

# Casas de entramado pesado



## Generalidades

- Características diferenciadoras del sistema
- Principios estáticos
- Ensamblajes

## 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)

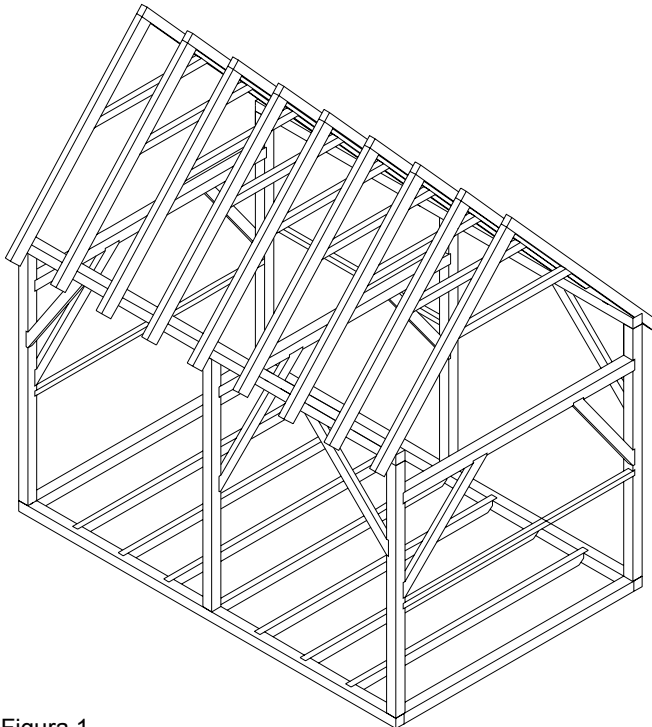


Figura 1

### 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 <sup>1</sup>.

### **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.

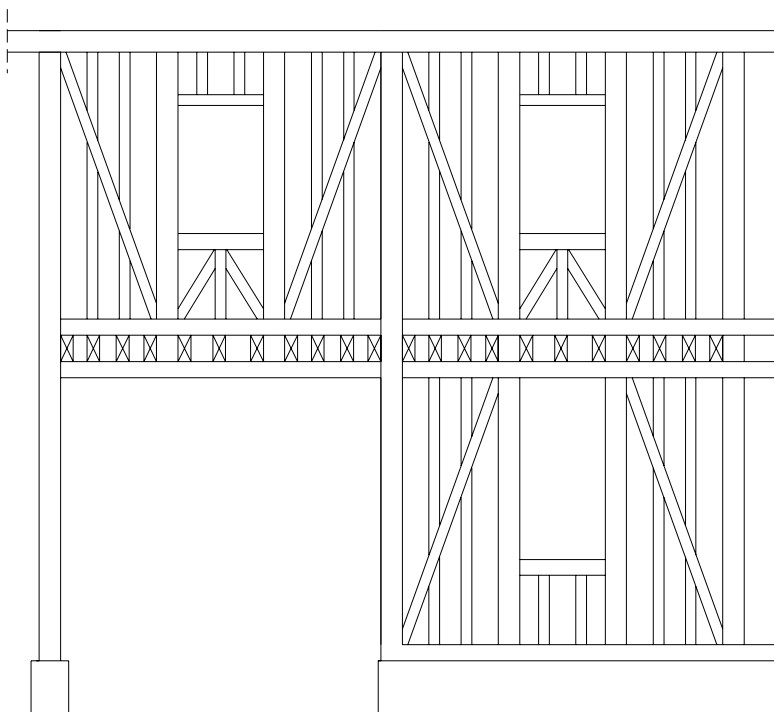


Figura 2



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.

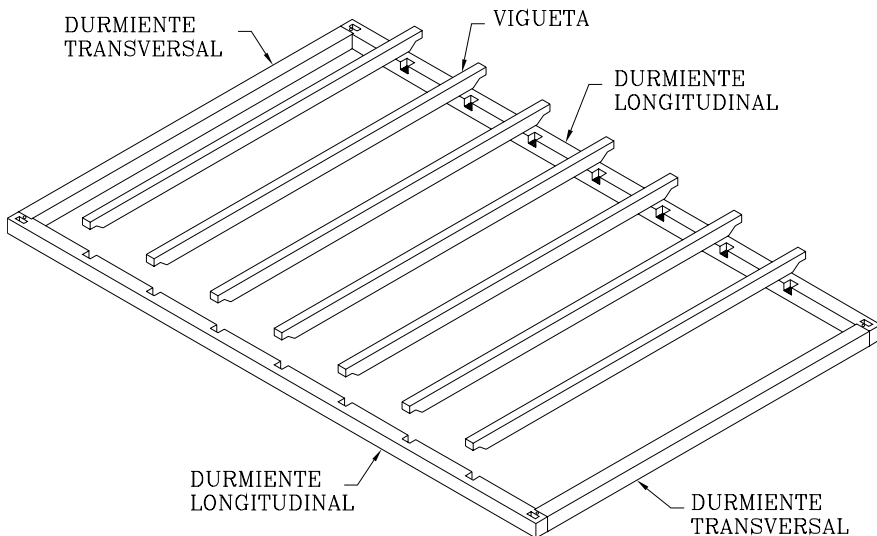


Figura 3



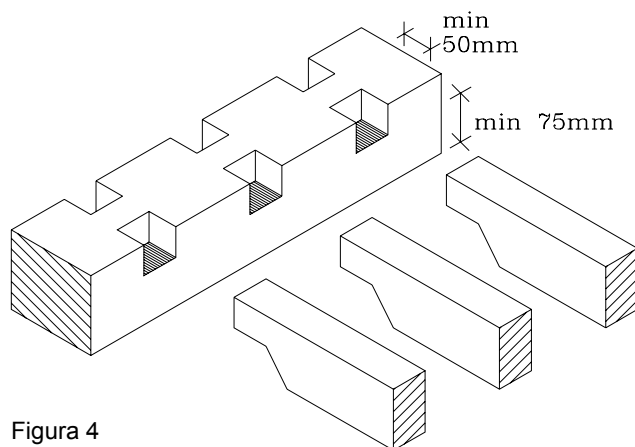


Figura 4

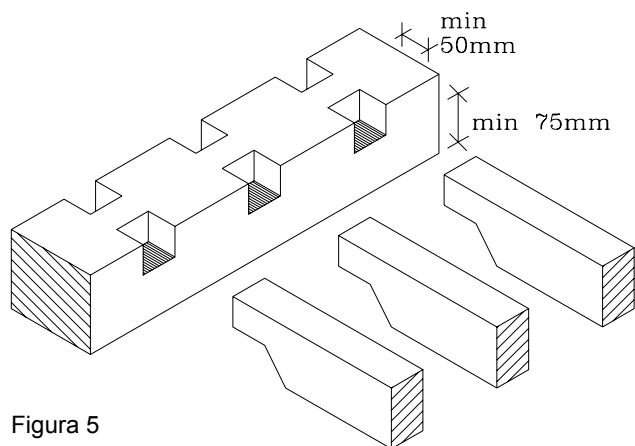


Figura 5

## 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

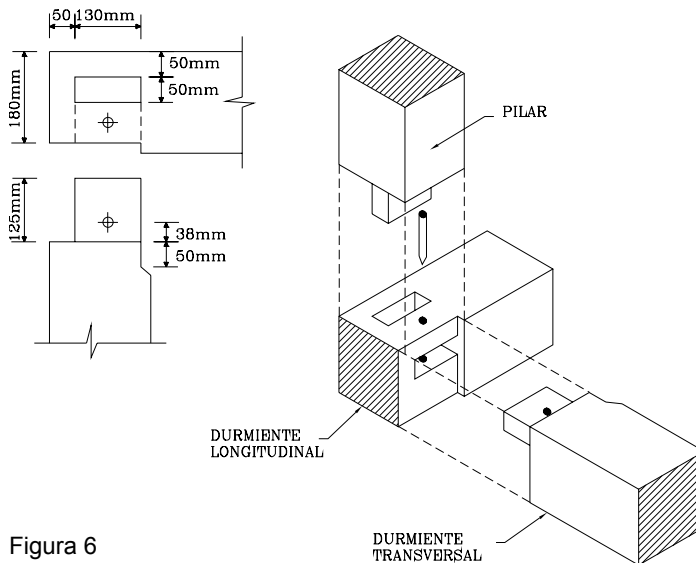


Figura 6

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-

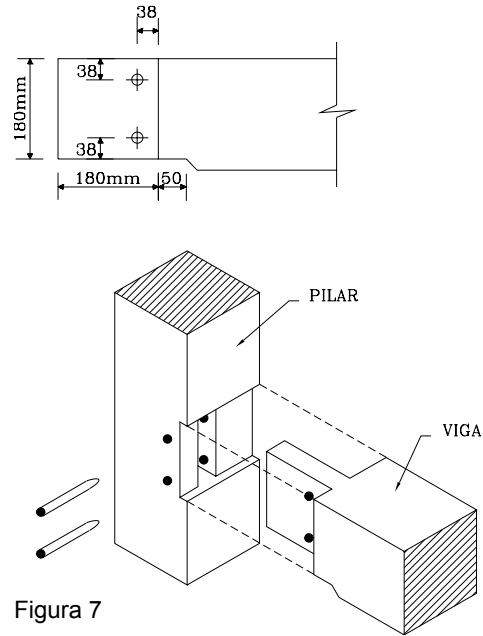


Figura 7

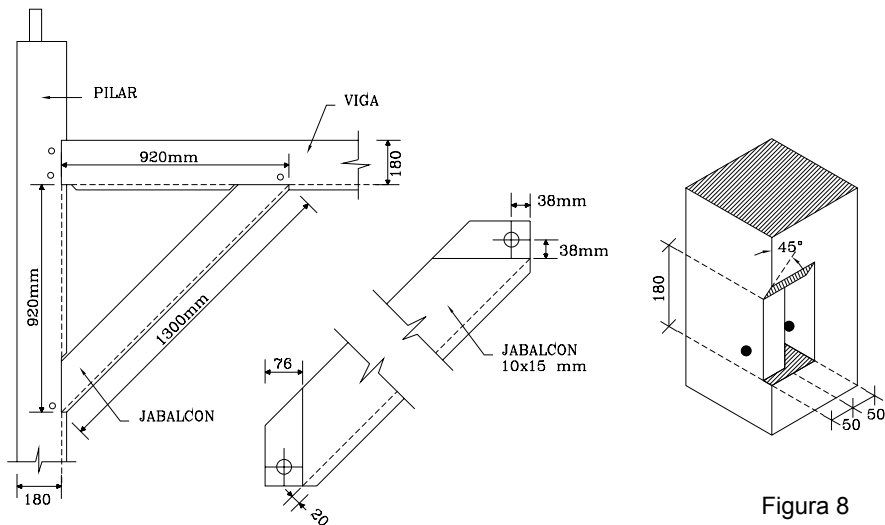


Figura 8

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.

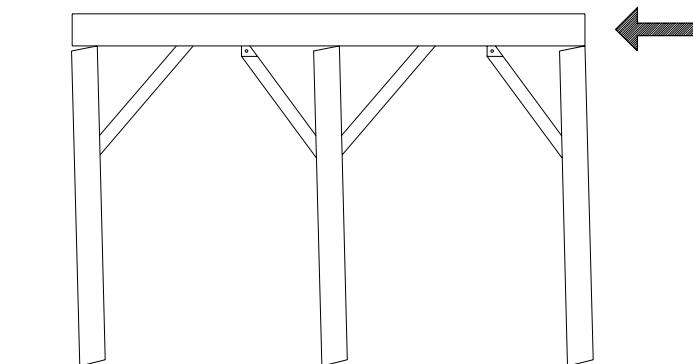


Figura 9

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.

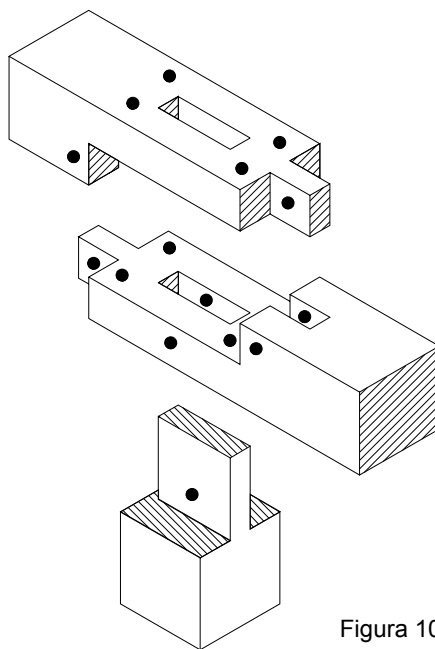


Figura 10

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.



Entramado pesado

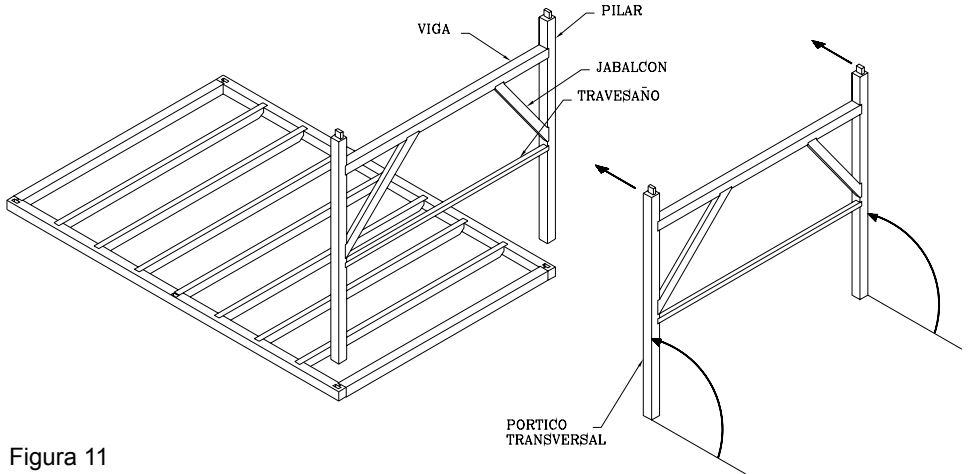


Figura 11

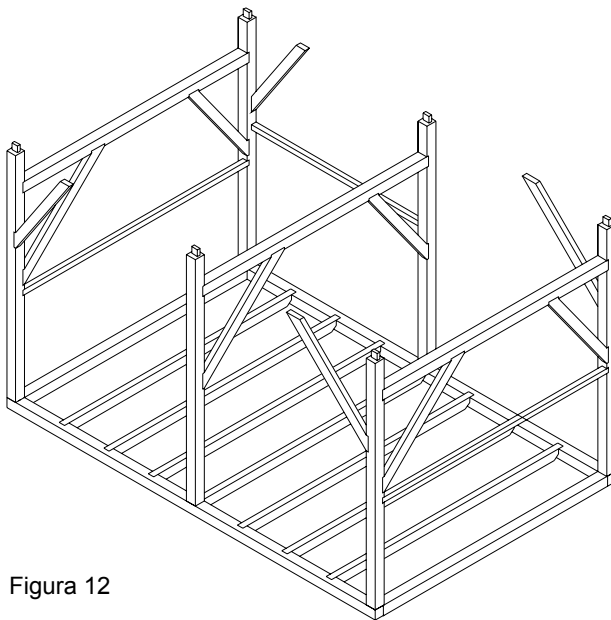


Figura 12

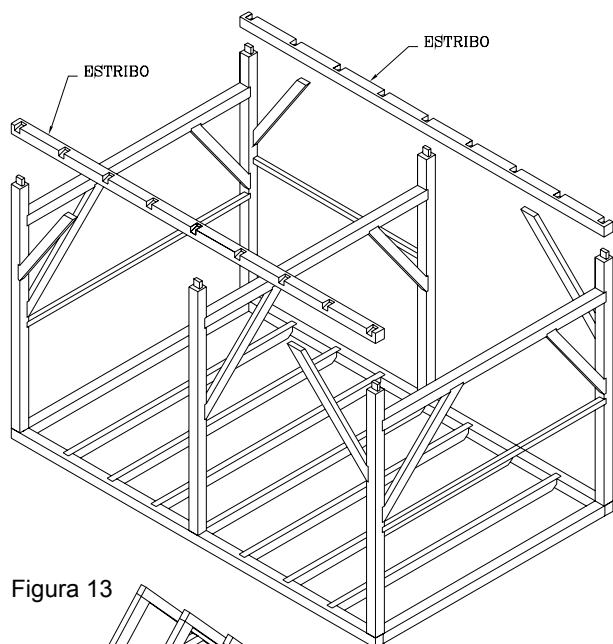


Figura 13

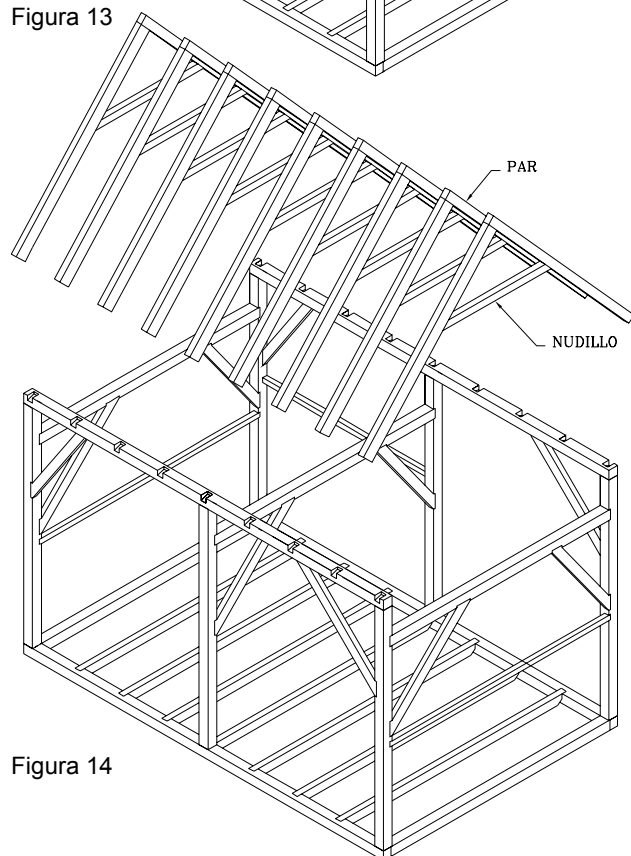


Figura 14



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

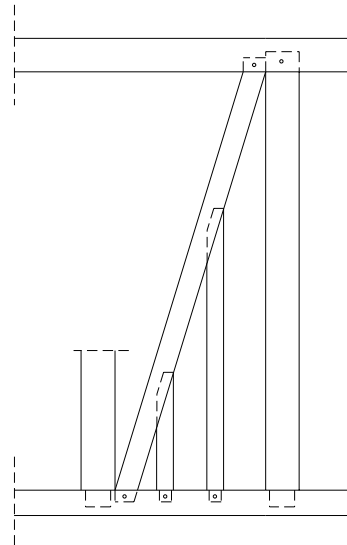
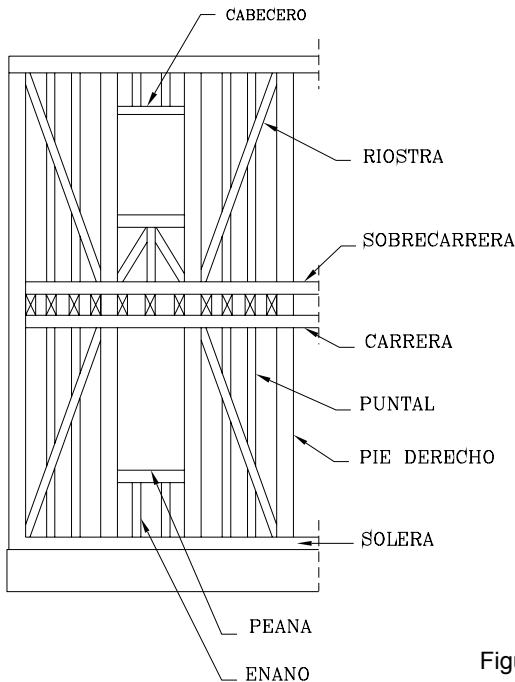


Figura 15



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

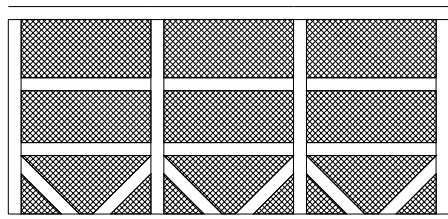


Figura 16a

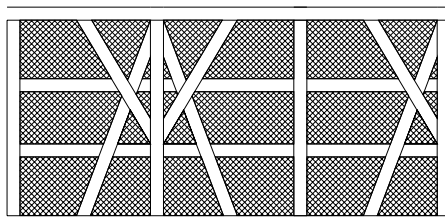


Figura 16c

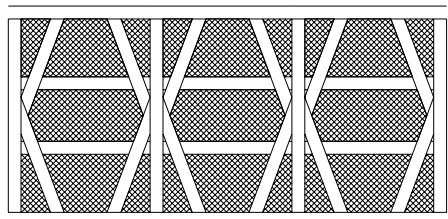


Figura 16b

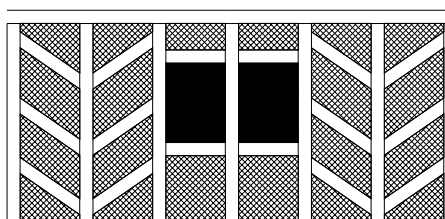


Figura 16d

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-

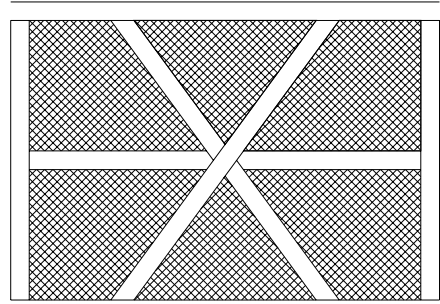


Figura 16e

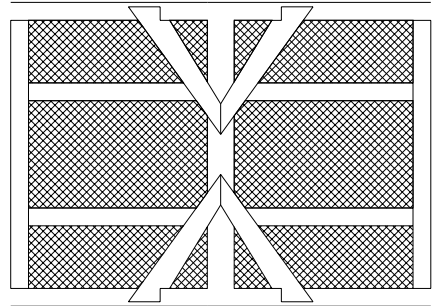


Figura 16f

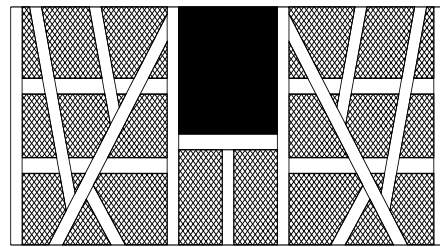


Figura 16g

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. Tapiales<sup>2</sup> de trenzado de junco o varillas recubiertos con argamasa<sup>3</sup>
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).

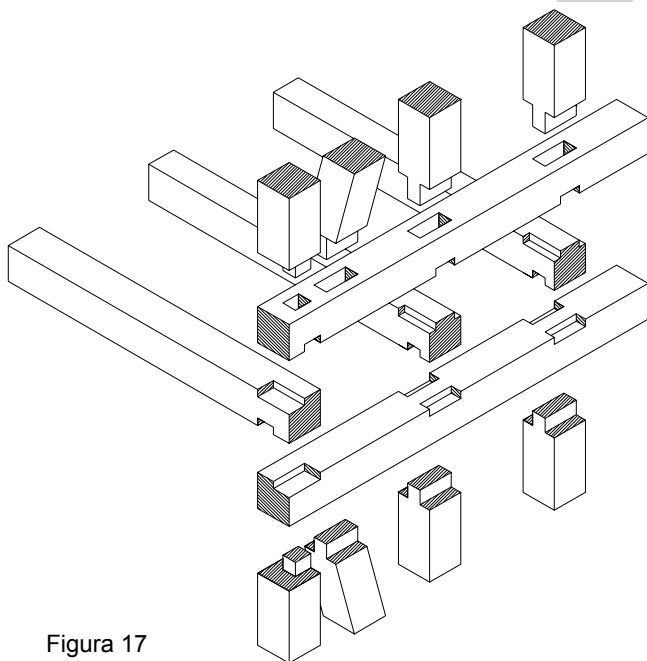


Figura 17

## 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.

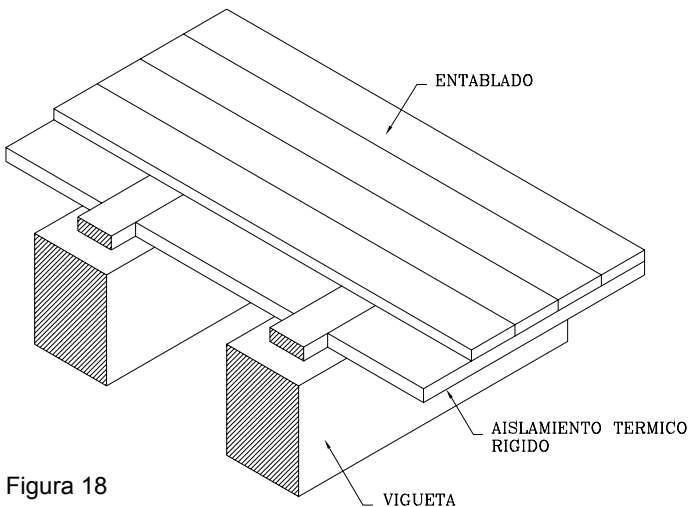


Figura 18

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).

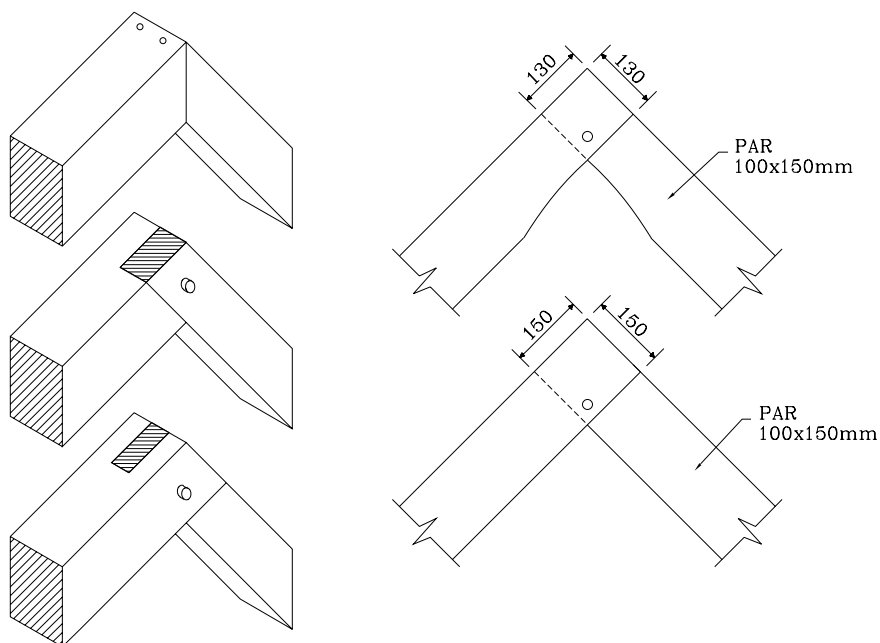


Figura 19

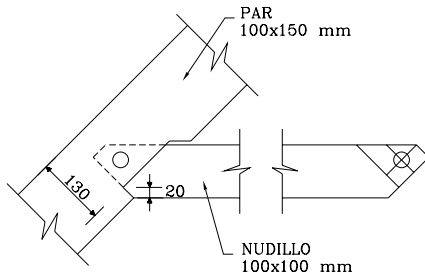


Figura 20

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.

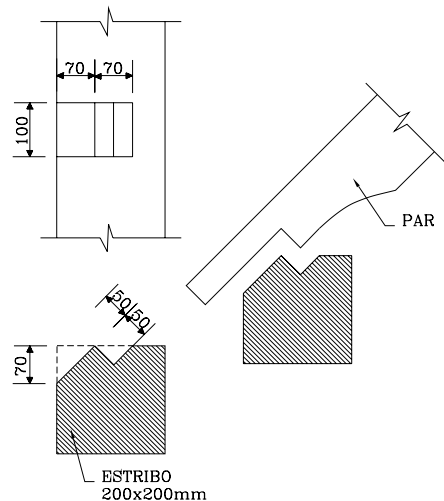


Figura 21

### 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 jabalón) 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 tablazón. 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**