

EL ARRANQUE DE LOS EDIFICIOS DESDE LA CIMENTACIÓN

Joaquín Solar Vaquer

Tutores: Carlos Lerma Elvira y Ángeles Mas Tomás

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

Curso 2019 - 2020



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA

Resumen

A lo largo de los años siempre se ha buscado la forma de aislar los edificios para que estos sean unos espacios agradables para el habitar. La necesidad de tener un edificio estanco a posibles humedades y aislarlo térmicamente para un mayor rendimiento ha ido cambiando, buscando la mayor eficiencia en cuanto a materiales y técnicas apropiadas para los edificios.

En este Trabajo de Final de Grado se estudiarán las distintas cimentaciones, especialmente las superficiales, porque estas tienen una gran relevancia en los detalles constructivos analizados y como a partir de estas empieza el arranque de los edificios. Se tratará, principalmente, tres formas de arranque -forjado sanitario, muro de sótano y solera contra el terreno- mediante detalles tipo y ejemplos de edificios reales, viendo las diferentes capas empleadas en cada detalle, cuál es su función y como se debe de colocar para un mejor rendimiento. Por último, se llevará a cabo una comparativo entre los diferentes arranques donde se verán las ventajas e inconvenientes en cada caso y en qué tipo de edificación es más viable un arranque u otro.

Palabras clave: *Cimentaciones, Apoyo, Estanqueidad, Aislamiento, Forjado, Sellado, Humedad*

Abstract

Over the years we have always sought a way to isolate the buildings so that they are pleasant spaces for living. The need to have a building stasteady to possible humidity and insulate it thermally for higher performance has been changing, seeking the highest efficiency in terms of materials and techniques suitable for buildings.

In this Final Grade Work, the various foundations, especially the superficial ones, will be studied, because these have great relevance in the construction details analyzed and how from these begins the start of the buildings. It will be mainly three forms of start-up -sanitary forging, basement wall and flooring against the ground- using type details and examples of real buildings, seeing the different layers used in every detail, what its function is and how it should be placed for better performance. Finally, a comparison will be carried out between the different starts where you will see the advantages and inconveniences in each case and in what type of building is most viable one start or another.

Key words: *Foundations, Support, Watertightness, Insulation, Forging, Sealing, Humidity*

Índice

1. Introducción.
 - 1.1. Motivación.
 - 1.2. Objetivos.
 - 1.3. Metodología.
 - 1.4. Objetivos de Desarrollo Sostenible.
2. Contexto histórico.
3. Aspectos generales.
 - 3.1. Tipos de cimentaciones.
 - 3.2. Criterios elección.
4. Cimentaciones directas.
 - 4.1. Zapata aislada.
 - 4.2. Zapata combinada.
 - 4.3. Zapata corrida.
 - 4.4. Emparrillado.
 - 4.5. Losa.
5. Sistemas de arranque de los edificios.
 - 5.1. Con forjado sanitario.
 - 5.2. Con muro de sótano.
 - 5.3. Con solera contra el terreno.
6. Comparación diferentes sistemas.
7. Conclusiones.
8. Índice de figuras y tablas.
9. Referencias.

1. Introducción

1.1. Motivación

Después de cursar los diferentes años del grado teniendo la curiosidad de indagar más y poder llegar a profundizar con un mayor detalle en la construcción de los edificios, en concreto en su forma de arranque desde las cimentaciones. Para continuar ampliando los conocimientos previos concebidos a través de los diferentes cursos del grado y tener la satisfacción de poder realizar estas tareas de la forma más adecuada según las necesidades.

Con uno de los principales problemas globales, como es la contaminación, en continuo aumento y sabiendo la repercusión que tiene el sector de la construcción en ello, la necesidad en ver diferentes propuestas de distintos países para saber cómo realizan esta fase de la construcción y poder compararlas con la finalidad de ver las diferentes repercusiones que estas tienen en la contaminación. De este modo, siguiendo los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), buscar en aquellas soluciones constructivas que buscan reducir el consumo energético. Además, siguiendo en la iniciativa de los ODS también buscar la forma en que se pueda mejorar la salud de las personas y llegar a que estas sean asequibles para todos.

Conocer ejemplos y normativa de otros países, sobre todo europeos para confrontar cómo se resuelve el arranque de los edificios en diferentes países.

Cada vez la normativa española y europea es más exigente respecto al consumo energético, transporte de materiales y consumo energético para la elaboración de determinados materiales o soluciones constructivas. Un análisis de la normativa europea y el estudio de edificios construidos en otros países puede facilitar un mejor conocimiento de hacia dónde se van a dirigir las próximas actualizaciones de la normativa, ya que en otros países europeos, en general, están más avanzados que en España (en cuestiones térmicas, etc.).

1.2. Objetivos

El objetivo general de este trabajo consiste en analizar y comparar diferentes opciones a la hora de resolver el arranque de los edificios desde la cimentación, estudiar el encuentro entre la cimentación y el cerramiento del edificio. Viendo una pequeña recopilación de como se ha ido realizando este proceso a través de los años hasta llegar a la actualidad con las distintas soluciones adoptadas por pasadas experiencias y necesidades.

Un objetivo es buscar normativa extranjera, principalmente europea, para estudiar cómo se resuelve el arranque de los edificios desde la cimentación. Consiguiendo de esta forma una comparativa entre ellas viendo que aspectos en cada país se le da mayor importancia por sus necesidades y si estos se pueden llegar a trasladar a otros lugares para mejorar sus condiciones.

Por este motivo, el objetivo final será extraer conclusiones de las diferentes tipologías que puedan ser útiles para un buen arranque de los edificios y finalmente obtener un mayor conocimiento de la construcción de los edificios, empezando por las cimentaciones, para poder llevarlo a cabo en futuro con mayor determinación y seguridad. Y conseguir poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la realización de este estudio echo en el TFG.

1.3. Metodología

Se realiza el estudio de diversos procesos del arranque de los edificios desde la cimentación a partir de diferentes fuentes, citadas en la bibliografía, para obtener un mayor conocimiento de cómo puede variar este proceso según localización, función o necesidades. Además, sin dejar de lado el contexto histórico para profundizar en cómo se llegaba a realizar estos en épocas anteriores y sus intenciones. Además, como novedad se lleva a cabo una investigación de los ODS para enfocar el trabajo con un punto de vista en el futuro y en como contribuir a la sociedad y al medio ambiente.

Para realizar las comparaciones se ha buscado información en diferentes normativas europeas, como son la francesa y la austriaca. Profundizando en los diferentes detalles constructivos para llegar a conclusiones sobre qué tipos son más aceptables para nuestra situación geográfica.

También se ha llevado una búsqueda exhaustiva por internet, principalmente a causa de la situación en la que hemos pasado durante este año, y de documentación en la biblioteca general de la UPV como en el CIA contrastando toda la información para llegar a conclusiones certeras.

1.4. Objetivos de Desarrollo Sostenible

Con la mente en subsanar y mejorar el mundo, en el aspecto social y ambiental, se desarrollan unos puntos para poder llevar a cabo este fin. De este modo se fomentan 17 objetivos donde cada uno está enfocado en un fin para conseguir unas metas fijadas para el año 2030. Estos son los siguientes:

- Objetivo 1: Fin de la Pobreza.
- Objetivo 2: Hambre Cero.
- Objetivo 3: Salud y Bienestar.
- Objetivo 4: Educación de Calidad.
- Objetivo 5: Igualdad de Género.
- Objetivo 6: Agua Limpia y Saneamiento.
- Objetivo 7: Energía Asequible y No Contaminante.
- Objetivo 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico.
- Objetivo 9: Industria, Innovación e Infraestructuras.
- Objetivo 10: Reducción de las Desigualdades.
- Objetivo 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles.
- Objetivo 12: Producción y Consumo Responsable.
- Objetivo 13: Acción por el Clima.
- Objetivo 14: Vida Submarina.
- Objetivo 15: Vida de Ecosistemas Terrestres.
- Objetivo 16: Paz, Justicia e Instituciones.
- Objetivo 17: Alianzas para Lograr los Objetivos.

Las cimentaciones son la parte del edificio que contribuye a distribuir la carga de este hasta el terreno donde se sitúa, por esta relación tan directa se puede enfocar en mejorar la salubridad además de otros que nombraremos. Después de este estudio realizado, hasta el momento, del trabajo y de los diferentes *objetivos de desarrollo sostenible* me han llevado a pensar en cómo poder contribuir a través de este proceso de construcción con los nombrados ODS. Centrándome en tres aspectos del trabajo -materialidad, técnica, salubridad-.

Las cimentaciones se pueden diseñar con diferentes materiales -hormigón, madera o cerámica, por ejemplo- según su necesidad se llevará a cabo con uno u otro y, además, de este modo podremos elegir según la disponibilidad que tengamos en la zona, donde se sitúe la obra, el material más conveniente. En medida de lo posible iremos a la utilización de materiales km 0 porque de este modo se consigue bajar la contaminación en su producción y, sobre todo, en el transporte de este desde el lugar de su producción hasta el lugar donde se vaya a emprar. **Objetivo 7: energía asequible y no contaminante.**

En relación con las técnicas para la realización de estas, como podrían ser *in situ* o *prefabricado*, debemos seguir avanzando para conseguir que las actuales técnicas sean menos invasivas e intentar ir a por la mínima contaminación (relación con el objetivo 7) y descubrir otras formas o innovar para un mayor rendimiento. **Objetivo 9: industria, innovación e infraestructuras.**

También se puede contribuir mediante este estudio a buscar terminar con la desigualdad social y ayudar a tener una mejor calidad de habitar, como hacen referencia los objetivos 10 y 11. Esta meta se llega a conseguir mejorando la salubridad de los hogares desde las cimentaciones ya que estas son un punto débil para posibles filtraciones o puentes térmicos causantes de malas situaciones para su habitar. A pesar de que estas soluciones pueden llegar a ser más costosas se debe ver cómo hacerlas de forma más económica para que esté al alcance de todos y conseguir darles un lugar para el habitar en condiciones. **Objetivo 10:** *reducción de las desigualdades*; **Objetivo 11:** *ciudades y comunidades sostenibles*.

Como tema general y común a todo lo mencionado está la contaminación, la cual debemos intentar bajar en todo lo posible ya sea con utilizando materiales de la zona o buscar técnicas más ecológicas. De esta forma aportaremos en lo posible a que la contaminación global disminuya favoreciendo a nuestro clima y como consecuencia de esto una mejor atmosfera que contribuirá a un mayor bienestar para la población. **Objetivo 3:** *salud y bienestar*; **Objetivo 13:** *Acción por el clima*.

Aunque en un principio no conseguí ver que relevancia podría tener este tema con los ODS y que aportaciones podían tener, después de un estudio más profundo de ambos he visto como con cualquier pequeño detalle se puede intentar cambiar muchas cosas. Finalmente, he podido ver como las cimentaciones en su proceso de construcción pueden llegar a contribuir con bastantes objetivos que hay en marcha para conseguir mejorar la situación actual.

2. Contexto Histórico

Las construcciones que se han llevado a cabo durante toda la historia siempre han empezado con una primera cuestión, “*como realizar el encuentro con el terreno*”. Como ahora tenemos la ventaja de los estudios geotécnicos sabemos de primera mano como se va a comportar este y que forma será la más conveniente para su arranque, pero este medio no siempre ha sido tan detallado por lo que es interesante indagar en cómo se realizaba este encuentro hace algunos años y con qué intención lo hacían de esa forma.

Desde tiempos pasados siempre se ha ido buscando un suelo robusto y resistente para poder construir las casas directamente sobre el ras del suelo, y aunque el proceso realizado carecía de intencionalidad llevó a las primeras comprobaciones acerca de la resistencia del terreno a la penetración. Estos procedimientos a menudo que ha ido pasando el tiempo se han mejorado y realizado de forma intencionada para la obtención de información del terreno hasta llegar a las actuales técnicas.

Con un estudio del terreno echo se empezaban a construir las cimentaciones para sustentar las construcciones. Los precedentes de las actuales cimentaciones se tratan de unas sencillas formas de apoyo sobre el terreno que normalmente se componen como una prolongación de la misma estructura del edificio. Pero ya era visible en estas formas dos tipos diferentes de cimentación: superficiales y profundas. Centrándose en las cimentaciones superficiales se localizaban tres tipologías de apoyo superficial -el apoyo puntual, el apoyo lineal y la plataforma- las cuales tienen grandes similitudes a las actuales cimentaciones superficiales.

El apoyo puntual se trata del equivalente a las actuales zapatas aisladas, estas son pequeñas penetraciones en el terreno de cañas, ramas o troncos de árboles que se colocaban mediante la excavación de un hoyo por medio de la hincas. Estos servían para sustentar las primeras construcciones sobre el ras del suelo.

El apoyo lineal cuya evolución llevará a las actuales zapatas corridas, también están vinculadas a las construcciones sobre el ras del suelo, pero esta está constituida por una o varias hileras de piedras la cuales definían el perímetro de las edificaciones.

Por último, la tipología tradicional más conocida puede que sea el apoyo en plataforma ya que son comunes en las edificaciones religiosas que han sido más relevantes en la historia por su importancia. Este tipo de apoyo tenía la función de sobreelevar el edificio con respecto al terreno dotando a la construcción de una mayor presencia e importancia. Este tipo de arranque mediante plataforma se ha llevado a cabo desde la antigua Grecia con el Partenón hasta la actualidad con el Pabellón de Barcelona, pasando por distintas construcciones mayormente de carácter religioso como son la Villa Capra o el Templo de San Pietro. Donde la principal intención es tener una mayor presencia en el terreno en que se sitúa mediante la elevación de la construcción con respecto a su entorno, esto era requerido por el valor que tienen las edificaciones porque se construían para recordar a sus dioses, y así se alzaba su figura sobre los demás.¹

¹ ANA MARÍA GARCÍA GAMALLO, “La Evolucion De Las Cimentaciones En La Historia De La Arquitectura, Desde La Prehistoria Hasta La Primera Revolución Industrial.,” 1997, 475.

- *El Partenón, Atenas:*

Tipología de cimentación utilizada “*la plataforma*” era una manera de conseguir un terreno llano en el monte donde se sitúa el edificio y elevar la construcción para dotarle de una mayor presencia con respecto a las edificaciones cercanas a ella. Estos eran los principales motivos por lo que se llevaba a cabo este tipo de arranque en los edificios que iban destinados a recordar a los dioses. Además, en este caso se ayudaron de los cimientos de un antiguo templo situado en el mismo terreno.

- *Villa Capra, La Rotonda. Andrea Palladio:*

Se trata de otra construcción mediante el arranque en plataforma para dotar a la villa de las características nombradas que otorgaba este tipo de apoyo en los edificios. La situación en lo alto de una colina es un punto para tener unas vistas y control de todo el terreno que abarca la propiedad, y con este resalte que le da la plataforma se consigue una mayor presencia del edificio en su entorno.

- *Templo de San Pietro in Montorio, Donato Bramante:*

Templo que va destinado a recordar una figura importante de la época por lo cual como era habitual se desarrolló mediante la plataforma, como los anteriormente nombrados. Esta tipología le otorga las características citadas al templo ya que se busca darle mayor importancia dentro del patio donde se sitúa.

- *Pabellón Barcelona, Mies van der Rohe:*

El edificio que se divide en tres partes claras -patio de recepción, núcleo edificado y patio trasero- además se levanta sobre un zócalo de travertino como si fuese un templo clásico. Con este tratamiento se quería darle mayor presencia al edificio dentro de la armonía con el entorno. Se trata de un ejemplo con grandes similitudes a las cimentaciones en plataforma porque las intenciones que se requieren mediante el zócalo donde se coloca el pabellón están relacionadas con los aspectos que esta tipología buscaba en sus edificios.

- *Unités (Marsella), Le Corbusier:*

La estructura que plantea Le Corbusier para la Unité se basa en la combinación de dos elementos elementales: un apoyo libre donde el edificio posa sobre unos grandes pilotis y un entramado tridimensional y ortogonal compuesto por pilares y vigas que descansan sobre el basamento.

- *IVAM (Instituto Valenciano de Arte Moderno):*

Este potente proyecto, destinado para el arte moderno, se define como un contenedor pétreo, grandioso y abstracto. Se sitúa sobre una poderosa plataforma pública para distanciarse de la alineación de la calle Guillen de Castro en el centro histórico de la ciudad, abriéndose hacia el río Turia. En este edificio vemos como también en la actualidad se utiliza el encuentro del edificio con el terreno para dar mayor carácter, presencia o importancia sobre los de su entorno.



Imagen 1. *El Partenón, Atenas.* Pericles, 449 a.C.



Imagen 4. *Pabellón Barcelona.* Mies van der Rohe, 1929.



Imagen 2. *Villa Capra.* Andrea Palladio, 1567.



Imagen 5. *Unité de Marsella.* Le Corbusier, 1952.



Imagen 3. *Templo de San Pietro.* Donato Bramante, 1502.



Imagen 6. *IVAM, Valencia.* Emilio Gimenez y Carlos Salvador, 1987.

3. Aspectos generales de las cimentaciones

- Objeto de las Cimentaciones

El objeto primordial de estas es dotar a todas las obras (edificios, puentes, presas, etc.) de un comportamiento adecuado y seguridad en el momento que estas se apoyan sobre o bajo la superficie terreno.

- Función de las Cimentaciones

Las cimentaciones son la parte de la estructura cuya función es solamente la de transmitir el peso del edificio al terreno natural donde se encuentra situado, siendo este un aspecto importantísimo para la estabilidad del mismo.

- Requisitos para una buena cimentación

El principal factor que debe soportar la cimentación es contra el fallo por resistencia al corte, y los asentamientos -tanto totales como diferenciales- tienen que estar bajo los límites permisibles. En este aspecto es de gran importancia el estudio del terreno donde se vaya a realizar las diferentes obras, ya que estos límites mencionados dependen de esto.

3.1. Tipos de cimentaciones según el CTE

3.1.1. Superficiales o directas

3.1.1.1. Definición

Se trata de la cimentación más económica y elemental, siempre que las condiciones del terreno lo permitan. Estas se suelen desempeñar cuando inmediatamente debajo de la estructura que sustenta el edificio o cercano a ella se encuentra un suelo adecuado, geotécnicamente hablando, para poder distribuir las cargas de manera uniforme.

3.1.1.2. Tipologías

Zapata aislada.

Zapata combinada.

Zapata corrida o continua.

Emparrillado.

Losa o placa de cimentación.

3.1.2. Profundas

3.1.2.1. Definición

A diferencia de las anteriormente nombradas estas cimentaciones se ejecutan cuando no sea técnica o económicamente viable la realización de las cimentaciones superficiales. Normalmente esto se produce cuando el nivel apto para cimentar está a una gran profundidad con respecto al espacio que ocupará el edificio, aproximadamente entorno a los 4 o 5 metros.

3.1.2.2. Tipologías

Pilotes.
Micropilotes.
Muros pantalla.

3.1.3. Semiprofundas o pozos de cimentación

3.1.3.1. Definición

Cimentación que se utiliza como solución intermedia entre las dos vistas hasta el momento -directas y profundas. Se lleva a cabo este tipo para abaratar costes y garantizar su estabilidad cuando el nivel adecuado para la cimentación se encuentra a una profundidad inviable para la cimentación directa y escasa para una cimentación profunda.

3.1.3.2. Tipologías

Pozos.

3.2. Criterios de elección de la cimentación

En primer lugar, debemos tener en cuenta los condicionantes del propio terreno y los que conlleva la propia estructura, y una vez esto esté concretado pasaremos a ver cuál de las cimentaciones será la más adecuada. Para ello un buen estudio geotécnico realizado por técnicos nos proporcionará los suficientes conocimientos como para saber qué tipo de cimentación será más apropiada o cuales serían.

1. Cimentación por zapatas:

Cuando tengamos un terreno firme y competente, se pueda cimentar con una presión media alta y se esperen pequeños asientos.

La situación ideal del terreno para la ejecución de zapatas es cuando este posea una buena cohesión, la afluencia de agua sea inexistente y el basamento este a menos de 1,5 metros de la superficie.

2. Cimentación por emparrillado:

Cuando el terreno tenga una capacidad de carga baja y una deformabilidad alta o, además, que presente posibles asentamientos totales grandes que llevarán consigo a unos asentamientos diferenciales importantes.

3. Cimentación por losa:

Cuando una cimentación mediante los anteriores procedimientos ocupe un porcentaje alto de la superficie que cubre en planta el edificio.

En el caso de que esta sea más económica que por zapatas.

La situación del terreno no se la idónea porque este presenta poca resistencia o sea poco homogéneo.

4. Cimentación por pilotajes:

Cuando no existe un terreno firme cercano a la superficie (profundidad mayor de 5m).

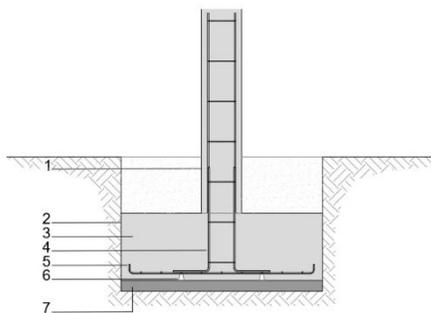
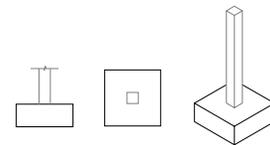
4. Cimentaciones directas

Una vez visto los aspectos generales de los distintos tipos de cimentaciones pasaremos a ver de manera general cada una de las cimentaciones directas, ya que estas son las más usuales en nuestro campo de trabajo debido a su mayor sencillez con respecto a las demás. Como el trabajo se define como “el arranque de los edificios desde las cimentaciones” es oportuno una pequeña vista general a estas para poder entender de una manera más precisa los diferentes detalles constructivos que más tarde llegaremos a ver.

Las cimentaciones directas o superficiales se dividen en cinco modelos nombrados en el apartado 3.1.1.2 y ahora veremos con más detalle a través de unos pequeños esquemas y detalles constructivos “tipo” de las diferentes tipologías.

4.1. Zapata aislada

Denominada de esta forma porque recibe la carga de un pilar aislado.

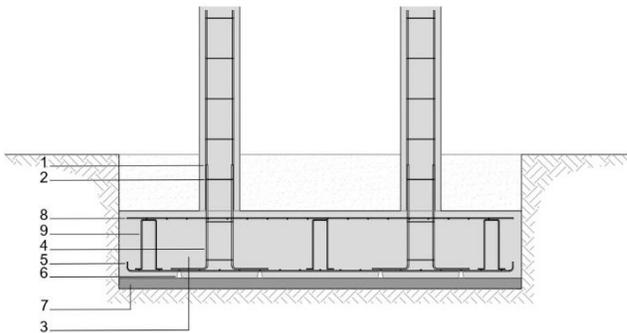
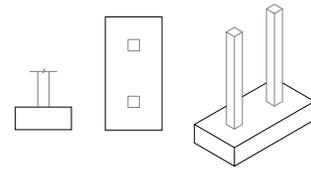


1. Armadura pilar
2. Estribos
3. Hormigón zapata
4. Armadura pilar en espera
5. Armadura zapata
6. Calzos
7. Hormigón de limpieza

Figura 1. *Detalle tipo, zapata aislada.*

4.2. Zapata combinada

Denominada de esta forma porque recibe la carga de dos pilares próximos.

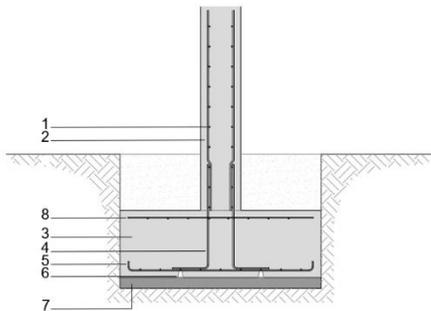
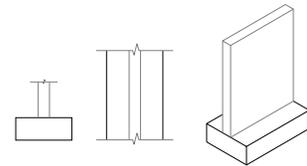


1. Armadura pilar
2. Estribos
3. Hormigón zapata
4. Armadura pilar en espera
5. Armadura inferior zapata
6. Calzos
7. Hormigón de limpieza
8. Armadura superior zapata
9. Pies de pato

Figura 2. Detalle tipo, zapata combinada.

4.3. Zapata corrida

Denominada de esta forma porque recibe la carga de tres o más pilares o de un muro, como se ve en el esquema.

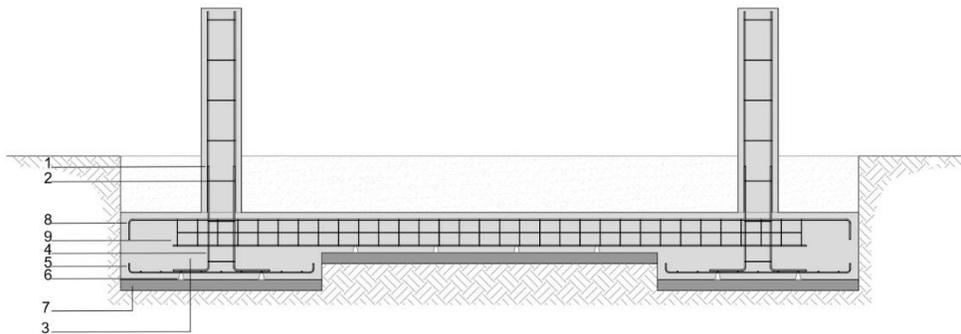
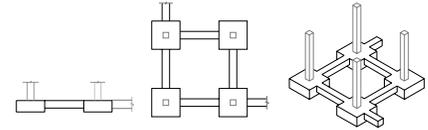


1. Armadura horizontal muro
2. Armadura vertical muro
3. Hormigón zapata
4. Armadura muro en espera
5. Armadura inferior zapata
6. Calzos
7. Hormigón de limpieza
8. Armadura superior zapata

Figura 3. Detalle tipo, zapata corrida.

4.4. Emparrillado

Denominada de esta forma porque recibe la carga de un conjunto de pilares y/o muros distribuidos en retícula.

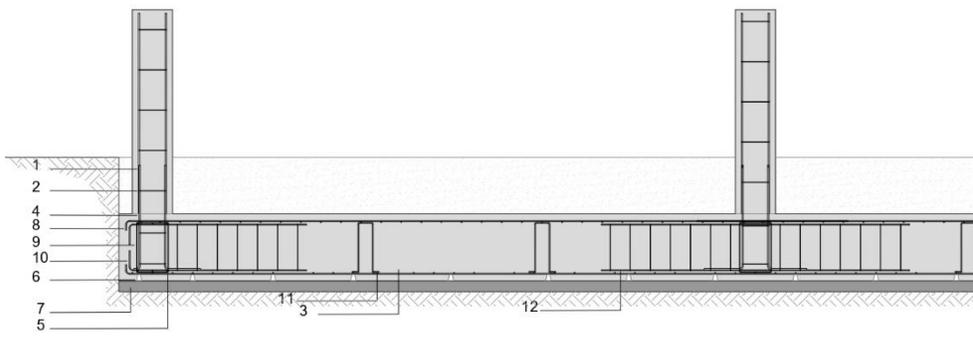
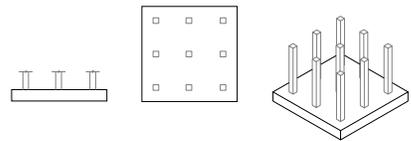


1. Armadura pilar
2. Estribos
3. Hormigón zapata
4. Armadura pilar en espera
5. Armadura inferior zapata
6. Calzos
7. Hormigón de limpieza
8. Armadura superior zapata
9. Armadura viga centradora

Figura 4. Detalle tipo, emparrillado.

4.5. Losa cimentación

Denominada de esta forma porque recibe la carga de un grupo de pilares y muros.

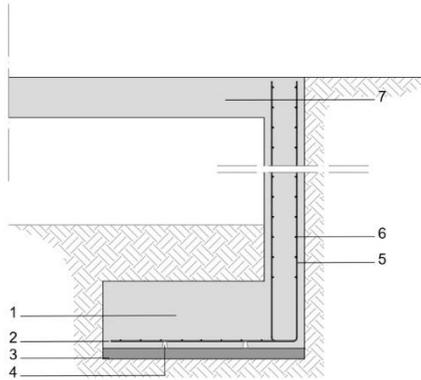


1. Armadura pilar
2. Estribos
3. Hormigón zapata
4. Armadura pilar en espera
5. Armadura inferior losa
6. Calzos
7. Hormigón de limpieza
8. Armadura superior losa
9. Viga de borde
10. Armadura refuerzo
11. Pies de pato
12. Armadura contra punzonamiento

Figura 5. Detalle tipo, losa cimentación.

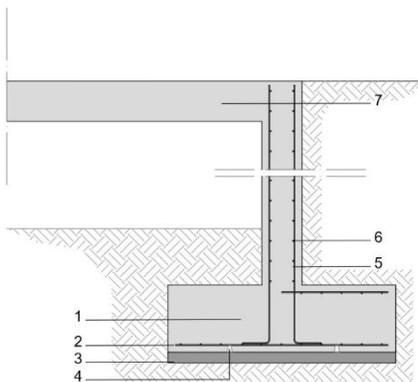
4.6. Muros de sótano

Denominado de esta forma porque además de su función de contención del terreno también transmite cargas verticales al terreno.



1. Hormigón zapata
2. Armadura zapata
3. Hormigón de limpieza
4. Calzos
5. Armadura vertical muro
6. Armadura horizontal muro
7. Forjado

Figura 6. *Detalle tipo*, muro sótano con zapata sin talón.



1. Hormigón zapata
2. Armadura zapata
3. Hormigón de limpieza
4. Calzos
5. Armadura vertical muro
6. Armadura horizontal muro
7. Forjado

Figura 7. *Detalle tipo*, muro sótano con zapata con puntera y talón.

5. Sistemas de arranque de los edificios

5.1. Con forjado sanitario

Uno de los grandes problemas que están presentes en la construcción y que siempre ha sido uno de los causantes de la rápida degradación de los edificios durante su vida útil han sido las humedades. En nuestro caso donde estamos centrados en el arranque de estos desde el terreno es primordial tener en cuenta este condicionante, ya que la humedad es existente en el subsuelo y esta tiende a ascender por capilaridad. Para hacer frente a esto se utilizan diferentes métodos de construcción siendo el más habitual los forjados sanitarios.

El forjado sanitario no es más que un simple forjado que se sitúa en una posición elevada respecto al suelo, mínimo unos 50 cm, y que su principal función es evitar las humedades a través del suelo. Esto se consigue debido a que al elevar este elemento se forma una cámara de aire entre el edificio y el terreno, la cual para un buen funcionamiento y evitar condensaciones en la cara inferior del forjado debe estar convenientemente ventilada, para reducir la presión de vapor en invierno y evitar que se produzcan condensaciones que pudieran generar agua líquida y facilitar el deterioro de las viguetas del forjado y, en consecuencia, el colapso del mismo.

Existen diferentes soluciones constructivas para la realización de los forjados sanitarios. Según las necesidades del terreno donde se localiza la construcción, la forma de repartir las cargas o la materialidad. Aplicando estos aspectos diferenciaremos dos tipos de construcción, la solera ventilada y el ya nombrado forjado sanitario. A menudo estos dos conceptos son confundidos entre ellos probablemente por falta de información hacia ellos, pero tienen sus diferencias, y no es lo mismo un forjado sanitario que una solera ventilada.

El aspecto más contundente que diferencia a ambos es la materialidad. Por un lado, el forjado sanitario está formado por una estructura de hormigón, lo que supone una combinación entre hormigón (arena, cemento y grava) con ferralla en su interior (barras corrugadas y zunchos de hierro). Y, por otro lado, la solera ventilada está formada por una base de mortero de cemento y una malla electrosoldada.

Otro aspecto para tener en cuenta es la forma en que trabaja cada uno de ellos. En este caso los forjados redistribuyen las cargas a los cimientos, así que estructuralmente son más resistentes y capaces para soportar un mayor peso. Sin embargo, esto hace que sean más pesados que las soleras por lo que es un aspecto importante a tener en cuenta.

Para conseguir la altura necesaria para su correcto funcionamiento estos forjados se apoyan a unos muros, los cuales deben tener las medidas adecuadas. Se precisará para conseguir una buena ventilación que los muros, tanto exteriores como intermedios,

estén dotados de perforaciones u orificios que posibiliten la renovación regular del aire por debajo del edificio. Una correcta ventilación cruzada.²

Esta condición se puede llevar a cabo mediante distintos métodos, según el sistema de apoyo del forjado:

El forjado apoya sobre muros de ladrillo o muros de bloques de hormigón.

El forjado apoya sobre la misma estructura del edificio.

El forjado apoya sobre sistemas no recuperables.

5.1.1. Forjado apoyado sobre muros de ladrillo o muros de bloques de hormigón

Esta es la solución más utilizada en la realización de los forjados sanitarios, y esto es por las ventajas que supone respecto a los sistemas no recuperables.

Tiene como ventaja el poder incluir grandes espesores de aislamiento, como sería por ejemplo los diferentes tipos de bovedillas (de arcilla expandida, de poliestireno, de hormigón o de cerámica). Además de esta ventaja también encontramos otra frente a los otros métodos. En este sistema no hay la necesidad de preparar un suelo nivelado debajo del forjado, solo se apoyará en los muros que no podrán tener una separación entre ellos superior a los 5 metros. Solo en el caso donde se lleven instalaciones colgadas bajo el forjado y se permita hacer el mantenimiento de las mismas sí que tendremos que tener un suelo regular antes de empezar con la realización del forjado.

El forjado a utilizar en este sistema será necesariamente de viguetas autorresistentes de doble T. Esto es debido a la poca altura de la cámara que hace impracticable la utilización de sopandas y puntales para realizar el montaje del forjado, al ser imposible su recuperación una vez terminado.

Seguidamente vemos un ejemplo de forjado sanitario tipo apoyado en un muro de ladrillo macizo a través del cual ventilará la cámara de debajo del forjado. El muro de ladrillo se dispone sobre la viga riostra por la cual se consigue distribuir las cargas del edificio al terreno. Y como hemos mencionado anteriormente el forjado está compuesto por viguetas autorresistentes.

² "Forjado Sanitario | Construpedia, Enciclopedia Construcción," accessed March 1, 2020, https://www.construmatica.com/construpedia/Forjado_Sanitario.

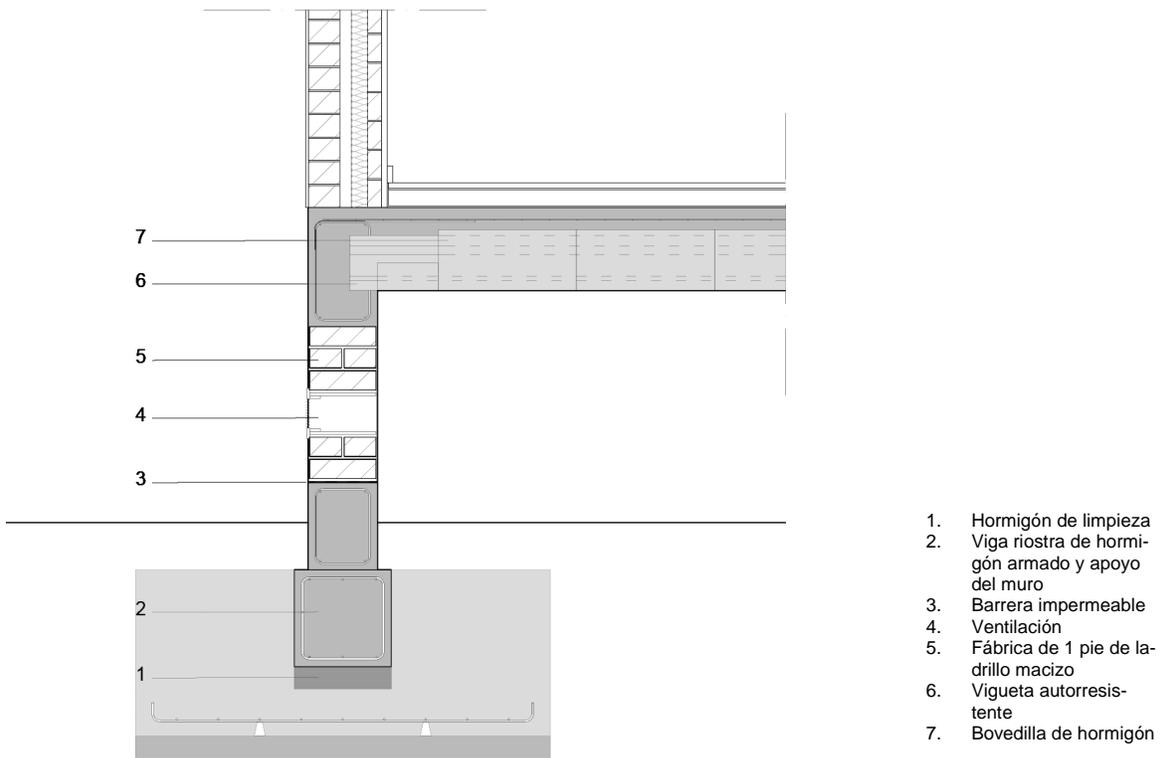


Figura 8. Detalle del apoyo exterior.

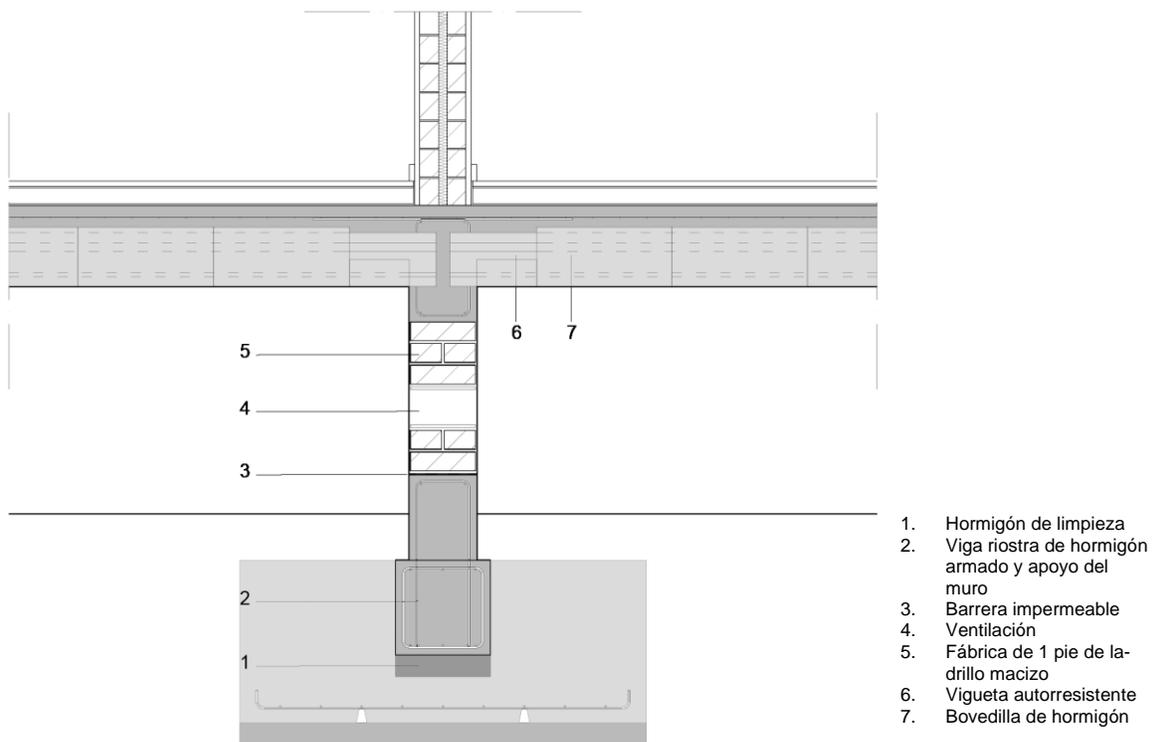


Figura 9. Detalle del apoyo interior.

Una vez visto unos detalles tipo de forjado sanitario pasaremos a ver un procedimiento de construcción del mismo, así como las capas que sirven de barreras de interrupción del paso de la humedad por los muros.

En la ejecución del siguiente detalle se realiza mediante un muro de termoarcilla apoyado sobre la cimentación. Este muro se ejecuta hasta alcanzar una altura igual o mayor de unos 30 cm sobre el suelo exterior. Seguidamente se extiende una capa de mortero de regularización de al menos 2 cm de espesor para su posterior colocación de las barreras impermeables.

Se extiende una capa de imprimación que cubrirá la capa del mortero de regularización, una vez extendida la imprimación se coloca la barrera anticapilaridad que ocupará todo el ancho del muro. Estas láminas impermeables pueden ser de diferentes materiales (bituminosas, de caucho, de plástico, etc.). La solución más habitual consiste en colocar bandas bituminosas o láminas de plástico en el muro, debido a que deben ocupar todo el ancho del muro hay bandas de diferentes espesores. Además, se deben solapar 10 cm como mínimo entre las distintas bandas.

Para continuar con la construcción del muro se extiende una capa de mortero de protección de 2 cm o más de espesor.

Finalmente, para completar los muros se colocarán las ventilaciones para prevenir las posibles condensaciones a causa del vapor de agua que se generan en la cámara de aire debajo del forjado sanitario.

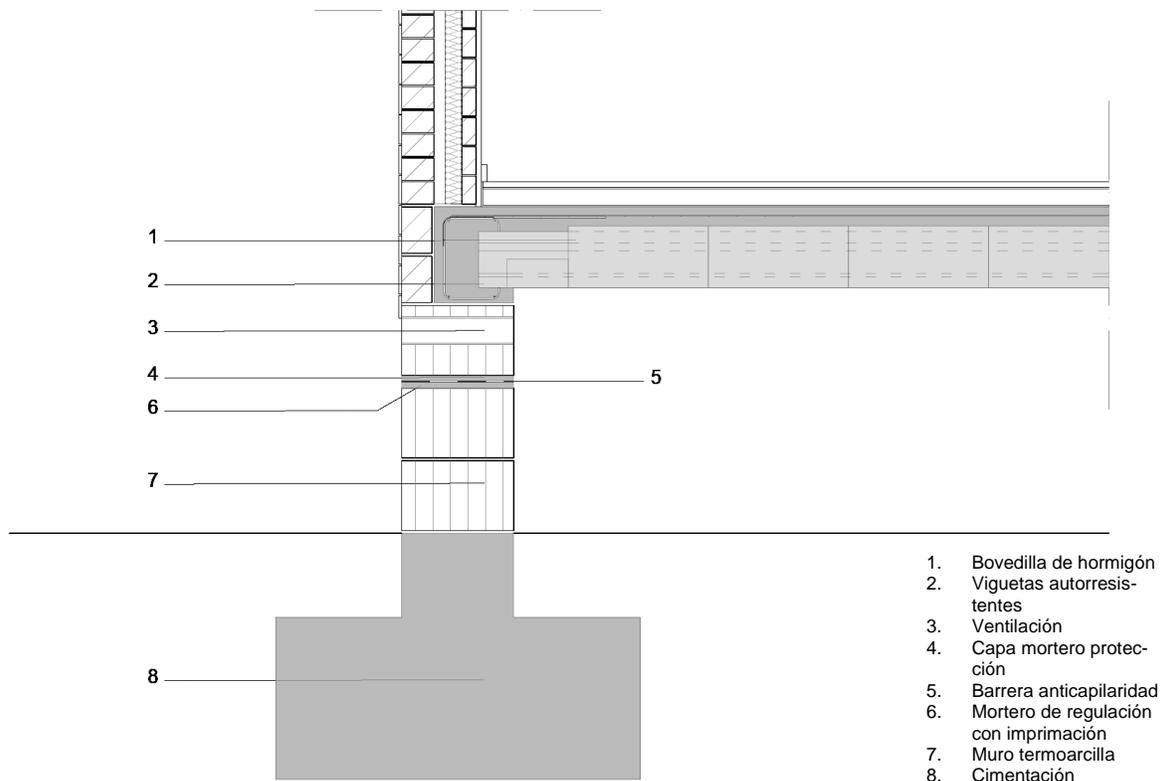


Figura 10. Detalle apoyo en muro termoarcilla con barrera anticapilaridad.

Además de los sistemas vistos con forjados de viguetas y bovedillas también se pueden ejecutar los forjados sanitarios con otros materiales como por ejemplo la madera, que además es un material ecológico. En el siguiente detalle se han extraído las pautas de su ejecución y materiales de la casa comercial Egoín, la cual está especializada en la construcción en madera.³

Para la ejecución del forjado se utilizan paneles contralaminados CLT, son paneles macizos de madera compuestos por diferentes tablas encoladas por capas y cruzadas entre ellas, y siempre utilizando un número impar de capas.

En la formación del panel se expande una lámina de cola en la superficie de la primera capa de madera y a la que se colocará seguidamente otra capa de madera en sentido transversal a la anterior (giro de 90°), según el espesor deseado para el panel se irán disponiendo de la misma forma otros paneles de madera (siempre en número impar). Cuando están ya colocadas todas las capas de madera se realizará el prensado. Estos paneles tienen como buen factor su estabilidad dimensional obtenida por la retención que otorgan las fibras de las maderas colocadas en sentido longitudinal respecto a las maderas contiguas dispuestas en sentido transversal.

Estos paneles se pueden realizar mediante dos sistemas de producción, sistema flexible y sistema estándar. En el sistema flexible se pueden realizar las piezas acordes con las dimensiones necesarias de proyecto, siempre dentro de unos límites que establecerán las prensas y la capacidad de corte de la maquinaria. En contraposición a este está el sistema estándar a través del cual solo se realizan piezas con unas dimensiones determinadas.

Una variante de estos paneles es el panel alveolar, que será el utilizado en el detalle constructivo. En estos paneles se cambia la parte central de placas por una estructura de largueros de madera consiguiendo crear los alveolos interiores por los que se distribuirán los materiales aislantes térmicos, estos serán lana de roca, lana de vidrio o fibra de madera. Por su configuración estos paneles otorgan mayores prestaciones tanto mecánicas como térmicas sin tener que recurrir a mayores tamaños, por estas características son mayormente utilizados para forjados y cubiertas.

³ Egoín, "Prontuario Técnico Para La Construcción Con Paneles de Madera Contralaminada," 2016.

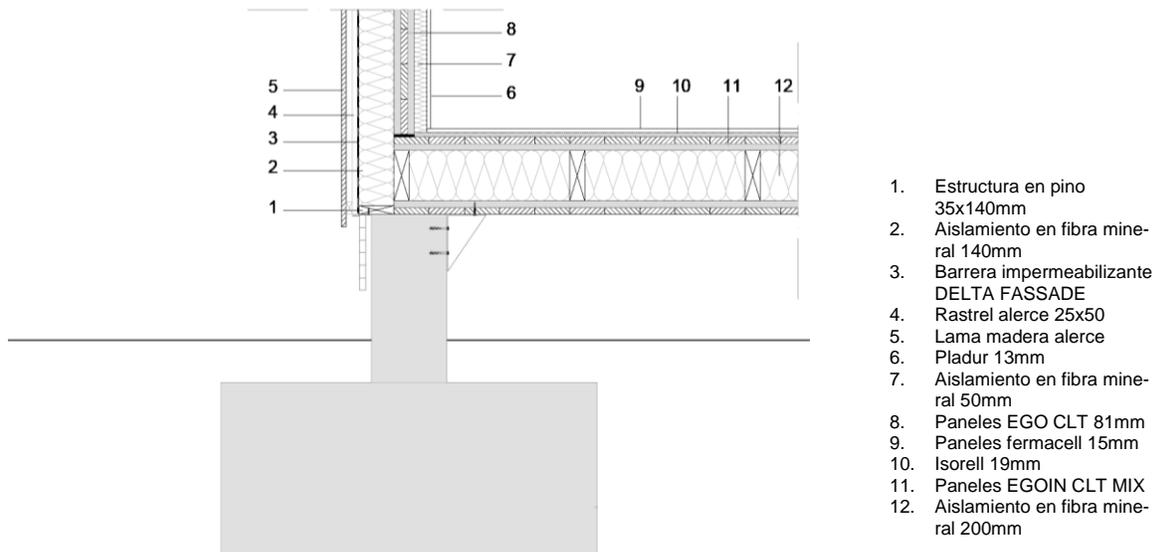


Figura 11. Detalle forjado sanitario con losa de madera.

Una vez visto diferentes formas de proceder en la realización de los forjados sanitarios sobre muretes se verá la puesta en práctica en diferentes proyectos reales donde se realizan estos como forma de arranque de los edificios.

“Casa es Carnatge es una vivienda unifamiliar emplazada frente a las canteras abandonadas de Son Mosson en la Bahía de Palma, de las que extrae su materialidad y lógica formal. Mediante una doble piel pétreo esta casa abstraer su habitar de la contaminación acústica del aeropuerto vecino y busca en el marés una manera propia de ser y estar.”⁴

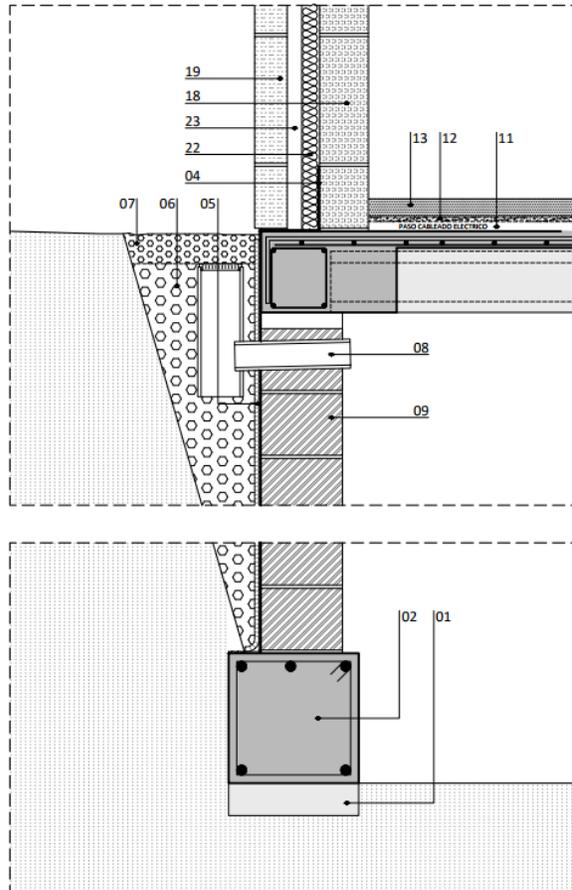
El proyecto del estudio *Miel Arquitectos* opta por la utilización de materiales de kilómetro 0 como se ha nombrado en la cita anterior, **Objetivo 3: salud y bienestar** y **Objetivo 13: Acción por el clima**. Se utiliza el menor número de materiales para su intervención, pero buscando extraer de cada uno de ellos el mayor carácter posible para conseguir una mayor riqueza formal en el proyecto.

Sin embargo, este proyecto no solo tiene en mente estos ODS sino que va más allá con la solución del forjado sanitario sobre muretes de hormigón como forma en la que arranca el edificio del terreno de esta forma hace frente a posibles humedades transmitidas a través del terreno consiguiendo una mejora considerable de la salubridad y dotando de mejores condiciones para su habitar, además este espacio es utilizado para el paso de instalaciones concretamente para cableado. Estos aspectos están directamente ligados con dos ODS nombrados en el trabajo, el **objetivo 10: reducción de las desigualdades** y el **objetivo 11: ciudades y comunidades sostenibles**.

El forjado sanitario unidireccional de viguetas autorresistentes de 25cm de espesor apoya en unos muretes de bloques de hormigón italiano de 20cm en los cuales se sitúan unas

⁴ Can Pastilla and Palma De Mallorca, “Casa Es Carnatge,” 2017.

tuberías de PVC de Ø12cm y Ø10cm para ventilación cámara sanitaria cada 5 metros. Los muretes están revestidos por el contrario el terreno por una membrana drenante con nódulos de polietileno de alta densidad para garantizar un buen drenaje debajo del forjado.



1. Hormigón limpieza, e=10cm
2. Zapata corrida de hormigón armado de 40x40cm
3. Bloque de hormigón italiano de carga de 20cm
4. Membrana drenante con nódulos de polietileno de alta densidad
5. Relleno de grava filtrante en drenaje perimetral
6. Relleno de canto rodado blanco de 10cm de espesor
7. Tubería PVC Ø12cm y Ø10cm para ventilación cámara sanitaria, cada 5 metros
8. Bloques de hormigón alemán de carga de 25cm
9. 11. Paso cableado eléctrico, e=3cm
10. 12. Relleno de gravilla en tapado de instalaciones, e=1cm
11. 13. Pavimento continuo de mortero de cemento blanco y pigmentos con superficie enlucida con lana y tratamiento antideslizante. Sobre suelo radiante incluye un aditivo específico. e=6cm
12. 18. Fábrica Marés 15cm de primera Blanco Cas Busso, tomado con mortero de cal
13. 19. Fábrica Marés 10cm de segunda Roja Cas Busso, tomado con cemento mallorquín
14. 22. Panel semirrígido de lana mineral, e=5cm
15. 23. Cámara de aire, e=5cm ventilada

Figura 12. Detalle arranque casa Carnatge, Miel Arquitectos.

De igual manera que en el proyecto visto anteriormente, Alberto Campo Baeza utiliza el forjado sanitario como arranque de su proyecto en la Casa Cala. Esta se localiza en un terreno en pendiente desde el cual se disipa el horizonte lejano del oeste de Madrid. En este proyecto el arquitecto emplea el método que planteó Adolf Loos, el Raumplan, “*secuencia de espacios diferentes concatenados frente al espacio continuo y transparente del que luego el ortodoxo Movimiento Moderno hará su buque insignia.*”⁵

Como característica de los forjados sanitarios están contruidos con viguetas autorresistentes, y en este caso el proyecto emplea estos elementos junto a bovedillas cerámica para la formación de la cámara sanitaria. Este forjado es apoyado sobre unos muretes, en este caso, de fábrica de 1 pie de ladrillo perforado, en estos muretes se

⁵ Alberto Campo Baeza, “Casa Cala,” 2015, <https://www.campobaeza.com/es/cala-house/>.

dispone una lámina autoadhesiva armada de 1,5kg/m² como barrera anticapilaridad para hacer frente a las posibles humedades y que estas no lleguen a alcanzar el interior de la edificación.

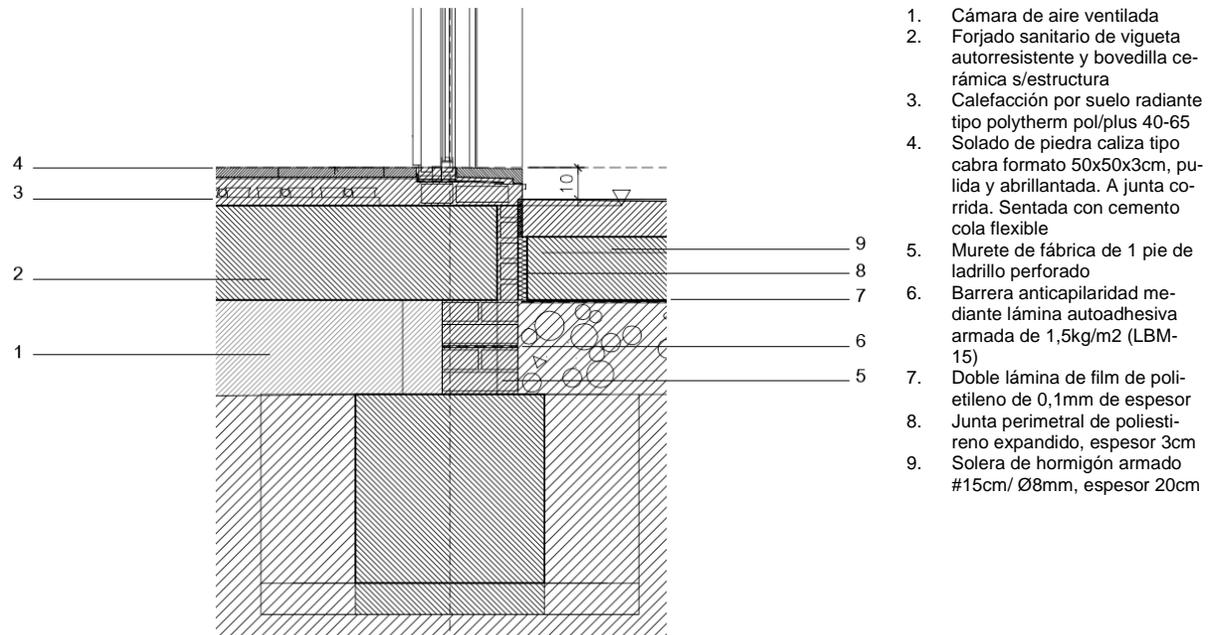


Figura 13. Detalle arranque Casa Cala, Alberto Campo Baeza.

Siguiendo con los ejemplos reales donde se utiliza el forjado sanitario sobre muretes se encuentran unos proyectos del estudio HARquitectes, la casa 1105 [Fig. 20] y la casa 1101 [Fig. 21]. En estas dos viviendas se busca conseguir mayor salubridad y aislamiento del terreno mediante la separación de este mediante una cámara sanitaria donde el forjado de dicha cámara apoyará sobre unos muretes, murete de termoacilla en la casa 1105 y murete de bloques de hormigón en la casa 1101. ⁶

A pesar de tener unas localizaciones bastante diferentes ya que una se encuentra entre medianas y en cambio la otra se sitúa en una gran parcela, en las dos construcciones se opta por la solución de forjado sanitario sobre muretes. Esto refleja las ventajas que tienen este tipo de soluciones, las cuales son iguales para viviendas que estén con una gran superficie en planta como en las que se busca ocupar un mínimo espacio.

Además de proteger de humedades en la casa 1105 la cámara sanitaria sirve para refrigerar las diferentes plantas de la vivienda a través de una doble fachada, donde la

⁶ HARquitectes, "CASA 1105 - HARQUITECTES," 2014, <http://www.harquitectes.com/projectes/casa-cerdanyola-harquitectes/>; HARquitectes, "CASA 1101 - HARQUITECTES," 2013, <http://www.harquitectes.com/projectes/casa-sant-cugat-del-valles-harquitectes/>.

propio espacio que hay entre las fachadas se comunica con la cámara sanitaria, permitir llevar el aire caliente al interior en invierno y el aire frío de la cámara ventilada en verano.

En cambio, debido a las claras diferencias técnicas, en la casa 1101 la cámara ventilada está más enfocada solo a prevenir humedades ya que mediante un sistema de geotermia y suelo radiante la casa se climatiza. En este caso para impedir la aparición de humedades se coloca un tubo de drenaje en la base de los muretes exteriores del forjado sanitario, esto es debido a la relación con el jardín para así evitar mayores humedades dentro de la cámara ventilada.

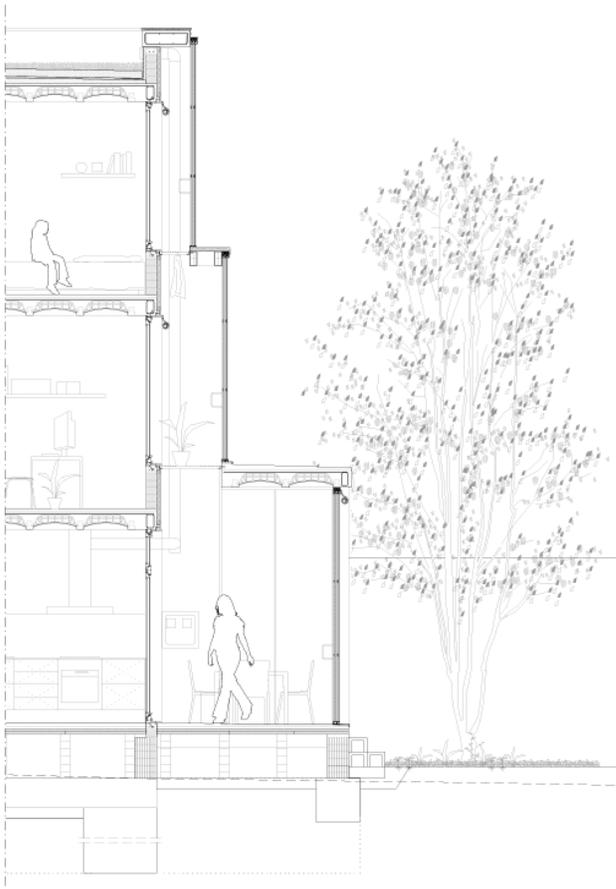


Figura 14. *Detalle casa 1105, HARquitectes.*

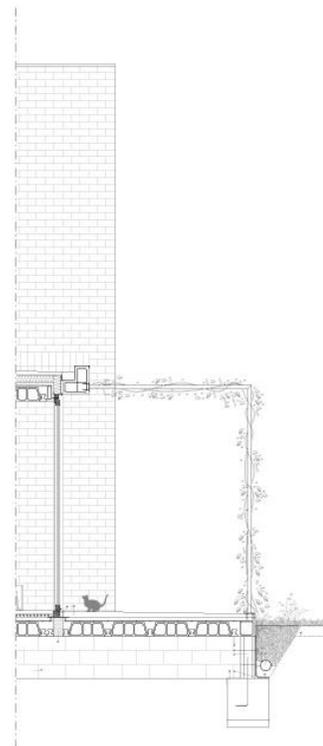


Figura 15. *Detalle casa 1101, HARquitectes.*

5.1.2. *Forjado apoyado sobre la misma estructura de hormigón armado utilizada en todo el edificio*

No solo hay una forma de realizar los forjados sanitarios, además de la vista anteriormente también encontramos este otro método para su ejecución. Se trata de un primer

forjado con una separación del terreno de 50 cm o más, pero en este caso su apoyo será sobre la misma estructura de hormigón armado que se utilizará para el resto del edificio.

Uno de los modelos de construcción de esta estructura es por medio del uso de viguetas autorresistentes que descansarán sobre los muros de carga.

Se realizan las cimentaciones de acuerdo con el proyecto y una vez ejecutadas se llevarán a cabo la estructura del edificio que formará parte del forjado sanitario. Se emplea un sistema para realizar los muros de carga de hormigón armado, donde se apoyará el forjado, que posibilitará la elaboración de una cámara de aire entre el forjado y las cimentaciones. Consiguiendo de esta forma la cámara de aire con las condiciones exigidas.

Para el forjado se usarán normalmente bovedillas de hormigón de unos 25 cm de altura, estas apoyarán en las viguetas autorresistentes que distarán 70 cm entre intersecciones. Sobre estos se verterá una capa de compresión de unos 5 cm de hormigón armado. Este forjado conocido como forjado unidireccional deberá presentar unas rejillas, que dejen la circulación del aire exterior con el de la cámara bajo el forjado sanitario, situadas en los muros perimetrales. De esta forma se obtiene la finalidad de estos forjados de eliminar las posibles humedades que puedan aparecer por ascensión por el terreno.

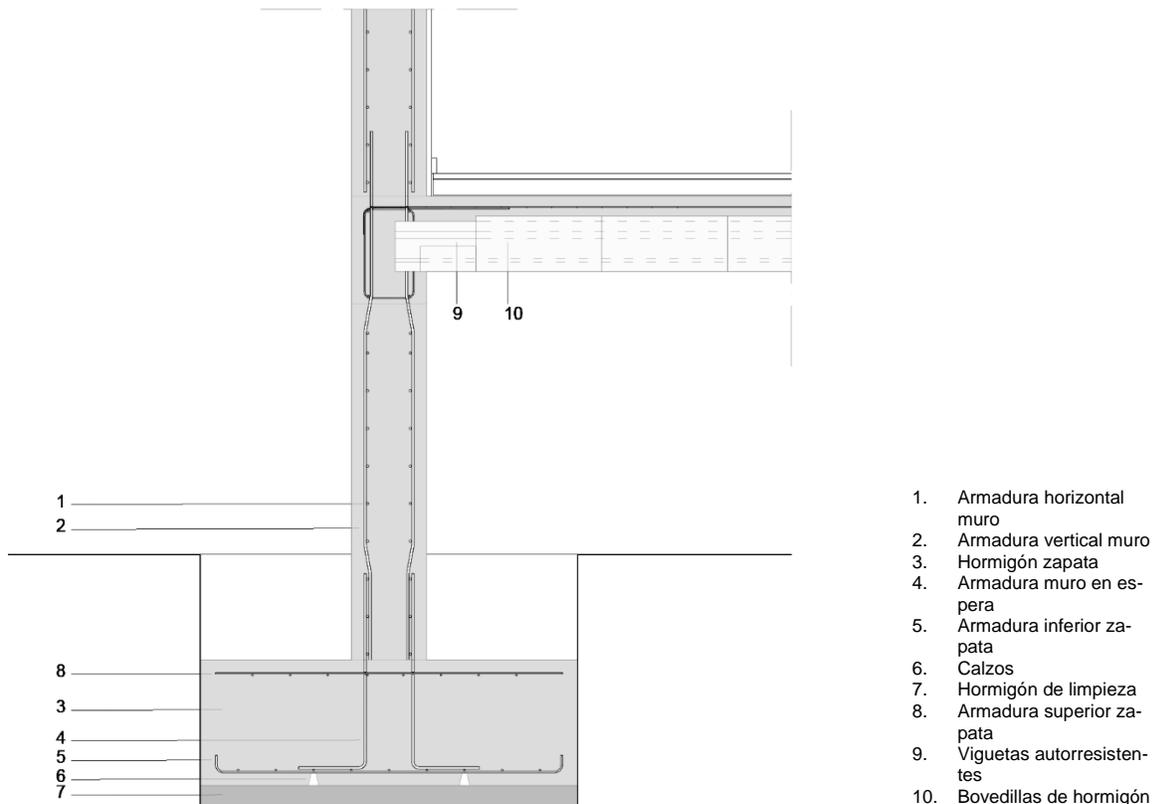
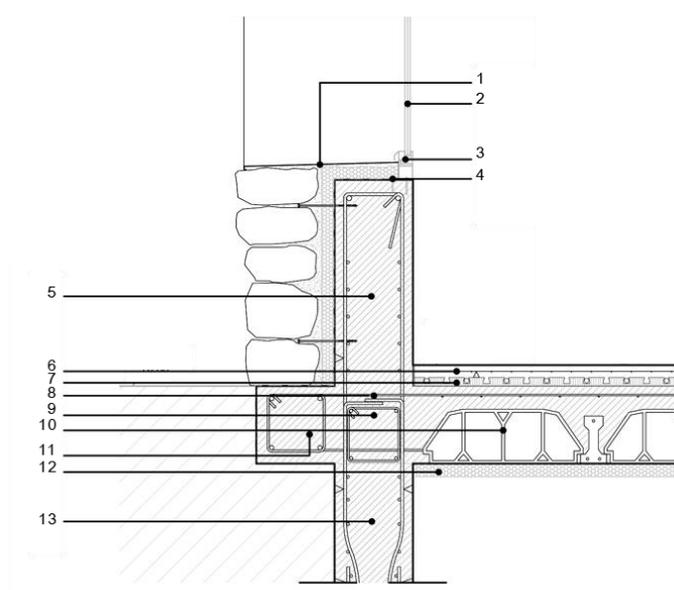
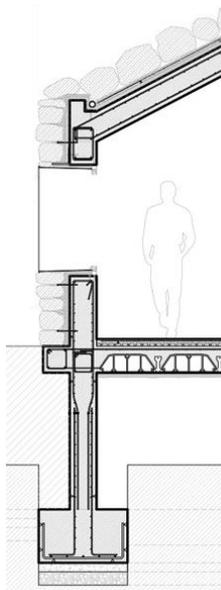


Figura 16. Detalle forjado sanitario apoyado sobre la misma estructura del edificio.

La casa Calixto de GRX arquitectura está situada en una pequeña población de Granada donde el arquitecto pretende que el entorno marque las pautas del proyecto e invadir lo menos posible el paisaje.⁷

El proyecto realizado en hormigón, aunque revestido posteriormente de piedras de cantería, también se proyecta un forjado sanitario para aislar de forma más eficiente la casa. En este caso el forjado sanitario es apoyado en la misma estructura de hormigón de la vivienda, se trata de un forjado de hormigón HA-25 formado por viguetas semirresistentes en doble T y bovedillas de hormigón aligerado. Además, en este proyecto debido a su localización se precisa el uso de una capa rígida de aislamiento térmico de poliestireno extruido tipo "wallmate" con un espesor de 5 centímetros, así se consigue eliminar las posibles humedades que se puedan ocasionar en el forjado por las grandes diferencias de temperaturas y proteger el sistema del suelo radiante.



1. Chapa de hierro con acabado impermeabilizante transparente mate en toda la moqueta con formación de goterón, e=5mm
2. Vidrio laminado doble con cámara de aire (6+10+6)
3. Carpintería de aluminio termolacado en negro
4. Fijación atornillada inoxidable de chapa plegada a hueco de abertura
5. Muro de hormigón HA-25, e=25-30cm
6. Solera de hormigón armado, e=10cm
7. Suelo radiante
8. Armadura de continuidad (negativo), solape según cálculo
9. Viga de hormigón HA-25, e=30cm
10. Forjado sanitario de hormigón HA-25
11. Viga apoyo de hormigón HA-25 20x20cm para recibir revestimiento de piedras de cantería
12. Placa rígida de aislamiento térmico de poliestireno extruido tipo "wallmate", e=5cm
13. Muro armado de hormigón para contención de tierras, e=25-30cm

Figura 17. Detalle arranque casa Calixto, GRX Arquitectos.

5.1.3. Forjado sanitario con sistemas de elementos no recuperables

Por último, la ejecución de los forjados sanitarios mediante piezas no recuperables. Este sistema ha ido aumentando su popularidad recientemente, se trata de elevarse del

⁷ GRX Arquitectes, "Casa Calixto Por GRX," 2019, <https://tectonica.archi/projects/casa-calixto-por-grx/>.

terreno mediante unos elementos que servirán como encofrado perdido del forjado y dejarán un espacio inferior para permitir la correcta ventilación de la cámara de aire debajo del forjado.

Al igual que los anteriores se debe garantizar una altura mínima de la cámara de aire, en este caso serán de menor altura porque esta vendrá definida por las dimensiones de las piezas. Como principal diferencia tendremos que en este caso primeramente habrá que regularizar el terreno mediante una pequeña capa de hormigón, por lo que algunas opiniones dicen que este sistema distribuye mejor las cargas de la estructura, pero al ser una capa, normalmente, delgada no se puede asegurar que no se produzcan grietas o hundimientos parciales debido a asentamientos diferenciales.

Hay diferentes sistemas de encofrados para la ejecución de estos forjados, como son por ejemplo *cáviti*, *kappax*, *cupolex*. Son diferentes fabricantes de piezas para la elaboración de los forjados sanitarios siendo el más conocido el sistema *cáviti*, que es el utilizado en los detalles siguientes.⁸

Como conclusión, este sistema de forjado es más económico que los anteriores, fácil de adaptar y de instalar, siempre que se haya hecho un correcto replanteo, y mucho más rápido en su elaboración. Además, si el edificio tiene cuatro fachadas este sistema permite la ventilación en ambas direcciones a diferencia de los anteriores que a causa de los muretes donde apoyan los forjados solo lo hacen en una dirección.

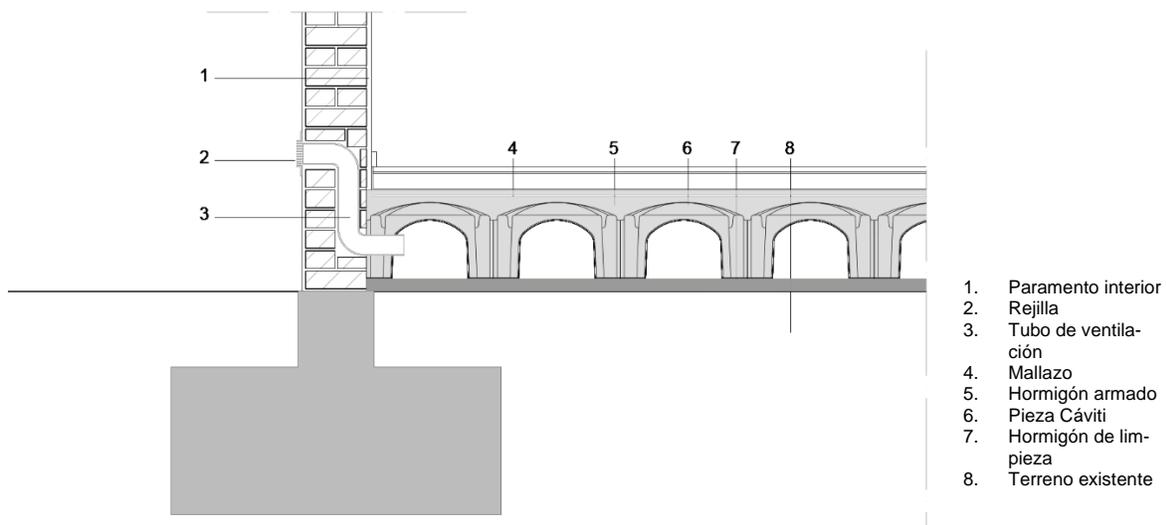


Figura 18. Detalle sistema Cáviti ventilación forjado sanitario.

⁸ "Detalles Cáviti," 1998, <https://www.caviti.es/sistema-caviti/detalles-caviti>; "FORJADOS SANITARIOS y VENTILADOS - Anyra Keller," accessed May 10, 2020, <https://anyrakeller.com/forjados-sanitarios/>.

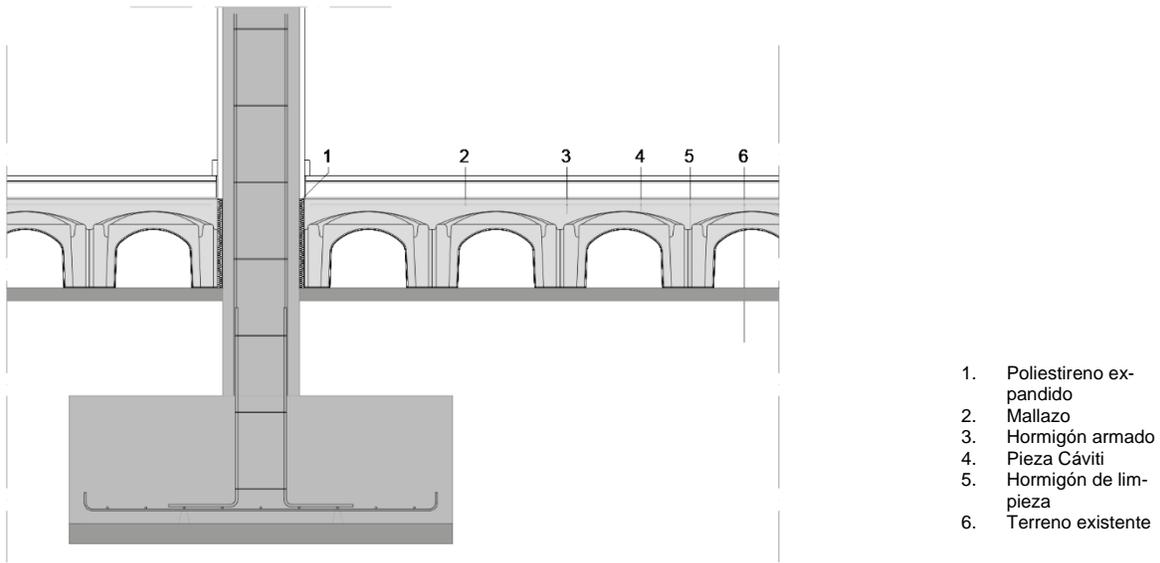


Figura 19. Detalle sistema Cáviti encuentro con pilar de hormigón.

El pabellón polideportivo y aulario de la Universidad Francisco de Vitoria de Alberto Campo Baeza se ha realizado su conexión con el terreno mediante una solera ventilada para mantener el interior del edificio aislado de posibles humedades. Esta solución en un proyecto de grandes dimensiones conlleva un ahorro de materiales debido a que mediante las piezas no recuperables las cargas se distribuyen de mejor forma librando a la estructura de grandes cargas y como consecuencia esta reduce sus dimensiones.⁹

Como se aprecia en el siguiente detalle el espesor total del forjado es mucho menor que en los casos anteriores ya que en este caso el espesor de la cámara ventilada es mucho menor. Formado por diferentes capas para su correcto funcionamiento, desde las necesarias para tener un terreno firme y nivelado hasta las capas para la colocación del pavimento final. Una de las capas más significativas es el aislamiento térmico que se encuentra por encima de la solera ventilada, este aislamiento se trata de unas placas de poliestireno extruido tipo styrodur de alta densidad de unos 5cm de espesor. Seguidamente encima del aislante se colocan unas capas de hormigón de regulación y el mortero autonivelante para finalmente colocar el pavimento polideportivo continuo blanco de poliuretano autonivelante pulastic 110 de sika.

⁹ Alberto Campo Baeza, "Pabellón Polideportivo y Aulario de La Universidad Francisco de Vitoria de Alberto Campo Baeza," 2017, <https://tectonica.archi/projects/pabellon-polideportivo-y-aulario-de-la-universidad-francisco-de-vitoria/>.

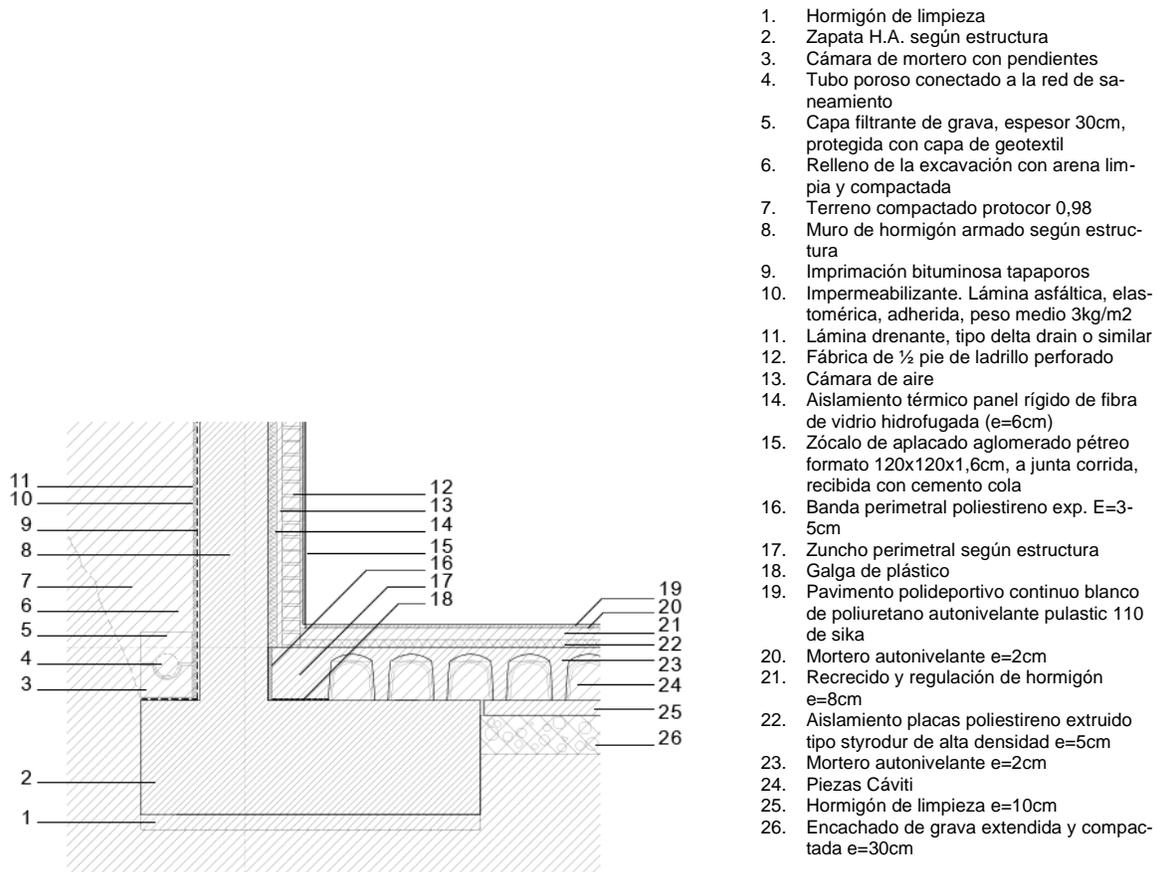


Figura 20. Detalle arranque polideportivo y aulario, Alberto Campo Baeza.

Un segundo ejemplo de este tipo de solera ventilada es la ampliación y renovación de la sede de Finsa en Santiago de Compostela del estudio mrm arquitectos junto a Antón Valera García. En este proyecto se emplea el sistema de elementos no recuperables tanto en los edificios rehabilitados como en el edificio de nueva planta, y en este caso se verá el detalle de la nueva construcción.¹⁰

En este caso no se precisa de unas primeras capas para regularizar el terreno porque al tener ya una localización urbanizada y tener los edificios preexistentes el terreno no se encontraba con muchas irregularidades. Por esta situación se colocan los elementos no recuperables para formar la solera ventilada, seguidamente se extienden los paneles

¹⁰ mrm arquitectos y Antón Varela García, "Ampliación y Renovación de La Sede de Finsa En Santiago de Compostela, de Mrm Arquitectos y Antón Varela García," 2017, <https://tectonica.archi/projects/nueva-sede-de-servicios-centrales-de-finsa-en-santiago-de-compostela-de-mrm-arquitectos-miguel-alonso-roberto-erviti-mamen-escorihuela-y-anton-varela-garcia/>.

de poliestireno extruido de 5cm de espesor sobre el cual se situará un tablero de nivelación hidrófugo Superpan Tech P5 de 3,5cm de espesor para finalmente disponer el suelo del parquet industrial de eucalipto de 3cm de espesor como acabado final siguiendo con armonía la importancia de la madera en el proyecto.

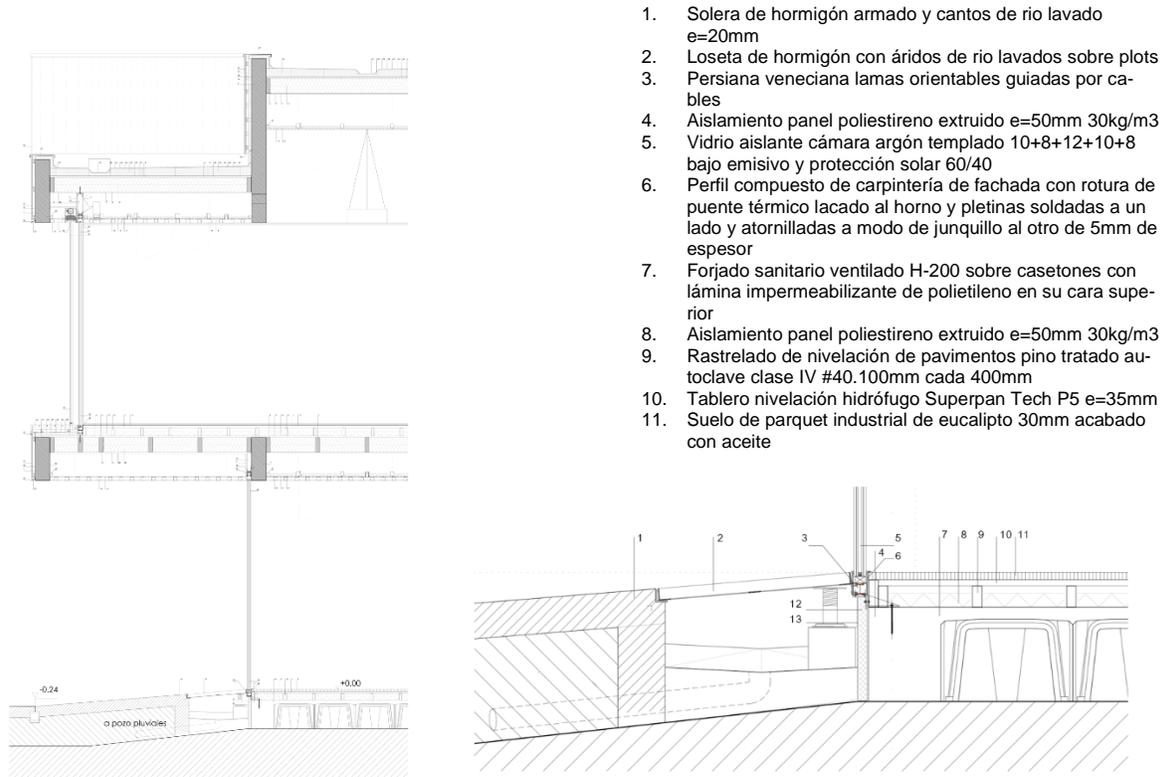


Figura 21. Detalle arranque ampliación sede Finsa, mrm arquitectos.

Los diferentes sistemas de ejecución de los forjados sanitarios vistos son los más comunes en España y algunos lugares de Europa, en cambio en otros lugares como América más concretamente en EE.UU se realizan estos mediante otros métodos. Se ejecutan con otras formas en parte porque las casas suelen ser mayoritariamente prefabricadas y se utilizan como un sistema de apoyos donde se situarán las partes de la estructura del edificio.

El sistema de cimientos del espacio de rastreo que veremos tiene dos características distintivas principales: incorpora soporte de pared perimetral completo junto con puntos de soporte internos e independientes; y el espacio en sí no es habitable. Dentro de esa amplia definición hay muchos estilos, diseños y formas de construir sistemas de cimientos espaciales de rastreo. Este sistema tiene un diseño que ha funcionado eficazmente con casas prefabricadas. Estos sistemas de cimientos están diseñados para usarse en una situación donde se prefiere un sistema de cimientos tradicional

construido en el sitio y para calificar como propiedad real. Esta base es menos adecuada para los casos en que la economía, la velocidad o la flexibilidad de instalación son primordiales.

Esta base se puede usar en lotes inclinados y para instalaciones empotradas de "bajo perfil". Las paredes estructurales forman una barrera para la entrada de agua debajo de la casa y actúan como un muro de contención corto. El diseño de bajo perfil, que proporciona un "aspecto" construido en el sitio, es mucho más difícil de lograr con un conjunto de anclaje tradicional o una base de losa.

El diseño del espacio de arrastre permite la fijación de todo el perímetro del sistema de viguetas de piso al alféizar de la base, es el enfoque más común y económico. La conexión se asegura con tiras de clavado aprobadas por el ingeniero (o placas de clavado de acero aprobadas), fijadas de acuerdo con el programa de clavado de un ingeniero. Las tiras pueden pintarse y dejarse como una superficie terminada. Si se va a aplicar revestimiento de vinilo sobre el revestimiento, se instalará en último lugar.

Los pilares del chasis se pueden colocar y apretar a la viga del chasis mediante compresión, cuñas clavadas en su lugar, soldaduras por puntos o varios dispositivos de fijación patentados.

A continuación veremos diferentes tipos de resolver estos encuentros entre el edificio y las cimentaciones donde irán apoyadas. Estos vendrán marcados por las necesidades que se tengan en cada caso.¹¹

En primer lugar hay una diferencia entre los distintos sistemas, el método de apoyo. Pueden apoyar sobre muretes de bloques huecos de hormigón o con un sistema de soportes gato de acero.

Entrando en los sistemas de apoyo sobre muretes de bloques de hormigón encontramos distintos ejemplos de detalles constructivos donde cada uno sigue unas pautas y afronta sus necesidades de una forma.

Es un sistema ha optado por seguir por el camino tradicional, en el sistema de forjados de rastreo, pero a menudo que han ido pasando los años el sistema se ha innovado y desarrollado. Un aspecto que se modificó fue la aparición de una barrera, la cual sería una pared de hormigón sin carga diseñada para evitar la entrada de animales que cavaban y llegaban a entrar debajo de las viviendas. En este sistema además se crea unas pendientes para permitir el drenaje a la alcantarilla pluvial existente pero para garantizar un drenaje correcto se instalan también canaletas y bajantes. Este diseño al no tener una gran altura permite que la cantidad de peldaños para subir a la casa sea menor debido a esto suele ser un sistema más demandado por personas de la tercera edad. Una vez hecho todo el sistema de apoyo para el forjado se asegura la casa a él mediante anclajes, que deberán realizarse según lo recomendado por el fabricante.

¹¹ Non-proprietary Foundation, Proprietary Foundation, and Support Systems, "GUIDE TO FOUNDATION AND SUPPORT DRAFT – Not for Distribution Non-Proprietary Foundation and Support Systems," 2002.

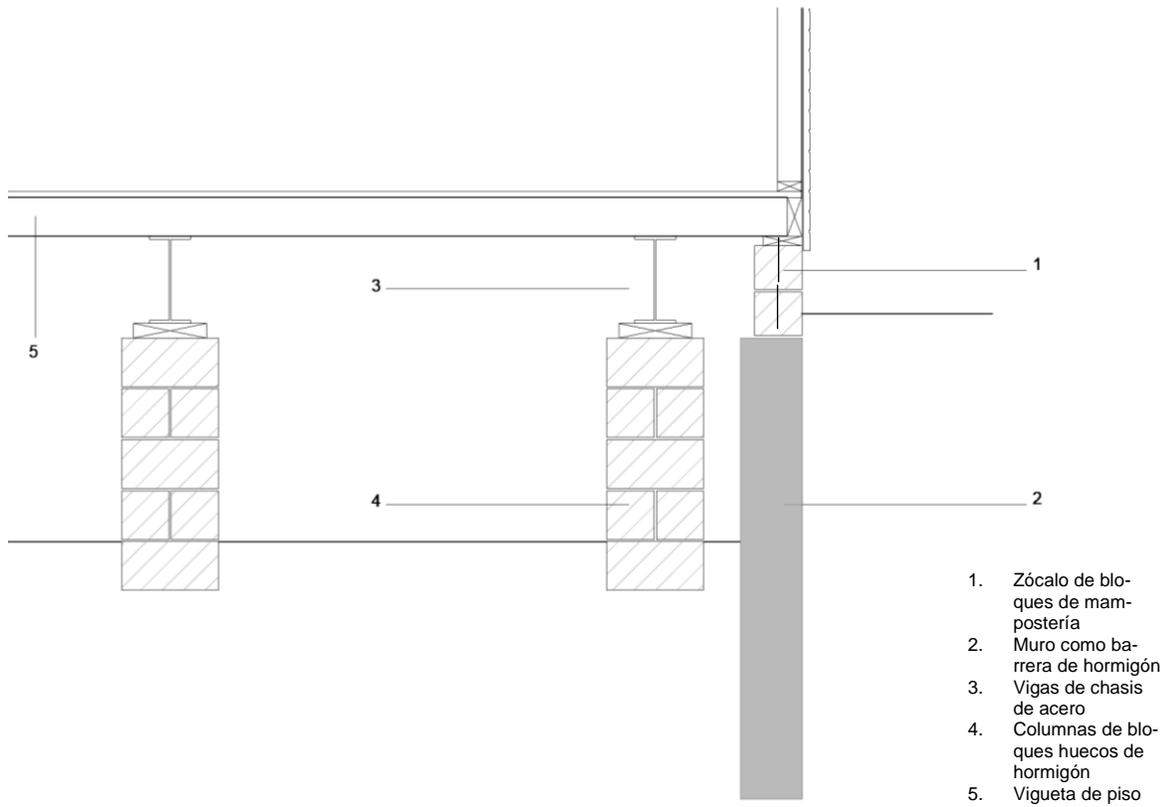


Figura 22. Detalle caso 1.

Continuando con los sistemas de apoyo sobre muretes de bloques de hormigón tenemos otro diseño que ofrece una estructura sólida y flexible en el sentido de que se puede usar con una variedad de diferentes tamaños y marcas de casas prefabricadas. Este tipo de sistema se basa en la combinación de un soporte de base de hormigón donde apoyarán las columnas de bloques de hormigón que sirven de apoyo para las vigas del chasis de la casa. Además, es un buen ejemplo de mejora en el diseño respecto a los anteriores de muelles individuales con un aumento del costo relativamente bajo.

Una ventaja de este diseño es su simplicidad y la capacidad de adaptarse a las condiciones del sitio. Por ejemplo, si se necesita capacidad adicional para resistir las cargas de viento o nieve, la cantidad y la profundidad del hormigón podrían aumentarse sin agregar complejidad a la preparación del sitio, la construcción de los cimientos o la instalación en el hogar. En el caso de ser necesario se puede reducir la cantidad de hormigón agregando relleno de tierra en el muro perimetral, de esta forma se utiliza este relleno como drenaje.

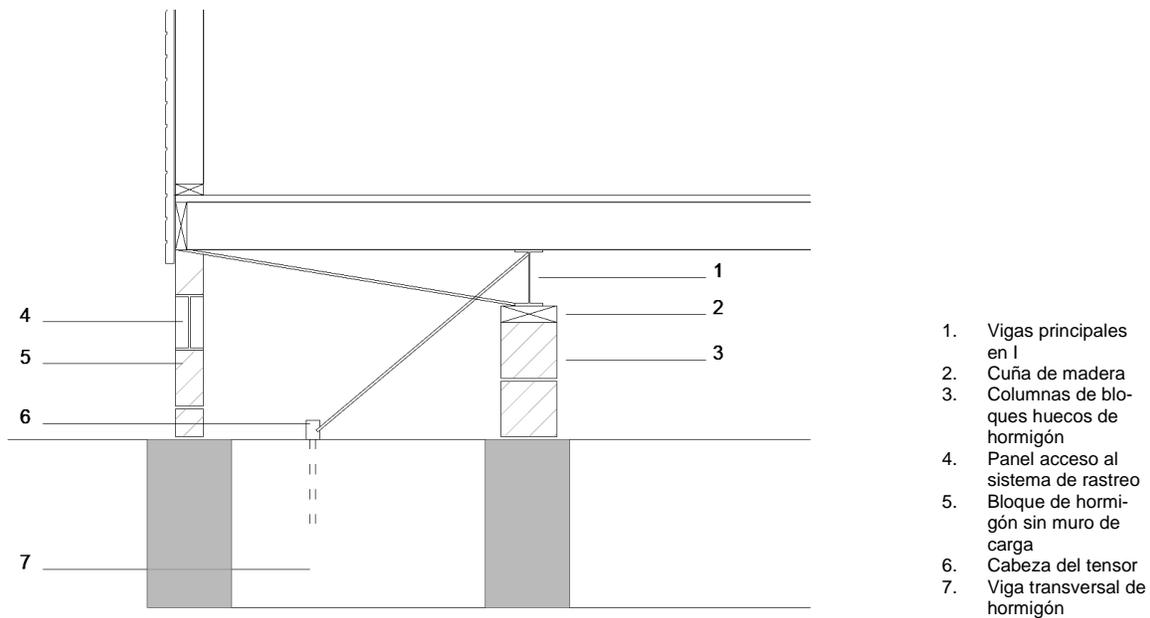


Figura 23. Detalle caso 2.

Otro caso de apoyo sobre bloques de hormigón es el siguiente que está diseñado para soportar una casa con un chasis de soporte perimetral o un sistema de piso integrado que requiere soporte en las paredes exteriores y en la línea de acoplamiento solamente. En este sistema se requiere de una grúa o equipo de viga rodante para la instalación de una casa.

Este diseño es mayormente utilizado en casas modulares donde el chasis tiene grandes elementos transversales y secciones de acero que deben descansar en las paredes perimetrales y las columnas de la línea central. Se disponen las láminas de espuma rígida para aislar el interior de cada pared de la cimentación, estas láminas tienen la función de aislante térmico. Su colocación en la cara interior del muro es debido a la fácil instalación una vez se tiene el muro ejecutado, además es un factor importante para evitar la aparición de humedades.

En la vista en planta, este sistema muestra una fila de pilares de bloques regularmente espaciados que descansan sobre unas zapatas de 45 cm de ancho por 20 cm de profundidad. Este es el método normal para soportar una casa modular en la pared de acoplamiento. El sistema proporciona un excelente soporte donde se concentran las cargas del edificio, cuenta con una buena ventilación debajo del piso y ofrece un buen espacio debajo de la casa para la instalación y el servicio de la empresa de servicios públicos.

Para el control de la humedad, el diseño requiere un retardador de vapor de polietileno y gravilla que cubra el suelo que recubre el espacio de arrastre. La ventilación del espacio de rastreo se controla mediante respiraderos activados termostáticamente que

se abren completamente cuando las temperaturas interiores o exteriores superan los 700 F, y se cierran cuando las temperaturas caen por debajo de los 400 F.

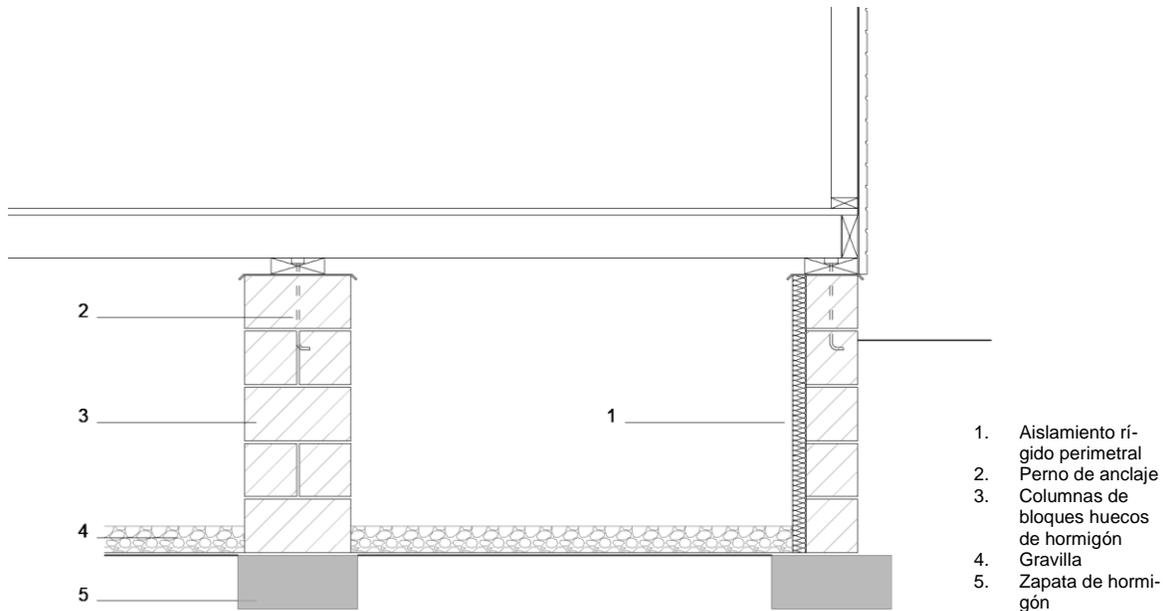


Figura 24. Detalle caso 3.

Esta última variación dentro de los sistemas de apoyos sobre muretes de bloques de hormigón está enfocada a hacer frente a las heladas. La protección contra heladas se logra colocando un panel de aislamiento rígido de poliestireno con cuentas expandidas de celda cerrada entre la estructura y el suelo. Esta barrera térmica está diseñada para retener una cantidad suficiente de calor dentro de la huella de la base para evitar que el suelo debajo de las zapatas se congele. Este concepto se ha utilizado con éxito en áreas con profundas heladas donde las reducciones en la excavación y el hormigón pueden generar importantes ahorros de costos.

La base profunda de grava se extiende 50 cm más allá de los muros perimetrales para permitir que la humedad se drene lejos de la estructura. La parte inferior de la zapata está solo 55 cm por debajo del nivel exterior y la parte inferior de la base de roca triturada está a 76 cm por debajo del nivel exterior. Estos aspectos permiten que las zapatas no se tengan que llevar a grandes profundidades para cumplir con los requisitos exigidos.

Esta base se presta al uso de métodos estándar para chasis y soporte de línea central. Se podrían usar bloques de hormigón, postes de madera o pilares de acero prefabricados. Con cualquiera de estos materiales de soporte, el instalador coloca dispositivos de anclaje en el hormigón vertido, idealmente asegurando que cada uno de dichos anclajes esté atado positivamente a una varilla de refuerzo de acero o malla de alambre. Este sistema no impone demandas inusuales a los instaladores domésticos y no se necesita ningún equipo especial o costoso.

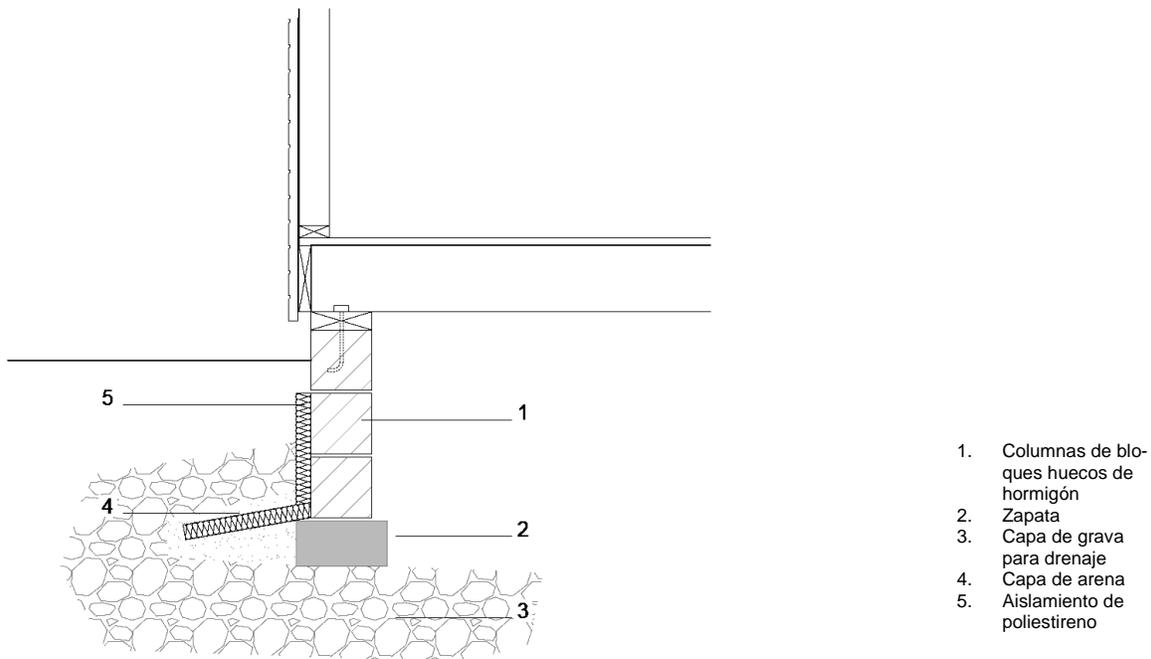


Figura 25. Detalle caso 4.

Después de haber visto los diferentes sistemas de arranque de los edificios mediante apoyos de bloques huecos de hormigón también se puede realizar mediante unos sistemas de soportes gato de acero.

En este caso de donde la estructura donde apoyará el edificio se compone por unas zapatas y donde el muro perimetral de madera está formado por montantes separados entre ellos unos 40 cm, este muro irá revestido por una madera contrachapada tratada y una membrana impermeable los cuales serán compatibles con los soportes utilizados. Para la realización de este sistema no se utilizan encofrados, el hormigón se coloca directamente en la zanja, y debido a las muchas irregularidades en la superficie las paredes exteriores de madera se construyen después de que la casa se coloque en su lugar. El diseño de las cimentaciones y las paredes del tallo permiten resistir a cargas de techo más altas y locales cargas de viento. La base proporciona un suficiente espacio para el uso de respiraderos operables en las paredes de los cimientos que deberán abrirse y cerrarse en las écopas apropiadas para combatir las humedades. Aunque también se podría utilizar una barrera impermeable contra la humedad situada en el suelo y de esta forma se podría reducir la cantidad requerida de ventilación, reduciendo la cantidad de respiraderos.

Finalmente la unión entre los muros de los cimientos y el piso de la casa manufacturada se realiza con clavos, siendo posible ser conectados a una vigueta de borde o una vigueta interior. El objetivo principal es agregar resistencia lateral al derrumbe o a colapsar por el relleno de tierra.

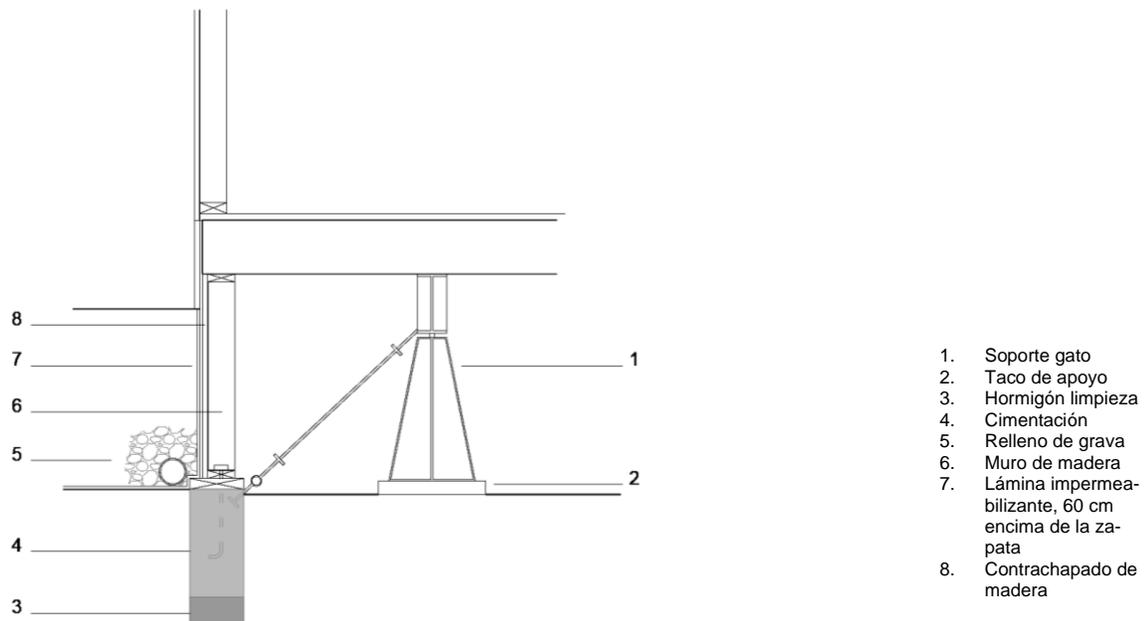


Figura 26. Detalle caso 5.

5.2. Con muro de sótano

Los muros son definidos como elementos constructivos que tienen la misión de contener el terreno natural colindante, el relleno artificial, donde se utilice este sistema, o para contener un elemento que se vaya a almacenar. Los ejemplos típicos donde el muro sostiene tierras serían los dos primeros casos, en cambio el tercer caso se trata de un almacén como por ejemplo un granero.

En los casos presentados los muros trabajan principalmente a flexión, porque la carga vertical de compresión es solamente debida al peso propio del muro y por lo general es despreciable. Pero en ocasiones, como es nuestro caso, los muros también tienen la función de cimientos, deben transmitir las diferentes cargas que llegan por los pilares y/o forjados que se apoyan en la coronación del muro. Esta situación es representativa de los muros de sótano, que además se han desarrollado mucho en la edificación actual.

Los muros de sótano se pueden realizar mediante diferentes procedimientos donde la utilización de diferentes capas hace que estos tengan un buen funcionamiento. Una de estas capas más relevantes es el aislamiento térmico, esta se puede colocar en diferentes partes del muro, interior o exterior, para conseguir un mayor rendimiento según lo necesario.

En primer lugar, el aislamiento térmico se sitúa en la parte exterior del muro y llega hasta el aislamiento que tiene la losa de cimentación, el cual se sitúa debajo de esta contra el terreno. El aislante apropiado para esta situación son los paneles rígidos de XPS porque su elevada resistencia a compresión hace que soporte las cargas de presión del terreno

contra el muro sin perder su capacidad aislante y sirven de impermeabilización al contacto directo con el terreno. Además, con el aislamiento por la cara exterior se logra una reducción de la transmitancia térmica de los muros.¹²

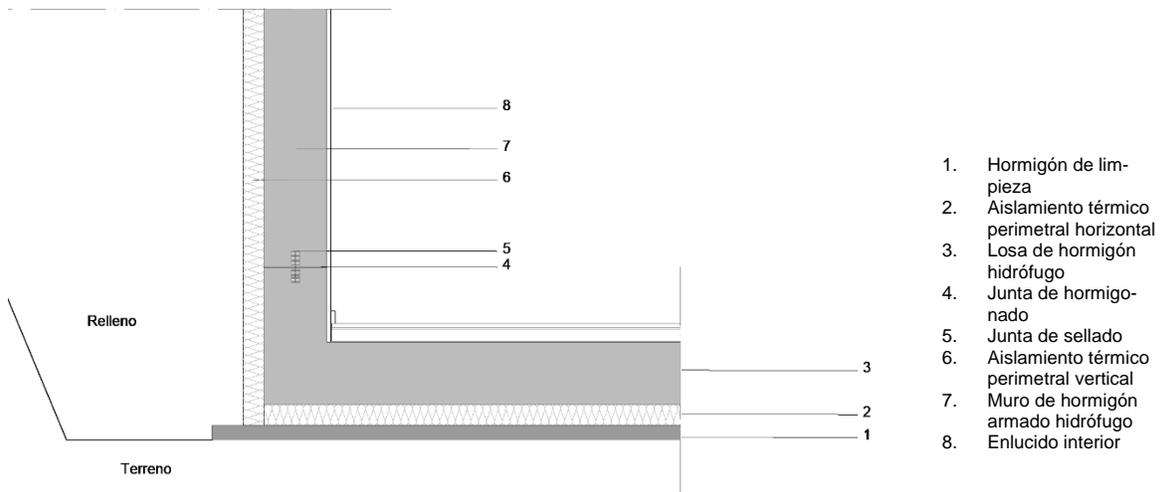


Figura 27. Detalle muro sótano AT exterior caso 1.

El siguiente caso también se trata de un aislamiento térmico por la zona exterior del muro pero la losa de cimentación esta vez no está aislada. Al igual que anteriormente el aislamiento en el muro consigue mejorar la transmitancia térmica de los muros y deberán ser paneles rígidos para poder soportar la presión que el terreno ejerce contra el muro.

Por la necesidad de tener que aislar toda la construcción se dispone una malla de protección entre los paneles rígidos XPS y el propio muro, y también para proteger la losa donde se sitúa entre esta y el terreno consiguiendo una protección continua en todo el proyecto.

En contraposición al detalle anterior [Fig. 28] el sellado entre losa y muro debido al hormigonado esta vez se realiza con un resalte en la losa formando la junta e impidiendo la posible filtración del agua del terreno a través de la junta.

¹² Peter-Beinhauer, "Atlas_de_Detalles_Estructurales_ICHA.Pdf" (Gustavo Gili S.L, 2006).

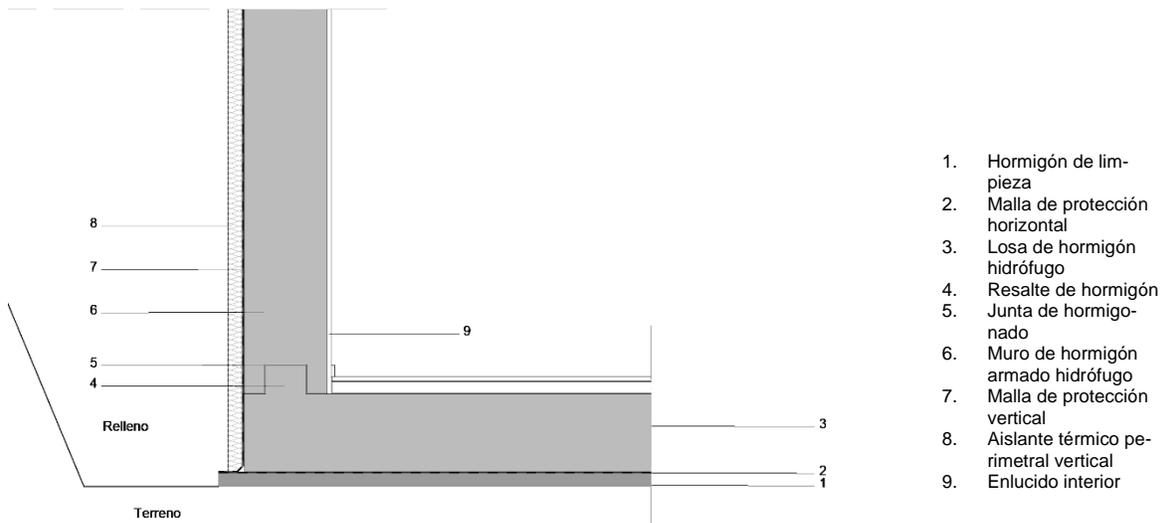


Figura 28. Detalle muro sótano AT exterior caso 2.

Los muros de sótano no solo se realizan de hormigón armado, aunque sea el más común, también se llevan a cabo con muros de fábrica como es en los siguientes casos donde los muros se ejecutan de fábrica de cerámica ligera. En este caso se disponen diferentes capas para conseguir el mismo nivel de confort que con los muros de hormigón.

Para evitar las humedades por capilaridad se coloca una capa de grava debajo de la losa de hormigón y entre ambas se sitúa un fieltro geotextil, que además seguirá por la cara exterior del muro de fábrica. Como es habitual en la parte inferior del muro entre un relleno de grava se coloca el tubo de drenaje para tener una mayor protección a humedades.

Como la situación del aislante térmico es más favorable por la parte exterior en este caso también se dispondrá en la misma posición. A diferencia de los casos anteriores, en estos hay la necesidad de la colocación de una lámina impermeable en la cara exterior de la fábrica de cerámica y en la parte superior de la losa para así asegurar la perfecta estanqueidad de la construcción.

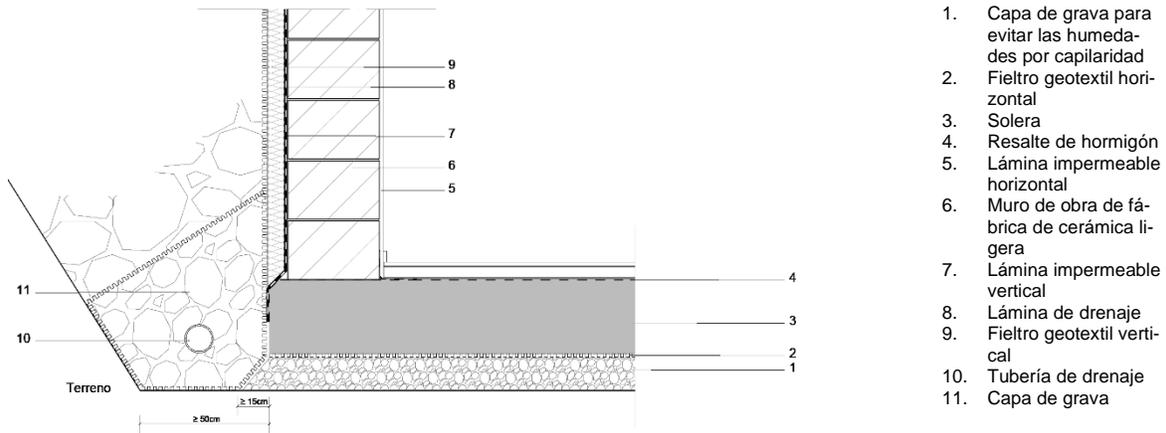


Figura 29. Detalle muros sótano fábrica cerámica caso 1.

En este otro caso donde al igual que el anterior el muro está ejecutado con fábrica de cerámica ligera se encuentra una variación respecto al visto, se dispone una tubería de desagüe para en caso de llegar el agua al interior poder tener una forma funcional para la extracción de esta al exterior. Además, no se dispone el tubo de drenaje, sino que a través del relleno de gravas se obtiene el drenaje suficiente.

Como ya se visto en otros detalles se utiliza una lámina de protección contra la capilaridad en la cara inferior de la losa para combatir humedades, pero para lograr que sea totalmente impermeable se dispone una lámina impermeabilizante en la cara superior de la losa y la cara exterior del muro de fábrica.

Finalmente, por el mismo motivo que anteriormente se colocan los paneles térmicos rígidos los cuales irán revestidos por una malla de protección para evitar que el relleno de grava pueda deteriorar los paneles. Para evitar un gran puente térmico el tubo de desagüe se reviste con un aislante térmico.

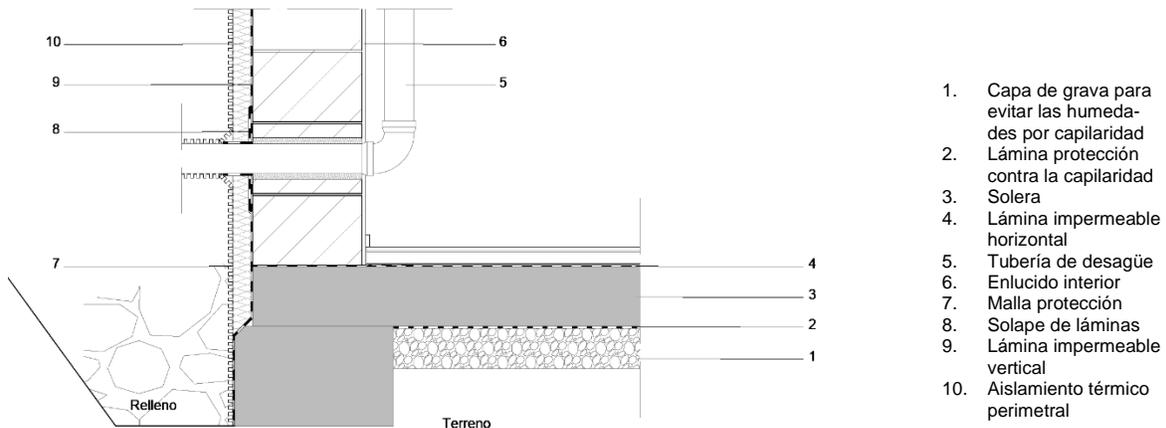


Figura 30. Detalle muro sótano fábrica cerámica caso 2.

Con el fin de tener una mayor visión de cómo se realizan los distintos arranques de los edificios desde la cimentación se verán unos detalles de las opciones de sellado en muros de sótano en Austria. Se encuentran tres tipos de sellado para obtener unas estructuras estancas a la filtración de agua, estas son conocidas como “tina” negra, “tina” marrón y “tina” blanca.¹³

En primer lugar, el caso de “tina” negra se utiliza en estructuras de hormigón o con muros de fábrica de ladrillo. Se trata de un sellado que se dispone por la cara exterior del muro de sótano de esta forma se utiliza para presionar el agua del terreno y conseguir proteger de la humedad el interior de la vivienda. A nivel de aislamiento térmico se pueden colocar paneles rígidos XPS o de espuma de vidrio.

En el siguiente detalle constructivo [Fig. 31] se ve la distribución de todas las capas necesarias para el correcto funcionamiento de este tipo de construcción evitando posibles daños futuros. Como es habitual una primera capa de grava evita la capilaridad aunque también se utiliza una lámina impermeabilizante de betún para dar una mayor estanqueidad siendo esta la que le da mayor confort a la construcción. Por último, antes de disponer la estructura se colocan los paneles XPS en la cara inferior de la losa y en la parte exterior del muro antes de preparar el acabo final de este.

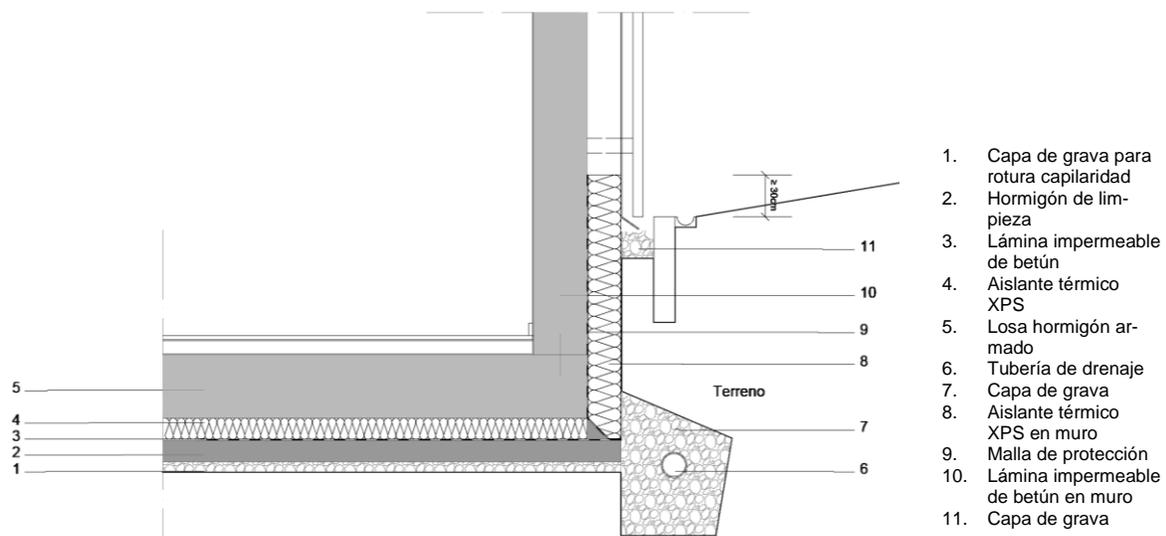


Figura 31. Detalle muro sótano tina negra.

En segundo lugar, el caso de “tina” marrón también se utiliza tanto cuando se tiene estructura de hormigón o de muro de fábrica además el nivel de aislamiento requerido se consigue al igual que el anterior mediante paneles XPS o espuma de vidrio. La diferencia con el caso anterior está en el nivel de sellado ya que en esta situación se lleva a cabo con esteras de bentonita que protegen contra el prensado que ejerce el agua, este material se trata de un mineral de arcilla con alta capacidad de absorción de

¹³ Marisol Vidal Martinez, “Anforderungen - Feuchteschutz,” 2019.

agua y esto provoca un efecto de hinchazón el cual hace de barrera contra la humedad. Estas láminas deben ir correctamente solapadas para proporcionar el nivel de sellado deseado para la utilización de este sistema constructivo.

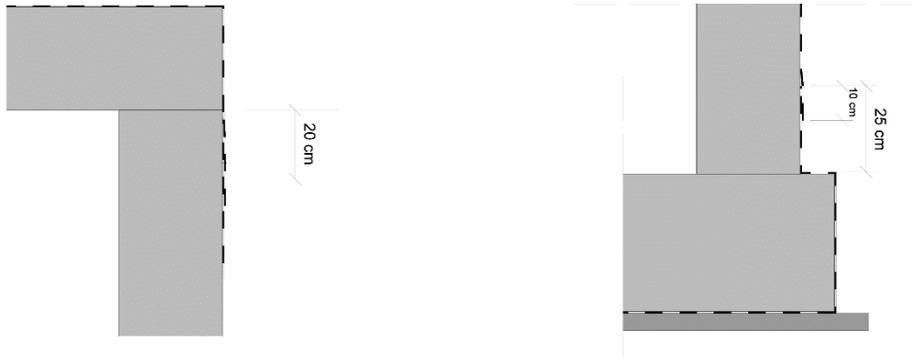


Figura 32. Detalle solape esteras de bentonita.

Por último, el caso de “tina” blanca es necesario una estructura de hormigón ya que este será el encargado de hacer de sellado, se trata de un hormigón WU, un hormigón impermeable, con una mayor proporción de refuerzo de crack admisible (según la norma). Como el hormigón se hará cargo tanto de la carga como del sellado deberá tener mayor cuidados de trabajo y las debidas juntas de dilatación para un correcto funcionamiento del conjunto. En cuanto al aislamiento térmico como en los casos anteriores se podrán utilizar tanto paneles XPS como de vidrio de espuma.

En el detalle de la *figura 32* como el tipo de sellado es diferente a detalle [Fig. 31] se elimina la lámina impermeable de betún tanto en la losa como en la parte del muro esto es debido a que el hormigón que forma la estructura ya hace esta función por lo cual esta capa se puede eliminar manteniendo los mismos requisitos de estanqueidad. Además por las exigencias de la ejecución de la estructura de hormigón cuando se produce una junta de hormigonado, entre losa y muro, se debe disponer una cinta de PVC que mantendrá totalmente estanca la estructura evitando la filtración de agua a través de ella.

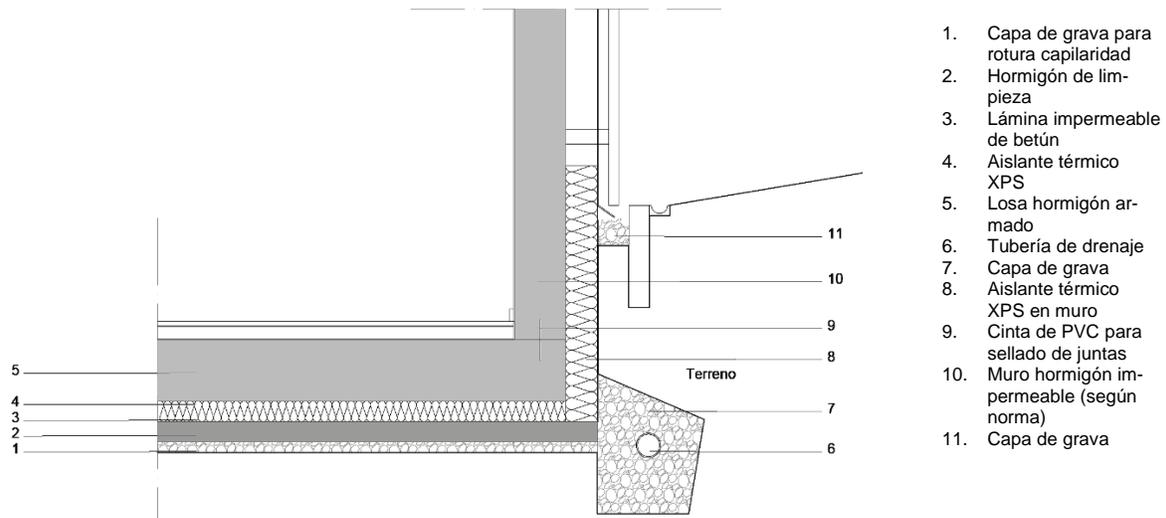


Figura 33. Detalle muro sótano tina blanca.

Ampliando la información en este tipo de casos se pasará a ver unos ejemplos de conexión de base. Donde se disponen los componentes que están en contacto con la tierra y tienen la finalidad de conseguir un ahorro de energía, protección contra el calor y protección contra la humedad.

En la *figura 34*, un ejemplo de base de sótano con placa base portante, se trata de un detalle de "tina" blanca donde se utiliza un hormigón con modificaciones para lograr que este haga frente a las humedades pero no siendo suficiente se dispone una capa de betún para garantizar de forma segura la correcta estanqueidad, además al tener una junta de hormigonado se colocará un sellado de manguera de inyección.

Como medidas para ahorro de energía y protección del calor se aísla térmicamente mediante unos paneles de espuma de vidrio en la cara exterior de toda la estructura, muro y losa, se esta manera se consigue que la transmitancia térmica mejore considerablemente en los muros y losa.

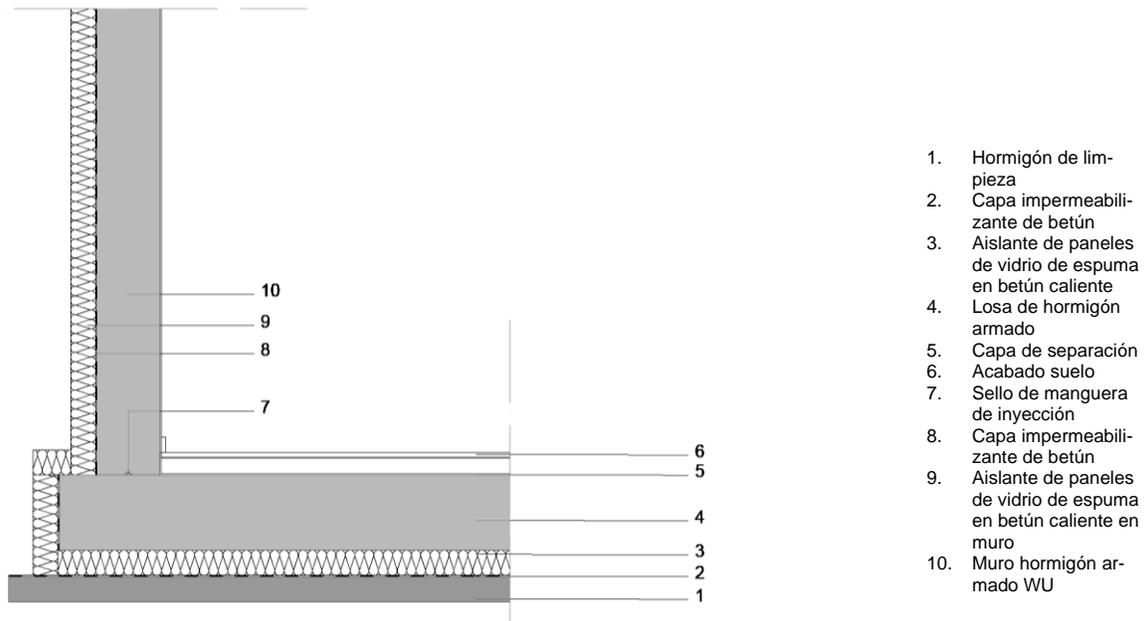


Figura 34. Base del sótano con placa base portante.

Según el tipo de sótano que se ejecuta, climatizado o no climatizado, conllevará unas capas u otras para tener un correcto funcionamiento, indistintamente del tipo de climatización que tenga el sótano. Para un estudio detallado se dispone de dos detalles constructivos donde se encuentra el sótano climatizado [Fig. 35] y el sótano sin climatizar [Fig. 36].

En ambos casos se debe aislar térmicamente la cara exterior de los muros, de sótano y fachada, y perimetralmente el forjado del sótano para evitar posibles puentes térmicos. Entre el aislante térmico de paneles rígidos XPS y la estructura del edificio se colocará una lámina impermeabilizante perimetral para hacer estanca la construcción. Como se trata en los dos casos de una fachada de dos hojas una vez dispuestos estos aislantes se procederá a la colocación de la hoja exterior.

La principal diferencia entre los dos casos es el tipo de forjado utilizado, en el sótano ventilado se construye con un forjado de hormigón armada pero como en el otro tiene mayores necesidades porque es más propenso a la aparición de humedades en su interior se ejecuta con un hormigón celular. Finalmente, para tener un buen aislamiento en el interior de la vivienda se coloca un suelo flotante donde antes de disponer el acabado final se coloca un doble aislamiento para tener una buena climatización y también

conseguir un buen aislamiento acústico en el interior de la vivienda de posibles ruidos en el interior del sótano.

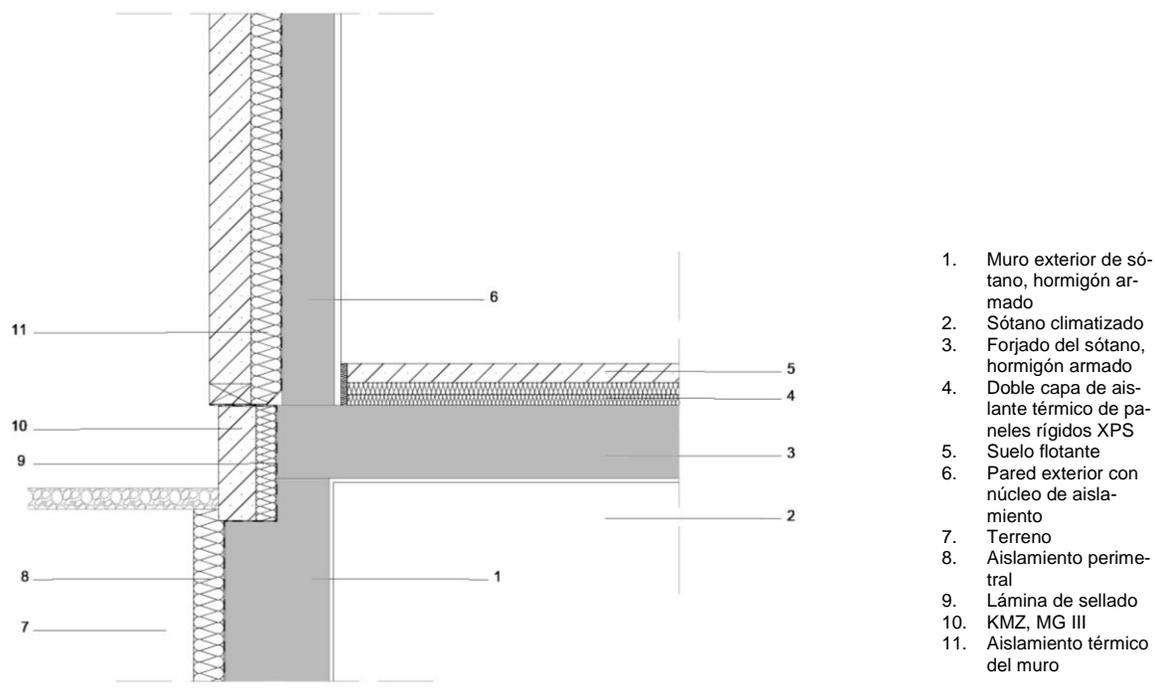


Figura 35. Base del edificio del sótano con pared exterior de dos capas.

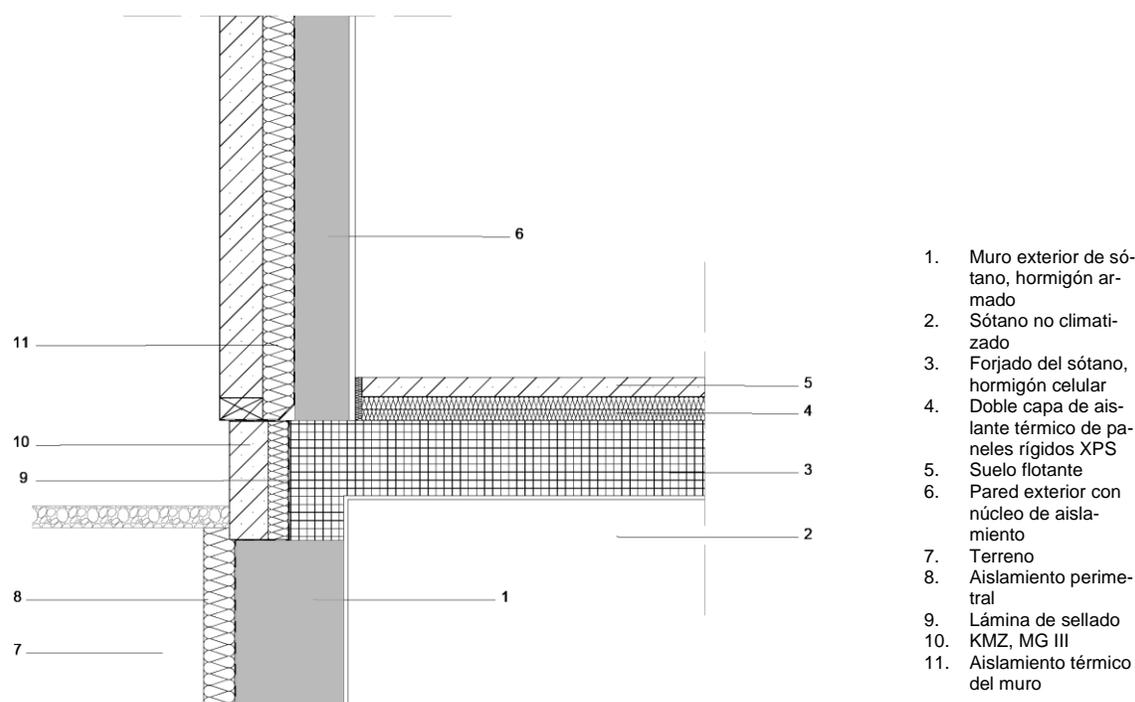


Figura 36. Base del edificio del sótano con pared exterior de dos capas.

Continuando con los muros de sótano se verá el sistema de drenaje para evitar cualquier presión temporal del agua a causa de la infiltración de agua superficial, sobre todo en los casos donde la cota del sótano está unos 3 metros por debajo del nivel del suelo.¹⁴

El sistema de drenaje estará compuesto por tres elementos: una tubería colectora, un material de drenaje que se extiende hasta la cabeza de la pared del sótano y un filtro adaptado a las propiedades del terreno. Se debe tener en cuenta unas consideraciones en los distintos elementos para tener la máxima eficiencia de todo el sistema.

La capa de drenaje deberá ser lo más porosa posible, de esta forma se podrá evacuar un máximo flujo de agua evitando la posible obstrucción del sistema de drenaje. La tubería del colector se colocará con una inclinación entre 0,5 a 1% para obtener una velocidad de agua suficientemente alta.

Finalmente, para tener un sistema estanco se dispondrá un recubrimiento bituminoso en la cara exterior del muro, además en el caso de muros de fábrica será necesario una barrera anticapilaridad (yeso a base de cemento repelente al agua, por ejemplo) o la implementación de una doble lámina de plástico en la mampostería también puede limitar la absorción de humedad por capilaridad.

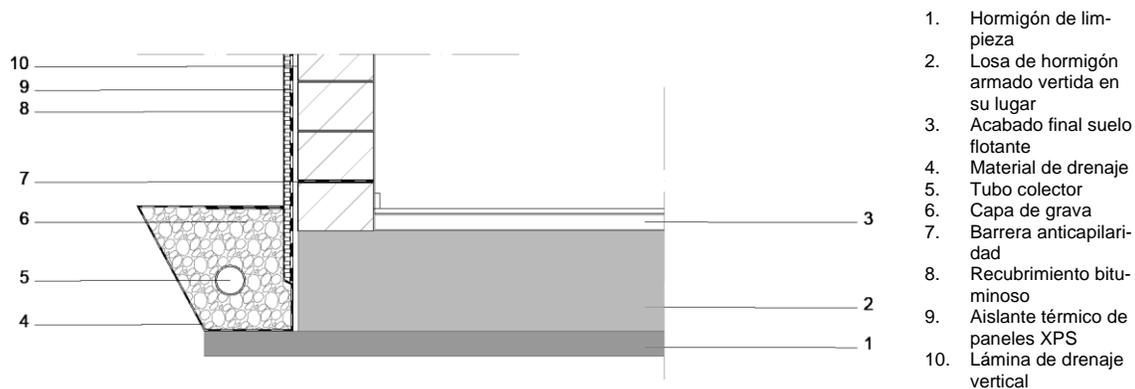


Figura 37. Detalle muro sótano sistema drenaje.

La iglesia en Playa Granada de Elisa Valero es un proyecto donde se utiliza esta técnica de muro de sótano para el desarrollo del edificio desde su cimentación. Se sitúa en una zona con un desnivel considerable que deja la entrada oeste a una cota diferente a la entrada este, este motivo conlleva a la realización de un muro de sótano para poder construir el edificio con garantías de estabilidad.

Su realización es esencialmente en hormigón. La estructura vertical se dispone de muros armados a dos caras y en cambio la horizontal, cimentaciones y forjados, se

¹⁴ "Base de Données Détails Constructifs - Résultat : Sol Intérieur-Traversée • CSTC," accessed June 17, 2020, https://www.cstc.be/homepage/index.cfm?cat=services&sub=standards_regulations&pag=details&rt=database&contrdet_id=5.

utiliza un elemento estructural de doble pared que trata de optimizar estructuralmente el funcionamiento del hormigón y alcanzar un nivel de aislamiento térmico alto.¹⁵

Como en los detalles vistos anteriormente se precisa de una lámina impermeabilizante de polietileno para conseguir una estructura estanca, esta lámina irá situada en la cara exterior de la estructura entre dos láminas de geotextil que harán de protección y así evitar un mayor deterioro de la capa impermeabilizante. En este caso no se precisa de aislante térmico debido al tipo de estructura utilizado que servirá también de mantener un buen aislamiento térmico en el interior.

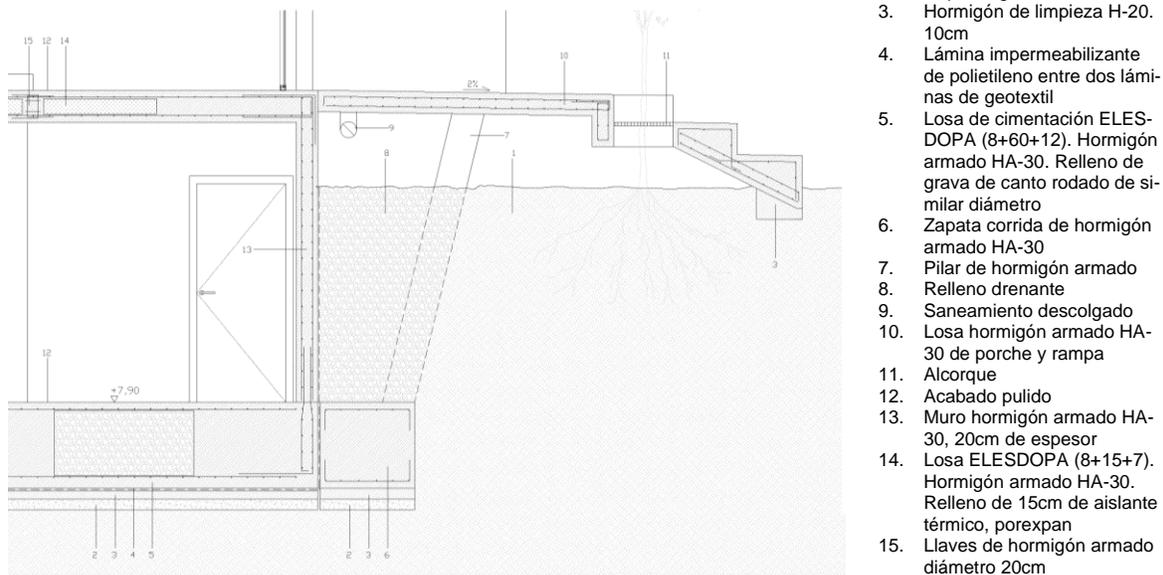


Figura 38. Detalle constructivo Iglesia en Playa Granada.

5.3. Con solera contra el terreno

Como último método de arranque de los edificios desde su cimentación que se contemplan en el trabajo está la construcción de la solera directamente contra el terreno. En esta técnica se dispone la solera directamente apoyada en el terreno una vez esté en condiciones para recibir la solera.

Al igual que en los métodos anteriormente estudiados la solera viene formada por diferentes capas todas igual de importantes. La primera capa que se puede considerar es el propio terreno que deberá estar preparado para recibir las distintas capas posteriores, en caso de que este no sea apto se tendrá que colocar otra capa para hacer de sub-base granular e irá separada del terreno por una lámina geotextil. Sobre la primera capa,

¹⁵ Elisa Valero, "Iglesia En Playa Granada," 2016.

la sub-base o el propio terreno, será conveniente disponer de una lámina de polietileno antes de proceder al vertido del hormigón para la formación de la losa.

Un claro ejemplo de este tipo de arranque se encuentra en la casa 1413 del estudio HARquitectes. El proyecto busca conseguir una relación directa entre el interior de la vivienda y la zona exterior del propio jardín de la casa, para esto se realiza una “casa-muro” permitiendo recuperar la continuidad urbana y probar la tipología de casa muy alargada (toda en planta baja).¹⁶

El proyecto se lleva a cabo mediante muros de carga, reutilizando piedras del muro existente y mezclándolas con los áridos propios del solar junto con dosificaciones de cal y cemento. En esta base de mortero tradicional se aplicarán unas pequeñas partículas aislantes de vidrio reciclado insuflado.

El proyecto arranca desde unos muros de hormigón en masa de 30 cm de espesor que hacen de cimentación, sobre estos se dispone la solera directamente contra el terreno. Primeramente, se rellena de tierra procedente del movimiento de tierras anteriormente realizado para la ejecución de la cimentación, y seguidamente encima de esta capa se dispone una capa de grava como sub-base para darle mayor consistencia al terreno para recibir las cargas. Seguidamente, antes de realizar la losa de hormigón se deberán colocar una lámina de polietileno para garantizar una correcta estanqueidad y el aislamiento de poliestireno extruido de 6cm de espesor.

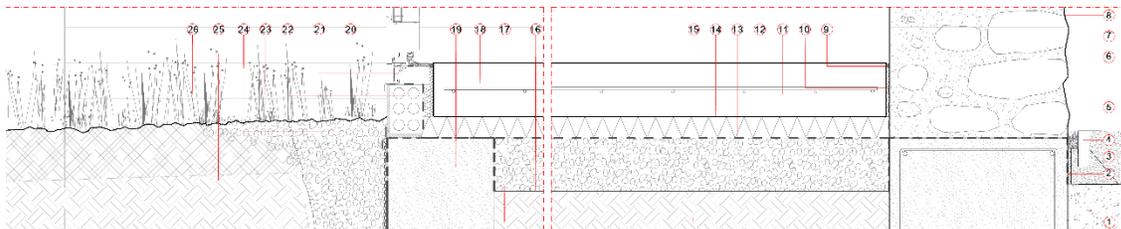


Figura 39. Detalle constructivo Casa 1413, HARquitectes.

- | | |
|--|---|
| 1. Sub-base de tot-u. e= 20cm | 14. Sub-base de grava, e= 15cm |
| 2. Lámina impermeable EPDM. e= 1,8MM i d= 3,5kg/m2 | 15. Revestimiento de tierra |
| 3. Aislamiento con placa de poliestireno expandido EPS e= 3cm | 16. Geotextil de fieltro de polipropileno/polietileno de densidad 300g/m2 |
| 4. Rodapié de piedra de San Vicent | 17. Revestimiento de tierra |
| 5. Pavimento hormigón de calle, e= 15cm | 18. Lámina impermeable EPDM, e= 1,8mm i d= 3,5kg/m2 |
| 6. Muro de hormigón ciclópeo con dosificaciones variable según replanteo | 19. Muro de hormigón en masa, e= 30cm |
| 7. Piedra polivalente del desmonte del muro existente | 20. Carpintería exterior según planos del carpintero |
| 8. Fachada con métodos manuales | 21. Goterón de acero galvanizado M01/M02 |
| 9. Sellado de junta con masilla de poliuretano | 22. Pared de ladrillo, e= 9cm |
| 10. Junta de polietileno expandido Fonpex, con una cara adhesiva. e= 8mm | 23. Reborado del muro con mortero de cemento |
| 11. Solera de hormigón con malla electrosoldada e= 15cm | 24. Grava de drenaje |
| 12. Aislamiento de poliestireno extruido e= 60mm | 25. Relleno de tierra |
| 13. Lámina de polietileno e= 150µm | 26. Tierra vegetal |

¹⁶ HARquitectes, “Casa 1413 - HARQUITECTES,” 2017, <http://www.harquitectes.com/projectes/casa-1413/>.

Otro ejemplo de este tipo de arranque es el Centro Cívico de HARquitectes en la ciudad de Barcelona en el Barrio de Les Corts. Aunque este proyecto no cuenta solo con esta solución de arranque del edificio, ya que cuenta también con una zona de sótano, se verá solamente la solución de solera contra el terreno directamente.¹⁷

Antes de disponer la losa se coloca una capa de tierra que previamente se excavó para la realización de las cimentaciones y una vez esto realizado como es habitual se dispondrá de una lámina impermeable EPDM para evitar las humedades por capilaridad hacia el interior de edificio. Con estas capas colocadas se procede a la ejecución de la solera armada a la que seguidamente se dispondrá unos paneles rígidos de poliestireno extruido para hacer de aislante térmico, para finalmente proceder la construcción del suelo radiante que se precisa en el interior para mejorar las condiciones de climatización deseadas.

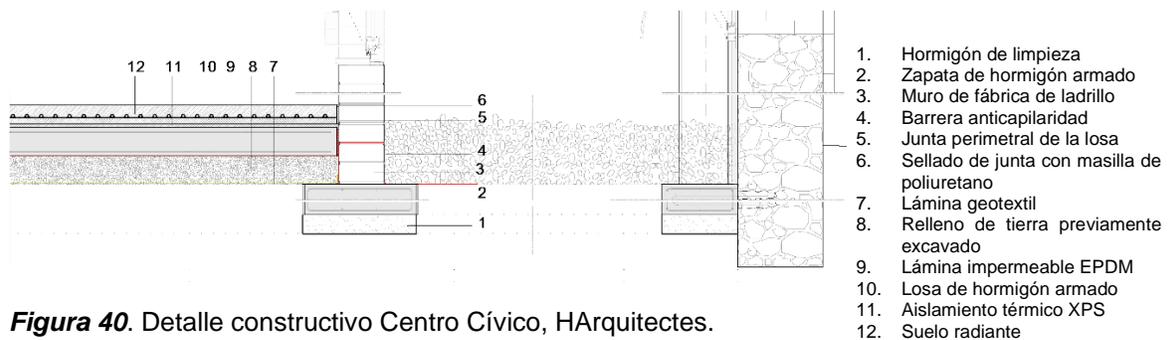


Figura 40. Detalle constructivo Centro Cívico, HARquitectes.

¹⁷ HARquitectes, "CRISTALLERIES PLANELL 1015 - HARQUITECTES," 2016, <http://www.harquitectes.com/projectes/centre-civic-cristalerias-planell-barcelona/>.

6. Comparación diferentes sistemas

A lo largo de este Trabajo Final de Grado se han analizado diferentes sistemas constructivos referentes al encuentro entre la cimentación y el cerramiento de los edificios. Se han visto ventajas e inconvenientes con sus detalles constructivos. Estos sistemas vienen marcados para su empleo en el proyecto según sus propias necesidades, así como otros factores como el económico, aspecto este que siempre llega a ser de los más determinantes.

Los forjados sanitarios tienen mejores rendimientos respecto a la estanquidad del espacio interior gracias a la cámara ventilada que se debe disponer bajo el forjado. Esta cámara logra una perfecta separación entre terreno y estructura dotando al edificio de una mejora sustancial respecto a la impermeabilización contra las humedades procedentes del terreno. Además, en este sistema no precisa de una gran cota que excavar para su correcto funcionamiento y es un espacio donde se pueden extender las distintas instalaciones del edificio.

Como principal ventaja en los forjados sanitarios sobre muretes está la directa transmisión de las cargas del edificio a la cimentación, lo que conlleva una mayor seguridad y estabilidad del proyecto. También, este sistema al ser más tradicional no es necesario una mano de obra especializada para la ejecución. Siempre que no se dispongan instalaciones en la cámara de aire no se precisará de una regulación del terreno, abaratando los costes de construcción.

Con el sistema de elementos no recuperables es un sistema más económico, fácil de adaptar y de instalar y mucho más rápido en su ejecución. Su ejecución, a pesar de ser una ventaja por su rapidez, es una desventaja ya que implica que los técnicos tengan conocimientos del sistema y juzguen de forma oportuna cuando se puede realizar, y que el constructor sepa sobre el sistema y la correcta ejecución. Además, teniendo en cuenta los ODS este sistema al ser con elementos de plástico es más contaminante por el empleo de estos cavities, aunque esto se pueden realizar con otros materiales reciclables.

Una situación muy similar a la nombrada se encuentra en los muros de sótano, aunque en este método constructivo se requiere una gran excavación. En el caso de que el sótano no sea climatizado, para uso de aparcamiento, por ejemplo, se obtienen resultados similares al forjado sanitario, en el sentido de que se logra una gran estanqueidad respecto a la humedad del terreno colindante.

Según el sistema de sellado se deben tener unas pautas en cuenta y estas marcarán la necesidad de mano de obra especializada. Si el sellado se lleva a cabo mediante un hormigón impermeable se deberán tener unos cuidados especiales en su vertido en obra y una correcta ejecución de las juntas de hormigonado porque este además de su función estructural también hace la función de sellado. El sellado mediante el empleo de láminas impermeables tiene una mayor rapidez de colocación y con gran simplicidad, respetando las reglas de solapamiento para un correcto funcionamiento.

En la solera, directamente apoyada contra el terreno, se debe disponer al menos de una lámina filtrante y otra drenante, mejorando la solución con la disposición de una lámina impermeable con su correcta aprobación por el fabricante para hacer frente a las humedades del terreno y darle la deseada estanqueidad al edificio y que este tenga las cualidades aptas para su correcta habitabilidad durante su vida útil. Este caso, no se necesita excavar mucho más de la cota de cimentación.

Como viene siendo ya habitual, el aspecto determinante que muchas veces lleva a utilizar un sistema u otro es el económico. Los tiempos de ejecución, la innovación del sistema constructivo o el volumen de excavación son aspectos que influyen notablemente en el coste. Aunque la recomendación es, siempre que sea posible, tener una cámara ventilada, cuando no hay suficiente presupuesto o no se pueda llegar a una cota inferior, será la solera apoyada contra el terreno el método que se recomendará.

Los aspectos fundamentales que se deben garantizar para un correcto arranque de los edificios deben ser un correcto aislamiento térmico y una correcta estanqueidad de la solución constructiva. Además, es necesario asegurar que los diferentes materiales utilizados para las correspondientes capas tengan una durabilidad prolongada y, de esta manera, avalar que harán su función durante su vida útil. Estos aspectos se localizan en todos los métodos vistos siempre que se tengan las consideraciones recomendadas durante su ejecución. Si estas recomendaciones de construcción no se tienen en cuenta es probable que no lleguen a alcanzar las funciones exigidas para poder disfrutar el edificio con las exigencias básicas de habitabilidad.

7. Conclusiones

Tras el estudio realizado durante el transcurso del trabajo acerca de los diferentes tipos de arranque de los edificios desde la cimentación, donde se han visto las distintas cimentaciones más habituales en el diseño de las viviendas y, a partir de estas, cómo se enlazan el resto de elementos de los edificios.

Cada proyecto tiene sus peculiaridades y demandas, de ahí la importancia de conocer los distintos métodos de arranque para una correcta elección a la hora de la ejecución de los edificios dependiendo de las necesidades y exigencias de cada uno. Por este motivo es de primera importancia establecer bien las técnicas constructivas que se adapten mejor a los proyectos. Como el primer paso en la ejecución siempre son las cimentaciones estas tienen un papel relevante nada más empezar y son las partes que deben estar con mayor seguridad realizadas porque no serán fácil de reparar.

Además, la conexión de las cimentaciones con el resto de elementos constructivos del edificio está altamente ligado con los ODS, que se deben cada vez tener más presentes. Al estar en contacto, o muy cerca, del terreno natural este arranque debe de ser estanco para garantizar que las humedades no lleguen a su interior o llegar a afectar a la estructura. Para esto, respetar los procedimientos a la hora de ejecutar los distintos métodos es fundamental porque de esta manera cada material mantendrá sus cualidades aptas durante la vida útil de la construcción.

Marcar las características del terreno donde se localiza y las demandas del proyecto, teniendo presente el presupuesto que se dispone, será esencial para elegir el método más adecuado en cada proyecto. Aunque todos los tipos que se han visto garantizan un correcto funcionamiento, siempre que se ejecutan con las exigencias que cada elemento conlleva para su colocación, los diferentes proyectos marcarán unas pautas que llevarán a la elección del tipo de arranque más efectivo en cada caso.

Cada sistema de ejecución afronta las exigencias de rendimiento de una forma, pero todas con un mismo nivel final de funcionamiento óptimo. Según el sistema elegido se dispondrán unas capas necesarias para hacer frente a los posibles riesgos que pueden surgir por el contacto, o proximidad, con el terreno. Siempre que se tenga una correcta colocación de los diferentes elementos que lo componen, se sigan las guías marcadas por el especialista en la manipulación de los materiales y estos sean los adecuados para el proyecto, será indiferente la elección del sistema de arranque para obtener un correcto funcionamiento del edificio. Aunque siempre hay algún sistema que resuelven algunos problemas, como es la estanquidad, con mayor facilidad.

Según los materiales que conformen el arranque del edificio aparecerán unas peculiaridades que se deberán tener en cuenta para mantener las funciones del sistema de arranque correctas, porque no se dispondrá de igual manera una lámina impermeabilizante cuando se utilice fábrica de ladrillo que en el caso donde se utiliza hormigón, al igual que la ejecución de las juntas será distinta. Como se ha visto en los diferentes detalles a lo largo del trabajo las juntas son unos elementos donde se debe tener mayor precaución en su ejecución, ya que éstas tendrán un papel importante en que el sistema

sea completamente estanco, y dependiendo del material utilizado se realizarán de una forma.

Mediante unos factores comunes en los distintos sistemas analizados se llega a determinar, de forma general, qué tipo de arranque será de mayor calidad para los edificios, sin llegar a profundizar en las peculiaridades de cada proyecto.

En primer lugar, el factor que cada vez influye más es el económico porque siempre se busca intentar reducir los costes y, en este caso, hay una alta relevancia entre los distintos arranques vistos. El sistema de mayor coste económico depende de la superficie que el edificio ocupa en planta, ya que según esta dimensión será más relevante la excavación para un muro de sótano o el material necesario para la ejecución de un forjado sanitario. En contraposición a estos dos sistemas de mayor coste se encuentra como sistema económico la solera dispuesta directamente contra el terreno.

En segundo lugar, la ejecución. Es un factor de igual importancia, puesto que si no hay una correcta colocación de los distintos elementos que componen cada sistema no se obtiene un buen funcionamiento. Cada tipo de arranque tiene unas necesidades de mano de obra, con mayor o menor especialización en la ejecución de los mismos. Esto también influirá en la dificultad en su construcción y, por consecuencia, en el tiempo de ejecución. Según este factor, tendremos como sistema con una mayor rapidez de ejecución y que no conlleva una gran especialización de la mano de obra la solera colocada directamente contra el terreno, el sistema de forjado sanitario en el lado opuesto a este debido a que conlleva un mayor conocimiento de los operarios y entre ambos se situará el muro de sótano según el factor de ejecución.

En tercer lugar, centrándose con el rendimiento final de cada sistema relacionado con la estanqueidad y funcionamiento se sitúa en mejor lugar los forjados sanitarios y en último lugar la solera. Esto es a consecuencia de la cámara ventilada dispuesta debajo del forjado sanitario que aleja la estructura del terreno impidiendo que las humedades que hay en él lleguen a afectar a la construcción, al igual que este se encuentra el muro de sótano ya que esta planta actúa como una gran cámara de aire. Además, con estos sistemas se pueden llevar instalaciones por el interior de la cámara para que estas no queden vistas. Estos aspectos favorables no se tienen en la ejecución con solera por lo que este sistema será el más desfavorable en cuanto al factor de rendimiento final.

Finalmente, a partir de estas reflexiones sobre el rendimiento de cada sistema de arranque se ha realizado una tabla resumen [Tabla 1] mostrando de forma gráfica que aspectos en cada método presentan mayores ventajas, donde se ha valorado de 1 (peor) a 5 (mejor). Terminando con una valoración global de cada uno mediante los factores expuestos.

Gracias a este Trabajo Final de Grado, se ha entrado más en detalle en este proceso de ejecución permitiendo un mayor conocimiento de las técnicas y las necesidades que conllevan para tener un eficiente funcionamiento, y como esto llega a influir en el habitar prestando unas características esenciales para el funcionamiento ergonómico de las viviendas.

	Solera	Solera sobre cavities	Forjado sanitario	Sótano
Excavación	5	4	3	2
Facilidad ejecución	5	4	3	3
Coste	5	4	3	2
Estanquidad	3	4	5	5
Posible patología o patología esperada	2	5	2	3
Facilidad para resolver el encuentro con cerramiento	3	3	5	3
Facilidad para reparaciones	2	3	5	5
Valoración global	3,6	3,9	3,7	3,3

Tabla 1. Comparativa de los sistemas constructivos de arranque y criterios de valoración.

8. Índice de figuras y tablas

Imagen 1. El Partenón, Atenas. Pericles, 449 a.C.....	8
< https://historiaeweb.com/2018/02/08/partenon-de-atenas/	
Imagen 2. Villa Capra. Andrea Palladio, 1567.	8
< https://temasycomentariosartepaeq.blogspot.com/p/blog-page_724.html	
Imagen 3. Templete de San Pietro. Donato Bramante, 1502.....	8
< https://estudiart.wordpress.com/2010/11/01/el-templete-de-san-pietro-in-montorio/	
Imagen 4. Pabellón Barcelona. Mies van der Rohe, 1929.	8
< http://elplanz-arquitectura.blogspot.com/2012/05/arquitecto-mies-van-der-rohe-cons-truido.html	
Imagen 5. Unité de Marsella. Le Corbusier, 1952.....	8
< https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/771341/clasicos-de-arquitectura-unite-dhabitation-le-corbusier	
Imagen 6. IVAM, Valencia. Emilio Gimenez y Carlos Salvadores, 1987.....	8
< https://www.ivam.es/es/noticias/el-ivam-presenta-la-intervencion-de-la-artista-cristina-lucas-para-su-fachada-principal/	
Figura 1. Detalle tipo, zapata aislada.	12
< Cimentaciones directas: anexo Gráfico - Departamento de construcciones arquitectónicas UPV 18-3-05	
Figura 2. Detalle tipo, zapata combinada.	13
< Cimentaciones directas: anexo Gráfico - Departamento de construcciones arquitectónicas UPV 18-3-05	
Figura 3. Detalle tipo, zapata corrida.....	13
< Cimentaciones directas: anexo Gráfico - Departamento de construcciones arquitectónicas UPV 18-3-05	
Figura 4. Detalle tipo, emparrillado.....	14
< Cimentaciones directas: anexo Gráfico - Departamento de construcciones arquitectónicas UPV 18-3-05	
Figura 5. Detalle tipo, losa cimentación.....	14
< Cimentaciones directas: anexo Gráfico - Departamento de construcciones arquitectónicas UPV 18-3-06	
Figura 6. Detalle tipo, muro sótano con zapata sin talón.	15
< Cimentaciones directas: anexo Gráfico - Departamento de construcciones arquitectónicas UPV 18-3-07	
Figura 7. Detalle tipo, muro sótano con zapata con puntera y talón.	15
< Cimentaciones directas: anexo Gráfico - Departamento de construcciones arquitectónicas UPV 18-3-07	

Figura 8. Detalle del apoyo exterior.....	18
< Cimentaciones directas: anexo Gráfico - Departamento de construcciones arquitectónicas UPV 18-3-09	
Figura 9. Detalle del apoyo interior.....	18
< Cimentaciones directas: anexo Gráfico - Departamento de construcciones arquitectónicas UPV 18-3-09	
Figura 10. Detalle apoyo en muro termoarcilla con barrera anticapilaridad.	19
< https://www.construmatica.com/construpedia/Impermeabilizaci%C3%B3n_de_los_Muros_de_Bloque_Termoarcilla	
Figura 11. Detalle forjado sanitario con losa de madera.....	21
< Egoín, 2016	
Figura 12. Detalle arranque casa Carnatge, Miel Arquitectos.....	22
< https://pro-tectonica-s3.s3.eu-west-1.amazonaws.com/miel_1553246851.pdf	
Figura 13. Detalle arranque Casa Cala, Alberto Campo Baeza.....	23
< https://tectonica.archi/projects/raumplan-house/	
Figura 14. Detalle casa 1105, HARquitectes.	24
Figura 15. Detalle casa 1101, HARquitectes.	24
< http://www.harquitectes.com/	
Figura 16. Detalle forjado sanitario apoyado sobre la misma estructura del edificio.	25
< https://www.soloarquitectura.com/foros/threads/union-de-forjados-sanitarios-a-distinto-nivel.74246/	
Figura 17. Detalle arranque casa Calixto, GRX Arquitectos.	26
< https://tectonica.archi/projects/casa-calixto-por-grx/	
Figura 18. Detalle sistema Cáviti ventilación forjado sanitario.	27
< https://www.caviti.es/sistema-caviti/detalles-caviti	
Figura 19. Detalle sistema Cáviti encuentro con pilar de hormigón.	28
< https://www.caviti.es/sistema-caviti/detalles-caviti	
Figura 20. Detalle arranque polideportivo y aulario, Alberto Campo Baeza.....	29
< https://tectonica.archi/projects/pabellon-polideportivo-y-aulario-de-la-universidad-francisco-de-vitoria/	
Figura 21. Detalle arranque ampliación sede Finsa, mrm arquitectos.	30
< https://tectonica.archi/projects/nueva-sede-de-servicios-centrales-de-finsa-en-santiago-de-compostela-de-mrm-arquitectos-miguel-alonso-roberto-erviti-mamen-escorihuela-y-anton-varela-garcia/	
Figura 22. Detalle caso 1.	32
< Foundation et al., 2002	
Figura 23. Detalle caso 2.	33

< Foundation et al., 2002	
Figura 24. Detalle caso 3.	34
< Foundation et al., 2002	
Figura 25. Detalle caso 4.	35
< Foundation et al., 2002	
Figura 26. Detalle caso 5.	36
< Foundation et al., 2002	
Figura 27. Detalle muro sótano AT exterior caso 1.	37
< Atlas de detalles constructivos, Peter Beinhauer	
Figura 28. Detalle muro sótano AT exterior caso 2.	38
< Atlas de detalles constructivos, Peter Beinhauer	
Figura 29. Detalle muros sótano fábrica cerámica caso 1.	39
< Atlas de detalles constructivos, Peter Beinhauer	
Figura 30. Detalle muro sótano fábrica cerámica caso 2.	39
< Atlas de detalles constructivos, Peter Beinhauer	
Figura 31. Detalle muro sótano tina negra.	40
< Anfordeungen - Feuchteschutz, 2019	
Figura 32. Detalle solape esteras de bentonita.	41
< Anfordeungen - Feuchteschutz, 2019	
Figura 33. Detalle muro sótano tina blanca.	42
< Anfordeungen - Feuchteschutz, 2019	
Figura 34. Base del sótano con placa base portante.	43
< Anfordeungen - Feuchteschutz, 2019	
Figura 35. Base del edificio del sótano con pared exterior de dos capas.	44
< Anfordeungen - Feuchteschutz, 2019	
Figura 36. Base del edificio del sótano con pared exterior de dos capas.	44
< Anfordeungen - Feuchteschutz, 2019	
Figura 37. Detalle muro sótano sistema drenaje.	45
< https://www.cstc.be/homepage/index.cfm?cat=services&sub=standards_regulations&pag=details&art=database&contrdet_id=5	
Figura 38. Detalle constructivo Iglesia en Playa Granada.	46
< https://tectonica.archi/projects/iglesia-en-playa-granada/	
Figura 39. Detalle constructivo Casa 1413, HARquitectes.	47
< https://tectonica.archi/projects/casa-1413/	
Figura 40. Detalle constructivo Centro Cívico, HARquitectes.	48
< https://tectonica.archi/projects/centro-civico-cristaleras-planell/	

9. Referencias

Webs, Libros, Revistas y Artículos

Arquitectes, GRX. "Casa Calixto Por GRX," 2019. <https://tectonica.archi/projects/casa-calixto-por-grx/>.

"Base de Données Détails Constructifs - Résultat : Sol Intérieur-Traversée • CSTC." Accessed June 17, 2020. https://www.cstc.be/homepage/index.cfm?cat=services&sub=standards_regulations&pag=details&art=database&contrdet_id=5.

BOE.Orden FOM/1635/2013. Código Técnico de la Edificación. CTE, Real Decreto § (2013).

Campo Baeza, Alberto. "Casa Cala," 2015. <https://www.campobaeza.com/es/cala-house/>.

Detalles tipo cimentaciones: apuntes construcción I del departamento de construcciones arquitectónicas.

"Pabellón Polideportivo y Aulario de La Universidad Francisco de Vitoria de Alberto Campo Baeza," 2017. <https://tectonica.archi/projects/pabellon-polideportivo-y-aulario-de-la-universidad-francisco-de-vitoria/>.

Código técnico de la Edificación. "Documento Básico HE Ahorro de Energía." Documento básico HE ahorro de energía, 2013.

"Código Técnico de La Edificación de España." *ACE: Architecture, City and Environment*, 2006. <https://doi.org/10.5821/ace.v1i2.2350>.

Conarquitectura. "Artículos Técnicos | Conarquitectura." Accessed August 15, 2020. http://conarquitectura.co/articulos-tecnicos/?wpv_column_sort_id=field-wpcf-numero-ca&wpv_column_sort_dir=desc&wpv_paged_preload_reach=1&wpv_view_count=1&wpv-producto=ladrillo+revestir&wpv-dirigido=0&wpv-contenido=diseño&wpv-producto=ladrillo+revestir&wpv.

Curtin, W G. *Structural Foundations. Designers ' Manual*. N.J. Sear., 2006.

"Detalles Cáviti," 1998. <https://www.caviti.es/sistema-caviti/detalles-caviti>.

Egoin. "Prontuario Técnico Para La Construcción Con Paneles de Madera Contralaminada," 2016.

"Forjado Sanitario | Construpedia, Enciclopedia Construcción." Accessed March 1, 2020. https://www.construmatica.com/construpedia/Forjado_Sanitario.

"Forjados Sanitarios Autoportantes - Forpol-Edificaciones Ligeras." Accessed April 15, 2020. <https://www.forpol.es/forjados-sanitarios/>.

"FORJADOS SANITARIOS y VENTILADOS - Anyra Keller." Accessed May 10, 2020. <https://anyrakeller.com/forjados-sanitarios/>.

Foundation, Non-proprietary, Proprietary Foundation, and Support Systems. "GUIDE TO FOUNDATION AND SUPPORT DRAFT – Not for Distribution Non-

Proprietary Foundation and SupportSystems,” 2002.

GARCÍA GAMALLO, ANA MARÍA. “La Evolucion De Las Cimentaciones En La Historia De La Arquitectura, Desde La Prehistoria Hasta La Primera Revolución Industrial.,” 1997, 475.

HArquitectes. “CASA 1101 - HARQUITECTES,” 2013.

<http://www.harquitectes.com/projectes/casa-sant-cugat-del-valles-harquitectes/>.

“CASA 1105 - HARQUITECTES,” 2014. <http://www.harquitectes.com/projectes/casa-cerdanyola-harquitectes/>.

“Casa 1413 - HARQUITECTES,” 2017. <http://www.harquitectes.com/projectes/casa-1413/>.

“CRISTALLERIES PLANELL 1015 - HARQUITECTES,” 2016.

<http://www.harquitectes.com/projectes/centre-civic-cristalleries-planell-barcelona/>.

“International Code Council (ICC),” 2018. <https://codes.iccsafe.org/content/IBC2018P4>.

mrm arquitectos y Antón Varela García. “Ampliación y Renovación de La Sede de Finsa En Santiago de Compostela, de Mrm Arquitectos y Antón Varela García,” 2017.

<https://tectonica.archi/projects/nueva-sede-de-servicios-centrales-de-finsa-en-santiago-de-compostela-de-mrm-arquitectos-miguel-alonso-roberto-erviti-mamen-escorihuela-y-anton-varela-garcia/>.

“NOVADOMUS Habitat | » CASA FOLK (V) BIOCONSTRUCCIÓN CON BTC Y MADERA.” Accessed March 5, 2020. <http://novadomushabitat.com/casa-folk-v-bioconstruccion-con-btc-y-madera/>.

Pastilla, Can, and Palma De Mallorca. “Casa Es Carnatge,” 2017.

Peter-Beinhauer. “Atlas_de_Detalles_Estructurales_ICHA.Pdf.” Gustavo Gili S.L, 2006.

“Qué Son Los Forjados Sanitarios.” Accessed March 5, 2020. <https://vilssa.com/que-son-los-forjados-sanitarios>.

Valero, Elisa. “Iglesia En Playa Granada,” 2016.

Vidal Martinez, Marisol. “Anfordeungen - Feuchteschutz,” 2019.