar con los viales y cauce del río

De esta manera vemos que las condiciones dominantes sobre la parcela serán:

- Presencia de luz solar. La parcela no tiene edificaciones colindantes y dos de sus tres bordes dan a un vial. Todos los edificios de su entorno tienen dos plantas de altura y la separación entre viviendas es superior a los 10m, por lo que nos aseguramos una gran cantidad de luz solar.
- Diseño de vivienda exento, con todas sus fachadas expuestas a los agentes atmosféricos y a la existencia de contaminación atmosférica proveniente de la circulación de vehículos.
- La parcela está cercana a zonas verdes, con la presencia de jardines consolidados y del cauce del río Genil.
- Humedad relativa media en los meses de octubre a mayo y baja en el resto del año.

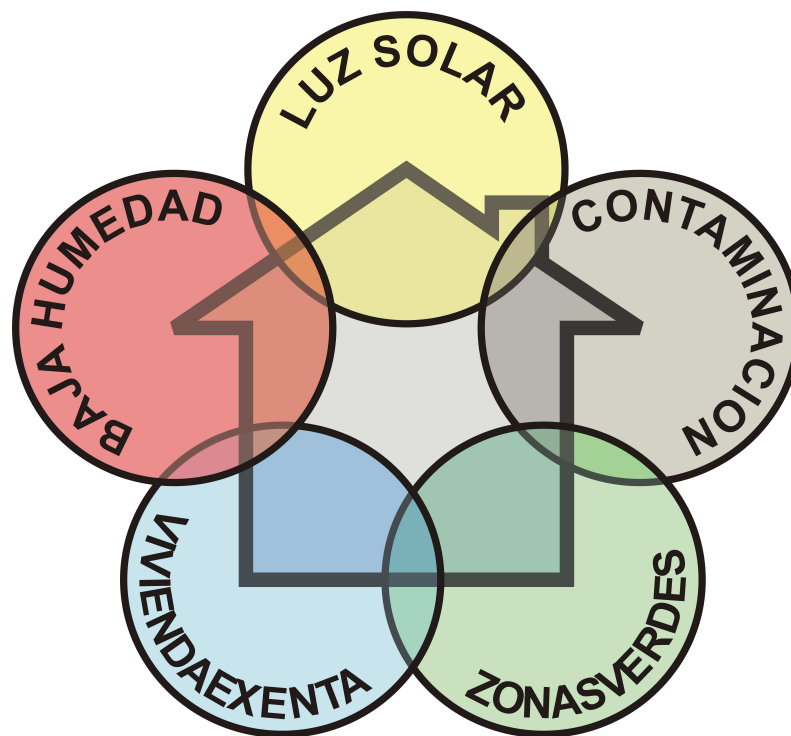


Figura 3: Esquema de condicionantes del proyecto.

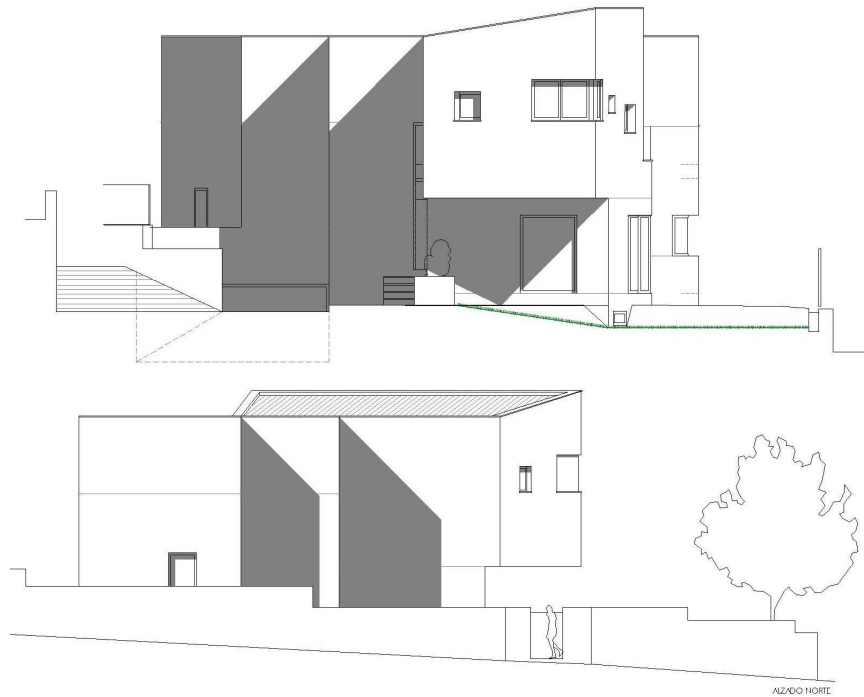
Estos condicionantes serán los que determinen las acciones a incluir en el proyecto, y, haciendo de la necesidad virtud, nos proporcionarán la excusa para acometer soluciones nuevas que sirvan a la mejora de las condiciones medioambientales del entorno y preservar la estética de la vivienda.

El programa funcional de la vivienda se desarrolla a varios niveles y cuenta con una superficie construida de 238,23m<sup>2</sup> a varias cotas. La planta BAJA, con un total de 119,14m<sup>2</sup>, presenta una entrada directa desde la calle, y en ella se distinguen las siguientes estancias: vestíbulo principal de entrada, guardarropa, lavadero y aseo, contando además con 10,16m<sup>2</sup> de superficie exterior cubierta.

Descendiendo desde el nivel de acceso en esa misma planta aparecen las estancias destinadas a salón, comedor y cocina con una conexión directa desde ellas hacia en exterior en las fachadas sur y oeste.

Se proyecta una conexión visual entre las plantas a través de la doble altura del vestíbulo principal de entrada y la pasarela que cruza a través de esta.

Por su parte la planta ALTA cuenta con una superficie construida de 119,09m<sup>2</sup> y una distribución en la que se desarrollan el dormitorio principal (con baño y vestidor), vestíbulo/pasarela de acceso, dos dormitorios, baño y cuerpo de escaleras, contando además con 6,28m<sup>2</sup> de terraza descubierta totalmente y vinculada al dormitorio principal.



**Figura 4: Fachadas Oeste y Norte**



**Figura 5: Fachadas Este, Sur y Sección de la vivienda**

Convocatoria de Comunicaciones y 2ª Bienal de Proyectos de Edificación y Urbanismo  
Sostenible (Edición 2014)  
ISBN-13: 978-84-697-0799-9

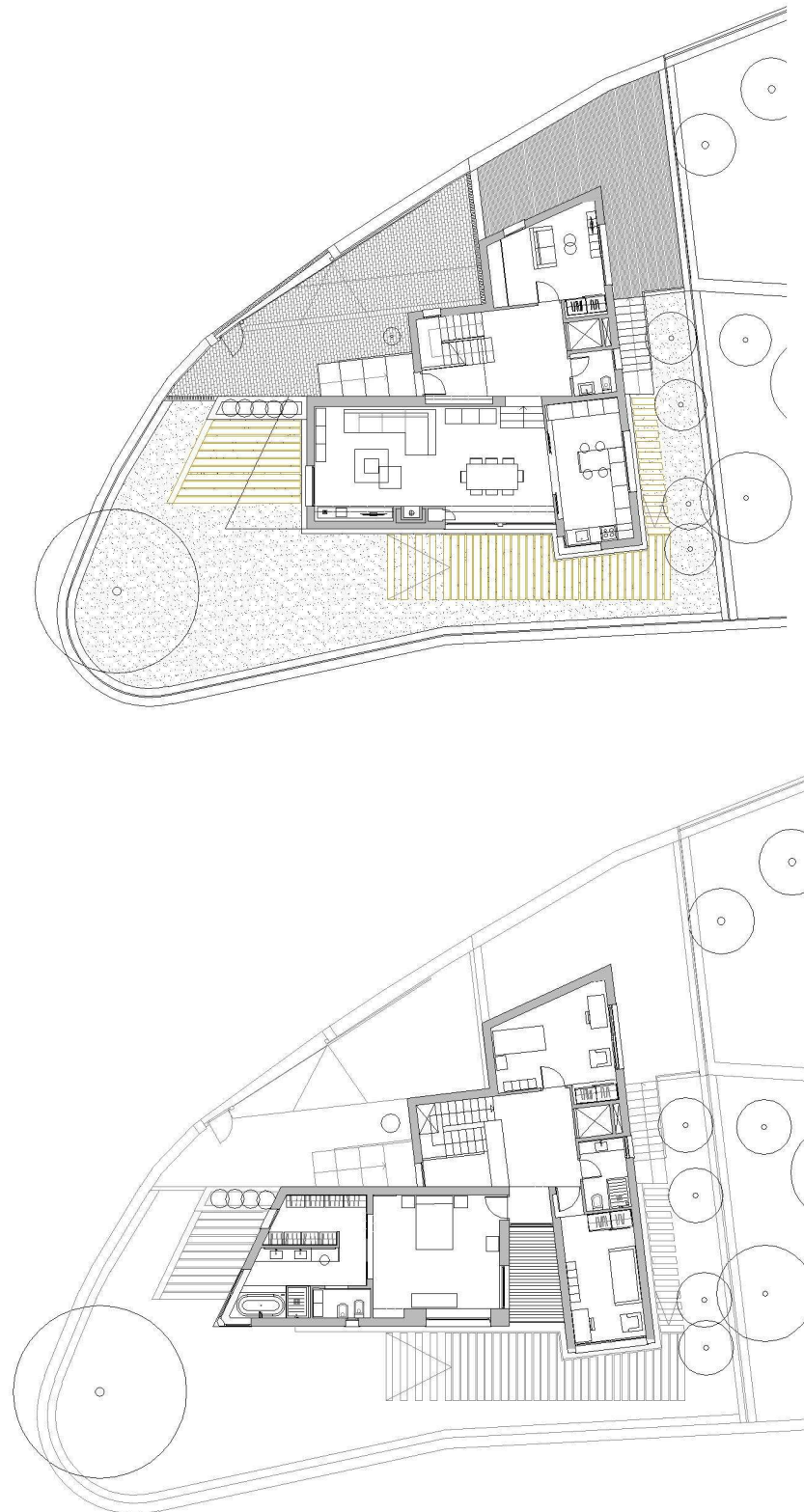


Figura 6: Plantas de la vivienda

## 2. Objetivos

Además de los objetivos obvios de toda vivienda, servir a las necesidades básicas propias del morador, en este proyecto se pretende crear un edificio que una a su bajo consumo propiedades descontaminantes.

La ciudad de Granada tiene un clima mediterráneo-continental, fresco durante el invierno con abundantes heladas y caluroso en verano con máximas sobre los 35°C. La oscilación térmica es grande durante todo el año, superando en muchas ocasiones los 20°C en un día.

Las lluvias, escasas en verano, se concentran en invierno y en general son de poca entidad durante el resto del año. Estas características peculiares se deben en gran medida a su situación geográfica entre cadenas montañosas de gran altitud, y su cota de 685m sobre el nivel del mar.

En 2012, junto a Cádiz, fue la cuarta ciudad más soleada de España, con 3.016 horas de sol, según se desprende de los datos de los que dispone el Instituto Nacional de Estadística.

Según el CTE HE la ciudad está clasificada con C-3, mientras que en función de la radiación solar global media diaria anual recogida en el Atlas de Radiación Solar en España correspondería a la zona climática V con un valor de 5,20 kWh/m<sup>2</sup> (valor suma de 3,63 kWh/m<sup>2</sup> correspondiente a radiación directa y 1,57 kWh/m<sup>2</sup> a radiación difusa)

En la figura 7 se pueden ver los datos de temperaturas medias, horas de sol y precipitaciones en mm de cada mes del año 2012.

	2012M01	2012M02	2012M03	2012M04	2012M05	2012M06	2012M07	2012M08	2012M09	2012M10	2012M11	2012M12
<b>Temperaturas medias mensuales</b>												
Andalucía: GRANADA (Armillas)	6,6	5,1	10,8	11,7	19,1	25,0	25,9	27,5	21,6	16,2	11,0	7,5
<b>Número de horas de sol</b>												
Andalucía: GRANADA (Armillas)	214,2	247,0	262,5	201,8	326,3	343,9	378,7	292,4	251,4	202,3	122,9	160,6
<b>Precipitación acuosa mensual</b>												
Andalucía: GRANADA (Armillas)	19,7	4,8	6,7	68,3	14,5	0,1	0,0	0,0	42,8	107,5	118,0	14,9

**Figura 7: Temperaturas medias, horas de sol y precipitación en Granada año 2012.**

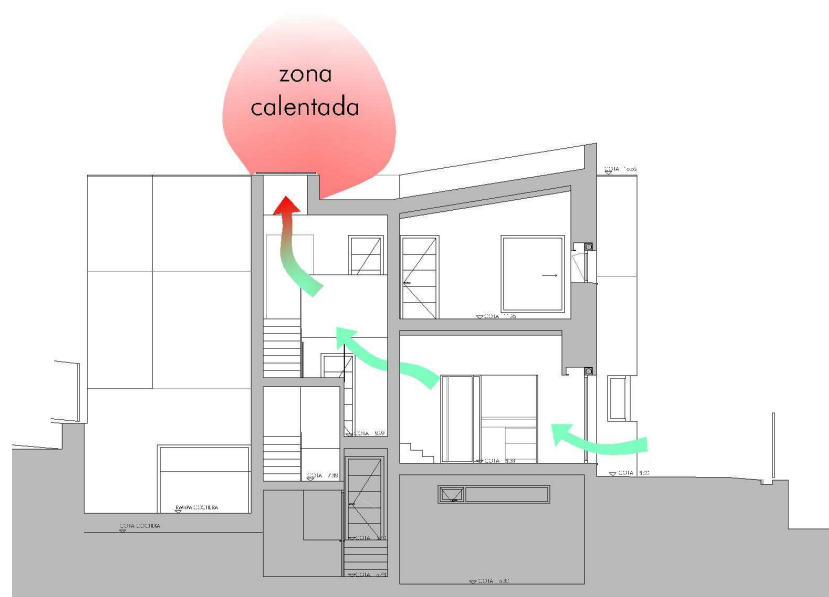
Fuente AEMet

Respecto al primero de los puntos, conseguir un bajo consumo y unas emisiones reducidas que estarán en torno a los 7,69 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año, lo conseguimos siguiendo unas pautas fáciles de implementar en cualquier vivienda de nueva planta y que se indicarán en los puntos 3.1 a 3.7 del siguiente apartado.

Además de las medidas en la edificación se pretenden conseguir circulaciones de aire provenientes de los espacios ajardinados. Estas circulaciones se verán favorecidas por el tiro interior de la vivienda que creará el lucernario proyectado en el hueco de la escalera. Dicho lucernario, expuesto directamente al sol, estará revestido exteriormente con elementos de color oscuro que provocarán el aumento de temperatura del aire exterior circundante y creará una depresión que forzará el tiro interior y la circulación indicada. (figura 8)

El uso de este elemento de calentamiento controlado deberá de ser contrarrestado con un incremento de aislamiento térmico en esa zona, para evitar un taponamiento interior y que las condiciones en la vivienda se puedan ver alteradas.





**Figura 8: Esquema de ventilación forzada mediante calentamiento controlado**

Se aprovecha además la presencia de un nogal de gran porte en el extremo oeste de la parcela para aumentar las zonas en sombra del jardín durante el verano, protegiéndolo del sol del atardecer. Del mismo modo la caducidad de sus hojas provoca el efecto contrario durante el invierno con lo que la presencia de dicho nogal se convierte en un aliado en la climatización de la vivienda.

Por otro lado además del comportamiento térmico del edificio nos preocupa su situación expuesta a la contaminación ambiental provocada por la cercanía de los viales ya indicados. Esta exposición puede hacer que el acabado final de la vivienda se degenere prematuramente por lo que se prevé el uso de cementos fotocatalíticos en su revestimiento exterior. Como ya hemos explicado anteriormente este revestimiento será capaz de convertirse en fuente de degradación de las sustancias orgánicas e inorgánicas nocivas con las que entren en contacto, como serán los NOX, SOX, NH3, CO, compuestos orgánicos volátiles (COV), compuestos orgánicos clorados, aldehídos y compuestos aromáticos policondensados, responsables de la contaminación atmosférica.

Como sabemos las superficies expuestas a la atmósfera se manchan por la sedimentación de compuestos pigmentados orgánicos. En nuestro caso la principal fuente de este tipo de compuestos serán los gases de escape de vehículos a motor y en menor medida los provenientes de actividades cotidianas. La presencia de rugosidad en el acabado exterior de la vivienda será también un factor que aumente las posibilidades de envejecimiento prematuro, por lo que otra de las condiciones que debemos imponer al acabado es la ausencia total de rugosidad

El uso de estos cementos fotocatalíticos tuvo lugar por primera vez en 1.996 en la ejecución de la iglesia Dives in Misericordia de Richard Meier, en Roma (figura 9). El proyecto, ganador del concurso internacional «50 iglesias para Roma 2000» promovido por el Vicariato de Roma, se caracterizaba por tres estructuras creadas con elementos

de hormigón prefabricados con cemento fotocatalítico que simulan tres imponentes velas blancas. (Borgarello, 2013)



**Figura 9: Iglesia de Dives in Misericordia. Roma.**

La fotocatalisis es un fenómeno natural similar a la fotosíntesis, por el que una sustancia llamada fotocatalizador, mediante la acción de la luz natural o artificial, provoca un fuerte proceso de oxidación y convierte sustancias orgánicas e inorgánicas nocivas en compuestos totalmente inocuos.

Este proceso por lo tanto es un acelerador de los mecanismos de oxidación que ya existen en la naturaleza. Potencia una descomposición más rápida de los contaminantes y evita su acumulación. Además, pruebas experimentales muestran que las soluciones constructivas fabricadas con cementos fotocatalíticos son capaces de conservar su apariencia estética inalterada a lo largo del tiempo.

El funcionamiento de la fotocatalisis no consiste solamente en la eliminación de estas moléculas orgánicas, sino que indirectamente también permite reducir el efecto negativo de la suciedad representada por partículas de polvo comunes (inorgánicas). Estas últimas, de hecho, utilizan las moléculas orgánicas para adherirse a las superficies; al no tener estas moléculas, la adhesión es mínima y su eliminación resulta más fácil.

### **3. Sistemas aplicados**

Los niveles de exigencia que nos hemos fijado en el proyecto se cumplirán en base a la aplicación de los siguientes sistemas en la vivienda:

3.1. Aislamientos térmicos de 10cm con placas de poliestireno extrusionado en fachadas y cubiertas. La colocación se hace en dos capas de placas sucesivas con las juntas contrapeadas para evitar la aparición accidental de juntas abiertas que se conviertan en un puente térmico. Obtenemos valores de transmitancia de  $0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$

3.2. Diseño del cerramiento para eliminar todos los puentes térmicos de la vivienda. Sólo se han permitido los asociados a la colocación de las carpinterías, minimizándolos y modelando su comportamiento mediante la aplicación informática THERM que nos ha permitido realizar un análisis de la transmisión del calor por estos elementos constructivos y ajustar el valor  $\phi$ . Dicha aplicación ha sido desarrollada por el Laboratorio Nacional de Lawrence Berkeley (LBNL)

3.3. Uso de carpinterías con rotura de puente térmico mediante poliamidas de 27mm y vidrios de hoja exterior 5+5 bajo emisivo con cámara de aire de 16mm y hoja interior de 6mm. Por encima de los 16mm de cámara de aire se producen fenómenos de convección en el aire interior de la misma que hacen imposible mejorar la capacidad aislante. La incorporación de vidrios con capa de baja emisividad en acristalamientos dobles reducen las pérdidas de energía de calefacción o refrigeración a través del cristal a menos del 50% de un doble acristalamiento básico alcanzando valores de U entre 2,6 W/m<sup>2</sup>K y 1,4 W/m<sup>2</sup>K (De Ramos Vilariño, 2012)

3.4. Colocación de persianas en los huecos de mayor tamaño como elementos de reducción del consumo. Debemos indicar que el uso adecuado de las persianas puede llegar a suponer un ahorro de un 10% en el consumo de energía de un hogar, por lo que se convierte en un elemento fundamental. En este caso se han instalado motorizadas con un sistema automático de cierre conectadas a sensores de temperatura y luminosidad que harán que la persiana se cierre un 30% al alcanzar unos determinados valores.

3.5. Sistema de recirculación de agua caliente para reducir el consumo agua en los puntos más alejados de la caldera. El sistema se acciona mediante un pulsador en los baños que hace que el agua caliente esté disponible para su uso de forma inmediata sin tener que desperdiciar toda la que se encuentre en la tubería de abastecimiento.

3.6. Instalación de captadores solares unidos a una caldera de condensación de gas de alta eficiencia. Este sistema supondrá al menos una contribución de entre un 65 y un 70% de la demanda de ACS y de calefacción (valores superiores a los indicados por el CTE-HE4 para la zona climática IV). La calefacción se proyecta con un sistema de suelo radiante controlado termostáticamente por separado en cada espacio habitable de la vivienda. La instalación de suelo radiante en las soleras de inercia de las plantas proporciona una gran estabilidad térmica al material que reducirá el consumo en periodos prolongados de uso, como es de preveer en los meses de invierno. La figura 10 muestra es sistema instalado.

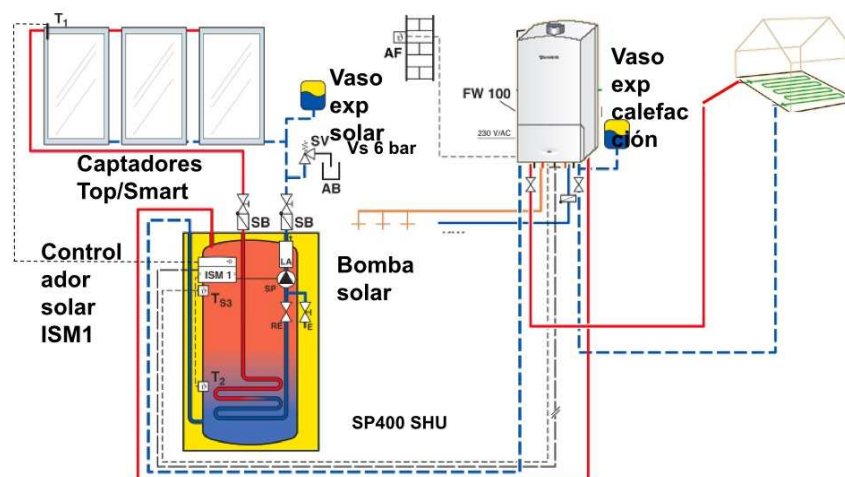


Figura 10: Esquema del sistema de calefacción y ACS diseñado. Junkers.

3.7. Climatización con unidades tipo fan-coil de clase A con valores nominales de EER de 3,66 y COP de 4,62 en cada estancia vividera.

3.8. Uso del ajardinamiento como fuente de climatización en verano. La disposición de los huecos y del lucernario situado en el hueco de la escalera provocará movimientos internos de aire desde las zonas en sombra hacia el interior de la vivienda.

3.9. Utilización de cementos fotocatalíticos para reducir la contaminación ambiental del entorno y preservar las condiciones de acabado de las fachadas. De esa manera, tal y como se ha expuesto en el punto 2, el mantenimiento de las condiciones estéticas de la vivienda será muy reducido. La baja presencia de humedad favorecerá la capacidad de limpieza.

3.10 Utilización de pavimentos de adoquines de hormigón en la zona de rodadura de acceso a la cochera fabricados con cemento fotocatalítico para aumentar la capacidad descontaminante de la vivienda.

Además de todos estos sistemas se entiende que un uso adecuado del edificio por parte del propietario es fundamental para lograr que el consumo final se reduzca a los niveles estimados. Unido a este uso adecuado deberá estar un programa de mantenimiento preventivo que haga que todos los sistemas funcionen al máximo de su capacidad.

#### 4. Resultados

Consideramos que durante la vida útil de la vivienda, estimada en unos 50 años, se prevé un ahorro de energía total de un 70% a un 75% sobre una vivienda tipo actual. La calificación energética de la vivienda nos proporciona datos de cálculo de emisiones entorno a los  $7,69\text{kgCO}_2/\text{m}^2\text{año}$



Figura 11: Calificación energética global de la vivienda.

Además de la reducción de consumo de energía y de emisiones se producirá un descenso en la demanda de agua consumida en torno al 5% en el uso de los baños, con lo que se puede calcular un ahorro de unos 7.000litros de agua al año.

Estimamos que el uso de la tecnología fotocatalítica reducirá en torno a un 25% los valores de los NOx, que supondrá una mejora en la calidad del aire.

Respecto al mantenimiento de las características estéticas de las fachadas se prevé que no se vean alteradas por las condiciones adversas del entorno por el uso del tipo de cementos indicados previamente.

## 5. Conclusiones

Como decíamos al principio de la comunicación los promotores son los principales agentes que hay que involucrar en cualquier actuación medioambientalmente sostenible. Los técnicos deben conocer todos los sistemas que se puedan implantar en una edificación de manera que tras un análisis de las circunstancias particulares que rodean a cada proyecto puedan elegir los más eficaces en cada caso.

En la vivienda que se ha presentado se proponen varios sistemas para la disminución de la demanda y el consumo de energía y agua. Estas reducciones se verán repercutidas en un ahorro económico durante la vida útil de la vivienda, consiguiendo medidas que sean rentables en un corto espacio de tiempo.

A la vez que se aplican las medidas indicadas se actuará de forma activa sobre el entorno mediante la disminución de la contaminación ambiental con el uso de cementos fotocatalíticos en revestimientos y pavimentos de parcela. Ligado a estas medidas el aspecto exterior de las fachadas se conservará en el tiempo con la aplicación de revestimientos sin mantenimiento, que evitarán los depósitos de contaminantes.

## Referencias

- Borgarello, Enrico. Manual técnico de cementos fotocatalíticos. Italcementi. 2013
- Núñez Reiz, Cristina. Captadores Solares Junkers. 2012.

- Ramos Vilariño, Eduardo M<sup>a</sup>. El papel del acristalamiento en la rehabilitación energética de edificios. CITAV-Saint Gobain Glass. 2012

**Correspondencia** (Para más información contacte con):

Nombre y Apellido: Ignacio Arto Torres. LAC-arquitectura  
Teléfono: +34686934499  
Fax: +958292687  
E-mail: a@lac-arquitectura.com