
Caso práctico de construcción eficiente (Clase A) en Granada

Apuntes y memoria sobre métodos y técnicas constructivas utilizadas para la construcción de vivienda unifamiliar en la difícil zona climática C3

Índice de contenido

Preambulo.....	3
Estudio energético previo.....	4
Detalles de elementos constructivos.....	6
<i>Cerramiento con bloque autoencofrante de aislamiento.....</i>	<i>8</i>
<i>Aislamiento de Envolvente Superior e Inferior.....</i>	<i>18</i>
<i>Aislamientos e instalaciones en Suelos.....</i>	<i>21</i>
<i>Aislamientos en tabiquería y medianería.....</i>	<i>23</i>
<i>Revestimientos interiores de Yeso.....</i>	<i>24</i>
<i>Revestimientos exteriores de Fachada.....</i>	<i>26</i>
<i>Ventilación Mecánica con Recuperación de Calor.....</i>	<i>33</i>
<i>Bomba de Calor para el ACS y Calefacción.....</i>	<i>37</i>
<i>Ventanas con triple cristal y marco de alto aislamiento.....</i>	<i>42</i>
<i>Puertas exteriores con aislamiento certificado.....</i>	<i>45</i>
<i>Mallorquinas y Celosías para el sombreado de cristales.....</i>	<i>47</i>
Fotos de acabados finales.....	51
Estudio energético de certificación	63
Análisis de eficiencia energética.....	64
<i>Conclusiones sobre los objetivos alcanzados.....</i>	<i>71</i>

Preambulo

El presente documento, es una memoria resumida de las técnicas y métodos constructivos utilizados en la zona climática C3 (según la clasificación del Código Técnico de la Edificación española).

En la zona climática a la que corresponde Granada, se dan condiciones de inviernos duros y veranos muy cálidos con gran insolación solar.

La horquilla de temperaturas es muy extrema incluso en un mismo día entre las temperaturas mínimas y máximas.

Las condiciones de invierno suelen llegar puntualmente a mínimas de -5°C siendo la temperatura mínima media anual de entorno a 8°C (media de todas las temperaturas mínimas del año), mientras que puntualmente se suele llegar a máximas en verano por encima de 41°C siendo la temperatura máxima media anual de entorno a 24°C (media de todas las temperaturas máximas del año).

Con estas condiciones, el proyecto necesitaba utilizar métodos constructivos capaces de aislar del frío en invierno y al mismo tiempo proteger de la fuerte insolación con altas temperaturas propias del verano.

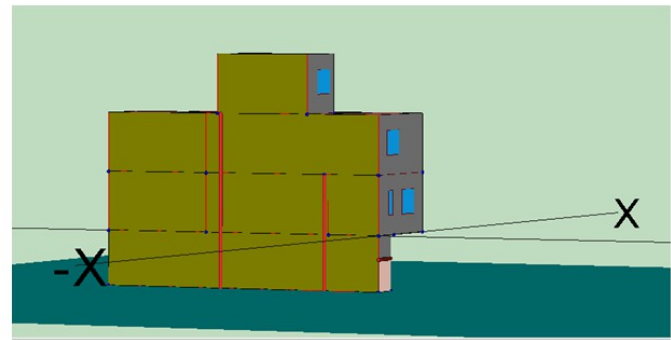
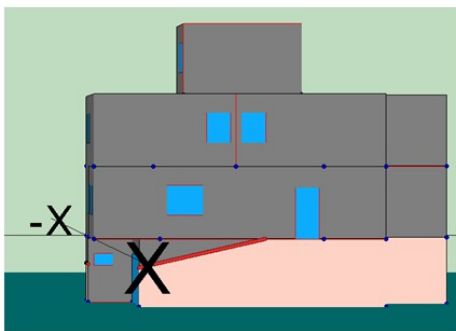
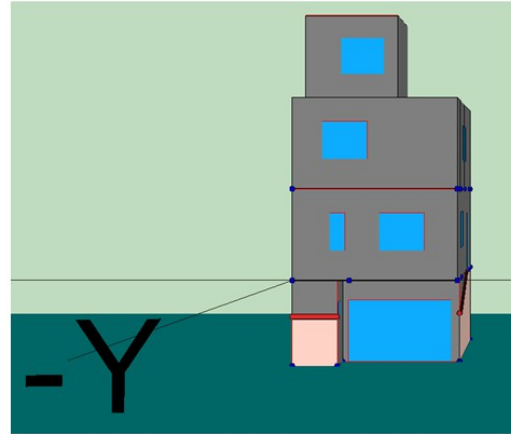
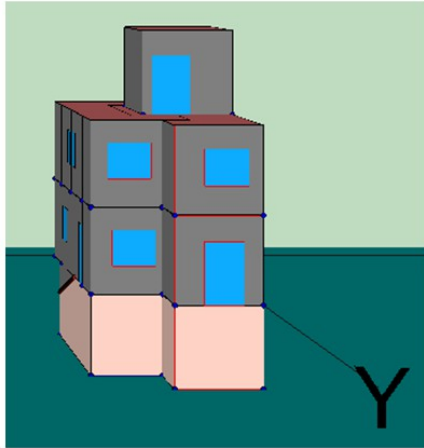
Por las características urbanísticas del sur de Europa, donde las viviendas tienen poco espacio debido a la densidad de la edificación, y poco terreno disponible a su alrededor, se limitan muchas otras soluciones constructivas como la posibilidad de elegir la orientación de la vivienda (que en muchos casos como el de este estudio debe ser adosada a otra vivienda), o el uso de técnicas como los muros trombe (que en este caso no tienen garantías predecibles en el futuro por ser posible que sus beneficios de funcionamiento queden obstruidos con el desarrollo de las edificaciones cercanas).

Dadas también estas restricciones, los principios del proyecto de conseguir una eficiencia energética del tipo Clase A o superior, descansan en los siguientes puntos básicos:

- Proporcionar un aislamiento excelente en toda la envolvente de la vivienda que reduzca las pérdidas de calor en invierno o frío en verano.
- Proporcionar un sistema de sombreado en los huecos de ventanas y puertas que permitan regular el grado de insolación solar deseado en cada momento.
- Proporcionar un sistema de climatización de entre los más eficientes energéticamente y que aportase el calor suplementario necesario al obtenido desde las placas solares térmicas tanto para el agua caliente de consumo como a la calefacción, pero que al mismo tiempo fuese capaz de producir refrigeración.
- Reducir al máximo el número de días que hay que utilizar la climatización, aprovechando el menor coste energético de un sistema de ventilación mecánica con recuperación de calor de alta eficiencia, que además tuviese capacidades de freecooling, para ventilar la casa cuando la temperatura externa sea más favorable.

Estudio energético previo

El estudio previo al comienzo de la construcción por parte de un ingeniero industrial cualificado, mediante el software oficial del ministerio de industria y energía de España (Lider y Calener VyP), permitió la simulación detallada del comportamiento de la vivienda en la zona climática concreta.



Gráficas de la simulación por ordenador con Calener VyP

Estuvo desde el primer momento claro que en caso de suprimir alguna de las mejoras relatadas en el apartado anterior, la vivienda bajaba a la clasificación energética B, que no está nada mal, pero principalmente las temperaturas extremas del verano, eran la causa de necesitar también los sistemas de sombreado y ventilación mecánica con recuperador de calor y freecooling.

Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	12,0	2028,3	79,4	13473,7
Consumo energía primaria (kWh)	31,1	5279,6	96,2	16327,3
Emisiones CO2 (kgCO2)	7,7	1306,8	22,0	3733,7

Cuadro resumen del informe energético generado mediante Calener VyP (Edificio Objeto)

Por otro lado, del total de todos los elementos, si por limitaciones de presupuesto hubiese que prescindir de alguno de los elementos constructivos, nunca se debe

prescindir del aislamiento, ya que la energía más limpia y barata es la que nunca se consume. Y el aislamiento ahorra fugas de calor, pero también de frío.

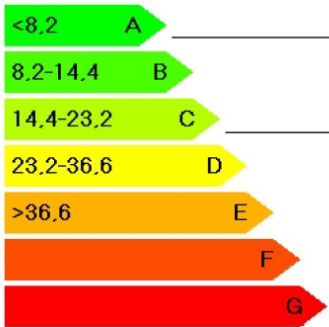
Por ello los elementos de ahorro pasivo (que no requieren de energía para su funcionamiento), como el aislamiento de fachada, techos y suelos en contacto con el exterior, en los que también se incluyen tanto las ventanas como los sistemas para proporcionar sombreado regulable a las mismas, componen la medida de ahorro más importante tanto en invierno como en verano.

En esta zona, energéticamente, cuesta más aportar frío en verano con 41°C que calor en invierno con -5°C, por lo que aunque el aislamiento beneficia en ambas situaciones, los sistemas de climatización se ven más penalizados energéticamente para obtener frío cuando el aire exterior es de una elevada temperatura.

Una mejora posible ante esta situación, podría haberse buscado por medio de climatización basada en geotermia, sin embargo muy a nuestro pesar los precios consultados para dichos sistemas aún no eran competitivos ni económicamente viables para este proyecto. Situación que es posible que cambie en años venideros, pero que en el momento de iniciar la construcción (año 2011) no entraba en el abanico de posibilidades a nuestro alcance, a pesar de que se sondearon las opciones con empresas del sector.

Para ahorrar energéticamente en calefacción y climatización, se optó finalmente por una bomba de calor capaz de aportar calor o frío (suelo radiante, o suelo refrescante) así como al agua caliente de consumo junto con las placas solares.

La máquina de ventilación mecánica por su parte, reduce aún más la necesidad de poner en marcha la calefacción o climatización, y requiere un menor consumo.

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
	7.7 A			22.0 C		
	Clase	kWh/m ²	kWh/año	Clase	kWh/m ²	kWh/año
Demanda calefacción	A	5,4	916,5	C	43,8	7433,4
Demanda refrigeración	A	7,2	1221,9	C	13,8	2342,0
	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ calefacción	A	4,0	678,9	C	14,0	2376,0
Emisiones CO ₂ refrigeración	B	2,7	458,2	D	5,3	899,5
Emisiones CO ₂ ACS	A	1,0	169,7	D	2,7	458,2
Emisiones CO ₂ totales			1306,8			3733,7

Simulación de la vivienda objetivo (A) comparada con vivienda aislada según normativa (C)

Detalles de elementos constructivos

Para una mejor identificación visual del proceso constructivo, se acompañará toda la explicación de cada elemento, con fotografías tomadas a pie de obra.

Siempre que ha sido posible, se ha mantenido el orden lógico de tiempo en la secuencia, salvo en los casos en los que por tratarse de actuaciones simultaneas, se han agrupado bajo el epígrafe que describe la ejecución en obra de cada elemento constructivo, para que quedasen agrupados también por categorías.

Para clarificar mas aún la vision de conjunto que suponen la aplicación de todos estos elementos constructivos, aportamos dos tablas separando los elementos pasivos (sin coste de energía en su funcionamiento) de los elementos activos (que si requieren aporte de energía).

Primero presentamos los elementos pasivos (transmitancia termica "U" mejor cuanto mas baja):

Tabla Resumen de Elementos Pasivos de Ahorro Energético		
Elemento Constructivo	Transmitancia Térmica	Marca/Empresa
Cerramiento exterior con Styrostone Neopor 35cm	$U=0,14W/m^2\text{°C}$	Styrostone
Forjados de sotano y última planta con Bovedillas Poliestireno Expandido (EPS) de 25cm	$U=0,29W/m^2\text{°C}$	Empolime S.A.
Aislamiento de cubierta superior con Planchas de Poliestireno Extruido (XPS) de 10cm	$U=0,31W/m^2\text{°C}$	Glascofoam
Ventanas AVANT ALU PLUS, con marco de Madera inyectada con Poliuretano y Exterior de Aluminio, de triple acristalamiento con gas Kripton	$U_{\text{marco}}=0,90W/m^2\text{°C}$ $U_{\text{cristal}}=0,50W/m^2\text{°C}$	Iberadria
Mallorquinas y Celosías REGUSOL O-120 de lama ovalada en aluminio regulable de 12cm	Sombreado del factor solar o apertura al sol según necesidad	Giménez Ganga
Puerta exterior peatonal de vivienda TermoPro TPS 010	$U=1,20W/m^2\text{°C}$	Hörman
Lana de Roca de 5cm en tabiquería interior de pladur	$U=0,69W/m^2\text{°C}$	Rockwool

A continuación presentamos los elementos activos:

Tabla Resumen de Elementos Activos de Ahorro Energético		
Elemento de Instalación	Eficiencia	Marca
Sistema de Bomba de Calor de alta eficiencia Estía Tipo Inverter Clase A	Hasta 80% de ahorro del consumo estándar $COP_{(calor)}=4,08$ $EER_{(frio)}=2,70$ factor de KW de calor/frío obtenidos a partir de un KW electrico	Toshiba
Sistema de Ventilación Mecánica de doble flujo con recuperador de calor de alta eficiencia Siber VMC DF	92% de ahorro en climatización Recuperación de calor interior mediante intercambiador de placas con pared adiabática, o al detectar mejor temperatura externa usar el aire exterior introduciendolo directo al interior de la vivienda (bypass)	Siber
Válvulas termostáticas de derivación y mezcladoras ESBE VMC322	Incremento del aporte de agua caliente solar sin provocar consumos, mediante acción termostática pasiva (0w). Cuando la temperatura del solar es apta se desvia a consumo directo, evitando gastos energéticos de la Estía	ESBE
Bomba de impulsión del agua del suelo radiante Grundfos Alpha 2L 25-60, con clasificación energética A	Consume entre 15w y 45w adaptandose a la demanda y controlada por la unidad Estía que la conecta solo en momentos de uso	Grundfos
Recirculación de agua caliente con Bomba de alta eficiencia de inteligencia predictiva Grundfos Comfort autoadapt 15-14 PM	Evita desperdicio de agua caliente y energía, memorizando y prediciendo cuando sueles abrir los grifos para obtener agua caliente instantánea, con un consumo de entre 3w y 15w limitado a los 15 minutos previos a los momentos habituales de consumo de agua caliente.	Grundfos
Coquillas aislantes para calorifugar las tuberías de agua caliente evitando pérdidas de calor	Es un elemento pasivo pero pertenece a la instalación de los sistemas activos de agua caliente de consumo y de suelo radiante con un valor de conductividad térmica: $\lambda=0,037W(m^{\circ}C)$ a 40°C	Isocell

Quedan fuera de estas tablas resumen otros elementos que contribuyen a la eficiencia energética, debido a que la legislación vigente las convierte en obligatorias en las viviendas de nueva construcción españolas, como por ejemplo las placas solares térmicas, que obviamente deben instalarse.

Así como también quedan excluidos los sistemas de instalación de iluminación, que en todo caso son LED de alta eficiencia, pero que son elementos del edificio de fácil sustitución sin incurrir en obras o modificación de las instalaciones, y por esa misma razón tampoco se contemplan elementos como electrodomésticos.

Cerramiento con bloque autoencofrante de aislamiento

En la ejecución de esta partida, tuve que poner en contacto a dos empresas diferentes para garantizar la correcta puesta en ejecución.

Mi interés era que el conocimiento del sistema quedase en una empresa local, por lo que el trabajo de colocación fue realizado con un acuerdo de formación y ayuda a la colocación en obra por parte de la empresa Styrostone, desplazando a un técnico que ayudó en la colocación y adiestramiento de la empresa local de estructuristas.

El cerramiento pertenece a la partida de albañilería, aunque la mano de obra no fuesen albañiles, sino trabajadores de la empresa de estructuras, ya que la habilidad requerida más importante, es la de experiencia con encofrados y vertidos de hormigón.

En las imágenes podemos ver la estrecha colaboración en la colocación del material por los miembros de ambas empresas. Por parte de Styrostone, Niko Jutzi, habla perfectamente español y las siguientes fotos muestran el proceso completo de 4 días que dió como resultado la terminación del cerramiento completo de la planta baja en sólo 4 jornadas de trabajo.



Jornada 1 – 19/04/2011 – Instrucción en Obra

Previamente al aplomado del muro se necesita levantar al menos 4 hileras para poder alzar el muro como un conjunto, para corregir cualquier diferencia de nivel en la losa.

Se marcan en el suelo con pintura azul las zonas en las que habrán de dejarse los huecos de ventana, y con pintura roja, las zonas en las que irán las puertas, para facilitar la colocación sin errores.

El aislamiento exterior queda con 15cm de poliestireno, y la interior con 5 cm, lo que suma el total de 20cm de aislamiento de este cerramiento, frente a los 6cm de aislamiento con el sistema tradicional de ladrillo (en el mejor de los casos).



Jornada 1 – 19/04/2011 – Colocación de las primeras 4 hileras previas al aplomado

La verificación de nivelación, fue supervisada en todo momento por el técnico de Styrostone en colaboración con la empresa local de Estructuristas.



Jornada 1 – 19/04/2011 – Verificación de nivelación y aplomado del cerramiento

Para sustentar el aplomado perfecto del muro, se necesita calzar cualquier punto del cerramiento que presente la mas minima diferencia de nivel por el posible error arrastrado en al losa, y para conservar correctamente dicho aplomado, ha de preparar seguidamente el sistema de andamiaje por el interior que tiene la doble función de garantizar el aplomado a modo de reglas verticales, y también proporcionar la seguridad que facilite las futuras operaciones de vertido del hormigón en el nucleo del muro sin riesgos.

Como puede verse, los trabajadores de la empresa local de estructuristas, utilizan los sistemas de andamiajes y aplomado interior facilitados por Styrostone,

taladrando la losa para sujetar los postes con firmeza a la estructura.



Jornada 1 – 19/04/2011 – Instalación de andamiaje interior de aplomado por Estructuristas

El trabajo en obra del tecnico de Styrostone garantizaba la verificación de la instalación y el aprendizaje de los pasos clave para aportar garantías en la colocación del nuevo sistema constructivo.



Jornada 1 – 19/04/2011 – Verificación del aplomado en reglas del andamiaje por Styrostone

Una vez garantizado que mediante las 4 primeras hileras de bloques de aislamiento térmico, la verticalidad del muro es perfecta, se puede proceder a sellar la parte inferior del muro frente a escapes de vertido del hormigón con espuma aislante de poliuretano, en todo el prerímetro.

De este modo no se arrastrarán problemas en las siguientes plantas.



Jornada 1 – 19/04/2011 – Sellado inferior con poliuretano y continuación del muro

En la imagen se puede ya ver el sellado con espuma de poliuretano en la zona inferior del muro en contacto con la losa. En las zonas en las que se ha dejado espacio para las puertas, solo hay dos bloques de altura a modo de referencia que serán cortados al finalizar el hueco, y cuya función es meramente garantizar la perfecta linealidad del muro. La junta con pilares también será sellada con espuma.



Jornada 2 – 20/04/2011 – Se finaliza el muro en su altura completa con ayuda de Styrostone

En solo una jornada, se termina el cerramiento hasta la altura completa, dejando los huecos de ventana con piezas que serán recortadas con posterioridad, se sella también la zona exterior del muro con espuma aislante de poliuretano, y se apuntalan las zonas de esquina en las que por la existencia de un pilar de estructura, se tuvo que reforzar la presión hacia el mismo a fin de evitar cualquier movimiento en la operación de vertido y relleno del muro con hormigón, programada para la jornada siguiente.



Jornada 3 – 25/04/2011 – Verificación de fluidez y granulación del hormigón por Styrostone

La empresa estructurista contrató el tipo de hormigón a verter, siguiendo las recomendaciones del técnico de Styrostone en grado de fluidez, grosores y granulometría del concreto, y calibre de la manga de vertido con bomba, que garantizarían la operación de hormigonado del núcleo del cerramiento.



Jornada 3 – 25/04/2011 – Vertido de hormigón en zona baja, desde azféizar de ventanas

Para que el relleno del muro con hormigón sea consistente, se siguen las indicaciones de Styrostone, de comenzar el relleno del muro, por la zona baja de huecos de ventana, hasta rellenar la zona inferior de las primeras hileras de cerramiento.

Con ello se consigue que cuando se realice el vertido desde arriba en la altura completa de la planta, no se provoquen desbordes por la zona destinada al alféizar de ventana.



Jornada 3 – 25/04/2011 – Rellenado hasta borde inferior de ventana

La fluidez indicada, permite el relleno instantáneo hasta la altura de la zona inferior de ventana.



Jornada 3 – 25/04/2011 – Rellenado del muro hasta su altura completa

El relleno del muro hasta su altura completa es una operación inmediatamente posterior durante la misma jornada.

Por la sismicidad tan alta de Granada, se puede ver como se mantiene el refuerzo estructural de los pilares, sin perjuicio del aislamiento, puesto que los 15cm de aislamiento exterior cubren totalmente el frontal exterior de los pilares.

Así mismo, el sistema viene dotado de piezas especiales en la última hilera del muro que alzan el aislamiento por delante de todo el suelo del forjado de la siguiente planta, con lo que se evita cualquier pérdida por puente térmico.



Jornada 3 – 25/04/2011 – Armado del muro con ferralla

El muro de hormigón está dotado de varillas de hierro de refuerzo en toda su altura vertical, a pesar de que el elemento estructural de los pilares está calculado para el soporte de la sismicidad alta de Granada, por si solo.

Debido a ello, no se necesita gastar hierro adicional en las tramas horizontales del muro, ya que el sistema de pilares se ha respetado en esta estructura, a diferencia de lo habitual en este cerramiento, que permite que el armado completo del muro sea suficiente estructuralmente, sin pilares.



Jornada 3 – 25/04/2011 – Apuntalado junto a zona de pilares

En la zona cercana a los pilares, se recomienda por parte de Styrostone, apuntalar previamente a la operación de vertido de hormigón, al estar recortado el puente plástico trasero de los bloques en su zona de 5cm de aislamiento para dar cabida al pilar. Bastaba con una tabla y un puntal, para salvar la presión del hormigón.



Jornadas Sigüientes – Andamiaje perimetral para la seguridad en plantas altas

Para dotar de seguridad a los operarios se contrata con empresa de andamiajes un andamiaje tubular estándar europeo, que permita trabajar con seguridad en las plantas superiores también por el exterior.

Para no dañar el aislamiento exterior, se dota a la estructura del andamio de brazos que traspasan las ventanas hacia los puntales interiores colocados entre los forjados del suelo y techo acabados de dicha planta.

Entre planta y planta, el forjado debe respetar el secado de 21 días, por lo que la altura completa de la vivienda se completa el mes siguiente. Siendo la segunda y tercera planta ejecutada únicamente por los trabajadores de la empresa Estructurista, sin la necesidad de apoyo técnico por parte de Styrostone.



Jornadas Sigüientes – Acabado de huecos de Ventanas y Puertas

Se recortan los elementos sobrantes de los huecos de ventanas o puertas.

Finalizado el hueco, se añaden en la fase de estructura los elementos que permitirán recibir las ventanas y el sistema de celosías.



Fijación del premarco de Ventana y Celosías para el Sombreado de Huecos

Al necesitar recibir el hueco dos elementos, se construye un premarco mixto, de madera para las ventanas de madera, y de acero galvanizado para recibir las celosías de aluminio que proporcionan el sistema de sombreado de cristal.

La fijación de ambos premarcos se realiza directamente al muro de hormigón, retirando el aislamiento necesario en los puntos de amarre.



Sellado y aplicación de aislamiento inyectado de poliuretano en puntos de amarre

Para garantizar la eliminación de puentes termicos se procede a restituir el aislamiento retirado, y se sella la zona inyectando espuma aislante de poliuretano para rellenar cualquier fisura con aislamiento, tras finalizar la fijación de premarcos.

Para rematar el acabado que permita alojar las ventanas en los huecos, se utiliza una piedra continua de hormigón polímero blanco que es impermeable al no tener juntas y que concluirá con una perfecta unión con el marco de ventana que va dotado de vierteaguas de aluminio en la zona exterior.



Remate del alfeizar de ventana con piedra de hormigón polímero

Como se verá más adelante, el marco de las ventanas una vez colocadas, permitirá añadir más placas de aislamiento al perímetro del hueco que tapan parte del marco exterior proporcionando otros 5cm más de aislamiento en jambas y dinteles a los otros 5cm ya existentes de la solución Styrostone, lo que suma unos 10cm de aislamiento por el exterior en todo el contorno de ventana (jambas y dinteles) sin contar con los otros 5cm presentes en la cara interior de la vivienda.

El propio sistema Styrostone, podría proporcionar esos 10cm de aislamiento en los laterales del hueco de ventana, ya que las piezas de tapón de 5cm permiten la flexibilidad de añadir simplemente dos de ellas en lugar de una. Sin embargo, la razón de no hacerlo así y de optar por placas de aislamiento suplementarias, radica en la mejora del aislamiento de las ventanas que se produce al tapar parte del marco exterior con este aislamiento extra de forma solapada tras la colocación de la ventana, lo que permite adquirir un marco de ventana algo más económico que el que se utiliza en las casas pasivas (passivhaus) que son superiores incluso a la clase energética A, alcanzando similares grados de aislamiento en el marco de ventana al quedar dicho marco recubierto de dicho aislamiento, y obteniendo un rendimiento cercano al de una ventana passivhaus con un coste mucho menor.

Pero dichas placas de aislamiento extra y su colocación recaerán en la empresa especialista de revestimientos de fachada, que además del revestimiento, incluye en su sistema placas de aislamiento, el recubrimiento del resto de zonas susceptibles de ocasionar puentes térmicos en la envolvente. Se detallará con mayor profundidad en la sección que dedicaremos a revestimientos.

Aislamiento de Envolverte Superior e Inferior

Dado que el cerramiento garantiza el aislamiento de todo el perímetro de la envolvente, se necesita también mejorar la envolvente térmica del edificio evitando pérdidas térmicas por sus suelos en planta baja y los techos de plantas altas en contacto con el exterior.

Es por ello que se encarga a la empresa estructurista que utilice en dichos forjados de suelos y techos, bobedillas de poliestireno aislante, para la mejora de la envolvente térmica en dichas zonas.



Bobedillas aislantes en suelos de planta baja (visto desde el techo del sótano)



Bobedillas aislantes en techo de últimas plantas

Adicionalmente a este aislamiento, también se completará el aislamiento de la cubierta con 10cm de planchas de XPS, como veremos más adelante.

Antes de proceder a la instalación de las planchas de aislamiento térmico en la cubierta, se debió impermeabilizar dicha cubierta con un material compatible con el aislamiento por fachada aplicado, por lo que se utilizaron láminas de EPDM que a diferencia de la tela asfáltica no necesitan de la aplicación de calor, ya que su sellado se realiza mediante vulcanizado químico, parecido al de los parches de las cámaras neumáticas de las cámaras de las ruedas en los vehículos.



Impermeabilización con EPDM de Firestone, muy superior a la tela asfáltica tradicional

La solución de cubierta invertida escogida, lleva la impermeabilización en la primera capa y el aislamiento como segunda capa, lo cual le da una mayor durabilidad a la impermeabilización, al estar protegida de los cambios térmicos por el aislamiento instalado. Aunque el EPDM de Firestone tiene garantía de 50 años.

En la fachada de Styrostone, ya hay aplicada una primera capa de revestimiento con Coteterm-M y malla de fibra de vidrio en toda la fachada, que se dió aprovechando el andamieje existente.

Como puede verse en la imagen, los solapes de la impermeabilización, necesitan solaparse con la fachada aislada por el exterior con los bloques aislantes de poliestireno, lo cual hace incompatible sistemas de impermeabilización con tela asfáltica basados en la aplicación de calor para respetar la integridad de todo el aislamiento hasta la base.

Con ello también se consigue el beneficio adicional, de que las planchas de aislamiento instaladas en cubierta, entren en contacto directo con el aislamiento de fachada, sellando térmicamente la envolvente del edificio, sin dejar puentes térmicos.

La solución de aislamiento instalada fue en base a planchas de XPS (Poliestireno Extruido) hasta un total de 10cm de grosor que se añade en este caso al grosor aislante ya existente con las bobedillas de poliestireno en ese forjado.

Como las planchas de 10cm de grosor tenían un mayor precio, se consiguió abaratar el coste del aislamiento, montando las planchas en 3 capas con una

primera plancha de 4cm y otras dos de 3cm sobre ella (sumando los 10cm).

La razón por la que los solapes de impermeabilización con EPDM se levantan tantos centímetros del suelo, es debido a que al grosor del aislamiento a instalar, hay que unir el de la capa de compresión de 5cm de hormigón, mas la solería, con lo que los solapes de impermeabilización suben una altura considerable desde el suelo.



Lámina geotextil para proteger aislamiento e impermeabilización

Para proteger tanto la lámina de impermeabilización, como las planchas de aislamiento, de la acción agresiva del hormigón de la capa de compresión que recibiría el suelo, se introdujeron láminas de geotextil, que podemos ver en blanco en la imagen, y cuya función es dar mayor durabilidad al sistema de cubierta invertida con aislamiento instalada.



Diferencia de altura en suelos de puerta debido al aislamiento de cubierta en ultima planta

Aislamientos e instalaciones en Suelos

Una vez terminada la impermeabilización de cubierta se comenzaron las instalaciones en el interior, empezando con el añadido de planchas de aislamiento para sustentar la instalación de suelo radiante, por ser una calefacción de baja temperatura, mas eficiente energéticamente, sobretodo si el sistema de calefacción a instalar como es el caso se trata de una bomba de calor aire-agua cuyos regímenes de eficiencia mas altos se consiguen a temperaturas por debajo de 40°C, lo que se denomina calefacción a baja temperatura.

Las temperaturas ideales de trabajo de un suelo radiante se ajustan como un guante a medida con las temperaturas ideales de un sistema de bomba de calor.

Se descarta totalmente el uso de radiadores, puesto que trabajan por encima de 70°C siendo mucho menos eficiente consumir energía para calentar agua hasta esas temperaturas para obtener resultados iguales o peores a los del sistema de suelo radiante, tanto en confort o distribución uniforme del calor, como en eficiencia del consumo.



Sistema de calefacción a baja temperatura por suelo radiante de la marca Uponor

En la foto se aprecia ya parte de la perfilería de pladur precisamente en la zona del muro de medianería, a la que se le añadirá 5cm de aislante de lana de roca, como veremos posteriormente.

Hay que recordar que la lamina aislante de suelo radiante, ve reforzado su aislamiento mediante el sistema de bobedillas de poliestireno en las plantas baja y de techos de ultima planta, pero que debido a las limitaciones de los programas de cálculo Calener VyP (usado en el estudio inicial del proyecto) y el programa CE3 (utilizado al finalizar la obra para la obtención del Certificado Energético), los cálculos de clasificación energética A podrian haber arrojado resultados incluso mejores en el caso de permitir dicho software un tratamiento del sistema de calefacción a baja temperatura con detalle.

Para no perjudicar la transmisión del calor del suelo radiante, se optó por terminar los suelos de la vivienda con un material distinto a la madera, con durabilidad y un grosor delgado que favoreciese al sistema. La madera es un buen aislante, por lo que un suelo de dicho material no favorecería de forma óptima la transmisión de calor desde el suelo radiante hacia el espacio habitable.

Por ello se optó por un suelo cerámico de gres porcelánico con imitación a madera tal y como se puede ver en la siguiente imagen.



Acabado de suelos con gres porcelánico imitando a madera

Obviamente el solado de la vivienda fue una actividad realizada con mucha posterioridad a otras que aún quedan por relatar, pero se adelanta esta información, por pertenecer a partidas estrechamente relacionadas ambas en la partida de suelos.

En la imagen aparecen los recrecidos de hormigón practicados en los peldaños de escalera que se utilizarán como punto de fijación de las barandillas de escalera.

Todo el tabique de pladur del cierre de escalera cuenta con lana de roca aislante, pero para que la barandilla fuese firmemente fijada a la escalera, los puntos en los que se iban a colocar postes de anclaje tienen barillas de hierro de refuerzo y hormigonado hasta entrar en contacto con el pladur.

Aislamientos en tabiquería y medianería

Al tratarse de una vivienda adosada a otra de tipo constructivo normal, se hacía necesario aislar convenientemente el tabique de medianería entre ambas viviendas.

La medianería en la parte instalada del lado de la otra vivienda adosada a la nuestra, estaba compuesta de un simple tabique de ladrillo, por lo que se hizo necesario aislar convenientemente dicha superficie.

Segun los cálculos del estudio previo, sería suficiente con 5cm de aislamiento, por lo que se optó con Pladur y lana de Roca en todo este espacio.



Aislamiento de lana de roca en toda la tabiquería de Pladur

En el aislamiento, no se descuida ningún detalle, cubriendo incluso los tabiques de separación de la escalera con las zonas no habitables como el sótano, para que la escalera no actúe como puente térmico por ninguna de sus caras.

Debido al bajo coste del aislamiento de lana de roca, se siguen las recomendaciones del Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético (IDAE) en lo referente a dotar también de aislamiento toda la tabiquería de interior, por el beneficio que puede aportar a la hora de climatizar zonas independientes de la vivienda cuando estas no están en uso.

Revestimientos interiores de Yeso

En las zonas del interior de la vivienda que corresponden al muro de cerramiento exterior, no procede aumentar el aislamiento, por lo que se necesita optar por otra solución diferente a la tabiquería de Pladur.

La opción más adecuada es utilizar Yeso proyectado para proteger el aislamiento EPS del interior de la vivienda. Pero para garantizar que el agarre es adecuado, se recomienda utilizar una mano de puente de adherencia específico para la combinación de Yeso sobre Poliestireno expandido (EPS).



Puente de adherencia poliestireno Knauff K454 E

La aplicación de este puente de adherencia específico, permite garantizar la durabilidad del revestimiento de yeso proyectado, y del aislamiento interior.



Tono rosaceo del aislamiento tras aplicar el puente de adherencia para el Yeso

El acabado del yeso proyectado con los encuentros del tabique de Pladur, fueron tratados por la misma empresa especialista en ambas soluciones (yeso proyectado y pladur), lo que garantizó un acabado correcto.



Detalle de la malla de fibra de vidrio aplicada al revestimiento de Yeso proyectado

Adicionalmente a prever la fijación del yeso con la capa de imprimación del puente de adherencia específico, se puede apreciar como toda la superficie de yeso cuenta además con el refuerzo de una malla de fibra de vidrio (con cobertura total desde el techo hasta el suelo) cuyas fibras se hacen visibles en esta roza de instalación realizada con posterioridad para alojar una preinstalación de split de aire acondicionado, que no habíamos previsto por olvido.

En la imagen de arriba también se produce un encuentro entre el yeso proyectado y un tabique de pladur para el paso de instalaciones, en el que se aprecia parte de la lana de roca aislante sobresaliendo por el recorte cuadrado practicado en el pladur, junto al tubo vertical blanco de paso del sistema de ventilación.

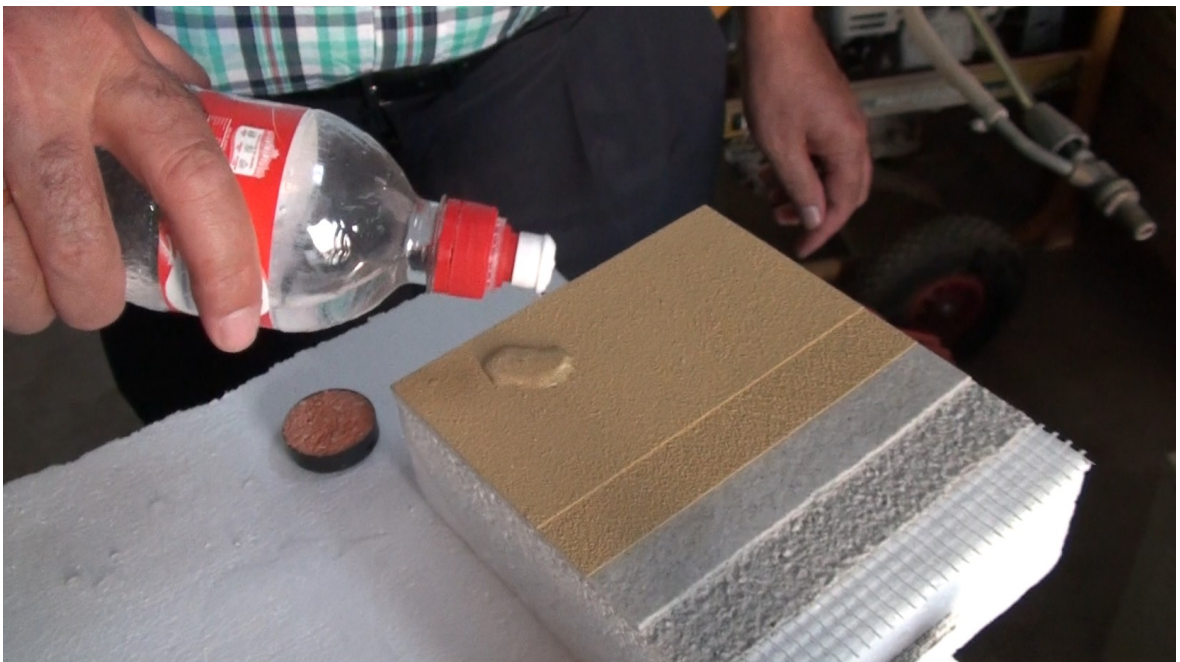
Revestimientos exteriores de Fachada

El revestimiento de fachada se tuvo que acometer en dos fases separadas en el tiempo por condicionantes de diversa naturaleza.

No era conveniente terminar la totalidad de las capas del revestimiento de fachada teniendo aún trabajos por hacer en el exterior de la vivienda en la preparación de suelos de exterior, pero tampoco era muy deseable dejar el aislamiento exterior sin protección frente a los rayos ultra violeta del sol que podrían deteriorar el EPS.

Es por ello que se aprovechó el andamiaje instalado para la seguridad, en los primeros trabajos de fachada que protegiesen el aislamiento.

Esta primera mano, equivale al puente de adherencia parecido al usado en la solución del Yeso, pero a diferencia de este, el producto específico adecuado para ello consistía en Coteterm-M de la empresa Parex, producto que presenta las garantías adecuadas para su aplicación sobre Poliestireno Expandido (EPS).



Solución multicapa Coteterm para el revestimiento de Fachada con Aislamiento

Del totalidad de capas de esta solución, se dieron las 3 primeras capas que lo componen, en una primera mano de *Coteterm-M*, mas una malla de fibra de vidrio (*Coteterm Malla STD 167*), mas una segunda mano de *Coteterm-M*.

Las siguientes capas se darían como parte del acabado final en un momento futuro, cuando el resto de la obra en el exterior estuviese completa para garantizar que el revestimiento quedase terminado sin mancharse o deteriorarse por cualquier incidente en los trabajos en curso.

La solución completa una vez terminada aún requeriría de una mano de producto *Coteterm Fondo* como base a las siguientes capas, y otras dos capas de *Coteterm Estuco Flexible* como acabado final.

Estos productos son flexibles a las dilataciones y por lo tanto garantizan una durabilidad del aislamiento al no producirse grietas y ser impermeables, lo cual es

importante para evitar deterioros en la adherencia por posibles dilataciones del agua al helarse. Se trata pues de proteger al máximo la inversión del revestimiento al aislamiento con los productos más adecuados y específicos para ello.



Primera mano del revestimiento para proteger el aislamiento de rayos ultravioleta

El acabado de la primera mano protectora y que serviría de puente de adherencia, cumple su cometido dando un aspecto de fachada terminada, aunque no lo estuviese realmente.



Aspecto de las primeras tres capas tras retirar el andamiaje

Se retiró el andamiaje al finalizar esta primera parte del revestimiento, por estar en régimen de alquiler, para no incurrir en costes extra, y por necesitarse trabajar sobre los suelos de tierra exterior para solarlos.

Puede apreciarse como la vivienda adosada que comenzó en las mismas fechas, pero con sistema tradicional de ladrillo, tiene aún trabajos en el cerramiento.

Parte de los trabajos de revestimiento de fachada, consistieron en suplementar también algunas zonas que pudiesen actuar como puente térmico, como el forjado y techo del sótano en su parte exterior previo a la puerta de garaje.



Planchas de aislamiento EPS de 5cm fijadas al techo del forjado de entrada al garaje

Las planchas de aislamiento suplementarias en esta zona exterior del techo de garaje, corresponden al suelo de planta baja, por lo que se suman a las bobedillas de Poliestireno en dicha zona para evitar puentes térmicos en la envolvente.

La fijación es triple. Van pegadas con Coteterm-M, mas una fijación mecánica de cotaespigas plásticas (se ven los círculos del cabezal), mas la fijación proporcionada por la malla de fibra de vidrio que continuará bajando desde fachada para envolverlo todo, proporcionando continuidad al revestimiento.



Planchas de aislamiento en frentes de forjado y laterales no cubiertos por terreno en sótano

La envolvente de aislamiento se completa en todos los posibles puentes térmicos.

Con el objetivo de ahorrar costes, el peto de defensa frente a caídas de la cubierta superior que actúa como barandilla, no se realizó continuando con bloques de Styrostone, ya que tampoco en dicha zona exterior tiene sentido el aislamiento.

Sin embargo, era aconsejable evitar un cambio brusco de material que provocase una junta susceptible de tener dilataciones diferentes y que pudiesen perjudicar tanto al revestimiento como al aislamiento de las plantas inferiores al fisurarse el revestimiento y permitir filtraciones de agua que con las heladas actuaran mecánicamente en perjuicio del aislamiento instalado.

Es por ello que debido a que la superficie del peto a cubrir era pequeña, se opta por suplementar hasta arriba la cara de fachada de dicho peto que queda rematada con un vierteaguas de hormigón polímero que protegerá más adecuadamente frente a la climatología este posible punto débil.



Planchas de EPS para mantener la continuidad de dilataciones

Esta solución económica protege una inversión mucho más importante para proporcionar durabilidad.

Las planchas tuvieron que ser de 10cm, debido a que del total de 20cm de ancho que tiene un adoquín de los que conforman el peto defensivo frente a caídas, técnicamente solo se podía apoyar como máximo 5cm volando sobre el forjado, o en otras palabras, entrando 5cm de apoyo sobre el bloque de aislamiento "blando" que recordemos tenía 15cm de grosor en su cara exterior. Esto nos obliga a optar por planchas de 10cm para rellenar justo el espacio que falta para alinear con la fachada, manteniendo la vertical perfectamente alineada.

Debido a la intensidad sísmica en Granada, dicho peto, se apuntaló con varillas de hierro verticales que penetraban sólidamente en el forjado, y se hormigonaron los orificios para dar solidez al conjunto de la ferralla y los bloques.

El resultado en fachada de la continuidad del material con idéntico coeficiente de dilatación, ofrece garantías a futuro de no fisuración o filtraciones.

Además, aquí adelantamos una de las otras medidas de bajo coste que repercutirán positivamente en el comportamiento térmico de ventanas y puertas de exterior, que como se verá en la sección de ventanas especialmente, permiten abaratar el coste de las mismas en concreto en la solución del marco adoptado.

Aunque se verá con mas detalle en la sección dedicada a las ventanas, el comportamiento térmico del cristal es con mucho muy superior al de los marcos.

En concreto la transmitancia térmica de los cristales certificada en $U=0,5W/m^2°C$ es casi el doble de "mejor" que la de un buen marco de ventanas con $U=0,9W/m^2°C$. Siendo por norma general menos rentable mejorar el marco, que mejorar el cristal comparativamente debido a que la transmitancia térmica en una superficie mayor como la del cristal siempre tiene mayor influencia que la del marco.

Este hecho, sugiere que con una simple medida de aprovechar los recortes de las planchas de aislamiento sobrantes del recubrimiento de la envolvente en las zonas en las que no se usó Styrostone, se puede realizar un cajeadado suplementario de los huecos de ventana que proporcione la doble ventaja de cubrir la mayor parte del marco de ventana con aislamiento, así como tambien aportar cierto beneficio adicional a la zona de Jambas y Dinteles que ya contaban con los 5cm de aislamiento de Styrostone en dichos contornos del hueco.

En el caso de las puertas balconeras de exterior, se remata el acabado contra el borde del premarco de aluminio que servirá de sujección al sistema de mallorquinas abatibles que permiten el paso de personas.



Ejemplo de plancha de aislamiento supletorio para cubrir parte del marco en dintel

Como puede verse, la plancha aislante de 4cm se adhiere en la zona intermedia que existe entre el marco de ventana balconera y el marco de la propia mallorquina que está enrasado con fachada.

Mientras que en el caso de ventanas normales con sistema de celosías para el sombreado, se aplica la misma mejora, con la única diferencia de contar con un premarco un poco mas retranqueado hacia el interior del hueco con el objetivo de

evitar que las lamas de la celosía sobresalgan de la fachada cuando están en su posición de máxima apertura horizontal.

Recordemos que este premarco de aluminio cuadrado, que es el definitivo para recibir las celosías y permitir su anclaje, sobresale precisamente del lateral y parte superior del hueco por estar atornillado a los perfiles metálicos de acero galvanizado existentes bajo el revestimiento, que a su vez fueron anclados con solidez al núcleo central de hormigón del muro mediante una "T", pero que quedaron tapados y enrasados por la primera capa de revestimiento protector que incluía la malla de fibra de vidrio, durante los primeros trabajos en fachada.

Esta solución fue preparada para permitir atornillar fuertemente un metal con otro metal en una zona mas externa a la disponible para alcanzar directamente la franja del núcleo de hormigón, lo que posibilita tener el premarco de celosía en una posición firme con independencia total de su superposición con la franja de aislamiento exterior de 15cm.

La solución de Styrostone habría permitido anclar directamente al centro del hueco la celosía, por estar ahí el núcleo de hormigón, pero se deseaba dotar de espacio extra la separación entre ventanas y celosías.



Ejemplo de plancha de aislamiento supletorio para cubrir parte del marco en jambas

Se aprovecha precisamente ese el espacio existente entre el marco de ventana y el premarco de aluminio que sobresale, como punto de anclaje para las celosías, a fin de alojar las planchas de aislamiento suplementario.

En ambos casos es recomendable la fijación de las planchas con el producto específico para poliestireno, como Coteterm-M y adicionalmente clavando cotaespigas que realicen una fijación mecánica contra el núcleo del muro de hormigón de dicha zona, antes de cubrir con el revestimiento protector.

Terminados todos los remates que completan la solución de revestimiento en fachada con las capas iniciales de Coteterm-M, malla de fibra de vidrio y nuevamente coteterm-M, se procede de forma simultánea a cubrir con las ultimas

3 capas del acabado, que como dijimos previamente estaban compuestas de *Coteterm Fondo* como base, y las últimas dos capas de *Coteterm Estuco Flexible* como acabado final.

El andamiaje en este caso fue proporcionado por la propia empresa de revestimientos, y contabilizaba como parte del precio cerrado en factura.



Trabajos de terminación de últimas capas de revestimiento en fachada

El acabado final escogido, fue en color completamente en blanco, por ser este el más beneficioso para la zona de Andalucía, en especial en verano, ya que es en la franja estival donde hay una insolación muy agresiva.



Vista de la fachada con el revestimiento terminado

Ventilación Mecánica con Recuperación de Calor

Para evitar las pérdidas de calor de la calefacción o del frío de la refrigeración, utilizamos un sistema que permita ventilar la casa en todo momento sin abrir las ventanas. Esto permite un ahorro cercano al 92% en climatización.

Antes de instalar la máquina que permite la ventilación con recuperación de calor, se tuvieron que realizar los trazados de tuberías de ventilación, que aportan un doble circuito. El aire nuevo ingresa en la vivienda por las habitaciones como salón y dormitorios, mientras que el aire extraído se evacua a través de las canalizaciones de cocina y baños.



Paso de los tubos generales de insuflación, extracción, y reparto de aire



Red de distribución y extracción de aire hacia/desde las habitaciones

Los tubos generales del sistema de ventilación son de un gran diámetro circular y

metálicos, mientras que las canalizaciones de reparto son de tipo plástico plano, que permiten el paso de todos los ramales en el poco espacio del falso techo.



Toma de aire limpio exterior de la vivienda y respiradero del sotano

Desde el exterior de la vivienda, se toma el aire limpio a ingresar, desde la zona baja para evitar los humos de chimeneas de biomasa instaladas en la última planta de la vivienda adosada.



Caja de filtrado general del aire que ingresa a la vivienda

Para mejorar la calidad del aire interior, se cuenta con una caja de filtrado previa, que permite elegir el grosor del filtro de aire según la calidad de aire interior deseada.

Esto se hace por un doble motivo. En primer lugar para respetar la Normativa Europea de ventilación EN 13779 y el RITE, que recomienda la existencia de un doble proceso de filtrado en el aire. Y en segundo lugar para dotar de mayor vida a los filtros de la máquina que son más caros de sustituir, con lo que se abarata la

instalación a largo plazo con la simple colocación de esta caja de prefiltrado.

La máquina de ventilación instala ya cuenta con filtros del tipo F7, por lo que se puede optar por instalar filtros F6 o bien G4 en la caja de prefiltro.

FILTRACIÓN: Norma Europea de ventilación EN 13779 y RITE

CONSEJO

Recomendamos instalar un prefiltro (G3, G4) delante de la primera etapa de filtración. Estos filtros tienen eficiencias (filtración de polvo) del 80-90%. Así conseguimos alargar la vida de los filtros de alta eficacia y reduciremos el consumo energético de la instalación. De la misma manera el coste de los recambios será más bajo.

CAMBIOS DE FILTROS

Se establecerán tres límites para el cambio de los filtros:

- pérdida de presión final
- tiempo que lleva instalado
- tiempo que lleva funcionando.

El primer límite alcanzado es el que determinará la sustitución del filtro.

La primera etapa

2000 horas de funcionamiento, máximo 1 año instalado o cuando alcance la pérdida de presión final

La segunda o tercera etapa

4000 horas de funcionamiento o máximo de 2 años o cuando se alcance la pérdida de presión final

Los filtros de gas o moleculares (carbón activo) no cambian de pérdida de presión durante el funcionamiento normal, por eso recomendamos el cambio después de 5000 horas o después de 1 año.

La Norma Europea EN 13779 busca ofrecer una calidad del aire interior saludable y confortable durante todos los periodos del año, con unos costes de instalación y funcionamiento aceptables. Actualmente se ha adoptado en todos los países de la Comunidad Europea.

En España este conjunto de normas se recoge en el Reglamento de las Instalaciones Térmicas en la Edificación (RITE) que especifica el filtrado, temperatura y humedad que requiere un sistema de HVAC para ofrecer una buena calidad de aire interior (IDA) en función del aire exterior (ODA).

FILTRACIÓN DE PARTÍCULAS:

	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
FILTROS PREVIOS				
ODA 1	F7	F6	F6	G4
ODA 2	F7	F6	F6	G4
ODA 3	F7	F6	F6	G4
ODA 4	F7	F6	F6	G4
ODA 5	F6/GF/F9*	F6	F6	G4
FILTROS FINALES				
ODA 1	F9	F8	F7	F6
ODA 2	F9	F8	F7	F6
ODA 3	F9	F8	F7	F6
ODA 4	F9	F8	F7	F6
ODA 5	F9	F8	F7	F6

IDA Calidad de Aire Interior

- 1 Óptima (hospitales, laboratorios, guarderías)
- 2 Buena (oficinas, hoteles, aulas)
- 3 Media (locales comerciales, cines y restauración)
- 4 Baja

ODA Calidad de Aire Exterior

- 1 Puro (con partículas de forma temporal)
- 2 Limpio (concentración de partículas)
- 3 Sucio (contaminantes gaseosos)
- 4 Contaminado (contaminantes gaseosos y partículas)
- 5 Muy contaminado

Tanto la normativa Europea, como el Reglamento de las Instalaciones Térmicas en la Edificación Española, detallan las posibles opciones y tipos de filtros, en unas tablas indicativas según sea la calidad del aire exterior disponible, y la calidad del aire interior objetivo.

En las épocas con presencia de polen, se puede adecuar el tipo de filtro a las condiciones existentes.

Por otro lado, el tubo de expulsión o chimenea del aire viciado de la vivienda, por recomendaciones del fabricante, ha de estar separado convenientemente del lugar desde donde se tome el aire limpio, a fin de evitar la posible absorción de aire viciado por la boca de entrada de aire limpio.

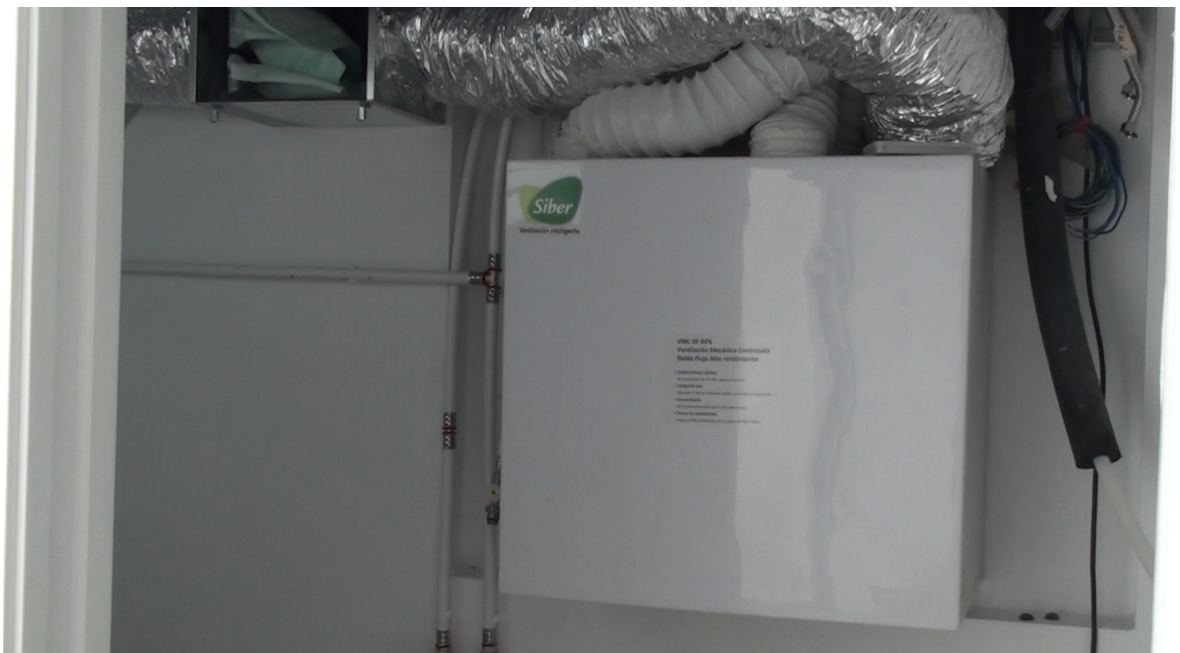
Por esta razón la expulsión de este aire viciado de la vivienda tras haberse aprovechado para recuperar su calor en calentar el aire que ingresa, se realiza hacia la cubierta superior en la que se encuentran las salidas de otros gases como calderas de biomasa, chimeneas de leña, o extracción de humos de cocina.



Tubo de extracción de aire viciado en cubierta superior

Con respecto a la máquina de ventilación mecánica con recuperador de calor instalada, se optó por un modelo de alta eficiencia.

Este sistema intercambia la temperatura del aire en el interior de la vivienda, con el aire renovado que ingresa a ella mediante una pared adiabática situada en el interior de la máquina de ventilación, que permite la transferencia termica de ambos caudales de aire en su camino de expulsión de la vivienda del aire viciado y de ingreso a ella del aire nuevo.



Maquina de ventilación Siber VMC Doble Flujo, de alta eficiencia

La electrónica de esta maquina permite programar el freecooling, gracias a la medicion de temperaturas del aire exterior e interior, permite decidir si hacer bypass del sistema de recuperacion de calor e ingresar aire fresco directo por ejemplo en una noche de verano cuando la temperatura exterior es mejor que la interior. Siendo su consumo tremendamente inferior a un aire acondicionado.

Bomba de Calor para el ACS y Calefacción

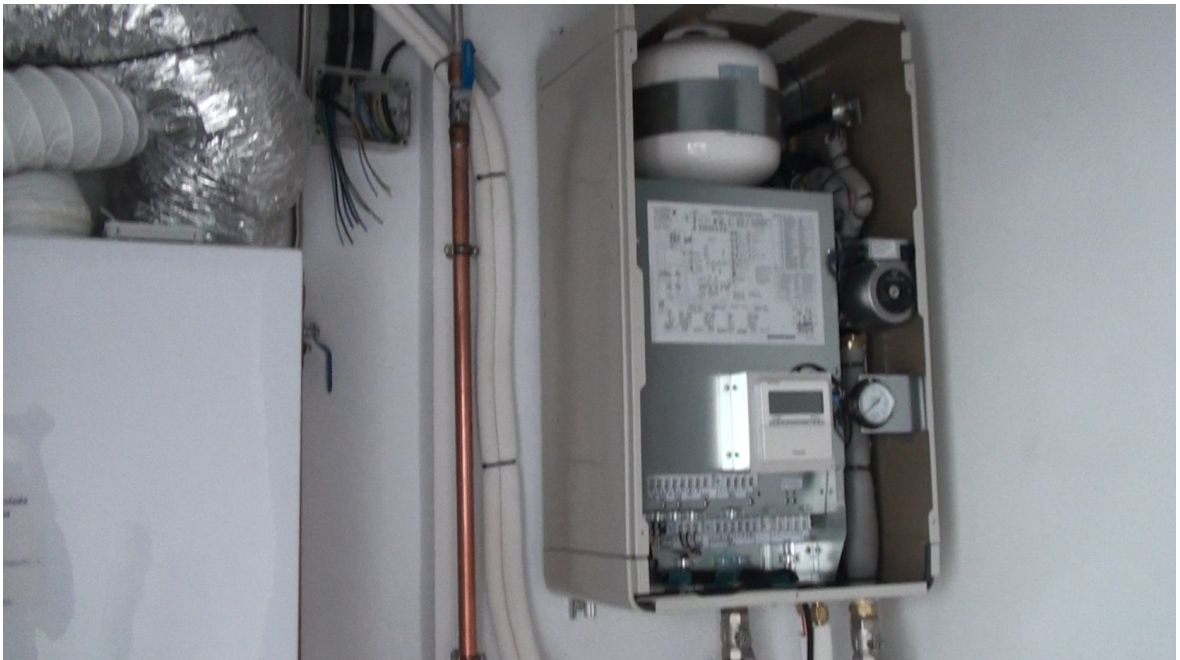
En materia de Calefacción y Climatización, así como para mantener el Agua Caliente Sanitaria (ACS) se optó por un único sistema de entre los mas eficientes disponibles para ambas cosas. Que en el caso del ACS tiene además contribución solar, optimizada como ya veremos más adelante.

El sistema de bomba de calor del fabricante Toshiba, se conoce como Estia.



Unidad exterior de la bomba de calor del sistema Estia

El sistema está compuesto por una unidad exterior instalada en la azotea, y una unidad interior que posee el intercambiador de placas que transfiere el calor o el frío al circuito de agua.



Unidad interior intercambiadora de placas del sistema Estia

La unidad interior instalada en sótano, además cuenta con todos los elementos de

electrónica para el control del doble circuito de agua de consumo y del suelo radiante, calentando alternativamente y según necesidad cualquiera de ellos, priorizando el agua caliente de consumo automáticamente. Tanto el sistema de ACS como el de suelo radiante, tienen depósitos separados que son calentados por el circuito de la bomba de calor mediante una válvula de 3 vías.



Valvulas termostaticas mezcladora y selectora, para el aprovechamiento solar, ESBE VMC322

La foto se ha tomado antes de añadir las coquillas aislantes que evitan pérdida de calor en todas las tuberías de la instalación.

Una de las mejoras en eficiencia en el agua caliente sanitaria, viene por favorecer la cantidad de calor que proviene de las placas solares mediante un sistema de dos válvulas termoestáticas. (Mezcladora y Selectora)

DATOS TÉCNICOS

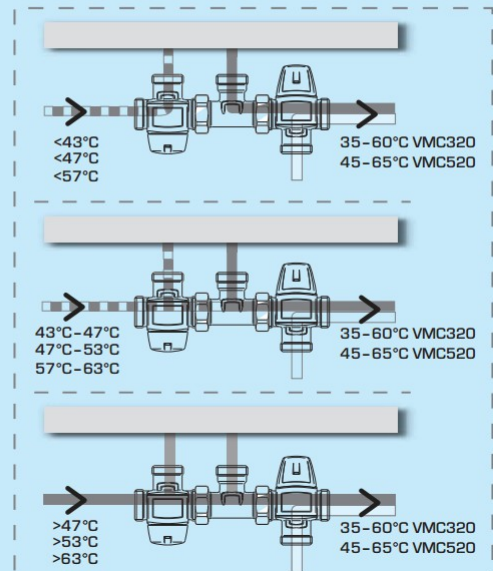
Clase de presión: _____ PN 10
 Caudal máx. desde el colector: VMC300: __ 0,7 l/s [42 l/min.]
 VMC500: __ 1,0 l/s [60 l/min.]
 Temperatura del agua procedente del colector: _____ máx. 95°C
 _____ mín. 0°C
 Temperatura de la fuente de calor adicional: _____ máx. 95°C
 Precisión escala temperatura: _____ ±1°C
 Escala de temperatura fija válvula desviadora: _____ 45°C ±2°C
 _____ 50°C, 60°C ±3°C
 Escala temperatura regulable, válvula mezcladora:
 VMC300: _____ 35-60°C
 VMC500: _____ 45-65°C
 Estabilidad de la temperatura del agua saliente:
 VMC300: _____ ± 2°C*
 VMC500: _____ ± 4°C**
 Conexión: _____ Rosca externa, ISO 228/1

* Válido a una presión de agua caliente/fría invariable, velocidad mínima del caudal 4 l/min. Diferencia mínima de temperatura entre la entrada de agua caliente y la salida de agua mezclada de 10°C.
 ** Válido a una presión de agua caliente/fría invariable, velocidad mínima del caudal 9 l/min. Diferencia mínima de temperatura entre la entrada de agua caliente y la salida de agua mezclada de 10°C.

Material

Alojamiento de la válvula y otras piezas metálicas en contacto con fluidos: __ Latón DZR, CW 602N, resistente a la desgalvanización

MODELO DE CAUDAL



Priorización del consumo de agua solar de forma pasiva por régimen de temperaturas

Como puede verse en la ficha técnica, el funcionamiento es el siguiente:

Siempre que la temperatura del depósito solar termosifónico de las placas solares sea superior a la temperatura apta para el consumo directo, se toma el agua directamente del solar y se desvía al circuito de consumo directo sin pasar por el depósito de agua caliente de la bomba de calor, lo cual permite apagar la bomba de calor en verano y meses cálidos.

En caso de que la temperatura esté en un rango intermedio, parte pasa al depósito por su entrada, y parte pasa a mezclarse con la salida de agua de dicho depósito.

Si en cambio la temperatura del agua solar viene demasiado fría, se deriva en su totalidad al depósito para su calentamiento por la bomba de calor. Tomándose el agua caliente exclusivamente de dicho depósito.

En todos los casos, la última válvula, protege a la instalación de alcanzar temperaturas demasiado elevadas, puesto que en caso de superar los 65°C en la salida a consumo se mezcla con entrada de agua fría para obtener una temperatura constante inferior a ese límite. Siendo regulable.

Con este sistema se garantiza de forma más económica que utilizando una centralita electrónica y las correspondientes bombas de agua que consumen energía en circular el agua, que el resultado de agua caliente obtenido es el de menor coste energético. Las leyes físicas de la termodinámica por sí mismas, actúan sobre la preparación del agua mediante esta doble válvula termostática selectora y mezcladora, sin motorización o caros sistemas de control externo.

La temperatura del agua solar por sí misma provoca la decisión sobre a donde debe encaminarse, para provocar el máximo ahorro energético.



Bombas de alta eficiencia para la impulsión del suelo radiante y recirculación de ACS

Otra mejora en la eficiencia del sistema de agua caliente del suelo radiante y del agua de consumo, se consigue adoptando los modelos de bomba dimensionados correctamente para dicho cometido.

Para elegir adecuadamente, se consultaron los datos de Europump, la asociación europea de fabricantes de bombas, y se valoraron los datos para optar por los modelos de Grundfos o de Wilo que destacan en eficiencia energética.

Finalmente se necesitaban 2 bombas, una para circular el agua en el circuito cerrado de calefacción del suelo radiante partiendo de su correspondiente depósito de inercia de 100L adecuadamente aislado. Y la otra se utilizó para permitir el doble ahorro en la red de consumo, de agua caliente, y energía.

La bomba encargada de impulsar el agua del suelo radiante fue una de clase A Grundfos Alpha 2L 25-60, que consume únicamente entre 15W y un máximo de 45W, con el beneficio de estar controlada por la electrónica del sistema Estía, que la pone en funcionamiento solamente cuando es necesario.

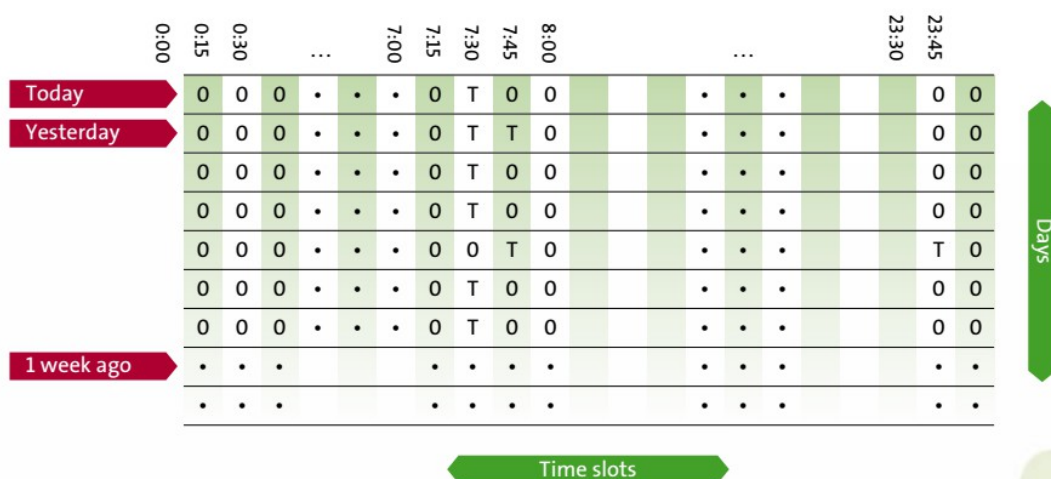
Y para el ahorro de agua caliente, fue una Grundfos Comfort autoadapt 15-14 PM, cuyo consumo oscila entre 3W y 15W pero que no trabaja de forma continua, sino ahorrando del siguiente modo:

La bomba tiene una pequeña memoria que anota los hábitos de consumo durante periodos de dos semanas contabilizando cada cuarto de hora en una tabla.

Si por ejemplo se usa agua caliente con frecuencia entre las 7:15 y 7:30, la bomba lo tendrá en cuenta para sacar el agua fría de las tuberías mediante el circuito de retorno al depósito, haciendo que el agua caliente llene las tuberías, para cuando se abran los grifos no se desperdicie agua esperando a que salga caliente.

MAKING A TAPPING CALENDAR

Every hot water tapping is logged in the calendar that covers at least one week’s tapping history (Fig 2). Each calendar day is divided into 15 minutes time slots. When tapping of hot water is registered within a time slot, a T (for tapping) is noted in the calendar for this particular time slot. If no tapping is registered within a time slot, a 0 is noted. Based on the algorithm in the calendar log the AUTOADAPT simply concludes when the next tapping of hot water can be expected; i.e. in those time slots where most T’s have been noted over the days.



In the example shown in Fig 2, 6T are noted in the time slot 7:15-7:30, and 2T in the time slot 7:30-7:45. This means that the circulating pump will ensure that hot water is available at the tap the next day at 7:15. According to the calendar log in the example the pump should also ensure hot water at 7:45 and 23:30.

In the example only one week’s data is logged. The AUTOADAPT’s control function in fact logs two weeks’ data. This way the different consumption patterns of workdays and weekends can be taken into account.

En los sistemas parecidos de recirculación de agua caliente, se pierde mucha energía porque la bomba suele trabajar todo el día consumiendo electricidad en mover el agua caliente a las tuberías, y además, se pierde energía en la fuga de calor de las propias tuberías del edificio al mantener siempre agua caliente en ellas en todo momento. (Por muy aisladas que estén, siempre hay pérdida de energía).

Para un hotel, esta bomba no tendría sentido, pero para una vivienda unifamiliar, los hábitos pueden transformarse en ahorro directo. Puesto que no se despilfarra agua esperando a que salga caliente en primer lugar, y tampoco se desperdicia energía manteniendo las tuberías calientes durante todas las horas del día.

No obstante, todas las tuberías de la vivienda están calorifugadas, incorporando coquilla aislante en todo el recorrido de ida y de retorno al depósito de agua caliente, por lo que solo cuando se necesita se moviliza el agua caliente hacia las tuberías, para que esté preparada para su uso inmediato.

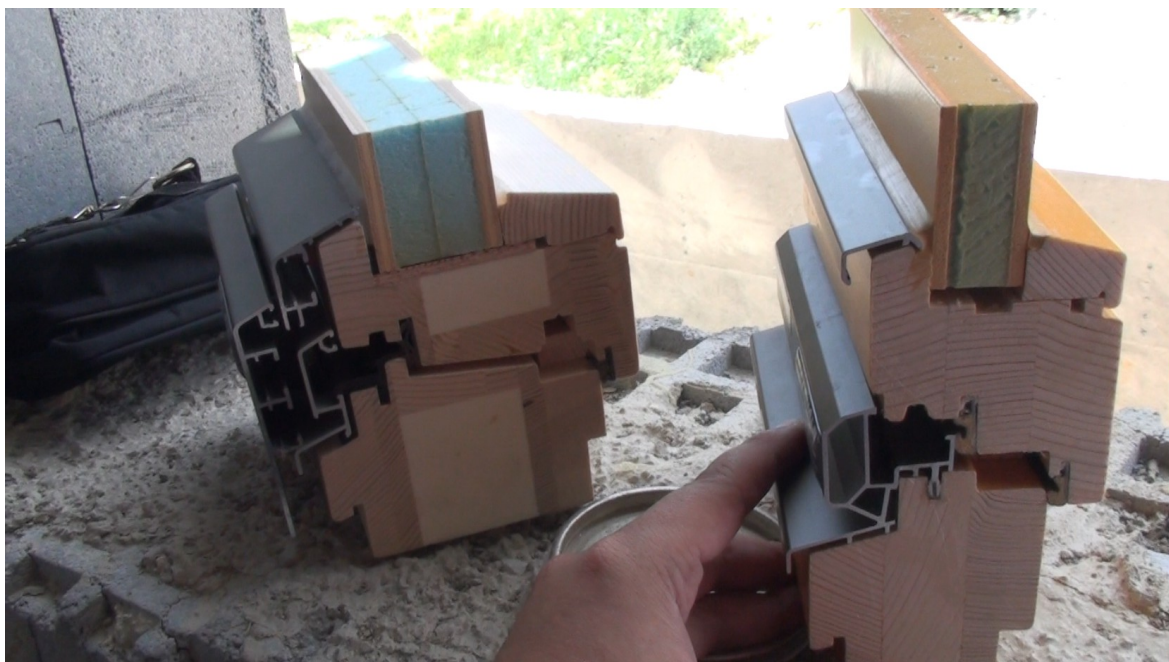
Estas bombas cumplen normativas europeas que no entrarán en vigor hasta el año 2015 adelantándose a su tiempo en las exigencias de ahorro energético.



Calorifugado mediante recubrimiento con coquilla aislante de todas las tuberías

Ventanas con triple cristal y marco de alto aislamiento

La elección de las ventanas a instalar, estaba restringida a los valores mínimos de transmitancia térmica calculados por el ingeniero industrial Jose Javier Martin Sierra colegiado nº1309, que fue el encargado del estudio energetico inicial previo al comienzo de la obra, para no errar en las soluciones a emplear para Clase A.



Dos opciones de marco de ventanas de madera y aluminio

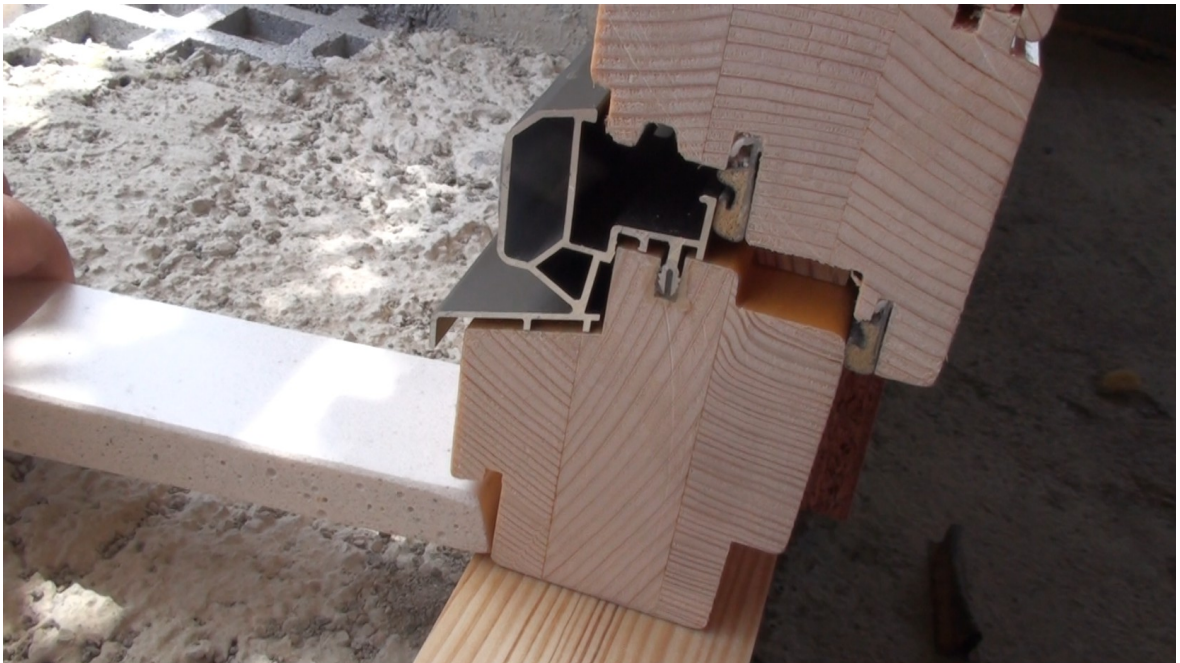
Las opciones disponibles, dejaban claro que para el cristal solo se podían conseguir los valores objetivo con un triple cristal en cuyas dos cámaras existiese gas Kriptón. Pero en el marco, la cuestión era menos exigente, puesto que era suficiente con la mitad del valor de transmitancia térmica exigida al cristal.

En la foto se pueden ver dos opciones, la de la izquierda es un marco utilizado en casas con clasificación energética superior a la A o "Casas Pasivas", mientras que la de la derecha es suficiente para una clasificación energética B. (según casos, claro)

No obstante, se escogió un marco intermedio entre ambos, más parecido a la opción de la derecha, pero con la mejora de incluir espacio para el triple cristal, y con la configuración de tener el total del exterior protegido por aluminio, mas el añadido de las inyecciones de poliuretano de alta densidad en los nucleos de madera, tal y como pueden apreciarse en los recuadros de marco de la izquierda en los que las propiedades aislantes de la madera se mejoran aún mas agregando dicho material aislante en el nucleo.

Con este tipo de marco, y las mejoras practicadas en la solución descrita en el apartado de revestimientos de exterior, se consiguió reducir el coste de la ventana, mejorando la eficiencia energética del marco por otros medios, consistentes en la adición de aislante adicional que tapase el marco por el exterior.

No obstante, los cálculos del certificado energético de la vivienda se realizaron con el valor de transmitancia del marco sin tener en cuenta la posible mejora por ser imposible cifrarla en datos objetivos medibles. Pero tampoco añadió costos.



Detalle del remate de la ventana contra la piedra del vierteaguas (alfeizar)

La colocación de la piedra del vierteaguas en una sola pieza de hormigón polímero, evitará problemas en la filtración de agua una vez selladas, y no provocará puentes térmicos hacia el interior de la vivienda. En la imagen falta la parte de aluminio de vierteaguas que baja cubriendo el resto de madera del exterior de la ventana para aumentar su durabilidad al no exponerse al sol la madera en ningún punto.



Detalle del material de apoyo en marco de ventana para el ajuste perfecto

En el proceso de colocación, se agregaron los elementos para la mejora del sellado de la ventana en su unión con el premarco de madera, incluyendo la inyección de espuma de poliuretano en las juntas que quedaban para provocar un sellado térmico y frente a filtraciones de aire completo.



Inyección de espuma aislante de poliuretano en el sellado de juntas de ventana

Los remates de la colocación de las ventanas, fueron vigilados especialmente por tratarse de uno de los puntos débiles del cerramiento, sobre los que había que garantizar una colocación correcta de todos los elementos que no perjudicase la instalación o la inversión realizada.



Detalle del triple acristalamiento de doble cámara con gas aislante Kriptón

Se aprecian en la imagen las serigrafías situadas entre los cristales, que permiten ver los marcados de normativa, las fechas de fabricación, y códigos del producto.

El gas Kriptón, ofrece mejores valores de aislamiento que el gas Argón, lo que dificultó el proceso de elegir proveedor, debido a la baja disponibilidad en España de fabricantes que dispongan de dicho gas.

Puertas exteriores con aislamiento certificado

Existen dos puertas balconeras, una para el acceso al patio trasero desde cocina, y otra para el acceso a la cubierta superior de la azotea, que tienen las mismas características descritas en las ventanas, salvo por sus dimensiones mayores al ser puertas.

Sin embargo, para la puerta principal del exterior de la vivienda, no era conveniente utilizar este sistema con cristales, y se optó por buscar una puerta exterior que tuviese algún tipo de certificado de su transmitancia térmica.

No basta con una puerta convencional, puesto que en primer lugar, al no disponer de datos fiables de su comportamiento térmico, no habría sido "fiable" simularla correctamente en los programas oficiales utilizados para la calificación energética, introduciendo un elemento no objetivo.

Por otro lado, al encontrar un fabricante que si dispone de estos certificados, se pudo observar que una de las virtudes de su sistema de puertas consiste en estar dotadas de un tranco inferior con burlete de goma que sella perfectamente la puerta cuando esta cerrada, evitando las típicas entradas de aire exterior por la ranura inferior de la puerta. La puerta es estanca en todo su perímetro.



Puerta Hörman TermoPro modelo TPS 010 con transmitancia $U=1,2W/m^2°C$

A pesar de haber buscado la puerta con mejor transmitancia térmica del mercado, este es el punto más débil térmicamente de la vivienda, pero en cambio, debido a ser una superficie pequeña, no afecta en mucho al valor global de la vivienda.

La única mejora posible en este aspecto habría sido buscar una opción de entrada a vivienda con un recibidor y una segunda puerta interior, pero incurriendo en un coste extra y en un perjuicio de la distribución del interior debido al poco ancho de la vivienda de solo 6 metros de ancho de fachada que no justificaban contemplar la posible mejora.

Así mismo, dado que el cuarto general de instalaciones en el sótano, mantiene en

su interior el depósito de agua caliente sanitaria y el de inercia del suelo radiante, no era beneficioso poner una puerta de garaje sin aislamiento alguno, que hubiese bajado la temperatura en el interior del sótano incrementando la pérdida de calor de dichos depósitos que aunque aislados, son sensibles a la temperatura externa que puede perjudicar sus ahorros, y probablemente también podría perjudicarse la zona habitable de la vivienda con posibles intercambios de calor desfavorables al abrir la puerta de cocina que comunica con el sótano por las escaleras.

Es por ello que se decidió optar por una puerta seccional de garaje que incorporase aislante térmico, y un burlete de goma (EPDM) que sellase su cierre contra el suelo, para no tener temperaturas demasiado bajas en invierno en dicha ubicación.

El resto del sótano no está aislado por ninguno de sus muros, ya que es un sótano sin ventanas y completamente sumergido en el terreno que es lo que le aporta el aislamiento por todo su perímetro a excepción obviamente de la puerta seccional de entrada. Mientras que por el techo del sótano, tampoco hay problemas térmicos al ser utilizadas bobedillas aislantes de poliestireno para separarlo de la zona habitable de la vivienda.

Tratándose únicamente de una mejora con bajo coste proporcional, puesto que la puerta seccional aislante no difiere demasiado de una puerta seccional sin aislante, se optó por adquirirla con aislamiento.



Puerta seccional Hörman LPU40 con panel sandwich de 42mm aislado con poliuretano

Mallorquinas y Celosias para el sombreado de cristales

En la zona climática de Granada, la insolación de cristales en verano, puede aumentar gravemente la temperatura de la vivienda, por lo que es habitual ver las persianas echadas en esta época del año para sombrear y refrescar las casas.

En nuestro caso, no podíamos optar por persianas convencionales, porque el estudio previo demostraba que era imposible alcanzar la clasificación energética A, debido al problema del enorme puente térmico que ocasiona el cajetín de persiana, junto con los problemas de filtraciones de aire a la temperatura exterior.

Los cajetines aislados en el mejor de los casos solo aportan 2 o 3cm de aislamiento, lo cual constituye un punto de fugas importantes que no resuelve nada. Y la opción de colocar un cajetín en el exterior de la vivienda, tampoco era económica.

También se podría haber dotado a los huecos de ventanas y puertas con un voladizo que proyectase su sombra sobre la totalidad del hueco, pero esta solución constituye un problema de seguridad en planta baja, y un riesgo para la rotura de cristales que deseábamos proteger de accidentes en el exterior.

La solución más factible y con mayores ventajas para aportar sombreado regulable, seguridad, y protección de la inversión en cristales frente a accidentes por el exterior, pasó por dotar a las ventanas y puertas balconeras de celosías y mallorquinas de lama móvil, que permitan el paso de la luz pero no la insolación directa del cristal.



Detalle del premarco de celosía previo a su instalación

Puede apreciarse el problema de la insolación de los cristales a simple vista, por la sombra proyectada antes de añadir el sistema de celosías.

En la foto previa puede apreciarse el premarco gris que servirá para el anclaje del sistema de celosías de lama móvil, y como se aprovechó dicho premarco para aumentar el aislamiento del hueco entre el marco de ventana y la propia celosía.

Según los cálculos energéticos previos del proyecto realizados por el ingeniero industrial cualificado, que ya mencionamos en el apartado de ventanas, la lama mínima recomendable para proyectar una sombra adecuada sería de unos 40mm con una inclinación óptima de 30° en caso de optar por lamas fijas.

Sin embargo para favorecer la entrada de luz en todo el rango estacional, y regular adecuadamente el aporte de calor en invierno cuando fuese deseable, se optó por un sistema de lama móvil de 120mm de ancho, que permite incluso elevar la lama con inclinaciones inversas apuntando por encima de la línea del horizonte a fin de aprovechar el sistema en invierno cuando no llueva.

Hubiese sido mas deseable dotar a las ventanas de mallorquinas abatibles de doble hoja que pudiesen abrirse totalmente, pero estas tienen un precio bastante mayor que las celosías al prescindir de elementos de apertura de las hojas, aunque por otro lado aportan el beneficio de ser un sistema de reja, lo cual también era deseable. Por ello las mallorquinas se limitan a las puertas balconeras de paso.



Ejemplo de distintos grados de apertura en una mallorquina de lama móvil

El sistema de apertura de las lamas es totalmente manual.

Se estuvo barajando la opción de motorizar la apertura de las mismas pero no quedó claro que debido a la relación entre el precio y beneficio que aportase la motorización, se pudiese recuperar la inversión via ahorro energético.

No obstante para no cerrar esta posibilidad si en el futuro se abaratan mucho los sistemas de motorización y las centralitas inteligentes que tomen las decisiones óptimas sobre el grado de apertura en función de la climatología, se tuvo en cuenta en la instalación mediante la preparación de un tubo coarrugado que permitiría el paso del cableado desde el posible motor y un mecanismo junto a las ventanas preparado para alojar el posible interruptor de accionamiento manual actualmente dispuesto con una tapa ciega.

No obstante, debido al ancho de las lamas, no lo vemos necesario ni rentable energéticamente, ya que las lamas pueden quedarse en una posición determinada

durante toda una estación sin necesidad de cambiar su inclinación, mas que cuando llueva, nieve, o granice.



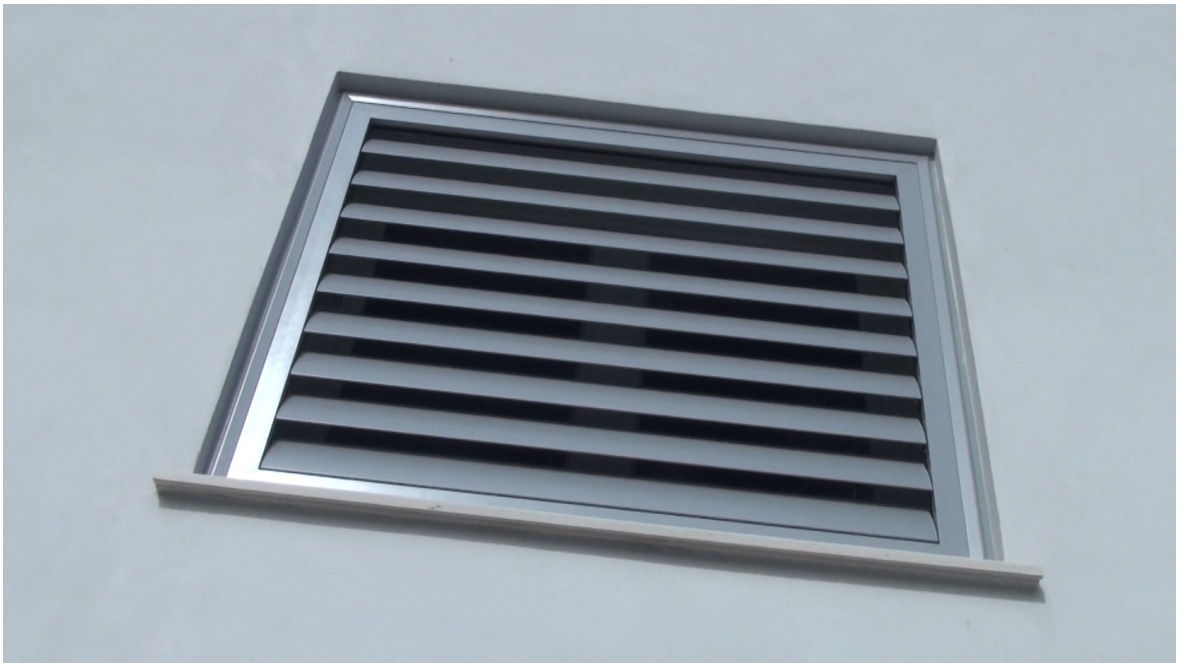
Ejemplo de regulación manual que permite inclinaciones inversas sobre la horizontal

El control de la iluminación con luz natural, puede ser mas factible y económico realizarlo con la simple utilización de estores interiores en caso de necesitar rebajar la iluminación puntualmente en lugar de actuar sobre la inclinación de las lamas.



Ejemplo de paso de luz con el sistema de mallorquina en posición abierta y el resto cerradas

En la época estival, es cuando el sol está mas alto en el horizonte, con lo que se puede mantener la máxima apertura de las lamas para producir el ahorro energético indirecto que supone aprovechar la luz natural durante esta época sin incurrir en el perjuicio de aumento de temperatura interior ni tener que bajar las persianas para dejar la vivienda en penumbra, lo cual puede incluso provocar el gasto de luz artificial si fuese necesario disponer de buena iluminación.



Celosía Regusol O-120 de Gimenez Ganga

Al margen de los beneficios energéticos que provoca esta configuración en los huecos de ventana, también suponen un beneficio indirecto de la seguridad para niños pequeños en las plantas altas.



Aprovechamiento de la luz natural en cualquier periodo estacional

Las condiciones de luz natural, antes y después de la instalación de las celosías, no han mermado, existiendo una considerable disponibilidad de luz natural en toda la vivienda incluso con las lamas en posición levemente inclinada como en esta foto.

Se puede apreciar como los rayos directos del sol, no inciden sobre el cristal ni sobre los suelos, y sin embargo el aporte de luz natural es abundante incluso en esta posición semi cerrada.

Fotos de acabados finales

A continuación pasamos rápidamente a mostrar las fotos en su estado final de puesta en marcha de las instalaciones y terminación de acabados de obra.

La primera secuencia muestra el total de instalaciones en el reducido espacio del cuarto de calderas situado en el sótano, por lo que es difícil mostrar en una sola foto todos los elementos juntos.



Acometida de agua con filtro Honeywell FK74CS para proteger la instalación de impurezas

El filtro de agua que protege la instalación es de maya de acero inoxidable de 50 micras y lavado a contracorriente, tal y como marca el Código Técnico de la Edificación. Evitando acumulación de impurezas en los depósitos y tuberías.



Ida y retorno de agua hacia las placas solares en azotea, debidamente aisladas



Valvulas termoestaticas mezcladora y selectora para derivar a consumo o a deposito ACS

Funcionan tal y como se explicó en el apartado de Bomba de calor para el ACS y calefacción, optimizando el ahorro al favorecer la contribución solar.



Intercambiador de placas de la bomba de calor Estía

Esta unidad interna del sistema Estía, es la que recibe el calor o el frio desde la unidad externa por las dos tuberias aisladas con coquilla en blanco, y mediante otras dos tuberias alimentan el calor al ACS o el calor y el frio al suelo radiante.

Su electronica acciona la valvula de 3 vias que deriva el circuito cerrado a uno u otro sistema, siendo el del ACS prioritario.

Tambien su electrónica es la encargada de accionar o parar la bomba que impulsa el agua de calefacción del suelo radiante segun la demanda.



Interconexión del intercambiador de placas de la Estía

Vemos como el circuito cerrado de la Estía consistente en estas dos tuberías con coquilla aislante negra, tienen por la conexión izquierda la entrada protegida con una pieza en "Y griega" que es un filtro adicional de protección, y por el lado derecho tiene la salida hacia la válvula de 3 vías.



Válvula de 3 vías que selecciona el circuito a calentar entre ACS y Suelo Radiante

Esta válvula es accionada por la electrónica, para seleccionar el circuito a calentar en cada momento.

En el circuito A, calienta el serpentín del depósito ACS de la estía, y cuando cambia al circuito B, pasa a calentar el depósito de inercia del suelo radiante o a enfriarlo, si el suelo está actuando como suelo refrescante en verano.



Deposito de inercia del suelo radiante

Este deposito de 100L aislante, proporciona "inercia" al sistema de suelo radiante. Es decir, si la cantidad de agua a calentar fuese muy pequeña, se alcanzaría la temperatura de trabajo en un periodo breve y al circular bajaria de nuevo la temperatura rapidamente, con lo que la bomba de calor estaría realizando muchas paradas y arranques en lugar de trabajar en un regimen continuo. La inercia, da tiempo a que los cambios de temperatura detectados no sean bruscos y el sistema trabaje de forma óptima.



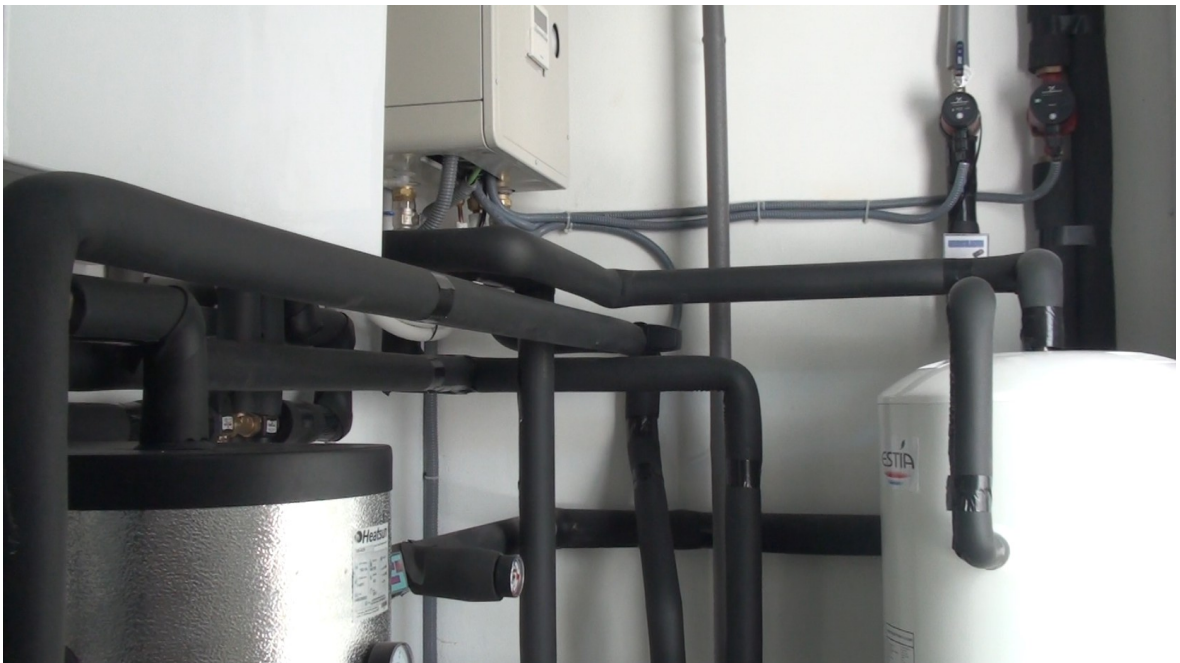
Deposito de Agua Caliente Sanitaria (ACS) con conexionado a recirculación

Este deposito a parte del serpentín que le aporta calor por las tomas traseras desde la estía, tiene la entrada de Agua fria que viene precalentada del agua solar en la zona inferior. En la zona superior se toma el agua mas caliente que va hacia los grifos, y en la zona media se retorna el agua de los grifos por una segunda tubería de retorno, que permite disponer de agua caliente instantánea.



Arriba a la derecha, bombas de recirculación de ACS e impulsión de suelo radiante

Las bombas encargadas de mover el agua del circuito de suelo radiante hacia los suelos de la vivienda, y la que permite usar la tubería de retorno de agua en los grifos de agua caliente, con el fin de evacuar agua que esté fría en las tuberías de agua caliente, para reemplazarla por agua verdaderamente caliente, se pueden ver sobre el depósito con sus tuberías subiendo hacia la vivienda.



Vista del conjunto de la instalación: Ventilación, ACS, Calefacción, y contribucion Solar

En esta vista que es la mas amplia que se permite por el reducido tamaño del cuarto de instalaciones del sótano, se pueden ver casi todos los elementos instalados que componen el sistema de calefacción, preparación de agua caliente de consumo, utilización de agua de las placas solares, y tambien la máquina de ventilación con recuperación de calor.



Instalaciones en azotea, sobre la cubierta plana del torreón de ultima planta

Unidad exterior de la bomba de calor Estía junto con los paneles de placas solares instalados con un deposito termosifónico de 300L de capacidad.

El agua que baja desde dicho depósito solar se aprovecha al máximo para aportar toda la temperatura obtenida con el sol, provocando precisamente el ahorro de la bomba de calor Estía al no tener que entrar a funcionar para ese mismo cometido.



Detalle de boca de toma de aire limpio hacia el interior de la vivienda

Las bocas de absorción de aire limpio hacia el interior de la vivienda y que van conectadas a la maquina de ventilación con recuperador de calor, van dotadas de las medidas de protección adecuadas para el exterior, como son la protección frente a lluvia, o las rejillas que dificultan la entrada de insectos o aves.

El pico inferior es un vierte aguas, que facilita la evacuacion de agua que escurre la pared, para que no se formen líquenes o manchas en fachada.



Detalle de fachada del patio trasero terminada con todos sus elementos

El aspecto exterior de una vivienda con aislamiento exterior, no tiene por que ser apreciable, como vemos en esta fotografía, la fachada no parece nada especial, e imita al estilo de cualquier casa convencional de Andalucía. Aunque el secreto está bajo esa piel escondido a pocos milímetros de la superficie.



Detalle de fachada lateral de acceso peatonal a interior de vivienda

Debido a la estrechez del terreno, el espacio edificable consistía en solo 6 metros de ancho de fachada, por lo que la vivienda es muy estrecha y alargada.

Por ello el acceso peatonal a la vivienda no podía ser por el frontal, y aquí vemos el detalle de la puerta principal de la vivienda situada en la mitad del recorrido de la fachada.

Se aprecia que para conseguir eficiencia energética, los tamaños de ventanas no pueden ser muy grandes, ni tampoco en gran número. Solo, los suficientes.



Detalle de fachada frontal a calle terminada

Vista del espacio disponible en fachada frontal, que acaba en el límite marcado por la vivienda adosada que tiene la cerámica en negro.

En esta imagen se ve el acceso a puerta de garaje, y como se hubiese dificultado el acceso a la vivienda por el frontal con escaleras y empeoramiento de la distribución interior al desperdiciarse en pasillos.

Es la fachada más soleada, pero no se podían poner mas ventanas por las limitaciones de presupuesto del proyecto y las limitaciones en la configuración de la distribución interior.



Vista del salón hacia cocina-comedor

Se pueden apreciar los acabados de todo el interior de la vivienda en planta baja, siendo el salón el que ejerce la función de distribuidor necesario, al resto de espacios de la vivienda.



Futura cocina-comedor con puerta balconera de acceso al patio trasero

La cocina con todas sus instalaciones de pared, en un lado los electrodomésticos con toma de corriente para fuegos de inducción, campana, hornos, frigorífico, etc, y en la pared enfrente, las tomas de agua para fregaderos, lavadora y lavavajillas.

La distribución en dos paredes separadas una de "aguas" y preparación de alimentos enfrente a la otra de "fuegos" y almacenaje, responde a eficiencias en aprovechamiento del espacio sin provocar esquinas, y a la circulación en el uso.



Vista hacia el salón y cuarto de juegos al fondo, desde la cocina-comedor

En esta perspectiva puede verse como el cerramiento de poliestireno aislante, y los tabiques de pladur, no suponen diferencia en los acabados con respecto al sistema constructivo convencional de ladrillo.

A la derecha de la imagen, la puerta que da acceso al sótano que intenta evitar en cierta medida, la separación con un espacio no habitable y no calefactado.



Baño terminado con bañera y lavabo doble para los niños

Aun faltan detalles accesorios como los espejos, pero ya se ha probado el funcionamiento correcto de agua caliente sanitaria con las placas solares y bomba de calor, siendo satisfactoria la instalación.



Sanitarios instalados en el mismo baño de la foto anterior

El mantener la totalidad de todos los acabados en blanco, en todos los interiores, es otra medida de ahorro para potenciar la luz natural.

El alto coste sumado de los sistemas de ventanas y celosías que se necesitan para alcanzar la clasificación energética A, no nos permitía incrementar costes con grandes cristalerías o un número mayor de ellas, por lo que toda la luz natural disponible debe favorecerse como medida de ahorro.



Aseo con sumidero de ducha en el suelo del dormitorio de matrimonio

En la foto no se aprecia el lavabo existente al cruzar la puerta, pero puede verse como el efecto beneficioso de una decoración minimalista afecta al aprovechamiento de la luz natural.



Dormitorio de matrimonio sin amueblar

La pared frente a nosotros forma parte del sistema de tabiquería de pladur, mientras que la pared de la ventana forma parte del cerramiento de bloque aislante, que está rematada con yeso proyectado tal y como vimos en la sección de detalles técnicos sobre los acabados.

Igual que al mirarla desde el exterior, nada hace sospechar, sobre este interior, que existe una diferencia constructiva diametralmente opuesta al sistema tradicional.

La apreciación de que hay algo diferente solo ocurre cuando entras desde la calle en un día frío o extremadamente caluroso.



Boca de insuflacion de aire renovado junto a dos luminarias LED de bajo consumo

Recordamos del apartado dedicado a la instalación de la ventilación mecánica con recuperador de calor que el circuito del aire es doble. En las estancias en las que se insufla aire limpio como en salon y dormitorios, veremso en el techo este tipo de boca. Mientras que en los cuartos húmedos como baños y cocina, se extrae el aire viciado desde un tipo de boca visiblemente diferente en la imagen de abajo.



Boca de extraccion de aire viciado junto a una luminaria LED en techo

La disposición de las bocas de aire, están estratégicamente colocadas, para que las que introducen aire estén lo mas alejadas posibles de las que lo absorven, favoreciendo la circulacion del aire.

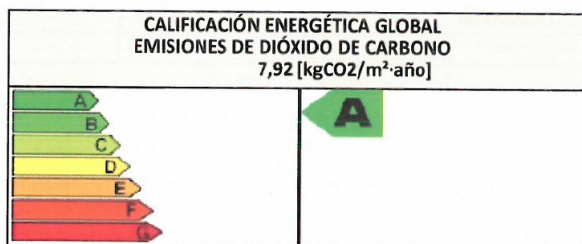
Toda la iluminación de la vivienda que se ha instalado es de tipo LED, consumiendo solo 18W estas que vemos en la imagen, y 9W las de los pasillos. Encender todas las luces de la vivienda a la vez, solo consume 0,3Kw.

Estudio energético de certificación

Para la certificación energética del edificio, se contó con un Arquitecto Técnico del colegio granadino como Antonio Aguilera Medina con número de colegiado 2960, que realizó el estudio requerido para la certificación utilizando la herramienta informática CE3 como base de trabajo para el estudio a final de obra.

Puede verse que el estudio inicial previo a la obra fue muy exacto al coincidir en resultados con el estudio final realizado para la certificación.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico certificador abajo firmante certifica que ha realizado la calificación energética del edificio o de la parte que se certifica de

acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 24/ 9 / 2013

Firma del técnico certificador:

COLEGIO OFICIAL
DE APAREJADORES Y ARQUITECTOS TÉCNICOS
DE GRANADA

30 SEP 2013

V I S A D O
A LOS EFECTOS ESTATUTARIOS

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Extracto del documento de calificación energética obtenida

Hay un valor añadido a las cifras que aparecen en un certificado de este tipo.

El ahorro es cuantificable y amortizará la inversión realizada con creces a lo largo de la vida del edificio. Este dato es estimable, pero hay un dato no medible, y de similar importancia que reside en la calidad de vida que puede ofrecer a sus ocupantes una vivienda realizada con técnicas constructivas más modernas de las que se venían utilizando de forma tradicional.

Quizás las viviendas eficientes, serían el estándar deseable para las viviendas de protección oficial, puesto que precisamente, para las familias con menor poder adquisitivo, la eficiencia energética se traduce directamente en ahorro económico directo en el coste de la vida a largo plazo.

Sabiendo que una vivienda se realiza con un mínimo de 50 años de uso en mente, sin grandes modificaciones o reformas. Realizarlas de este modo o similares (que alcancen gran eficiencia) puede ser de gran importancia para paliar la probable crisis energética que se pueda presentar en años venideros en Europa.

Para las viviendas ya construidas, existen rehabilitaciones de la envolvente térmica, que pueden mejorar su condición. Pero en el caso de la nueva construcción, es importante tener en mente la problemática que podrá presentarse en el horizonte de la vida estimada de la vivienda, con un grado de certeza bastante elevado.

Análisis de eficiencia energética

El proceso de conseguir la certificación energética como clase A, ha requerido dos estudios independientes.

El primero fue encargado a un ingeniero industrial como ya hemos indicado, y se realizó antes del comienzo de la obra, para garantizar que los elementos que iban a elegirse podían dar como resultado la calificación energética objetivo.

El segundo estudio realizado al final de obra fue encargado a otra persona, en este caso un Arquitecto Técnico, que elaboró un nuevo estudio que fue certificado por el colegio de aparejadores y arquitectos técnicos desembocando en la certificación oficial de la vivienda como clase A.

Pero a pesar de todo ello, he querido sumar otro estudio (low-cost) elaborado por mis propios medios, basandome en mediciones objetivas y científicas de los resultados obtenidos.

Los dos estudios previos, se basan en los resultados ofrecidos por los programas informáticos que simulan la vivienda y su comportamiento, tales como Calener VyP, o CE3. Sin embargo no dejan de ser una simulación, y era mi deseo contar con datos tangibles obtenidos con mediciones, y verificables sobre la realidad de la construcción terminada.

El hecho de no poder ocuparla aún como mi vivienda definitiva, por haber agotado presupuesto y faltar aún la dotación de cocina y mobiliario, la he visto como una oportunidad de estudiar el comportamiento real de la vivienda, sin cargas térmicas como las provocadas por electrodomésticos, calefacción, o los propios habitantes.

De este modo, se presentaba una oportunidad única para proceder al estudio científico del comportamiento termodinámico de la vivienda en su estado pasivo, excluyendo de la ecuación los aportes de calor provocados por su habitabilidad.

Para proceder al estudio, primeramente tuve que buscar y adquirir el material de precisión científica suficiente que permitiese la captación de datos reales con poco error. Y esto solo fue posible al localizar termómetros que tuviesen coste reducido, fiabilidad en la medida, y que almacenasen una gran cantidad de datos.

Pude encontrar los elementos que necesitaba en una empresa denominada LabJack.com que ofrecía todas estas características en su termómetro Digit TL mostrado bajo estas líneas:



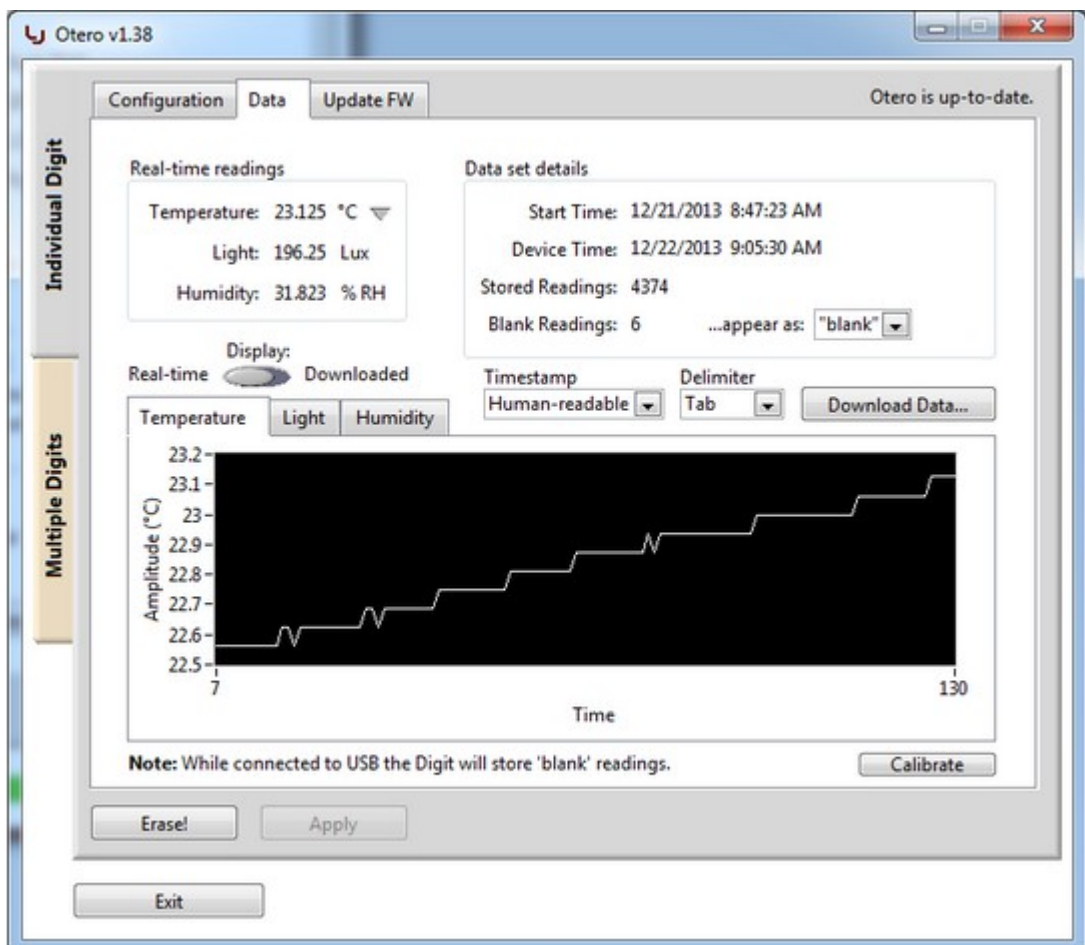
<http://labjack.com/support/datasheets/digit>

Las características técnicas del LabJack Digit-TL son:

- Medición en el rango desde -35°C hasta 85°C
- Resolución de hasta 0,067°C de precisión en la medida
- Margen de error típico en la medida de solo 0,1°C
- Capsula con resistencia al agua (IP68) apta para medición en exteriores
- Consumo de solo 4,2 micro amperios, que permite medir durante 3,6 años con una sola pila de botón.
- Memoria para almacenar hasta 4,9 años de datos de temperatura tomados cada 10 minutos, sin necesidad de volcar al ordenador.
- Y precio asequible de entorno a 30€ la unidad.

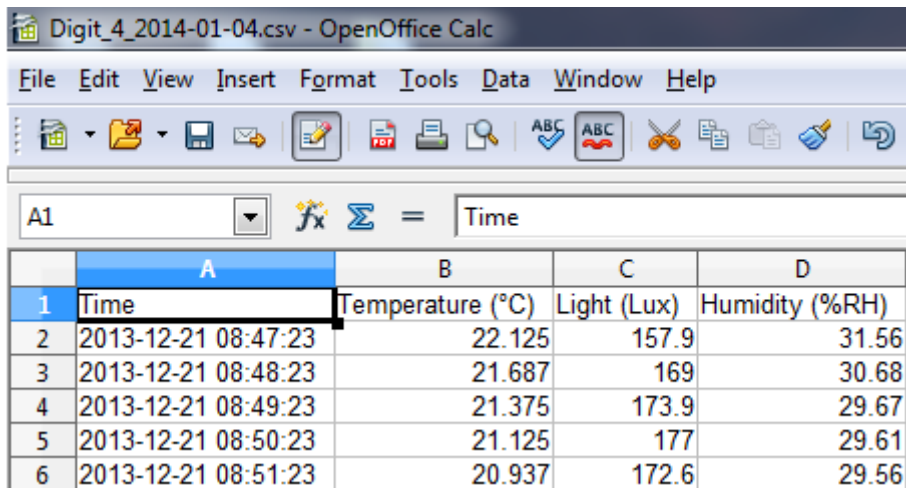
La calidad de las medidas viene garantizada por la electrónica del fabricante Texas Instruments, ya que viene dotado con el microchip modelo TMP112 de dicho fabricante, que realiza lecturas de 12bits de precisión en la temperatura, almacenandolas en su memoria flash interna.

El volcado de datos a ordenador para su posterior análisis también está muy cuidado puesto que permite exportación a Excel directamente con las medidas tabuladas con la marca de fecha y hora incluyendo precisión hasta en segundos con un desfase máximo de entorno a 2 segundos por día dependiendo de las condiciones climáticas que pudieran retardar el cronometro.



Visual del programa de extracción de datos una vez conectado al ordenador

La exportación de los datos a Excel quedaría como en la imagen de ejemplo:



	A	B	C	D
1	Time	Temperature (°C)	Light (Lux)	Humidity (%RH)
2	2013-12-21 08:47:23	22.125	157.9	31.56
3	2013-12-21 08:48:23	21.687	169	30.68
4	2013-12-21 08:49:23	21.375	173.9	29.67
5	2013-12-21 08:50:23	21.125	177	29.61
6	2013-12-21 08:51:23	20.937	172.6	29.56

Expuestas las características del aparataje de medición, se procedió del siguiente modo en la toma de datos previa al estudio termodinámico pasivo de la vivienda:

Se adquirieron 4 unidades de LabJack Digit TL que se repartieron en los siguientes puntos a medir:

- Exterior de la vivienda
- Interior del sótano
- Planta baja de la vivienda
- Última planta de la vivienda

La razón por la que se dispusieron dos termómetros de registro en el interior de la vivienda, fue con el objetivo de detectar si existía estratificación de temperaturas o diferencia medible entre la parte baja y la mas alta, debido a que como todos sabemos el aire de mayor temperatura tiende a elevarse y el mas frio a bajar.

De este modo, se dejaron los aparatos de medida en situación en los mencionados puntos clave de la vivienda durante la franja que va desde finales de Febrero a principios de Marzo, que en Granada aún es una época con días bastante frios.

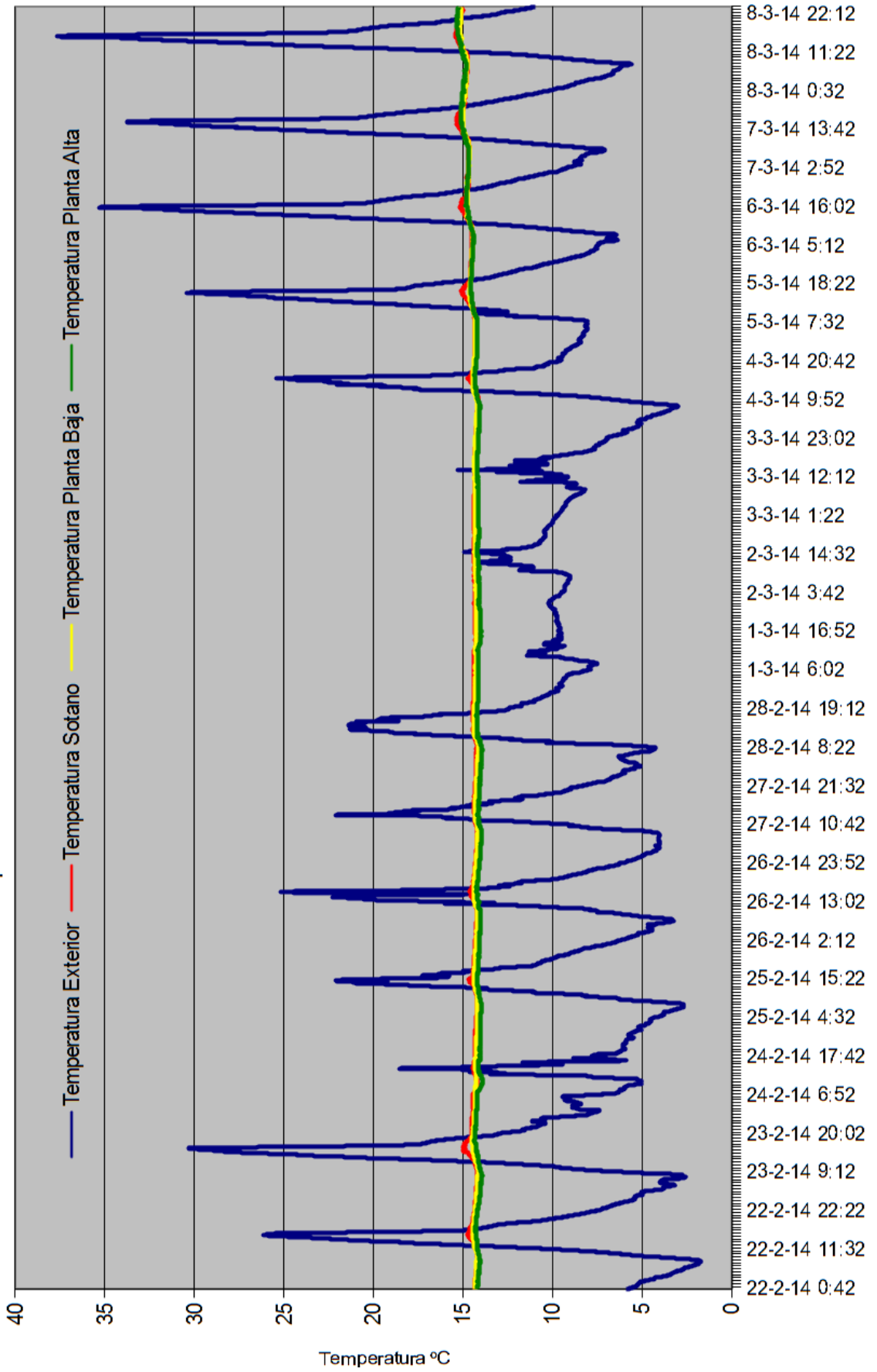
De este modo tendríamos un juego de datos de trabajo para su posterior análisis de al menos un par de semanas de clima invernal sin calefacción en la vivienda.

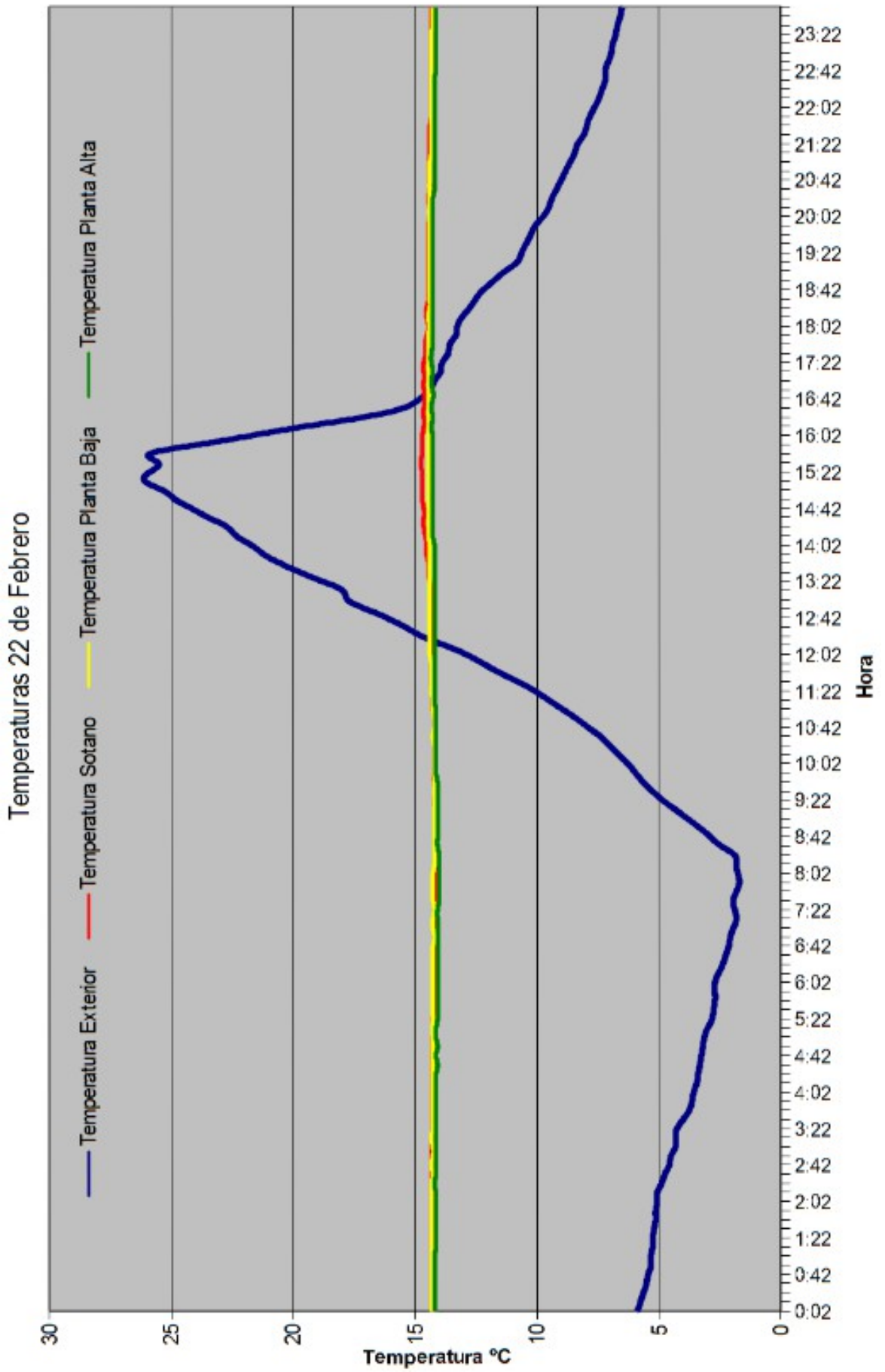
Para ilustrar lo obtenido, paso a presentar las graficas que se explican por si mismas. La primera de ellas abarca el comportamiento de la vivienda en todas las zonas a lo largo de todo el periodo que abarca la medición.

Y en las siguientes graficas haremos un "zoom" para ver lo que pasa en el día mas frio y más cálido desde las 00:00 horas de ese día hasta las 23:59 al borde del día siguiente.

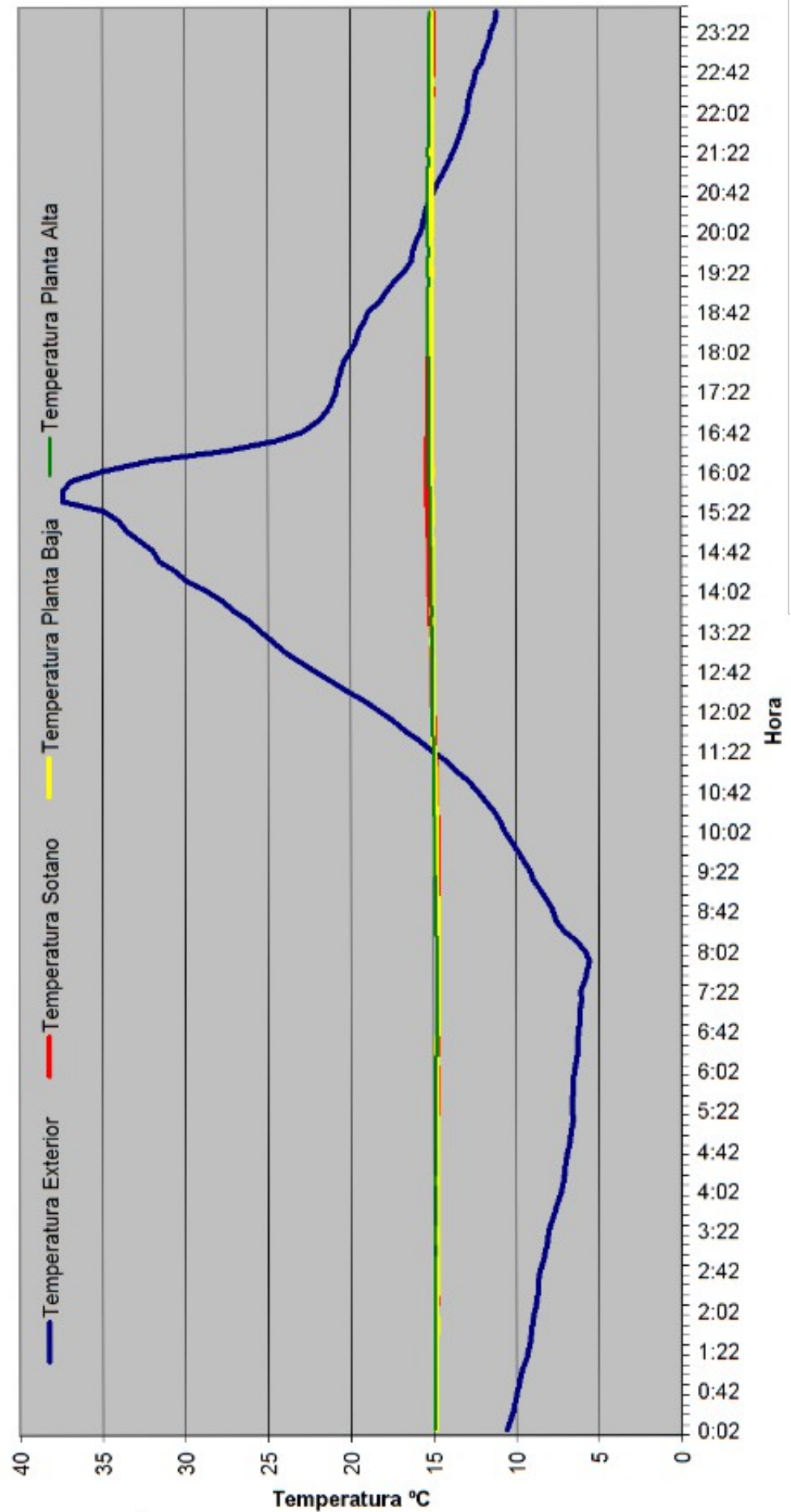
Tras las graficas, comentaremos los resultados obtenidos en detalle.

Temperaturas del 22 de Febrero al 8 de Marzo





Temperaturas 8 de Marzo





Detalle del termómetro LabJack Digit-TL instalado en la planta alta de la vivienda

Tras verificar que los tres termómetros funcionan correctamente, se pueden obtener varias conclusiones. Primero aportando valores numéricos:

Para ver más allá de las gráficas, he sumado las medidas de esas dos semanas de medición entre el 22 de Febrero hasta el 8 de Marzo, obteniendo los valores Máximos, Mínimos, Promedio, y el diferencial de temperatura (horquilla térmica).

	Tª Exterior	Tª Sotano	Tª Planta Baja	Tª Planta Alta
Minima	1,687 °C	14,125 °C	14,125 °C	13,875 °C
Máxima	37,375 °C	15,375 °C	15,125 °C	15,312 °C
Promedio	11,013 °C	14,445 °C	14,397 °C	14,271 °C
ΔT (max-min)	35,688 °C	1,250 °C	1,000 °C	1,437 °C

Vemos que tras soportar la vivienda una horquilla térmica de temperaturas de nada menos que 35 grados y medio, oscilando el exterior entre poco más de un grado sobre cero hasta los casi cuarenta (teniendo en cuenta que el termómetro exterior está a la sombra), los efectos producidos en el cambio de temperatura de la vivienda no llegan a moverla más de un grado y medio en el peor de los casos.

Con estos datos, lo que cabe preguntar, es que ocurre en el sótano que recordemos no tiene aislante térmico salvo en la puerta seccional del garage, para comportarse de una manera tan similar al resto de la vivienda en superficie.

Y la respuesta puede estar en el hecho de estar el sótano completamente sumergido en el terreno produciéndose un efecto geotérmico similar al de las cuevas.

Es difícil asegurarlo con certeza sin disponer de cámaras termográficas, que están fuera del alcance hoy por hoy, pero es posible que si los 14,4°C en invierno se transforman en 17°C en verano, sea la temperatura del subsuelo la que mande.

Conclusiones sobre los objetivos alcanzados

No cabe duda, a la vista del certificado energético obtenido, y de los datos contrastados en mi estudio y verificación personal, que el objetivo de eficiencia energética se ha conseguido.

Además los datos arrojados por las mediciones, confirman el acierto de las decisiones tomadas en el sistema constructivo.

Por ejemplo se puede apreciar como las temperaturas obtenidas en la última planta del torreón, son medio grado celsius "peores" que las de la vivienda en planta baja, y es fácil llegar a la conclusión de que en dicha habitación, es en la que existe la mayor proporción de huecos acristalados en relación a la superficie existente, ya que hay una puerta balconera y una ventana, para una pequeña habitación.

Esto confirma la calidad de la solución de ventanas, puesto que con un poco más de superficie acristalada, solo se tiene un perjuicio relativo de medio grado celsius en un periodo de dos semanas.

También, se torna de importancia relevante la decisión de dotar al garaje con una puerta aislante, ya que no solo los depósitos de agua caliente, tendrán menos pérdidas energéticas, sino que el efecto geotérmico que se puede confirmar en el sótano, puede beneficiar en prácticamente todas las épocas del año.

Puedo sospechar que la transferencia de temperatura de equilibrio entre el sótano y el resto de la vivienda, esté ocurriendo por los pilares de hormigón, de los que no pude prescindir al ser Granada una zona sísmica muy fuerte. Puesto que aunque solo se trata de una superficie pequeña, el hormigón es un excelente conductor térmico. Y a ello puede deberse el equilibrio de temperaturas entre la zona del sótano con influencia geotérmica y el resto.

También se destaca la tremenda importancia que va a tener en el ahorro la dotación de ventilación mecánica con recuperador de calor, por ser este aparato de un consumo muy inferior al de climatización, el hecho de que a la vivienda le de prácticamente igual las temperaturas existentes en el exterior, puede permitir que se conecte la calefacción un día, y se viva de los rendimientos energéticos sin volverla a conectar hasta varios días después, sin más que aprovechar las ventajas de la ventilación mecánica para mantenerse entorno a la temperatura de confort.

Hay que matizar también, que por estar la vivienda no habitada, durante toda la medición realizada con los termómetros, se dejaron las celosías en posición totalmente cerrada, por lo que en este estudio no aparecen la repercusión que pudiese tener abrirlas totalmente en un día de invierno soleado para captar calor solar por los cristales.

Queda claro que la vivienda se comporta de forma excelente, sin verse afectada por el régimen de temperaturas existente en el exterior, y que el aporte de energía para mantenerla en la zona de confort, se prevé mínimo. Con lo que el ahorro estimado en el certificado energético de entorno a un 83% sobre una vivienda convencional, parece razonable que se va a cumplir o rebasar en la realidad.