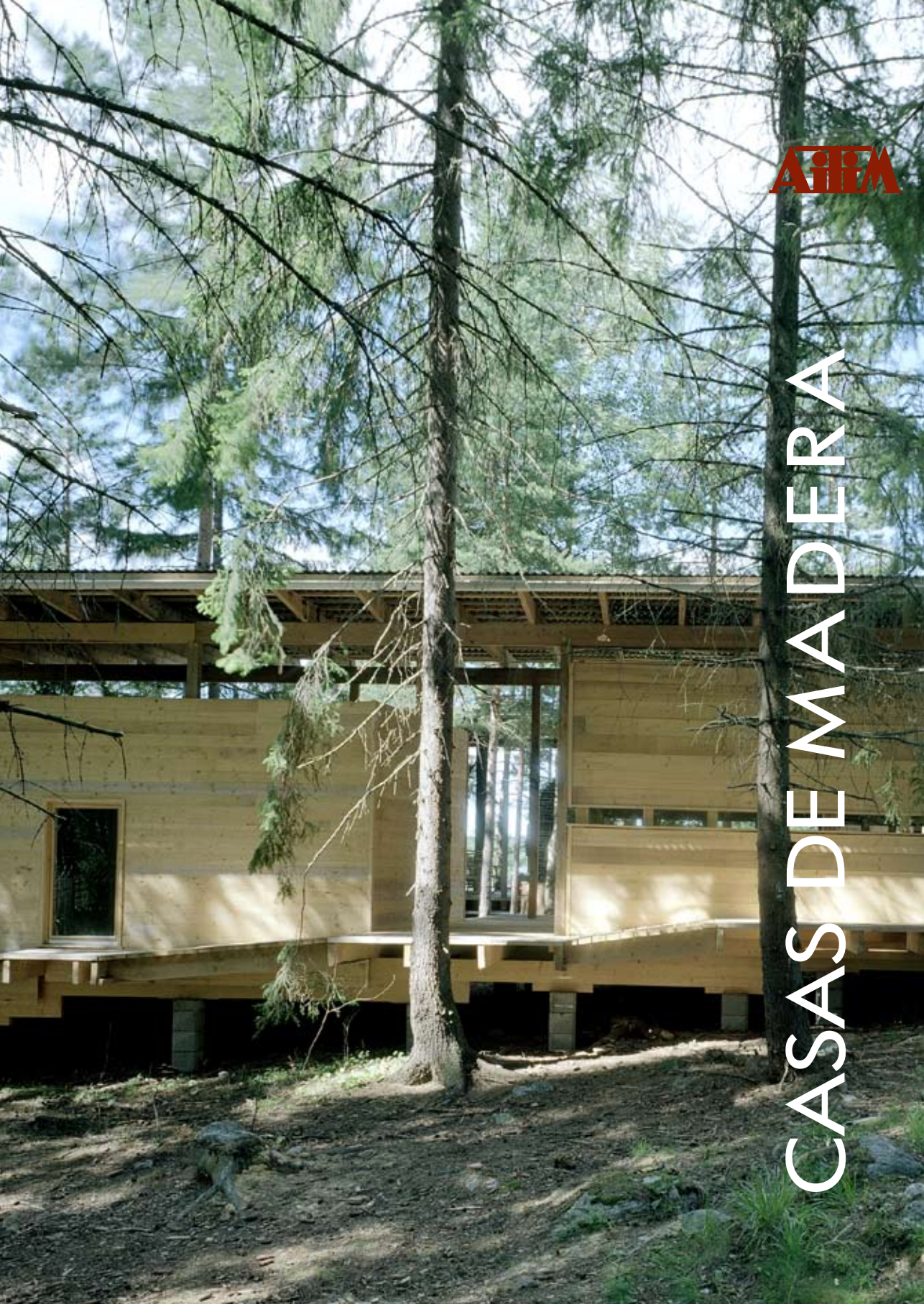
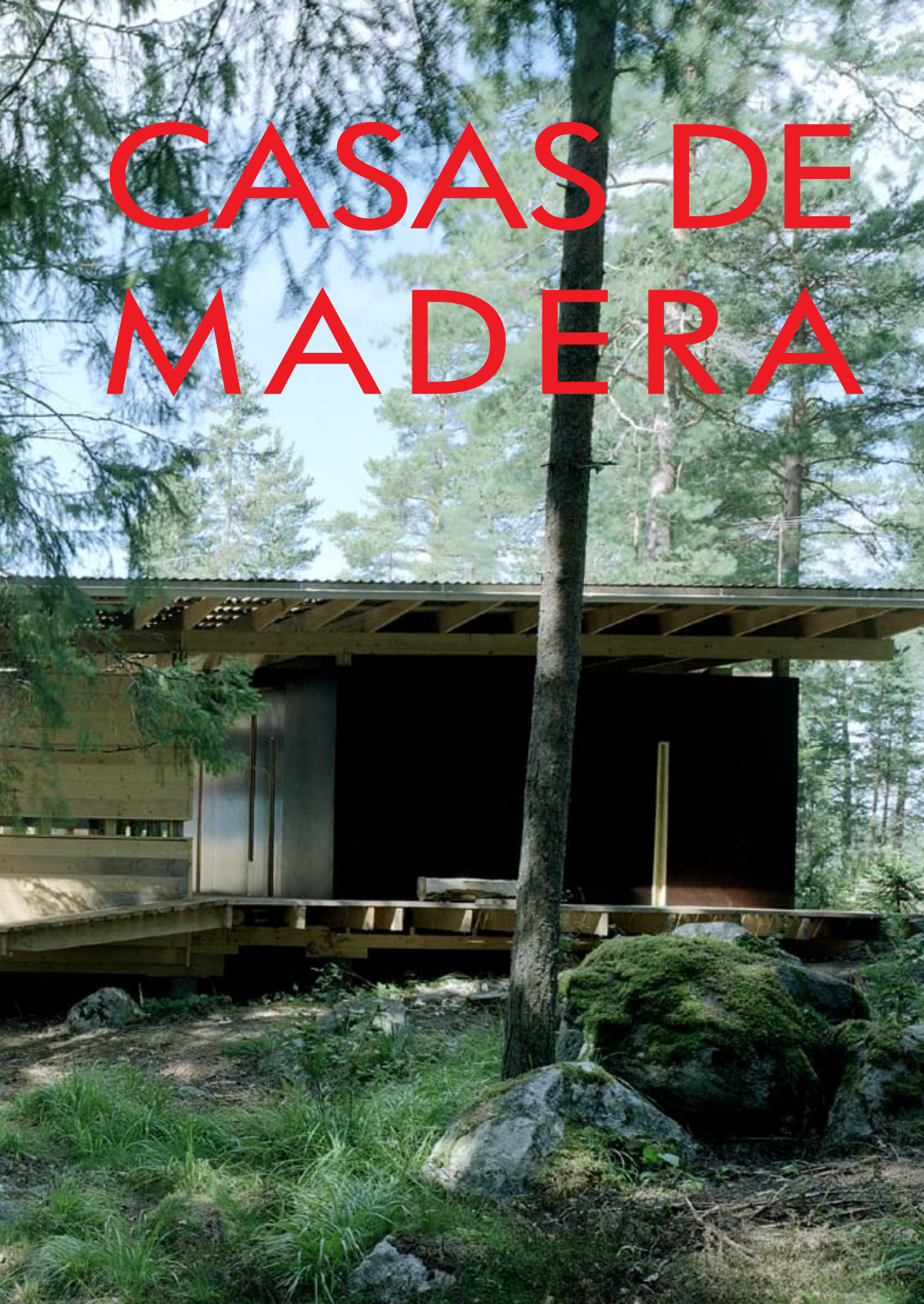




CASAS DE MADERA



CASAS DE MADERA



**casas de
madera**

casas de madera

Sistemas constructivos
a base de madera
aplicados a viviendas
unifamiliares

Asociación de
Investigación Técnica
de las Industrias de la
Madera y Corcho

Copyright Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho. AITIM. 1995

Depósito Legal M-39708-1995

ISBN 84-87381-08-1

Imprime: Cosmoprint, S.L.

Autores:

José Enrique Peraza Sánchez

Arquitecto. AITIM. Coordinador

Francisco Arriaga Martitegui

Dr. Arquitecto. AITIM. Profesor de Cálculo de Estructuras de la U.P.M.

Carmen Arriaga Martitegui

Arquitecto

Marco Antonio González Álvarez

Dr. Ingeniero de Montes. MINER

Fernando Peraza Sánchez

Ingeniero de Montes. AITIM

Miguel Angel Rodríguez Nevado

Arquitecto y constructor

Dibujos:

Carmen Arriaga Martitegui

Maquetación y diseño:

José Enrique Peraza Sánchez

Fotografía de portada:

Villa Langbo (Këmio, Finlandia, 1994). Arquitecto Olavi Koponen.

Fotografía Jussi Tiainen

"Toda la razón de ser del edificar está en esta sola cosa, que juntas y en orden muchas cosas, y compuestas con arte, ora sean piedras, o mampostería, o madera, o cualquiera otra cosa, la composición de ellas se lleva a cabo maciza, y cuando se pudiere, entera y unida."

De re edificatoria

Leon Battista Alberti. 1582

Presentación

La introducción de las casas de madera en nuestro país ha tenido que pasar su propia travesía del desierto, con sucesivos intentos y fracasos, hasta llegar a ser una realidad plenamente aceptada. Queda atrás esa mala imagen que las asociaba a refugios, construcciones temporales o simples chamizos.

A ésto ha contribuído, pensamos, la mayor apertura de nuestros compatriotas a otras culturas. Han sido muchos, en efecto, los que por motivos laborales o vacacionales han tenido la oportunidad de habitar una casa de este tipo en Norteamérica o Escandinavia. La experiencia fué gratificante, sin duda, y cuando más de un fabricante o importador se ha atrevido a realizar ese tipo de viviendas aquí, se ha encontrado, por fin, con una respuesta favorable.

El rápido desarrollo de la construcción con madera laminada en grandes edificaciones también ha hecho ganar prestigio al material, y ha contribuído, evidentemente a generar confianza en este hermano pequeño que es la vivienda unifamiliar.

En este momento de ebullición de la construcción en madera hacía falta un texto técnico que avalara, de alguna manera, estas iniciativas. AITIM, con su tradicional preocupación por la madera en la construcción, pensó que había llegado el momento de intentar llenar esa laguna.

A través de viajes de estudio por EE.UU., Canadá, Suecia y Finlandia se

había tenido la oportunidad de conocer la tecnología "in situ" y con tiempo se fué organizando una buena base documental sobre el tema hasta que a principios del 95 se empezó el trabajo de redacción que ahora felizmente concluye y ve la luz.

Necesariamente, y puesto que nuestra tecnología en este campo se encuentra virtualmente en pañales, una publicación de este tipo no pretende ser más que el desarrollo ordenado de toda una sabiduría constructiva importada. El único mérito está, pues, en organizar, como las cuentas de un collar, toda una serie de unidades de información dispersas y heterogéneas, a través de un hilo conductor ordenado y coherente. El Anexo bibliográfico da cuenta de la amplitud del intento.

Se ha escogido un esquema de desarrollo que facilitara la lectura, describiendo al principio de forma simplificada los principales sistemas constructivos dejando para después los Anexos que desarrollan en profundidad las cuestiones técnicas.

Reservamos para el final la parte más espectacular: las posibilidades combinatorias de sistemas y materiales llevados al límite de sus posibilidades. Parte que ha corrido a cargo de Miguel Angel Rodríguez Nevado, arquitecto con amplia experiencia en este campo. Además en un amplio reportaje gráfico se dan detalles del proceso constructivo.

Hemos trabajado, como siempre, con un equipo multidisciplinar de ingenieros y arquitectos, lo que ha permitido una

sinergia enriquecedora y necesaria en un tema tan vasto como la construcción, y con un material tan complejo como es la madera. Nuestra experiencia profesional a través de informes y peritaciones, el seguimiento de obras, el contacto con las empresas y el estudio de la literatura científica nos han dado la base suficiente -o si se quiere decir así- nos han hecho lo suficientemente osados como para acometer esta tarea.

A la hora de cerrar el texto para darlo a la imprenta nos asaltan serias dudas sobre si se desarrolló bien ese tema, si quedó claro aquel otro, si el libro es largo o si es farragoso, etc. Esperamos tener la oportunidad, en cualquier caso, de corregirlo y ampliarlo en futuras ediciones aunque si nos consta que se ha llenado una laguna importante y que se abren nuevas vías para la investigación en este apasionante mundo de la construcción en madera.

No queremos dejar de agradecer a

aquellos que, sin figurar en los créditos del libro, han colaborado en hacerlo posible. En primer lugar a César Peraza, profesor Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid, padre de dos de los autores y maestro de casi todos ellos, que tuvo la paciencia de leerse el manuscrito y hacernos sabrosas sugerencias. A Ana León, que inició el índice bibliográfico y algunas empresas que han colaborado en la documentación técnica: especialmente a Augusto Cruzado, de IBS, a Joaquín Martín Diéguez de 3ABC Lasures, a Carlos Gutiérrez de VIROC, a Eduardo Chillida de Placoplatre, a Victoriano López de DUO-FAST y a G. Torres del INM. Finalmente al personal de AITIM, que trabajó en labores de mecanografía.

J. Enrique Peraza. Coordinador
Madrid. octubre de 1995

CAPITULO 0	Introducción: vivir un casa de madera	13
CAPITULO 1	Casas de troncos	17
CAPITULO 2	Casas de entramado pesado	61
CAPITULO 3	Casas de entramado ligero	87
ANEXO 1	Materiales	135
ANEXO 2	Entramados	211
ANEXO 3	Cerramientos	277
ANEXO 4	Revestimientos	315
ANEXO 5	Cálculo	379
ANEXO 6	Medios de unión	443
ANEXO 7	Aislamiento y acondicionamiento	471
ANEXO 8	Bibliografía	581
ANEXO 9	Fotografías	607
ANEXO 10	Suministradores	625
EPILOGO	Desarrollos de los sistemas básicos	657

Vivir una casa de madera

La simple consecución de una vivienda digna ha dejado de ser un fin en sí mismo. La confortabilidad, la calidad de vida, y la vuelta a la Naturaleza son preocupaciones importantes para los que adquieren una vivienda unifamiliar. Muchos encuentran actualmente respuesta a estas inquietudes en una casa de madera.

Sin tratar de agotar las razones, ni profundizar demasiado en ellas, queremos resaltar aquí algunas ideas interesantes.

Una casa para vivir la Naturaleza

La ecología y la salvaguarda del medio ambiente preocupan a la mayoría de los ciudadanos.

Entre todos los materiales de construcción la madera es, como es sabido, el único natural y renovable. Las operaciones de transformación del árbol en madera son mínimas y apenas necesita energía, en comparación con otros materiales tradicionales.

La casa de madera nace del bosque, ese pulmón de la tierra que genera oxígeno, fija el anhídrido carbónico y reduce el efecto invernadero, un medio en el cual se elabora el más ecológico de los materiales: la madera.

Contrariamente a lo que defienden algunos ecologistas radicales. En cualquier latitud en la que nos encontremos y sean cuales sean las especies arbóreas, el bosque ha de ser mantenido y cortado de forma ordenada para que su ciclo natural continúe.

En los bosques abandonados los árboles mueren de viejos, víctimas de la competencia mutua, sufren ataques de parásitos, y se descomponen. El bosque deja entonces de producir oxígeno con lo que su papel ecológico se altera.

El respeto al ciclo inmutable de la Naturaleza, impone, por tanto, una explotación racional que permita mantener el bosque activo.

Una vivienda sana

En el bosque ordenado todo es puro y sano. Ver, tocar y sentir respirar los árboles provoca un bienestar que se mantiene en cierto grado en las viviendas de madera. Esta sensación de confort y bienestar no es una ilusión: la madera es uno de los materiales de construcción más sanos.

En primer lugar la casa de madera es una casa que respira: absorbe y expulsa la humedad regularizando así la del medio ambiente interior. Contribuye a evitar dolencias de reumatismo y de vías respiratorias, por estabilizar la humedad, y filtrar y purificar el aire. El campo bioeléctrico natural de la madera proporciona además un estado de equilibrio en el cuerpo humano.

Nuestro metabolismo, influido por las

radiaciones y los campos electromagnéticos de la Tierra, puede sufrir en una casa tradicional los efectos de una verdadera caja de Faraday. La de madera, permeables a las radiaciones naturales, no distorsionan estos sutiles campos y contribuyen así a la salud. Un viejo proverbio escandinavo dice. "Si tu médico no puede hacer nada por tí, cómprate una casa de madera".

Por otra parte las propiedades acústicas de la madera son ampliamente reconocidas: absorbe una parte importante de la energía de las ondas que recibe, con la consiguiente reducción de la polución acústica. La casa de madera es una casa silenciosa, lo que reduce el estrés de sus habitantes.

Los criterios psicológicos y simbólicos de los materiales son valores referenciales y constituyen una herramienta de diseño para cualquier proyectista. La madera refiere directamente a valores naturales que el hombre necesita sentir por su propia condición orgánica. Sin caer en actitudes panteístas o mitologías telúricas conviene resaltar que es un material vivo, que provoca un vínculo emocional con la Naturaleza haciéndonos volver simbólicamente a nuestras raíces.

Además de sus valores táctiles, la madera se ve favorecida por otras cualidades. Elude el frío, el brillo y la dureza acústica de otros materiales y nos refiere también al concepto tiempo, que los materiales modernos no reflejan. Sus anillos de crecimiento nos hablan de él; un tiempo que palpamos y nos hace sentirnos vinculados a las generaciones que nos precedieron.

Alvar Aalto y otros grandes arquitectos con una verdadera preocupación humanística supieron aprovechar y resaltar los valores simbólicos de la madera reconociendo el paralelismo entre nuestro entorno físico y nuestra vida intelectual y espiritual.

Una casa con personalidad propia

La construcción con madera no es patrimonio exclusivo de países septentrionales sino que se expande con carácter universal por los cinco continentes.

Sus posibilidades de adaptación y su flexibilidad formal no conocen límites: apertura de todo tipo de huecos, grandes luces, adaptación al entorno, y una enorme variedad de texturas, formas y colores como atestigua la arquitectura vernácula tradicional.

La madera es compatible con todos los materiales de construcción a los que aporta sus especiales cualidades.

Confortabilidad, calidad de vida y economía energética

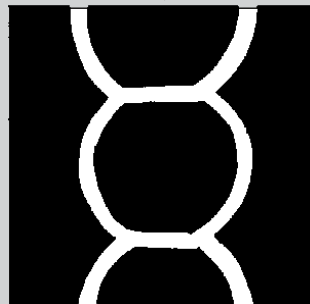
La construcción con madera añade a sus propios valores aislantes, la posibilidad de incrementar éstos con mucha más facilidad que en los sistemas tradicionales y con menor pérdida de superficie útil. En los países de climas extremos la construcción con madera es una buena prueba del alto nivel de acondicionamiento térmico y acústico. Además el consumo energético es

menor que en los sistemas tradicionales.

Sin entrar en cuestiones culturales el hecho de que países más desarrollados como EE.UU., Canadá, Escandinavia, Alemania o Japón, hayan escogido la construcciones de madera de forma generalizada en viviendas unifamiliares puede ser una garantía tecnológica frente a las dudas y prejuicios existentes en nuestras latitudes.



Casas de troncos



- Generalidades
- Características diferenciadoras del sistema
- Proceso constructivo
 - Cimentación y forjado del primer nivel
 - Muros exteriores
 - Materiales
 - Montaje
 - Esquinas y encuentros
 - Asentamiento
 - Paredes y particiones interiores
 - Forjados
 - Elementos normales y especiales
 - Aislamiento térmico y acústico
 - Cubiertas
 - Formación de la pendiente
 - Cubierta de pares
 - Cubierta de cerchas
 - Cerramiento
 - Revestimiento interior y exterior
 - Aislamiento térmico
 - Carpintería
 - Huecos
 - Ventanas
 - Puertas

1

Casas de troncos o de bloques de madera

Generalidades

Esta clase de edificación es típica de países septentrionales con climas muy fríos y bosques abundantes, por ejemplo Canadá, EE.UU., Escandinavia, Rusia y regiones alpinas, aunque no falten en lugares cálidos -como California- donde las casas de troncos son un signo de distinción social.

Los primeros edificios de troncos datan de la Edad de Piedra y se han localizado en Polonia y Turquía; se destinaban a saunas y graneros. Se trataba de chozas soportadas sobre postes hincados. La transición de simple refugio a edificación permanente se prolongó hasta llegar al asentamiento fijo en aldeas y ciudades (Figura 1).

A comienzos de nuestro siglo el sistema fué desplazado por su rusticidad y carácter artesanal. Sin embargo en nuestros días ha conocido un renacimiento gracias a las mejoras tecnológicas que conservando su mismo sistema constructivo, aportan las ventajas de la prefabricación. Hoy en día en los países industrializados se proyectan estas casas con sistemas de diseño y fabricación asistidos por ordenador. La producción industrializada sigue mejorando de día en día su tecnología para lograr la competitividad frente a los otros sistemas constructivos.

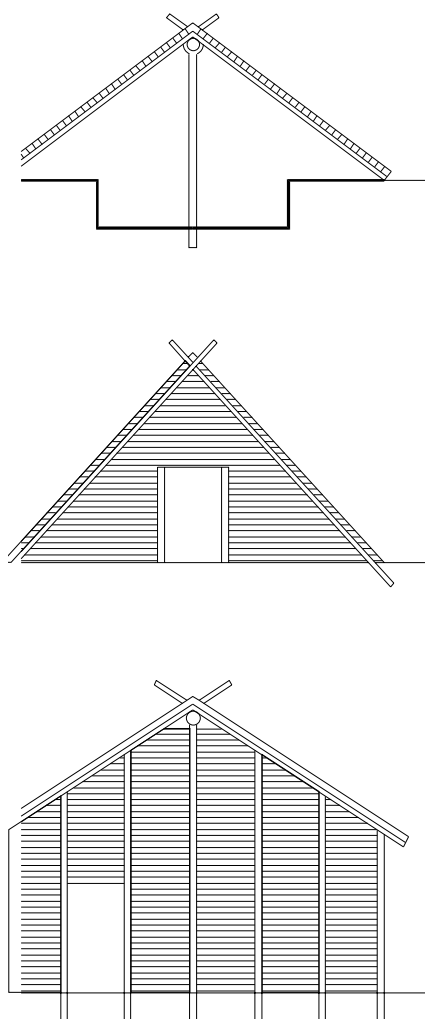


Figura 1

Características diferenciadoras del sistema

La edificación a base de rollizos o troncos puede asimilarse a la construcción de muros de mampostería puesto que estructuralmente funciona igual.

El sistema clásico coloca los troncos horizontalmente aunque la disposición vertical, con ser menos frecuente, también se da en edificios singulares.¹

Desde el punto de vista formal, y pese a su rusticidad, la madera se presenta aquí con toda su expresividad, condicionando el aspecto final de la casa. Esto lo diferencia de los otros sistemas constructivos donde la madera aparece enmascarada o revestida por otros materiales.

Los edificios de troncos se destinaban originariamente a locales de uso secundario, como almacenes, graneros o establos, etc. Sus luces eran moderadas al tratarse de entramados muy elementales. Sin embargo en algunos países como Rusia, se avanzó mucho en cuanto a luces alcanzadas y número de plantas, llegándose a construir edificios de gran envergadura.

Principios estáticos: muros de carga

Desde el punto de vista estático la madera se utiliza aquí deficientemente ya que está trabajando perpendicularmente a la dirección de la fibra (Figura 2). Sus propiedades mecánicas en esta dirección (por su constitución anisotrópa) son entre 20 y 30 veces menores que en

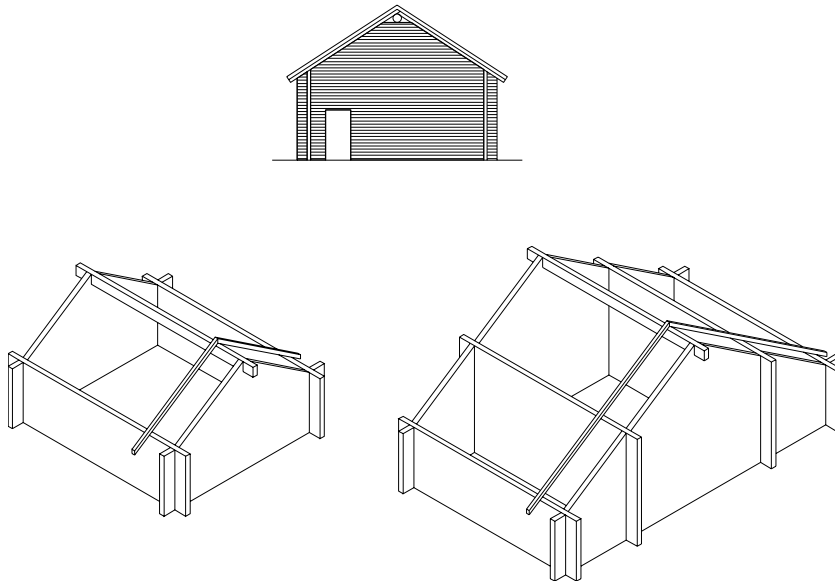


Figura 2

el sentido longitudinal, por lo que sólo se aprovecha el 5% de su capacidad resistente.

Por otra parte los muros sufren asientos notables por efecto del secado de los rollizos, lo que puede perjudicar su estabilidad² la cual se dificulta también por el difícil enlace entre las piezas, en contraste con el resto de los materiales de mampostería (piedra y ladrillo)

La forma redonda y ligeramente cónica de los troncos y su propia naturaleza hacía compleja la unión. La estabilidad del conjunto se confía a la esquina y al arriostamiento aportado por el enlace de los muros intermedios. En esos puntos las cabezas quedaban trabadas mediante ensamblajes especiales, de los que se hablará más adelante.

En su evolución posterior, el tronco se mecaniza tendiendo hacia formas escuadradas que al lograrde mayor superficie de apoyo mejoran la estabilidad. Para aumentar la trabazón se añaden espigas de madera y tirantes o pernos metálicos transversales.

Proceso constructivo tradicional

Antiguamente los árboles, previamente seleccionados en el bosque, se abatían en invierno, cuando el árbol se encuentra en un periodo de mínima actividad vegetativa y por lo tanto con menor presencia de savia y elementos nutrientes en sus tejidos. Este proceder obedecía a razones de protección porque se reducía el riesgo de ataques de xilófagos. Se desramaba, pelaba y daba forma

al tronco con azuela y se dejaba secar al aire. El secado ideal debería durar de uno a dos años pero en algunos casos se iniciaba la construcción y el secado se completaba en la obra.

La madera, ya colocada, se secaba durante el verano perdiendo toda el agua libre y parte de la de impregnación.

En el otoño, aunque la merma de la madera continuaba su curso, el asentamiento de los troncos era casi definitivo. Se completaba entonces el sellado de las juntas utilizando musgo u otros productos naturales. La cubierta se remataba con corteza (en Escandinavia, por ejemplo, se emplea la del abedul). La metodología constructiva es diferente y es la que se analiza a continuación.



Cimentación

La cimentación de las casas de troncos no difiere de la de la construcción tradicional: suelen consistir en zapatas corridas bajo los muros de madera.

Las diferencias principales con respecto a la construcción tradicional se pueden resumir en los siguientes puntos:

1. La anchura de la zapata puede ser más reducida debido a las bajas cargas gravitatorias, aunque en la mayoría de los casos su anchura mínima viene determinada por un criterio constructivo.
2. La anchura del murete de arranque de la construcción también requiere una menor dimensión, debido al espesor reducido del muro de madera (10 a 20 cm)
3. Las tolerancias de niveles y dimensiones del remate del murete sobre el que apoyará la madera, son más exigentes que en la construcción tradicional. Esto es debido a la precisión necesaria en el montaje para conseguir un adecuado ajuste del mecanizado de las juntas. Las tolerancias deberán ser las que indiquen las especificaciones del fabricante aunque orientativamente se recomiendan +/- 5 mm en niveles y +/- 15 mm en las diagonales.
4. La conexión entre la cimentación y el muro debe realizarse considerando la necesidad de un adecuado anclaje y de una impermeabilización que evite el paso de humedad a las piezas de madera.

La solución de la cimentación y arranque de la planta baja depende de la existencia del sótano, dando lugar a las siguientes posibilidades:

a) Construcciones sin sótano:

- Sobre solera de hormigón
- Sobre forjado de hormigón o de madera sobre cámara ventilada

b) Construcciones con sótano:

En este caso los muros son generalmente de hormigón armado, como en la construcción tradicional.

cimentaciones para Construcciones sin sótano

Solera de hormigón

Sobre el terreno limpio se extiende una capa de enchado de grava gruesa con un espesor mínimo de 15 cm (normalmente se recomienda de 25 a 30 cm). Su finalidad es evitar el ascenso de la humedad del terreno por capilaridad y, además, este espacio se utiliza para alojar conducciones de saneamiento.

Sobre esta capa se dispone una lámina impermeabilizante (normalmente de polietileno). Sobre ella se vierte el hormigón, con un espesor mínimo de 10 cm (normalmente se recomienda de 15 a 20 cm), reforzado en su cara inferior con un mallazo de reparto.

La cara superior de la solera debe quedar a 15 ó 20 cm por encima del nivel del terreno, con el fin de facilitar la protección de la madera.

En la junta perimetral de la solera con el muro, que arranca de la cimentación, debe colocarse una capa de aislante que evite el puente térmico con el exterior (Figura 3).

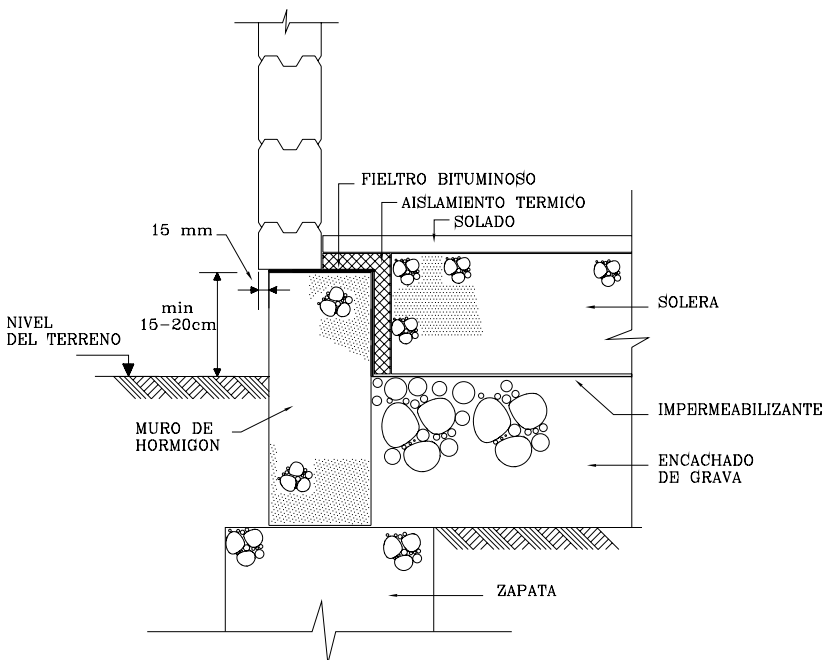


Figura 3

Impermeabilización

Originariamente la impermeabilización utilizaba procedimientos muy simples comparados con los empleados en la hoy en día. En algunos casos se practicaba el calafateado entre la primera hilada y la solera.

En la tecnología actual se utilizan como materiales impermeabilizantes la lana mineral de alta densidad, un fieltro bituminoso u otros materiales (Figura 3). Además se puede tratar químicamente con un grado de protección profunda el rollizo de la primera hilada o el durmiente intermedio (cuando exista). Una precaución suplementaria consistirá en añadir un forro de chapa metálica en este punto.

Para conocer las propiedades y modos de aplicación de los distintos impermeabilizantes consúltese el Anexo 7.

Forjado sobre cámara de aire

Esta solución consiste en construir un forjado para el soporte de la planta baja, que queda sobrelevado con respecto al nivel del terreno, dejando una cámara de aire ventilada que evita condensaciones y acumulación de humedad. La cámara ventilada deberá tener una altura mínima de 30 cm.

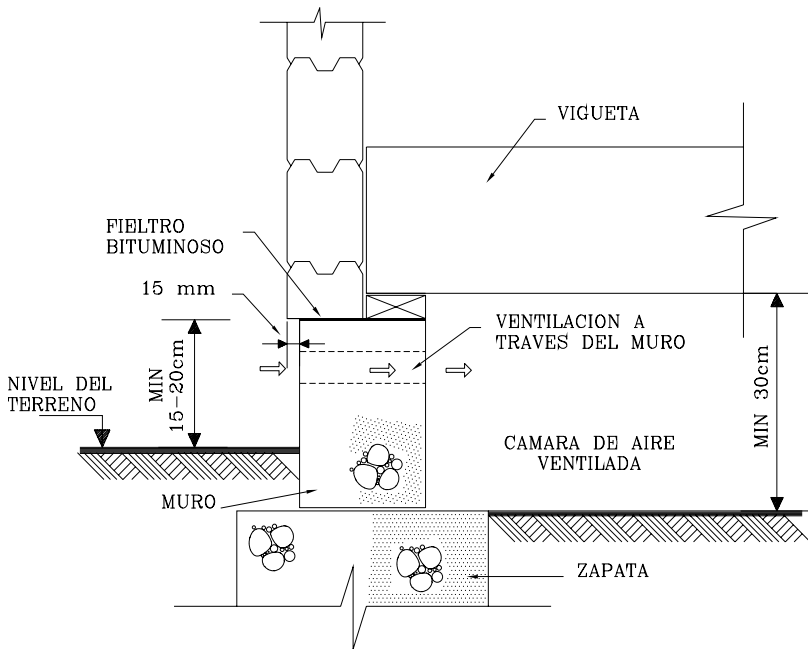


Figura 4

Las aberturas de ventilación deben protegerse con rejilla y situarse a una altura tal que impida la entrada de agua. Su sección mínima será de 15 cm^2 por metro lineal (Figura 4).

El forjado puede ser de hormigón o de viguetas de madera. Se apoya sobre muretes perimetrales e intermedios contruídos con hormigón, ladrillo o bloque

Materiales

Si el forjado fuera de hormigón se ejecutará de la forma tradicional.

El forjado de madera se soluciona con viguetas que apoyan sobre la cabeza del muro de cimentación, bien sea sobre

una solera (Figura 4), sobre un cuadradillo con un cajeadado (Figura 5), o sobre una tabla anclada en el muro (Figura 6). Las piezas en contacto con el hormigón (solera, cuadradillo y tabla) deberán estar tratarse con un grado de protección profundo.

Existen también soluciones en las que el muro arranca sobre el forjado (Figura 7).

Las viguetas se espacian, habitualmente, a 400-600 mm y las especies más utilizadas son: en Norteamérica el Hemlock, el Western Red Cedar y el White Cedar, y en Europa el abeto, el abedul y el pino silvestre.

El Hemlock puede ser el Western Hemlock (Tsuga del Pacífico) o el Eastern Hemlock (Hemlock del Canadá). El Western Red Cedar es el Cedro rojo

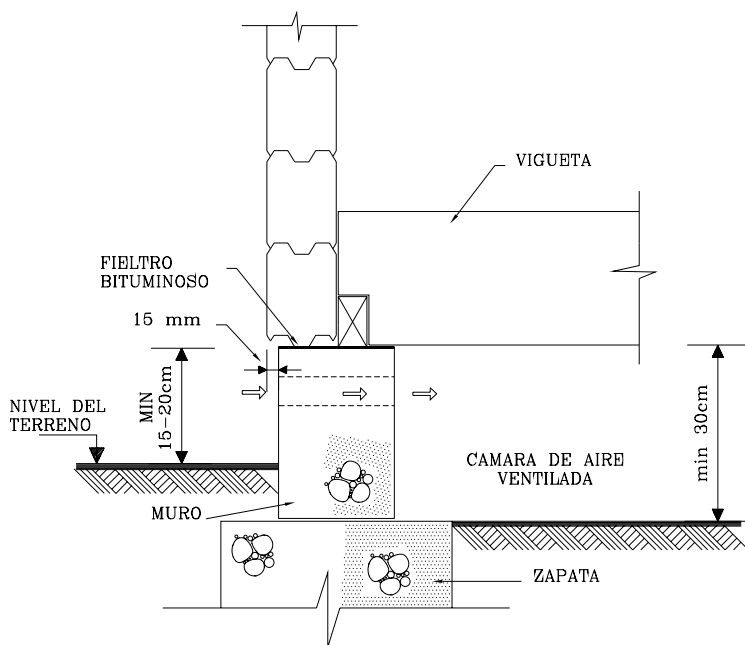


Figura 5

Figura 6

Casas de troncos

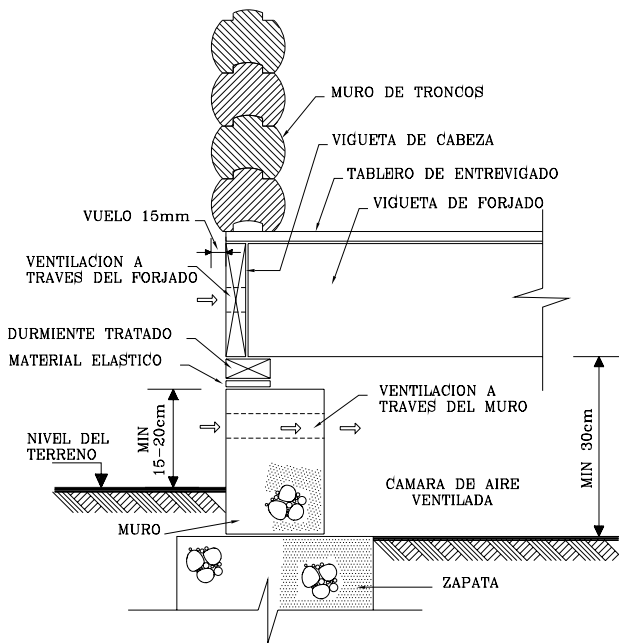
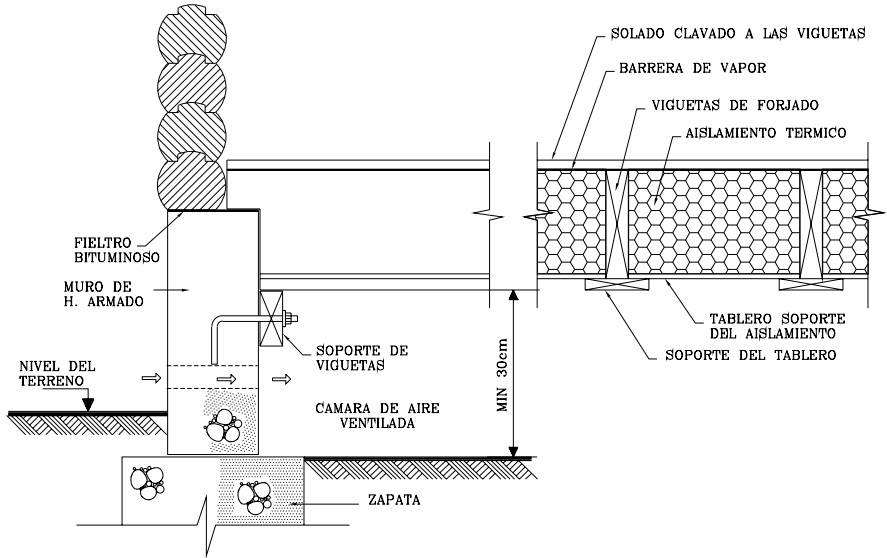


Figura 7

Cimentación

del Pacífico o Thuja gigante y el White Cedar es el Cedro blanco o Thuja occidental.

La humedad de la madera ha de controlarse y se recomienda no superar el 15%.

Aislamiento térmico y protección contra la humedad

Las condiciones generales de este apartado se detallan en el Anexo 7.

En la construcción antigua se calafateaban también las juntas de la tablazón del entrevigado.

Cálculo

Las secciones de las viguetas y los espesores de tabla del entrevigado se deducen de los métodos de cálculo tradicionales. Para conocer las dimensiones normales utilizadas puede consultarse el Anexo 5.



Cimentaciones para Construcciones con sótano

En las construcciones con sótano la ejecución no difiere respecto a la tradicional. La excavación se realiza normalmente en talud, que se rellena posteriormente con un encachado de grava gruesa, disponiendo un sistema de drenaje en la parte inferior.

Esta solución constructiva obliga a la disposición de una solera de hormigón y a la construcción de un muro de contención, cuyas condiciones se detallan en el capítulo viviendas de entramado ligero.

La precaución principal consistirá en que el muro deberá sobresalir de 150 a 200 mm sobre el nivel del terreno para proteger del agua la fachada.

Anclaje del muro con la cimentación

La cara exterior del muro de madera debe volar 15 mm sobre el plano del muro de cimentación con el fin de garantizar el desagüe (Figura 8).

La primera hilada está formada por medias piezas y por piezas enteras en los muros perpendiculares, debido al encuentro a media madera en las esquinas.

El anclaje puede realizarse de tres formas:

- Pernos anclados en el hormigón cuya cabeza con tuerca queda alojada en un cajeado en la madera (Figura 8).
- Mediante un angular metálico que se clava a la madera y se fija al muro de

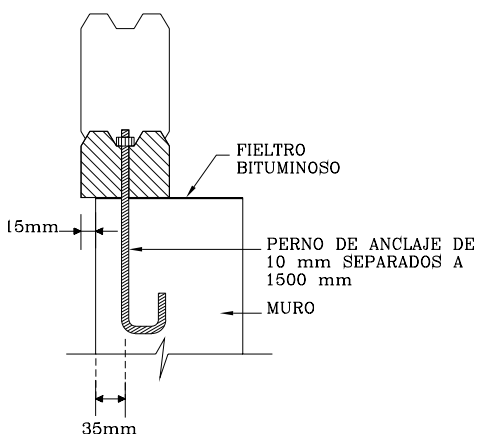


Figura 8

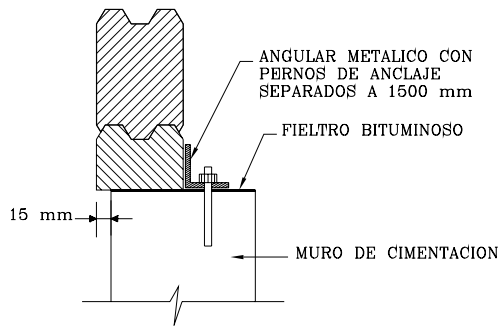


Figura 9

hormigón mediante anclajes mecánicos (Figura 9).

- Mediante barras metálicas ancladas al hormigón con una placa de apoyo que permite separar y nivelar la primera hilada, gracias a un sistema de tuercas (Figura 10).

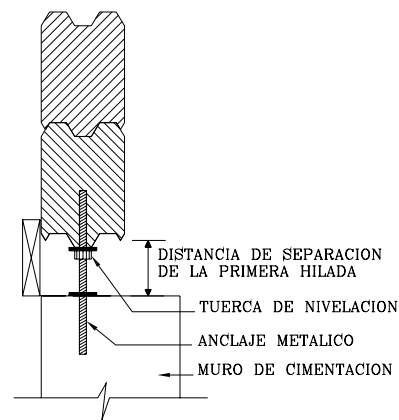


Figura 10

Muros exteriores

Generalidades

Desde su origen el método constructivo ha experimentado una cierta evolución buscando mayor superficie de apoyo entre las piezas y mayor protección de la junta. La evolución de la forma y el mecanizado de los rollizos ha sido la siguiente:

- a) El madero tiene la sección circular y una forma ligeramente cónica, con un acabado basto hecho a azuela. Los rollizos se apoyan simplemente unos sobre otros a lo largo de toda la línea. Es el sistema primitivo.
- b) Los maderos reciben un corte plano, cóncavo o en forma de V invertida para mejorar el apoyo entre hiladas, ofreciendo así una mayor superficie de contacto.
- c) Los maderos se perfilan en 3 ó 4 caras y se practica un cajeado o machihembrado en la superficie de contacto.

En los tres casos se puede completar la trabazón transversal con pernos o clavijas, y un sellado de juntas.

La madera realiza en el muro todas las funciones: estructural, cerramiento y revestimiento, aislamiento térmico y acústico, e impermeabilización.

Materiales

Rollizos de madera

Las maderas más utilizadas son las siguientes: Hemlock, Western Red Cedar y White Cedar en Norteamérica y abeto, abedul y pino silvestre en Europa.

Procesado de la madera

A diferencia del sistema tradicional en la producción industrializada el secado se realiza en cámara.

Este puede efectuarse a nivel superficial o en profundidad. Un secado artificial a fondo en cámara puede durar aproximadamente 18 días y es costoso y complejo. Los fabricantes importantes disponen de varios secaderos (entre 12 y 24).

La humedad final recomendable estará entre el 14 y el 18%.

Tras el secado los maderos se perfilan y almacenan. Finalmente se mecaniza la junta y se marcan para ser enviados a la obra.

Dimensiones y perfiles

Las *escuadrías* varían según los fabricantes. Anchuras menores de 110 (3) conducen a sistemas mixtos al requerir reforzar la función estructural y térmica del muro.

Los diámetros más habituales de sección circular son 110, 120, 130, 140, 150, 170, 190, 210, 220 y 230 mm, y los de secciones rectangulares, anchos de 70, 95, 120 y 145 mm.

La *longitud* de las piezas es variable. Abarca desde bloques de 120-150 cm

hasta piezas enterizas de 3 a 15 m, dependiendo del sistema utilizado⁽⁴⁾.

La *forma* de la sección puede ser redondeada o rectangular a la que se practican cajeados que favorezcan un mejor apoyo y permitan alojar el material sellante. En la figura 11 pueden encontrarse las secciones más corrientes en el mercado.

Conviene diferenciar en estas secciones, entre los perfiles que encajan a presión y los que dejan una holgura para alojar un material sellante. Además de los perfiles enterizos, existen otros laminados, que tienen más estabilidad frente a la humedad por tener encontrados los anillos de crecimiento.

Marcado de las piezas. Los rollizos se numeran en fábrica para facilitar el montaje (Figura 12). Esta numeración

figurará en los planos del proyecto y en los de fabricación.

Los empalmes, cuando se precisan, se solucionan con uniones de distinto tipo:

- A tope sellado con una pieza intermedia, (una lengüeta de madera o un tablero contrachapado encastrado).
- con ensambles de distinto tipo: normalmente a media madera.

Acabados

Los troncos pueden dejarse en bruto tras una simple limpieza a presión, o bien ir lijados ligeramente para perder algo de su apariencia rústica. Estos rollizos regulares, homogéneos y calibrados son típicos de los sistemas industrializados escandinavos y canadienses.

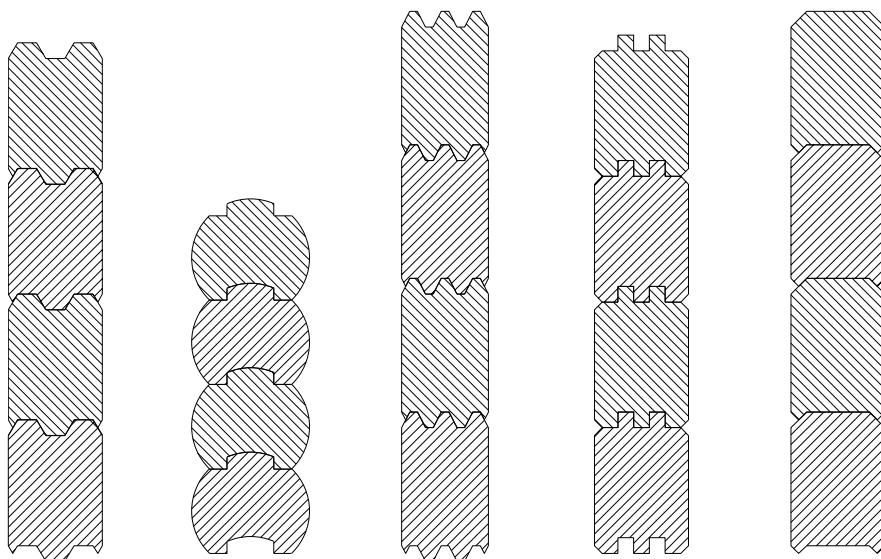
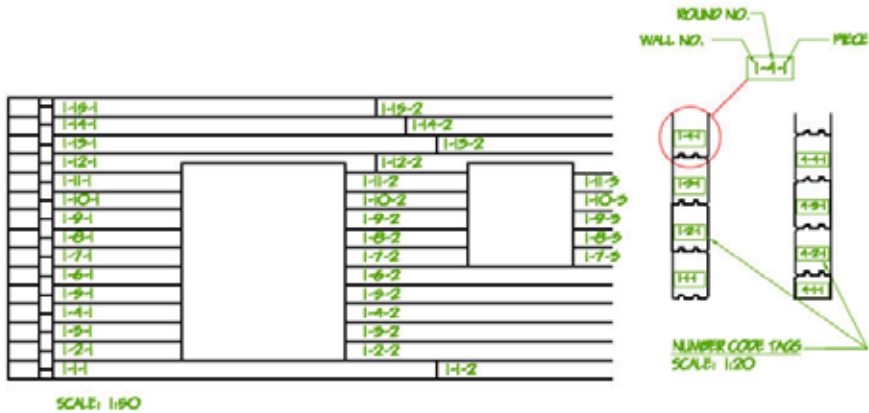


Figura 11

Figura 12



LOG WALL SETUP

Clavijas

Se utilizan especies de maderas duras con diámetros del orden de 30 mm y longitudes de 250 mm.

Estas clavijas se encastran en orificios practicados previamente en el bloque y pueden ir acuñadas (Figura 13). Generalmente se utilizan para trabar transversalmente todos los troncos de dos en dos, disponiéndose de forma alterna.

Se clavan golpeando con una maza de madera.

Pernos y tirantes metálicos

Los pernos se utilizan para formar vigas o dinteles (Figura 14).

Los tirantes metálicos se emplean para "postensar" el muro verticalmente, acelerando el proceso de contracción por efecto del secado o controlándolo.

Los anclajes del tirante en sus extremos se realizan con tuerca y arandela, o en algún caso mediante una placa soldada que se clava al muro.

Algunos modelos más sofisticados llevan incorporado un muelle (Figura 20).

Se colocan a lo largo del muro con separaciones regulares y en las jambas de puertas y ventanas. Los tirantes pueden tensarse periódicamente para mantener

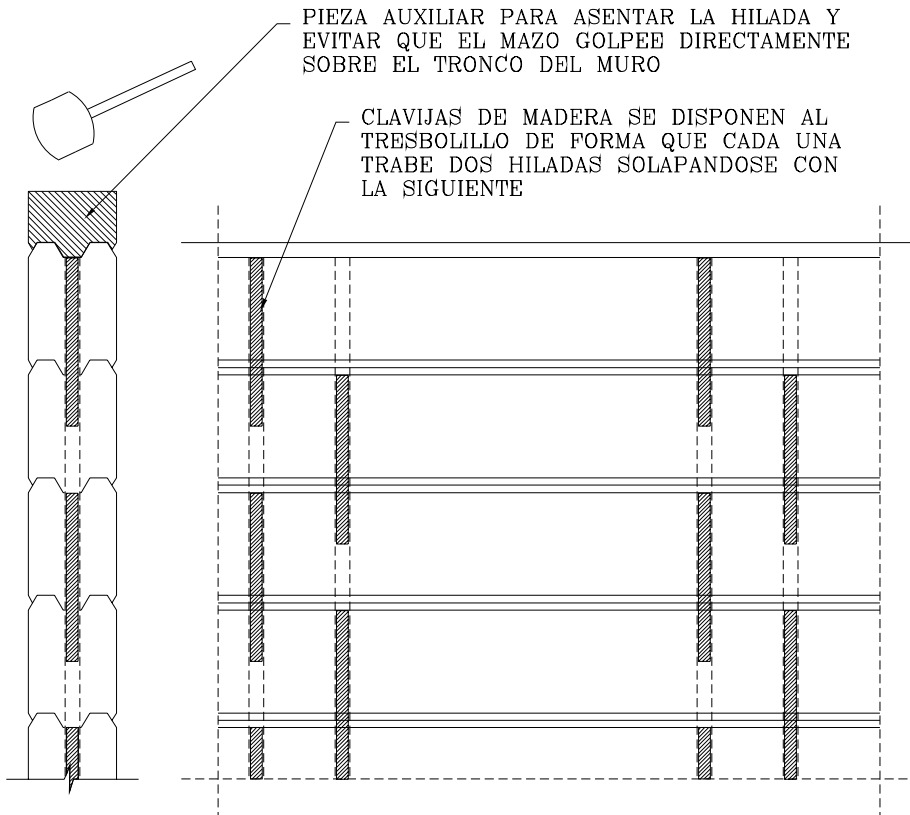


Figura 13

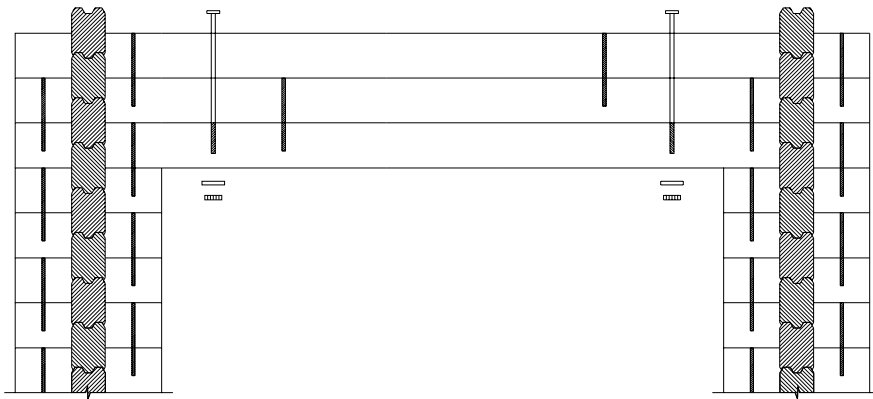


Figura 14



las juntas comprimidas en la fase inicial de asentamientos.

Montantes verticales

Son piezas de madera aserrada, troncos o perfiles metálicos que aportan estabilidad al muro cuando se requiera. Se conectan al resto del muro con pernos o lengüetas sobre rebaje acanalado.

Pilares

Los pilares exentos se utilizan para apoyo de vigas donde se precise una luz libre sin cegar con el muro.

Debe disponerse una holgura de 20 mm por metro lineal de pilar para secciones cuadradas y 30 mm para redondas.

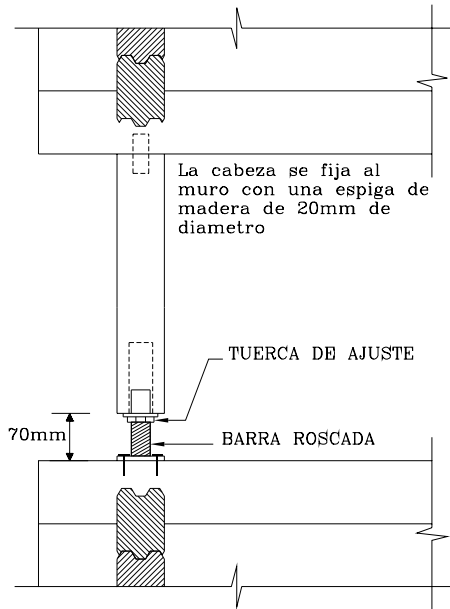


Figura 15

Para absorber los asentamientos de los muros debe colocarse un vástago roscado (de sección mínima 20 mm y longitud 300mm) en la parte inferior que penetre en el pilar y en la base. En el pilar el hueco debe ser 100 mm más profundo que el vástago para permitir el roscado posterior (Figuras 15 y 16).

Sellante

Su función es asegurar la estanqueidad al aire y garantizar así la eficacia del aislamiento térmico del muro.

Antiguamente se utilizaban materiales naturales: lana impregnada, cuerda, musgo o morteros flexibles. Actualmente se utilizan tiras de fieltro bituminoso, de fibra mineral y de vidrio de alta densidad y otros materiales (Figura 17).

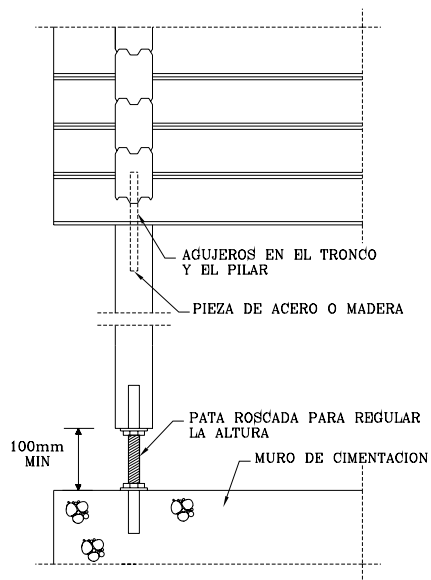


Figura 16

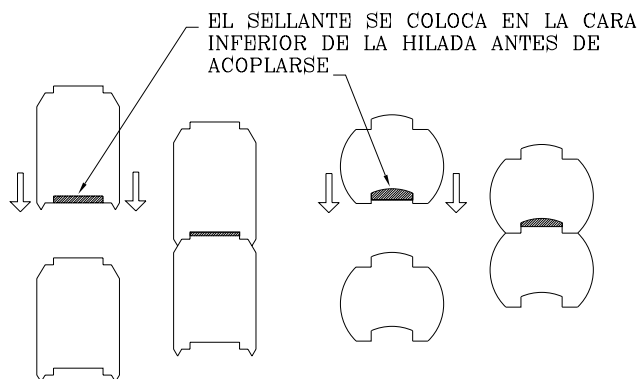


Figura 17

Cuando no exista un rebaje central para alojarlo porque los rollizos encajen a presión, se puede colocar externamente, y consistirá en un cordón de silicona o un material similar aunque con resolución estética difícil.

Los materiales utilizados deben ser blandos y admitir una cierta compresión para adaptarse fácilmente a los movimientos de la madera.

Protección

Los troncos y demás piezas se protegen de la intemperie. Estos tratamientos refuerzan la natural longevidad de este tipo de construcciones. Sin este protector la madera se volvería gris rápidamente modificando su aspecto externo.

Conviene también realizar un plan de tratamiento preventivo contra xilófagos, que se renovará periódicamente.

Montaje de los muros

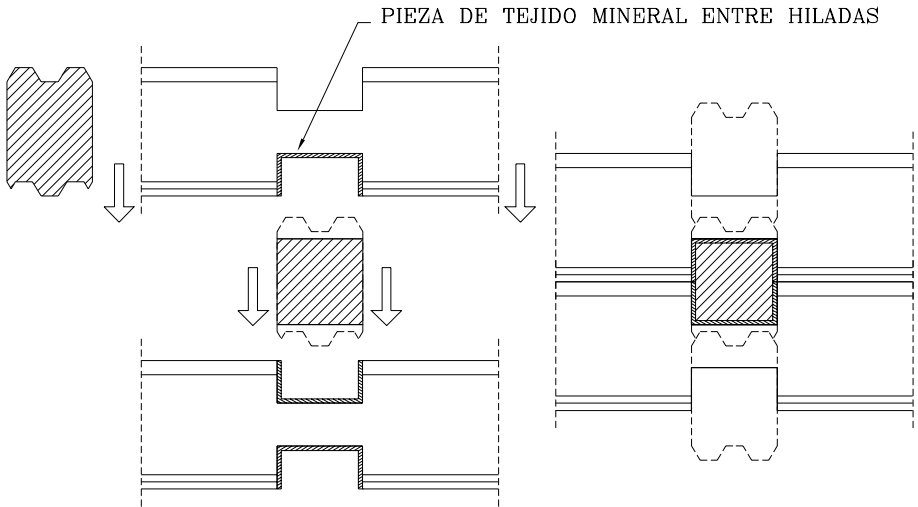
Colocación de las hiladas

Se coloca la tira sellante dentro del cajeado y se presionan las piezas hasta que quede en su sitio. El adhesivo que suele llevar la tira, la mantiene fija, siempre que la superficie del tronco esté bien seca, puesto que la humedad no permite que se adhiera. La tira se interrumpe cuando llega a los taladros de pernos y clavijas. En las uniones de esquina se coloca una pieza especial de tejido mineral entre las hiladas (Figura 18).

Sobre la primera hilada que se coloca con los criterios antes enunciados se van acoplando las siguientes, correlativamente, golpeando los troncos con un mazo de madera.

Para no dañar su superficie se debe emplear una pieza intermedia de madera o plástico (yunque) cuyo perfil coincida con el de la pieza superior (Figura 13). Los primeros golpes deben ser suaves hasta que encajen las piezas, y los siguientes fuertes para que asienten. Después de colocar la tercera hilada debe revisarse la nivelación y aplomado. Si la pieza tiene un ensamble en cada extremo se debe golpear primero una unión y después la otra y se repite

Figura 18



la operación hasta que el ajuste sea hermético. Si los troncos presentan tres o más intersecciones deben golpearse primero los nudos intermedios. El tronco debe asentar herméticamente sobre el rebaje de forma que no haya juego entre piezas. Para ello conviene limpiar muy bien la parte mecanizada antes de colocar las piezas.

Colocación de las clavijas

Al comenzar la tercera hilada deben colocarse clavijas en los taladros correspondientes, que vendrán marcados en los planos de despiece.

Las clavijas atravesarán la pieza y llegarán al menos hasta la mitad de la hilada inferior (Figura 13).

Última hilada

La última hilada puede ser una hilada entera o media sección, en cuyo caso se

une a la de abajo con tirafondos (Figura 19).

Es el momento de comprobar su nivelación, que no debe desviarse más de 20

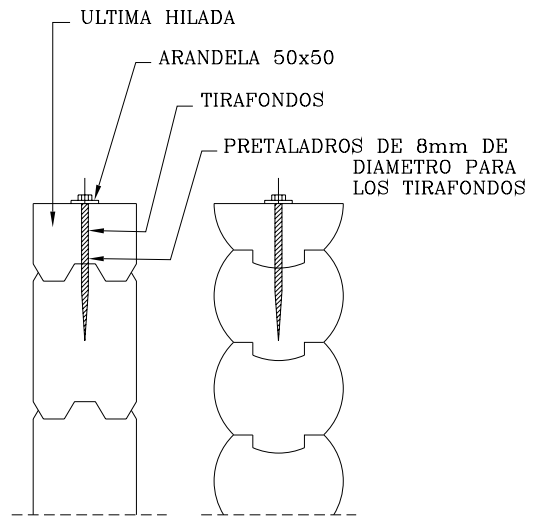


Figura 19

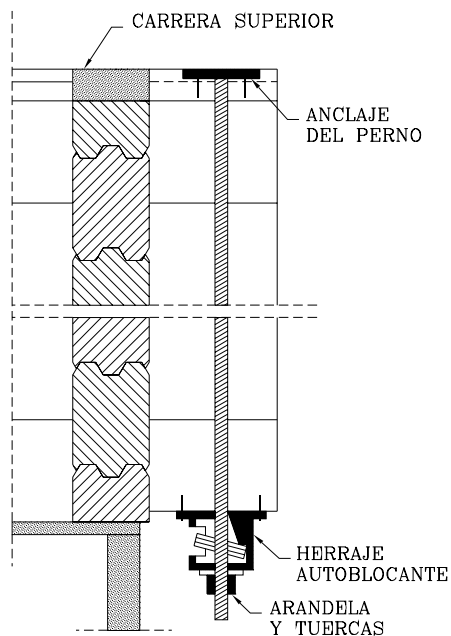


Figura 20

mm/m. Para hacer los ajustes adecuados se acude al apriete de pernos y al acuñado.

En la parte baja se ajusta el tensor con una tuerca sobre arandela en un cajado practicado al efecto. Los tirantes se van apretando hasta que las hiladas queden sin holgura (Figura 20). Debido a la merma e hinchazón de los troncos, estos aprietes deben revisarse cada dos semanas, mientras se seca la madera. El proceso de secado termina normalmente el primer año.

Muros piñones

En el borde con corte inclinado del muro los extremos de las piezas de una hilada se fijan sobre la hilada inferior con clavos largos. El clavo no debe impedir la colocación de la hilada siguiente, por lo que debe realizarse un cajado (Figura 21).

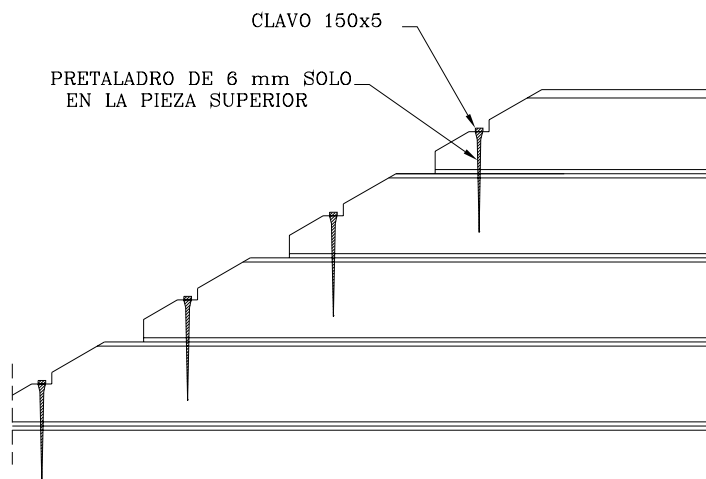


Figura 21



Esta disposición no es imprescindible cuando las hiladas se encuentran trabadas con, al menos dos espigas cada una.

Encuentros de empalmes y esquinas

El encuentro en esquina puede realizarse con prolongación de las piezas o sin ella. El procedimiento más habitual es el primero, realizando un cajeadado (Figura 22) o recurriendo a piezas especiales (Figuras 23).

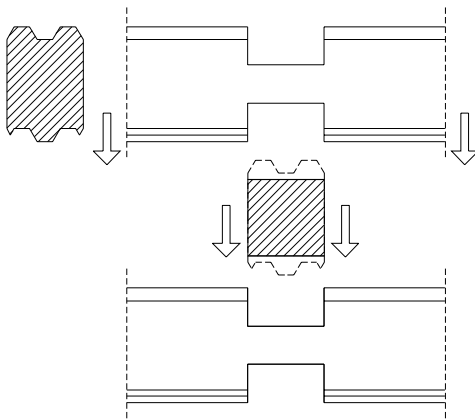


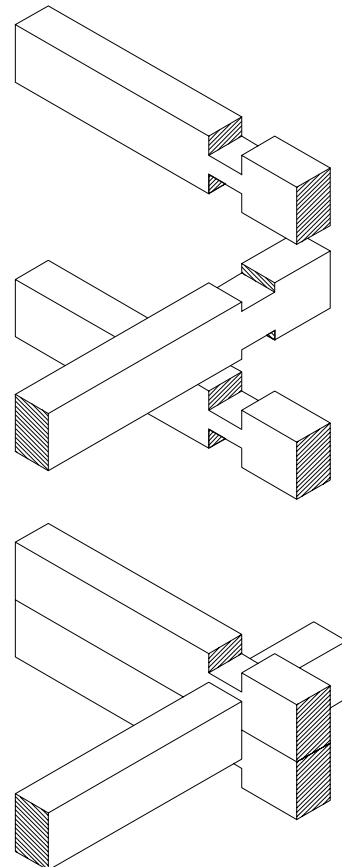
Figura 22

Empalmes

Los empalmes son necesarios cuando la fachada presenta longitudes superiores a los 5 m, ya que es poco frecuente utilizar troncos de mayor longitud. Es importante que en el empalme se traben entre sí ambas piezas. Para ello se utilizan placas metálicas clavadas.

Encuentros de esquina

El repertorio de encuentros es muy variado y obedece tanto a distintas técnicas de trabajo como a peculiaridades



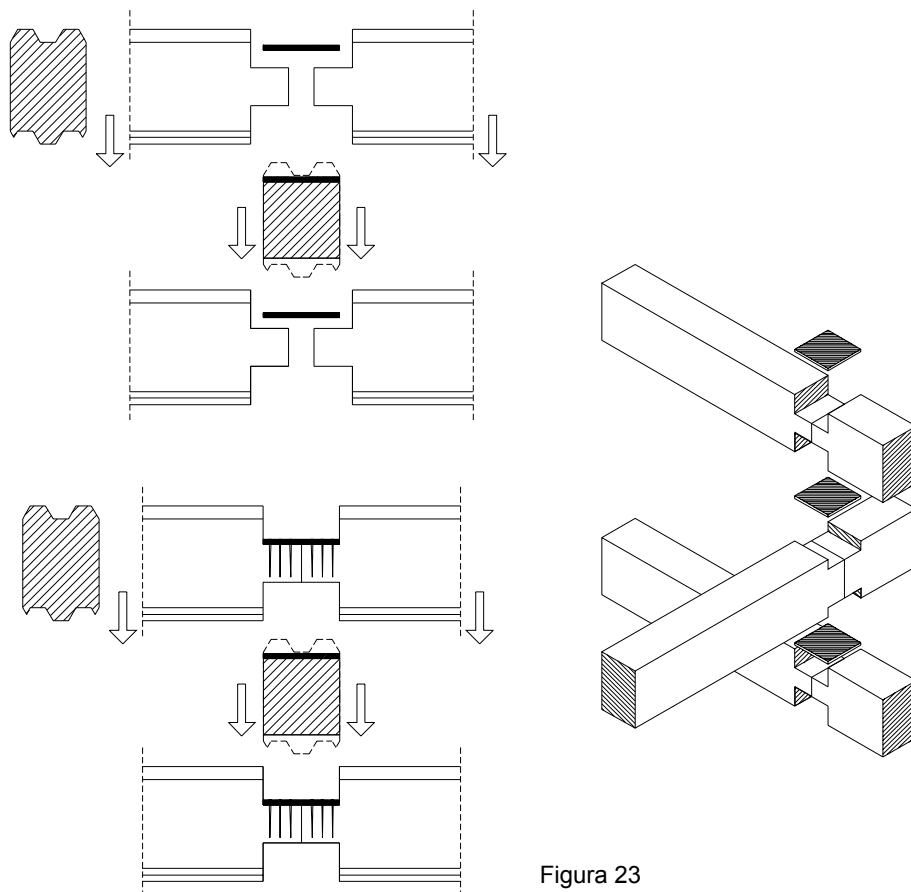


Figura 23

regionales.

Para establecer una primera clasificación se puede acudir al tipo de ensamble:

- *Sistema norteamericano*: el bloque lleva en su cabeza un doble cajado más un pequeño vuelo, que es al menos el doble del diámetro de la sección. La junta queda, por tanto, protegida.

- *Sistema europeo*: el bloque se remata en arista viva con una forma similar al ensamble de cola de milano. La junta queda vista.

Otros tipos de ensambles y juntas comunes son los siguientes (Figura 24):

1. *Media madera*: Solamente se extrae la madera de un lado .
2. *Entallado en forma de V* (tipo sueco). Evita que el rolizo tienda a rodar

lateralmente.

3. *Se afila el rollizo* con forma hexagonal y la junta resultante es la mitad de esta figura.

4 y 5 La junta se realiza con *cajeados* en la parte superior e inferior de cada pieza con la prolongación continua o discontinua.

6. *Solución austriaca o alpina*: los rollizos se cajean arriba y abajo pero el apoyo intermedio se confía a un rollizo de menor diámetro.

7 y 8. Para madera escuadrada con esquina continua, con un juego de machihembrado.

9 y 10. Solución similar a la anterior pero se añaden espigas o tirantes continuos transversales.

11. Junta semejante a la cola de mila-

no pero con las superficies inclinadas alternativamente.

12. Solución a media madera pero con canal y lengüeta longitudinal.

13. Similar a la solución 4 y 5 pero biselado al llegar a la junta.

Asentamiento de los muros

En la literatura técnica de los países de clima boreal el asentamiento se cuantifica entre 10 y 50 mm por metro lineal vertical, en muros exteriores, y entre 10 y 100 mm en interiores (1,5 mm por tronco en el interior y 0,75 mm en el exterior) considerando que los muros interiores asientan más que los exteriores debido a las condiciones peculiares de

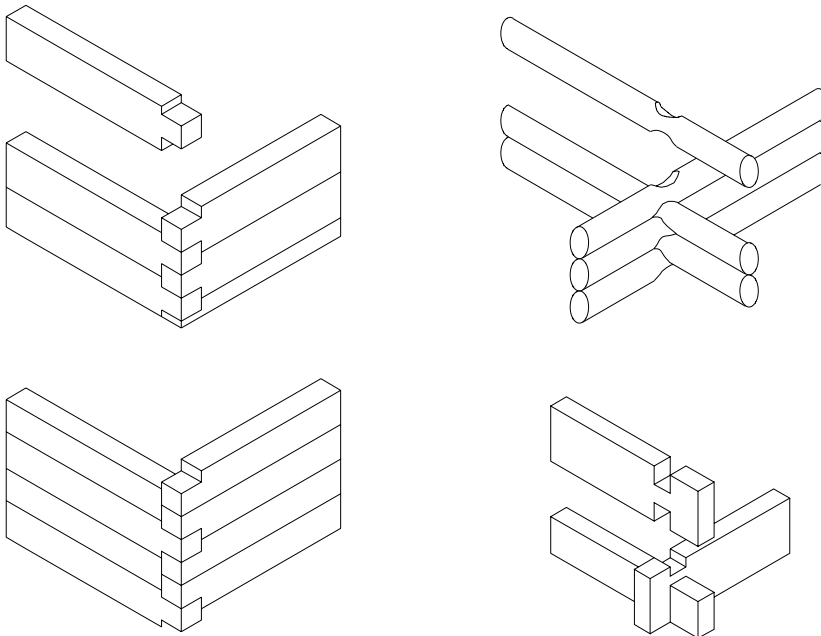


Figura 24

ambiente. En climas continentales como el nuestro la situación podría llegar a invertirse.

El encuentro con paredes de ladrillo, chimeneas, montantes, escaleras o divisiones ligeras a estructuras de troncos hay que tener en cuenta la diferencia de asentamientos. Para permitir el libre movimiento de los diferentes elementos constructivos, se emplean dispositivos determinados: un tornillo regulador o un anclaje deslizante. Si las estructuras son complicadas debe consultarse al fabricante para cuantificar la magnitud del asentamiento.

Igualmente hay que disponer estos sistemas de ajuste, o permitir el movimiento en los huecos de puertas y ventanas, y en el apoyo de la cubierta.

Aberturas en los muros

Los huecos para puertas y ventanas se ajustan a las hiladas del muro y en las fachadas perpendiculares el desfase de hiladas obliga a realizar un precorte en fábrica que se elimina en obra (Figura 25).

La ubicación de los huecos se refleja la numeración previa de despiece de los troncos.

Es frecuente modular la altura de las ventanas y puertas a las medidas del rollizo.

Todas las superficies de corte transversal deben impermeabilizarse.

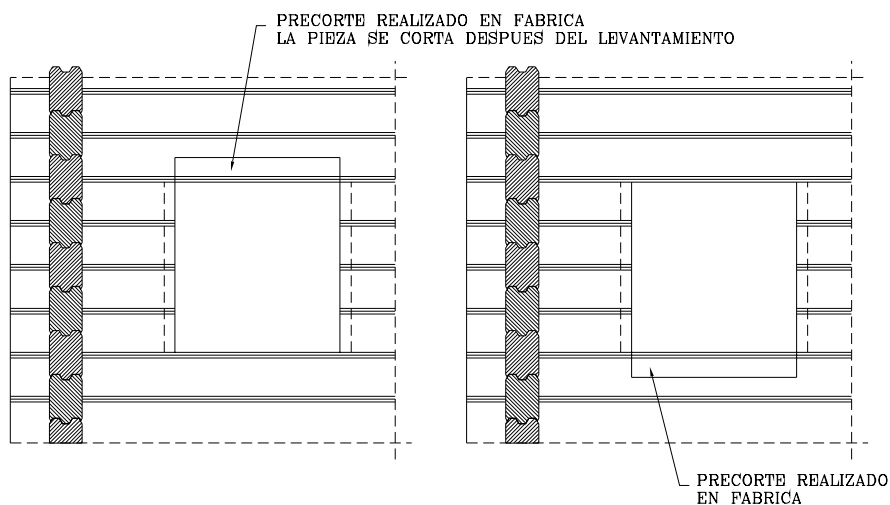


Figura 25



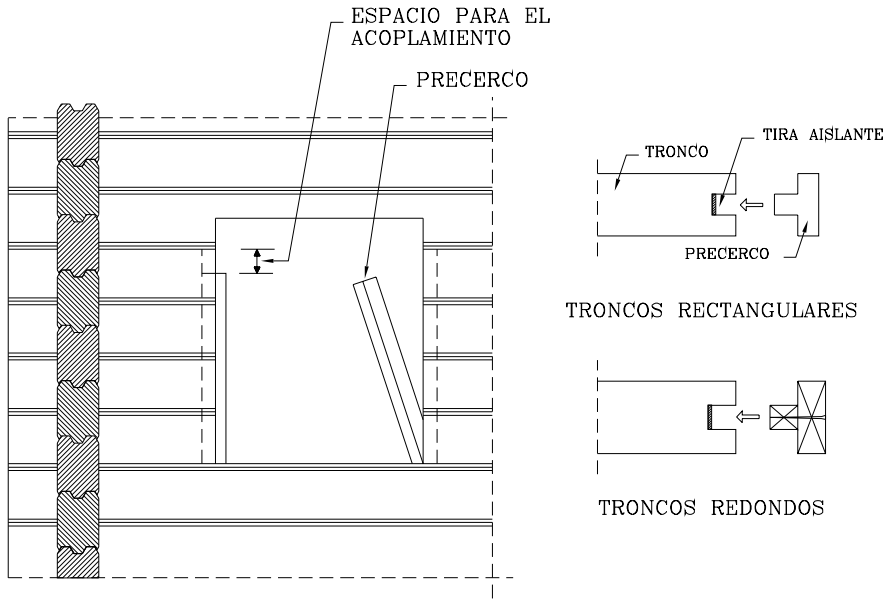


Figura 26

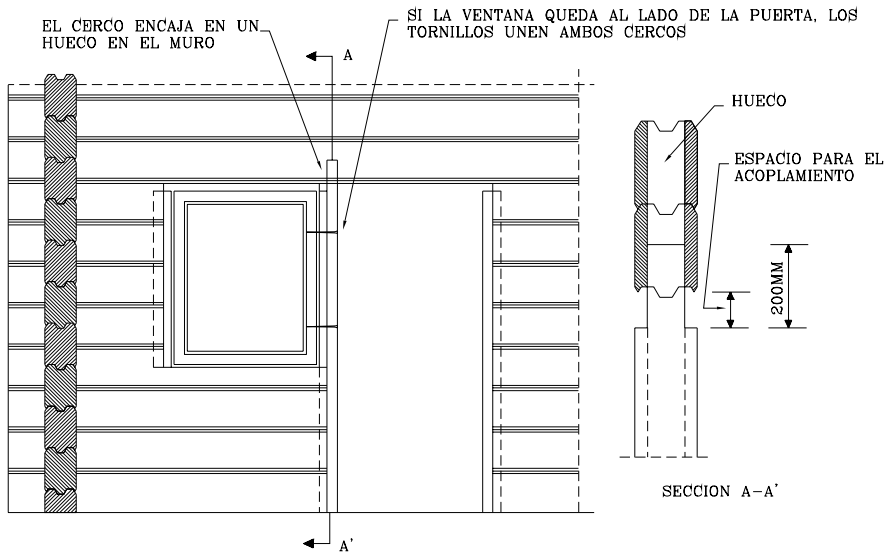


Figura 27

Precercos

Los precercos se ajustan en las ranuras existentes a ambos lados de los huecos. Se dejará un espacio entre la parte superior del precerco y los troncos situados por encima de la abertura.

Este hueco debe ser de unos 20 mm por cada metro de altura de precerco. Antes de colocar los precercos se coloca una tira de sellante.

Nunca se debe clavar el precerco a los troncos. Si fuera necesario sólo se clavaría la peana de la ventana para que el muro asiente libremente. El precerco debe ajustarse inmediatamente después de la erección del muro (Figuras 26 y 27).

Instalaciones eléctricas

Antes de montar los troncos deben taladrarse los huecos para las conducciones eléctricas. Los interruptores y los enchufes pueden ocultarse en cavida-

des realizadas en los muros o colocarse sobre su superficie. Los enchufes suelen colocarse en la segunda hilada y los interruptores entre la cuarta y la quinta.

Si el muro lleva un aislamiento o va recubierto por paneles, la instalación eléctrica podrá alojarse en la cámara existente entre ambas superficies evitándose así tocar los muros (Figura 28).

Impermeabilización

Una pared de troncos es un cerramiento expuesto directamente al agua de lluvia y los rollizos o perfiles escuadrados son los únicos responsables de asegurar la impermeabilidad del muro.

Los puntos más vulnerables a la lluvia, a las salpicaduras de agua y a la humectación son los siguientes: la primera hilada, las juntas y las fendas de secado.

Por tanto han de cuidarse los siguientes aspectos, algunos de los cuales ya han sido comentados:

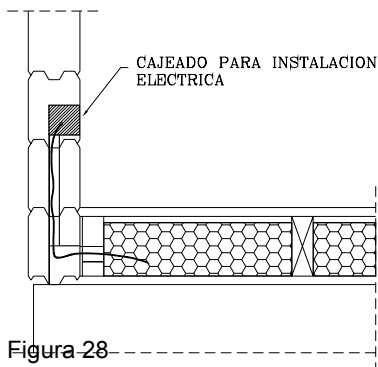
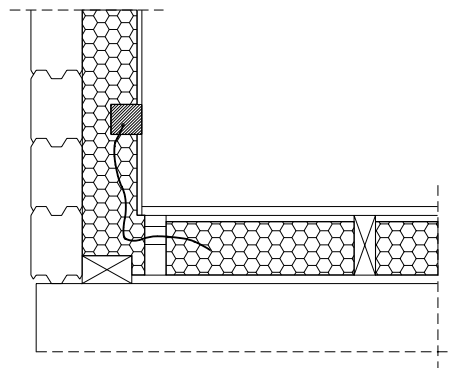


Figura 28



La primera hilada debe estar a una altura conveniente del nivel del terreno: entre 15 y 20 cm, aunque algunos códigos llegan hasta 30 y 40 cm. Así se asegura que el agua que corra o salpique no humedezca sus caras. Esta hilada debe volar al menos 15 mm sobre la cara de la cimentación y estar separada de aquella o bien sustituirse con un durmiente de madera tratada con productos protectores.

Una lluvia oblicua y abundante puede emapapar una pared entera durante bastante tiempo por lo que es recomendable protegerla con aleros. Aún así los maderos quedan siempre expuestos a la climatología exterior y al agua, que puede penetrar por las juntas y las fendas de secado. Por lo tanto han de buscarse soluciones de diseño del perfil que favorezcan el escurrimiento del agua e impidan su acumulación en la junta.

Las esquinas y las cabezas de los rollizos son también vulnerables al viento y a la lluvia y el único recurso es aumentar la sección para alejar el punto de penetración, o protegerse superponiendo piezas. Siempre se han de tener en cuenta los vientos dominantes.

Antiguamente para estabilizar el edificio se dejaba la construcción deshabitada por un largo tiempo para proceder al sellado tras los asientos de secado.

Las fendas en general no afectan al aislamiento térmico del muro ni a su impermeabilidad ya que no suelen llegar a la mitad de la sección y se alternan en las caras exterior e interior. A este respecto, las secciones escuadradas que no contienen el corazón del árbol, tienen mejor comportamiento frente al fendado,

ya que éste es menos profundo.

Aislamiento térmico

En muros simples el aislamiento térmico se confía exclusivamente a la madera.

Cuando se requiera un aislamiento adicional se puede añadir una manta aislante en la cara interior del muro disponiendo un entramado de montantes separados a distancias de 400 a 600 mm.

Los montantes se apoyan en el suelo a través de un durmiente, y al muro a través de angulares deslizantes que aseguran el asentamiento independiente del muro exterior (Figura 29).

Los huecos se rellenan de aislante y se recubren con una barrera de vapor. El hueco entre este entramado y el techo se rellenará también con un fieltro flexible de lana mineral para absorber el asentamiento de muros y forjados.

Cálculo

Al estar las secciones de los muros sobredimensionadas no suele ser necesario realizar el cálculo. Se ofrecen como guía las directrices de algunos códigos constructivos en el Anexo 5.

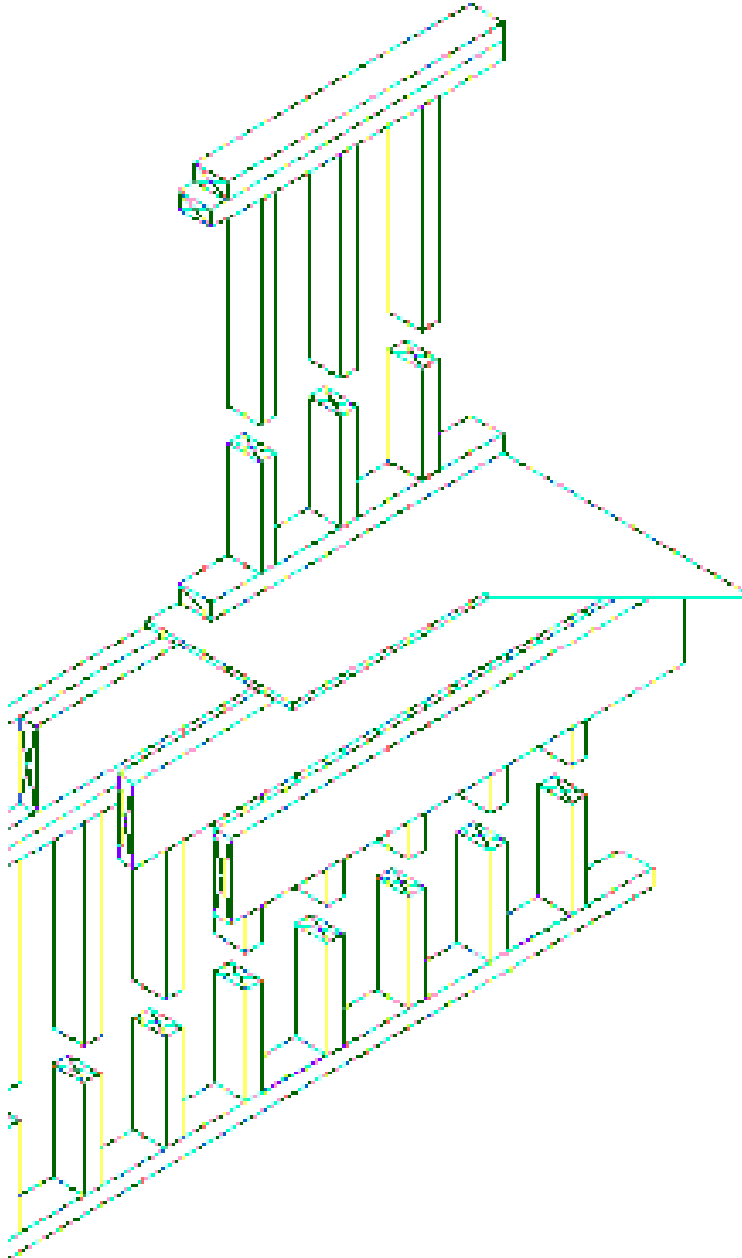


Figura 29

Tabiques

Este tipo de paredes están formadas por montantes y traveseros, y su esquema es el mismo que se verá más adelante en las viviendas de entramado ligero. Consiste en un entramado formado por montantes verticales que van clavados a dos testeros, superior e inferior. El espaciamiento habitual entre montantes es de 600 mm.

Unión del tabique al techo

La pared suele llevar un revestimiento en ambas caras y el interior puede rellenarse con aislante. En este sistema constructivo el más frecuente será la tablazón horizontal (Figura 30).

La unión ha de resolverse de forma que se permita el asentamiento del forjado ya que éste suele estar unido a la estructura de troncos y se mueve al unísono. El empanelado del techo se realiza antes que las paredes de separación, y normalmente consistirá en tablas

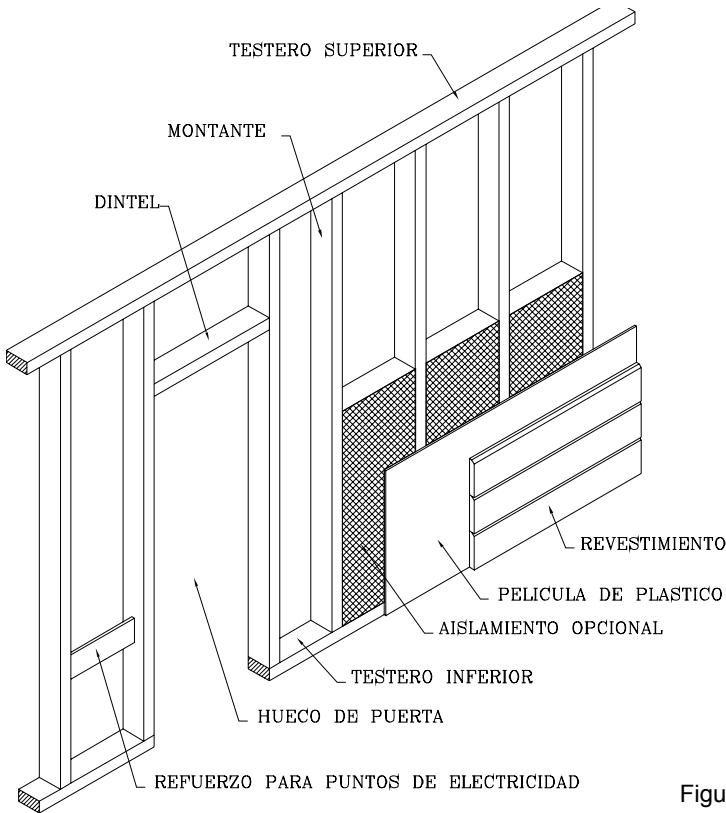


Figura 30

clavadas directamente sobre los pares o viguetas.

Salvo que la altura de los tabiques sea menor de 2 m se colocará un mecanismo que permita un cierto juego de la pared. Este suele consistir en pernos de acero de unos 16 mm de diámetro separados unos 1000 mm con una arandela soldada en su extremo superior. Encajan en orificios previamente practicados en la tablazón.

Entre testero superior y techo se dejará

un hueco de unos 50 mm que se rellenará con lana mineral aislante el hueco quedará oculto por dos molduras de esquina que van clavadas solamente al techo (Figura 31).

Unión entre el tabique y el muro de troncos

La unión entre paredes interiores y muro exterior debe hacerse siempre de tal forma que permita el libre asentamiento del muro. En la figura 32 se dan algunas soluciones a este problema.

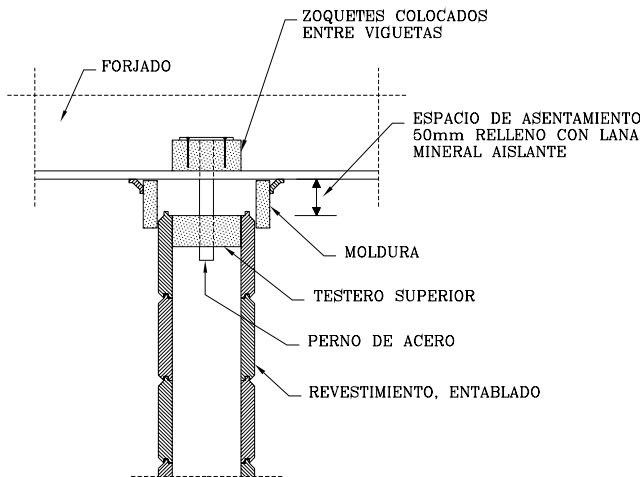


Figura 31

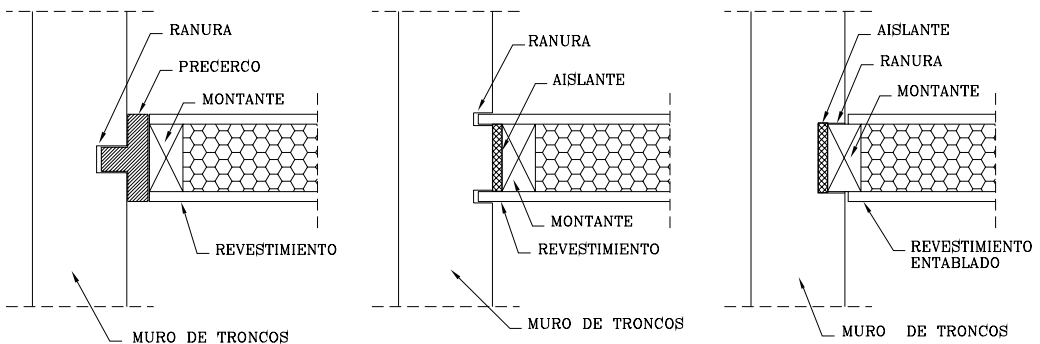


Figura 32



Forjados

Los forjados apoyan sobre muros o vigas

Elementos normales

Los forjados se solucionan con los elementos convencionales: vigas, viguetas de madera y entrevigado de tablazón o de tablero derivado de madera. Las tablas se unen mediante juntas tradicionales: a tope, machihembrada, a media madera, etc.

Al tratarse de estructuras de muros de carga sus luces no son elevadas (entre 3 y 6 m) y la separación de viguetas es

la habitual, de 300, 400 y 600 mm.

La unión de las viguetas al muro se resuelve mediante herrajes de cuelgue. Estos se fijan al madero antes de montar la pieza (Figura 33).

Cuando el forjado no se une directamente al muro sino que se apoya en él, siguiendo el tipo plataforma, se aplicará todo lo indicado en Entramados ligeros y en el Anexo 5.

Vigas

Pueden emplearse vigas de cualquier clase cuyas características podrán encontrarse en otras partes de este libro. Aquí únicamente se comentan las vigas formadas con los propios maderos del muro.

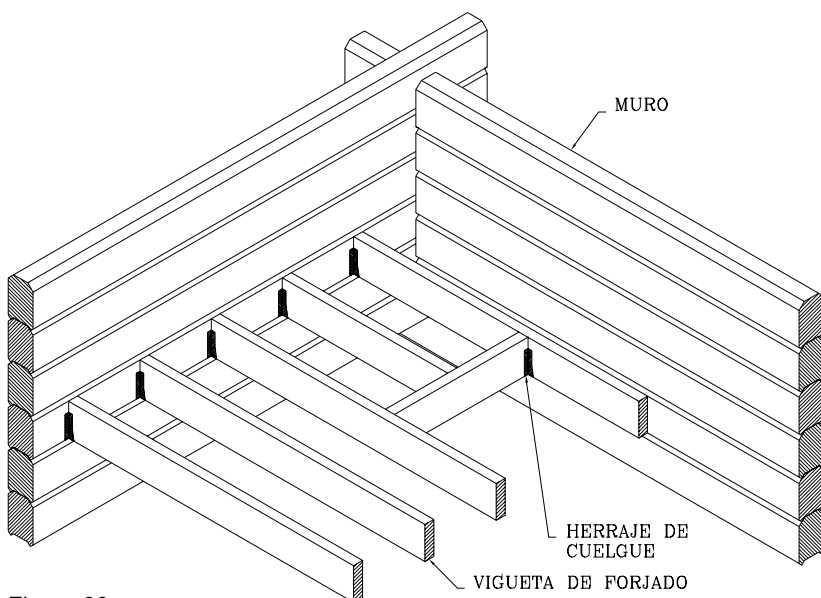


Figura 33

Vigas acopladas con llaves

Se pueden unir dos o más rollizos entre sí con pernos de acero y llaves, formando vigas de mayor sección. Este tipo de elemento también es corriente en pares de cubierta.

Para construirlas se superponen piezas pretaladradas donde se alojan llaves que se afianzan posteriormente mediante pernos metálicos (Figura 34).

Elementos especiales

Huecos en el forjado

Si es necesario ejecutar un hueco en el forjado (para escaleras, chimeneas, etc.) se cortarán las viguetas y se apoyarán sobre brochales (Figura 33).

Voladizos

Los troncos entre las viguetas deben cortarse in situ o venir precortados sin separar.

Cálculo

Las secciones de las viguetas y los espesores de tabla del entrevigado se deducen de los métodos de cálculo tradicionales. Para conocer las dimensiones normales puede consultarse el Anexo 5.

Aislamiento térmico

Sólo será necesario en el caso de primer forjado o solera (Ver Anexo 7).

Aislamiento acústico

Las soluciones constructivas se detallan en el Anexo 7.

Resistencia al fuego

Para conocer la resistencia al fuego de los forjados y mejorarla se pueden seguir las recomendaciones especificadas en el Anexo 7.

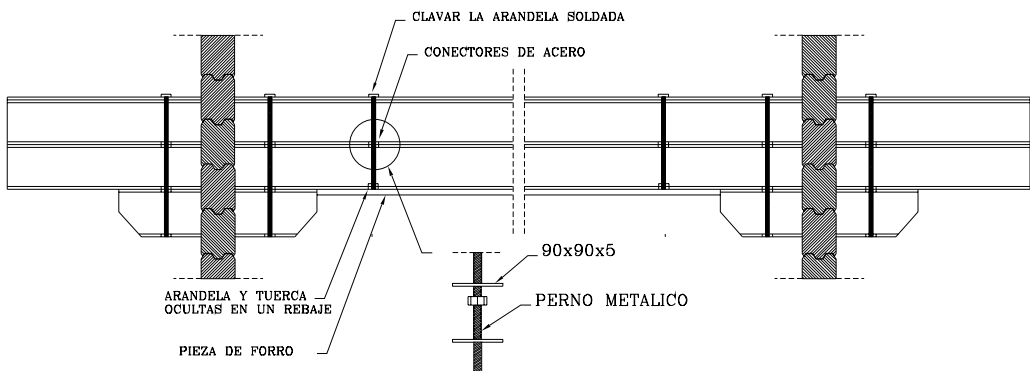


Figura 34



Cubiertas

Formación de la pendiente

Existen dos métodos principales:

a) Mediante pares de muro a cumbre-ra. Pueden disponer de apoyo intermedios (correas o vigas) que descansan sobre los muros piñones. Esta solución se utiliza cuando se va a aprovechar el espacio abuhardillado (Figura 35).

b) Mediante cerchas prefabricadas que apoyan en los muros.

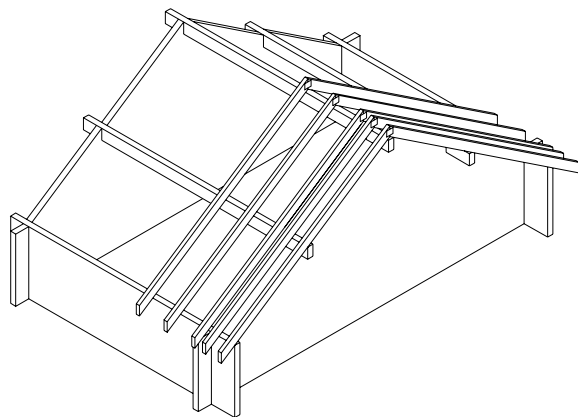


Figura 35

Cubierta formada por pares

Colocación de los pares

Antes de iniciar la construcción debe comprobarse la horizontalidad y rectitud de los muros. Si hubiera diferencias superiores a 20 mm se deberá ajustar a base de tensar los tirantes metálicos. Si los pares están apoyados en más de dos puntos debe comprobarse también que la falta de alineación no sobrepasa los 10 mm. Las diferencias pueden eliminarse haciendo un rebaje en los muros, nunca en los pares.

Los pares se replantean con la separación prevista por el cálculo (normalmente entre 400 y 600 mm) y con la pendiente fijada en el proyecto.

La fijación de cada par se efectúa en la cumbre-ra (viga o muro) mediante placas angulares en ambas caras (Figura 36), y

en el muro mediante otra placa deslizante (Figura 37). Los soportes deslizantes tienen como objeto permitir las deformaciones originadas por los asentamientos estacionales de los muros sin que se produzcan esfuerzos no deseados.

Cuando la cara de un par esté próxima a un muro conviene colocar una tira de aislante entre ambos elementos.

Cuando un par coincide con un muro se deberá doblar éste a ambos lados (Figura 38).

Aleros

Para poder volar el alero sobre los muros piñones (es decir, en dirección perpendicular a los pares) será preciso volar las vigas intermedias (o correas), y la hilera. Los pares se montan sobre estos voladizos.

El primer par se ancla en la cara exterior de estas piezas y del muro piñón (Figura 38).

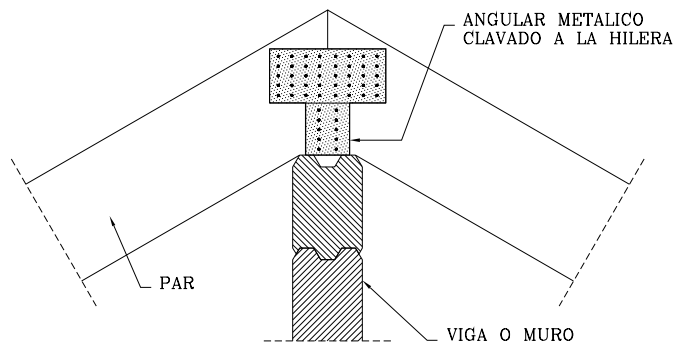


Figura 36

Aberturas en la cubierta

Las aberturas son necesarias cuando hay lucernarios o chimeneas.

Un par cortado se soporta por medio de un brochal que va clavado en ambas caras o por medio de herrajes de cuelgue. En los encuentros con otros pares se clavan entre sí a testa.

Si la abertura se destina a chimenea, el espacio entre la chimenea y la vigueta

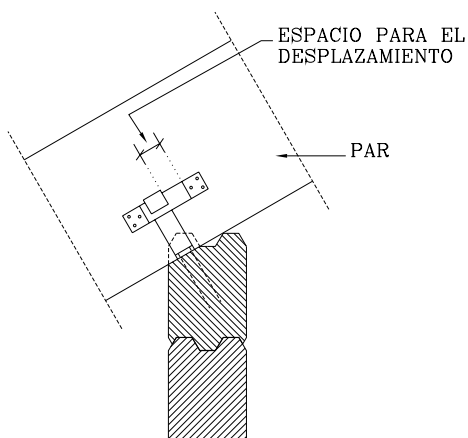


Figura 37

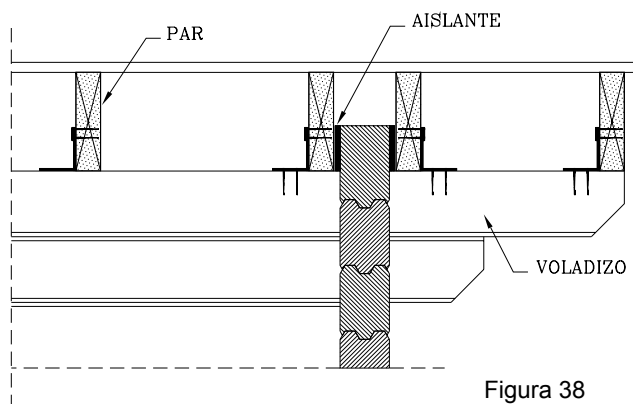


Figura 38



debe ser al menos de 100 mm para cumplir con la protección al fuego.

Cerramiento frontal de los pares

Antes de colocar el cerramiento de cubierta se deben cerrar los huecos entre pares a nivel de fachada, mediante piezas de madera aserrada. Se procurará dejar un hueco de ventilación consistente en una ranura de al menos 20 mm (cerrada con tela mosquitera). Estas tablas van clavadas en ambas testas (Figura 39).

Las testas de los pares también se pueden cerrar clavando dos tablas de remate solapadas con clavos galvanizados.

Posteriormente se fijan las tablas de la parte inferior del alero, que se ejecutará con tablas separadas 10 mm para ventilación.

Pares formados por

otros materiales

Si se desean utilizar otros sistemas o materiales: viguetas en doble T, PSL, LVL, MLE, etc puede consultarse el Anexo 1.

Cubiertas formadas por cerchas

En el Anexo 2 se encuentra la información necesaria sobre las cerchas prefabricadas. Sólo se desarrollarán aquí los aspectos específicos en relación con el sistema de troncos.

Colocación de las cerchas

Las cerchas se anclan al muro por medio de angulares de acero (Figura 40). Se replantean con la separación deseada (normalmente entre 400 y 600 mm a ejes).

La primera que se coloca es la correspondiente al muro piñón.

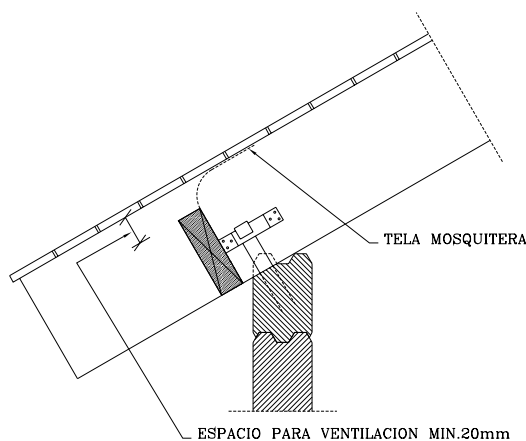


Figura 39

Cerramiento de la cubierta

Pueden utilizarse tanto tablazón de madera como distintos tipos de tableros (ver Anexo 3), pero el más tradicional es el cerramiento de tablas que se adapta mejor al acabado rústico de este tipo de casas.

Cerramiento de tablas

Colocación

La colocación se inicia desde el alero hacia la cumbrera. La primera hilada vuela 20 mm sobre la cabeza de los pares, y dispondrá de goterón. La última hilada irá cortada con una dimensión tal que se ajuste a la línea de cumbrera.

En los aleros las tablas se cortan a la longitud del vuelo dejando también un ligero saliente de 20 mm sobre el primer par.

Cada tabla se clavará con dos puntas en los pares.

Dimensionado

Los espesores de la tabla estarán en función de la luz a cubrir y el material empleado. Para obtener datos para un predimensionado puede acudir al Anexo 5.

Revestimiento interior

Generalmente consiste en un panelizado siguiendo la estética propia de este sistema. Este se realiza con tabla machihembrada con tablas clavadas sobre rastreles.

Es buena práctica dejar un hueco entre el revestimiento y el muro, que se cubre con una moldura que cierra la esquina. Se permite así el movimiento indepen-

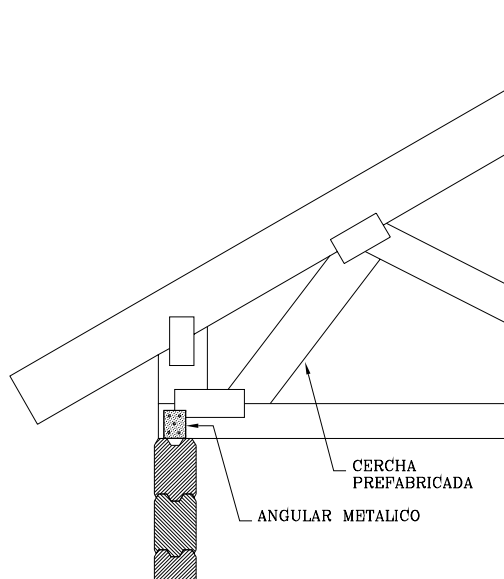


Figura 40



diente de ambos elementos (Figura 42).

Aislamiento térmico y barrera de vapor

El esquema normal de cubierta cálida tendría los siguientes elementos (Figura 41, desde abajo hacia arriba):

Cubierta sobre pares

- Panelizado de falso techo
- Rastrel de apoyo del anterior
- Barrera de vapor (solapes de 200 mm en las juntas)
- Aislante térmico
- Barrera impermeable respirante

- Rastrel de sujeción de la anterior
- Cámara de aire (mínimo 50 mm)
- Cerramiento de tabla
- Barrera impermeable respirante
- Rastrel de sujeción de la lámina anterior
- Rastrel transversal al anterior de sujeción de la cubrición

Además deberá ventilarse la cámara de aire en el alero y la cumbre a través de los huecos dejados a tal efecto (ver Anexo 7).

Cubierta sobre cerchas

Se repite el mismo esquema anterior, salvo lógicamente que la cámara de

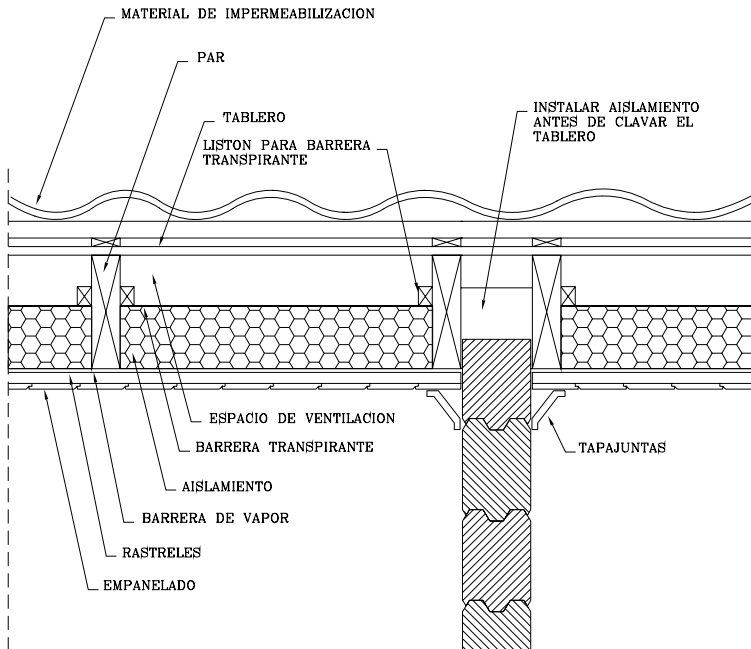


Figura 41

aire estará formada por la cavidad que proporciona la cercha (Figura 42).

Aislamiento térmico de los muros piñones

Sólo será necesario colocarlo en el caso de espacios habitables o buhardillas y cuando el muro piñón no se realiza con maderos, sino con estructura de montantes verticales (con aislante, barrera de vapor y entablado en ambas caras).

Recubrimiento o techoado

Materiales

Los recubrimientos o techados más tradicionales en este sistema son los de tipo rústico: brezo, paja, tejas de madera, etc. Pueden colocarse también otros materiales convencionales de techoado (teja, pizarra, etc.) cuando la estética y el criterio del proyectista así lo determinen. Las características de estos materiales y su colocación se detallan en los anexos 1 y 4.

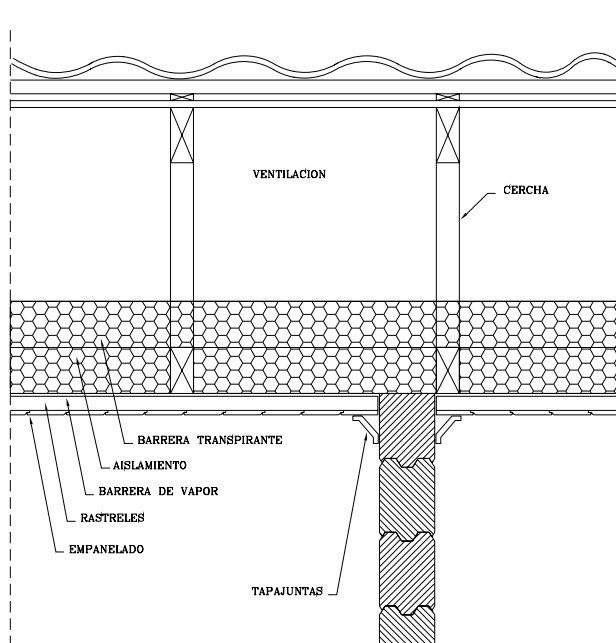


Figura 42



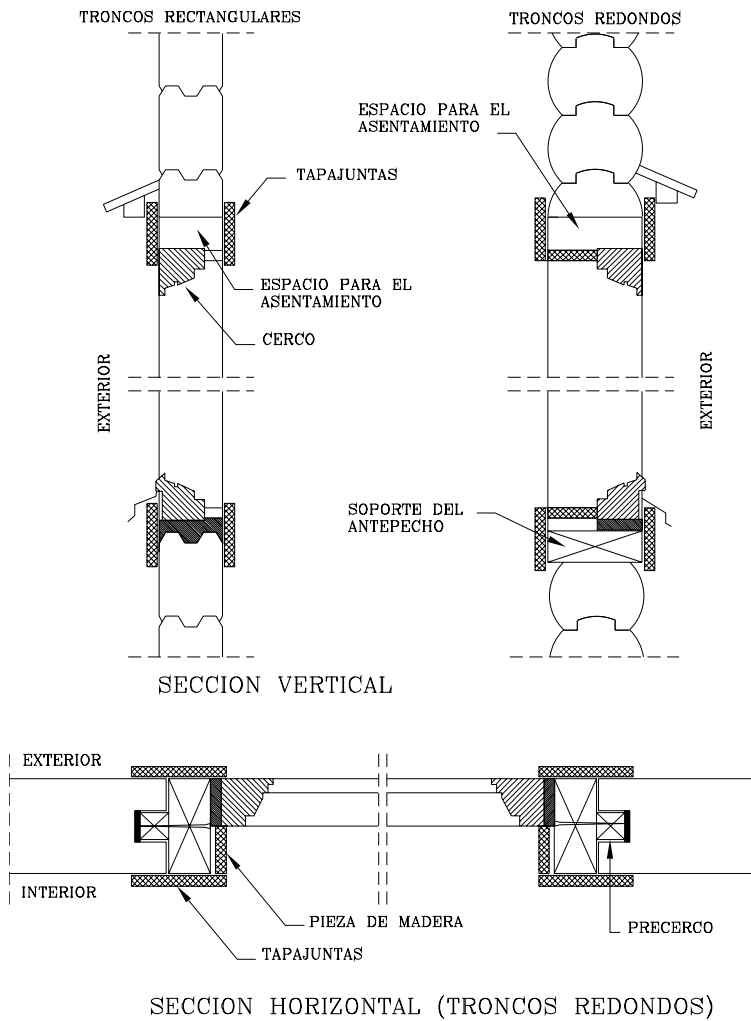


Figura 43

Carpintería

Huecos

El hueco deberá ser unos 40 mm más ancho y unos 60 mm más alto que el cerco de la puerta o ventana que vaya a colocarse en él. Una vez hechos los cortes se instalan los precercos

Ventanas

A partir del precerco colocado según se indica en el apartado de aberturas en los muros, se coloca la ventana, también ajustada por un fieltro.

El cerco de la ventana debe quedar enrasado a haces exteriores. Si es necesario se recurrirá a cuñas para el aplomado.

El cerco de la ventana se fija al precerco con tornillos, nunca al muro de maderos para que éste pueda asentar libremen-

te. La hogura resultante se rellena con lana mineral. En la figura 43 se pueden ver las secciones horizontal y vertical con muros de maderos rectangulares y redondeados.

En la sección vertical se observa la tolerancia para el asentamiento que debe ser de unos 20 mm/ml de altura en maderos rectangulares y 30 mm/ml en maderos redondeados.

Puertas

El cerco se fija al precerco, como se ha comentado anteriormente, mediante clavos o tornillos. Estos se sitúan en la zona de los pernios y en puntos intermedios. Antes del ajuste final se debe comprobar el aplomado del cerco. Posteriormente hay que rellenar los huecos entre cerco y muro con un aislante o fieltro de lana mineral (ver Figura 44).

Los precercos y tapajuntas no se deben fijar al muro.

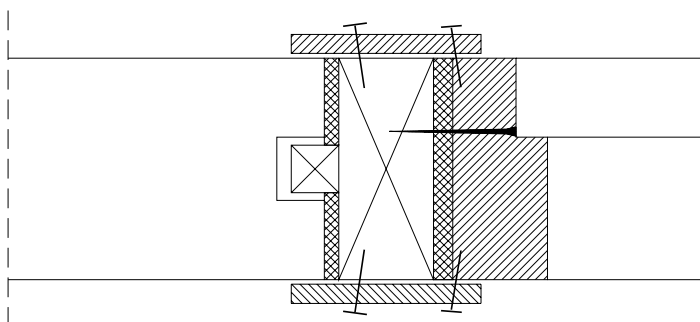


Figura 44



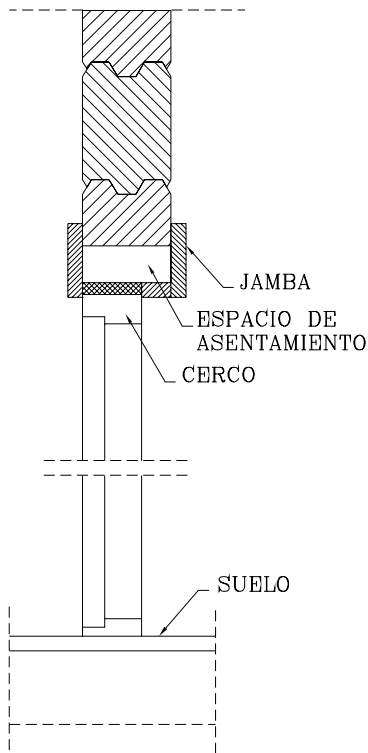


Figura 45

La figura 45 muestra una sección vertical. Conviene dejar un espacio alrededor del cerco de, al menos 40 mm en piezas de sección rectangular, y 60 mm, en las redondeadas. La holgura resultante se rellenará con fieltro aislante de lana mineral.

Tapajuntas de ventanas y puertas

Los tapajuntas deben clavarse a los precercos y a los cercos de las ventanas o puertas, pero nunca al muro de troncos.

La figura 46 muestra, desde fuera, los tapajuntas de las ventanas. Primero se clavan los tapajuntas a ambos lados de la ventana con clavos galvanizados. Luego se clavan los de la parte inferior y superior. Por último se clava el bateaguas al muro. Se debe asegurar que queda bastante holgura entre el tapajuntas y el bateaguas para permitir el asentamiento de los muros.

En el caso de puertas se siguen criterios similares.

Notas

1 Han llegado hasta nuestros días interesantes ejemplos de iglesias noruegas que empleaban esta disposición. Su utilización requiere un mejor replanteo puesto que normalmente los troncos van hincados al suelo formando un pilotaje continuo o empalizada. Este método que tiene como virtud la sencillez, facilita, en cambio, la pudrición de la madera. En su evolución posterior el sistema solucionó esto, en parte, pilotando sólo las esquinas, creando así un sistema adintelado independiente del

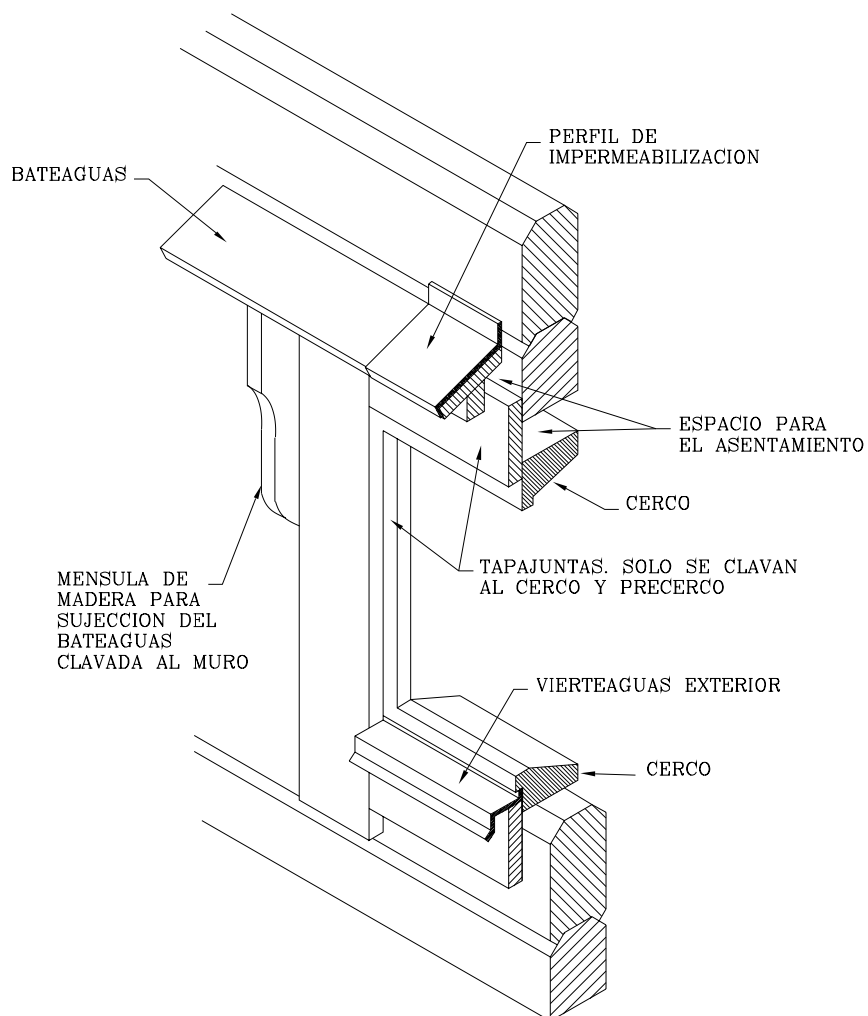


Figura 46



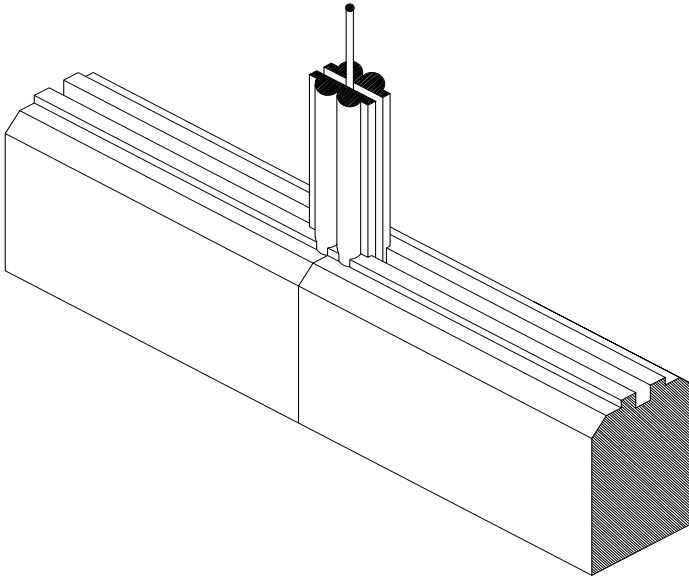


Figura 47

cerramiento que seguía siendo vertical.

2 Los rollizos tienen un volumen considerable de madera por lo que no suelen secarse en profundidad. Hay que tener en cuenta que la merma por desecación de los troncos es importante en sus direcciones transversales (radial y tangencial). Al tener una configuración horizontal, el conjunto del muro sufre asientos notables.

3 En concreto existe un sistema bastante

extendido que emplea espesores de rollizos en torno a los 70/85 mm cuyo aspecto final es idéntico al de las casas de troncos habituales. Requieren doblado de muros y aislante intermedio. También pueden emplearse en tabiquería interior.

4 La única limitación de los bloques es la unión. Deben unirse en las testas con cuñas, clavijas o sistemas mixtos (Figura 47)

Casas de entramado pesado



Generalidades

- Características diferenciadoras del sistema
- Principios estáticos
- Ensamblados

Proceso constructivo

- Cimentación
 - Materiales, dimensionado y arranque del entramado
- Sistema aporticado
 - Forjados
 - Pórticos
- Sistema entramado
 - Muros

Forjados

Cubiertas

- Formación de la pendiente
- Cerramiento y revestimiento

4

Casas de entramados pesados

Generalidades

Este tipo de edificación supone un paso adelante, con respecto al sistema de troncos, tanto en concepción arquitectónica como en complejidad estructural.

El entramado pesado es un sistema prácticamente universal y está presente a lo largo de toda la historia de la arquitectura en multitud de países.

La corriente occidental nace en Europa y se exporta a Norteamérica y la oriental proviene de China y se expande hacia Japón y a todo el sudeste asiático.

En Occidente se desarrolla desde el final de la Edad Media hasta el siglo XIX, en el que decae espectacularmente ante la aparición de los nuevos materiales. En Oriente su periodo de desarrollo y ocaso es similar.

En este capítulo se tratan tres versiones diferentes de entramados pesados (heavy timber): el sistema adintelado, también denominado aporticado (post&beam), el sistema entramado (timber frame). Todos tienen en común el empleo de grandes escuadrías, las uniones de ensamble y una solución de peso propio relativamente elevado.

Características diferenciadoras del sistema

1. Su concepción estructural puede ser de dos clases: la de un sistema adintelado a base de pórticos de madera y la de entramados mixtos de madera y otro material de relleno.
2. Se utiliza la madera como elemento estructural puro. Es decir, la estructura es independiente del cerramiento y los esfuerzos principales actúan en dirección paralela a la fibra.
3. Admite luces mayores y entramados en altura de hasta 6 plantas. En este último caso se necesita la colaboración con otros materiales de relleno tendiendo a formar una estructura mixta con muros de carga.
4. Permite aprovechar los espacios abuhardillados ya que la cubierta deja estancias más diáfanas.
5. Tradicionalmente se utilizaban maderas locales sin secar, de árboles cercanos al entorno de la obra. Aunque esto suponía un ahorro económico acarrearaban una serie de problemas que se estudian más adelante.
6. Aunque en su origen era un sistema muy artesanal y complejo actualmente puede ser competitivo y sencillo al disponerse de equipos y herramientas portátiles mecánicas.
7. Las piezas tradicionalmente se cortaban y montaban "in situ" aunque el sistema emplea ahora diversos grados de industrialización y prefabricación.
8. Todas las piezas son desmontables y trasladables ayudándose de unas marcas especiales. De hecho en la Edad Media y en el Renacimiento la casa se consideraba un bien mueble, y por lo tanto, transportable.



Entramado pesado

Principios estáticos

Sistema aporticado

Está formado por un sistema de pórticos que forman un conjunto rígido, autoportante, e independiente de cerramientos y revestimientos.

La rigidez del pórtico se consigue con los elementos diagonales (jabalcones) y un atado transversal (estribos). Una serie de clavijas y cuñas contribuyen a dotar de cierta rigidez a los ensamblajes. (Figura 1)

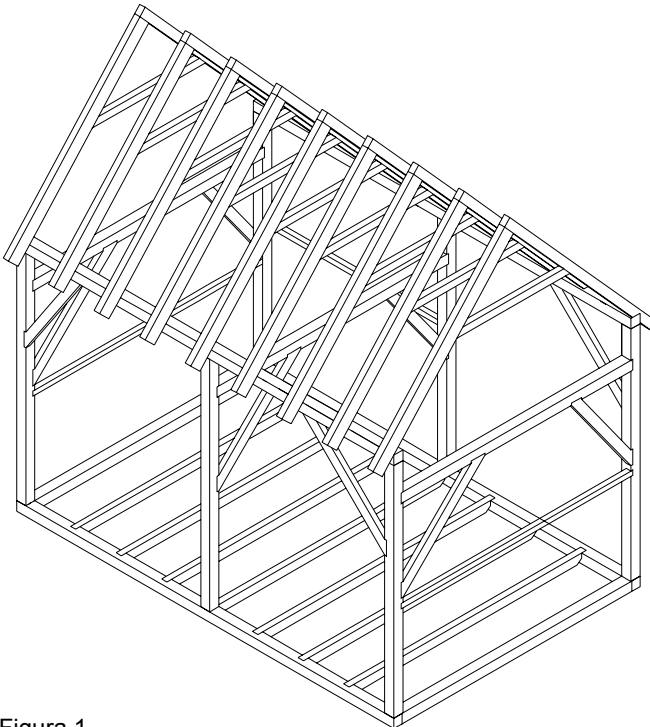


Figura 1

Sistema de entramado

Los entramados están formados por elementos portantes verticales, horizontales y diagonales, que crean una armadura estable en su plano. Las diferencias principales del entramado con respecto al sistema aporticado radican en que los pies derechos se sitúan a distancias muy reducidas, las riostras cubren paños completos y trabajan como muros en lugar de como pórticos.

El entramado pesado de madera presenta diversas expresiones formales según las distintas épocas y regiones geográficas, algunos de cuyos ejemplos se analizan más adelante (Figura 2).

Sistemas de nudos rígidos

Es similar al sistema aporticado, diferenciándose de éste en que el arriostamiento se logra por la rigidez de los nudos sin acudir a triangulaciones ¹.

Ensamblés

Lo más característico de estos sistemas era la unión, que tradicionalmente se solucionó con ensamblés. Estos se fueron sofisticando con el paso del tiempo: cuanto más perfectos mayor rigidez se lograba. El debilitamiento por pérdida de sección en estos puntos obligaba al aumento de volumen y por lo tanto del peso de las piezas.

Los ensamblés basan su eficacia exclusivamente en la geometría. Transmiten los esfuerzos de una pieza a otra transformándolos en solicitaciones de cortante y de compresión.

El comportamiento de la unión puede mejorarse mediante la inserción de clavijas de maderas más duras, con un diámetro del orden de 30 mm.

Ha de escogerse en cada punto el tipo de ensamble adecuado a los esfuerzos que se van a soportar (Ver Anexo 6).

El labrado debe ser tan perfecto como para que el encaje no permita ninguna deformación y ofrezca la máxima superficie de contacto.

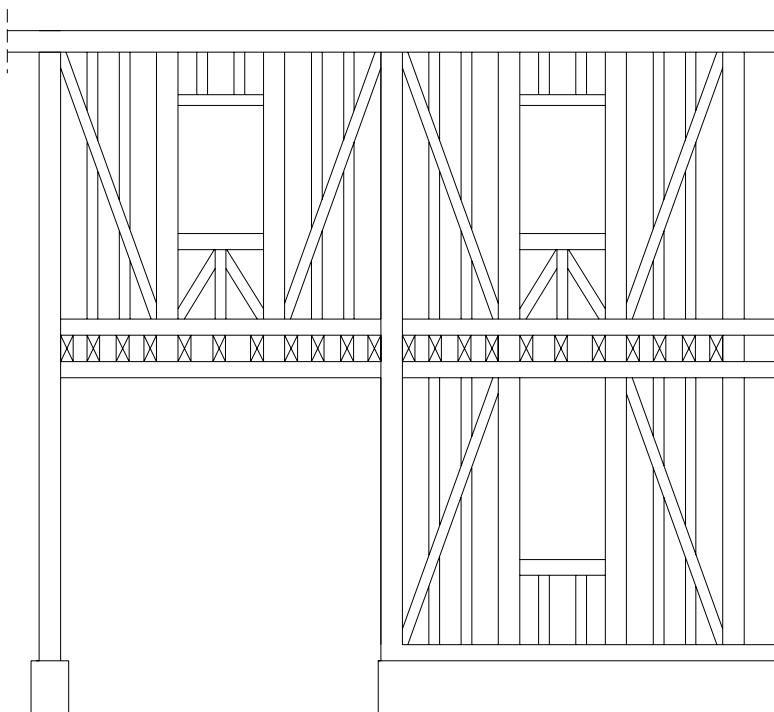


Figura 2



La alta relación trabajo artesano/coste del elemento alteró radicalmente la rentabilidad del ensamble y la hizo caer en desuso a pesar de su tesoro de soluciones constructivas. Actualmente, gracias a herramientas mecánicas especiales puede volver a plantearse su competitividad.

Al trabajar frecuentemente con escuadrías no normalizadas, e incluso imprecisas, los ensambles se replanteaban desde las caras y no desde los ejes.

Dimensionado

La mayoría de los ensambles no suelen calcularse y su dimensionado está basado en la experiencia acumulada y transmitida de generación en generación a través de «soluciones-tipo».

En el Anexo 6, se indican las líneas generales para su diseño.

Humedad de la madera

Como este sistema constructivo utiliza grandes escuadrías, es poco frecuente que se emplee madera con la humedad correspondiente a las condiciones de servicio. Lo más habitual es el secado al aire, durante al menos un año. El secado en cámara realizado por los fabricantes más industrializados permite acortar este tiempo.

El fendado de las piezas de gran escuadría es prácticamente inevitable, por lo que se deberá tener presente a la hora de diseñar la estructura. Estas fendas son mucho más marcadas en las testas de las piezas, donde se realiza mecanizado para el ensamble. Por este motivo

se trabaja con mayores márgenes en las secciones.

Proceso constructivo

La construcción tradicional del sistema aporticado consistía en edificios de una o dos plantas y sin sótano. Evidentemente, en la actualidad, este tipo de edificación permite la integración del sótano y otras plantas, manteniendo la esencia del sistema.

A continuación se describe el proceso constructivo.

Cimentación

La cimentación se forma con zapatas corridas bajo los durmientes de arranque de los muros, o con zapatas aisladas en el caso menos frecuente de pilares independientes.

Materiales

Originalmente se empleaba mampostería con piedras planas o lajas. Normalmente no se empleaba mortero porque permitía la aireación de la base de apoyo, lo que evitaba la subida de humedad por capilaridad. Además el mortero acababa desapareciendo con el tiempo.

En la actualidad la piedra se ha sustituido por el hormigón.

Dimensionado

Para el dimensionado de la cimentación puede consultarse el Anexo 5. Normalmente son cimentaciones cuyas anchuras y cantos vienen definidos por razones constructivas y no de cálculo.

En edificios de más de dos plantas, con luces o cargas especiales, o en caso de terrenos deficientes, se deberá recurrir al cálculo.

Arranque del entramado de madera

El borde superior del muro de cimentación debe sobresalir del nivel del terreno 150 a 200 mm como mínimo, con el fin de evitar riesgos de humedecimiento de la madera. A la vez, esto permite dejar una cámara de aire ventilada bajo el primer forjado.

Sobre la cabeza del muro se dispone una pieza de madera, denominada durmiente, de sección cuadrada, de aproximadamente 200 mm de lado, sobre el que apoyan las viguetas, el primer forjado y los pies derechos del muro entramado.

Esta pieza de madera debe ir sentada sobre una lámina impermeable para cortar el paso de la humedad. Además deberá ir tratada con una protección profunda. Es frecuente en la actualidad que el durmiente se ancle al murete de hormigón mediante barras metálicas de cabeza roscada de forma similar a las casas de troncos (ver capítulo anterior).



Entramado pesado

Sistema aporticado

Forjado de planta baja

El primer forjado está formado por viguetas de madera aserrada que apoyan sobre los durmientes longitudinales.

El conjunto se cierra con otros dos durmientes perpendiculares a los primeros, que terminan de zunchar al conjunto (Figura 3).

Estos cuatro durmientes tienen la misma sección cuadrada y se unen entre sí a caja y espiga mientras que las viguetas, con secciones aproximadas de 10 x 15 cm encajan en los durmientes a media

madera. El apoyo de la vigueta sobre el durmiente se hace degollando la cabeza para que la caja no disminuya mucho la sección del durmiente (Figura 4). Si el durmiente es intermedio y recibe dos forjados el cajeado será doble (Figura 5).

Los durmientes no suelen ser normalizados, pero las viguetas pueden obtenerse en determinadas gamas dimensionales.

Los durmientes deben tener practicadas las cajas con anterioridad para recibir pilares y viguetas.

Aislamiento térmico

Si el forjado no aporta suficiente aislamiento hay que acudir a otros materiales cuyas características y métodos de colocación se recogen en el Anexo 7.

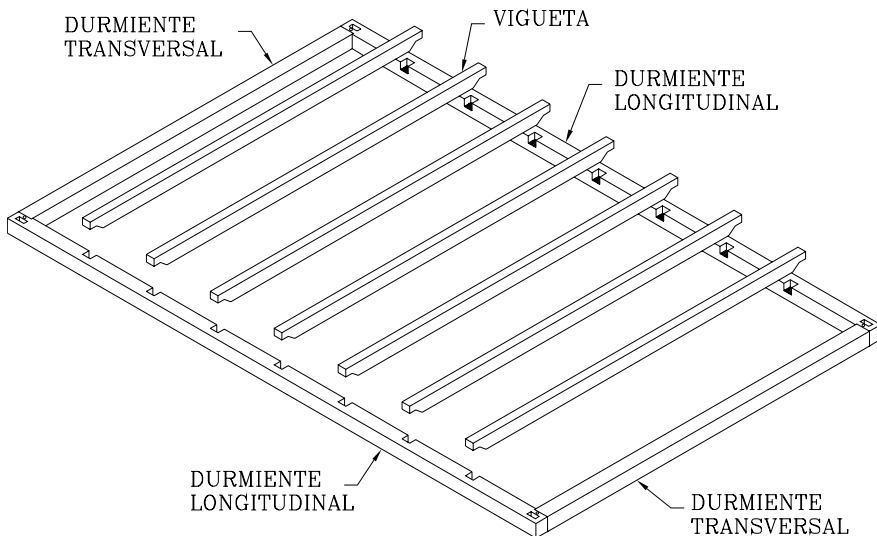


Figura 3

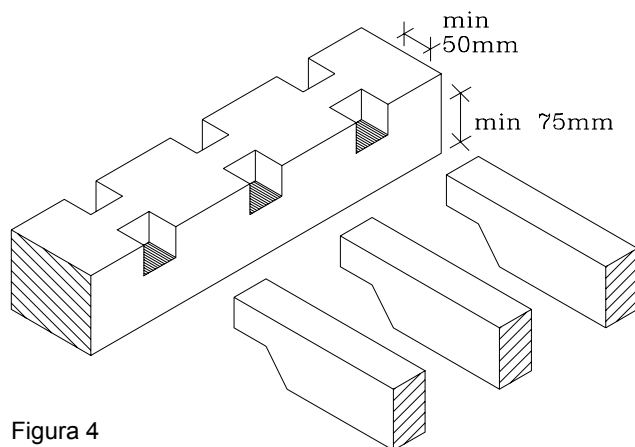


Figura 4

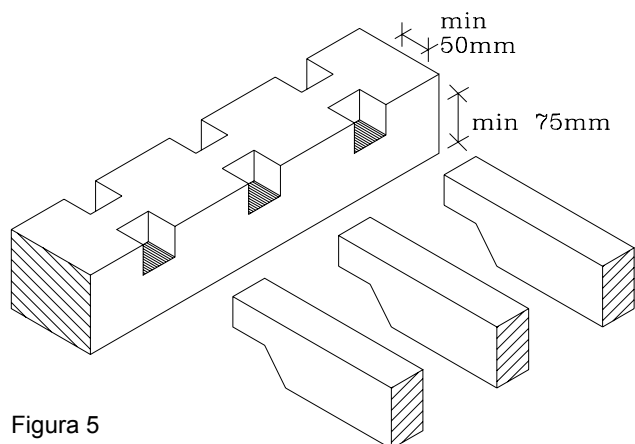


Figura 5

Pórticos

Los pórticos se forman con pilares, vigas y tornapuntas formando crujeas entre 2,40 y 4,80 m. En construcciones singulares puede llegarse a 9 o más metros.

Materiales

El procedimiento tradicional para trabajar estas piezas de madera seguía un proceso transmitido de generación en generación. Los árboles, que se escogían en el bosque para cada función específica, se marcaban en verano/otoño y se abatían en otoño/invierno (alrededor

de la luna menguante de diciembre).

Los árboles apeados agotaban sus últimas reservas de savia en primavera, momento en el que se hacheaba (desrahaba) y se descortezaba en monte. Para aumentar la protección natural, algunas veces se dejaban flotar los troncos en agua: la savia restante se lavaba y la madera ya no ofrecía así atractivo para los insectos (en los países con costa, la flotación se hacía en agua de mar con lo que se aumentaba su protección)..

A continuación se aserraban las piezas y se dejaban secar al aire bajo cubierta (la regla consistía en un año por pulgada). La construcción se realizaba en verano.

Lógicamente el proceso actual no tiene mucho que ver con todo esto. La madera se adquiere ya escuadrada y

generalmente no procede de árboles de la zona, sino que incluso puede importarse. El momento del apeo y del mecanizado vienen condicionados por otras razones muy distintas. A diferencia del sistema tradicional, en la producción industrializada, el secado se realiza en cámara.

Para las piezas del pórtico se escogen las maderas más limpias y se extraen de troncos cuyos diámetros coinciden aproximadamente con la sección buscada.

La humedad final de la madera es recomendable que no exceda del 15%.

Elementos

Vigas y pilares

Cada pilar presenta en sus extremos espigas y cajas laterales en sus caras

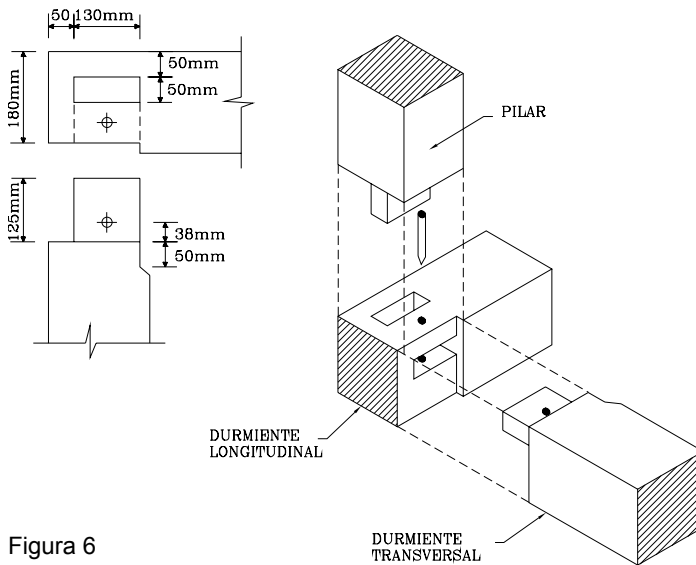


Figura 6

para recibir otras piezas (Figura 6).

Así mismo las vigas disponen de espigas en sus cabezas para encajarse en los pilares (Figura 7).

Las espigas tienen una dimensiones orientativo de 50 x 130 x 130 mm (2 x 5 x 5"), siendo las más frecuentes 50 x 180 mm (2 x 7 x 7").

Como ya se ha dicho suelen añadirse clavijas.

Jabalcones o tornapuntas

Son piezas de madera que se colocan en diagonal para asegurar la estabilidad del pórtico. En la figura 8 se incluye un ejemplo acotado con dimensiones normales. Van ensambladas a caja y espiga y previenen el movimiento lateral gracias a la triangulación creada en el entramado-

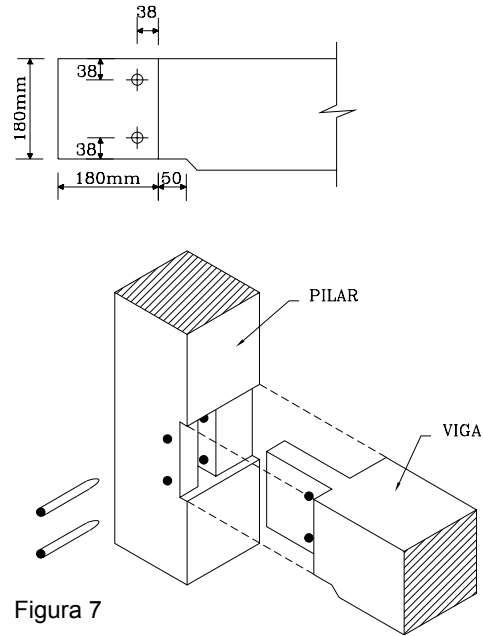


Figura 7

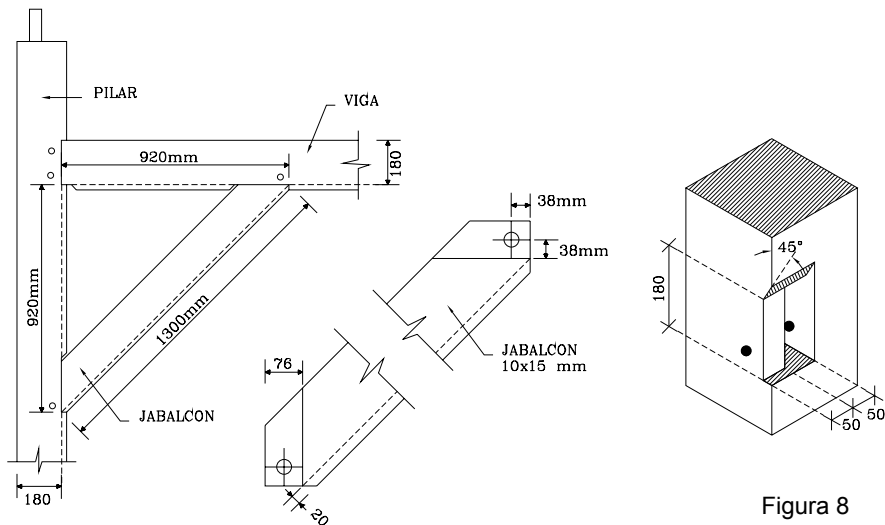


Figura 8

do (Figura 9).

Como orientación las espigas tienen unos grosores mínimos de 50 mm (2").

Estribos

Son vigas de atado de secciones similares a los pilares, que se colocan sobre los pórticos longitudinales (Figura 13). Además de atar los pórticos transversales reciben el forjado o los pares de cubierta.

Los estribos más eficaces (en edificios de una altura) son los continuos pero si no es posible encontrar la longitud necesaria pueden empalmarse en su encuentro con el pilar. En tal caso el ataque al pilar se hace lateralmente a caja y espiga (Figura 10).

En construcciones de gran envergadura con pilares altos pueden ser necesarios otros estribos a media altura.

Todas estas piezas se premontan in situ o en taller, se marcan y desarman para

proceder a la instalación final en obra, donde ya se fijan con clavijas y aploman definitivamente.

Funcionamiento estructural

El forjado de la planta baja apoya, como se ha comentado anteriormente, sobre los durmientes longitudinales.

Estos se unen entre sí a través de otros durmientes transversales, cuya misión es de atado y de soporte de las fachadas laterales. Sobre este nivel se erigen los pórticos.

Existen dos tipos de pórticos: los transversales que se forman con dos pilares, una viga en la parte superior y los dos jabalcones y los longitudinales formados por pilares, estribos y jabalcones.

Los pórticos transversales se arman en el suelo y son los primeros en erigirse.

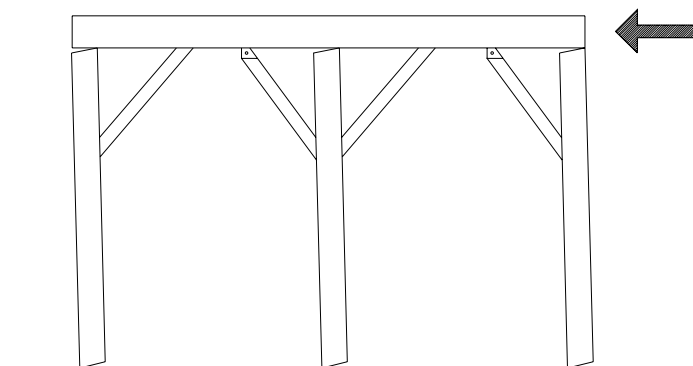


Figura 9

Su misión es aportar el arriostramiento transversal del edificio.

Una vez colocados todos los pórticos transversales, afianzados de manera provisional con puntales adecuados, se arman los pórticos longitudinales. Estos se constituyen con una viga continua sobre las cabezas de los pilares (estribo). Se añaden, igualmente, los jabalcoes para arriostrar el edificio en esa dirección longitudinal. En realidad los pórticos longitudinales son los que reciben las cargas gravitatorias a través del estribo.

Si la altura de los pilares es elevada, se suelen añadir travesaños horizontales en los pórticos de fachada, situándolos inmediatamente debajo del jabalcón. Su misión es acortar la longitud libre de los pilares.

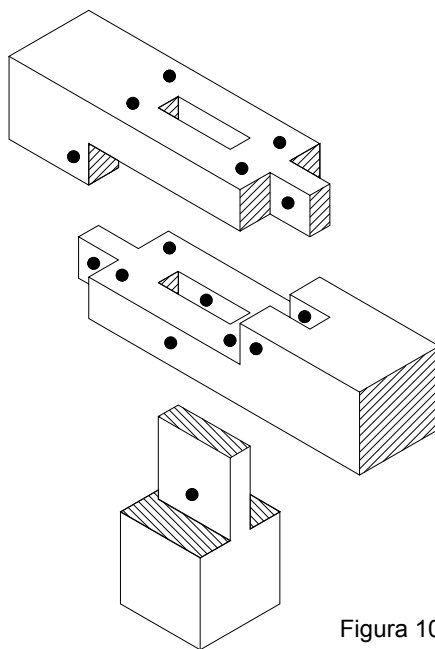


Figura 10

Entramado pesado

Dimensionado

El cálculo de la estructura puede realizarse considerándola un sistema de barras espacial, o simplificarse en varios sistemas planos.

En la construcción tradicional las dimensiones de las piezas estaban contrastadas por la experiencia y no se calculaban. Las zonas críticas en estas estructuras son el diseño de los ensamblajes y la consecuente disminución de las secciones.

Montaje

Cada pórtico se arma in situ y se erige, asegurándose con apeos temporales hasta que se coloquen los estribos, que abrochan todo el conjunto. En las figuras 11, 12, 13 y 14 se muestra el proceso de montaje completo.

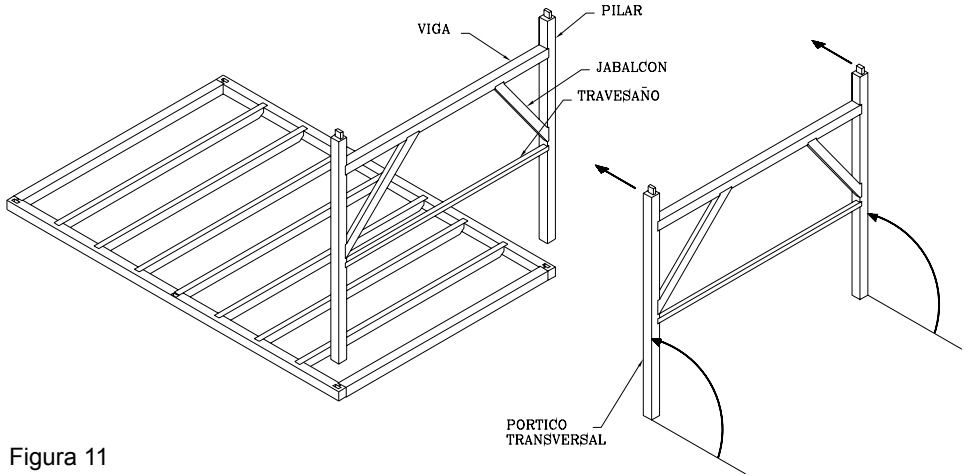


Figura 11

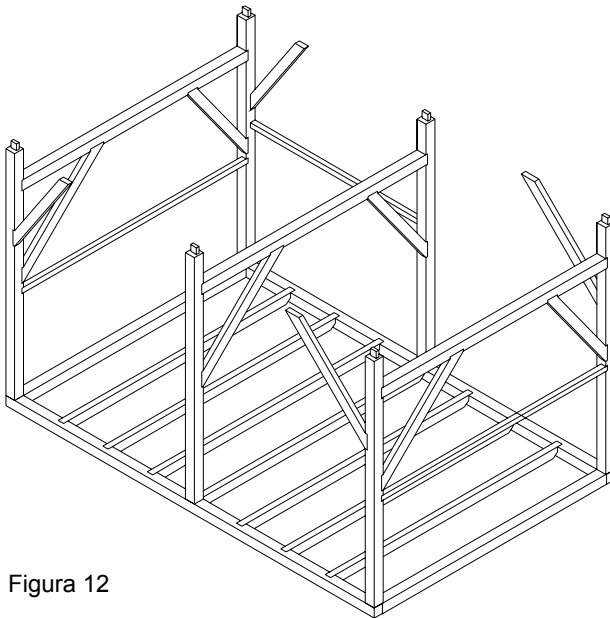


Figura 12

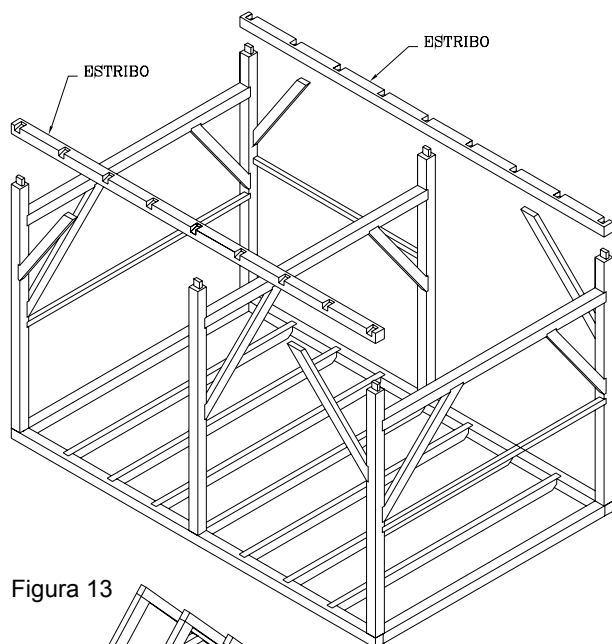


Figura 13

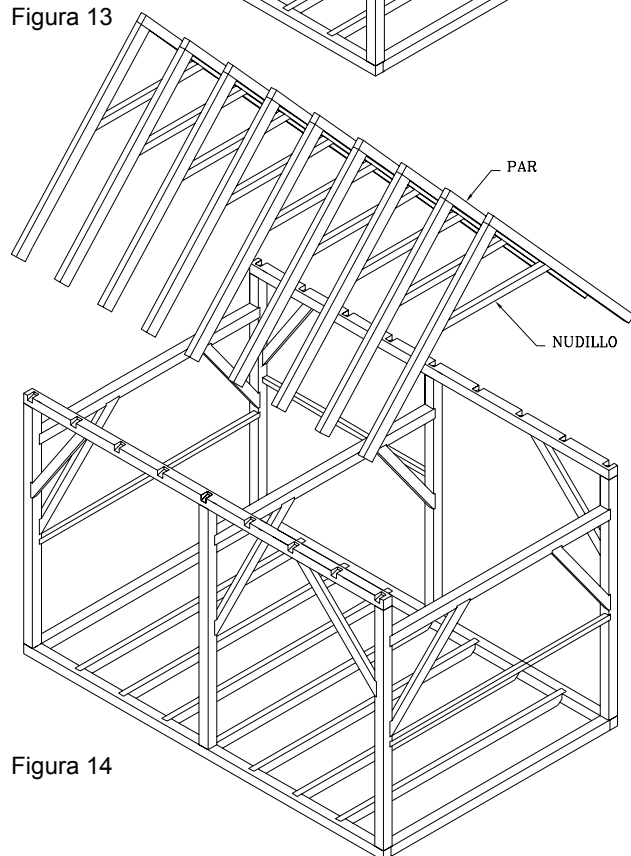


Figura 14



Entramado pesado

Sistema entramado

La segunda versión de las construcciones pesadas se denomina entramado. Y en ella los muros se forman con pies derechos de gruesa escuadría a separaciones muy reducidas. Estructuralmente funciona como muro de carga, donde la madera trabaja en dirección paralela a la fibra. El arriostramiento se consigue mediante barras diagonales denominadas riostras.

Las uniones se realizan mediante caja y espiga, y son generalmente de menor

complejidad que en el sistema aporticado.

El cerramiento se realiza cuajando los huecos dejados por las piezas de madera con materiales cerámicos, tapial, trenzados vegetales revocados con arcilla, etc.

Muros

Los muros, que alcanzan dos o tres plantas, están formados por diversos elementos, cuya nomenclatura se recoge en la figura 15.

Sobre la carrera inferior o solera van ensamblados a caja y espiga los pies

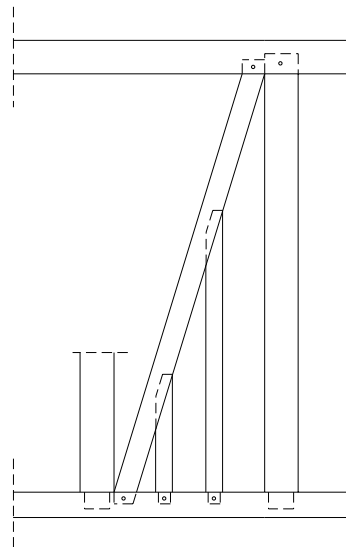
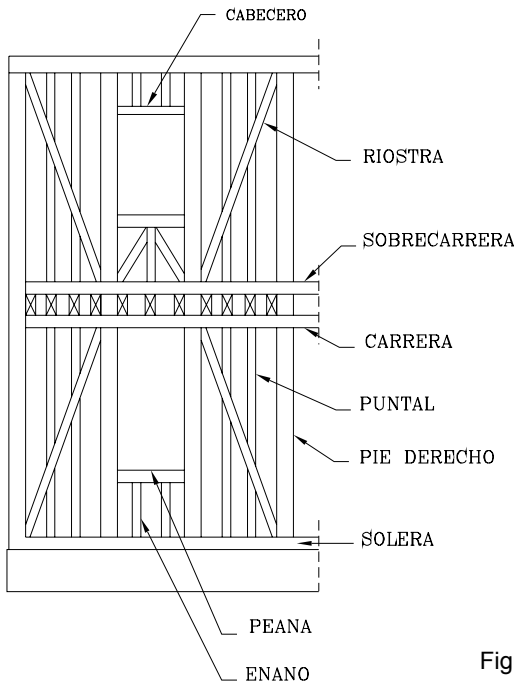


Figura 15

derechos, los puntales o virotillos, y los enanos, que forman el entramado. Este se completa con las riostras, que triangularizan los recuadros formados por las carreras y piés derechos. Las riostras se ensamblan a caja y espiga en sus extremos.

Los puntales o virotillos van ensamblados a las carreras a caja y espiga, y a las riostras a barbilla y espera.

Sobre la carrera superior apoyan las cabezas de las viguetas del entramado horizontal y sobre éstas la sobrecarrera. A partir de esta pieza se repite este entramado en cada una de las plantas.

Todas estas piezas se premontan in situ o en taller, se marcan y se desarman para proceder a la instalación final en obra donde ya se fijan con clavijas y

aploman definitivamente.

Diseños de muros

Todos los nudos se resuelven a media madera, o a caja y espiga, según el diseño escogido para el entrepaño, pudiéndose cambiar según interese en cada caso.

En la figura 16 se recogen algunos tipos habituales de entramados, característicos del Centro de Europa:

16a. Los piés derechos únicamente están acodalados por traveseros, más alguna pequeña riostra y todos a caja y espiga.

16b. Los piés derechos están ensamblados con riostras en forma de K. Las

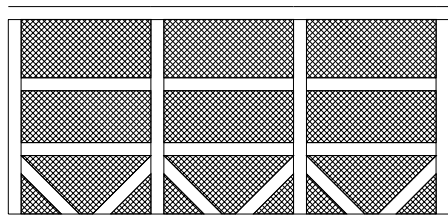


Figura 16a

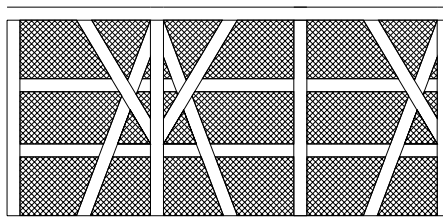


Figura 16c

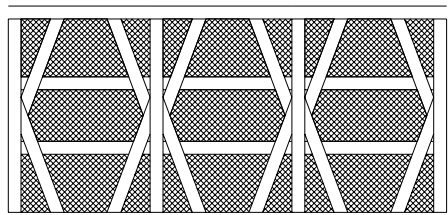


Figura 16b

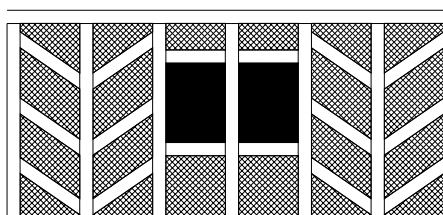


Figura 16d

riostras ascendentes y descendentes se cruzan aproximadamente en el centro del pie derecho a media madera.

16c. La riostra ascendente llega al estribo superior en caja y espiga mientras que la descendente ataca al pie derecho aproximadamente en el centro a media madera.

16d. Las riostras encajan a caja y espiga con el pie derecho y forman un dibujo en espina de pez.

16e. Cruz de San Andrés a todo lo alto del muro hasta encontrarse a caja y espiga con la carrera, cruzándose a media madera en el centro del paño.

16f. Las riostras ascendentes y descendientes se cruzan a media madera sobre el pié derecho a $1/3$ y $2/3$ de su altura.

16g. Riostras, traveseros y dinteles/alféizares se cruzan de forma irregular a media madera entre sí, y a caja y espiga con las carreras.

Rellenos

El método de relleno más corriente hasta el siglo XIX consistía en un trillaje de madera revocado con arcilla. Este sistema era el más eficiente ante el sismo gracias a la flexibilidad y capacidad de disipar energía que proporcionaba el trillaje y que todavía se utiliza con éxito en América Central.

Proceso constructivo

Los montantes del trillaje están formados por barrotillos de un diámetro mínimo de 50 mm que se encastran a presión en ranuras previamente realiza-

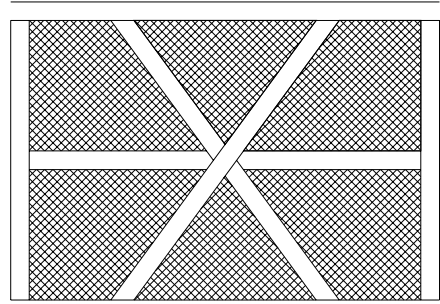


Figura 16e

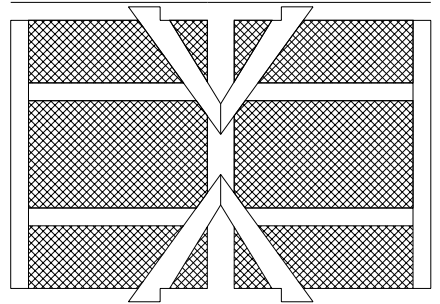


Figura 16f

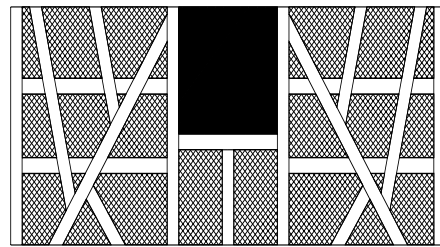


Figura 16g

das sobre los elementos portantes.

El armazón se refuerza con varas entrelazadas de avellano u otra madera similar.

El trenzado se recubre con dos capas colmatadas de adobe, barro, estiércol, etc.. Esta capa deja resaltados los estribos y pies derechos y tendrá un acabado rugoso para recibir el tendido. Pueden dejarse en los paneles orificios de ventilación.

Existen algunas variaciones sobre el modelo base:

1. Tapias² de trenzado de junco o varillas recubiertos con argamasa³
2. Empalizada atravesada por una barra de madera perforada recubierta de argamasa
3. Tablazón sin revestimiento de mortero o argamasa
4. Tapial de bolas de adobe entre montantes verticales recubiertos con argamasa
5. Arido grueso de río embebido en mortero de ligazón
6. Ladrillos de canto cogidos con mortero
7. Tejas cruzadas con mortero de relleno
8. Tapial de tiras de madera trenzada recubiertas con argamasa
9. Tapial de tabla vertical sin ensamble, asegurada con listones transversales y recubierta con argamasa
10. Tablones de madera maciza con perfil machihembrado para mejorar la trabazón
11. Tapial de adobe sobre armadura de trama de ramas y barrotillos
12. Arido pequeño de río colocado en espina de pez con disposición vertical y separados por ladrillo delgado en hiladas horizontales
13. Ladrillo macizo en diversos aparejos

14. Tejas partidas con distintos aparejos recibidos en mortero de relleno entre montantes

Cerramientos

En vez de estos rellenos pueden utilizarse cualquiera de los materiales y soluciones de cerramiento que aparecen en el Anexo 3.

Enlace entre forjado y muro

El forjado está compuesto por viguetas de madera que apoyan sobre la carrera y van provistas de rebajes que ensamblan con la carrera y la sobrecarrera. Este ensamble permite garantizar la función de atado que ejerce el forjado sobre los muros (Figura 17).

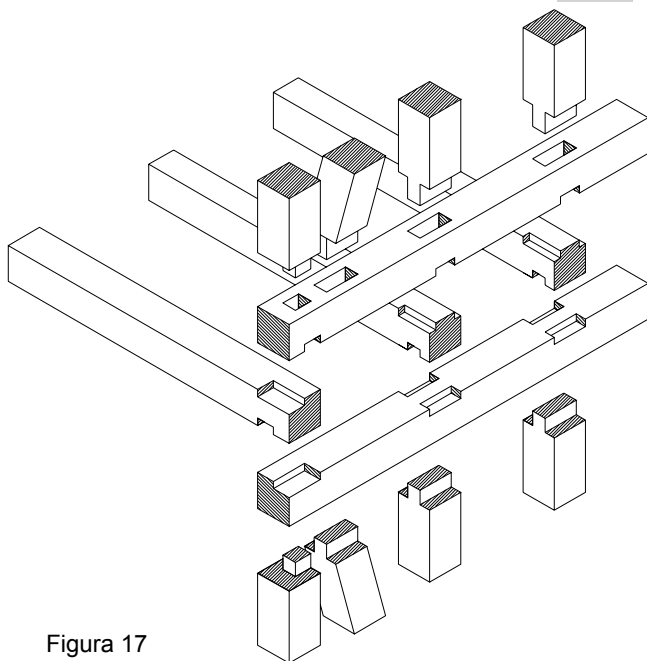


Figura 17

Forjados

La descripción del forjado que aquí se incluye es común a los dos sistemas comentados (aporticado y entramado).

El forjado se arma con un conjunto de viguetas que apoyan en las carreras y estribos, y un entrevigado.

Las vigas principales no suelen tener dimensiones normalizadas y las viguetas tradicionalmente tenían escuadrías de mayor anchura. No obstante pueden obtenerse normalizadas en determinadas gamas dimensionales (ver Anexo 2).

Dimensiones

Las luces son moderadas (entre 3 y 6 m). La separación entre viguetas varía entre 400 y 600 mm.

Las secciones de viguetas y los espesores de tabla del entrevigado se deducen de los métodos de cálculo tradicionales. Para conocer las dimensiones más habituales puede consultarse el Anexo 5.

Cerramiento

El cerramiento o entrevigado suele ser de tablazón o tablero (Figura 18). Los métodos de colocación se explican en el Anexo 3 y los espesores recomendables en el Anexo 5.

Aislamiento térmico y acústico

Cuando sea necesario aumentar el aislamiento deberá acudir a otros materiales cuyas características y métodos de colocación se especifican en el Anexo 7.

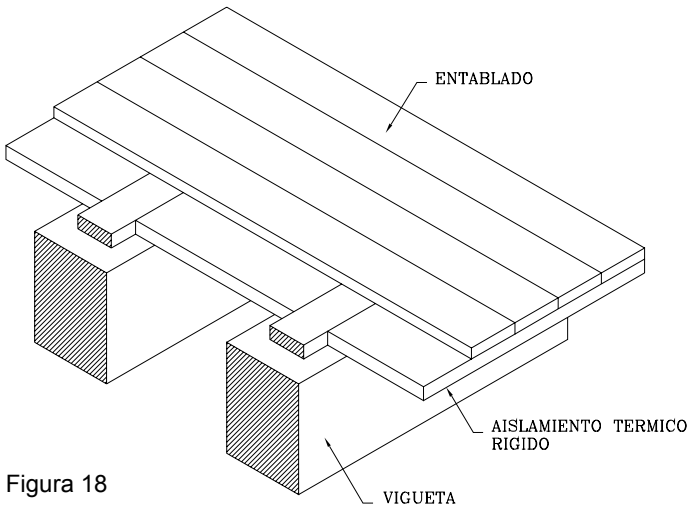


Figura 18

En la figura 18 se describe un procedimiento para la colocación de planchas rígidas de aislamiento térmico.

Estabilidad al fuego

Para conocer la resistencia al fuego y aumentarla, si se precisa, se deben seguir las recomendaciones especificadas en el Anexo 7.

Cubiertas

La cubierta se suele formar con armaduras de par e hilera o de par y nudillo. El ensamble de los pares en la cumbre se hace en caja abierta (media madera, apatenadura o pico de pájaro) y siempre con clavija (Figura 19).

En las de par y nudillo se añade una alfarda o nudillo ensamblado al par a media madera (horquilla) o cola de milano con clavija (Figura 20).

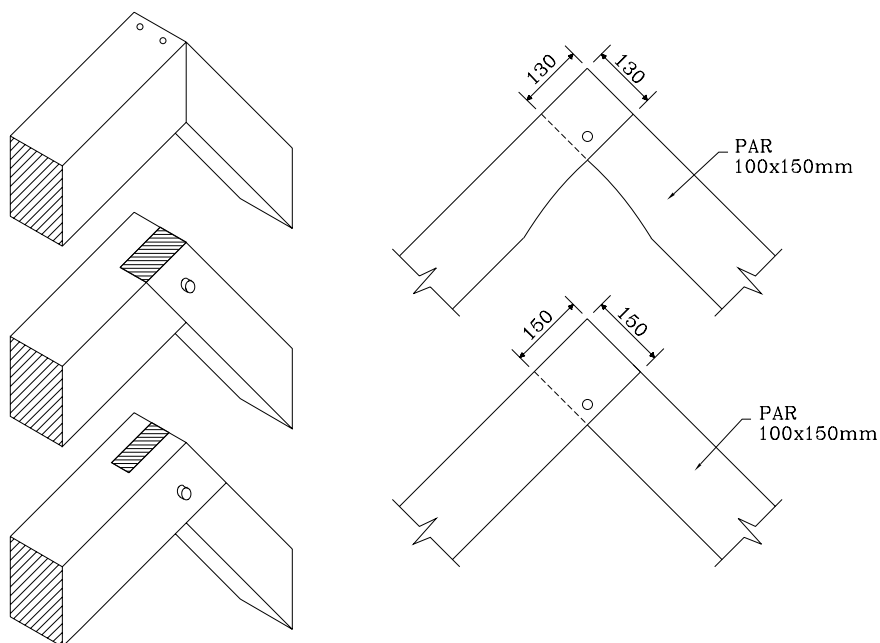


Figura 19

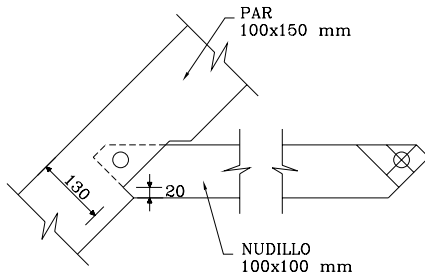


Figura 20

También la cubierta puede ir sobre cerchas cuya composición depende del vano que se tenga que salvar.

Los encuentros más habituales con el estribo se detallan en la figura 21

Para más información debe acudir al Anexo 2.

Cerramiento y revestimiento exterior

Ambas funciones pueden o no identificarse dependiendo del material empleado es decir, si el entevigado soporta el recubrimiento o si ambos son el mismo material. Los sistemas más clásicos son los de tejas de madera. Para conocer estos y otros, así como sus características, métodos de colocación e impermeabilización, pueden consultarse los Anexos 3 y 4.

Aislamiento térmico

El aislamiento térmico, deberá estudiarse en el Anexo 7.

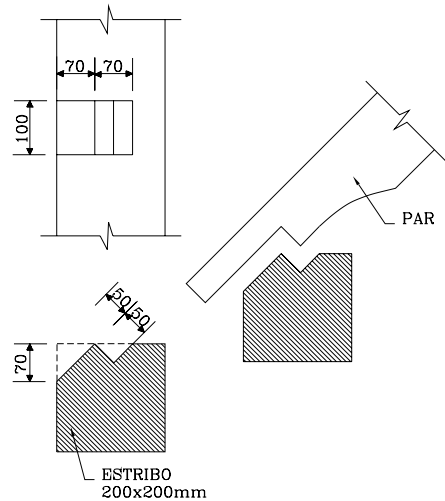


Figura 21

Revestimiento interior

El sistema más tradicional es el de tablazón cuyas características y métodos de colocación son los mismos que los de las casas de troncos. Otros sistemas figuran en el Anexo 3.

Impermeabilización

En los sistemas tradicionales la impermeabilización se confiaba exclusivamente al material de recubrimiento.

Para mejorar estas prestaciones se pueden utilizar otros materiales cuya información aparece en los anexos 3, 5 y 7 donde se detallan sus características y métodos de colocación.

Notas

1. Sistema de nudos rígidos: La vivienda tradicional japonesa

Generalidades

Cuando un muro se sustituye por un pórtico éste debe ser capaz de transmitir esa misma cortadura, es decir, debe poder funcionar como un marco rígido. Evidentemente el pórtico tiene peores condiciones que el muro para asumir esas acciones, por lo que se acude a la solución de introducir un elemento capaz de arristrar (el jabalcón) o a macizar el muro.

Una tercera solución consistiría en dar al pórtico la capacidad mecánica suficiente a través de nudos rígidos como. La dificultad radica en esos nudos sean capaces de transformar tracciones en compresiones, es decir, que transformen ciertos momentos flectores. Para conseguir la indeformabilidad los nudos tienen que tener unos diseños muy sofisticados. Este es el caso de la solución japonesa.

El uso generalizado de la madera en la construcción de viviendas en Japón obedecía a dos razones fundamentales: la abundancia de materia prima y el peligro de los frecuentes terremotos en esa zona. El clima, no demasiado extremo, permitía asimismo la ligereza de estas construcciones. La casa tradicional es muy flexible y que no emplea elementos diagonales como en Occidente, con lo que la energía cinética generada por los esfuerzos externos es absorbida por el movimiento del entramado el cual descansa totalmente en la precisión de las uniones.

Aparte de esta diferencia en la rigidez, la forma de las cubiertas y tejados, los voladizos y los acabados exteriores se distinguen claramente de los modelos europeo y americano.

Si bien en cualquier cultura la vivienda es reflejo de sus sentimientos filosóficos y religiosos, en Japón esto se produce de una manera muy especial tanto en la disposición de los espacios, como en la forma o los materiales empleados.

La casa japonesa es el entorno donde se desenvuelve la familia, perfectamente jerarquizada en torno a su cabeza (el padre), el invitado (si lo hay), los hijos varones, y las mujeres. Los espacios se ordenarán conforme a esta jerarquía siguiendo determinadas exigencias: la flexibilidad de las habitaciones para uso de múltiples funciones, la continuidad entre todos los espacios y su modulación (basado en las dimensiones del tatami), los espacios de almacenaje empotrados, la escasez casi total de muebles o la iluminación tenue y continua.

La limpieza de la casa es importante debido al tipo de materiales empleados y por eso se usa un calzado especial para penetrar en su interior.

Comportamiento estático

Aunque la vivienda japonesa funciona aparentemente como estructura adintelada plana en realidad es de tres dimensiones. Esto es posible gracias a la perfección de las uniones. El sistema occidental es sólo una aproximación a éste.

El cerramiento tampoco tiene aquí funciones estructura-

les y la cubierta utiliza en algunos casos una estructura independiente.

Proceso constructivo

Cimentación

Hasta que se desarrolló el sistema clásico, la cimentación no existía como elemento independiente. Los pilares de madera se hincaban directamente al terreno a una profundidad de 60 - 80 cm con tierra compactada a su alrededor. Las desventajas evidentes de este sistema se evidenciaban por los fenómenos de pudrición de los pilares debidos a la humedad.

El paso siguiente consistió en el apoyo de los pilares sobre una basa de piedra o un enchado compactado por pisos. El edificio se separa así de la cimentación, no sólo por razones de aislamiento, sino por motivos estructurales debido al peligro de terremotos. La estructura portante no actúa aquí al unísono con la cimentación, simplemente se apoya en ella, lo cual resalta la ligereza y la rigidez de la estructura de madera que se desliza sobre la cimentación. Sólo en las más recientes soluciones con estructuras de hormigón, los movimientos originados por el terremoto son absorbidos por la propia elasticidad y deformabilidad de la estructura.

Cuando se opta por un forjado separado del terreno creando una cámara de aire, éste suele colocarse a una altura de 75 cm se coloca sobre el terreno una capa de gravilla.

Primer forjado

El primer forjado puede apoyarse sobre una viga durmiente o en una viga sobreelevada que enlaza las cabezas de una serie de pilares.

El primer caso permite una mejor nivelación de los pilares, evita los problemas de encuentro entre el pilar y un cimiento irregular y rigidiza transversalmente al entramado. La unión se realiza a caja y espiga más clavija encolada.

En el segundo caso (solera sobreelevada) la conexión entre los pilares se realiza con una viga perimetral elevada, que ataca lateralmente al pilar (ashi-gatame). El tipo de ensamble escogido puede ser variable. Secundariamente van otras vigas (obiki) paralelas a ésta a intervalos de 1 m aproximadamente. Dependiendo de las luces a salvar, las vigas secundarias necesitarán apoyos intermedios, pequeños pilares o postes (yuka-zuka), sobre su propia piedra de apoyo.

El entrevigado es de tabazón. Dado que las sierras no se conocieron hasta el periodo Edo (1615-1867), las tablas se obtenían por hienda longitudinal de los troncos. En otras ocasiones se podía acudir al bambú para completar el suelo.

Los muros: sistema viga-pilar

El sistema funciona con la separación, tanto formal como mecánica, de los esfuerzos verticales, horizontales e inclinados (cubiertas).

Los pilares, especialmente en zonas rurales, se sacaban casi directamente del rollo, apenas trabajadas sus caras mediante azuela (chona). Los elementos de sección irregular resultantes eran generosamente sobredimensionados y no siempre rectos en su fuste. Las piezas decididamente curvas son también frecuentes.



Entramado pesado

Las especies de madera más comunmente utilizadas eran el cedro y el ciprés, pero posteriormente se emplearon también pinos y hemlock en las zonas más representativas de la vivienda (las frondosas se usaban para otros fines). Hay que tener en cuenta que el Cedro de que se habla es la Criptomera y el Ciprés es el Ciprés del Japón.

Por razones de índole religioso (sintoísmo) la posición del rollizo tendía a colocarse en la misma dirección natural del árbol (con las raíces en la parte baja).

La separación de pilares en el sentido de los pórticos tendía a ser corta (alrededor de 2 m). Estos se unían en la parte inferior por medio de las vigas de suelo y en su cabeza por las de cubierta, que podían tener mayor o menor complejidad de diseño en función del tipo y dimensiones del edificio.

Las vigas principales se conectaban directamente al pilar, pero las secundarias lo hacían a éste o a las vigas principales. Otros elementos intermedios son los dinteles de puertas y ventanas.

Todo este complejo sistema de vigas transversales colaboraban al arriostamiento contra el viento o sismo junto con los nudos. En efecto, la casa tradicional no tiene brazos diagonales - a diferencia del modelo occidental- y la indeformabilidad se basa únicamente en la calidad de los ensambles. Estos son muy complicados y han de ser ejecutados con gran habilidad.

En algunas casas antiguas es corriente la existencia de una línea de pilares específica para soportar la cubierta y el alero

Cerramientos exteriores

Como queda dicho los muros no tienen ninguna función estructural. Únicamente sirven como elemento separador y aislante.

En los muros de la vivienda japonesa coexisten los elementos fijos y los deslizantes.

Los muros exteriores se arman siguiendo diferentes técnicas, pero lo normal consiste en bastidores fujados sobre precercos. El bastidor va modulado a 90 cm en los perfiles verticales y a 60 cm en los horizontales creando una trama de 90 x 60 cm sobre la que se coloca el cerramiento. Si el muro es opaco se rellena: el núcleo se forma con piezas de bambú sobre las que se extiende una capa de arcilla hasta conseguir una superficie lisa (okabe) que es resistente al fuego y buen aislante térmico. También pueden emplearse tablas machihembradas con un trillaje interior de paja como aislamiento térmico. Si es translúcido se utilizará papel de arroz.

En climas más templados, como suele ser habitual en Japón, se colocan temporalmente paneles deslizantes contra la lluvia (armado) que también funcionan como protección durante la noche. El panel se mueve sobre ranura y raíl sin necesidad de herrajes. Algunos funcionan como puertas reales (shoji) mientras que otros son simples paneles separadores (fusuma).

La ranura superior suele ser más profunda que la inferior para facilitar la extracción del panel si fuera necesario por la flexibilidad de usos de la vivienda. El sistema favorece extremadamente la ventilación de las casas en verano.

Estos paneles constan de un bastidor más un entramado rectangular al que se encola un papel translúcido (hecho de arroz) y a veces un plafón inferior de madera maciza sin decoración. La luz difusa que se consigue con estos paneles es una de las características diferenciadoras de la vivienda japonesa y su geometría transmite orden y claridad a los interiores.

Formación de la cubierta

La forma de la cubierta es un factor distintivo de la casa japonesa.

Es muy raro que haya pares inclinados sobre estribos. El sistema consiste más bien en vigas transversales apoyadas en estribos sobre los que descansan montantes verticales que a su vez conducen la carga de las correas o si las hay. La idea recuerda fuertemente a las cerchas occidentales, pero sin barras inclinadas, aunque el comportamiento estático es completamente diferente.

En cuanto a la forma exterior puede ser a dos aguas con muros piñones (hanina), a cuatro aguas (kiri-zuma) o en pabellón (yose-mune), pero siempre dejando voladizos. La combinación de estos dos últimos (iri-moya) se caracteriza por sus tímpanos triangulares bajo cumbrera y es muy común en todo el sudeste asiático.

Otro tejado clásico es el de tipo casco que se caracteriza por sus tímpanos trapezoidales en las caras menores de la casa.

Materiales de recubrimiento de la cubierta

Paja y tejuelas de madera

En medios rurales el material más común es la paja. Por un lado es perecedera y fácilmente inflamable mientras por otro no requiere estructuras importantes, a la vez que proporciona un buen aislamiento. Su precio es virtualmente nulo, por lo menos en medios rurales.

Se emplean la paja de arroz y otras hierbas altas. La presentación y preparación del material define los métodos de cubrición. En general se trata de colocar varias capas de haces -al menos dos- en cada punto del tejado. Pueden colocarse de forma plana o creando pequeños canales para facilitar el escurrimiento del agua.

También se utilizan las tejuelas de madera sobre enripiado de castaño, enebro y alerce con gruesos entre 6 y 18 mm, anchos de 9 a 15 cm y longitud entre 45 y 60 cm. No se fijan al entramado subyacente para no limitar los movimientos de la madera.

La colocación se realiza en dirección paralela al alero y van sujetas con pesadas piedras, por lo que la pendiente no debe superar el 35%.

Para las tejas de madera aserrada (koita-buki) se usa ciprés o cedro, que tienen una durabilidad muy elevada. Se fijan con clavijas de bambú.

Corteza

Este tipo de cubrición data de tiempos antiguos y es impor-

tado normalmente de otros países de la zona. Se presta muy bien a las curvas de determinados aleros. Cuando se introdujo en la construcción empezó a escasear rápidamente, por lo que, por su elevado precio quedó relegado a construcciones especiales. Se colocan de tal forma que en cada punto haya por lo menos dos capas.

Bambú

La cubierta de bambú es muy corriente en todo el sudeste asiático. Se coloca con el mismo criterio que la teja occidental, atada a un rastrel transversal. Es abundante y barato pero fácilmente atacable por los insectos y la humedad.

2. Dos tableros sujetos con costales y agujas
3. Argamasa: mortero de cal, arena y agua



Entramado pesado



Entramado pesado

Casas de entramado ligero



Generalidades

- Características diferenciadoras del sistema
- Clases, tecnología y principios estáticos

Proceso constructivo

Cimentación

- Cimentación sin sótano
- Cimentaciones con sótano

Forjados

- Viguetas
- Generalidades
- Vigas y cargaderos
- Cerramiento
- Construcción
- Aislamiento térmico y acústico

Muros y paredes

- Montantes
- Cálculo
- Ejecución
- Cerramiento
- Erección
- Revestimiento
- Aislamiento térmico y acústico

Cubiertas y tejados

- Cubiertas inclinadas
 - cerchas prefabricadas
- Cubiertas planas
- Cerramiento
- Revestimiento
- Aislamiento térmico

3

Casas de entramado ligero

Generalidades

En el lenguaje arquitectónico es conocido como sistema de entramado ligero (light framing) en contraposición al entramado pesado (framing, heavy timber o post & beam).

Este sistema es el último eslabón de la evolución de la madera como material estructural en la edificación convencional.

El entramado ligero tiene su origen en Norteamérica y surge en el siglo XIX como consecuencia de dos factores: la disponibilidad de productos industriales normalizados (madera aserrada y clavos) y la necesidad de disponer de un sistema rápido de construcción (colonización del Oeste de EE.UU.).

Aunque procede del entramado pesado, se trata de una nueva concepción estructural. La direccionalidad del trabajo de flexión exige la disposición ortogonal de muros portantes que da lugar a la arquitectura diafragmada: son elementos portantes que se traban entre sí de forma que lo que es arriostrado para unos, es soporte para otros.

El sistema se ha ido perfeccionando con el tiempo, pero sus características básicas han permanecido inalteradas.

Características diferenciadoras del sistema

1. Se crean estructuras superficiales en muros, forjados y cubiertas que al unirse funcionan como una estructura espacial.
2. Se emplea un gran número de elementos, con una disminución de las escuadrías, por lo que se distribuye y alterna la carga a través de muchos elementos de pequeña dimensión.
3. Las piezas suelen ser normalizadas y certificadas, lo que facilita la intercambiabilidad, la modulación y la prefabricación. Además el ajuste de calidades mínimas, lo que favorece el ahorro económico.
4. Las piezas tienen un bajo nivel de mecanización, lo que supone un bajo coste en la fabricación.
5. Las uniones son sencillas, sin juntas ni ensambles especiales, bastando el empleo de clavos y grapas. Por contra se pierde bastante del «oficio» de carpintería ya que requiere personal poco especializado aunque se logra una alta productividad.
6. El tiempo de construcción es menor que la construcción tradicional por la prefabricación y la construcción seca.
7. Es más fácil de aislar e impermeabilizar que la vivienda tradicional. Las cavidades que deja el entramado permiten el paso de instalaciones y el relleno con aislante.
8. La mayoría del trabajo se ejecuta en seco, por lo que independiza la construcción de la estación climática y es un proceso más limpio y rápido.
9. Su durabilidad, no tiene por qué ser menor que la construcción tradicional, con un diseño y mantenimiento adecuado. En Norteamérica, Rusia y





Entramado ligero

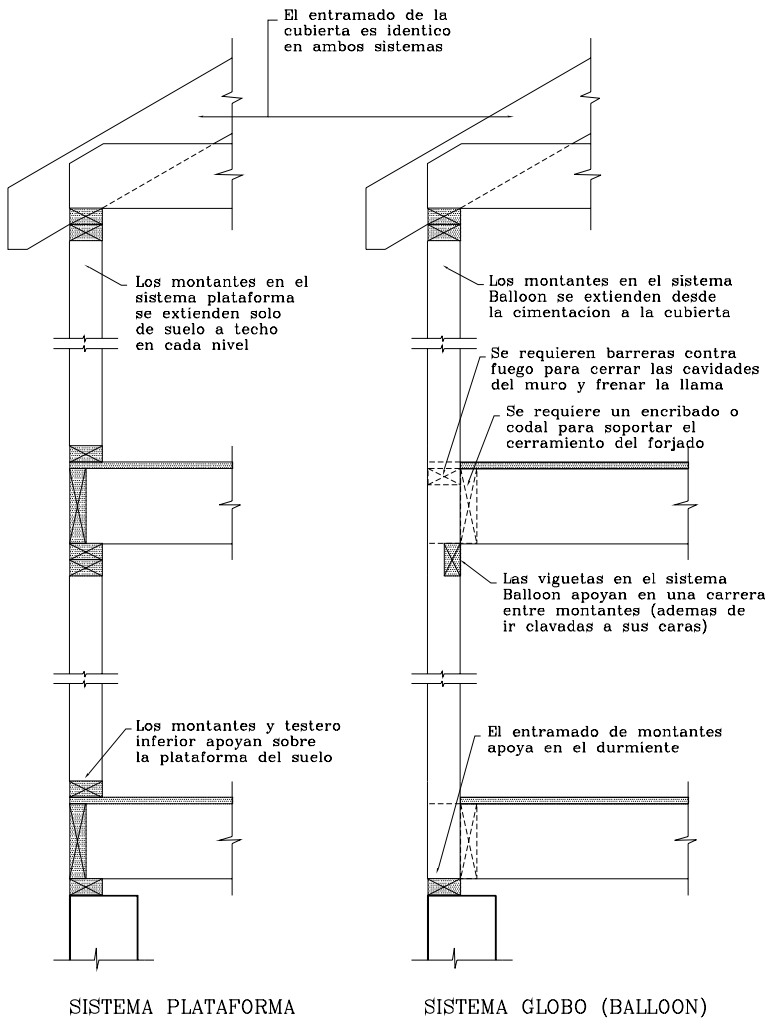


Figura 1

Escandinavia existen viviendas que han durado cientos de años.

10. Tiene un alto grado de flexibilidad, tanto en el diseño inicial, como en los cambios ulteriores, si son necesarios.
11. Exige una gran cantidad de detalles constructivos especiales, debido al elevado número de piezas que se emplean.
12. Necesita un control riguroso de su contenido de humedad para que no se produzcan variaciones dimensionales.
13. Al tratarse de un sistema normalizado y modulado, el proceso de montaje ha de controlarse especialmente con una planificación más estricta que la construcción tradicional.
14. Se exige un mayor control en la recepción de materiales, su protección y almacenaje.
15. Existen distintos Códigos constructivos, que ofrecen recomendaciones sobre materiales y procesos. En algunos países se comercializan directamente planos que favorecen la autoconstrucción.

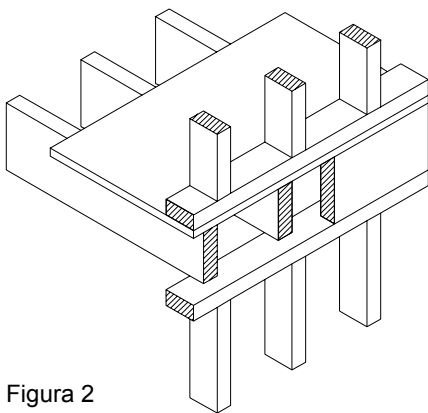


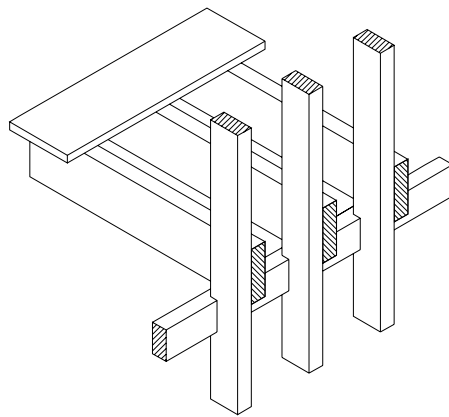
Figura 2

Clases de entramado ligero

Existen dos clases fundamentales: el tipo globo (balloon frame) y el tipo plataforma (platform system). (Figuras 1 y 2).

Entramado tipo globo (Balloon Frame)

1. Es el sistema original.
2. Los montantes de las paredes exteriores son continuos en toda su altura (normalmente de dos plantas).
3. Las viguetas de forjado se clavan directamente al montante y luego se calzan con carreras transversales.
4. Es un sistema más complicado de ejecución y se presta menos a la prefabricación.
5. Presenta un mal diseño frente al fuego (en lo relativo a la propagación del incendio) por existir mayor continuidad entre las plantas.
6. El encuentro del muro con la cimentación es directo a través de un simple durmiente.
7. La erección del edificio es compleja, porque se deben armar todos los





entramados simultáneamente.

La utilización de los montantes continuos entre plantas en el sistema de globo obedece, probablemente, a la dificultad de conseguir la estabilidad necesaria del conjunto, al no contar con el arriostramiento que aporta el tablero, en el sistema de plataforma.

Sistema de plataforma (Platform System)

1. Es un sistema derivado del anterior.
2. Las plataformas obtenidas constan de un entramado de montantes ó viguetas y traveseros, más un cerramiento de tablero estructural.
3. Las plataformas constituyen tanto muros como forjados. La altura de montantes más testeros coincide con la altura de piso.
4. Se presta mejor a la prefabricación por facilitar la construcción de elementos intermedios.
5. Presenta un mejor diseño frente al fuego (en lo relativo a la propagación del incendio) porque consigue una mayor estanqueidad entre plantas.
6. El encuentro con la cimentación se realiza a través del primer forjado con un durmiente intermedio.
7. La erección del edificio es muy simple. Se van elevando plataformas de muros y forjados que son consecutivamente arriostradas unas a otras.

Será el sistema que desarrollaremos fundamentalmente en este capítulo.

Tecnología: elementos constitutivos

El entramado ligero hace una distinción de elementos y funciones más diferenciados que los que emplea la construcción tradicional.

Fundamentalmente se concreta en la distinción de tres conceptos:

- Entramado
- Cerramiento y
- Revestimiento

El entramado constituye lo que puede denominarse como estructura principal (montantes, viguetas, cerchas).

El cerramiento forma la estructura secundaria (tablero de fachada, entrevigado, tablero soporte de la cubierta).

El revestimiento no tiene, por lo general, misión estructural y sólo sirve de protección y acabado (revestimiento de fachada, pavimento y techado o cubrición).

Todos los elementos del edificio (muros, forjados y cubiertas) son susceptibles de analizarse bajo estos conceptos. Un resumen esquemático de este análisis se presenta en la tabla 1.

Como antes se ha comentado en este sistema se emplean escuadrías estandarizadas:

- para montantes y testeros: 38 x 89 y 38 x 140 mm (2 x 4 y 2 x 6 pulgadas).
- para viguetas: 38 x 190, 38 x 240 mm (2 x 8, 2 x 10 pulgadas).

Debe recordarse que las dimensiones nominales en pulgadas son, general-

TABLA 1

1. ENTRAMADO con funciones estructurales

Elemento constructivo	Elemento longitudinal	Elemento transversal (travesaño)		
		cabeza	pie	elemento intermedio
Entramado de muro	Montante	tester superior	tester inferior	Dintel
Entramado de cubierta	Par Cercha	Viga de hilera Cordón superior	Cabecero Tirante o larguero	Correas Barras de celosía de falso techo
Entramado de forjado	Vigueta		Cabeceros	Cabeceros Zoquetes

2. CERRAMIENTO con funciones estructurales y de soporte del revestimiento

Elemento constructivo	Función
Cerramiento de muros	Cerramiento exterior de muros
Cerramiento de cubiertas	Cerramiento exterior de cubiertas
Cerramiento de forjados	Entrevigado o cerramiento de forjados

3. REVESTIMIENTO sin funciones resistentes

Elemento constructivo	Cara exterior	Cara interior/inferior
Revestimiento de muros	Revestimiento exterior	Revestimiento interior
Revestimiento de cubiertas	Impermeabilización	--
Revestimiento de del forjado	Pavimento	Revestimiento de techos (falso techo)





mente, media pulgada mayores que la dimensión real de la pieza.

Principios estáticos: comportamiento estructural

La combinación de elementos portantes ligeros (entramado), trabajando solidariamente con elementos de cubrición (cerramiento y/o revestimiento) aportan al conjunto la resistencia y rigidez necesaria ante las acciones verticales y horizontales.

Las plataformas funcionan como una estructura plana (que resiste cargas perpendiculares a su plano y contenidas en él) y espacial en el conjunto del edificio.

La acción de las cargas se distribuye de la siguiente forma (Figura 3):

I. Acciones verticales

- a) Son resistidas por forjados de viguetas y cerchas de madera que transmiten la carga a los muros entramados.
- b) Son resistidas por los muros entramados: montantes arriostrados con el tablero de cerramiento para evitar el pandeo.

II. Acciones horizontales Viento y sismo

- a) Son resistidas por las paredes

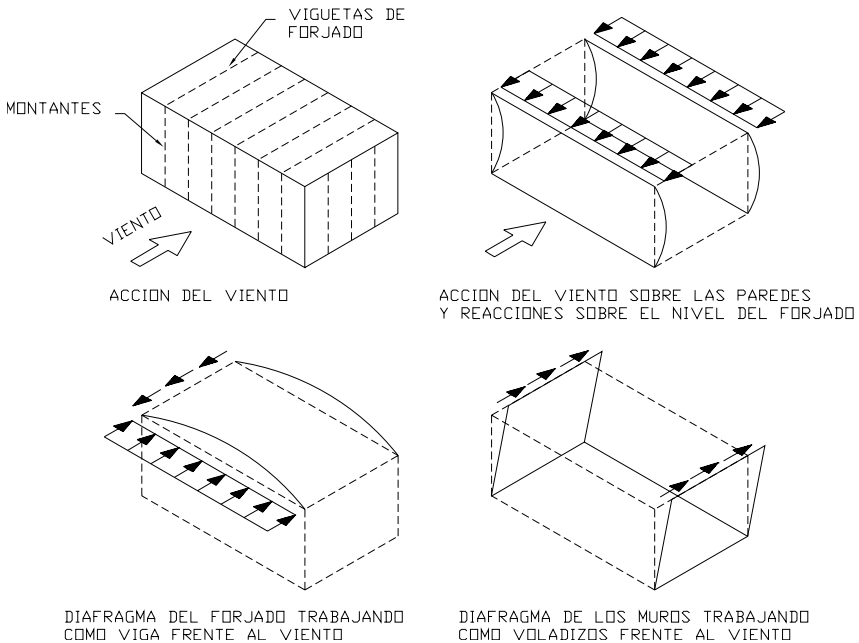


Figura 3

dispuestas perpendicularmente a la dirección del viento. Se producen dos reacciones: una en la cabeza de los montantes y otra en la cimentación.

- b) La reacción en la cabeza de los montantes se transmite al diafragma del forjado que actúa como viga de gran canto apoyada en los dos muros laterales.
- c) La reacción en la cimentación es transmitida por los muros laterales, que al estar empotrados en el suelo, actúan como voladizos que transmiten a la cimentación las reacciones de la «viga» de diafragma del forjado. De esta forma, cada muro se comporta como un diafragma rigidizado por el tablero, que evita el descuadre.
- d) Finalmente en la cubierta se produce un fenómeno similar en el que los diafragmas se organizan en los planos de cubierta.

El hecho de que todo el edificio tenga la misma constitución le hace apto para resistir los esfuerzos variables (viento y sismo) en cualquiera de sus caras. Por otro lado, hay que resaltar que la madera es capaz de resistir con una mayor eficacia cargas breves que cargas permanentes.

Proceso constructivo

La programación de la obra es muy importante. Para casas normales, generalmente, se sigue un esquema de trabajo similar al que se indica en la tabla 2.





TABLA 2

TAREAS	S E M A N A S											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Replanteo y excavación	XXXX											
Servicios temporales	XXXX											
Preparación cimentación			XX									
Saneamiento enterrado		X										
Inspección cimentación		X										
Ejecución cimentación		X										
Entramado		XXXXX										
Ventanas y puertas exterior			X									
Fontanería			X									
Cerramiento horiz. y vert.			XXX									
Electricidad				X								
Cornisas						XXX						
Cubiertas						XX						
Pinturas exterior							XXX					
Climatización							X					
Inspección entramado							X					
Aislamiento							XX					
Chapados de piedra								XXXX				
Acabados interiores muros								XXXXXX				
Carpintería interior (I)								XX				
Carpintería interior (II)								XX				
Pintura interior									XXX			
Counter tops											X	
Suelos									XX			
Aplicaciones												X
Fontanería acabados										XXX		
Climatización acabados										XX		
Electricidad acabados										XX		
Moquetas											XX	
Limpieza											X	
											XX	
Jardinería											XX	
Inspección final											X	

Cimentación

Como en todos los sistemas constructivos la cimentación tiene la función principal de transmitir las cargas al terreno. En los sistemas constructivos de madera (especialmente en el entramado ligero) se deben dar, además, dos condiciones que revisten gran importancia: evitar que la humedad llegue a la madera, a través de un adecuado diseño constructivo y contrarrestar el posible efecto de succión del viento.

La solución de la cimentación y arranque de la planta baja depende de la existencia de sótano, dando lugar a las siguientes tipologías:

Construcciones sin sótano

- Sobre solera de hormigón.
- Sobre forjado de hormigón o madera con cámara de aire ventilada.

Construcciones con sótano

Los muros son normalmente de hormigón armado o ladrillo, como en la construcción tradicional, pero cabe la posibilidad de emplear también muros entramados de madera aserrada tratada.



Entramado ligero



Cimentaciones para construcciones sin sótano

Se realizará, como en la construcción tradicional, una cimentación de zanja corrida sobre la que se levanta un murete de hormigón, ladrillo o bloque. Sobre este murete arranca la estructura de la casa.

Solera de hormigón

Sobre el terreno limpio se extiende una capa de grava gruesa (encachado de grava) con un espesor mínimo de 15 cm

(normalmente se recomiendan 25 a 30 cm). Su finalidad es evitar el ascenso de la humedad del terreno por capilaridad y, además, este espacio se utiliza para alojar conducciones de saneamiento.

Encima de esta capa se dispone una lámina impermeabilizante sobre la que se vierte el hormigón, que tendrá un espesor mínimo de 10 cm (normalmente se recomienda de 15 a 20 cm), que irá reforzado en su cara inferior con un mallazo de reparto.

La cara superior de la solera debe quedar a una cota entre 15 y 20 cm sobre el nivel del terreno, con el fin de facilitar la protección de la madera.

En la junta perimetral de la solera con

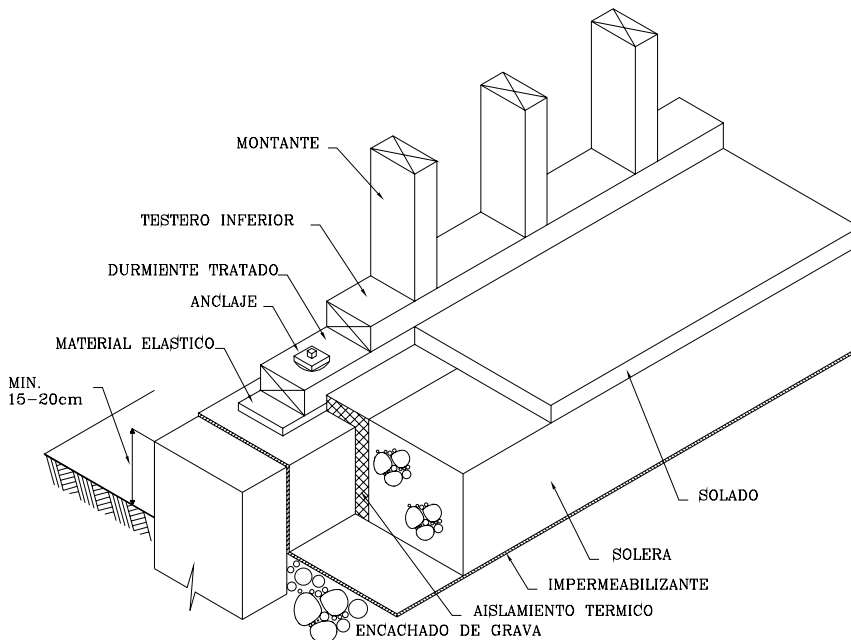


Figura 4

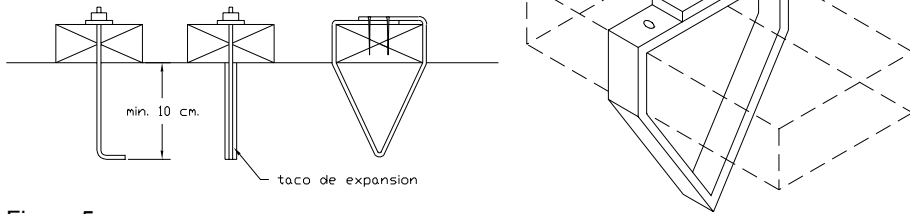


Figura 5

el muro que arranca de la cimentación, debe colocarse una capa de material aislante que evite el puente térmico con el exterior (Figura 4).

Enlace con el muro entramado

Se realiza a través de un durmiente de madera tratada en profundidad (generalmente con productos hidrosolubles,

como sales de CCA- cobre, cromo y arsénico).

Entre el durmiente y el cemento deberá colocarse una barrera antihumedad y una tira de material elástico (por ejemplo espuma de célula cerrada), para conseguir un mejor asentamiento y un sellado de la junta (ambos materiales tienden a unificarse en la práctica).

El durmiente se ancla al murete de arranque mediante elementos metálicos: pernos en el hormigón con la parte superior roscada y con tuerca de sujeción, o pletinas metálicas ancladas igualmente al hormigón y clavadas al perfil de madera al que abrazan.

La separación entre puntos de anclaje no será superior a 180 cm (60 cm en la esquina de la cimentación). La profundidad mínima del anclaje será de 10 cm (Figuras 5 y 6).

La posición que ocupa el durmiente sobre la cabeza del murete depende de los siguientes factores:

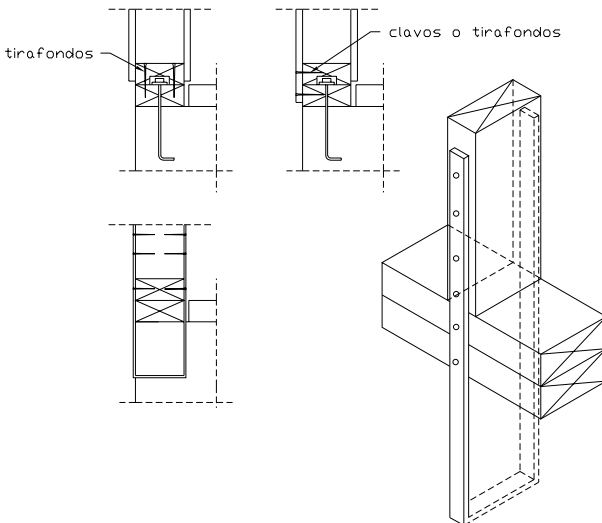


Figura 6





Si el murete es de hormigón, lo normal es colocar el durmiente enrasado con la cara exterior, facilitando así el desagüe (Figura 7).

Si el murete es de ladrillo o bloque, el recibido del anclaje, obliga a centrar algo más el durmiente (Figura 8). En este caso el problema de desagüe se debe solucionar de otra manera, por ejemplo desplazando el revestimiento o con babero.

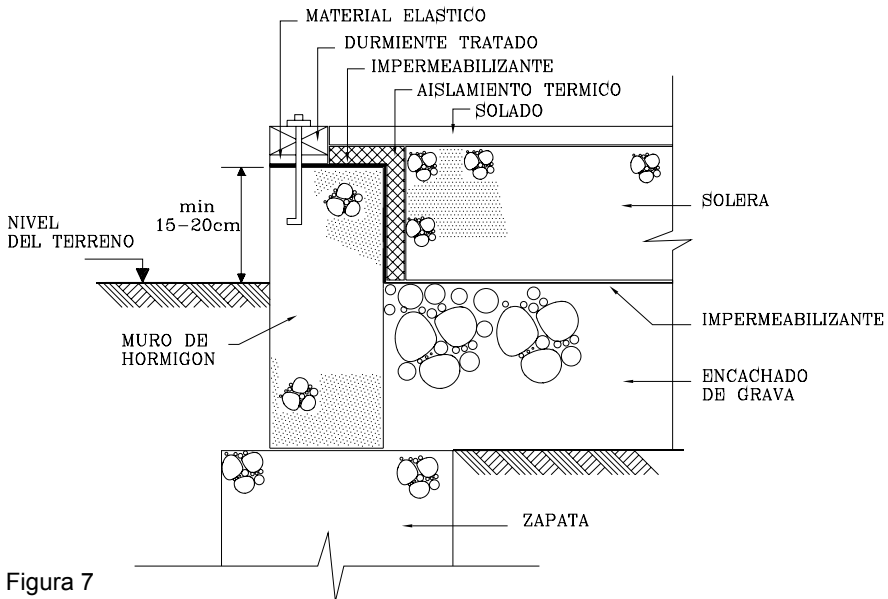
Finalmente, en el caso de utilizar un revestimiento de ladrillo, el durmiente quedará situado enrasado al interior para dejar el espacio necesario de apoyo del cerramiento de ladrillo y la cámara de aire (ver Anexo 4.1.4).

Forjado con cámara de aire

Esta solución consiste en construir un forjado, que queda sobreelevado con respecto al nivel del terreno, dejando una cámara de aire ventilada que evita condensaciones y acumulación de humedad. La cámara ventilada tendrá una altura mínima de 30 cm.

Las aberturas para ventilación deben protegerse con rejilla y situarse a una altura adecuada para evitar la posibilidad de entrada de agua. La sección mínima de las aberturas es de 15 cm² por metro lineal.

El forjado puede ser de hormigón o de viguetas de madera y pueden disponerse muretes intermedios para acortar la luz.



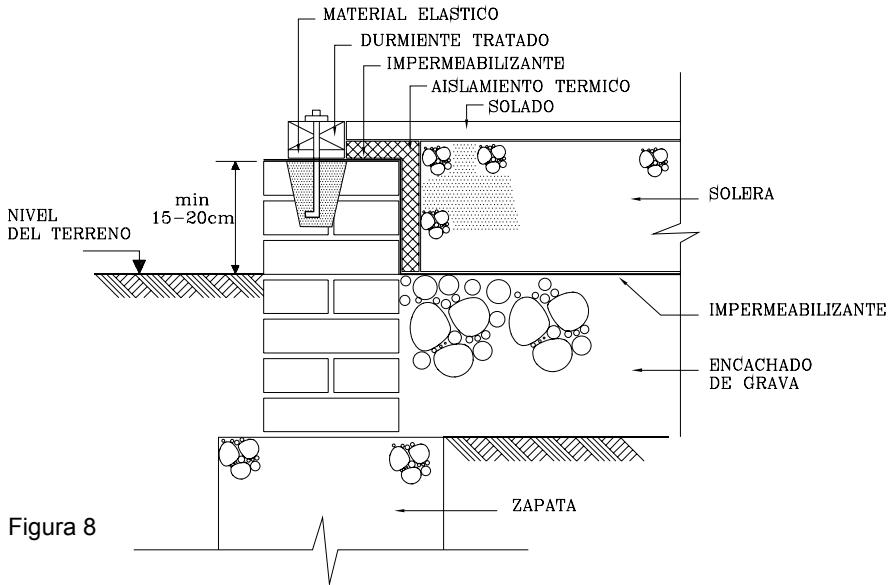


Figura 8

Muretes de hormigón

El espesor mínimo del muro es de 150 a 200 mm. La cota superior del mismo

quedará levantada sobre el nivel del terreno en el exterior un mínimo de 150 a 200 mm. (Figura 9).

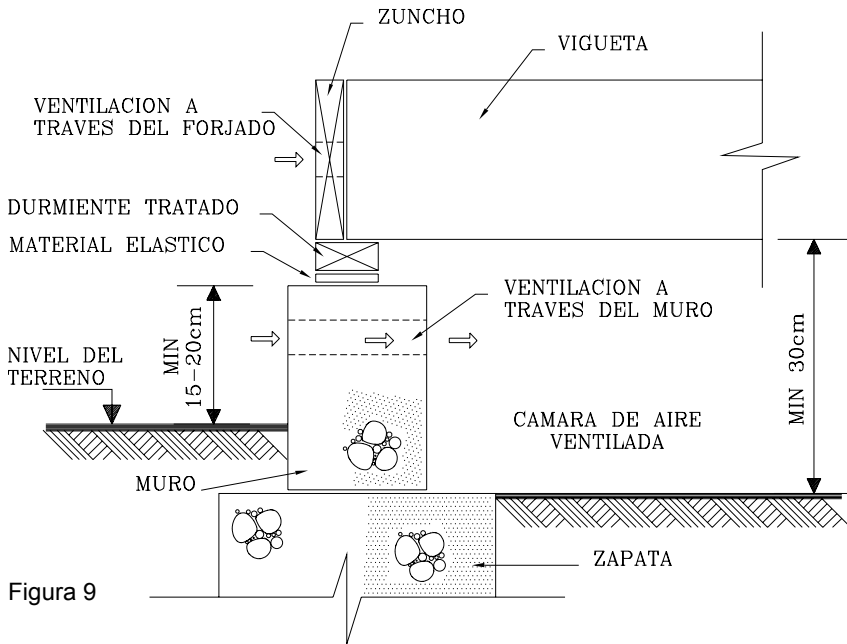


Figura 9



Entramado ligero



Muretes de fábrica de ladrillo o bloque

El espesor mínimo recomendado es de 200 mm y los requisitos de altura sobre el terreno son los mismos que para el hormigón (150 a 200 mm) (Figura 10).

Muretes de entramado de madera tratada

Pensando en países extremadamente fríos se han desarrollado sistemas de cimentación prefabricados de entramado de madera aserrada y tablero contra-

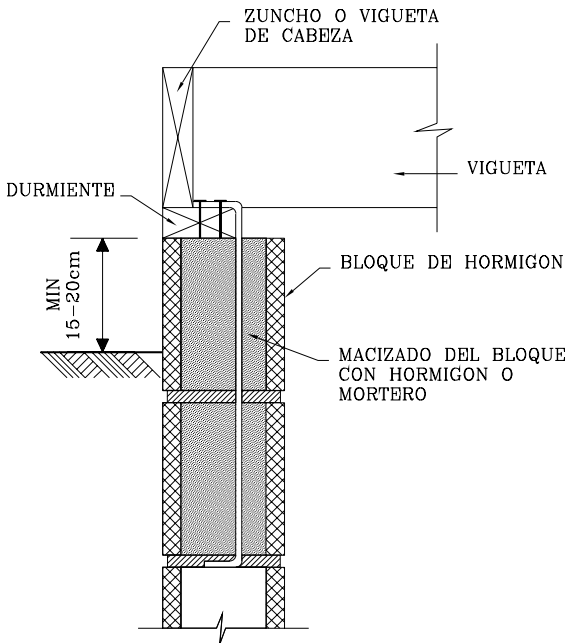


Figura 10

chapado. De esta forma se eluden los problemas de fraguado del hormigón.

Elementos y dimensiones

Son los mismos que para los entramados de muro: montantes de madera aserrada separados, según determine el cálculo (300, 400, ó 600 mm), traveseros, y cerramiento de tablero contrachapado (con un espesor mínimo de 12,7 mm).

Puesta en obra

El muro se apoya sobre una base de grava, cuidadosamente nivelada, a través de un durmiente o zapata corrida de madera. La profundidad de la cimentación dependerá de la capacidad portante del terreno.

En los países de clima muy frío, el nivel de apoyo deberá encontrarse por debajo del nivel de helada.

El tablero contrachapado que hace de cerramiento en el perímetro sólo llegará hasta 50 cm por debajo del nivel del terreno (Figura 11).

Otra posibilidad es que los montantes del muro llegaran directamente hasta la cimentación (Figura 12). En este caso el forjado apoya sobre un cargadero entre montantes. Esta solución reproduce el sistema de globo.

Protección

El espacio de la cámara debe estar convenientemente ventilado y protegido de la humedad del terreno con una lámina

impermeabilizante. Esta se coloca sobre el relleno de grava o bajo el forjado.

Tanto los montantes como el tablero contrachapado y el durmiente deben tratarse en profundidad con productos fungicidas.

El tablero contrachapado se clavará con la dirección de la fibra perpendicular a los montantes y se impermeabilizará en su cara exterior.

Las juntas (a media madera o machihembrada) irán selladas.

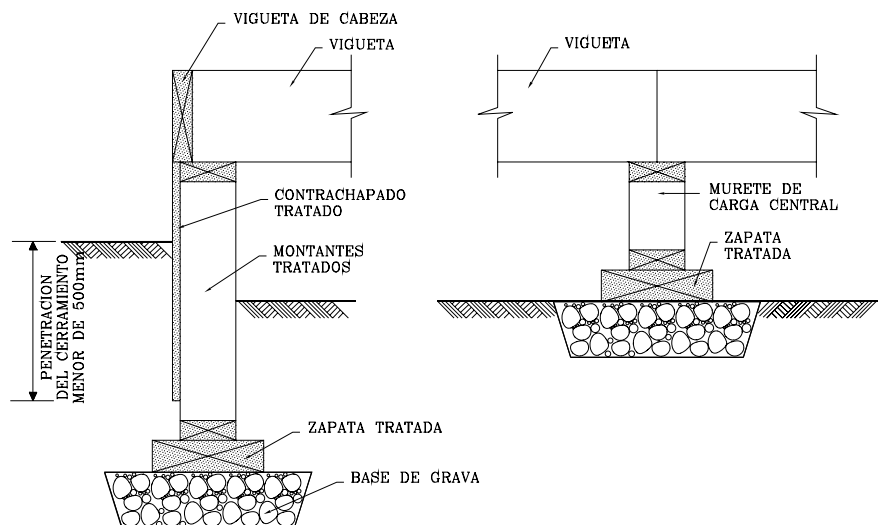


Figura 11



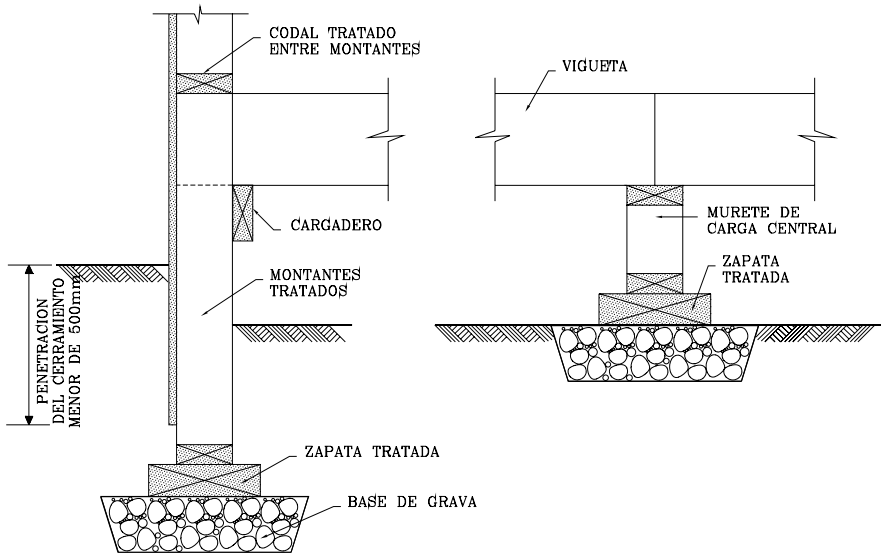


Figura 12

Cimentaciones para construcciones con sótano

En las construcciones con sótano la ejecución no difiere respecto a la edificación tradicional. En norteamérica se utiliza además el sistema de muros de madera tratada. La excavación se realiza en talud que se rellena posteriormente con un enchado de grava disponiendo un sistema de drenaje en la parte inferior. Las dimensiones del talud dependen de la altura del muro y del tipo de terreno, pero se aconseja una separación mínima en su parte inferior de 250 mm entre arranque del talud y muro.

Solera

La construcción de la solera es similar a los casos anteriores. Tendrá un espesor mínimo de 100 mm (normalmente entre 150 y 200 mm) y se apoya sobre un enchado de grava gruesa (con espesor de 15 a 30 cm) disponiendo una lámina impermeable entre ambos materiales.

En este caso la solera suele quedar sobre la cara superior de la zapata, para evitar una excavación más profunda. Entre el muro y la solera se dejará una junta de 25 mm que se sellará o se rellenará de arena (Figura 13).

La superficie de la solera debe tener una cierta pendiente hacia los puntos de desagüe.

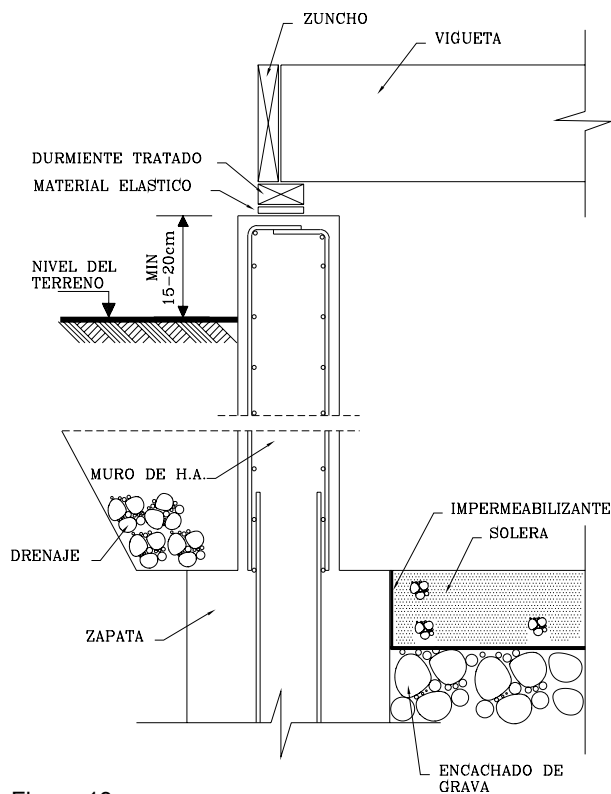


Figura 13

Muro de contención

El muro va desde la zapata hasta su parte superior que debe sobresalir del terreno entre 150 y 200 mm protegiendo así la fachada.

Como en los casos anteriores los muros de contención pueden ser de hormigón armado, de fábrica de ladrillo o de bloque y de entramado de madera tratada.

Muros de hormigón

No difieren en nada de la construcción tradicional.

Dimensiones

Los distintos Códigos establecen unas dimensiones mínimas dependiendo de las condiciones de carga y altura que varían entre 150 y 300 mm. Algunos criterios para el predimensionado se exponen en las tablas del Anexo 5.

Encofrado

Se utiliza normalmente tablero contrachapado pero no se excluyen otros materiales tradicionales. Los métodos de sujeción, separadores, juntas y apeos temporales del encofrado son también comunes a la construcción tradicional.





Enlace con el entramado

Los elementos de conexión con el resto del edificio suelen ser pernos metálicos embutidos en la cabeza del muro. Su pata tiene forma de garfio y su cabeza va roscada. Los pernos tienen un diámetro aproximado de 12,7 mm (1/2") y van separados unos 1800 mm, estando embebidos en el hormigón al menos 100 mm. Los pernos sujetan el durmiente de enlace sobre el que son recibidas las viguetas de forjado (Figura 14).

Cuando las vigas apoyan directamente en la cabeza del muro, han de dejarse unos cajeados especiales (Figura 15).

Impermeabilización

Se coloca una lámina impermeabilizante en la cara exterior del muro la cual tam-

bién cubrirá el vuelo de la zapata.

Muros de bloque

Los bloques son de hormigón vibrado y se fabrican con diferentes modulaciones, según los países.

Puesta en obra

El muro arranca directamente de la zapata con una capa de mortero un poco más gruesa de lo normal, pero nunca mayor de 2 cm.

Puede llevar embebidos pilares o machones, según lo requieran el cálculo y la estabilidad.

Para la apertura de huecos se utilizan las piezas especiales con que se pue-

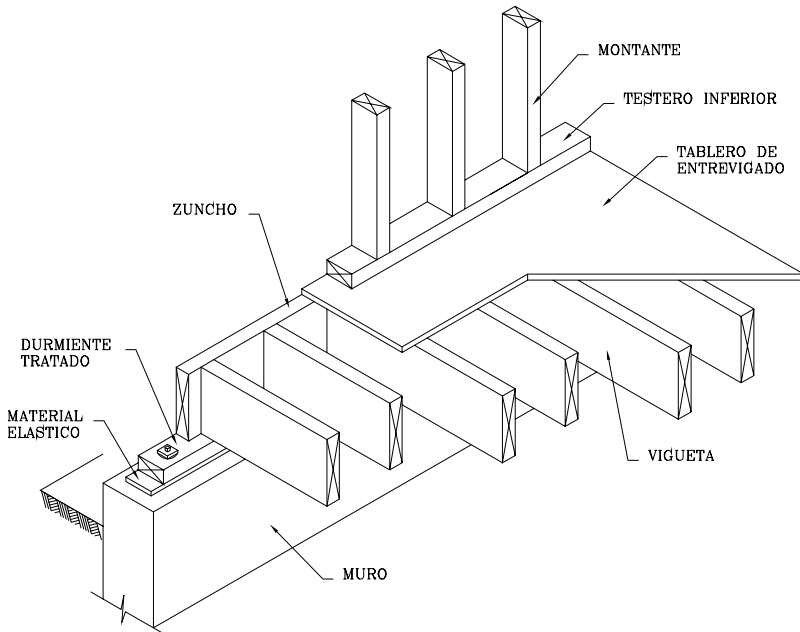


Figura 14

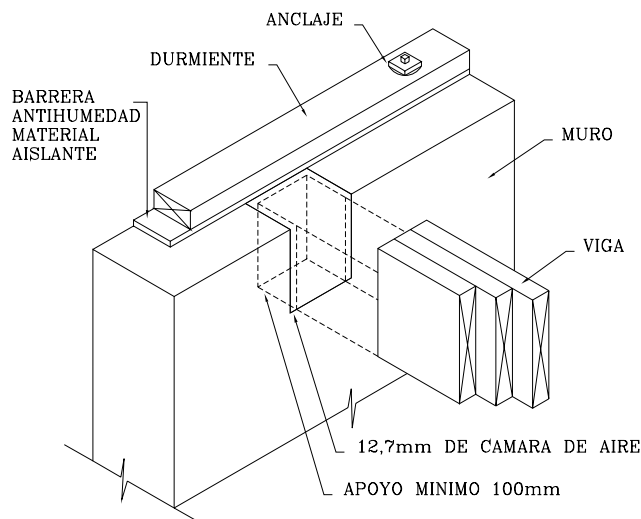


Figura 15

den configurar dinteles y jambas.

Enlace con el entramado

La hilada superior debe compactarse para atar mejor el conjunto y recibir el durmiente. Esto puede conseguirse macizando con hormigón vertido o utilizando piezas macizas especiales.

El anclaje se colocará en esa hilera compactada o en las juntas, cada dos bloques. Tendrá una longitud mínima de 400 mm y un grosor de 12,7 mm (1/2"). (Figura 10).

Impermeabilización

Se colocará una lámina impermeabilizante en la cara exterior del muro sobre una capa de mortero, y también cubrirá el vuelo de la zapata.

Aislamiento térmico

Se colocará horizontalmente y sirviéndose de unos rastreles de madera que

hacen de guía. Para más detalles ver Anexo 7.

Muros de madera tratada

Los muros de madera tratada están teniendo mucha aceptación en algunas regiones septentrionales, ya que ofrecen ventajas sobre el hormigón y la fábrica:

1. Se instalan más fácilmente en climas muy fríos, debido a su sistema de construcción en seco.
2. Se coloca más fácilmente la impermeabilización, el aislamiento térmico y demás conducciones.
3. Es prefabricable, por lo que puede colocarse por módulos.
4. Consigue una mayor continuidad con el resto del edificio de madera.



Elementos y materiales

Se utilizan los mismos que en el resto de los entramados de madera: montantes, traveseros y cerramientos de tablero estructural.

Los montantes han de ser de madera aserrada dimensionada (ver Anexo 1) y se colocan separados a 300 mm. Los tableros de cerramiento suelen ser de contrachapado, con la dirección de la fibra perpendicular al montante y con un

grosor mínimo de 12,7 mm (Figura 16).

En la figura 17 se describe este tipo de muro cuando soporta una fachada de ladrillo.

Impermeabilización

Tanto los montantes como el tablero y el durmiente, deben ser tratados en profundidad con protectores fungicidas.

El tablero además irá revestido en su

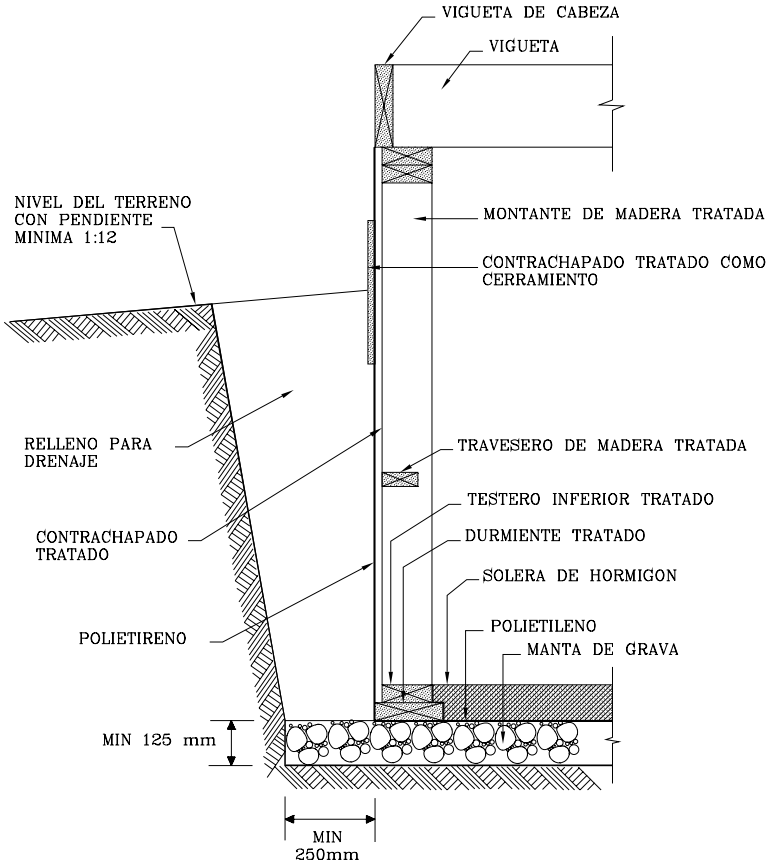


Figura 16

cara exterior con un impermeabilizante, y sus juntas (a media madera o machihembrada) deberán sellarse.

Aislamiento térmico

El aislamiento térmico se coloca en el hueco entre montantes, de la misma forma que en el resto de los muros del

edificio (Ver Anexo 7).

Puesta en obra

Los módulos prefabricados se colocan y fijan sobre un durmiente y se apean temporalmente hasta que se instale el forjado de la primera planta, que lo arriostrará definitivamente.

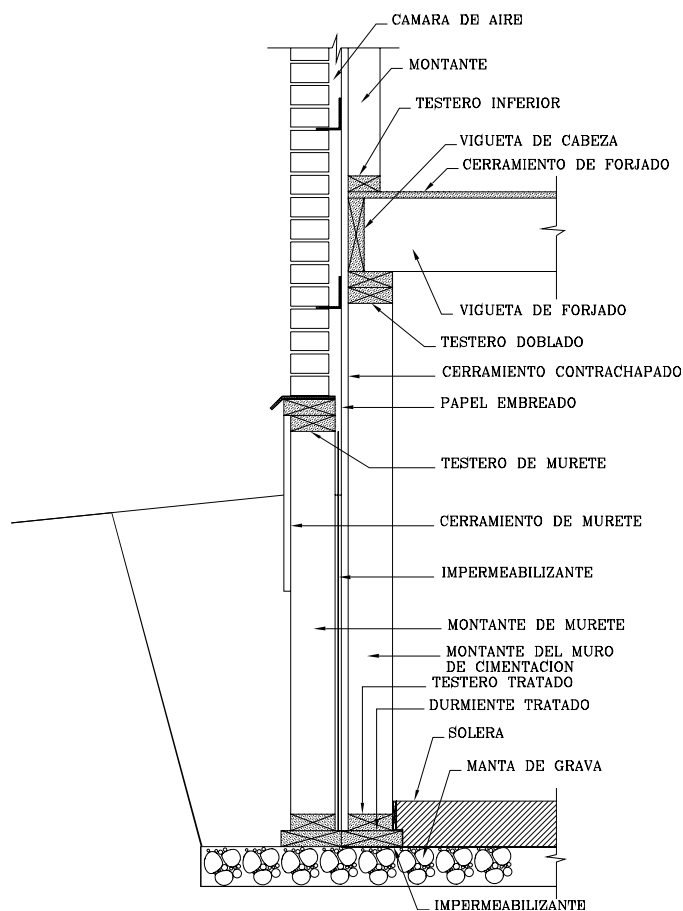


Figura 17



Entramado ligero



Forjados

Generalidades

La plataforma que constituye el forjado se arma con los siguientes elementos: viguetas y cerramiento de tablero. Se apoya sobre muros o vigas (Figura 18).

En el Anexo 2 se profundiza en todos los componentes y en su comportamiento estructural.

Viguetas

Viguetas de madera aserrada

Las viguetas del forjado tradicionales son piezas de madera aserrada, clasificadas estructuralmente y con escuadrías normalizadas, distintas en cada país.

En general se escogen calidades y especies de madera muy ajustadas a las exigencias requeridas lo que se traduce

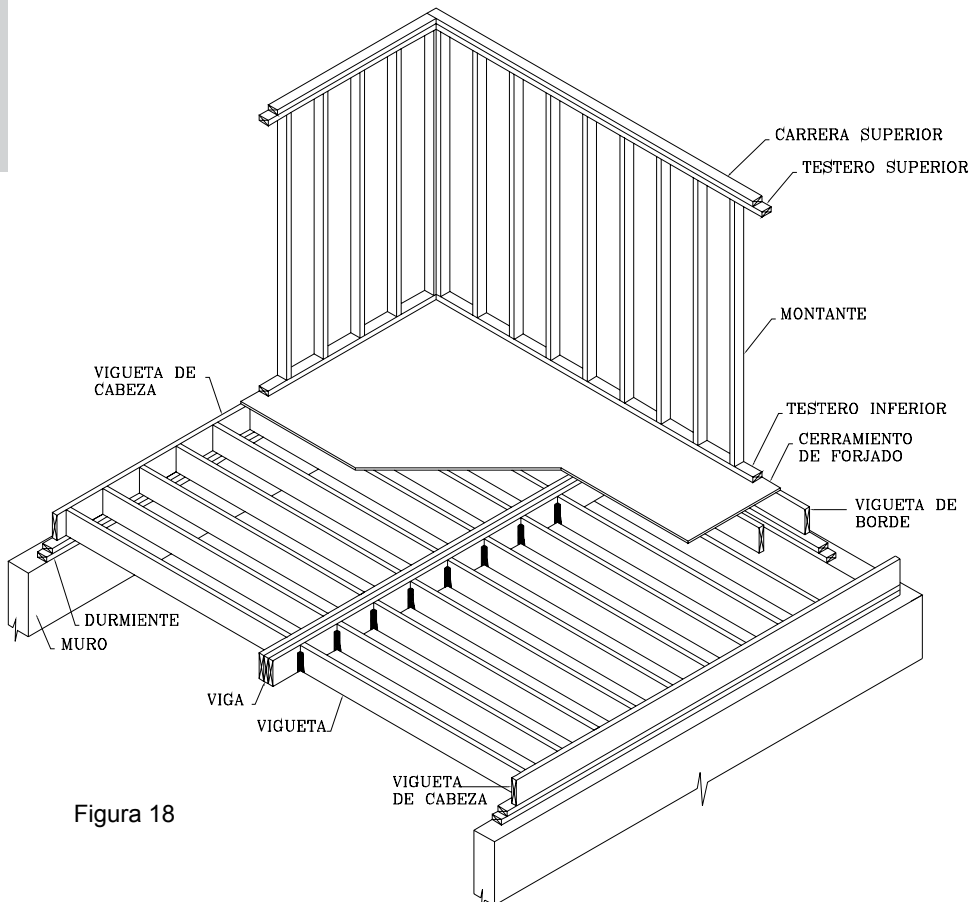


Figura 18

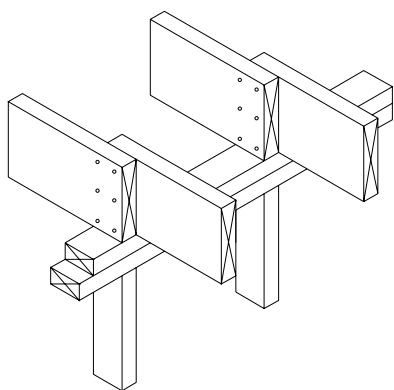
en una economía de material.

Los diferentes sellos de calidad de algunos países (EE.UU., Canadá y Escandinavia) permiten especificar perfectamente la madera aserrada a emplear.

Su contenido de humedad debe controlarse recomendándose no superar el 15%. Además no deben mezclarse piezas secas con piezas húmedas, aunque tengan la misma resistencia estructural, para evitar movimientos del entramado.

Viguetas en doble T

En la actualidad cada vez se emplean más las viguetas prefabricadas con sección en doble T. Están fabricadas con cabezas de madera microlaminada o maciza, y alma de tablero o de chapa metálica. Estas viguetas presentan la ventaja de su mayor longitud con lo que es fácil conseguir forjados continuos y luces mayores (ver Anexo1).



UNION DE VIGUETAS TRASLAPADAS

Figura 19

Para obtener más información consultar el Anexo 1.

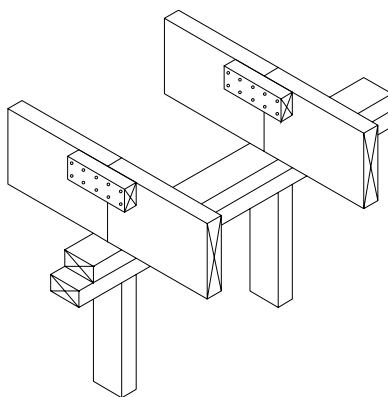
Organización y dimensionado

La separación habitual de las viguetas es de 400 mm. Esta puede aumentarse a 600 mm con cargas y flechas más suaves, o reducirse a 300 mm ante condiciones más exigentes.

Por razones de diseño se tiende a utilizar la misma modulación en forjados y muros.

Las viguetas se empalman o unen siempre sobre elementos de apoyo: muros o vigas (Figuras 19 y 20).

En el Anexo 5 se muestran las luces aconsejables en las distintas clases y secciones de viguetas con diferentes condiciones de carga.



UNION DE VIGUETAS A TESTAS



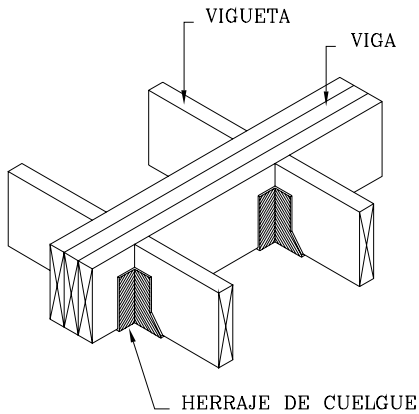


Figura 20

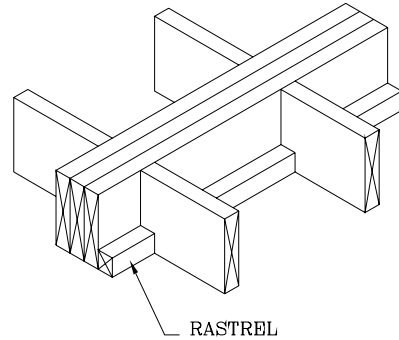
Vigas y cargaderos

Se pueden utilizar madera y productos derivados además de vigas metálicas.

Cargaderos y vigas de madera

Pueden ser de una sola pieza o formarse por la agregación de perfiles de madera aserrada. Este último sistema es el más habitual ya que se ejecuta con material muy accesible en obra. La viga normalmente se compone con 3 ó más perfiles clavados y las juntas de testa se realizan traslapadas preferiblemente sobre las superficies de apoyo o en un margen cercano al cuarto de la luz salvada.

Cuando las cabezas se empotran en muros (por ejemplo en el caso de la cimentación) debe cuidarse la ventilación dejando una pequeña holgura entre el perfil y el muro.



Además de la madera maciza puede utilizarse madera laminada encolada, que presenta la ventaja de no tener limitación de longitud, pero es más cara. Normalmente se utiliza madera laminada cuando se va a dejar vista.

Vigas de materiales derivados de la madera

Existen otros materiales a base de madera que se utilizan cada vez más frecuentemente como vigas u otros elementos estructurales: la madera microlaminada (LVL) y la madera laminada en tiras (PSL), cuyas características se detallan en el Anexo 1.

Con estos productos es posible dejar vanos de mayor luz y sustituyen con ventaja a la viga metálica.

En el Anexo 5 pueden encontrarse unas tablas de predimensionado para estos materiales.

Vigas metálicas

Ofrece la posibilidad de un menor canto, lo cual puede interesar en algunos casos.

Perforación de vigas y viguetas

Para el paso del cableado eléctrico, fontanería y aire acondicionado es necesario perforar piezas individuales y en serie.

Los taladros pequeños (cableado eléctrico y fontanería) no exigen refuerzo especial bastando con que la perforación se efectúe a una separación mínima de los bordes superior e inferior de 50 mm.

Los taladros y cajeados para el paso de instalaciones con mayores dimensiones se especifican en el Anexo 2.

Cerramiento del forjado o entrevigado

El cerramiento se soluciona habitualmente con tableros de distinto tipo, cuyos grosores dependen del material empleado y la separación de viguetas.

Las juntas se harán coincidir sobre éstas y se clavarán con separaciones en torno a 150 mm en los bordes y 300 mm en el interior. Además se desplazarán alternativamente y, dependiendo del canto del tablero, pueden resolverse con juntas a media madera, machihembrado o a tope (Ver Anexo 5).

También pueden utilizarse tablas. Una información más detallada puede encontrarse en el Anexo 3.

Armado del forjado

La plataforma se arma disponiendo la vigería a la separación de ejes elegida y rematada en las testas con la vigueta de cabeza.

En las soluciones de entrevigado con tablero contrachapado, éste se clava al borde superior de la vigueta de forma continua y en algunos casos, además, se encola.

Si se quiere que el tablero actúe como diafragma, además del clavado, deberá contarse con cubrejuntas en la dirección perpendicular a las viguetas, o bien resolverse el encuentro con junta machihembrada y encolada. Cuando se cumplen estas condiciones no es preciso añadir arriostramientos en el vano del forjado. Sin embargo es recomendable éste para facilitar el montaje porque sirven a la vez de guía para la modulación y estabilizan temporalmente las viguetas.

Cuando esto no es así, por ejemplo, cuando se utiliza un entablado u otra solución que no cumpla las condiciones anteriores, se deberán incorporar arriostramientos con los siguientes sistemas:

1. Cruces de S. Andrés (del orden de 19 x 64 mm ó 38 x 38 mm).
2. Codales del orden de 38 mm de grueso.



Entramado ligero



Situaciones especiales

Forjado sobre el que apoyan muros de carga

Cuando el muro es paralelo a las viguetas debe soportarse con una viga.

Cuando el muro es perpendicular a las viguetas no debe separarse más de

100 mm del apoyo del forjado. En otros casos debe recurrirse al cálculo.

Forjado sobre el que apoyan paredes sin carga

Si la pared es paralela a las viguetas, en la zona superior se colocarán travesaños intermedios de 38 x 89 mm, separados entre sí a una distancia inferior a 120 mm para poder fijarlo (figura 21).

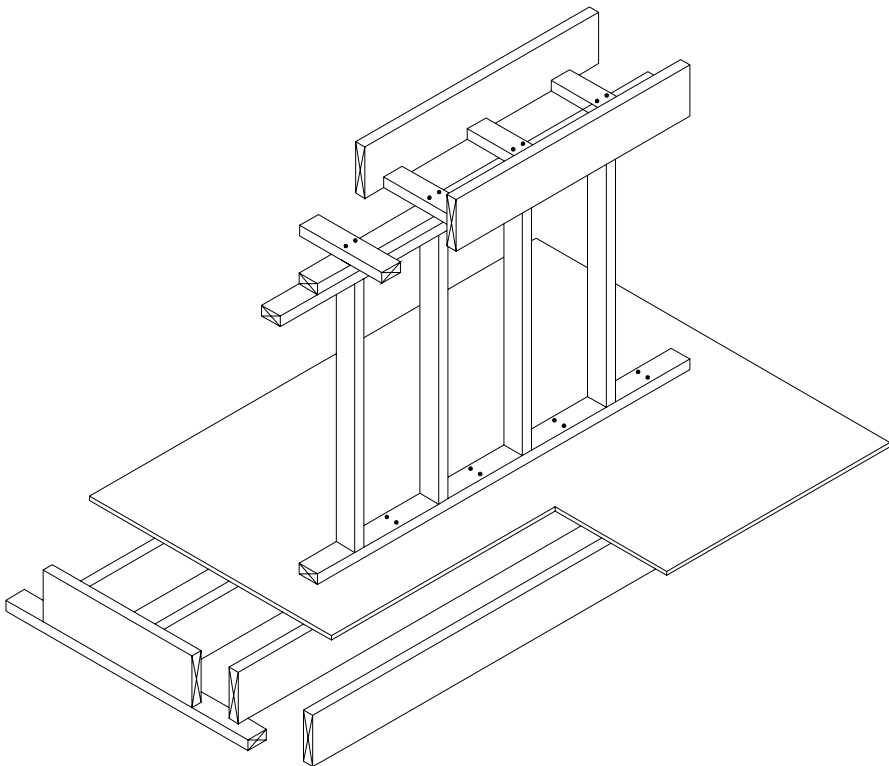


Figura 21

Si fuera necesario se colocará una viga o vigueta que la soporte. Si es perpendicular, simplemente se comprobará la capacidad portante de la vigueta, considerando esta carga.

Huecos en el forjado

En la apertura de huecos normales (escaleras, conducciones, etc) debe procurarse hacer coincidir éstos con la modulación y basta con doblar las viguetas (Figura 22).

Voladizos

El sistema plataforma permite pequeños voladizos, aunque estos no deben exceder de 400/600 mm dependiendo del canto de las viguetas empleadas.

Para otro tipo de voladizos habrá de recurrirse al cálculo. En el Anexo 2 se muestran las soluciones constructivas más interesantes.

Aislamiento térmico del forjado

Cuando sea requerido por las condiciones del local inferior (sótano, cámara de aire o locales no calefactados) se deben incorporar materiales aislantes, cuyas características y condiciones de instalación se detallan en el Anexo 7.

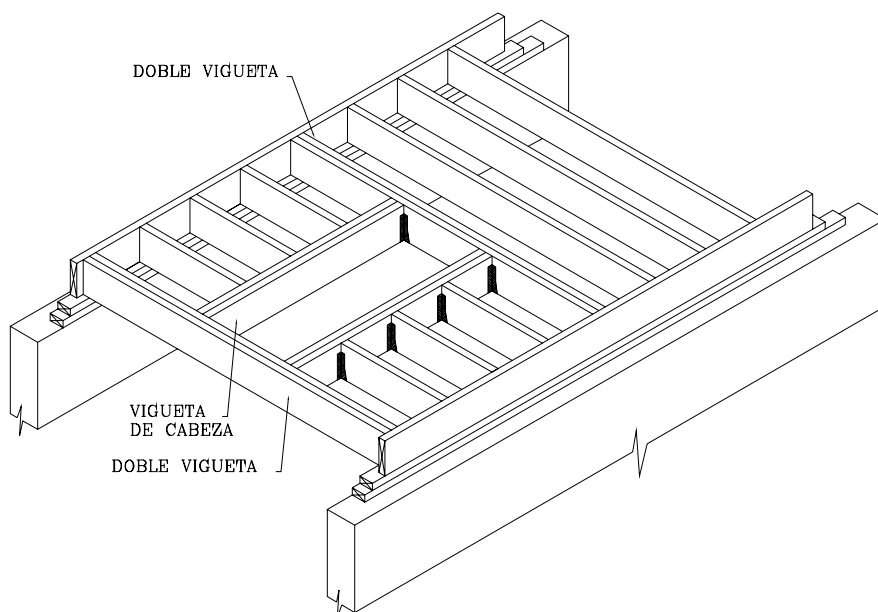


Figura 22





Aislamiento acústico del forjado

Cuando se requiera aumentar el aislamiento acústico, habrá de recurrirse a otros materiales y diseños específicos cuyas características se detallan en el Anexo 7.

Entramado de muros y paredes

El entramado de muros está constituido por todo el conjunto de piezas verticales, horizontales e inclinadas. Las piezas verticales se denominan montantes, las horizontales, travesaños (testeros superior e inferior, y dinteles), y las inclinadas, riostras (ver Anexo 2 y figura 23).

Generalmente los muros exteriores reciben un cerramiento en la cara exterior y un revestimiento interior, y los interiores

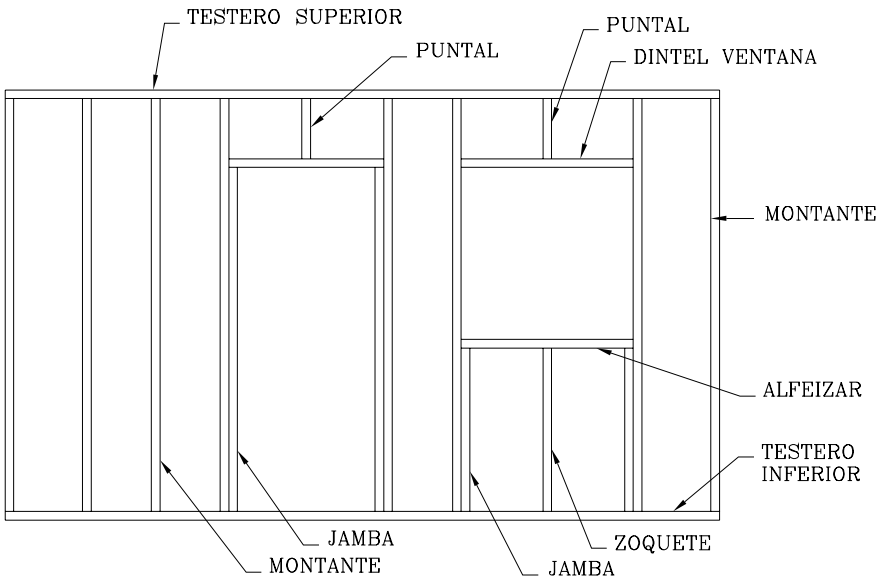


Figura 23

un revestimiento en ambas caras.

En el sistema globo (ballon frame) los montantes verticales tienen una altura de dos plantas y van clavados al durmiente que se ancla en la cimentación. Las viguetas de forjado se clavan a cada montante lateralmente. Cuando este entramado está armado, se clavan traveseros horizontales entre montantes para dar mayor capacidad resistente a la unión.

Montantes

Son piezas de madera aserrada de dimensiones normalizadas clasificadas estructuralmente y dispuestas verticalmente.

Características de los montantes

En general se escogen calidades y especies de madera muy ajustadas a las exigencias requeridas lo que se traduce en una economía de material.

Los diferentes sellos de calidad de algunos países (EE.UU., Canadá y Escandinavia) permiten especificar perfectamente la madera aserrada a emplear.

Su contenido de humedad no debería exceder del 15%. Además no deben mezclarse piezas secas con piezas húmedas, aunque tengan la misma resistencia estructural, para evitar movimientos del entramado.

Cálculo

La separación a ejes habitual es de 400 mm aunque pueden aumentarse a 600 mm o disminuirse a 300, en función de las cargas a soportar y de las escuadrías disponibles. Se tiende a utilizar la misma modulación que en forjados y muros para facilitar el diseño y montaje.

Las escuadrías más típicas son 38 x 89 y 38 x 140 mm.

En el Anexo 5 se muestran las separaciones para diferentes escuadrías y condiciones de carga, tanto en muros exteriores como interiores.

Armado de los muros

Los módulos de paredes se arman, generalmente, antes de su erección (bien in situ o en fábrica).

Aunque puede hacerse posteriormente, lo habitual es que, una vez armados los elementos, se coloque el cerramiento. Además de que el clavado es más sencillo, se evitan descuadres durante la instalación. También es conveniente colocar en ese momento el aislamiento.

Todas las piezas han de tener el mismo ancho y, preferiblemente, el mismo grueso.

Los huecos para puertas y ventanas pueden ejecutarse en esta fase, aunque lo normal es que se practiquen al final, cuando se vaya a recibir la carpintería.





Cerramiento del muro

El cerramiento es la cara exterior del entramado y se clava directamente a éste. Sirve de soporte del revestimiento exterior y recibe el aislamiento.

El cerramiento se soluciona con tableros (contrachapado o de virutas) o tablazón. En el Anexo 3 se establecen sus características y su separación entre montantes.

Los tableros se colocan, generalmente, de forma vertical para que coincida su dimensión con la altura total del muro. Si se disponen horizontalmente se han de alternar las juntas.

Las separaciones de clavado son similares a las de forjados: en torno a 150 mm en los bordes y 300 mm en el interior. Para la tablazón se siguen criterios similares a los de los forjados (ver Anexo 6).

Erección de los muros

Como se ha dicho anteriormente, existen dos sistemas para erigir el entramado: con o sin cerramiento.

Erección del entramado sólo

En este caso se debe rigidizar el entramado antes de levantarlo. Normalmente se consigue con riostras a 45°.

Tras colocarlo en su posición y apearlo temporalmente, se clava el testero superior al forjado.

Cuando los muros están escuadrados y aplomados, se unen entre sí trabando las esquinas e intersecciones con otros muros. Finalmente se añade un segundo testero o carrera de reparto superior cuyas juntas se desplazan respecto de las inferiores (ver Figura 24).

Este segundo testero normalmente solapa en las esquinas e intersecciones. Cuando esto no es posible, se utilizan placas metálicas clavadas.

Todos los muros y tabiques deben unirse de esta manera.

Finalmente se clava el cerramiento.

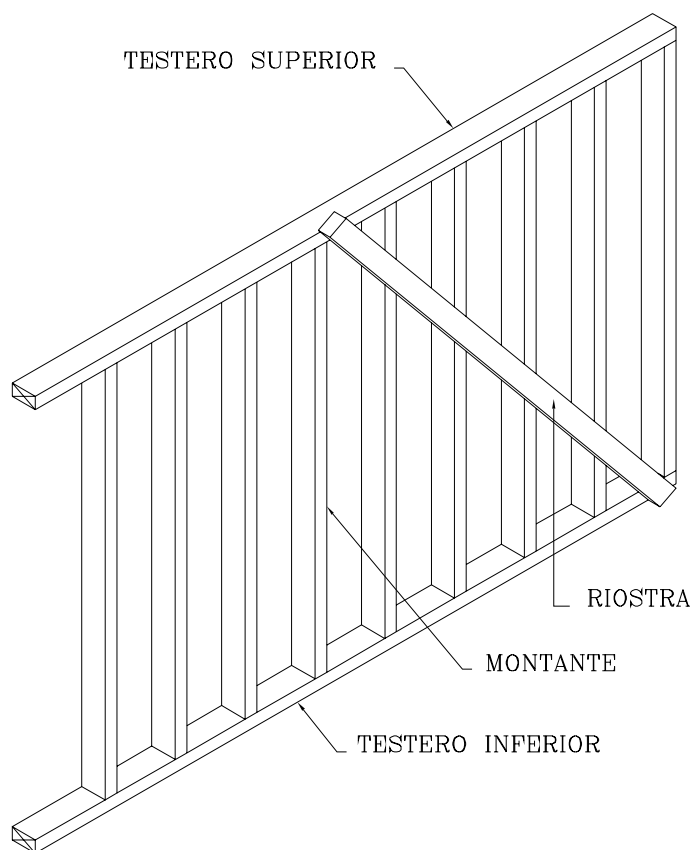


Figura 24





Erección de la plataforma completa

Los muros se levantan enteros o por módulos y van completos (entramado, cerramiento, y en algunos casos aislamiento). Se apuntalan temporalmente mientras se ajustan los contiguos, con los que quedarán trabados. Los encuentros de esquina han de estudiarse con anterioridad, siguiendo los mismos criterios enunciados en el Anexo 3 (ver Figura 25).

Debe dejarse una junta de expansión de 2 a 3 mm entre tableros para evitar el abombamiento de las plataformas por efecto de la eventual hinchazón del tablero.

Enlace entre muros y forjados

El forjado apoya directamente sobre la cabeza del muro de planta baja. Constituye una nueva plataforma sobre la que se levanta el muro de la siguiente planta (Figura 26).

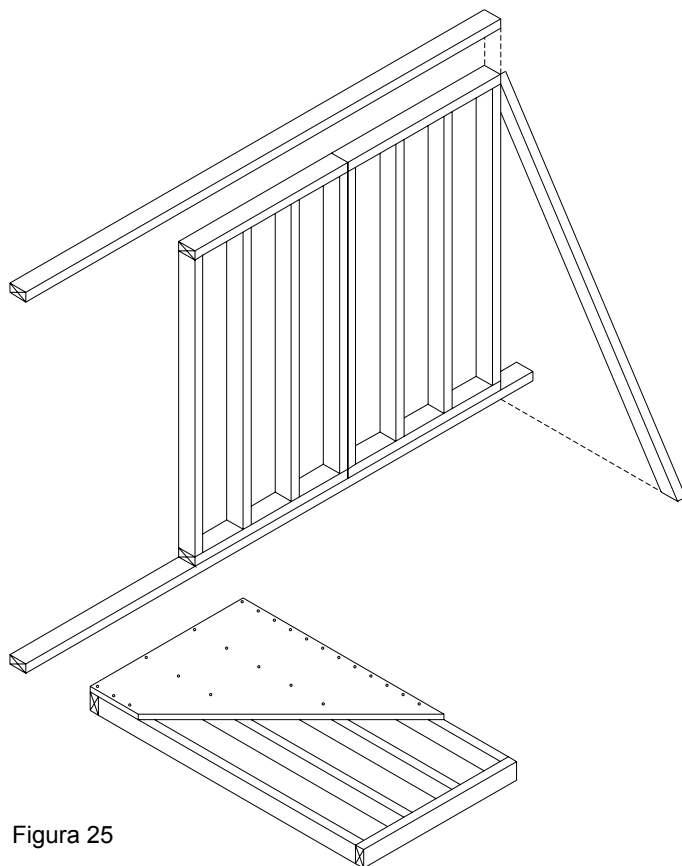
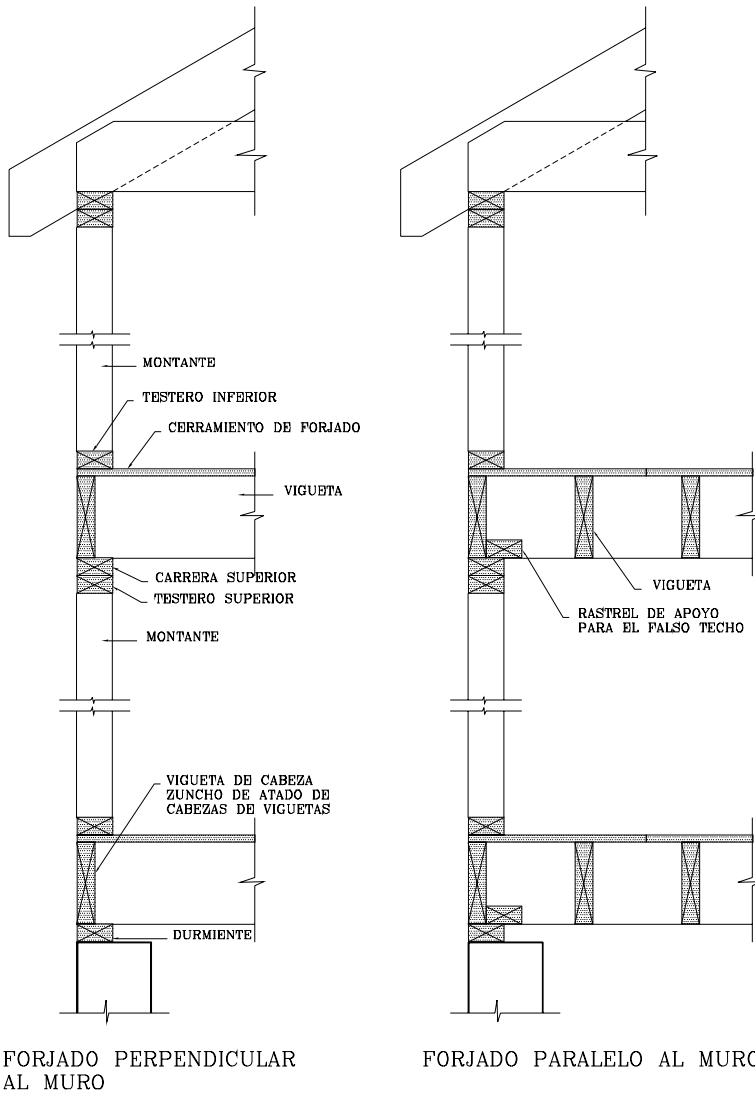


Figura 25



FORJADO PERPENDICULAR
AL MURO

FORJADO PARALELO AL MURO

Figura 26



Entramado ligero



El apoyo del forjado en el muro se describe en la figura 27, y en la 28 y 29 se indican dos posibles soluciones del encuentro del forjado en el borde paralelo a las viguetas.

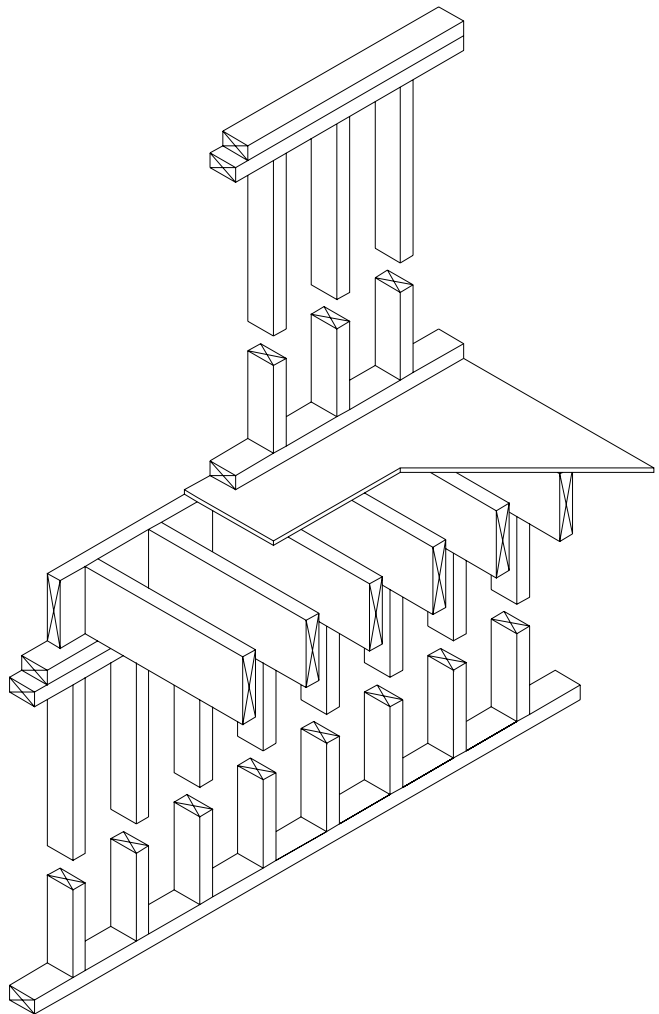


Figura 27

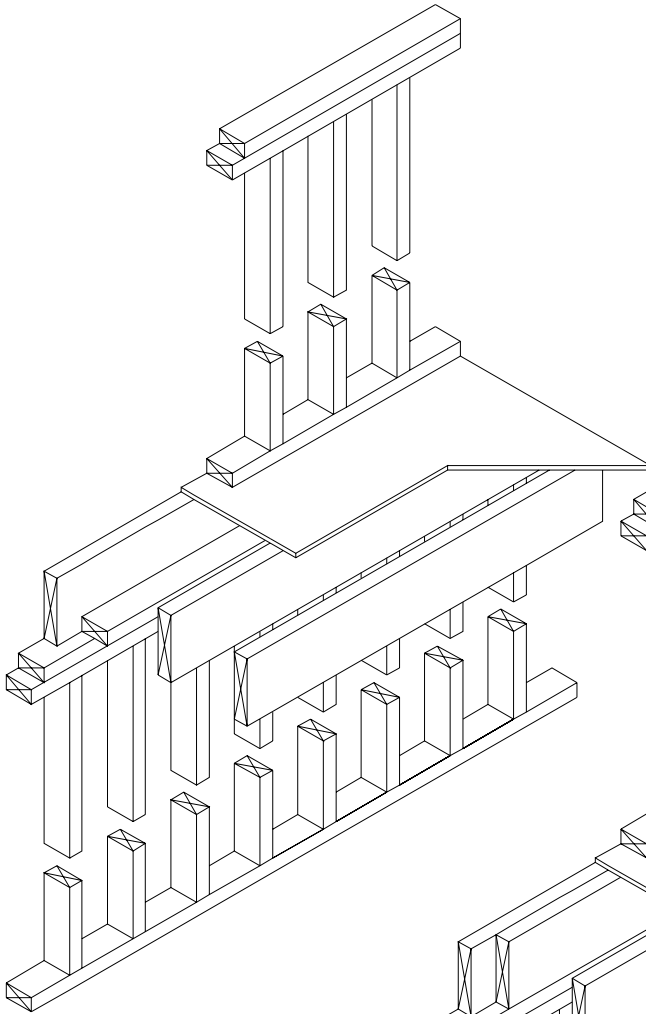


Figura 28

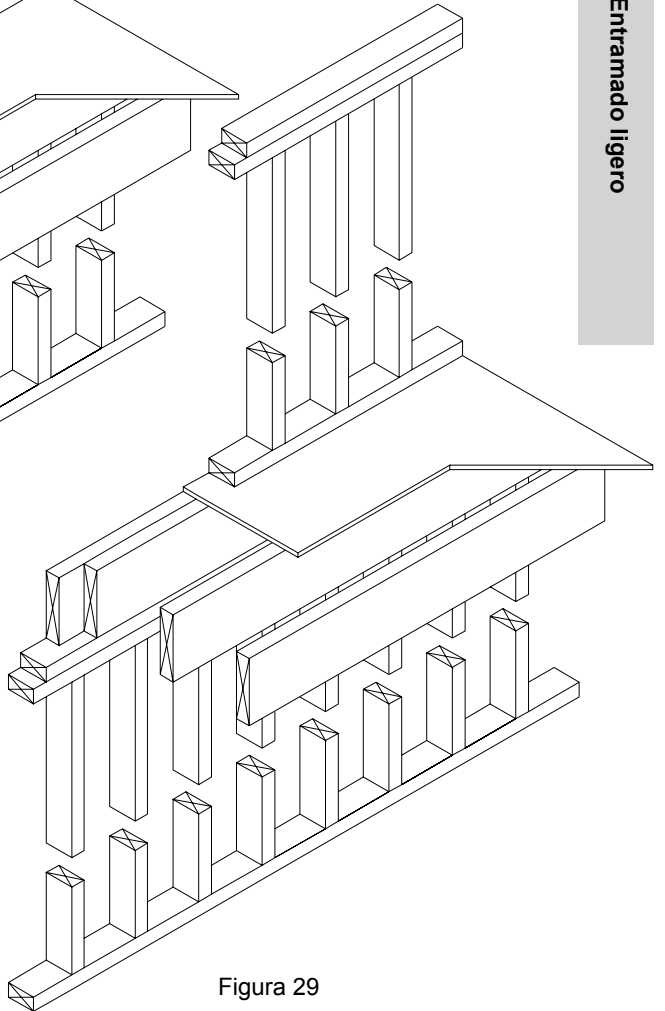


Figura 29



Entramado ligero



Aislamiento térmico

Las dimensiones habituales de muros permiten un aislamiento suficiente, rellenando la cavidad del entramado con una manta de aislante. En situaciones especiales pueden arbitrarse otras soluciones, como por ejemplo, añadir un aislante rígido en la cara exterior de los montantes o incrementar el ancho del montante para colocar una manta más gruesa.

El aislante se tiende a fijar antes de la erección para evitar dañar la manta durante su manipulado.

El Anexo 7 recoge más información sobre este tema.

Barrera al aire

En climas muy fríos o con factor de viento importante es preciso instalar una lámina que evite el flujo de aire hacia el interior originado por la diferencia de presiones. Puede instalarse en cualquier punto del muro y debe permitir el paso de la humedad.

Si esta membrana se identifica con la barrera de vapor debe aumentarse su grosor y colocarse en la parte más cálida del muro, delante del aislante. Evidentemente ya no debe ser permeable al vapor.

El material más corriente es el polietileno en láminas. Ver Anexo 7 para ampliar esta información.

Papel respirante

El paramento debe revestirse con una lámina resistente al agua pero permeable al vapor. Su función es proteger al cerramiento proporcionando una segunda barrera tras el revestimiento frente a la lluvia y el viento.

Debe ser permeable al vapor de agua para permitir su difusión en el caso de que, eventualmente, éste haya penetrado en la cavidad del muro.

Generalmente se utiliza una lámina de papel tipo Kraft que se coloca horizontalmente con solapes de 100 mm en las juntas. La disposición vertical es también posible.

Cuando cerramiento y revestimiento se identifican, se precisan dos láminas de papel respirante. Ambas se grapán (en este caso verticalmente) con solapes de 100 mm.

También puede utilizarse papel asfáltico y papel de láminas de aluminio.

Algunos tableros vienen ya de fábrica con esta lámina adherida.

Para más información puede acudir al Anexo 7.

Revestimiento exterior de muros

Los revestimientos son de vital importancia para el aspecto final y la durabilidad de la edificación. La envolvente exterior determina la expresión formal

de lo diseñado y será importante la elección de un material y una textura adecuados para reforzar las intenciones del proyecto. Junto con la cubierta, es el elemento que está más expuesto a las condiciones atmosféricas, por lo que debe tener una resistencia adecuada.

detallan en el Anexo 7.

Materiales de revestimiento

Debido a su gran influencia en la apariencia del edificio y el coste de mantenimiento, se debe seleccionar con especial atención.

Se pueden utilizar materiales tradicionales como entablados de madera, tableros contrachapados, tejas de madera, enfoscados, fábrica de piedra y ladrillo, o materiales sintéticos como revestimientos vinílicos, chapas metálicas, etc.

Debido a que el revestimiento se encuentra expuesto a la humedad, debe dejarse una distancia de seguridad de 200 mm sobre el nivel del terreno y 50 mm a la superficie de la cubierta más próxima (por ejemplo en encuentros de muro y faldón).

Los métodos de cubrición de paredes y las características de sus materiales se describen en el Anexo 4.

Aislamiento acústico

En algunos muros, especialmente interiores, se precisa aumentar esta característica.

Algunas soluciones constructivas se



Entramado ligero



Cubiertas y tejados

Existen dos tipos básicos de cubiertas: las planas y las inclinadas siendo las primeras las que tienen una inclinación menor de 1:6.

Cubiertas inclinadas

Se solucionan normalmente con cerchas prefabricadas.

Cerchas prefabricadas

Ofrecen muchas ventajas, tales como la fiabilidad, la rapidez de ejecución y la economía de material.

Proporcionan un entramado para el cerramiento y una cavidad para el aislamiento. Su ventilación es sencilla a través de los sofitos de los aleros y de las aberturas en los muros piñones.

Generalmente salvan la luz total sin apoyos intermedios, con la consiguiente flexibilidad del diseño interior (Figura 30).

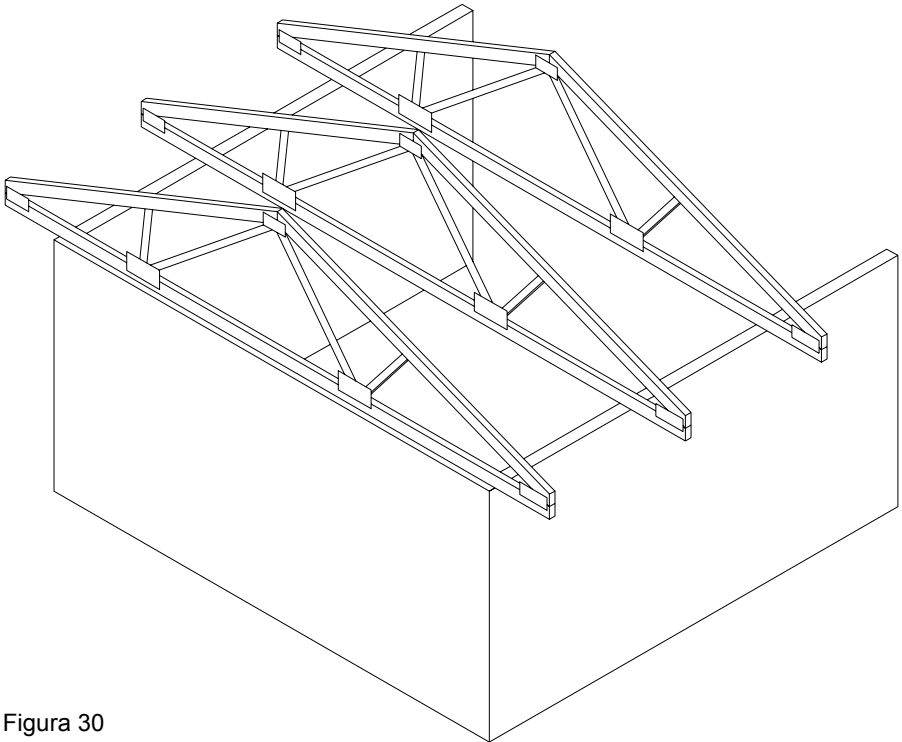


Figura 30

Existen piezas especiales de catálogo para porches, mansardas, voladizos y otras soluciones-tipo.

La escasa separación entre las armaduras, hace que no sea preciso un segundo orden de piezas (correas) y pueda salvarse la luz sólo con un cerramiento de tableros. El arriostamiento en el plano de cubierta se consigue con el propio tablero de cerramiento, que forma un diafragma.

La cercha está compuesta por pares, tirante y barras de celosía.

Las piezas son de madera aserrada y se enlazan en los nudos mediante placas metálicas dentadas armadas en fábrica. La solución con cartelas de tablero contrachapado clavadas sigue estando vigente y es fácil de realizar en obra.

Se escogen especies y calidades con las exigencias mínimas para cada aplicación, buscando el ahorro de material (ver Anexo 1). Existen diferentes Sellos de Calidad, con los que la madera puede seleccionarse para los requisitos resistentes de cada pieza.

El contenido de humedad no debe exceder del 19%, aunque el ideal es el 15% y no deben mezclarse maderas secas con húmedas, para evitar movimientos del entramado.

Cálculo

Las cerchas prefabricadas salvan luces comprendidas entre 6 y 16 metros con separación variable entre ejes - 400, 600, 1200 mm - siendo 600 mm la más frecuente.

En algunas cubiertas, habitables parcialmente, el tirante de la cercha hace también de vigueta de forjado, aunque estas soluciones se limitan a cargas reducidas.

Cuando la luz a salvar es pequeña, se puede levantar la armadura de cubierta en obra. En este caso la solución estructural es de par e hilera, añadiendo el tirante que hace las veces de vigueta.

Este tirante-vigueta se coloca sobre los muros exteriores e interiores, anclándose a ellos. Después se adosan los pares a los tirantes clavados por el costado. De esta forma se resisten los empujes que provocan las piezas inclinadas (Figura 31). En algunos casos se añaden nudillos para acortar el vano de los pares.

Colocación

El manejo de las cerchas requiere una serie de precauciones.

- El traslado y colocación debe hacerse siempre en posición vertical para evitar descuadres laterales.

- Si tienen menos de 6 m de luz pueden moverse a mano, pero para luces mayores se requieren varios operarios o el empleo de equipos mecánicos. Primero se instala la cercha correspondiente al muro piñón que se apuntala desde el suelo y después, sucesivamente, se colocan todas las demás.

- Todas las piezas se van clavando a la carrera de reparto o testero superior del entramado. Cada cierta distancia debe disponerse un arriostamiento .



- El enlace de las cerchas sobre el muro debe solucionarse mediante anclajes, para prevenir posibles efectos de succión del viento (Figura 32).

Algunos detalles constructivos para cubiertas se muestran a continuación: encuentro de lima tesa (figura 33), en-

cuentro de lima hoya (figura 34) y aleros (figura 35).

Cubiertas planas

Este sistema es más caro y complicado de ejecución.

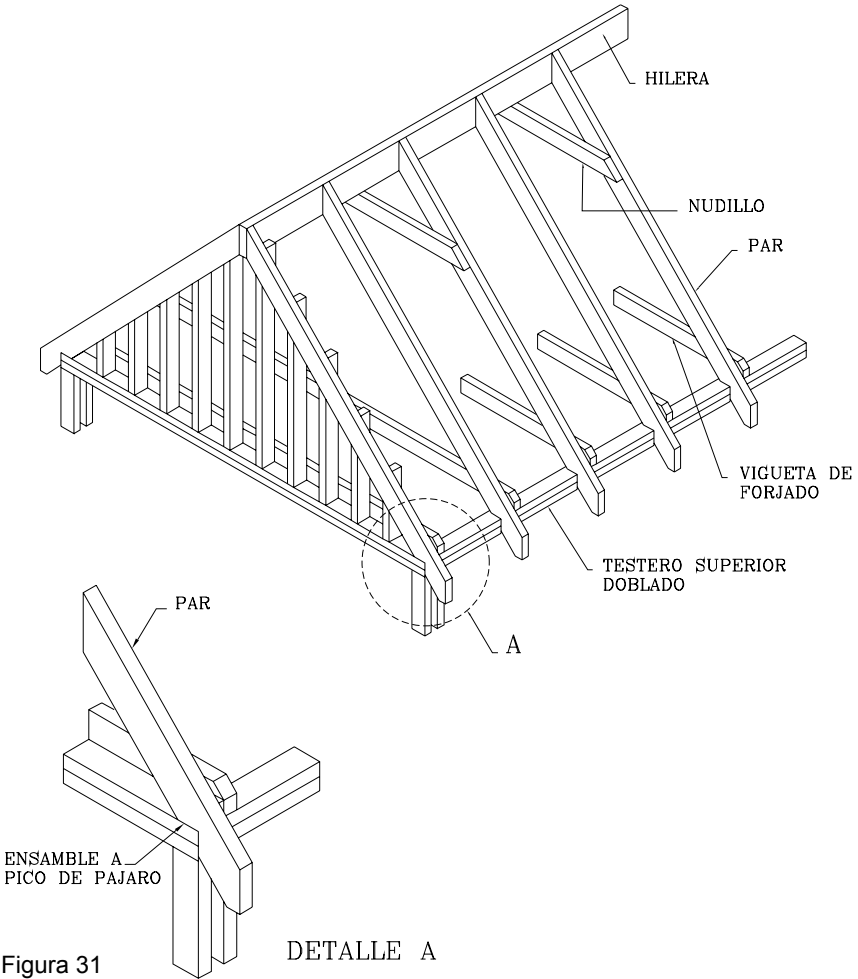


Figura 31

DETALLE A

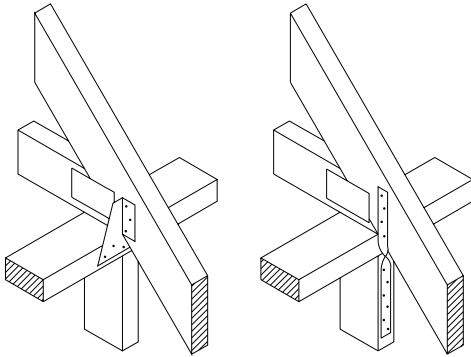


Figura 32

Estructuralmente no se distingue de un forjado normal salvo en su mayor canto (ya que ha de alojar una cámara de aire suficientemente ventilada) y en la pendiente para evacuar aguas.

Cerramiento de la cubierta

Se sigue el mismo proceso y se utilizan los mismos materiales que en muros exteriores (tablero contrachapado y de virutas o tablas de madera clavadas al entramado).

Este cerramiento sirve de soporte de la cubrición o tejado y ata lateralmente las cerchas que dan forma a la pendiente. (Figura 36).

Colocación del cerramiento

Se usan tableros contrachapados y de virutas con la dirección de la fibra u orientación de virutas perpendicular a la dirección de las cerchas. Los tableros van clavados a los pares de la cercha y

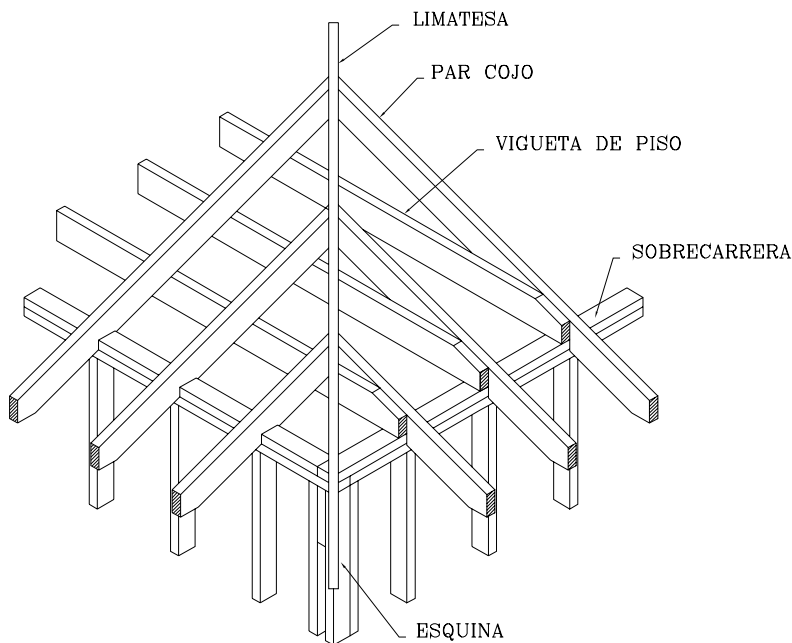


Figura 33



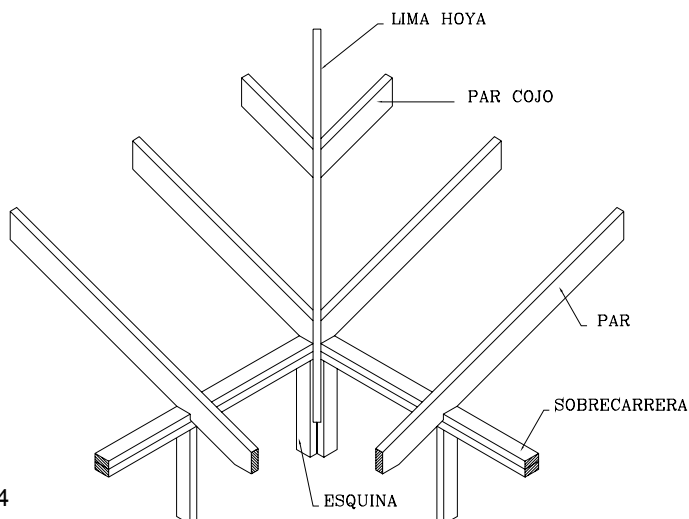


Figura 34

sus juntas coincidirán sobre éstos.

Estas juntas van desplazadas de una hilada a otra y se clavan con separaciones de 150 mm en el exterior y 300 mm en el interior. Debe dejarse una separación entre los tableros de 2 a 3 mm para que puedan moverse libremente.

El cerramiento también puede realizarse con entablado continuo o discontinuo dependiendo del tipo de recubrimiento.

Una información más completa puede encontrarse en el Anexo 3.

Detalles constructivos especiales

Apertura de huecos

En los huecos de la chimenea el tablero debe estar separado unos 50 mm del

muro. Si la salida de la chimenea es exterior puede reducirse la separación a 12 mm.

Limatesas y limahoyas

El cerramiento debe ajustarse lo más posible para conseguir una junta adecuada con el revestimiento posterior.

Revestimiento de la cubierta

El revestimiento de la cubierta se instala tan pronto como el cerramiento esté concluido y antes que ningún otro revestimiento del edificio. Esto proporciona un espacio de trabajo estanco y resguardado en el interior, además de proteger los propios materiales que integran la cubierta.

Los materiales empleados deben tener una larga durabilidad y ser resistentes al agua.

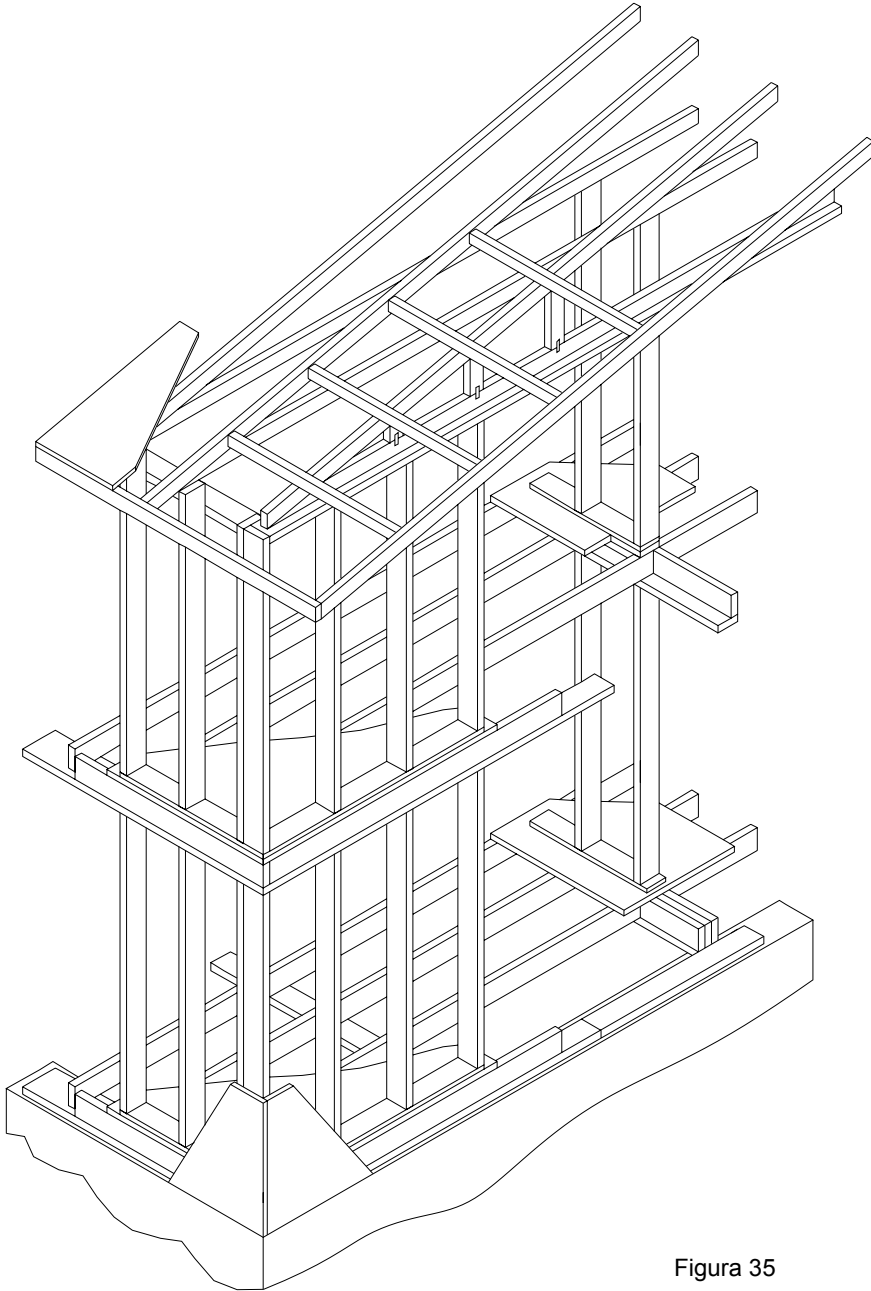


Figura 35



Entramado ligero

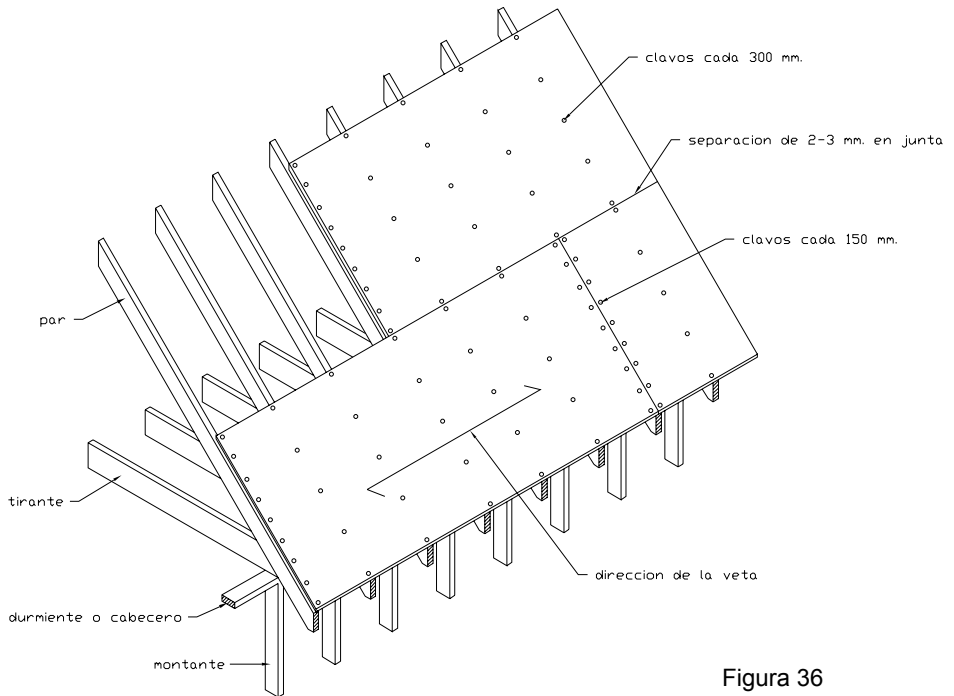


Figura 36

Las tejasas asfálticas y cerámicas y las chapas metálicas (acero galvanizado y aluminio) son los recubrimientos más frecuentes

Han de cuidarse dos aspectos: el solape y la superficie de exposición de cada pieza, así como la solución constructiva de los aleros.

En el Anexo 4 se da una información comparativa de los materiales convencionales.

Aislamiento térmico de la cubierta

En la cubierta es donde con más faci-

lidad se produce la condensación por lo que es particularmente importante la ventilación y una barrera de vapor.

El aislante puede colocarse en la zona de los pares dejando aislada la cavidad bajo cubierta. El riesgo de condensación se da en el faldón.

La otra posibilidad, más frecuente por ser cerchas que no permiten crear una buhardilla, es colocar el aislante en el plano de los tirantes y se deja ventilada la cavidad, para evitar la condensación y mejorar el comportamiento térmico.

El cerramiento va protegido con una lámina impermeabilizante.