



# Unidad 11

## ESTRUCTURA DE TECHUMBRE



# Unidad 11

# UNIDAD 11

## ESTRUCTURA DE TECHUMBRE



### 11.1. INTRODUCCIÓN

Se entiende por techumbre toda estructura de una edificación ubicada sobre el cielo del último piso, cuya función es recibir un recubrimiento para aislar a la vivienda del medio ambiente, protegiéndola del frío, calor, viento, lluvia y/o nieve.

Al analizar la techumbre, se debe distinguir dos áreas: una vinculada a la arquitectura (aguas o vertientes y encuentros de techumbres) y otra a la estructuración (tijera).

Las aguas son superficies planas e inclinadas, encargadas de recibir la lluvia y/o nieve.

Se podrá diseñar la techumbre a dos o cuatro aguas, ya sea de forma tradicional (frontón) o en "cola de pato" (Figura 11-5), con o sin lucarna, esta última con una o dos aguas, dependiendo de los requerimientos del mandante o del proyecto de arquitectura.

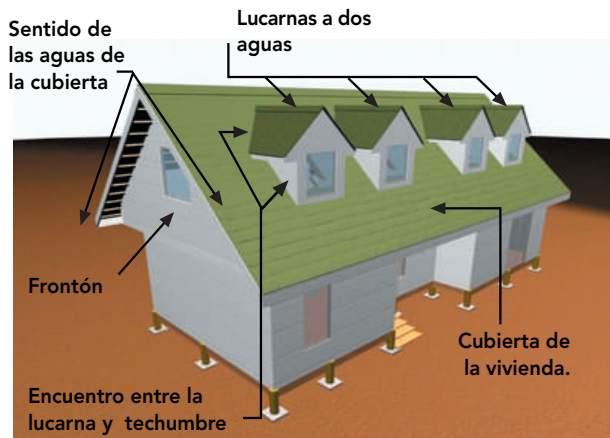


Figura 11-1: Vista en perspectiva de la vivienda con cubierta a dos aguas, donde se aprecia la arquitectura involucrada en la techumbre, que incorpora lucarnas y frontones.

La pendiente de las aguas, es decir, el ángulo que tienen éstas con respecto a un plano horizontal cualquiera, se define en la etapa de diseño y está supeditada a las condiciones climáticas de la zona (precipitaciones y nieve) en combinación con la arquitectura de la vivienda. Puede ser expresada en porcentaje o en grados.

**Grados:** se refiere al ángulo que se forma entre el plano de las aguas y el plano horizontal.

**Porcentaje:** establece un número de unidades que se debe subir en vertical por cada 100 en horizontal.

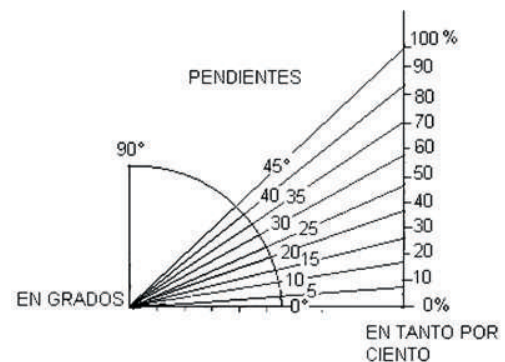


Figura 11-2: Relación entre grados y porcentajes para determinar la pendiente de una techumbre.

Como prolongación de las aguas de una techumbre está el alero, el que además de obedecer a razones arquitectónicas, cumple con una función de protección perimetral de la vivienda, tanto en lo que se refiere al posible ingreso de las aguas lluvia y nieve a través de ventanas y puertas como también acortar el escurrimiento libre de las aguas que se produce en los paramentos exteriores. Igualmente, impide el ingreso de los rayos solares en forma directa en las estaciones y horas de mayor calor, según la orientación de la vivienda.

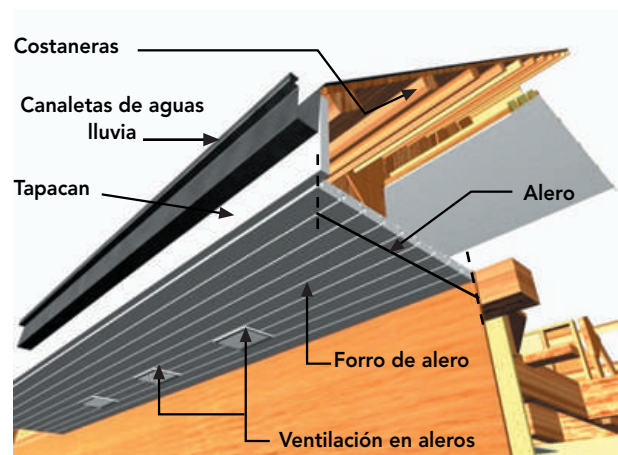


Figura 11-3: Presentación del alero y sus componentes.

Los encuentros de techumbres también quedarán definidos por el diseño de planta del primer y segundo nivel de la vivienda, dando origen a una diversidad de formas, siendo las más utilizadas las rectangulares H, L, T o U.

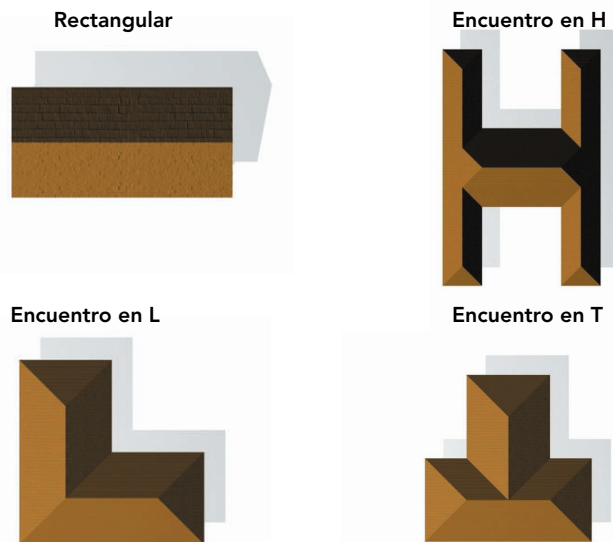


Figura 11-4: Algunos tipos de encuentros entre techumbres.

La enmaderación, conocida como tijeral, será la encargada de soportar la cubierta y las cargas que solicita la techumbre, transmitiéndolas a los muros soportantes. Por consiguiente, los elementos que la conforman cumplen funciones estructurales.

Generalmente las luces que se deben salvar en viviendas tradicionales no son mayores a 10 m, por lo tanto la madera resulta ser un material idóneo para solucionar la techumbre, de bajo peso en relación a su resistencia, con posibilidad de aumentar su resistencia y largos mediante el traslape de piezas paralelas u otros métodos (vigas compuestas, reticuladas, doble T y maderas laminadas, entre otros).

La materialización del tijeral se puede realizar a través de dos sistemas, **cerchas** o **diafragmas inclinados**, pudiendo existir la situación que en una misma techumbre se necesiten ambos sistemas.

Los procesos constructivos y las consideraciones de diseño estructural son diferentes, según se trate de cercha o diafragma inclinado, como se abordará en esta unidad.

## 11.2. TERMINOLOGÍA

Identificar y definir los elementos que se generan por los encuentros de las aguas y que conforman el tijeral ayudará a tener una mejor comprensión, por lo que deben conocerse los siguientes términos:

**Cumbrera:** arista superior horizontal más alta que separa dos aguas de la techumbre.

**Limatón o limatesa:** elemento angosto que va sobre la arista inclinada que se genera en la intersección de dos aguas, separando el escurrimiento de las aguas lluvias.

**Limahoyas:** elemento angosto que va sobre la arista inclinada que se genera en la intersección de dos aguas, recibiendo y canalizando las aguas lluvias.

**Frontón:** tabique soportante, generalmente triangular, con el que se remata la techumbre.

**Techumbre en cola de pato:** prolongación de la cumbrera y de las aguas que ésta divide, que conforma un alero especial como protección de un paramento (en el cual normalmente se ubica una ventana o una celosía para ventilación de la techumbre).

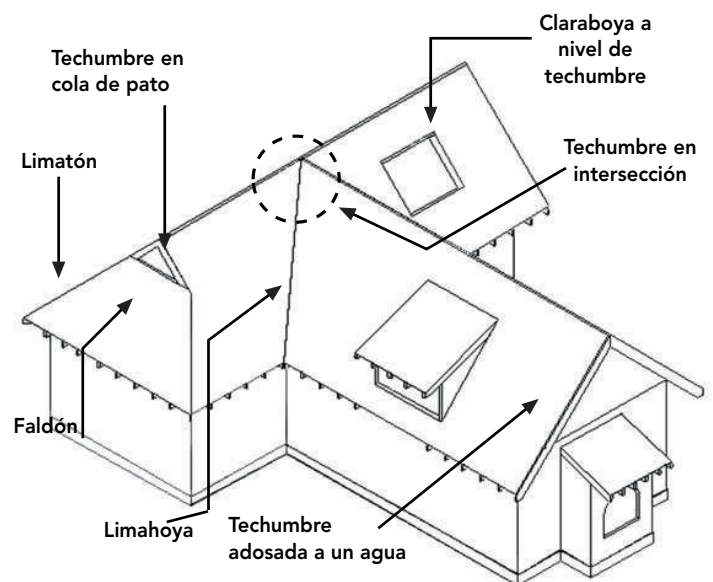


Figura 11-5: Ubicación de los diferentes elementos que conforman una techumbre.

# UNIDAD 11

## ESTRUCTURA DE TECHUMBRE

El diseñador debe considerar una relación proporcional entre la vivienda y la techumbre, prever el futuro uso del entretecho (mansarda), número y ubicación de lucarnas (de una o dos aguas) o claraboya, entre otros.

### 11.3. ETAPAS DEL PROYECTO RELACIONADAS CON LA ARQUITECTURA Y ESTRUCTURA DE LA TECHUMBRE

En la solución de la techumbre se deben considerar los aspectos que conforman el proyecto arquitectónico, la solución estructural, su fabricación y montaje, siempre teniendo en cuenta los aspectos de seguridad, durabilidad y costo.

#### 11.3.1. Criterio general en el diseño arquitectónico de la techumbre

De acuerdo a los requerimientos del mandante, estilo arquitectónico y consideraciones climáticas, en esta etapa se desarrollan diferentes planos que muestran la solución de la techumbre de la vivienda.

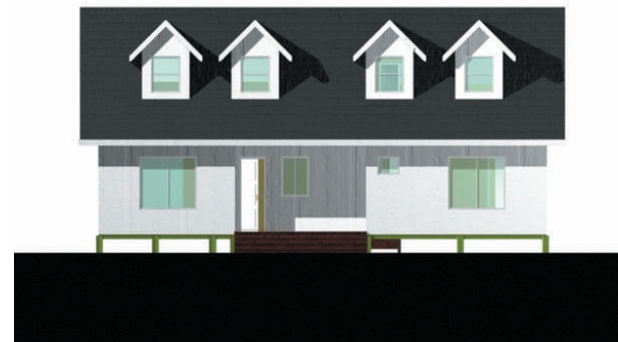
**Plano planta de la techumbre:** muestra el número de aguas, tipos de encuentros que se generan de los diferentes planos de la techumbre y mediciones proyectadas al plano horizontal, generalmente a escala 1: 100.

**Plano de elevaciones de la vivienda prototipo:** muestra las diferentes vistas de la vivienda, características de la o las cumbres, limatones, limahoyas, lucarnas con su ubicación, y forma del o los frontones, generalmente a escala 1: 100.

**Plano de cortes de la techumbre:** se muestran los espacios interiores de la techumbre que permiten identificar las características de los elementos que conforman el tijeral y lucarna, entre otros, generalmente a escala 1: 100.

**Plano de detalles:** muestra a una escala mayor (1:50, 1:25) los detalles de soluciones específicas de las uniones y encuentros de los diferentes elementos que conforman la techumbre.

**Especificaciones técnicas:** documento en que se establece el tipo y calidad de los materiales de la techumbre complementando los respectivos planos y normas constructivas que deben cumplirse en las sucesivas etapas de la edificación.



VISTA DE ELEVACIÓN ANTERIOR

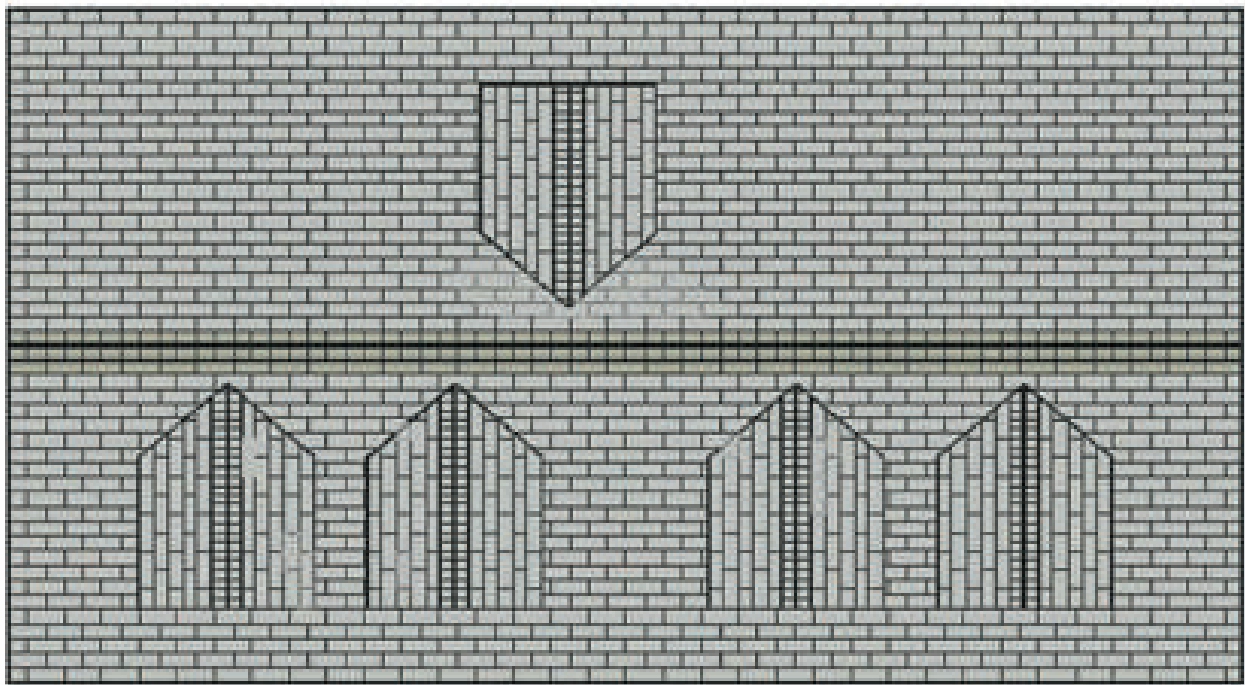


VISTA DE ELEVACIÓN POSTERIOR



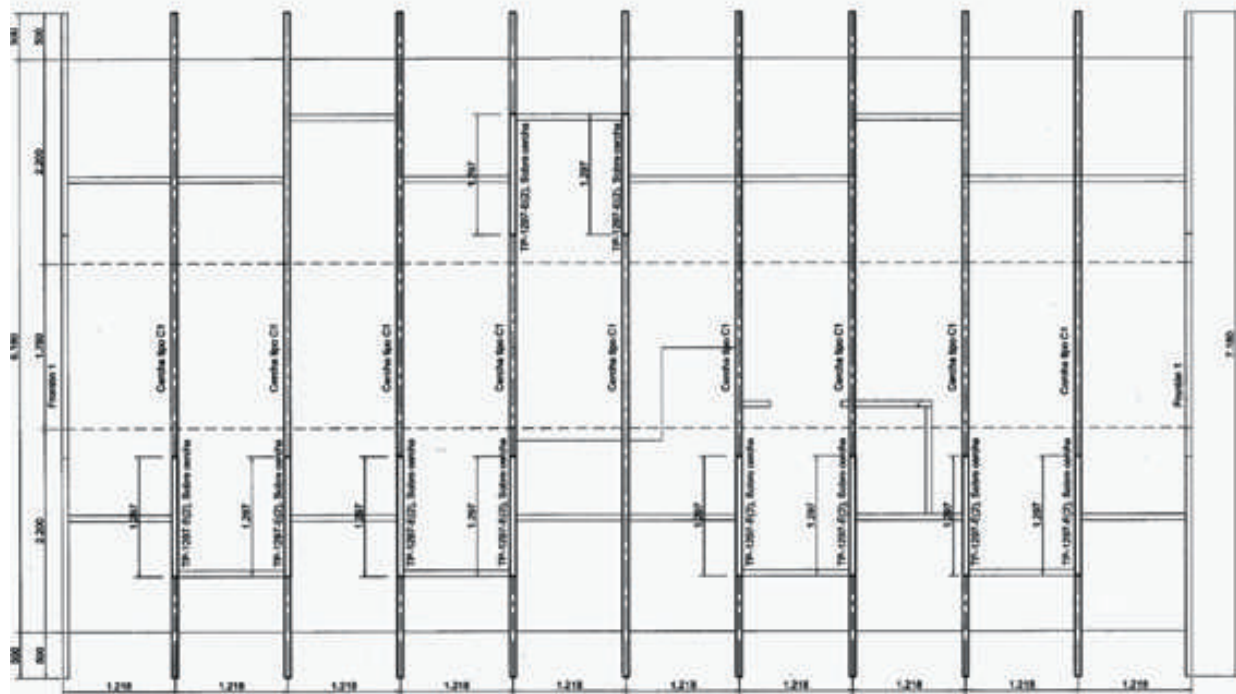
VISTA DE ELEVACIÓN LATERAL

**Figura 11-6:** Vista de tres elevaciones de la vivienda prototipo, que muestran las diferentes características generales de la techumbre.

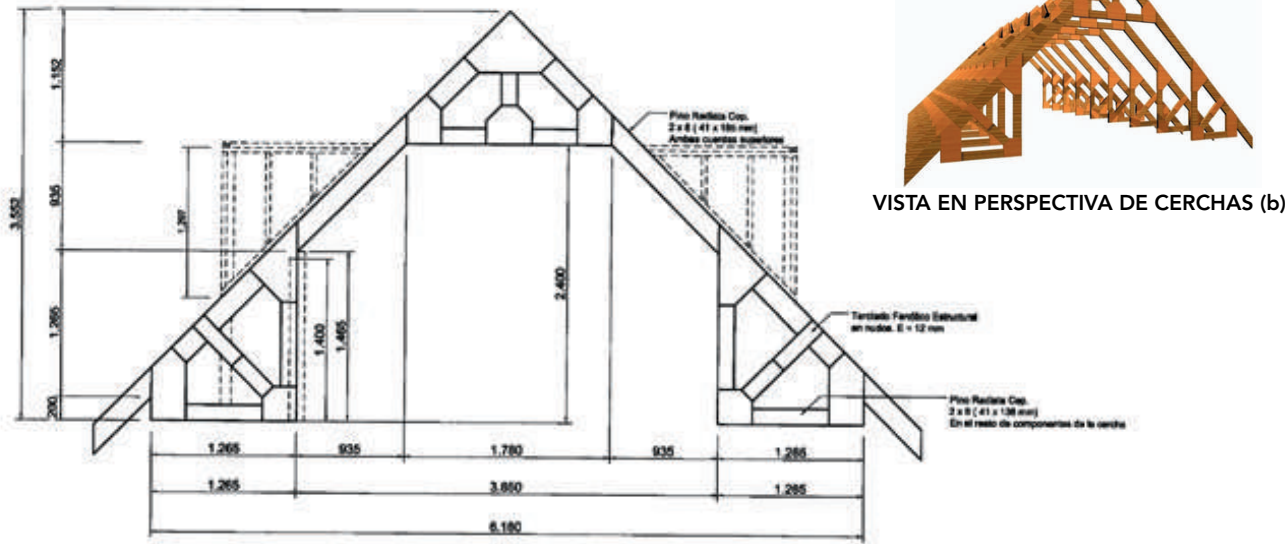


PLANTA DE CUBIERTA DE TECHUMBRE (a)

*Figura 11 – 7:* Los planos muestran dos aspectos de la techumbre: (a) plano que conforma las aguas de la cubierta principal y cubierta de las lucarnas; y (b) plano con la ubicación exacta de cada una de las cerchas de la mansarda, frontones extremos y lucarnas.

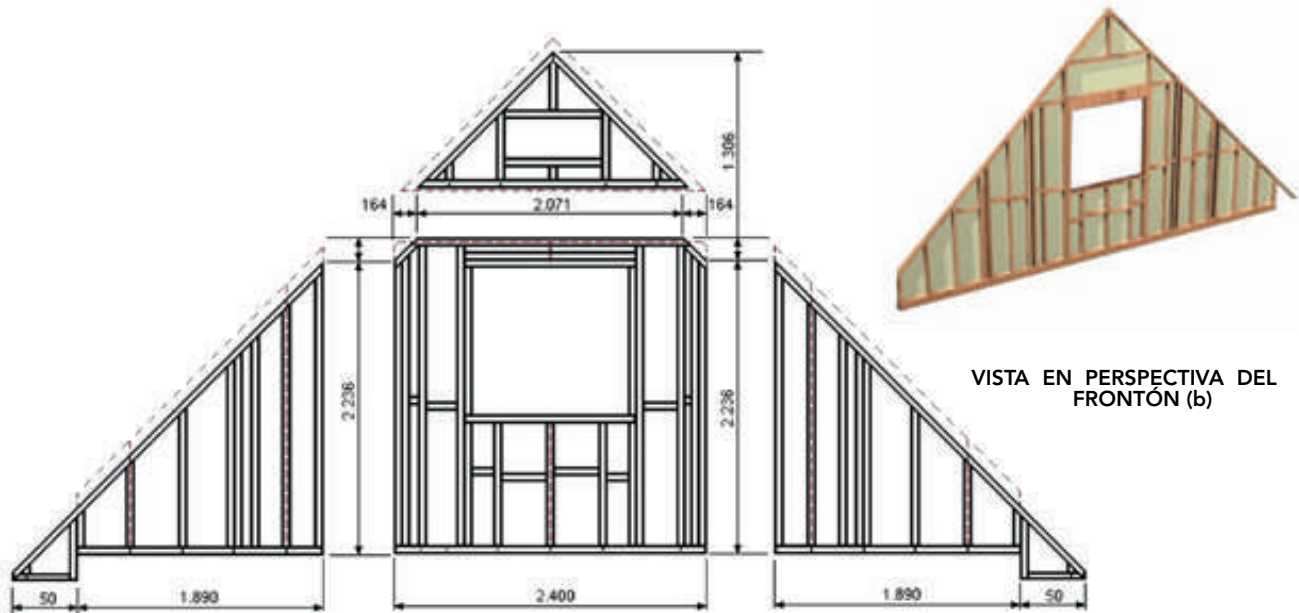


PLANTA DE ESTRUCTURA DE TECHUMBRE (b)



PLANO DE DETALLE DE CERCHA TIPO (a)

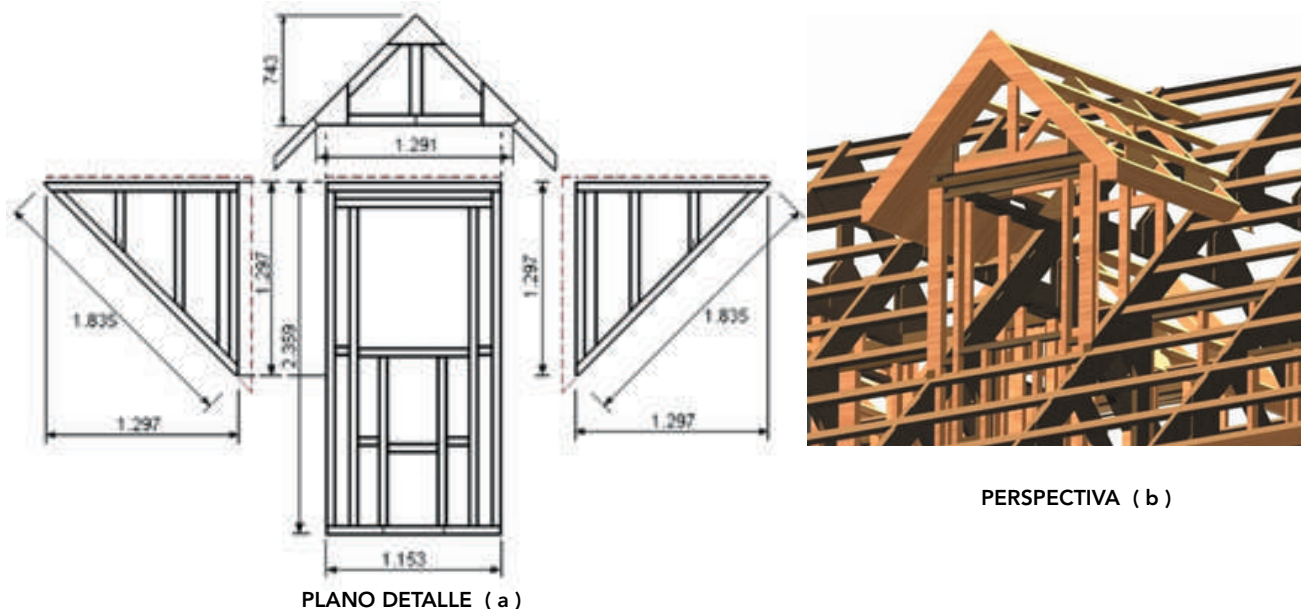
Figura 11 – 8: (a) Plano de detalles que muestra largos, disposición y formas de las diferentes piezas que conforman la cercha habitable tipo, con solución de encuentros y especificaciones, además de la disposición de lucarnas en ésta. (b) Perspectiva que muestra la disposición definitiva de las cerchas que conforman el espacio habitable del segundo piso.



PLANO DE DETALLE DEL FRONTÓN TIPO (a)

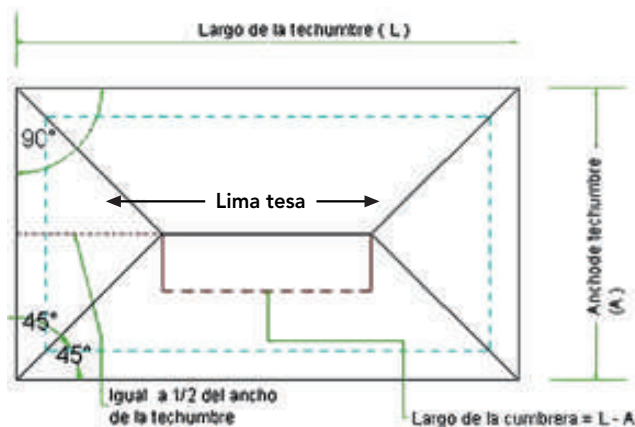
Figura 11 – 9: (a) Plano de detalle que muestra largos y disposición de las diferentes piezas de los tabiques que conforman el frontón tipo. (b) Vista en perspectiva del frontón ya armado en la disposición de la techumbre, faltando la colocación del suple de alero.





**Figura 11 – 10:** (a) Plano de detalle que muestra largos y disposición de las diferentes piezas que conforman las estructuras que conforman la lucarna tipo. (b) Vista en perspectiva de la lucarna armada instalada en la techumbre.

En la solución geométrica de la techumbre estándar se consideran los ángulos de limatón y limahoya a  $45^\circ$  con respecto a la solera de amarre, es decir, las esquinas de la techumbre se consideran generalmente de  $90^\circ$ , como se muestra en la Figura 11-11.



**Figura 11-11:** Planta de techumbre que muestra los ángulos necesarios entre elementos para el desarrollo del proyecto de techumbre.

### 11.3.2. Criterio general en el diseño estructural

La información para el desarrollo del diseño estructural requiere de la arquitectura definitiva de la techumbre, obteniéndose las distancias entre apoyos, alturas de cumbreras, anchos y tipos de aleros y solución de cubierta.

Además se requiere precisar el lugar donde se emplazará la vivienda para obtener la intensidad de solicitaciones que se requieren por viento y nieve.

Con la información anterior e identificando las diferentes cargas a que estará sometida la estructura de techumbre (peso propio, solución de cubierta, cargas nieve, viento, esfuerzos por sismo), el calculista puede determinar la especie, escuadría, elaboración, contenido máximo de humedad, grado estructural y período de estabilización de la madera a utilizar, tipo de solución de las uniones, riostras necesarias y distancia entre elementos que conformarán la techumbre.

Para el diseño estructural de los elementos que conformarán la techumbre se debe:

- Modelar sus propiedades, uniones, cargas, apoyos y geometría de la estructura, de modo de poder aplicar los procedimientos analíticos.
- Respetar estrictamente las especificaciones de la norma de cálculo NCh1198 Of 91, considerando las sobrecargas permanentes y de servicio conforme a la norma NCh1537 Of 86, que varían en función de la pendiente del plano y del área tributaria de la techumbre.
- Cumplir con las condiciones que se explicitan en el Artículo 5.6.12. de la Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y que indican que:

- 1.- Su peso propio deberá ser inferior a 0,8 kPa (80 kgf/m<sup>2</sup>).
- 2.- Su estructura deberá estar arriostrada tanto en los planos horizontales como en los verticales e inclinados, mediante diagonales de escuadría mínima de 19 mm x 95 mm.
- 3.- En zonas de frecuente ocurrencia de nevazones, la pendiente mínima con respecto al plano horizontal será de 60%. El diseño deberá impedir que se formen bolsones de nieve.

### 11.3.3. Criterios generales de fabricación y montaje

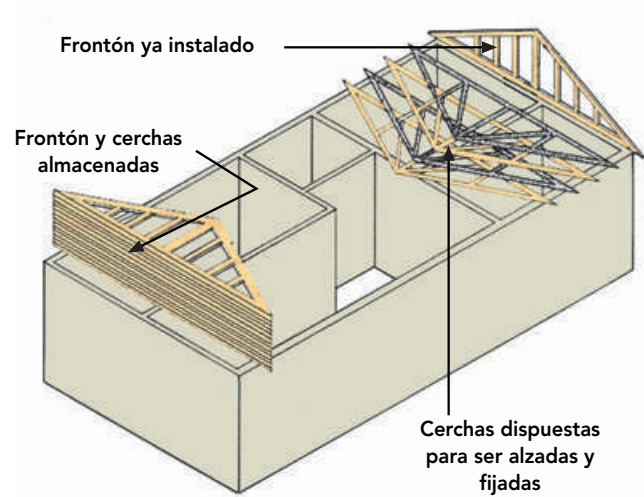
En esta etapa se deben distinguir los procesos de construcción involucrados en función del tipo de solución estructural establecido en el proyecto de techumbre (cercha o diafragma inclinado).

En el caso de la techumbre solucionada con cerchas, su materialización tendrá dos etapas: una de fabricación y otra de montaje y fijación.

Su armado se puede realizar mediante la prefabricación de las cerchas en una planta especializada o construida a pie de obra. Se debe tener especial cuidado en su traslado y almacenamiento, evitando someterlas a esfuerzos para los cuales no fueron diseñadas.

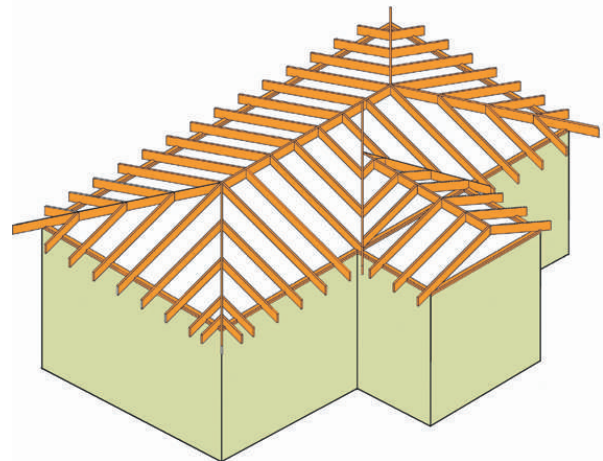


**Figura 11-12:** Fabricación de cerchas y frontones en planta industrializada.



**Figura 11-13:** Almacenamiento de cerchas sobre los tabiques que las sostendrán cuando se instalen definitivamente.

En el caso de diafragma inclinado, tendrán una etapa de replanteo en las líneas de corte sobre los elementos que los conformarán, posterior corte de aquellos y armado en el lugar que corresponda.



**Figura 11-14:** Techumbre materializada con diafragma inclinado.

Independiente de la solución de techumbre, es imprescindible realizar un adecuado estudio respecto a la solución dada por planos, en lo que se refiere a plazos de fabricación y montaje (cerchas), corte y armado en terreno (diafragma inclinado), gestión de calidad y costos de esta actividad.

## 11.4. SOLUCIÓN DE LA ESTRUCTURA CON CERCHAS

Esta solución entrega una estructura cuya unidad planimétrica básica es el triángulo (figura geométrica indeformable), que en una o múltiples combinaciones conformará la cercha.

La cercha es de fácil y rápida confección, puede ser prefabricada o armada a pie de obra y su diseño le permite salvar grandes luces. El tamaño no está limitado por el largo de las piezas comerciales, puesto que existen sistemas de unión que permiten conformar elementos de dimensiones mayores. Su uso en viviendas evita sobrecargar la estructura de los pisos inferiores, y la necesidad de tabiques estructurales interiores.

Como inconveniente está el hecho que en general reduce el aprovechamiento de la mansarda, pero existen alternativas de cerchas que permiten un mejor uso de dicho espacio.

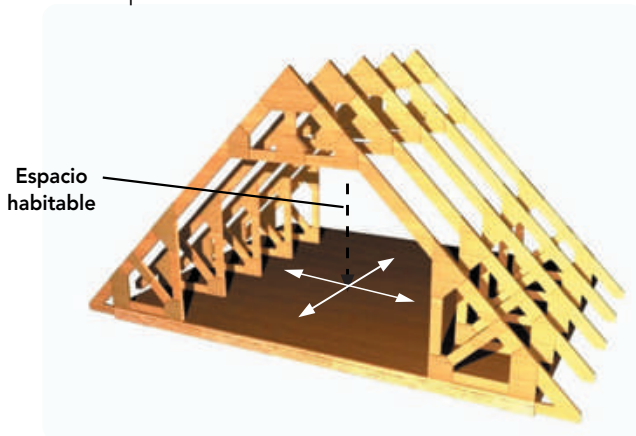


Figura 11-15: Cerchas habitables que forman la mansarda.

### 11.4.1. Elementos que conforman una cercha

**Par o pierna:** cada una de las dos piezas inclinadas de un tijeral que forman las aguas de una techumbre.

**Tirante:** pieza horizontal de una cercha que une el extremo inferior de los pares e impide que se separen.

**Diagonales:** pieza inclinada que une un par con el tirante.

**Tornapunta:** elemento que disminuye la luz de los pares y por lo tanto su escuadría.

**Pendolón:** elemento vertical que une un punto de la cumbre con otro del tirante.

**Péndola o montante:** elemento vertical que une un punto del par con otro del tirante.

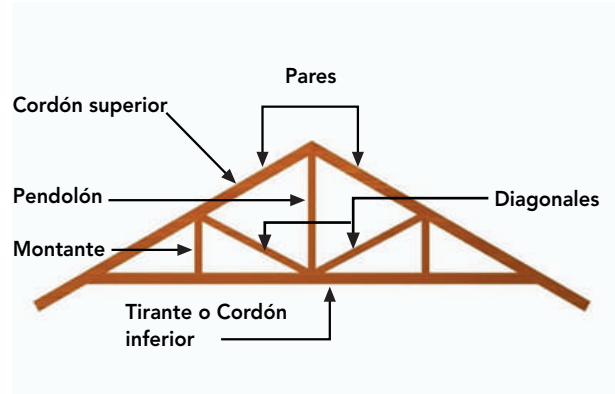


Figura 11-16: Elementos que constituyen una cercha.

### 11.4.2. Tipos de cerchas y su clasificación

Existen distintos tipos de cerchas, pudiendo clasificarse por su forma, distribución de las piezas interiores, sección, materiales que la conforman y por el tipo de unión a emplear.

A continuación se describen los tipos de cerchas, analizando el ejemplo más representativo en cada caso.

a) **Por forma:** se refiere a la figura geométrica que representan los elementos envolventes, existiendo, las de forma triangular, trapezoidal y parabólica, entre otras.

- **Triangular:** Es la más utilizada y permite salvar todo tipo de luces. Normalmente está constituida por elementos aserrados, pero en luces mayores se hace recomendable emplear elementos laminados, en especial para los pares, evitando tener que solucionar con herrajes especiales los empalmes de tope en piezas.

Su pendiente va generalmente entre los  $12^\circ$  a  $45^\circ$ . Si tiene una pendiente mayor genera gran altura interior de difícil aprovechamiento, se aumenta la tendencia al volcamiento y se deben aumentar las secciones de las piezas que trabajan a la compresión para evitar el pandeo.

El tener una fuerte pendiente ( $30^\circ$  a  $60^\circ$  con respecto a un plano horizontal), permite un escurrimiento rápido de las aguas lluvias y/o nieve, apropiado para climas lluviosos.

- **Tijera:** Se caracteriza por tener tanto su cordón inferior como superior inclinados, fluctuando el ángulo del par superior entre los  $15^\circ$  y  $35^\circ$ . La ventaja de este tipo de estructura es que se logra una mayor altura en la parte central del espacio que cubre.
- **Rectangular:** Generalmente se le conoce con el nombre de viga armada o de celosía. Puede salvar lu-

ces desde los 7 hasta los 30 m. Se emplea como estructura de techumbres, entrepiso y arriostramiento longitudinal.

- **Curva:** Esta cercha debe su nombre a que el cordón superior es curvo, característica que estáticamente las hace muy adecuadas en caso de cargas uniformemente repartidas, ya que las cargas inducen esfuerzos pequeños en las barras. Su uso se justifica a partir de luces de 20 m, pudiendo llegar a salvar luces superiores a 60 m si se usa madera laminada.

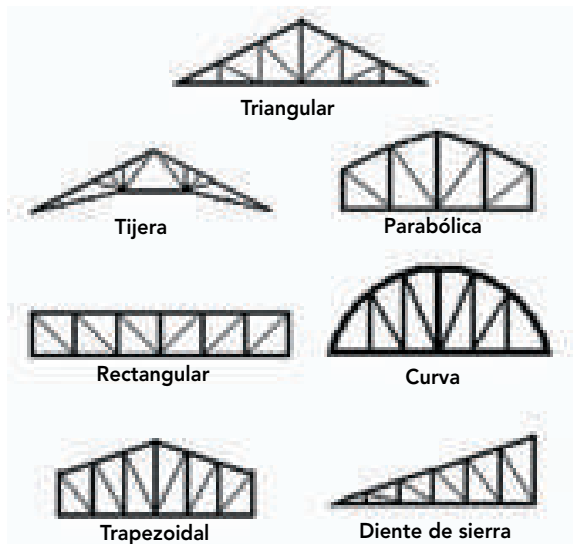


Figura 11-17: Cerchas clasificadas según su forma.

b) Por distribución de las piezas: están asociadas a nombres particulares como cercha Howe, Pratt, Warren, Fink, entre otras.

- **Howe:** Está compuesta por montantes que trabajan a la tracción y diagonales que lo hacen a la compresión. Es apta para ser trabajada en un mismo material.
- **Pratt:** Consta de montantes verticales que trabajan a la compresión y diagonales a la tracción. Los elementos diagonales encargados de resistir el esfuerzo de tracción son más largos que los sometidos a la compresión. Se recomienda su uso para pendientes entre 25° y 45° y luces de hasta 30 m.
- **Fink:** Es la más usada para viviendas o estructuras livianas. Permite salvar luces de entre 12 a 18 m siempre que la pendiente sea superior a 45°.

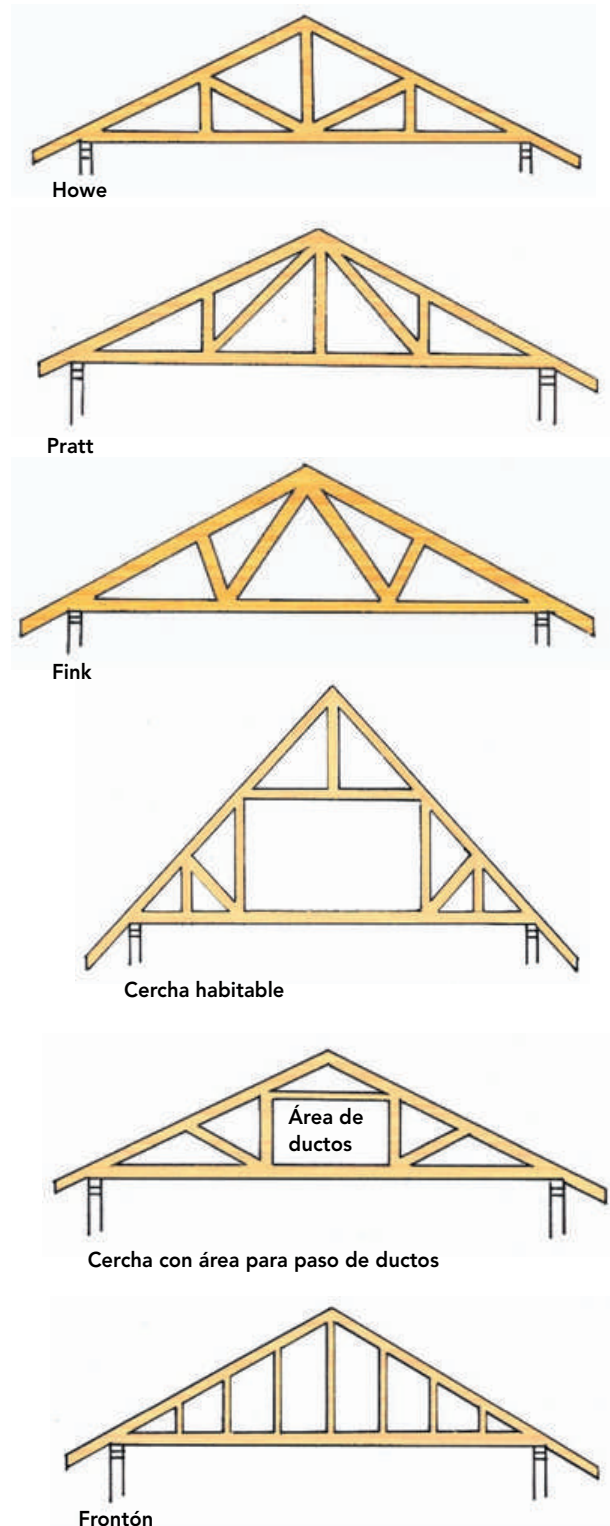


Figura 11-18: Cerchas clasificadas según la distribución de sus piezas.

c) **Por sus secciones:** se hace referencia a la posibilidad de duplicar o triplicar los pares, pendolones, diagonales o montantes.

- **Simple:** pares, diagonales y cuerda van en un mismo plano. Esto las hace fácil de armar y la solución en la unión de los nudos se debe efectuar por medio de tableros estructurales contrachapados, acero, placas perforadas o dentadas.
- **Compuesta:** tiene la particularidad de tener piezas adecuadamente interconectadas para funcionar como una unidad. El hecho de tener elementos dobles o triples da mayor rigidez y facilita la solución de nudos al coincidir los ejes neutros de los distintos elementos. Su unión se realiza por medio de clavos, pernos, pasadores o conectores, así como elementos mecánicos de unión.

Cerchas de secciones simples.

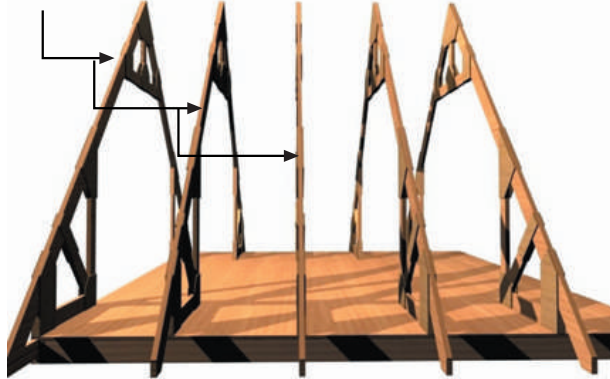


Figura 11-19: Vista en elevación de cerchas simples.

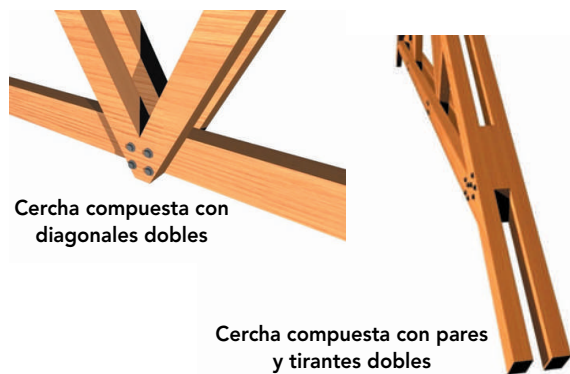


Figura 11-20: Las cerchas compuestas pueden tener los pares y tirantes dobles o pueden ser dobles, montante y diagonales.

d) **Por materiales:** se pueden fabricar de madera aserrada, madera laminada y barras metálicas.

- **Madera:** Tiene una excelente resistencia mecánica en relación a su peso específico, es un material adecuado para constituir estructuras soportantes. En la fabricación de cerchas el uso de la madera es óptimo, ya que la limitante de su largo se supera combinando elementos de corta longitud.

e) **Por tipo de unión:** Las uniones de elementos que conforman una cercha se pueden realizar a base de clavos, pernos, uniones dentadas, placas fenólicas y adhesivos, entre otros.

- **Madera-madera (clavos):** Las cerchas con uniones clavadas son de simple fabricación y aplicables a luces relativamente pequeñas (hasta 15 metros). El mayor problema que presentan en la solución de los nudos, es la gran cantidad de clavos que se requiere (se recomienda usar clavos estriados o en espiral), implicando una gran superficie de madera.

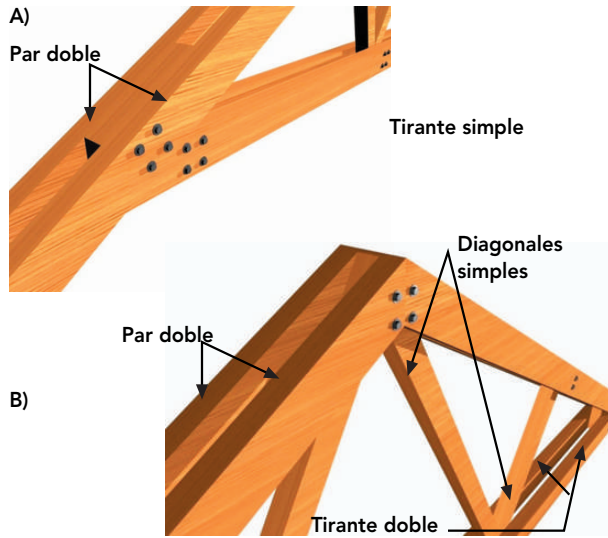
La norma NCh1198 Of 91 exige la presencia de al menos 4 clavos en cada uno de los planos de cizalle que se presentan en una unión calada de dos o más piezas de madera.

- **Pernos:** se utilizan principalmente en cerchas que van a quedar a la vista.

Los planos de cizalle son atravesados perpendicularmente en la unión y quedan solicitados preponderantemente en flexión, induciendo sobre la madera tensiones de aplastamiento. Se deben considerar el diámetro del perno, sus distanciamientos mínimos a los bordes y distanciamiento entre pernos, dependiendo del tipo de unión; sea traccionada, comprimida o de momento.

Los pernos utilizados en uniones estructurales deben llevar golillas, de preferencia arandelas cuadradas, ya que tienen mayor resistencia al incrustamiento en la madera.

Las uniones apernadas son más flexibles que las clavadas, aspecto relevante de considerar al momento de diseñar para evitar corrimientos exagerados en los nudos.

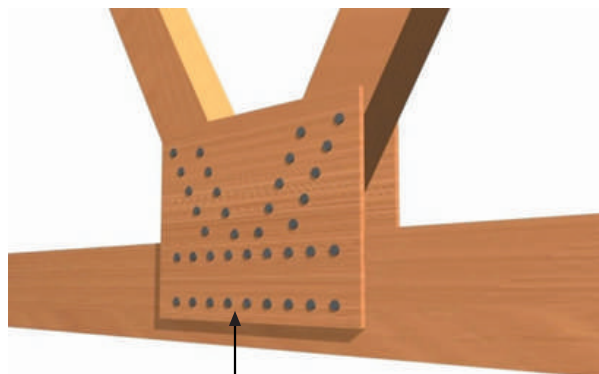


**Figura 11-21:** Unión de los elementos de una cercha mediante pernos. Figura A, encuentro entre tirante simple y pares doble. Figura B, encuentro entre diagonales simples y pares dobles.

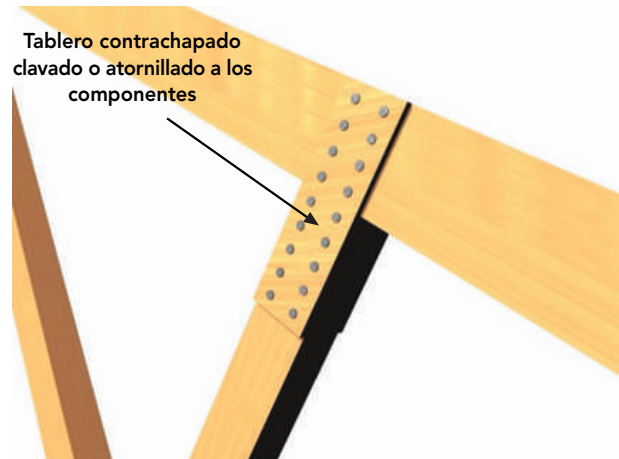
- **Placas de contrachapado fenólico estructural:** Se consideran para uniones las placas de tableros contrachapados fenólicos, de un mínimo de 5 chapas y un espesor que debe fluctuar entre 3D y 4D (D = diámetro del clavo), los tableros de hebras orientadas (OSB), resistentes a la acción de la humedad, cuyo espesor esté entre los 3D a 4,5D y las planchas de acero de al menos 2mm de espesor.

Los espaciamientos mínimos en las uniones de tableros derivados de la madera clavados a estructuras de madera son los siguientes:

- Entre clavos : 5D
- Al borde cargado : 4D en contrachapado  
: 7D en tableros de hojuelas orientadas
- Al borde descargado : 2,5D



**Tablero contrachapado clavado o atornillado a los componentes**



**Figura 11-22:** Figuras A) y B) muestran encuentro entre elementos de una cercha unidos con tablero contrachapado.

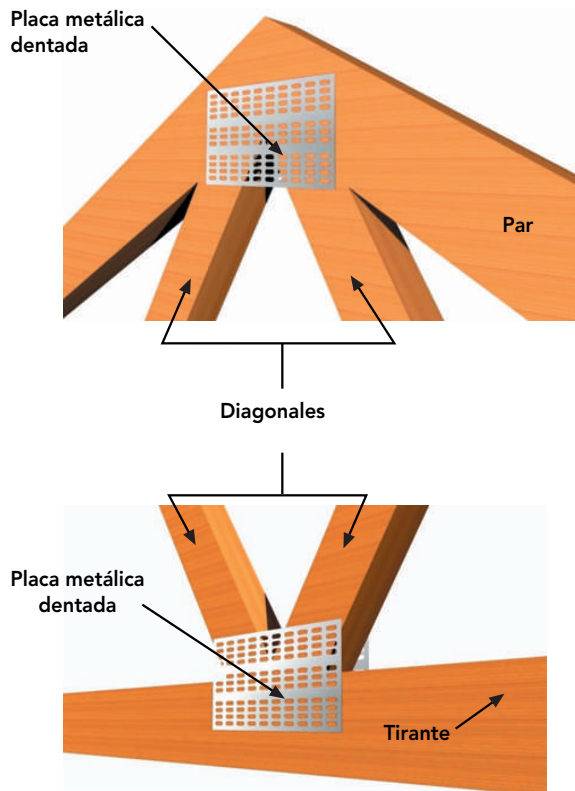
- **Placas metálicas:** se fabrican a base de planchas de acero de al menos 2 mm de espesor y deben cumplir con las siguientes recomendaciones:
  - Tensión de ruptura en tracción 310 Mpa
  - Tensión de fluencia 230 Mpa

Su fijación a la madera puede ser mediante dientes que traen incorporadas o con fijaciones mecánicas como clavos o tornillos. En cualquiera de los dos casos se deben seguir las recomendaciones e instrucciones del fabricante.

Para su uso en madera, estas placas deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Madera seca (humedad menor al 20%).
- Mismo grosor de las piezas a unir (tolerancia de  $\pm 1$  mm).
- Espesor de las piezas a unir igual o mayor que el doble de la penetración del diente para el caso de placas dentadas.
- El diente debe ser hincado con su eje perpendicular a la superficie de la madera.
- Deben existir dos placas actuando como cubrejuntas sobre las dos caras de los extremos de las piezas de madera que convergen a una unión o empalme, las que para el caso de las placas dentadas se deben incrustar simultáneamente.

Es importante destacar que para evitar que las placas metálicas se deformen durante su instalación, se debe usar una prensa que haga penetrar completa y simultáneamente los dientes en la madera. No se acepta el uso de martillos o similares.

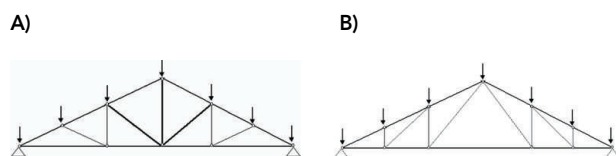


**Figura 11-23:** Unión de los elementos de una cercha mediante placas metálicas dentadas.

#### 11.4.3. Criterios de diseño de una cercha

Su diseño permite resistir solamente solicitaciones axiales puras, tracción y compresión, debiendo estar las cargas aplicadas tanto en los nudos supuestos como articulados.

En las cerchas triangulares, para entender el comportamiento y descomposición de las fuerzas que las solicitan, las piezas diagonales que suben hacia la parte de los apoyos trabajan por compresión, en tanto que las barras verticales son traccionadas (Figura 11-24 A). Si las diagonales bajan hacia la parte de los apoyos, es decir, desde el centro hacia los lados, funcionan a tracción a modo de tirantes y los montantes verticales son piezas comprimidas (Figura 11-24 B). El cordón superior trabaja a compresión y el inferior a tracción. Las máximas solicitaciones no se producen en la parte central de la armadura sino sobre los apoyos, dependiendo su magnitud de la pendiente de la cubierta.



**Figura 11- 24:** Esquema de cerchas que muestran en función del sentido de las diagonales, si estarán solicitadas a compresión (A) o tracción (B).

El diseño de una cercha consta de tres etapas:

- Definición de su forma
- Determinación de la sección de los distintos elementos
- Elección del sistema de unión de cada nudo

#### 11.4.3.1. Consideraciones en la definición de la forma de una cercha

Generalmente la forma de la techumbre y por ende de la cercha a utilizar, queda determinada en el diseño arquitectónico, como se dijo anteriormente. El calculista será quien determine el tipo de cercha a utilizar, considerando arquitectura, luz a salvar, cargas y economía.

#### 11.4.3.2. Consideraciones de diseño estructural de una cercha

Se debe analizar modelos o analogías de la estructura definitiva, los cuales requieren de ciertas hipótesis generales de cálculo, las que son:

- La cercha es una estructura bidimensional contenida en un plano.
- Las piezas que conforman la estructura de la cercha son inicialmente rectas, prismáticas, de material elástico y con propiedades uniformes.
- Las cargas son aplicadas en el plano de la cercha, considerando cargas de peso propio, eventuales (nieve), las que la solicitan verticalmente y cargas de viento que actúan en dirección normal al cordón superior de la cercha.
- El sistema de fuerza conformado por cargas y reacciones está en equilibrio.
- El desplazamiento de los nudos y las barras es relativamente pequeño.
- Los ejes de las barras se intersectan en un punto en los nudos.
- Las solicitaciones de las barras tienen una dirección que coincide con su eje.

El cálculo de las solicitaciones axiales de las barras se puede determinar a través de diferentes métodos de análisis estructural, como son el método gráfico y el método analítico. En general, ambos requieren que se establezcan y acepten las siguientes hipótesis:

- i) Las piezas de la cercha deben considerarse como rótulas en sus puntos de encuentro.
- ii) Las cargas se aplican sólo en los nudos, con lo cual se obtienen sólo solicitaciones axiales en las piezas.
- iii) Las cargas y reacciones se aplican puntualmente sobre la estructura (en un punto).

En el Anexo V Cálculo de Estructuras Mediante Tablas, se entregan indicaciones relativas al diseño de tipologías estándares de cerchas triangulares clavadas, que permiten cubrir luces variables entre 4.80 m y 12 m, con pendientes de techo 25%, 40%, 60% y sistemas de techos que condicionan pesos no superiores a 0,60 KN/m<sup>2</sup>.

**11.4.3.3. Consideraciones en la elección del tipo de unión**

Independiente de la solución de unión que se adopte, ésta deberá asegurar el cumplimiento de las hipótesis de cálculo.

Se debe establecer el espaciamiento entre elementos de unión y la distancia de ellos al borde y los extremos de la pieza que se une. Por otra parte, los medios de unión deben evitar distribuirse de manera excéntrica. Si ello ocurre, se debe considerar el efecto de los momentos de flexión que se induce (NCh1198 Of 91).

**11.4.4. Fabricación de una cercha Fink**

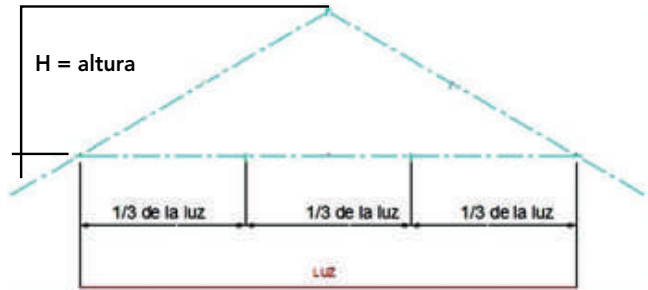
A continuación se desarrollará el replanteo y fabricación de una cercha tipo Fink, de extendido uso y cuyo diseño constructivo permite alcanzar en forma segura luces de 12 m a 18 m.

La escuadría de las piezas debe ser dada por el cálculo de la estructura, considerando todas las solicitaciones mencionadas.

Se debe contar con una superficie horizontal (pavimento de radier o madera) y seca sobre la cual se puedan replantear a escala natural los ejes de la cercha.

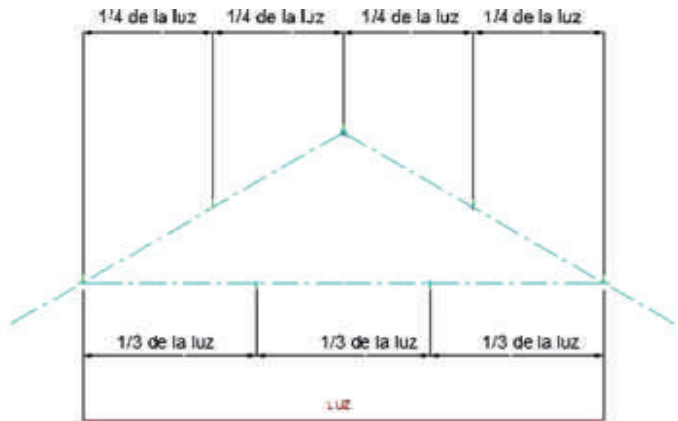
En los planos de cercha se muestra tanto la luz a salvar, como la altura a la que debe llegar, además de la escuadría requerida para cada elemento. No olvidar considerar que la cercha se apoya sobre la solera de amarre, por lo que a la luz a salvar se debe sumar dos veces el ancho de la solera para su apoyo y fijación, a menos que el proyecto indique otra solución.

Sobre el terreno se trazan los ejes del tirante y los dos pares. Se divide en tres partes iguales la longitud del tirante, partiendo desde la intersección de éste con un par y se marcan esos puntos.



**Figura 11-25:** Determinación de los puntos de encuentro de los elementos sobre el tirante.

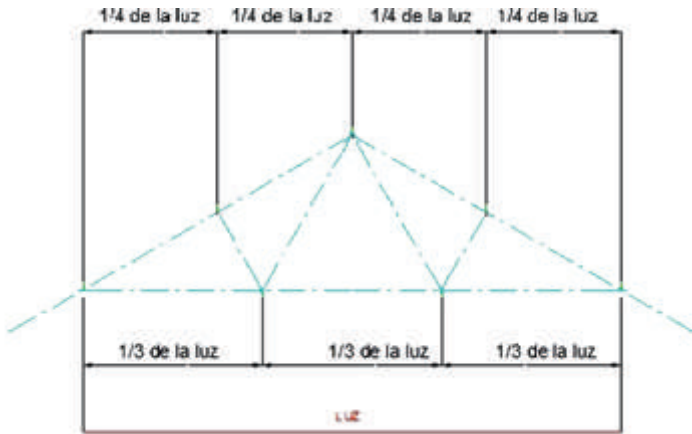
Paralelo al tirante se debe trazar una línea de igual largo y dividirla en cuatro partes iguales, marcando la proyección de esos puntos sobre los pares.



**Figura 11-26:** Determinación de los puntos de encuentro de los elementos sobre los pares.

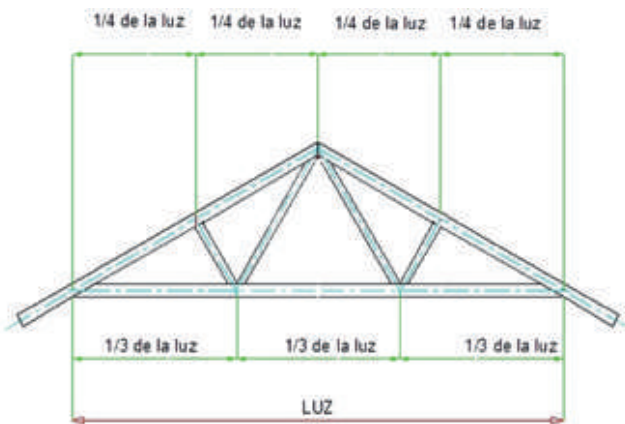
Para trazar los ejes de las diagonales se deben unir los puntos trazados sobre el tirante y los pares entre ellos.





**Figura 11-27:** Se unen los puntos determinados en los pares con los del tirante como muestra la figura. Estas líneas serán los ejes para la ubicación de las diagonales.

Se presentan las piezas sobre los ejes trazados y se realizan los cortes para su posterior armado.



**Figura 11-28:** Cercha tipo Fink, con los elementos cortados y presentados para su fijación.

#### 11.4.5. Montaje y armado de techumbre con cerchas

El armado y arriostamiento de una techumbre en base a cerchas es bastante crítico. El no considerar las recomendaciones básicas de montaje puede conducir al colapso de la estructura con consecuencias a veces trágicas, además de la pérdida de material.

Las recomendaciones aquí expuestas son de sentido común. El constructor debe tomar todas las precauciones durante la manipulación y montaje de las piezas considerando las indicaciones del calculista para asegurar que las cerchas no se dañen, ya que de no ser así, podría reducir su desempeño estructural.

Es así como las cerchas pequeñas que pueden manipularse a mano, deben acopiarse con gran cuidado para no deformarlas, ser tomadas para ubicarlas sobre las soleras de amarre en los puntos que determine el calculista y colocarse, una a una, en su posición definitiva.

Las de mayor envergadura se montarán con grúas, las cuales deberán tomar las cerchas de puntos específicos determinados por el calculista, para luego aplomarlas y fijarlas en su ubicación definitiva.

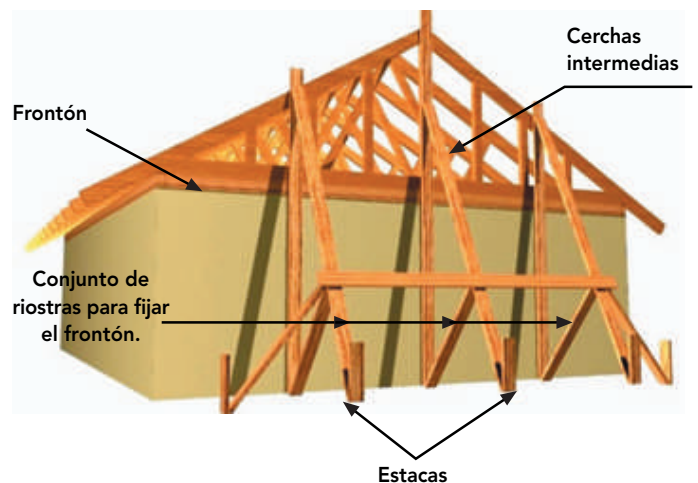
A medida que se van instalando, se deben arriostar para asegurarlas y mantener su plomo.

#### 11.4.5.1. Frontones en una techumbre

Todas las cerchas de una techumbre se amarran a la primera cercha que se coloca, correspondiente al frontón. Por lo tanto, el éxito en una techumbre de este tipo, depende en gran medida de cómo se fijó y arriostó la primera cercha instalada.

Los frontones o cerchas de término se balancean en el extremo de la vivienda para luego ser fijados y arriostados a plomo.

La manera ideal de arriostar el frontón es alzaprimarlo al terreno, por medio de riostras y tacos firmemente anclados al suelo. Las riostras al piso deben apoyarse en los pares del frontón y en línea con la llegada de las diagonales a los pares. La primera cercha se fija entonces a la solera de amarre y temporalmente a las riostras laterales.



**Figura 11-29:** El arriostamiento del frontón permite en forma preliminar la fijación y aplomado progresivo de las cerchas que estructuran la techumbre.

Nunca debe fijarse la primera cercha solamente con tacos y clavos, ya que por un fuerte movimiento, golpe o viento, no serán capaces de mantenerla erguida, quebrándose, soltando los tacos, clavos y provocando el colapso de la techumbre.

#### 11.4.5.2. Arriostamiento provisional de las cerchas

A medida que las cerchas se van colocando en su lugar definitivo, se clavan a la solera de amarre o se fijan por medio de conectores metálicos, siempre verificando su plomo.

Las riostras provisionarias deben aplicarse a tres planos del conjunto de cerchas: el plano de los pares, piezas que reciben el tablero de la techumbre; el plano de los tirantes, que recibe la subestructura al cual se fija el cielo; y el plano vertical, compuesto por las diagonales en ángulo recto al plano de las cerchas.

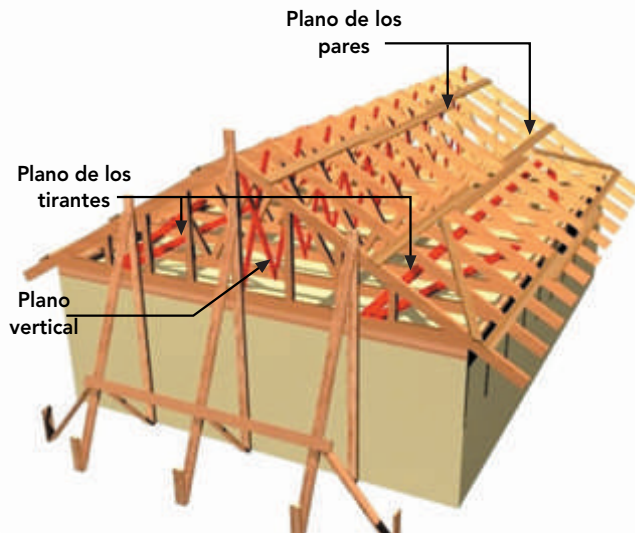


Figura 11-30: Planos en los que se deben realizar los arriostamientos de las cerchas.

La escuadría de estas riostras no debe ser inferior a una pieza de 2" x 4" y tan largas como sea práctico, pero con un mínimo de 2,4 metros.

Se deben fijar con 3 clavos de 4" en cada intersección. Debe mantenerse el espaciamiento exacto entre cerchas, mientras se instalan las riostras. Ajustar este espaciamiento después puede llevar al colapso del conjunto, si alguna riostra se desmonta a destiempo.

##### 11.4.5.2.1. Riostras en plano de los pares

Las riostras laterales continuas deben instalarse a 15 cm de la cumbrera y aproximadamente a intervalos de 1,8 a 3,0 m entre la cumbrera y la solera de amarre. Riostras diagonales se instalan en un ángulo aproximado de 45°

entre las filas de riostras laterales. Esto forma triángulos que estabilizan el plano de los pares.

Si es posible, este arriostamiento debe colocarse en la cara inferior de los pares, de manera de no tener que retirarlos al comenzar la colocación de los tableros de la techumbre.

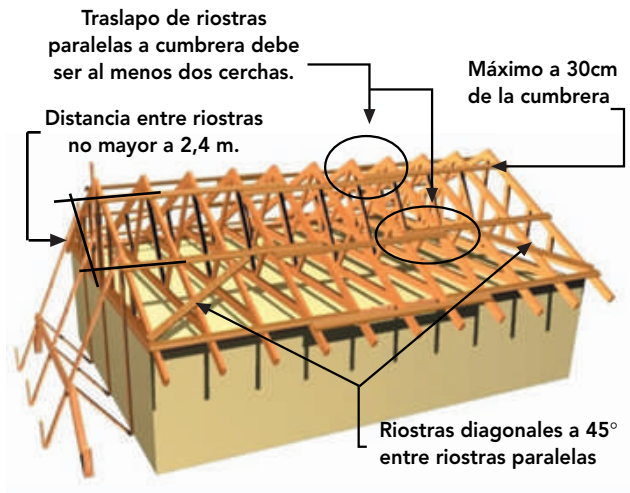


Figura 11-31: Condiciones para las riostras sobre pares.

##### 11.4.5.2.2. Riostras en plano de los tirantes

Para mantener el espaciamiento entre tirantes, se deben aplicar riostras laterales continuas de todo el largo de la techumbre. Estas riostras deben clavarse a la cara superior de los tirantes, en intervalos no mayores de 2,4 a 3,0 metros a todo el ancho de la techumbre.

Deben instalarse riostras diagonales a tabiques perimetrales soportantes en cada extremo de la techumbre.

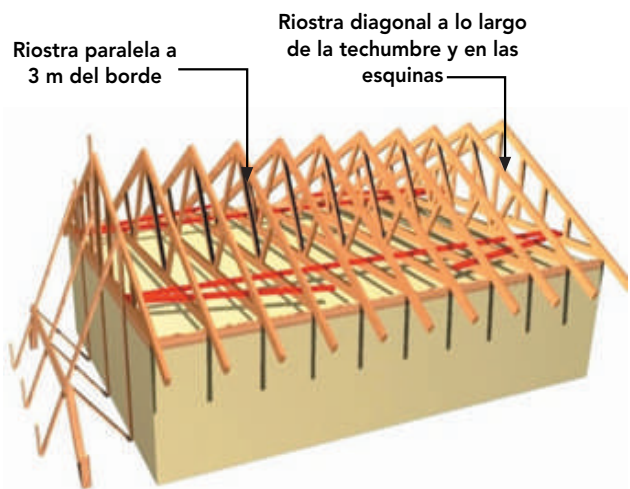
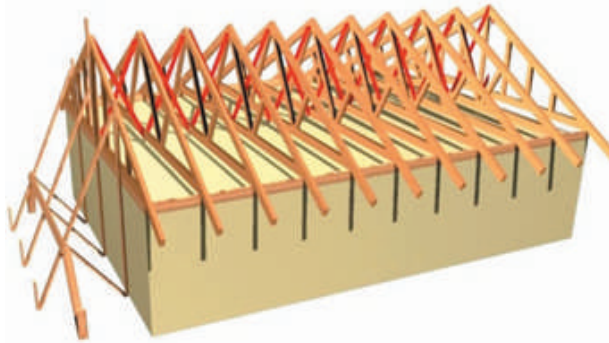


Figura 11-32: En rojo se muestran las riostras necesarias en el plano que generan los tirantes, las que se pueden dejar como definitivas.

En muchos casos las riostras provisionarias colocadas en los tirantes se pueden incorporar como definitivas, siempre que cumplan con la sección, largo y fijaciones que el calculista ha definido en los planos de cálculo de la techumbre.

#### 11.4.5.2.3. Riostras en el plano perpendicular las diagonales

Las riostras provisionarias de ese plano son elementos perpendiculares al plano de las diagonales, partiendo desde un par en una cercha y llegando al tirante de la cercha subsiguiente.



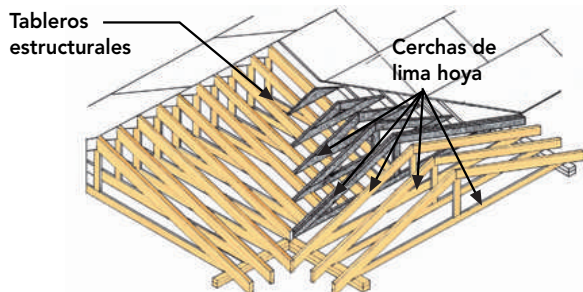
**Figura 11-33:** En rojo se destacan las riostras que van perpendiculares al plano de las diagonales. En caso de considerar que queden permanentes, su solución debe ser dada por el calculista.

#### 11.4.5.3 Riostras permanentes de cerchas

Deben ser diseñadas por el calculista para asegurar la estructuración de la techumbre e instaladas en el momento especificado por aquel. Entre este tipo de elementos podemos considerar los tableros estructurales, cadenetas entre cerchas siguiendo la línea de la cumbrera y de la solera de amarre, costaneras o riostras temporales que quedarán permanentes.

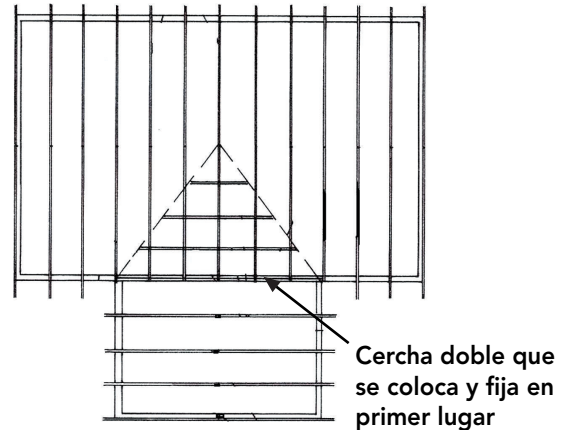
#### 11.4.6 Encuentro de techumbres (solución en cerchas)

La solución de intersección de techumbre requiere el uso de una serie de cerchas especiales que llamaremos cerchas de limahoya, caracterizadas por ser cada una proporcionalmente más pequeña que la anterior.



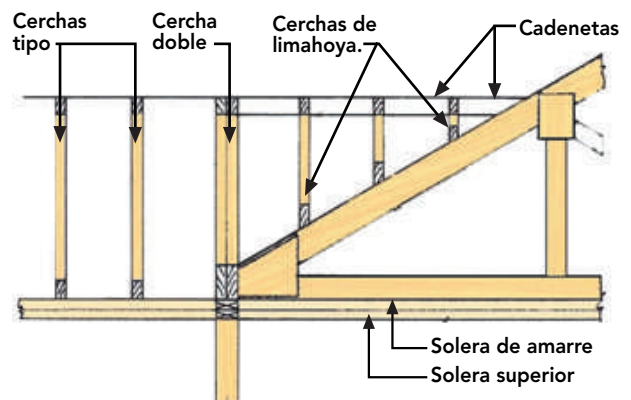
**Figura 11-34:** Disposición de las cerchas para formar el encuentro de techumbres.

Para el armado de este encuentro se debe colocar y fijar en primer lugar una cercha doble, de tamaño y forma igual a las cerchas tipo de la techumbre de menor ancho, que va en la abertura donde los dos techos se intersectan. A continuación, utilizando fijaciones metálicas, se asegura el cordón inferior de las cerchas de lima hoya a los pares de las cerchas que van en la techumbre adyacente.



**Figuras 11-35:** Planta de techumbre en la cual se aprecia la disposición de las cerchas de limahoya y el refuerzo de doble cercha que debe ser colocado.

Entre cerchas de limahoya se colocan cadenetas aseguradas con fijaciones metálicas, las que sirven de arriostamiento a las cerchas, y otorgan una superficie de clavado a los tableros estructurales que irán sobre ellas.



**Figura 11-36:** Elevación que muestra cadenetas entre cerchas.

## 11.5. DIAFRAGMAS INCLINADOS

La solución del diafragma inclinado, de masivo uso en las edificaciones de nuestro país, se corta y arma en su lugar definitivo, siendo su materialización improvisada y artesanal. Esto puede significar inexactitud en cubriciones, cortes y ensambles, pérdida de material y demora en su ejecución, lo que genera una solución más complicada que la cercha si no se planifica y programa su materialización.

Por diafragma inclinado se entenderá un conjunto de piezas de madera que conforman una estructura, diseñada para soportar la cubierta en la techumbre. Esta estructura se apoya en sus extremos sobre tabiques soportantes, transmitiendo a estos los esfuerzos que recibe la techumbre.

Su diseño permite soportar esfuerzos de tracción, compresión y flexión y la carga no requiere estar aplicada en los nudos.

A continuación, se guiará en el proceso de obtener la información necesaria para la cubrición y replanteo de la enmaderación de techumbre, pudiendo planificar y prever las dimensiones y cortes (ángulos que se requieren) de los elementos que conforman un diafragma inclinado, optimizando el uso de los recursos.

### 11.5.1. Elementos que conforman un diafragma inclinado

**Viga limatón o limatesa estructural:** va desde la solera de amarre hasta la cumbrera mayor.

**Viga limahoya estructural:** va desde la solera de amarre hasta la cumbrera horizontal mayor.

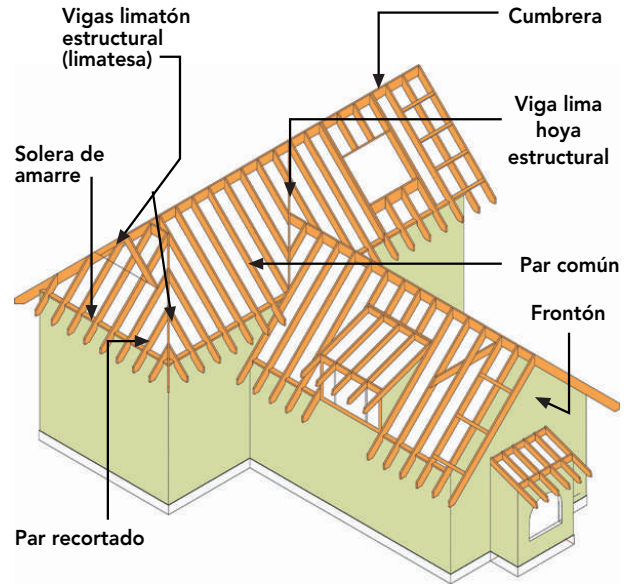
**Viga limahoya secundaria:** va desde la solera superior hasta la limahoya estructural.

**Par o pierna:** elemento estructural que va desde la solera de amarre hasta una viga limatón, viga limahoya o cumbrera, y forma el plano de las aguas de la techumbre.

**Par común:** elemento que va desde la solera de amarre hasta la cumbrera, formando un ángulo recto con ella.

**Par recortado:** elemento que va desde la solera de amarre hasta la viga limatón, formando un ángulo recto con ella.

**Par de limahoya:** va desde la cumbrera hasta la viga limahoya estructural.



**Figura 11-37:** Vista en perspectiva que muestra la ubicación de los elementos definidos.

### 11.5.2. Criterios de diseño de un diafragma inclinado

Para el diseño de diafragmas inclinados se deben considerar las cargas involucradas y las uniones y fijaciones correspondientes.

#### 11.5.2.1. Consideraciones de diseño estructural de un diafragma inclinado

Las cargas que resiste esta estructura pueden ser verticales (peso propio y sobrecarga) u horizontales (viento y sismo), las que son transmitidas a los tabiques soportantes. Las consideraciones para el diseño de los elementos del diafragma están en función del sentido de la sollicitación.

Cuando esta estructura es sollicitada en su plano, su comportamiento se puede asemejar al de una viga compuesta dispuesta en los planos de techo. Las costaneras o tableros estructurales serán consideradas como el alma, las vigas intermedias (pares del diafragma inclinado), como atiesadores del alma y los elementos de borde que estén perpendiculares a la sollicitación llamados cuerdas, actuarán como alas de la viga compuesta. Los elementos paralelos a las sollicitaciones reciben el nombre de montantes.

En función de lo anterior, las sollicitaciones en el plano del diafragma dimensionarán los elementos perimetrales. La compresión o tracción en las cuerdas se calcula dividiendo el momento de flexión por la distancia existente entre ambas cuerdas. Los montantes están constituidos por las vigas de borde ubicadas sobre un muro soportante, siendo su esfuerzo axial igual a la reacción.

Las solicitaciones normales al plano del diafragma determinan, en primera instancia, el espesor de las costaneras o del tablero estructural y las dimensiones de la sección transversal de los elementos interiores de dicho diafragma.

Las solicitaciones de corte deberán ser absorbidas por las costaneras o tableros estructurales.

### 11.5.2.2. Consideraciones sobre el tipo de uniones

Los diafragmas deben ser amarrados o anclados a los elementos de apoyo, de tal forma que puedan mantenerse unidos permitiendo a la estructura funcionar como una sola unidad ante solicitaciones.

Los puntos críticos para obtener una estructura correctamente anclada son las uniones del diafragma inclinado con los muros soportantes, siendo el aspecto más relevante el dimensionar las uniones determinando la magnitud de la fuerza a considerar en el diseño, utilizando por ejemplo el método de "cargas verticales", el cual diseña las uniones para cargas verticales considerando la sucesiva transferencia de las cargas desde sus orígenes en la techumbre, a través de la estructura y hasta las fundaciones.

### 11.5.3. Determinación de elementos y cortes para el montaje del diafragma inclinado

#### 11.5.3.1. Aspectos geométricos

Para un adecuado desarrollo de la enmaderación de techumbre, ésta debe ser analizada y diseñada desde un punto de vista geométrico.

##### 11.5.3.1.1. Unidad de proyección

La proyección total del limatón es la diagonal de un cuadrado formado por la proyección total de los pares comunes adyacentes y los muros o paramentos exteriores.

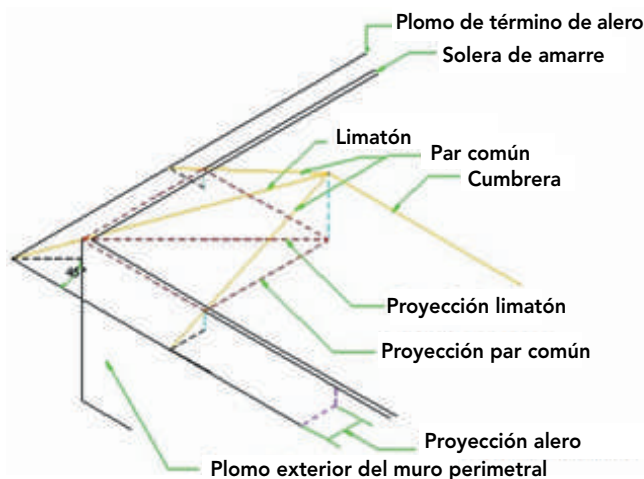


Figura 11-38: Figura que muestra las proyecciones de los elementos involucrados en la enmaderación de la techumbre.

Al llevar a escala este gran cuadrado, podremos definir unidades de medida para facilitar los cálculos.

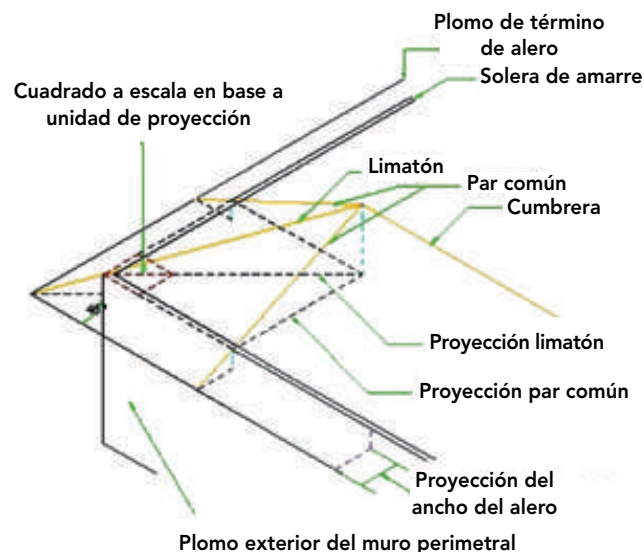


Figura 11-39: En rojo se destaca el cuadrado, proporcional a las proyecciones del limatón y par común anteriormente descrito, que será la unidad de proyección a utilizar. Nótese que se empieza a medir desde el borde exterior del tabique.

Por unidad de proyección para el limatón se entiende  $15\text{ cm} (\approx 10 \cdot \sqrt{2})$ , hipotenusa del cuadrado que se forma con un triángulo rectángulo isósceles de lado  $10\text{ cm}$ , unidad de proyección de un par común. Se da un valor de  $10\text{ cm}$  en función del sistema decimal que utilizamos, como una forma de simplificar los cálculos y  $10 \cdot \sqrt{2} = 14,14$  que se aproxima a  $15\text{ cm}$  por la misma razón. Además, considerando que los cortes se realizan a la pieza y se pierde madera, el exceso en la dimensión queda reducido prácticamente a cero.

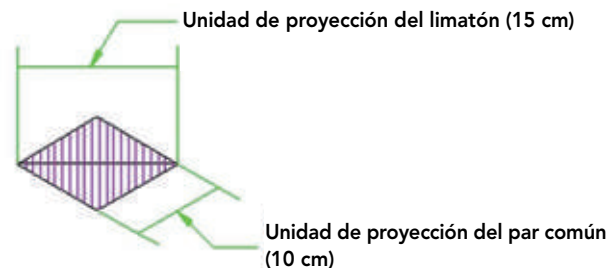


Figura 11-40: Detalle de la unidad de proyección (cuadrado), del cual se deducen la unidad de proyección del limatón y par común respectivamente.

### 11.5.3.1.2. Situación geométrica

La proyección horizontal del limatón forma un ángulo de 45° con respecto a los tabiques perimetrales soportantes y a ella llegan varias unidades de pares recortados de distintas longitudes. La distancia horizontal que cubre el limatón (proyección) es mayor que la del par común. Tanto el par común como el limatón, deben llegar a la misma altura (donde está la cumbrera) y con la misma cantidad de unidades de proyección.

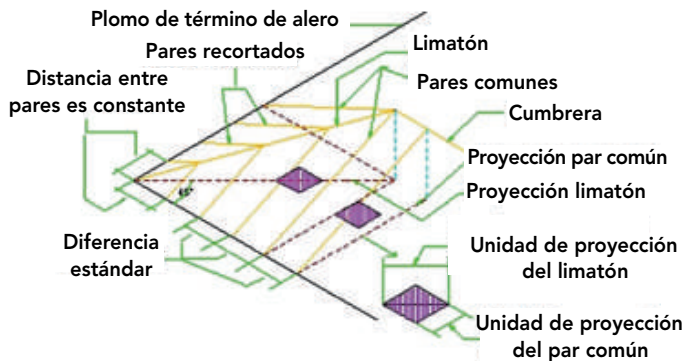


Figura 11-41: Figura que muestra ubicación y relación entre los elementos que se quiere determinar su largo y cortes.

### 11.5.3.2. Determinación de longitudes de los elementos que conformarán el diafragma inclinado

#### 11.5.3.2.1. Longitud del par y el limatón

Con los planos de planta y techumbre de arquitectura, se obtendrá el ancho de la vivienda (distancia A de la figura), la distancia a la que está la cumbrera de una esquina (distancia A/2 de la figura, que corresponde a la mitad del ancho menos el ancho del alero), la pendiente que debe tener la techumbre y la altura a la que llega el par común, el limatón y a la cual se encuentra la cumbrera horizontal.

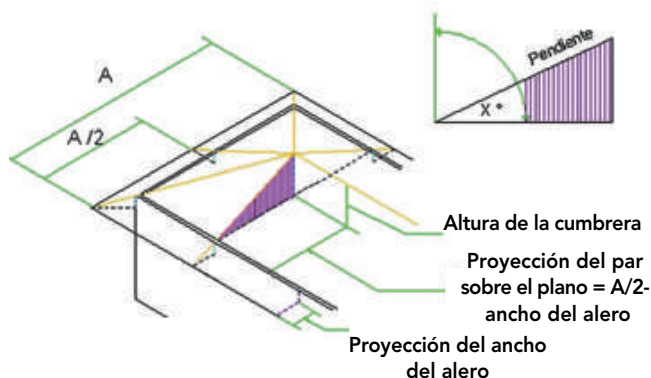


Figura 11-42: Determinar distancias requeridas para formar triángulos.

Con esa información se determina el número de veces que la unidad de proyección del par es contenida en la proyección total del par común.

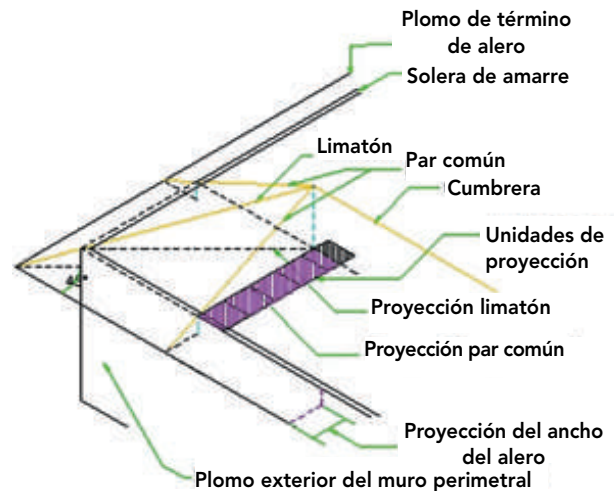


Figura 11-43: Se determina el número de veces que es contenida la unidad de proyección en el par común.

El número calculado es el mismo número de veces que es contenida la unidad de proyección del limatón en la proyección total de éste, con lo que se puede determinar el largo de la proyección del limatón, pudiéndose determinar la longitud exacta del limatón.

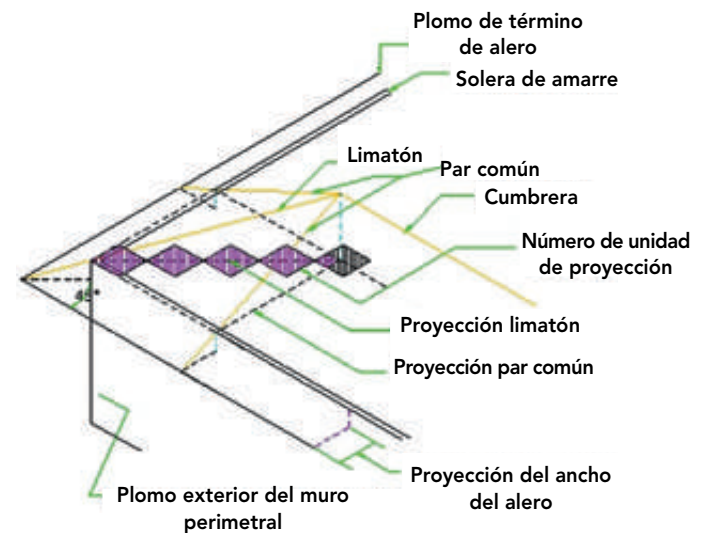


Figura 11-44: Se determina el número de veces que es contenida la unidad de proyección en el limatón.

Se generan dos triángulos (triángulo amarillo y triángulo lila), cuyos catetos serán la proyección del par o del limatón, según corresponda, y la altura de la cumbrera medida desde la cara superior de la solera de amarre, que se encuentra en el mismo plano de las proyecciones del limatón y del par común (todos datos conocidos).

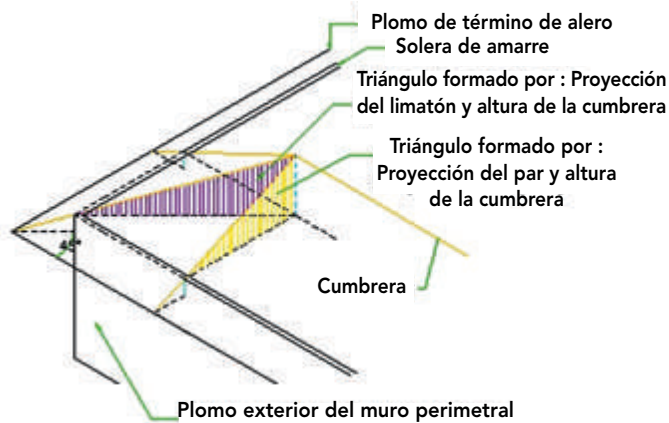


Figura 11-45: Triángulos imaginarios para determinar los largos del limatón y par común.

Al calcular la hipotenusa de estos dos triángulos, se obtiene la longitud del par común (triángulo amarillo) y del limatón (triángulo lila), respectivamente.

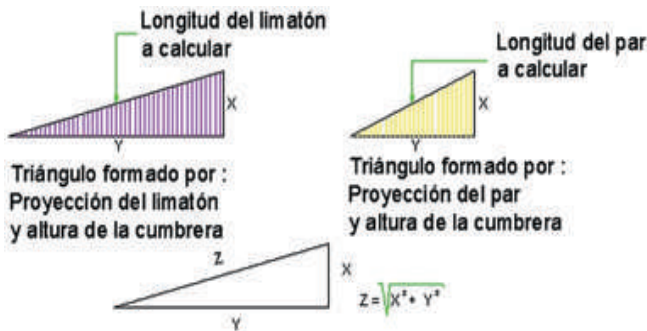


Figura 11-46: Determinación de los largos requeridos mediante aplicación del teorema de Pitágoras.

### 11.5.3.2.2. Longitud del extremo en voladizo del par común (can)

De los planos de planta y techumbre, se obtendrá la pendiente de esta última y su proyección fuera de los tabiques perimetrales soportantes.

Con esa información se puede determinar la longitud del can (prolongación del par que está en voladizo), determinando la hipotenusa del triángulo que se forma y cuyos catetos son la proyección del alero y la altura que determine la pendiente.

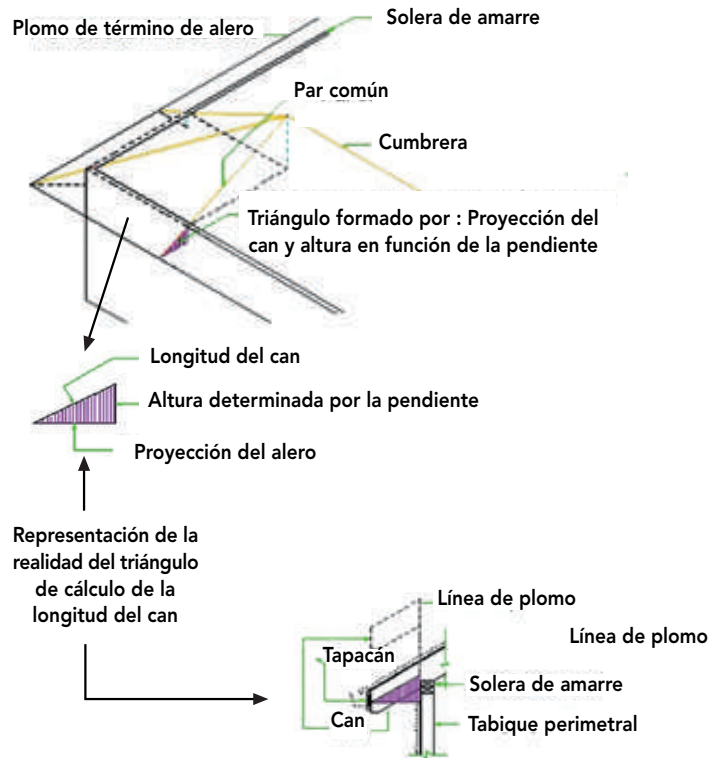


Figura 11-47: Para determinar el largo del can se puede generar un triángulo imaginario a partir de los datos en los planos.

El siguiente paso es determinar la longitud del extremo en voladizo del limatón, para lo cual se requiere determinar cuántas veces está contenida la unidad de proyección del par en la proyección del alero, conformado por el par común, dato que se puede deducir según la figura.

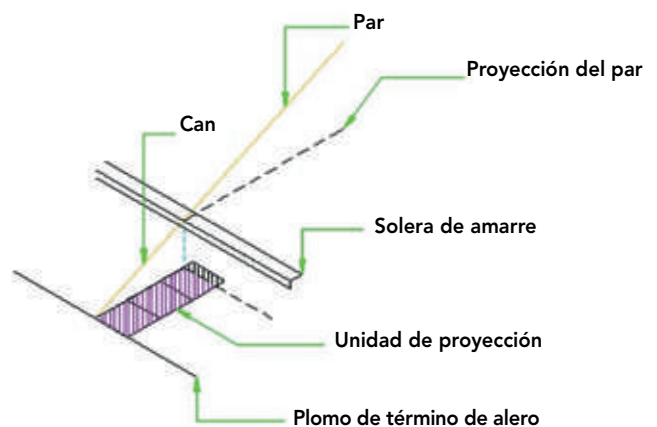


Figura 11-48: Al igual como se determinó el largo del par común, se puede determinar el largo del can basados en la unidad de proyección.

### 11.5.3.2.3. Longitud del extremo en voladizo del limatón (alero)

Para trazar el extremo en voladizo del limatón que conformará parte del alero, se debe multiplicar la unidad de proyección del limatón por el mismo número de veces que es contenida la unidad de proyección del par en el voladizo.

Se determina el largo de la hipotenusa del triángulo, considerando como catetos la proyección recién calculada y la altura a que llega el limatón en el borde exterior del tabique perimetral soportante (dada por la pendiente).

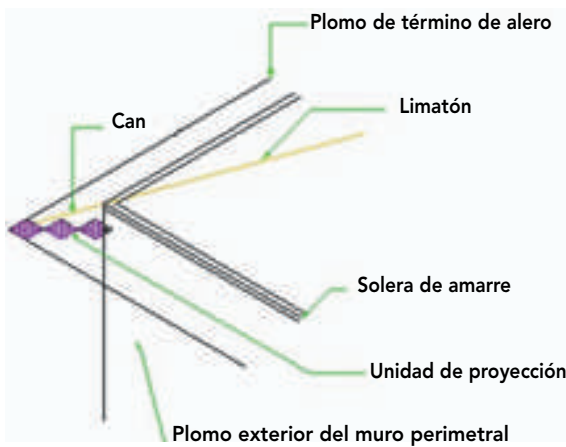


Figura 11-49: Al igual como se determinó el largo del limatón, se puede determinar el largo del can en la esquina.

### 11.5.3.2.4. Determinación de la longitud de los pares recortados

Los pares recortados se arman en parejas que se apoyan en la cara más ancha del limatón. Cada pareja es más corta que la siguiente en una medida estándar que llamaremos "diferencia estándar".

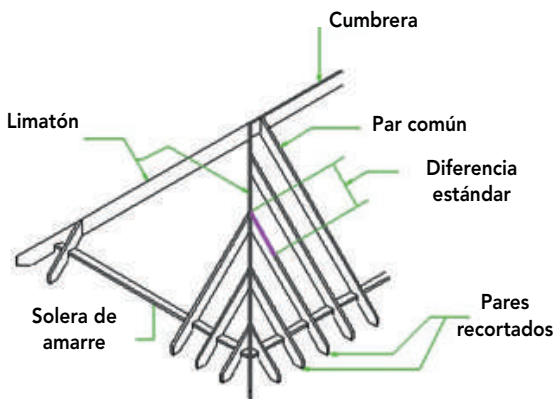


Figura 11-50: Se destaca una longitud llamada "diferencia estándar" para determinar largo de los pares recortados.

Se debe comenzar determinando la longitud del par recortado más largo, el que puede coincidir con la de un par común.

Para esto, se considera que la proyección de cualquier juego de par recortados, junto con el borde exterior de la solera de amarre de los muros perimetrales forman un cuadrado.

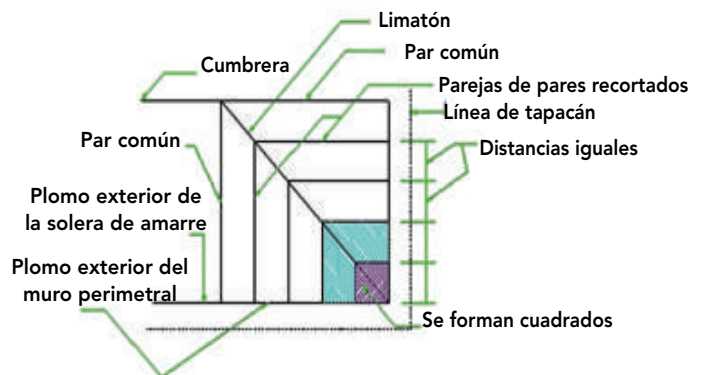


Figura 11-51: Vista en planta de los cuadrados proporcionales generados por las proyecciones de los pares comunes y pares recortados formados en la esquina, siendo los lados del cuadrado mayor, los dos pares comunes que se aprecian en la vista.

Basados en el cuadrado, se determina que la proyección de un par recortado es igual a la distancia desde su intersección con la solera de amarre, hasta la esquina donde se intersectan las soleras de amarre perimetral.

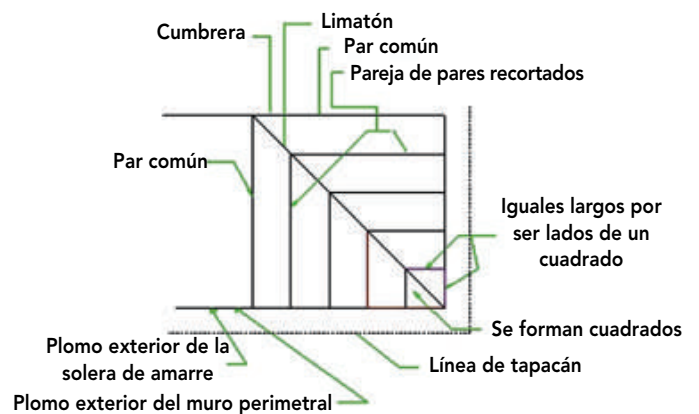


Figura 11-52: Vista en planta de las proyecciones de los elementos que conforman los cuadrados, destacándose los largos de los cuadrados que se forman.

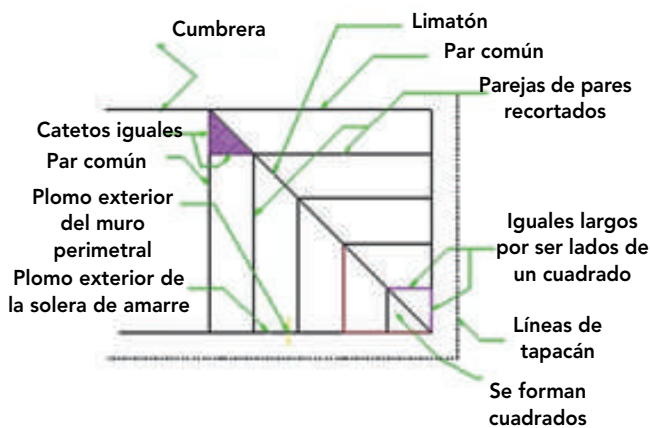
Determinando la distancia desde la esquina donde se intersectan las soleras de amarre (líneas de edificación) hasta el eje del par más largo, se puede determinar el largo de la proyección del par.



Conocidas la altura a que llega (dada por la pendiente) y la proyección del par recortado más largo, se forma un triángulo al que se le calcula el largo de la hipotenusa, que corresponde a la longitud del par recortado más largo.

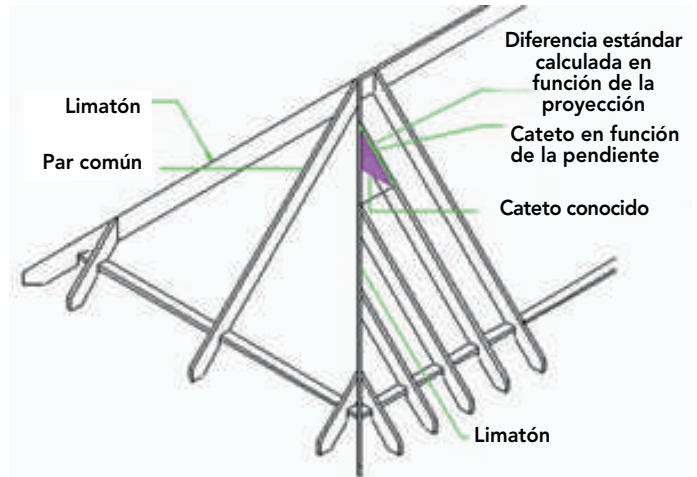
La longitud de las otras parejas se determina acortando cada juego en una distancia igual a la diferencia estándar (Figura 11-50).

Para deducir la diferencia estándar se requiere conocer la distancia a la que se encuentra un par de otro.



**Figura 11-53:** Distancia entre pares recortados, medida por el limatón.

La distancia entre pares es el lado de un triángulo rectángulo isósceles, por lo que se conoce el largo de los dos catetos. Con este dato y la pendiente se genera un nuevo triángulo, que tendrá como incógnita la hipotenusa, equivalente a la diferencia estándar, pudiendo determinar la longitud del par.



**Figura 11-54:** Dedución del cálculo de la diferencia estándar, en base a la distancia entre pares y la pendiente de la techumbre.

Este cálculo basta hacerlo una vez con el par común o par recortado de mayor largo, ya que el resto de los pares recortados se irán acortando sucesivamente en esa misma medida. Con todos esos datos, se está en condiciones de poder realizar una correcta cubicación y planificación, lo que beneficiará los plazos, costos y calidad de la obra de la partida techumbre.

### 11.5.3.3. Trazado y corte de los elementos

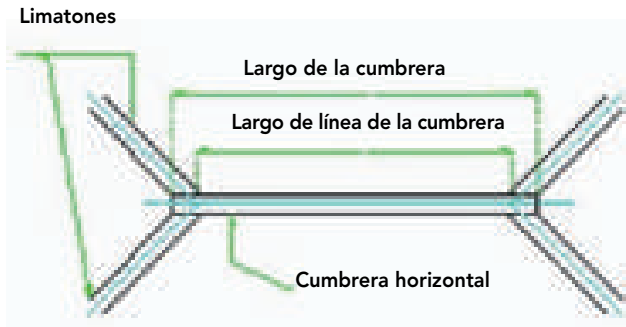
En la materialización de la techumbre se deberá contar, además de la información obtenida en la determinación de la longitud de los elementos, con la información necesaria para realizar los cortes en las piezas antes de ser montados.

Considerar que antes de hacer cualquier corte, se debe medir el largo de la pieza (longitud) desde la primera línea aplomada que se marque, hasta lo que indique el plano respectivo de arquitectura o estructura.

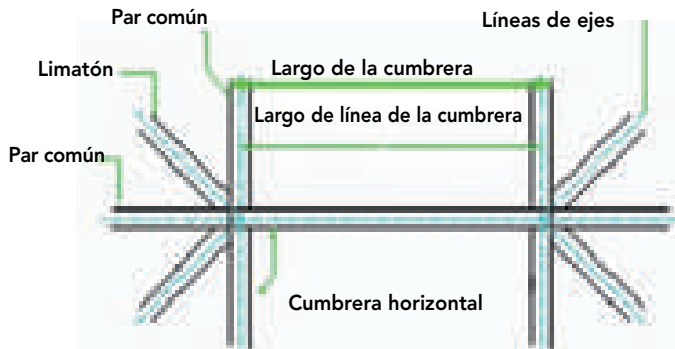
#### 11.5.3.3.1. Trazado de la línea de corte en el limatón para el encuentro con la cumbrera

El corte en el limatón se realiza en función de dos ángulos: uno dado por la pendiente de la techumbre y el otro, por el encuentro del limatón con la cumbrera. Este corte se llamará "corte de doble ángulo", el cual puede ser simple o compuesto.

Será corte de doble ángulo simple o corte de doble ángulo compuesto, dependiendo de cómo llega el limatón a la cumbrera horizontal.



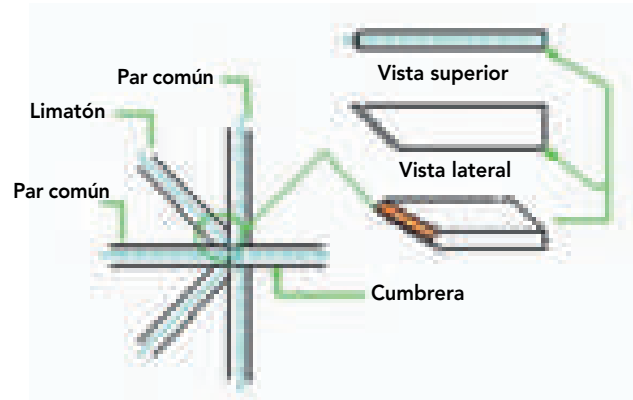
A) Encuentro simple del limatón con la cumbrera, requiere de un corte de doble ángulo simple.



B) Encuentro compuesto de limatón con la cumbrera y par común, que requiere de un corte de doble ángulo compuesto.

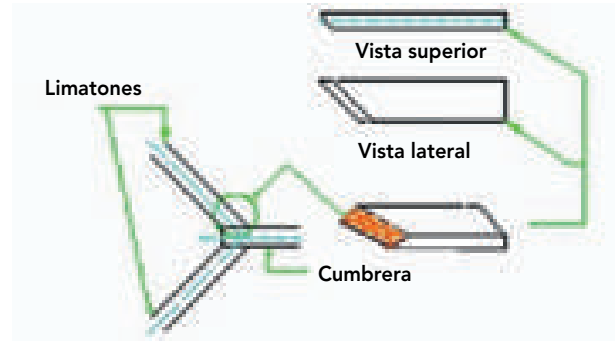
**Figura 11-55:** En función del número de elementos que llegan al encuentro, éste será caracterizado como simple (A) o compuesto (B).

A) Corte de encuentro de limatón con par común y cumbrera



Corte de doble ángulo compuesto

B) Corte de encuentro de limatón con cumbrera

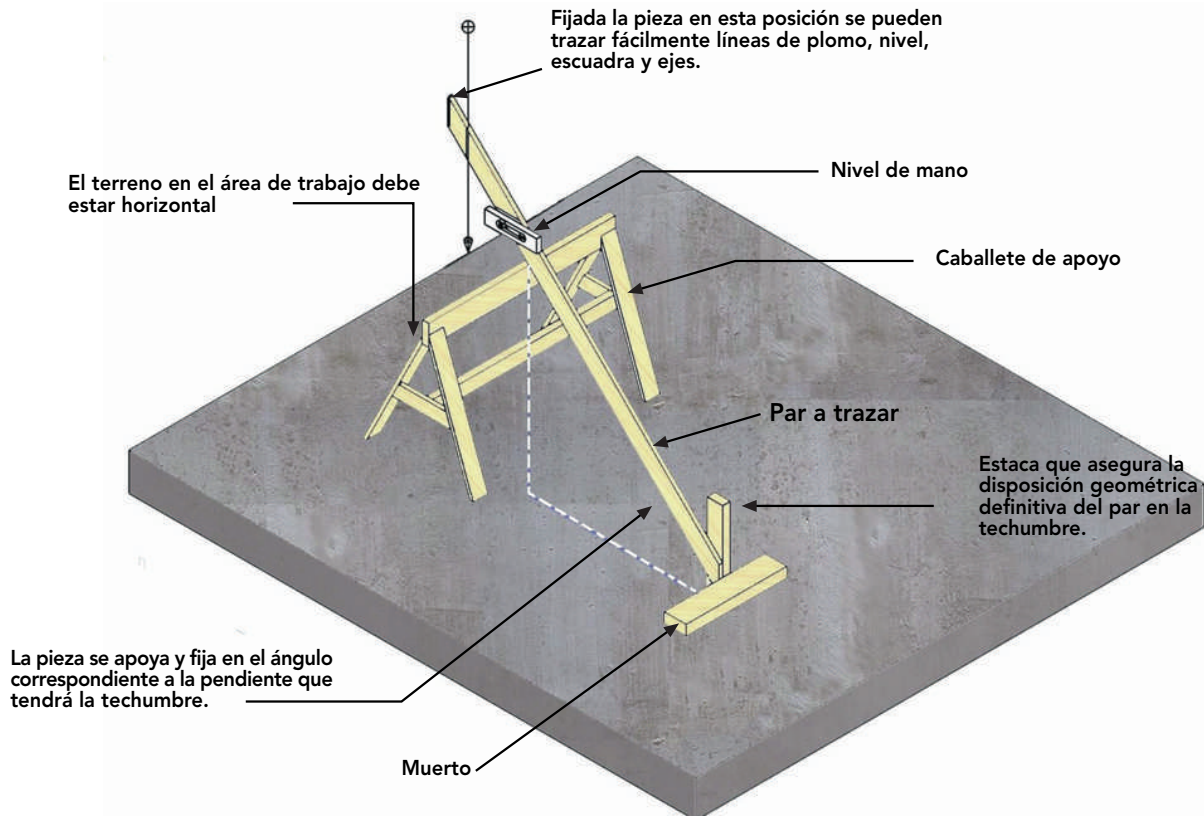


Corte de doble ángulo simple

**Figura 11-56:** Detalles que muestran los cortes que deben ser realizados en el limatón según sea un encuentro compuesto (A, corte de doble ángulo compuesto), o simple (B, corte de doble ángulo simple).

Para trazar el corte en los elementos se selecciona una pieza de madera recta con la que se fabrica una plantilla, permitiendo trazar los cortes sobre los elementos.

Las líneas rojas que aparecen en las figuras identifican las líneas de corte.



**Figura 11 -57:** Ejemplo de un lugar de trabajo con las condiciones mínimas para obtener cortes adecuados en los elementos. Se debe simular la pendiente que tendrá el elemento en al techumbre, modificando la altura del caballete y la distancia a que debe ir el muerto para realizar los cortes de manera exacta.

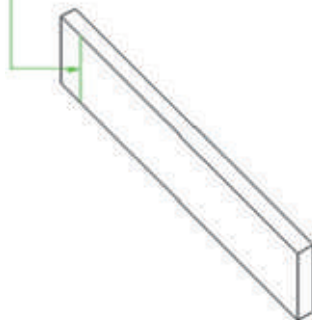
### i) Trazado de las líneas de corte para encuentro de limatón con cumbrera

Las líneas rojas que aparecen en las figuras identifican las líneas de corte.

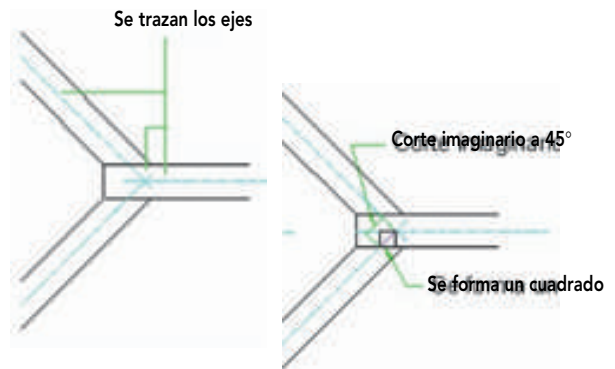
El corte que se realizará en este caso es corte de doble ángulo simple.

Se traza una línea a plomo cerca del extremo izquierdo de la pieza que se usará como plantilla.

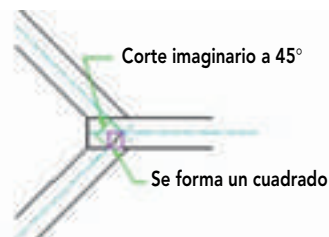
① Trace la primera línea de plomo

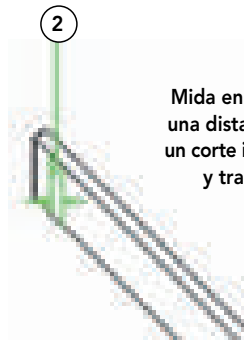


Se debe determinar la distancia que corresponde a la mitad del largo de un corte imaginario en 45° sobre la cumbrera.



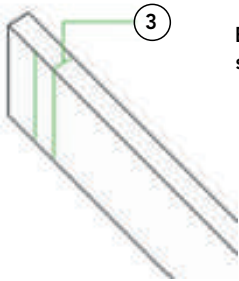
Se debe medir en ángulo recto a la primera línea a plomo, la distancia determinada y trazar una segunda línea a plomo.





2 Mida en ángulo recto a la línea de plomo una distancia igual a la mitad del largo de un corte imaginario a 45° sobre la cumbrera y trace la segunda línea de plomo

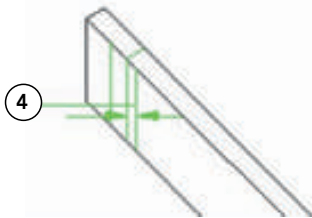
Se traza una línea a escuadra sobre el limatón partiendo de la segunda línea aplomada.



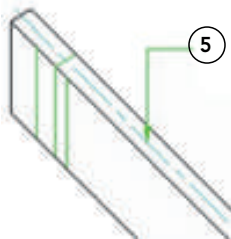
3 Escuadre la segunda línea a plomo sobre la cara superior del limatón

Se mide en ángulo recto a la segunda línea aplomada la mitad del espesor de la pieza que será limatón y se traza una tercera línea aplomada.

4 Medir en ángulo recto desde la segunda línea a plomo, la mitad del grosor de la pieza del limatón y trazar la tercera línea de plomo

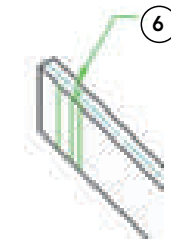


Sobre la cara superior del limatón se marca el eje.



5 Trace la línea del eje

Desde el extremo superior de esta tercera línea aplomada, se traza otra línea que pase por la intersección entre el eje de la pieza y la línea a escuadra anteriormente trazada.



6 Trace la diagonal desde la tercera línea de plomo pasando por la línea del eje



La línea de corte es la diagonal y la tercera línea a plomo trazadas

### ii) Trazado de las líneas de corte para encuentro de limatón con cumbrera y par

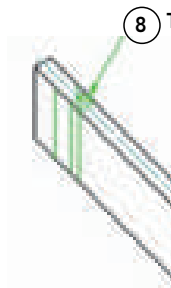
Para este caso se repite el mismo procedimiento recién descrito, pero se agregan algunos puntos para trazar una segunda línea de corte, siendo un corte de doble ángulo compuesto.

Trazada la línea que pasa por la intersección del eje con la línea a escuadra, se debe marcar una segunda línea a escuadra desde la tercera línea a plomo que se ha dibujado.

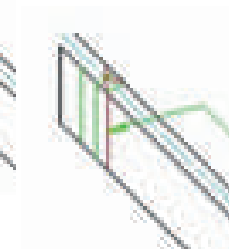


7 Escuadre la tercera línea a plomo sobre la cara superior del limatón

Se marca una línea desde la intersección del eje con la primera línea a escuadra, trazada hasta encontrarse con el vértice de la segunda línea a escuadra.



8 Trace la diagonal desde la tercera línea de plomo pasando por la línea del eje



Las líneas de corte son las diagonales y la tercera línea a plomo trazada

### 11.5.3.3.2. Trazado de línea de corte en el par común, para el encuentro con la cumbrera.

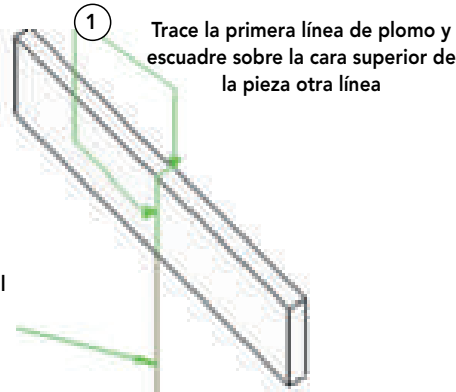
Bastará con colocar el par sobre los caballetes que tienen la pendiente de la techumbre y trazar en el extremo superior una línea a plomo que será la línea de corte para el par, Figura 11-57.

### 11.5.3.3.3. Trazado de las líneas de corte de los elementos en voladizo

Con los largos en voladizo, determinados tanto de pares, como del limatón que conformará el alero, se puede realizar el corte en el extremo de estos elementos, como se describe a continuación:

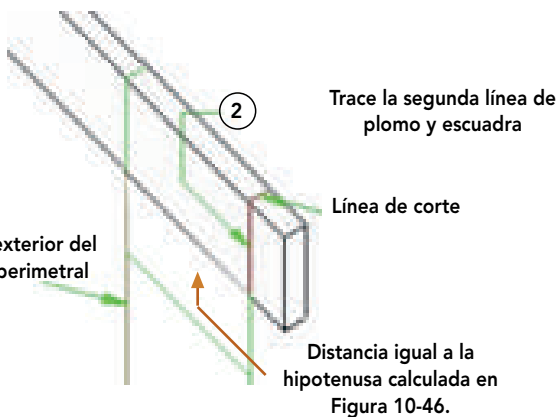
#### i) Trazado de líneas de corte en los pares

Se traza una línea sobre el lado más ancho del par a plomo con el exterior del tabique perimetral.



Plomo exterior del muro perimetral

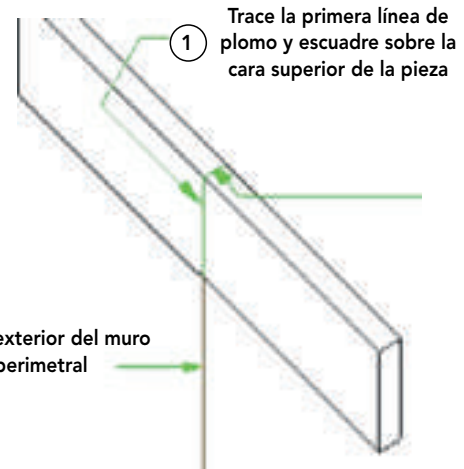
Desde esa marca se debe medir sobre el par la distancia previamente calculada (hipotenusa de la zona del par que está en voladizo, Figura 11-48), y trazar a plomo la línea de corte en el extremo del par.



Plomo exterior del muro perimetral

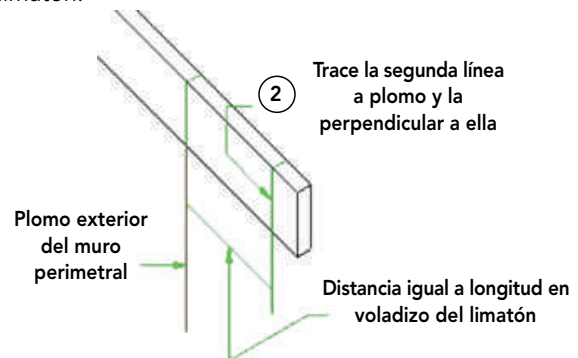
#### ii) Trazado de las líneas de corte del limatón

Para este caso, se traza una línea sobre uno de los lados más anchos del limatón a plomo con los muros perimetrales exteriores. Sobre la cara superior, se traza una línea a escuadra con las líneas a plomo.



Plomo exterior del muro perimetral

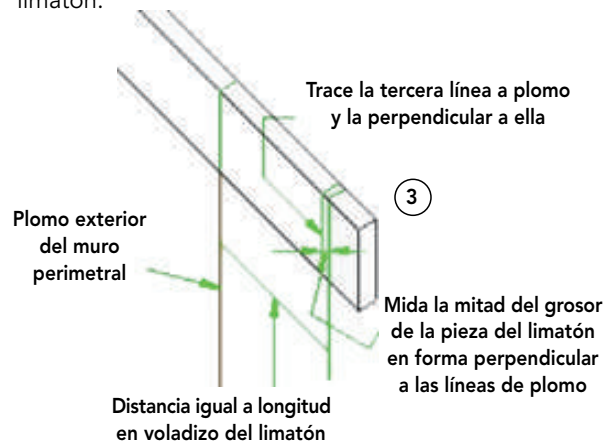
Desde esta línea a escuadra, se mide sobre la cara superior la distancia previamente calculada que corresponde al largo de la hipotenusa de la zona del limatón en voladizo (Figura 11-48). En ese extremo se trazan dos líneas, una a plomo que será la línea de corte temporal y otra perpendicular a esta última, sobre la cara superior del limatón.



Plomo exterior del muro perimetral

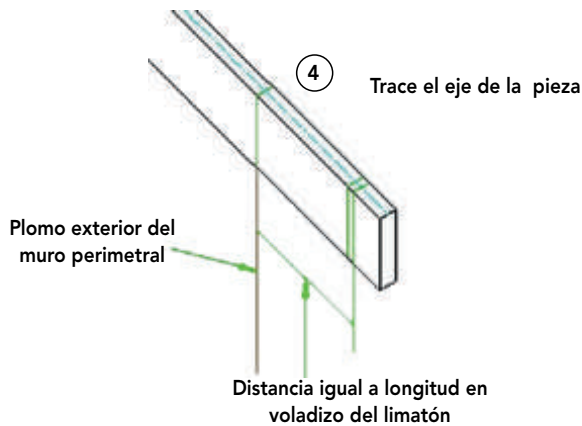
Como el corte del extremo inferior del limatón es un corte de doble ángulo compuesto, se deben trazar dos líneas de corte.

Se mide sobre la cara lateral en dirección hacia el tabique perimetral, una distancia igual a la mitad del espesor del limatón y se traza una línea a plomo sobre esa cara y otra línea a escuadra con ésta sobre la cara superior del limatón.

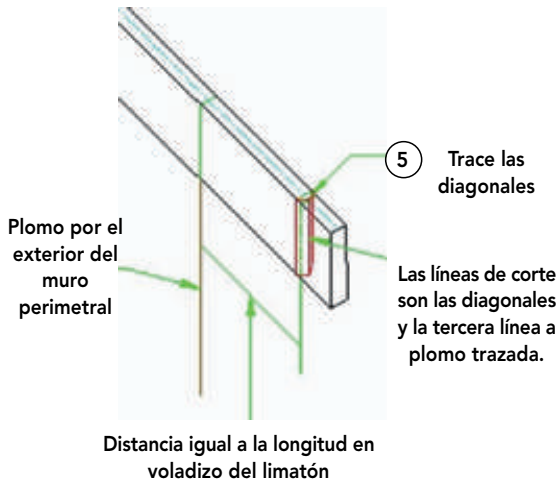


Plomo exterior del muro perimetral

Se traza el eje del limatón sobre la cara superior.

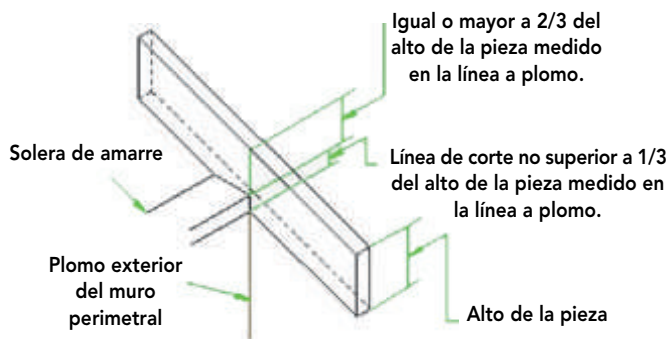


Se trazan las diagonales que se observan en la figura, que serán las líneas de corte.

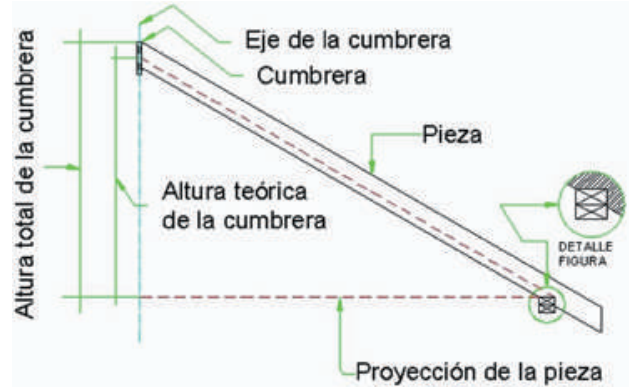


#### 11.5.3.4. Trazado de las líneas de corte para apoyarse sobre la solera de amarre

Tanto los pares como el limatón deberán tener un recorte en su base para apoyarse y fijarse, cuando se encuentre con la solera de amarre de los tabiques. Para esto, se determinarán las líneas de corte. Las líneas de corte que van a plomo no pueden indicar un corte mayor a un tercio de la altura del par, situado en su posición definitiva.

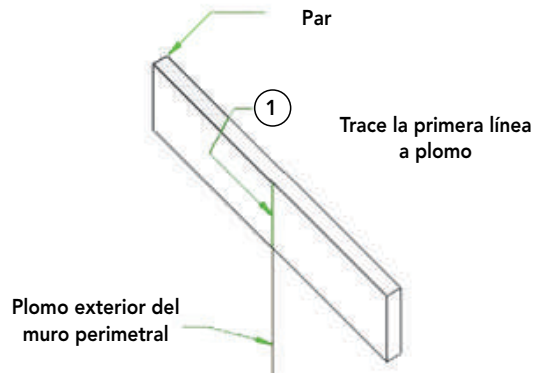


Estos cortes deberán permitir que se mantenga la pendiente de la techumbre y que el vértice superior interior de la solera de amarre coincida con la cara inferior del par.

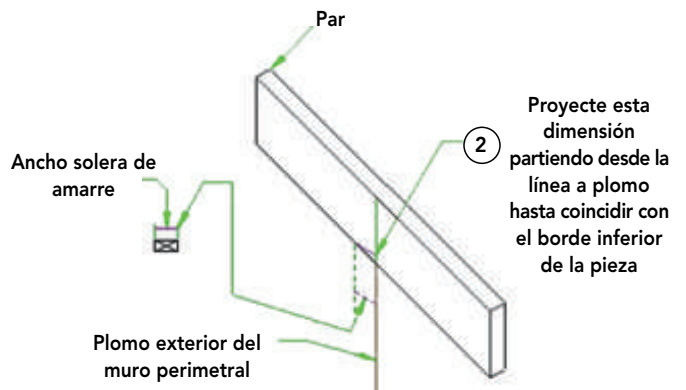


#### i) Trazado de las líneas de corte del par para apoyarse sobre la solera de amarre

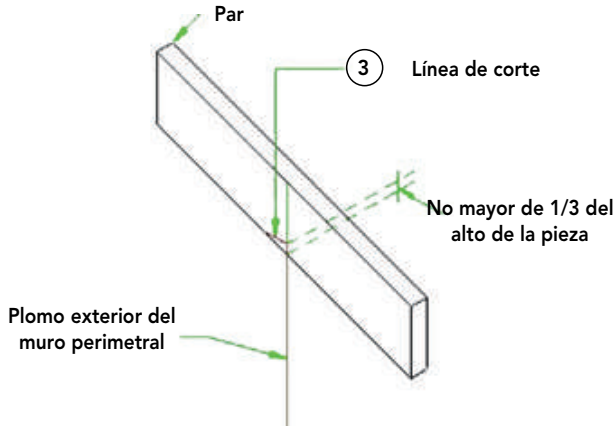
Como ya se sabe la longitud del par y del can en su posición definitiva, se puede trazar una línea a plomo donde empieza el can, la que coincidirá con el lado exterior del muro perimetral.



Se mide el ancho de la solera de amarre y se marca esa distancia, partiendo perpendicular a la línea aplomada hacia el interior de la edificación, hasta que coincida con el vértice del par.

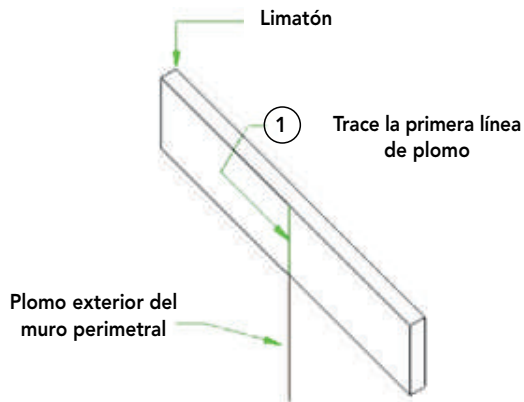


Corroborando que la altura de los pares remanentes sea mayor o igual a dos tercios de la altura de la pieza, se pueden establecer como definitivas las líneas de corte.

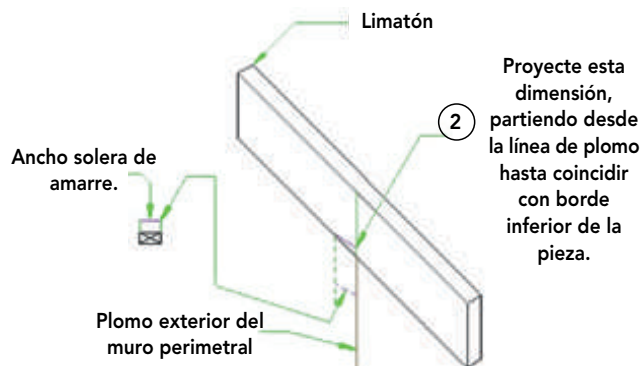


ii) Se trazan las líneas de corte del limatón para apoyarse sobre la solera de amarre

Trazamos una línea a plomo sobre el limatón en línea con el lado exterior del muro perimetral.

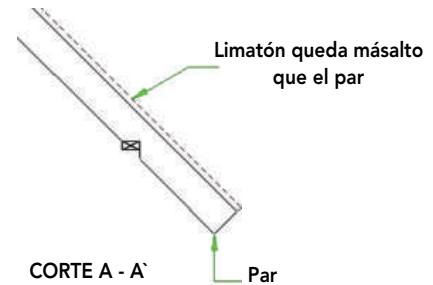
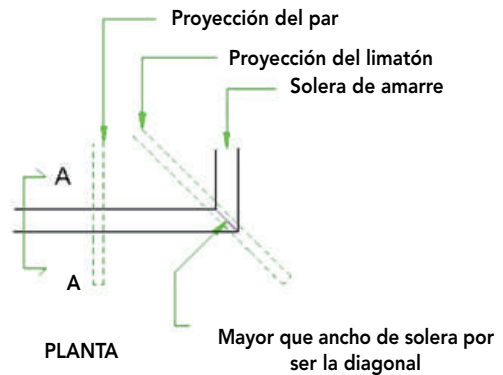


Sobre esta línea se mide la misma altura remanente del par común (mayor o igual a dos tercios de la altura del par en su posición definitiva), que quedó luego de trazar la línea de corte a nivel y se marca ese punto. Desde ese punto y perpendicular a la línea a plomo, se traza una línea hasta el vértice del limatón.



Con esto quedan definidas las líneas de corte, las que no se ha considerado ajustar a la esquina.

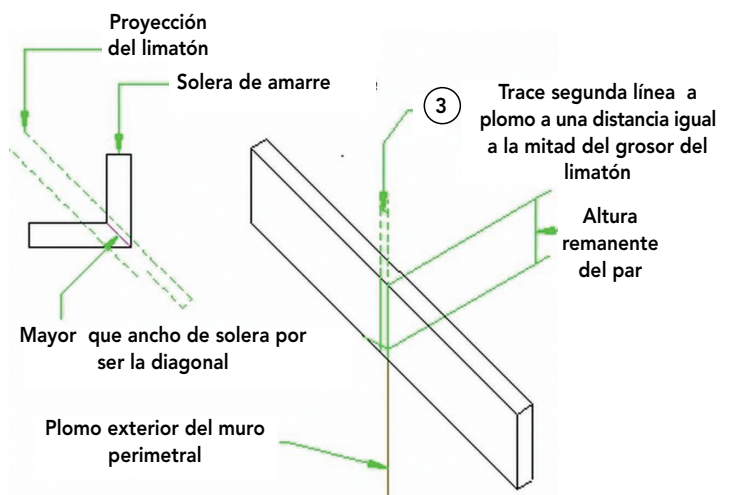
Como el limatón se ubica en la intersección de dos aguas, en el extremo de la techumbre sobre el encuentro de dos muros, la esquina superior del limatón que sobresale del muro se proyecta por sobre el plano de la techumbre.

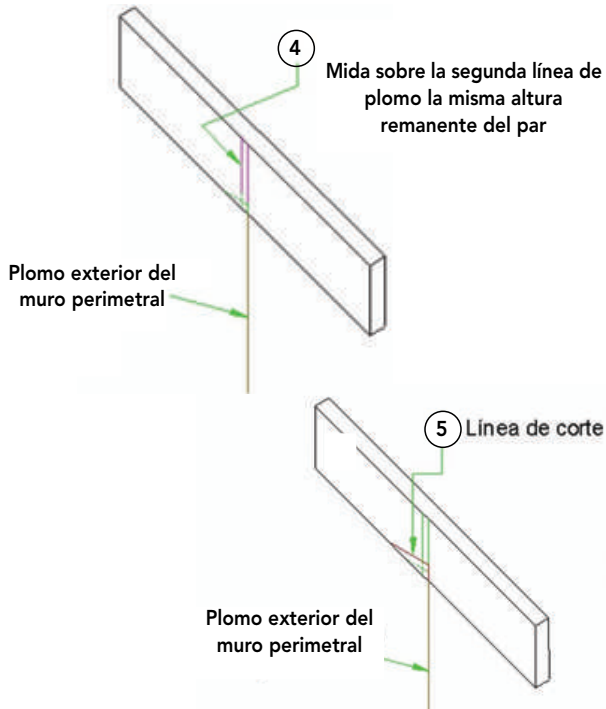


Por la razón anterior, la cara superior de la esquina exterior del limatón debe ser rebajada al mismo nivel que el resto de los elementos.

Una alternativa para lograr el nivel de la techumbre es recortar el limatón, para lo cual se debe hacer una segunda línea de corte de apoyo, que se llamará línea de recorte del limatón.

Procedimiento para determinar el recorte





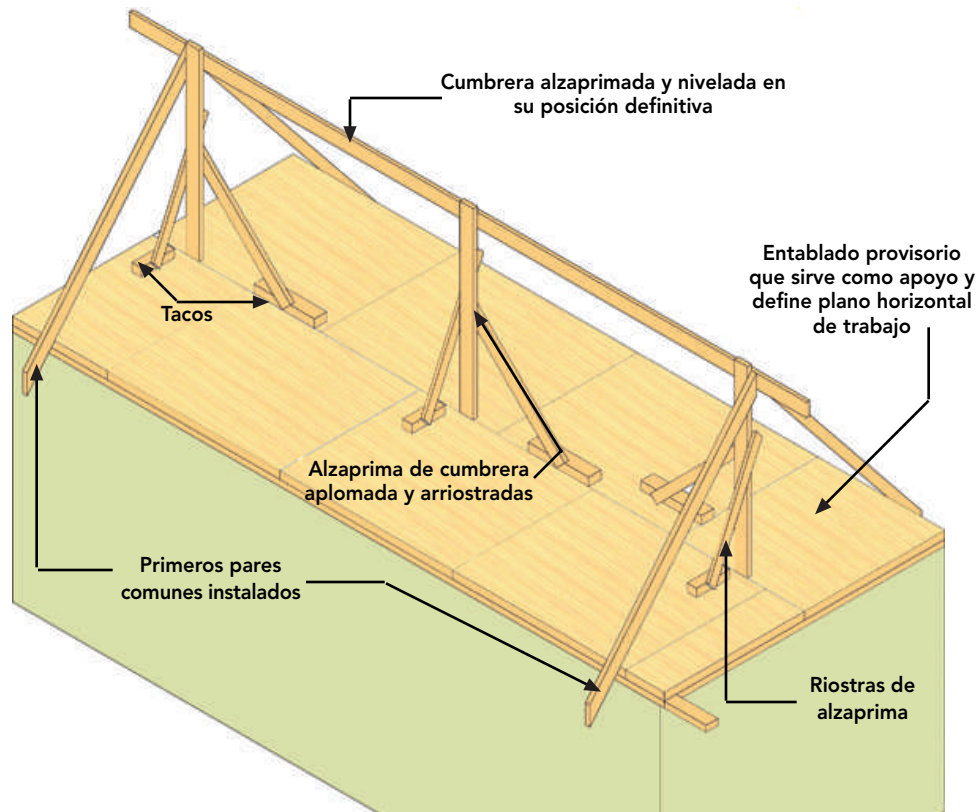
### 11.5.3.3.5. Trazado de la línea de corte del par recortado

El par recortado se ubica desde la solera superior, en ángulo recto, hasta su encuentro con el limatón.

Los cortes del extremo que se apoya contra el limatón y del extremo en volado, son los mismos que el del par común. Es en definitiva un par común acortado en la diferencia estándar.

Considerar la dirección de la diagonal que será línea de corte, la que dependerá del lado en que se ubique el par recortado del limatón.

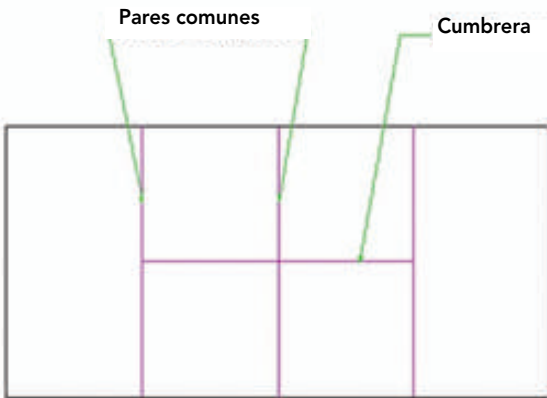
### 11.5.4. Secuencia constructiva



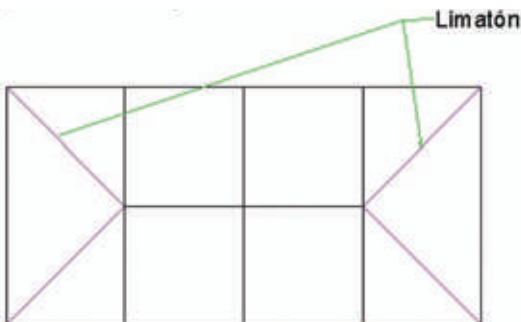
**Figura 11-58 :** Ejemplo de cómo iniciar el armado del tijeral en su posición definitiva. Se ven las alzaprimas temporales auxiliares para poder colocar en su ubicación definitiva la cumbrera que luego recibirá los pares, conformando la techumbre definitiva.



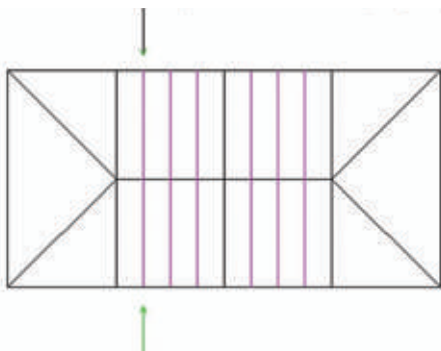
- ① Instale la cumbrera sólo con los pares comunes mínimos necesarios



- ② Instale los limatones  
(Los limatones rigidizan suficientemente el conjunto)

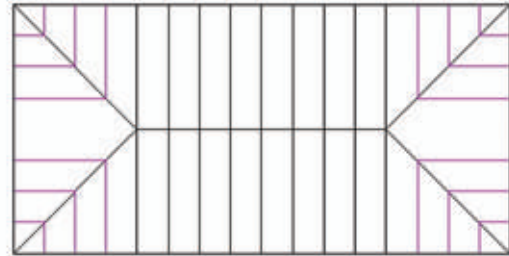


- ③ Instale el resto de los pares comunes en parejas opuestas

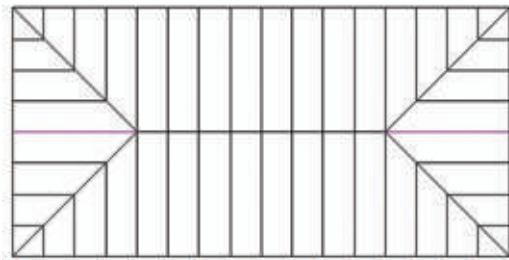


Controle visualmente la cara superior de la cumbrera para detectar posibles deformaciones a medida que avance el montaje

- ④ Instale los pares recortados por parejas opuestas entre sí, comenzando por la mitad de los paños



- ⑤ Instale los pares comunes restantes



#### 11.5.5. Riostras para diafragma inclinado

Las riostras que se requieren en un diafragma inclinado son, al igual que en el caso de las cerchas, provisorias y permanentes.

Las riostras provisorias necesarias para materializar el diafragma son las que se mostraron en la Figura 11-58. Por otra parte, al observar la secuencia de instalación de los elementos, se aprecia que los mismos pares van asegurando la estructura al ser fijados a la cumbrera y a la solera.

Las riostras permanentes estarán dadas por costaneras o tableros estructurales que van sobre los pares y por cadenas que van entre los pares y sobre la solera (como se puede observar en la Figura 11-62 y Figura 11-65).

### 11.5.6. Encuentro de techumbres solucionadas con diafragmas inclinados

Para resolver las techumbres en forma de H, L, T, U o por la presencia de lucarnas, se requiere de una techumbre independiente para cada sección. Estas techumbres independientes se encuentran en la intersección llamada limahoyas.

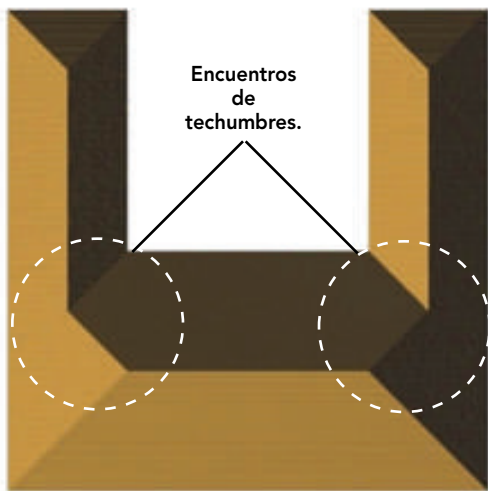


Figura 11-59: Vista en planta de una techumbre, donde se aprecian dos encuentros de techumbres.

Para mejor entendimiento, se expondrá la solución del encuentro de techumbres en dos partes: uno relacionado con la cubicación y la otra con el replanteo y ejecución.

#### 11.5.6.1 Determinación de longitudes de los elementos ubicados en el encuentro de techumbres

##### 11.5.6.1.1. Longitud del limahoya estructural

Para determinar su longitud, se debe considerar como unidad de proyección la misma que el limatón, es decir, 15 cm.

La longitud total del limahoya estructural es la misma longitud del limatón de la techumbre principal.

##### 11.5.6.1.2. Longitud del extremo en voladizo del limahoya

Su largo se determina con el mismo procedimiento utilizado para encontrar la longitud del extremo en voladizo del limatón (11.5.3.).

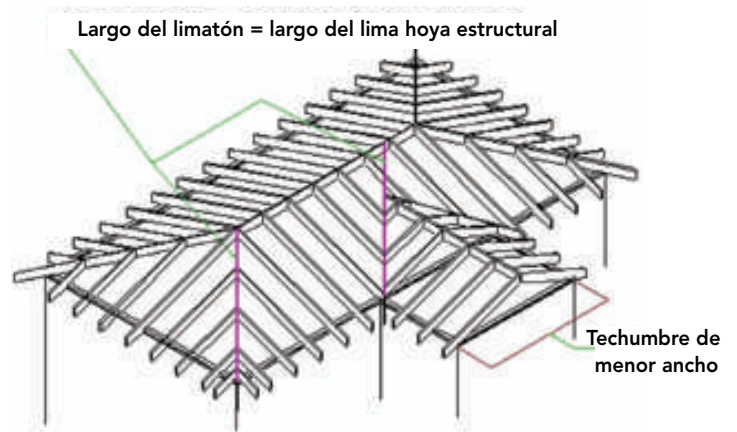


Figura 11-60: Se destacan el limatón y limahoya que tienen el mismo largo, como se observa en la figura.

##### 11.5.6.1.3 Longitud del limahoya secundario

El largo del limahoya secundario se determina conociendo la extensión del par común de la techumbre de menor ancho.

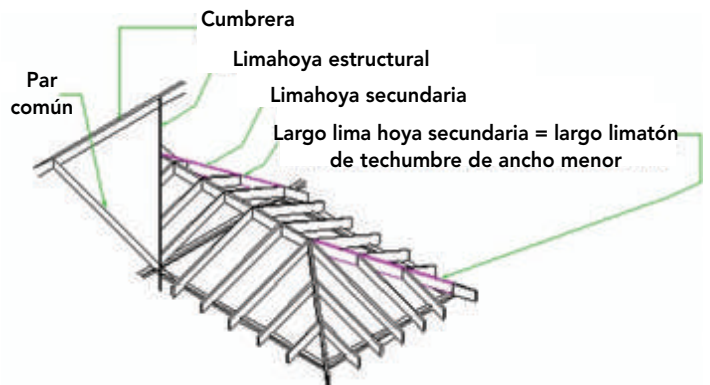


Figura 11-61: En la figura se muestra que para determinar el largo del limahoya secundario es suficiente saber la longitud del limatón de la techumbre de menor ancho.

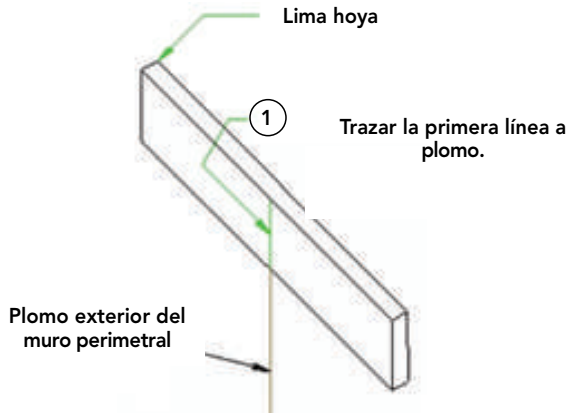
#### 11.5.6.2 Trazado de las líneas de corte de elementos ubicados en el encuentro de techumbres

##### 11.5.6.2.1. Trazado de las líneas de corte para el limahoya estructural

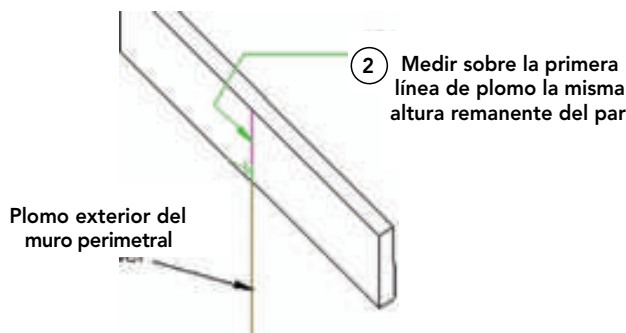
En el extremo del limahoya que va en contacto con la cumbrera, se debe trazar un corte de doble ángulo simple, para lo cual se sigue el mismo procedimiento realizado en el trazado de las líneas de corte en limatón, para el encuentro con la cumbrera (11.5.3.3.1.i).

### 11.5.6.2.2. Trazado de las líneas de corte para fijarlas a la solera de amarre

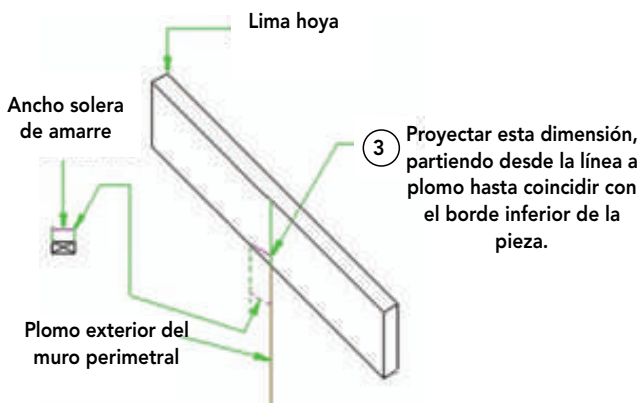
Trazar una línea a plomo donde empieza el can, por el lado exterior del muro perimetral.



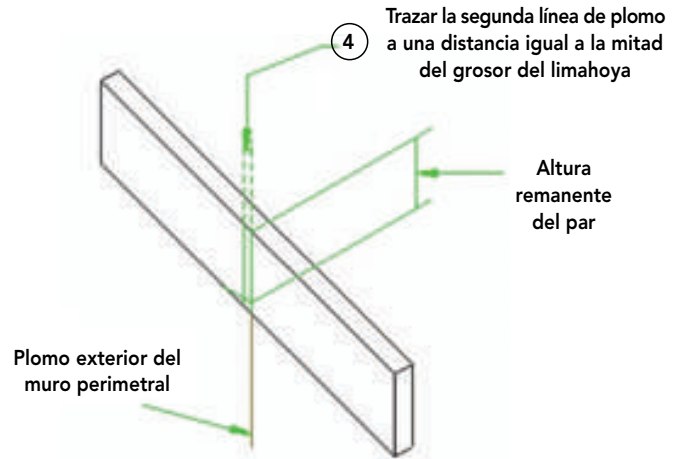
Sobre esta línea se mide la misma altura remanente del par común (mayor o igual a dos tercios de la altura del par en su posición definitiva), que quedó luego de trazar la línea de corte a nivel y se marca ese punto.



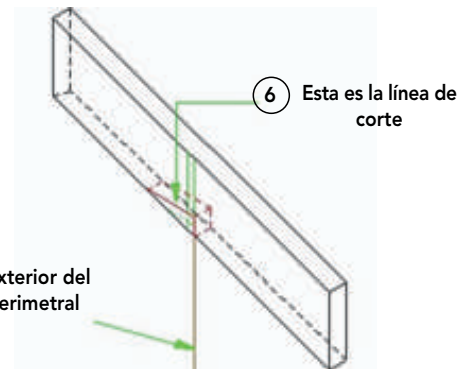
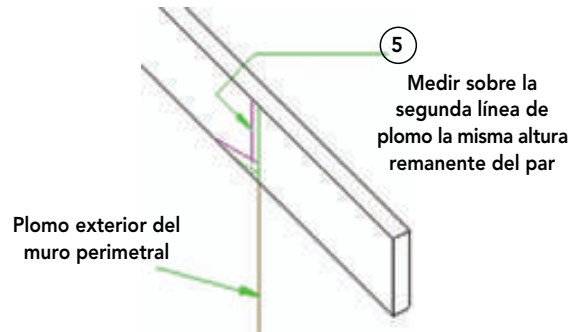
Desde ese punto y perpendicular a la línea a plomo, se traza una línea hasta el vértice del limatón.



Desde la línea a plomo se mide en ángulo recto una distancia igual a la mitad del espesor del limahoya y se traza una segunda línea a plomo.



Se mide sobre la segunda línea a plomo la altura remanente, y se traza una línea perpendicular a la segunda línea de plomo hasta el vértice del elemento.



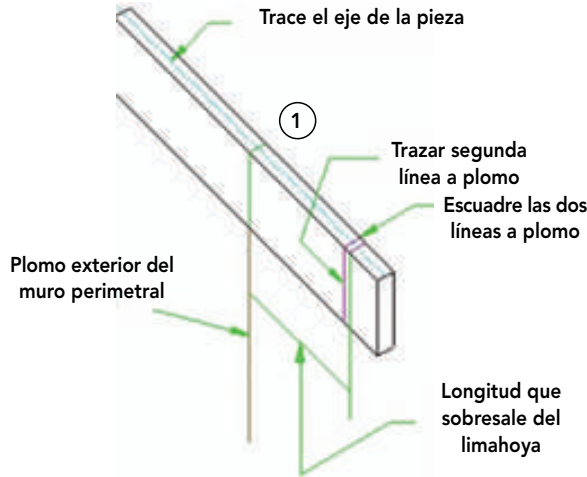
En el limahoya no ocurre el mismo problema que en la esquina del limatón, el cual queda en una sección más alta que el par común, pero hay que rebajar el sector entre la intersección del limahoya estructural con el limahoya secundario, hasta la cumbre.

### 11.5.6.2.3. Trazado de la línea de corte para el extremo en voladizo del limahoya

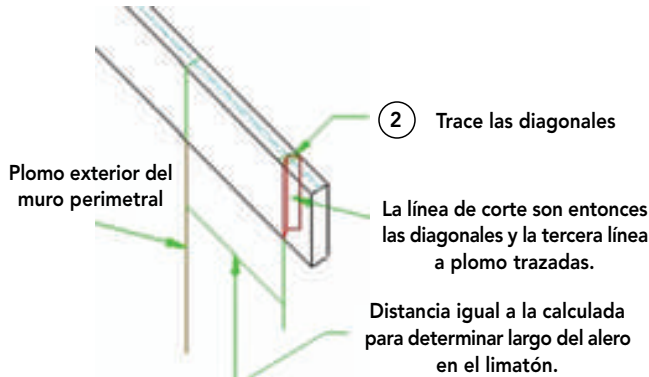
El corte de extremo en el limahoya es un corte de doble ángulo compuesto. Es similar al del limatón, pero sus ángulos son hacia adentro, en vez de hacia fuera.

Se traza la línea a plomo que marca hasta donde llega el alero, y desde ahí se mide en ángulo recto en dirección hacia la cumbrera una distancia igual a la mitad del espesor de la pieza y se traza una segunda línea aplomada.

Se trazan las líneas a escuadra con respecto a cada línea aplomada, sobre la cara superior del limahoya.



Trazar las diagonales desde el centro, como se observa en la figura.



#### 11.5.6.2.4. Trazado de la línea de corte del limahoya secundario

En ambos extremos, las líneas de corte se trazan de la misma manera que el limahoya estructural. Sin embargo, el corte a plomo del extremo superior es diferente al del limahoya estructural.

Como los pares del limahoya se encuentran en ángulo recto, el corte de doble ángulo del limahoya secundario es un corte recto.

Trazar una línea a plomo en el extremo superior, el cual señala el largo de la pieza.

Se debe medir desde la línea a plomo trazada y perpendicular a ésta, la mitad del espesor del limahoya estructural y trazar una segunda línea a plomo, que será la línea de corte.

### 11.6 ARRIOSTRAMIENTO DEFINITIVO COMO BASE DE LA CUBIERTA DE TECHUMBRE

La colocación de costaneras o tableros estructurales en la techumbre debe iniciarse sólo cuando su enmaderación esté solucionada mediante cerchas o diafragma inclinado. Su finalidad es proporcionar la rigidez necesaria a la techumbre y una base adecuada para la colocación del tipo de cubierta que defina el proyecto.

#### 11.6.1. Con costaneras

Se recomienda utilizar piezas cepilladas normalmente de escuadría 2" x 4" ó 2" x 6". Para su instalación remitirse al Capítulo IV, Unidad 17.

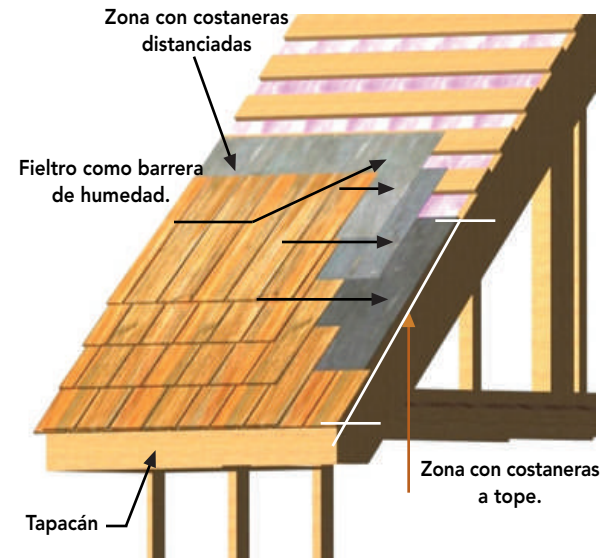
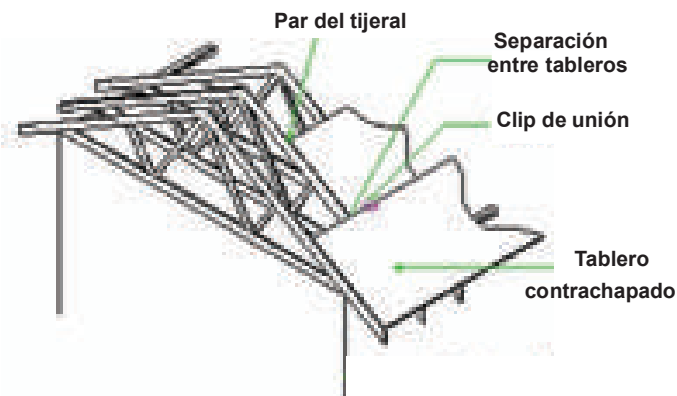


Figura 11-62: Arriostramiento de la techumbre con costaneras, las que además recibirán la solución de cubierta con tejas de madera.

#### 11.6.2. Tableros estructurales

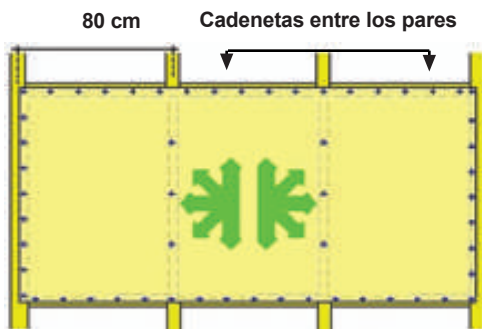
Los tableros cuyo espesor es determinado por cálculo (mínimo 15 mm) deben ser colocados perpendiculares a los pares. Los encuentros de tableros deben coincidir sobre los ejes de los pares (en los extremos), y sobre cadenas en los bordes longitudinales, quedando separados una de otra 3 a 4 mm.



**Figura 11-63:** Los bordes extremos menores de los tableros deben apoyarse sobre los pares.

Opcionalmente, se pueden utilizar tableros con bordes machihembrados en vez de apoyarlos sobre cadenetitas y pares.

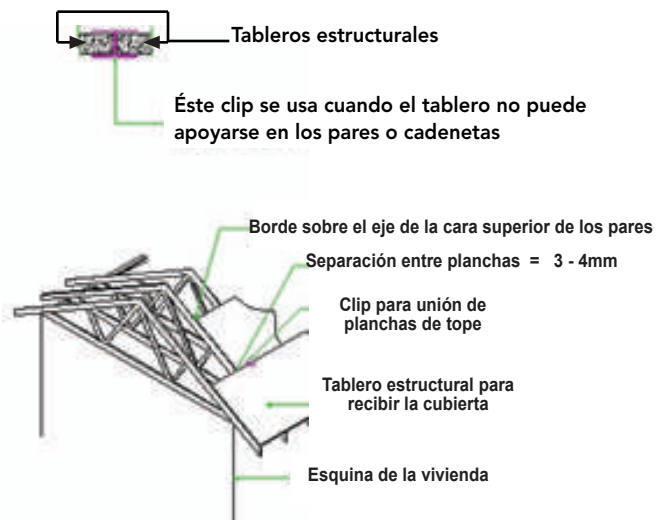
Su clavado se debe realizar cada 15 cm en el perímetro y cada 30 cm en el interior.



**Figura 11-64 :** Clavado de placa a los pares, de cerchas o diafragma inclinado, ubicados cada 80 cm y a cadenetitas ubicadas en el perímetro de la placa.

Cuando la distancia entre cerchas fluctúa entre 0.80 y 1 m, el borde mayor de los tableros en esta distancia queda sin apoyo, acentuándose dicho problema si son tableros sin borde machihembrado, en este caso se pueden colocar piezas de apoyo adicionales entre cerchas o se pueden utilizar clips especiales.

Para esto, los clips que tienen forma de "H", deben ser colocados en el borde de los tableros que se encuentren sin soporte. Se usan dos clips para luces de 1,2 m o mayores y un solo clip para luces menores.



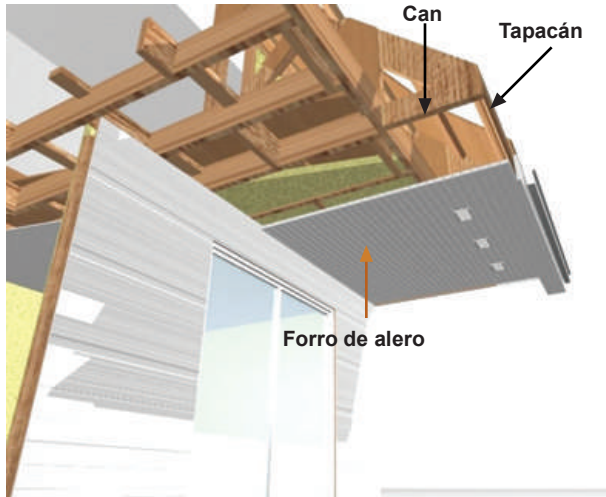
**Figura 11-65:** Vista en planta de la disposición de los tableros estructurales en la techumbre.

La colocación de los tableros debe ser en forma trabada, con traslapes no inferiores a 1/3 de la longitud del tablero.

### 11.7. ALEROS

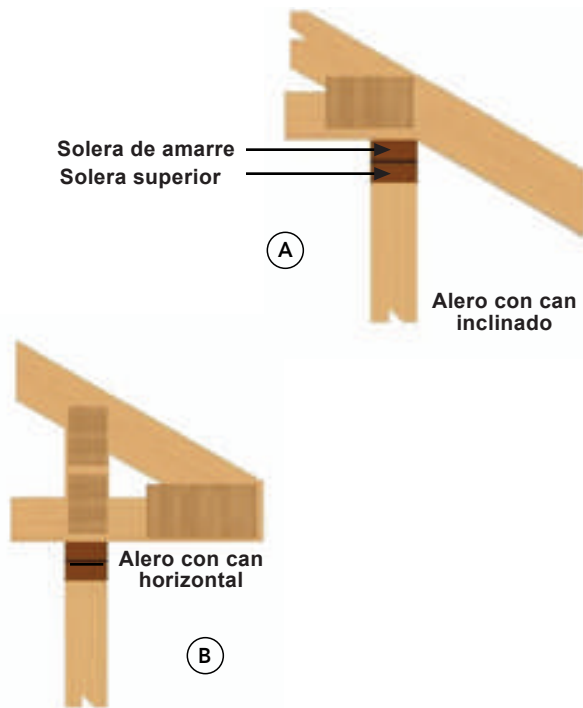
El alero es una proyección de la techumbre que sobresale del muro perimetral. Sus funciones son proteger los muros perimetrales de la acción directa de la lluvia, así como ayudar en la aislación térmica en verano, evitando la acción directa de los rayos solares sobre los muros perimetrales y permitir la ventilación de la techumbre.

Está conformada principalmente por el can, el tapacán y forro de alero.



**Figura 11-66:** Vista de un alero recto, donde se muestran los elementos que lo componen.

Existen distintos tipos de aleros: con canes a la vista, el cual no lleva forro de alero por lo que se puede ver el tablero estructural, can horizontal forrado y can inclinado forrado.



**Figura 11-67:** A, Alero inclinado can conformado por alargamiento del par de la cercha. B, Alero horizontal can conformado por el cordón inferior de la cercha.

### 11.7.1. Alero en la zona del frontón (proyección de la techumbre)

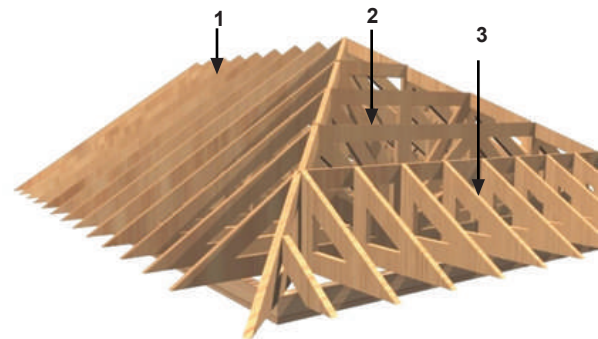
Para la colocación del alero en la zona donde va el frontón se deben rebajar los pares del frontón a una altura tal que, al colocar las piezas de madera que van desde la penúltima pareja de pares hasta la pareja de pares que estará en voladizo, se mantenga la pendiente de la techumbre y se aseguren los elementos en voladizo.



**Figura 11-68:** Figura que muestra el frontón de una altura menor a las cerchas para generar el alero con las costaneras.

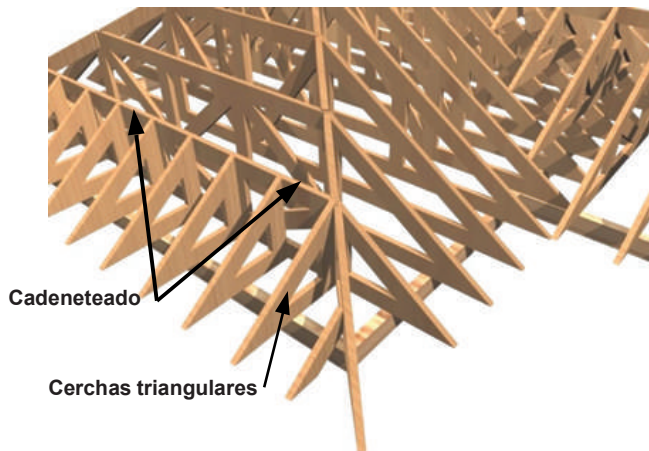
### 11.8. FALDÓN

Para su materialización a base de cerchas se requieren de tres tipos, en el caso de la figura 11- 69, de forma trapezoidal (2) y cerchas triangulares pequeñas (3).



**Figura 11-69:** Se muestran los tipos de cerchas necesarios para materializar el faldón.

Una vez instaladas las cerchas tipo (1) que van en la parte central de la techumbre, para su armado se procede a colocar las cerchas especiales que se aseguran con un cadeneteado entre ellas, ayudando en la estabilidad de éstas, además de entregar una superficie de apoyo para la fijación de los tableros estructurales.



**Figura 11-70:** Cadenetas entre cerchas trapezoidales y cerchas triangulares, que además de ser el término del faldón generan el alero.

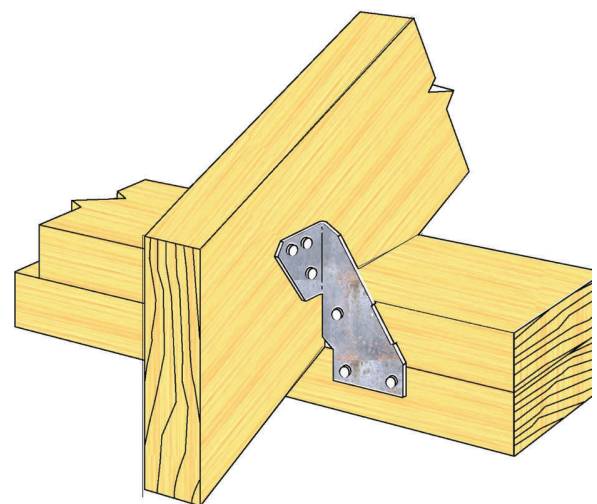
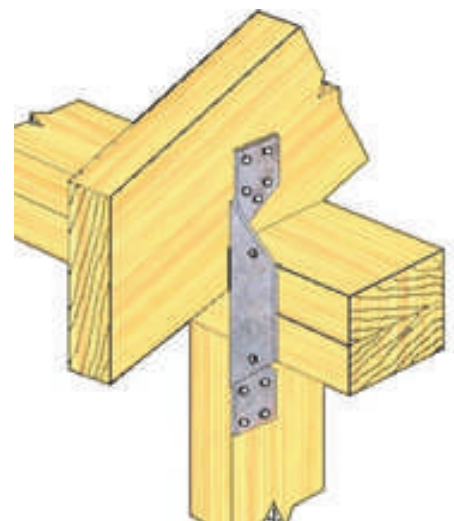
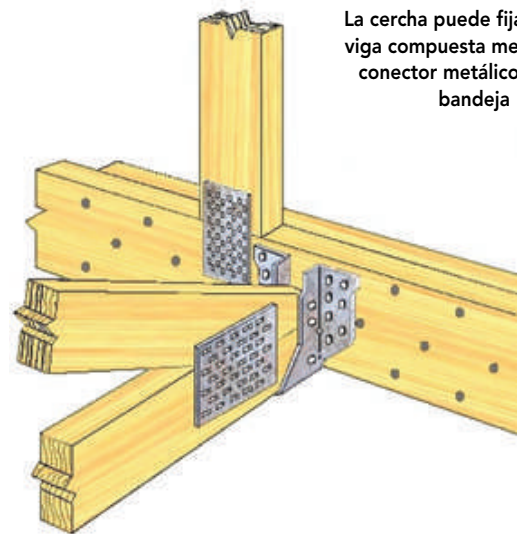
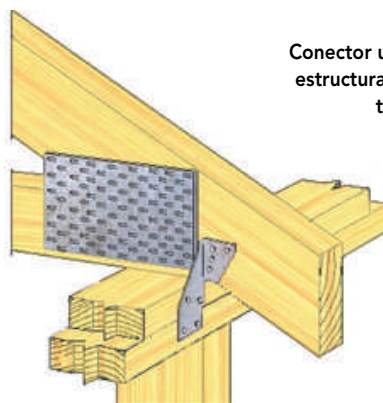
En el Anexo II se entrega un ejemplo de prefabricación de una estructura de techumbre en base a cerchas.

Finalmente se colocan las cerchas triangulares, como se aprecia en la Figura 11-70.

### 11.9. FIJACIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA TECHUMBRE A LOS ENTRAMADOS VERTICALES

Los elementos de la estructura de techumbre (cerchas o tijerales), se deben fijar a los entramados verticales en el extremo donde se encuentra el tirante con el par. Estos se fijan a la solera de amarre mediante conectores metálicos o piezas de madera, según lo especifique el plano de cálculo correspondiente, como por ejemplo:

#### a) Mediante conectores metálicos



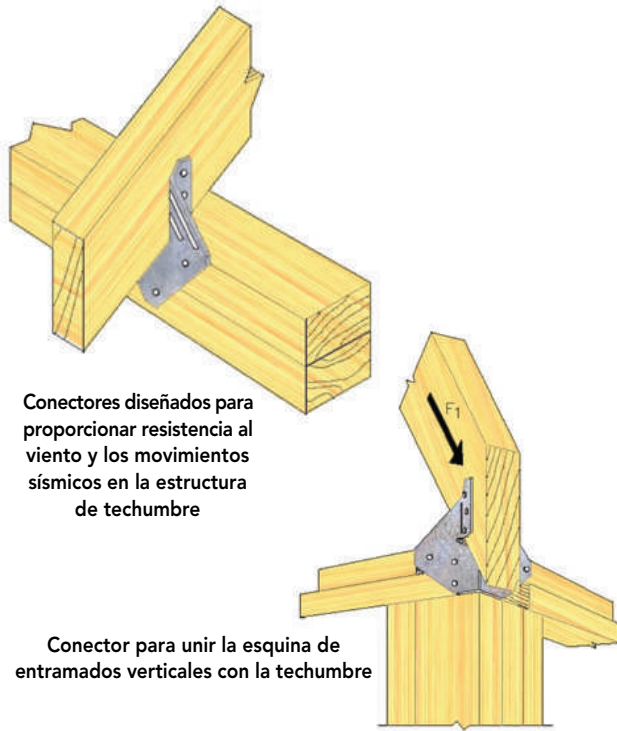


Figura 11-71: Soluciones de fijaciones con conectores metálicos.

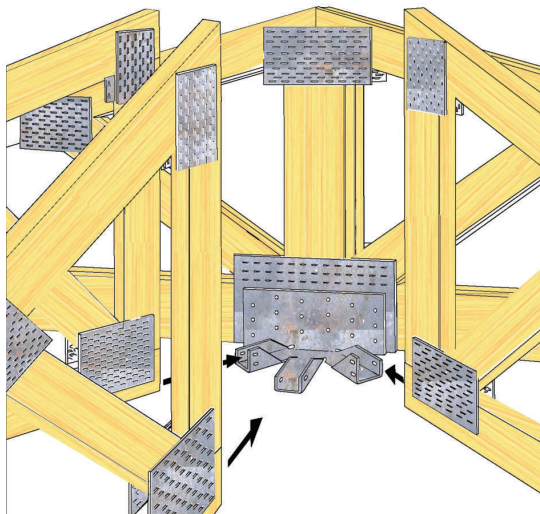


Figura 11-72: Soluciones de fijaciones múltiples. Varias cerchas concurren a un punto de apoyo, resuelto por medio de conectores metálicos especialmente diseñados para ello.

**b) Mediante piezas de madera**

La forma tradicional de fijar las estructuras de la techumbre a los entramados verticales es mediante piezas de madera (tacos) de igual escuadría que la solera de amarre, las que se fijan con clavos helicoidales como se muestra en la secuencia:

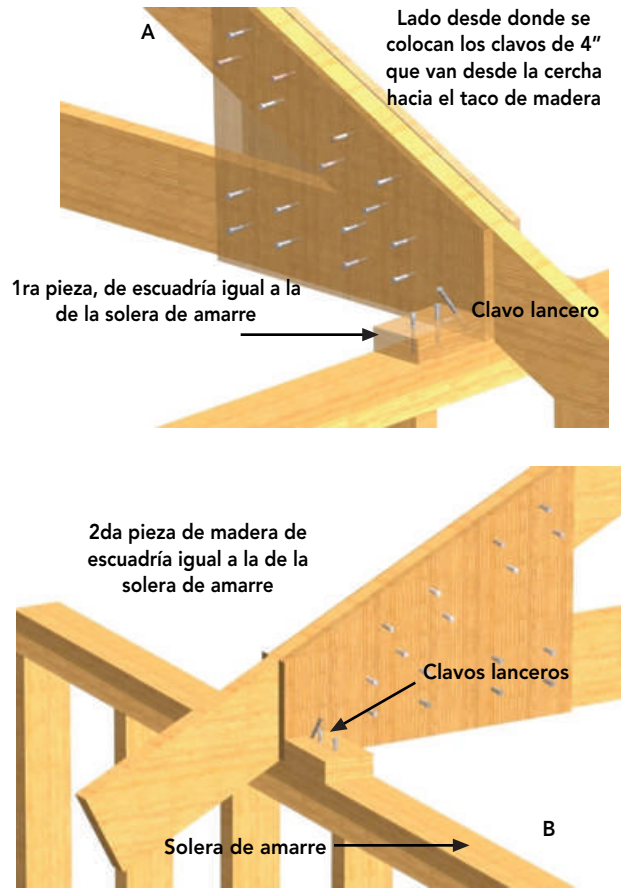


Figura 11- 73: **A)** Una vez presentada la cercha en su ubicación definitiva (sobre la solera de amarre), se coloca por un lado de ésta una pieza de escuadría 2 x4" (igual escuadría de la solera de amarre), y largo 20 cm mínimo, fijándola a la solera de amarre con clavos de 4" mínimo. A continuación, por el lado opuesto de la cercha se ancla ésta a la pieza recién instalada con clavos (4" mínimo), dispuestos en forma horizontal. **B)** Por el lado libre de la cercha se fija otra pieza, de iguales características que la primera, y se colocan clavos lanceros (según cálculo), de 5" mínimo desde la pieza recién fijada hacia la cercha.

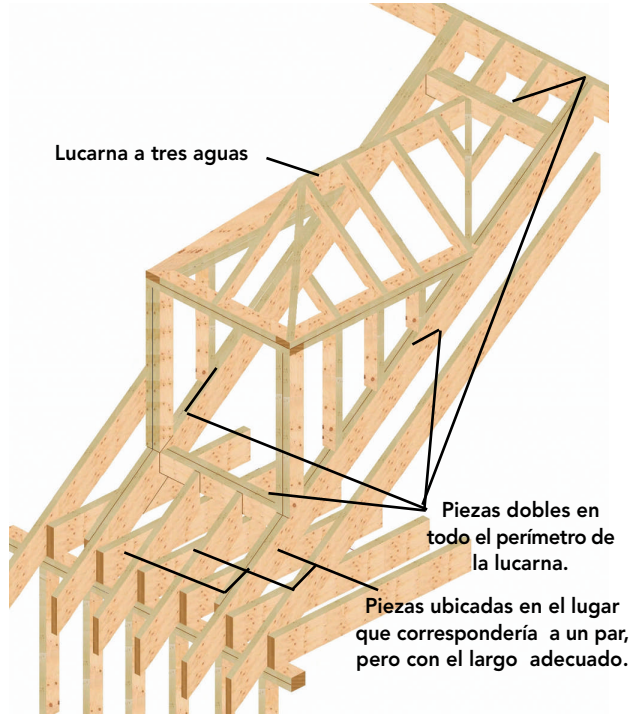


Figura 11- 74: Cercha fijada por ambos lados a la estructura del entramado vertical.

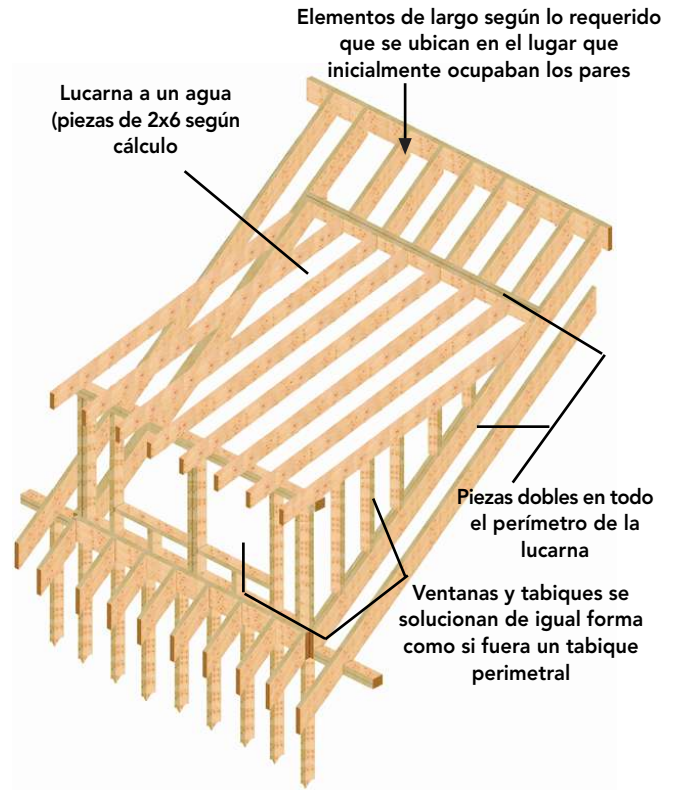


## 11.10 LUCARNAS

Cuando el proyecto contempla lucarnas, por razones decorativas o por existencia de mansarda, es necesario considerar refuerzos y piezas adicionales en la estructura de techumbre:

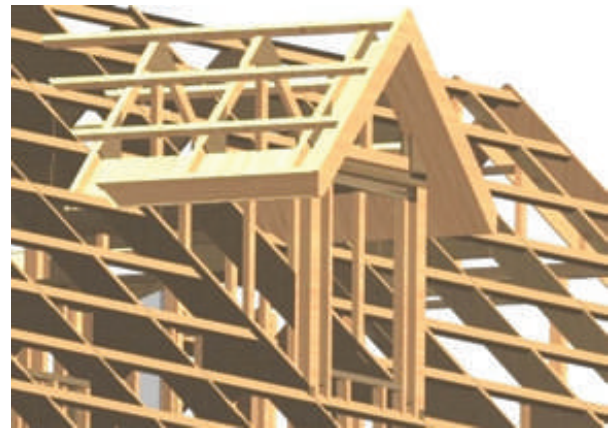


**Figura 11- 75:** Lucarna a tres aguas que interrumpe los elementos estructurales del diafragma inclinado y que requiere de refuerzos en el perímetro donde se recortaron las piezas de la estructura de techumbre.

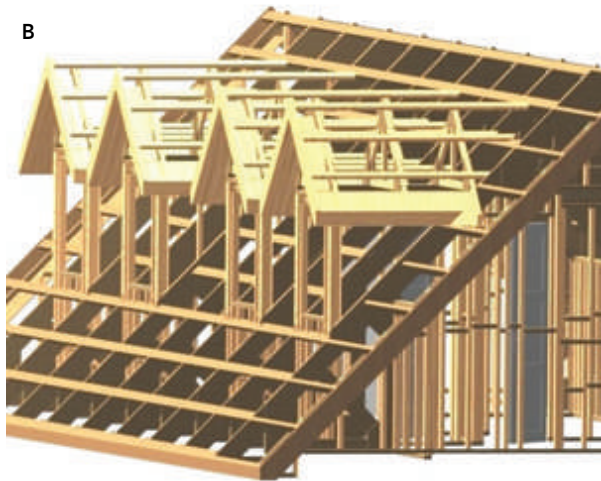


**Figura 11- 76:** Lucarna a un agua que interrumpe los elementos estructurales del diafragma inclinado y que requiere de refuerzos en el perímetro donde se recortaron las piezas de la estructura de techumbre.

A



**Figura 11-77 A:** Vista en perspectiva de lucarna, proyectada entre dos cerchas continuas.



**Figura 11- 77 B:** Lucarnas a dos aguas, ubicadas entre cerchas, fijadas sobre los pares de las cerchas .

## BIBLIOGRAFIA

- Ambroser, J; Parker, H, "Diseño Simplificado de Estructuras de Madera", 2º Edición, Editorial Limusa S.A de C.V, México D.F, México, 2000.
- American Forest & Paper Association, "Manual for Engineered Wood Construction", AF&PA, Washington D.C, EE.UU., 2001.
- American Forest & Paper Association, "Manual for Engineered Wood Construction", Washington D.C, EE.UU. 1996.
- American Plywood Association, "Noise-rated Systems", EE.UU. 2000.
- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.
- American Plywood Association, "Guía de Madera Contrachapada", Chile, 1982.
- American Plywood Association, "Madera Contrachapada de EEUU. para pisos, murallas y techos", Canadá, 1982.
- American Plywood Association, "Construcción para resistir huracanes y terremotos", Chile, 1984.
- Arauco, "Ingeniería y Construcción en Madera", Santiago, Chile, 2002.
- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.
- Ball, J; "Carpenter and builder library, foundations-layouts-framing", v.3, 4º Edición, Editorial Indiana, 1977.
- Breyer, D; Fridley, K; Cobeen, K, "Design of wood structures" ASD, 4º Edición, Editorial Mc Graw Hill, EE.UU., 1999.
- Building Design & Construction, "Wood-framed building rising to greater heights", v.32 (2):77, Feb. 1991.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Woodframe Envelopes in the Coastal Climate of British Columbia", Publicado por CMHC, Canadá, 2001.
- Canadian Wood Council, "Introduction to Wood Design", Ottawa, Canadá, 1997.
- Canadian Wood Council, "Wood Design Manual", Ottawa, Canadá, 2001.
- Canadian Wood Council, "Introduction to wood building technology", Ottawa, Canadá, 1997.
- Carvalho, V; Pérez, V, "Manual de Construcción en Madera", 2º Edición, Instituto Forestal – Corporación de Fomento de la Producción, Santiago, Chile, Noviembre 1991.
- Code NFPA, "Building Energy", EE.UU., 2002.
- D.F.L. N° 458 y D.S N° 47 Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU)

- Echeñique, R; Robles, F, "Estructuras de Madera", Editorial Limusa, Grupo Noriega editores, México, 1991.
- Espinoza, M; Mancinelli, C, "Evaluación, Diseño y Montaje de Entramados Prefabricados Industrializados para la Construcción de Viviendas", INFOR, Concepción, Chile, 2000.
- Faherty, K; Williamson, T, "Wood Engineering and Construction Handbook", 2º Edición, Editorial Mc Graw Hill, EE.UU., 1995.
- Goring, L. J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.
- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2º Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.
- Hageman, J; "Contractor's guide to the building code", Craftsman, Carlsbad, California, EE.UU., 1998.
- Hanono, M; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.
- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7º Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Hempel, R; Poblete, C, "Vigas" Cuaderno N°8, Universidad del Bío-Bío, Editorial Aníbal Pinto S.A, Concepción, Chile.
- Hempel, R; Poblete, C, "Cerchas" Cuaderno N°10, Universidad del Bío-Bío, Editorial Aníbal Pinto S.A, Concepción, Chile.
- Mac Donnell, H; Mac Donnell, H.P, "Manual de Construcción Industrializada", Revista Vivienda SRL, Buenos Aires, Argentina, 1999.
- Millar, J; "Casas de Madera", 1º Edición, Editorial Blume, Barcelona, España, 1998.
- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14º Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3º Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.
- Primiano, J; "Curso Práctico de Edificación con Madera", Editorial Construcciones Sudamericanas, Buenos Aires, Argentina, 1998.
- Simpson Strong-Tie Company, Inc., "Catálogo de Conectores Metálicos Estructurales", 2000.
- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.
- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.
- Thallon, R; "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.
- Villasuso, B; "La Madera en la Arquitectura", Editorial "El Ateneo" Pedro García S.A, Buenos Aires, Argentina, 1997.
- Wagner, J; "House Framing", Creative Homeowner, Nueva Jersey, EE.UU., 1998.
- [www.canadianrockport.com](http://www.canadianrockport.com) (Canadian Rockport Homes Ltd.).
- [www.corma.cl](http://www.corma.cl) (Corporación Chilena de la Madera).
- [www.citw.org](http://www.citw.org) (Canadian Institute of Treated Wood).
- [www.durable-wood.com](http://www.durable-wood.com) (Wood Durability Web Site).
- [www.douglashomes.com](http://www.douglashomes.com) (Douglas Homes).
- [www.forintek.ca](http://www.forintek.ca) (Forintek Canada Corp.).
- [www.fpl.fs.fed.us](http://www.fpl.fs.fed.us) (Forest Products Laboratory U.S. Department of Agriculture Forest Service).
- [www.lsuagcenter.com](http://www.lsuagcenter.com) (Anatomía y física de la madera).
- [www.inn.cl](http://www.inn.cl) (Instituto Nacional de Normalización).
- [www.lpchile.cl](http://www.lpchile.cl) (Louisiana Pacific Ltda.).
- [www.minvu.cl](http://www.minvu.cl) (Ministerio de Vivienda y Urbanismo).
- [www.pestworld.org](http://www.pestworld.org) (National Pest Management Association).
- NCh 173 Of.74 Madera – Terminología General.
- NCh 177 Of.73 Madera - Planchas de fibras de madera. Especificaciones.
- NCh 178 Of.79 Madera aserrada de pino insigne clasificación por aspecto.

- NCh 724 Of.79 Paneles a base de madera. Tableros. Vocabulario.
- NCh 789/1 Of.87 Maderas – Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural.
- NCh 992 E Of.74 Madera - Defectos a considerar en la clasificación, terminología y métodos de medición.
- NCh 993 Of.72 Madera- Procedimiento y criterios de evaluación para clasificación.
- NCh 1198 Of.91 Madera – Construcciones en madera – Cálculo.
- NCh 1207 Of.90 Pino Radiata - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad.
- NCh 1970/2 Of.88 Maderas Parte 2: Especies coníferas – Clasificación visual para uso estructural- Especificaciones de los grados de calidad.
- NCh 1989 Of.86 Mod.1988 Madera – Agrupamiento de especies madereras según su resistencia.
- NCh 1990 Of.86 Madera – Tensiones admisibles para madera estructural.
- NCh 2824 Of 2003 Maderas – Pino – radiata – Unidades, dimensiones y tolerancias.