

# Anexos

Anexo 1	Materiales
Anexo 2	Entramados
Anexo 3	Cerramientos
Anexo 4	Revestimientos
Anexo 5	Cálculo
Anexo 6	Sistemas de unión
Anexo 7	Aislamiento
Anexo 8	Bibliografía
Anexo 9	Suministradores



A



# Entramados

2

- 2.1 Muros
- 2.2 Forjados
- 2.3 Cubiertas

A



# Entramado de muros

Este Anexo tiene como objeto mostrar de forma gráfica la tipología y los detalles constructivos de uso más frecuente, y técnicamente más convenientes, del sistema de entramados verticales. Aunque el Anexo tiene entidad propia, se debe completar con la información general de los sistemas constructivos (capítulos 1, 2 y 3) y con los de los otros entramados (forjados y cubiertas). En particular en lo que se refiere a la compatibilidad dimensional y modulación.

En este documento se va a desarrollar fundamentalmente -salvo referencia expresa- el sistema plataforma.

## Definiciones

### Entramado

Disposición constructiva basada en la utilización de piezas estructurales de tipo lineal, que se organizan para constituir un nuevo conjunto estructural. El término proviene de "trama", conjunto de hilos que forman un tejido.

### Muro

Elemento constructivo vertical formado por un entramado que se forra con un cerramiento. Este cierre contribuye al trabajo estructural del elemento. Se escoge esta denominación por simplificación, aunque puedan utilizarse, en ocasiones, otros nombres genéricos

como paredes y tabiques.

Hay que hacer notar que estos últimos se aplican en general al muro sin funciones resistentes. El término muro no distingue específicamente la función portante y la de simple división.

## Componentes

Un muro está constituido por un conjunto de elementos, cada uno realizando una función precisa en cuanto a transmisión de cargas y/o soporte del revestimiento exterior e interior (Figuras 1 y 2).

### Montante

Elemento vertical que transmite las cargas provenientes de los elementos superiores. Sus Escudrias varían según los distintas gamas dimensionales.

#### *Escudrias (escudrias)*

Gama dimensional norteamericana (EE. UU. y Canadá): 2 x 4" y 2 x 6" nominales o 38 x 89 y 38 x 140 mm reales.

Gama dimensional escandinava: 45 x 95, 45 x 120, 45 x 140 y 45 x 170 mm

### Durmiente

Pieza horizontal, que va anclada a la cimentación y realiza el enlace entre el muro y ésta. En algunos casos particulares va clavada al forjado.

El durmiente debe aislarse de la cimentación mediante un material impermeable y tratarse con una protección profunda con productos fungicidas.

#### *Escudrias*

2

A

Entramados

**2**  
**A**  
Entramados

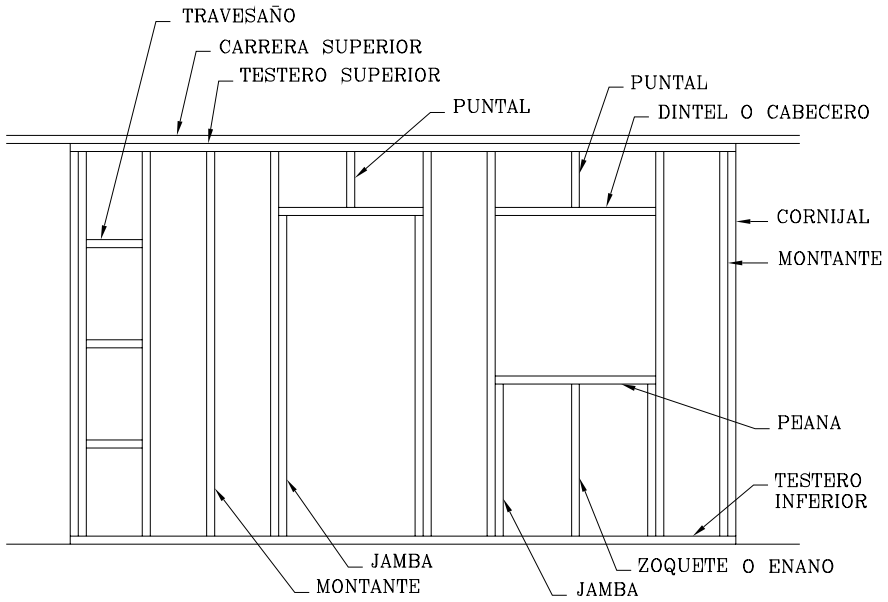


Figura 1

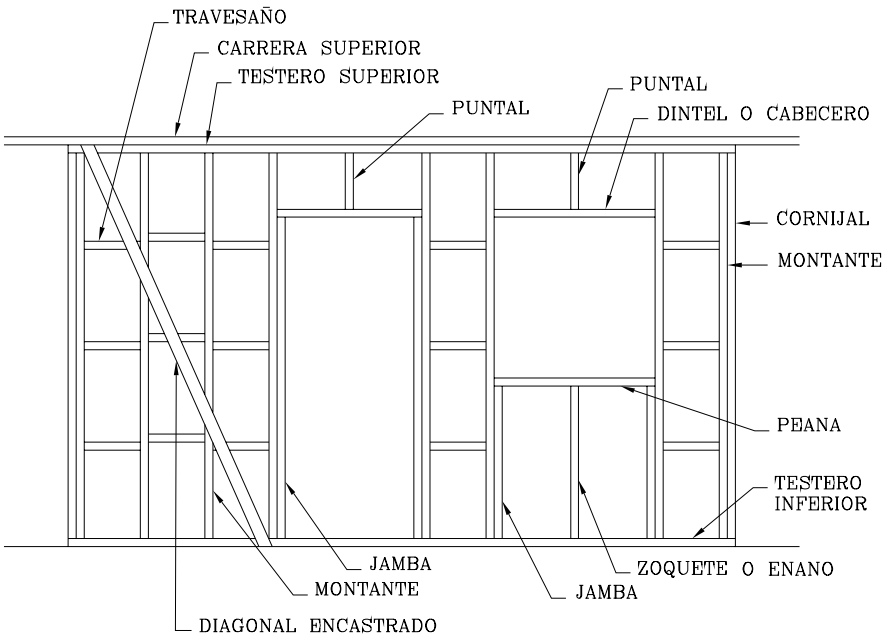


Figura 2

Las mismas que los montantes

### **Testero inferior**

Elemento horizontal que une inferiormente los montantes y distribuye las cargas concentradas.

#### *Escuadrias*

Las mismas que los montantes

### **Testero superior**

Elemento horizontal que une superiormente los montantes y distribuye las cargas provenientes del forjado superior o de la cubierta, a los montantes.

#### *Escuadrias*

Las mismas que los montantes

### **Carrera superior o testero de amarre**

Elemento de unión sobrepuesto, de la misma dimensión que el testero superior, que se coloca inmediatamente encima de él y que sirve como amarre de todo el sistema de tabiques y muros. También resuelve la excentricidad de las cargas en relación a los montantes.

#### *Escuadrias*

Las mismas que los montantes

### **Diagonal o riostra**

Elemento estructural inclinado que transmite al terreno las cargas horizontales en el plano del muro, las cuales provienen fundamentalmente del viento y sismo. Es una pieza que une el testero superior y el inferior. Va encastrada en ellas y en cada uno de los montantes

con los que se cruza.

Estas piezas son necesarias cuando el cerramiento no está diseñado para realizar la misión de diafragma. Debido a la complejidad constructiva, que se contradice con la simplicidad del sistema, en la práctica tienden a sustituirse por flejes metálicos.

#### *Escuadrias*

Sistema norteamericano: 20 x 90 y 20 x 140 mm

Sistema escandinavo: 22 x 145 mm

### **Travesaño**

Elemento constructivo que evita el pandeo lateral de los montantes, retarda la propagación del fuego por el interior del entramado al crear compartimentos estancos, y facilita el clavado de los revestimientos verticales.

Si existe un cerramiento de tablero estructural con funciones de diafragma la misión del travesero, para evitar el pandeo de montantes, ya no es necesaria.

#### *Escuadrias*

Las mismas que los montantes

### **Dintel**

Pieza formada por uno o varios elementos que permiten salvar la luz de un vano o hueco de puertas, ventanas, etc.

#### *Escuadrias*

Sistema escandinavo  
45 x 90, x 140 y x 180 mm

Sistema norteamericano  
38 x 89, 140, 184, 235 y 286 mm.

**Peana**

Elemento soportante inferior de ventana que permite su afianzamiento

*Escuadrias*

Semejantes a las de los dinteles

**Jamba**

Pieza soportante vertical que apoya el dintel o alfeizar.

*Escuadrias*

Las mismas que los montantes

**Puntal**

Pieza vertical de menor longitud que los montantes colocado entre el testero inferior y un dintel.

*Escuadrias*

Las mismas que los montantes

**Zoquete o enano**

Pieza colocada entre la peana y el testero inferior

*Escuadrias*

Las mismas que los montantes

**Cornijal**

Montante que ayuda a forma la esquina de un tabique.

*Escuadrias*

Las mismas que los montantes

**Comportamiento estructural del muro**

La función de un muro, desde el punto de vista estructural, es recibir y transmitir a la cimentación las cargas estáticas y dinámicas a las que se vea sometido.

Las cargas estáticas son producidas por el peso de las estructuras y sobrecargas que soportan los forjados y la cubierta. El muro las transmite al terreno a través de los sistemas de cimentación.

El descenso de cargas del edificio se produce por los elementos de más rigidez los cuales asumen las tensiones, proporcionalmente a su módulo de elasticidad.

Sin embargo no es capaz de soportar por sí mismo empujes horizontales. El rectángulo que forma un muro es fácilmente deformable ante los empujes laterales u horizontales de sismo y viento debido a la poca rigidez de las uniones entre los elementos del entramado. Para solucionar esta debilidad se acude al empleo de riostras o a un cerramiento rígido estructural o diafragma (Figura 3).

Las riostras o diagonales forman un triángulo, indeformable en su plano. Suelen colocarse pareadas y simétricas.

El cerramiento o forro suele consistir en un tablero estructural derivado de la madera o en un entablado en diagonal cuyos espesores se determinarán en función de las solicitudes de empujes laterales. Este cerramiento sirve de base o soporte del revestimiento. Un sistema más práctico consiste en tirantes metálicos en forma de flejes que se tensan in



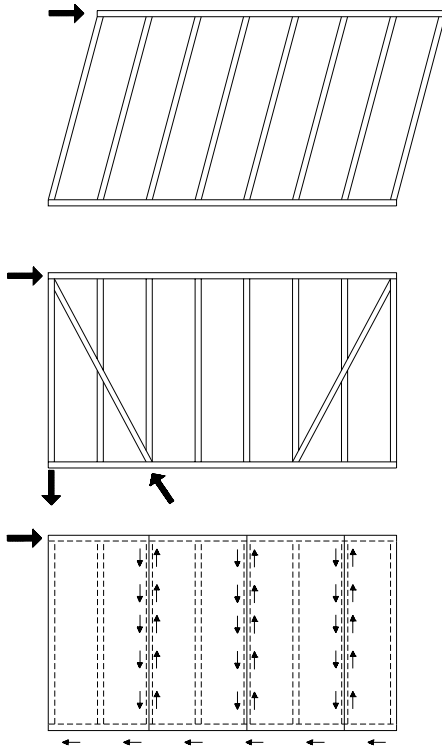


Figura 3

situ mediante unas tenacillas especiales.

La solución frente al vuelco de los muros se logra al diseñar el arriostramiento por medio de disposiciones perpendiculares de los muros.

En el Anexo 5 pueden encontrarse más detalles sobre el comportamiento estructural de los muros.

## Recomendaciones generales

Todas las piezas que constituyen el

entramado, excepto las diagonales, deberían tener la misma escuadría, lo cual permite un mejor encuentro y transmisión de esfuerzos.

Todas las piezas deben ir cepilladas por las cuatro caras para garantizar la exactitud dimensional, facilitar su manejo y lograr uniones bien ajustadas.

De esta forma se obtienen mejores aplomados de cara a la fijación del revestimiento exterior.

En toda unión a tope entre piezas deben usarse al menos dos clavos, para evitar la rotación de éstas (Ver Anexo 6).

## Estudio de los montantes

La separación entre montantes depende de las cargas, de los cerramientos y revestimientos y de la escuadría, siendo las más frecuentes 400 y 600 mm a ejes.

Los montantes deben colocarse con el lado menor de su sección hacia el plano del muro para tener capacidad ante la acción horizontal perpendicular a este plano.

Los montantes deben ser de una sola pieza para asegurar una buena transmisión de la carga de compresión. Al ser rebajados, por ejemplo en el cruce con riostras, se debilita su sección, lo que hace más aconsejables los flejes metálicos.

En los encuentros de montantes, travesaños y diagonales no debe cortarse ninguna pieza. Estas deben encastrarse

a media madera en cada elemento que cruza.

Los montantes van fijados con cuatro clavos inclinados (dos por cara) al testero superior e inferior, con un ángulo aproximado de  $30^\circ$ , a no ser que el entramado se arme previamente, en cuyo caso se clavan a testa con dos clavos solamente (ver Anexo 6).

El montante se clava oblicuamente sobre el testero inferior, si se monta directamente, o se clava el testero al montante en el caso de realizar el montaje sobre el suelo (Figura 4).

Se colocará siempre un sobretestero o testero de amarre (carrera) que va clavado sobre el testero superior y garantiza la unión de todo el sistema de entramados a la vez que asegura una mayor resistencia a flexión ya que ha de recibir la carga de cualquier elemento que se apoye entre los montantes.

Este sobretestero o carrera debe desfasarse un módulo de separación de montantes para que no coincidan las juntas, e irá clavado al testero superior con parejas de clavos separados 300 mm.

Cuando el testero superior está sometido a flexión debido a cargas descentradas se hace necesario clavar el sobretestero al testero a una distancia no superior a 150 mm y en forma alternada para que se transforme en un elemento más solidario. En caso de cargas elevadas se acudirá a una sección mayor según determine el cálculo (Figura 5).

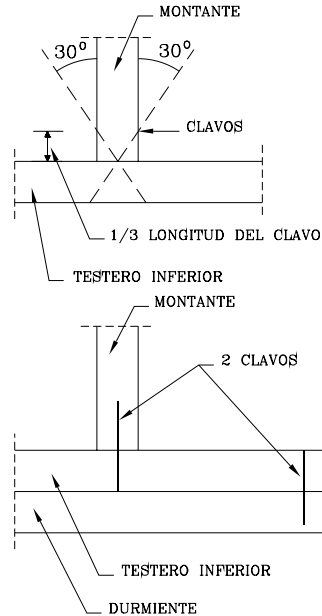


Figura 4

### Rebaje y perforado de los montantes

Los muros de carga son frecuentemente taladrados por distintos motivos. Si el orificio del taladro ocupa más de  $1/3$  del canto debe reforzarse con piezas especiales, que se prolongan al menos 600 mm a cada lado del hueco. En montantes de muros no portantes no hace falta reforzarlo si el hueco deja un mínimo de 40 mm de sección útil.

### Arriostramiento del muro

Como ya se ha comentado existen dos soluciones: las riostras inclinadas y el cerramiento rígido.

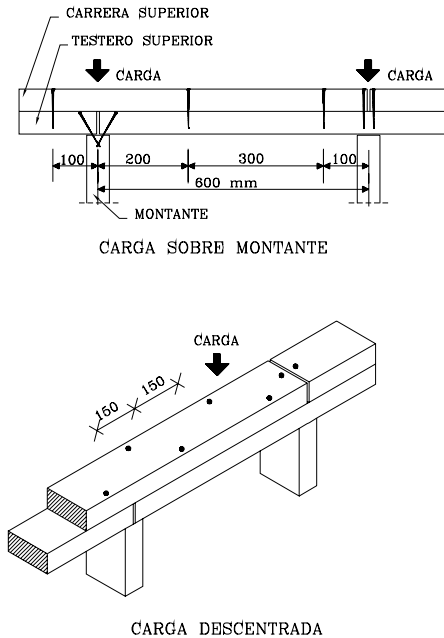


Figura 5

### Riostras o diagonales

Son piezas de secciones aproximadas 20 x 90 mm y 20 x 140 mm que van encastradas y clavadas de cara a los testeros y montantes previo cajado de éstos.

La inclinación más eficaz para que una diagonal cumpla su función es la de 45° con respecto al testero inferior, no siendo recomendables variaciones superiores a los 15°. Cada diagonal debe encontrar más de un montante para evitar el efecto del pandeo.

Cuando no es posible lograr este ángulo se debe buscar triangular en lo posible el paño del muro.

Existen dos formas fundamentales de disponer las diagonales en un entramado, la de tipo V y la de tipo rombo (Figuras 6 y 7). La diferencia fundamental entre ambas estriba en los tipos de esfuerzo a que están sometidas.

En la primera disposición las acciones horizontales someten a compresión a una de las diagonales. La unión entre piezas sometidas a compresión se resuelve por apoyo entre ellas.

En la segunda disposición la acción horizontal no es transmitida de forma tan directa al suelo. El testero superior queda sometido a compresión y tracciona la primera diagonal y comprime la segunda. Las uniones de piezas de madera sometidas a tracción requieren ser resueltas con mayor detalle que las comprimidas (Figuras 8, 9 y 10).

El problema de estas diagonales estriba no tanto en la barra misma como en la unión del elemento sometido a tracción.

Como las riostras trabajan a tracción y compresión y son de pequeña escuadría, nunca se deben cortar, tendiendo a rebajar en cambio los elementos que se cruzan.

Los travesaños deben colocarse desfasados respecto a la horizontal. Esta disposición mejora el arriostamiento pero dificulta la fijación del cerramiento continuo.

### Cerramiento rigidizante

Es la solución más corriente. Suele consistir en un tablero contrachapado estructural o de viruta orientada cuyo

2

A

Entramados

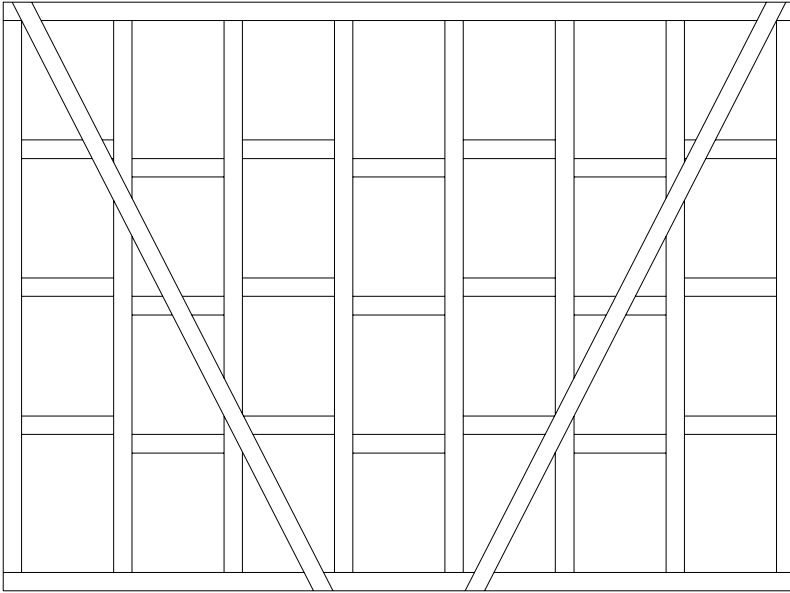


Figura 6

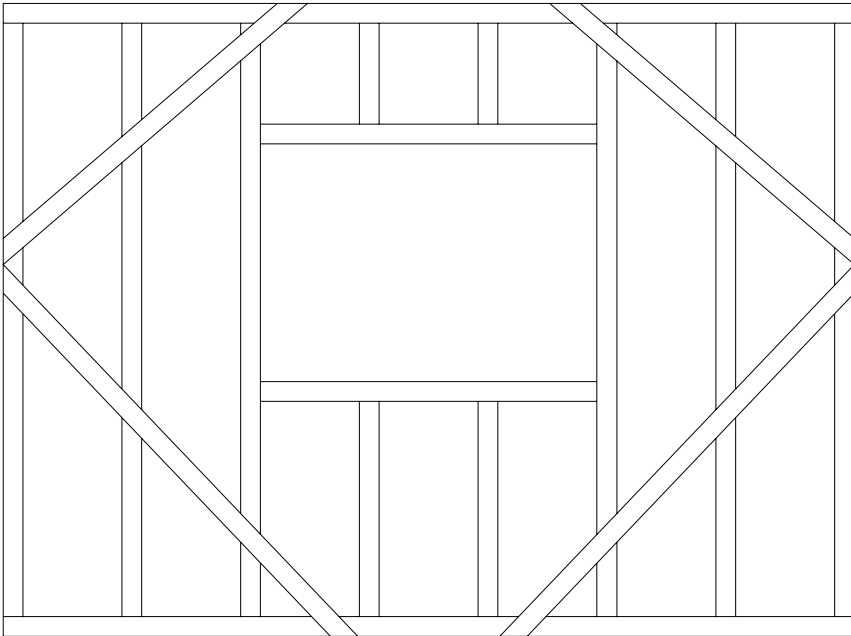


Figura 7

1

Muros

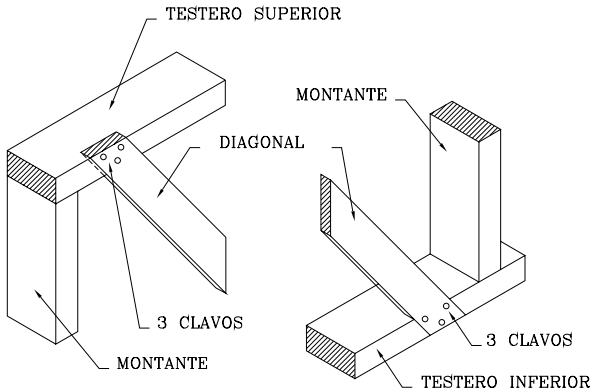


Figura 8

espesor se fija en función de las sollicitaciones de empujes laterales. Este fluctúa entre 10 y 18 mm, siendo el más frecuente 12 mm. Las separaciones de clavado son 150 mm en los bordes y 300 mm en el interior.

Para que un entramado en horizontal o inclinado sirva como cerramiento rígido es necesario que las tablas tengan un ancho mínimo. Deben fijarse con dos clavos en cada montante separados lo más posible. La escuadría mínima de ta-

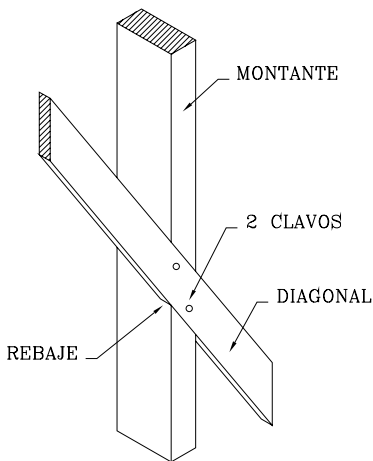


Figura 9

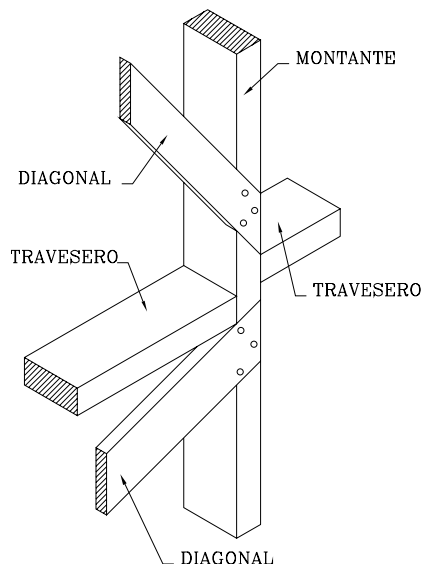


Figura 10

## 2

## A

## Entramados

bla es de 20 x 140 mm, y la separación de clavos, de 120 mm.

## Formación de huecos

En un sistema modulado como es el de los entramados es conveniente que todos los huecos se adapten a esa modulación. Si esto no es posible se debe intercalar un montante que se salga de la modulación propuesta para poder rematar el hueco.

En vanos superiores a 800 mm los testeros deben reforzarse con un dintel debido a las cargas adicionales de los pesos que actúan en ese vano (Ver Anexo 5). En general las puertas y ventanas siguen las mismas modulaciones.

## Dinteles

En vanos de puertas entre 600 y 800 mm de ancho, el dintel debe afianzarse con dos clavos colocados a testa (ver Anexo 6 y Figura 11). En luces mayores es necesario aumentar la sección y mejorar el apoyo del dintel. Con esta finalidad se colocan jambas de las mismas Escuadrias de los montantes a ambos lados del hueco (Figura 12). Estas transmiten las cargas del dintel al testero inferior.

Se recomienda intercalar refuerzos de diferentes secciones según la luz. En la figura 13 se indican diferentes soluciones constructivas:

- De 800 a 1000 mm: 2 piezas de 45 x 90 mm ó 38 x 89 mm.

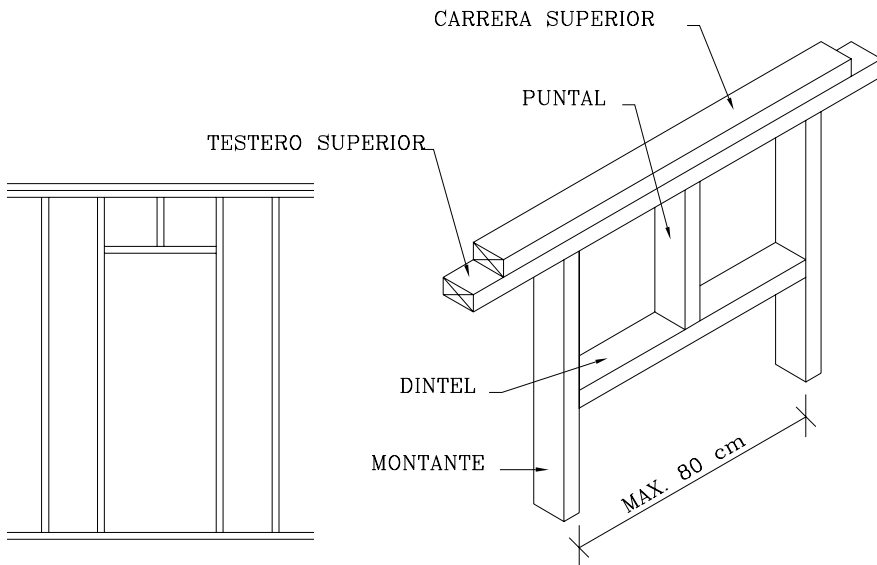


Figura 11

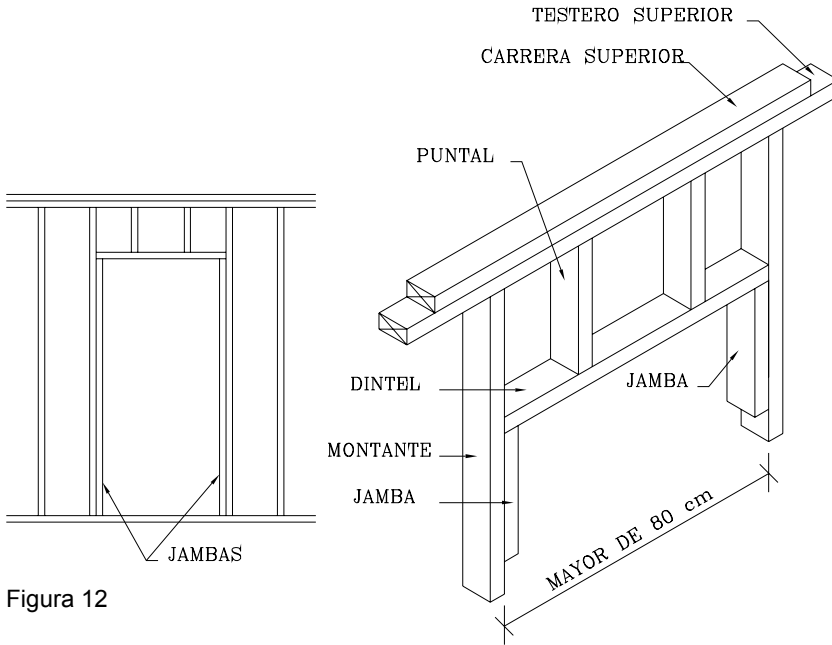


Figura 12

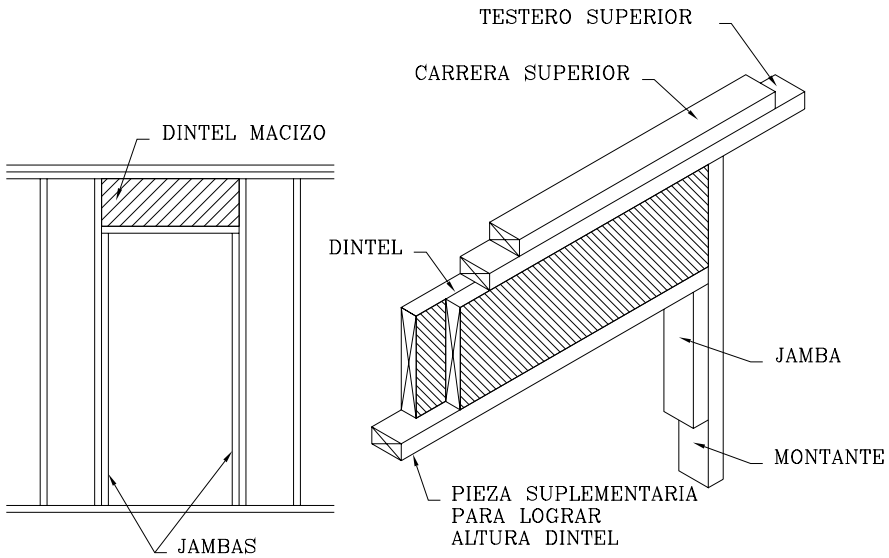


Figura 13

2

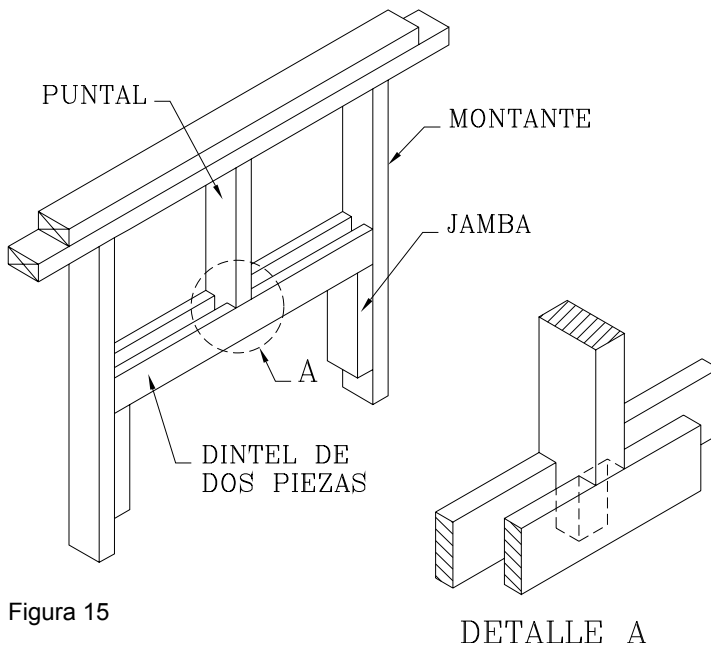
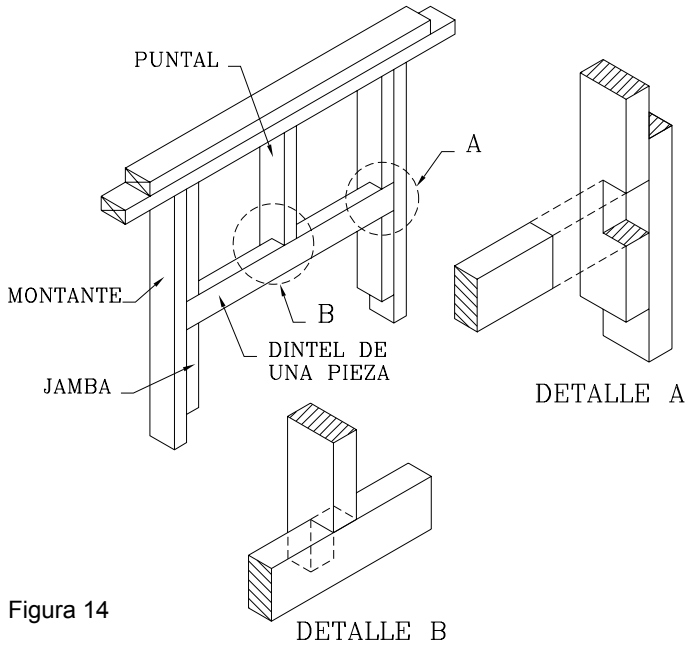
A

Entramados

2

A

Entramados



1

Muros



- De 1000 a 1300 mm: 2 piezas de 45 x 140 mm ó 38 x 140 mm.
- De 1300 a 1600 mm: 2 piezas de 45 x 180 mm ó 38 x 184 mm.

Para luces mayores debe acudir al cálculo. En las figuras 14 y 15 se indican otras soluciones interesantes.

### Alféizares o peanas

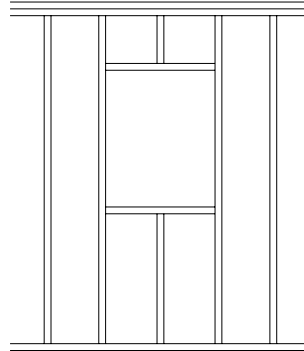
La formación del dintel en vanos para ventanas se ejecuta forma similar al de las puertas. A medida que aumenta la luz del vano es necesario reforzar además el alféizar (Figuras 16, 17 y 18).

Las jambas, que sirven de apoyo al dintel, deben ser de una sola pieza hasta el testero inferior, sin ser cortada a la altura del alféizar.

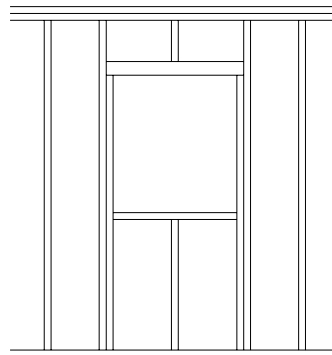
### Encuentros de muros

El encuentro entre dos o más tabiques debe satisfacer las siguientes necesidades:

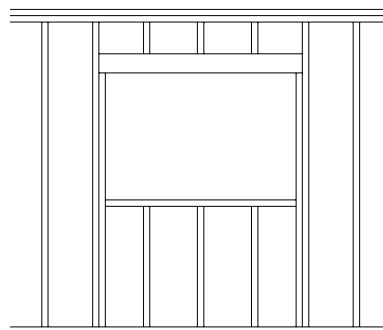
- Permitir una adecuada unión clavada entre entramados que se cruzan o encuentran.
- Lograr una base óptima para el encuentro de los revestimientos interiores y exteriores y permitir el clavado o pegado de ellos.
- Lograr una resistencia adecuada a las sollicitaciones a soportar, con un mínimo de madera, y en lo posible, con piezas de la misma escuadría que los montantes.



ANCHO: HASTA 80cm  
Figura 16



ANCHO: HASTA 100cm  
Figura 17



ANCHO: MAS DE 100cm  
Figura 18

2

A

Entramados

**Esquinas**

Hay dos tipos de encuentros clásicos, los de forma de L y los de forma de T.

El primero permite un clavado más directo entre los montantes de ambos muros. En las figuras 19, 20 y 21 se recogen las soluciones más frecuentes.

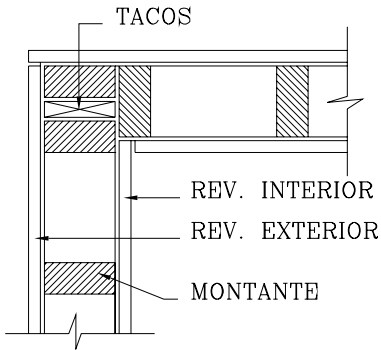


Figura 19

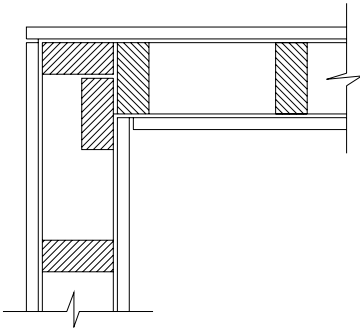
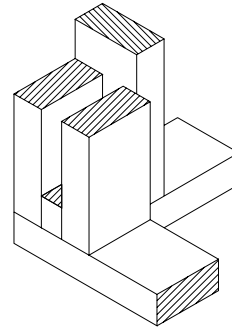


Figura 20

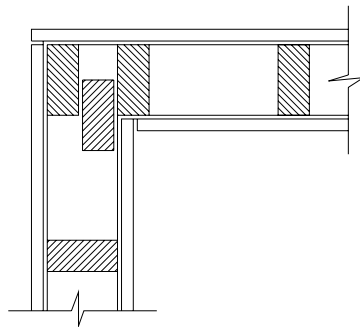
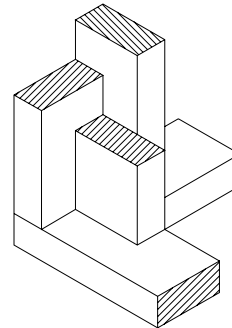
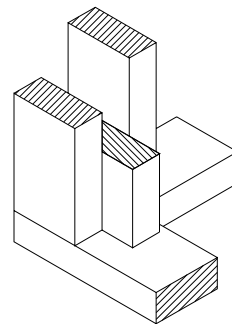


Figura 21



El de forma de T requiere duplicar los montantes y colocarlos con una separación adecuada para poder dar sustentación al revestimiento interior en toda su altura.

Existen tres soluciones típicas.

La de la figura 22 se ejecuta sobre dos montantes. Es la más recomendable estructuralmente pues los empujes los reciben ambos elementos verticales en toda su altura.

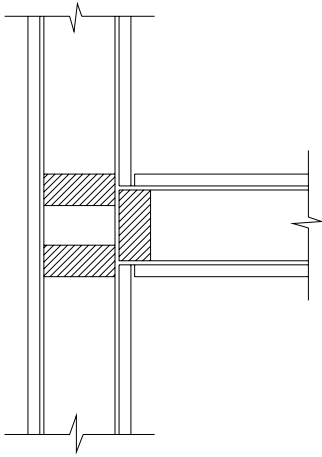


Figura 22

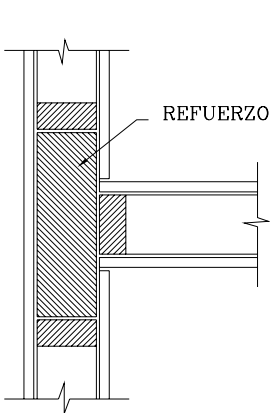
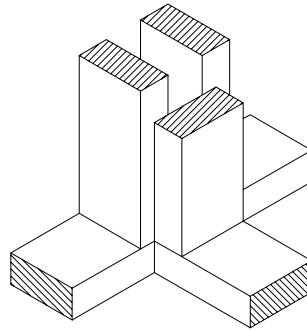
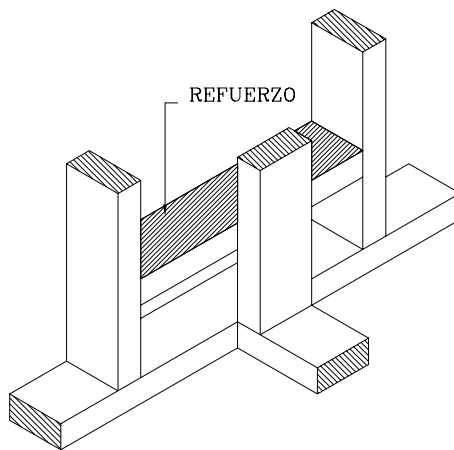


Figura 23



2

A

Entramados

2

A

Entramados

Cuando el encuentro tiene lugar en un punto intermedio de la modulación se añaden unos travesaños a los que se clava el muro (Figura 23).

Para lograr un buen afianzamiento del forro interior en toda la altura es conve-

niente intercalar una pieza intermedia y rebajar el travesaño (Figura 24).

Otra forma de solucionar la fijación del forro interior consiste en colocar unos esquineros metálicos (Figura 25).

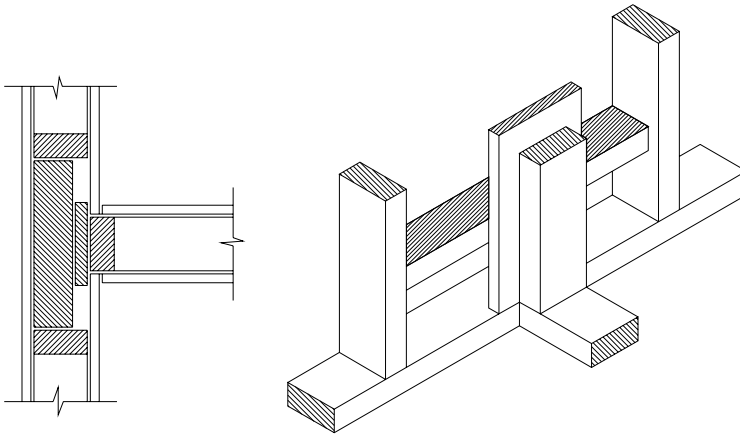


Figura 24

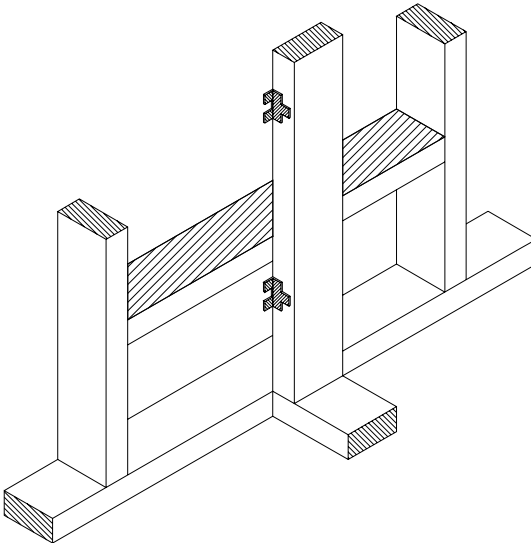


Figura 25

# Entramado de forjados

Este anexo tiene como objeto mostrar de forma gráfica los detalles tipológicos de uso más frecuente, y técnicamente más convenientes de los entramados horizontales. Se hablará por tanto de los forjados, entre los que distinguiremos: primer forjado, forjado intermedio y techo.

Aunque el Anexo tiene entidad propia se debe completar con la información general de los sistemas constructivos y de los otros entramados estructurales (muros u cubiertas), en particular en lo que se refiere a la compatibilidad dimensional y modulación.

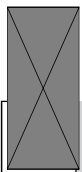
En este documento se va a desarrollar fundamentalmente el sistema plataforma, pero también es aplicable al entramado de globo (balloon frame) y a los otros sistemas.

Cada sistema constructivo en madera genera diferentes formas de relacionar los entramados horizontales con las estructuras soportantes verticales y de éstos con la cimentación. El forjado puede colaborar a la estabilidad del conjunto de la estructura, como es el caso de los entramados ligeros, o constituir una parte independiente, como ocurre en casas de troncos y sistemas pesados.

2

A

Entramados



**Definiciones**

Se pueden distinguir las siguientes (Figura 1):

**Viga**

Elemento estructural lineal -horizontal o inclinado- que salva uno o varios vanos y que es solicitado por las acciones de peso propio y sobrecargas de uso. Recibe las cargas del forjado, y a veces de muros transmitiéndolas a los elementos verticales.

**Viga maestra**

A veces se utiliza el término de viga maestra, refiriéndose a la viga principal de la construcción.

**Vigueta**

Pieza de madera aserrada o de productos derivados de la madera que, junto con otras, forman el entramado de piso y soportan las sobrecargas del edificio. Las del primer forjado suelen ir cerradas o revestidas por una sola cara. Las del forjado intermedio van cerradas por ambas caras. Las del techo tienen menor sección porque no soportan sobrecargas de uso.

**Vigueta de cabeza**

Vigueta que remata perpendicularmente las cabezas de las viguetas del forjado en su apoyo sobre muros. Tiene la misma escuadría que éstas.

Esta pieza evita el vuelco de las vigue-

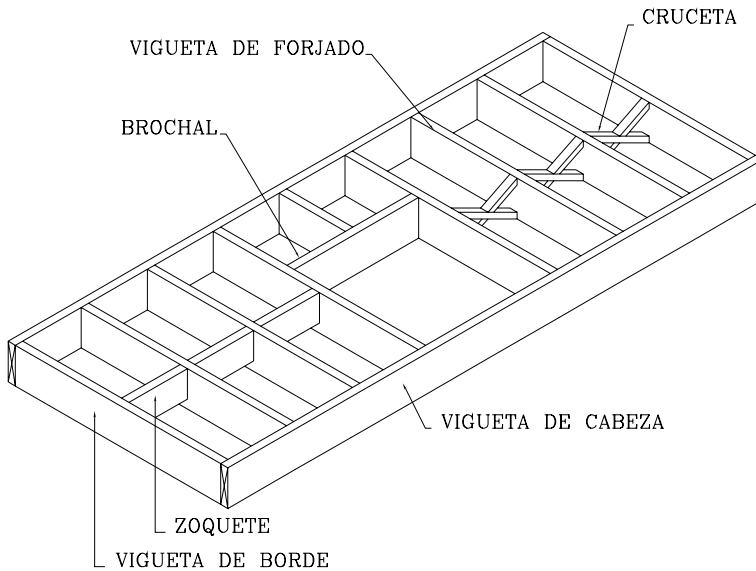
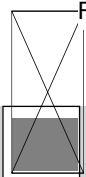


Figura 1



tas y la exposición de las cabezas a la intemperie. Además ofrece apoyo al testero inferior del siguiente muro o a los pares de cubierta.

### **Vigueta de borde**

Vigueta que remata lateralmente el forjado en el sentido de la crujía. Tiene las mismas dimensiones que una vigueta normal y sirve como pieza de apoyo de los muros superiores o la estructura de la cubierta.

### **Zoque o encribado**

Elemento recto de igual o similar sección que las viguetas y que se coloca entre ellas para evitar las deformaciones laterales, su vuelco o eventual alabeo. Además contribuye a distribuir mejor las sobrecargas del forjado.

### **Cruceta**

Doble travesero en forma de cruz de San Andrés que cumple las mismas misiones que el zoquete. Presenta la ventaja sobre éste de permitir la ventilación interior del forjado y facilitar el paso de las conducciones.

### **Encintado de cielo**

Listoneado que sirve para afianzar el falso techo al entramado.

### **Durmiente**

Pieza de madera aserrada apoyada en en la cimentación que sirven de apoyo a las viguetas del primer forjado o al muro.

### **Brochal**

Pieza de madera aserrada de dimensiones similares a las viguetas que reciben transversalmente las cabezas de las viguetas cojas, es decir, las cortadas, para dejar huecos (escaleras, conducciones, vanos, etc.)

### **Pernos de anclaje**

Redondos de acero embutidos en la cimentación cuya función es asegurar en su posición, el durmiente. Su cabeza va roscada para recibir la tuerca de fijación.

### **Herrajes de cuelque**

Piezas metálicas estandarizadas, generalmente de chapa galvanizada y plegada que se emplean para el apoyo de viguetas sobre muros o vigas, o de vigas sobre muros.

## **Comportamiento estructural**

La función estructural que define un entramado horizontal es la resistencia de cargas permanentes y variables y su transmisión a las estructuras soportantes verticales: muros, pilares o vigas maestras. Las cargas a resistir son, por tanto: la concarga, la sobrecarga de uso y la sobrecarga de tabiquería. Además de estas cargas gravitatorias, en algunos casos tienen la misión de resistir fuerzas horizontales originadas por la acción del viento o el sismo.

### **Tipos**

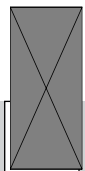
Desde el punto de vista de su capacidad de transmisión de los empujes laterales,

2

A

Entramados

Forjados



2

## 2

## A

## Entramados

los entramados horizontales pueden ser clasificados como flexibles o rígidos (Figura 2). Según su ubicación o función, los forjados deben tener un diseño específico, con dimensiones y escuadrías diferentes.

### **Entramados horizontales flexibles**

Este tipo de entramado se adapta a la estructura soportante pero no colabora en la transmisión de las acciones horizontales. Por este motivo en zonas sísmicas y/o de vientos fuertes es posible usarlos sólo cuando la estructura soportante vertical ha sido especialmente diseñada para resistir la totalidad de las solicitaciones -estáticas y dinámicas-, tanto las contenidas en su plano como las perpendiculares a él.

Esto exige una distribución de muros o entramados verticales soportantes, que sean capaces de resistir las acciones horizontales. Debido al mayor número de muros que requiere esta solución

el diseño arquitectónico se hace más rígido.

Si no se respetan estas características del sistema, es posible que al producirse cargas dinámicas horizontales el entramado provoque el efecto de ariete o de cuchilla sobre los muros perpendiculares a la dirección de las cargas. En construcciones con estructuras mixtas es especialmente importante conocer las diferencias de rígidos entre materiales macizos y madera, para prever una solución conveniente en las uniones. Numerosas construcciones han colapsado en los terremotos por acciones de ariete.

### **Entramados horizontales rígidos**

Los entramados rígidos colaboran con la función estructural del conjunto. Están constituidos por placas rígidas que transmiten los esfuerzos horizontales a los tabiques y a los pilares. Este esquema estructural se denomina diafragma (ver Anexo 5).

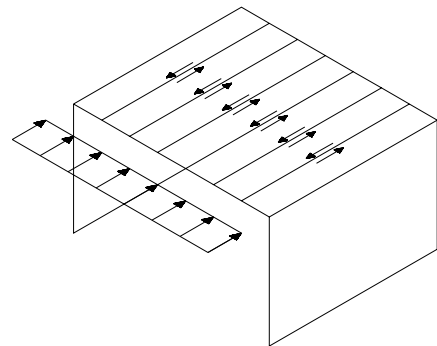
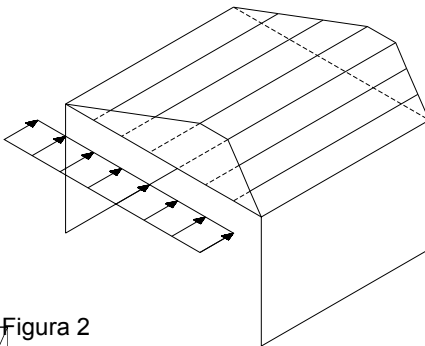
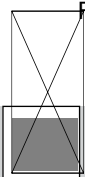


Figura 2



Forjados



El entramado rígido puede conseguirse con un cerramiento estructural adecuadamente clavado y con cubrejuntas, con una celosía de arriostramiento (riostras), o con una capa de hormigón armado.

## Estudio de algunos elementos

### Viguetas

Sus secciones son rectangulares y se deben colocar con su mayor dimensión en vertical.

La distancia entre las viguetas vendrá determinada por el material de cerramiento, por las solicitaciones de carga y por sus propias escuadrías.

Las viguetas se pueden fijar con clavos o herrajes de cuelgue a los testeros superiores, vigas y viguetas de cabeza. La separación entre viguetas varía entre 300, 400 y 600 mm según el cálculo.

### Vigas y cargaderos

Las vigas se utilizan generalmente para dejar más diáfana la planta, sustituyendo a un muro interior. Si se trata de un vano reducido (hasta 1,70 m) pueden realizarse con varias piezas de madera aserrada adosadas y clavadas entre sí, formando un cargadero. Si la luz es mayor, es preciso recurrir a otros productos como la madera laminada, la madera laminada en tiras (PSL), la madera microlaminada o las vigas armadas.

El encuentro de las vigas con muros de cimentación se resuelve mediante elementos metálicos embutidos en el hormigón, que abrazan la pieza, o por

pletinas que se fijan mediante pernos o tornillos.

Es importante también aquí aislar la madera, colocando un material impermeable en la zona de contacto, o separando la pieza para permitir la ventilación.

### Zoquetes o encribado

Bajo condiciones extremas las viguetas de forjado pueden llegar a perder la estabilidad lateral y fallar por pandeo lateral, con tensiones de flexión incluso muy inferiores a las de la rotura del material.

Este fenómeno de inestabilidad es más acusado cuando se emplean secciones muy esbeltas, es decir, con una elevada relación entre el canto y el ancho de la sección transversal, cuando los extremos no se encuentran ahorquillados (impedido el vuelco) o inadecuadamente fijados, o cuando se ha omitido el arriostramiento que en algunos casos debe estar presente.

Existen ciertas reglas prácticas con sencillas disposiciones constructivas que evitan este problema. Si se cumplen estas reglas, las piezas pueden calcularse con criterios de resistencia a flexión y por deformación, sin preocuparse de la inestabilidad.

Estas reglas son las siguientes:

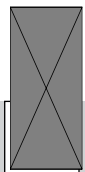
- Si las viguetas tienen el borde superior fijo gracias al entrevigado, la relación máxima entre canto y ancho será de 5.
- Si las viguetas tienen el borde superior fijo gracias al entrevigado y además se encuentran arriostrados por un adecua-

2

A

Entramados

Forjados



2

2

A

Entramados

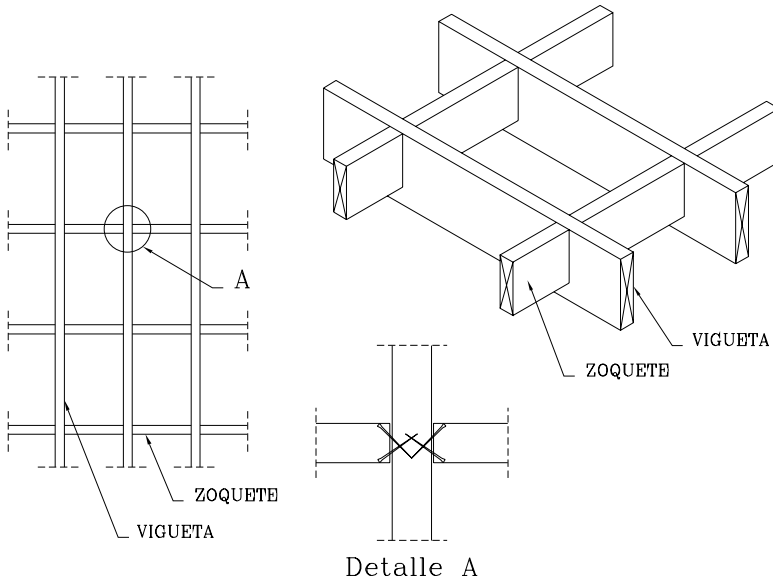
do sistema de zoquetes o de encribado, dispuestos a intervalos no superiores a seis veces el canto de la vigueta, la relación máxima entre canto y ancho será igual a 6.

En todo caso los extremos de la vigueta deben encontrarse fijados de tal forma que se impida su vuelco.

Otras reglamentaciones (NHBC) recomiendan un determinado número de líneas de enzoquetado en función de la luz del forjado:

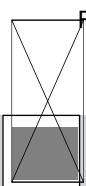
Luz del forjado m	Filas de enzoquetado
hasta 2,45	Ninguna
2,5-4,5	1
más de 4,5	2

Existen varias disposiciones constructivas que son utilizadas con este fin, entre las que se encuentran los zoquetes (alineados o alternados) (Figuras 3 y 4), y las crucetas (o cruces de San Andrés) (Figura 5).



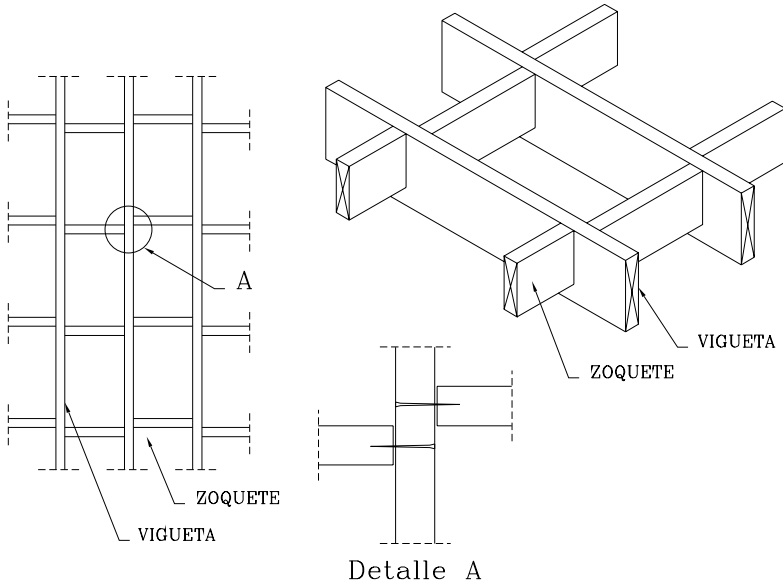
ZOQUETE EN LINEA

Figura 3



Forjados

2



ZOQUETE DESFASADO

Figura 4

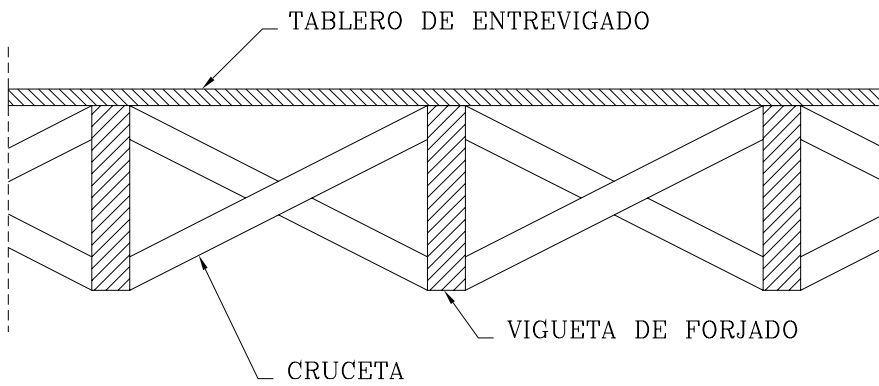


Figura 5

2

A

Entramados

Forjados

2

2

A

Enramados

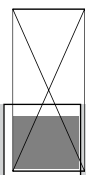
Estas soluciones, además de evitar el pandeo lateral, tienen otras misiones de carácter constructivo. Una es favorecer la distribución transversal de la carga y la otra mantener la rectitud de la vigueta durante el montaje, evitando así la distorsión o combado de las piezas.

El enzoquetado, en la práctica no resulta muy eficaz para distribuir la carga transversalmente. La posible merma de las viguetas y la falta de ajuste entre el zoquete y el espaciado entre viguetas restará eficacia a la solución.

Los zoquetes se pueden colocar en línea o alternados. Esta última posición permite el clavado por la testa pero tiene como inconveniente el desfase de sus ejes, lo que puede provocar problemas en la fijación del cerramiento, si este es discontinuo. La colocación en línea obliga a clavar en oblicuo pero presenta la ventaja de conservar la modulación para la colocación del aislante y un clavado alineado del cerramiento.

En forjados cerrados por ambas caras (superior e inferior) su canto debe ser de menor altura que las viguetas para permitir la aireación interior.

Para lograr una adecuada ventilación del entablado, la cámara de aire resultante debe quedar en la parte superior, por lo cual los zoquetes deben enrasarse con la inferior. En el caso de que se use tablero directamente como base de piso, o tarima autorresistente (decking), el zoquete debe quedar a nivel con el canto superior de las viguetas para permitir el clavado del piso, dejando la ventilación por la parte inferior (Figura 3).



Forjados

2

El espesor mínimo recomendado para el zoquete es de 38 mm y el canto mínimo de 3/4 del canto de las viguetas.

El sistema de arriostramiento con crucetas es más eficaz. Si se ejecutan en obra tienen la desventaja de su complejidad y carestía.

Existen en el mercado piezas prefabricadas para separaciones estándar de 300, 400 y 600 mm.

Las crucetas siguen siendo eficaces incluso cuando se produce una merma por secado de la sección transversal de la vigueta, ya que la reducción del canto tiende a disminuir la inclinación de los brazos de la cruz, incrementándose así la compresión sobre la vigueta.

Las dimensiones mínimas de la sección de estas barras será de 38 x 38 mm.

## Rigidización de los forjados

Para hacer rígidos los forjados ante esfuerzos contenidos en su plano, se pueden utilizar riostras interiores de madera, tirantes metálicos, entablados en diagonal y tableros estructurales.

En la construcción prefabricada actual lo más habitual es utilizar el tablero de cerramiento configurando un diafragma de forjado.

### Riostras de madera

Consisten en piezas diagonales, generalmente de las mismas dimensiones que las viguetas que se colocan entre éstas y los zoquetes. Se debe cuidar el

encuentro entre estos elementos para que quede lo más ajustado posible. Por esta razón es conveniente colocar la diagonal desde arriba, una vez afianzado el zoquete. Las cabezas de las diagonales deben enfrentarse por parejas y clavarse a las vetas.

La finalidad de las diagonales es construir vigas de celosía que sean capaces de resistir, sin grandes deformaciones, las acciones horizontales transmitidas por los muros. Preferentemente deberán disponerse estas vigas en los bordes para tener dos vigas en cada dirección

(Figura 6).

### Tirante metálico

El tirante consiste en un fleje de acero galvanizado que se clava sobre el entramado, debiendo ser colocado siempre en diagonal y en las dos direcciones, ya que el tirante es flexible y sólo absorbe esfuerzos de tracción.

El uso de tirantes metálicos simplifica el sistema constructivo y disminuye el empleo de madera. Sin embargo se debe considerar que el zuncho comprimido

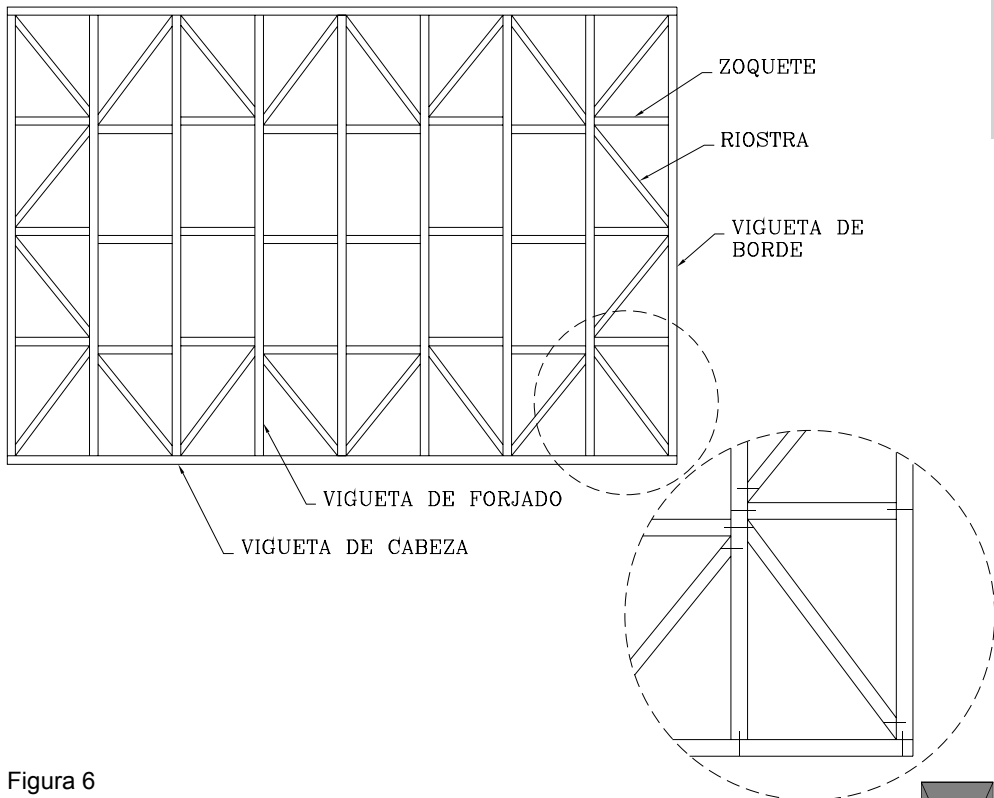


Figura 6

2

A

Entramados

Forjados

2

2

A

Entramados

pandea y puede desclavar el cerramiento por lo tanto hay que colocarlo haciendo un rebaje en las viguetas para que juegue libremente (Figura 7).

**Entablado**

El entablado de madera está formado por tablas con espesores del orden de 17 a 20 mm con juntas entre piezas a tope, machihembradas o a media madera.

La disposición del entablado puede ser transversal (perpendicular a la dirección de las viguetas) o diagonal (formando un ángulo de 45° con éstas), con capa simple o doble (dispuestas entre sí en

direcciones perpendiculares) (Figura 8).

En edificios de viviendas de entramado ligero y de pequeño tamaño, los esfuerzos laterales son relativamente bajos. Según algunos autores, la experiencia demuestra que en estos casos el entablado transversal, junto con los muros y tabiques interiores, aportan una resistencia adecuada a los muros y cubiertas para actuar como diafragmas y muros resistentes al decuadre.

La capacidad resistente del entablado transversal como diafragma es realmente escasa ya que se basa exclusivamente en el par de fuerzas que se produce en cada punto de apoyo

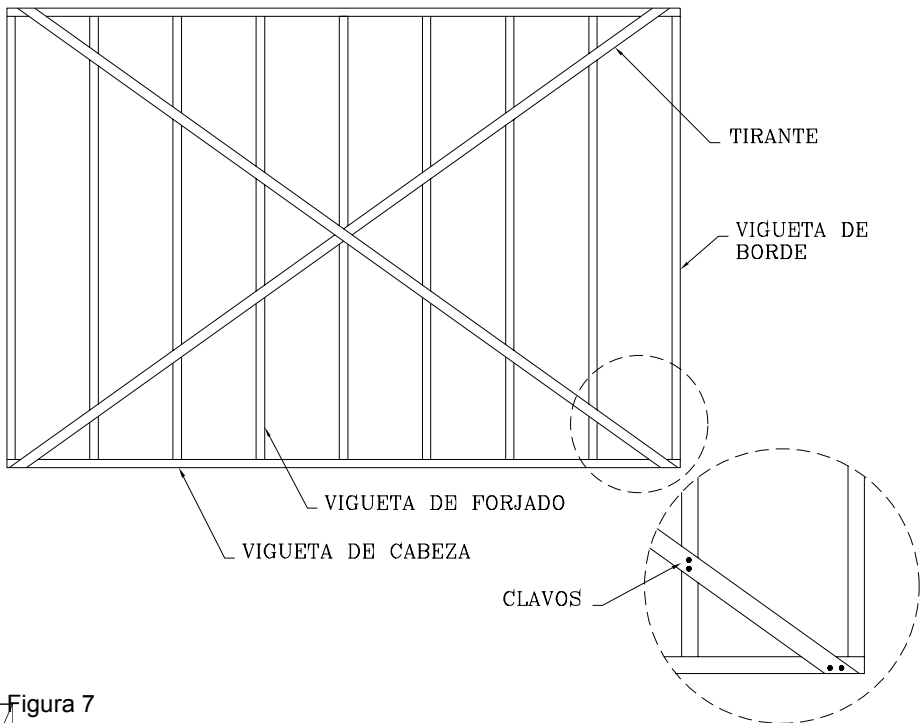
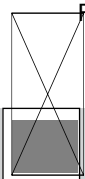


Figura 7



Forjados

2

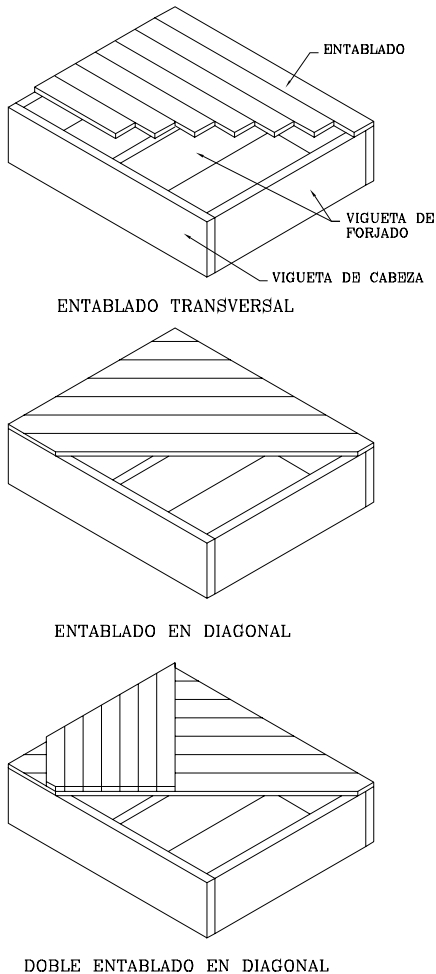


Figura 8

clavado con dos puntas. Evidentemente las puntas serán más eficaces cuanto mayor sea la separación entre ambas.

La anchura mínima de la tabla será de 150 mm (Figuras 9 y 10). El emplalme transversal es el diafragma menos rígido, pero para mejorar su rigidez y

resistencia pueden utilizarse juntas machihembradas y encoladas.

El entablado diagonal es mucho más eficaz como diafragma, pero tiene el inconveniente de su mayor mano de obra y desperdicio de material. Su mayor eficacia se debe a que el conjunto forma un sistema triangulado, de tal forma que las tablas quedan comprimidas o traccionadas (Figura 11). Estas fuerzas son transmitidas a las piezas perimetrales a través del clavado. Cuando el entablado diagonal es de una sola capa, los elementos de borde deberán resistir una carga transversal, igual a la componente de la carga oblicua del entablado.

Esta componente transversal puede eliminarse utilizando un entablado diagonal en doble capa (dispuestas en direcciones perpendiculares entre sí). De esta forma una de las capas queda sometida a tracción y la otra a compresión (Figura 12). En el borde se equilibran las componentes transversales.

### **Cerramiento con tableros**

También es posible hacer rígidos los entramados horizontales recubriéndolos con tableros contrachapados o de virutas orientadas.

Los tableros se distribuyen haciendo coincidir las juntas con viguetas y se alternan para evitar las juntas continuas.

En los tableros contrachapados la dirección de las vetas de sus caras exteriores debe quedar perpendicular a la de las viguetas.

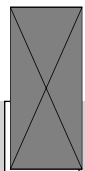
Las juntas entre tableros que quedan en

2

A

Entramados

Forjados



2

2

A

Entramados

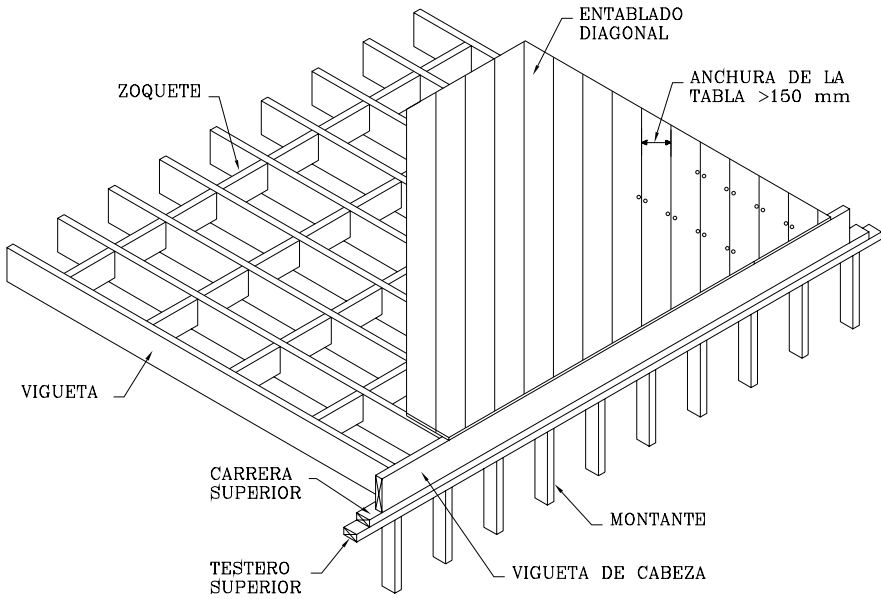


Figura 9

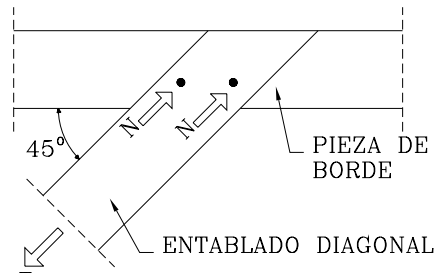


Figura 11

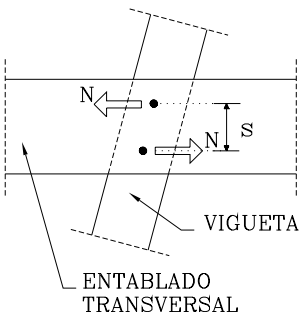


Figura 10

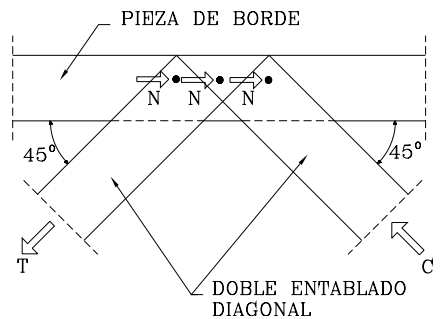


Figura 12

2



Forjados



dirección perpendicular a las viguetas deberán tener cubrejuntas (Ver Anexo 5) en su parte inferior clavados al tablero. Otra posibilidad es que el tablero esté machihembrado y encolado en las juntas. Finalmente puede recurrirse a hacer coincidir los zoquetes con las juntas, actuando éstos como cubrejuntas.

La unión se realiza con tornillos, clavos o grapas tanto en los bordes como en la zona central del tablero. En los bordes la separación de clavado será de 150 mm y en el interior de 300 mm (Figura 13).

En casos especiales el clavado debe ser verificado por el cálculo correspondiente (Ver Anexo 6).

El espesor mínimo recomendado por algunos códigos norteamericanos:

Espaciamento de viguetas en mm	T. de partículas Espesor en mm	T. contrachapado y OSB Espesor en mm
300	16	15,5
400	16	15,5
600	25,4	19

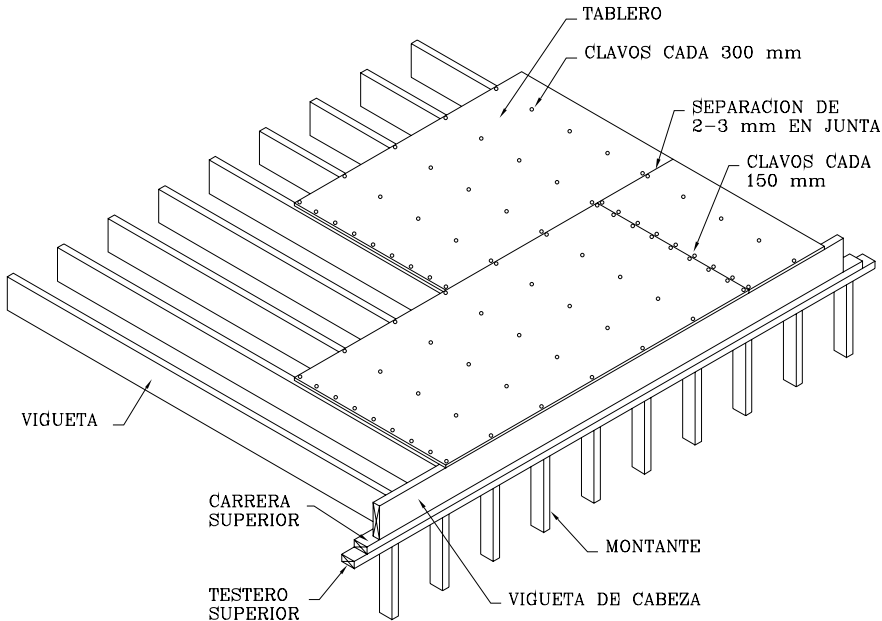


Figura 13

2

A

Entramados

### Voladizos

Los voladizos en los entramados se deben considerar integrados en la estructura general, es decir, como prolongación de los elementos interiores. Su longitud depende de la resistencia de las viguetas empleadas y de los esfuerzos que se produzcan. Se pueden presentar dos situaciones: que las viguetas del volado sean una prolongación de las

viguetas del forjado y que el volado sea perpendicular a éstas (Figuras 14 y 15).

Cuando los voladizos son perpendiculares al envigado se forman con viguetas o ménsulas que nacen de la penúltima vigueta y se prolongan hasta el extremo del voladizo. Estas piezas deben fijarse a la vigueta con clavos o herrajes de cuelgue y luego se debe reforzar la viga de apoyo (Figura 15).

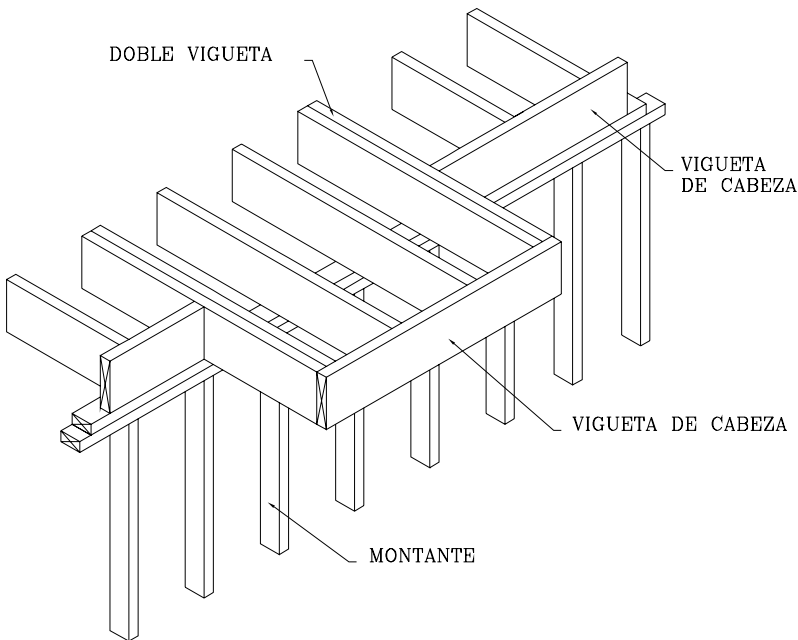
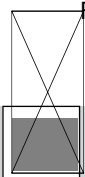


Figura 14



Forjados

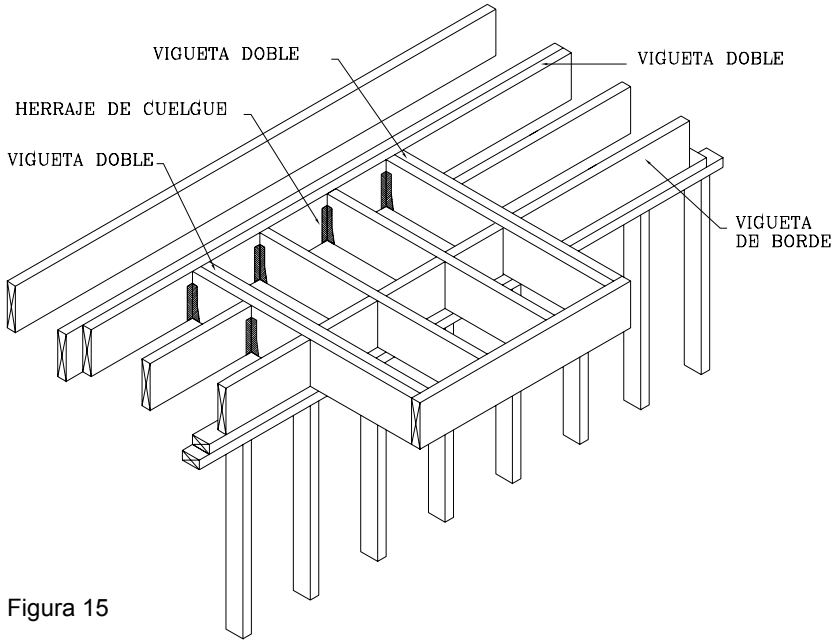


Figura 15

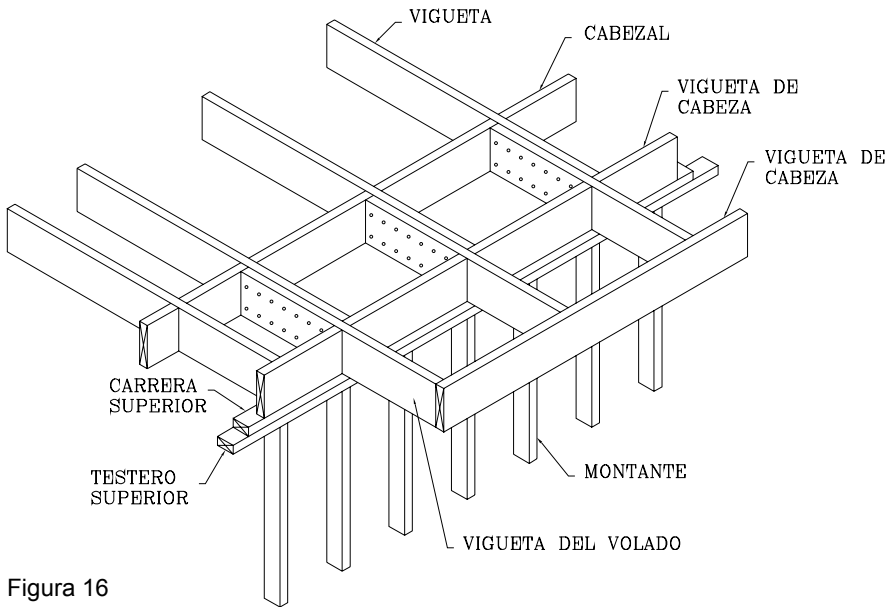


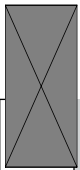
Figura 16

2

A

Entramados

Forjados



2

2

A

Entramados

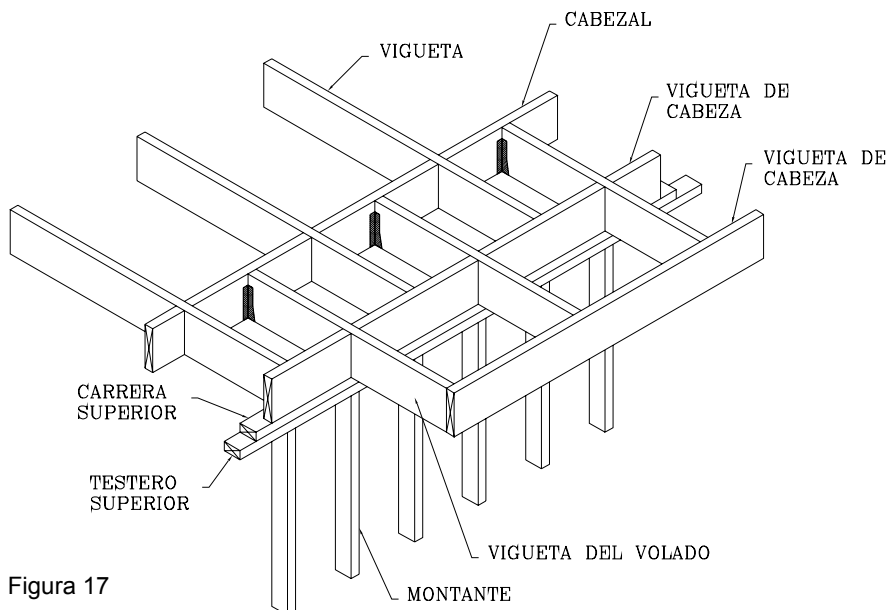


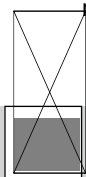
Figura 17

Cuando el voladizo coincide con el sentido del forjado las viguetas se prolongan hasta alcanzar el largo deseado (Figura 14).

Si la longitud de las viguetas no alcanza a cubrir el volado, se pueden adosar a las viguetas unas piezas de igual canto clavadas de cara (Figura 16) o bien intercalando vigas intermedias que nacen del interior y que se apoyan en un brochal (Figura 17).

En los balcones se procede a rebajar ligeramente la altura de las viguetas para formar un desnivel entre el piso interior y el exterior, evitando así la posibilidad de penetración de agua (Figura 18).

Cuando el volado excede la capacidad resistente de las viguetas se reforzará



Forjados

2

con jabalcones que transmiten las cargas al plano vertical resistente (Figura 19). En voladizos de cierta importancia se deben prever arriostramientos horizontales que eviten el desplazamiento lateral.

## Huecos

Cuando sea necesario dejar huecos mayores que la separación de las viguetas (en escaleras, chimeneas o diseños especiales) se deben cortar las viguetas y colocar transversalmente un brochal que sirva de amarre a sus cabezas.

Existen dos soluciones corrientes:

a) Colocar una viga maestra bajo las

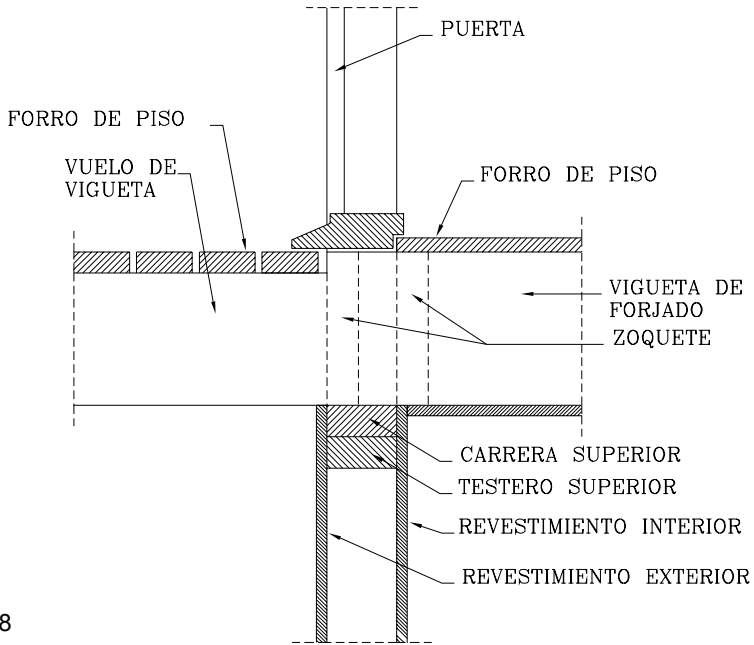


Figura 18

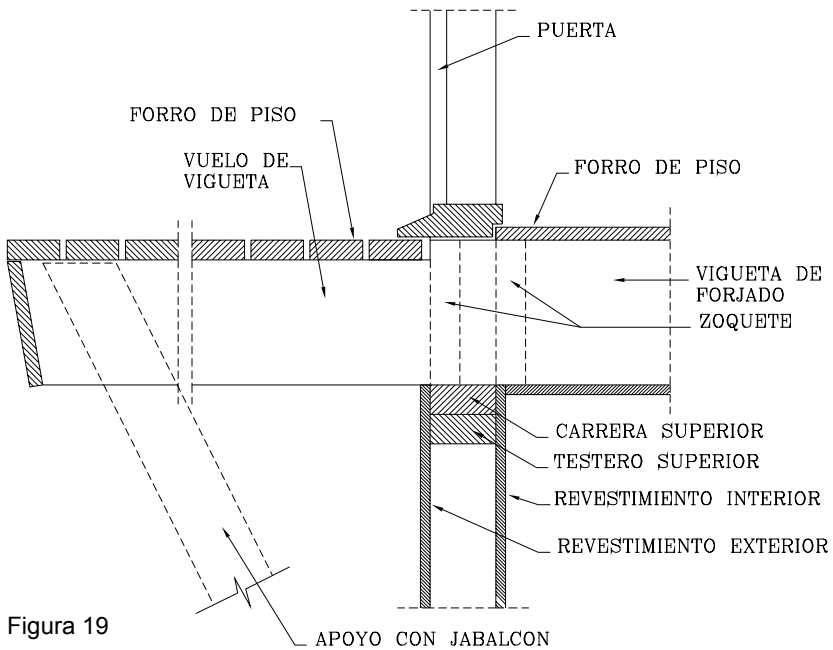


Figura 19

2

A

Entramados

Forjados

2

viguetas donde se apoyan éstas, las cuales llevarán un cabezal no estructural clavado a sus testas.

b) Colocar un brochal doble fijado transversalmente a las cabezas. Tendrá el mismo canto que las viguetas.

La conexión entre viguetas y brochal puede consistir en una pieza de cuelgue metálica o una pieza supletoria de calce.

El brochal y la vigueta de borde del hueco pueden reforzarse agregando piezas de igual escuadría para cargas o huecos elevados.

### Empalmes de vigas y viguetas

Las uniones de testa de las viguetas se denominan genéricamente empalmes y su función principal es la de dar continuidad constructiva a las éstas.

### Viguetas

Los empalmes entre viguetas tienen lugar sobre apoyos intermedios, muros o vigas, y pueden realizarse a tope y traslapadas. Excepcionalmente se pueden colocar ensambladas.

Cuando las viguetas rematan a tope los empalmes requieren de un elemento adicional de madera o metal en la unión. Este tipo de solución es conveniente cuando el piso o el cielo raso es modulado, ya sea por el uso de tableros o por buscar una línea de clavado recto (Figuras 20 y 21).

El empalme traslapado permite una buena unión, pero produce el desplazamiento del eje de las viguetas quedando desfasadas las juntas, cantos y líneas de clavos (Figura 22).

Las soluciones anteriores son posibles cuando el entramado queda oculto, o

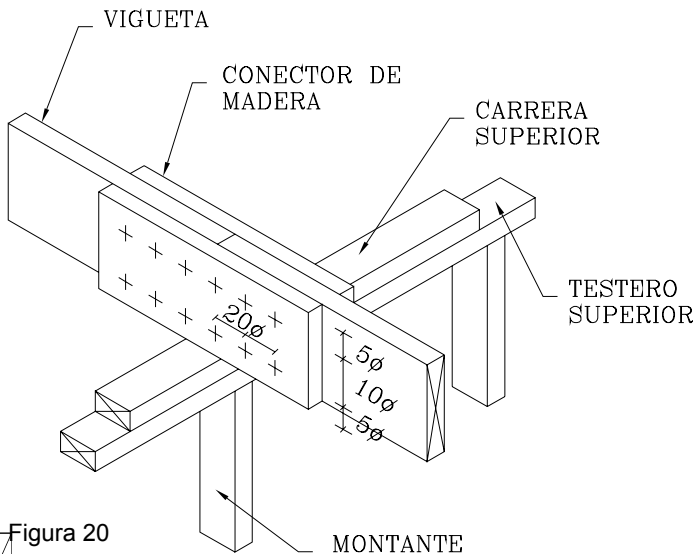
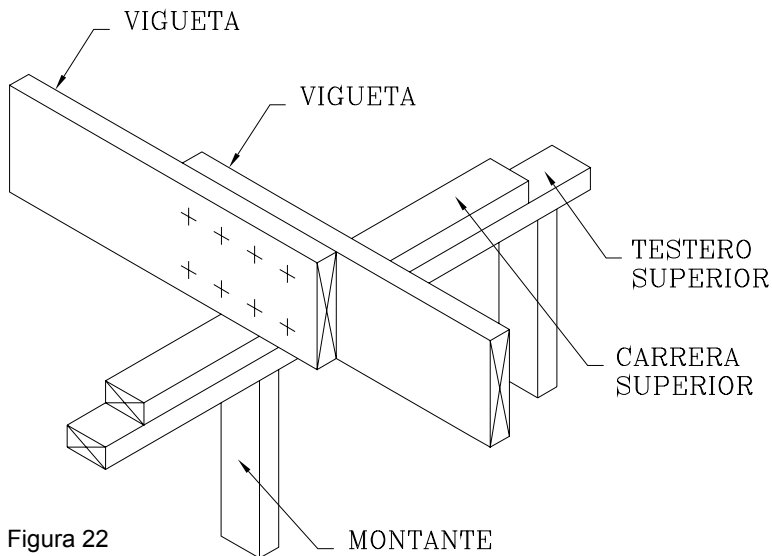
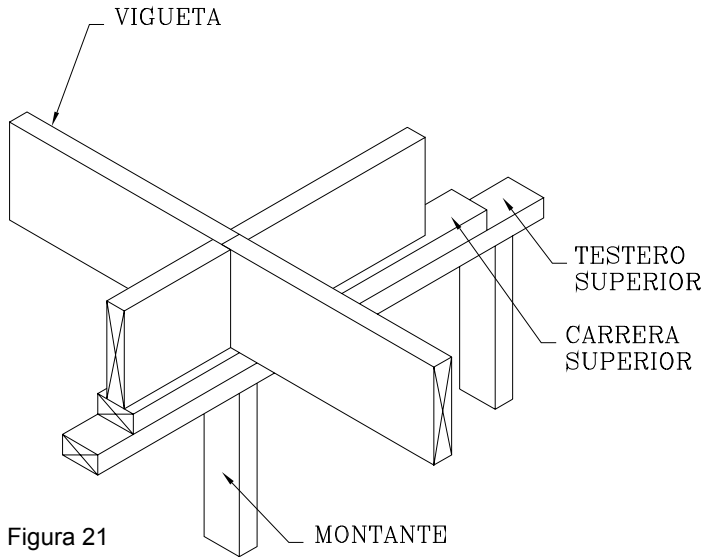


Figura 20



sea, cuando se coloca un cielo raso bajo las viguetas. Si el envigado queda a la vista debe empalmarse en una misma línea, sin elementos secundarios aparentes (Figura 23).

Todos los empalmes se realizan generalmente a ejes sobre el apoyo sea éste una viga maestra, pilar o muro. Sin embargo, si las vigas tienen continuidad podrán ejecutarse los empalmes a una



2

A

Entramados

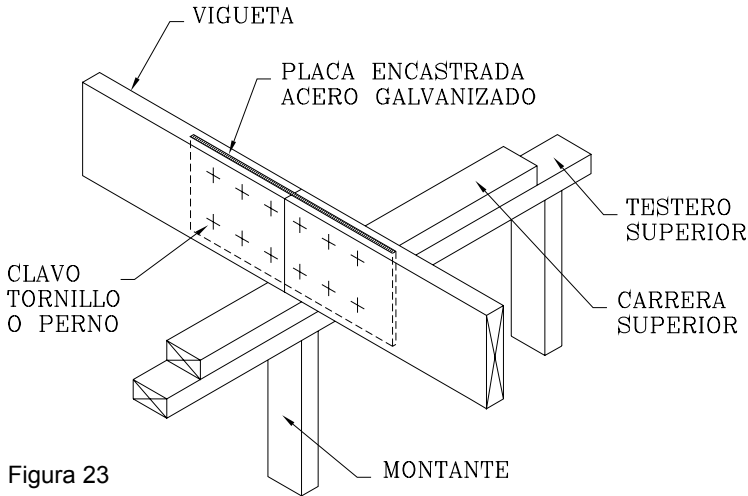


Figura 23

distancia del apoyo equivalente a 1/4 de la luz libre, que corresponde aproximadamente al punto de inflexión en que el momento flector es nulo. Sin embargo este recurso de dar continuidad parece poco adecuado a estas construcciones.

Los empalmes más habituales son los siguientes (Figura 24):

*Media madera horizontal*

Este empalme permite un mejor asiento de la viga sobre el apoyo. Consiste en ejecutar un corte horizontal a media madera que va fijado con pernos, clavos, adhesivos y/o clavijas pasantes que asumen pequeños esfuerzos cortantes.

*Media madera vertical*

Es similar al anterior pero ejecutada en vertical. Además de utilizar adhesivos es recomendable añadir pernos para evitar

separaciones.

**Vigas**

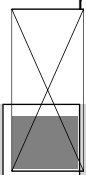
En los apoyos de vigas sobre pilares es conveniente a veces disponer elementos especiales tradicionales como ménsulas y zapatas (Figura 25).

**Herrajes**

Los herrajes permiten resolver encuentros, en ángulos diferentes, de dos o más piezas. Generalmente se realizan mediante piezas especiales de acero (Figura 26).

**Perforaciones para el paso de instalaciones**

Es frecuente necesitar perforar algu-





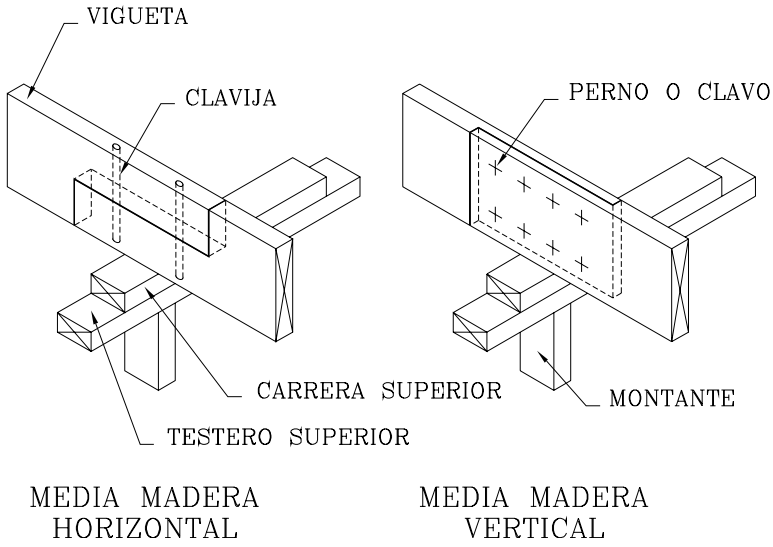


Figura 24

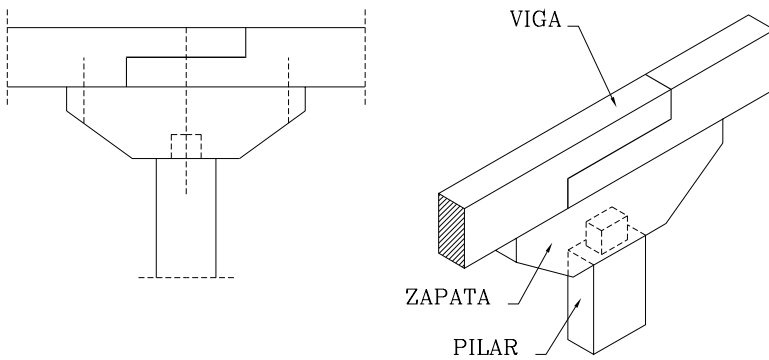


Figura 25

2

A

Entramados

Forjados

2

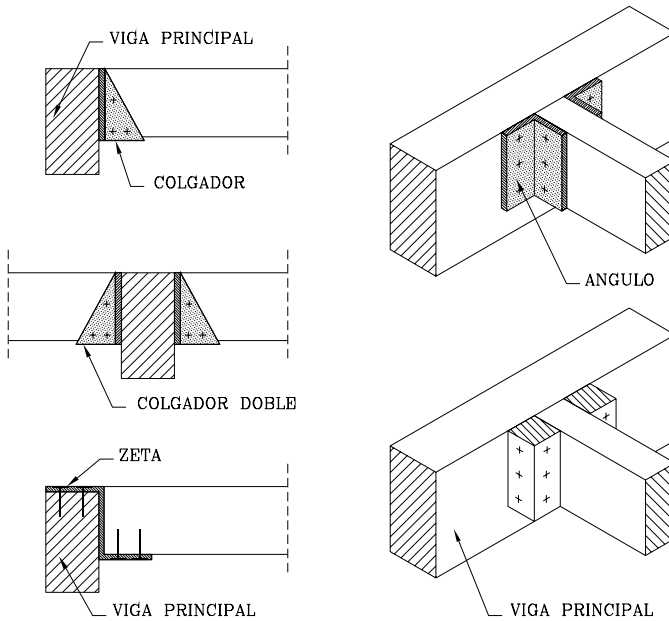


Figura 26

nos elementos de los entramados de forjados por los que pasarán las conducciones de instalaciones. Las recomendaciones más habituales de los diferentes códigos son las siguientes:

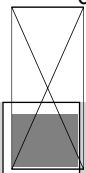
- El diámetro de las perforaciones no podrá ser mayor de un quinto de la altura de la viga ó 32 mm. Las perforaciones deberán ejecutarse en el eje central de la viga con una distancia mínima entre ellas igual al canto y separados del apoyo a una distancia inferior a 3 veces el canto (Figura 27).
- Los rebajes en las viguetas tendrán una profundidad no mayor a un quinto del canto de la viga ó 32 mm. Si se requiere efectuar más de uno, éstos deberán separarse como mínimo una distancia igual al canto de la vigueta y

no deberán realizarse a más de 450 mm del apoyo (Figura 28).

Si se requiere hacer cortes más profundos deberá aumentarse la altura de la vigueta (Figura 29).

Las instalaciones de aire acondicionado requieren especial cuidado debido a la sección de los conductos. Aunque lo recomendable es proyectar los conductos de ida y retorno entre los huecos del entramado, a veces no es posible.

Hasta aquí lo relativo a viguetas de madera aserrada. En el caso de viguetas prefabricadas de doble T sus posibilidades de perforación son mayores y normalmente se determinan en las especificaciones del fabricante.



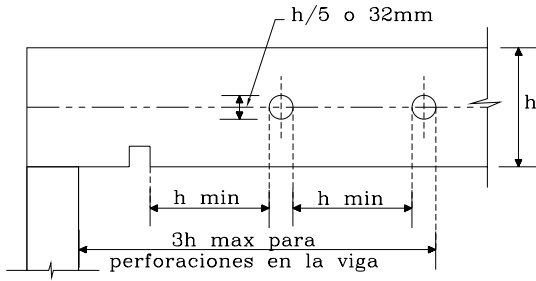


Figura 27

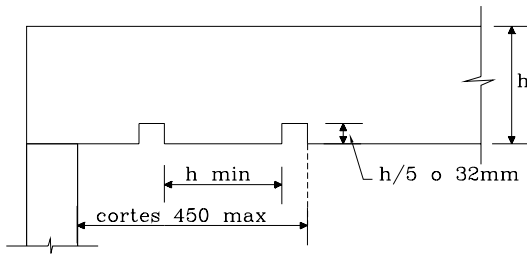


Figura 28

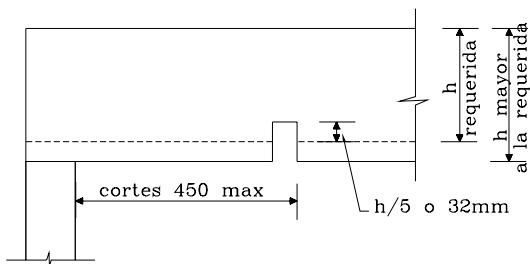


Figura 29

2

A

Entramados

Forjados

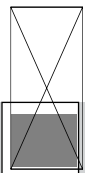
2

**2**

**A**

Entramados

**2**



Forjados

## Entramado de cubiertas

2

A

Entramados

La estructura de la cubierta se resuelve generalmente con armaduras de madera que permiten salvar luces entre 4 y 18 m.

Estas estructuras pueden formar parte de una construcción realizada enteramente en madera o con otros materiales. Esta última está facilitando la aceptación de los entramados de madera en países con poca tradición como el nuestro, donde de hecho ya se han ido introduciendo.

Las ventajas de los entramados de madera en las cubiertas son las siguientes:

- La ligereza. El bajo peso específico de la madera y la esbeltez de sus perfiles, confieren a las cerchas de madera una extraordinaria ligereza, lo que se traduce en menores cargas transmitidas a la estructura y a la cimentación.
- La facilidad de transporte y manipulación. Muchas veces sin necesidad de medios auxiliares o con un mínimo de personal su puesta en obra es rápida y sencilla.
- Los trabajos de impermeabilización y revestimiento se realizan con gran seguridad, ya que los elementos de cerramiento soportan directamente las cargas puntuales de montaje.
- El comportamiento térmico. La baja conductividad térmica de la madera -42 veces menor que el acero y 12 veces

menor que el hormigón- garantiza que la armadura no presenta puentes térmicos como ocurre con la estructura metálica. Este aspecto tiene especial interés en el caso de cubiertas habitables.

**Armaduras de cubierta**

Se entiende por armadura de cubierta el sistema estructural que soporta el cerramiento superior del edificio con el trazado adecuado para la evacuación del agua de lluvia.

El término armadura de cubierta se emplea para referirse a muy diversos sistemas estructurales, que van desde la simple disposición de parecillos sobre muros, hasta el entramado espacial de cubierta en pabellón.

Las cubiertas inclinadas pueden resumirse en las tipologías siguientes:

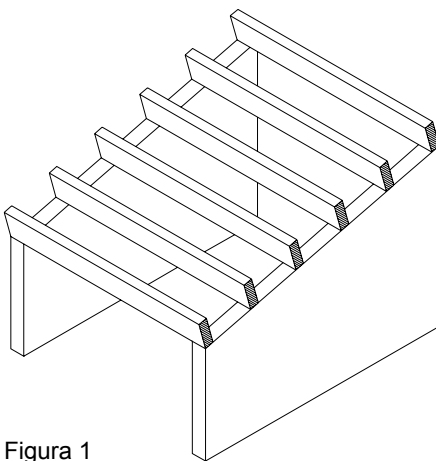


Figura 1

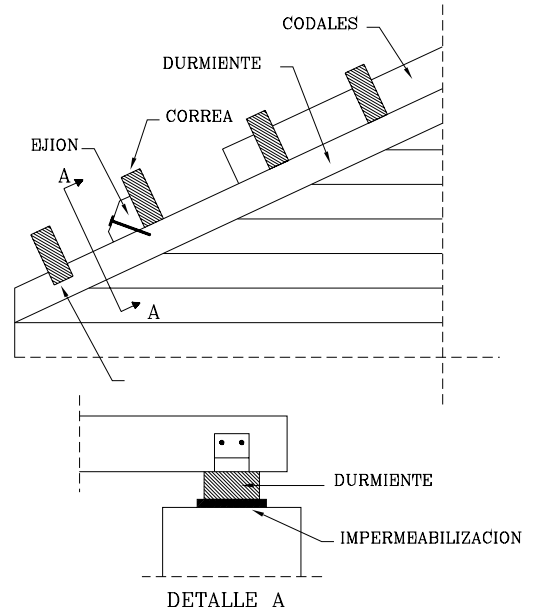


Figura 2

**Cubierta a la molinera**

Es la cubierta más sencilla, formada únicamente por correas que apoyan en muros piñones, constituyendo un forjado inclinado. Evidentemente la luz que salvan es reducida (Figura 1).

Las correas apoyan en el muro a través de un durmiente. Para evitar el vuelco de la correa deben colocarse ejiones o codales, o bien practicar un cajeado en el durmiente (Figura 2).

Si se trata de una construcción de entramado ligero, el apoyo de las correas sobre el muro puede realizarse a través de herrajes de cuelgue, quedando la correa enrasada con el muro (Figura 3).

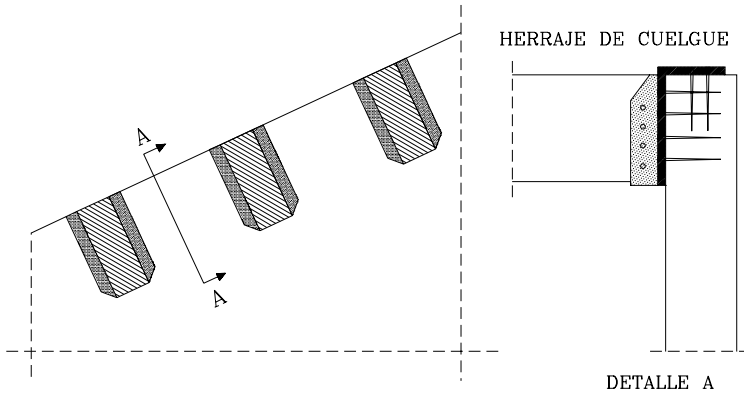


Figura 3

### Cubierta de par\_ y picadero

Se resuelve mediante pares que apoyan sobre los muros, y se disponen en dirección de la máxima pendiente del faldón. La separación entre estos pares es muy reducida, por lo que en algunos casos se les denomina parecillos (Figura 4).

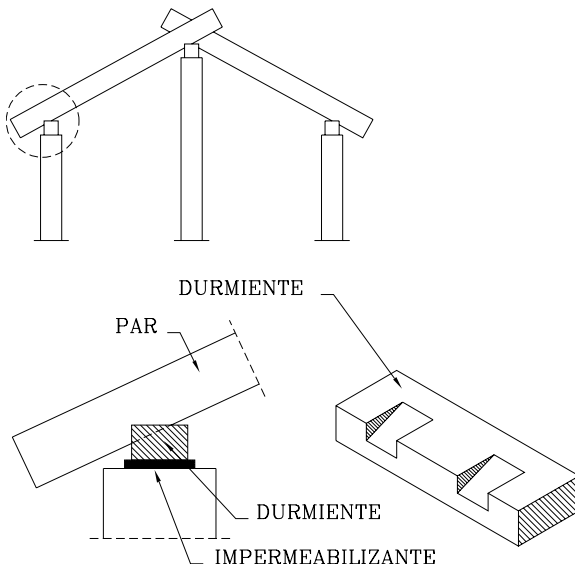


Figura 4

2

A

Entramados

Los pares apoyan en durmientes que coronan los muros. En el muro central se fijan mediante clavado o ensamble de cruce a media madera, para compensar los empujes de cada faldón, y en el apoyo inferior se efectúa un cajeadado de barbilla pasante que impide la transmisión de empujes (Figura 4).

En realidad los empujes debidos a la inclinación de las piezas pueden contrarrestarse, pero no así el empuje del viento, por lo que al final puede resultar más eficaz disponer apoyos articulados y no deslizantes para que los empujes del viento sean compartidos por los muros.

Se denomina picadero al durmiente de

la cumbreira. En algunos casos este picadero está levantado sobre una estructura de enanos que permite la ventilación completa de la cubierta (Figura 5).

Si la cubierta de pares es de un solo faldón, los cajeados en el durmiente son sustituidos por rebajes en el par (Figura 6).

**Cubierta de par e hilera**

En esta armadura los pares se encuentran en el caballete sobre una pieza horizontal denominada hilera. Esta se soporta por el empuje de los pares y su misión es simplemente recibirlos (Figura 7).

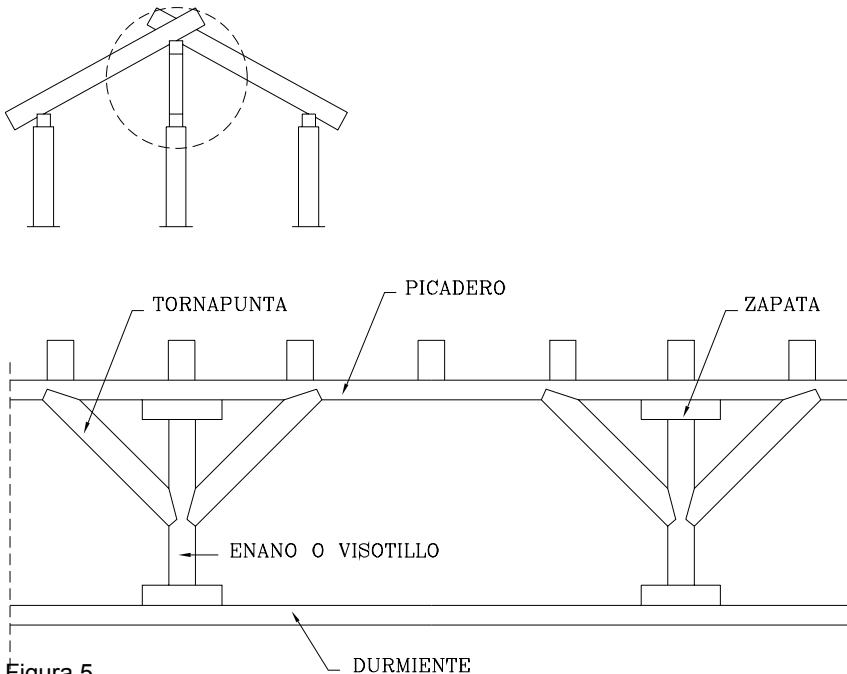


Figura 5



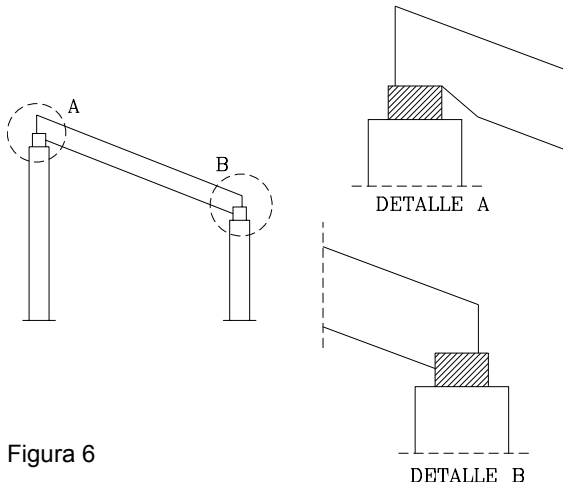


Figura 6

En los muros donde se apoyan los pares se producen empujes que deben contrastarse con un atirantado. Existen dos soluciones: disponer de un tirante para

cada par, formando en cierta manera una cercha (Figura 7), o apoyar los pares sobre un estribo que se atiranta cada cierto número de pares (Figura 8).

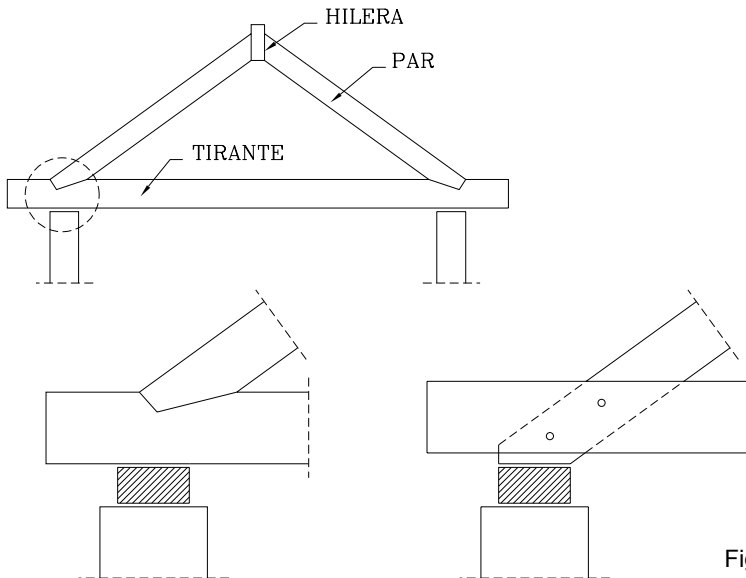


Figura 7

2

A

Entramados

2

A

Entramados

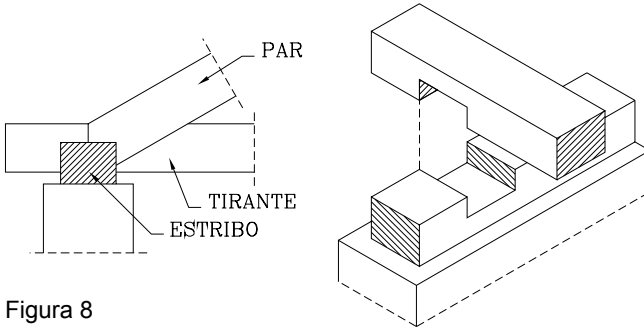


Figura 8

**Cubierta de par y nudillo**

Se trata de una estructura de pares con una pieza horizontal dispuesta a media

altura, denominada nudillo (Figura 9). También recibe el nombre de cercha imperial, de puente, o con falso tirante.

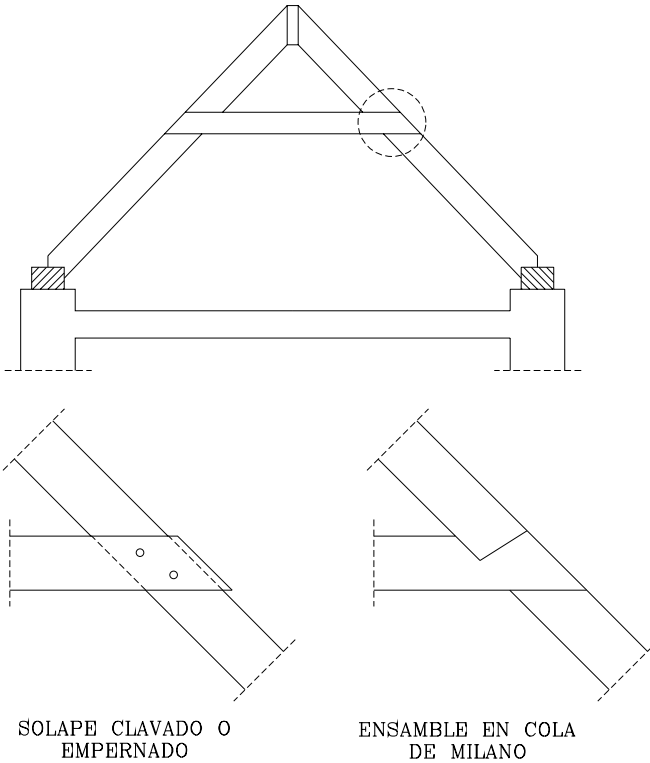


Figura 9

3

Cubiertas

El nudillo trabaja normalmente a compresión y su función es acortar el vano de los pares. Los apoyos suelen ser indesplazables, por lo que el muro también recibe empujes de los pares.

Para que el nudillo trabaje a tracción bajo cargas gravitatorias, uno de los apoyos de la cercha debe ser deslizante, hecho que en la práctica no ocurre.

El nudillo podría, sin embargo, trabajar a tracción bajo el efecto de succión del viento.

### **Cerchas**

Dentro de esta denominación se incluye una gran variedad de formas estructu-

rales, pero generalmente se refiere a la armadura formada por dos faldones simétricos. Su característica principal es que se cuajan con barras que triangulan el espacio delimitado por los cordones de borde para obtener una estructura poco deformable.

A continuación se indican las denominaciones de sus barras (Figura 10):

#### *Cordones superiores o pares*

Piezas que trabajan a flexocompresión y delimitan los faldones de la cubierta.

#### *Cordón inferior o tirante*

Pieza que trabaja, principalmente, a tracción (a veces soporta esfuerzos de flexión) y que resiste los empujes laterales de los pares.

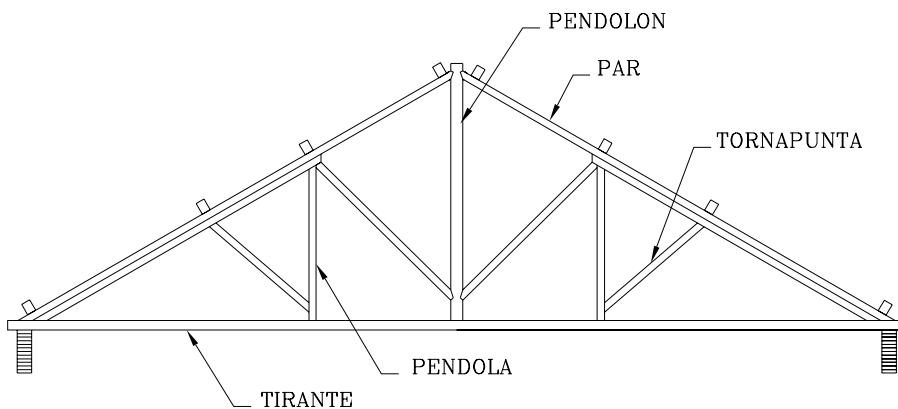


Figura 10

*Barras de la celosía interior*

Piezas que triangulan el espacio interior y que trabajan a compresión o a tracción. Dentro de éstas se diferencian varios tipos: péndolas (piezas verticales), pendolón (pieza vertical central), diagonales (piezas inclinadas), tornapuntas (piezas inclinadas comprimidas).

Finalmente, puede hacerse la siguiente clasificación de las cerchas, atendiendo al tamaño de las escuadrías empleadas y consiguientemente a los medios de unión entre barras:

*a) Cerchas ligeras industrializadas:*

Utilizan escuadrías muy reducidas (habitualmente 38 x 89 y 38 x 140 mm), y la separación entre ellas es pequeña (normalmente de 600 mm), de tal forma que no se precisa una estructura secundaria (correas).

Los medios de unión son placas metálicas dentadas que permiten un armado industrializado o cartelas de tablero si se realizan en obra.

*b) Cerchas de madera maciza de gran escuadría:*

Las secciones son mayores (del orden de 100 x 150 y 200 x 200 mm), las uniones se realizan mediante la técnica tradicional de ensamble y la separación entre cerchas es del orden de 3 a 4 metros, precisando por tanto una estructura secundaria de correas y a veces de parecillos.

*c) Cerchas de barras compuestas:*

Constituyen un sistema constructivo de características intermedias entre las cerchas ligeras y las pesadas. Su principal característica es que emplean piezas compuestas para formar alguna de las

barras (generalmente los pares) y los medios de unión más frecuentes son los conectores de anillo emperrados.

## Cerchas ligeras de madera

Una cercha industrial es un conjunto de piezas de madera aserrada, con escuadrías del orden de 38 x 89 y 38 x 140 mm, unidas entre sí por conectores de placa dentada, de tal manera que forman una estructura plana destinada a recibir el soporte de cubierta y el techo.

Antiguamente en lugar de este tipo de conectores se utilizaban cartelas de tablero contrachapado. Todavía las utilizan algunos fabricantes y tienen la ventaja de que permiten su armado en obra.

### Tipologías

En la figura 11 se recogen los principales diseños de cerchas ligeras de madera, indicándose las luces y pendientes adecuadas.

Las más habituales en construcción de viviendas son las cerchas en W (figura 11 b y d) para cubierta a dos aguas. Cuando se trata de un sólo faldón, el diseño más frecuente es el de la figura 11 e.

En las cubiertas habitables se prescinde de la celosía en el vano central, para lograr diafanidad. Estas formas se apoyan

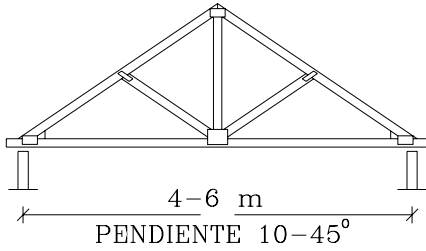


Figura 11a

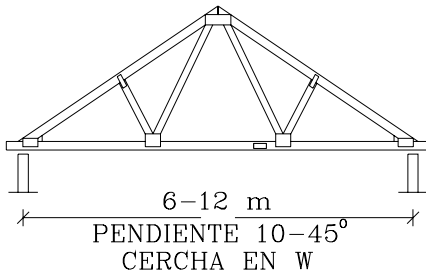


Figura 11b

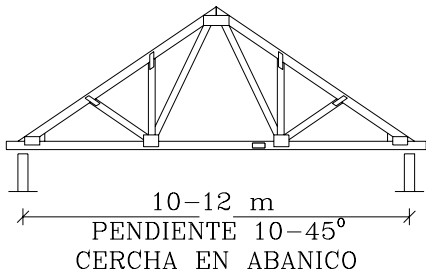


Figura 11c

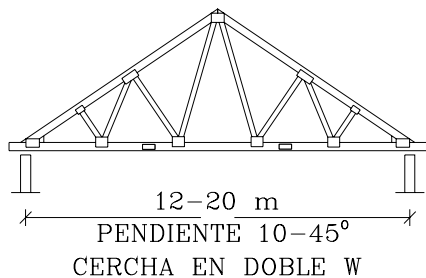


Figura 11d

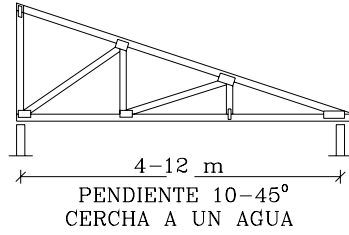


Figura 11e

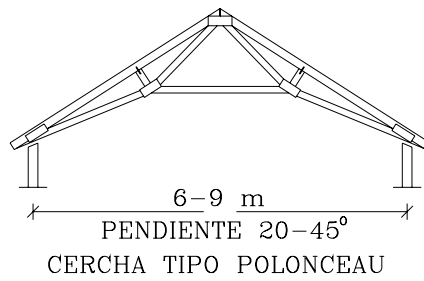


Figura 11f

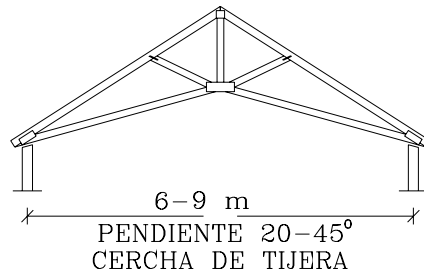


Figura 11g

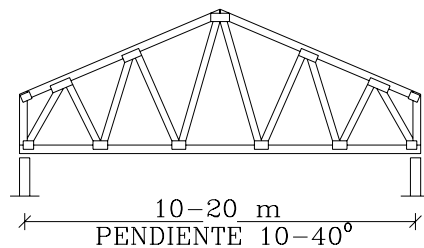


Figura 11h

2

A

Entramados

sobre el último forjado.

## Estabilidad del conjunto de la cubierta

La estabilidad de la estructura de la cubierta se consigue mediante un sistema de arriostramiento que debe ser considerado en el diseño de la cercha. El arriostramiento debe plantearse en las tres etapas siguientes:

1. Proyecto de la cercha: el proyectista debe asumir unas hipótesis de cálculo respecto al pandeo de cada barra (definiendo su longitud eficaz en función del sistema de arriostramiento) y a la estabilidad del conjunto.

2. Fase de montaje: el constructor o responsable de la instalación deberá tomar precauciones para evitar daños a las cerchas durante la manipulación y disponer los apuntalamientos o arriostramientos temporales que garantice la estabilidad durante la obra.

3. Arriostramiento definitivo: Debe ejecutarse en coherencia con las disposiciones inicialmente diseñadas. En muchos casos depende de otros elementos constructivos como el tablero de cerramiento

### Arriostramiento temporal

Durante el montaje, la primera precaución es apuntalar provisionalmente la primera cercha, fijándola al suelo de forma similar a lo indicado en la figura 12, o bien a los muros.



Figura 11i

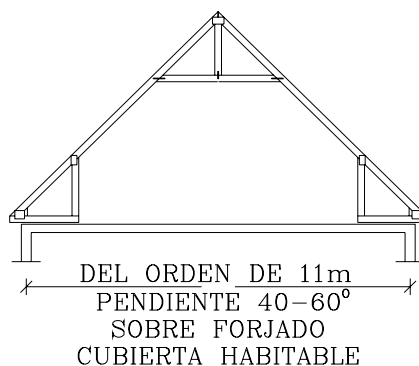


Figura 11j

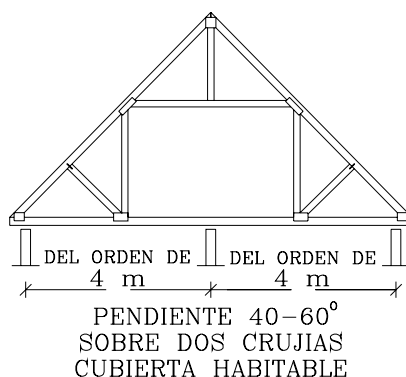


Figura 11k

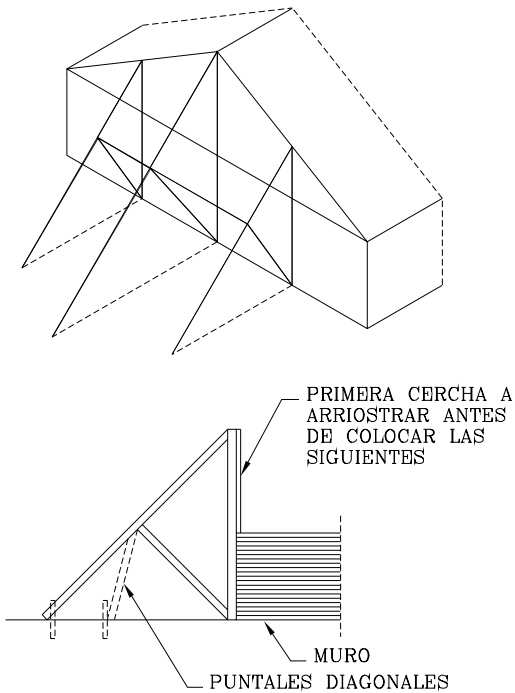


Figura 12

Las cerchas siguientes deberán sujetarse a esta primera hasta quedar aplomadas y aseguradas, antes de la colocación del tablero de cubierta. Las piezas empleadas para estos arriostramientos provisionales tendrán una sección mínima de 38 x 89 mm y se clavarán con dos puntas en cada intersección con la pieza a arriostar.

Otra posibilidad es efectuar el ensamblaje de un grupo de cerchas en el suelo adecuadamente arriostradas. Este conjunto será colocado en bloque sobre los muros.

El arriostramiento temporal de las cerchas se desarrolla en los tres planos

siguientes:

#### *Plano del faldón (formado por los pares)*

Con el fin de evitar el pandeo de los pares en el plano del faldón se recomienda disponer unas líneas de fijación en tres sitios: en la zona de la cumbrera (a una distancia no superior a 15 cm del eje), en la zona del alero y en el vano central. En este vano se colocarán las líneas necesarias de arriostramiento de tal forma que se cumpla que la separación libre no sea superior a 2,5 -3 m en pares simples y a 3,6-4,2 para pares dobles. En el primer caso la línea tendrá un grosor de 38 mm y en el segundo de 76 mm (Figura 13).

#### *Plano de las barras de la celosía*

Para evitar el "efecto dominó" se debe disponer un arriostramiento temporal en el plano formado por las péndolas de todo el conjunto de cerchas. Normalmente se conserva después como arriostramiento permanente. Se recomienda disponer longitudinalmente una cruz de arriostramiento cada 6,0 m como máximo y en planos separados en dirección transversal a una distancia de 4,8 m (Figura 14).

#### *Plano del tirante*

En el plano de los tirantes se recomienda disponer de líneas continuas de arriostramiento en distancias no superiores a 2,5 - 3,0 m, mediante una pieza de madera clavada en el borde superior del tirante. Para inmovilizar estas líneas se construyen unos vanos triangulados con diagonales en los extremos del edificio sin dejar tramos libres de longitud superior a 6 m (Figura 15).

También aquí esta disposición se hace coincidir con el arriostramiento definitivo especificado en el proyecto.

**Arriostramiento definitivo**

El sistema de arriostramiento definitivo tiene dos funciones, mantener en posición las barras de la estructura y resistir los esfuerzos laterales que sufra el edificio (viento y sismo). Por esta razón es frecuente denominar al sistema de arriostramiento «contravientos».

De nuevo el arriostramiento se organiza en tres planos:

*Plano de los faldones (o de los pares)*

Si se utiliza un tablero estructural como material de cerramiento y se dispone adecuadamente, es decir, con las juntas alternas y el clavado necesario

(ver Anexos 3 y 5), se admite que el cerramiento funciona como un diafragma continuo. Esto hace innecesario el arriostramiento en ese plano.

Si se trata de una cubierta con correas apoyadas sobre las cerchas, deberán añadirse en los extremos del faldón unas triangulaciones que inmovilicen las correas, con el fin de disminuir la longitud de pandeo del par (Figura 16). Estas diagonales se colocarán en los extremos de los faldones y si la longitud del edificio es superior a 18 m, este arriostramiento se repetirá a intervalos no superiores a 6 m.

*Plano de las barras de la celosía*

El objetivo de este arriostramiento es

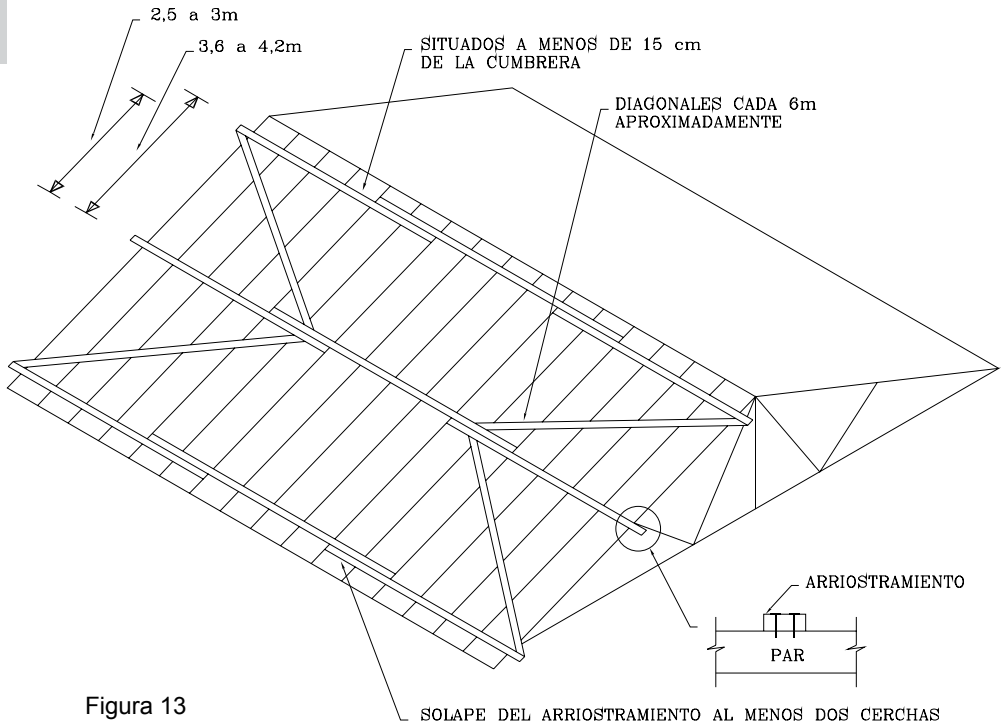


Figura 13



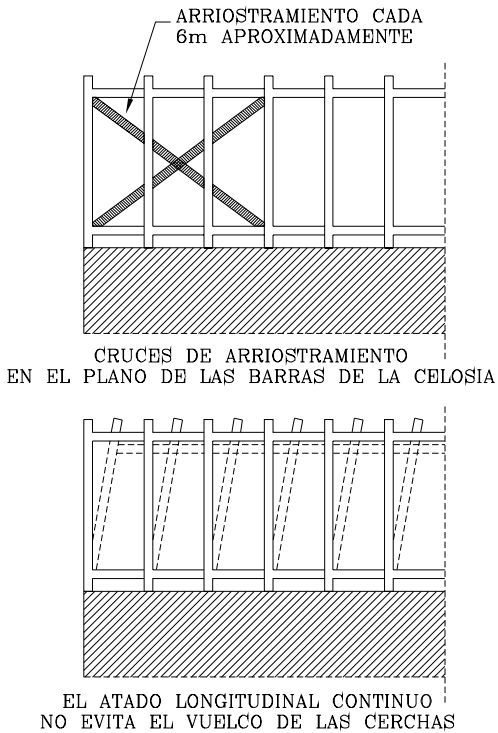


Figura 14

mantener las cerchas en su posición vertical y guardar la distancia entre ellas. Además, puede aprovecharse para reducir la longitud de pandeo de las barras de celosía que queden comprimidas.

Consiste en cruces de arriostramiento similares a las descritas para la solución temporal (Figura 14) y se completan con una línea de atado que acorta la longitud de pandeo de las tornapuntas (Figura 17).

#### Plano de los tirantes

La finalidad de este arriostramiento es sobre todo mantener la distancia entre cerchas. En el caso de que quede comprimido el tirante por efecto de una inversión de esfuerzos (debido a la succión del viento) este arriostramiento

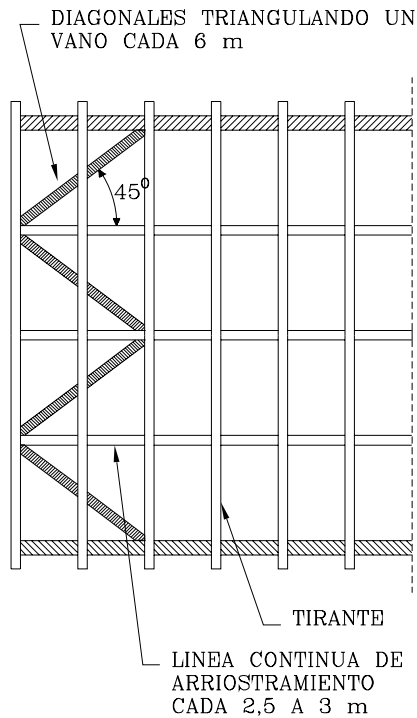


Figura 15

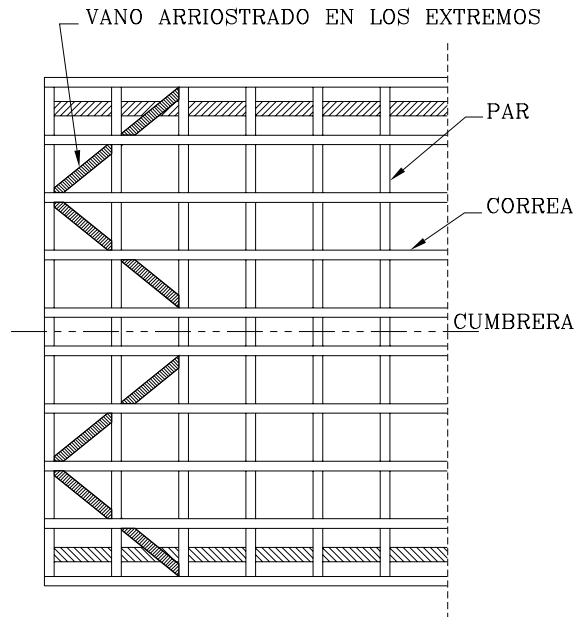


Figura 16

2

A

Entramados

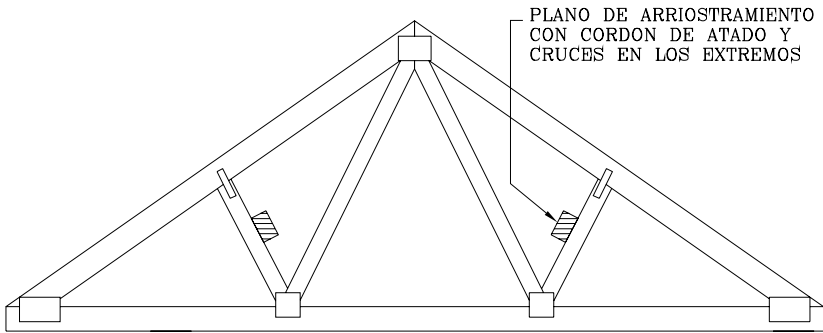


Figura 17

inmovilizar el tirante en algunos puntos.

En el caso de cerchas con varios apoyos o en voladizo, parte del tirante puede quedar comprimido, debiendo en ese caso arriostrarse de manera similar a los pares.

El arriostramiento del plano de los tirantes resulta también eficaz para transmitir los empujes laterales del viento o el sismo a los muros o elementos específicos diseñados para resistir estas acciones. En general, se aprovecha el arriostramiento temporal (Figura 15).

La sección mínima de las barras de atado será de 25 x 75 mm y se clavarán con 2 puntas a cada tirante.

*Disposición contra el pandeo de barras comprimidas de la celosía*

Las tornapuntas o barras de la celosía que quedan sometidas a compresión tienen una fuerte esbeltez en el plano perpendicular a la cercha, lo que por efecto del pandeo inutiliza en la práctica su eficacia resistente. Hay que pensar que el espesor de estas piezas suele ser de tan solo 38 mm y su longitud puede llegar a los 1,5/2,0 m.

Para evitar este inconveniente, se recurre a una de las dos soluciones siguientes:

a) Disposición de líneas de atado transversales que dividan la longitud libre de pandeo. Estas líneas formadas por barras de madera que se clavan a las piezas a arriostar (Figura 18).

Las piezas quedarán inmovilizadas en sus extremos con diagonales, de la misma forma que el arriostramiento definitivo de barras de celosía.

Además los empalmes deberán solaparse al menos sobre dos cerchas.

Si los muros de los extremos son rígidos (por ejemplo de fábrica) y la construcción tiene una longitud reducida (de 8 a 10 m) las diagonales no serían necesarias, admitiéndose como puntos fijos los anclajes a los muros.

b) Clavado de una pieza de madera en un plano perpendicular para aumentar su inercia transversal. La sección logra así una forma de T. El clavado se efectuará al tresbolillo con una separación no superior a 75 mm (Figura 19).

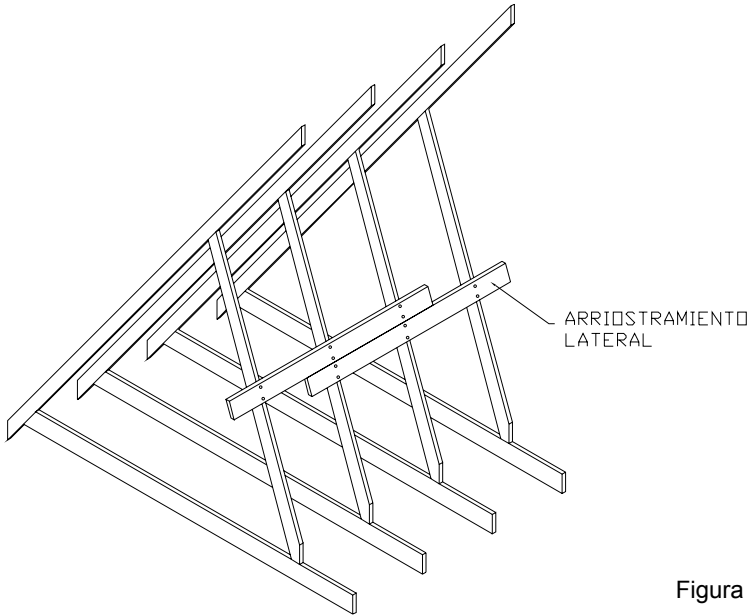


Figura 18

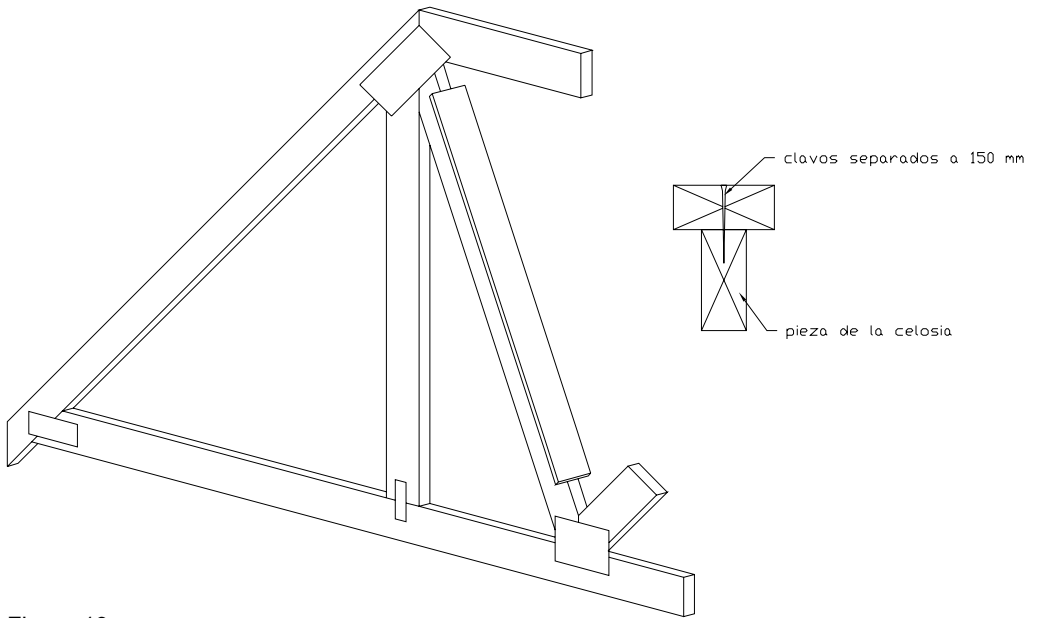


Figura 19

2

A

Entramados

**Voladizos**

En la figura 20 se describen diversas soluciones para el vuelo de las cerchas sobre los muros. El apoyo de la cercha debe coincidir con un nudo, para evitar la flexión en el tirante. Es preferible romper la simetría de la cercha en apoyos con vuelos (Figura 21).

**Puesta en obra**

**Tolerancias**

Debe comprobarse la correspondencia entre las piezas a recepcionar y las hipótesis que han sido consideradas en el estudio (fundamentalmente la posición y naturaleza de los apoyos).

Las tolerancias de los apoyos deben ajustarse a determinadas recomendaciones constructivas (Figura 22):

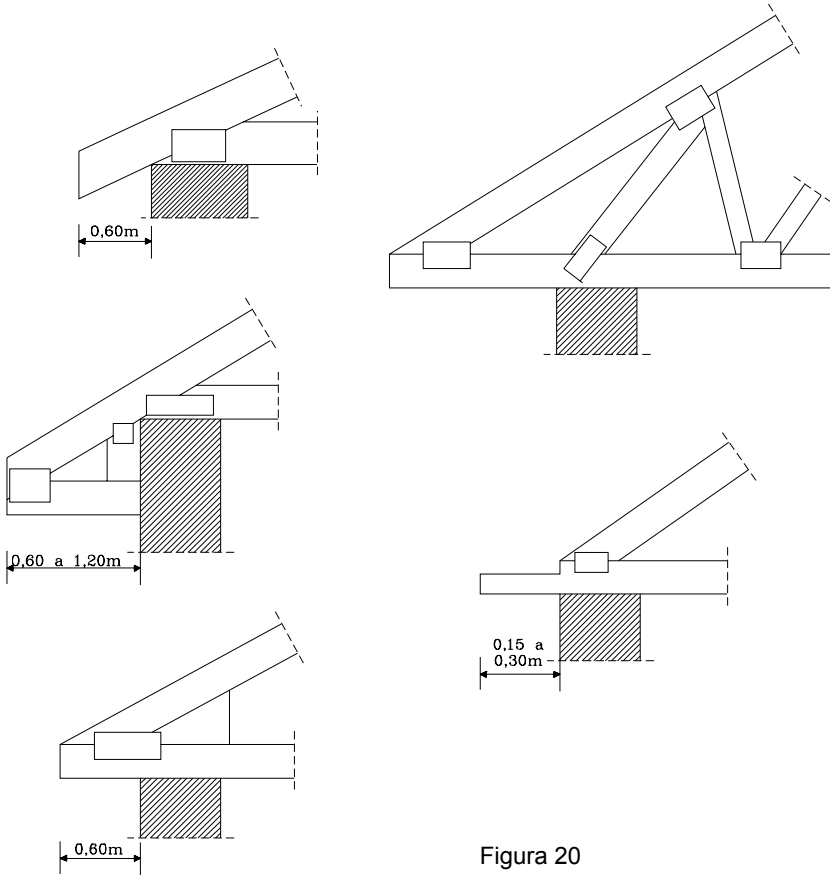


Figura 20

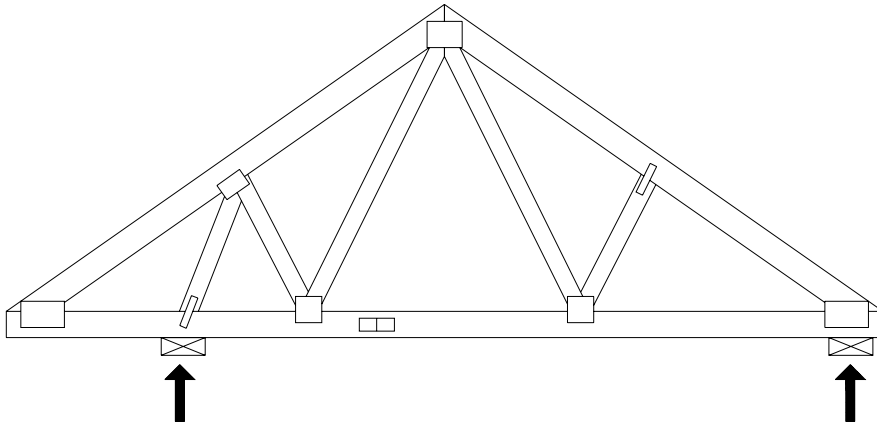


Figura 21

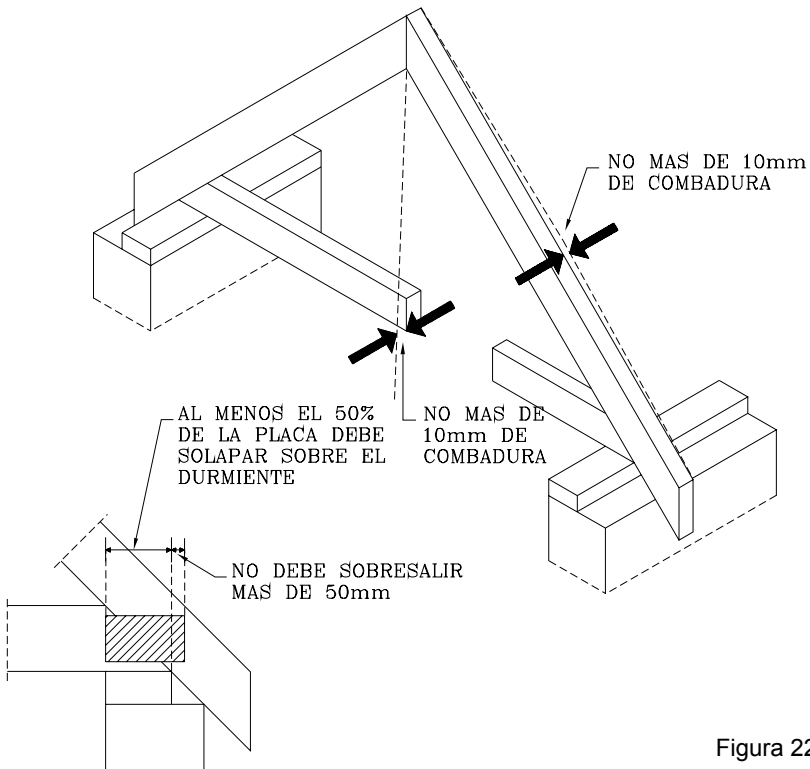


Figura 22

2

A

Entramados

2

A

Entramados

- Luces entre apoyos +/- 20 mm
- Distancia entre correas +/- 10 mm
- Aplomado: dependiendo de la altura total de la cercha se detallan las desviaciones siguientes:

hasta 1 m	10 mm
hasta 2 m	15 mm
hasta 3 m	20 mm
4 m o más	25 mm

- Niveles +/- 20 mm
- Escuadras +/- 15 mm

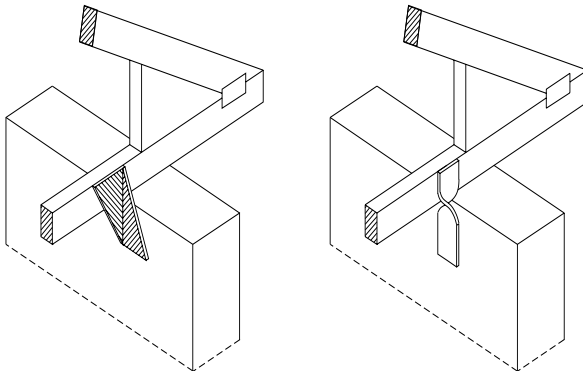
(ver Anexo 8, puntos 4.5 a 4.7)

**Colocación de sistema antipandeo**

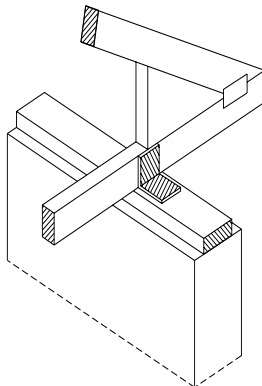
Se pueden seguir las siguientes recomendaciones:

- Los dispositivos antipandeo se deben colocar tras asegurar que el plomo y la alineación de las cerchas están dentro de los límites prefijados y que se respetan las separaciones de chimeneas, depósitos y conductos. Se apean temporalmente mientras se colocan las riostras.

- Los contravientos se deben colocar



ANCLAJE MEDIANTE PIEZAS METALICAS ESPECIALES



ANCLAJE MEDIANTE ESCUADRA METALICA SOBRE SOLERA

Figura 23

3

Cubiertas

en el siguiente orden: sobre los pares, sobre los tirantes y sobre las barras de celosía.

- No se deben prolongar las riostras en los muros medianeros.
- Cada contraviento se fijará con dos clavos a cada cercha. Un clavado defectuoso puede eliminar el efecto de arriostamiento.
- Se utilizarán cartelas cuando se crucen dos contravientos y uno de ellos deba ser cortado.
- El solape entre contravientos debe fijarse al menos a dos cerchas consecutivas.

### **Anclajes**

El anclaje de la estructura tiene por objeto oponerse al deslizamiento horizontal de las cerchas sobre el apoyo y al levantamiento provocado por el viento.

Los anclajes más habituales son los siguientes (Figura 23):

- Con escuadra metálica tirafondeada sobre durmiente.
- Con patilla clavada a la cercha y al muro.
- Con escuadra metálica.

### **Izado de las cerchas**

En la figura 24 se ilustra el levantamiento de las cerchas (o vigas en celosía) cuya luz no supera los 9 metros.

Para cerchas con luces comprendidas entre 8 y 18 metros, el procedimiento recomendado se recoge en la figura 25.

Para el izado de las cerchas que superen los 18 metros de luz es recomendable utilizar un repartidor rígido que se ata al par y a los elementos de la celosía cada 3 m, aproximadamente (Figura 26).

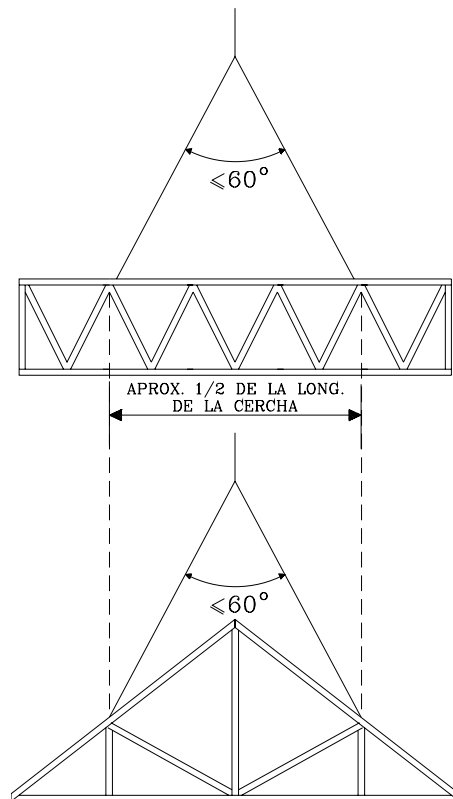


Figura 24

2

A

Entramados

2

A

Entramados

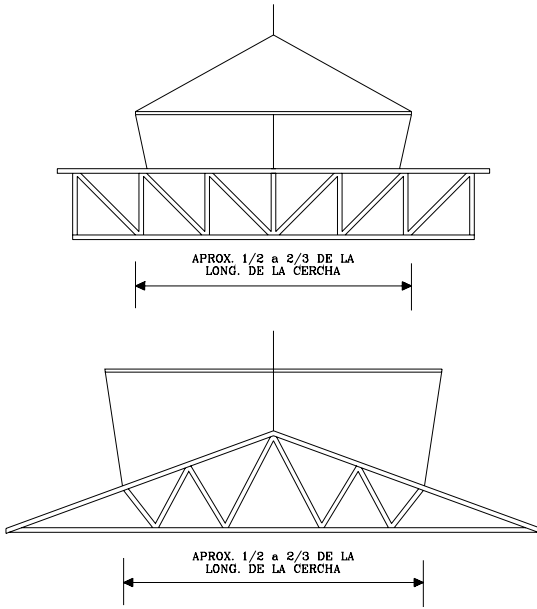


Figura 25

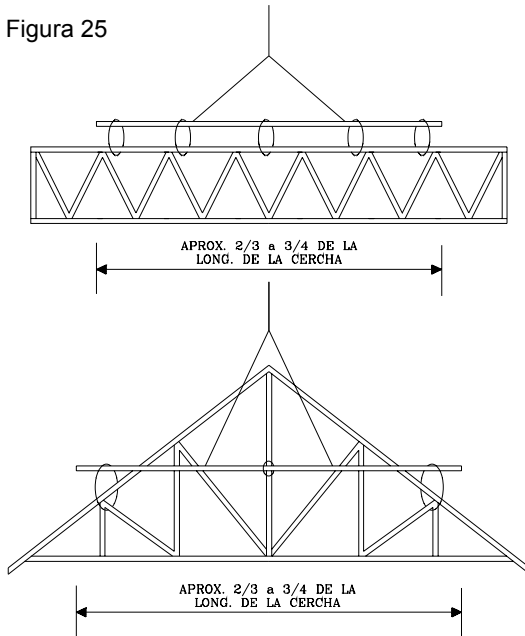


Figura 26

3

Cubiertas



## Cerchas de grandes escuadrías

Generalmente se denominan cerchas tradicionales y se construyen con piezas de escuadrías próximas a 150 x 150, 150 x 200 y 200 x 200 mm.

La separación entre cerchas varía de 3000 a 4000 mm necesitando, por tanto, una estructura secundaria de correas.

En algunos casos se añade una estructura de tercer orden formada por cabios o parecillos (Figura 27).

Este sistema se utiliza en las casas de entramados pesados y en obras de restauración.

### Tipologías más habituales

En la figura 28 se recogen los tipos más simples de cerchas de gran escuadría, indicando las luces recomendadas.

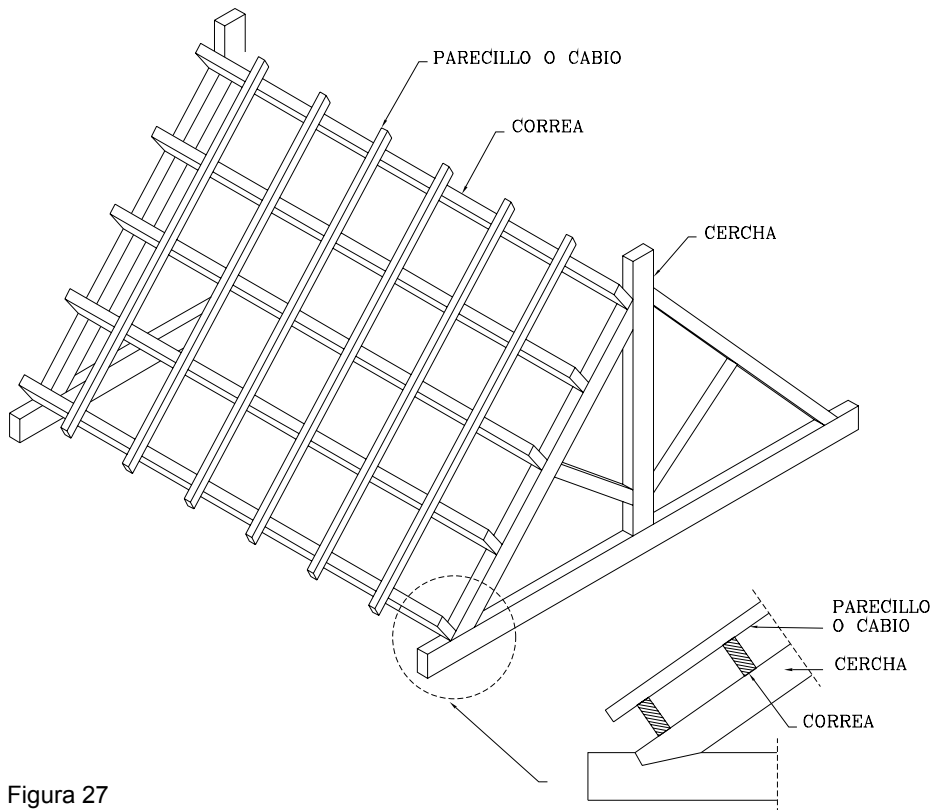


Figura 27

2

A

Entramados

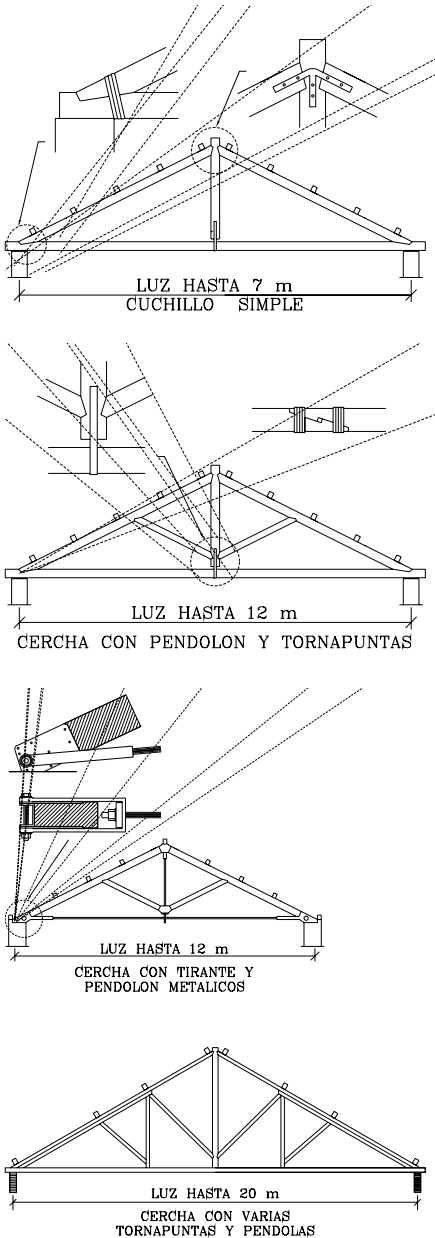


Figura 28

**Estabilidad del conjunto de la cubierta**

Los sistemas para asegurar la estabilidad de un sistema de cerchas de grandes escuadrías son similares a las de las cerchas ligeras. Las diferencias radican en la mayor escuadría, el mayor peso del conjunto y la existencia de muros, generalmente de fábrica, que sirven de cerramiento y estructura vertical.

Debido a la mayor anchura de la sección transversal de los pares, por lo general suele bastar con fijar la cumbrera, dejando libre el vano desde este punto hasta el alero.

La cumbrera puede inmovilizarse fijando la hilera o las correas superiores a un muro rígido en los extremos, o mediante diagonales.

El arriostramiento en el plano de las barras de celosía es similar al de las cerchas ligeras y se soluciona mediante diagonales en los vanos extremos del plano vertical que definen los pendolones o con tornapuntas en la cumbrera (Figura 29).

El arriostramiento en el plano de los tirantes no suele ser necesario ya que normalmente el peso propio de la cubierta es elevado y no se llega a una inversión de esfuerzos provocada por el viento.

**Disposiciones contra el pandeo de barras de la celosía**

Al tener las tornapuntas una escuadría

mayor (y sobre todo un espesor mayor en la sección transversal) no es necesario generalmente fijar un punto intermedio de la barra, como ocurría en las cerchas ligeras.

Sin embargo sí es recomendable impedir el desplazamiento en el plano perpendicular a la cercha del arranque de las tornapuntas en su encuentro con el pendolón. Normalmente se consigue fijando este último al tirante mediante una brida metálica.

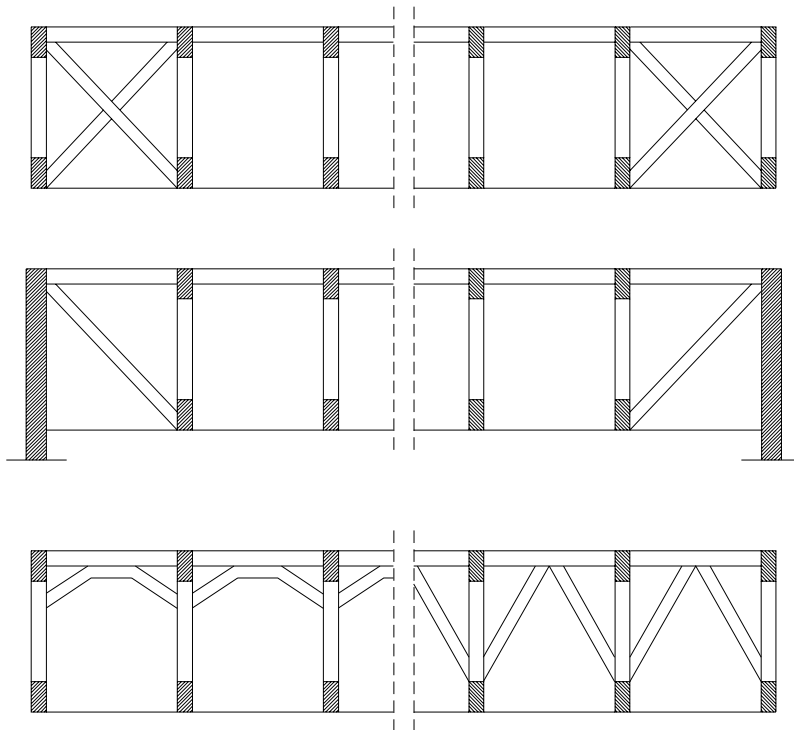


Figura 29

2

A

Entramados

## Cerchas de barras compuestas

Constituyen un sistema constructivo de características intermedias entre las cerchas ligeras y las de grandes escuadrías. Su característica diferenciadora es que se emplean piezas compuestas para formar alguna de las barras (generalmente los pares) y que los medios de unión utilizados son generalmente pernos con conectores de anillo.

La separación a ejes oscila entre 2 y 3,5 metros, por lo que se hace necesaria una estructura de segundo orden (correas).

Las luces que pueden salvarse van

desde los 15 a los 20 metros.

Las escuadrías empleadas oscilan en torno a 50 x 100 y 50 x 150 en piezas principales y 50 x 100 en barras de celosía interior.

Los pares, y a veces otras barras de la celosía, se forman con dos o más piezas, separadas entre sí con forros de madera y dejan un hueco para poder alojar otras barras en los nudos de ensamble. Las piezas de gran longitud como el tirante o los pares se empalman mediante cubreuntas de madera (Figura 30).

Los requisitos relativos a la estabilidad son similares a los definidos para las cerchas ligeras, con alguna ventaja debido a la mayor escuadría de las piezas.

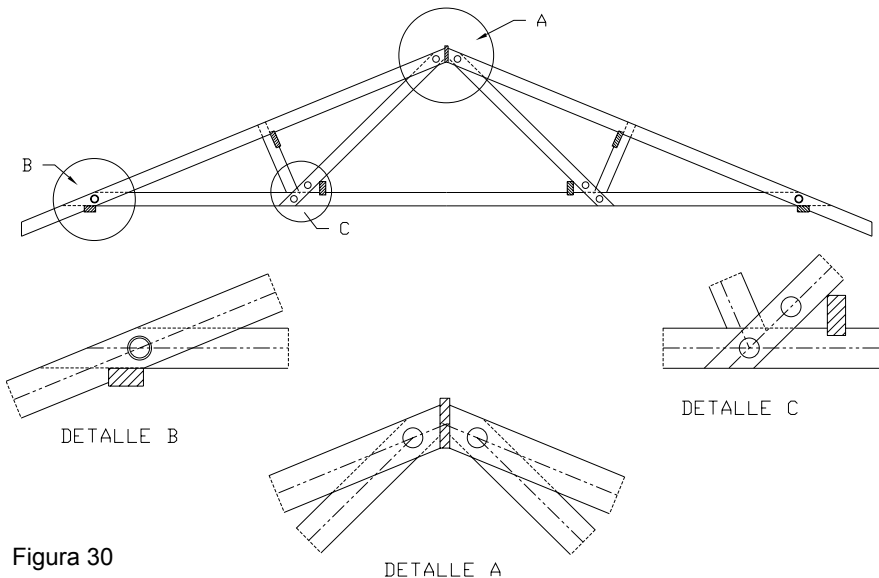


Figura 30