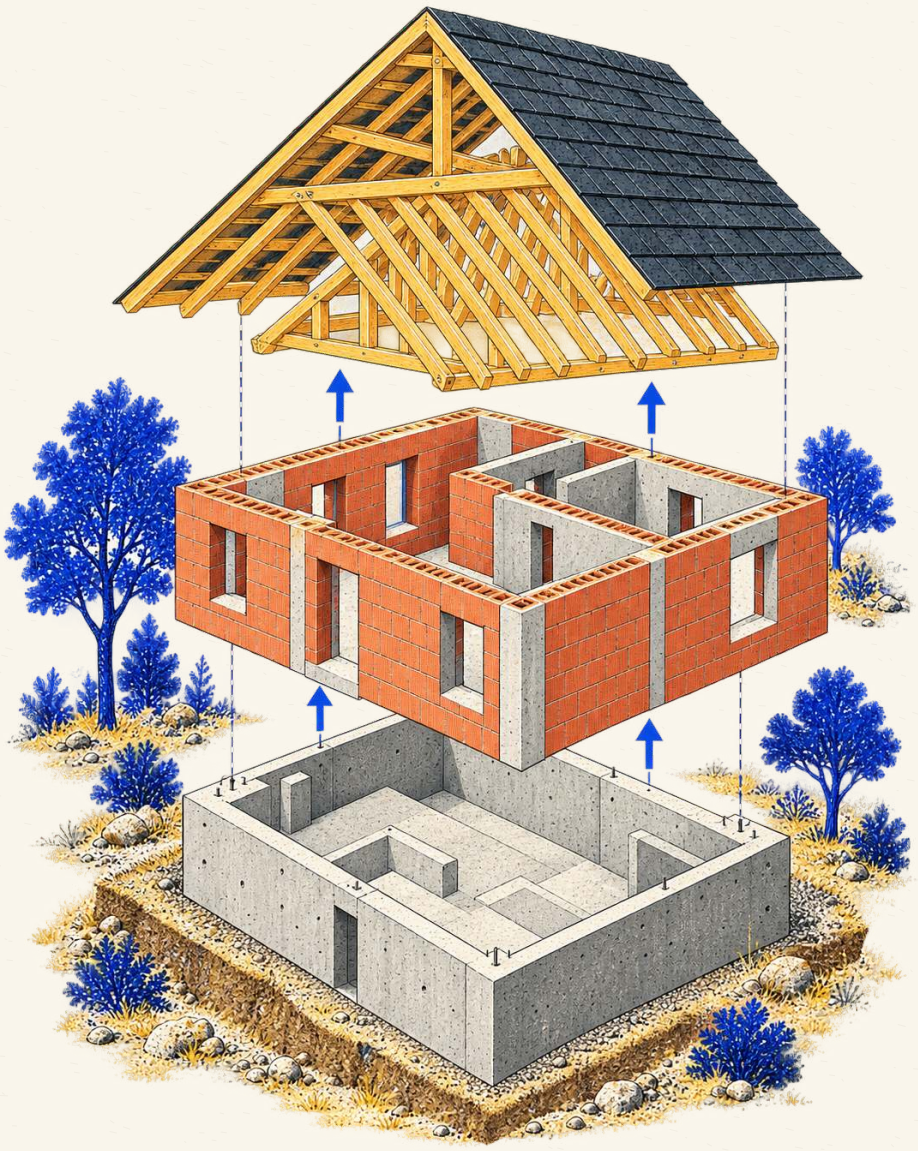
Build
Your Home

EDICIÓN EN ESPAÑOL

Construir tu casa, paso a paso

DEL TERRENO A LA MUDANZA



Build Your Home

13 capítulos · 2 anexos · 87 ilustraciones

Edición 0.10.79-es.4

ÍNDICE

Índice

Seleccione un título para ir al capítulo.

Prólogo 2

01 Conceptos básicos para entender la construcción 6

02 Qué casa vais a construir realmente 31

03 Terreno, ubicación y acometidas 44

04 Proyecto, presupuesto y permisos 52

05 Presupuesto desglosado: del proyecto a la oferta 64

06 Personas, ofertas y acuerdos 69

07 Preparación de la obra 78

08 Movimiento de tierras y cimentación 84

09 Estructura, forjados y cubierta 100

10 Envolvente, aislamiento, fachada y carpinterías 132

11 Instalaciones, calefacción y agua 154

12 Trabajos interiores y de acabado 175

13 Recepción, uso y mantenimiento 209

Apéndice A: Herramientas de trabajo 214

Anexo B: Sistemas adicionales y elementos exteriores 216

Glosario 220

Referencias 227

CAPÍTULO

Movimiento de tierras y cimentación

La cimentación es la transición entre la casa y el terreno

La cimentación no es solo una masa de hormigón en la base de la casa. Su función es recibir las cargas de la estructura portante y transmitirlas al terreno sin que se produzcan asientos, desplazamientos ni fisuras inadmisibles. Además, está en contacto con la humedad del terreno, las tuberías de las instalaciones y la urbanización exterior. Por eso, las decisiones que afectan a la parte enterrada de la casa se toman conjuntamente, antes de que quede inaccesible.

Unos minutos antes del hormigonado todavía se pueden ver todas las tuberías, conexiones y barras de armadura. Unas horas después, solo queda una superficie gris y lisa. En una obra, ese instante, justo antes de que algo desaparezca, suele ser más importante que la fotografía del elemento terminado.

Al terminar este capítulo, podrás

- distinguir entre el terreno, la cimentación portante y la solera;
- entender por qué el proyecto determina el tipo de cimentación y su armado;
- reconocer la función de la compactación, los pasos de instalaciones, la puesta a tierra y el vertido del hormigón;
- distinguir entre impermeabilización, barrera capilar y drenaje.

El proyecto empieza con los datos del terreno

Una superficie llana puede ocultar rellenos, arcilla, arena, roca, agua subterránea o estratos con distinta capacidad portante. Los datos geotécnicos ayudan al proyectista de estructuras a elegir el tipo de cimentación y la preparación del terreno. La casa del vecino puede dar una pista útil, pero la decisión debe basarse en los datos de la propia parcela.

El topógrafo replantea sobre el terreno la posición de la casa proyectada. Este proceso se denomina replanteo. Antes de excavar, comprueba los ejes, las distancias a los linderos, la cota de altura y el lugar donde se puede depositar la tierra de forma segura.

Algunas formas habituales de cimentación

En las cimentaciones corridas, los muros de carga se apoyan sobre zanjas continuas de hormigón. En una casa sin sótano, el espacio entre ellas no suele quedar vacío: se prepara y se rellena con material pétreo compactado según el proyecto, sobre el que se ejecutan una solera independiente y el pavimento. En cambio, una losa de cimentación de mayor tamaño reparte las cargas por casi toda la superficie de la casa. También existen otras soluciones, como zapatas aisladas, vigas, pilotes y combinaciones de estos elementos.

En las conversaciones se suele llamar «losa muerta» a una base de hormigón que no es estructural o soporta cargas reducidas y que está situada dentro de la cimentación. Es un término impreciso, así que conviene comprobar en el plano si se trata de una losa de cimentación estructural, una capa de hormigón de limpieza o una solera. Dos elementos pueden parecerse y, sin embargo, cumplir funciones completamente distintas.

No elijas una solución basándote únicamente en el precio del hormigón o en la cantidad de acero. La comparación debe incluir la excavación, el encofrado, las armaduras, el hormigón, el aislamiento térmico y la impermeabilización, las capas del suelo, el plazo de ejecución y los riesgos asociados al terreno concreto.

Figura 24. Tres formas distintas de transmitir las cargas de la casa al terreno



A la izquierda, los muros de carga descansan sobre cimentaciones corridas y, entre ellas, hay material pétreo compactado que soporta una solera independiente, llamada coloquialmente «losa muerta». En el centro, una losa de cimentación estructural reparte las cargas por toda la superficie de la casa. A la derecha, unos pilares transmiten las cargas a zapatas aisladas unidas mediante vigas de cimentación. La imagen muestra la diferencia básica entre los sistemas; no determina cuál debe elegirse ni establece dimensiones o armaduras.

Venecia: una ciudad que se sostiene en parte gracias a la madera

Bajo muchos edificios históricos de Venecia hay pilotes de madera —elementos hincados en el terreno— y piezas horizontales de madera que forman parte de la cimentación. A primera vista resulta extraño: intentamos proteger la madera de la humedad y, sin embargo, aquí se utiliza para cimentar en plena laguna. [216]

La clave está en las condiciones. En un terreno permanentemente saturado de agua, la escasa disponibilidad de oxígeno puede ralentizar algunas formas de deterioro biológico. Eso no convierte la madera en piedra ni la hace eterna. Investigaciones del CNR italiano también detectaron un deterioro considerable de los pilotes de madera, con diferencias de un lugar a otro. En los casos estudiados, la capacidad portante del sistema podía conservarse gracias a la acción conjunta de la madera y del terreno compactado que la rodeaba, pese al debilitamiento de la madera. [216] [217]

Venecia ayuda a entender por qué no podemos estudiar una cimentación al margen del terreno y del agua. La capacidad portante depende de la interacción entre ambos. Para construir una casa nueva, es más útil conocer el terreno propio que copiar una solución de cimentación que lleva siglos funcionando en otro lugar.

Qué hay bajo el hormigón

Hay que proteger el fondo de la excavación para evitar que se reblandezca y que se transite por él sin necesidad. El proyecto puede prever la sustitución de parte del terreno y la colocación de capas de árido. Estas se extienden con espesores controlados y se compactan con el equipo adecuado. En obra, se conoce coloquialmente como «rana» a la bandeja vibrante y a otras máquinas de compactación similares. La compactación alcanzada se comprueba mediante el procedimiento indicado en el proyecto o por la supervisión geotécnica.

Figura 25. La bandeja vibrante, conocida en obra como «rana»



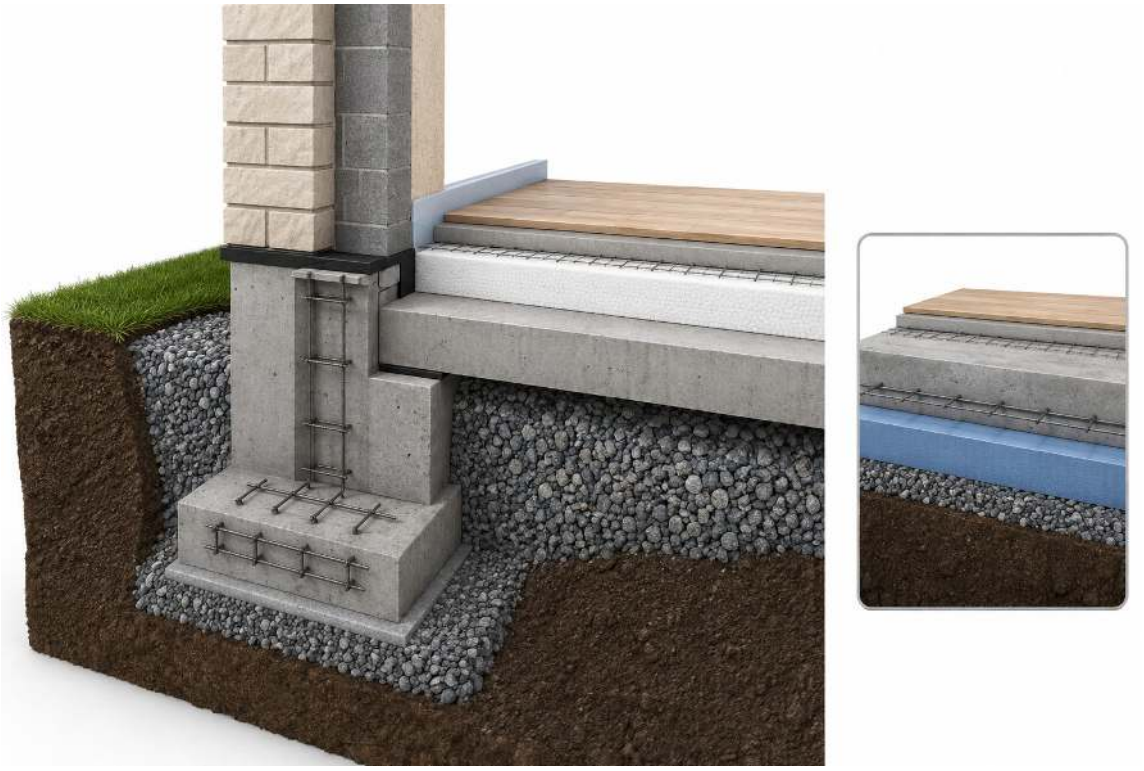
El motor acciona una pesada placa inferior que, mediante vibraciones, contribuye a compactar la capa de material pétreo. [73]

Bajo la solera o la losa de cimentación puede haber una capa de piedra compactada, hormigón de limpieza, aislamiento térmico y membranas contra la humedad o la entrada de gases del terreno. El orden de las capas no es una receta universal. Lo importante es que sean continuas: un agujero en la membrana alrededor de una tubería, por ejemplo, compromete su integridad como barrera. [56] [57]

El proyecto también puede contemplar la colocación de XPS de alta resistencia a compresión bajo la losa de cimentación. El XPS es poliestireno extruido, un aislante rígido resistente a la humedad y capaz de soportar cargas de compresión superiores a las de muchos paneles aislantes habituales. Esta solución debe formar parte de un sistema de cimentación calculado. No se debe comprar cualquier «poliestireno rígido» y colocarlo bajo la cimentación en obra si el proyecto no lo contempla. [60]

Sobre la losa estructural o la solera, y bajo la capa de mortero, suele colocarse aislamiento térmico o acústico para el suelo. A menudo se utiliza EPS, poliestireno expandido, adecuado para este uso y conocido coloquialmente como corcho blanco; aun así, el producto debe declarar que es apto para suelos y especificar su resistencia a compresión. La capa de mortero no debe apoyarse sobre un panel blando para fachadas elegido solo porque parezca similar. [61]

Figura 26. La cimentación estructural y el pavimento acabado no son una única capa de hormigón



La sección principal muestra el terreno, el material pétreo compactado, el hormigón de limpieza, la cimentación corrida, la barrera contra la humedad por capilaridad bajo el muro, una solera independiente y el aislamiento del suelo, bajo la capa de mortero y el revestimiento. La sección ampliada muestra una posible solución de proyecto con XPS de alta resistencia a compresión bajo la losa de cimentación. El orden y las características reales de las capas los determinan los proyectos de estructura, protección frente a la humedad y aislamiento térmico.

Cómo ayuda la armadura al hormigón a resistir la tracción y controlar las fisuras

El hormigón resiste bien los esfuerzos de compresión, mientras que la armadura de acero ayuda a soportar los esfuerzos de tracción y a controlar la fisuración. El proyecto de estructura determina el diámetro y el número de barras, su separación, los solapes, los anclajes y su posición. No existe un número seguro de «capas de acero» que pueda recomendarse sin conocer las dimensiones, las cargas y el terreno. [190]

La malla Q es una malla electrosoldada de barras de acero dispuestas en dos direcciones perpendiculares. La letra y el número de su designación comercial identifican un tipo concreto de malla, pero su significado y las dimensiones disponibles deben comprobarse en la declaración de prestaciones vigente del producto en el mercado local. Por tanto, el nombre «malla Q» no basta para hacer un pedido ni sustituye al plano de ferralla. [69]

En un elemento más delgado o sencillo, el proyecto puede prever una sola malla; en una losa más gruesa o sometida a mayores exigencias, puede especificar armadura en las zonas inferior y superior. La decisión no depende únicamente del espesor del hormigón: también influyen las luces, los apoyos, las cargas, los huecos y la forma en que la losa

transmite los esfuerzos. Si se prevén dos mallas, deben mantenerse en los dos niveles definidos en el proyecto mediante separadores, soportes y ataduras. Dos mallas que han quedado una sobre otra no constituyen dos capas de armadura eficaces. [190]

Figura 27. Malla Q y dos niveles de armadura definidos en el proyecto



A la izquierda, una malla electrosoldada de acero elevada sobre el encofrado mediante separadores. A la derecha, una sección esquemática muestra las mallas inferior y superior dentro de una losa más gruesa. El tipo exacto de malla, su posición, los solapes y el recubrimiento de hormigón deben consultarse siempre en el plano de ferralla.

Antes del hormigonado, hay que comprobar que la armadura no esté colocada directamente sobre el terreno, que tenga el recubrimiento de hormigón previsto en el proyecto, que los huecos y pasos estén en su sitio y que el conjunto permanezca estable durante el vertido. Después, resulta difícil corregir estos errores. [190]

El drenaje, el agua y los pasos para las instalaciones eléctricas se planifican antes del hormigonado

El drenaje, la acometida de agua, los tubos de protección para los cables eléctricos y otras instalaciones suelen atravesar el sistema de cimentación o pasar por debajo de este. Antes del hormigonado, preparad un plan coordinado de todos los pasos necesarios, con su posición, diámetro y altura, y coordinadlo con los proyectos de estructura e instalaciones. Dejar un tubo de reserva puede ser barato; perforar después un elemento portante o volver a excavar, no.

Las tuberías grandes de desagüe no son lo mismo que una pequeña conducción de agua para un grifo o un cable eléctrico. El desagüe debe tener el diámetro previsto en el proyecto y una pendiente continua, por lo que no es fácil desplazarlo unos centímetros una vez

vertido el hormigón. Por eso, el paso a través de una cimentación, una viga o una losa debe definirse en los planos antes del hormigonado, mediante un tubo de protección adecuado u otro detalle previsto en el proyecto. No se debe hacer pasar una tubería a través de la armadura de forma improvisada ni reducir la sección resistente sin la aprobación del proyectista de estructuras. [49] [221]

A veces, las conducciones pequeñas pueden instalarse más adelante en una capa para instalaciones o en una roza poco profunda en la pared, pero eso no justifica aplazar los pasos de mayor tamaño. La regla que conviene recordar es sencilla: cuanto mayor y más rígida sea la tubería, y cuanto más dependa de la pendiente, antes hay que decidir su trazado.

Figura 28. Los pasos de desagüe de gran tamaño se definen antes del hormigonado



A la izquierda, una tubería grande de desagüe situada en un paso coordinado de antemano, antes del hormigonado. A la derecha, la misma decisión aplazada hasta que la losa está terminada: el nuevo trazado requiere un escaneado, la autorización del proyectista de estructuras y una perforación especializada o una excavación adicional. Junto con el desagüe, antes del hormigonado se definen los pasos y tubos de protección necesarios para la acometida de agua y las instalaciones eléctricas. La imagen es esquemática; los proyectos de estructura e instalaciones determinan el diámetro, la pendiente, la posición y el sellado.

La toma de tierra de cimentación es un elemento metálico conductor integrado en el hormigón de la cimentación y conectado para formar un circuito cerrado, según el proyecto eléctrico. Contribuye a proteger a las personas y la instalación eléctrica al conectar la casa a tierra y al sistema de equipotencialidad. No es lo mismo que la parte visible del pararrayos en la cubierta, aunque el sistema externo de protección contra el rayo puede utilizar la misma red de puesta a tierra proyectada. [62]

La importancia de este sistema se entiende fácilmente si pensamos en una avería de un aparato. Si un conductor dañado provoca una tensión peligrosa en la carcasa metálica, el sistema de protección debe ofrecer a la corriente de defecto el recorrido previsto y hacer que el dispositivo de protección corte rápidamente la alimentación. La equipotencialidad reduce la diferencia de tensión peligrosa entre las partes metálicas que una persona podría tocar a la vez. La correcta protección se confirma mediante una ejecución conforme al proyecto y las mediciones eléctricas exigidas. Sin estas, existe riesgo de descarga eléctrica mortal, sobrecalentamiento o incendio. [62]

Cuando la cimentación está separada del terreno por aislamiento térmico u otra capa de elevada resistividad eléctrica, puede ser necesario instalar en el terreno, fuera del hormigón, un anillo de toma de tierra resistente a la corrosión, además de un conductor de equipotencialidad en la estructura. Por eso, el consejo de «dejar siempre cuatro ramales y prolongar dos diez metros» no es una regla general segura. El número de derivaciones, su posición, los materiales, las conexiones y la relación con el pararrayos los determina un proyectista electricista competente, de acuerdo con la estructura y la normativa local. [62]

Sin embargo, hay algo común a todos los casos: el sistema debe proyectarse, conectarse, inspeccionarse, medirse y fotografiarse antes del hormigonado. Añadir después un conductor cerrado a una cimentación ya terminada es difícil y caro.

Figura 29. La toma de tierra de cimentación y la toma de tierra en anillo dependen del tipo de cimentación



La vista principal muestra un conductor metálico cerrado conectado a la armadura de las zapatas corridas y varios puntos de conexión previstos. La sección ampliada muestra un conductor en anillo en el terreno, bajo una losa de cimentación con aislamiento térmico. La imagen explica dos opciones básicas, pero no prescribe el material, el número de derivaciones, las separaciones ni las conexiones.

Puesta en obra del hormigón fresco

El hormigón fresco debe transportarse, ponerse en obra, compactarse y curarse de acuerdo con el diseño de la mezcla y las condiciones de trabajo. La compactación ayuda a que la mezcla fresca llene el encofrado, envuelva la armadura y expulse las grandes bolsas de aire atrapadas accidentalmente. Si no se compacta adecuadamente, pueden quedar nidos de grava y oquedades, disminuir la resistencia y aumentar la permeabilidad. [65] [66]

La herramienta más habitual es el vibrador interno o de aguja: la unidad motriz acciona, mediante una manguera flexible, una cabeza cilíndrica vibratoria que se introduce de forma controlada en el hormigón fresco. Las vibraciones rápidas reducen temporalmente el rozamiento entre las partículas de árido. Así, la mezcla se asienta más fácilmente por efecto de la gravedad, llena las esquinas y los espacios entre las barras, y las grandes burbujas de aire atrapadas ascienden a la superficie. [67] [68]

El vibrador externo transmite las vibraciones a través del encofrado cuando la cabeza interna no puede acceder con seguridad o eficacia a una parte del elemento. La regla vibrante actúa desde la superficie y, en los forjados adecuados, ayuda a compactar y nivelar a la vez. No son tres nombres intercambiables para una misma herramienta. El método, el tamaño de la cabeza, la separación entre inserciones y su duración dependen de la mezcla, la geometría del elemento, la densidad de la armadura y el plan de hormigonado. [67]

El vibrador no es una pala para empujar un montón de hormigón hasta el otro extremo del encofrado. Usarlo así puede separar los componentes y dar lugar a un elemento poco homogéneo. Pero vibrar durante más tiempo tampoco es necesariamente mejor. En una mezcla delicada o mal dosificada, un exceso de vibración puede favorecer la segregación, es decir, la separación de los componentes: la grava más gruesa se deposita en la parte inferior, mientras que las partículas finas, la pasta de cemento y parte del agua se acumulan en la superficie. Así, la sección deja de ser uniforme. No se trata de que el cemento seco se separe literalmente del hormigón, y un hormigón convencional bien dosificado y de consistencia adecuada no se segrega fácilmente por prolongar un poco la compactación. [192] [193]

En un mismo punto, la compactación termina cuando la mezcla se asienta, dejan de salir grandes burbujas de aire atrapadas y la superficie queda uniformemente húmeda. Si se vibra demasiado poco, aún pueden quedar huecos grandes; por eso, no se deben escatimar los puntos de inserción. No hay una duración válida para todas las mezclas y todos los elementos: el operario adapta el procedimiento al hormigón, al encofrado y a la armadura. El hormigón autocompactante está diseñado para llenar el encofrado con poca o ninguna vibración adicional, por lo que deben seguirse sus instrucciones específicas. [66] [193]

Figura 30. El vibrador ayuda al hormigón fresco a llenar el encofrado y a liberar el aire atrapado en grandes bolsas



A la izquierda se muestra una cabeza vibratoria de aguja introducida verticalmente en el hormigón fresco, con un pequeño rastro de burbujas que ascienden a la superficie. La sección de la derecha representa deliberadamente oquedades como consecuencia de un llenado y una compactación deficientes. La ilustración explica el principio; el lugar, la profundidad y la duración de la inserción los determinan el diseño del hormigón, la geometría del elemento y el responsable de la ejecución.

Tras la puesta en obra, el hormigón debe protegerse para evitar una pérdida de agua demasiado rápida, las temperaturas extremas y las cargas prematuras. Que la superficie parezca dura no significa que el elemento haya alcanzado las prestaciones previstas en el proyecto. [68]

Tres funciones distintas frente al agua

La impermeabilización es una capa continua que impide que el agua atraviese la construcción. La lámina bituminosa es solo una familia de productos; también existen membranas y revestimientos minerales y poliméricos para distintos soportes y condiciones de exposición.

Qué se entiende por lámina bituminosa

El término lámina bituminosa procede de antiguas bandas flexibles con un soporte fibroso impregnado de alquitrán o betún. Los productos actuales suelen ser membranas bituminosas fabricadas con una armadura de refuerzo y distintos acabados superficiales. Hoy en día, el betún se obtiene principalmente del refinado del petróleo, pero eso no significa que todos los rollos negros sean iguales. [63] [71] [72]

¿Cómo se mantenía el agua alejada antes de las láminas bituminosas?

Quizá ahora se pregunte cómo construía la gente antes de que existieran las láminas bituminosas fabricadas en serie. La respuesta no es una «lámina bituminosa» perdida de la época de las antiguas catedrales. Las catedrales medievales y otras construcciones tradicionales de fábrica de piedra no solían tener la actual barrera horizontal contra la humedad capilar, una capa que atraviesa todo el espesor del muro. Sus gruesos muros de piedra y el mortero de cal —un aglomerante compuesto por cal, arena y agua— podían absorber parte de la humedad y liberarla poco a poco por evaporación. Por eso, la cubierta, los canalones, el drenaje junto al muro y las juntas de cal permeables al vapor eran elementos esenciales para protegerse del agua, no simples acabados secundarios. [72] [121]

El metal desempeñó un papel importante en la construcción histórica, sobre todo como revestimiento de plomo, remate o protección de chapa en los puntos donde la cubierta y el muro conducen el agua de lluvia. Sin embargo, no debe deducirse de ello que bajo todos los muros de las catedrales antiguas hubiera una lámina metálica. Para afirmarlo sería necesario disponer de un plano o de un hallazgo verificado de ese edificio concreto. Las barreras horizontales contra la humedad en los muros empezaron a generalizarse más en la segunda mitad del siglo 19. Según el edificio y la región, se ejecutaban con chapa de plomo, pizarra, ladrillo denso o una capa bituminosa. [72]

Fue un paso pequeño, pero importante, en la historia de la construcción. Antes de los sistemas modernos de membranas, el constructor intentaba primero mantener el agua alejada del muro: elevaba el zócalo sobre el terreno circundante, prolongaba la cubierta más allá de la fachada y alejaba el agua de los cimientos mediante canalones. El mortero y el enlucido de cal no formaban una capa impermeable, sino que permitían que el muro se secara después de la lluvia. Cuando empezó a incorporarse una barrera horizontal contra la humedad, la chapa de plomo fue uno de los materiales duraderos que podían colocarse en una junta de tendel —la junta horizontal entre dos hiladas de fábrica— para cortar el ascenso de la humedad. También se utilizaban pizarra y otros materiales más densos; más adelante llegaron los productos bituminosos. [72] [121]

Imaginad una fina tira gris de plomo oculta en un muro: apenas se ve, pero interrumpe el camino que podría seguir el agua al ascender por los poros hasta las hiladas superiores de ladrillo o piedra. Es el mismo principio constructivo que el de las bandas actuales, pero no se trata del mismo producto ni puede suponerse que esté presente en todos los edificios antiguos. Muchas iglesias históricas, sobre todo las anteriores al siglo 20, carecen por completo de una barrera horizontal contra la humedad; por eso, sus problemas de humedad deben entenderse teniendo en cuenta el conjunto formado por la cubierta, el terreno, el drenaje y las uniones de los muros. [72]

Esto refleja un cambio de enfoque. En general, el muro antiguo intentaba absorber pequeñas cantidades de humedad y liberarlas sin riesgo; el muro actual se diseña para interceptar el agua en una capa determinada y conducirla a otro lugar. La lámina bituminosa de la imagen siguiente responde a esta segunda lógica: no es una simple banda negra decorativa, sino parte de una solución continua que interrumpe la capilaridad del agua antes de la primera hilada de fábrica.

Una banda puede especificarse como barrera contra la humedad capilar bajo la primera hilada del muro; otra, para impermeabilizar horizontalmente el suelo; y una tercera, para un muro exterior enterrado o una cubierta. Varían el soporte, el espesor, la flexibilidad, el modo de adherencia, la resistencia y las condiciones de exposición admisibles. Bajo el aislamiento del suelo o la capa de recrecido, puede formar parte de una solución constructiva proyectada, pero su posición depende del agua, el vapor, el soporte y la conexión con la impermeabilización del muro. [63] [64] [94]

Cuando así lo indique la ficha técnica de la lámina bituminosa elegida, se aplica primero una imprimación bituminosa compatible sobre el soporte limpio y firme. En obra quizá oigáis los nombres comerciales o regionales Resitol y Bitulit. Esta imprimación penetra en la superficie, fija el polvo residual y mejora la adherencia de la lámina al hormigón, la fábrica o el mortero de cemento. No constituye por sí sola una capa de impermeabilización. Por ejemplo, la ficha técnica de Resitol exige que la imprimación se seque por completo antes de aplicar las capas siguientes y advierte de que el producto con disolvente puede ser inflamable. [70]

No apliquéis cualquier revestimiento negro bajo cualquier rollo negro. Las láminas autoadhesivas, soldadas y fijadas mecánicamente pueden requerir preparaciones distintas. El soporte, la imprimación, la lámina, el tiempo de secado y el método de adherencia deben ser compatibles entre sí y formar un sistema conforme a las instrucciones técnicas y de seguridad vigentes. [63] [70]

Bajo una solera de madera apoyada sobre fábrica u hormigón también puede ser necesaria una capa que interrumpa la humedad, pero no deis por hecho que cualquier rollo de lámina bituminosa es adecuado. El proyecto debe resolver la protección frente a la humedad, el anclaje de la madera y la continuidad de las demás capas.