

Artículo Técnico

INSUPANEL, sistema constructivo prefabricado con acabado cerámico

Autores: David Zorzano Gonzalo y Celia Zorzano Gonzalo, arquitectos



INSUPANEL es un sistema constructivo que se basa en el empleo de placas prefabricadas ligeras de hormigón con un acabado de plaqueta de ladrillo cara vista.

Permite construir de forma económica, rápida y sencilla fachadas con un acabado de plaqueta cerámica cara vista, garantizando la continuidad del aislamiento térmico y la estanqueidad de la envolvente. Se convierte en un sistema constructivo idóneo para EECN y edificios bajo el estándar Passivhaus.

Producto: Ladrillo cara vista

Dirigido a: Proyectistas

Contenidos: Diseño

Más información: AZ Arquitectos www.azarquitectos.es
 Construcciones Zorzano www.zorzano.com

INTRODUCCIÓN

Analizando el parque inmobiliario español y los costes energéticos para los usuarios de los edificios, cabe hacer dos preguntas: ¿cómo consumir menos energía? y ¿cómo construir para conseguirlo?

Si se estudia la dependencia energética de nuestro país atendiendo hacia donde van las nuevas leyes en materia edificatoria, se obtiene la respuesta de la primera pregunta: para consumir menos energía deben construirse Edificios de Consumo de Energía Casi Nula (EECN). España, al igual que toda Europa, es una zona de amplia dependencia energética del exterior. Actualmente el sector de la edificación, en su conjunto (residencial y terciario), supuso aproximadamente el 30% del consumo de energía en España, un 17,1% la edificación residencial y un 12,4% el terciario. Con estos datos se refuerza la idea de avanzar en el modo de construcción y buscar nuevos elementos constructivos, que sean utilizados para conseguir las directrices marcadas por Europa en materia de eficiencia energética. El objetivo para 2050 es reducir en un 36,6% el consumo final del sector de la edificación respecto al consumo actual y reducir a prácticamente cero el consumo de energía procedente de fuentes fósiles. En España se establece que todos los edificios de nueva construcción deberán ser de EECN, así como los edificios nuevos de titularidad y uso público. Podemos deducir con lo expuesto que la necesidad de implementar este tipo de construcción es imprescindible hoy en día.

INSUPANEL es un sistema constructivo que da respuesta a las cuestiones anteriormente planteadas. Se basa en el empleo de placas prefabricadas ligeras de hormigón con un acabado de plaqueta de ladrillo cara vista. Dichas placas se disponen por el exterior de la estructura a modo de piel, recubriendo el continente pero sin tocarlo, fijándose a la estructura mediante anclajes y permitiendo dar continuidad al aislamiento térmico de la envolvente. Se trata, por tanto, de una solución libre de puentes térmicos idónea tanto para la construcción de EECN, como de otros estándares de calidad como el Passivhaus.

Analizando los materiales empleados hasta el momento en España para los proyectos de Passivhaus (las viviendas más eficientes del mercado), se observa, que hasta ahora no se han utilizado pieles de hormigón con acabado cerámico en este tipo de construcciones, a pesar de que el ladrillo es un material muy vinculado a la tradición arquitectónica de nuestro país. En este contexto, INSUPANEL, se presenta como un sistema constructivo novedoso que permite construir de forma económica, rápida y sencilla edificios eficientes con un acabado de plaqueta cerámica cara vista, garantizando la continuidad del aislamiento térmico y la estanqueidad de la envolvente, al tiempo que se suman otras ventajas relacionadas con la prefabricación de los paneles, como son la seguridad, garantía de ejecución y el rendimiento en obra.

Analizando las construcciones con alta eficiencia térmica realizadas en España hasta el momento, se observa que la mayoría se han realizado principalmente con madera, bloque de hormigón y SATE. Teniendo en cuenta que las placas INSUPANEL se fabrican con hormigón y plaquetas cerámicas, materiales de fácil obtención en nuestro país, y considerando sus múltiples ventajas que posteriormente se describen, este sistema se presenta como una alternativa para la construcción de este tipo de edificaciones en nuestro país. El empleo de los paneles prefabricados de hormigón en la construcción se llevó a cabo en un primer momento en edificios industriales, y más tarde, imprimiendo carácter, en edificios públicos. Ahora, con la evolución de los paneles incorporando el acabado en plaqueta cerámica, consideramos que es el momento idóneo para extender su uso a la construcción de bloques de viviendas y unifamiliares.

Para el desarrollo del sistema constructivo INSUPANEL se tuvieron en cuenta varias premisas que se exponen a continuación y que dieron lugar a la concepción del sistema constructivo, tal y como es actualmente.

Por un lado, repasando los requisitos de las edificaciones eficientes, EECN o diseñadas bajo el estándar Passivhaus, gran aislamiento térmico, eliminación de puentes térmicos, hermeticidad a base de un estricto control de la estanqueidad y sistema de ventilación controlada con recuperador de calor de alta eficiencia, nos dimos cuenta de que un sistema como INSUPANEL podía solucionar varios de estos puntos. Estudiando las premisas anteriores y analizando los materiales que se podían utilizar para la edificación bajo el estándar, nos planteamos buscar un material que a modo de piel recubriera el continente sin tocarlo, reduciendo todo lo posible el contacto entre la envolvente exterior y la estructura portante; es decir,

trabajar con una piel que no produjera puentes térmicos, tuviese buen aislamiento y una gran hermeticidad al aire exterior.

Otra de nuestras premisas fue buscar elementos con los que consiguiéramos reducir al máximo el espesor del muro completo de cerramiento, ya que en una promoción, ya sea pequeña o grande, un mayor espesor del cerramiento puede penalizar la superficie útil final del edificio, con importantes consecuencias económicas, sobre todo en una promoción comercial, ya que la cantidad de producto final obtenido sería menor.

Una vez analizadas todas estas premisas y tras realizar varias hipótesis, optamos por el uso de una piel ligera de hormigón con acabado cerámico para conseguir nuestro objetivo.

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA INSUPANEL

1.1. Descripción de los paneles INSUPANEL

- Composición

Los paneles están compuestos de hormigón HA25, fibra de polipropileno y diferentes armados según su dimensión. En todo su marco perimetral se coloca un nervio de refuerzo con celosía en forma de V. Con el fin de aligerar el peso final del panel se coloca en su interior una capa de poliestireno extruido o expandido de espesor variable. El panel lleva incorporados diferentes anclajes metálicos que servirán tanto para su elevación como para su fijación con la estructura del edificio.

- Dimensiones de los paneles

Los paneles se pueden fabricar en diferentes medidas para ajustalos a los diferentes despieces de ladrillo y de geometría del edificio. Se suelen fabricar en tamaños estándar con dimensiones altura variable y anchos de 1 m y 1,5 m. Además, por supuesto, se fabrican las piezas de remate y de los diferentes encuentros con las medidas que exija el proyecto.

- Acabados

INSUPANEL admite varias tipologías de piezas cerámicas en función de su espesor, desde 7 mm a 50 mm. Se han utilizado tanto materiales gresificados como plaquetas de klinker, pudiendo diseñar una fachada con todos los colores y texturas que nos ofrecen las diferentes empresas cerámicas. Es importante reseñar la posibilidad que ofrece INSUPANEL de ejecutar aparejos más complejos debido a su prefabricación.

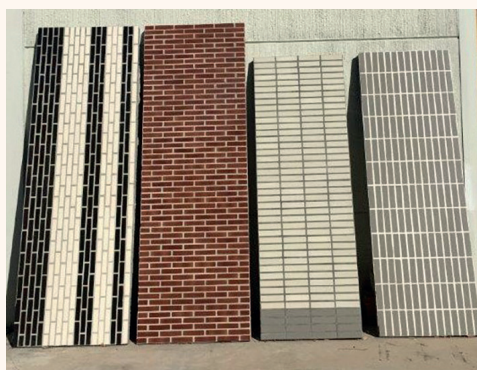


Figura 1. Acabados con aparejos en vertical y horizontal



Figura 2. Acabados con diferentes plaquetas cerámicas en colores vivos

- Proceso de fabricación

Para la fabricación de las piezas INSUPANEL se utilizan unos moldes de chapa metálica de diferentes medidas y espesores que se ajustan a las medidas requeridas por el proyecto. El primer paso es colocar la capa de aislamiento en el fondo del molde. Después se colocan las diferentes celosías y mallazos que conforman la armadura de las piezas. Posteriormente se realiza el vertido de hormigón. Con el hormigón fresco se coloca la plantilla con el diseño de aparejo elegido y seguido se colocan las piezas cerámicas. Al día siguiente para finalizar el panel se procede al rejuntado de las piezas cerámicas con el color y textura elegida



Figura 3. Llenado de moldes y comprobación de plantillas



Figura 4. Colocación de plaquetas cerámicas y pieza INSUPANEL acabada

1.2. Descripción de la instalación

- Modo de transporte y elevación de los paneles para su colocación

Una vez fabricados los paneles, se cargan en camiones convencionales, no siendo necesario el empleo de transportes especiales gracias a su reducido peso. En obra, para su elevación y colocación se pueden utilizar tanto grúas torre de obra como los plumines, no siendo necesario el empleo de grúas de grandes tonelajes. En la imagen se puede observar como incluso la propia maquinaria de obra se puede utilizar para estas labores.



Figura 5. Colocación de pieza cabezal INSUPANEL en fachada

INSUPANEL
BUILDING THE GREEN WAY

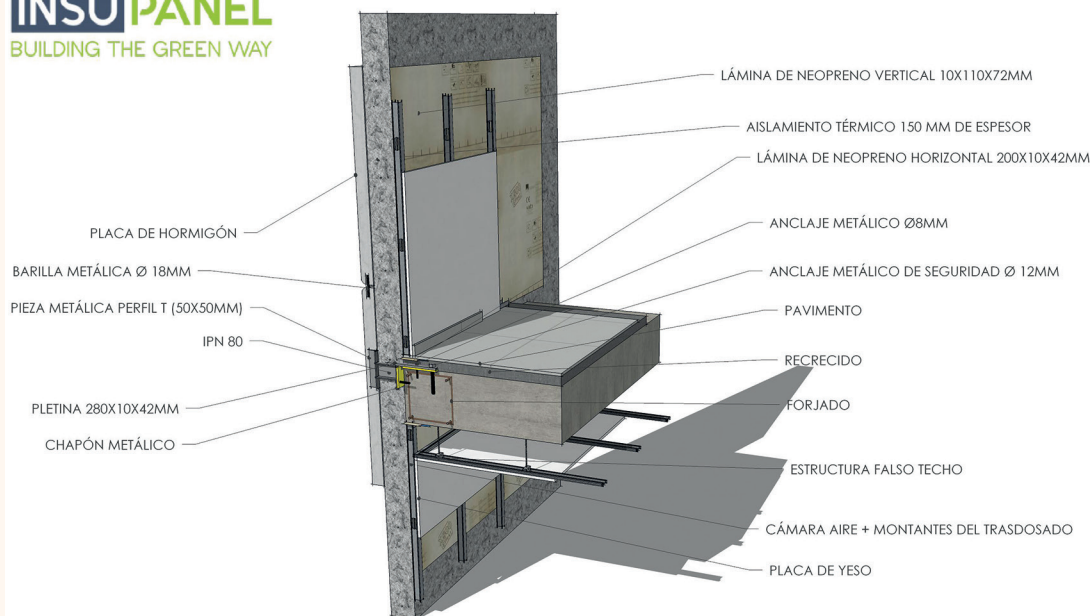


Figura 6. Imagen en 3D del sistema INSUPANEL

• Modo de fijación de los paneles a la estructura

Lo primero es colocar con adhesivo bandas de neopreno de 1 cm espesor, tanto en la parte superior del forjado como en la cara vertical del mismo. Esta banda será fundamental para minimizar las pérdidas de calor de nuestro anclaje. A continuación, se fija el anclaje con 2 tacos metálicos de seguridad. Además, se colocan otros anclajes metálicos adicionales para evitar movimientos. El anclaje está formado por varias pletinas soldadas a un perfil IPN80. Una vez el anclaje está bien colocado, se aproxima la pieza de INSUPANEL al anclaje y se sueldan, de esta manera todo el conjunto queda unido. Las diferentes piezas de INSUPANEL se unen entre sí mediante varillas metálicas colocadas *in situ*.

Una vez se ha completado toda la fachada se unen las juntas con masilla selladora resistente a la intemperie y dilataciones.

2. SOLUCIÓN DE FACHADA EFICIENTE PARA EECN Y PASSIVHAUS

2.1. Sistema libre de puentes térmicos. Continuidad del aislamiento térmico



Figura 7. Imagen del anclaje de INSUPANEL al forjado en 3D

La solución de construcción con panel prefabricado con acabado cerámico INSUPANEL está 100 % libre de puentes térmicos (con una transmitancia térmica lineal menor de ψ de 0,01 W/m²K frente a los 0,77 W/m²K de las fachadas confinadas) gracias al diseño de su anclaje.

Los puentes térmicos (áreas con pérdidas de calor significativamente más altas que el resto de las zonas de fachada) son uno de los culpables fundamentales del gran

gasto energético que poseen las viviendas actuales. Los puentes térmicos se producen normalmente debido a cambios de material en la fachada con mayor conductividad térmica o discontinuidades en el material aislante en toda la envolvente del edificio. Los puentes térmicos también provocan condensaciones en el interior de los edificios, lo que se traduce en problemas de calidad del aire interior y de confort térmico, así como en el deterioro de los edificios.

La fachada de un edificio según el actual Código Técnico de la Edificación, según su Anejo E, debe tener un valor de transmitancia térmica entre 0,56 W/m²K y 0,23 W/m²K dependiendo su ubicación. INSUPANEL se diseñó para edificios con un alto ahorro energético

cuyas fachadas poseen una transmitancia térmica menor de 0,15 W/m²K, consiguiendo así ahorros de hasta un 80 %.

2.2. Certificación Passivhaus

Desde la creación de INSUPANEL, la obtención de la certificación Passivhaus fue un objetivo a conseguir.

La solución INSUPANEL certificada permite a los diseñadores Passivhaus realizar sus proyectos con la garantía de cumplir unos requisitos técnicos exigidos por el Passivhaus Institut y así dar fiabilidad a sus trabajos.

Comercialmente es imprescindible el disponer de una batería de detalles constructivos de INSUPANEL con un material certificado para que arquitectos e ingenieros puedan elegir este producto ya que estos detalles simplifican su trabajo y ofrecen la máxima garantía de calidad, abalada por el Passivhaus Institut.

El estándar Passivhaus es el certificado más exigente del mercado en materia de eficiencia energética y confort. Algunos países europeos están tomando este estándar como referencia para definir un edificio de consumo casi nulo (nzeb).

Estas iniciativas inicialmente particulares han ido también extendiéndose en el ámbito público de forma que tal y como se extrae de la página web oficial del Passivhaus Institut, multitud de ciudades y provincias en todo el mundo han adoptado el estándar Passivhaus (Casa Pasiva) en sus normativas de edificación.

Cálculos realizados para la certificación

Cálculos higrotérmicos:

Para realizar estos cálculos se emplea el programa ECONDENSA. Se trata de una aplicación informática para el análisis de condensaciones conforme al documento HE 1, sobre limitación de la demanda energética, del Código Técnico, desarrollada por el Área de Energía y Medioambiente del Centro de Investigación Tecnológica CIDEMCO, organización de carácter privado y sin ánimo de lucro, que contribuye al desarrollo económico y social, apoyando e impulsando los procesos de Innovación y Desarrollo Tecnológico (I+DT) como estrategias de competitividad del entorno empresarial.

Lo que se justifica en los cálculos es la ausencia de condensaciones intersticiales a través del muro, ya que si se provocasen sería una grave patología en los muros.

En este programa se introducen los datos de la solución INSUPANEL:

- Placa de hormigón exterior: e=7 cm
- Poliestireno expandido: e=15 cm
- Lámina de vapor (polietileno alta densidad): e= 0,02
- Cámara de aire sin ventilar: e=5 cm
- Placa de yeso laminado: e=1,5 cm

Biblioteca CTE - LIDER: Capas desde el exterior al interior:

Nombre	e	lambda	mu	R	U
Hormigón armado 2300 < d < 2500	7	2.3	80	0.030435	32.857143
EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/(mK)]	15	0.032	20	4.6875	0.213333
Poliétileno alta densidad [HDPE]	0.02	0.5	37500	0.0004	2500
Cámara de aire sin ventilación vertical 5 cm	5	0.277777777	1	0.18	5.555556
Placa de yeso laminado [PFL] 750 < d < 900	1.5	0.25	4	0.06	16.666667
TOTALES	28.52	0	5,128	0,195	

Figura 8. Entrada de datos en el programa ECONDENSA

Se realizan los cálculos para todos los meses del año y se comprueba que cumple con los valores requeridos todos los meses, y sobre todo el mes más desfavorable que suele ser enero.

- Los rangos de temperaturas máximas del exterior son de 5,8 °C mínimo en enero y 21,8 °C en agosto.
- La temperatura interior es considerada en el interior es 20 °C.

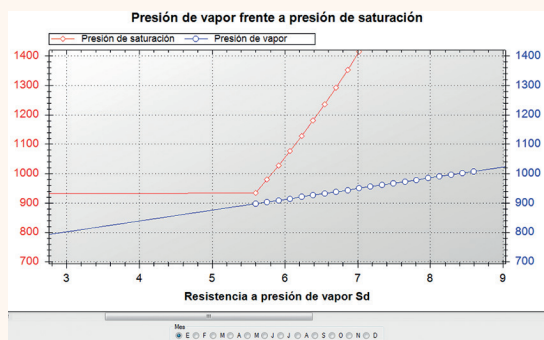


Figura 9. Gráfico de presión de vapor frente a presión de saturación mes ENERO. Se comprueba que no existen condensaciones

Cálculos térmicos:

Para los cálculos térmicos se emplea el programa FLIXO ENERGY. El programa FLIXO es una aplicación informática donde se insertan los dibujos de las secciones constructivas en 2D y se añade a cada material su conductividad específica, así como las condiciones interiores y exteriores de temperatura y humedad. Con estos datos la aplicación informática es capaz de evaluar las pérdidas de energía, transmitancias, puentes térmicos, posibles condensaciones y demás datos sobre confort necesarios para la certificación de producto requerida por el Passivhaus Institut.

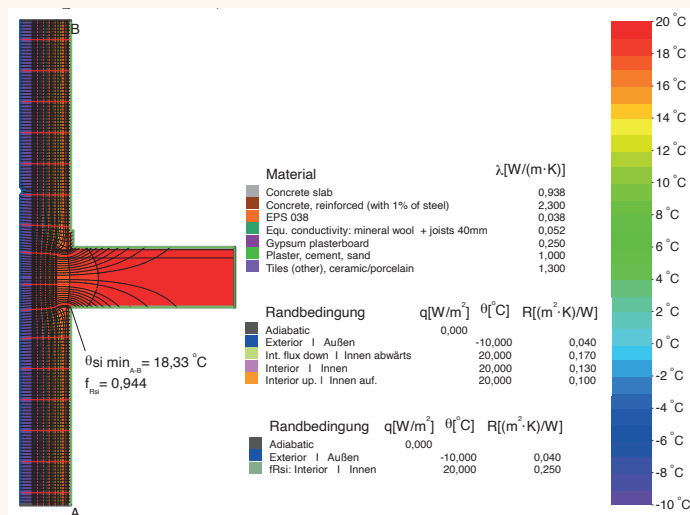


Figura 10. Cálculo con el programa FLIXO del puente térmico de INSUPANEL con el forjado

El proceso se llevó a cabo con éxito y se consiguió certificar el producto INSUPANEL por el Passivhaus Institut. INSUPANEL es el primer producto de hormigón para fachada certificado en España con este estándar. Una vez conseguido el certificado se presentó en público en la feria Edifica de Pamplona.

3. OTROS ENSAYOS REALIZADOS

Como cualquier producto utilizado en construcción tiene que someterse a diferentes ensayos para demostrar que es seguro y cumple con las normativas vigentes. El laboratorio Tecnalia Research & Innovation realizó los siguientes ensayos al panel de cerramiento INSUPANEL:

Requisito Básico	Característica Esencial	Prestación
Seguridad en caso de incendio	Resistencia al fuego	EI60 / E90
Higiene, salud y medioambiente	Estanqueidad de las juntas	1200 λ
	Permeabilidad al aire	n=1.4; C= 0
Seguridad y accesibilidad de uso	Resistencia al viento	4000 Pa
	Resistencia al impacto	Categoría I
Protección contra el ruido	Aislamiento a ruido aéreo	43 (-1;-3) dB 65 (-2;-7) dB *

Figura 11. Tabla con los resultados de los ensayos realizados a las piezas de INSUPANEL

4. VENTAJAS DE INSUPANEL

Anulación de puentes térmicos

El sistema planteado se ejecuta anclando la placa de ladrillo a los cantos de forjado mediante anclaje y soldadura de forma que se queda separado del canto de forjado permitiendo que por esta holgura, de hasta 25 cm, pase el aislamiento térmico al igual que en el resto del cerramiento, de forma que se construye una envolvente con un aislamiento continuo, que evita los puentes térmicos y sus consecuencias: puntos fríos, humedades, pérdidas de eficiencia energética. De esta forma resolvemos los puentes térmicos, el problema más complicado a la hora de construir edificios de clase A con alta eficiencia energética.



Figura 12. Piezas de INSUPANEL colocadas en las instalaciones de Tecnalia para realizar los ensayos

Barrera impermeable y estanca / El sellado perfecto con masillas de poliuretano entre placas y en la unión con las carpinterías, además del propio hormigón que hace de base al ladrillo, garantizan una perfecta barrera impermeable para el agua y estanca para el aire.

Sostenibilidad / Es un producto reutilizable ya que puede ser desmontado y volver a utilizarse en otra construcción. No produce residuos en obra y al ser ejecutado con un proceso industrializado se controla al máximo el uso de la materia prima y recursos en su producción.

Puesta en obra y rapidez de ejecución / La colocación se realiza mediante aparatos de elevación de pequeño tamaño, aparatos de elevación convencional existentes en obra, como grúas torre. En ningún caso se necesitan grúas autopropulsadas debido a la ligereza del material y tampoco la colocación de andamiaje. En obras con problemas de acopio se puede hacer colocación directa del camión a la fachada, sin necesidad de prever un espacio de reserva para el material de cerramiento. Al ser un elemento prefabricado ahorra una gran cantidad de tiempo en su colocación en obra.

Incremento de la seguridad / Debido a la sencillez y rapidez de montaje, se reducen notablemente los riesgos en seguridad y salud en la ejecución de la envolvente. La

instalación en obra de INSUPANEL requiere de un menor número de operarios que los requeridos para la ejecución de una fachada tradicional. Gracias a la velocidad con que se instalan los paneles, la obra se cierra con gran rapidez reduciéndose los plazos de ejecución y por lo tanto los riesgos. Además, esto permite comenzar el resto de las tareas evitando notablemente riesgos de caídas. En la formación del sistema completo se comienza por el montaje del panel ligero de hormigón. Este proceso de colocación se realiza desde el interior del edificio sin retirar la protección colectiva perimetral hasta finalizar la colocación del panel.

Ahorro de elementos constructivos / Debido al sistema de montaje se evita el uso de cargaderos en la formación de huecos en fachada como son puertas y ventanas, huecos requeridos por una necesidad compositiva. Esto implica un ahorro económico ya que prescindimos de algunos elementos necesarios en otros sistemas existentes.

Errores de desplome / En ocasiones ocurren desviaciones de desplome significativo en la ejecución de la estructura. Esto hace que los forjados planta a planta no estén aplomados, lo que ocasiona que, en algunas ocasiones, en las fachadas confinadas, sea necesario implementar soluciones con subestructuras especiales de apoyo y anclajes, que obviamente encarecen la construcción. Sin embargo, con el sistema propuesto, al ser los paneles pasantes por delante de la estructura y permitir su subestructura de anclaje absorber ciertas desviaciones, estas incidencias no alteran el coste del sistema ni comprometen su seguridad.

Cualquier tipo de diseño y versatilidad geométrica / El acabado en ladrillo de la placa y sus diferentes geometrías ofrece cualquier posibilidad de diseño en cuanto a tipos de aparejos, diseños y colores.

Un aspecto interesante en la forma de proyectar y de entender la arquitectura hoy en día es la geometría en los cerramientos, la búsqueda de nuevas volumetrías y topografías de las envolventes. Muchos de los materiales existentes, prácticamente todos de los denominados masivos implican limitaciones, ciñéndose a composiciones planas, despieces con modulación mimética. Sin embargo, el material propuesto permite diversas posibilidades geométricas. Pudiendo modularse según las determinaciones del proyectista, admitiendo soluciones de paramentos inclinados y formas irregulares.

5. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE INSUPANEL

En la siguiente imagen se muestra la primera vivienda Passivhaus realizada con INSUPANEL en acabado cerámico. Para esta vivienda se decidió utilizar un aparejo tradicional en color marrón y el mismo aparejo en vertical y color blanco para las zonas de ventanas (difícil de ver en fachadas tradicionales por su compleja colocación). Las esquinas, huecos y peto superior se remataron con perfilera de aluminio en color negro, dando un acabado perfecto a toda la volumetría exterior.

Como se ha mencionado anteriormente, una de las ventajas más importantes de utilizar INSUPANEL a la hora de construir nuestros edificios es la rapidez en su ejecución. A continuación, se muestran diferentes imágenes de los cuatro días que se emplearon en construir las fachadas de esta vivienda unifamiliar.



Figura 13. Vivienda unifamiliar Passivhaus



Día 1: una vez realizada la losa de cimentación se empezaron a colocar las primeras placas de la vivienda. En este caso para su colocación se utilizó una retroexcavadora. Al finalizar la primera jornada de trabajo la fachada norte ya estaba acabada.



Día 2: se siguen colocando las placas INSUPANEL en la zona este y zona sur. Durante el proceso de construcción algunas de las placas se estabilizan para conseguir su perfecta verticalidad y asegurar el anclaje de todo el conjunto.



Día 3: se continúa en la fachada sur y se empieza con la fachada oeste.



Día 4: todas las fachadas están colocadas y unidas perfectamente entre ellas mediante la soldadura de pletinas metálicas. Ya se puede empezar a colocar la estructura de la cubierta.