Capítulo II

Unidad 6
Sistemas Estructurales

Unidad 7
Fijaciones y Uniones

Unidad 8
Fundaciones

Unidad 9
Entramados Horizontales

Unidad 10
Entramados Verticales

Unidad 11
Estructura de Techumbre

Unidad 12
Escalera

CORPORACIÓN CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAÍS FORESTAL

Unidad 6

SISTEMAS ESTRUCTURALES

Centro de Transferencia Tecnológica

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 6

Centro de Transferencia Tecnológica

UNIDAD 6

SISTEMAS ESTRUCTURALES

6.1 GENERALIDADES

La estructura de una vivienda está conformada por la fundación, los entramados horizontales (plataforma primer piso, entrepiso en el caso de una vivienda de dos pisos y cielo), entramados verticales (tabiques soportantes y autosoportantes), y estructura de techumbre.

6.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES

Los sistemas estructurales desarrollados para viviendas de madera se dividen en dos grandes grupos según el largo de los elementos estructurales y las distancias o luces entre los apoyos:

- **Estructuras de luces menores**
- **Estructuras de luces mayores**

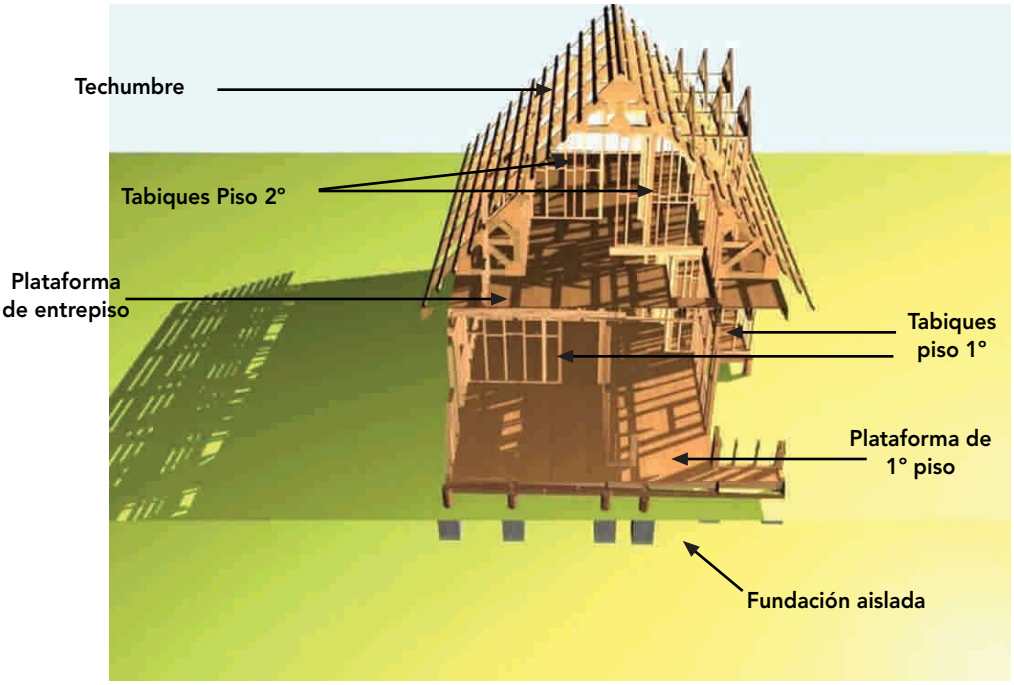


Figura 6 - 1 : Corte de la vivienda específicando sus componentes estructurales principales.

En el proceso de montaje se consideran los revestimientos necesarios para lograr la rigidez adecuada, además de considerar, a medida del avance de la obra, los arriostramientos provisorios que permiten eliminar riesgos que deriven en posibles accidentes o daños estructurales.

En la Figura 6-1 se muestra en detalle la solución estructural del sistema de plataforma, que es el método más extendido y ventajoso para la construcción de una edificación de una vivienda de dos pisos.

6.2.1 Estructuras de luces menores

Se subdividen en:

- **Estructuras macizas**
- **Estructuras de placa**
- **Estructuras de entramados**

6.2.1.1 Estructuras macizas:
Sistema constructivo que por su aspecto de arquitectura, solución estructural y constructiva, es particularmente diferente. Su presentación es de una connotación de pesadez y gran rigidez por la forma en que se disponen los elementos que lo constituyen, en este caso rollizo o basa.

Estructuralmente no corresponde a una solución eficaz, ya que por la disposición de las piezas, éstas son solicitadas perpendicularmente a la fibra, o sea en la dirección en la cual la resistencia es menor.

Sin embargo, el disponer de esta forma el material facilita el montaje de los diferentes elementos que conforman la estructura de la vivienda.

Otra ventaja que ofrece es la buena aislación térmica, garantizada por la masa de la madera, pero presenta problemas en la variabilidad dimensional por efecto de los cambios climáticos, los que afectan en gran medida los rasgos de ventanas y puertas, como también las instalaciones sanitarias.

Hoy el avance de la industria ha permitido mejorar el sistema de construcción maciza, introduciendo nuevos diseños, aprovechando los aspectos de aislación, facilitando y mejorando los aspectos estructurales y los de montaje de la construcción.

Figura 6-2: A. Vivienda construida con troncos macizos, de diámetro promedio de 30 a 35 cm.

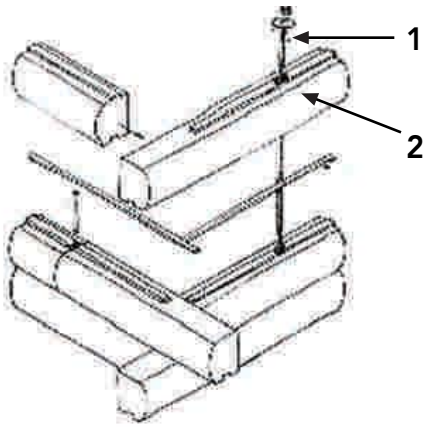


Figura 6-2: B. Cada tronco se va colocando uno sobre otro, amarrados en su interior con fierros verticales de diámetro de 8 mm (1) y sellando longitudinalmente el encuentro entre estos con espuma de poliuretano (2), como protección a la infiltración de aire y lluvia del exterior y salida de calor del interior.

6.2.1.2 Estructuras de placas:
La necesidad de reducir los plazos en la construcción y de mejorar y garantizar la calidad de terminación del producto, ha conducido a que gran parte de los elementos que conforman la estructura de la vivienda sean fabricados y armados en industrias especializadas o en talleres de las propias empresas constructoras y cuya aplicación se ha ido acentuando en la medida que aumenta la mecanización de los procesos constructivos.

Figura 6 - 3: Industria especializada que muestra la estación en la que se arman los tabiques y se realizan las uniones de los elementos.

UNIDAD 6
SISTEMAS ESTRUCTURALES

Este sistema básicamente consiste en la fabricación de paneles que están conformados por bastidores de perfil de madera, provistos de revestimiento que le imprimen la rigidez y arriostramiento al conjunto.

Figura 6 - 4: Instalación de una puerta a un tabique autosoportante.

A cada panel que corresponde se le incorpora la instalación eléctrica, sanitaria, aislación térmica, barreras de vapor y humedad, puertas y ventanas, para luego ejecutar en obra los anclajes a la fundación, uniones de encuentros y colocación de revestimientos.

Figura 6 - 5: Estructuras preparadas (tabiques, frontones) para ser trasladadas al lugar donde se está construyendo.

La gran fortaleza que ofrece este sistema constructivo es el fácil desarme de los elementos estructurales que conforman la vivienda, por lo que las soluciones de las uniones como pernos, piezas de madera, clavos y perfiles de acero deben ser de fácil acceso y simple mecanismo.

El armado de estos paneles está regido por la estructuración de construcciones de diafragmas, donde los paneles se disponen de forma que se arriostren y se obtenga la rigidez necesaria para la estructura.

6.2.1.3 Estructuras de entramados:
Son aquellos cuyos elementos estructurales básicos se conforman por vigas, pilares o columnas, postes y pie derecho.

Según la manera de transmitir las cargas al suelo de fundación podemos distinguir los sistemas:

a) **De poste y viga**, aquellos en que las cargas son transmitidas por las vigas que trasladan a los postes y estos a las fundaciones.

b) **De paneles soportantes**, aquellos en que las cargas de la techumbre y entrepisos son transmitidas a la fundación a través de los paneles.

6.2.1.3.1 Sistema poste- viga
Utilizado principalmente cuando se deben salvar luces mayores a las normales en una vivienda de dos pisos, pudiendo dejar plantas libres de grandes áreas. Utiliza pilares o postes, los cuales están empotrados en su base y se encargan de recibir los esfuerzos de la estructura de la vivienda a través de las vigas maestras ancladas a estos, sobre las cuales descansan las viguetas que conformarán la plataforma del primer piso o del entrepiso.

Figura 6 - 6: Se puede observar el conjunto de vigas horizontales e inclinadas y cómo transmiten los esfuerzos a los pilares o columnas.

Las diferentes piezas de madera van entrelazadas entre sí, lo que hace necesario un ensamble en los más diversos ángulos. En muchos casos la resolución adecuada de las uniones es la que caracteriza la calidad de la construcción, que en general se resuelve empleando herrajes metálicos o conectores especiales, los que entregan solidez y seguridad a la unión.

En general, en la mayoría de las uniones estructurales, según sea la relación de esfuerzos entre las piezas, deberá elegirse el sistema más adecuado, cuidando que las dimensiones de los elementos de transmisión generalmente metálicos, estén en relación con la sección de los elementos de madera.

Figura 6 - 7: Conjunto de elementos estructurales, vigas y pilares a la vista en el interior.

6.2.1.3.2 Sistema de paneles soportantes
En el sistema de paneles soportantes se destacan:

- **Sistema continuo**
- **Sistema plataforma**

6.2.1.3.2.1 Sistema Continuo
Los pie derecho que conforman los tabiques estructurales perimetrales e interiores son continuos, es decir, tienen la altura de los dos pisos (comienzan sobre la fundación y terminan en la solera de amarre superior que servirá de apoyo para la estructura de techumbre).

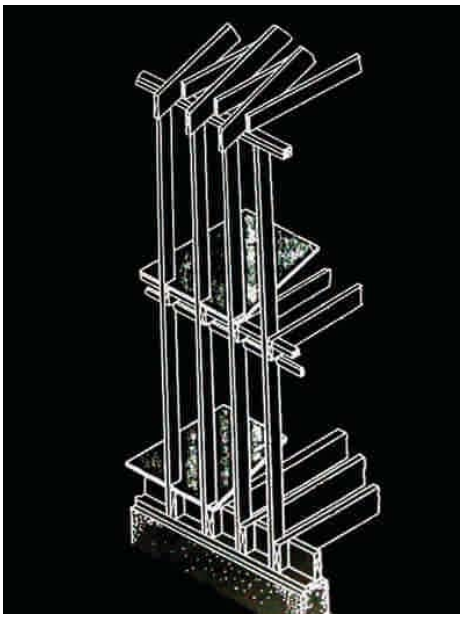


Figura 6 - 8: El entramado vertical conformado por pie derecho continuos. Las piezas tienen la altura de los dos pisos.

Este sistema constructivo considera fijar la estructura de plataforma del primer piso y de entrepiso directamente a los pie derecho de los tabiques estructurales.

Las vigas del primer piso se fijan al pie derecho por el costado de éste y se apoyan sobre la solera inferior del piso. Las vigas del entrepiso también se fijan a los pie derecho por el costado y se apoyan sobre una viga, la cual está encastrada y clavada a los pie derecho. Esta disposición permite conformar un marco cuyas uniones tienen cierto grado de empotramiento.

La secuencia constructiva tiene la virtud de colocar la estructura de la techumbre y su cubierta después de colocados los pie derecho, lo que genera un recinto protegido para trabajar en casi todas las etapas del proceso constructivo y terminaciones.

En la práctica este sistema no permite ser prefabricado, además, los largos que requieren los pie derecho no están estandarizados, por lo que es un sistema que ha sido desechado en los últimos años.

6.2.1.3.2.2 Sistema de plataforma

Es el método más utilizado en la construcción de viviendas con estructura en madera.

Su principal ventaja es que cada piso (primero y segundo nivel) permite la construcción independiente de los tabiques soportantes y autosoportantes, a la vez de proveer de una plataforma o superficie de trabajo sobre la cual se pueden armar y levantar.

Figura 6 - 9: Construida la plataforma de piso, se inicia la construcción de los tabiques soportantes y autosoportantes.

Paralelamente a la materialización de dicha plataforma de primer piso de hormigón o madera, se pueden prefabricar externamente los tabiques para ser erguidos a mano o mediante sistemas auxiliares mecánicos simples.

Figura 6 - 10: Una vez fabricados los tabiques sobre la plataforma, se procede a izarlos y ubicarlos en el lugar correspondiente.

La plataforma de madera se caracteriza por estar conformada por elementos horizontales independientes de los tabiques, apoyados sobre la solera de amarre de ellos, la que además servirá como una barrera cortafuego a nivel de piso y cielo para la plataforma.

Figura 6 - 11: Entramados horizontales independientes, en este caso de piso y entre piso, donde se montan los diferentes tabiques soportantes (muros) y autosoportantes.

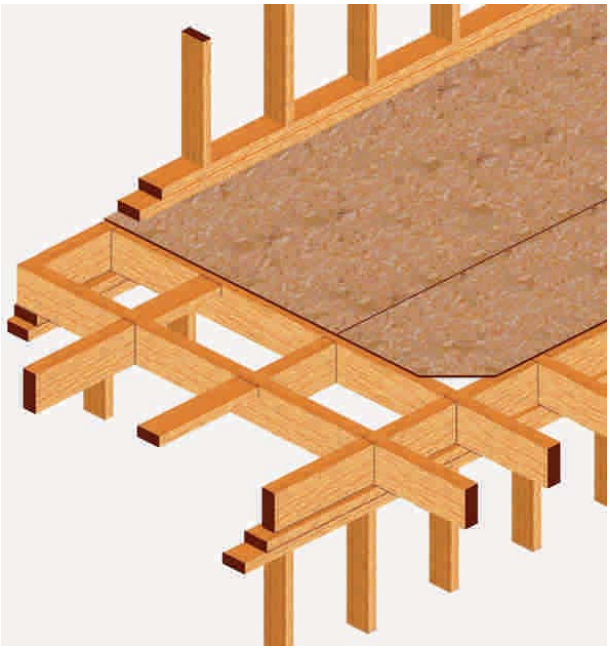


Figura 6 - 12: Elementos horizontales (vigas) apoyados sobre las soleras de amarre de los tabiques del primer piso. Arriostrando el entramado horizontal (plataforma de entrepiso) con tableros contrachapado estructural.

El entramado horizontal de la plataforma está dispuesto de tal manera que coincide, en general, con la modulación de los pie derecho de los tabiques, conformando una estructura interrelacionada. Por otra parte, requiere de un elemento estructural que funcione como una placa arriostrante, en reemplazo del tradicional entablado, conocido como "Sistema Americano". En la actualidad, se cuenta con dos tipos de placas arriostrantes: el contrachapado estructural y la placa de OSB (Oriented Strand Board), los que ayudarán en la resistencia de la plataforma y sobre los cuales se fijarán las soleras de los tabiques del piso superior, además de recibir la solución de pavimento que indique el proyecto.

BIBLIOGRAFIA

- Bascuñan, R; Ghio, V; De Solminihac, H; Serpell, A, "Guía para la Innovación Tecnológica en la Construcción", 2° Edición, Editorial Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 1998.

- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.

- Echeñique, R; Robles, F, "Estructuras de Madera", Editorial Limusa, Grupo Noriega editores, México, 1991.

- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Hempel, R; "Sistemas Constructivos en Madera" Cuaderno N°1, Universidad del Bío-Bío, Editorial Aníbal Pinto S.A, Concepción, Chile, 1987.

- Hempel, R; Poblete, C, "Sistemas Estructurales en Madera" Cuaderno N°7, Universidad del Bío-Bío, Editorial Aníbal Pinto S.A, Concepción, Chile.

- Hanono, M; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.

- Millar, J; "Casas de Madera", 1° Edición, Editorial Blume, Barcelona, España, 1998.

- Mac Donnell, H; Mac Donnell, H.P, "Manual de Construcción Industrializada", Revista Vivienda SRL, Buenos Aires, Argentina, 1999.

- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).

- NCh 173 Of.74 Madera – Terminología General.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

CORMA

CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 7

UNIONES EN LA MADERA

Centro de Transferencia Tecnológica

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 7

Centro de Transferencia Tecnológica

UNIDAD 7

UNIONES EN LA MADERA

7.1 INTRODUCCIÓN

Las viviendas con estructura en madera se materializan uniendo dos o más elementos independientes que convergen en un punto, conformando la estructura soportante:

- **punto de apoyo de vigas**

Figura 7-1 : Necesidad de unir dos vigas en un apoyo.

- **encuentro entre vigas y otros elementos**

Figura 7-2 : Unión de vigas solucionado mediante colgadores metálicos.

- **encuentro entre pie derecho y soleras**

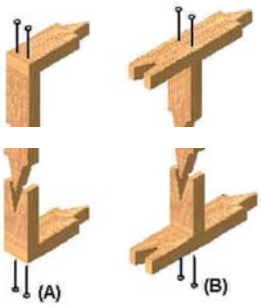


Figura 7-3 : Unión de piezas mediante clavos, en tabiques, (A) pie derecho inicial (B) pie derecho intermedio.

- **encuentro entre estructuras modulares**

Figura 7-4 : Necesidad de unir un tabique interior con uno perimetral, se combinan clavos en la solera de amarre y pernos en la unión de los pie derecho.

- **arriostramientos**

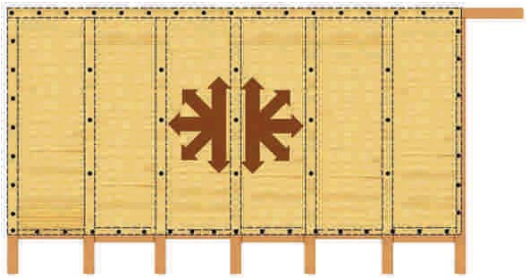


Figura 7-5 : Unión de placa terciada fenólica como elemento arriostrante con clavos o tornillos al entramado horizontal.

Estas intersecciones de elementos estructurales dan origen a nudos o uniones (sectores más vulnerables de las construcciones de madera), los cuales deben ser resueltos en el diseño considerando aspectos estructurales (resistencia y transmisión de las cargas), arquitectónicos (si quedará a la vista o no el nudo) y constructivos (procedimientos y consideraciones para la materialización de la unión).

Estructuralmente estos nudos deben ser capaces de transmitir los esfuerzos de un elemento a otro, sin comprometer la rigidez y geometría del sistema estructural, donde los esfuerzos de compresión se transmiten por simple apoyo y los de tracción, que requieren de un mayor análisis para dar continuidad a la estructura, se resuelven mediante fijaciones que traspasarán los esfuerzos de un elemento a otro.

Mediante estas fijaciones en los nudos o intersecciones de elementos estructurales se podrá dar solución a la necesidad de mantener los esfuerzos en el sentido axial, prolongar los largos de las piezas comerciales y que elementos independientes puedan ensamblarse para conformar una estructura que resista las solicitaciones y transmita los esfuerzos, sin que se generen puntos de debilidad, impidiendo el deslizamiento de una pieza con respecto a otra (fijar los elementos, asegurando un cuerpo con el otro) y permitiendo que el conjunto de elementos conforme una estructura monolítica (el resultado de fijar los elementos es su unión).

En general, todas las piezas estructurales y ensambles deben ser capaces de soportar con adecuada estabilidad y rigidez, la totalidad de las cargas y otras solicitaciones que pueden ser razonablemente esperadas durante su montaje, construcción y uso, sin exceder las tensiones de diseño y deformaciones admisibles que se establecen por la norma Nch1198 Of. 91.

Para asegurar un diseño resistente y estable será necesario:

- considerar la geometría de la estructura.
- estudiar y comprobar toda interacción y unión que se requiera entre los elementos estructurales de madera y entre ellos y otras partes de la estructura.
- proporcionar elementos de arriostramiento o diafragmas adecuados en los planos paralelos a la dirección de las fuerzas laterales que actúan sobre la estructura.

Las soluciones para los nudos pueden ser a través de:

- **uniones mecánicas:** son las más ampliamente usadas en la construcción con estructura de madera.

- **uniones de contacto**: utilizadas para la fijación de piezas comprimidas exclusivamente.

- **uniones encoladas:** no se recomiendan para la práctica habitual, ya que el concepto se aplica más bien para la fabricación de madera laminada encolada.

Para los sistemas constructivos de viviendas, la solución más eficiente está dada por las uniones mecánicas, particularmente con clavos (solicitados a extracción lateral), ya que permiten materializar uniones semi-rígidas, dúctiles, de alta capacidad resistente, con exigencias mínimas de equipos y mano de obra calificada.

7.2 FIJACIONES MECÁNICAS

Son elementos metálicos, generalmente cilíndricos y de acero que se hincan, insertan o atornillan en las piezas de madera que constituyen la unión. El mecanismo de traspaso de fuerzas se materializa por medio de un trabajo en flexión, aplastamiento o cizalle del medio de unión y del aplastamiento, cizalle y hendimiento de la madera.

Las fijaciones deben ser sencillas, obtenerse con la mínima pérdida de material, dar una seguridad suficiente para su uso y ser de rápida ejecución.

Las fijaciones más utilizadas que cumplen con los requisitos antes mencionados y que permitirán obtener una estructura segura son: clavos, tornillos, tirafondos, pasadores, pernos, placas dentadas y conectores.

La característica de estas uniones mecánicas es que al quedar sometidas a fuerzas de cizalle, admiten corrimientos relativos entre las piezas conectadas y cuyas magnitudes dependen de la fuerza solicitante, la rigidez y la disposición de los sujesores.

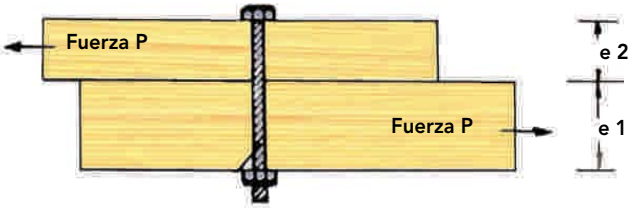


Figura 7- 6 : Unión con perno sometida a cizalle.

Los corrimientos relativos son consecuencia de las deformaciones por aplastamiento que sufre la madera en la zona de contacto con la fijación y la deformación experimentada por los sujesores.

Dependiendo de su disposición en la unión también pueden quedar solicitados según su dirección axial.

La selección del medio de unión para una situación específica dependerá de la magnitud de las fuerzas a traspasar, las dimensiones de los maderos, condicionantes de arquitectura, necesidades y restricciones de montaje.

7.2.1 Factores que afectan la resistencia de las fijaciones mecánicas

El éxito de la unión está asociado a varios factores. Los siguientes afectan directamente la resistencia de la fijación mecánica:

7.2.1.1 Densidad de la especie maderera:

La resistencia de un elemento mecánico de unión depende de la madera utilizada. Para esto se agrupan las especies de acuerdo a la densidad anhidra (P0), según tabla de norma NCh 1198 Of 91. En el caso del Pino radiata se puede considerar una densidad aproximada de 450 Kg/m3 (humedad < 19%).

7.2.1.2 Cargas admisibles:

Se refiere a la capacidad de carga de un elemento de unión para una fijación representativa, la que se obtiene de un ensayo normalizado, considerando un factor de ajuste de 2,5 con respecto a la carga característica (NCh1198 Of 91).

7.2.1.3 Secciones transversales críticas y tensiones de cizalle:

La sección transversal crítica de una pieza de madera será la sección transversal, perpendicular al eje longitudinal de la pieza, que presenta las tensiones de trabajo máximas, calculadas éstas con la sección transversal neta.

Se deben realizar cálculos para determinar si el diseño en la colocación de las fijaciones está correcto, dependiendo de la situación que se esté enfrentado.

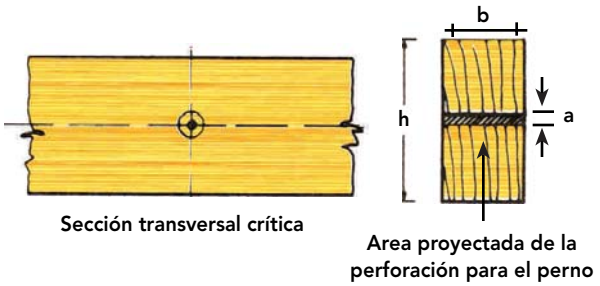


Figura 7- 7 : Sección transversal neta de la unión para una pieza con un perno.

En el caso de la **Figura 7 - 7**:

- Sección transversal crítica (**STC**)
  STC = h x b
- Sección transversal neta (**STN**) para pernos está dada por:
  STN = (h x b) – (a x b)

El detalle de estos cálculos y casos que se deben analizar están descritos en la norma NCh1198 Of 91.

7.2.1.4 Dirección de la carga respecto a la fibra de la madera:

Para ciertas fijaciones, el ángulo formado por la dirección de las cargas y de las fibras, incide en la determinación de las cargas de diseño.

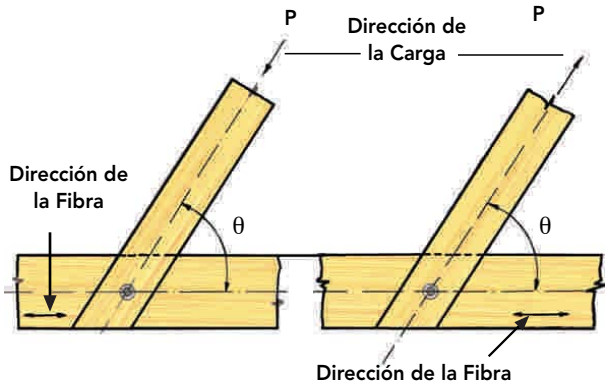


Figura 7- 8 : Carga inclinada respecto a la fibra de la madera.

θ = 0° carga paralela a la fibra de la madera
θ = 90° carga normal a la fibra de la madera

7.2.1.5 Espaciamiento:

Dice relación con la distancia que debe existir entre centros de elementos de fijación o desde un centro de una fijación a un borde vecino, de tal forma que cada uno de ellos resista el esfuerzo para lo que fue calculado.Puede ser medida en dirección paralela o perpendicular a la fibra.

Con respecto a los bordes se distinguen: borde cargado, Sbc y borde descargado, Sbd. El borde cargado es el borde de la pieza que se encuentra afectado por la acción de la fuerza que transmite el elemento de unión o por alguna de las componentes de esta fuerza, de forma paralela o normal a la dirección de la fibra. Borde descargado es el borde de la pieza que no se encuentra afectado por la acción de la fuerza, o sea, la carga inducida por el elemento de unión actúa alejándose de dicho borde.

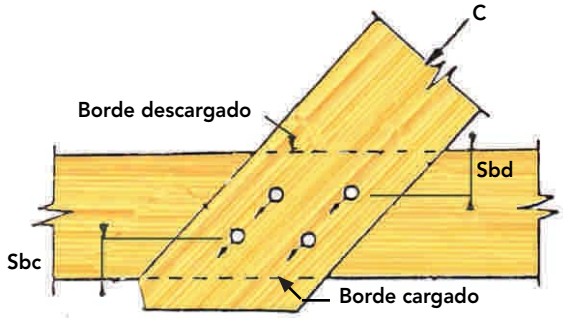


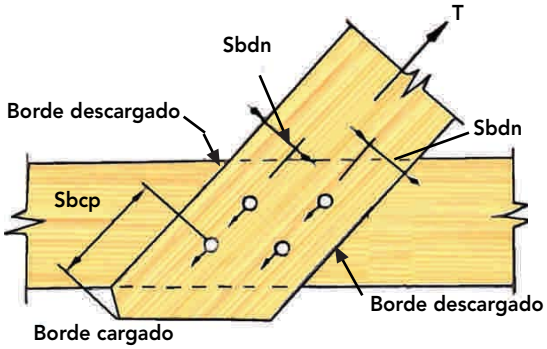
Figura 7 – 9 : Espaciamiento mínimo entre un elemento de unión y el borde vecino.

Con estos antecedentes se pueden definir los espaciamientos que se muestran en la Figura 7- 10, tanto para la pieza solicitante como para la solicitada, entendiéndose como:

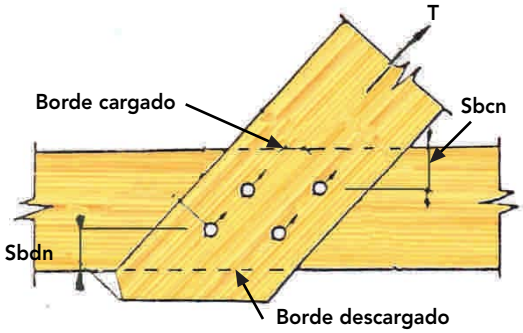
Pieza solicitante: pieza cuyo eje tiende a coincidir con la dirección de la fuerza a traspasar en la unión.

Pieza solicitada: pieza cuyo eje tiende a diferir con la dirección de la fuerza a traspasar en la unión.

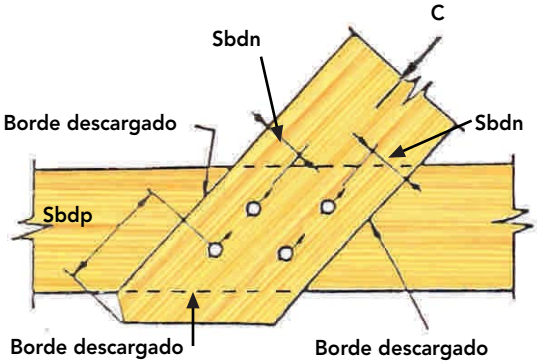
- **Sp**: Espaciamiento mínimo entre elementos de unión medido en dirección paralela a las fibras de la pieza.
- **Sn:** Espaciamiento mínimo entre elementos de unión medido en dirección normal a las fibras de la pieza.
- **Sbcp:** Espaciamiento mínimo entre un elemento de unión y un borde cargado medido en dirección paralela a las fibras de la pieza.
- **Sbcn:** Espaciamiento mínimo entre un elemento de unión y un borde cargado medido en dirección normal a las fibras de la pieza.
- **Sbdp:** Espaciamiento mínimo entre un elemento de unión y un borde descargado medido en dirección paralela a las fibras de la pieza.
- **Sbdn:** Espaciamiento mínimo entre un elemento de unión y un borde descargado medido en dirección normal a las fibras de la pieza.



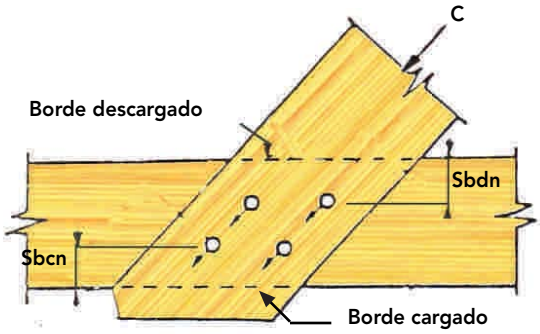
(A) Unión traccionada en pieza solicitante.



(B) Unión traccionada en pieza solicitada.



(C) Unión comprimida en pieza solicitante.



(D) Unión comprimida en pieza solicitada.

Figura 7- 10 : Designaciones para los espaciamientos y bordes.

Los espaciamientos entre los clavos quedan supeditados a las condiciones que se describen en la norma NCh1198 (Madera – Construcciones en Madera – Cálculo) tabla 51, considerando el diámetro del clavo y el ángulo que forma la fibra con la dirección de la fuerza (Anexo VII).

7.2.1.6 Excentricidad:
Las fijaciones se deben disponer simétricamente con respecto al eje de la pieza solicitante y se debe tratar que los ejes de las barras sean concéntricos.

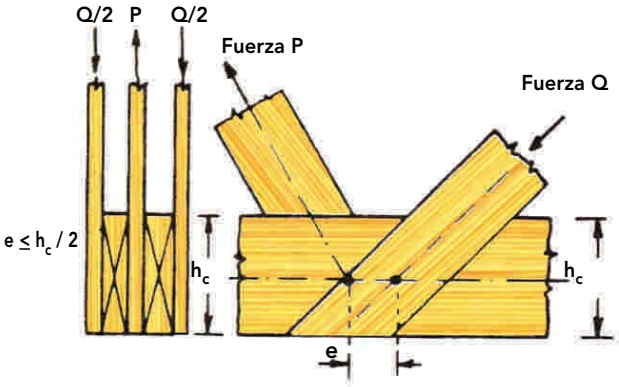


Figura 7- 11 : Uniones de barras excéntricas.

Para la certificación de la excentricidad se debe verificar:

- tensión principal, solicitación que transmite el elemento de unión.
- tensión secundaria, debido al momento generado por la excentricidad, la que no debe sobrepasar los valores de diseño.

7.2.1.7 Acción en grupos de las fijaciones:
La disposición más habitual de los elementos de unión es aquella formada por una hilera, la que consiste en dos o más elementos del mismo tipo y tamaño alineados en la dirección de la carga, solicitado a cizalle simple o múltiple.

Al colocar dos o más elementos de fijación de igual tamaño alineados en la dirección de la carga, hay que considerar que la carga de transferencia no queda distribuida de forma homogénea entre todas las fijaciones. Las fijaciones ubicadas en los extremos tienden a recargarse con una mayor proporción de la solicitación que las fijaciones intermedias. Por lo tanto, la eficiencia de una fijación se reduce a medida que se incrementa el número de elementos de fijación.

Figura 7- 12 : Hilera de 7 fijaciones.

7.2.1.8 Factores de modificación:
Los factores de modificación están relacionados con la duración de la carga (K_D), contenido de humedad (K_{UH}), espaciamiento (K_S), longitud de hilera (K_U), por uso de cubrejuntas metálicas (K_{CM}) y profundidad de penetración (K_{PP}). Cabe señalar que no todos los factores son aplicables a todas las uniones, así por ejemplo, a los pernos no se les aplica el coeficiente por profundidad de penetración K_{PP}.

7.2.1.9 Módulo de corrimiento:
Caracteriza la rigidez de un medio de unión y corresponde al valor de la fuerza (en Newton) requerida para provocar un corrimiento relativo unitario (medido en mm), entre las piezas unidas por la fijación a utilizar.

En el Anexo V se presentan tablas que entregan información práctica para las uniones de clavos, pernos y tirafondos.

7.2.2 Clavos

7.2.2.1 Generalidades
El clavo es, sin duda, uno de los medios más simples para unir piezas de madera con un óptimo resultado. Su uso se remonta a tiempos inmemorables.

Puede ser de vástago liso o estriado (este último tiene la opción de ser helicoidal o anular), es fabricado a base de alambre endurecido (con bajo contenido de carbono) por proceso de trefilado en frío, pudiendo tener terminaciones de galvanizado, barnizado o pulido.

El diseño de uniones clavadas está sujeto a la norma NCh1198 (Madera-Construcciones en Madera–Cálculo), que entrega las especificaciones para uniones realizadas con los tipos de clavos fabricados según la norma NCh1269 Of 90, Clavos de acero de sección circular de uso general. Requisitos. En caso de tener que utilizar clavos diferentes a los tipos especificados en la norma, esto se puede hacer siempre y cuando se cuente con un certificado de ensayo emitido por un organismo oficial de investigación y ensaye.

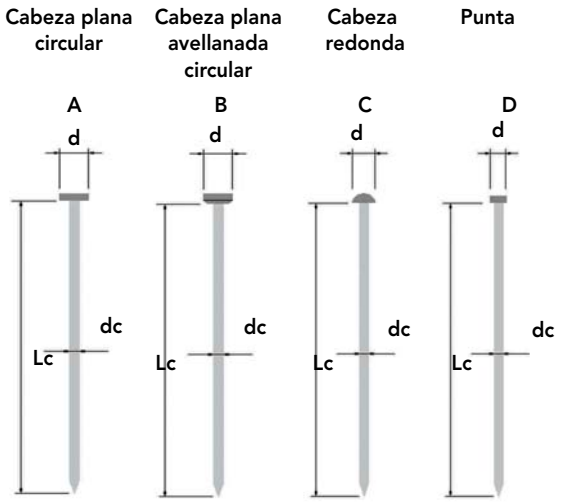


Figura 7- 13 : Clasificación de clavos según los distintros tipos de cabezas, norma NCh 1269.

Designación m x m	Largo Lc mm	Diam. dc mm	Diámetro mínimo "d" para A - B y C	Cant. clavos kg
150 x 5.6	150	5.6	13.4	24
125 x 5.1	125	5.1	11.9	37
100 x 4.3	100	4.3	10.3	66
90 x 3.9	90	3.9	8.7	103
75 x 3.5	75	3.5	7.9	145
65 x 3.1	65	3.1	7.1	222
50 x 2.8	50	2.8	6.7	362
50 x 2.2	50	2.2	6.7	405
45 x 2.2	45	2.2	6.3	559
40 x 2.2	40	2.2	6.3	647
30 x 2.0	30	2	5.1	1195
25 x 1.7	25	1.7	4.3	2042
20 x 1.5	20	1.5	3.8	3362
15 x 1.3	15	1.3	3.3	6026

Tabla 7-1: Dimensiones y tolerancias de los clavos.

Los clavos pueden ser:

- **Galvanizados**
- **Barnizados**
- **Pulidos**

Otras características:

- **El largo (Lc) no incluye la cabeza del clavo para los tipos A - B y D.**
- **La tolerancia del largo (Lc) del clavo es ± dc.**
- **La tolerancia para el diámetro (dc) del clavo es:**
- **0.1mm para diámetros dc ≥ 30 mm**
- **0.05 mm para diámetros dc < 30 mm**

Los clavos son elementos de fijación simple y de fácil aplicación. Se caracterizan por ser capaces de transmitir los esfuerzos de un elemento a otro en una estructura. Su gran divulgación los convierte en prácticos y económicos.

Su condición de elemento metálico de pequeña sección transversal hace que el esfuerzo que el clavo es capaz de transmitir esté limitado por la concentración de tensiones que introduce en la madera y que tiende a rajarla en el lugar donde actúa. Por esta razón es imprescindible ubicar varios clavos en una misma unión, a fin de que la fuerza aplicada se reparta en un área que garantice que las tensiones desarrolladas se mantengan bajo el valor que provoca la rotura de la madera. Los espaciamientos mínimos definidos en la norma NCh 1198 neutralizan los riesgos de rajaduras de los maderos.

Otra característica de las uniones clavadas es su deformabilidad, ocasionada por la transmisión del esfuerzo que tiende a rajar la madera debido a su pequeña sección transversal y por la deformación por flexión del clavo, debido a su largo y pequeño momento de inercia.

Sin embargo, si esta deformabilidad se restringe a ciertos límites, se convierte en una virtud, pues la unión puede absorber las tensiones que se producen debido a la aparición de esfuerzos secundarios y brinda ductilidad a la estructura.

7.2.2.2 Aplicación

En la norma NCh1198 (Madera- Construcciones en Madera – Cálculo), se definen capacidades admisibles de carga para clavos solicitados a extracción directa (fuerza solicitante actúa según la dirección del vástago del clavo) y a extracción lateral (fuerza solicitante actúa normal a la dirección del vástago del clavo).

La dirección de la fuerza de extracción del clavo respecto a su eje establece dos tipos de resistencia de las uniones clavadas:

- **Si la carga es paralela al eje del clavo, la unión presentará resistencia a la extracción directa.**

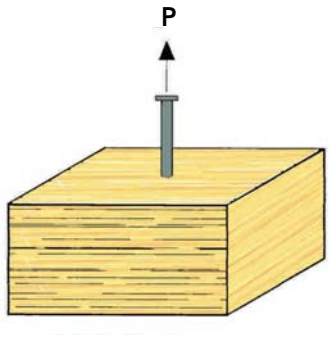


Figura 7- 14 : Solicitación de extracción directa.

Los factores que más influyen en la resistencia a la extracción directa son:

- Profundidad de penetración
- Diámetro del clavo
- Densidad de la madera
- Contenido de humedad de la madera
- Dirección de colocación respecto de las fibras de la madera
- Espesor de las piezas que se unen

No existe diferencia significativa entre las cargas necesarias para extraer clavos recién colocados en madera seca como madera verde.

Se pierde gran parte de la resistencia a la extracción directa si el clavo se coloca en madera verde que se seca antes de una solicitación de extracción, o si se coloca en madera seca que se humedece antes de dicha solicitación.

No se recomienda el uso de clavos colocados en dirección paralela a las fibras de la madera, soportando cargas de extracción directa.

En función de los factores expuestos, se puede concluir que debe evitarse el uso de clavos sometidos a la acción de solicitaciones paralelas al eje del clavo. Cuando esto no sea posible, deben aplicarse las disposiciones que se indican en la norma NCh1198 (Madera- Construcciones en Madera – Cálculo), solicitaciones de extracción directa.

- **Si la carga es normal al eje del clavo, la unión presentará una resistencia a la extracción lateral.**

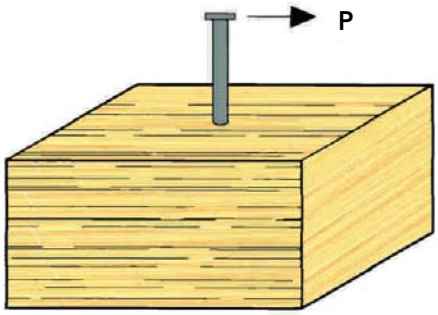


Figura 7- 15 : Solicitación de extracción lateral.

En ella inciden:

La capacidad admisible de carga de una superficie de cizalle y de un clavo solicitado normal a la dirección de su eje (Pcl,adm). Se calcula independientemente del ángulo que forma la dirección de la carga con la fibra de la madera, como se indica en la norma NCh1198 (Madera - Construcciones en Madera- Cálculo) a través de la expresión :

$$Pcl, adm = 3.5 \times po,k^{0,5} \times dc^{1,5}$$

po,k = densidad anhidra característica basada en masa y volumen anhidro de la madera en kg/m^3.

En general se exige la presencia de al menos cuatro clavos en cada uno de los planos de cizalle que se presenten en una unión clavada de dos o más piezas de madera.

La expresión anterior exige respetar un espesor mínimo en las maderas que se unen igual a: **7dc .**

En todo caso, para elementos constituyentes de uniones estructurales se deben usar espesores mayores o iguales a 18 mm.

Los factores que influyen en la resistencia a la extracción lateral son:

- **Diámetro del clavo**
- **Densidad de la madera**
- **Contenido de humedad de la madera**
- **Espesor de los elementos que se unen**

Existe una pequeña diferencia entre la resistencia de uniones clavadas con madera seca y madera húmeda, siempre que tales estados se mantengan mientras la unión esté en servicio.

El contenido de humedad de la madera afecta fuertemente la resistencia de la unión, si aumenta o disminuye en forma considerable durante la vida de la unión.

Según las características constructivas se distingue entre uniones de cizalle simple y de cizalle múltiple.

A) Uniones de cizalle simple:
Cada clavo atraviesa completamente un solo madero a la vez.

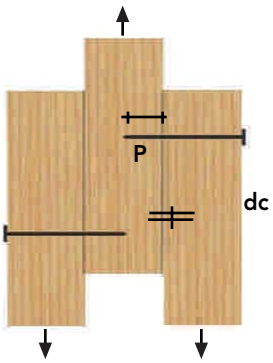


Figura 7- 16 : Resistencia lateral, cizalle simple.

La expresión establecida para $P_{cl,adm}$ es aplicable cuando la penetración efectiva del clavo **p** en el madero de anclaje satisface la condición:

$$p > 12\ dc$$

Penetraciones efectivas, p, menores que 6 dc no se aceptan en uniones estructurales de cizalle simple.

Cuando la penetración efectiva, p, es tal que:

$$6\ dc < p < 12\ dc$$

la capacidad admisible de carga, $P_{cl,adm}$ de la superficie de cizalle adyacente a la punta del clavo debe ser afectada por el Factor de Modificación K pcs, siguiente:

$$K\ pcs = p / 12\ dc$$

B) Uniones de cizalle múltiple :
Cada clavo atraviesa al menos 2 maderos completamente.

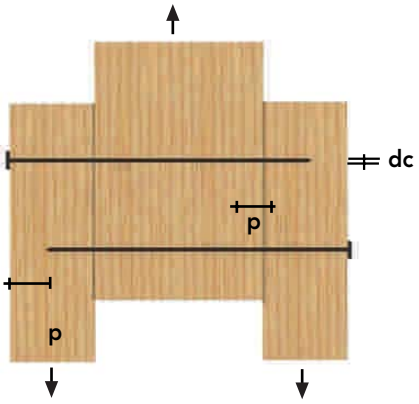


Figura 7- 17 : Resistencia lateral, cizalle múltiple.

En estas uniones la capacidad admisible de cada clavo, **Pcl,adm**, se calcula de acuerdo con la expresión :

$$Pcl,adm = (m - 0,25) \times Pcl,adm$$

Siendo:
m = número de planos de cizalle que atraviesa el clavo. Se exige para estos efectos que la penetración efectiva, **p**, en la pieza que recibe la punta del clavo sea mayor que **8 dc**. Si la penetración efectiva es menor que **4 dc**, la superficie de cizalle más cercana a la punta del clavo no debe ser considerada en los cálculos.

En Anexo VII se presenta **tabla** con los espaciamientos mínimos de clavos de diámetro dc, en milímetros.

Al considerar la dirección de la carga aplicada respecto a la dirección de las fibras de la madera, se presentan los siguientes tipos de resistencias de las uniones clavadas.

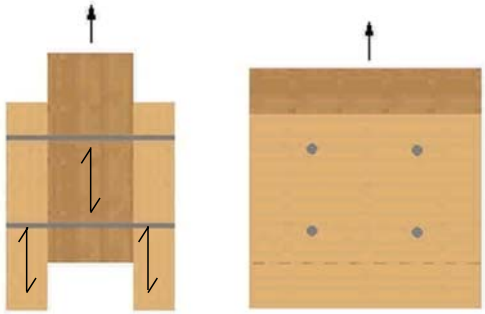


Figura 7- 18 : Carga paralela a la fibra.

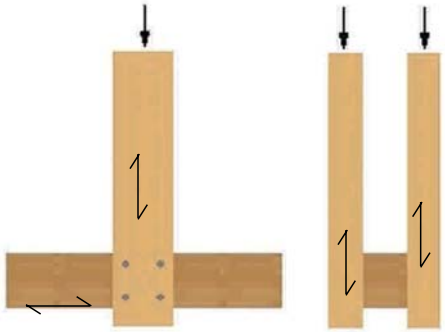


Figura 7- 19 : Carga normal a la fibra.

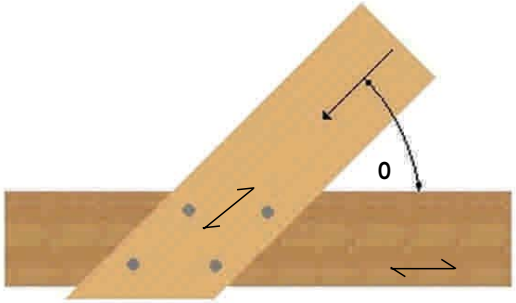


Figura 7- 20 : Cargas que forman ángulo dado con la fibra.

Piezas de sección transversal circular

En uniones de tablas y tablones con piezas de sección transversal circular (postes, rollizos), se deben reducir las capacidades admisibles de carga de los clavos en 1/3.

Las uniones clavadas entre piezas de sección transversal circular no se aceptan como estructurales.

Uniones clavadas para tableros

La capacidad admisible de carga a la extracción directa en kg (**Ped,ad**) del clavo con diámetro **d**, rige también para:

- Uniones de cizalle simple y múltiple de tableros contrachapados fenólicos de un mínimo de 4 chapas, siempre que:

$$e\ min = 3\,d \text{ para } d \leq 4.2 \text{ mm}$$

$$e\ min = 4\,d \text{ para } d > 4.2 \text{ mm}$$

- Uniones de cizalle simple conformadas con tableros de partículas con espesores mínimos que sean iguales a 4.5 **d**.

En uniones de cizalle simple de tableros de partículas y para clavos con diámetros menores que 4.2 mm, se permite un **e min** de hasta **3d**, debiendo reducirse la carga admisible del clavo en la razón:

e mi

4.5 d

La cabeza de los clavos no debe embutirse en más de 2 mm con respecto a la superficie del tablero. Preferentemente se recomienda una hinca a ras con dicha superficie.

Antes de una disposición de este tipo, los espesores mínimos de tableros deben incrementarse en 2 mm.

Protección anticorrosiva

Cuando los clavos queden expuestos a riesgos de corrosión, sólo se les podrá asignar su capacidad de carga admisible cuando ellos se hayan protegido de acuerdo con las exigencias establecidas en la norma NCh1198 (Madera – Construcciones en Madera- Cálculo), **Tabla** 32, Exigencias mínimas de protección anticorrosivo para elementos de unión de acero.

Espaciamiento

La distribución del clavado debe definirse respetando los espaciamientos mínimos especificados en **Tabla 51** (norma NCh1198 Of 91), que se presenta en Anexo VII como complemento, tomando en consideración el diámetro del clavo, dc, y el ángulo que forma la fibra con la dirección de la fuerza.

Los clavos se deben alternar según la disposición que se presenta en la figura, desplazándolos en un diámetro de clavo, con respecto al gramil definido para el clavado.

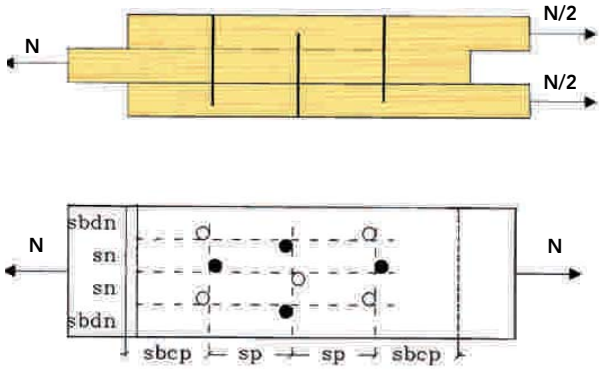


Figura 7- 21 : *Disposición de clavado.*

7.2.2.3 Clavos lanceros

En situaciones en que la fijación deba ser dispuesta en forma inclinada (clavo lancero), debe cumplirse con la siguiente especificación:

Colocar de modo que el eje del clavo forme un ángulo de 30° con la pieza donde quedará la cabeza del clavo y a una distancia aproximadamente igual a 1/3 del largo del clavo, medida a contar del extremo de dicha pieza.

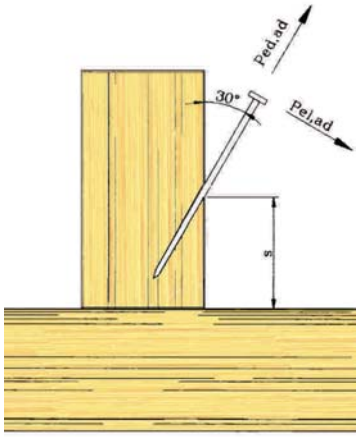
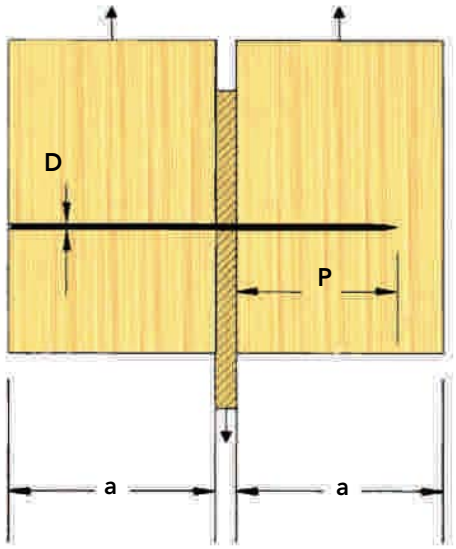


Figura 7- 22 : *Detalle para la correcta colocación de clavos lanceros.*

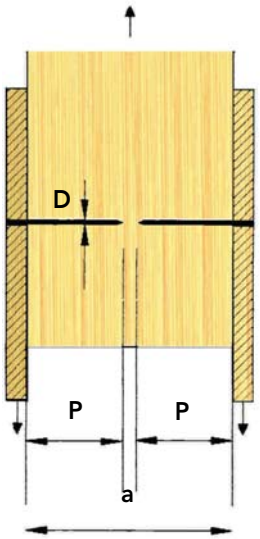
Se debe tener en cuenta que las cargas admisibles, tanto de extracción directa como lateral, en un clavo puesto en forma de lancero son un % de las determinadas para un clavo puesto ya sea perpendicular a la fibra o paralela a ésta, considerando las restricciones correspondientes que expone la norma NCh 1198 Of 91.

7.2.2.4 Uniones clavadas con plancha de acero
En la fijación de planchas planas de acero, de menos 2 mm de espesor con uso de clavos redondos de vástagos lisos, se deben perforar simultáneamente la plancha y la madera hasta una profundidad igual a la longitud del clavo, **Figura 7- 22 A.**

En planchas de acero dispuestas sólo exteriormente no se requiere de una perforación previa de la madera, **Figura 7- 22 B.**



A Cizalle doble



B Cizalle simple

Figura 7- 23 : Clavos sometidos a cizalle doble (A) y cizalle simple (B).

En uniones solicitadas en compresión se debe controlar la unión de contacto entre los maderos y eventualmente la adecuada seguridad al pandeo local de las planchas de acero. En uniones traccionadas se deben verificar la tensión de tracción de las planchas, considerando el debilitamiento producido por las perforaciones.

En el clavado de planchas de acero dispuestas externamente se puede prescindir de una disposición alternada de los clavos alineados consecutivamente en la dirección de la fibra y se presenta a modo de ejemplo:

- Cuando se dispone una única plancha fijada con clavos de diámetro que no excedan de 4mm y el espesor del madero equivale a la profundidad de clavado, sin resultar inferior a 10 **D**.

Para clavos con **D** mayor a 4,2 mm, el espesor del madero debe ascender al menos a 1,5 veces la profundidad de clavado, sin resultar inferior a 15 **D**.

- Cuando se disponen dos planchas, una a cada lado del madero, fijadas con clavos hincados desde ambos lados con diámetros que no excedan de 4,2 mm y siempre que estos clavos no se traslapen en el madero central.

Para clavos con **D** > 4,2 mm, deben quedar desplazadas en al menos la profundidad **p** de clavado.

Cuando no se respeten las disposiciones anteriormente expuestas para la pieza de madera central, los espaciamientos mínimos, **Sp**, en la dirección de la fibra, deben ser :

$$Sp = 10\,D \text{ (para } D \leqslant 4{,}2 \text{ mm)}$$
$$Sp = 12\,D \text{ (para } D > 4{,}2 \text{ mm)}$$

La distancia de los clavos al borde de las planchas debe ascender al menos a 2,5 **D** y en el caso de una disposición no alternada, a 2**D**.

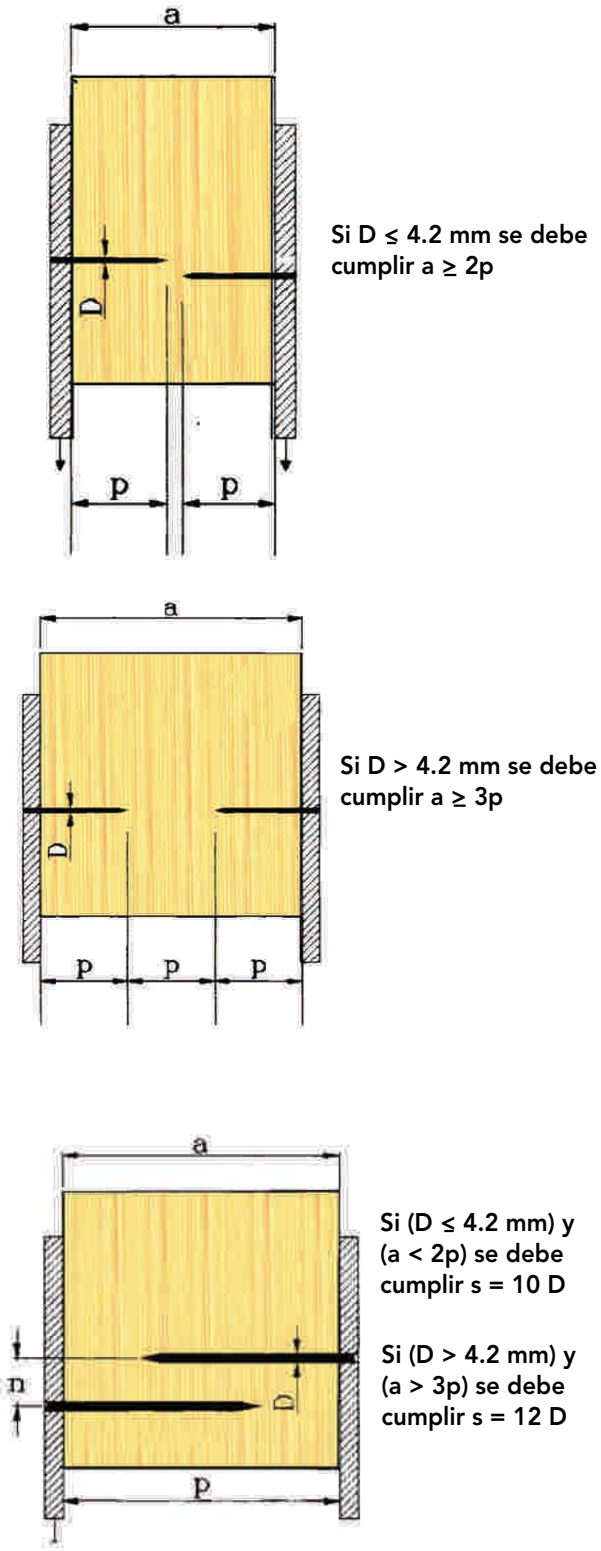


Figura 7- 24 : Uniones de placa de acero y madera con clavado sin disposición alternada.

7.2.3 Tornillos

7.2.3.1 Generalidades

El tornillo es un elemento de fijación utilizado comúnmente para neutralizar fuerzas de arranque (orientadas según la dirección del vástago) donde su desempeño es mayormente superior al de los clavos corrientes o bien, para traspasar cargas menores en uniones que solicitan los tornillos a extracción lateral. Los tornillos difieren básicamente por su cabeza, algunos tipos son de cabeza plana, redonda y oval. Además, podemos diferenciarlos por su punta y tipo de hilo. A continuación, se expondrán los tornillos autorroscantes por tener una mayor capacidad resistente.

Comúnmente estos elementos son fabricados de acero endurecido con terminación, sin recubrimiento alguno; se pueden obtener a pedido zincados, dicromatados, galvanizados o aceitados, los hay en diámetros entre 2,18 mm y 6,15 mm y los largos varían desde 3/8" hasta 3 1/2" según la norma ANSIB 18.6.1.

Generalmente los tornillos no requieren de protección anticorrosiva, pero en uniones de madera con planchas de acero que estén sometidas a ambientes corrosivos necesariamente se exige un recubrimiento medio de al menos 50 gr/mm2.

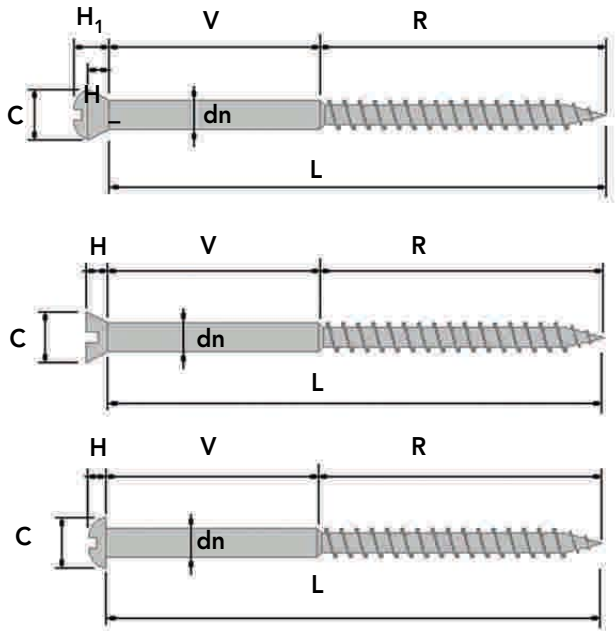


Figura 7- 25 : Detalles de tornillos con cabeza plana, oval y redonda.

dn : Diámetro nominal del tornillo

L : Largo nominal del tornillo

R : Longitud de rosca

V : Longitud vástago liso

C : Diámetro de la cabeza

H : Altura de la cabeza del tornillo

7.2.3.2 Aplicación
Este elemento para unión se utiliza cuando existen solicitaciones simples y rápidas, usualmente se utiliza para la fijación de revestimientos, placas estructurales, tabiquerías de yeso-cartón y elementos livianos como cubiertas de techumbre. No requieren de mayor especialización para su empleo y hoy en día se optimiza el tiempo de colocación al utilizar un sistema mecánico de fijación, como son por ejemplo los atornilladores eléctricos.

7.2.3.3 Especificaciones exigidas según norma NCh 1198 Madera-Construcciones en Madera-Cálculo

- Rigen para tornillos con un diámetro nominal (dn) de al menos 4 mm según norma ANSI B 18.6.1. Este tipo de unión debe trabajar en cizalle simple y disponer en cada unión de al menos cuatro tornillos cuando dn < 10 mm y dos, cuando dn = 10 mm.

- **Solicitaciones de extracción lateral**
  La capacidad admisible de carga, la extracción, penetración de atornillado y perforaciones previas necesarias, se exponen en el subpárrafo 10.6.2. de la norma.

- **Solicitación de extracción directa**
  Se debe cumplir lo expuesto en el subpárrafo 10.6.3 de la norma.

- **Combinación de solicitaciones**
  Al actuar simultáneamente sobre un tornillo solicitaciones de cizalle, según subpárrafo 10.6.2 y de extracción directa, según subpárrafo 10.6.3, rige la igualdad del subpárrafo 10.9.13 con m = 2.

- **Espaciamiento**

- Se deben cumplir los espaciamientos para tornillos sometidos a solicitaciones de extracción lateral según Tabla N° 51, como igualmente para tableros derivados de la madera, lo que se expone en el subpárrafo 10.9.11.

- Las distancias máximas entre tornillos vecinos, tomadas en la dirección de la fibra de la madera, no deben sobrepasar 40 dn para cualquier dirección de los tableros y para el caso en que la distancia sea medida en forma normal a la dirección de la fibra, no debe exceder a 20 dn.

Recomendaciones

Con el fin de facilitar la colocación del tornillo, se recomienda lubricar la superficie especialmente en maderas duras, lo que no tiene gran efecto sobre la resistencia de extracción.

Los tornillos siempre deberán atornillarse, nunca deberán golpearse con un martillo, porque esta práctica desgarra las fibras de la madera y daña los hilos del tornillo, reduciendo seriamente su capacidad de resistencia.

7.2.4 Tirafondos

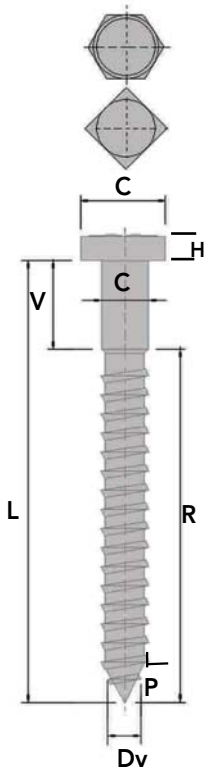
7.2.4.1 Generalidades
El tirafondo es un elemento de unión intermedio, entre tornillo para madera y perno (derivado del francés tirefond). Es un tornillo con rosca cónica, generalmente de mayor tamaño, con la cabeza de perno cuadrada o hexagonal.

Es comúnmente usado en sitios donde es difícil colocar un perno o donde la apariencia de la tuerca sobre la superficie será objetable.

El comercio nacional entrega ciertos tipos de tirafondos que, por lo general, son mal aprovechados, pues no existe conocimiento de su capacidad resistente.

En Chile se dispone de un solo tipo de tirafondos y es aquel de acero, liso con cabeza soldada al cuerpo o vástago y en el cual la parte roscada (hilo) es aproximadamente un 50% del largo total.

La especificación consignada en la norma NCh 1198 Of 91 se aplica a tirafondos sometidos a extracción directa y a extracción lateral en cizalle simple de una unión con dos elementos.



D = diámetro nominal

Dv = diámetro del vástago sin rosca

D = Dv

Dr = diámetro del vástago central en zona roscada

C = lado de la cabeza cuadrada

H = espesor de la cabeza

V = longitud del vástago

L = longitud nominal

R = longitud roscada total

P = longitud de la punta aguzada

Figura 7-26: Esquema de un tirafondo.

Los tirafondos se identifican nombrando primero su diámetro, expresado en pulgadas o fracciones de ellas. Por lo tanto un tirafondo de 1/2 " x 8", señala que su diámetro es 1/2 " y su largo es 8".

- Los valores de diseño para tirafondos que se derivan de la norma son aplicables sobre las especies o grupos de especies, según su densidad anhidra, listadas en la Tabla 38 de la norma.

7.2.4.2 Aplicación

Los tirafondos deben ser instalados en perforaciones que tienen la propiedad de guiar su ubicación final, por tal motivo éstas toman el nombre de "perforaciones guías", cuyas características son las siguientes:

- La perforación donde se alojará el vástago del tirafondo debe tener el mismo diámetro (D) de dicho vástago y una profundidad igual a la longitud (V) de la zona sin rosca del tirafondo.

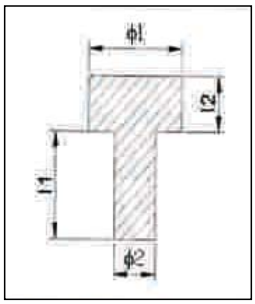
- La perforación para la zona con rosca del tirafondo debe tener una profundidad al menos igual a la longitud de la zona roscada del tirafondo (R-P) y un diámetro comprendido entre:

- 40% y 70% del diámetro del vástago para las especies con densidad anhidra no mayor de 400 kg/m3 (grupo A de la Tabla 38 de la norma).

- 60% y 75% de dicho diámetro para las especies con densidad anhidra superior a 400 kg/m3, pero no mayor de 500 kg/m3 (grupo B al que corresponde el Pino radiata).

- 65% y 85% del diámetro del vástago para las especies con densidad anhidra superior a 500kg/m3 (grupos C y D).

Se recomienda usar los límites mayores de estos rangos para tirafondos con diámetros iguales o mayores que 3/4".



$R = L/3 + 1/4$ $\quad$ $V = L - H$

Para zona vástago $\quad$ $\phi_1 = Dv$ $l_1 = V$

Para zona roscada

$\phi_2 = 0.65 \times D_v$ a $0.85 \times D_v$ madera grupo C y D

$\phi_2 = 0.60 \times D_v$ a $0.75 \times D_v$ madera grupo B

$\phi_2 = 0.40 \times D_v$ a $0.70 \times D_v$ madera grupo A

$l_2 = R - P$

Figura 7-27: Perforación guía.

Cuando los tirafondos de diámetros iguales o menores a 3/8" colocados en maderas de los grupos A y B son sometidos a extracción directa, se puede evitar la perforación guía si los espaciamientos entre tirafondos y las distancias a los bordes de la pieza cumplen con lo descrito sobre los espaciamientos en los subpárrafos 10.5.4.1 y 10.5.4.2 de la norma.

Toda la zona con rosca debe ser colocada en la perforación guía con una llave tuerca. No es aceptable el uso de golpes de martillo en esta operación. Para facilitar la introducción y evitar daños en el tirafondo, se recomienda el empleo de lubricantes en la rosca o en la perforación.

Para uniones estructurales, los tirafondos deben llevar arandelas según **Tabla** 34, excepto que se dispongan planchas de acero entre la cabeza del tirafondo y la madera.

Solicitaciones de extracción lateral

Deben considerarse todos los aspectos del subpárrafo 10.7.6 de la norma para la carga admisible de extracción lateral de tirafondos colocados con su eje normal o paralelo a las fibras de la madera y sometidos a una carga paralela,

normal o que forma un ángulo θ con la dirección de dichas fibras, factores de modificación, uso de cubrejuntas metálicas.

Solicitaciones de extracción directa

La carga admisible de extracción directa de tirafondos colocados con su eje normal a las fibras de la madera se determina según el subpárrafo 10.7.7 de la norma.

Combinación de solicitaciones de extracción directa y lateral

Cuando un tirafondo queda sometido a una combinación de esfuerzos de extracción directa y lateral a la vez, se deben analizar independientemente ambas solicitaciones. La componente de extracción directa de la carga aplicada, no debe exceder la carga de diseño de extracción directa especificada en la norma y la componente de extracción lateral de la carga aplicada no debe ser mayor que la carga de diseño para extracción lateral, calculada según las prescripciones de subpárrafo 10.7.6.

Protección de uniones

Para la protección con anticorrosivo, remitirse al subpárrafo 10.4.1 de la norma.

Espaciamiento

Los espaciamientos serán los establecidos para pernos de diámetro igual al diámetro del vástago del tirafondo usado, como se explica en los sub-párrafos 10.5.4.1 y 10.5.4.2 de la norma.

7.2.5 Pernos

7.2.5.1 Generalidades

Las especificaciones que estipula la norma NCh1198 Of 91 son aplicables sobre elementos de unión cilíndricos de acero que atraviesan perpendicularmente los planos de cizalle de la unión y que quedan solicitados preponderantemente en flexión, induciendo sobre la madera tensiones de aplastamiento.

Las especificaciones referidas a uniones con pernos de acero son aplicables a pernos que cumplen con la norma NCh 300 y asumen que los agujeros de los pernos se ejecutan con un diámetro que permite una colocación fácil de los mismos y que el centrado de los agujeros en el madero central y en las piezas laterales se realiza en forma cuidadosa y precisa.

Los agujeros de los pernos deben mayorarse con respecto al diámetro de estos, en una magnitud dependiente del tamaño del perno en mm y de las condiciones de servicio, de acuerdo con lo establecido en la Tabla 33 de la norma.

Para uniones estructurales se deben especificar arandelas (golillas) según Tabla 34 de la norma.

El diámetro nominal de los pernos debe estar comprendido entre 10 y 30 mm, ambos valores inclusive.

En cada unión estructural se exige una disposición mínima de dos pernos. Se exceptúan de esta cláusula las uniones rotuladas, en las que resulta suficiente un único perno, cuando éste no queda solicitado en un porcentaje superior al 50% de su capacidad de diseño. Estos pernos se conocen comercialmente como pernos coche.

El perno coche es de cabeza redonda y tiene una parte de sección cuadrada (cuello), inmediatamente debajo de la cabeza, para evitar que gire al apretar la tuerca.

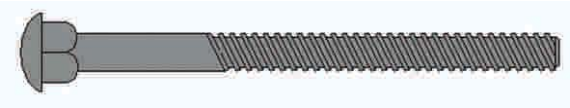


Figura 7-28: *Perno coche.*

El perno es de acero al carbono, blando, con bajo contenido de carbón, denominado acero 1020. Su terminación consiste en un pavonado negro.

La rosca del perno coche es una rosca denominada Whitworth. La tuerca que se utiliza para el perno coche es la cuadrada o hexagonal, de acero (SAE G2, G5, ISO clase 5 y 8), acero inoxidable (AISI 316) o bronce (latón).

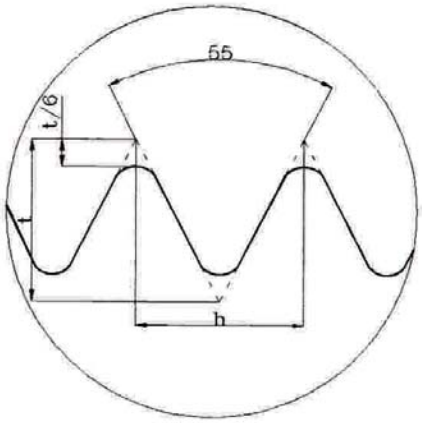


Figura 7-29: *Detalle de la rosca Whitworth.*

Diámetro nominal D pul	Diámetro nominal D mm	Hilos por pulgada n
1/4	6.35	20
5/16	7.94	18
3/8	9.53	16
7/16	11.11	14
1/2	12.70	12
5/8	15.88	11
3/4	19.05	10
7/8	22.23	9
1	25.40	8
1 1/8	28.58	7
1 1/4	31.75	7
1 3/8	34.93	6

Tabla 7-2: Descripción de pernos.

Para uniones estructurales con perno coche, se deben utilizar, además, arandelas según el diámetro del perno. Se prefieren las arandelas en madera cuadradas frente a las circulares, por ofrecer las primeras una mayor resistencia al incrustamiento en la madera.

El perno tipo coche comercialmente viene en diámetros de 1/4" hasta 3/4" y largo de 5/8" hasta 14", en tanto el perno de anclaje viene en diámetros de 6 mm hasta 32 mm y largos que varían entre 50 mm y 420 mm.

7.2.5.2 Aplicación

Por su excesiva deformabilidad, los pernos resultan poco eficientes como elementos de traspaso de fuerzas y se les utiliza más bien como elementos de ensamblado o de fijación posicional de maderas, en uniones que recurren a conectores especiales para el traspaso de las cargas. Estas últimas se insertan o hincan entre los maderos y permiten traspasar cargas considerables.

7.2.5.2.1 Solicitaciones

En la NCh 1198 Of 91 se definen capacidades admisibles de cargas para pernos solicitados por fuerzas orientadas perpendicularmente al vástago.

7.2.5.2.2 Protección de uniones

Para la protección anticorrosiva remitirse al subpárrafo 10.4.1 de la norma.

7.2.5.2.3 Espaciamiento

Los espaciamientos mínimos entre pernos y los bordes se obtienen de lo especificado en el subpárrafo 10.5.4 de la norma.

7.2.5.2.4 Conclusiones

El cálculo de diseño de los pernos utilizados en las estructuras de madera (perno coche), está determinado por las tensiones de cizalle, por la flexión del perno y por las tensiones del aplastamiento en la madera, inducidas por la flexión que sufre el perno.

Respecto de las tensiones de cizalle en el perno, existen tres tipos de cizalle: simple, doble y múltiple. Los tres tipos indicados se analizan a partir del cizalle doble.

La tensión de aplastamiento en la madera se analiza considerando la densidad de ésta en estado anhidro (seco). Para el caso estudiado se tomó una densidad de 450 kg/m3 que es la del Pino radiata.

Otro factor importante en el diseño de los pernos es su esbeltez, ya que con este dato se pueden conocer las cuantías de flexión del perno y así establecer la resistencia de la madera a las tensiones de aplastamiento.

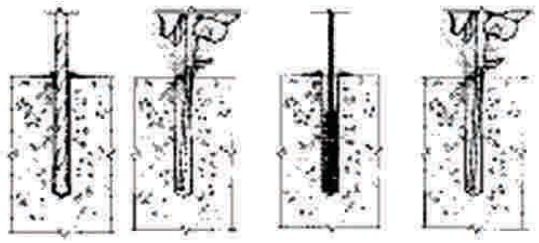
7.2.6 Pernos de anclaje

Se ha generalizado el uso de pernos de anclaje para fijar la solera inferior del entramado vertical al sobrecimiento o a la viga del segundo piso.

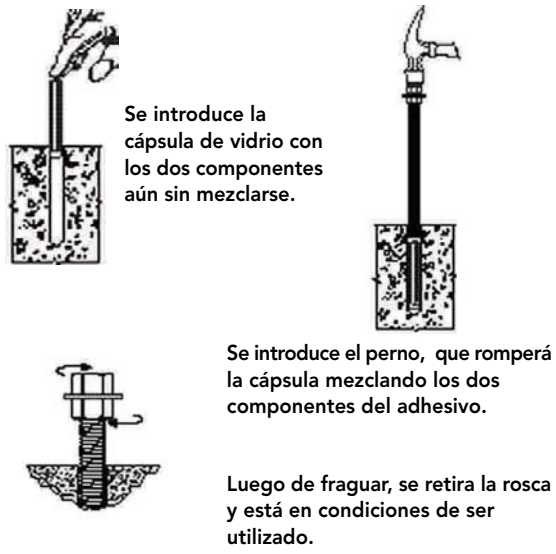
El perno de anclaje puede ser de acero zincado bicromatado o acero inoxidable.

Existen diversos tipos de pernos de anclaje, diferenciándose uno de otro en la forma de activación del anclaje, que puede ser a golpe, atornillado o por componentes químicos. Su uso está orientado a la fijación de estructuras a elementos de hormigón o albañilería.

A)Pernos con extremos que se expanden al ir apernándose.



Perforación en el hormigón Limpieza de la perforación



B) Pernos cuya fijación se realiza con adhesivo especial.

Figura 7- 30 : Dos formas de anclar la fijación al hormigón A) y B).

7.2.7 Conectores metálicos

7.2.7.1 Generalidades

La fabricación de los conectores es sencilla, pero encierra una tecnología bastante desarrollada en lo que a proceso industrial se refiere. Se distinguen dos tipos de conectores:

- Conectores para solicitaciones y dimensiones regulares.
- Conectores para solicitaciones altas y dimensiones regulares.

El primer tipo de estos conectores puede ser fabricado por dos sistemas:

- A base de láminas de acero en rollo. Se estira la lámina de acero en una máquina que mediante corte o impacto, va sacando los conectores de ella. Posteriormente estos pasan a una máquina que se encarga de doblarlos de acuerdo al diseño, para finalmente hacerles el tratamiento de galvanizado o pintura que los mantendrá protegidos de la intemperie.
- A través del doblado de la lámina de acero para luego cortarla, practicarle las perforaciones y finalmente hacerle los tratamientos que sean necesarios. Dependerá de la forma del conector.

El segundo tipo de conectores, por tener que soportar cargas bastante mayores que los anteriores, se fabrica a partir de planchas de acero que se caracterizan por no venir en rollo y tener un espesor que muchas veces supera los 4 mm, imposibilitando trabajar la plancha mediante el doblado para darle forma al conector, teniendo que cortarla con modernos sistemas guiados por láser para luego soldar las piezas. Este proceso es particularmente interesante, dado que se caracteriza por la utilización de métodos muy avanzados y por carecer de mano de obra directa.

La fabricación de este tipo de conector es bastante precisa en lo dimensional y posibilita la producción de un gran número de unidades de la misma tira, ya que toda la información del conector la tiene una máquina en un microprocesador, la cual toma las piezas y las verifica, para luego practicarle un soldado que automáticamente va siendo controlado.

En la actualidad, se pueden encontrar alrededor de 450 tipos distintos de conectores, los cuales van desde las simples placas dentadas hasta aquellos que permiten la unión de elementos de madera en tres dimensiones bajo una gran variedad de ángulos. También existen en el mercado elementos que permiten fijar piezas de madera a elementos de distinta naturaleza como son vigas y otros elementos estructurales de acero, ladrillo, piedra y hormigón.

En Estados Unidos el uso de conectores es muy frecuente, en cambio la incorporación de esta tecnología en Chile ha sido en forma gradual. La norma NCh1198 Of 91, regula el cálculo para los conectores en el punto 10.10: Uniones con placas metálicas dentadas. De todas formas, los conectores se rigen bajo normas y estándares americanos, por lo que hoy en día el profesional puede tener una completa confianza en el uso de estos productos.

7.2.7.2 Aplicación

Los conectores normalmente son clasificados según la función que cumplen y por su resistencia estructural. Sin embargo, ya que es imposible incluir todos los conectores que existen en el mercado, se ha decidido emplear otra clasificación, basada en la ubicación que tendrá definitivamente el conector en la estructura de la vivienda, que si bien es general, puede resultar más fácil de entender por el lector. En virtud de lo anterior se diferencia:

7.2.7.2.1 Entramado de piso:
Agrupa a todos los conectores o fijaciones utilizados tanto para unir sus propios componentes, como los utilizados para realizar fijaciones entre esta estructura y otras que inclusive pueden ser de distinta naturaleza.

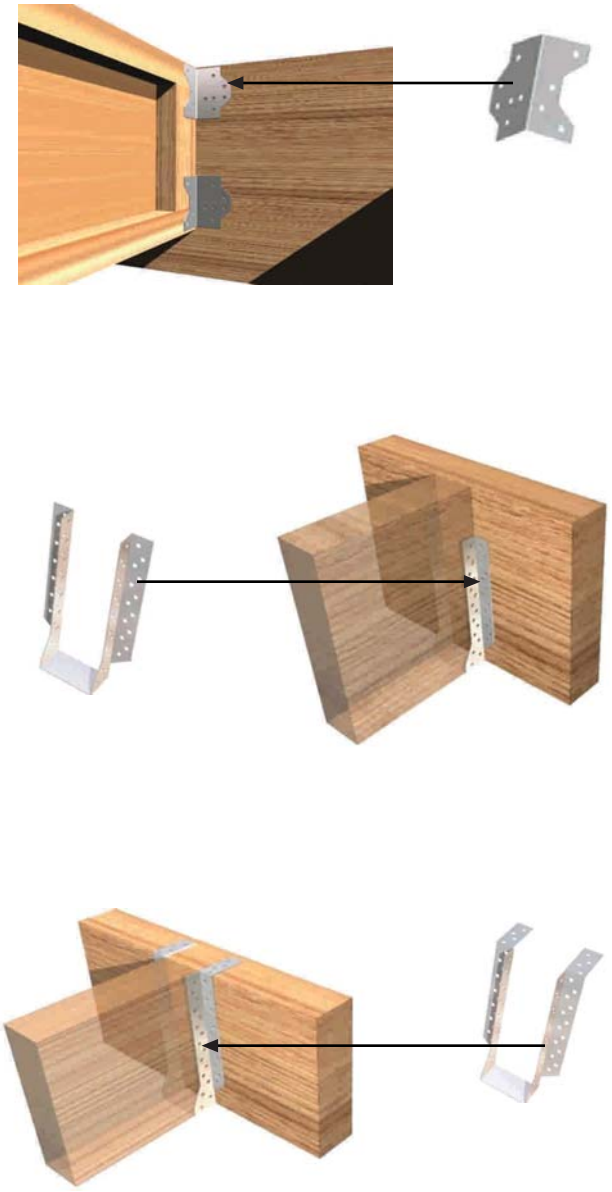
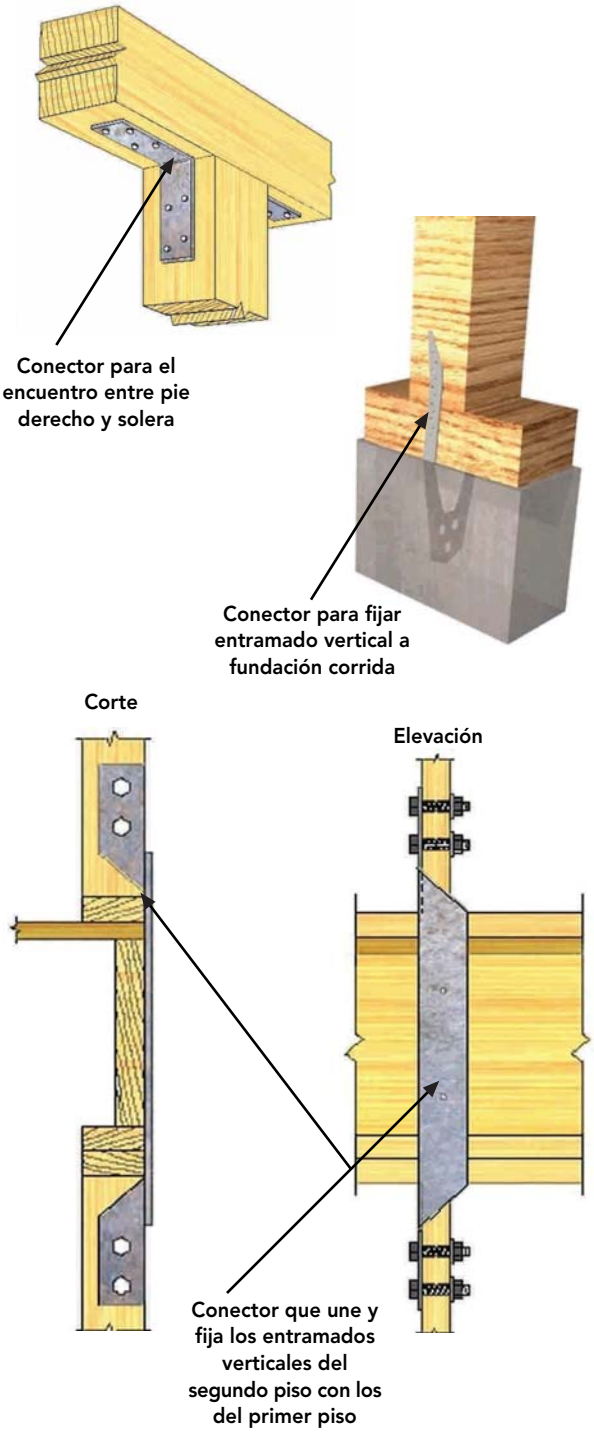


Figura 7-31: Diversas opciones de conectores metálicos para fijar vigas principales o secundarias en entramados horizontales.

7.2.7.2.2 Tabiquería:
Comprende los conectores o fijaciones utilizados en estos elementos para unir sus propios componentes, entre ellos o fijar estos a las fundaciones.



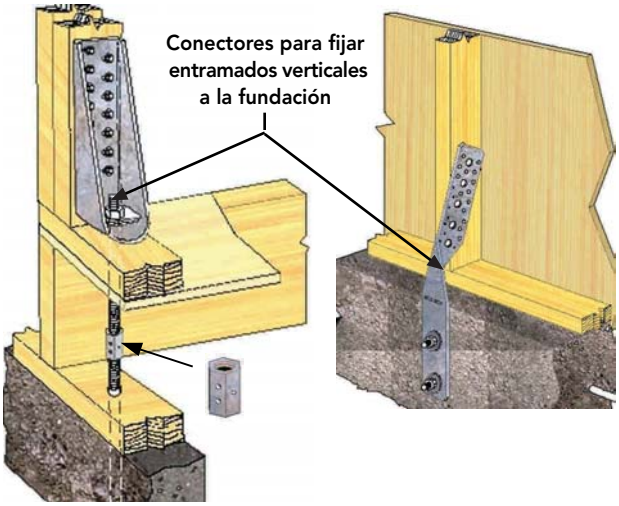


Figura 7- 32 : Alternativas de conectores metálicos para fijar elementos verticales como tabiques o pie derecho.

7.2.7.2.3 Entramado de techumbre:

Considera los conectores utilizados en toda la estructura de techumbre (cerchas, vigas a la vista, costaneras y otros), tales como placas dentadas y platos clavables, asientos de viga y ángulos, entre otros.

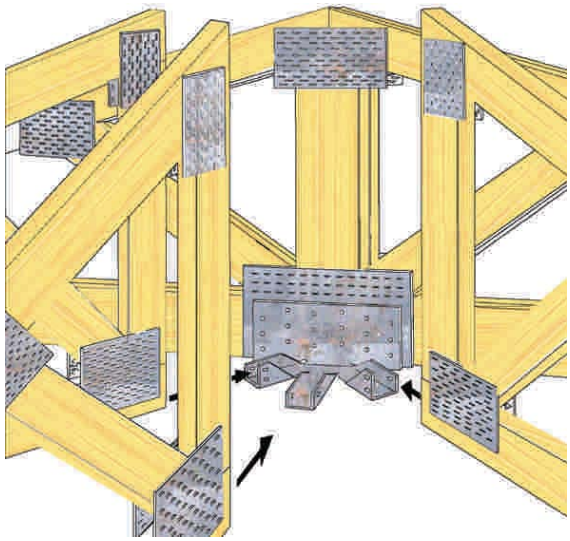
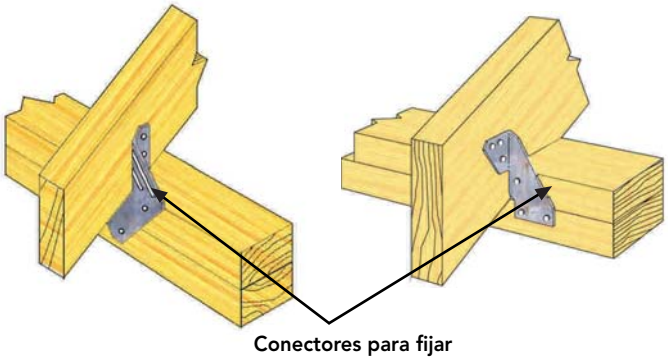


Figura 7- 33 : Alternativas de conectores metálicos para fijar elementos verticales como tabiques o pie derecho.



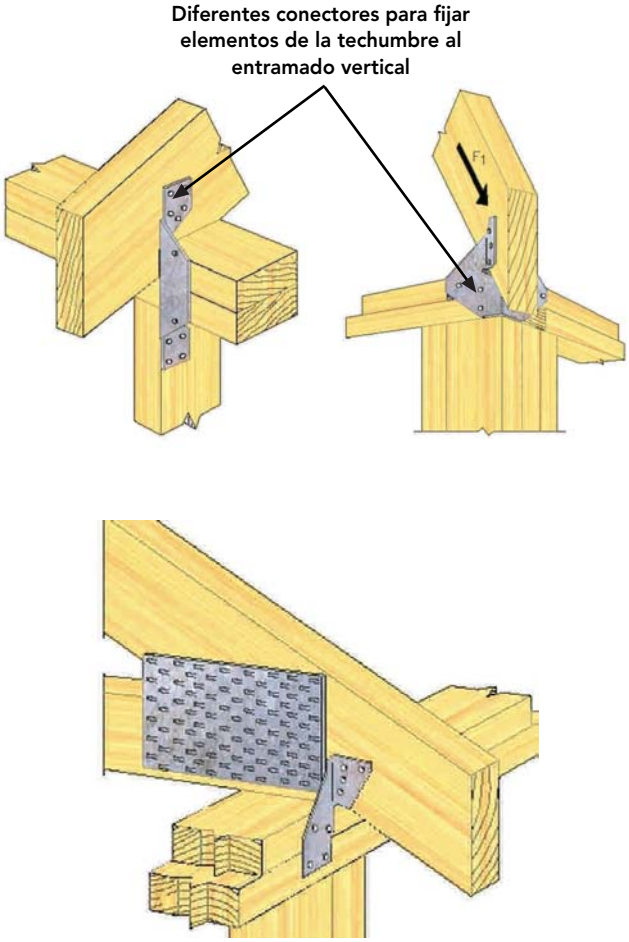


Figura 7- 34: Se muestran algunas alternativas de conectores para los elementos que conforman la techumbre y para su fijación a los entramados verticales.

7.2.7.2.4 Otros:
En esta clasificación se agrupan las fijaciones involucradas en las distintas etapas constructivas de viviendas, bodegas y construcciones con estructura de madera en general.

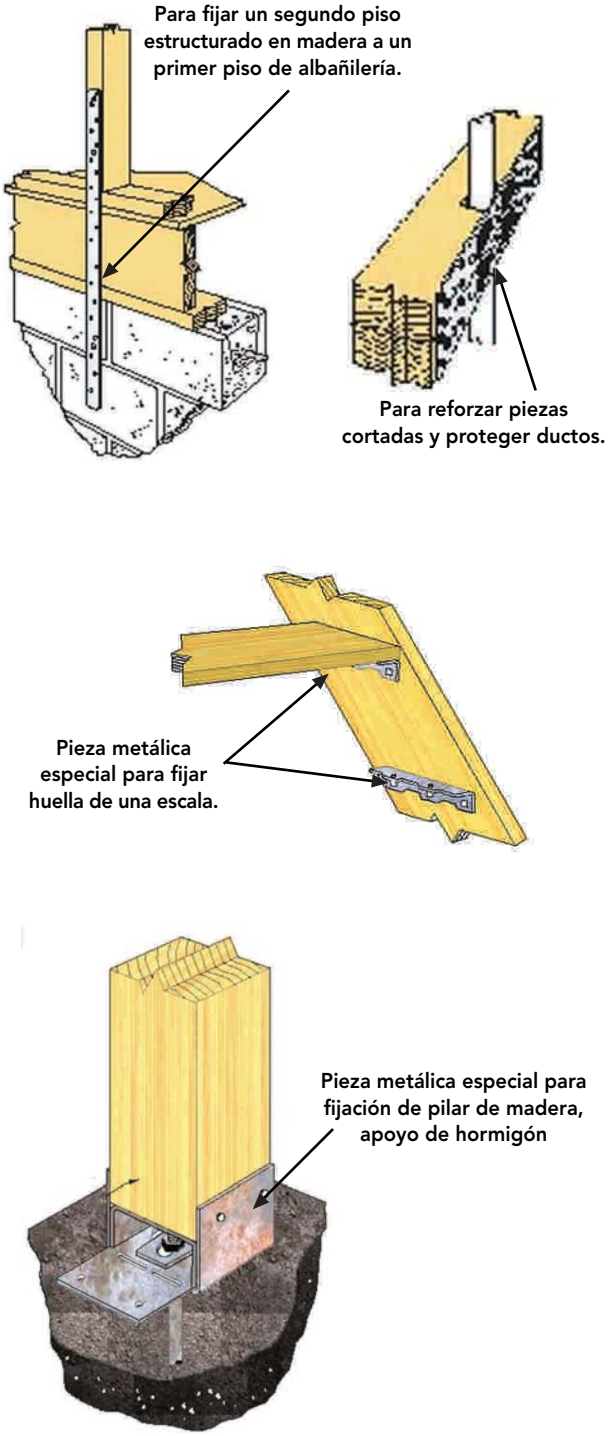


Figura 7- 35: Existen variados conectores para unir o fijar los más diversos elementos.

7.2.8 Uniones con placas metálicas dentadas

7.2.8.1 Generalidades
Las placas dentadas metálicas deben cumplir estrictamente con la norma NCh 1198. A continuación se exponen en forma general los aspectos más relevantes.

- Deben fabricarse de acero, de al menos 1 mm de espesor nominal y con tratamiento anticorrosivo, con un punzonado en forma de conector o clavo conformando un sistema de dientes ubicados perpendicularmente con respecto al plano de la plancha, con una misma dirección y sentido.

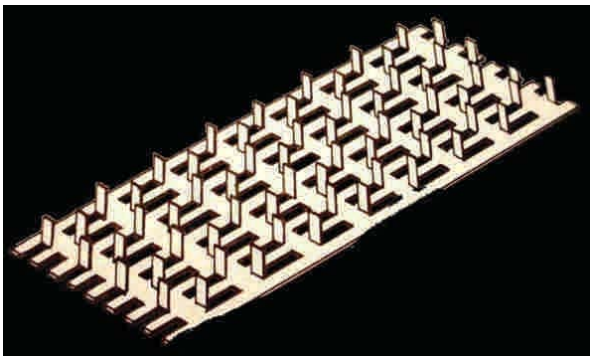


Figura 7- 36: Placa metálica dentada de espesor mínimo de 1 mm.

Deben cumplir con las siguientes propiedades mínimas:

- Tensiones de ruptura en tracción: 310 Mpa.
- Tensión de fluencia: 230 Mpa.
- Elongación en la ruptura según norma ASTM 446: 20 %

7.2.8.2 Exigencias mínimas para el diseño de uniones según norma:

- Que existan dos placas actuando como cubrejuntas, las que se deben incrustar simultáneamente sobre las dos caras de los extremos de las piezas de madera que convergen a una unión o empalme. Deben ser de igual tamaño y quedar dispuestas simétricamente respecto a los ejes de los maderos que se unen.

- La placa metálica no se debe deformar al ser instalada, no se acepta uso del martillo, sino de una prensa que haga penetrar completa y simultáneamente los dientes en la madera, para que el eje del diente sea hincado perpendicularmente a la superficie de la madera y quede completamente embebido.

- Que la madera ubicada bajo la placa metálica dentada no presente aristas faltantes (canto muerto), nudos sueltos, agujeros o uniones endentadas (finger-joint).

- Que las piezas de madera estén en estado seco (H < 20%). Para el caso de Pino radiata el porcentaje es de 12%.

- Los maderos que se unen en un elemento constructivo deben tener el mismo espesor, aceptándose una tolerancia igual o menor que 1 mm en el sector de la unión.

- Que el espesor de las piezas que se unen sea igual o mayor que el doble de la penetración del diente.

- Que exista un estrecho contacto de las superficies comunes entre las piezas individuales que se unen. Las uniones y empalmes de compresión deben asegurar el traspaso de las fuerzas sólo por medio del contacto directo entre las piezas.

En la siguiente figura se ilustra la colocación de los conectores que unen los diferentes elementos de una cercha, en que todos los ejes de los maderos son iguales, es decir, van sobre un mismo plano.

Figura 7- 37: Detalles de unión con placas que deben ir por ambos lados de la cercha.

Otras consideraciones que especifica la norma son:

1.- Las uniones con placas metálicas dentadas se pueden usar sólo en componentes constructivos que quedan solicitados predominantemente por cargas estáticas.

2.- El efecto de eventuales excentricidades en las uniones se debe considerar de acuerdo con lo especificado en subpárrafo 8.1.4.

3.- Las placas metálicas dentadas requieren para su uso de un certificado emitido por una institución oficial de ensayo de resistencia de materiales en el que consten la geometría, características del material y las diferentes capacidades exigidas por la norma.

4.- La capacidad de carga de diseño del endentado de placa de acuerdo a lo expuesto en el subpárrafo 10.10.2.

5.- La verificación del endentado de placa, que considera todos los aspectos expuestos en subpárrafo 10.10.3.

6.- Excentricidades en la unión.

7.-Verificación de la placa metálica dentada.

8.- Verificación de solicitaciones de tracción perpendicular a la dirección de la fibra en la madera.

7.2.9 Conclusiones

Dentro de la amplia gama de tecnologías de que dispone el constructor moderno resalta la de los conectores, destacándose estos por mejorar básicamente la eficiencia, seguridad y estética o terminación de la construcción con estructura en madera.

La eficiencia tiene relación con la facilidad con que un maestro capacitado es capaz de realizar su trabajo, considerando, además, que se requerirá menos cantidad de mano de obra de apoyo, pues los conectores incluyen elementos que permiten prefijarlos sin necesidad de recurrir a alguien que ayude en esta faena. Se debe pensar, por lo mismo, que esto produce un menor gasto en mano de obra y por lo tanto, economía en el proceso.

La seguridad se logra debido a que sólo basta con utilizar el conector adecuado sin necesidad de tener que corroborar el número de clavos utilizados, al no existir clavos mal puestos o doblados. Por otra parte, al tener los conectores una mayor resistencia que la madera, asegura que la estructura fallará por esta última y no por el conector, en el entendido de haber escogido el conector adecuado según la madera a utilizar y la fuerza que debe resistir la unión.

Con respecto a la estética, los acabados son más limpios y de mejor aspecto que los sistemas de unión tradicional, sobre todo si consideramos aquellos elementos que irán a la vista con conectores con algún grado de terminación. De esto último debemos acotar que los conectores metálicos permiten ser pintados con esmalte sin alterar sus características y por el contrario, aumenta su resistencia a la intemperie. También se pueden encontrar conectores de color negro simulando el hierro fundido.

Cabe señalar que el costo inicial de utilizar conectores puede ser alto, pues se requiere personal capacitado con la finalidad de sacar todo el provecho a este sistema, por lo que se debe pensar primero en un cambio en la mentalidad del constructor y del trabajador que los instalará, así como en su capacitación en esta nueva tecnología.

7.3 OTRAS UNIONES

En la actualidad, existe una variedad de uniones que permiten conformar elementos de mayor largo y/o escuadrías, como son las vigas compuestas, productos relacionados con madera laminada y tableros de distintos tipos, utilizando adhesivos y/o procesos combinados. Entre los objetivos de estas uniones está el de alargar elementos.

Los sistemas utilizados para alargar elementos son dos, y dependen del tipo de esfuerzo a que se verá sometida la pieza:

7.3.1 Uniones mediante finger-joint o multidedo:

Se basan en realizar un dentado y contradentado a la madera, aumentando al máximo la superficie de encolado de la unión, y por tanto, la resistencia de ésta.

La tecnología finger-joint se basa en que la unión de las partes se realiza mediante la zona lateral de los dedos, por lo que siempre debe quedar un mínimo espacio en la testa de los dedos.

Su principal desventaja es la maquinaria especial que se requiere para realizar la unión, tanto en lo que se refiere a fresas, como a la prensa de unión. Además, el espacio que queda siempre vacío entre las puntas de los dedos requiere la incorporación de masillas, previo al acabado.

Como ventaja destaca su especial resistencia, por lo que se recomienda utilizarlo en las piezas requeridas a grandes esfuerzos de compresión.

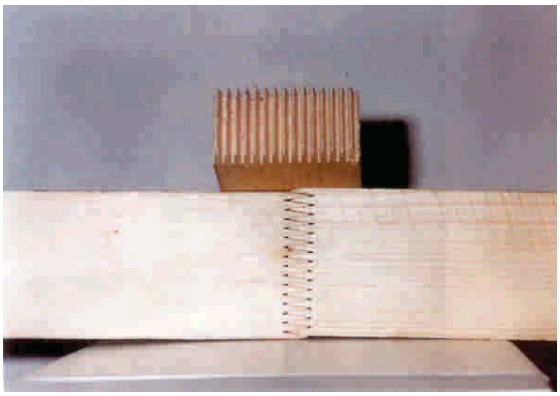


Figura 7-38: Uniones mediante finger-joint.

7.3.2 Uniones mediante pernos llamadas también falsas espigas:

Consisten en realizar a ambas piezas de madera una perforación, para luego incorporar a ese taladro un perno de madera.

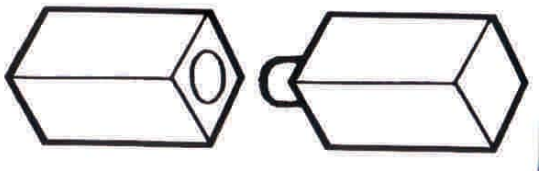


Figura 7- 39: Empalme por perno de madera.

La tecnología de esta unión se basa en que el perno de madera que se utiliza está más seco de lo normal, por lo que se le añade pegamento (que incorpora agua), que le hace hincharse cuando el perno ya se encuentra en el interior de la madera.

Su desventaja es que este tipo de ensamble es de baja resistencia, sobre todo al esfuerzo de tracción, por lo que no se recomienda su uso cuando se requieran grandes esfuerzos.

Su principal ventaja es la mecanización (con un taladro por ejemplo), y la precisión que con ello se consigue.

BIBLIOGRAFIA

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.

- American Plywood Association, "Madera Contrachapada de EE.UU. para pisos, murallas y techos", Canadá, 1982.

- American Plywood Association, "Construcción para resistir huracanes y terremotos", Chile, 1984.

- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.

- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.

- Centro Madera Arauco, "Ingeniería y Construcción en Madera", Santiago, Chile, 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)

- Espinoza, M; Mancinelli, C, "Evaluación, Diseño y Montaje de Entramados Prefabricados Industrializados para la Construcción de Viviendas", INFOR, Concepción, Chile, 2000.

- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.

- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.

- Jiménez, F; Vignote, S, "Tecnología de la Madera", 2° Edición, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones, Madrid, España, 2000.

- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.

- Millar, J; "Casas de Madera", 1° Edición, Editorial Blume, Barcelona, España, 1998.

- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Pérez, V, "Manual de Construcción en Madera", 2° Edición, Instituto Forestal – Corporación de Fomento de la Producción, Santiago, Chile, Noviembre 1991.

- 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", 2002.

- 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.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).

- NCh 173 Of.74 Madera – Terminología General.

- NCh 174 Of.85 Maderas – Unidades empleadas, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones.

- NCh 176/1 Of. 1984 Madera – Parte 1: Determinación de humedad.

- NCh 176/2 Of1986Mod.1988 Madera – Parte 2: Determinación de la densidad.

- NCh 178 Of.79 Madera aserrada de pino insigne clasificación por aspecto.

- NCh 992 E Of.72 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 Madera – Agrupamiento de especies madereras según su resistencia. Procedimiento.

- NCh 1990 Of.86 Madera – Tensiones admisibles para madera estructural.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

CORMA

CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 8

FUNDACION

Centro de Transferencia Tecnológica

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 8

Centro de Transferencia Tecnológica

UNIDAD 8

FUNDACION

8.1. INTRODUCCIÓN

Toda edificación requiere bajo el nivel natural del suelo, una base de sustentación permanente encargada de recibir diferentes esfuerzos y transmitirlos al suelo. A esta base de sustentación se le denomina fundación.

El tipo de esfuerzo relevante a que se somete el suelo es el de compresión, producto del peso propio de la fundación, muros, entrepisos y techumbre, más las sobrecargas de uso y las accidentales de diversas magnitudes y en distintas direcciones, como por ejemplo sobrecargas accidentales por sismo, nieve o vientos, y esfuerzos normales no uniformes transmitidos a la fundación en estado de presiones no uniformes.

Por otra parte, la fundación aísla la edificación del terreno, resguardándola tanto de humedad como del ataque de termitas y de otros insectos, factores gravitantes en la pérdida de resistencia de una estructura en madera.

Es así que para diseñar y dar solución a la fundación adecuada, se deben considerar:

- **Condiciones de carga**
- **Características del suelo**
- **Restricciones constructivas de la obra**

La importancia fundamental de que una solución de fundación sea adecuada, reside en que es la parte de la obra con menos probabilidad de ser reparada o reforzada, en caso de falla futura.

8.2 PRESENCIA DE AGUA EN EL TERRENO DE FUNDACIÓN

Recordando lo que se expuso en la **Unidad 3**, la presencia de agua en el terreno de fundación afecta en lo siguiente:

a) Capacidad de soporte del suelo

Dependiendo del tipo de suelo (arcillas, arenas, gravillas, etc.), el agua afecta sus propiedades en diferentes formas. Por ejemplo: en suelos con predominio de arenas arcillosas, la humedad actúa como agente aglutinante, aumentando la adherencia y volumen de suelo. En ese caso es aconsejable considerar zanjas de drenaje o drenes cortando el flujo de agua, y así evitar la presencia de ésta para que no se produzca la variación de volumen.

b) Diseño de la fundación

Si la vivienda está emplazada en un terreno con presencia de agua superficial, en zona lluviosa y con pendiente pronunciada, el agua puede socavar el suelo circundante a las fundaciones, lo que hace necesario protegerlas construyendo zanjas para desviar las aguas.

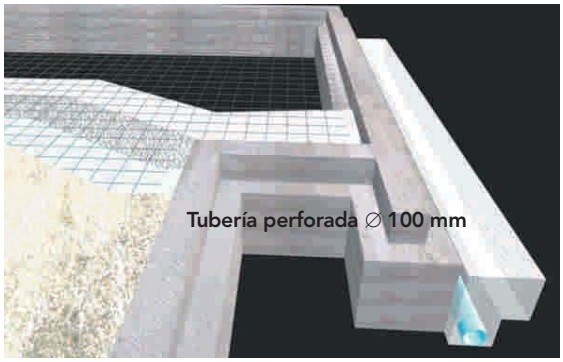


Figura 8 - 1: Instalación de tubo de drenaje en el fondo de zanja que permite evacuar el agua al punto mas bajo, inmerso en un relleno de suelo granular.

También será necesario el empleo de drenes y sellos para evitar el acceso de agua por capilaridad.

En el caso particular de la construcción en madera, se debe considerar siempre la impregnación de toda pieza que se encuentre en contacto con el hormigón.

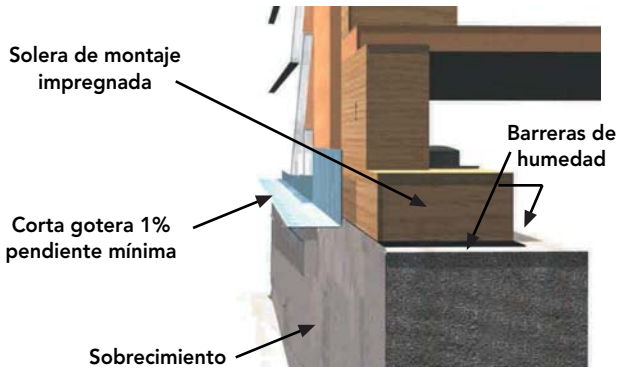


Figura 8 - 2 : Solera de montaje impregnada con 8 kg/m^3 de retención, anclada al sobrecimiento, protegida del contacto di-recto del hormigón con una barrera de humedad (doble fieltro asfáltico).

c) Materialización de la fundación
Cuando el sello de fundación se encuentra bajo el nivel de la napa, las condiciones y métodos para la ejecución de la fundación cambian ostensiblemente, repercutiendo fuertemente en los costos.

8.3 FALLAS EN LAS FUNDACIONES

La falla más común que se presenta en las fundaciones es el asentamiento, o sea, un descenso ocasionado por variadas razones:

- Calidad del suelo
- Deficiente compactación del terraplén
- Vibraciones recepcionadas por el terreno que producen reubicación de los estratos finos
- Peso de la estructura

Este descenso se puede presentar en forma uniforme (igual para todos los puntos de la fundación) o diferenciada (distintos descensos en puntos de la fundación), según sean las condiciones del terreno o por las razones anteriormente enunciadas. Esto último tiene su explicación por:

- Existencia de estratos de suelos con diferentes espesores
- Diferencia en la capacidad de soporte
- Compactación inadecuada del terreno
- Transmisión de presiones de cargas no uniformes a la fundación

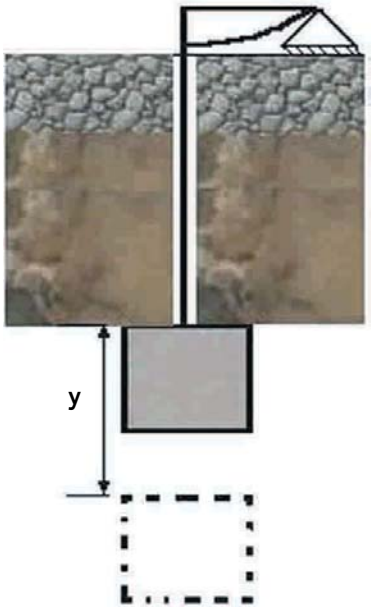


Figura 8 - 3 : Falla de la fundación por descenso.

Otras fallas menos comunes se pueden presentar en las fundaciones. Estas son:

- Vuelco de la fundación en torno a algún punto de giro, debido a mala distribución de la carga y/o estrato de suelo de diferente espesor y capacidad de soporte, y/o momentos volcantes no equilibrados.

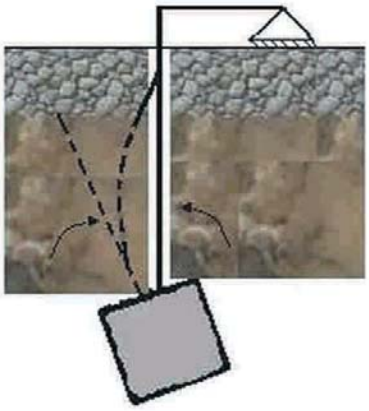


Figura 8 - 4 : Falla de la fundación por volcamiento.

- Traslado de fundación en forma normal al descenso, situación que se presenta en aquellas estructuras donde los esfuerzos horizontales son preferenciales y la fricción en el terreno es insuficiente, debido al esfuerzo vertical que transmite la fundación al terreno de apoyo.

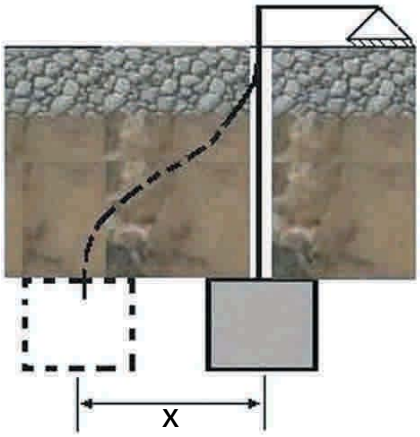


Figura 8 - 5 : Falla de la fundación por traslado.

Según haya sido el diseño de fundación, en el caso de construcciones en madera, se podrán presentar los efectos de falla en la vivienda con ventanas o puertas atascadas, fisuras o grietas en revestimientos rígidos (morteros,enchape de arcillas) o pavimentos rígidos.

UNIDAD 8
FUNDACION

Se puede concluir que el diseño de fundaciones consiste en limitar las deformaciones posibles del suelo a valores que no produzcan efectos perjudiciales a la estructura, para que no se presenten descensos en ningún punto de la fundación y evitar efectos en la vivienda.

8.4 CLASIFICACIÓN DE FUNDACIONES

Las fundaciones se pueden clasificar, entre otras, según el tipo de terreno sobre el cual se materializará la estructura:

8.4.1. Fundación superficial:
Es aquella apoyada en estratos superficiales del terreno, siempre que tengan espesor y capacidad suficiente de soporte para absorber los esfuerzos que le son transmitidos, considerando como se expuso anteriormente, que de producirse asentamientos, estos sean admisibles para la vivienda que se materializa en dicho terreno. Esta fundación generalmente se materializa mediante zapatas y/o cimientos.

8.4.2. Fundación profunda:
Es aquella que, dada la mala calidad o insuficiente capacidad de soporte del terreno superficial, debe profundizarse, ya sea para alcanzar los estratos que sí tienen la capacidad de soporte requerida (fundación soportante) o que por el roce entre la superficie lateral de la fundación y el terreno se soporte la estructura (fundación de fricción). Esta fundación se materializa por medio de pilotes cilíndricos o prismáticos de madera, hormigón o metal, que sirven de fundación hincados en el suelo.

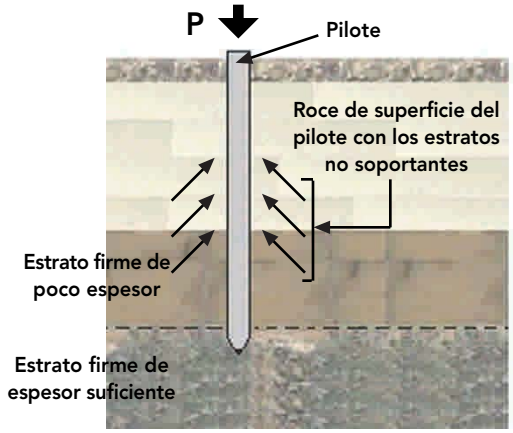


Figura 8 - 6 : Fundación de pilotes.

8.5 SOLUCIONES DE FUNDACIONES MÁS UTILIZADAS EN VIVIENDAS CON ESTRUCTURA DE MADERA DE UNO Y DOS PISOS

Una de las características sobresalientes del sistema constructivo de estas viviendas es el bajo peso de su estructura, comparado con los sistemas constructivos tradicionales (albañilería armada o reforzada y de hormigón), por lo que los esfuerzos transmitidos al suelo son bastante menores. Esto facilita utilizar **"fundaciones superficiales"**, ya que los estratos superficiales son capaces de soportar las cargas de la estructura.

Por esta razón, los tipos de fundaciones superficiales más utilizados en las viviendas con estructura de madera son **la fundación continua y la fundación aislada**.

8.5.1. Fundación continua

8.5.1.1. Elementos que conforman la fundación continua

Sobrecimientos: paralelepípedo de hormigón en masa o bloque de hormigón que puede requerir refuerzos de barras de acero según cálculo. Se ubica sobre el cimiento y tiene un ancho igual o menor a éste e igual o mayor al del muro. Recepciona, ancla, aísla de la humedad y agentes bióticos a los tabiques estructurales perimetrales (muros), o tabiques soportantes interiores, siendo el nexo entre estos y los cimientos.

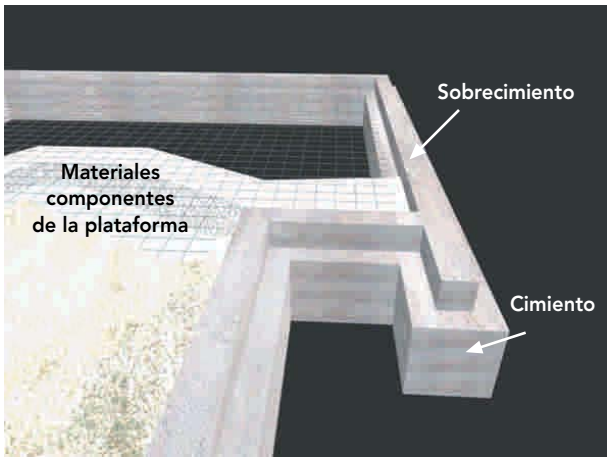


Figura 8 - 7 : Típica solución de fundación continua en plataforma de hormigón, con buena calidad de suelo. Solución ideal de fundación superficial para vivienda estructurada en madera.

- **Cimientos:** Paralelepípedo formado por la excavación de dos planos paralelos y separados por un ancho y altura según cálculo, que recibe las cargas de la vivienda y las transmite al suelo de fundación. Estos elementos estructurales de hormigón en algunos casos incorporan material de bolón (piedras de canto rodado de aproximadamente 10 a 15 cm de diámetro), cuyo porcentaje aceptable, según sea el caso, fluctúa entre 20% a 30%.

Zapatas: elementos estructurales de hormigón, ubicados bajo el cimiento y que son requeridos cuando la capacidad de carga del terreno no es suficiente para soportar la presión que ejercen los cimientos sobre él. Evitan tener que ensanchar todo el cimiento para lograr distribuir las tensiones en el terreno y tener la capacidad soportante necesaria.

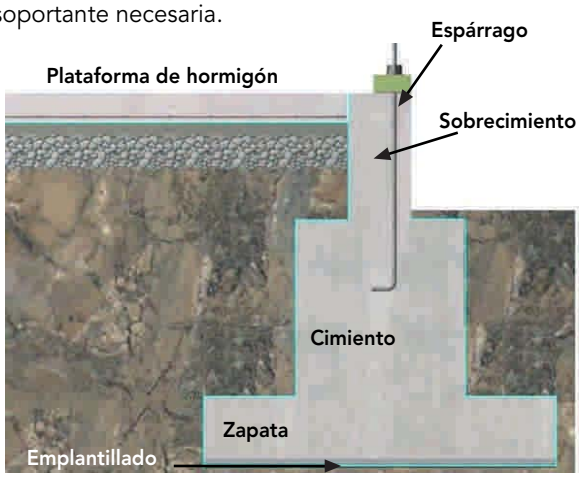


Figura 8 – 8 : Composición de las partes típicas de la fundación superficial, confinada a la plataforma de hormigón, que conforma el piso de la vivienda.

Emplantillado: capa de hormigón pobre, espesor entre 5 a 10 cm, cuya finalidad es nivelar el fondo de la excavación, entregando una superficie plana y limpia para la colocación del hormigón del cimiento.

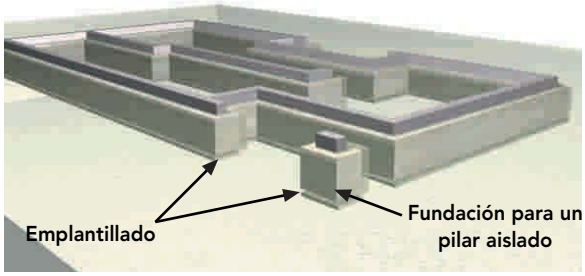


Figura 8 - 9 : Solución de fundación continua con emplantillado de 8 cm de hormigón pobre.

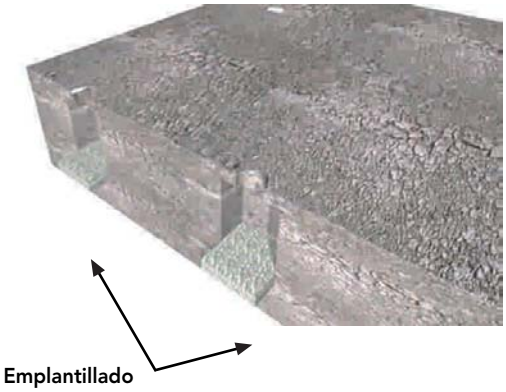


Figura 8 - 10 : Emplantillado típico de 10 cm bajo el pilote de madera impregnado, rollizo de 9" a 10", solución de fundación aislada.

8.5.2. Fundación aislada

Fundación que puede ser materializada mediante pilotes de hormigón armado o pilotes de madera. Normalmente se adopta esta solución en terrenos que tienen pendientes mayores al 10% en el sentido del eje mayor de la planta, por lo que es difícil realizar movimientos de tierra (difícil acceso de maquinaria, terrenos rocosos y duros) y en los que existe presencia de agua o gran humedad del terreno.

8.5.2.1. Fundación aislada de pilotes de hormigón

El sistema consiste en cimientos aislados de hormigón en masa, a los que se les incorpora una armadura de acero en barras, cuya función es anclarlos a una viga de fundación de hormigón armado que desempeña la función de un sobrecimiento armado.

En general, la armadura del pilote y de la viga de fundación, están conformadas por barras de fierro A44-28H.

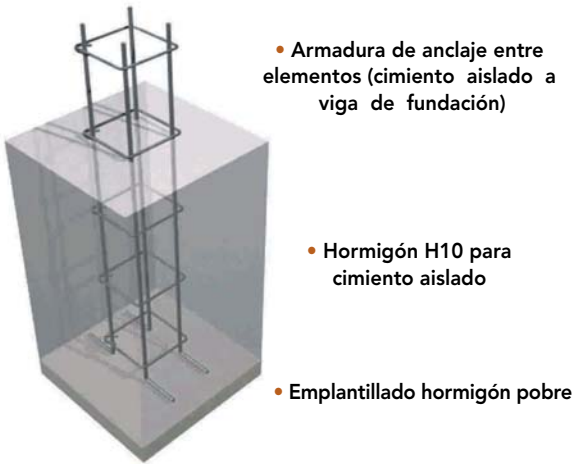


Figura 8 - 11: Pilote de hormigón de sección rectangular, la profundidad del sello de fundación, armaduras y especificaciones, deben ser corroboradas por cálculo estructural.

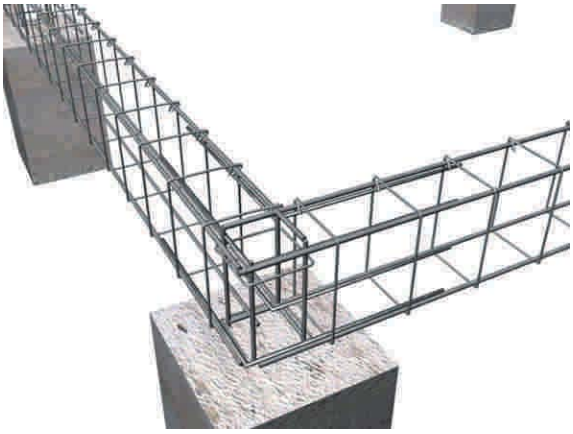


Figura 8 - 12 : Encuentro de esquina de la viga de fundación, donde los fierros del pilote de hormigón pasan a formar parte de la enfierradura de la viga.

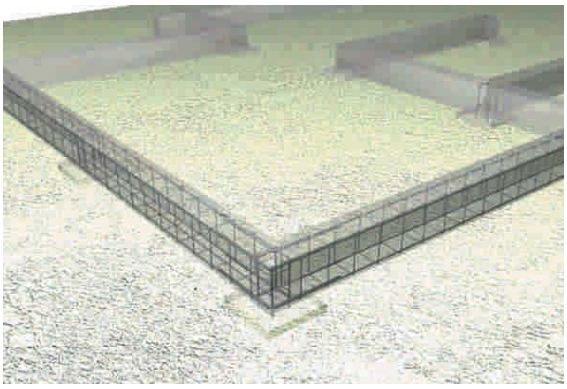


Figura 8 - 13: Viga de fundación que amarra los pilotes de hormigón y recepciona el muro perimetral de la vivienda.

8.5.2.2. Fundación aislada con pilotes de madera

Dada su facilidad, rapidez de ejecución y economía, este sistema de fundación es el más adecuado para viviendas de madera de uno y dos pisos.

Al diseño del cimiento aislado de hormigón en masa se le incorpora un rollizo de 8" a 10" de diámetro (pilote impregnado con 9 Kg/m3 de óxidos activos de CCA) los cuales son unidos mediante las vigas principales de especificaciones, secciones y características estructurales según cálculo, donde se materializa la plataforma de madera que conforma el piso de la vivienda.

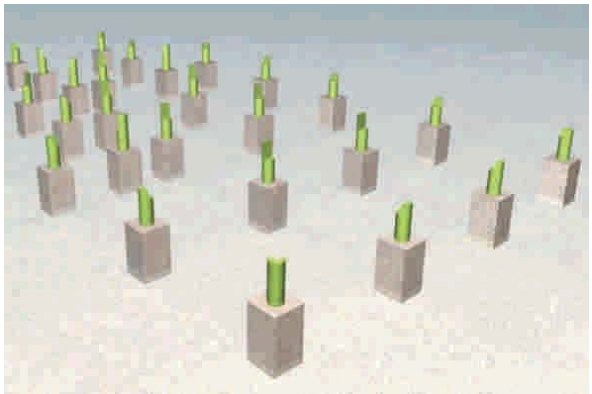


Figura 8 - 14 : Distribución de pilotes de madera impregnados e incorporados a los cimientos de hormigón, que transmiten las cargas al terreno.

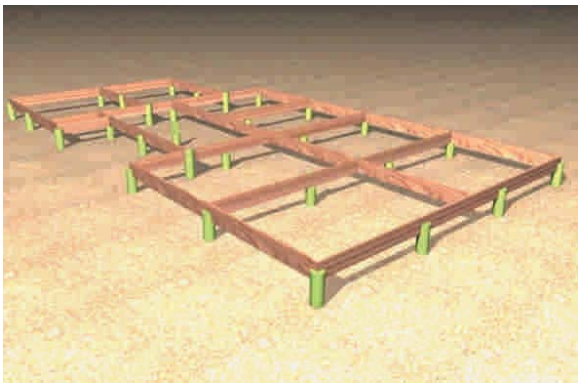


Figura 8 - 15: Vigas friso (viga perimetral) y vigas principales (vigas interiores) que unen las cabezas de los pilotes y transfieren las diferentes cargas de la estructura de la vivienda a la fundación aislada.

Figura 8 - 16: Plataforma de madera que se construye sobre la estructura de la fundación aislada, conformando el primer piso de la vivienda.

Las fundaciones antes expuestas son las soluciones más utilizadas para las viviendas de uno y dos pisos.

8.6. ASPECTOS A CONSIDERAR PARA EL DISEÑO DE LAS FUNDACIONES SEGÚN LA ORDENANZA GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCIONES

- Los cimientos tendrán la superficie necesaria para que la presión máxima sobre el terreno no exceda del valor admisible según la norma oficial correspondiente y a falta de ésta, de acuerdo con la calidad del terreno.

  Los cimientos deberán descansar, en general, sobre superficies horizontales.

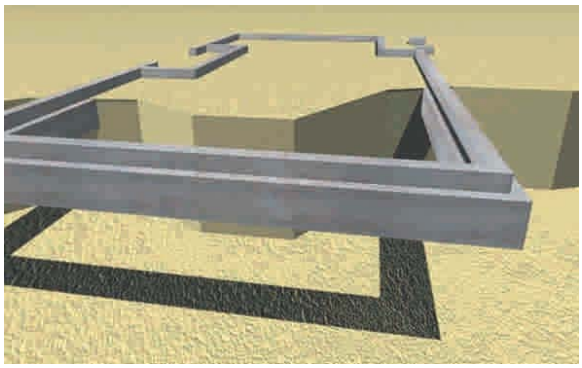


Figura 8 - 17: Vista de un corte del terreno efectuado bajo el cimiento. Altura mínima del cimiento 60 cm.

- En fundaciones con zapatas a distintas profundidades, el ángulo que forma la línea que une los bordes contiguos de zapatas adyacentes con la horizontal, en terrenos aluviales no será mayor que el talud natural y no más de 45°.

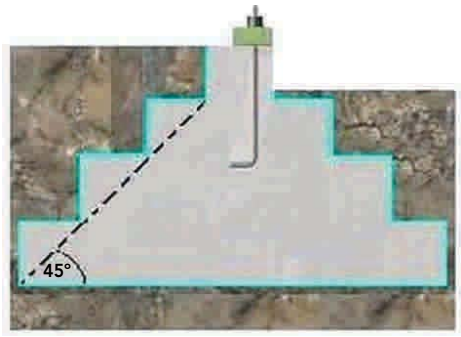


Figura 8 - 18 : Caso de fundación en terrenos aluviales.

- Los escalonamientos individuales de zapatas continuas a lo largo de un muro en terrenos no conglomerados no excederán de 0,45 m de altura, y la pendiente de una serie de ellos no será mayor que el natural del terreno, con un máximo de 30 grados.

- Las dimensiones de los cimientos se proyectarán de tal manera que, cualquier asentamiento que pueda producirse, sea lo más uniforme posible para la estructura.

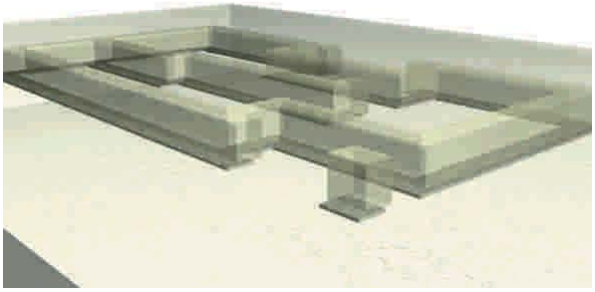


Figura 8 - 19 : El sello de excavación debe situarse en un estrato no removido y ripioso, capaz de soportar las tasas previstas.

- Si el lecho de fundación está formado por terreno compresible o suelos de diferente compresibilidad, el efecto de los diversos asentamientos deberá considerarse en el proyecto de fundación y de la estructura.

- La excavación para cimientos, excepto en roca, se profundizará hasta un nivel en que se obtenga una protección segura contra los efectos del agua superficial y las heladas.

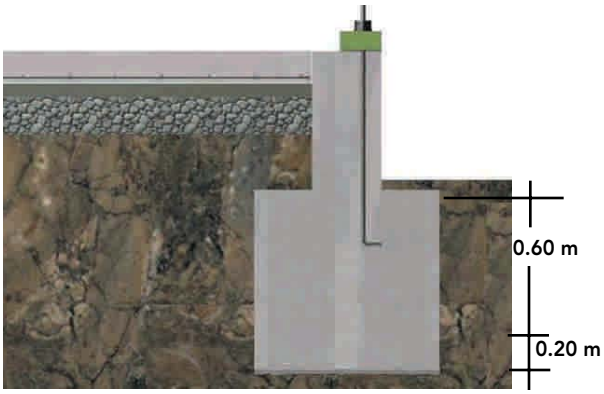


Figura 8 - 20: Profundidad mínima del cimiento con penetración mínima.

  La profundidad mínima de los cimientos de hormigón o de albañilería será de 0,60 m, debiendo penetrar estos, a lo menos 0,20 m en las capas no removidas del terreno, siempre que éste sea capaz de soportar las tasas previstas.

- Bajo la responsabilidad del profesional competente, autor del proyecto estructural, se admitirán profundidades menores u otra solución técnicamente adecuada, situación de la cual deberá quedar constancia en el Libro de Obras, a falta de indicación al respecto en el citado proyecto.

- Ningún cimiento podrá tener un espesor menor al del muro que soporte, incluso sus salientes estructurales.

- El espesor mínimo de los cimientos de hormigón será de 0,20m y el de los de albañilería, 0,30m.

- Las zarpas de cimientos de hormigón sin armar o de mampostería se proyectarán con un ancho no mayor a la mitad de su altura.

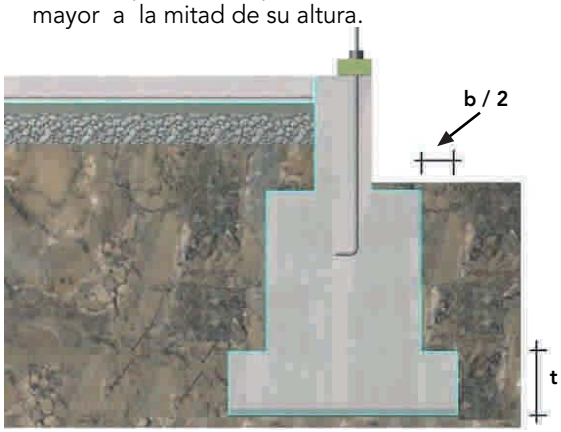


Figura 8 – 21 : Ancho máximo de la zarpa sin armar.

- Se permite que las zarpas de fundación sobresalgan del plano vertical de la línea oficial. En tal caso, el nivel superior de las zarpas deberá quedar a una profundidad mínima de 1 m bajo el nivel de la acera de la calle y su ancho no será superior a la quinta parte de dicha profundidad.

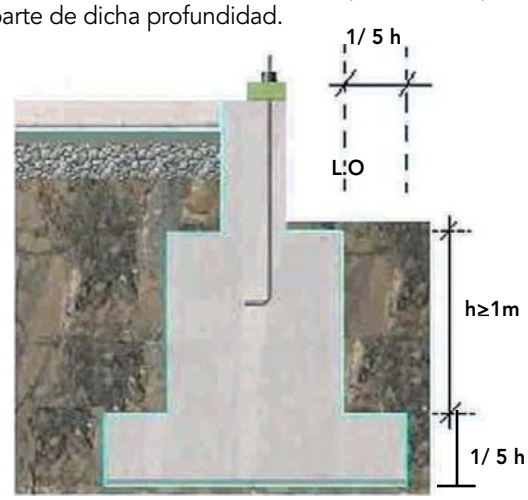


Figura 8 - 22: Situación de fundación con zapata que sobresale de la línea oficial (L.O = línea oficial).

- Bajo la responsabilidad del profesional competente, autor del proyecto estructural, se podrá permitir zar-pas de fundación que no cumplan con la disposición anterior, situación de la que deberá quedar constancia en el Libro de Obras, a falta de indicación al respecto en el citado proyecto.

- La dosificación mínima del hormigón simple en cimiento será de 170 Kgs de cemento por m3 de hormigón elaborado, sin contar el material desplazador que pueda emplearse.

- No se hará soportar a los terrenos de fundación presiones superiores a las que se indican, siempre que se trate de cimientos continuos:

Naturaleza del terreno	Presiones admisibles (kg/cm^2)
1. Roca dura, roca primitiva	20 a 25
2. Roca blanda (toba, arenisca, caliza, etc.)	8 a 10
3. Tosca o arenisca arcillosa	5 a 8
4. Grava conglomerada dura	5 a 7
5. Grava suelta o poco conglomerada	3 a 4
6. Arena de grano grueso	1,5 a 2
7. Arcilla compacta o arcilla con arena seca	1 a 1.5
8. Arena de grano fino, según su grado de capacidad	0.5 a 1
9. Arcilla húmeda	0.5
10. Fango o arcilla empapada	0

Tabla 8 – 1: Presión admisible según terreno.

- Las presiones indicadas podrán modificarse si se demuestra experimentalmente que la resistencia del terreno lo justifica.

- Las presiones admisibles se disminuirán en un 20%, cuando se trate de fundación de machones, pilares, columnas o apoyos aislados, salvo que se justifique experimentalmente o por el cálculo, que no es necesario reducirlas.

- Las presiones admisibles autorizadas presuponen que el espesor de la capa de terreno en que se apoya la fundación es suficiente para repartirlas sobre capas inferiores.

- Si la hipótesis no se cumpliera, el proyectista propondrá la solución técnica que corresponda adoptar, en consideración a las circunstancias locales.

- Las presiones máximas admisibles podrán aumentarse hasta en un 20%, en el caso de considerarse conjuntamente, y en su posición más desfavorable, las cargas verticales, la acción del viento y las fuerzas sísmicas, sin que puedan adoptarse dimensiones inferiores a las requeridas por las cargas estáticas actuando solas.

- Los cimientos deberán estar provistos de una cadena longitudinal de hormigón armado, si la tensión imponible del terreno de fundación es inferior a 2 kg/cm2. La sección mínima de la

armadura será la siguiente para el número de pisos que se indica:

Figura 8 - 23: Sobrecimiento al que se le incorporó armadura de fierro según cálculo. Terreno de fundación es inferior a 2 kg/cm2.

Edificio N° de pisos	Armadura sección mínima
1 piso	2,8cm^2
2 pisos	5.0 cm^2

Tabla 8 – 2: Armadura mínima según N° de pisos.

- Cuando el cimiento sea del tipo de pilares sueltos, se dispondrán amarras horizontales de hormigón armado que aseguren la trabazón de aquellos.

  Estas amarras vincularán todas las partes de la fundación en dos direcciones aproximadamente normales. Cada amarra de hormigón armado será capaz de transmitir por tracción y compresión, al menos el 10% de la carga vertical total soportada por el más solicitado de los apoyos vinculados.

- En terrenos húmedos o en los que existan aguas subterráneas a poca profundidad, se dispondrán capas aislantes a prueba de capilaridad o se construirán drenes, si la Dirección de Obras Municipales lo estimase necesario, para impedir que la humedad ascienda por los muros de los edificios o que el agua subterránea socave las fundaciones.

  No se permitirá construir edificios que se apoyen en suelos movedizos, de tierra vegetal o pantanosos, que no hayan previsto las soluciones de ingeniería necesarias.

- Bajo responsabilidad del profesional competente, autor del proyecto estructural, se podrá aceptar también, la formación de un suelo artificial o la consolidación del existente, si se justifica debidamente la solución propuesta para las condiciones locales correspondientes, situación de la que deberá quedar constancia en el Libro de Obras, a falta de indicación al respecto en el citado proyecto.

- Bajo responsabilidad del profesional competente, autor del proyecto estructural, se podrán aceptar fun daciones de edificios en terrenos formados por rellenos artificiales, situación de la que deberá quedar constancia en el Libro de Obras, a falta de indicación al respecto en el citado proyecto.

- Si el terreno de fundación está formado por capas de material suelto de poco espesor sobre superficies irregulares de rocas o conglomerados, será necesario excavar aquellas y establecer la fundación sobre terreno firme, tomando las debidas precauciones contra posibles empujes del material suelto sobre los cimientos, por efecto sísmico.

  Si el terreno de fundación está constituido por capas delgadas de material suelto sobre una superficie compacta inclinada, la excavación deberá profundizarse hasta el terreno compacto del fondo y fundarse en él por secciones horizontales. Dichas fundaciones deberán calcularse para resistir además de los esfuerzos propios de su condición, los empujes de tierras producidos por un posible deslizamiento del relleno.

- El relleno de las excavaciones practicadas fuera de las líneas de edificación, después de terminados los cimientos, se efectuará con material adecuado para tal efecto indicado por el profesionalcompetente en el respectivo Libro de Obras.

- Cuando se ejecuten construcciones que no cuenten con proyecto de estructuras en los términos previstos en la Ordenanza, la Dirección de Obras Municipales podrá exigir un reconocimiento del suelo para determinar el tipo de fundación, la profundidad más conveniente y la carga unitaria admisible, en todos aquellos casos en que se desconozcan las condiciones geológicas e hidrológicas del subsuelo. Estos reconocimientos serán de cuenta exclusiva del propietario.

- En edificios fundados sobre pilotes, la capacidad soportante de estos podrá determinarse por un ensayo de carga o calcularse por una fórmula empírica o por las normas técnicas respectivas.

- La capacidad soportante del pilotaje se determinará por ensayos de carga:

  1.- Cuando el tipo de suelo o de pilotaje sea tal, que las fórmulas empíricas sean inaceptables.

  2.- Cuando la carga admisible considerada en el proyecto exceda la determinada por las fórmulas aceptadas.

  3.- Cuando los resultados de la clavadura sean de dudoso valor, debido a las características del suelo o al tipo de martinete empleado.

  La transmisión de las cargas a los pilotes se realizará por medio de un cabezal u otra disposición adecuada. En el caso del hormigón armado, los pilotes deben quedar empotrados por lo menos 0,30 m en el cabezal.

  Los pilotes se deben disponer de tal manera que la resultante de las cargas coincida con la resultante de las reacciones, suponiendo que aquellos absorben uniformemente las cargas consideradas.

  Los esfuerzos sísmicos horizontales deberán considerarse especialmente en los pilotajes, recomendando el empleo de pilotes inclinados.

- En caso de emplearse pilotes de madera, ésta deberá ser de clase y calidad aceptada por las normas oficiales (ASTM 625 o ANSI 06.1), y los pilotes deberán quedar permanentemente bajo agua.

- La Dirección de Obras Municipales podrá aceptar otros procedimientos de fundación no especificados, justificados por el proyectista si las características del terreno lo aconsejan.

8.7 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS GENERALES A CONSIDERAR EN LA MATERIALIZACIÓN DE LAS FUNDACIONES

8.7.1 Fundación continua

Este sistema de fundaciones requiere una secuencia de construcción tradicional prácticamente igual a la utilizada en viviendas o edificios de hormigón o albañilería.

Su ejecución, en general, considera la siguiente secuencia:

- Materialización de un cerco de Pino radiata perimetral distanciado a 1,50 m de los ejes definitivos que conforman la planta de la vivienda.

- Este cerco debe estar conformado por estacones de 3"x 3", de altura aproximada 1,50 m, alineados y distantes unos de otros por 1,60 m y enterrados en el suelo natural a 0,50 m como mínimo.

- A 0,50 m aproximadamente del suelo, sobre el estacón ubicado en el punto más alto del terreno, se transfiere marca con la ayuda de un nivel de manguera o topográfico a cada uno de los estacones.

- En las marcas niveladas se clavan las tablas de 1"x 5", de largo de 3,2 m, que unirán los estacones formando un plano horizontal. Sobre el cerco conformado por tablas horizontales se marcan los ejes de los muros (tabiques soportantes), los que por cálculo deben contar con fundación, según especifique el plano de planta de fundaciones de la vivienda.

- Replanteo de los ejes y ancho de excavación de las fundaciones.

  Las excavaciones deben cumplir con los requerimientos de paralelismo y ortogonalidad entre sus paredes, cuidando de retirar todo material suelto o contaminante desde el fondo de la excavación.

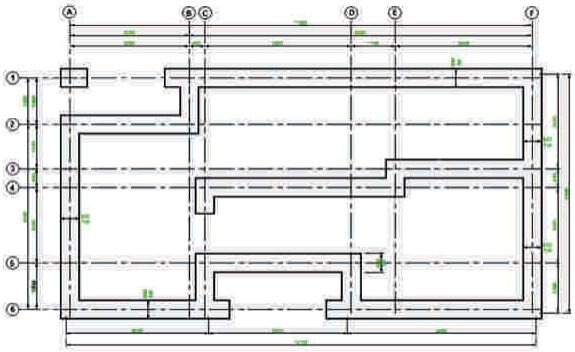


Figura 8 - 24: Plano de excavaciones de la vivienda prototipo.

Verificadas las condiciones geométricas de la excavación, se recomienda colocar un polietileno (e = 0,5 mm) para ayudar a evitar el ingreso de humedad a la fundación, con el futuro riesgo de que ésta llegue a la estructura de la vivienda.

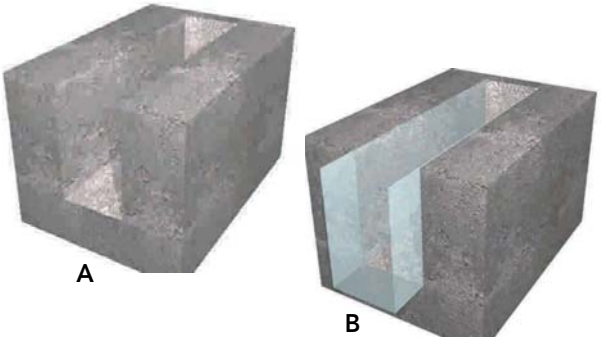


Figura 8 - 25: En la figura A la excavación ha sido controlada geométricamente y en la B se ha dispuesto polietileno de e = 0,5 mm en las paredes de la excavación.

- Dependiendo del volumen requerido y de sus propiedades mecánicas, el hormigón de fundaciones puede ser confeccionado en obra por medios mecanizados simples (betonera eléctrica o bencinera), o bien, ser trasladado a obra por medio de camiones premezcladores desde una planta proveedora.

- Según lo establezca el diseño estructural, el cimiento continuo puede considerar la incorporación de bolón desplazador en volúmenes que van desde el 20 al 30%. En caso de ser así especificado y previo acopio al costado de las excavaciones, los bolones limpios y humedecidos deben ser dispuestos en capas uniformes, cuidando dejar cada unidad completamente embebida y en contacto con el hormigón.

Figura 8 - 26: Cimiento hormigonado de acuerdo a las indicaciones, incorpora un hidrófugo.

- Al término del hormigonado en capas no superiores a 20 cm y estando la última en estado fresco, es conveniente dejar incorporados espárragos de acero de 8 a 10 mm, para anclar la masa de hormigón de éste último con la del sobrecimiento. Estos espárragos deben ser hincados en un largo mínimo de 15 cm (con gancho de 10 cm excluido) en el cimiento, y otros 15 cm, al hormigonar el sobrecimiento.

- Estos espárragos de anclaje deben disponerse a lo largo del cimiento distante 120 cm máximo uno de otro y en cada encuentro ortogonal de la fundación.

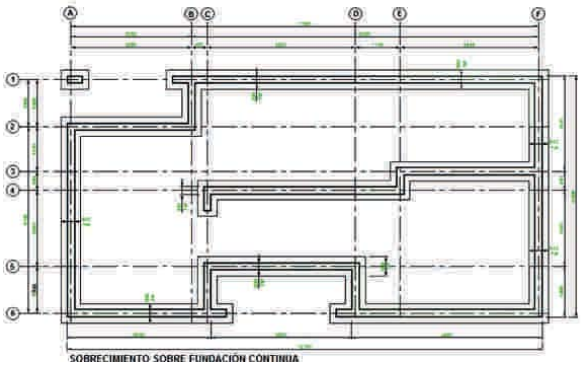


Figura 8 - 27 : Plano de fundación de vivienda prototipo y corte de la solución tipo.

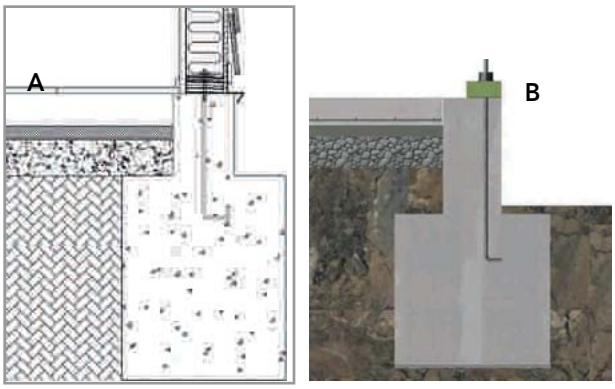


*Figura 8 - 28: Figura **A**, representación técnica del corte de la fundación tipo, figura **B**, un corte de la fundación en terreno.*

- El sobrecimiento de hormigón en masa (en algunos casos de hormigón armado) de dimensiones mínimas 20 x 20 cm, se ejecuta una vez endurecido el hormigón de fundaciones, no sin antes haber colocado y rectificado los moldajes para el hormigón y las armaduras (si se trata de sobrecimientos armados).

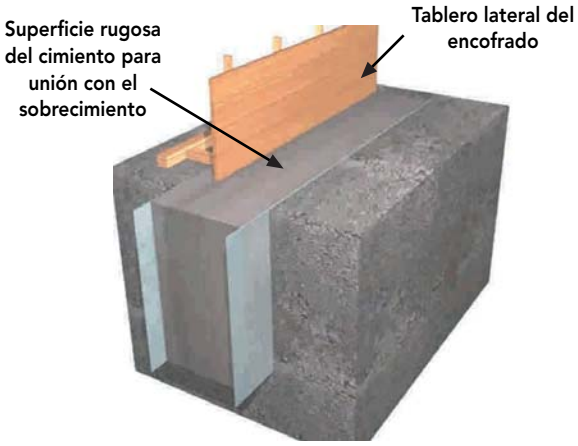


Figura 8-29: Instalación inicial del encofrado para la materialización del sobrecimiento.

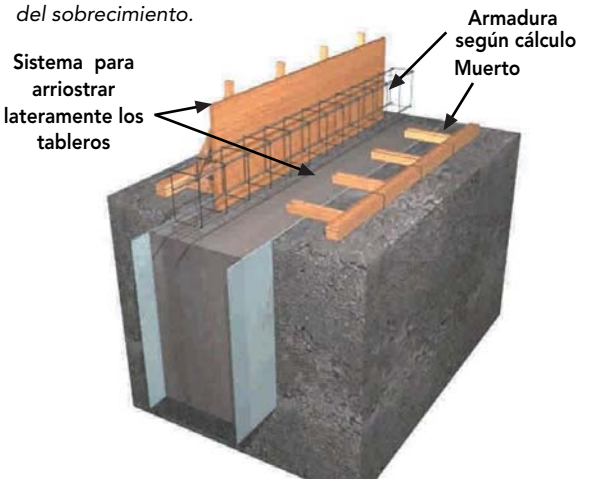


Figura 8 - 30: Instalación de la armadura para el sobrecimiento, en caso que el cálculo así lo indique.

Figura 8 - 31: Control geométrico de la instalación del encofrado del sobrecimiento.

- El sobrecimiento debe presentar en su punto más desfavorable (cota más alta del emplazamiento de la vivienda), 20 cm a la vista por sobre el nivel de suelo natural.

- La colocación de moldajes o encofrados para hormigón requiere un especial cuidado cuando se trata de construcciones en madera, con elementos prefabricados en planta, ya que cualquier variación dimensional de la plataforma de hormigón, descuadre de ejes de construcción y hormigonado irregular y disparejo de la superficie, provocará serios problemas durante el montaje de los tabiques tanto interiores como perimetrales.

Figura 8 - 32 : Fundación continua con sobrecimiento de hormigón armado.

- **Es recomendable que los moldajes de sobrecimiento cumplan con dos condiciones:**

- Los moldajes de la cara externa de la plataforma completa deben cumplir irrestrictamente con las dimensiones de borde perimetral (anchos y largos) de la plataforma de hormigón indicadas en los planos, ya que de ello depende en gran medida, un exacto y correcto montaje de tabiques perimetrales e interiores de la vivienda.

- El borde superior de los encofrados debe servir de guía para establecer un plano horizontal en los sobrecimientos, para el correcto montaje de tabiques estructurales, tanto perimetrales, como interiores si los hubiere.

- Como alternativa para materializar el sobrecimiento en suelos de buena calidad, se puede utilizar bloques de hormigón prefabricados, los cuales según cálculo, requerirán de armaduras dispuestas en forma vertical y horizontal.

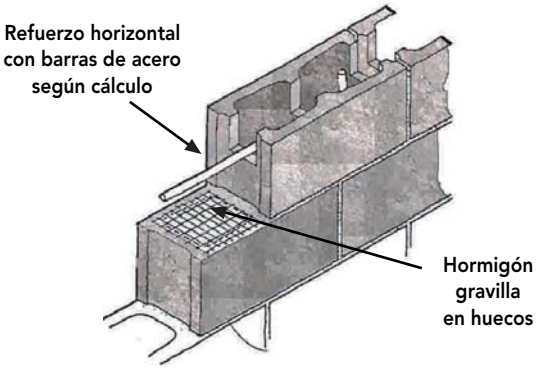


Figura 8- 33 : La instalación de los bloques de hormigón como sobrecimiento debe ceñirse a las especificaciones de cálculo e indicaciones del fabricante.

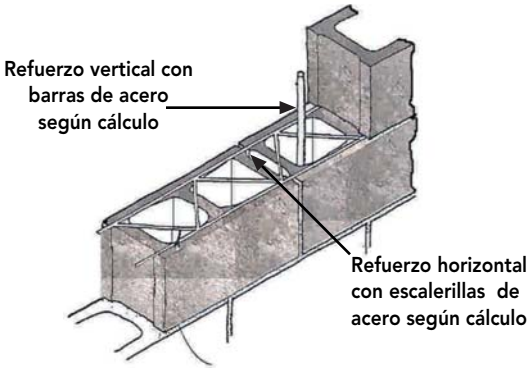


Figura 8 - 34 : De mucha importancia resulta proteger los bloques de hormigón en sus paramentos exteriores de la humedad por capilaridad, adquirida por contacto con el terreno o por lluvia directa.

- Si se tiene especificado como solución de anclaje, espárragos para los tabiques soportantes perimetrales, es recomendable que estos queden incorporados desde el cuarto inferior del sobrecimiento (75% de su altura) como mínimo, al momento de hormigonado. Estos espárragos son de acero, en barras A44-28H de diámetro no inferior a 10 mm o barras con hilo en su parte superior. En general, se deben instalar 3 espárragos por pieza de 3,2 m de largo o por sobresolera de montaje, uno a 10 cm en cada extremo de la pieza y un tercer espárrago en el medio.

8.7.2 Fundación aislada de hormigón

- Este sistema también requiere una secuencia tradicional de ejecución, sin embargo, su principal diferencia respecto al anterior, es la disminución de volúmenes de hormigón, un sustancial aumento de enfierraduras y un mayor grado de resistencia de los hormigones.

Su ejecución en general considera la siguiente secuencia:

- Cerco de iguales características al anteriormente expuesto para el replanteo de las fundaciones.

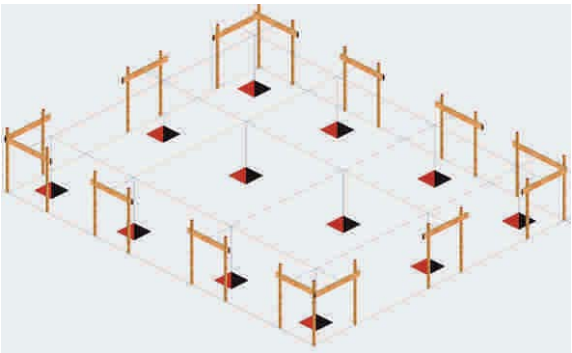


Figura 8 - 35: Cerco perimetral que permite replantear cada eje de los cimientos aislados según plano de fundaciones.

- Las dimensiones normales de las excavaciones de unidades individuales de cimiento aislado son de 40 x 40 cm de base y 80 cm de profundidad mínima, cota que depende de donde se encuentre el estrato firme del suelo.

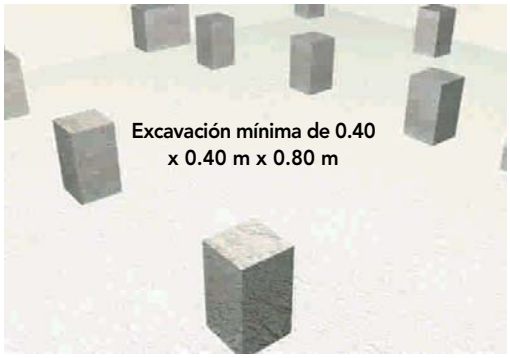


Figura 8 - 36: Corte realizado a nivel del emplantillado que muestra las excavaciones que se deben realizar para los cimientos.

- Paralelismo y ortogonalidad entre las paredes de las excavaciones.

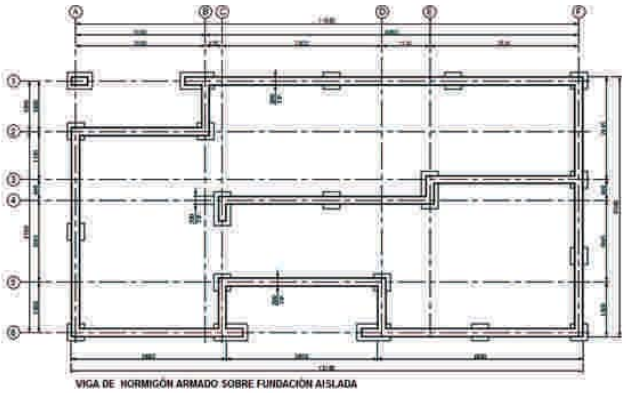


Figura 8 - 37 : Plano de fundación aislada con viga de hormigón armado, donde se especifican los ejes que es necesario replantear para los cimientos aislados.

- Fondo de cada excavación (sello de fundación) se nivela con emplantillado de hormigón de 170 Kg cm/m3), de 6 a 8 cm de espesor. Emplantillado necesario para el trazado, replanteo y colocación de la armadura de hormigón que llegará hasta la viga de fundación.

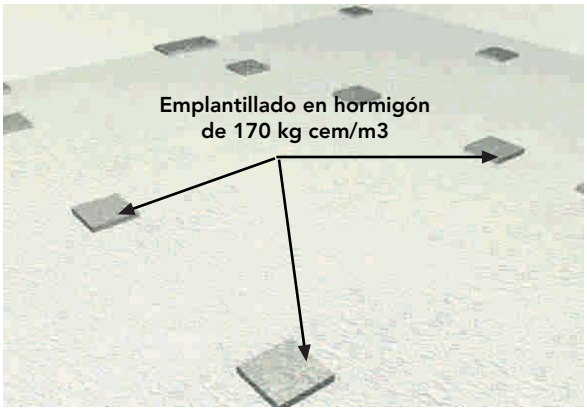


Figura 8 - 38: Vista del corte ejecutado a nivel del emplantillado de la fundación aislada de hormigón.

- La fundación aislada requiere de hormigón en masa, de dosificación mínima H10 y, en ningún caso, se acepta incorporar bolón desplazador.

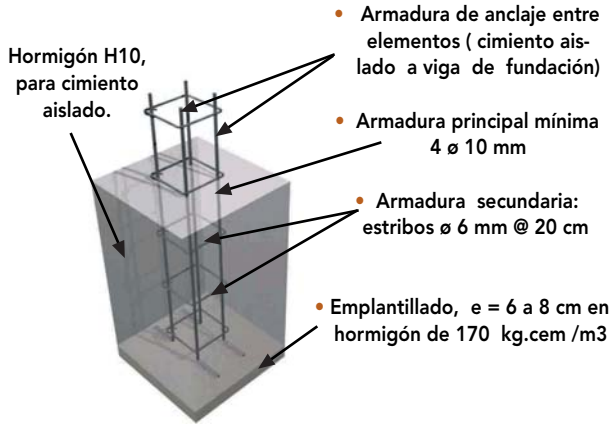
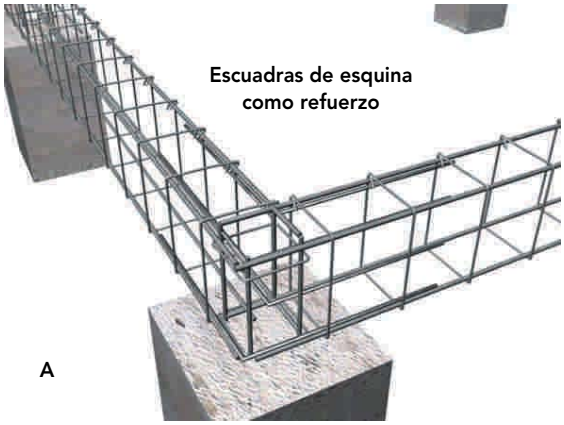


Figura 8 - 39 : Armadura de los cimientos de hormigón.

- A cada cimiento aislado se le ha incorporado la armadura compuesta por 4 barras de acero A44-28H, de diámetro mínimo 10 mm y estribos ø 6 a 20 cm, según cálculo.

- Se debe tener especial cuidado en la colocación del moldaje, armaduras y hormigonado de las vigas, ya que la falta de control de estas actividades puede resultar en un desfase de la o las vigas, con respecto a los ejes definidos por proyecto, y cuando se proceda al anclaje de los tabiques soportantes, puede repercutir en la solución preestablecida, en el área estructural y arquitectónica.

- Las armaduras de vigas de fundación en el encuentro ortogonal normalmente consultan refuerzos con 4 barras de acero de 8 ó 10 mm, haciendo una escuadra de lado 50 cm (2 arriba y 2 abajo), según cálculo.



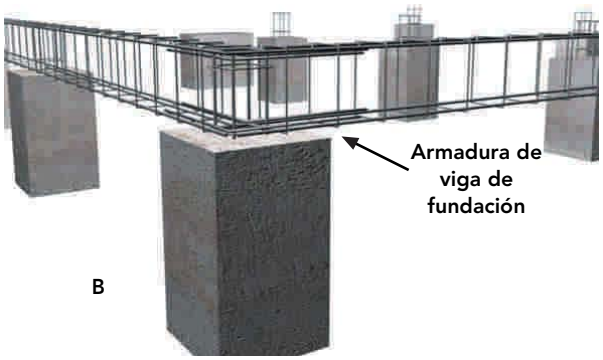


Figura 8 - 40: Vistas (A y B) de la unión entre la armadura del cimiento y la armadura de la viga de fundación y refuerzo de esquina.

- Las dimensiones de la sección transversal de la viga, para el ejemplo son de 20 x 20 cm, con armadura mínima compuesta por 4 barras de acero A44 - 28H de ø 12 mm, estribos en barras de acero liso ø 6 mm cada 20 cm y hormigón H20, con aditivo hidrófugo. Todo lo anterior corroborado por el cálculo.

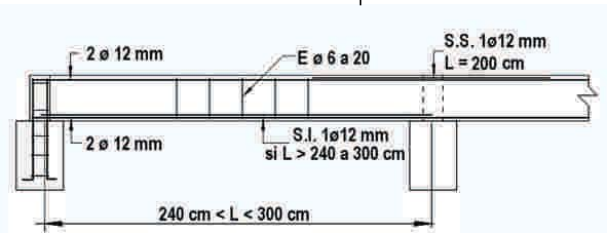


Figura 8 - 41: Plano detalle de la armadura de la viga de fundación.

- En general, cuando la distancia entre apoyos (cimiento aislado) sea entre 2,40 m y 3,00 m en vivienda de dos pisos, es necesario incluir suples de diámetro de 12 mm, de igual longitud (240 a 300 cm), en la zona central inferior de la viga; y un suple superior de largo de 200 cm repartido en la zona central en el eje de cada apoyo lateral (momento negativo en el punto de apoyo de la viga con la fundación aislada), como se especifica en el plano de la Figura 8 – 41.

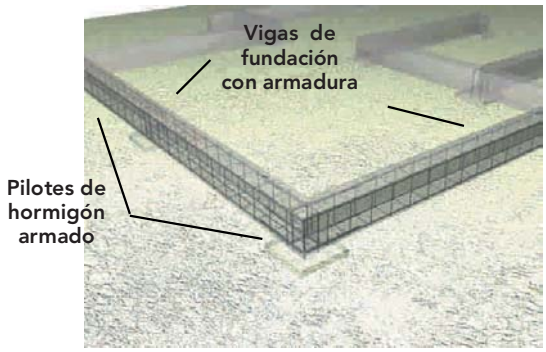


Figura 8 - 42: Viga de fundación hormigonada con suples correspondientes.

- Desde el cuarto inferior de la viga de fundación (75% de su altura), al momento del hormigonado, se deben incorporar espárragos de acero (A44 - 28H) de diámetro no inferior a 10 mm o barras con hilo en su parte superior, cuya función será la de anclar la estructura de los tabiques a las vigas de fundación.

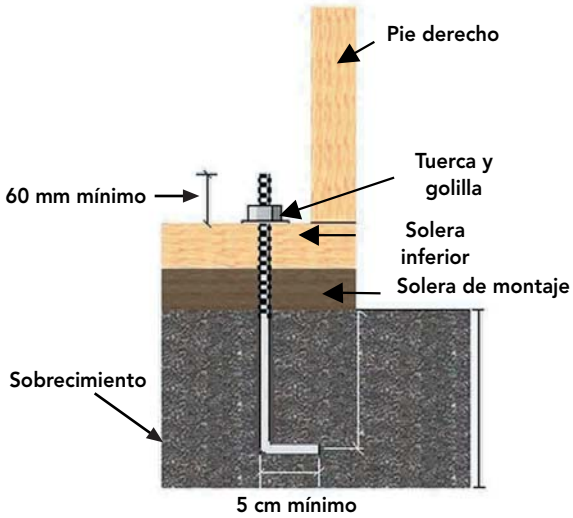


Figura 8 - 43 : Detalle de la barra de acero hilado que ancla la estructura del tabique soportante al sobrecimiento o viga de fundación

- La viga de fundación debe presentar 20 cm a la vista por sobre el nivel de suelo natural en su punto más desfavorable (cota más alta del emplazamiento de la vivienda).

8.7.3 Fundación aislada con pilotes de madera

Las actividades de replanteo y excavación de los cimientos se realizan con la misma metodología utilizada en la fundación aislada de cimientos de hormigón.

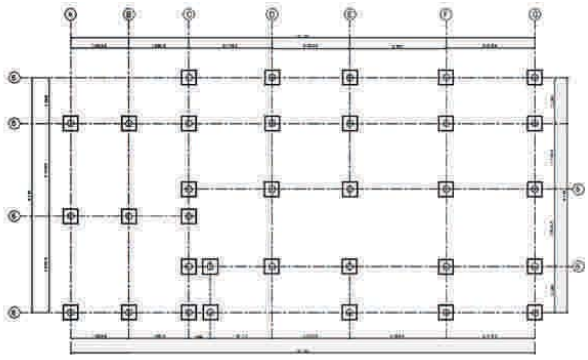


Figura 8 - 44 : Plano de fundación aislada con pilotes de rollizos de madera de diámetro de 8" a 10", disposición de los cimientos según los ejes respectivos.

Los aspectos constructivos diferentes se presentan con la colocación del emplantillado en el fondo de la excavación, una cama de ripio de espesor de 8 a 10 cm que permite aislar el pilote de madera impregnado de la humedad del suelo.

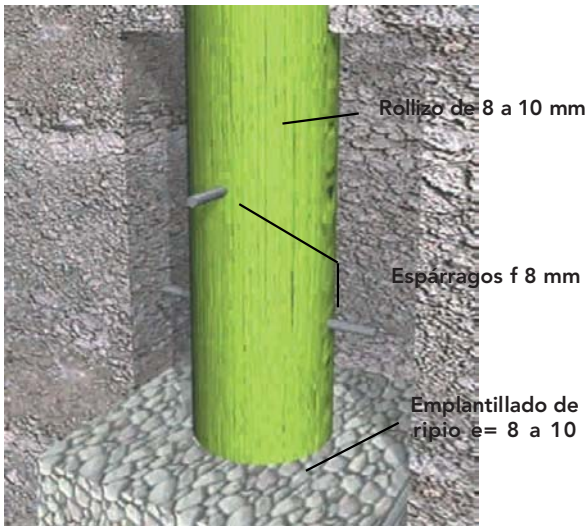


Figura 8 - 45 : Emplantillado de ripio para los pilotes de madera impregnados, espárragos para la adherencia con el hormigón.

- Previo al hormigonado del pilote, éste se debe arriostrar y quedar en posición vertical y centrado, controlando sus cotas según proyecto. Al pilote se le introduce al menos 4 espárragos de fierro de ϕ 8mm, largo 25 cm (dependiendo del diámetro del rollizo), para una mejor adherencia con el hormigón de cimiento.

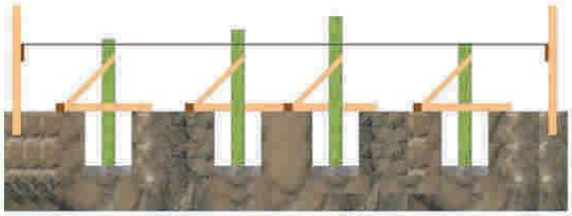


Figura 8 - 46: Control geométrico de los pilotes, planimetría y altimetría según plano. Arriostramiento de pilotes para cuidar la verticalidad durante el hormigonado del cimiento.

- Arriostrados y controlados geométricamente con instrumento topográfico, se proceden a hormigonar los cimientos de los pilotes.

- Fraguado el hormigón, se procede a nivelar y rebajar la cabeza de los pilotes, como lo muestra el plano de detalle y/o especificaciones correspondientes. Los rebajes no deben superar el 50% del diámetro del pilote, permitiendo ubicar las vigas maestras que amarran definitivamente al conjunto de pilotes, que posteriormente recibirán la plataforma de madera.

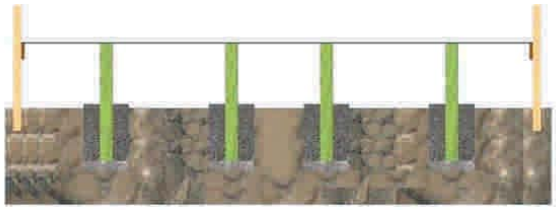


Figura 8 - 47: Hormigonado de los cimientos y nivelación de la cabeza de los pilotes.

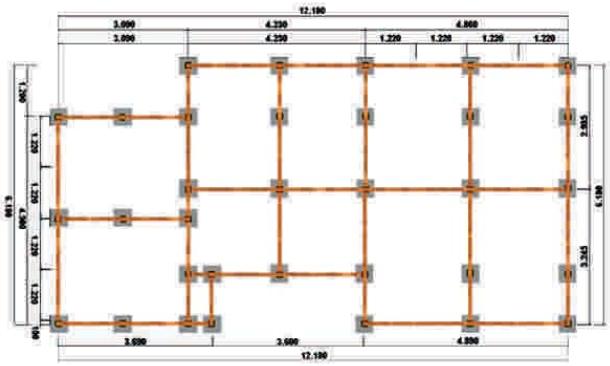


Figura 8 - 48 : Plano de vigas principales que amarran las cabezas de los pilotes, conformando el plano horizontal de la plataforma de madera.

- Definida la cota para la plataforma de madera, y según la topografía del terreno, se procede a los arrostramientos permanentes de estos, según cálculo, cuando los pilotes superan el metro de altura.

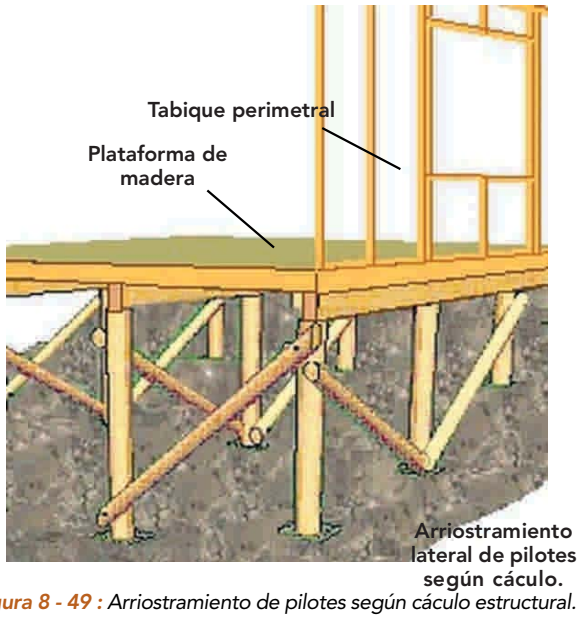


Figura 8 - 49 : Arriostramiento de pilotes según cáculo estructural.

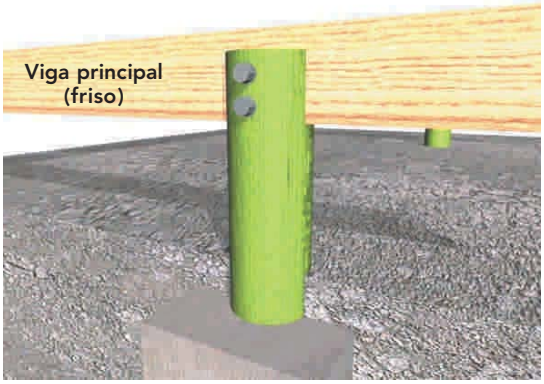


Figura 8 - 50: Fijación de la viga principal a los pilotes mediante pernos, golillas y tuercas

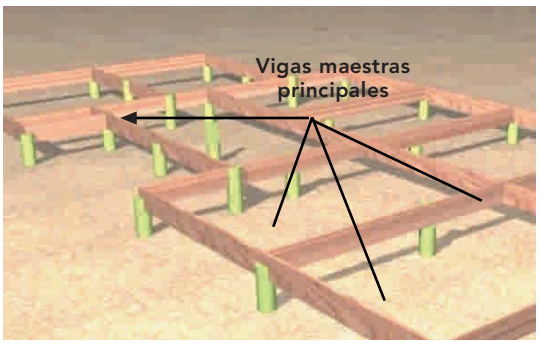


Figura 8 - 51: Fundación aislada,materializada considerando los aspectos y criterios de cálculo.

8.7.4. Plataforma de hormigón

Estructura horizontal conformada por capas de diferentes materiales (ripio, arena, hormigón) y de distintos espesores que se apoya en el terreno natural con capacidad de soporte suficiente y cuyas funciones son:

- Aislar la vivienda de los agentes externos provenientes del suelo natural (humedad, agentes bióticos).
- Recepción de cargas del peso propio de tabiques autosoportantes que conforman los recintos interiores de la vivienda.
- Cargas de uso y tránsito de los usuarios.
- Base a la solución de pavimento.

En la zona interna, entre sobrecimientos que confinan los materiales que conforman la plataforma de hormigón conocida como radier, se colocan en orden ascendente los siguientes materiales:

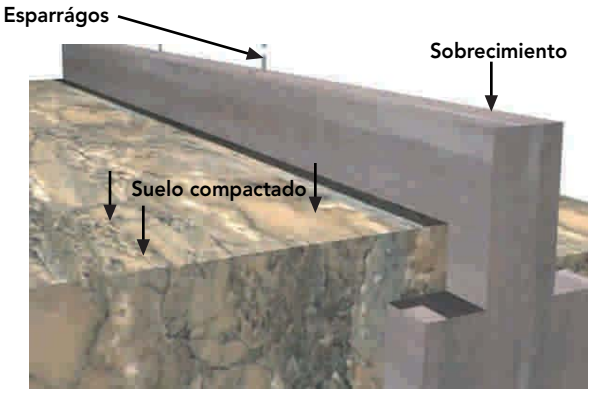


Figura 8 - 52: Rigurosa compactación del suelo, donde se apoya la plataforma de hormigón.

- Suelo compactado mecánicamente de espesor total mínimo de 20 cm, que depende de la profundidad o cota de ubicación del estrato firme para fundar.

Figura 8 - 53: Colocación de la cama de ripio de espesor de 8 a 10 cm.

- Cama de ripio, chancado o de canto rodado, de granulometría nominal 2", de espesor mínimo e = 8 cm compactado mecánicamente, cuya función es evitar la ascensión de la humedad por capilaridad proveniente del suelo natural.

Figura 8 - 54: Colocación de cama de arena sobre el ripio.

- Capa de arena de 3 cm de espesor. Su finalidad es evitar la perforación de la barrera de humedad (lámina de polietileno que se coloca con posterioridad) por efecto del tránsito de personas y/o carretillas, durante las distintas faenas involucradas hasta el hormigonado del radier. Al mismo tiempo, ayuda a proteger las cañerías de las instalaciones de la vivienda.

Figura 8 - 55: Instalación de la barrera de humedad, polietileno de e= 0,5 mm.

- Barrera de humedad en lámina de polietileno de e = 0,5 mm que asegura la no ascensión de humedad hacia el hormigón. En la colocación de dicha lámina, se debe tener la precaución de ejecutar todos los retornos necesarios por encima del sobrecimiento para evitar el ingreso de humedad en general a la vivienda.

Figura 8 - 56: Colocación de la malla electrosoldada sobre separadores plásticos de 2 cm sobre la barrera de humedad.

- Malla metálica electrosoldada opcional para el radier, requerida a veces para asegurar que no ocurran micro-descensos por defectos en la compactación de la base. Se debe tener especial cuidado de colocar los separadores adecuados para que la malla no quede apoyada directamente en la base. También se puede utilizar en plataformas de hormigón que recibirán tabiques estructurales y que por exigencia del tipo de solución de pavimento lo requieran.

Figura 8 - 57: Colocación del hormigón que ha sido reforzado por la malla electrosoldada de 4. 3 mm de espesor.

- Radier de hormigón de tipo H10 como mínimo. En algunos casos es conveniente incorporar al hormigón un aditivo impermeabilizante.

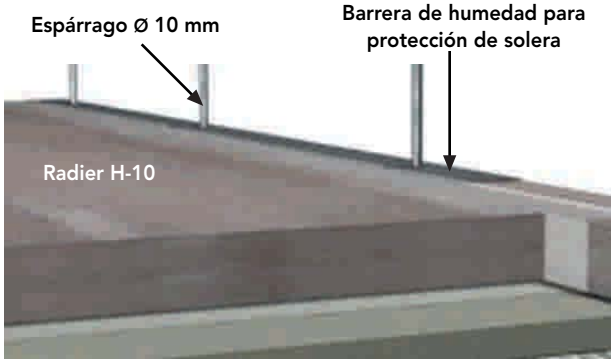


Figura 8- 58: Es conveniente reforzar sobre el polietileno que se instala arriba del sobrecimiento, mediante barrera de humedad bajo la solera del tabique.

Se debe asegurar que todas las instalaciones que deban incorporarse a la plataforma de hormigón sean realizadas con la antelación debida, inspeccionando el atraque del hormigón a las diferentes pasadas, para no dejar espacios que permitan la infiltración de aguas o el ingreso de insectos (termitas).

Asegurar que al instalar la sobresolera o solera inferior impregnada no haya contacto directo con el hormigón, verificando la colocación de la doble barrera de humedad (fieltro alquitranado) bajo la sobresolera o solera inferior.

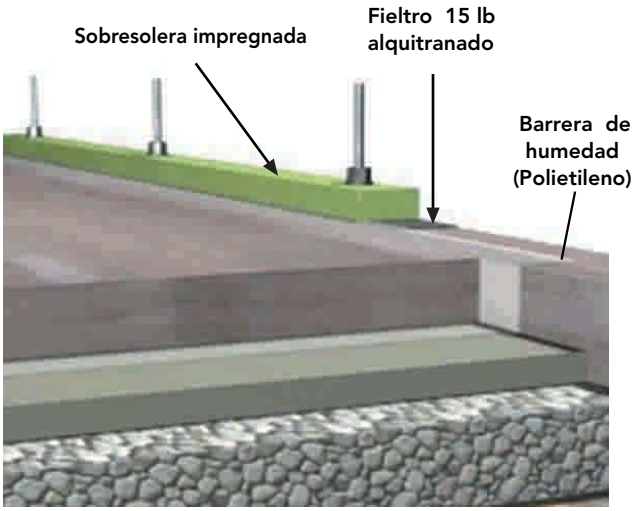


Figura 8 – 59: Instalación de la sobre solera para anclar el tabique perimetral soportante (muro), en la fundación continua con plataforma de hormigón.

BIBLIOGRAFIA

- Ambroser, J; Parker, H, "Diseño Simplificado de Estructuras de Madera", 2° Edición, Editorial Limusa S.A de C.V, México D.F, México, 2000.

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.

- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.

- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.

- De Solminihac, H; Thenoux, G, "Procesos y Técnicas de Construcción", Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 1997.

- D.F.L. N° 458 y D.S N° 47 Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).

- Espinoza, M; Mancinelli, C, "Evaluación, Diseño y Montaje de Entramados Prefabricados Industrializados para la Construcción de Viviendas", INFOR, Concepción, Chile, 2000.

- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.

- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.

- Hanono, M,; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.

- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.

- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- 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.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).

- NCh 173 Of.73 Madera –Terminología general.

- NCh 174 Of.85 Maderas – Unidades empleadas, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones.

- NCh 176/1 Of 1984 Madera – Parte 1: Determinación de humedad.

- NCh 630Of.98 Madera – Preservación – Terminología.

- NCh 631 Of.95 Madera preservada – Extracción de muestras.

- NCh 755 Of.96 Madera – Preservación – Medición de penetración de preservantes de la madera.

- NCh 786 Of.71 Madera – Preservación – Clasificación de los preservantes.

- NCh 789/1 Of.87 Maderas – Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural.

- NCh 790 Of.95 Madera – Preservación – Composición y requisitos de los preservantes para madera.

- NCh 819 Of. 2003 Madera preservada - Pino radiata – Clasificación y requisitos.

- NCh 969 Of.1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas- Condiciones generales para los ensayos.

- NCh 1198 Of. 1991 Madera – Construcciones en madera – Cálculo.

- 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 Madera – Agrupamiento de especies madereras según su resistencia. Procedimiento.

- NCh 1990 Of.86 Madera – Tensiones admisibles para madera estructural.

- NCh 2824 Of.2003 Maderas – Pino radiata – Unidades, dimensiones y tolerancias.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

CORMA

CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 9

ENTRAMADOS HORIZONTALES

Centro de Transferencia Tecnológica

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 9

Centro de Transferencia Tecnológica

UNIDAD 9

ENTRAMADOS HORIZONTALES

9.1 GENERALIDADES

Se llama entramado a la disposición de piezas estructurales de madera que se combinan en diversas posiciones formando una trama, en este caso, horizontal.

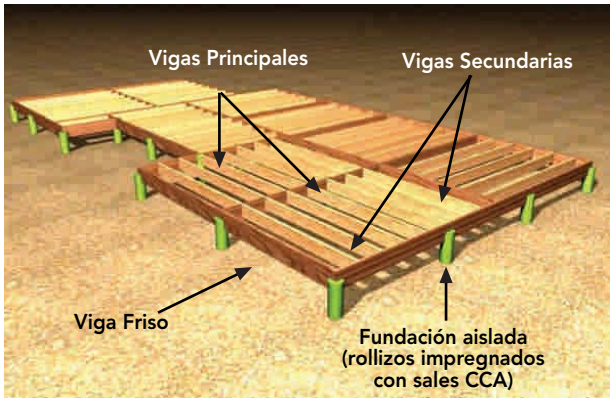


Figura 9 - 1: Ejemplo de un entramado horizontal sobre una fundación aislada, conformado por un conjunto de vigas (principales y secundarias) dispuestas en forma ortogonal.

Estas estructuras reciben las cargas conformadas por el peso propio de los materiales que lo constituyen, las sobrecargas permanentes y de uso, y los esfuerzos laterales como vientos y sismos. Todas ellas son transmitidas al terreno a través de las fundaciones continuas o aisladas o a los tabiques soportantes que las transmiten a su vez al piso inferior (plataforma de entrepiso).

Además del piso y entrepiso, otro entramado horizontal lo constituye el cielo, que recibe las cargas del peso propio de los materiales que lo conforman y su solución de revestimiento.

9.2 TIPOS DE ENTRAMADOS

Los entramados horizontales se pueden clasificar según:

- **Función**
- **Capacidad de transmisión de los esfuerzos laterales**

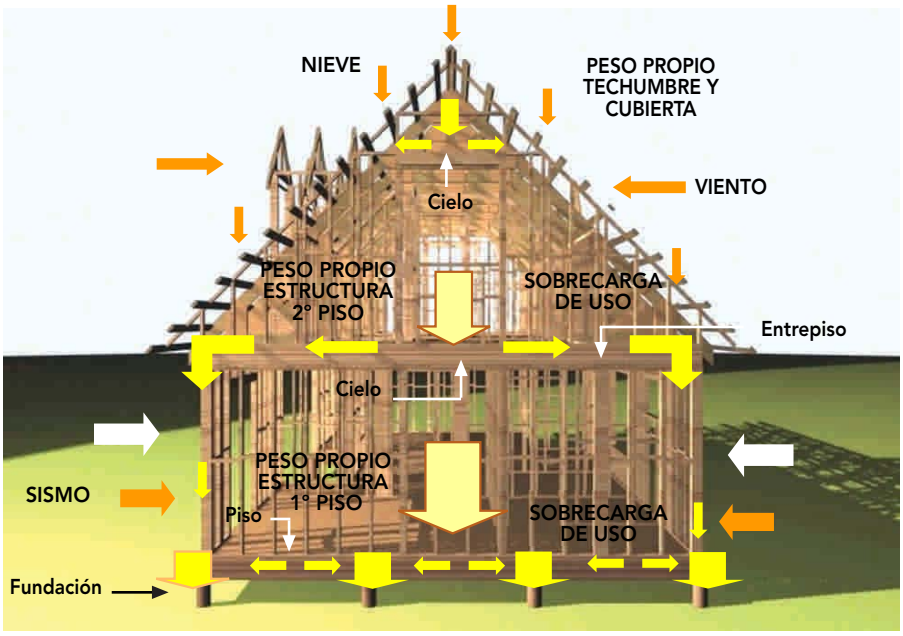


Figura 9 - 2: Los entramados horizontales absorben las cargas permanentes, variables y las fuerzas laterales transmitiéndolas a las estructuras soportantes tales como: tabiques, vigas principales, pilares y finalmente al terreno; en este caso, a través de la solución de fundaciones aisladas.

9.2.1 Según su función:

9.2.1.1 Entramados de piso:
Plataforma de madera que absorbe las cargas del peso propio y de uso (permanentes y transitorias), transmitiéndolas a la fundación (aislada o continua).

9.2.1.2 Entramado de entrepiso:
Plataforma de madera del segundo nivel que absorbe las cargas del peso propio y de uso (permanentes y transitorias), transmitiéndolas a los tabiques de paredes soportantes, vigas maestras o dinteles.

9.2.1.3 Entramado de cielo:
Estructura que absorbe las cargas de su peso propio y de la solución del cielo, transmitiéndola a los tabiques soportantes.

Cada una de estas estructuras tiene su propio diseño específico según cálculo, con las dimensiones y escuadrías correspondientes.

9.2.2 Según capacidad de transmisión:

9.2.2.1 Entramados flexibles:
Tienen la característica de adaptarse a la estructura soportante, pero no en la recepción de esfuerzos horizontales. En el caso de zonas de vientos y/o sismos, la estructura soportante vertical debe estar diseñada para resistir todas las solicitaciones estáticas y esfuerzos dinámicos, incluyendo los que aporten los entramados horizontales con sus sobrecargas.

Esta última razón, requiere una distribución acuciosa de los tabiques soportantes y resistentes a las acciones horizontales, exigiendo en la mayoría de las soluciones un aumento en el número de tabiques soportantes, con sistemas de unión flexible con los entramados horizontales, lo que limita la mayoría de las veces el proyecto de arquitectura.

9.2.2.2 Entramados semi rígidos:
El entramado está diseñado para colaborar con las demás estructuras, y conformado por una placa rígida que transmite los esfuerzos horizontales a los tabiques soportantes, pilares y columnas que conforman pórticos.

Este tipo de entramados semi-rígidos son los que se usan generalmente en las viviendas de estructuras de madera de luces menores, a diferencia del entramado rígido que se logra a través de una losa de hormigón armado.

9.3 COMPONENTES DE UN ENTRAMADO SEMI RÍGIDO

Los elementos estructurales que conforman un entramado de piso y entrepiso son:

- Vigas
- Cadenetas o crucetas
- Riostras

9.3.1 Vigas:
Elementos estructurales lineales (horizontales o inclinados), que salvan luces y que son solicitados por reacciones tales como: peso propio, sobrecargas de uso, viento, nieve y montaje, entre otros. Trabajan principalmente en flexión y corte. Un conjunto de vigas es lo que conforma básicamente la plataforma de piso o entrepiso.

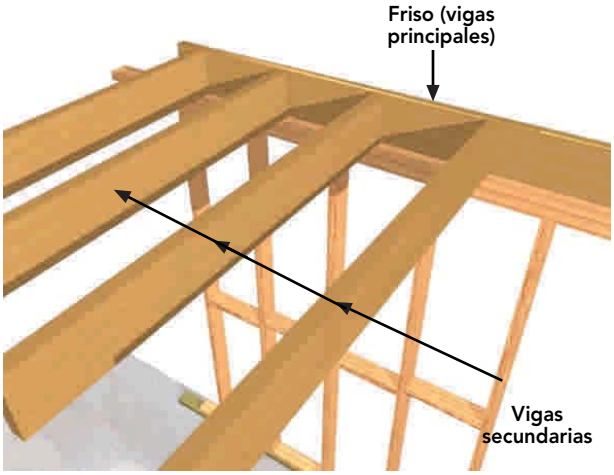


Figura 9 – 3: Piezas de Pino radiata de grado estructural (vigas), de escuadría 2" x 8" o 2" x 10", según cálculo. Vigas que conforman el entramado de entrepiso.

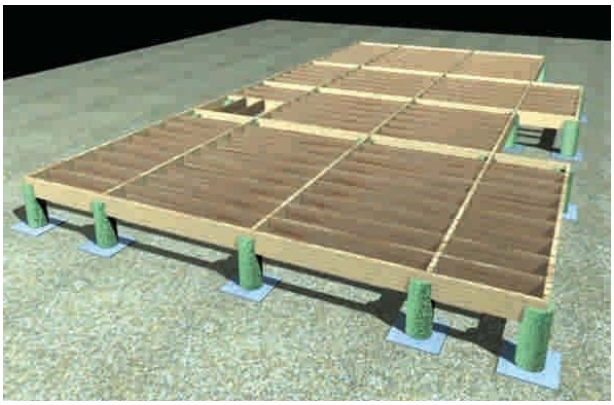


Figura 9 – 4: Vigas de Pino radiata estructural, de escuadrías según cálculo, normalmente de 2" x 8" o 2" x 10" que conforman el entramado de piso en fundación aislada sobre pilotes de madera.

UNIDAD 9
ENTRAMADOS HORIZONTALES

9.3.2 Cadenetas:
Elementos que se ubican entre las vigas, permitiendo repartir las cargas y sobrecargas. Evitan las deformaciones laterales, volcamientos y posibles alabeos de las mismas. Permiten además materializar un apoyo sólido para los tableros orientados ortogonalmente a la dirección de las vigas.

Se distinguen dos tipos de cadenetas:

a) **Cadenetas propiamente tales**
b) **Crucetas**

a) Cadenetas propiamente tales
Elementos rectos de similares secciones a las vigas, que se disponen en forma ortogonal a éstas.

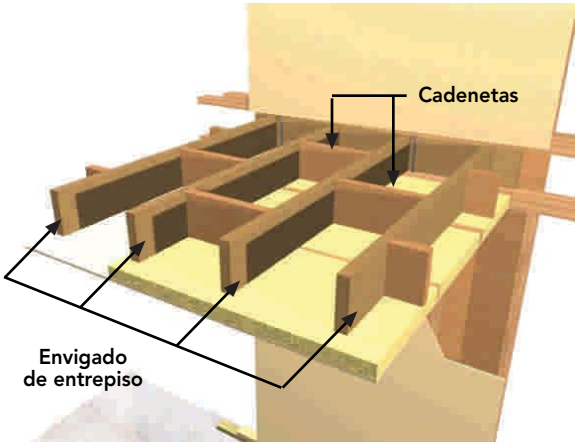


Figura 9 - 5: Piezas de madera dispuestas en forma normal, de sección similar a las vigas secundarias del entrepiso.

b) Crucetas:
Elementos rectos que se disponen en forma diagonal entre las vigas y que desempeñan la misma función de las cadenetas. Ofrecen la ventaja de mantener ventiladas las vigas y la trascara de bases y revestimientos de piso. En el caso de crucetas de madera de 2" x 3", se recomienda fijarlas inicialmente en uno solo de sus extremos, para una vez adquirida la humedad de equilibrio de las piezas de la plataforma, se proceda a fijar el otro extremo. Esta última fijación se debe efectuar antes de proceder a colocar el cielo, bajo el entrepiso o bajo la colocación de aislación térmica del piso de la plataforma del primer piso.

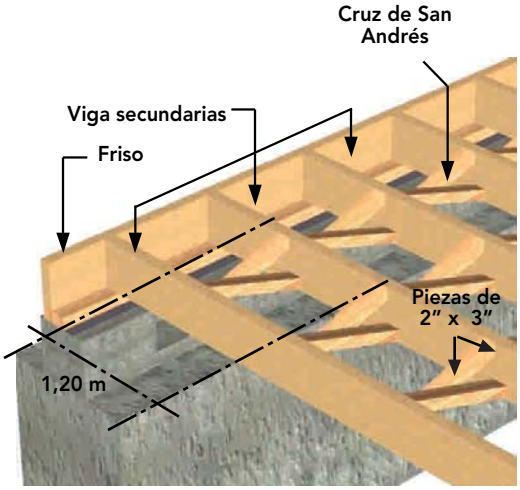


Figura 9 - 6: Crucetas de 2" x 3" en plataforma de primer piso, conformado por vigas principales de 2" x 10".

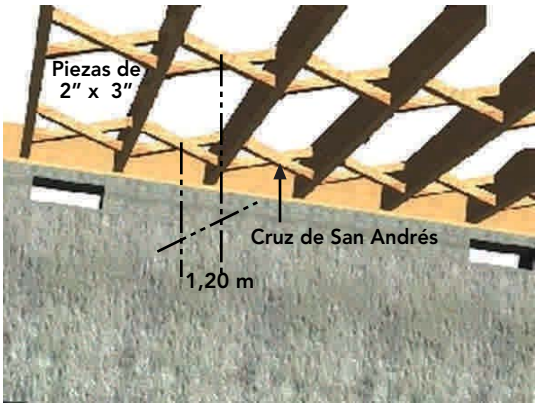


Figura 9 - 7: Vista desde abajo de la plataforma de madera anclada sobre una fundación continua. Crucetas con distancia máxima a 1,2 m según proyecto.

9.3.3. Sistemas arriostrantes
Conjunto de elementos que colaboran en la rigidización de la estructura de la plataforma; pueden ser de diferentes formas y materiales.

Las riostras que se pueden usar son:

- Riostras con piezas de madera
- Zuncho metálico
- Entablado diagonal
- Tableros estructurales

9.3.3.1 Riostras con piezas de madera:
Piezas diagonales de dimensiones similares a la sección de las vigas, dispuestas entre éstas y las cadenetas. Para su colocación, una vez afianzadas las cadenetas es conveniente realizarla desde arriba, o sea, desde el borde superior, enfrentando las diagonales contiguas y fijar las piezas mediante clavos de 3 1/2".

Las diagonales se ubican en la plataforma, de preferencia en el perímetro, permitiendo asegurar una buena transmisión de las acciones horizontales (Figuras 9-8 y 9-9).

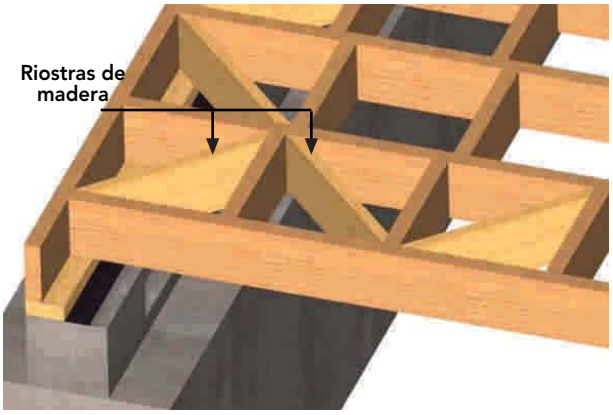


Figura 9 - 8 : Riostras de 2 x 8 en plataforma de piso, de igual escuadría que vigas secundarias.

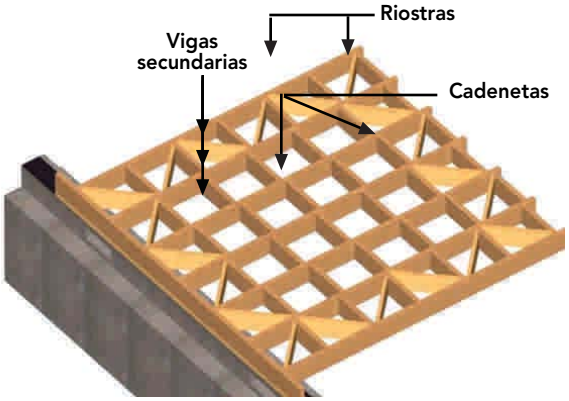
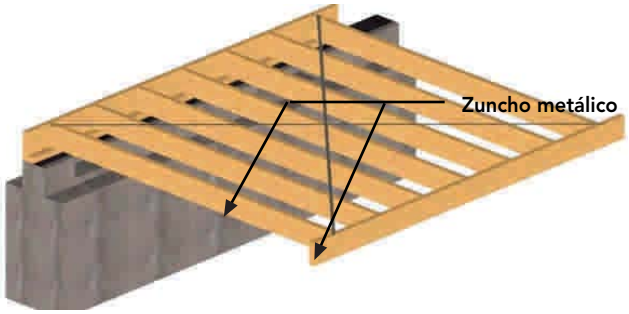


Figura 9 – 9: Riostras materializadas en el perímetro de la plataforma, anclada a fundación continua.

9.3.3.2 Zuncho metálico:
Cinta de acero galvanizado que se fija a cada viga en forma diagonal en ambos sentidos, sobre el entramado, efectuando el rebaje en espesor de aquella (2 a 3 mm); esto último, con el objeto de que el revestimiento se apoye en toda su extensión, como se puede observar en la Figura 9-10.



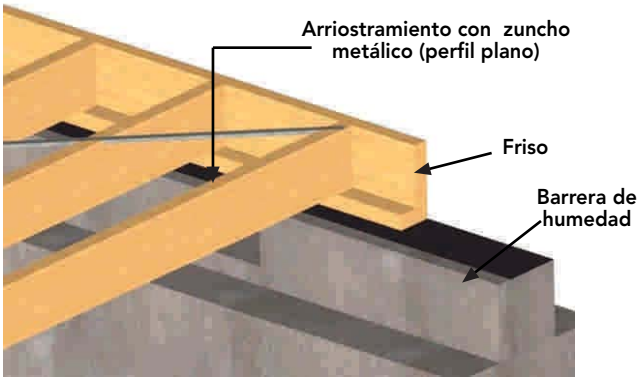


Figura 9 - 10 : Zuncho metálico, pletina de ancho 20 mm y espesor 2,5 mm para plataforma de primer piso, anclada a la fundación continua.

9.3.3.3 Entablado diagonal:
Se realiza clavando en forma diagonal (45°) el entablado a cada viga y cadeneta con dos clavos, equidistantes 5 veces el diámetro del clavo en el borde de cada tabla. El espesor y el ancho de las tablas dependerá del distanciamiento de las vigas. Por ejemplo, para una separación de 40 cm entre vigas, se recomienda un espesor de 20 mm y un ancho máximo de tabla de 125 mm.

La superficie obtenida sirve como base para el pavimento definitivo y mejora la absorción acústica de los ruidos ambientales.

Es muy importante que la humedad de la madera del entablado esté en equilibrio con la humedad del medio ambiente, para prevenir posibles deformaciones que se transmitan al pavimento.

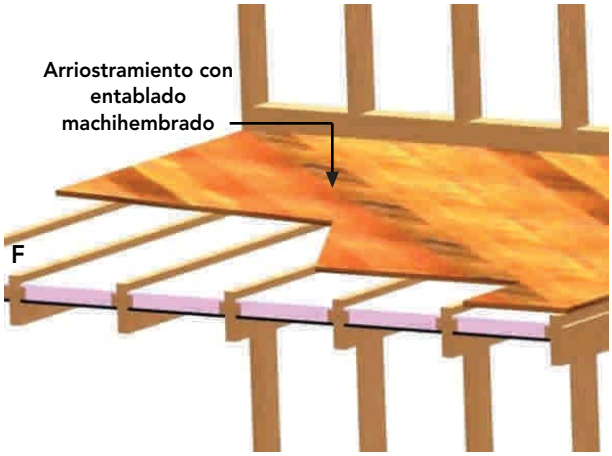


Figura 9 - 11: Ejemplo en el cual se ha especificado como solución de riostra y pavimento terminado a la vista, molduras a 45°, de 114 x 19 mm machihembrada, con aislación termo-acústica para la plataforma del entrepiso.

9.3.3.4 Sistemas arriostrantes con tableros estructurales: Este sistema para arriostrar entramados se está aplicando mayoritariamente, dado que ofrece una serie de ventajas comparativas, fundamentalmente por la facilidad y rapidez de ejecución, con respecto a las soluciones anteriores. El uso de herramientas como martillo neumático y taladro con extensión para atornillar resulta de gran efectividad, como se puede observar en la Figura 9 - 12.

Figura 9 - 12: Taladro con extensión para atornillar tableros que arriostran la plataforma de un entramado de piso, a distanciamiento correspondiente.

Los tableros estructurales son contrachapado fenólico o de hebras orientadas (OSB).

Los tableros se colocan traslapados, evitando líneas continuas en ambos sentidos, como se observa en la Figura 9 - 13.

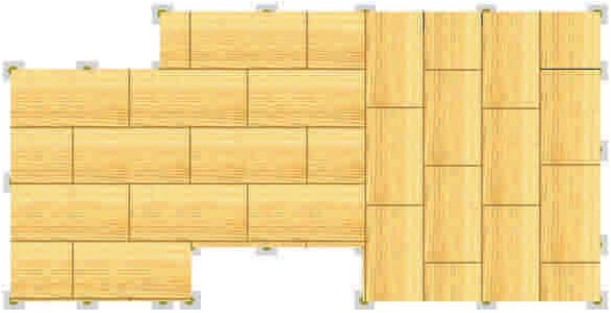


Figura 9 - 13: El plano de planta de construcción debe especificar la disposición de los tableros estructurales: contrachapado fenólico (terciado estructural) o de hebras orientadas (OSB).

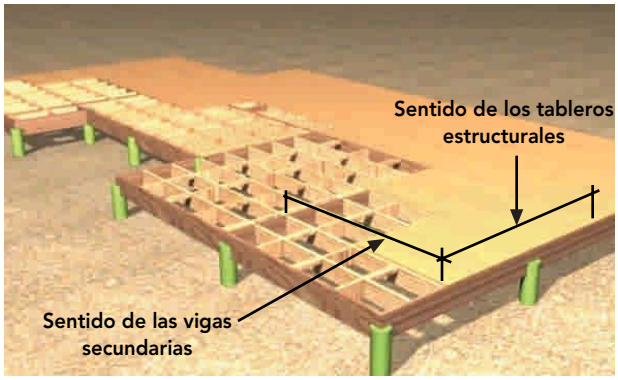


Figura 9 - 14: Instalación de los tableros como riostras y base de plataforma del primer piso en forma alternada y perpendicular a las vigas secundarias.

Se debe hacer coincidir las juntas perimetrales con los apoyos de vigas y cadenetas. En los sectores en que no se encuentre apoyo, se debe colocar una pieza de escuadría no menor a 41 x 90 mm (2" x 4") entre las vigas, la que se fijará de cabeza con dos clavos de 4" en cada extremo, sobre todo en aquellos casos en que por la solución de piso se requiera de una base rígida, como es el caso de los pavimentos cerámicos.

El afianzamiento de cada tablero en los apoyos de los bordes y en la zona del centro, puede realizarse de dos formas:

a) Con clavos o tornillos, sin adhesivo sintético

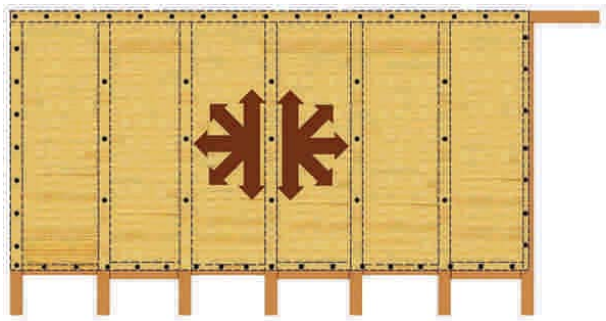


Figura 9 - 15: Instalación de tablero con clavos o tornillos, sin adhesivo sintético. Considera la fijación desde el centro hacia los bordes.

b) Con clavos o tornillos con adhesivo sintético

El distanciamiento entre los clavos o tornillos se considera aproximadamente 10 veces el espesor del tablero en los bordes y 20 veces en la zona central, sin adhesivo sintético. Si se aplica un adhesivo sintético en la zona de los apoyos, se puede aumentar el distanciamiento en 50%, o sea, 15 veces el espesor del tablero en bordes y 30 veces en la zona del centro.

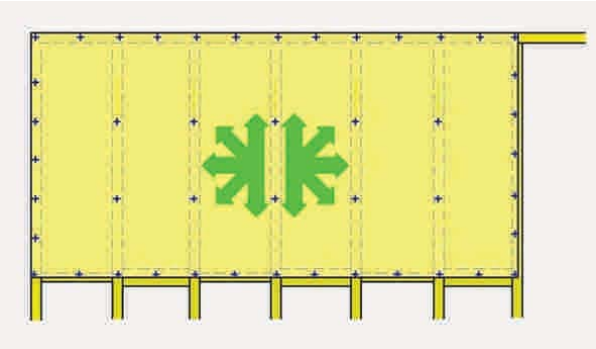


Figura 9 - 16: Instalación de tablero con clavos o tornillos con adhesivo sintético. Considera que la fijación se debe iniciar desde el centro hacia los bordes.

En casos de cargas variables o permanentes mayores a las normalmente consideradas, se debe verificar puntualmente el cálculo, realizado por un profesional competente.

Para disminuir la probabilidad de que los tableros emitan ruidos molestos o se suelten por vibraciones, se debe considerar la separación de 3 mm entre bordes contiguos (dilatación), la fijación mediante tornillos o la aplicación de adhesivo sintético y en otros casos sellos elásticos, o disponer de tableros estructurales con cantos machihembrados.

Figura 9 - 17: Tableros de hebras orientadas con cantos machihembrados y calados para eliminación de agua lluvia, en caso de dicho evento durante la instalación.

El espesor que se recomienda como base de piso depende del distanciamiento de las vigas del entramado. Según los fabricantes, se sugiere:

Distancia entre vigas	Tablero contrachapado	Tablero O.S.B.
41 cm	15 mm	15,1 mm
51 cm	15 mm	15,1 mm
61 cm	18 mm	-

Tabla 9 - 1: Distancia entre vigas según espesores de tableros contrachapados o de hebras orientadas.

En caso que la solución de plataforma del primer piso consulte aislación térmica, es necesaria la instalación de una barrera de vapor (polietileno de 0,2 mm de espesor) entre el tablero y la aislación térmica, considerando un traslape mínimo de 15 cm.

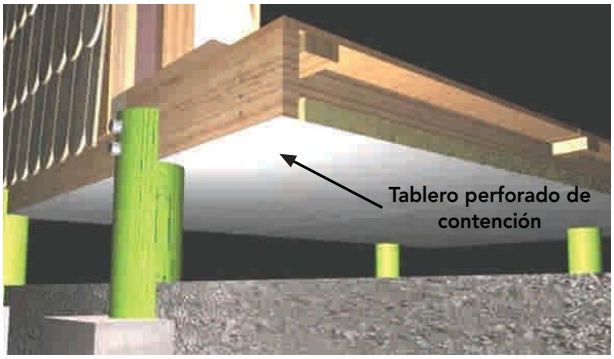


Figura 9-18: Plataforma de primer piso con aislación térmica. La aislación es sujecionada con tablero perforado para mantener ventilada la estructura.

Si no se consulta aislación térmica, no se requerirá barrera de vapor, por lo que se debe disponer de una lámina que impida la infiltración de aire y que sea permeable al vapor de agua. Es recomendable en este caso la instalación de una membrana sintética especial o fieltro asfáltico de 15 libras.

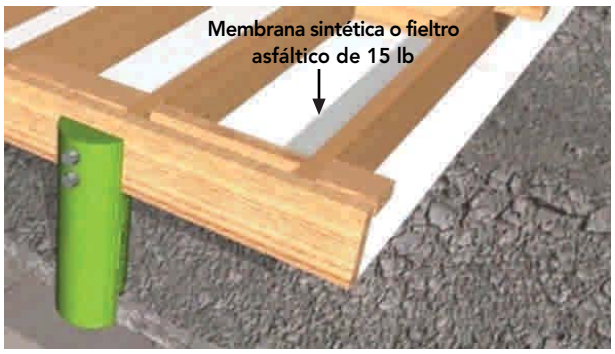


Figura 9 - 19: Instalación de membrana sintética o fieltro asfáltico de 15 libras como barrera de humedad en la plataforma anclada a la fundación aislada.

9.4 ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE SE IDENTIFICAN SEGÚN DESEMPEÑO Y UBICACIÓN

Según el desempeño y ubicación de las vigas en una plataforma, se pueden definir los siguientes elementos estructurales:

9.4.1 Viga maestra:

También conocida como viga principal, aquella sobre la cual se apoyan otros elementos estructurales, directa o indirectamente.

Soporta el conjunto del sistema y transmite las cargas a tabiques soportantes, columnas o fundaciones.

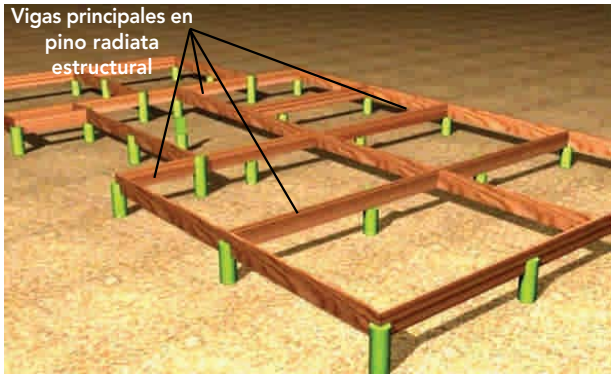


Figura 9 - 20: Ejemplo de vigas maestras o principales en entramados de piso sobre fundación aislada en Pino radiata estructural.

La distancia entre las vigas principales está definida por la luz máxima (que se puede disponer por largos comerciales, escuadrías y cargas), a que estarán sometidas las vigas secundarias. Normalmente los largos fluctúan entre 2 y 4 m y las escuadrías mínimas tienden a 2" x 8" o 2" x 10" para entramado de piso o entrepiso y 2"X 6" para cielos que soportan su propio peso, ambos ratificados por cálculo estructural.

Cuando se requiere salvar luces mayores a las normales (más de 6 m) en viviendas de dos pisos, superiores a los 300 m2 construidos, se recurre a vigas compuestas, laminadas, reticuladas u otro tipo, que se expondrán en forma general más adelante.

Las vigas maestras que conforman la solución de un entramado de piso requieren ser ancladas a la fundación continua o aislada de pilotes de madera o poyos de hormigón. La conexión debe ser cuidadosamente resuelta, debido a los esfuerzos laterales a que estará sometida la estructura en servicio.

En el caso de fundación continua, se puede resolver mediante soleras de montaje o directamente mediante el uso de conexiones metálicas. Cuando la viga se coloca directamente al sobrecimiento, viga fundación de hormigón armado, poyo de hormigón simple o fundación aislada, se debe considerar aislación entre madera y hormigón, para evitar posible incorporación de humedad por capilaridad.

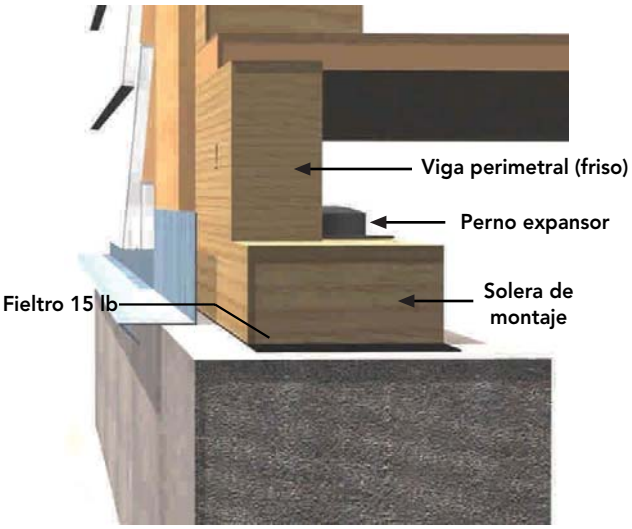


Figura 9 - 21: Solución de conexión de la viga perimetral al sobrecimiento, a través de una solera de montaje tratada con preservante CCA. Considera además, aislación entre ambos materiales con fieltro alquitranado. La solera está anclada al sobrecimiento mediante espárragos o pernos expansores cada 80 cm.

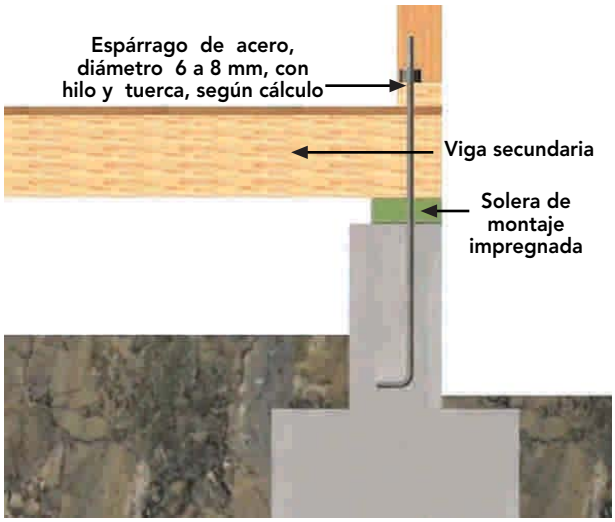


Figura 9 - 22: Viga perimetral del entramado de piso, se fija a solera de montaje en la fundación continua mediante ángulos metálicos. El tabique soportante perimetral es anclado a la fundación mediante la colocación de espárrago con hilo y tuerca (diámetro de 6 a 8 mm), aproximadamente cada 0.80 m, uniendo la solera inferior del tabique con la solera de montaje a través del espárrago anclado al sobrecimiento.

En el caso de fundación aislada, específicamente pilotes impregnados de 9" a 10" de diámetro, las uniones son con tirafondos, pernos pasados o pletinas especiales.

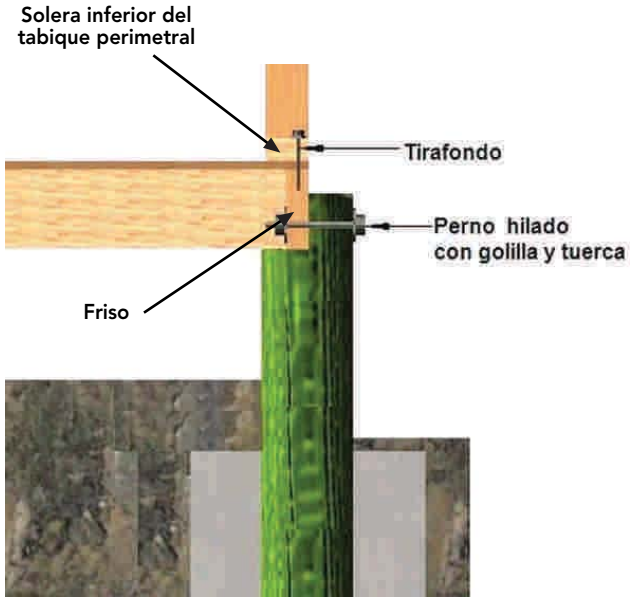


Figura 9 - 23: Corte intermedio de viga perimetral del entramado horizontal, se fija a cada pilote mediante perno hilado con golillas y tuerca, cuyas dimensiones las determina el cálculo. Normalmente son de un diámetro mínimo de 12 mm y largo de 7" a 8" (170 a 200 mm). Solera inferior del tabique perimetral se fija al friso mediante tirafondos cada 0,40 m, definidos según cálculo.

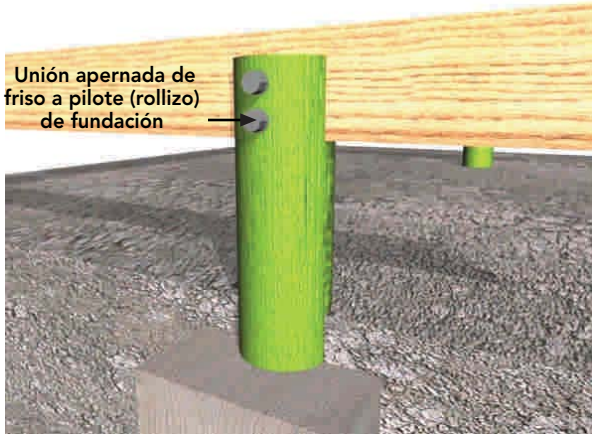


Figura 9 - 24: La fijación, en este caso, entre viga perimetral del entramado horizontal y pilote, se realiza mediante dos pernos con golillas de medidas, según cálculo, normalmente de diámetro no menor a 12 mm y largo 7" a 8". Eventualmente se acepta el uso de tirafondos, siempre que su colocación sea supervisada.

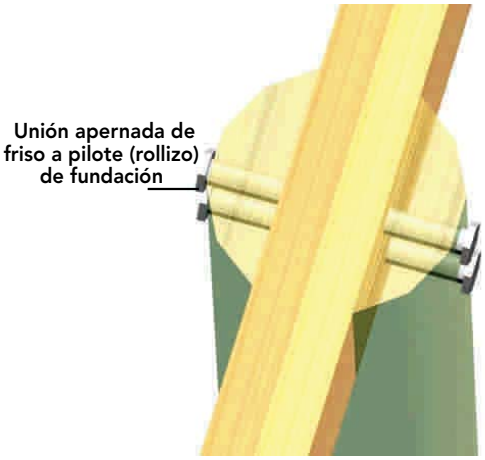


Figura 9 – 25: En algunos casos la fijación de la viga se puede realizar efectuando dos cortes paralelos al pilote de un ancho de la pieza de la viga y dos pernos pasados (vista con transparencia), según cálculo.

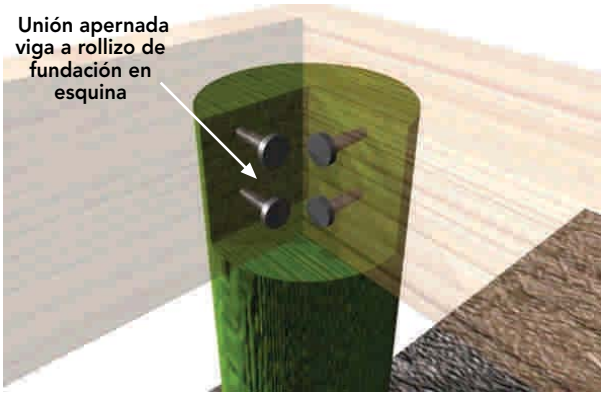


Figura 9 - 26: Solución unión esquina de dos vigas perimetrales, dimensiones 2" x 10", que se apoyan sobre un pilote de diámetro 10". Unión realizada en este caso mediante dos tirafondos de dimensiones definidas, según cálculo y bajo supervisión.

9.4.2 Vigas de piso:

También llamadas vigas secundarias o viguetas, conforman el entramado de piso, soportan las sobrecargas del primer nivel y normalmente son las que reciben el tablero estructural base de la solución de piso, o el entablado como solución definitiva de pavimento.

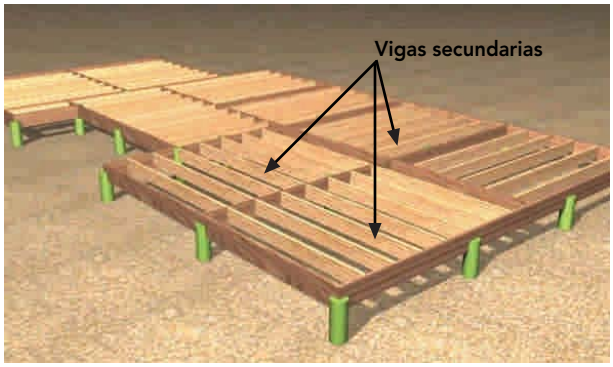


Figura 9 – 27: Entramado de piso dispuesto sobre sistemas de fundaciones aisladas. Conformado por vigas maestras o principales y vigas secundarias que recepcionan los tableros estructurales arriostrantes y base para la solución de piso.

9.4.3 Vigas de entrepiso:

Vigas que conforman entramado de entrepiso, separando dos niveles de una vivienda unifamiliar o edificio. Generalmente en la superficie superior están revestidos por la solución de pavimento y en la inferior, por la solución de cielo.

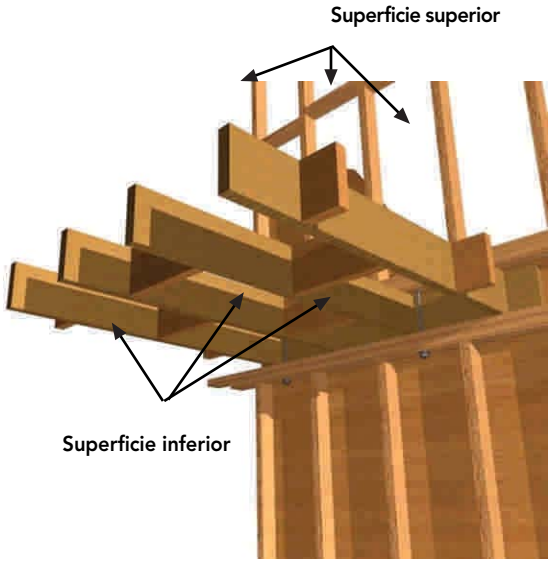


Figura 9 - 28: Vigas secundarias o de entrepiso de escuadrías según cálculo, en este caso, 2"x 8" distanciadas a 400 mm.

9.4.4 Cabezal:

Pieza de igual escuadría, se coloca adicionalmente en forma paralela a las vigas de entrepiso o piso. Generalmente corresponde a piezas dobles, de igual escuadría a vigas secundarias que conforma el perímetro en escotillas de escaleras, paso de ductos, ventilación y extracción de gases, entre otros.

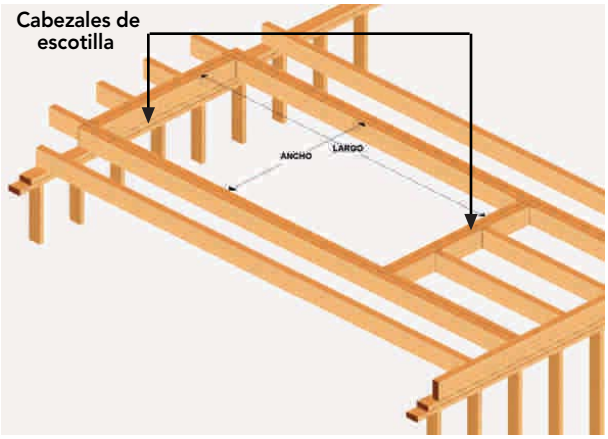


Figura 9 - 29: Cabezales que forman la escotilla con dos piezas de 2"x 8" (2 (2"x8")) de la escalera que comunica el primer y el segundo piso.

9.4.5 Friso:

Viga de similar escuadría a vigas secundarias que remata el entramado horizontal por su contorno exterior o perimetral. Se llama friso frontal cuando se ubica perpendicular a las vigas y friso lateral, cuando es paralela a éstas.

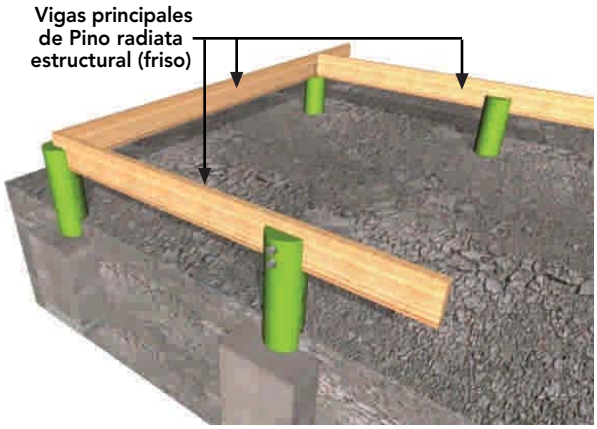


Figura 9 - 30: En el ejemplo, se muestra el friso que remata el contorno del entramado de piso en una solución de fundación aislada.

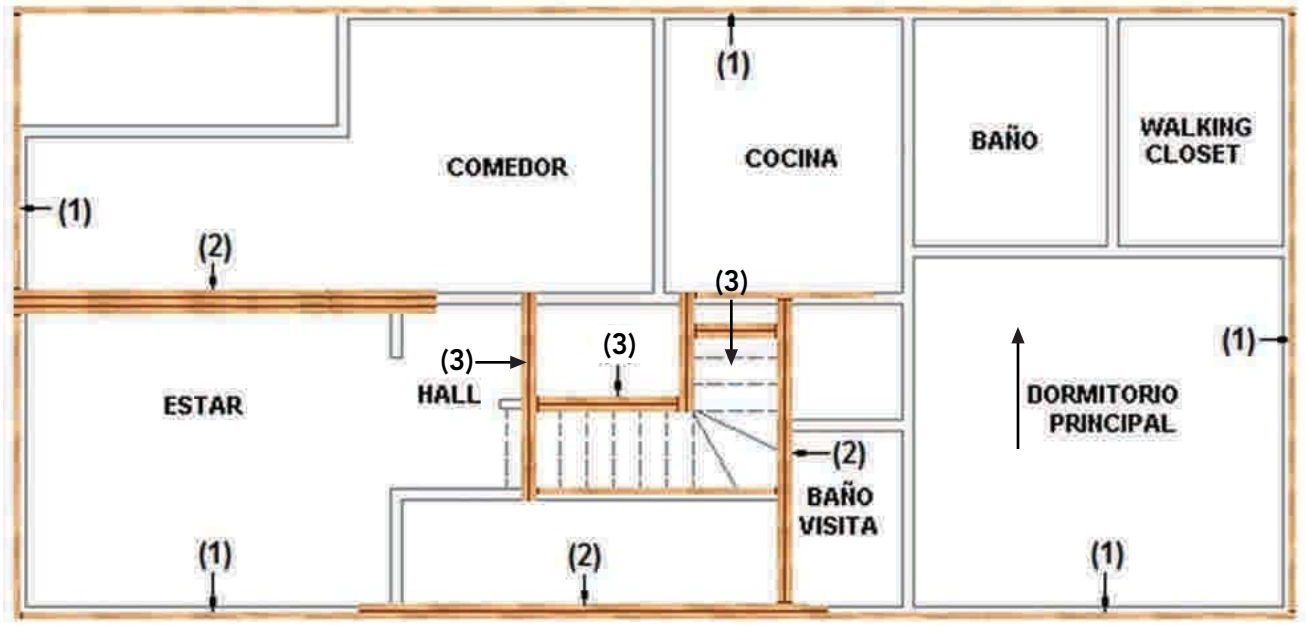


Figura 9 – 31: Plano planta de vigas perimetrales (friso) (1), viga compuesta (2), necesarias según cálculo para reforzar al envigado por distanciamiento de los apoyos y viga cabezal (3) como refuerzo en el perímetro de la escotilla de la escalera.

9.4.6 Vigas de cielo:

Vigas que en conjunto con otras conforman el entramado de cielo y que separan el espacio habitable del entretecho. Son vigas de menor sección a las de plataformas, ya que no soportan sobrecargas de uso (no están calculadas para ser solicitadas, en caso de ser utilizado el entretecho, como espacio para guardar), sólo las de su propio peso y las de solución de cielo (normalmente placa de yeso cartón o molduras de madera).

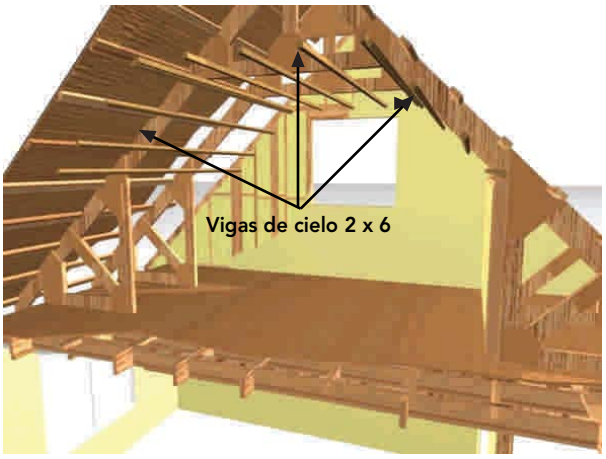


Figura 9 – 32: Vigas que conforman el entramado de cielo bajo cerchas habitables. En este caso, escuadrías de 2 x 6, que recibirán el encintado de 2 x 2 y placas de yeso o entablado como solución de cielo.

9.5 EMPALMES Y CONEXIONES DE LAS PIEZAS ESTRUCTURALES QUE CONFORMAN UNA PLATAFORMA

9.5.1 Introducción

Las uniones entre piezas que conforman una plataforma de piso o entrepiso deben formar estructuras sólidas, que al ser solicitadas por los diferentes esfuerzos internos o externos, respondan solidariamente como un todo integrado, al igual que las uniones necesarias de estas estructuras a los entramados o elementos verticales (pilar o columna).

9.5.2 Empalmes de vigas

La necesidad de unir dos vigas longitudinalmente, que permita alcanzar o cubrir una luz necesaria, debe ser estudiada de manera que los empalmes se produzcan en apoyos intermedios sobre tabiques u otras vigas, como la situación que se presenta en las figuras siguientes: 9-33 a 9-36.

Estos empalmes pueden ser traslapados, de tope o ensamblados, cuyas soluciones definitivas deben ser previamente calculadas.

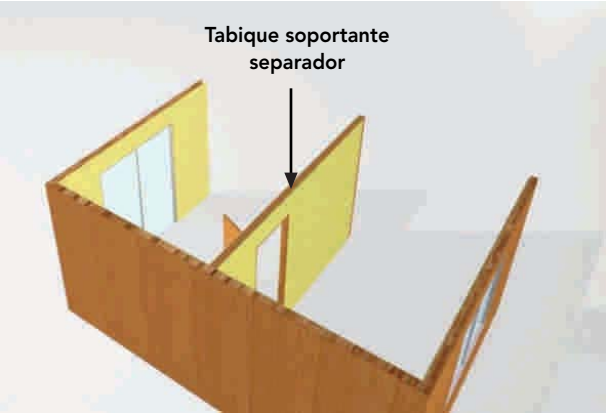


Figura 9- 33: En este caso se debe cubrir la luz entre los tabiques extremos y se cuenta con un tabique soportante separador entre estos.

9.5.2.1 De traslape:

Este tipo de empalme, bastante utilizado por lo simple y económico, no requiere ningún elemento ni trabajo adicional de cortes o rebajes especiales en las piezas que se desean unir. Tiene el inconveniente que se produce un desplazamiento en el eje de las vigas, dando como resultado un desfase en las juntas de tableros del piso o entrepiso.

A continuación se muestran las diferentes etapas de la construcción cuando se materializa el empalme de vigas, sobre el tabique separador.

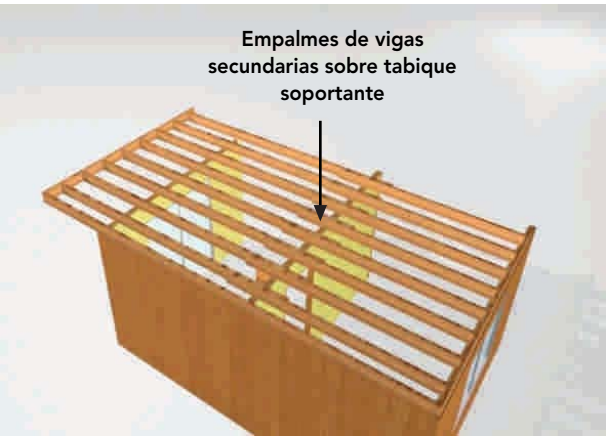


Figura 9 - 34 : Se ubican las vigas que conformarán la plataforma del entrepiso. Dichas vigas se traslapan sobre el tabique soportante separador.

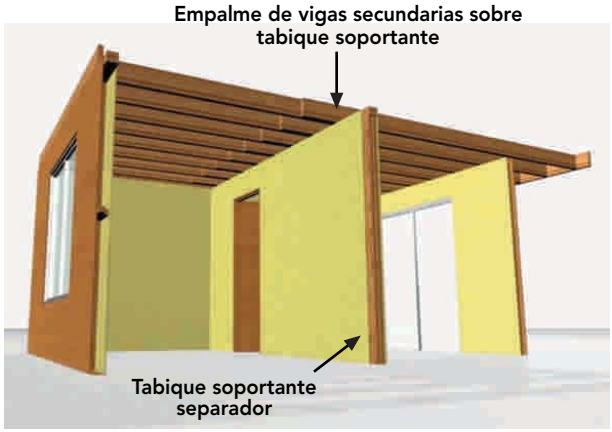


Figura 9 - 35: Vista en perspectiva de la solución del empalme traslapado de las vigas de la plataforma del entrepiso.

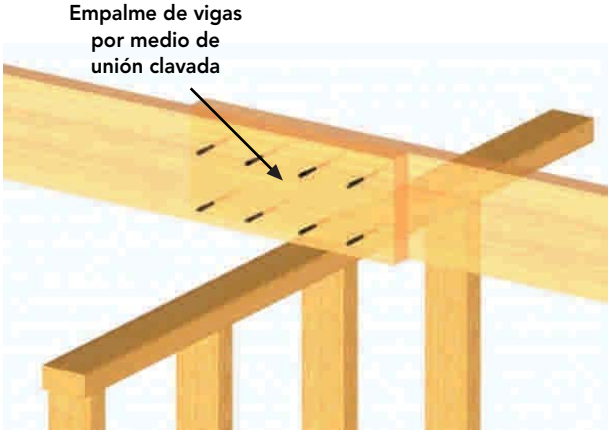


Figura 9 - 36: Ejemplo de empalme de dos vigas de 2 x 8 unidas con clavos de 4" según cálculo. Apoyo sobre el tabique soportante separador como se explicó en la sucesión de figuras anteriores.

9.5.2.2 De tope:

Empalme que se privilegia normalmente cuando la posición de las vigas sirve, además de modulación, para tableros de piso o placas de cielo, obteniendo una línea de clavado recto. En este caso el empalme requiere de elementos adicionales de madera o metálicos en la unión.

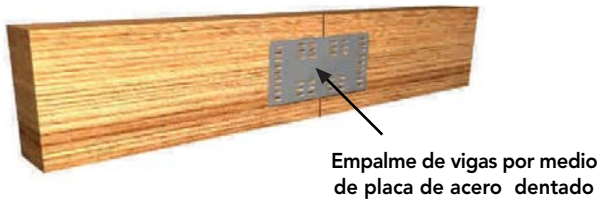


Figura 9 – 37: Las uniones con placas metálicas dentadas se pueden usar sólo en componentes constructivos, solicitados predominantemente por cargas estáticas.

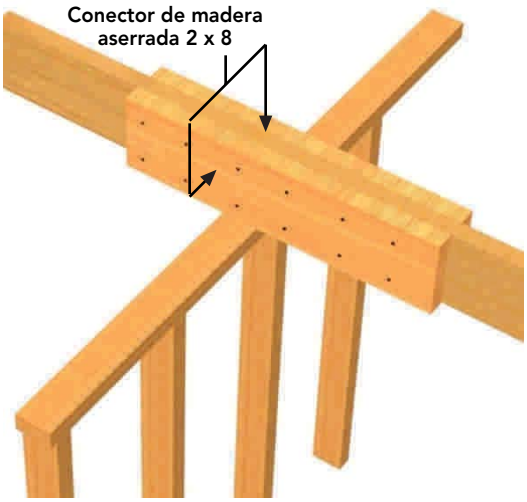


Figura 9 - 38: Empalme a tope sobre tabique soportante, reforzado con conector de madera de 2 x 8 (distancia entre fijaciones según cálculo).

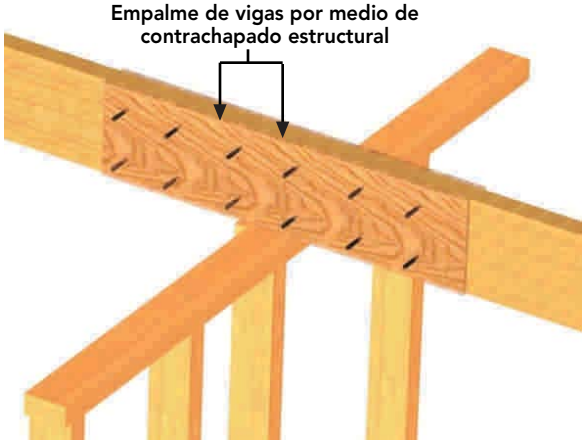


Figura 9 - 39: Empalme a tope sobre tabique soportante, reforzado con conector de contrachapado fenólico (distancia entre fijaciones según cálculo).

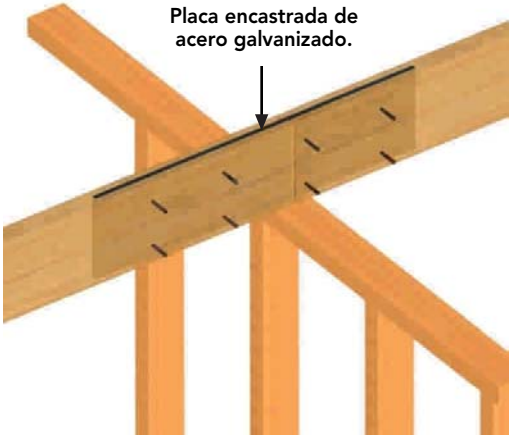


Figura 9 - 40: Empalme a tope sobre tabique soportante, reforzado con placa encastrada de acero galvanizado (distancia entre fijaciones según cálculo).

9.5.2.3 Ensambladas:

Este tipo de empalme se utiliza preferentemente en envigados de techumbre cuando el diseño considera que queden a la vista, ya que los empalmes anteriormente descritos quedarán ocultos al instalar el cielo bajo las vigas.

Estos ensambles requieren de una preocupación especial en los cortes y ubicación, generalmente en el eje de los apoyos. Si las vigas forman una continuidad, podrán ejecutarse en el punto de inflexión en que el momento flector es nulo, o sea, a una distancia aproximada del apoyo equivalente a $^1/_4$ de la luz libre.

En este tipo de empalmes, según sea el caso, se deben considerar piezas de maderas adicionales, clavos, tornillos, tirafondos o clavijas de madera o acero que permitan reforzar el empalme y mejorar el apoyo donde se efectuará la unión. Este tipo de ensambles da origen a piezas de madera como las llamadas sopandas o ménsulas, que además le agregan un carácter decorativo en el lugar de la unión. Por ejemplo, en la figura se muestra la unión a media madera longitudinal de una viga sobre un pilar con sopanda.

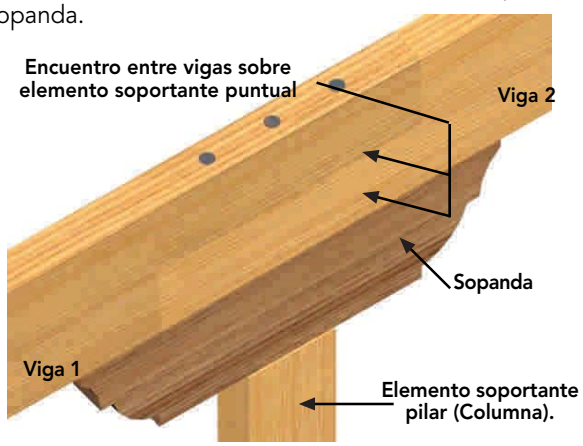


Figura 9 – 41 : Utilización de sopanda como elemento de apoyo en encuentro entre vigas sobre elemento soportante puntual.

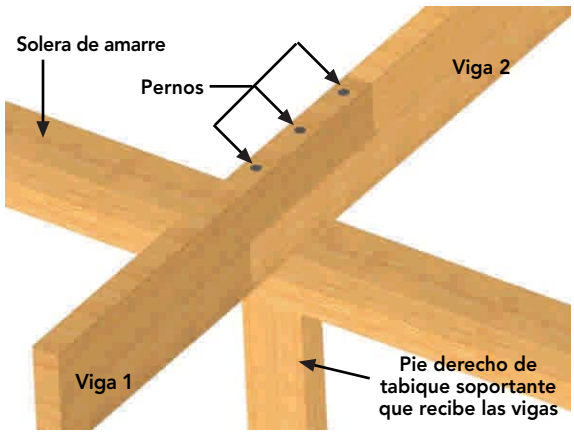


*Figura 9 – 42: Empalme típico de dos vigas sobre un tabique estructural llamado ensamble en **Entabladura**, el cual consiste en ejecutar un corte tipo media madera y fijarlo con pernos, clavos, adhesivos o tarugos.*

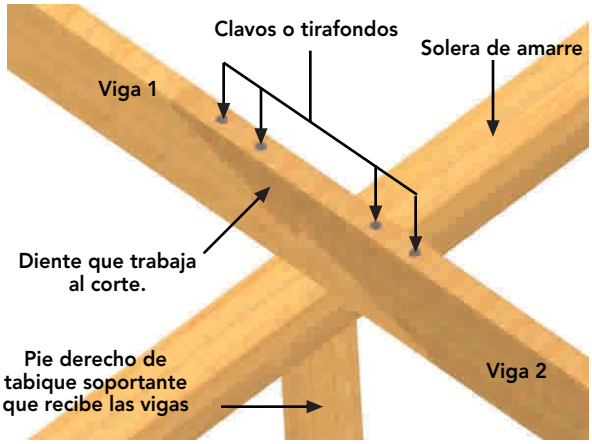


*Figura 9 – 43: Empalme de dos vigas llamado **Rayo de Júpiter** sobre tabique estructural, en el cual las vigas se cruzan como en la solución **Entabladura**, pero incorporando un diente que trabajará al corte. Se puede utilizar en su fijación pernos o clavos.*

9.5.3 Conexiones de vigas

Los encuentros entre vigas (en diferentes ángulos) y con otros elementos verticales como pilares o columnas, son los que se denominan **conexiones**. Estas son uniones que bajo el punto de vista estructural resultan de mucha importancia, por los esfuerzos de corte y momento torsor presentes en dichos nudos.

Tradicionalmente estas conexiones se resolvieron mediante cortes a media madera, caja y/o espiga, las que fueron reemplazadas por el uso de pletinas de acero que se fabrican artesanalmente según necesidad.

La nueva tecnología ha resuelto dichas uniones de manera más eficiente, con conectores de acero de distintas formas y diseños, fabricados industrialmente en concordancia con las escuadrías comerciales de la madera. Se encuentran en catálogos y se seleccionan según parámetros de cálculo.

A continuación se muestran las conexiones de vigas a elementos verticales más comunes.

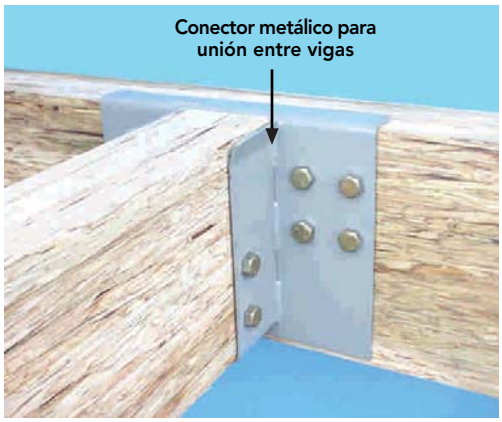


Figura 9 – 44: Conector fabricado con pletina de 3 a 4 mm conformado por dos piezas, las cuales se unen mediante soldadura de costura, como se puede apreciar en la figura. Las vigas se fijan con tirafondos de diámetros y largos según cálculo.

Figura 9 – 45: Conector metálico que une vigueta de plataforma de terraza con pilar.

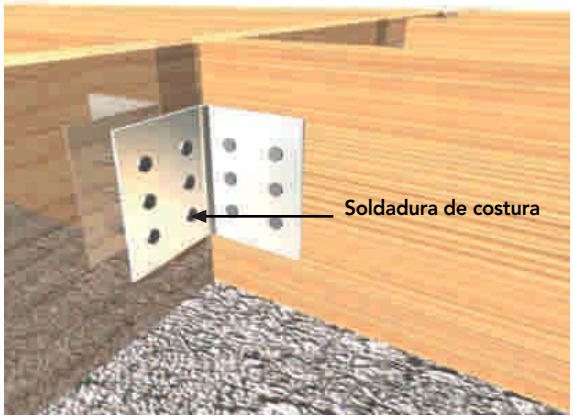


Figura 9 – 46: Conector fabricado con pletina de espesor 3 a 4 mm conformado por dos piezas que se unen mediante soldadura de costura, como se puede apreciar en la figura.

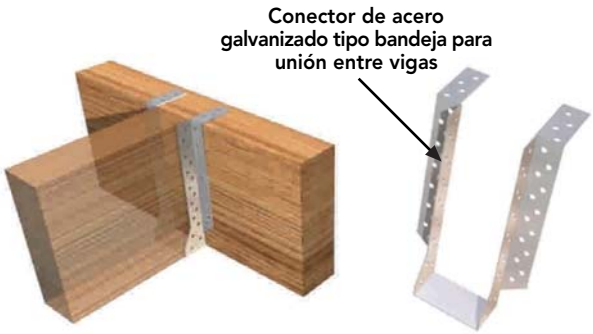


Figura 9 – 47: Conector de acero galvanizado, el cual incorpora perforaciones tanto triangulares como circulares, que permite resistir altas cargas cuando es fijado con clavos comunes.

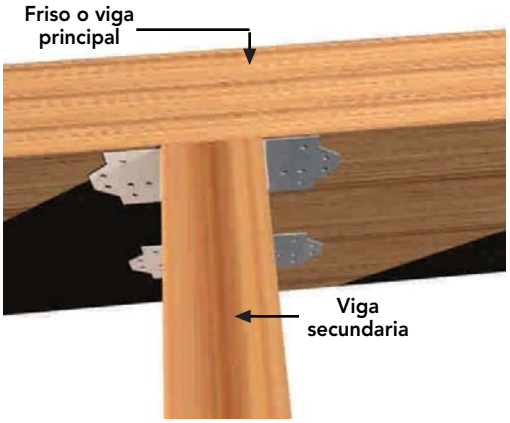


Figura 9 – 48: Conector de acero galvanizado de 1,7 mm de espesor utilizado para unir friso con vigas maestras de piso o entrepiso. Soporta bien las fuerzas paralelas y perpendiculares que puedan recibir las vigas maestras.

Figura 9 – 49: Conector clavado al friso, fija posteriormente la viga de piso o entrepiso en ambos extremos, igualmente con clavos comunes, fabricado en acero galvanizado de 1,7 mm de espesor.

9.6 SITUACIONES ESTRUCTURALES ESPECIALES EN LOS ENTRAMADOS

9.6.1 Generalidades

Las situaciones estructurales especiales que se pueden presentar en un entramado dependen del diseño arquitectónico y se refieren a los posibles voladizos y escotillas que define el proyecto. Como por ejemplo: balcones en entrepiso, terrazas en primer piso (en caso de fundación aislada), escotillas para la pasada de escalera, chimeneas, y ductos verticales, entre otros.

9.6.2 Voladizos

Los voladizos se pueden situar en el entramado, en sentido de la prolongación de las vigas o en sentido perpendicular a éstas. La longitud de los voladizos es función de la resistencia en las vigas y los esfuerzos que actúan en éstas. Se debe verificar su estabilidad por cálculo.

La solución estructural de los voladizos en el sentido de las vigas se obtiene prolongando las vigas en consola, a la distancia que permite el cálculo. Si éstas no alcanzan el largo deseado, se suplirán adosando otras de igual escuadría a las existentes, traslapándolas y anclándolas cara a cara en a lo menos 1/3 del largo o también, intercalando vigas nuevas entre las existentes, que se anclan de cabeza a una viga cadeneta y se incorpora a la estructura a una distancia de 2/3 del apoyo según el largo del volado, como se puede observar en la Figura 9-50.

Cuando el voladizo se ubica en sentido perpendicular, la estructura se conforma por un envigado secundario de igual escuadría al existente, anclándose cada una de estas vigas a la penúltima viga perpendicular del piso o del entrepiso, como se observa en la Figura 9 – 51.

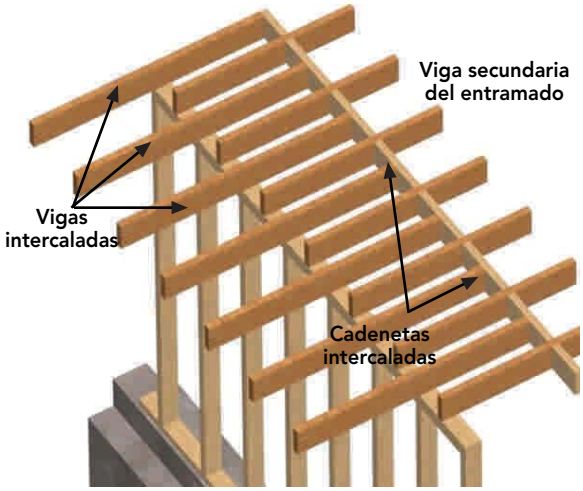


Figura 9 – 50: El voladizo se encuentra en el sentido del entramado de las vigas. En este caso, se intercalaron nuevas vigas entre las existentes, anclándolas a la viga cabezal, dimensiones y largos según cálculo.

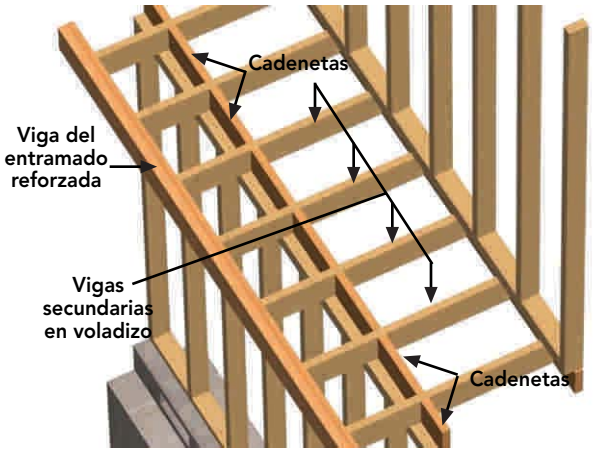


Figura 9 – 51: El entramado se encuentra en sentido perpendicular al voladizo. Envigado secundario de igual escuadría se ancla a la penúltima viga, la que se duplicare forzando dimensiones y largos según cálculo.

9.6.3 Escotillas

Cuando se requieren espacios mayores a los que se disponen en el envigado de piso o entrepiso, por pasada de escalera, chimenea o salidas verticales por ductos de alcantarillado o ventilación, es necesario cortar vigas para lograr el espacio en el lugar donde éste se interrumpe. Se debe colocar una doble viga como cabezal, además de reforzar aquellas donde se apoyará, como se puede observar en la Figura 9-52. Resolver los empalmes de cada una de las piezas que se incorporan como cabezal o como refuerzo es de gran relevancia para no debilitar la estructura en ese sector, lo que hace necesario efectuar cálculos al esfuerzo de corte y flexión.

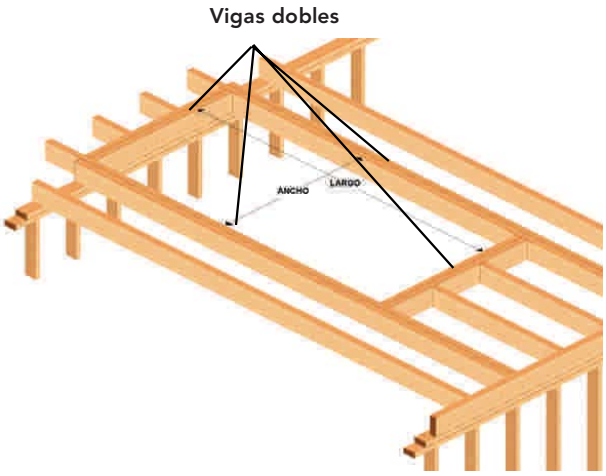


Figura 9 – 52 : Escotilla necesaria para pasada de escalera, se coloca doble viga como cabezal y refuerzos donde se apoyarán las otras vigas.

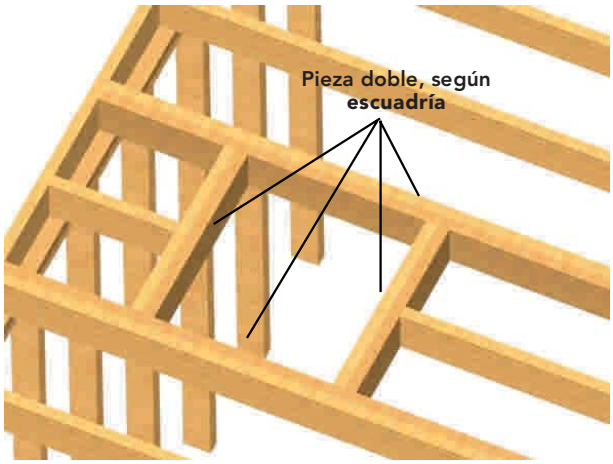


Figura 9 – 53: En el caso de escotillas para la pasada de ductos de chimenea o de ventilación, se soluciona de la misma forma.

9.7 ENTRAMADOS CON VIGAS ESPECIALES

Si bien este manual está orientado a viviendas de luces menores, en que los entramados se solucionan con vigas principales simples de madera estructural aserrada (hasta 4,80 m) y envigados que conforman planos o entramados apoyados en tabiques, puede ser que en algún caso puntual, por la amplitud de algún ambiente proyectado, sea necesario contar con otro tipo de vigas maestras o principales para luces mayores que las usuales.

En este caso se puede recurrir a variadas alternativas de viga, siendo las más comunes:

- Compuestas
- Laminadas
- Doble T
- Cajón
- Alma de metal
- Alma de madera

9.7.1 Vigas compuestas:

Normalmente se califica una pieza de madera como viga a aquella que tiene una razón entre el ancho y alto de 1: 4 a 1: 5, lo que estructuralmente resulta ser la relación recomendable.

Por cálculo se determina si la viga compuesta está formada por 2, 3 ó 4 piezas de Pino radiata, grado estructural, como su escuadría final.

La disposición de estas piezas debe ser de canto, ya que la resistencia está dada por la inercia geométrica de la sección en la viga, logrando un mejor comportamiento estructural. Su resistencia varía linealmente con el ancho y el cuadrado de la altura. Para su fabricación, normalmente en obra se debe disponer cada pieza en forma longitudinal, desplazada en no más de 1/3 de su largo y uniendo cada pieza lateralmente con adhesivos y clavos, dispuestos estos últimos cada 15 cm en forma alternada, como se puede observar en las figuras que a continuación se presentan.

Figura 9 – 54: Presentación de las piezas de Pino radiata de grado estructural, en este caso de escuadrías de 2"x8" que conformarán la viga maestra o principal.

Figura 9 – 55: Armado de la viga maestra compuesta, colocación de adhesivo para madera entre las piezas que permite reforzar la unión de éstas con la colocación de clavos alternados cada 15 cm.

Figura 9 - 56 : Ubicación de la cuarta pieza de Pino radiata grado estructural que conforma la viga compuesta de escuadría final de 6"x 8", las que se deben traslapar en un tercio de su largo y lograr la pieza requerida.

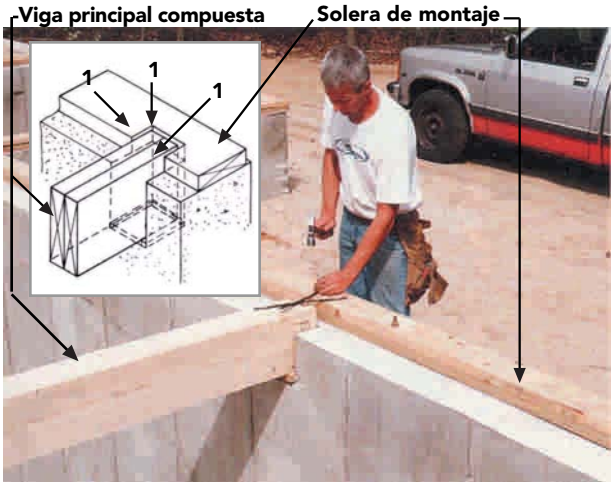


*Figura 9 -57: Fijación de la viga maestra compuesta de Pino radiata estructural. Previamente se ha dejado el espacio necesario para su ubicación en el sobrecimiento continuo, cuidando que coincida con la altura de la solera de montaje de los tabiques estructurales perimetrales. Se debe considerar una huelga de 5 a 8 mm como se observa en el detalle **(1)**, para colocar espuma de poliuretano impregnada con bitumen asfáltico, que asegure aislar la humedad por capilaridad a la viga al contacto con el hormigón.*

El tipo de conexión de las vigas secundarias con vigas maestras o principales dependerá de la solución especificada para el cielo: si éste se ubica bajo las vigas principales o bien bajo las vigas secundarias. En este último caso, las vigas secundarias estarían sobre las vigas principales.

A continuación se muestran las diferentes alternativas de unión de vigas secundarias con vigas principales, según sea el caso, entregadas normalmente por cálculo.

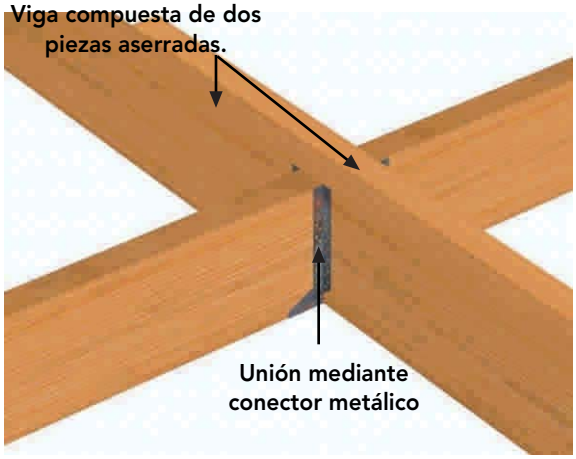


Figura 9 – 58: Unión de viga secundaria de tope a viga principal compuesta mediante conector metálico, según cálculo.

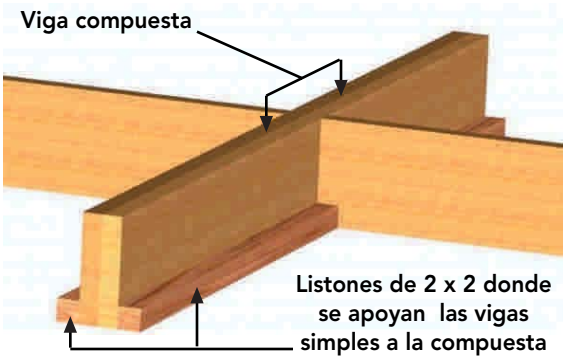


Figura 9 – 59: Solución de unión de viga secundaria a viga compuesta, mediante fijación mecánica y apoyo de pieza aserrada de 2"x 2", según cálculo.

9.7.2 Vigas laminadas:

Viga llena, rectangular, conformada por piezas de madera seca de Pino radiata, seleccionada por su resistencia y apariencia, de espesores de 19 a 30 mm, unidas por sus caras mediante adhesivo Resorcinol Fenol Formaldehído, con características estructurales para uso interior o exterior. Su mayor ventaja es no tener limitantes en el alto, ancho y largo lo que se obtiene mediante uniones dentadas (finger-joint). Los espesores que normalmente se comercializan son entre 90 y 185 mm, y las alturas de 342 a 988 mm.

Las ventajas que se pueden destacar son:

- Alta resistencia en relación a su peso.
- Buen comportamiento en los ambientes salinos y frente a la acción de gases corrosivos.
- En terminaciones a la vista, es de fácil teñido con tintes y barnices.
- Por ser una madera de gran sección es muy resistente al fuego, teniendo una taza de carbonización de 0,6 mm/minuto. Esto permite ausencia de llama a los 15 ó 20 mm (por falta de oxígeno) permitiendo asegurar sus propiedades resistentes.
- Compatibilidad con otros materiales en estructuras mixtas.
- Fácil montaje por ser un elemento liviano.
- Bajo coeficiente de dilatación por temperatura.
- Bajo costo de mantención si queda a la vista.

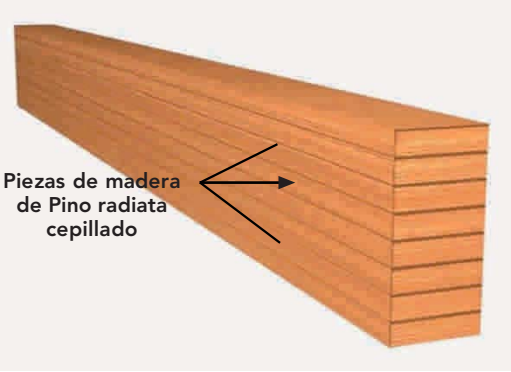


Figura 9 - 60 : Viga laminada compuesta por 8 piezas (en la altura) de madera seleccionada cepillada.

9.7.3 Vigas doble T:

Las vigas doble T están formadas por un cordón superior y otro inferior de madera aserrada, con uniones dentadas o de madera laminada y por un alma central que proporciona la altura, elaborada por un entablado doble en diagonal, por placa de hebras orientadas (OSB) o por contrachapado fenólico. Todas estas piezas las fabrican empresas especializadas.

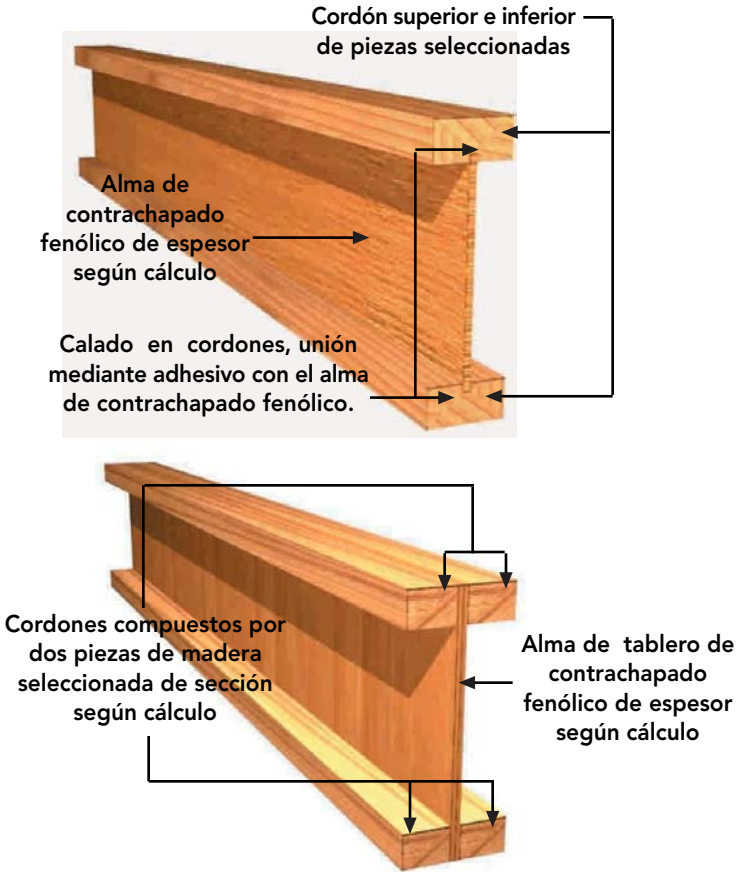


Figura 9 – 62: Viga doble T, formada por un alma de contrachapado fenólico con cordones (superior e inferior) de piezas dobles seleccionadas.

9.7.4 Vigas de cajón:

Vigas formadas por un cordón superior y otro inferior de madera aserrada con uniones dentadas o madera laminada, con revestimientos laterales a ambos lados de madera aserrada en diagonal o también con placa de hebras orientadas OSB o contrachapado fenólico. En su interior y en los extremos se ubican montantes verticales de madera que colaboran a resistir los esfuerzos de corte y a rigidizar las tapas laterales a distancias modulares.

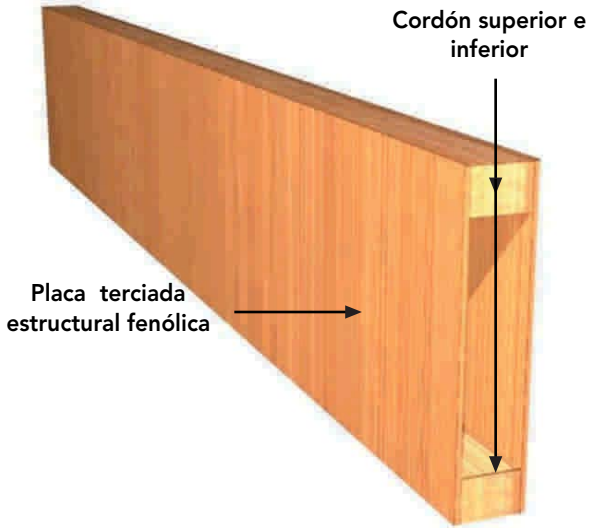


Figura 9 – 63: El material más utilizado en las vigas cajón como recubrimientos laterales es el contrachapado, por su alta resistencia.

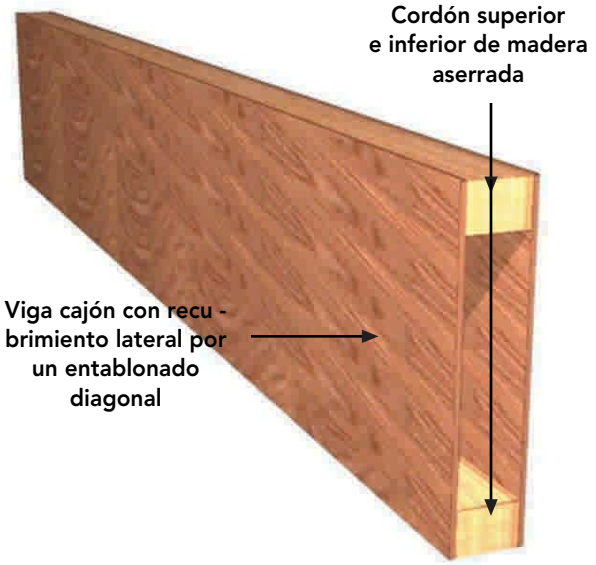


Figura 9 – 64: La altura de una viga cajón varía entre 1/10 a 1/12 de la luz, y la altura de cada uno de los cordones es de aproximadamente 1/ 7 de la altura total de la viga.

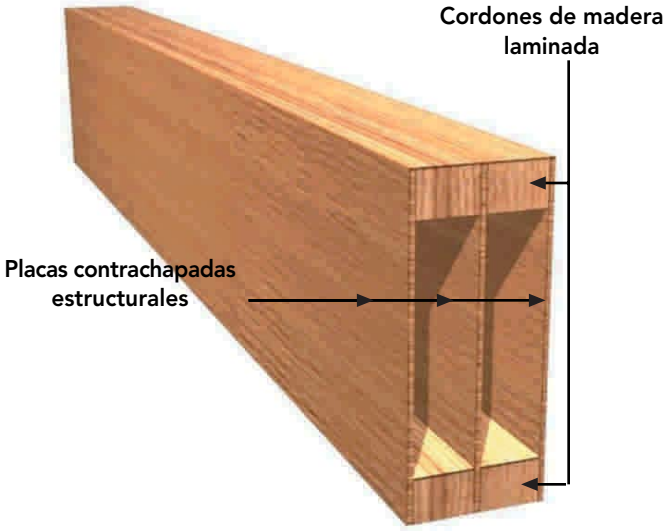


Figura 9 – 65: Para dar mayor resistencia a la viga, se puede intercalar una tercera placa vertical, conformando lo que se llama viga de doble cajón .

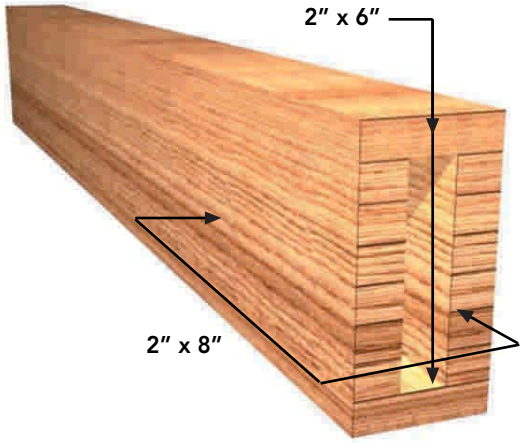


Figura 9 – 66 : Viga de cajón laminada que no requiere montantes verticales superiores.

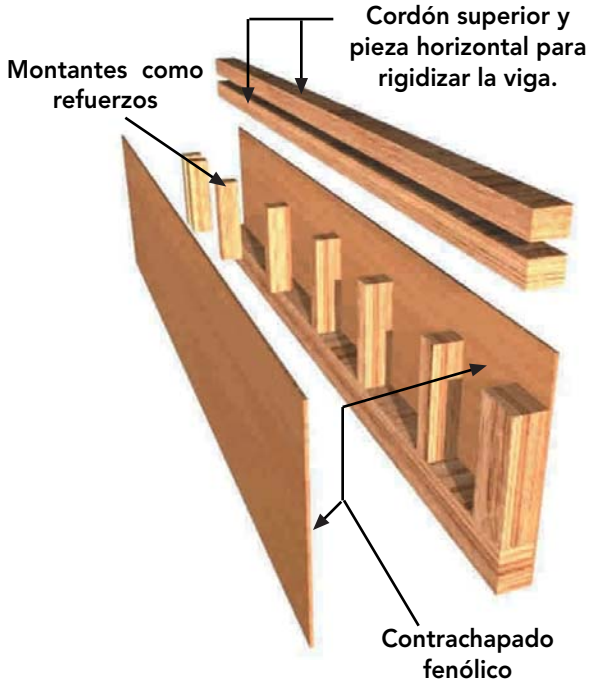


Figura 9 – 67 : En caso que la altura de la viga sea mayor de 1,2 m es necesario armar entre los montantes un entramado horizontal, de forma de rigidizar las tapas laterales.

9.8 ASPECTOS GENERALES A CONSIDERAR EN LA DEFINICIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE CONFORMAN UNA PLATAFORMA

Según la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC). Los entramados de madera deberán ejecutarse con piezas aceptadas según agrupamiento y clasificación que estén contempladas en las normas NCh1989, NCh1970/ 1, NCh1970/ 2 y NCh1207. **Capítulo 6 Artículo 5.6.6.**

Los entramados deberán cumplir con las condiciones que se fijan a continuación. **Artículo 5.6.9.**

1.- El peso propio del entramado que comprende, entre otros, las viguetas, cadenetas, entablado de piso y revestimientos de cielo, no podrá ser mayor que 0,5 kpa (50 kgf/m2).

2.- El distanciamiento máximo, medido entre ejes, será de 0,50 m para las viguetas y de 1,40 m para las cadenetas.

3.- Las escuadrías de los entramados horizontales medidas en milímetros, no podrán ser inferiores a las que se indican en las tablas, para las diferentes luces máximas. Para el caso del Pino radiata es:

Luz máxima	Escuadría
1,6 m	45 x 95 mm
2,4 m	45 x 120 mm
3,2 m	45 x 170 mm
3,6 m	45 x 195 mm

Tabla 9- 2: Escuadría de entramados en mm y luz máxima entre apoyo en m.

4.- La sobrecarga no podrá ser mayor de 1,5 kpa (150 kgf/m2). Sin embargo, en entramados afectados excepcionalmente por sobrecargas comprendidas entre 1,5 kpa (150 kgf /m2) y 3,0 kpa (300 kgf/ m2) se deberá aumentar su resistencia adoptando uno de los siguientes procedimientos:

a) Disminuir a la mitad la distancia entre viguetas.

b) Duplicar la base de las viguetas manteniendo su altura.

c) Aumentar la altura de las viguetas en un 40%, manteniendo sus bases.

Las vigas principales (vigas maestras) que soportan los entramados horizontales, deberán cumplir con las condiciones que se fijan a continuación. **Artículo 5.6.10.**

1.- Tendrán dirección perpendicular a las viguetas del entramado horizontal.

2.- Las escuadrías de las vigas principales que reciben carga de un entramado dispuesto a uno de sus costados, medidas en milímetros, no podrán ser inferiores a las que para las diferentes luces máximas de entramados y de la viga principal, se indican en la siguiente tabla:

Para el Pino radiata serán escuadrías de vigas principalmente en mm y luz máxima entre apoyo en metros.

Luz máx Entrama	1,6 m	2,4 m	3,2 m	3,6 m
Luz máx. Viga ppal.				
1,5 m	45x95	45x120	45x145	45x145 mm
2,0 m	45x120	45x145	45x170	45x195 mm
2,5 m	45x170	45x195	45x220	70x195 mm
3,0 m	45x195	70x195	70x220	70x220 mm

Tabla 9 – 3: Escuadría de entramados en mm y luz máxima entre apoyo en m.

3.- Cuando las vigas principales reciben carga de dos entramados horizontales dispuestos uno a cada costado de ellas, deberán aumentarse las escuadrías que se indican en la tabla 9-3, de acuerdo a uno de los siguientes procedimientos:

a) Duplicar la base de la viga manteniendo su altura.

b) Aumentar la altura de la viga en un 40% manteniendo su base.

4.- Cuando las vigas principales reciben carga de un entramado horizontal, dispuesto a uno de sus costados, afectado por una sobrecarga mayor de 1,5 kpa (150 kgf/ m2), pero menor de 3,0 kpa (300 kgf/m2), deberán aumentarse las escuadrías indicadas en tabla 9-3, de acuerdo a uno de los siguientes procedimientos.

a) Duplicar la base de la viga, manteniendo su altura.

b) Aumentar la altura de la viga en un 40%, manteniendo su base.

5.- Cuando las vigas principales reciben carga de dos entramados horizontales, dispuestos uno a cada costado de ellas, afectados por sobrecarga mayor de 1,5 kpa (150 kgf/m2), pero menor de 3 kpa (300 kgf/ m2), deberán aumentarse las escuadrías indicadas en la tabla 9-3, de acuerdo a uno de los siguientes procedimientos:

a) Duplicar la base y aumentar la altura en un 40%.

b) Duplicar la altura de la viga.

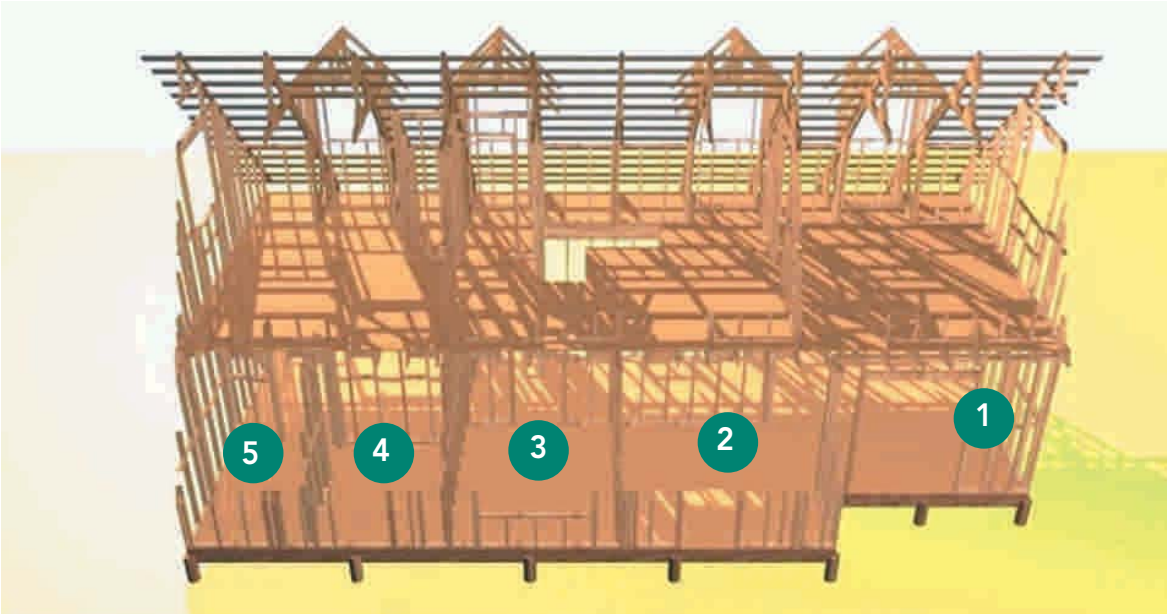
c) Cuadruplicar la base de la viga.

En Anexo V, se entrega un conjunto de tablas que permiten definir con cierta flexibilidad y en forma sencilla, estructuraciones de entramados de pisos.

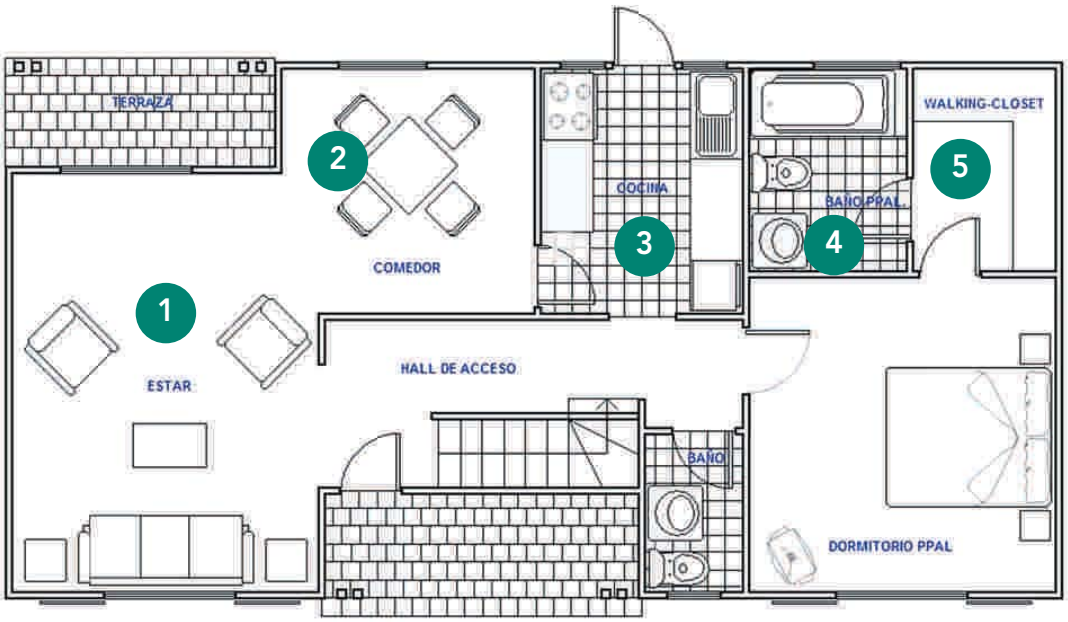
Los cuadros, cuya aplicación se supedita a determinadas separaciones máximas entre paredes, altura máxima de entre pisos e inclinaciones de techo, permiten definir estructuraciones para los distintos tipos de componentes estructurales de una vivienda que cumplen a cabalidad con las normativas, permitiendo prescindir de un cálculo estructural, de modo que pueda ser aprobada por las diferentes Direcciones de Obras Municipales al momento de tramitarse el permiso de edificación.

Los cálculos consideran las indicaciones de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) y normas chilenas vigentes NCh 1198 -Madera -Cálculo estructural y de otras normas complementarias.

9.9 SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA DE UN ENTRAMADO DE PISO Y ENTREPISO DE VIVIENDA PROTOTIPO, CONSIDERANDO LOS ASPECTOS DE DISEÑO DE ARQUITECTURA Y ESTRUCTURA

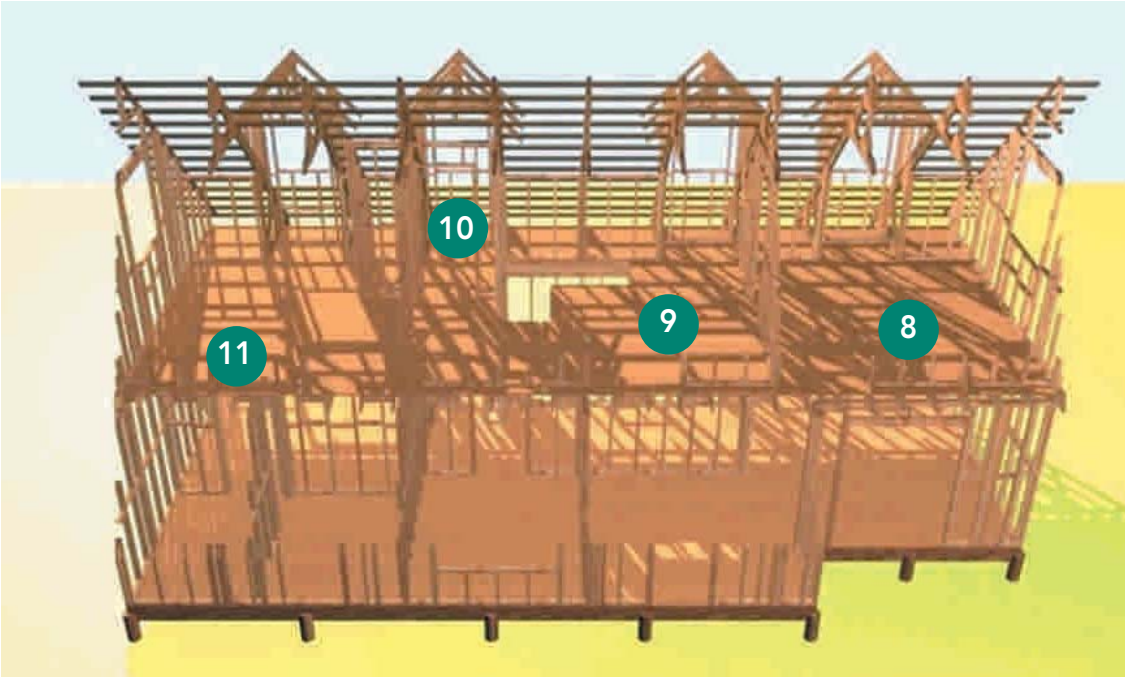


CORTE VIVIENDA TIPO EN VISITA A OBRA PISO 1°

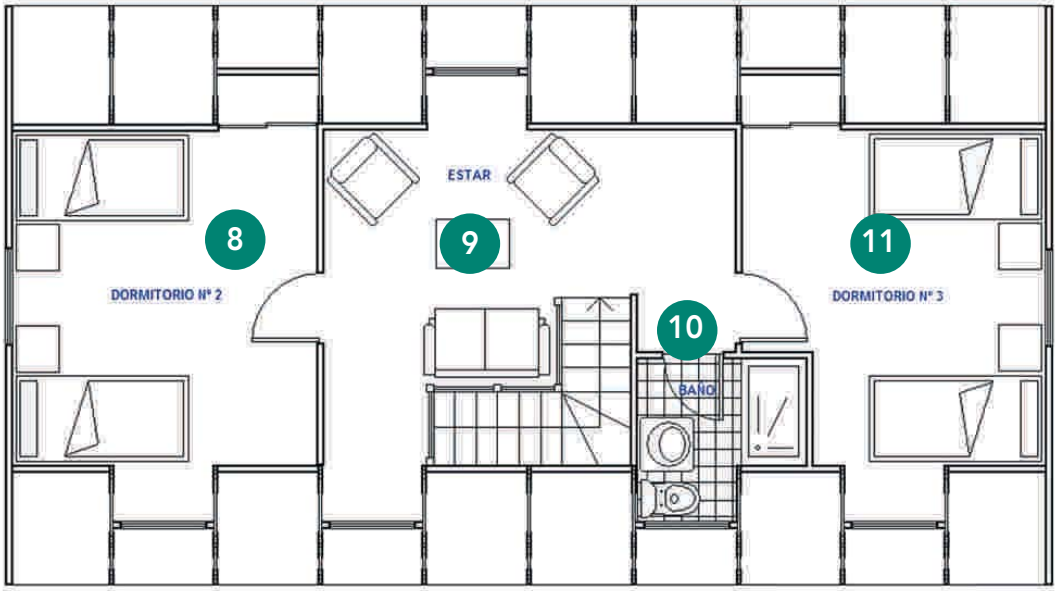


PLANO PLANTA ARQUITECTURA PISO 1°

1.- ESTAR
2.- COMEDOR
3.- COCINA
4.- BAÑO DORMITORIO
5.- W. CLOSET

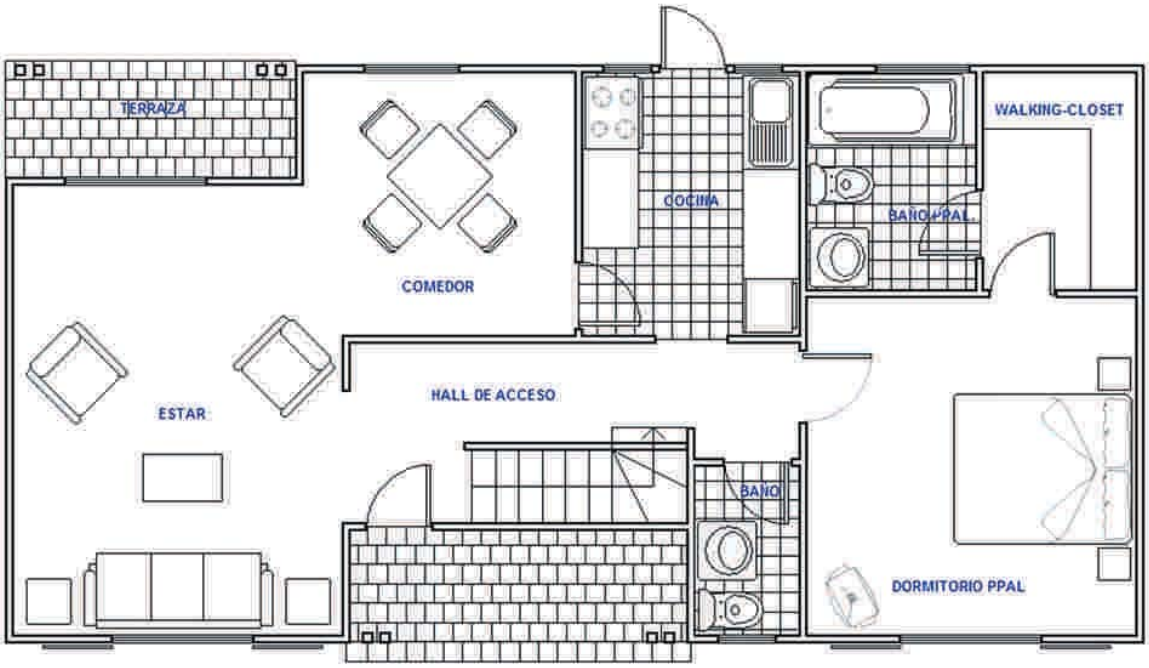


CORTE VIVIENDA TIPO EN VISITA A OBRA 2° PISO



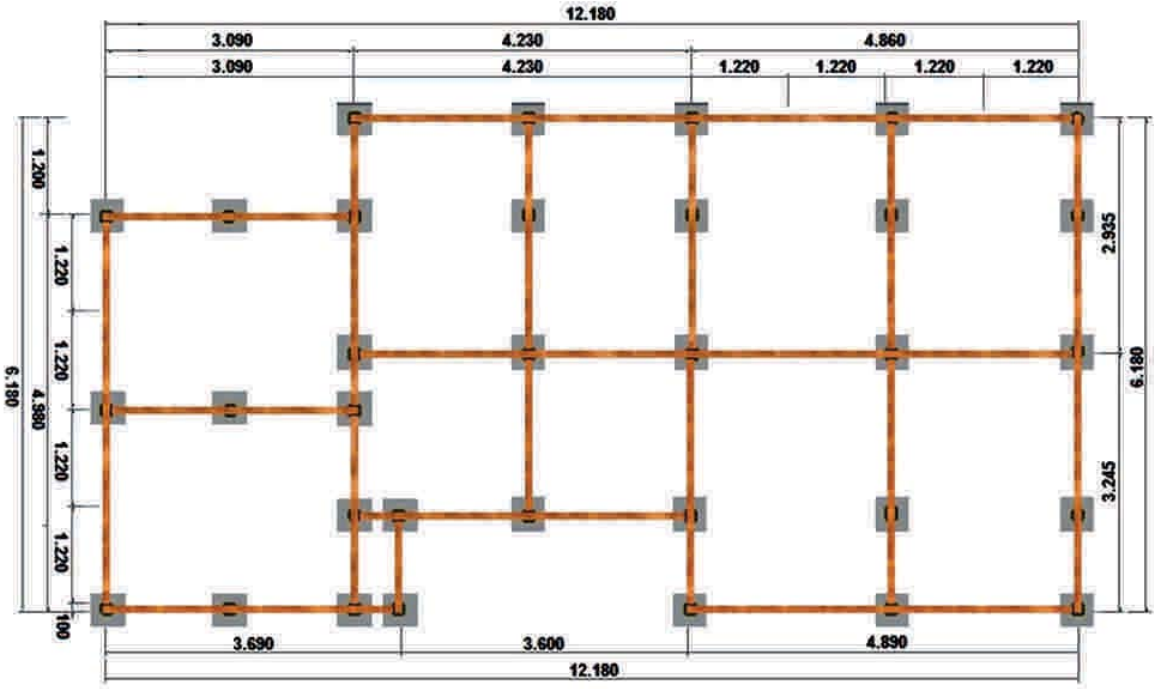
PLANO PLANTA ARQUITECTURA 2° PISO

8.- DORMITORIO N° 2
9.- SALA DE ESTAR
10.- ESCALERA
11.- DORMITORIO N° 3

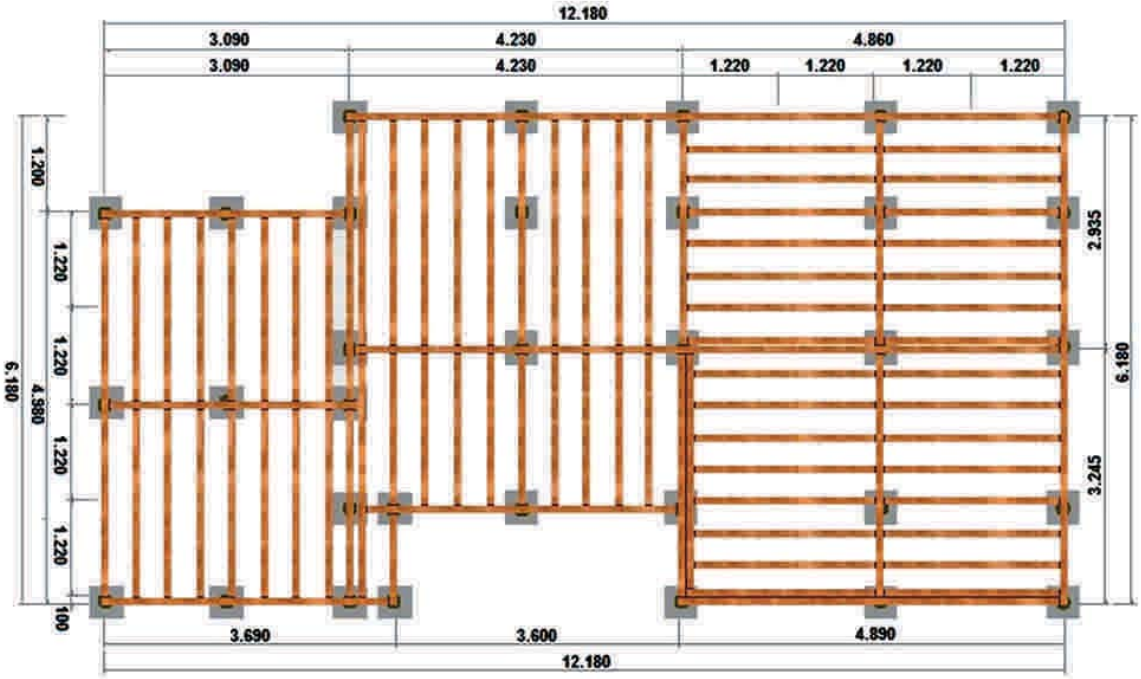


PLANO PLANTA DE ARQUITECTURA PISO 1°

El criterio para la ubicación de los pilotes considera largos comerciales de las vigas principales con escuadrías, composición de cargas y esfuerzos que se deben trasladar al subsuelo. Se obtiene el plano de vigas principales con sus respectivos ejes, los que ortogonalmente se replantearán en el terreno, para proceder a la excavación de cada una de las fundaciones aisladas de los pilotes.

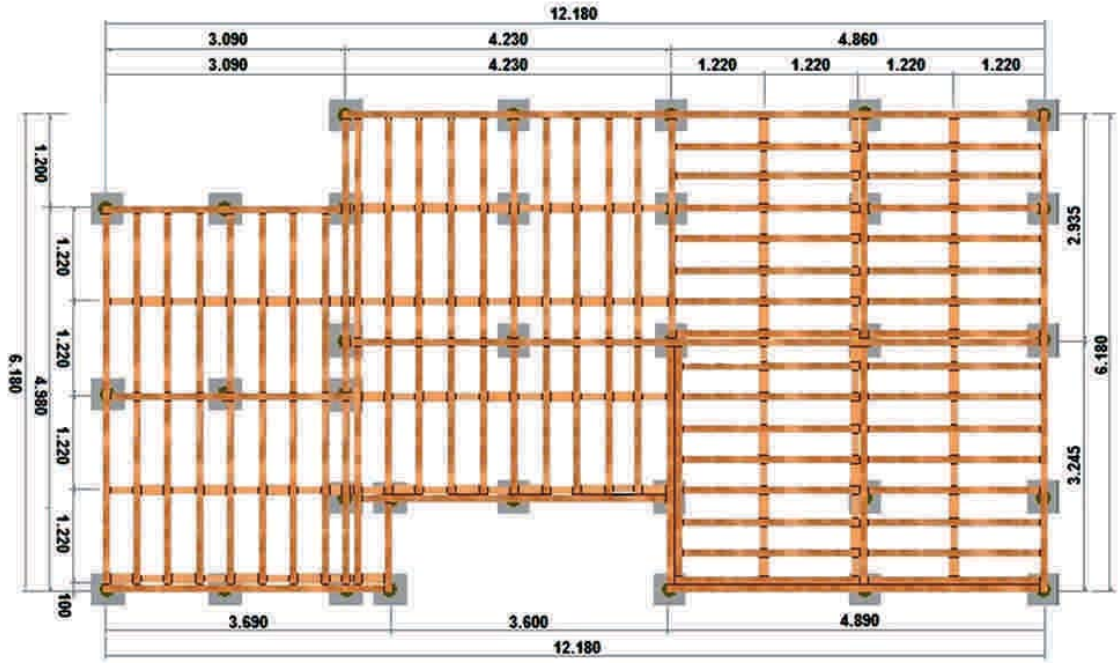


PLANO DE DISPOSICION DE VIGAS PRINCIPALES Y PILOTES

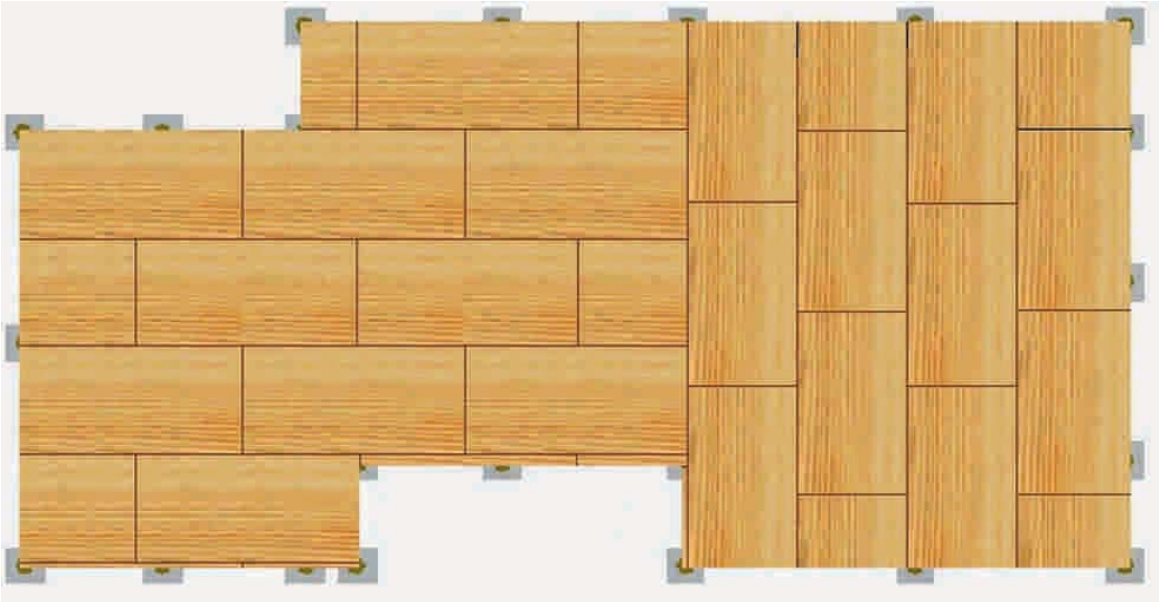


PLANO DE DISPOSICION DE LAS VIGAS SECUNDARIAS

En los dos planos se muestran por separado las vigas secundarias piezas de madera de Pino radiata de grado estructural según especificaciones técnicas, escuadrías de 2" x 8" o 2" x 10" de largos según cálculo y disponibilidad comercial, ubicadas a una distancia de 407 mm entre ejes, y borde a eje en cada perímetro.Cadenetas de madera de Pino radiata de grado estructural según especificaciones técnicas, y escuadría similar a las vigas, disposición a la mitad del largo de las vigas secundarias, que considera además las dimensiones de las placas de arriostramiento para que éstas se fijen a la estructura según patrón de clavado.

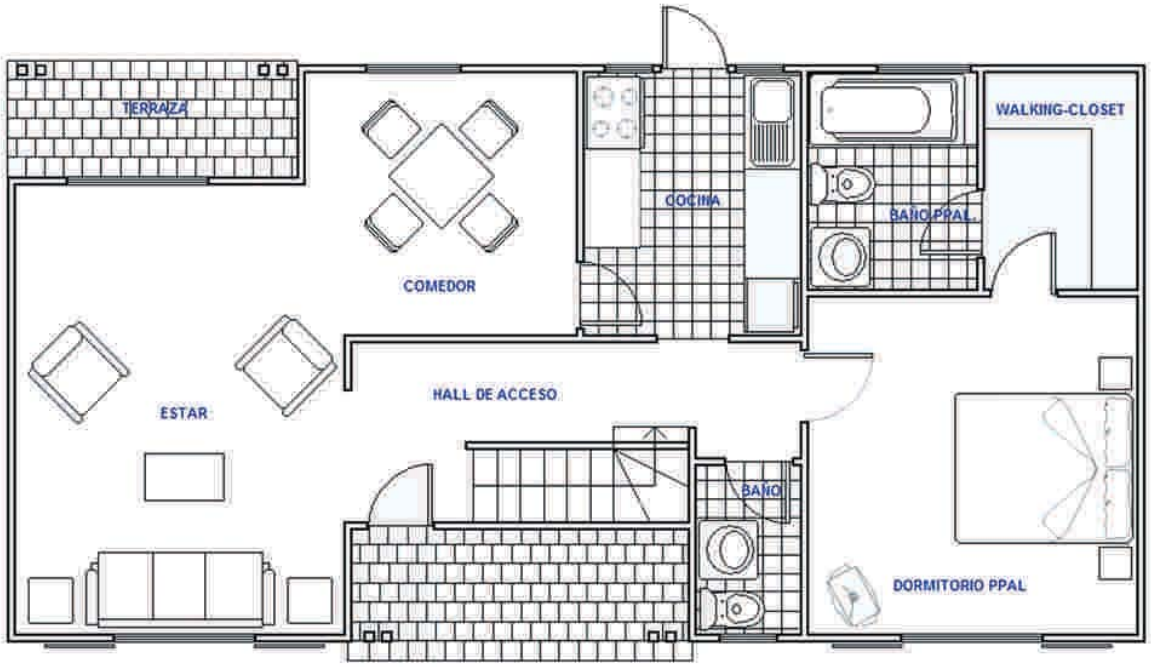


PLANO DE DISPOSICION DE LAS CADENETAS ESTRUCTURALES

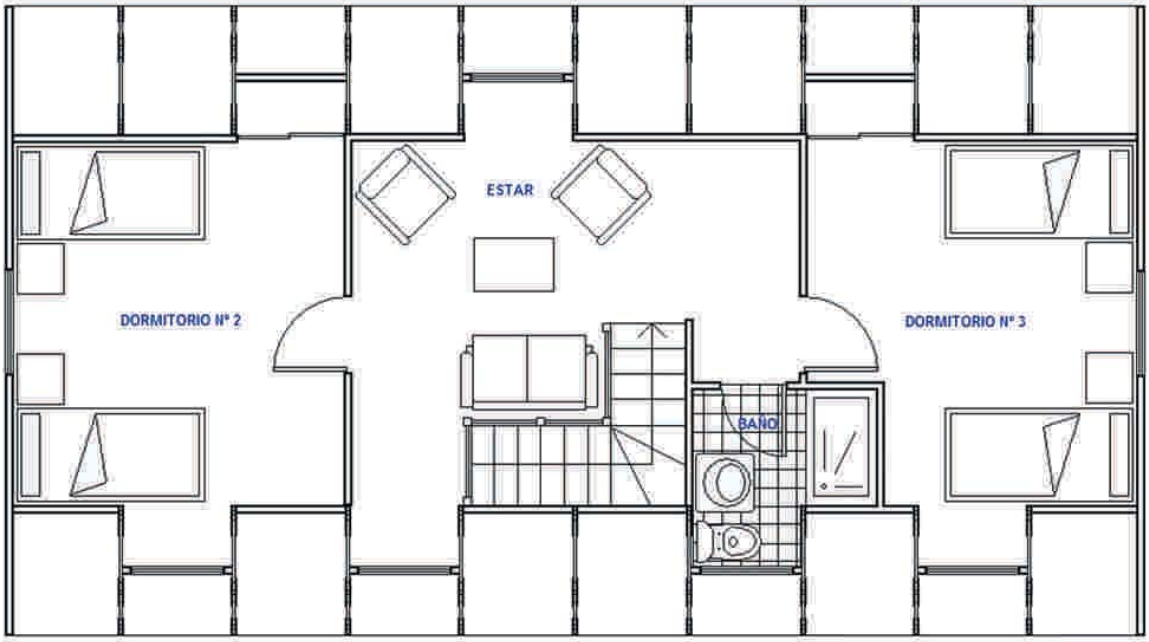


PLANO DE DISPOSICION DE LAS VIGAS SECUNDARIAS

Plano con distribución y disposición de las placas estructurales según el sentido de las vigas secundarias. La disposición trabada a media longitud permite un arriostramiento satisfactorio. Se debe considerar una separación perimetral entre placas de 2 a 3 mm como junta de dilatación. El patrón de clavado es el que se expuso en el punto 9.3.3.4, con y sin adhesivo, iniciando el clavado desde el centro de la placa hacia los extremos.

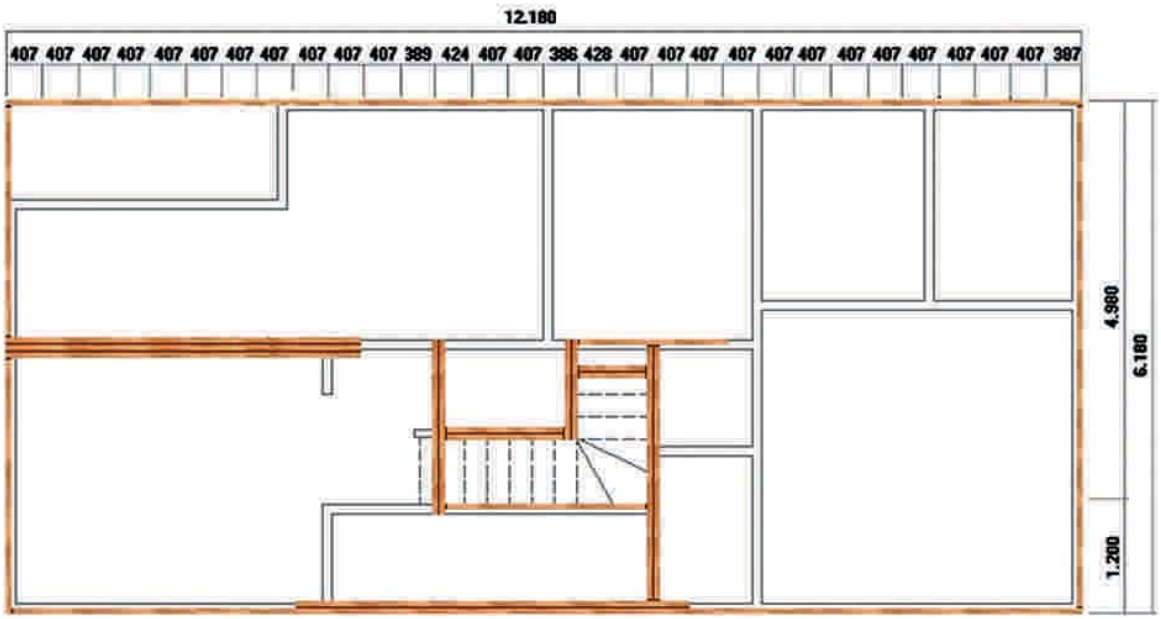


PLANO PLANTA DE ARQUITECTURA PISO 1°

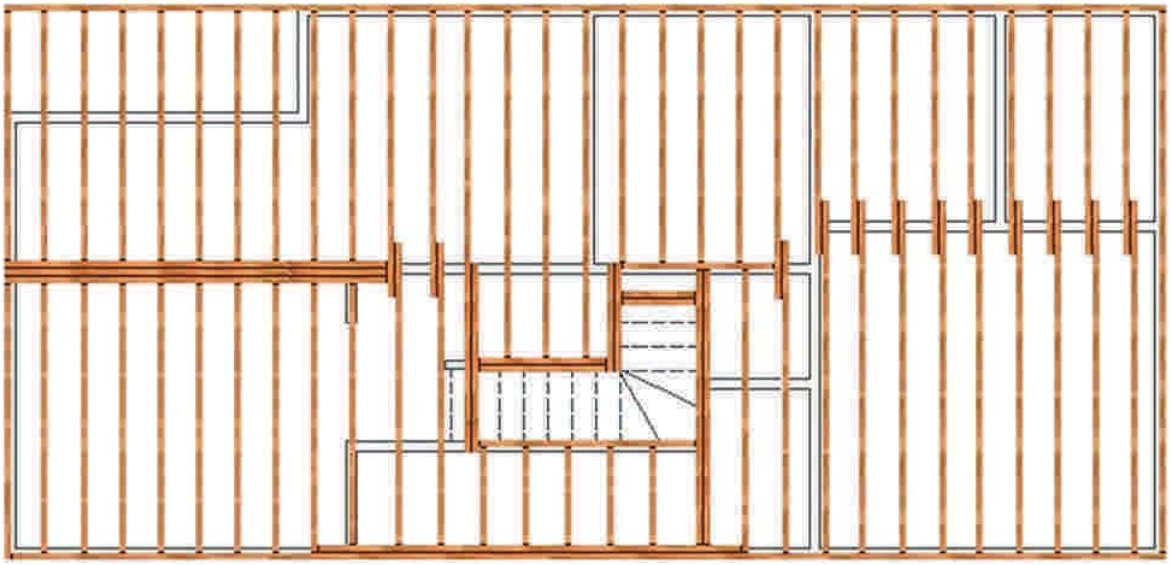


PLANO PLANTA DE ARQUITECTURA 2° PISO

Plano que muestra las vigas friso (vigas principales perimetrales) y las vigas compuestas que permiten el apoyo necesario de las vigas secundarias sobre el estar principal del primer piso. Vigas cabezales, que refuerzan la pasada de la escalera y el porche de la entrada principal.

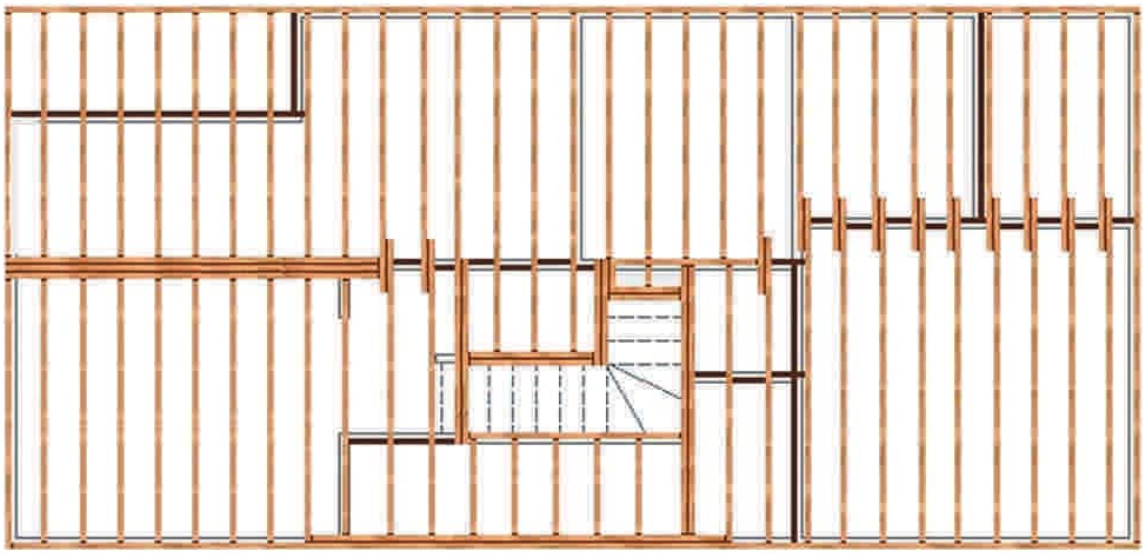


PLANO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES

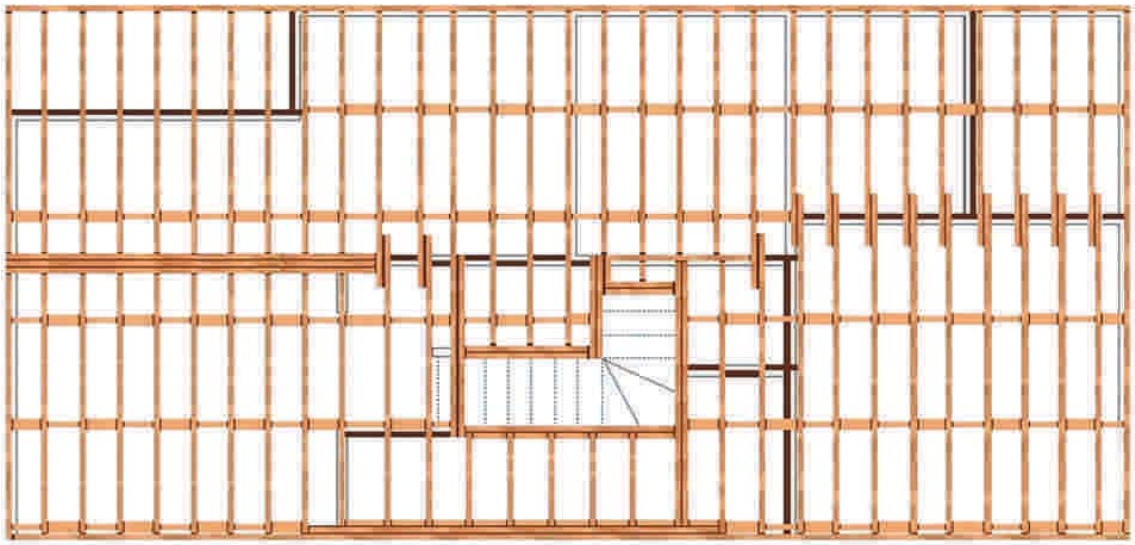


PLANO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES SECUNDARIOS

En los dos planos se muestran por separado las vigas secundarias, piezas de madera de Pino radiata de grado estructural, escuadrías de 2" x 8" o 2" x 10" de largos según cálculo y disponibilidad comercial, ubicadas a una distancia de 407 mm entre ejes, y borde a eje en cada perímetro. Además se disponen piezas de igual escuadrías a las vigas, como elementos parallamas en los sectores requeridos y lograr compartimentalizar los recintos y estructura.

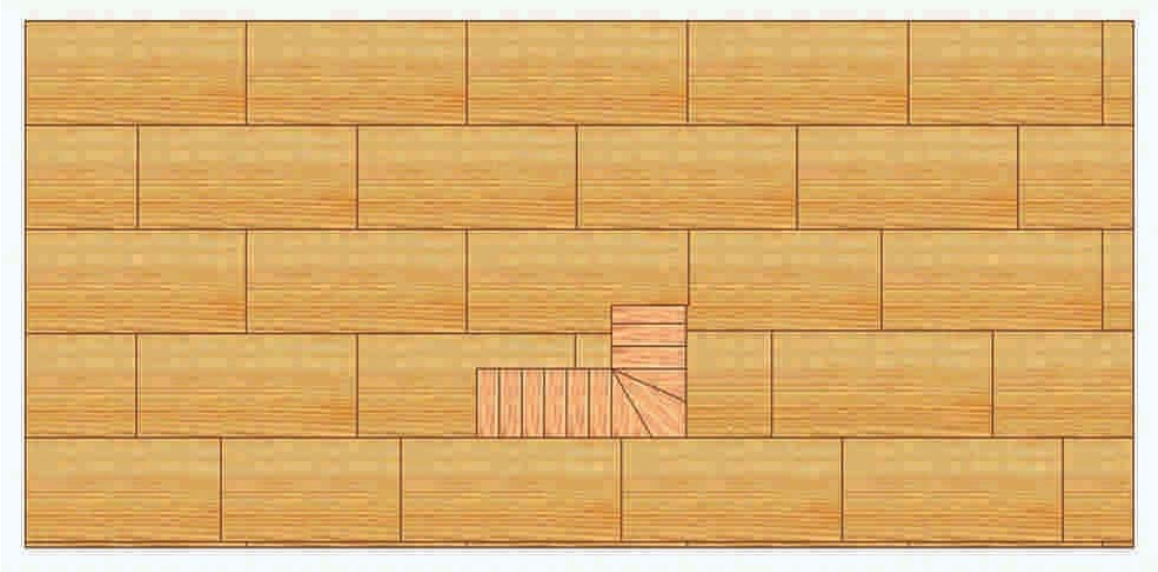


PLANO DE UBICACIÓN DE ELEMENTOS PARALLAMAS
(Compartimentación de recintos y estructura)

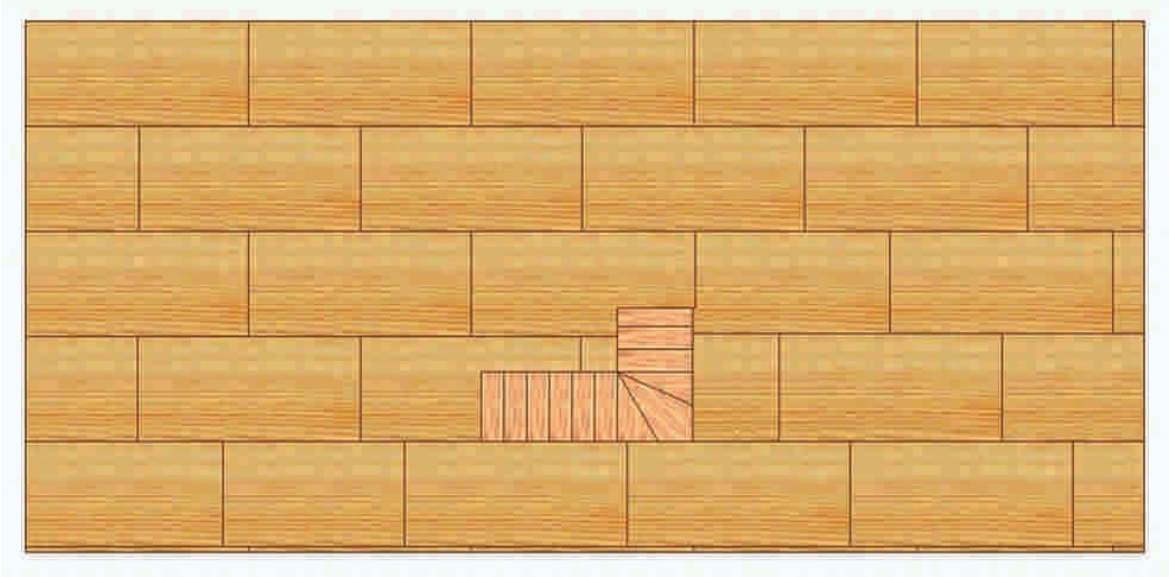


PLANO DE DISPOSICION DE CADENETAS ESTRUCTURALES Y APOYO PARA TABLERO ESTRUCTURAL DE ARRIOSTRAMIENTO

Cadenetas de Pino radiata de grado estructural según especificaciones técnicas, y escuadría similar a las vigas. Disposición a la mitad del largo de las vigas secundarias, que considera además las dimensiones de las placas de arriostramiento, para que éstas se fijen a la estructura según patrón de clavado. Plano con distribución y disposición de las placas estructurales según el sentido de las vigas secundarias. La disposición trabada a media longitud permite un arriostramiento satisfactorio.Se debe considerar una separación perimetral entre placas de 2 a 3 mm como junta de dilatación. El patrón de clavado es el que se expuso en el punto 9.3.3.4, con y sin adhesivo, iniciando el clavado desde el centro de la placa hacia los extremos.

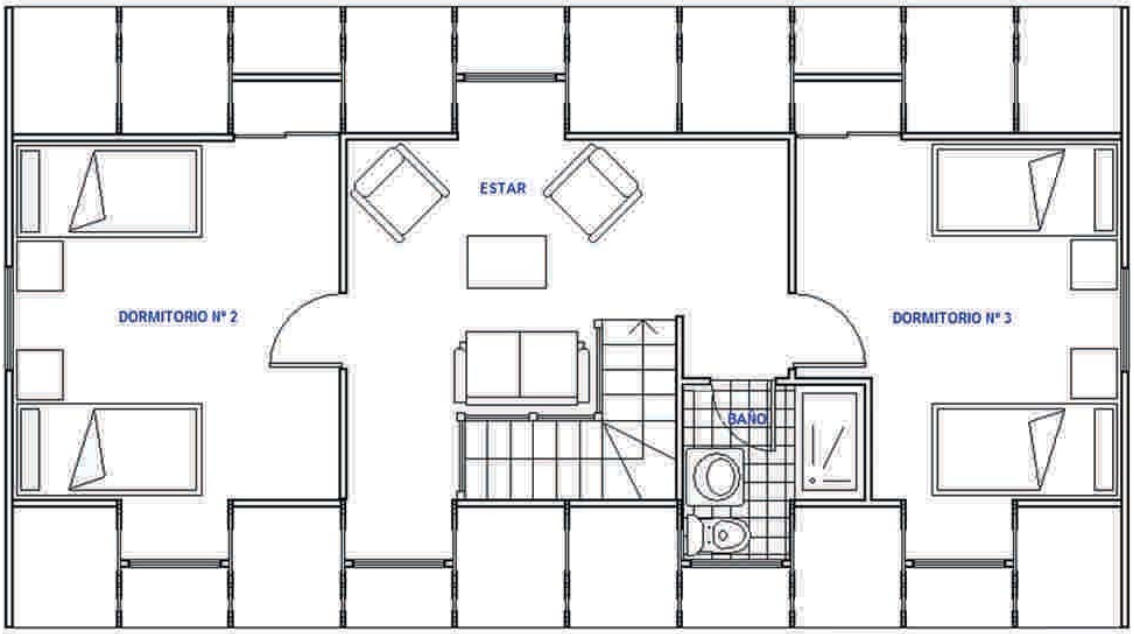


PLANO DE DISPOSICION Y DISTRIBUCION DE TABLEROS ARRIOSTRANTES DEL PISO 2°



PLANO DISPOSICION Y DISTRIBUCION DE PLACAS ARRIOSTRANTES PISO 2°

La distribución y disposición de las placas estructurales, según el sentido de las vigas secundarias, cubre la totalidad de la superficie del segundo nivel. Superficie donde se ubicarán las cerchas habitables, que dan solución a la techumbre del prototipo presentado y serán la base para la solución de pavimento especificado.



PLANO PLANTA DE ARQUITECTURA 2° PISO

BIBLIOGRAFIA

- Ambroser, J; Parker, H, "Diseño Simplificado de Estructuras de Madera", 2° Edición, Editorial Limusa S.A de C.V, México D.F, México, 2000.

- American Forest & Paper Association, "Manual for Engineered Wood Construction", Washington D.C, EE.UU., 2001.

- American Forest & Paper Association, ASD, "Manual for Engineered Wood Construction", AF&PA, 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 EE.UU. 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.

- Ball, J; "Carpenter and builder library, foundations-layouts-framing", v.3, 4° Edición, Editorial Indiana, 1977.

- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.

- Breyer, D; Fridley, K; Cobeen, K, "Design of wood structures" ASD, 4° Edición, Editorial Mc Graw Hill, EE.UU., 1999.

- Building Design & Construction, "Wood-framed building rising to greater heights", v.32 (2):77, Feb. 1991.

- Code NFPA, "Building Energy", EE.UU., 2002.

- 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.

- Carvallo, V; Pérez, V, "Manual de Construcción en Madera", 2° Edición, Instituto Forestal – Corporación de Fomento de la Producción, Santiago, Chile, Noviembre 1991.

- Thallon, R; "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.

- 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", 2° Edición, Editorial Mc Graw Hill, EE.UU., 1995.

- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.

- Goycolea, R; Hempel, R, "Entramados Horizontales" Cuaderno N°3, Universidad del Bío-Bío, Editorial Aníbal Pinto S.A, Concepción, Chile.

- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° 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", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Hempel, R; Goycolea R, "Entramados horizontales" Cuaderno N°3, Universidad del Bío Bío, Editado por Universidad del Bío Bío, Concepción, Chile, 1988.

- Hempel, R; Poblete, C, "Vigas" Cuaderno N°8, Universidad del Bío Bío, Editorial Aníbal Pinto S.A, Concepción, Chile.

- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.

- Neufert, E, "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- 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.
- 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.corma.cl (Corporación Chilena de la Madera).
- www.canadianrockport.com (Canadian Rockport Homes Ltd.).
- www.minvu.cl (Ministerio de Vivienda y Urbanismo).
- www.lsuagcenter.com (Anatomía y física de la madera).
- www.lpchile.cl (Louissiana Pacific Ltda.).
- www.douglashomes.com (Douglas Homes).
- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).
- www.fpl.fs.fed.us (Forest Products Laboratory U.S. Department of Agriculture Forest Service).
- www.citw.org (Canadian Institute of Treated Wood).
- www.pestworld.org (National Pest Management Association).
- www.durable-wood.com (Wood Durability Web Site).
- www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.).
- NCh 173 Of.74 Madera –Terminología General.
- NCh 174 Of.85 Maderas–Unidades empleadas, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones.
- 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 973 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de compresión paralela.
- NCh 974 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de compresión perpendicular a las fibras.
- NCh 975 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de tracción perpendicular a las fibras.
- NCh 976 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de cizalle paralelo a las fibras.
- NCh 977 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de clivaje.
- NCh 978 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de dureza.
- NCh 979 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de extracción de clavo.
- NCh 986 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de tenacidad.
- NCh 987 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de flexión estática.
- 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. Procedimiento.
- NCh 1990 Of.86 Madera–Tensiones admisibles para madera estructural.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

CORMA

CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 10

ENTRAMADOS VERTICALES

Centro de Transferencia Tecnológica

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 10

Centro de Transferencia Tecnológica

UNIDAD 10

ENTRAMADOS VERTICALES

10.1 INTRODUCCIÓN

Para efectos del presente manual, en lo que se refiere a entramados verticales de madera, se utilizarán los conceptos y definiciones establecidos en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).

10.2 DEFINICIÓN

Los tabiques son elementos entramados compuestos por piezas verticales y horizontales de madera que se distribuyen de forma similar e independiente del tipo de servicio que presten, ya sea como elemento constructivo resistente o de separación entre recintos.

10.2.1. Clasificación según su función resistente
Según su capacidad soportante los entramados verticales se pueden clasificar en:

10.2.1.1 Tabique soportante
Es todo elemento vertical (entramado de madera) que forma parte de la estructura resistente de la vivienda.

Es un tabique diseñado para soportar cargas estáticas y dinámicas. Las primeras son aquellas producidas y aportadas por:

- Estructura de techumbre con solución de cubierta
- Entramados verticales de niveles superiores
- Entramado de entrepiso
- Sobrecargas de uso
- Peso propio
- Nieve y otros

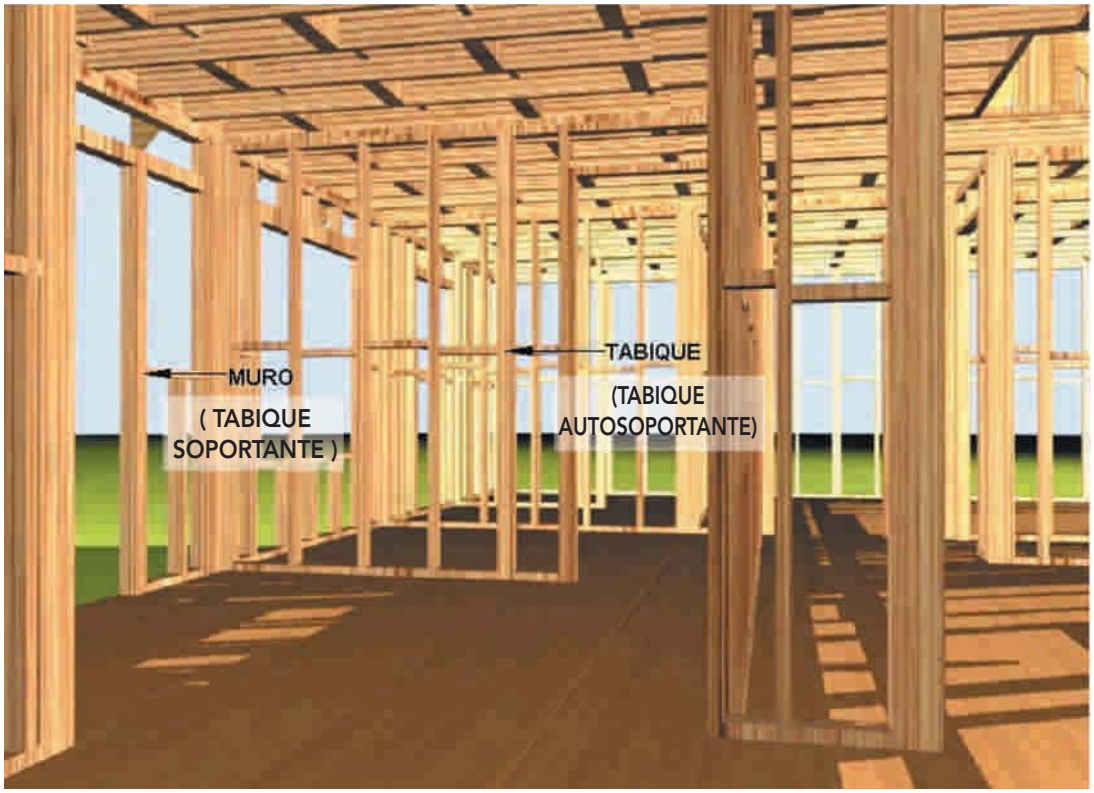


Figura 10 - 1: Vista general de tabiques interiores y perimetrales que conforman una vivienda estructurada en madera. Muros o tabiques soportantes que se ubican normalmente en el perímetro y en algunos lineamientos interiores según cálculo. Tabiques autosoportantes son los que separan diferentes ambientes interiores y soportan su propio peso.

Las dinámicas o cargas horizontales de empuje son provocadas por:

- Acción del viento
- Sismo

Figura 10 – 2a: Elevación de un tabique soportante de madera prefabricado, cuyo diseño considera como componente arriostrante la utilización de tablero contrachapado o de hebras orientadas (OSB). Vista por el interior.

Figura 10 – 2b: Elevación exterior de un tabique soportante estructural prefabricado montado sobre su plataforma base.

10.2.1.2. Tabique autosoportante

Es todo elemento vertical que cumple funciones de separación entre los recintos interiores de una vivienda y que sólo puede recibir cargas de magnitud reducida. Aún cuando no requiere de piezas arriostrantes, es recomendable incorporar aquellos componentes que ayudan a la adecuada fijación de muebles colgantes de tipo mural, soportes de clóset, artefactos, cañerías y ductos de instalaciones básicas en la vivienda.

Figura 10 - 3a: Elevación de un tabique autosoportante prefabricado.

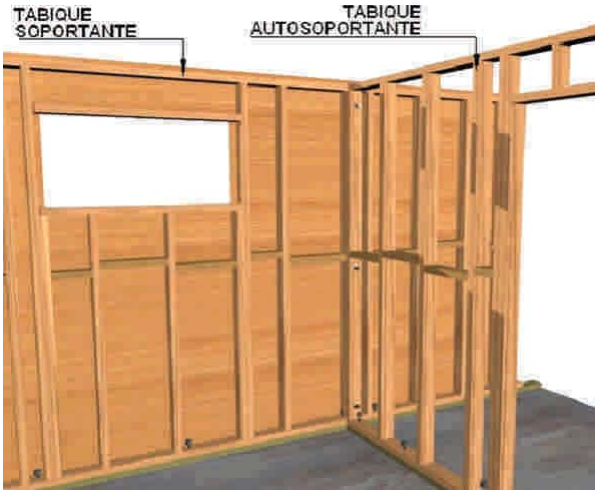


Figura 10 - 3b: Encuentro normal entre tabique soportante perimetral con tabique interior autosoportante.

UNIDAD 10
ENTRAMADOS VERTICALES

10.2.2. Clasificación según su ubicación

10.2.2.1. Tabiques soportantes perimetrales
Son aquellos que conforman todo el perímetro exterior en forma continua y cerrada con una de sus caras expuestas a la intemperie y son parte de la estructura resistente de la vivienda.

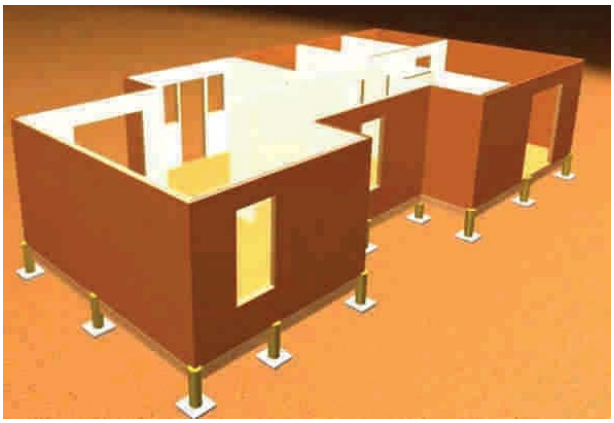


Figura 10 - 4: Primer piso de una vivienda con sus muros perimetrales alzados (tabiques soportantes).

10.2.2.2 Tabiques soportantes interiores
Son aquellos que están diseñados para resistir cargas en el interior de la vivienda provenientes desde niveles superiores, y al mismo tiempo, la transmisión de esfuerzos horizontales producidos por sismo o viento y son parte de la estructura resistente.

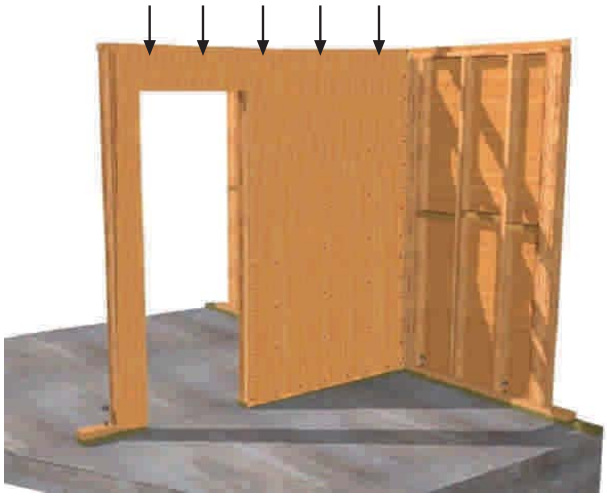


Figura 10 - 5: Encuentro de un tabique soportante interior con tabique soportante perimetral.

10.2.2.3 Tabique autosoportante interior
En general, un tabique autosoportante siempre va dispuesto en el interior de la vivienda, ya que sólo cumple funciones como elemento separador entre ambientes o recintos de la misma.

10.3 COMPONENTES DE LOS ENTRAMADOS VERTICALES

Los tabiques están conformados por un conjunto de piezas que cumplen funciones específicas.

10.3.1 Componentes principales:
Son aquellos utilizados para estructurar el elemento completo en su fase de armado o prefabricación.

Las piezas principales que conforman los tabiques son: (Figura 10- 6)

1 Solera inferior
2 Pie derecho
3 Solera superior
4 Transversal cortafuego (cadeneta)
5 Jamba
6 Dintel
7 Alféizar
8 Puntal de dintel
9 Muchacho

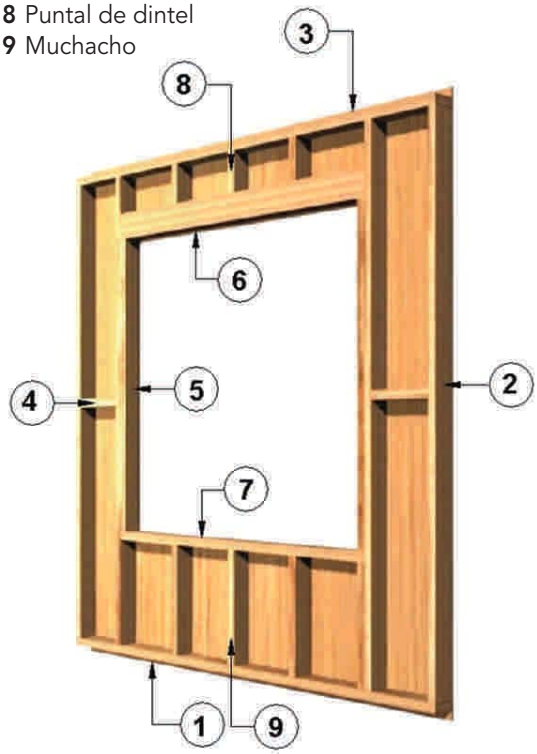


Figura 10 - 6: Piezas principales que componen un entramado vertical.

10.3.1.1 Solera inferior

Pieza horizontal inferior que fija, por medio de uniones clavadas, todas las piezas verticales tales como pie derecho, jambas y muchachos. Su función principal es distribuir las cargas verticales hacia la plataforma.

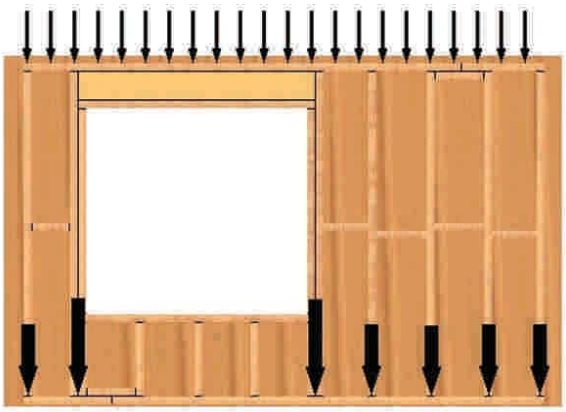


Figura 10 - 7: Esquema de distribución de cargas verticales desde niveles superiores a pie derecho, y de estos a solera inferior.

En el caso que la solera inferior del tabique vaya anclada sobre una plataforma de hormigón, dicha pieza debe cumplir con dos requisitos básicos para garantizar su resistencia y durabilidad:

- **Aislación de la humedad:**
  Que proviene del contacto directo con la superficie de hormigón. Por ejemplo, mediante una doble lámina de fieltro asfáltico de 15 libras u otro sistema de características similares (Figura 10-8).

- **Preservación:**
  Impregnación con sales de CCA por métodos de presión y vacío a un contenido mínimo de 4 kg/m3 de óxidos activos, según se establece en la norma chilena NCh 819 (Figura 10-8).

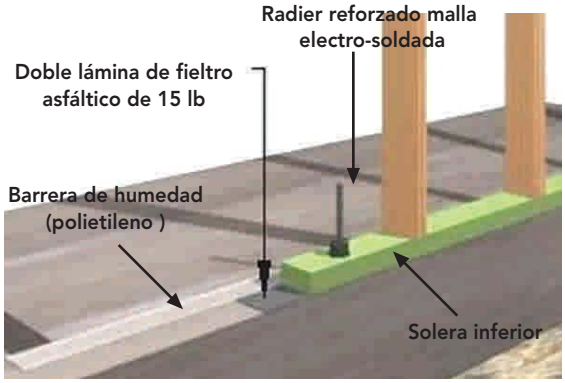


Figura 10 – 8: Barrera de humedad (polietileno) que aísla de la humedad por capilaridad en contacto con el terreno al radier de hormigón de plataforma del primer piso. Doble lámina de fieltro asfáltico de 15 libras que protege a la solera inferior del tabique.

10.3.1.2 Pie derecho

Pieza vertical unida por medio de fijaciones clavadas entre las soleras superior e inferior. Su principal función es transmitir axialmente las cargas provenientes de niveles superiores de la estructura (Figura 10 - 7). En el caso de los tabiques auto-soportantes, sólo cumple con la función de ser el componente al cual se fijan las placas de revestimiento, muebles o elementos de equipamiento.

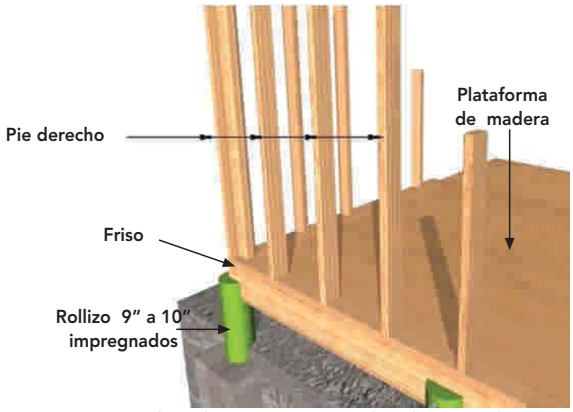


Figura 10 - 9: Pie derecho, piezas verticales de escuadría 2" x 3" (41 mm por 65 mm) o 2" x 4" (41 mm por 90 mm), que conforman en este caso el tabique soportante perimetral que se encuentra montado en plataforma de madera.

10.3.1.3 Solera superior

Pieza horizontal superior que une, por medio de uniones clavadas, todos los elementos verticales tales como pie derecho, jambas y puntales de dintel. Transmite y distribuye a los componentes verticales las cargas provenientes de niveles superiores de la vivienda.

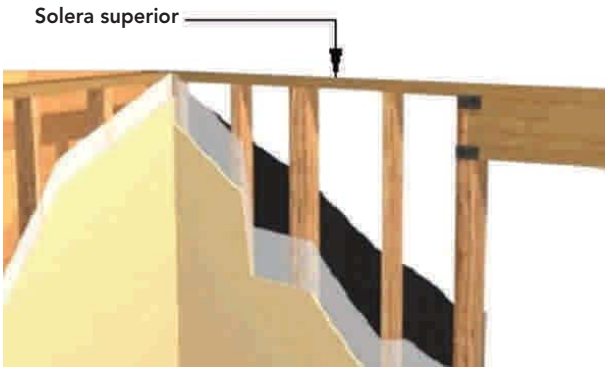


Figura 10 - 10: Solera superior de igual escuadría que los pie derecho, en este caso de muros perimetrales.

10.3.1.4 Transversal cortafuego

Pieza componente que separa el espacio entre dos pie derecho en compartimientos estancos independientes. También es llamada "cadeneta". Su función consiste en bloquear la ascensión de los gases de combustión y retardar la propagación de las llamas por el interior del tabique en un eventual incendio. Permite, además, el clavado o atornillado de revestimientos verticales y ayuda a evitar el pandeo lateral de los pie derecho en el plano del tabique.

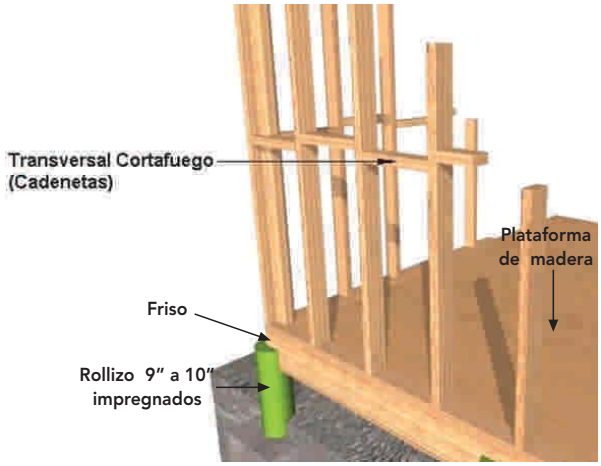


Figura 10 - 11: Ubicación de transversales cortafuego o "cadenetas" de igual escuadría a los pie derecho, en este caso de los muros perimetrales.

10.3.1.5 Dintel

Corresponde al conjunto de una o más piezas horizontales que soluciona la luz en un vano de puerta o ventana. En el caso de tabiques soportantes, puede tratarse de dinteles de ambos tipos de vano (Figura 10 - 12). En el caso de tabiques auto-soportantes, por lo general, se trata sólo de dinteles de puertas. Su estructuración dependerá de la luz y de la carga superior que recibe.

10.3.1.6 Alféizar

Pieza horizontal soportante en elementos de ventana (Figura 10 - 12). Por lo general es utilizado sólo en tabiques soportantes perimetrales. Su estructuración dependerá de la longitud o ancho del vano, tipo y materialidad de la ventana que se especifica.

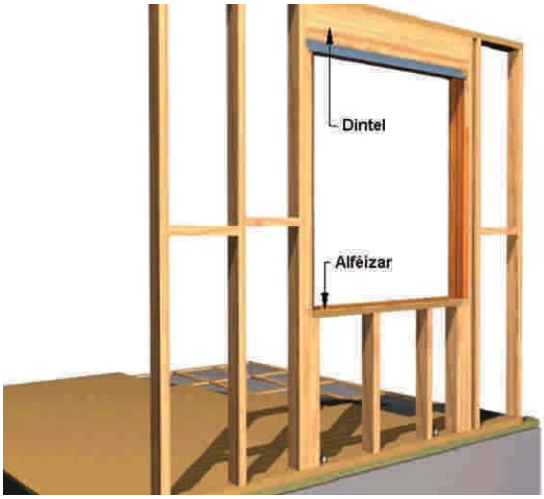


Figura 10 - 12: Dintel macizo de ventana estructurado en piezas de 2" x 8" y disposición de alféizar de ventana.

10.3.1.7 Jamba (centro de ventana)

Pieza vertical soportante que complementa la estructuración de vanos en puertas y ventanas. Su función principal es apoyar la estructuración del dintel.

Otras funciones importantes son:

- Mejora la resistencia al fuego del vano como conjunto.
- Refuerza en forma colaborante, con su pie derecho de apoyo longitudinal, la rigidez necesaria para el cierre y abatimiento (eje pivotante) de puertas y ventanas.

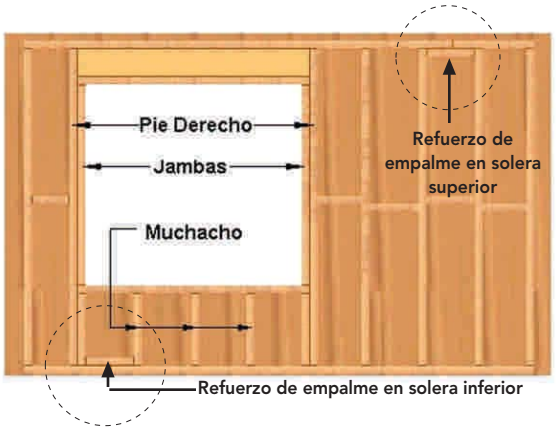


Figura 10 - 13a: Jambas soportantes de un dintel de ventana. Muchachos soportantes del alféizar de ventana. Se ilustra además, los refuerzos de empalme (en círculo) de soleras superior einferior.

Figura 10 - 13b: Jamba doble en cada costado de un vano cuando éste tiene una luz igual o superior a 200 cm.

- Cuando la luz de un vano exceda los 200 cm, la jamba de apoyo del dintel debe ser doble en cada costado del vano.

10.3.1.8 Puntal de dintel

En aquellos dinteles de luz no mayores que 80 cm, y siempre que no actúen cargas puntuales provenientes de niveles superiores, la unión entre estos, la solera superior y el dintel en un vano de puerta o ventana, puede ser resuelta por medio de piezas verticales de longitud menor denominadas "puntales de dintel", las que permitirán mantener, para efectos de modulación, la fijación de revestimientos por ambas caras del entramado.

10.3.1.9 Muchacho

Componente vertical que une el alféizar de un vano de ventana con la solera inferior, cumpliendo la misma función que un puntal de dintel.

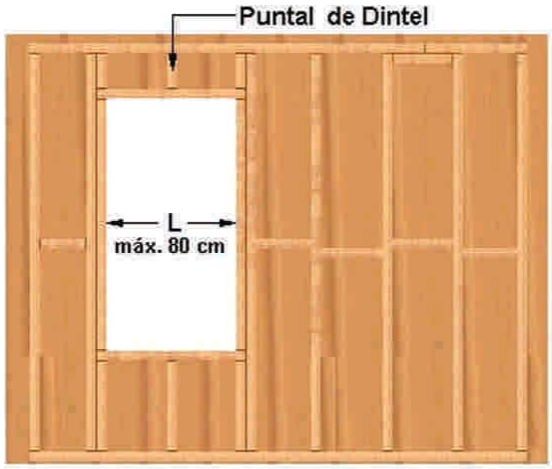


Figura 10 - 14: Puntal de dintel. En tabiques soportantes es utilizable en vanos con una luz no superior a 80 cm. En tabiques auto-soportantes puede ser utilizado en vanos de hasta 120 cm.

10.3.2 Componentes secundarios

Son aquellos que permiten anclar y fijar los tabiques, tanto inferior como superiormente. Se diferencian de las piezas principales en que éstas son incorporadas a la estructura en la fase de montaje o alzado de los tabiques.

10.3.2.1 Solera de montaje

Pieza horizontal de igual escuadría que la solera inferior del tabique. Se especifica cuando a la plataforma de hormigón o madera se le incorpora una sobrelosa de hormigón liviano, de 40 a 50 mm de espesor.

Sobre esta pieza se alzan y anclan los tabiques que conforman la vivienda.

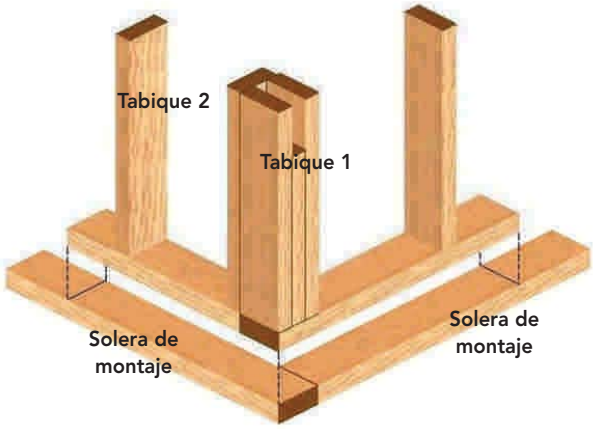


Figura 10 - 15: Solera de montaje que se ancla a la plataforma sobre la cual se alzará el tabique.

Si la superficie de la plataforma es hormigón, la pieza utilizada como solera basal de montaje debe considerar las mismas indicaciones de aislación y preservación descritas en el punto 10.3.1.1.

10.3.2.2 Solera de amarre

Pieza horizontal de igual escuadría que las principales (también llamada sobresolera), que cumple la función de amarrar los tabiques en su parte superior. La fijación de la solera de amarre a la solera superior se ejecuta por medio de uniones clavadas, alternadas cada 15 cm (Figuras 10 – 17 y 10 - 18).

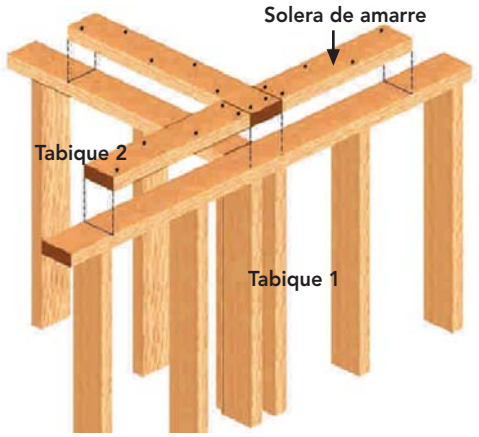


Figura 10 - 16: Solera de amarre o sobresolera que une un muro perimetral con un tabique interior.

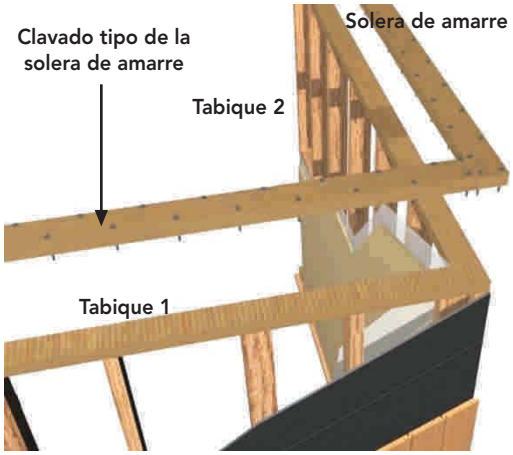


Figura 10 - 17: Solera de amarre en encuentro esquina, entre tabiques perimetrales soportantes. Clavos se ubican en forma alternada cada 15 cm.

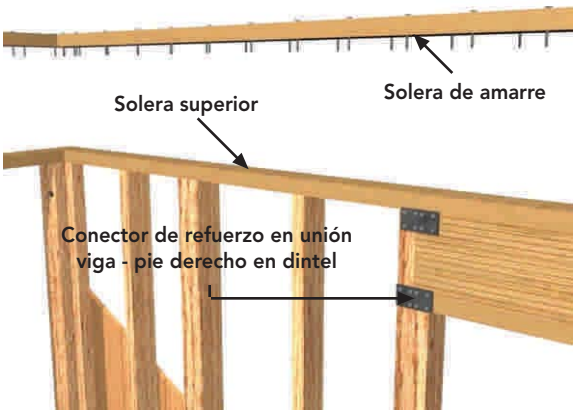


Figura 10 - 18: Perspectiva desde el interior que muestra la posición del clavado en la solera de amarre.

10.3.2.3 Cornijal

Pieza de sección cuadrada que se utiliza eventualmente en encuentros entre tabiques de tipo esquina. Las caras de estos elementos deben ser igual al ancho de piezas primarias y secundarias.

La finalidad de esta pieza es aportar mayor capacidad de soporte y, al mismo tiempo, entregar una mayor superficie de clavado.

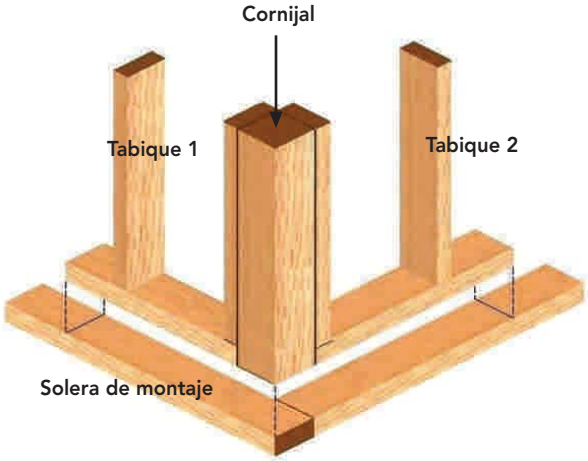


Figura 10 - 19: Cornijal para encuentro en esquina.

10.3.3 Componentes estructurales de los tabiques

Los tabiques soportantes son los principales elementos de la estructura resistente de la vivienda. Sus componentes son encargados de transmitir las cargas estáticas y dinámicas que afectan la edificación.

Por tal razón, debe realizarse una cuantificación del tipo y magnitud de las solicitaciones permanentes y eventuales, de modo que una vez en servicio, los tabiques soporten y cumplan con la función para la cual fueron diseñados.

Para lograr este objetivo, los tabiques soportantes requieren la incorporación de piezas o componentes arriostrantes, ya que sin ellos no presentarían resistencia a la tracción o a la deformación lateral, producto de la acción de cargas dinámicas.

Tradicionalmente, dicha condición ha sido resuelta incorporando piezas inclinadas de madera (diagonales estructurales), de distinta o igual escuadría que el resto de los componentes dentro de los planos paralelos del tabique. Otra posibilidad es la utilización de tensores o arriostramientos en perfiles de acero. Las alternativas de solución son:

10.3.3.1Diagonal estructural

Pieza de madera de escuadría igual al resto de los componentes del tabique, colocada en forma diagonal (ángulo de 45° ±15°) y en corte a media madera, con respecto a los pie derecho que componen el elemento. Se debe tener presente que, por cada diagonal puesta en una dirección, debe existir otra contrapuesta en el mismo plano.

La gran desventaja que presenta esta alternativa es la necesidad de incorporar al interior del tabique un mayor número de transversales cortafuego (un mínimo de dos filas de cadenetas) para evitar el pandeo lateral de la diagonal estructural ante esfuerzos horizontales.

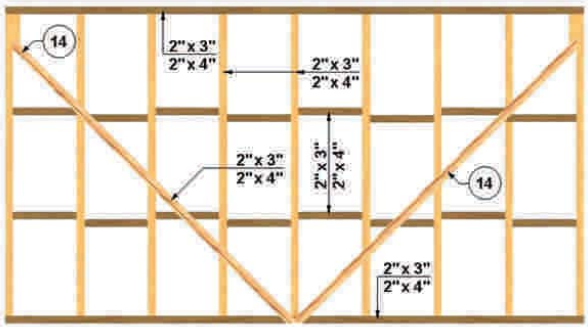


Figura 10 - 20: Muro arriostrado por medio de diagonales estructurales, de igual escuadría que las piezas principales, pieza N° 14.

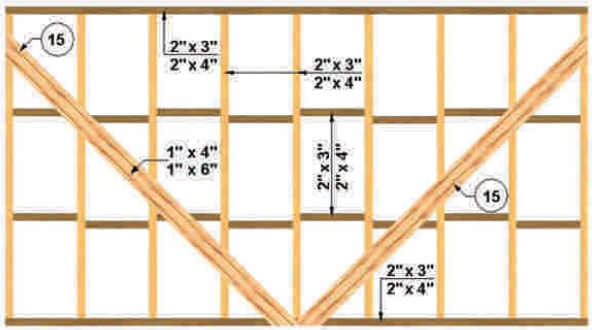


Figura 10 - 21: Muro arriostrado con tabla de madera encastrada, pieza N° 15.

10.3.3.2 Tensores o zunchos metálicos en perfil de acero plano

Barra de acero plana (pletina) de 20 a 50 mm de ancho y 3 a 5 mm de espesor, que se fija diagonalmente (ángulo de 45° ±15°) en las intersecciones con pie derecho y soleras (Figura 10 - 22a).

Al igual que en el caso anterior, se deben considerar tensores contrapuestos en un mismo plano alineado del muro. Para la colocación de tensores o zunchos metálicos es necesario ejecutar un rebaje en las piezas de madera para incorporarlo al espesor final del elemento en obra gruesa (Figura 22b).

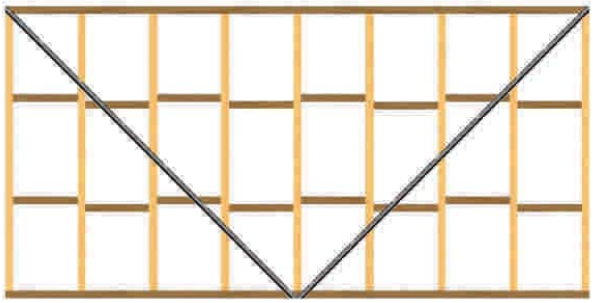


Figura 10-22a: Tabique soportante arriostrado por medio de tensores en barras de acero plano.

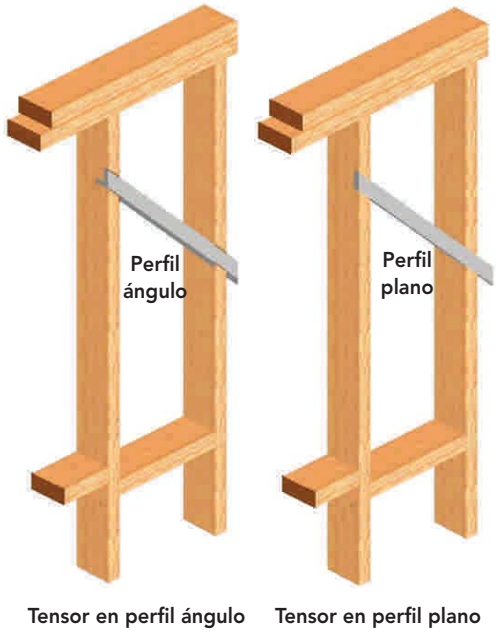


Figura 10-22 b: Ejemplos de colocación de arriostramientos en perfiles de acero (perfil ángulo y barra plana).

10.3.3.3 Perfil ángulo

Este obliga a realizar un corte de ajuste en los pie derecho y las soleras para insertar diagonalmente una de las alas del perfil ángulo.

Además, se debe ejecutar un rebaje para incorporar la otra ala al espesor final del elemento en obra gruesa. La principal desventaja de esta alternativa es que produce un debilitamiento de los pie derecho.

Al momento de diseñar la estructuración del tabique por medio de componentes de acero, se debe tener presente que tensores y ángulos metálicos tienen un mal comportamiento ante la acción del fuego en un incendio.

10.3.3.4. Revestimientos en perfiles de madera

Otra alternativa de estructuración que cumple una doble función como revestimiento definitivo y arriostramiento, es el uso de molduras de madera machihembrada o tinglada, clavada o atornillada a la estructura del tabique, ya sea en forma diagonal, vertical u horizontal y de dimensiones según cálculo.

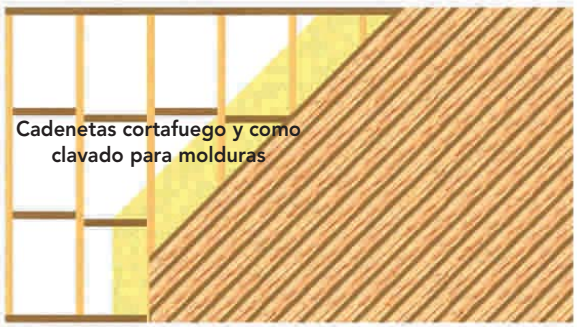


Figura 10 - 23: Revestimiento de molduras dispuesto en forma diagonal, machihembrado o tinglado, que además cumple la función de arriostrar la estructura del muro perimetral o del interior.

Figura 10 - 24: Molduras dispuestas en forma vertical, de características similares a la Figura 10 – 23.

Figura 10 - 25a: Molduras dispuestas en forma horizontal, de características similares a la Figura 10 – 23.

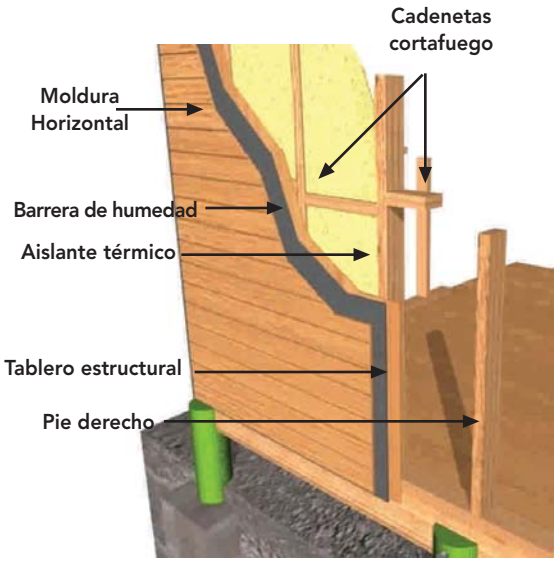


Figura 10 - 25b: Vista en isométrica de molduras horizontales, como revestimiento para muros perimetrales.

Las soluciones anteriormente presentadas para la estructuración de tabiques soportantes se pueden considerar como alternativas válidas, siempre y cuando cuenten con el respaldo del diseño estructural, realizado por el profesional competente.

Las diagonales estructurales aún siguen siendo aplicadas como método tradicional de construcción en madera en algunas regiones del sur del país (especialmente en la XI Región), debido a la acción del viento, pero hay que recalcar que tienen un deficiente comportamiento ante solicitaciones sísmicas.

10.3.3.5.Tableros estructurales

Durante la última década, la utilización de diagonales estructurales y tensores metálicos ha sido cada vez menor, a raíz de la incorporación de tableros contrachapados (terciados) y tableros de hebras orientadas (OSB, Oriented Strand Board), como principal componente arriostrante de tabiques soportantes en estructuras de madera.

Estos presentan una serie de ventajas con respecto de las soluciones descritas, ya que como resultado se obtiene:

- Mayor eficacia estructural.
- Mayor rendimiento y economía en la fabricación.
- Una vez armado, el muro no presenta piezas mecánicamente debilitadas por uniones de corte a media madera entre los pie derecho y la diagonal estructural.

- Los muros arriostrados con este tipo de tableros han demostrado un mejor comportamiento al sismo.

- Potencia el diseño de arquitectura, tanto en la proyección de superficies, como en vanos de puertas y ventanas.

- Al no utilizar diagonales estructurales, se requiere la incorporación de sólo una fila central o intermedia de transversales cortafuego.

- Se requiere un menor volumen de madera incorporada al tabique.

- Se realiza un menor número de cortes de piezas y clavado de nudos por unidad de superficie.

- Se logra una mayor eficiencia en la utilización de horas hombre durante la fabricación.

Figura 10 – 26a: Muro arriostrado con tableros contrachapados, pie derecho cada 400 mm en este caso.

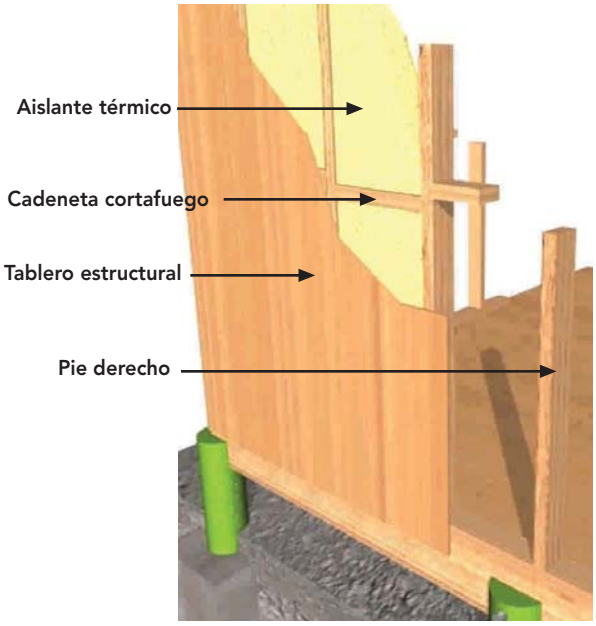


Figura 10 - 26b: Muro arriostrado con tableros contrachapados, montado sobre plataforma estructurada en madera.

10.4 CRITERIOS DE LA ORDENANZA GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCIONES PARA ESTRUCTURACIÓN DE TABIQUES

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) establece lo siguiente para el diseño mínimo de diafragmas o tabiques (entramados verticales), en estructuras de madera no sometidas a cálculo estructural:

- El espaciamiento máximo de los pie derecho será de 0,50 m entre ejes.

- La distancia máxima entre ejes de los travesaños o riostras (cadenetas) y entre estos y las soleras, será de 0,65 m.

- La altura de los diafragmas de fachadas no deberá ser mayor a 3 m para cada piso. Para estos efectos, la altura del diafragma es la distancia vertical medida entre los ejes de las soleras superior e inferior.

- La escuadría de las soleras, diagonales y travesaños, será igual a la escuadría de los pie derecho. Las diagonales podrán cortar a los pie derecho cuidando de mantener la continuidad estructural de estos a las soleras.

- Los diafragmas deberán estar dispuestos en dos direcciones ortogonales, con espaciamientos máximos entre ejes de 3,60 m en cada dirección. Sin embargo, cuando por necesidades de diseño el distanciamiento de un diafragma tuviere que ser mayor, se deberá disponer de arriostramientos que eviten la existencia de luces mayores a 3,6 m en las soleras superiores.

- La distribución de estos elementos será preferentemente simétrica y uniforme en cuanto a materiales y dimensiones, con el objeto de evitar solicitaciones de torsión en la estructura durante los sismos o bajo los efectos de ráfagas de viento. En el caso de notoria asimetría o desuniformidad en la distribución de los diafragmas, no serán aplicables las disposiciones de este artículo.

- La longitud equivalente o longitud de los entramados verticales medidos en planta y necesarios para resistir las solicitaciones sísmicas o de viento, quedará determinada en metros lineales para cada una de las direcciones principales, por la mayor longitud que se determine aplicando los procedimientos que se describen más adelante.

- En la longitud total de los diafragmas, determinada en la forma que se indica más adelante, no se incluirán los tabiques cuya razón altura/longitud sea mayor de 2,0 o de 3,5 m en el caso que posean revestimientos contrachapados o entablados en diagonal.

- Procedimiento sísmico: La longitud equivalente para cada una de las direcciones principales se obtendrá multiplicando la superficie cubierta del proyecto, medida en metros cuadrados en planta, por el coeficiente que para cada caso se indica en la siguiente tabla:

Tabla de procedencia del modelo californiano.

- Para edificación de dos pisos o un piso con mansarda, la longitud equivalente del primer piso se obtendrá aplicando el coeficiente 0,28 al área del primer piso más el área del segundo piso o mansarda. La del segundo piso se obtendrá de multiplicar la superficie del segundo piso por su coeficiente 0,27.

- Procedimiento por presión de viento: La longitud equivalente para cada una de las direcciones principales, se obtendrá multiplicando el área total medida en metros cuadrados, obtenida de la proyección de la edificación sobre un plano vertical, perpendicular a una dirección principal, por el coeficiente que para cada caso se indica en la siguiente tabla:

TIPO DE EDIFICACIÓN	UN PISO SIN MANSARDA (m2)	DOS PISOS O UN PISO CON MANSARDA	
		2° PISO O MANSARDA	1° PISO
Coeficiente	0,30	0,30	0,45

- Las escuadrías de los elementos de los diafragmas no podrán ser inferiores a las que se indican en la siguiente tabla:

ESPECIE	ALTURA DEL DIAFRAGMA (mm)		
	2,0	2,5	3,0
Pino radiata	45 x 70	45 x 95	45 x 120

- Cuando los diafragmas reciban la carga de entramados horizontales que tengan sobrecargas mayores a 1,5 kPa (150 kg/m2), pero menores que 3,0 kPa (300 kg/m2), se deberá duplicar la sección de los pie derecho afectados, o bien disminuir su espaciamiento a la mitad.

- En zonas de probables vientos con velocidades superiores a 100 km/h, pero menores de 140 km/h, las alturas de las escuadrías de los pie derecho que conformen los tabiques verticales deberán aumentarse como mínimo en un 40%.

TIPO DE EDIFICACIÓN	UN PISO SIN MANSARDA	DOS PISOS O UN PISO CON MANSARDA	
		2° PISO O MANSARDA	1° PISO
Coeficiente	0,18	0,27	0,28

En **Anexo V** se entrega un conjunto de tablas que permiten definir con cierta flexibilidad y en forma sencilla, estructuraciones de paredes exteriores.

Los cuadros cuya aplicación se supedita a determinadas separaciones máximas entre paredes, altura máxima de entrepisos e inclinaciones de techo, permiten definir estructuraciones para los distintos tipos de componentes estructurales de una vivienda que cumplen a cabalidad con las normativas, permitiendo prescindir de un cálculo estructural, de modo que puedan ser aprobados por las diferentes direcciones de obras municipales al momento de tramitarse el permiso de edificación.

Los cálculos consideran las indicaciones de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) y normas chilenas vigentes NCh 1198 –Madera -Cálculo estructural y de otras normas complementarias.

10.5 ESPECIFICACIÓN DE LA MADERA DE PINO RADIATA PARA ENTRAMADOS VERTICALES

10.5.1 Tabiques soportantes

Complementariamente a la información que se obtiene a partir del cálculo estructural, se debe proporcionar los parámetros necesarios que delimitarán la calidad de la madera que se utilizará en la fabricación de los tabiques para fines estructurales.

Figura 10 - 27: La calidad de la madera utilizada es esencial para la prefabricación de los entramados verticales, ya que de ello depende fundamentalmente la durabilidad y estabilidad de los elementos en servicio.

Una correcta especificación debe considerar las siguientes definiciones para la madera que se utilizará:

- **Especie maderera:**
  Tipo de madera que se utiliza, por ejemplo: Pino radiata.

- **Uso o destino de la madera:**
  Madera para uso estructural. Por ejemplo, pie derecho.

- **Escuadría nominal:**
  Se debe recordar que la escuadría nominal de una pieza de madera (espesor x ancho), se expresa en pulgadas. Su grado de elaboración queda establecido por las dimensiones expresadas en milímetros (norma chilena NCh 174, actualmente en estudio y actualización).

  Por ejemplo: si se especifica la utilización de piezas de 2"X 4", sin informar sus dimensiones normalizadas en milímetros, queda abierta la probabilidad de utilizar tres tipos posibles de calidades de madera:

- Madera dimensionada (en bruto,verde, de 48 x 98 mm), con un contenido de humedad no menor al 25%.

- Madera dimensionada (en bruto, seca, de 45 x 95 mm), con un contenido de humedad de 13 a 15%.

- Madera cepillada (cep/4c de 41 x 90 mm), con un contenido de humedad de 13 a 15%.

- **Largo comercial:** Dependiendo de la escuadría especificada para muros, el largo de una pieza se expresa en metros con dos decimales y comercialmente puede ser adquirida en 2,40; 3,20; 4,00 y 4,80 m.

- Contenido máximo de humedad: La madera que se utiliza para tabiques necesariamente debe ser secada en cámara y estabilizada con un contenido máximo de humedad del 14% con una tolerancia de +-2%.

- Tiempo de estabilización: La madera en el lugar donde prestará servicio debe pasar por un período de estabilización de humedad, adaptándose a las condiciones locales de temperatura, humedad relativa del aire y época del año, antes de ser utilizada en la fabricación de elementos soportantes.

- Grado estructural de la madera: Por tratarse de madera para uso estructural, debe especificarse su clasificación como tal, ya sea visual (GS, G1 o G2, según NCh 1207); o mecánica (C16 o C24, según BS EN 519).
- Escuadrías mínimas recomendadas

En términos de escuadría nominal para tabiques soportantes, pueden considerarse los siguientes mínimos recomendables:

- 2" x 3" min. en muros de viviendas de 1 piso (especificadas en milímetros).

- 2" x 4" min. en muros de primer piso, en viviendas de 2 pisos (especificadas en milímetros).

- 2" x 3" min. en muros de segundo piso, en viviendas de 2 pisos (especificadas en milímetros).

10.5.2 Tabiques auto soportantes

Los tabiques auto soportantes sólo deben responder a solicitaciones de soporte en revestimientos, muebles y artefactos (**Figura 10 - 28**) que pueden fijarse lateralmente a él.

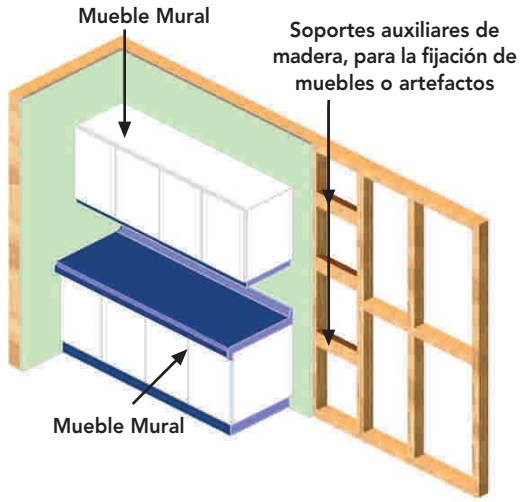


Figura 10 – 28: Componentes auxiliares para la fijación de muebles. Según sea el caso, se deben prever todas las piezas necesarias entre los pie derecho para asegurar un buen anclaje de los muebles murales.

No obstante lo anterior, es necesario especificar adecuadamente la madera que se utilizará en dichos elementos. En este sentido, los aspectos técnicos que se deben considerar son los siguientes:

- **Especie maderera:** Pino radiata.
- **Uso y destino de la madera:** Madera cepillada para tabiques.
- **Escuadría nominal:** Debe establecerse en base a los criterios que se recomiendan más adelante.
- **Largo comercial:** Dependiendo de la escuadría especificada para tabiques, el largo de una pieza se expresa en metros con dos decimales y comercialmente puede ser adquirida en 2,40 y 3,20 m.
- **Contenido máximo de humedad:** La madera utilizada para tabiques debe ser secada en cámara y especificada con un contenido máximo de humedad del 13%, con una tolerancia de +2%.
- **Tiempo de estabilización:** La madera debe pasar por un período de estabilización de humedad, con respecto a las condiciones locales de humedad, temperatura y época del año, antes de ser utilizada en la fabricación de los elementos.
- **Escuadrías mínimas aceptables para su fabricación:** Teniendo presente los aspectos de especificación anteriormente descritos, la escuadría mínima a utilizar en este tipo de elementos debe considerarse en las siguientes secciones mínimas aceptables:
  - 2" x 2" min. en tabiques de viviendas de 1 piso (especificadas en milímetros).
  - 2" x 3" mín., para tabiques del primer y segundo piso (vivienda de dos pisos), exigencia por el factor de resistencia al fuego (especificada en milímetros).

10.6 UNIONES CLAVADAS ENTRE COMPONENTES QUE CONFORMAN LOS ENTRAMADOS VERTICALES

10.6.1 Clavado o fijación de componentes principales y secundarios

En general, los componentes de un entramado vertical (muro o tabique) se fijan mediante clavos de 4" lisos (corrientes) o helicoidales. Si trabaja al corte, basta con clavo corriente; si existe tracción, se debe utilizar clavo helicoidal o tornillos, considerando a lo menos 2 unidades por cada nudo o encuentro entre piezas componentes:

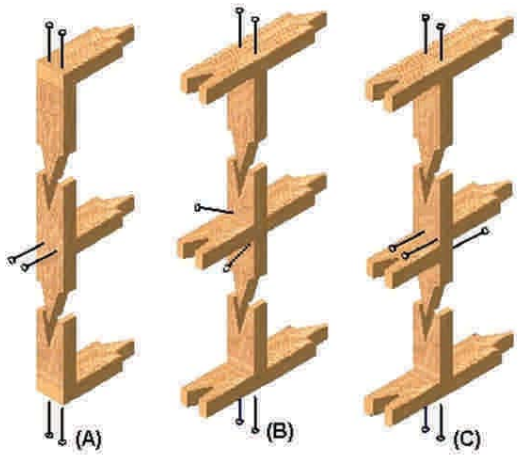


Figura 10 – 29: Distribución y colocación de clavos en piezas componentes de un muro soportante o tabique.

- Pie derecho a solera inferior y superior
- Transversal cortafuego a pie derecho
- Muchacho a solera inferior y alféizar
- Dintel a pie derecho y jambas

De lo ilustrado en la **Figura 10 - 29**, la alternativa **(A)** corresponde a la situación óptima de clavado en las piezas componentes de tabiques en general, ya que cada clavo es fijado ortogonalmente en cada unión entre piezas.

La alternativa (B) difiere de la anterior en que las transversales cortafuego (cadenetas) son colocadas en un solo eje horizontal, lo que lleva a que la unión de cada uno es efectuada en forma ortogonal, sólo por uno de sus costados. La fijación por el lado contrario debe ser ejecutada en forma inclinada, denominada "clavo lancero" (ver unidad de uniones y anclajes). Esta solución sólo es aconsejable cuando la fijación de tableros de madera o placas de revestimiento es colocada en forma horizontal.

Por último, la alternativa (C) corresponde a la forma óptima de clavado en transversales cortafuego, ya que al utilizar dos ejes paralelos de ubicación desfasados entre sí, el clavado de cada cadeneta puede ejecutarse ortogonalmente por cada costado del pie derecho respectivo.

La fijación del resto de los componentes de un muro o tabique debe ser realizada siguiendo patrones mínimos en cuanto a cantidad y distanciamiento. En esta categoría están por ejemplo:

Figura 10 – 30: Encuentro clavado de tabiques con distribución longitudinal en ejes alternados cada 15 cm.

- El clavado de todo pie derecho que se ubica en el extremo de un muro o tabique, que se une a igual pieza de otro. En este caso se debe realizar con clavos distribuidos en forma regular y longitudinal, distanciados cada 15 cm en ejes alternados, cuando la superficie expuesta de la pieza que se fija lo permite.

Figura 10 – 31: Tabiques ya estructurados en el primer piso de una vivienda. Durante el proceso de clavado y fijación, es primordial el control geométrico como: alineación, verticalidad (plomada), anchos, largos y espesores con respecto al diseño planimétrico y altimétrico de la vivienda.

Figura 10 – 32: Clavado de un encuentro entre tabiques con control de verticalidad (nivel de mano), según la descripción anterior.

- El clavado de toda pieza vertical en contacto paralelo con otra y que forma parte del muro o tabique, debe ejecutarse con idéntico criterio.

- Cuando se realiza el clavado de piezas en forma longitudinal, es decir cada 15 cm en ejes alternados, no es conveniente que los clavos utilizados traspasen ambos componentes que se fijan, pues con ello sólo se obtiene como resultado el debilitamiento de las piezas que se unen y una baja resistencia a la extracción de los clavos. Por ejemplo, si se realiza el clavado longitudinal de la solera de amarre a la solera superior del elemento, o de la jamba a su respectivo pie derecho lateral, es preferible utilizar clavos de 31/2", que perforar y traspasar ambas piezas con clavos de 4".

10.6.1.1 Clavado o fijación de tableros estructurales

- Los tableros contrachapados pueden ser especificados según sus propiedades mecánicas informadas por el fabricante, según requerimientos del diseño estructural, en espesores de 9, 10 y 12 mm. Las dimensiones estandarizadas de los tableros son de 1,22 x 2,44 m.

- Los tableros de hebras orientadas (OSB) pueden ser especificados según las propiedades mecánicas informadas por el fabricante, según requerimientos del diseño estructural, en espesores de 9,5 y 11,1 mm. Las dimensiones estandarizadas de los tableros son de 1,22 x 2,44 m.

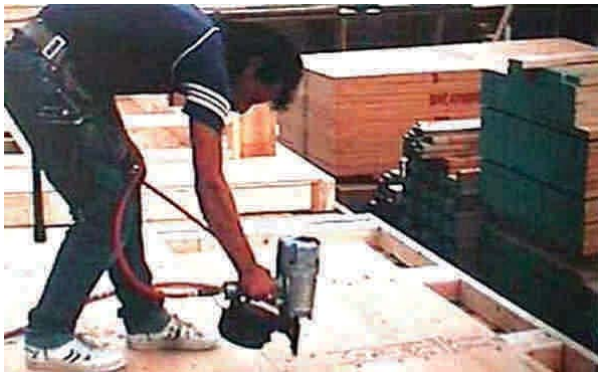


Figura 10 - 33: Fijación de contrachapado estructural al entramado por medio de clavadoras de aire comprimido.

Los tableros estructurales deben ser fijados a la estructura de los tabiques por medio de clavos o tornillos, cumpliendo patrones de cantidad mínima, distribución y ubicación:

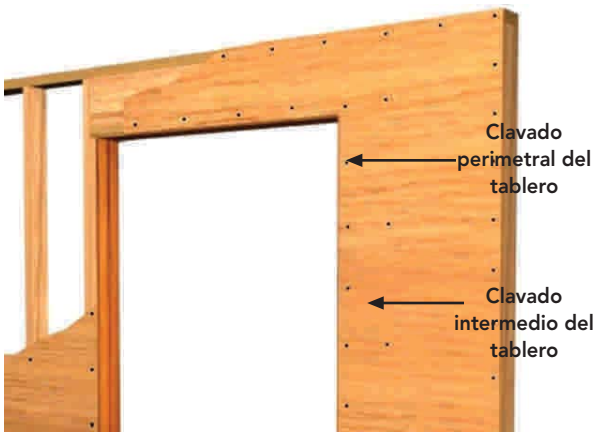


Figura 10 - 34: Tablero fijado sobre entramado vertical y distribución de las fijaciones.

10.6.1.1.1 Cantidad y distribución de fijaciones

La cantidad de fijaciones está determinada por la distribución y disposición de las piezas de madera que conforman los entramados.

El perímetro del tablero contrachapado o tablero de hebras orientadas debe llevar una fijación (clavo corriente, helicoidal o tornillo autoperforante), distanciada cada 10 a 15 cm entre sí, y se entenderá como tal, a todo borde de tablero que se apoye en:

- Soleras superior e inferior
- Solera de montaje y de amarre
- Pie derecho de encuentro entre tableros
- Borde de vanos en puertas y ventanas (jamba, dintel y alféizar)

En algunos casos, es recomendable que en la fijación del tablero colaboren cordones adherentes encolados, lo que permite distancias mayores entre fijaciones perimetrales.

Toda línea de clavado o atornillado a piezas intermedias debe llevar una fijación cada 20 cm en pie derecho intermedios y transversales cortafuego.

En caso de utilizar cordón adherente encolado, la distancia entre fijaciones intermedias puede aumentar.

- Si la fijación de los tableros se realiza con clavo corriente o helicoidal, se recomienda que su largo mínimo sea de 2 1/2".
- En el caso de utilizar tornillos autoperforantes, se recomienda utilizar unidades de 1 5/8" como mínimo.
- La línea de clavado o atornillado perimetral de los tableros debe estar a una distancia mínima del borde no inferior a 10 mm.
- La fijación de tableros estructurales en sus bordes, debe realizarse en forma perpendicular al tablero.

10.6.1.1.2 Orden de clavado o atornillado del tablero

Se debe efectuar desde el centro del tablero hacia los bordes, tal como se ilustra en la **Figura 10 - 35.**

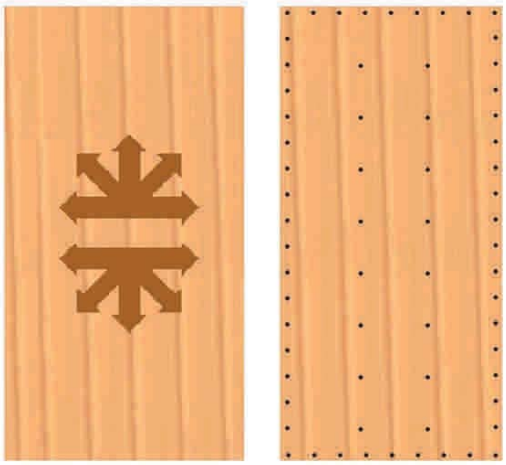


Figura 10 – 35: Orden y distribución de fijación de tableros estructurales. Una fijación cada 10 a 15 cm en todo el borde perimetral y cada 20 a 30 cm en el interior.

10.6.2 Anclaje inferior de tabiques

Los tabiques, tanto soportantes como autosoportantes, deben ser correctamente anclados a:

- Base de apoyo, sea ésta una plataforma de hormigón o de madera. Lateralmente a otros muros o tabiques con los que se produce un encuentro y,
- Superiormente a estructuras de entrepiso o de techumbre.

Para asegurar el buen comportamiento estructural del esqueleto integral de la vivienda ante esfuerzos estáticos y dinámicos, es absolutamente necesario considerar los procedimientos mínimos de anclaje de los entramados verticales.

10.6.2.1 Anclaje de tabiques soportantes a fundación continua o aislada de hormigón

En este caso, según sea la alternativa de fundación utilizada al momento de ejecutar el hormigonado de sobrecimiento o viga de fundación, una solución aconsejable y segura fuera de otras entregadas por plano de cálculo, es la colocación de espárragos de acero estriado (A44-28H, Ø 10 a 12 mm) o barras hiladas de igual diámetro para recibir golilla y tuerca, perfectamente alineados y aplomados.

El espárrago o barra hilada para anclaje debe quedar incorporada (empotrada) a la masa de hormigón, mínimo 20 cm de profundidad.

Sea un espárrago o una barra hilada, el elemento de anclaje debe dejarse con una escuadra o gancho de a lo menos 5 cm de longitud.

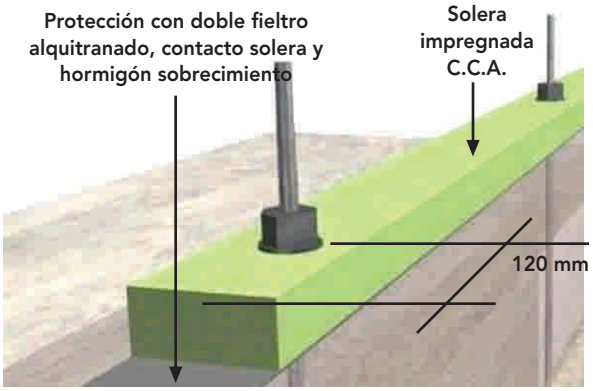


Figura 10 – 36: Detalle constructivo de la distribución de espárragos o barras de anclaje. Espaciamiento de 120 mm entre el último perno y el extremo del término del tabique.

La ubicación, tanto de espárragos como de pernos hilados, debe ser definida por el diseño estructural. En general, se acepta el criterio de distribución siguiente:

- Un anclaje en cada extremo de los tabiques soportantes, respetando un espaciamiento mínimo de 120 mm entre dicho anclaje (perno) y el extremo del tabique
- Un anclaje a cada costado en vanos de puertas
- Un anclaje cada 80 cm máximo en extensión sobre la solera inferior

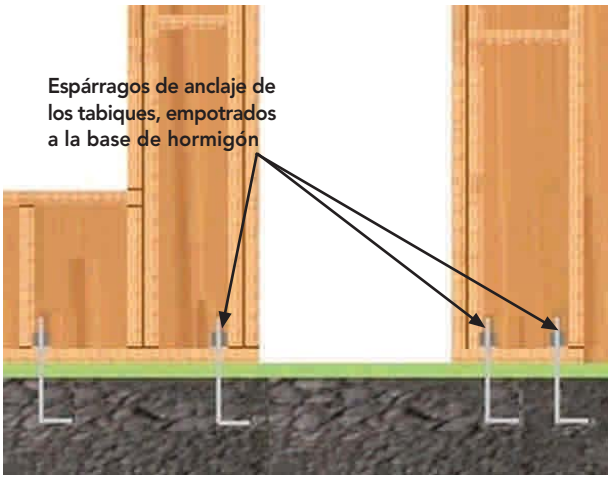


Figura 10 - 37: Distribución de espárragos o pernos de anclaje según criterio expuesto de tabique soportante con solera de montaje.

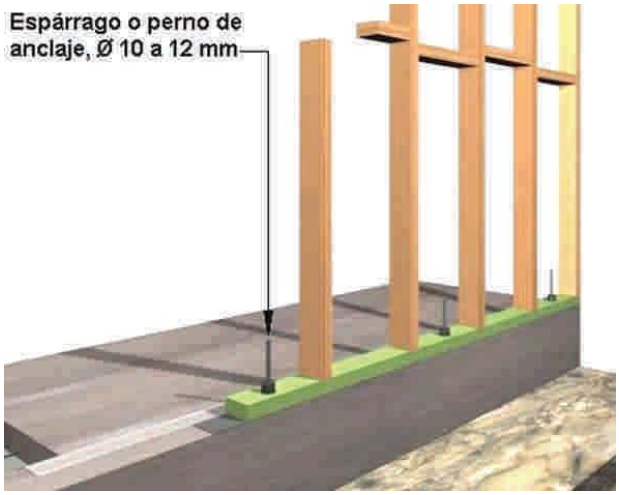


Figura 10 – 38: Anclaje de tabique soportante a fundación continua sin solera de montaje.

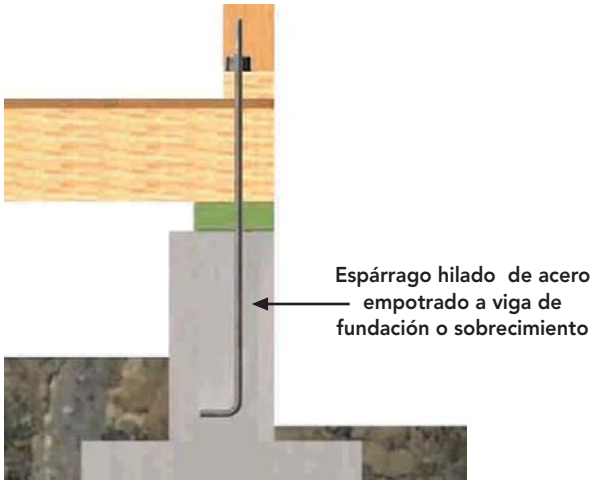


Figura 10 – 39: Ejemplo de anclaje de muro perimetral a plataforma de madera y al sobrecimiento de hormigón simple de la fundación continua.

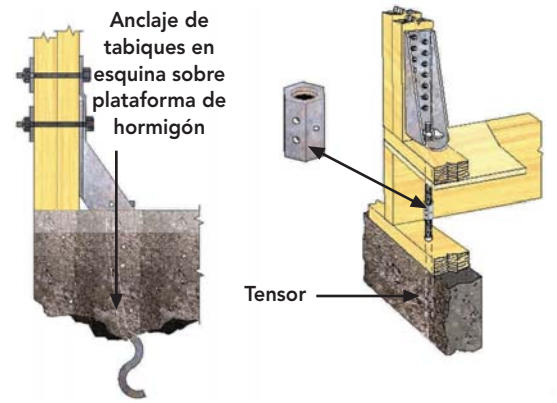


Figura 10 – 40: Anclaje que permite privilegiar el traspaso directo de los componentes sísmicos, desde el píe derecho a la fundación y no a la solera inferior, como usualmente se soluciona (anclaje aplicado normalmente en tabiques soportantes de esquina).

10.6.2.2 Anclaje de tabiques soportantes a fundación aislada en plataforma de madera

La unión de la solera inferior del tabique como la de montaje (en caso de ser proyectada) a la plataforma de madera, se recomienda con tirafondos de 12 mm mínimo de diámetro u otro sistema que especifique el plano de estructuras (Figura 10 - 41).

Los tirafondos deben fijarse a vigas principales, secundarias o componentes de apoyo de la plataforma, cuya distribución, dimensiones y forma de instalación se especifican en el plano de estructuras.

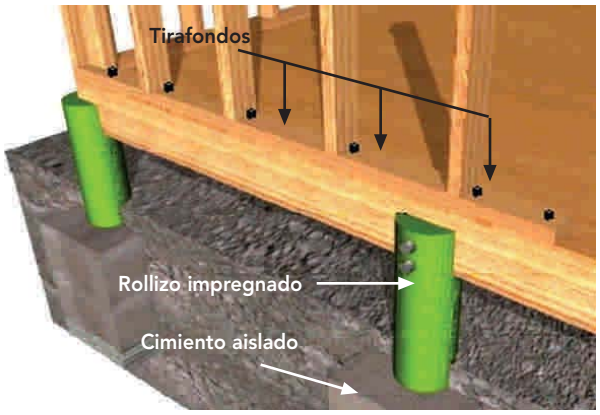


Figura 10 – 41: Ubicación de los tirafondos en la solera inferior del tabique soportante perimetral. En este caso se especifica solera base de montaje.

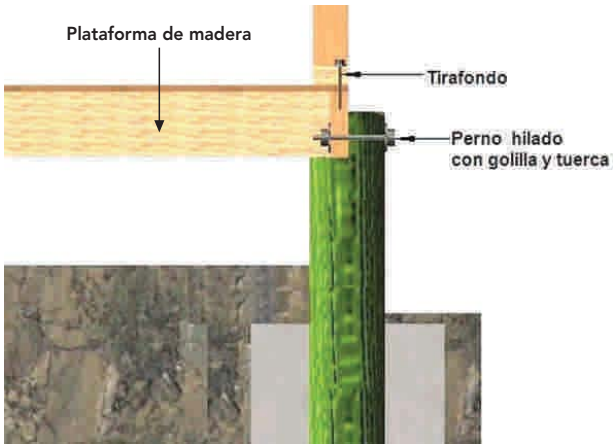


Figura 10 – 42: Anclaje de tabique perimetral soportante con tirafondos a viga principal de la plataforma de madera montada sobre pilotes.

En el caso de anclaje de tabiques soportantes a plataforma de entrepiso, el cálculo considera varios factores según la situación, lo que implica especificar anclajes especiales (Figura 10-43 y 44).

Si las condiciones del medio por acción del viento son extremas, el cálculo considera para los tabiques de cerramiento (tabiques soportantes) del segundo piso, que el anclaje se realice mediante pernos de acero hilados de 12 mm de diámetro, que traspase ambas soleras y se fije con golilla y tuerca (Figura 10- 45).

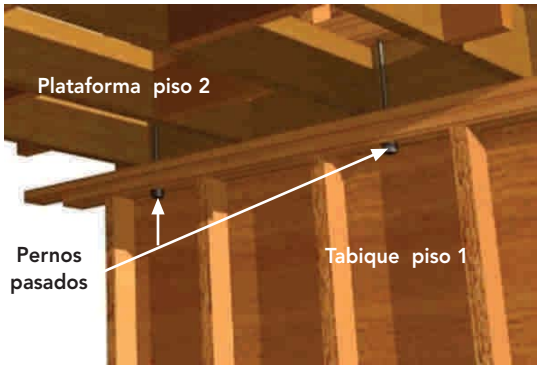


Figura 10- 43: Anclaje del tabique soportante del 2° piso a la estructura de plataforma (entrepiso). Unión de las soleras: superior, amarre e inferior con perno de acero de diámetro de 12 mm con golilla y tuerca.

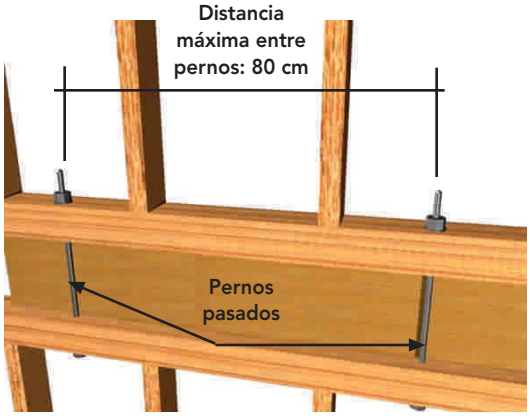


Figura 10 – 44: Vista en primer plano de anclajes, dispuestos cada 0,80 m uniendo las tres soleras.

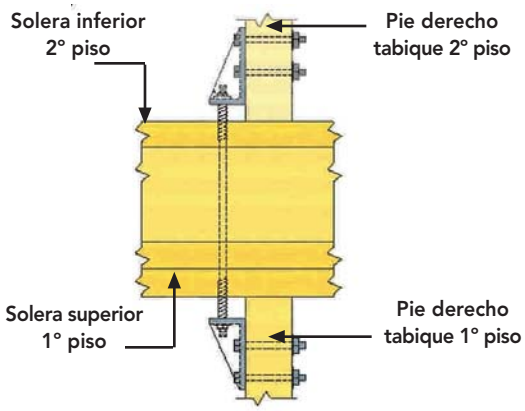


Figura 10 – 45: Solución de anclaje especial mediante un espárrago de acero se transmiten, los esfuerzos entre pie derecho del tabique del 2° piso al pie derecho del 1° piso.

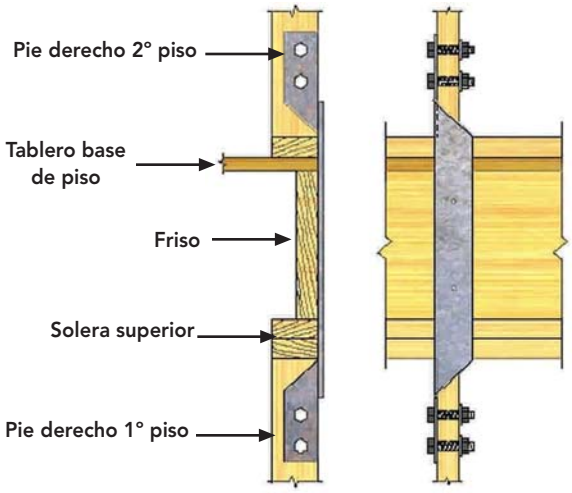


Figura 10 – 46: Anclaje especial metálico que permite transmitir los esfuerzos desde los pie derecho del tabique del segundo piso a los pie derecho del primer piso.

10.6.2.3 Anclaje inferior de tabiques autosoportantes

El anclaje inferior en general se debe realizar de igual forma que los tabiques soportantes. Sin embargo, en algunos casos, no es necesaria la utilización de espárragos o pernos hilados.

10.6.2.3.1 Anclaje a plataforma de hormigón

Sobre plataformas de hormigón, el anclaje puede realizarse por medio de pernos de expansión o espárragos de menor diámetro (por ejemplo, barras de acero liso de Ø 6 mm).

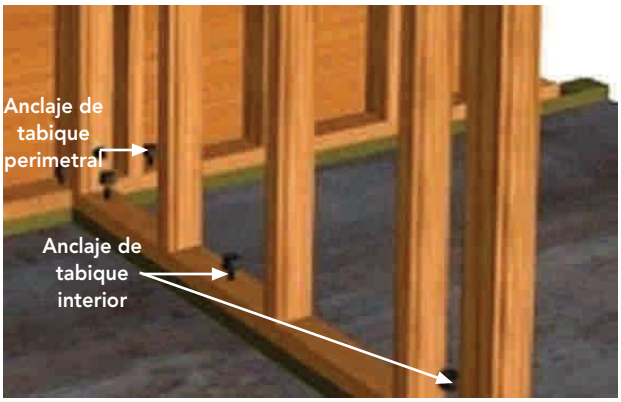


Figura 10 – 47: Anclaje de tabiques soportantes y autosoportantes a plataforma de hormigón.

10.6.2.3.2 Anclaje a plataforma de madera

Sobre plataformas de madera, basta la utilización de tirafondos en los puntos de apoyo, es decir, vigas principales y cadenetas de estructuración. En aquellos puntos en que por motivos de distribución, no se encuentre una viga o cadeneta de apoyo, se recomienda incorporarlos de manera de garantizar el anclaje de la solera inferior del tabique a la estructura.

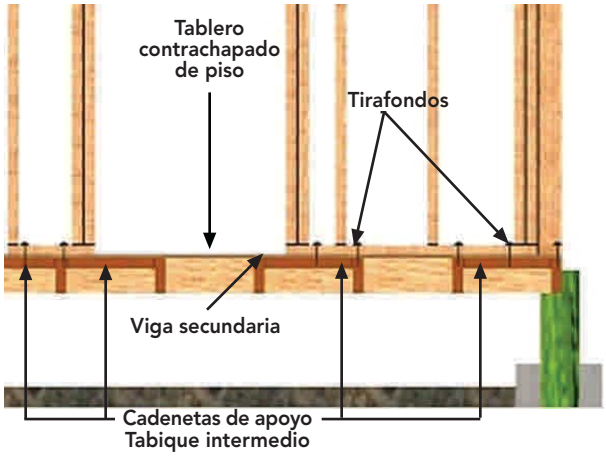


Figura 10 – 48: Anclaje de tabique autosoportante a plataforma de madera por medio de tirafondos. Por la trascara de la placa arriostrante de la plataforma (contrachapado de piso), se incorpora una pieza de igual escuadría a las cadenetas, coincidente en dirección del tabique, lo que permitirá unir la solera inferior del tabique a la plataforma.

10.7 SOLUCIÓN DE ENCUENTROS ENTRE TABIQUES

El encuentro entre tabiques requiere del cumplimiento de ciertos criterios y exigencias, que permitirán incluir la función de estructuración con cualquier método de prearmado que se aplique, con el objeto de:

- Lograr una adecuada unión entre tabiques que se encuentran.
- Obtener la resistencia adecuada a las solicitaciones exigidas, con la cantidad de elementos de unión que se requieren.
- Conseguir una base adecuada para el encuentro de los revestimientos interiores y exteriores, permitiendo una fijación segura de estos como se observa en las figuras 10 - 57 / 62 / 63.

En cada encuentro entre tabiques soportantes, una vez que estos ya han sido montados y aplomados en obra; especialmente en los vértices conformados por los elementos perimetrales, debe colocarse a lo menos tres pernos de anclaje de diámetro mínimo de 12 mm, con golilla y tuerca.
La longitud de los pernos en cada encuentro dependerá exclusivamente de la cantidad y disposición de las piezas que conforman la unión (generalmente entre 5" y 8").

La distribución y ubicación recomendada para la perforación y colocación de pernos de anclaje debe ceñirse a los siguientes criterios:

- Un perno de anclaje entre 5 a 10 cm por debajo de la solera superior del muro
- Un perno de anclaje en sector central de la altura total del muro
- Un perno de anclaje entre 5 a 10 cm por sobre la solera inferior del tabique

Hay que tener presente, que el diámetro de la perforación debe ser idéntico al del perno de anclaje, es decir, Ø = 12 mm.

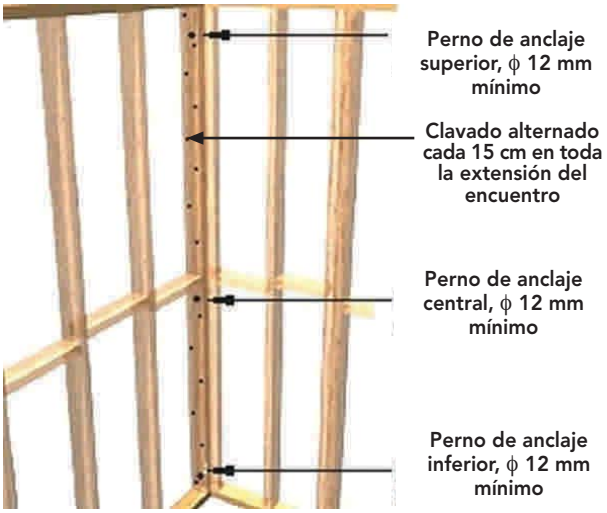


Figura 10 – 49: Distribución de pernos de anclaje en encuentro estructural de tabiques soportantes en esquina.

Es necesario proyectar adecuadamente el encuentro entre uno o más tabiques soportantes, ya que corresponden a puntos de unión críticos en cuanto a la transmisión de esfuerzos horizontales. Para ello es recomendable incorporar las piezas de madera requeridas para dicha unión desde la planta de prefabricación (planta externa o en obra).

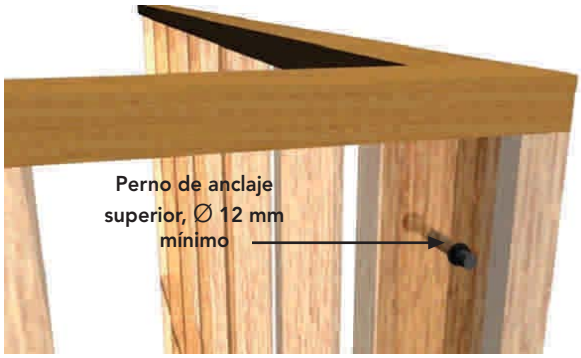


Figura 10 - 50: Encuentro en esquina de tabiques soportantes con pernos de anclaje lateral de diámetro no inferior a 12 mm.

Los diferentes tipos de unión o encuentro entre tabiques son:

10.7.1 Encuentro de tabiques colindantes

Es aquel en que dos tabiques soportantes o simplemente divisorios, se unen en uno de sus extremos, conformando entre ellos una continuidad con un eje central común.

Corresponde a la más simple de las uniones entre elementos verticales. Sin embargo, se debe tener especial atención a la unión en sí, verificando la colocación de los pernos de anclaje y que la unión, tanto de la solera de montaje como de la solera de amarre, quede traslapada a lo menos en 60 cm de la solera inferior y superior respectivamente.

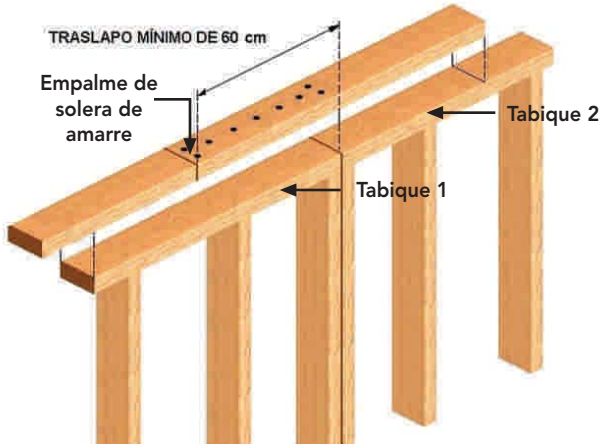


Figura 10 – 51: Traslapo mínimo de solera de amarre sobre unión de tabiques colindantes. Disposición de 9 clavos de 4"según cálculo.

Una variante importante a considerar en este tipo de unión es la prefabricación de los tabiques en obra sobre la plataforma, ya que al prearmar los elementos en longitudes mayores, se producen discontinuidades por la limitante del largo comercial de las piezas utilizadas.

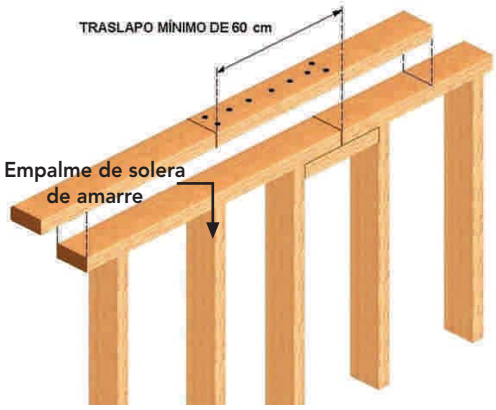


Figura 10 - 52: Estructuración de empalme de solera superior de tabiques colindantes respecto de la solera de amarre. Disposición de 9 clavos de 4", según cálculo.

10.7.2 Encuentro en esquina

Se define como el encuentro entre dos tabiques (soportantes y/o divisorios) que conforman un ángulo determinado entre sí, generalmente ortogonal.

Al igual que en el caso anterior, tanto la solera de montaje (en caso de ser incorporada), como la solera de amarre, deben fijarse alternadamente con respecto a las soleras inferior y superior de los entramados que se unen.

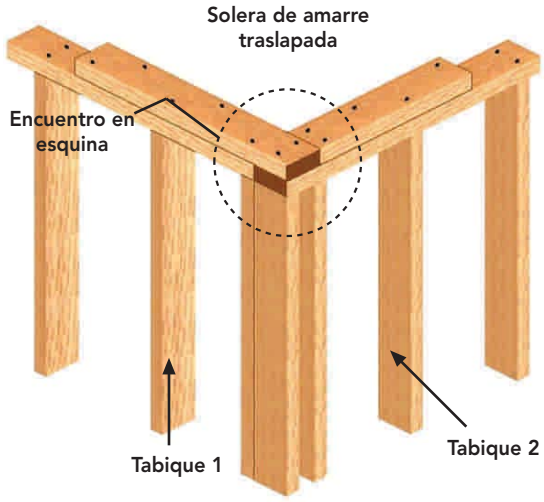


Figura 10 – 53: Unión alternada de solera de amarre y solera superior de tabiques en encuentro esquina. También válido para solera basal e inferior de los elementos.

Para la unión esquina pueden utilizarse las siguientes opciones:

- **Solución 1:**
  Recomendable para encuentros entre tabiques en los cuales descansa el segundo piso de la vivienda.

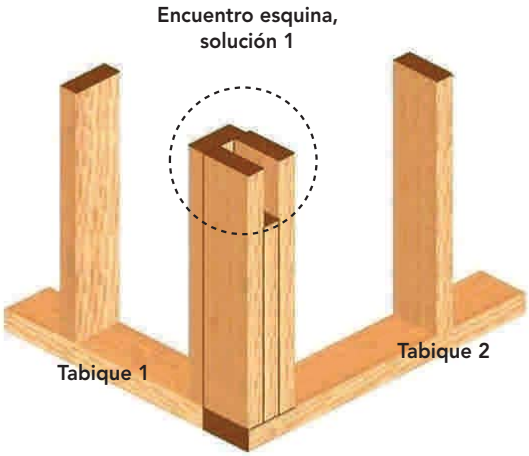


Figura 10 – 54: Solución 1 para encuentro entre muros.

- **Solución 2 :**
  Se recomienda para tabiques soportantes en viviendas de un piso y para todo encuentro de tabiques autosoportantes.

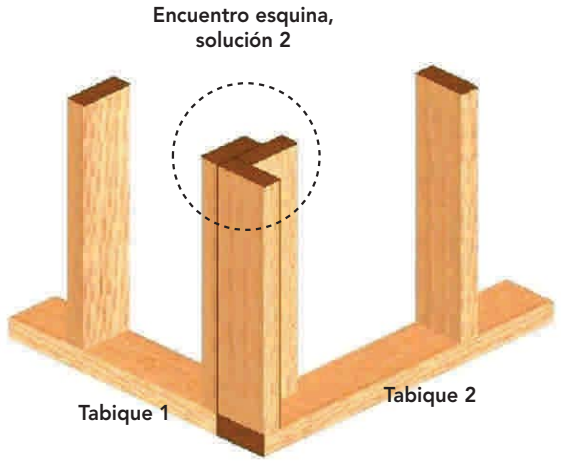


Figura 10 - 55: Solución 2 para encuentro esquina entre tabiques soportantes de un piso o tabique autosoportante.

- **Solución 3:**
  Sólo es aplicable en encuentro entre tabiques autosoportantes, dejando al mismo tiempo, la superficie necesaria para la fijación de los revestimientos.

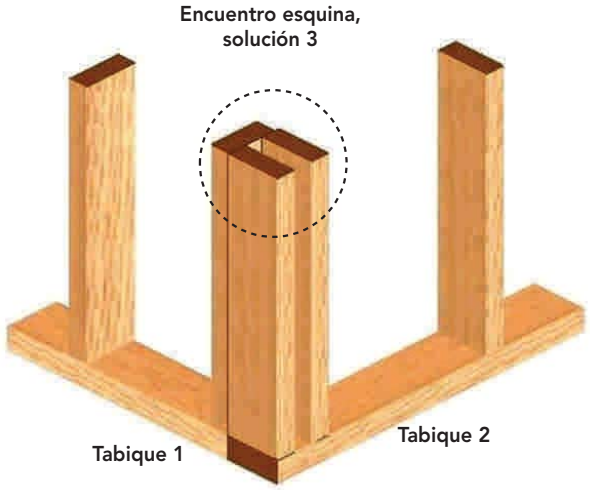


Figura 10 – 56: Solución 3 para encuentro esquina de tabiques autosoportantes.

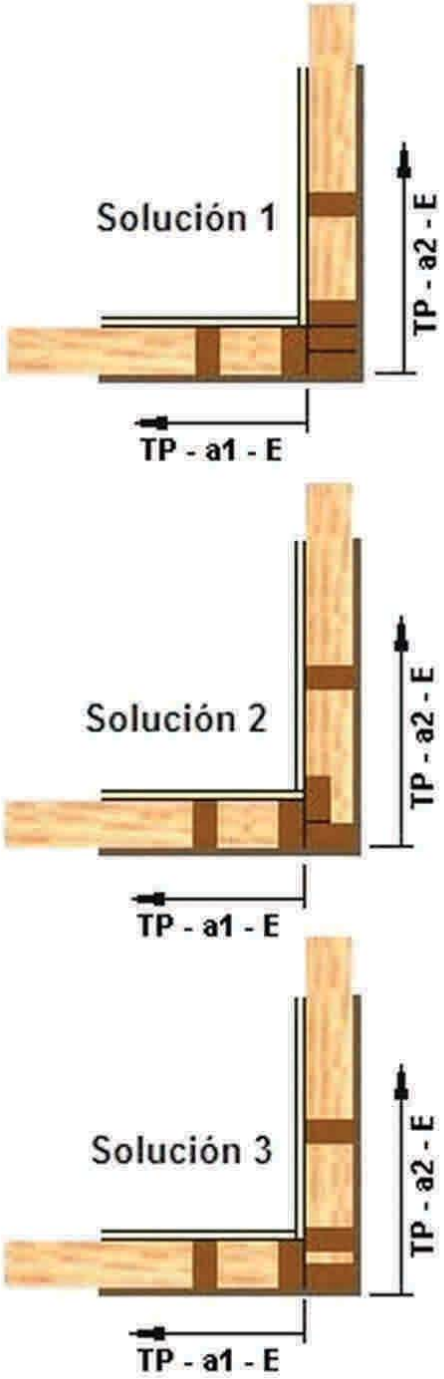


Figura 10 – 57: Vista en planta de soluciones 1,2 y 3 para el encuentro de muros y / o tabiques en ángulo.

10.7.3 Encuentro en "T"

Es aquel en que dos o más entramados verticales, sean o no soportantes, se unen ortogonalmente entre sí.

Tal como se ilustra en la Figura 10 - 58, la solera de amarre del tabique 2 (interior, por ejemplo) debe apoyarse para ser unida a la solera superior del tabique 1 (exterior), detalle fundamental para lograr un buen comportamiento estructural del conjunto.

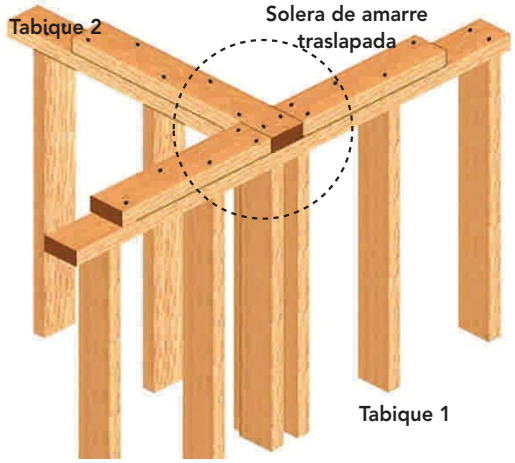


Figura 10 – 58: Empalme alternado de soleras de amarre en un encuentro de tabiques en "T".

Para encuentros en "T" se presentan las siguientes alternativas de unión:

- **Solución 1**
  Tabique que se une de tope y en "T" en un sector intermedio de otro. Es utilizable en tabiques soportantes y divisorios.

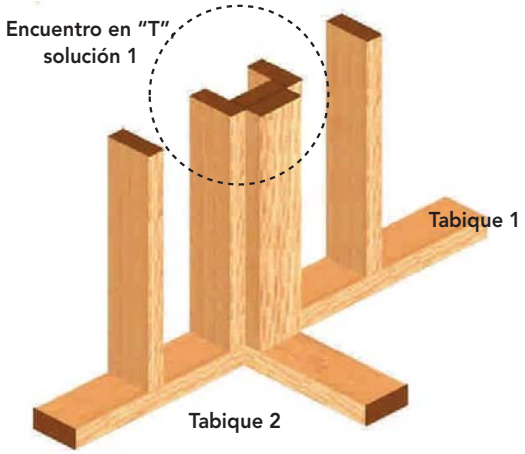


Figura 10 – 59: Solución 1 para encuentro "T" de tope para dos tabiques.

- **Solución 2**
  Tabique que se une en "T" de forma encastrada a otros dos colindantes. Es aplicable en encuentros entre tabiques soportantes y autosoportantes, dejando al mismo tiempo la superficie necesaria para la fijación de los revestimientos.

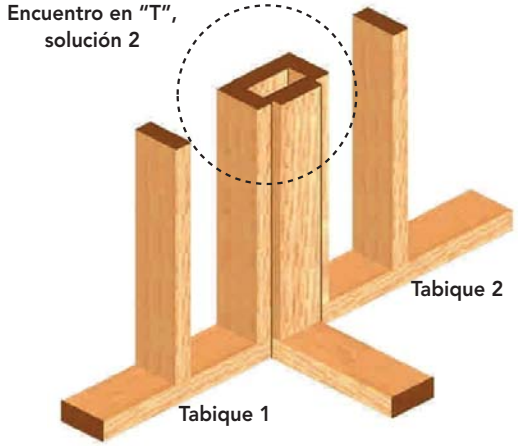


Figura 10 - 60: Solución 2 para encuentro de 3 tabiques en "T".

- **Solución 3**
  Tabique que se une de tope y en "T" a otro en un sector intermedio. Es aplicable en encuentros entre tabiques autosoportantes.

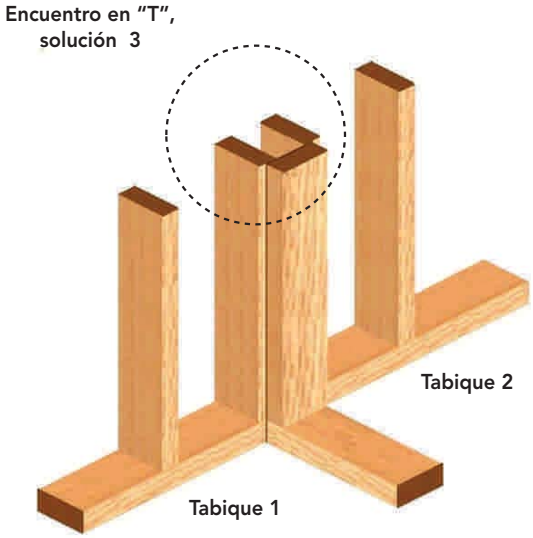


Figura 10 – 61: Solución 3 para encuentro de dos tabiques en "T".

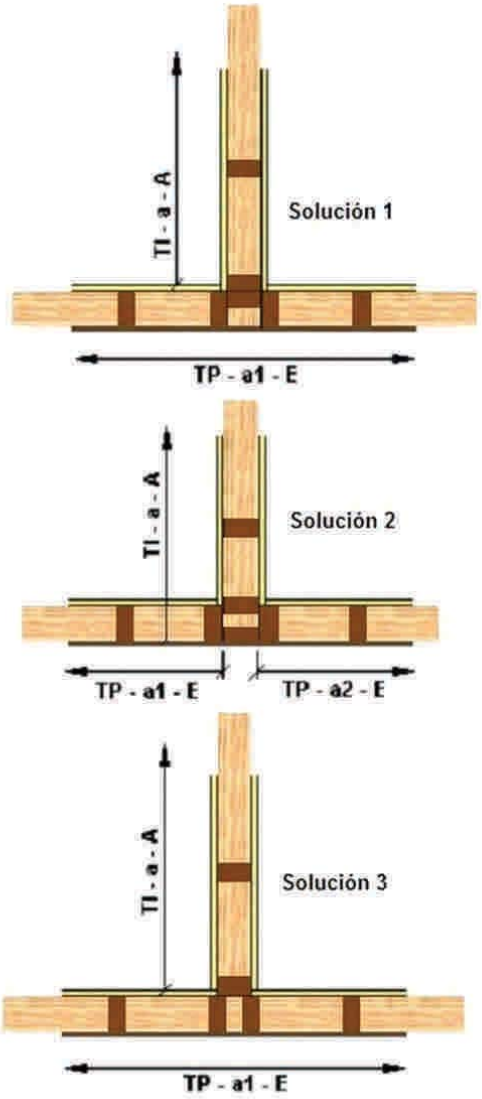


Figura 10 – 62: Vista en planta para el encuentro entre muros y tabiques unidos en "T".

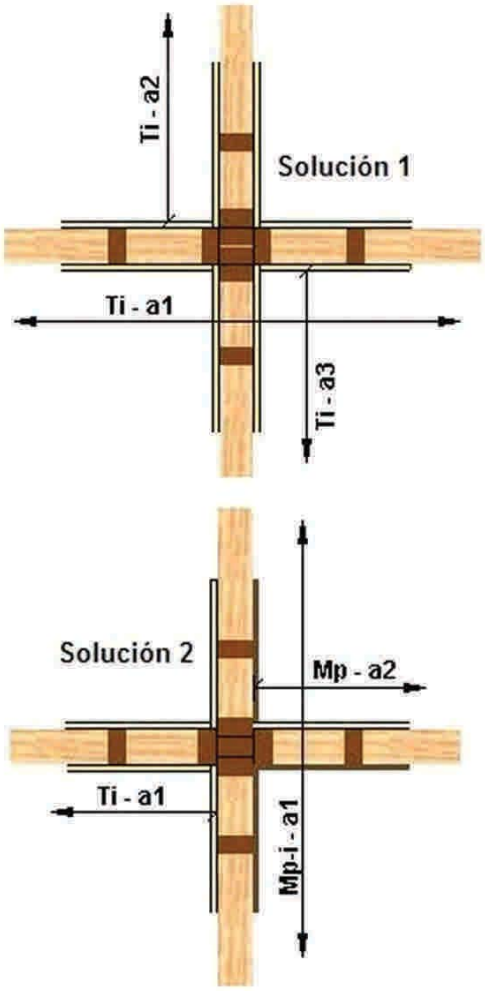


Figura 10 – 63: Soluciones de encuentro entre tabiques unidos en cruz.

10.7.4 Encuentro en cruz

Corresponde a una variante de la unión en "T", en la cual el tabique que se une ortogonalmente a otro se prolonga, colindante o encastradamente, más allá del punto de unión.

Para este caso, la solera de montaje y la de amarre deben fijarse en forma alternada.

Esta situación se puede resolver por medio de una de las dos alternativas que se presentan a continuación, independiente de si se trata de tabiques soportantes o divisorios (autosoportantes).

Independiente del tipo de encuentro de elementos verticales que se presente o del tipo de opción que se adopte para resolver su fijación, debe definirse en los planos de fabricación y montaje distancia y posicionamiento exacto de la o las piezas de madera requeridas para dicho fin.

10.8 ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ENTRAMADOS VERTICALES

10.8.1 Introducción

El Sistema Plataforma para la construcción de viviendas permite la prefabricación de la gran mayoría de sus elementos. En este aspecto, los entramados verticales son elementos determinantes en la velocidad de construcción y calidad final de la vivienda.

Para llevar a cabo la prefabricación de los tabiques en general, ya sea en una planta de prearmado o directamente en obra, es necesario desarrollar los planos de fabricación y montaje a partir de lo establecido en el proyecto de arquitectura y el diseño estructural.

Se deben considerar una serie de aspectos que permitan proporcionar la información adecuada para generar dichos planos, para tabiques soportantes y auto soportantes, con toda la información e indicaciones necesarias.

10.8.2 Aspectos del diseño arquitectónico

Una vez que se hayan determinado las dimensiones definitivas de los recintos para una o más plantas de la vivienda, es fundamental estudiar dichas medidas para ajustarlas a la modulación que se defina para los tabiques que conformarán los cerramientos y las divisiones interiores. Estos deben ser múltiplos de los largos comerciales de las piezas de Pino radiata, de escuadrías 2" x 3" y 2" x 4" de 2,40 m; 3,20 m o 4,80 m de largo.

Igualmente la altura de los tabiques se relaciona con los tableros estructurales de madera (terciado fenólico o el de hebras orientadas), de medidas 4 x 8 pies, es decir, 122 x 244 cm (ancho y alto respectivamente).

A continuación se expone un ejemplo donde se muestra el plano planta de arquitectura del primer piso y el plano de modulación correspondiente, con la ubicación de los tabiques que será necesario prefabricar.

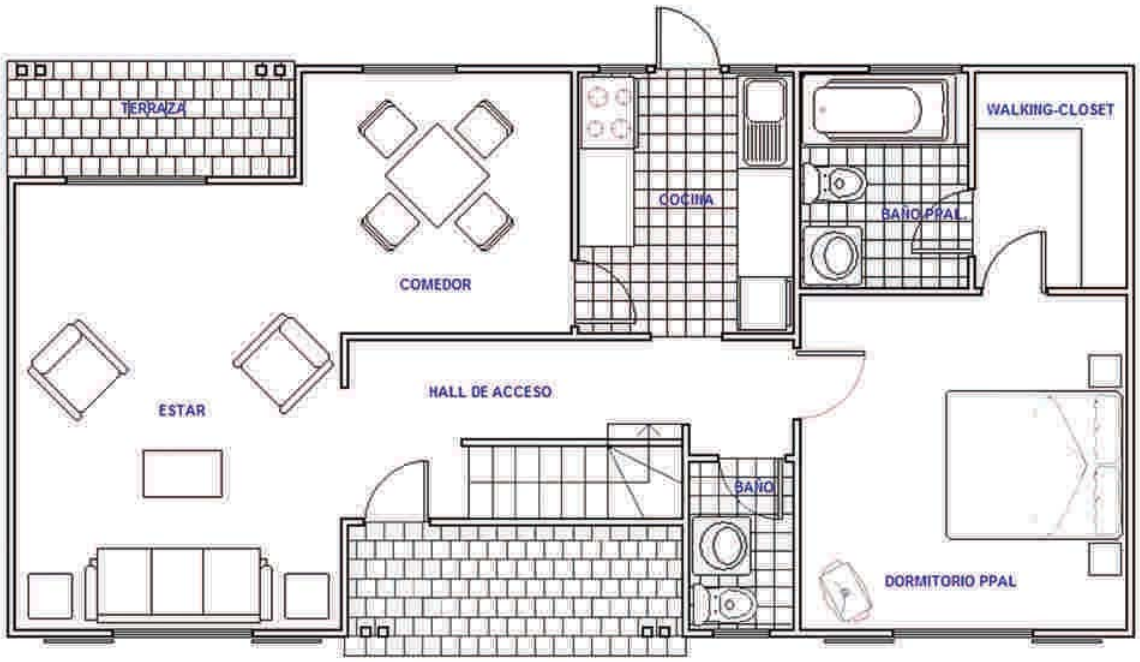
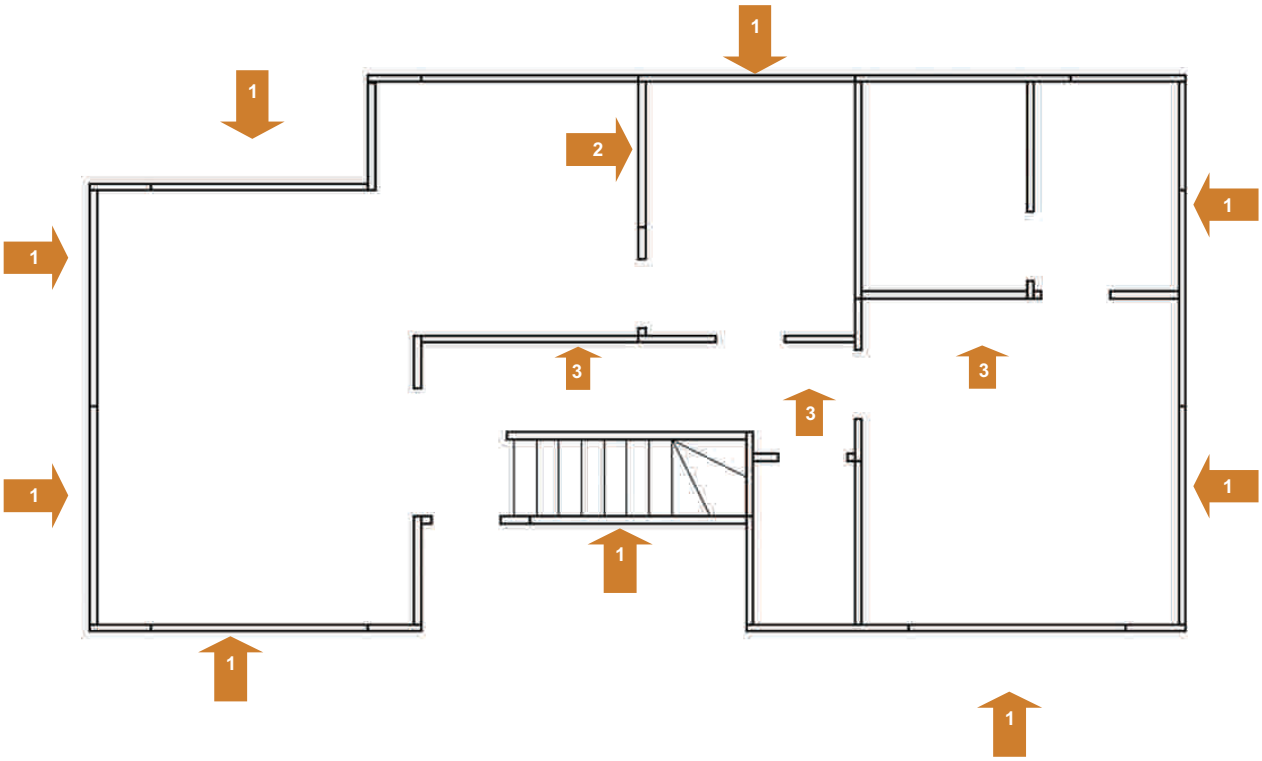


Figura 10 – 64: Plano planta de arquitectura del primer piso con distribución de recintos.



1 Vista de todo tabique perimetral : • desde el exterior de la vivienda
2 Vista de todo tabique interior vertical : • de izquierda a derecha.
3 Vista de todo tabique interior horizontal : • de abajo hacia arriba.

Figura 10 – 65: Plano de ubicación de los tabiques con modulación principal a 2,40m y sub-múltiplos (1,20 m; 0,60 m).

PLANTA MODULACION DE TABIQUES PRIMER NIVEL

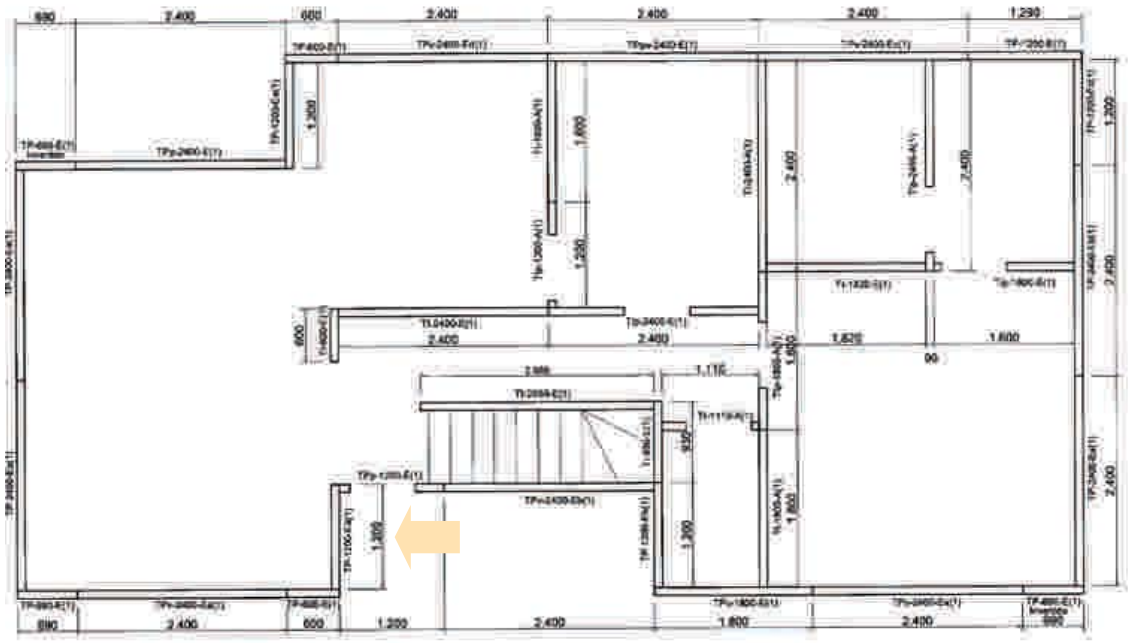


Figura 10 – 66: Plano de planta con ubicación exacta de cada tabique con su dimensión y características principales. Se puede observar que son mínimos los tabiques con dimensiones especiales. Por eso es necesario ajustar las medidas definitivas en el plano planta de arquitectura.

Interpretación de la designación de tabiques:

Ejemplo TP -1200 -E (1)
TP = Tabique Perimetral
1200 = Ancho de tabique en milímetros
E = Estructural Cara exterior revestida con terciado Fenólico u OSB
(1) = Perteneciente al 1° piso

10.8.2.1 Vista en elevación de tabiques

Tal como se observa en la Figura 10 - 66, para la representación de tabiques en los planos de fabricación, su elevación debe ser interpretada según el siguiente orden de vista:

a) Tabiques soportantes perimetrales

Los tabiques soportantes perimetrales siempre se representan en los planos de fabricación y montaje en elevación, vistos desde el exterior de la vivienda, acotando el posicionamiento de cada pieza y su distribución por medio de los cortes transversales que sean necesarios para dicho fin.

Generalmente se requiere de dos cortes, uno en sección horizontal y otro en sección vertical.

De esta forma se establece que, en la cara a la vista de la elevación y va clavado o atornillado el tablero estructural especificado para la función de arriostramiento del elemento.

Por medio de trazos en línea segmentada se debe señalar los bordes de clavado y distribución del tablero, con respecto a la distribución de componentes de madera que conforman el tabique.

b) Tabiques interiores en vertical

Vistos en el plano en forma vertical, se representan en elevación, de izquierda a derecha (flechas apuntando hacia la derecha en **Figura 10 - 65**).

c) Tabiques interiores en horizontal

Vistos en el plano en forma horizontal, se representan en elevación, vistos de abajo hacia arriba (flechas apuntando hacia arriba en **Figura 10 - 65**).

Otro aspecto esencial que debe ser claramente definido en los planos de fabricación y montaje, son la ubicación, cantidad, distribución y acotamiento de todas y cada una de las piezas que componen el tabique.

Como se observa en la elevación de la Figura 10 - 67, a la cabeza y al pie de cada tabique señalado en los planos, se debe representar un corte transversal que define y acota la ubicación y posicionamiento de la totalidad de los componentes del elemento.

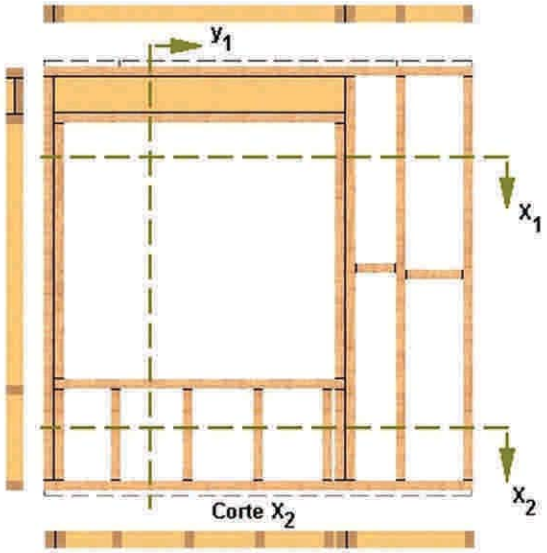


Figura 10 - 67: Elevación con información necesaria para la fabricación y montaje del tabique en obra.

El corte o perfil superior que se considera pasando por el vano de puertas y/o ventana, debe tener líneas de acotamiento (Figura 10 - 67, Corte x1) que definan el posicionamiento de los siguientes componentes:

- De las piezas requeridas para la unión del tabique con otro, ya sea en encuentro "colineal", en "esquina", o en "T".
- Del vano de ventana (o puerta según corresponda), como rasgo libre en obra gruesa sin considerar centros y/o marcos.

El perfil inferior se considera pasando a media altura del tabique o por debajo de antepechos de ventanas, cuando corresponda (Figura 10 - 67, Corte x2). La principal finalidad de esta línea de acotamientos es definir la distribución modulada de todo componente vertical (pie derecho, jambas, muchachos y puntales de dintel), que cumple con la función de componente soportante de los revestimientos.

Finalmente, la línea de acotamiento y corte transversal vertical (**Figura 10 - 67, Corte y1**) define y posiciona información relacionada con:

- Altura de fabricación del tabique
- Altura final del tabique con componentes independientes (solera basal de montaje y solera de amarre)
- Altura de dinteles de puertas y ventanas
- Altura de antepechos en ventanas
- Altura y posición de transversales cortafuego (cadenetas)
- Altura y posición de refuerzos para la fijación de muebles de cocina (base y mural) u otros
- Altura y posición de refuerzos para la fijación de artefactos sanitarios o de equipamiento
- Refuerzos para estructuración de clósets
- Refuerzos para estructuración de escalas

Otro aspecto fundamental que debe ser incorporado en los planos de fabricación y montaje, en los casos que corresponda, es la cantidad y ubicación de pernos de anclaje lateral entre tabiques soportantes, en encuentros de tipo colineal u ortogonal.

10.8.2.2 Nomenclatura básica para la fabricación, designación y ubicación de los tabiques

Dependiendo del tipo de tabique, de los materiales que lo componen y del servicio que prestará, es necesario establecer una nomenclatura básica e inequívoca, que permita conocer las características de uso y destino del tabique que se está observando.

Para dar una correcta caracterización a los tabiques que conforman la vivienda, es necesario presentar parámetros orientados a evitar confusiones e indefiniciones en el proceso de armado, lo que evitará el posterior desarmado, ajuste y rearmado del elemento constructivo en obra:

- Identificar si se trata de un tabique soportante o un tabique autosoportante.
- Identificar si el tabique soportante se ubica en el perímetro o en el interior de la vivienda.
- Definir y acotar su ancho y altura de fabricación.

- Identificar a qué nivel corresponde el elemento constructivo, sea soportante o no (si es de 1° o 2° piso).

- Identificar si el tabique se especifica en dos o más lugares de la vivienda.

- Identificar si el tabique se repite en otro sector de la vivienda, pero en forma invertida o abatido en 180°, sobre uno de sus ejes de simetría.

- Especificar si existe alguna condición especial en el proceso de fabricación y/o montaje.

Como una forma de establecer un ordenamiento mínimo y una caracterización resumida y precisa de un tabique en la etapa de diseño, se deberá tomar en cuenta la siguiente nomenclatura básica.

a) Nombre genérico del tabique
Si se trata de un tabique soportante o autosoportante, éste deberá identificarse según el siguiente esquema:

- TS = Tabique soportante
- TA = Tabique autosoportante

b) Identificación de la ubicación del elemento (interior o exterior)
Independiente del tipo de función (estructural o no), debe identificarse su ubicación o zona de servicio:

- P = Perimetral o a la intemperie
- I = Ubicación interior

c) Identificación de vano de puerta o ventana

- v_n = Vano de ventana
- p_n = Vano de puerta

El subíndice n debe indicar el número correlativo o tipo de ventana o puerta según corresponda.

d) Definición o medida del ancho y altura del tabique
Ancho y altura del tabique expresado en milímetros. Por ejemplo: 2.400 x 2.359 mm.

e) Subíndice por tabique similar
Consiste en incorporar un subíndice a, b, c, etc. después de expresada su dimensión en milímetros, cuando se requiera caracterizar un tabique similar a uno anterior, pero que presenta diferencias en el posicionamiento o cantidad de piezas en el armado de uno o más de sus componentes.

f) Identificación de piso o nivel
Consiste en establecer la ubicación del elemento constructivo cuando se trate de viviendas de dos pisos o más:

- (1) = Muros o tabique de primer piso
- (2) = Muros o tabique de segundo piso

A continuación, se presentan algunos ejemplos para la identificación de tabiques de acuerdo al método descrito:

Caso 1: Tabique soportante perimetral ventana $TSPv_1$– 2400x2360a-(1)

Corresponde a las siguientes características de fabricación e identificación:

- Tabique soportante perimetral (el tablero estructural especificado va fijado en la cara del elemento a la vista en la elevación respectiva): TSP

- Contiene vano de ventana tipo "v_1"

- El ancho del elemento es de 2.400 mm.

- La altura del elemento es de 2.360 mm.

- El elemento es de tipo "a"

- El elemento es de primer piso (1)

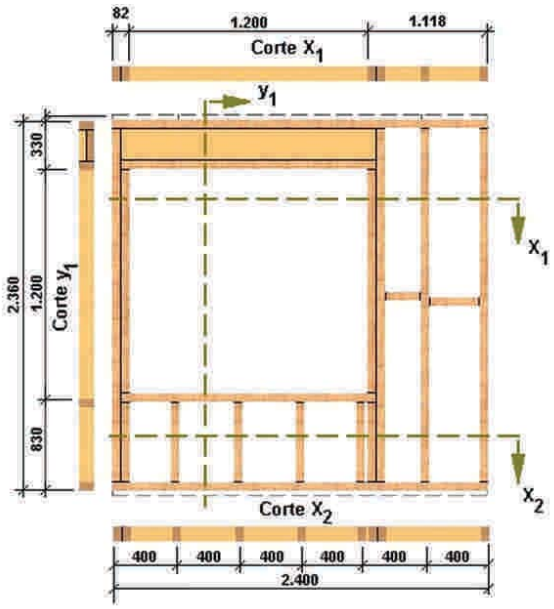


Figura 10 – 68: Elemento $TSPv_1$ -2400x2360a-(1)

Caso 2: Tabique soportante perimetral TSPv_1-2400x2360b-(1)

Corresponde a las siguientes características de fabricación e identificación:

- Tabique soportante perimetral (el tablero estructural especificado va fijado en la cara del elemento a la vista en la elevación respectiva): TSP.
- Contiene vano de ventana tipo "v_1"
- El ancho del elemento es de 2.400 mm
- La altura del elemento es de 2.360 mm
- El elemento es de tipo "b", ya que tiene una distribución de piezas distinta con respecto al anterior.
- El elemento es de primer piso (1)

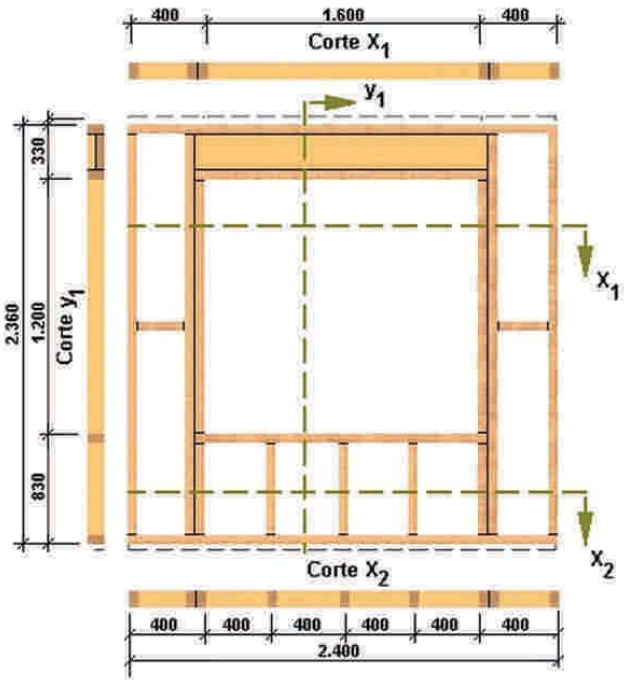


Figura 10 – 69: Tabique perimetral TSPv_1 – 2400 x 2360 b – (1).

Caso 3: TSP p_2 v_4 – 2400 x 2360 - (1)

Corresponde a las siguientes características de fabricación e identificación:

- Tabique soportante perimetral (el tablero estructural especificado va fijado en la cara del elemento a la vista en la elevación respectiva): TSP
- Contiene vano de puerta "p_2" y vano de ventana "v_4"
- El ancho del elemento es de 2.400 mm
- La altura del elemento es de 2.360 mm
- El elemento es único
- El elemento es de primer piso (1)

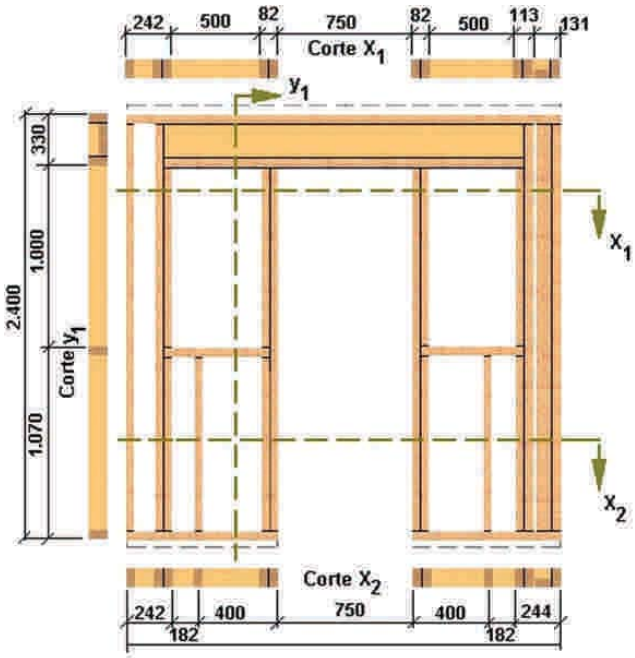


Figura 10–70: Tabique perimetral TSPp_2v_4 -2400x2360-(1).

Caso 4: Tabique autosoportante TAI p_3- 2040 x 2360-(1):

Corresponde a las siguientes características de fabricación e identificación:

- Tabique autosoportante interior: TAI
- Contiene vano de puerta tipo "p_3"
- El ancho del elemento es de 2.040 mm
- La altura del elemento es de 2.360 mm
- El elemento es único
- El elemento es de primer piso (1)

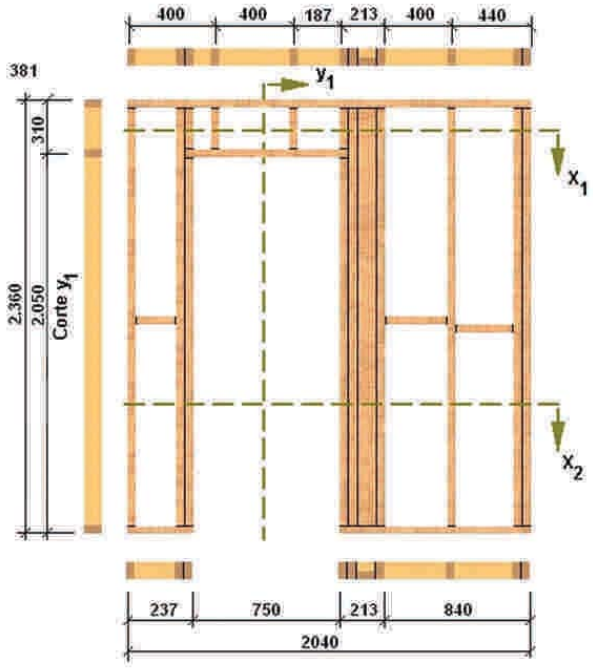


Figura 10 – 71: Tabique interior TAIp$_3$-2040x2360-(1).

10.8.2.3 Determinación del largo de muros o tabiques a prefabricar

Una vez definidos los aspectos de calidad de materiales utilizados y las bases de cálculo estructural que se usarán, es necesario tener presente una serie de criterios de diseño relevantes y complementarios para llevar a cabo la prefabricación de tabiques o entramados verticales.

En este aspecto, la longitud de fabricación de los tabiques que conforman la estructura de la vivienda es una variable que debe analizarse en profundidad al momento de iniciar esta actividad.

Los criterios a considerar se pueden subdividir en tres grupos:

- **Condiciones de fabricación**
  Consiste en establecer si la fabricación de los tabiques se realizará en una planta de prearmado o en una planta en obra (también pueden ser prefabricados directamente sobre la plataforma de madera u hormigón), para posteriormente ser montados, arriostrados y anclados en su lugar de destino.

  El procedimiento que se establezca debe tener en consideración que, mientras mayor sea la distancia entre la ubicación física de la obra y la de prefabricación de los tabiques, más limitada será la longitud de fabricación de los mismos, o en su defecto, mayor deberá ser el equipamiento requerido para el carguío y traslado de tabiques de dimensiones mayores.

  Por ejemplo, si se tiene que cubrir una gran distancia geográfica entre la planta de fabricación y el lugar de la obra, y no se cuenta con mano de obra y equipamiento para el montaje, la solución recomendada de prefabricación para un tramo de tabique de 7,2 m de largo, será la indicada en la Figura 16 – 72a.

Figura 10 – 72a: Tramo estructural de 7,2 m de longitud, resuelto con la prefabricación y alineación de tres tabiques soportantes sucesivos (colindantes), de igual ancho.

En la Figura 10 - 72b, se plantea igual situación, resuelta con sólo dos tabiques colindantes de iguales características entre sí, pero con un eje de simetría en medio de ambos. Con esta alternativa es posible prefabricar los elementos con mayor longitud y así realizar una menor cantidad de empalmes.

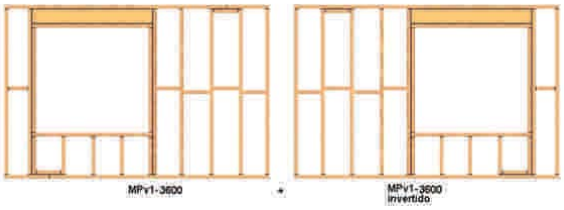


Figura 10 – 72b: Tramo estructural de 7,2 m de longitud resuelto con la prefabricación y alineación de dos tabiques soportantes sucesivos de igual ancho.

Figura 10 – 72c: Tramo estructural de 7,2 m de longitud, resuelto con la prefabricación y alineación de un tabique soportante.

Por último, la alternativa planteada en la Figura 10 – 72c, se recomienda aplicarla cuando el muro es posible prearmarlo como un solo elemento sobre la misma plataforma y levantar y montar prácticamente sobre su eje de ubicación.

Figura 10 - 73a: Ejemplo de prefabricación de un tabique divisorio en mesa de armado en obra.

Figura 10 - 73b: Traslado manual del elemento prefabricado en obra, de dimensiones 3,20 m de ancho por 2,40 m de alto.

Figura 10 - 73c: El elemento finalmente es levantado, anclado y fijado sobre su eje de ubicación de forma rápida y expedita.

En general, los anchos recomendados para la fabricación de tabiques están relacionados con la modulación de revestimientos y sus dimensiones estándar.

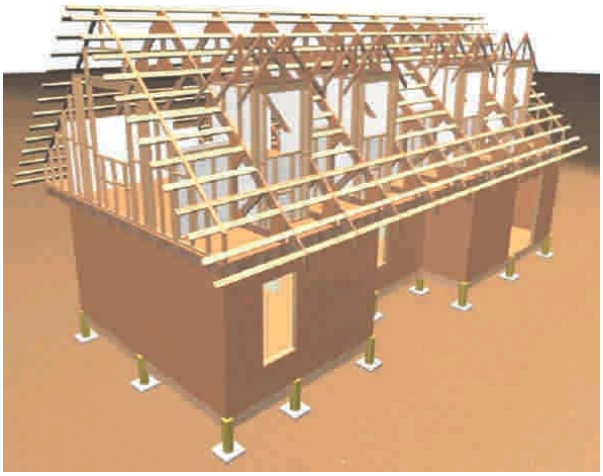


Figura 10 - 74: La totalidad de los tabiques de una vivienda, independientemente de su superficie útil, pueden ser prefabricados y transportados.

10.8.2.4. Determinación de la altura de tabiques a prefabricar

Determinar la altura estándar para la fabricación de tabiques con respecto a una altura de piso a cielo, definido en los planos de arquitectura, requiere tomar en cuenta algunas condiciones básicas en cuanto al uso y complementación de materiales existentes en el mercado nacional.

- **Condiciones de la estructura**
  En este aspecto se consideran aquellas variables que afectan a las dimensiones externas del tabique y los criterios más importantes para determinar especialmente, la altura de fabricación de los tabiques de una vivienda.

Entre las variables más importantes se destacan:

- Tipo de plataforma, es decir, si se trata de madera u hormigón
- Si la vivienda es de 1 ó 2 pisos
- Si se utiliza madera aserrada dimensionada seca o cepillada
- Tipo de revestimiento de los tabiques

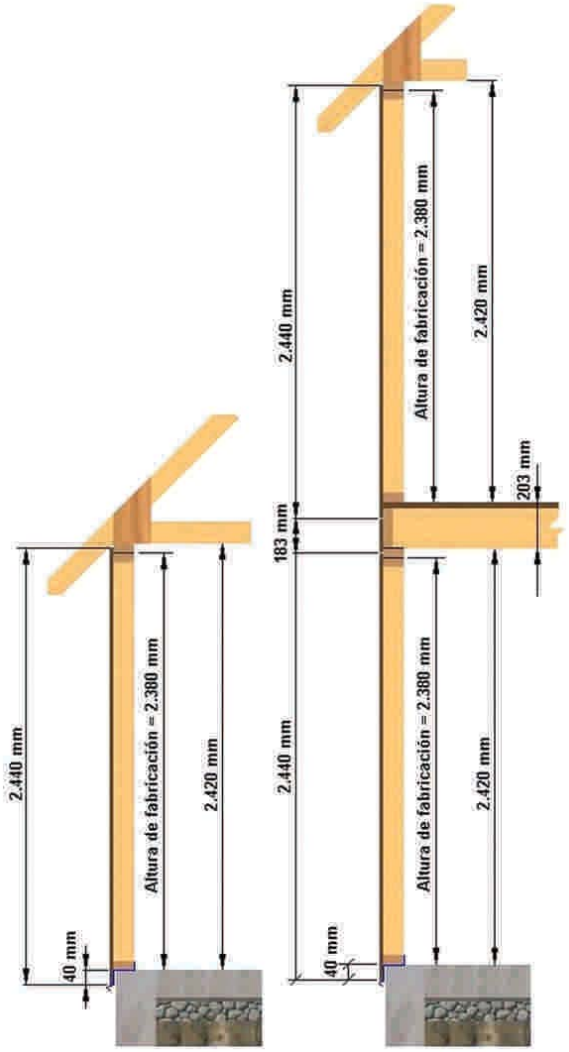


Figura 10 -75: Altura de fabricación de tabiques con madera cepillada sobre plataforma de hormigón para el caso de viviendas de 1o 2 pisos sin considerar solera basal de montaje

En la **Figura 10-75** se puede observar la situación que se produce sin utilizar solera basal de montaje.

En este caso, se sugiere que al diseñar la vivienda se considere como patrón de altura el tablero estructural perimetral, ya sea contrachapado fenólico o tablero de OSB, de dimensiones 1.220 x 2.440 mm (espesor 9 a 12 mm), el cual debe cubrir en la vertical los siguientes componentes:

- **Vivienda de un piso:** Manteniendo la integridad de altura del tablero, desde el borde superior de la solera de amarre hasta 40 mm bajo el borde de la plataforma de hormigón o de madera.

  Esta "pestaña" cumple la función de evitar la penetración e infiltración, a nivel de piso, de agua lluvia y humedad hacia el interior de la vivienda.

- **Vivienda de dos pisos:** Manteniendo la integridad de altura del tablero, el segundo piso se puede resolver de igual forma que el anterior. Sin embargo, para el primer piso es conveniente considerar, como mínimo, los 40 mm de "pestaña" o "cortagotera" y en el borde superior del tablero, coincidir a media altura de la solera de amarre. La franja intermedia, de aproximádamente 183 mm que se produce perimetralmente a la altura del entrepiso, debe ser cubierta con flejes de tablero de igual espesor.

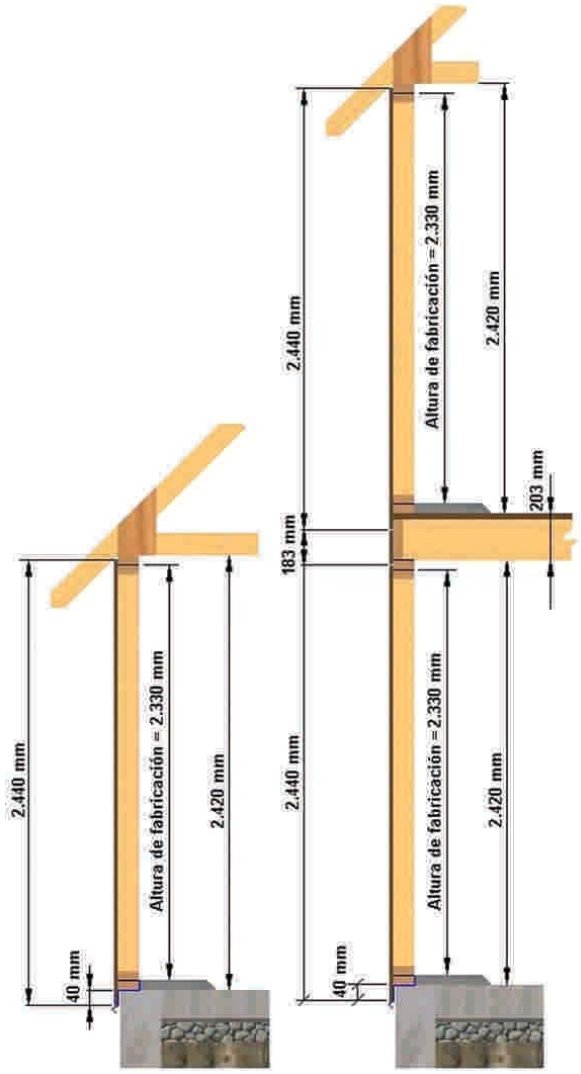


Figura 10 - 76: Altura de fabricación de tabiques con madera cepillada sobre plataforma de hormigón para el caso de viviendas de 1 ó 2 pisos, considerando solera basal de montaje, sobrelosa afinada sobre el radier y loseta liviana acústica en 2° piso; ambas de 40 a 50 mm de espesor.

Cuando se utiliza solera basal de montaje (Figura 10 - 76) y se mantiene la integridad de tableros estructurales perimetrales, la altura final de piso a cielo puede verse disminuida hasta alcanzar 233 cm, lo que en ningún caso afecta la normalidad de viviendas destinadas a habitación.

- **Condiciones de terminación**
  Se deben considerar una serie de variables que afectan la estructura interna del tabique soportante y para evitar producir entorpecimiento en la ejecución, ni adaptaciones, transformaciones o modificaciones que aumenten los costos y retrasen la ejecución de las actividades posteriores.

Entre los aspectos más importantes se puede destacar:

- Dimensión de puertas y ventanas especificadas
- Espesor de marcos y centros de puertas y ventanas
- Espesor del recubrimiento de piso
- Estructura y espesor de cielo raso de la vivienda

Dependiendo de las condiciones anteriormente señaladas, la longitud de fabricación de un tabique puede ser variable:

- Ancho mínimo recomendado: 60 cm
- Ancho máximo recomendado: 480 cm

Con ello, no sólo se busca responder a requerimientos del lugar de prearmado o del medio de transporte utilizado, sino que también a condiciones de:

- Uso y aprovechamiento de largos comerciales de las piezas o perfiles de madera especificada
- Uso y aprovechamiento de tableros estructurales y placas de revestimiento interior

Figura 10 – 77: Etapa de montaje de muros prefabricados en obra directamente sobre la plataforma.

La forma de responder adecuadamente a estos requerimientos es a través de la información proporcionada por los planos de montaje de los elementos prefabricados, que complementaria y coordinadamente con los planos de arquitectura y estructura, deben proporcionar la información necesaria para ejecutar los trabajos de manera secuencial y lógica.

Por esta razón, los planos de montaje forman parte de la gestión de calidad de la edificación y la metodología de su confección debe basarse en los parámetros técnicos que a continuación se describen:

- Cantidad y ubicación de componentes verticales (pie derecho u otros) necesarios para la fijación entre tabiques, en encuentros colindantes, en esquina, en "T" o en cruz.

- La plataforma de madera u hormigón debe corresponder, en dimensiones parciales y totales, con el trazado y ubicación de los tabiques.

- Los tabiques deben ser verificados en cuanto a sus medidas de ancho y posicionamiento de piezas que conforman vanos de puertas y ventanas, de manera que los elementos verticales coincidan con el trazado en planta y encuentros destinados a su lugar de servicio.

- Perforaciones para el paso de pernos de anclaje, tubos, ductos y cañerías de instalaciones básicas y de equipamiento deben ser rectificados, correctamente ejecutados y protegidos de posibles daños, golpes y roturas durante el montaje y colocación de los revestimientos.

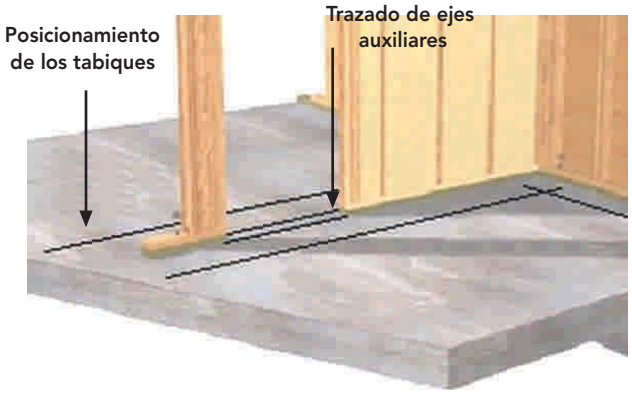


Figura 10 - 78: Tabique posicionado en su lugar de servicio, según el trazado sobre plataforma de hormigón, con encuentro con un tabique interior.

Con el objeto de cumplir con los requerimientos anteriormente descritos, se debe establecer un criterio común para la presentación de la información relevante que se proporcionará en los planos de fabricación y montaje de los entramados verticales de la vivienda.

Los planos de fabricación de muros o tabiques de madera deben indicar con exactitud la ubicación de ellos con respecto del ancho total del elemento y al mismo tiempo, la ubicación con respecto al recinto completo donde éste presta servicio.

Se debe tener presente que la prefabricación de muros y tabiques es una actividad que requiere eficiencia, tanto en el uso de los materiales como en la ejecución. Para ello se debe contar con el espacio físico necesario y con las herramientas adecuadas como son:

- Instrumentos de medición como cintas métricas y metro del carpintero
- Instrumentos de control como plomadas mecánicas, nivel de mano (de 0.80 m de largo como mínimo)
- Martillos balanceados
- Sierras de precisión
- Clavadoras de aire comprimido
- Bancos de armado con guías a escuadra
- Xilohigrómetros, etc

10.8.3 Aspectos a considerar para el traslado y transporte

En general, el transporte de los tabiques y otros elementos prefabricados de madera sólo está condicionado o limitado por el volumen a transportar, por las condiciones climáticas y topográficas del trayecto y del lugar, y no por magnitud de carga trasladada (peso máximo por eje).

En general los factores que deben ser considerados para establecer la forma más adecuada de transportar los elementos prefabricados son:

- Factibilidad de proteger debidamente los tabiques, por medio de láminas o lonas impermeables resistentes a condiciones severas de velocidad, temperatura, humedad del ambiente, lluvia, exceso de exposición al sol y tiempo de transporte, entre otros, para evitar deformaciones en los tabiques ya prefabricados o a la madera paletizada que se traslada para ejecutar la prefabricación en obra.

- La factibilidad de acceder al lugar de la obra con el medio de transporte de carga seleccionado, ya sea por el estado del camino, curvas y pendientes de la ruta, por lo que es aconsejable efectuar un reconocimiento del terreno previamente.

10.8.4 Aspectos generales a considerar en el montaje de los elementos prefabricados

El montaje de los elementos prefabricados debe planificarse desde dos puntos de vista:

10.8.4.1 Montaje de elementos menores

Cuando los elementos constructivos que se montan son tabiques de poca longitud (máximo 4,80 m), puede realizarse manualmente por el personal de la obra, con las debidas precauciones de seguridad que deben adoptarse para dicha situación.

10.8.4.2 Montaje de módulos transportables

Si el sistema de prefabricación contempla el transporte de módulos completos, los cuales pueden encontrarse parcial o completamente terminados, el montaje debe realizarse mecanizadamente, es decir, con la incorporación de maquinas y equipos que permitan realizar dicha faena con alta seguridad, con conocimiento absoluto de los procedimientos a seguir y con la precisión que se requiere.

BIBLIOGRAFIA

- Ambroser, J; Parker, H, "Diseño Simplificado de Estructuras de Madera", 2° Edición, Editorial Limusa S.A de C.V, México D.F, México, 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 EE.UU. para pisos, murallas y techos", Canadá, 1982.

- American Plywood Association, "Construcción para resistir huracanes y terremotos", Chile, 1984.

- 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", AF&PA, Washington D.C, EE.UU., 1996.

- Arauco, "Ingeniería y Construcción en Madera", Santiago, Chile, 2002.

- Ball, J; "Carpenter and builder library, foundations-layouts-framing", v.3, 4° Edición, Editorial Indiana, EE.UU.,1977.

- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.

- Breyer, D; Fridley, K; Cobeen, K, "Design of wood structures", 4° Edición, Editorial Mc Graw Hill, EE.UU., 1999.

- Building Design & Construction, "Wood-framed building rising to greater heights", v.32 (2):77, EE.UU., Feb. 1991.
- 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.

- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.

- Carvallo, V; Pérez, V, "Manual de Construcción en Madera", 2° 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.

- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.

- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.

- Hanono, M; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.

- Faherty, K; Williamson, T, "Wood Engineering and Construction Handbook", 2° Edición, Editorial Mc Graw Hill, EE.UU., 1995.

- Hageman, J; "Contractor's guide to the building code", Craftsman, Carlsbad, California, EE.UU.,1998.

- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Hempel, R; Cuaderno N° 1 "Entramados Verticales", Editado por Universidad del Bío Bío, Concepción, Chile, 1987.

- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.

- Mac Donnell, H; Mac Donnell, H.P, "Manual de Construcción Industrializada", Revista Vivienda SRL, Buenos Aires, Argentina, 1999.

- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- 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 (Canadian Rockport Homes Ltd.).
- www.citw.org (Canadian Institute of Treated Wood).
- www.corma.cl (Corporación Chilena de la Madera).
- www.douglashomes.com (Douglas Homes).
- www.durable-wood.com (Wood Durability Web Site).
- www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.).
- www.lsuagcenter.com (Anatomía y física de la madera).
- www.lpchile.cl (Louissiana Pacific Ltda.).
- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).
- www.fpl.fs.fed.us (Forest Products Laboratory U.S. Department of Agriculture Forest Service).
- www.minvu.cl (Ministerio de Vivienda y Urbanismo).
- www.pestworld.org (National Pest Management Association).
- NCh 173 Of.74 Madera – Terminología General.
- NCh 174 Of.85 Maderas – Unidades empleadas, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones.
- NCh 176/1 Of. 1984 Madera – Parte 1: Determinación de humedad.
- 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 760 Of.73 Madera – Tableros de partículas. Especificaciones.
- NCh 789/1 Of.87 Maderas – Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural.
- NCh 1989 Of.86 Mod.1988 Madera – Agrupamiento de especies madereras según su resistencia. Procedimiento.
- NCh 992 E Of.72. 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 1990 Of.86 Madera – Tensiones admisibles para madera estructural.
- NCh 1970/2 Of.88 Maderas Parte 2: Especies coníferas – Clasificación visual para uso estructural- Especificaciones de los grados de calidad.
- NCh 2824 Of 2003 Madera – Pino radiata – Unidades, dimensiones y tolerancias.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

CORMA

CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 11

ESTRUCTURA DE TECHUMBRE

Centro de Transferencia Tecnológica

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 11

Centro de Transferencia Tecnológica

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 (tijeral).

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.

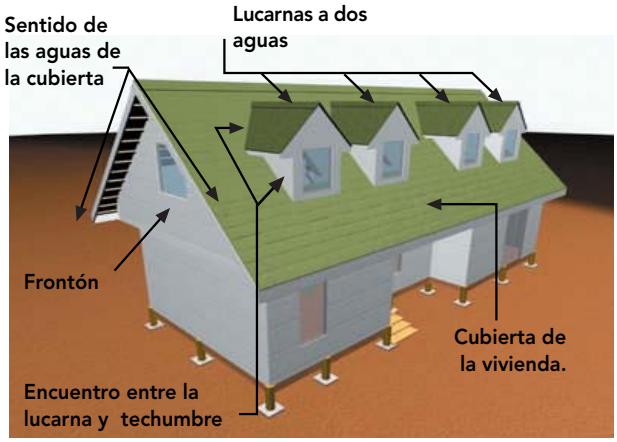


Figura 11-1: Vista en perspectiva de la vivienda con cubierta a dos aguas, donde se aprecia la arquitectura involucrada en la techumbre, que incorpora lucarnas y frontones.

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.

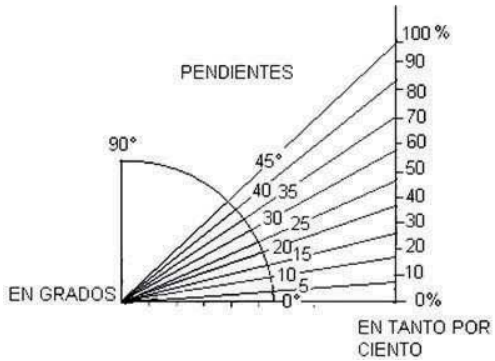


Figura 11-2: Relación entre grados y porcentajes para determinar la pendiente de una techumbre.

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.

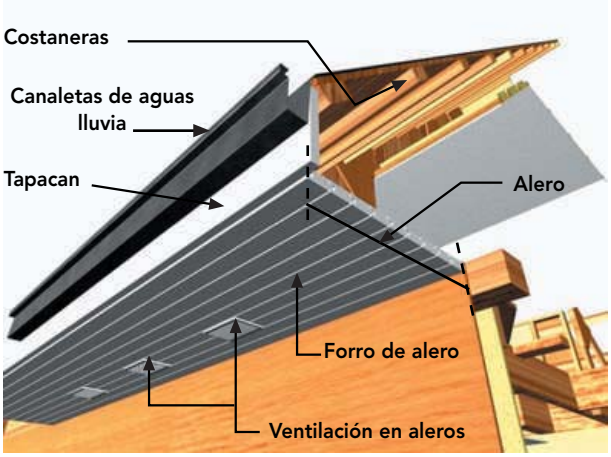


Figura 11-3: Presentación del alero y sus componentes.

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.

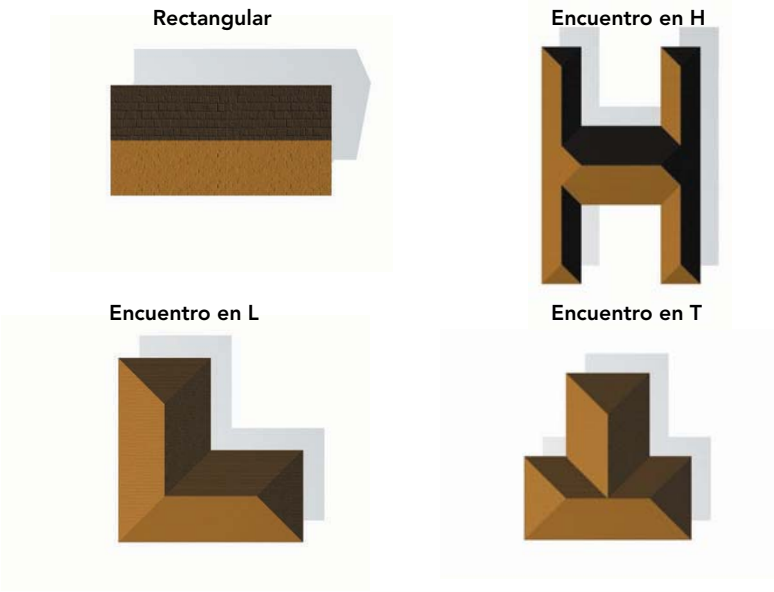


Figura 11-4: Algunos tipos de encuentros entre techumbres.

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).

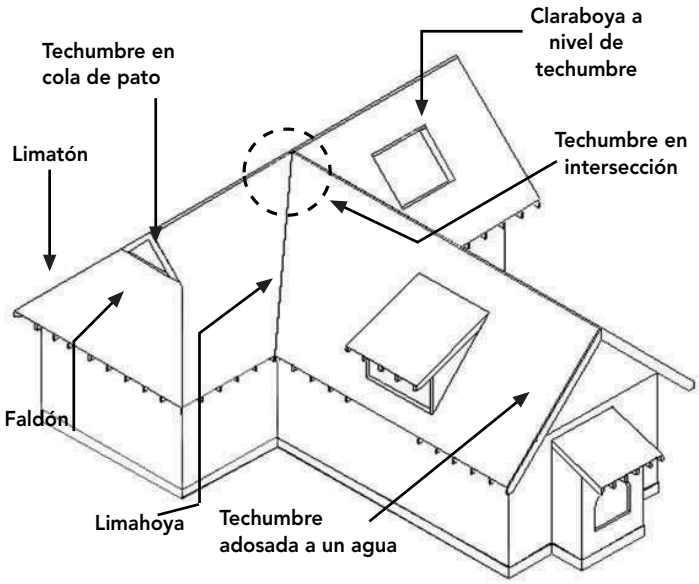


Figura 11-5: Ubicación de los diferentes elementos que conforman una techumbre.

UNIDAD 11
ESTRUCTURA DE TECHUMBRE

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 cumbreras, limatones, limahoyas, lucarnas con su ubicación, y forma del o los frontones, generalmente a escala 1: 100.

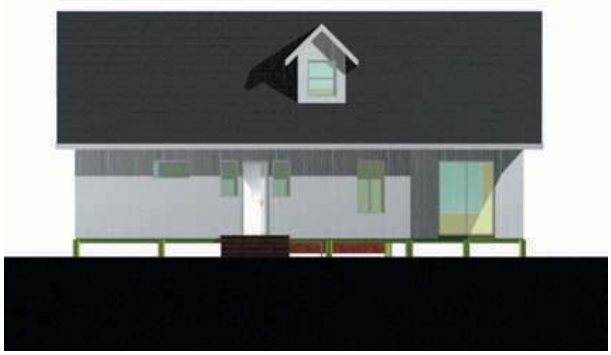
Plano de cortes de la techumbre: se muestran los espacios interiores de la techumbre que permiten identificar las características de los elementos que conforman el tijeral y lucarna, entre otros, generalmente a escala 1: 100.

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.

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.

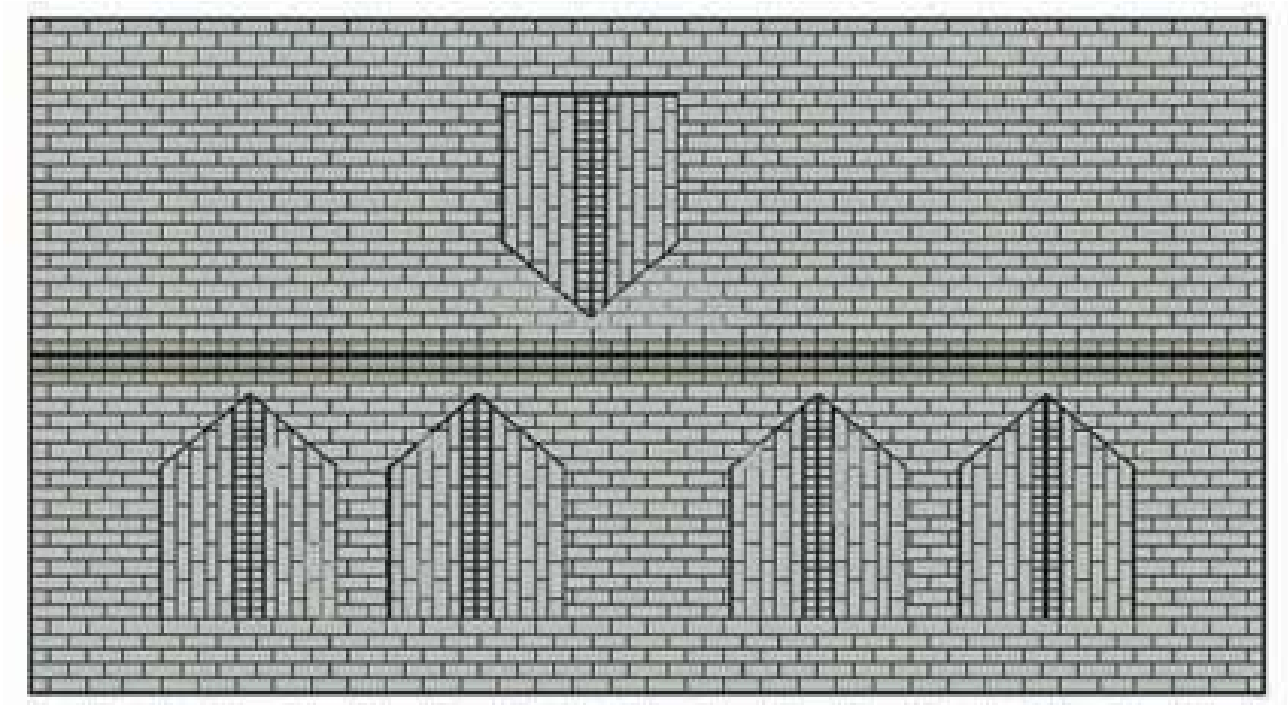
VISTA DE ELEVACIÓN ANTERIOR



VISTA DE ELEVACIÓN POSTERIOR

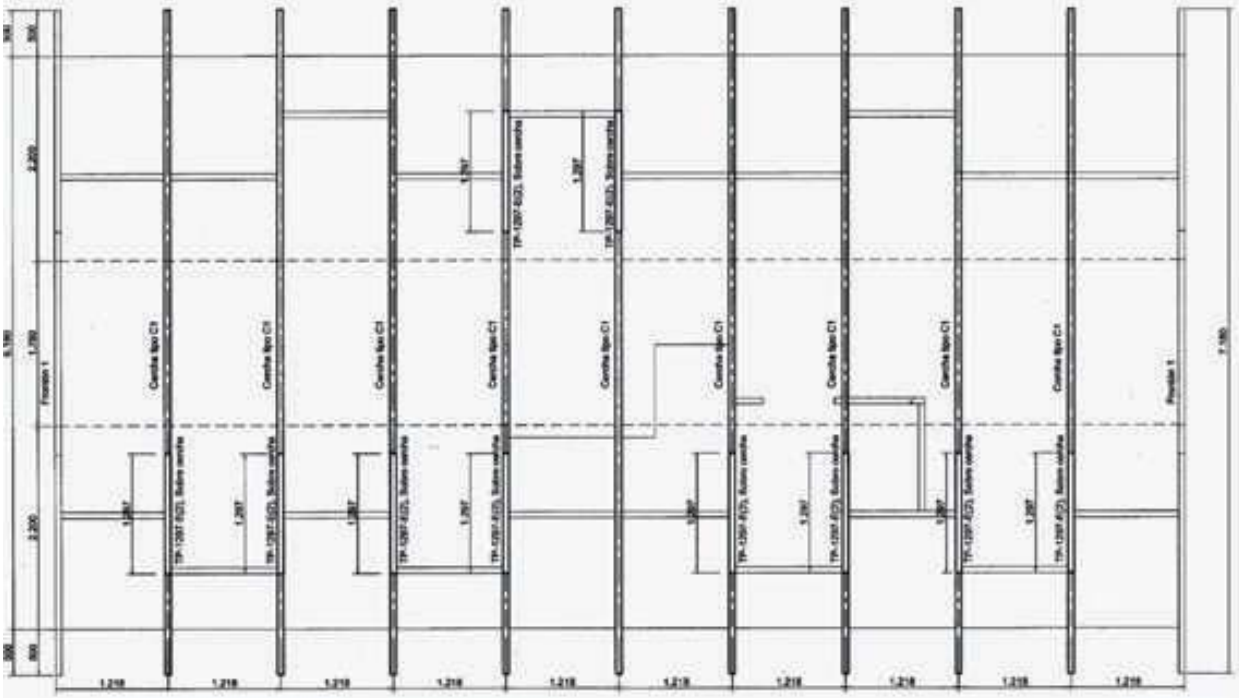
VISTA DE ELEVACIÓN LATERAL

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

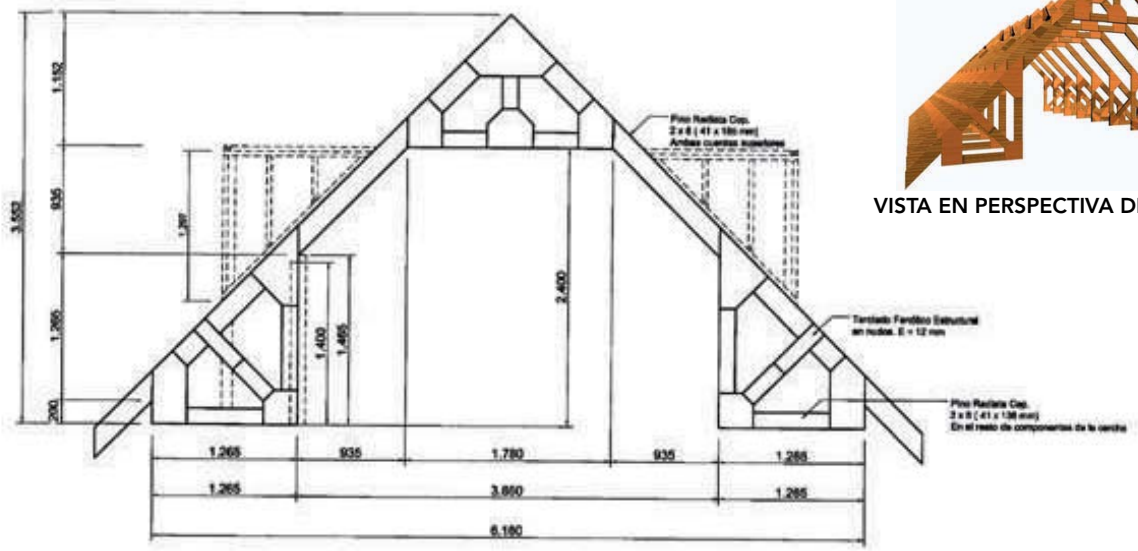


PLANTA DE CUBIERTA DE TECHUMBRE (a)

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 tipo de la mansarda, frontones extremos y lucarnas.



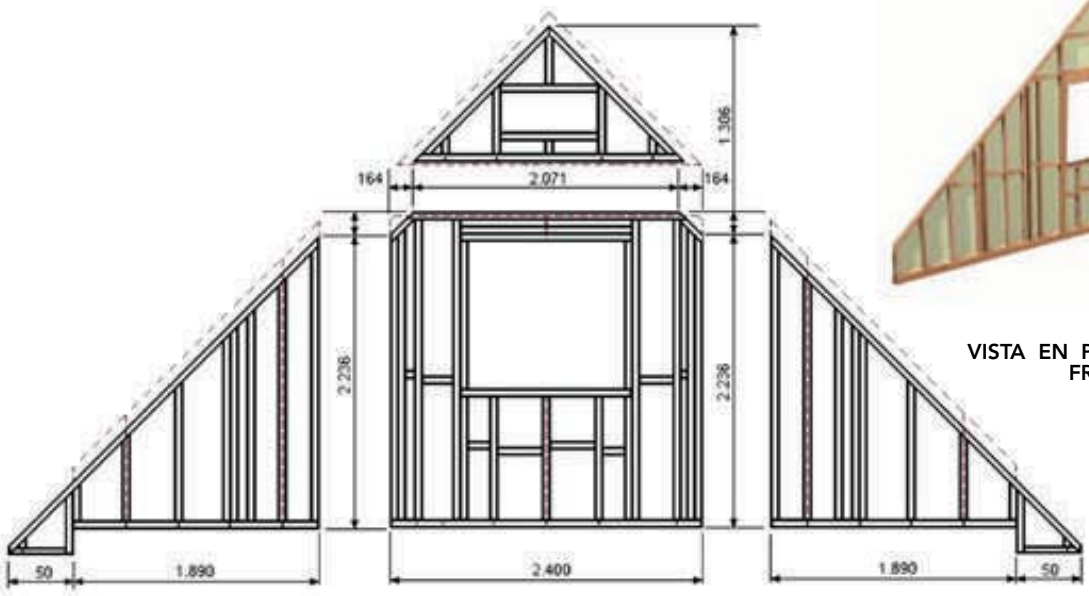
PLANTA DE ESTRUCTURA DE TECHUMBRE (b)



PLANO DE DETALLE DE CERCHA TIPO (a)

VISTA EN PERSPECTIVA DE CERCHAS (b)

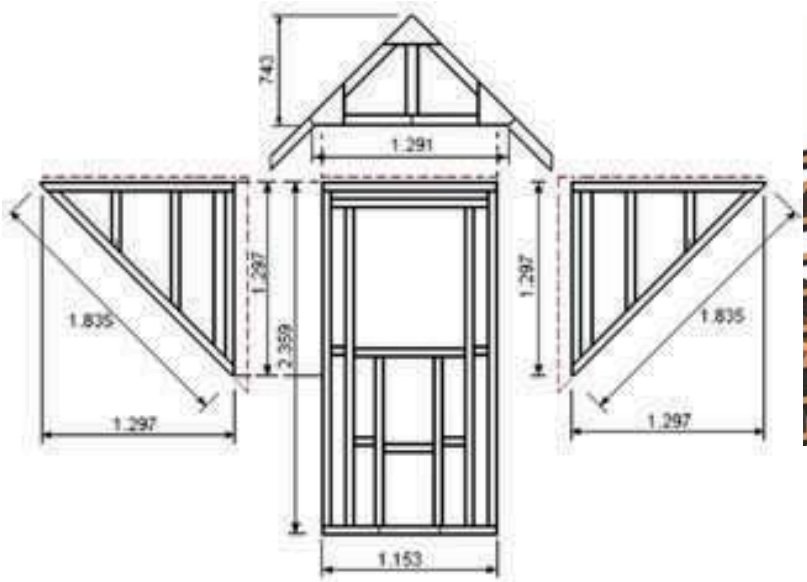
Figura 11 – 8: ***(a)*** *Plano de detalles que muestra largos, disposición y formas de las diferentes piezas que conforman la cercha habitable tipo, con solución de encuentros y especificaciones, además de la disposición de lucarnas en ésta. (b) Perspectiva que muestra la disposición definitiva de las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



PLANO DE DETALLE DEL FRONTÓN TIPO (a)

VISTA EN PERSPECTIVA DEL FRONTÓN (b)

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.*



PLANO DETALLE (a)

PERSPECTIVA (b)

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° con respecto a la solera de amarre, es decir, las esquinas de la techumbre se consideran generalmente de 90°, como se muestra en la Figura 11-11.

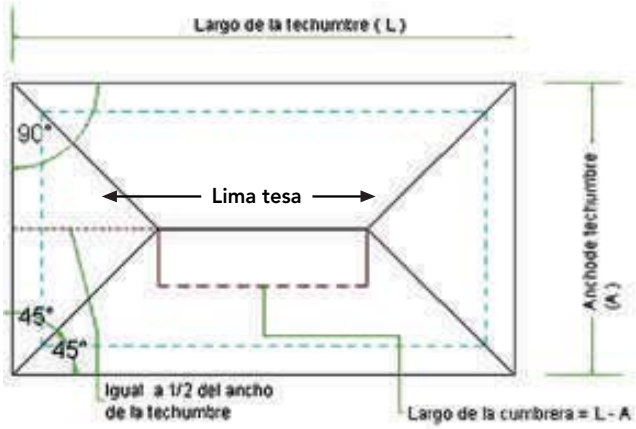


Figura 11-11: Planta de techumbre que muestra los ángulos necesarios entre elementos para el desarrollo del proyecto de techumbre.

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/m2).

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.

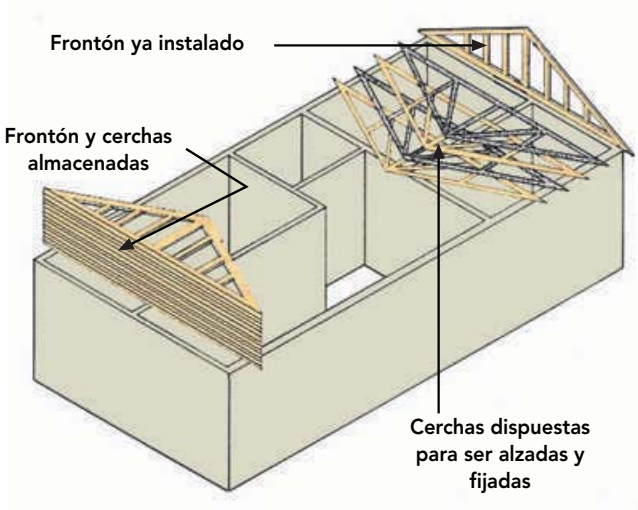


Figura 11-13: Almacenamiento de cerchas sobre los tabiques que las sostendrán cuando se instalen definitivamente.

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.

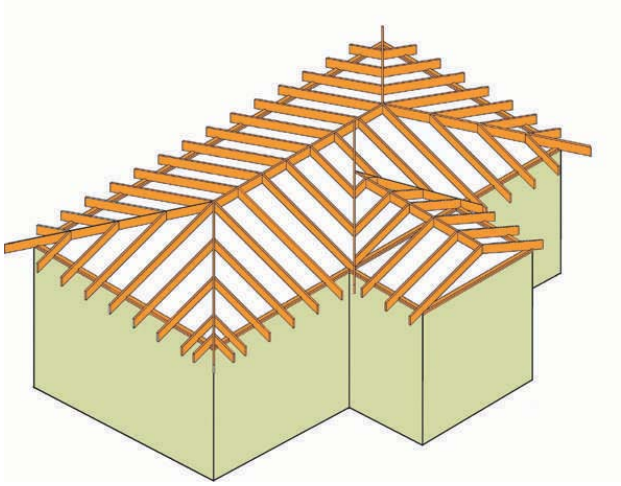


Figura 11-14: Techumbre materializada con diafragma inclinado.

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.

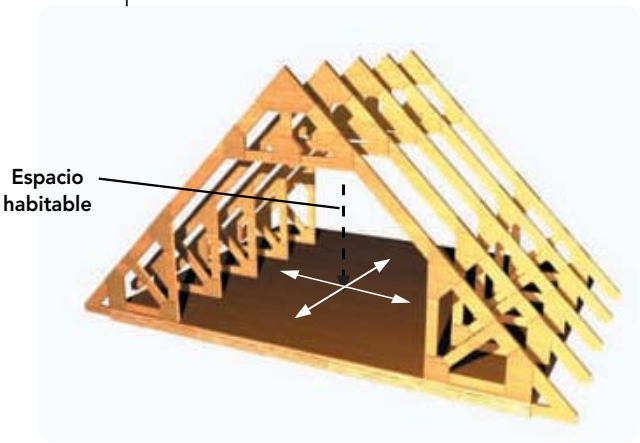


Figura 11-15: Cerchas habitables que forman la mansarda.

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 cumbrera con otro del tirante.

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

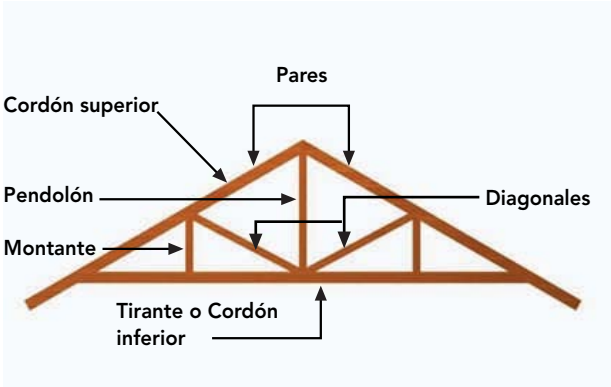


Figura 11-16: Elementos que constituyen una cercha.

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° a 45°. 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 trabajen a la compresión para evitar el pandeo.

  El tener una fuerte pendiente (30° a 60° 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° y 35°. 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.

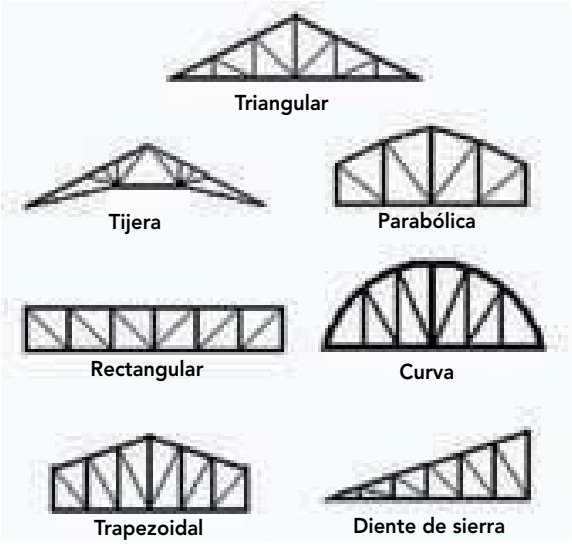


Figura 11-17: Cerchas clasificadas según su forma.

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°.

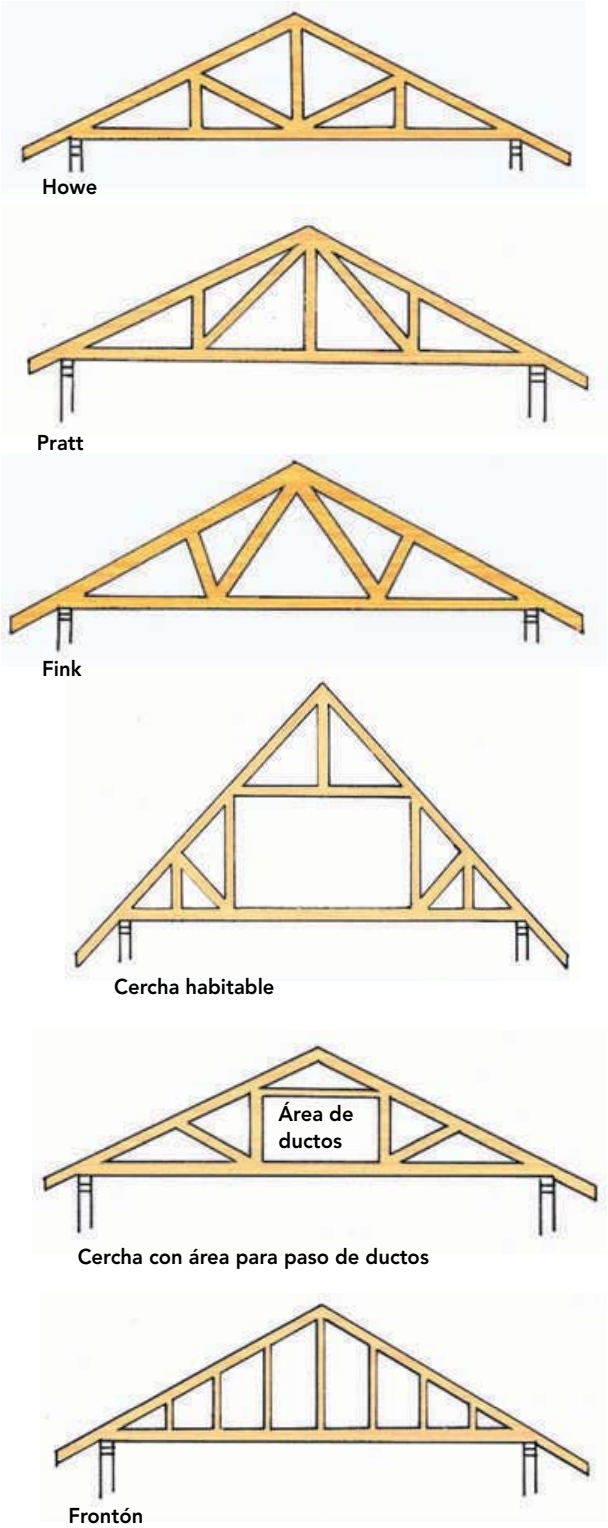


Figura 11-18: Cerchas clasificadas según la distribución de sus piezas.

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.

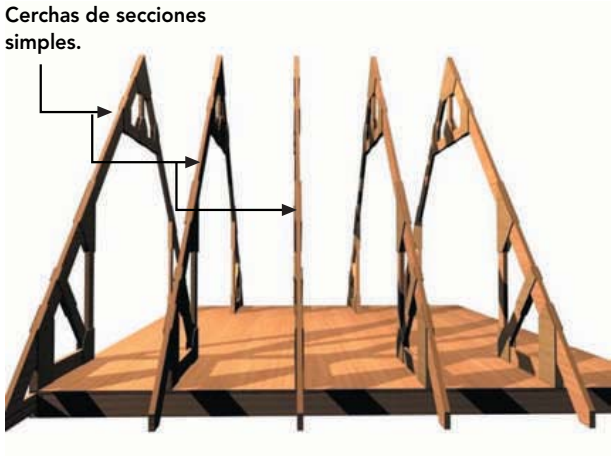


Figura 11-19: Vista en elevación de cerchas simples.

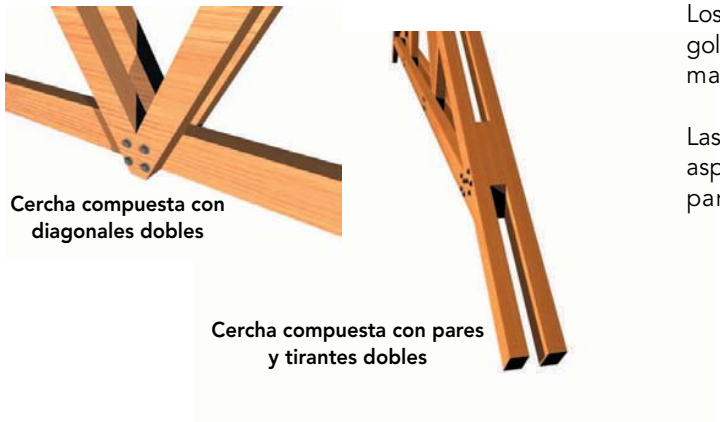


Figura 11-20: Las cerchas compuestas pueden tener los pares y tirantes dobles o pueden ser dobles, montante y diagonales.

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.

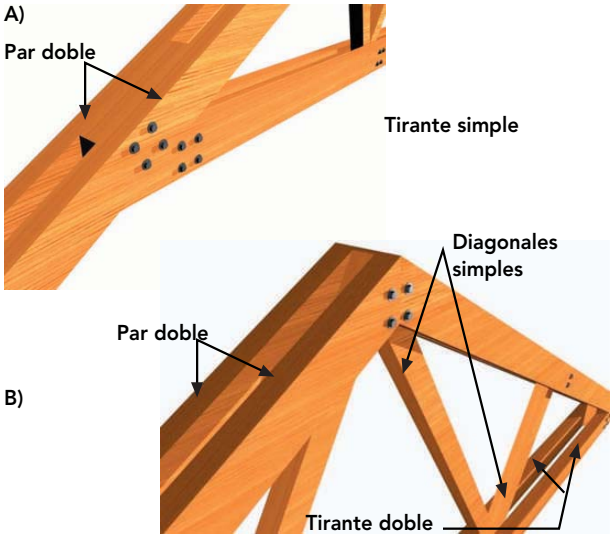
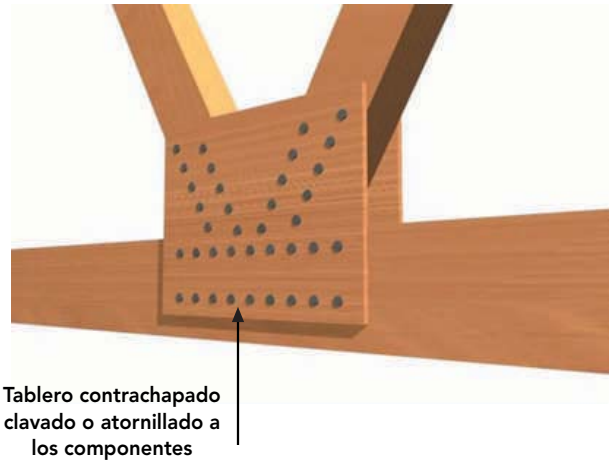


Figura 11-21: Unión de los elementos de una cercha mediante pernos. Figura A, encuentro entre tirante simple y pares doble. Figura B, encuentro entre diagonales simples y pares dobles.

- **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



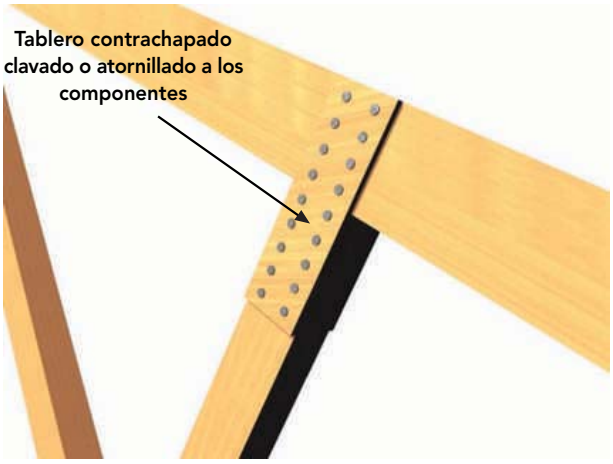


Figura 11-22: Figuras A) y B) muestran encuentro entre elementos de una cercha unidos con tablero contrachapado.

- **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 ±1mm).
- 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.

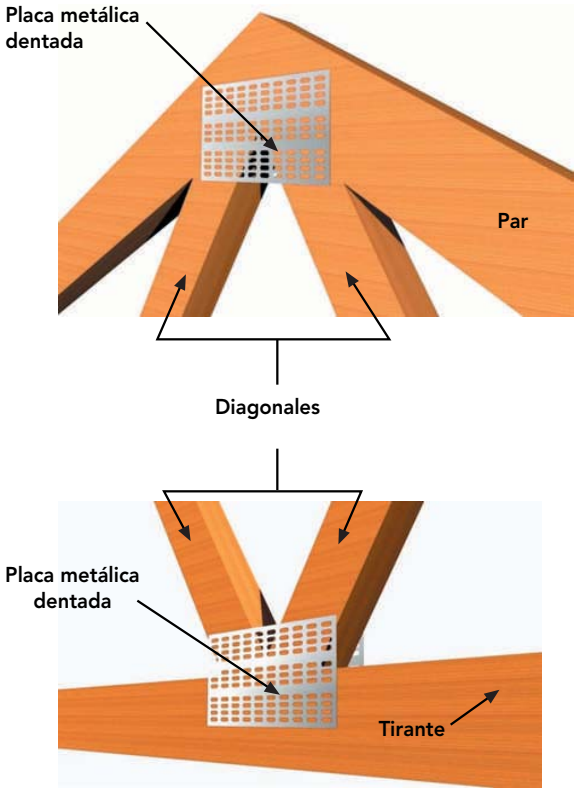


Figura 11-23: Unión de los elementos de una cercha mediante placas metálicas dentadas.

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 la 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 comprensión 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.

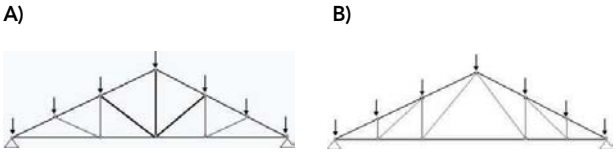


Figura 11- 24: Esquema de cerchas que muestran en función del sentido de las diagonales, si estarán solicitadas a compresión (A) o fracción (B).

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:

i) La cercha es una estructura bidimensional contenida en un plano.

ii) Las piezas que conforman la estructura de la cercha son inicialmente rectas, prismáticas, de material elástico y con propiedades uniformes.

iii) 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.

iv) El sistema de fuerza conformado por cargas y reacciones está en equilibrio.

v) El desplazamiento de los nudos y las barras es relativamente pequeño.

vi) Los ejes de las barras se intersectan en un punto en los nudos.

vii) 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/m2.

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 calculo 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.

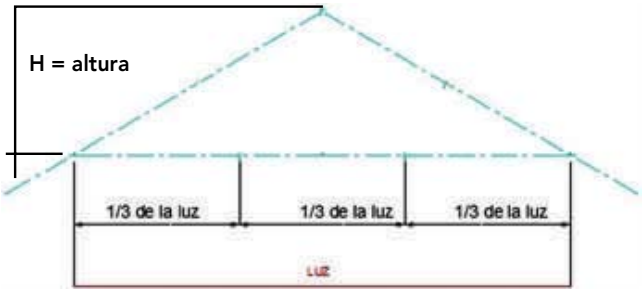


Figura 11-25: Determinación de los puntos de encuentro de los elementos sobre el tirante.

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.

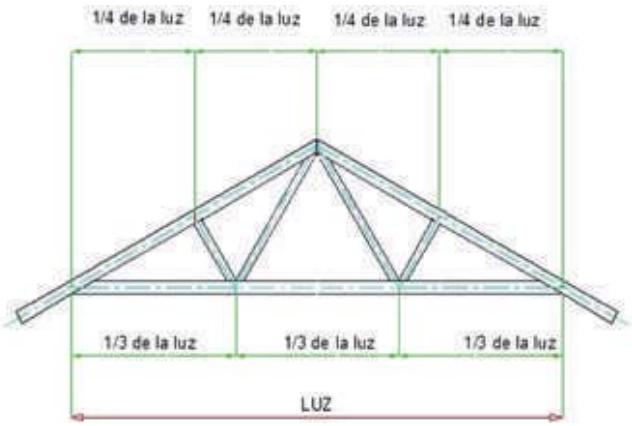


Figura 11-28: Cercha tipo Fink, con los elementos cortados y presentados para su fijación.

11.4.5. Montaje y armado de techumbre con cerchas

El armado y arriostramiento 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 arriostrar 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 arriostró la primera cercha instalada.

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

La manera ideal de arriostrar 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.

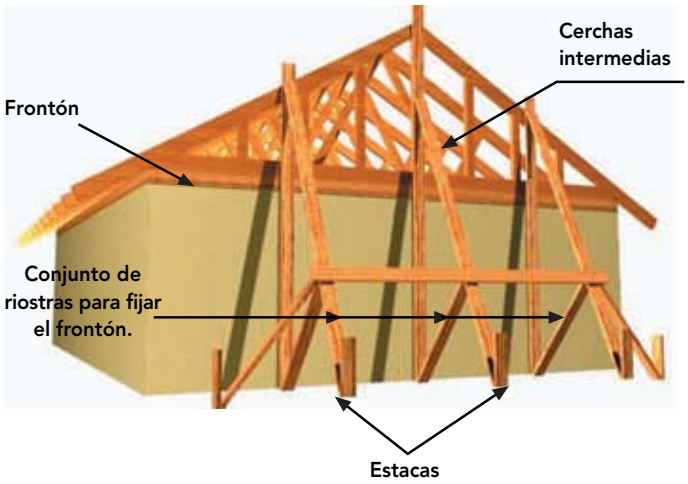


Figura 11-29: El arriostramiento del frontón permite en forma preliminar la fijación y aplomado progresivo de las cerchas que estructuran la techumbre.

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. Arriostramiento provisorio 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 provisorias 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.

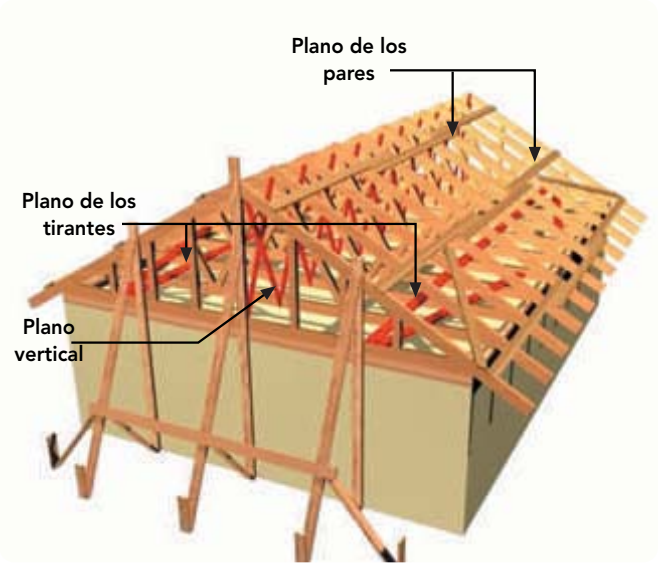


Figura 11-30: Planos en los que se deben realizar los arriostramientos de las cerchas.

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 instalen 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 arriostramiento 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.

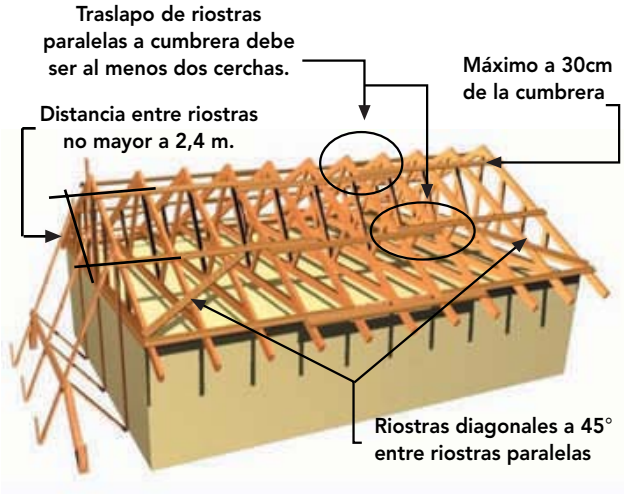


Figura 11-31: Condiciones para las riostras sobre pares.

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.

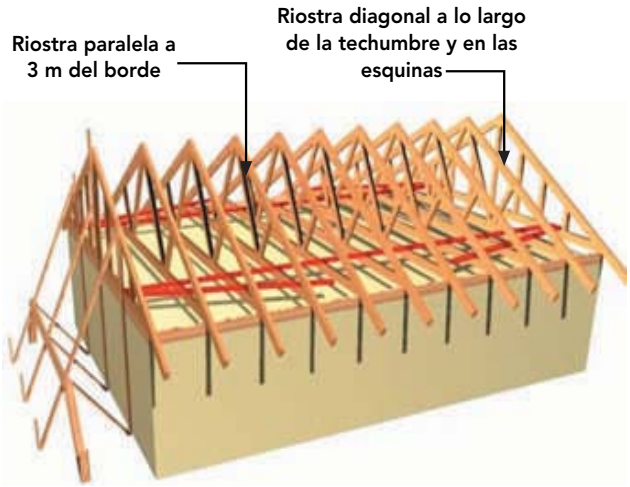


Figura 11-32: En rojo se muestran las riostras necesarias en el plano que generan los tirantes, las que se pueden dejar como definitivas.

En muchos casos las riostras provisorias 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 provisorias 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.

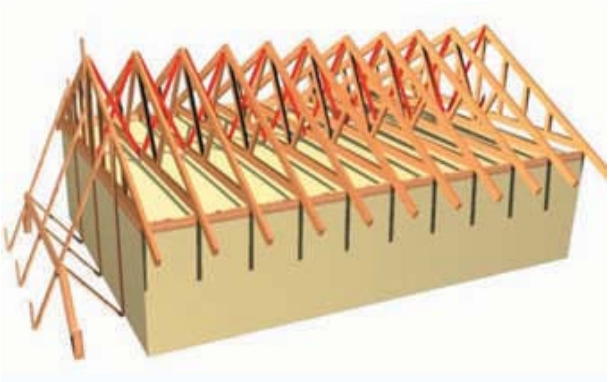


Figura 11-33: En rojo se destacan las riostras que van perpendiculares al plano de las diagonales. En caso de considerar que queden permanentes, su solución debe ser dada por el calculista.

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.

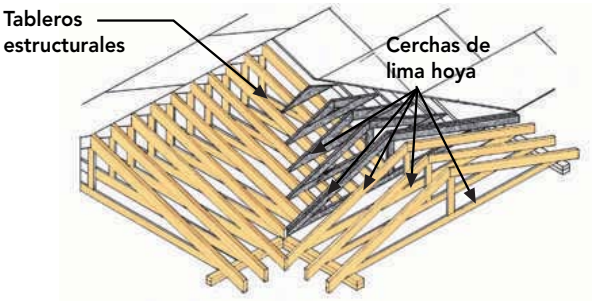
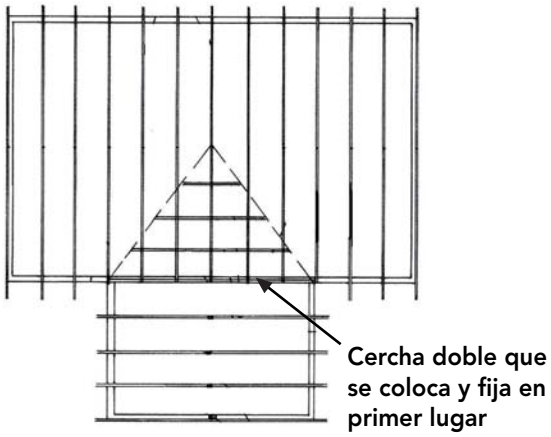


Figura 11-34: Disposición de las cerchas para formar el encuentro de techumbres.

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 arriostramiento a las cerchas, y otorgan una superficie de clavado a los tableros estructurales que irán sobre ellas.

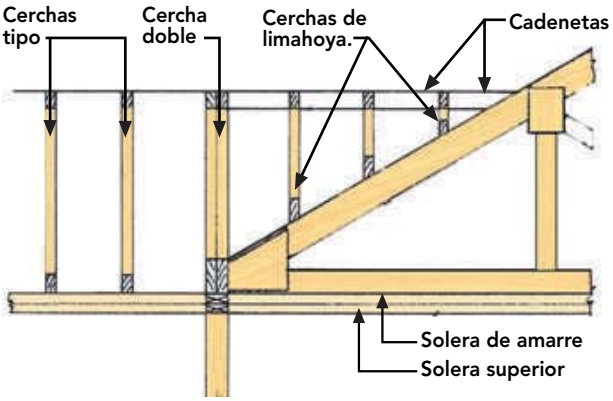


Figura 11-36: Elevación que muestra cadenetas entre cerchas.

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 cubicaciones, 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 cubicación 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.

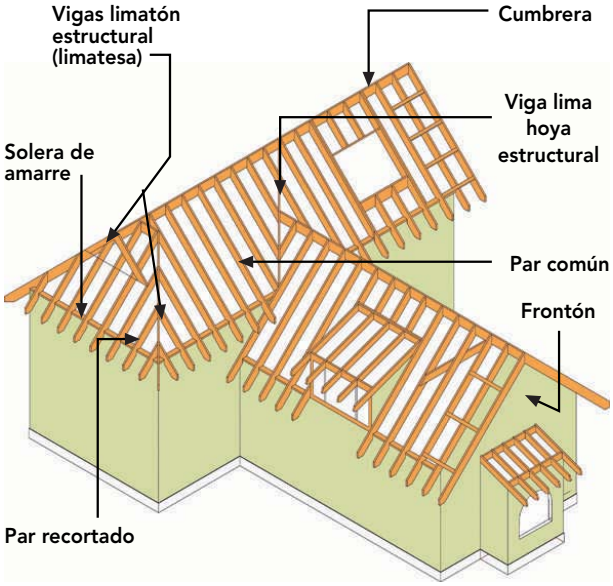


Figura 11-37: Vista en perspectiva que muestra la ubicación de los elementos definidos.

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 solicitación.

Cuando esta estructura es solicitada 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 solicitación llamados cuerdas, actuarán como alas de la viga compuesta. Los elementos paralelos a las solicitaciones reciben el nombre de montantes.

En función de lo anterior, las solicitaciones 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.

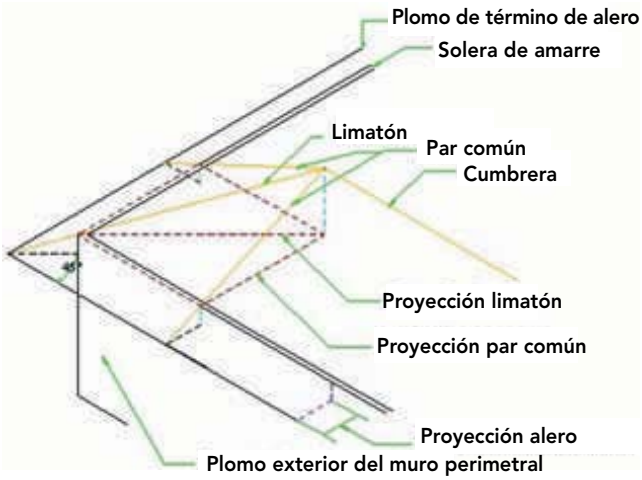


Figura 11-38: Figura que muestra las proyecciones de los ele-mentos involucrados en la enmaderación de la techumbre.

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

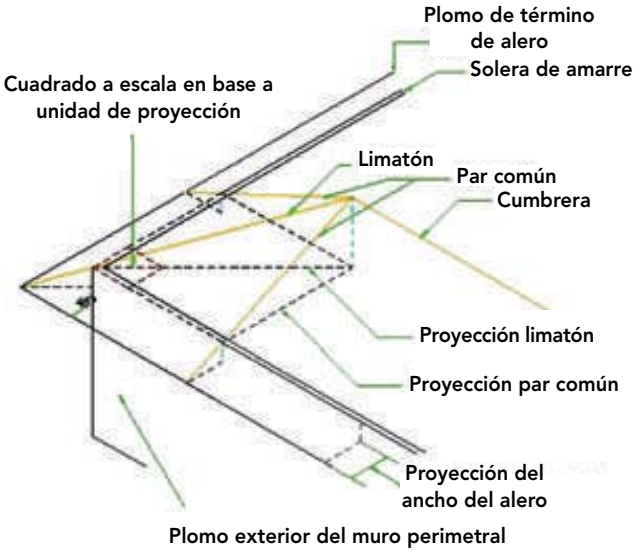


Figura 11-39: En rojo se destaca el cuadrado, proporcional a las proyecciones del limatón y par común anteriormente descrito, que será la unidad de proyección a utilizar. Nótese que se empieza a medir desde el borde exterior del tabique.

Por unidad de proyección para el limatón se entiende 15 cm (≈10*√2), hipotenusa del cuadrado que se forma con un triángulo rectángulo isósceles de lado 10 cm, unidad de proyección de un par común. Se da un valor de 10 cm en función del sistema decimal que utilizamos, como una forma de simplificar los cálculos y 10*√2 = 14,14 que se aproxima a 15 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.

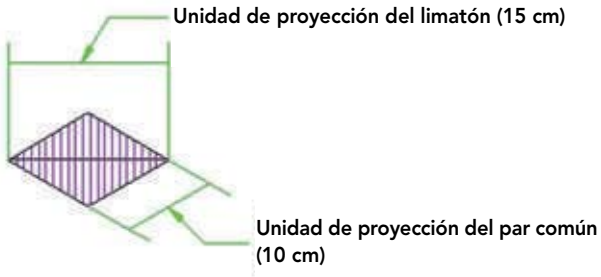


Figura 11-40: Detalle de la unidad de proyección (cuadrado), del cual se deducen la unidad de proyección del limatón y par común respectivamente.

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.

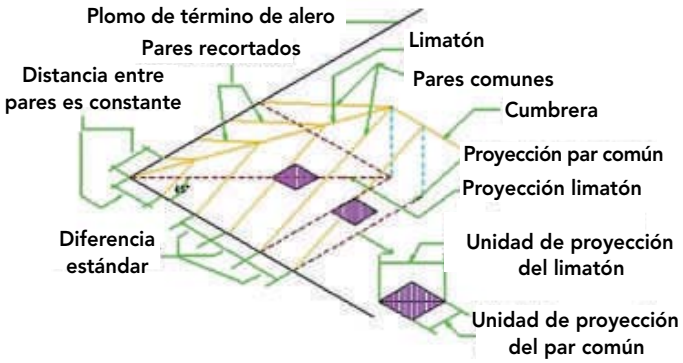


Figura 11-41: Figura que muestra ubicación y relación entre los elementos que se quiere determinar su largo y cortes.

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.

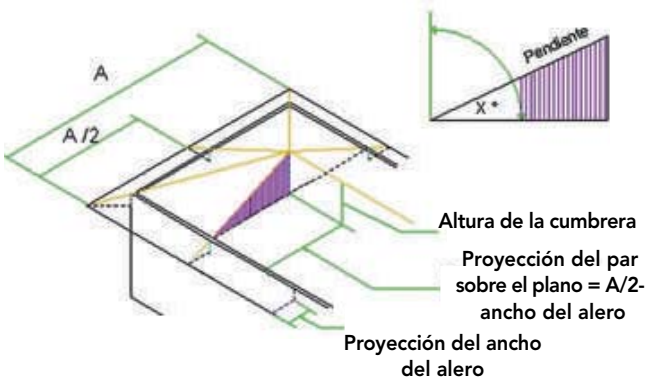


Figura 11-42: Determinar distancias requeridas para formar triángulos.

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.

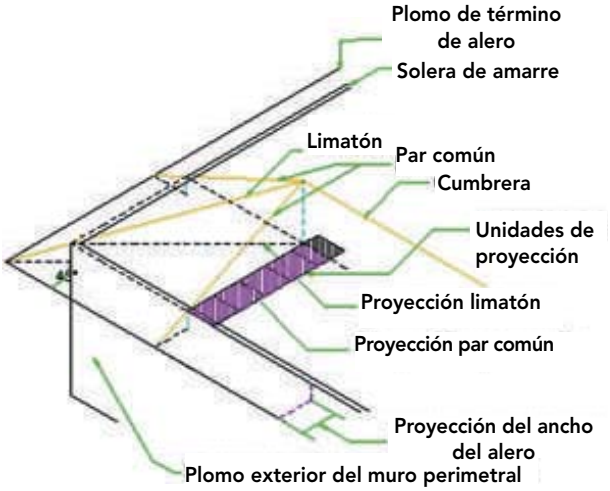


Figura 11-43: Se determina el número de veces que es contenida la unidad de proyección en el par común.

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.

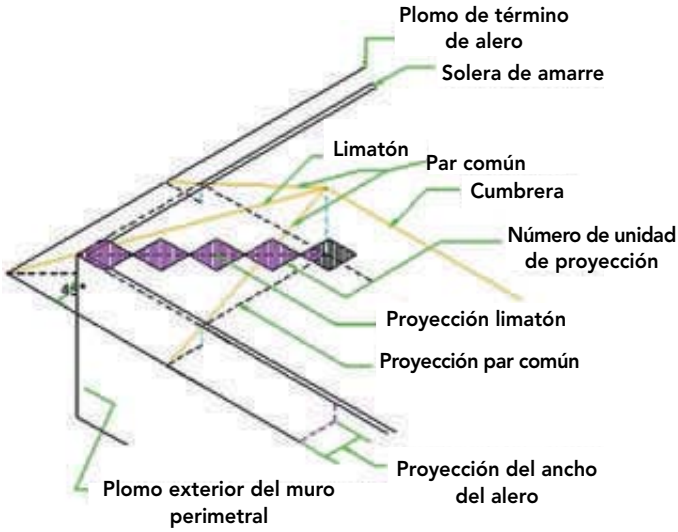


Figura 11-44: Se determina el número de veces que es contenida la unidad de proyección en el limatón.

Se generan dos triángulos (triangulo amarillo y triangulo 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).

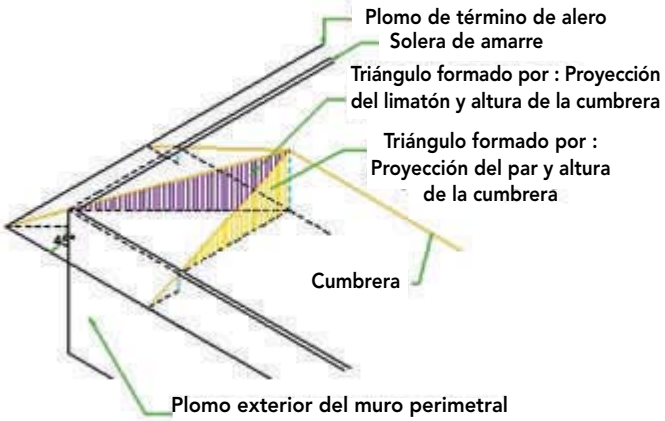


Figura 11-45: Triángulos imaginarios para determinar los largos del limatón y par común.

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

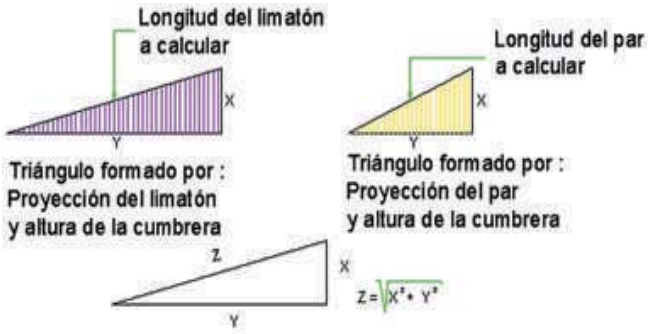


Figura 11-46: Determinación de los largos requeridos mediante aplicación del teorema de Pitágoras.

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.

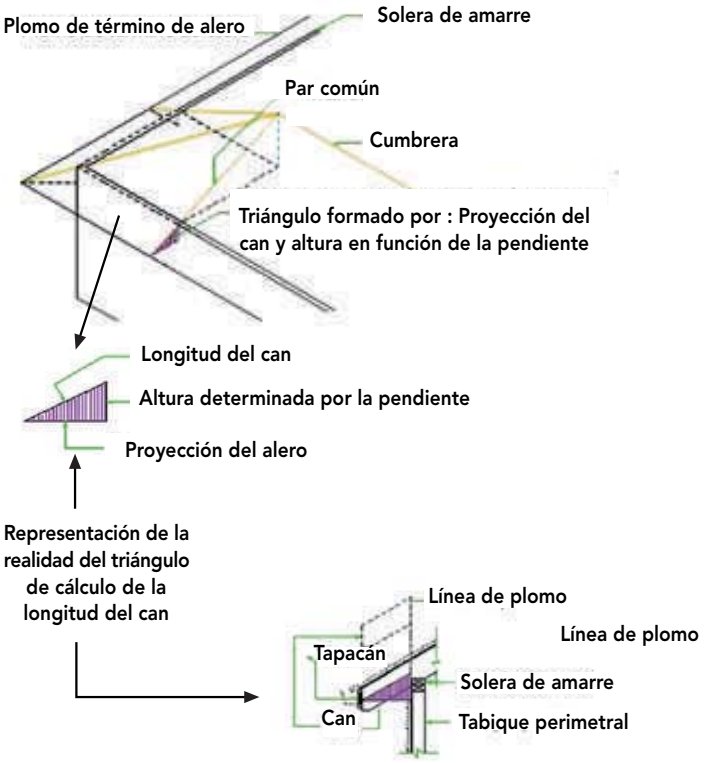


Figura 11-47: Para determinar el largo del can se puede generar un triángulo imaginario a partir de los datos en los planos.

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.

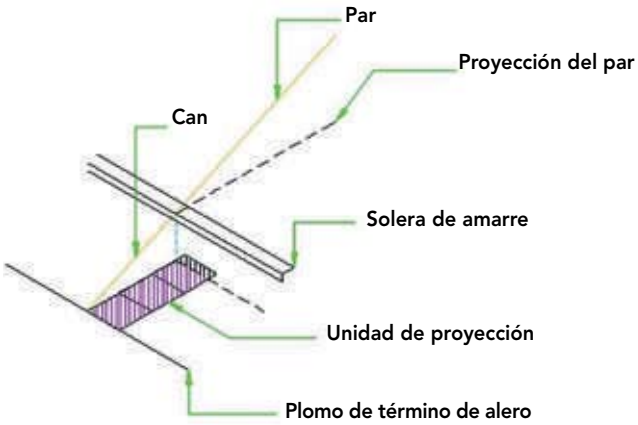


Figura 11-48: Al igual como se determinó el largo del par común, se puede determinar el largo del can basados en la unidad de proyección.

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 triangulo, 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).

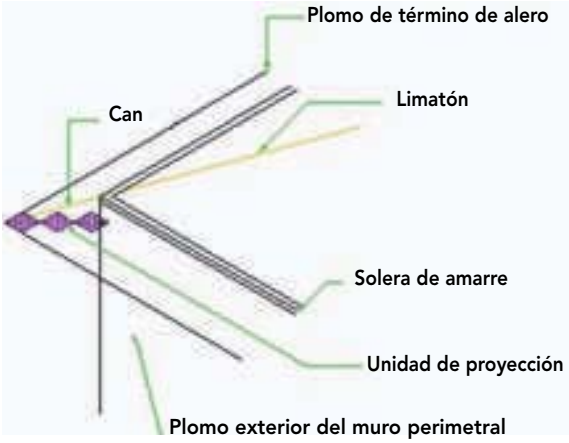


Figura 11-49: Al igual como se determinó el largo del limatón, se puede determinar el largo del can en la esquina.

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".

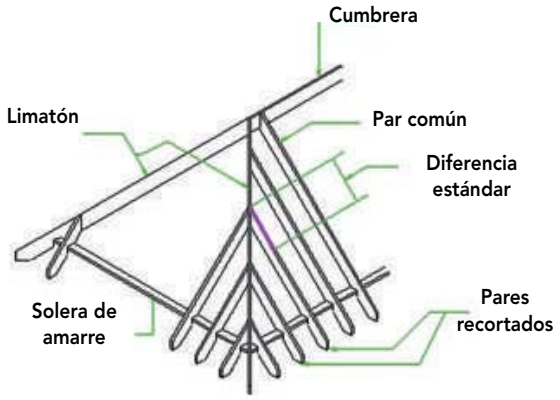


Figura 11-50: Se destaca una longitud llamada "diferencia estándar" para determinar largo de los pares recortados.

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.

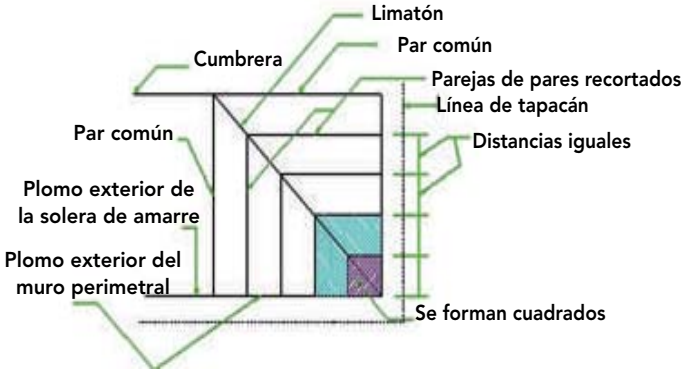


Figura 11-51: Vista en planta de los cuadrados proporcionales generados por las proyecciones de los pares comunes y pares recortados formados en la esquina, siendo los lados del cuadrado mayor, los dos pares comunes que se aprecian en la vista.

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.

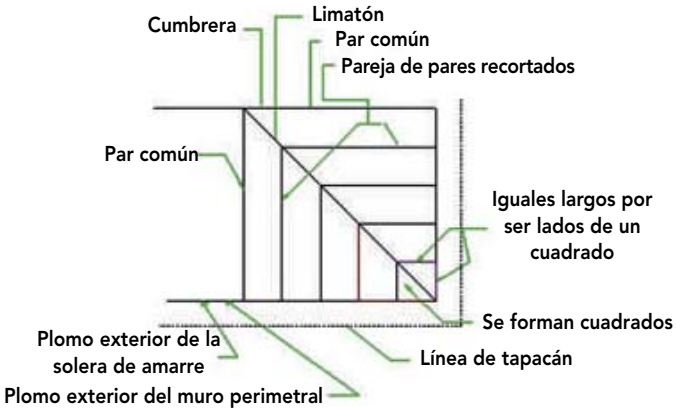


Figura 11-52: Vista en planta de las proyecciones de los elementos que conforman los cuadrados, destacándose los largos de los cuadrados que se forman.

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.

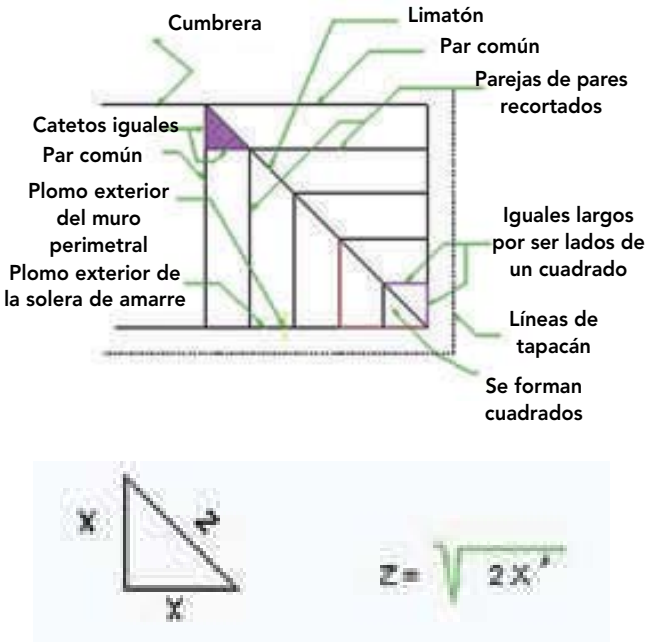


Figura 11-53: Distancia entre pares recortados, medida por el limatón.

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 triangulo, que tendrá como incógnita la hipotenusa, equivalente a la diferencia estándar, pudiendo determinar la longitud del par.

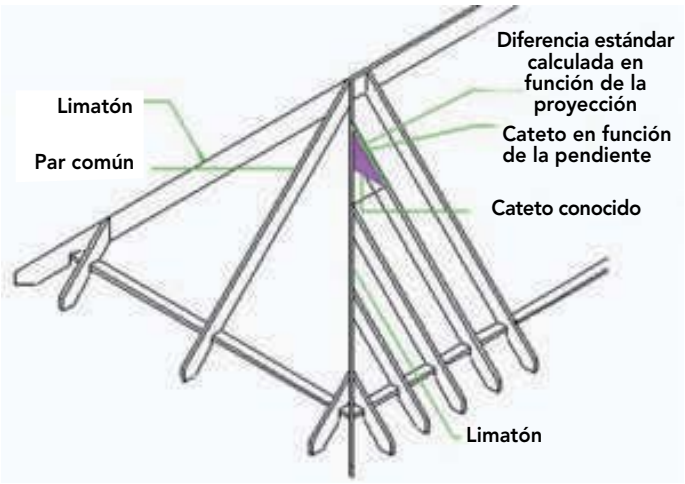


Figura 11-54: Deducción del cálculo de la diferencia estándar, en base a la distancia entre pares y la pendiente de la techumbre.

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

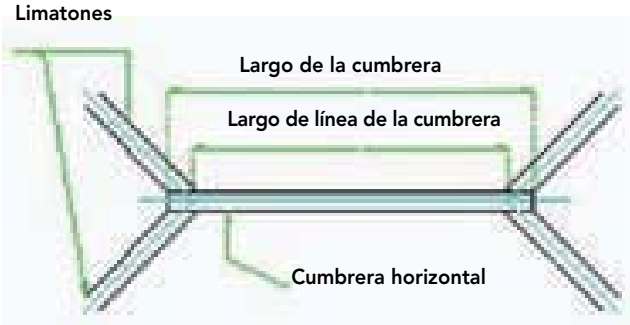
En la materialización de la techumbre se deberá contar, además de la información obtenida en la determinación de la longitud de los elementos, con la información necesaria para realizar los cortes en las piezas antes de ser montados.

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.

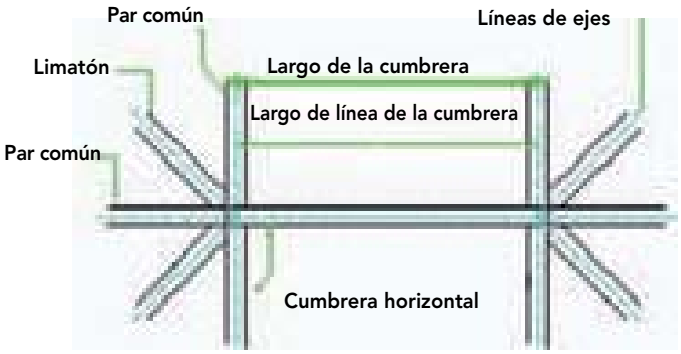
11.5.3.3.1. Trazado de la línea de corte en el limatón para el encuentro con la cumbrera

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.



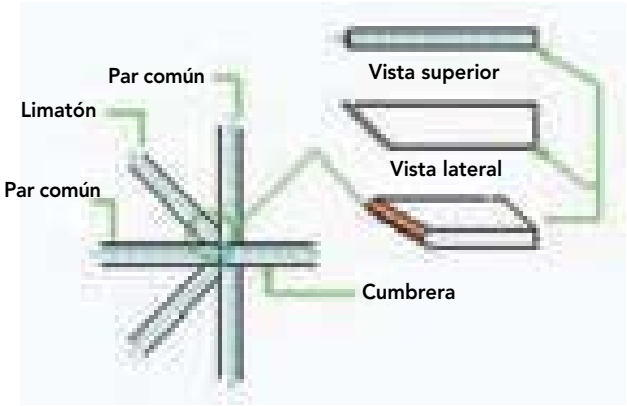
A) Encuentro simple del limatón con la cumbrera, requiere de un corte de doble ángulo simple.



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

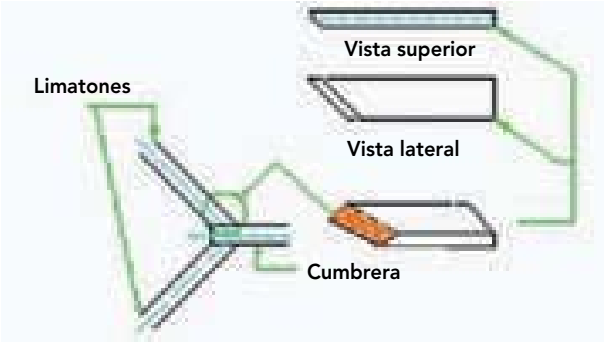
Figura 11-55: En función del número de elementos que llegan al encuentro, éste será caracterizado como simple (A) o compuesto (B).

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 dev 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.

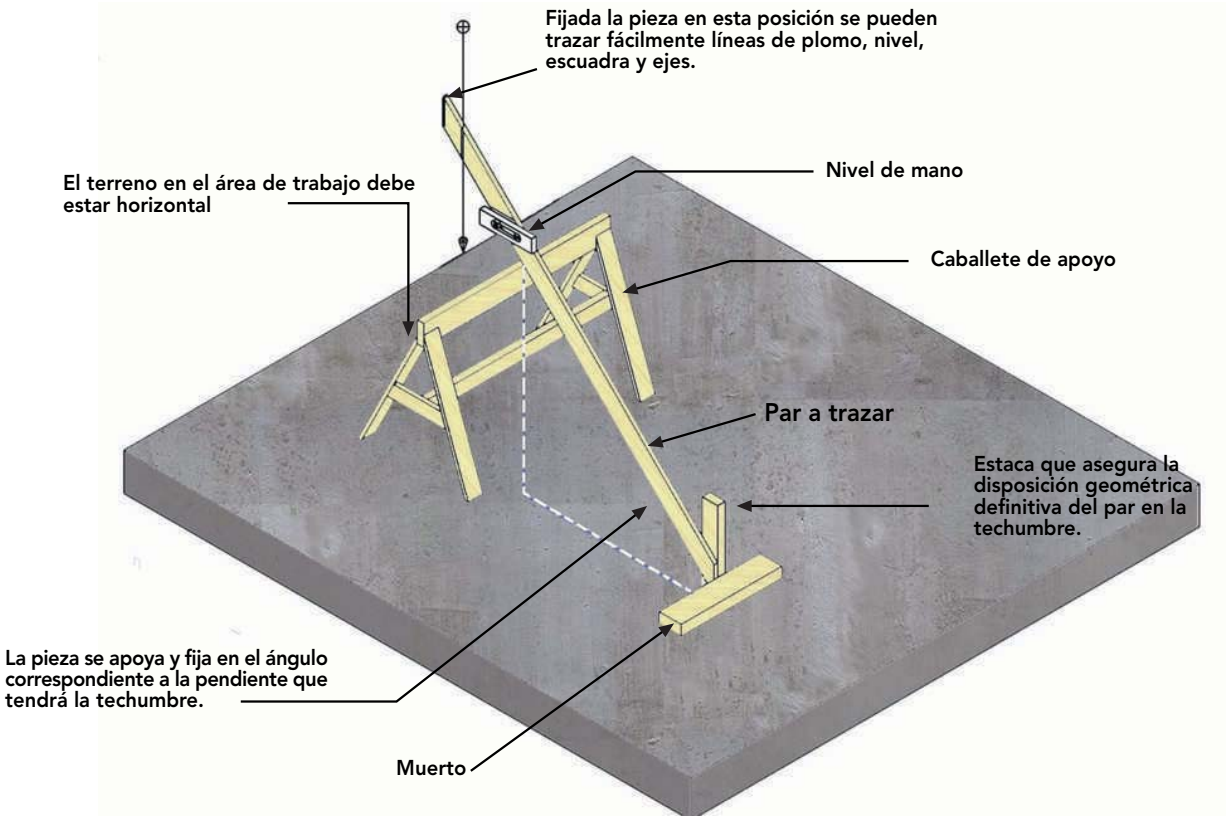


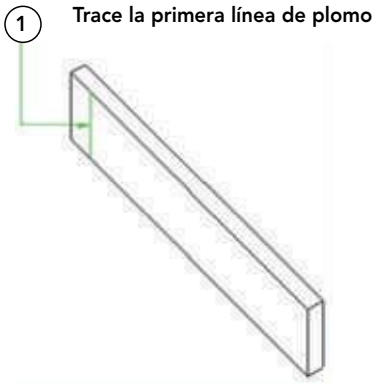
Figura 11 -57: Ejemplo de un lugar de trabajo con las condiciones mínimas para obtener cortes adecuados en los elementos. Se debe simular la pendiente que tendrá el elemento en al techumbre, modificando laaltura del caballete y la distancia a que debe ir el muerto para realizar los cortes de manera exacta.

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

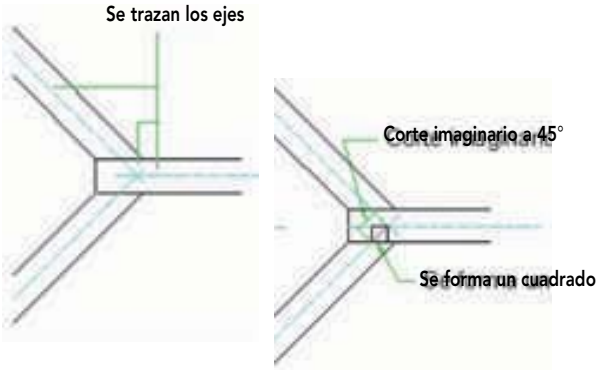
Las líneas rojas que aparecen en las figuras identifican las líneas de corte.

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.

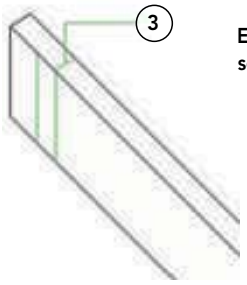


Se debe determinar la distancia que corresponde a la mitad del largo de un corte imaginario en 45° sobre la cumbrera.

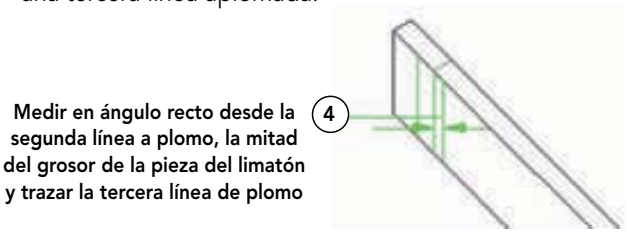


Se debe medir en ángulo recto a la primera línea a plomo, la distancia determinada y trazar una segunda línea a plomo.

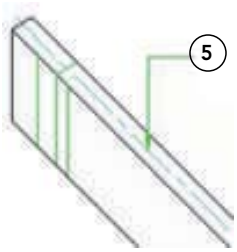
Se traza una línea a escuadra sobre el limatón partiendo de la segunda línea aplomada.



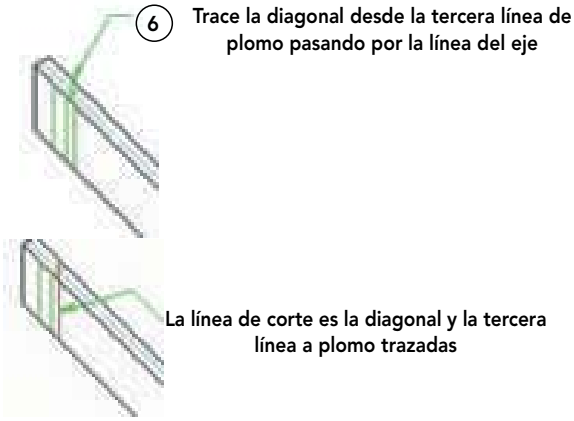
Se mide en ángulo recto a la segunda línea aplomada la mitad del espesor de la pieza que será limatón y se traza una tercera línea aplomada.



Sobre la cara superior del limatón se marca el eje.



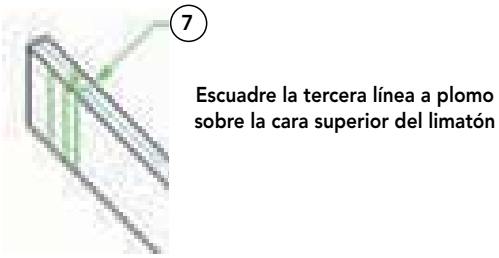
Desde el extremo superior de esta tercera línea aplomada, se traza otra línea que pase por la intersección entre el eje de la pieza y la línea a escuadra anteriormente trazada.



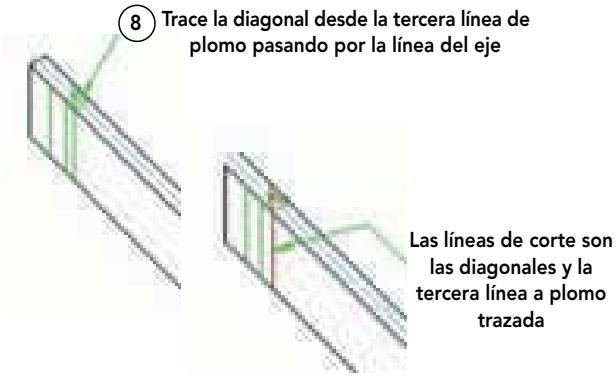
ii) Trazado de las líneas de corte para encuentro de limatón con cumbrera y par

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.



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.



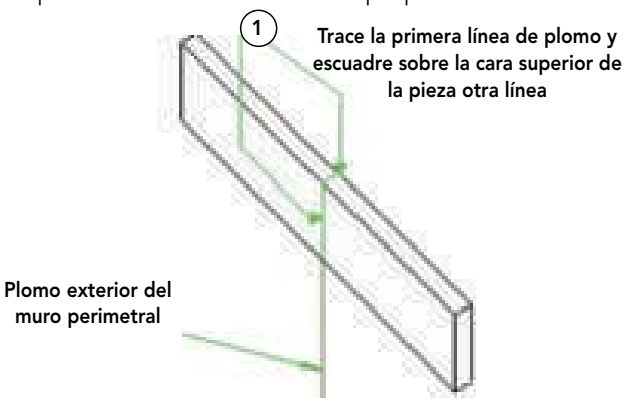
11.5.3.3.2. Trazado de línea de corte en el par común, para el encuentro con la cumbrera.

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.

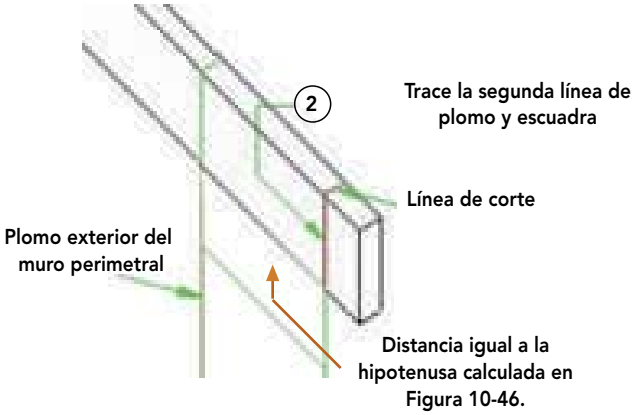
11.5.3.3.3. Trazado de las líneas de corte de los elementos en voladizo

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:

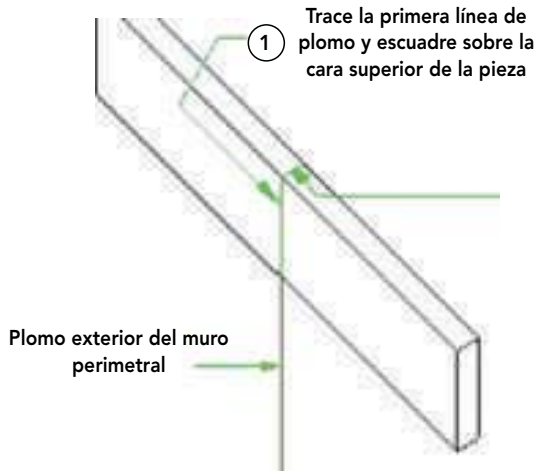
i) Trazado de líneas de corte en los pares
Se traza una línea sobre el lado más ancho del par a plomo con el exterior del tabique perimetral.



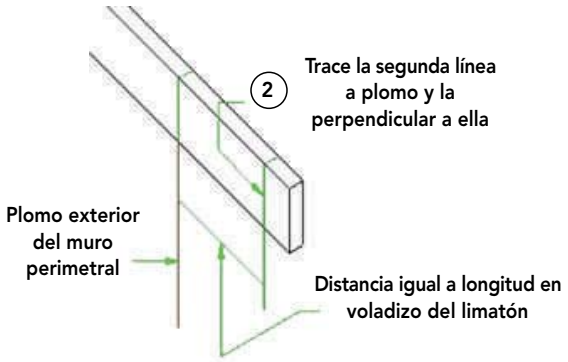
Desde esa marca se debe medir sobre el par la distancia previamente calculada (hipotenusa de la zona del par que está en voladizo, Figura 11-48), y trazar a plomo la línea de corte en el extremo del par.



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.

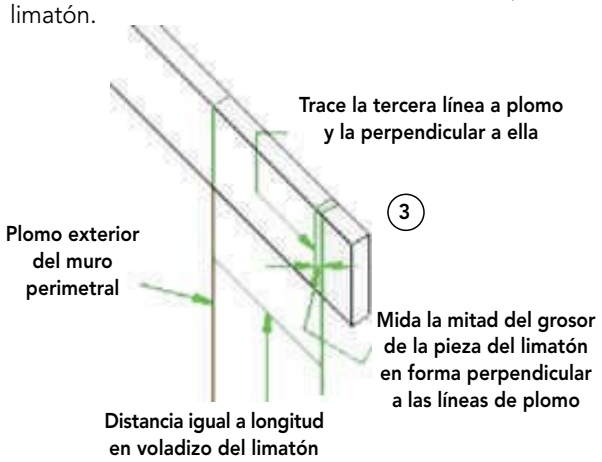


Desde esta línea a escuadra, se mide sobre la cara superior la distancia previamente calculada que corresponde al largo de la hipotenusa de la zona del limatón en voladizo (Figura 11-48). En ese extremo se trazan dos líneas, una a plomo que será la línea de corte temporal y otra perpendicular a esta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

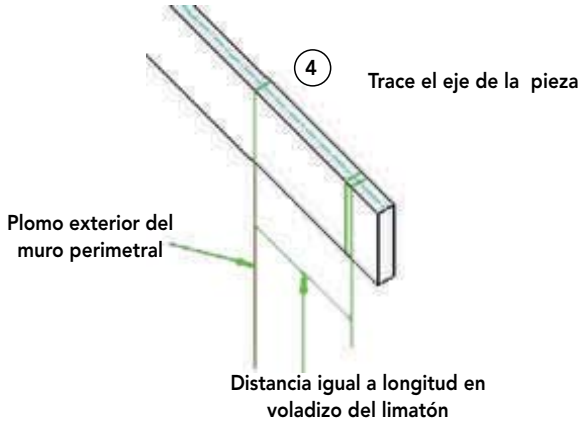


Como el corte del extremo inferior del limatón es un corte de doble ángulo compuesto, se deben trazar dos líneas de corte.

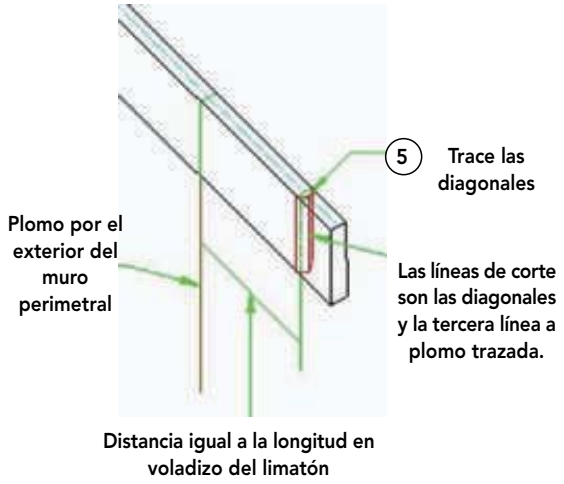
Se mide sobre la cara lateral en dirección hacia el tabique perimetral, una distancia igual a la mitad del espesor del limatón y se traza una línea a plomo sobre esa cara y otra línea a escuadra con ésta sobre la cara superior del limatón.



Se traza el eje del limatón sobre la cara superior.

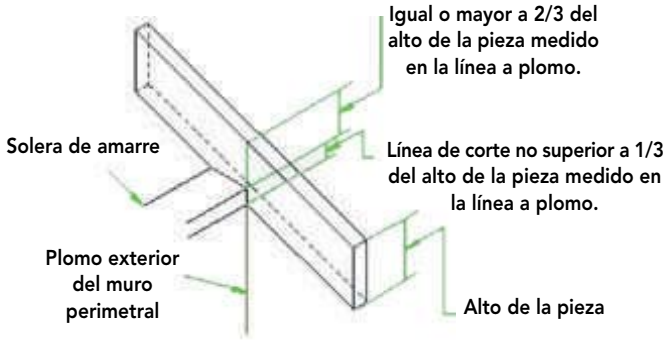


Se trazan las diagonales que se observan en la figura, que serán las líneas de corte.

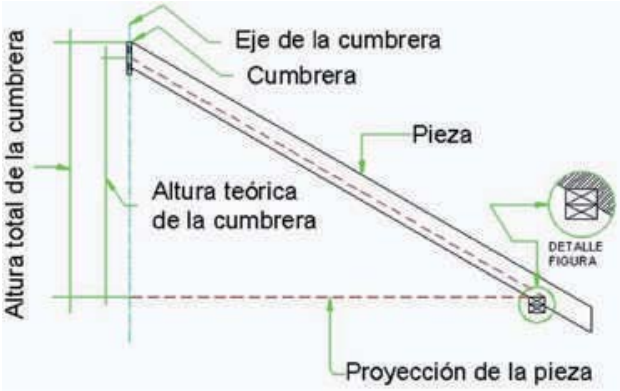


11.5.3.3.4. Trazado de las líneas de corte para apoyarse sobre la solera de amarre

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.

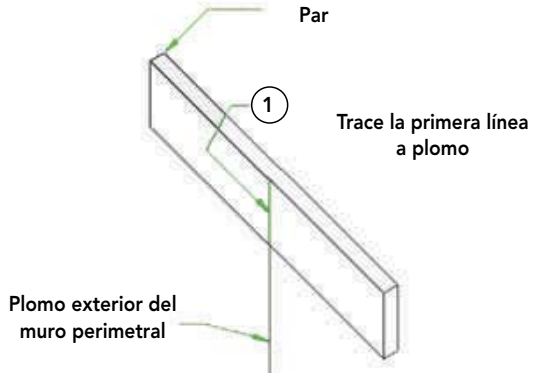


Estos cortes deberán permitir que se mantenga la pendiente de la techumbre y que el vértice superior interior de la solera de amarre coincida con la cara inferior del par.

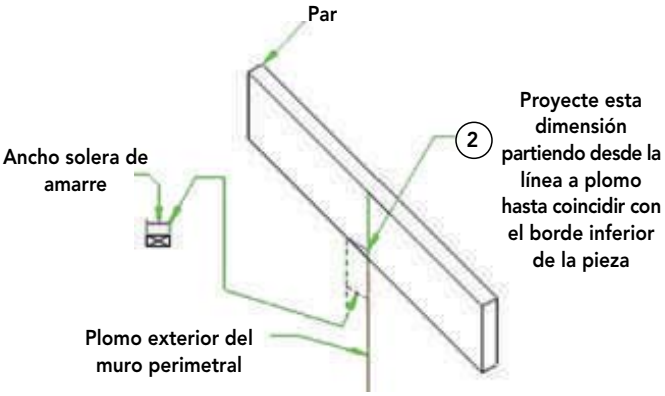


i) Trazado de las líneas de corte del par para apoyarse sobre la solera de amarre

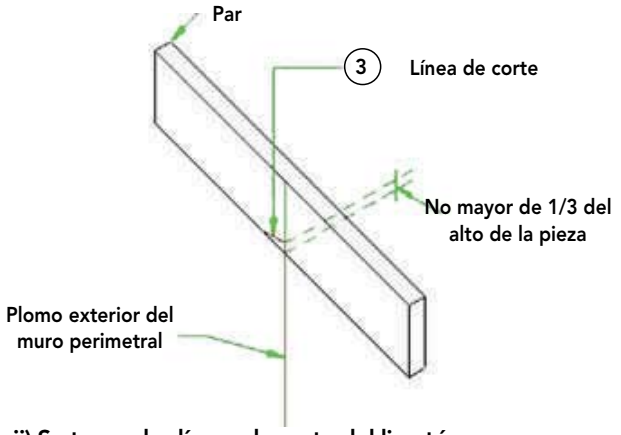
Como ya se sabe la longitud del par y del can en su posición definitiva, se puede trazar una línea a plomo donde empieza el can, la que coincidirá con el lado exterior del muro perimetral.



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.

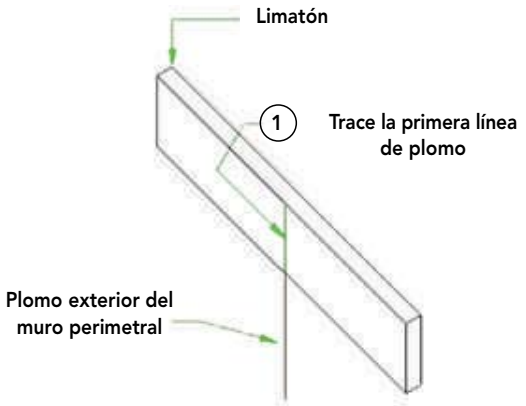


Corroborando que la altura de los pares remanentes sea mayor o igual a dos tercios de la altura de la pieza, se pueden establecer como definitivas las líneas de corte.

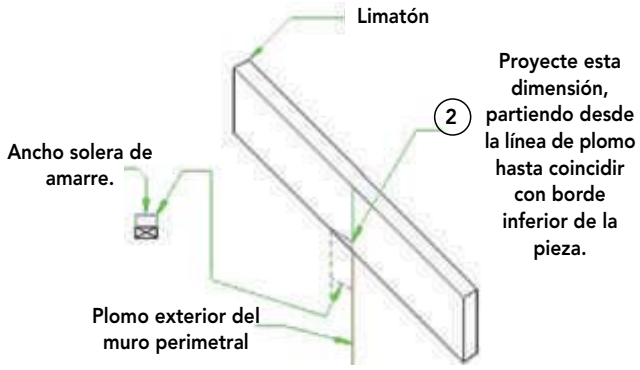


ii) Se trazan las líneas de corte del limatón para apoyarse sobre la solera de amarre

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

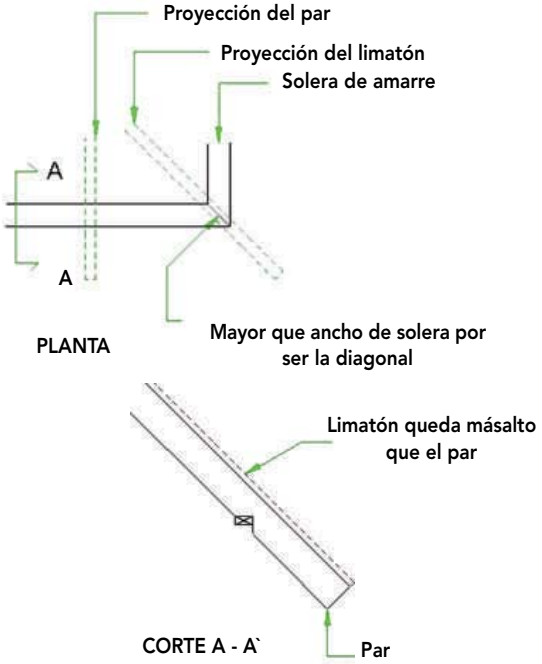


Sobre esta línea se mide la misma altura remanente del par común (mayor o igual a dos tercios de la altura del par en su posición definitiva), que quedó luego de trazar la línea de corte a nivel y se marca ese punto. Desde ese punto y perpendicular a la línea a plomo, se traza una línea hasta el vértice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



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

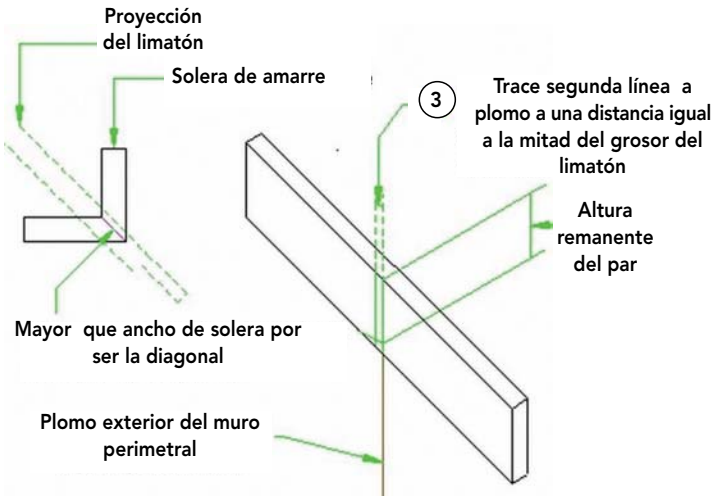
Como el limatón se ubica en la intersección de dos aguas, en el extremo de la techumbre sobre el encuentro de dos muros, la esquina superior del limatón que sobresale del muro se proyecta por sobre el plano de la techumbre.

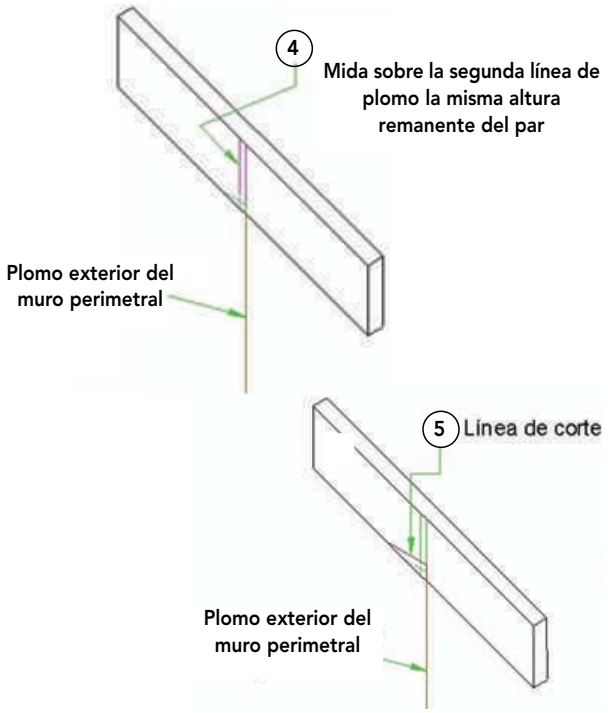


Por la razón anterior, la cara superior de la esquina exterior del limatón debe ser rebajada al mismo nivel que el resto de los elementos.

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

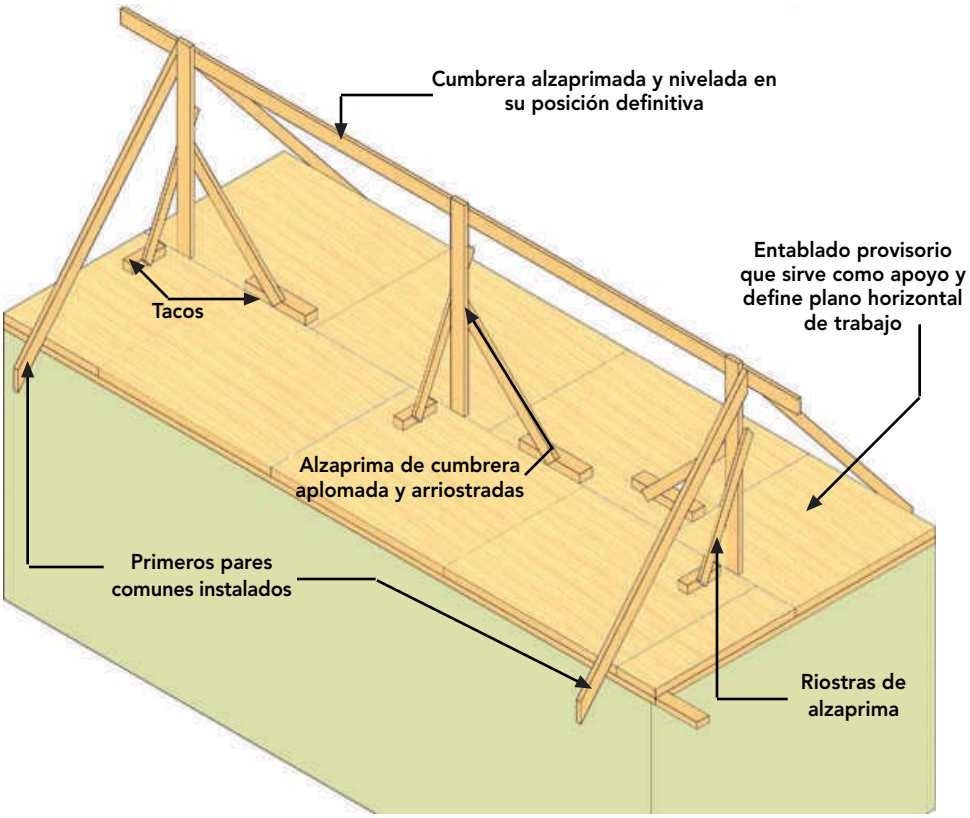
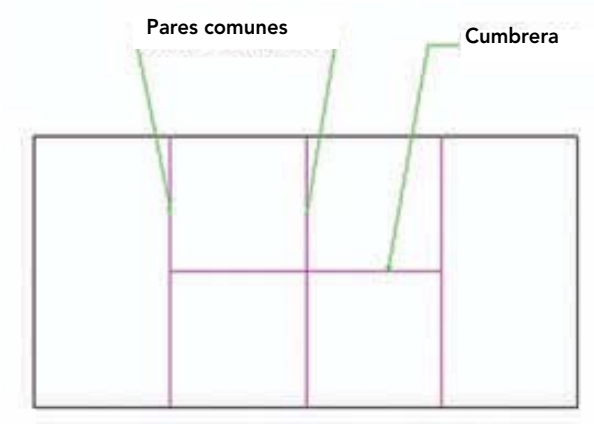
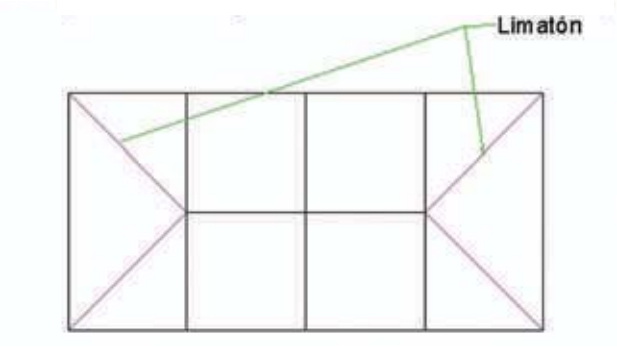


Figura 11-58 : Ejemplo de cómo iniciar el armado del tijeral en su posición definitiva. Se ven las alzaprimas temporales auxiliares para poder colocar en su ubicación definitiva la cumbrera que luego recibirá los pares, conformando la techumbre definitiva.

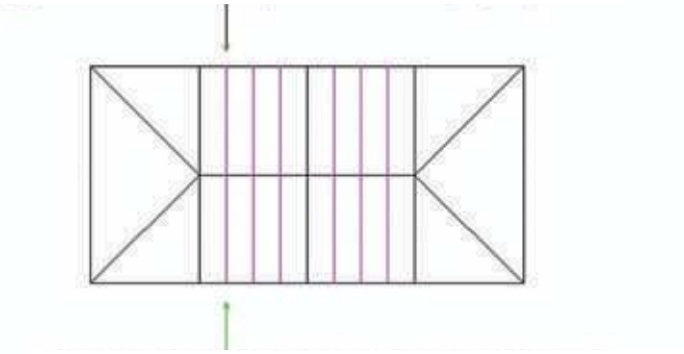
1 **Instale la cumbrera sólo con los pares comunes mínimos necesarios**



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

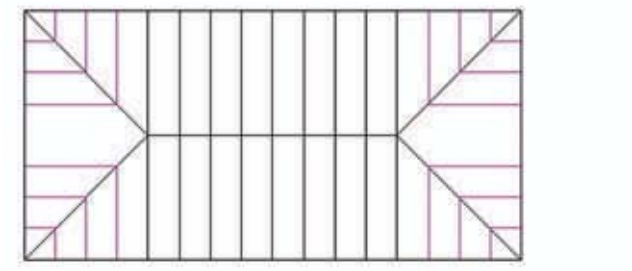


3 **Instale el resto de los pares comunes en parejas opuestas**

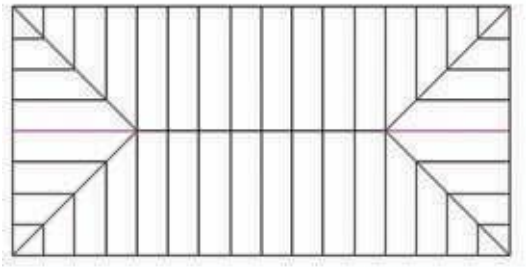


Controle visualmente la cara superior de la cumbrera para detectar posibles deformaciones a medida que avance el montaje

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 cadenetas que van entre los pares y sobre la solera de amarre o plataforma (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.

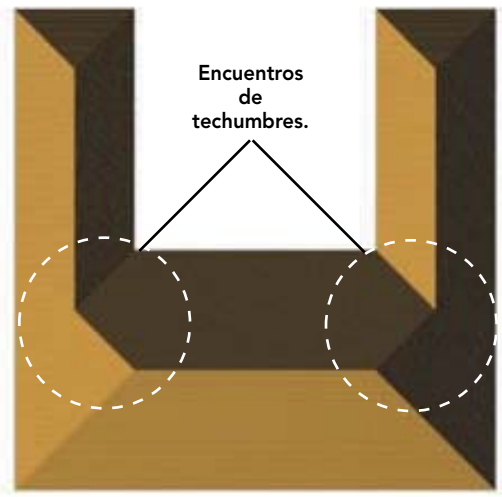


Figura 11-59: Vista en planta de una techumbre, donde se aprecian dos encuentros de techumbres.

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.).

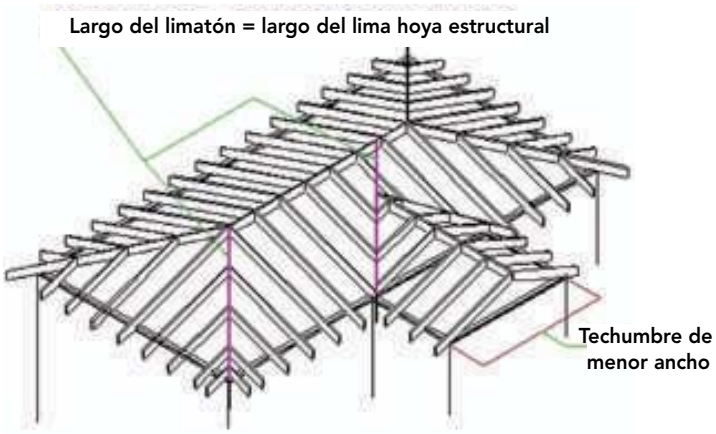


Figura 11-60: Se destacan el limatón y limahoya que tienen el mismo largo, como se observa en la figura.

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.

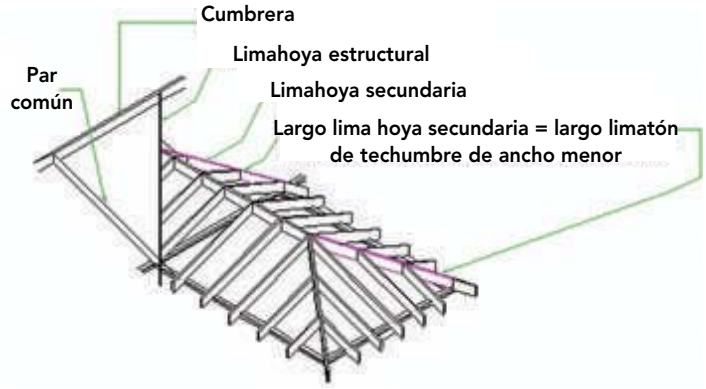


Figura 11-61: En la figura se muestra que para determinar el largo del limahoya secundario es suficiente saber la longitud del limatón de la techumbre de menor ancho.

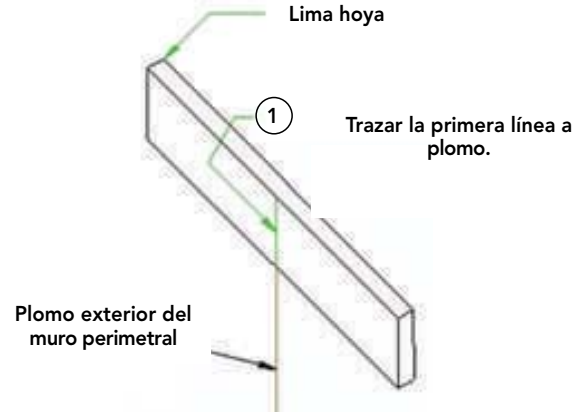
11.5.6.2 Trazado de las líneas de corte de elementos ubicados en el encuentro de techumbres

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

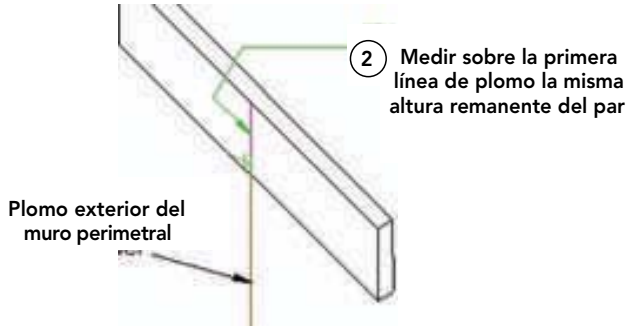
En el extremo del limahoya que va en contacto con la cumbrera, se debe trazar un corte de doble ángulo simple, para lo cual se sigue el mismo procedimiento realizado en el trazado de las líneas de corte en limatón, para el encuentro con la cumbrera (11.5.3.3.1.i).

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

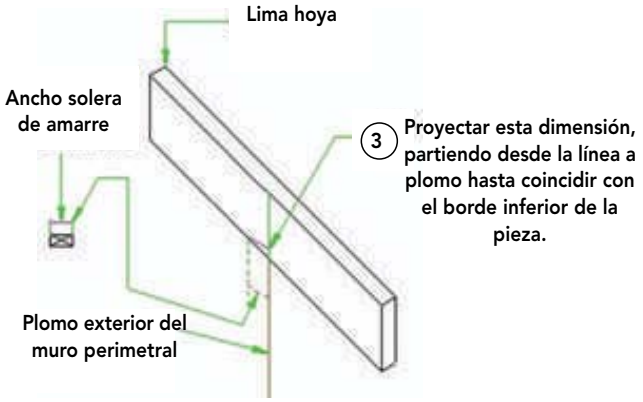
Trazar una línea a plomo donde empieza el can, por el lado exterior del muro perimetral.



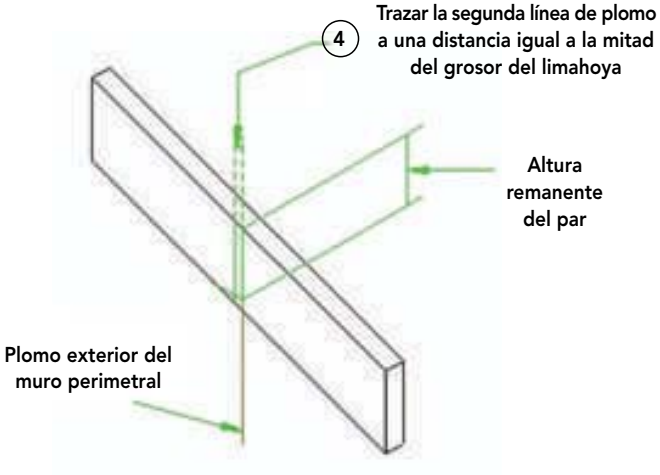
Sobre esta línea se mide la misma altura remanente del par común (mayor o igual a dos tercios de la altura del par en su posición definitiva), que quedó luego de trazar la línea de corte a nivel y se marca ese punto.



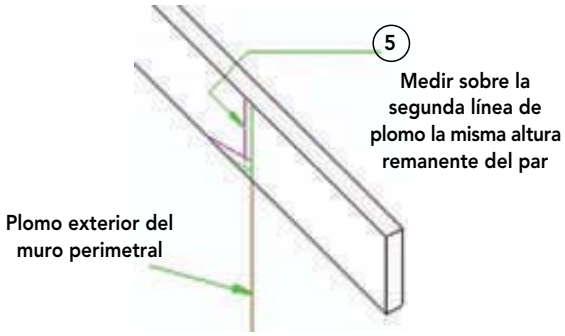
Desde ese punto y perpendicular a la línea a plomo, se traza una línea hasta el vértice del limatón.

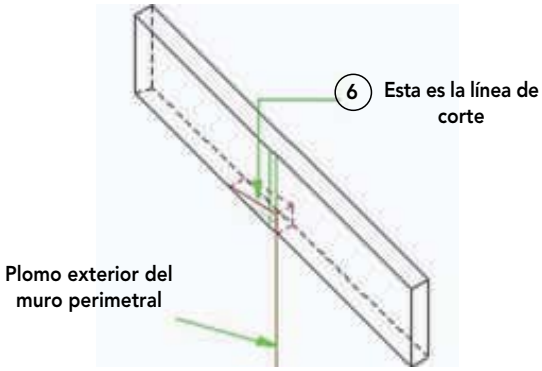


Desde la línea a plomo se mide en ángulo recto una distancia igual a la mitad del espesor del limahoya y se traza una segunda línea a plomo.



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.





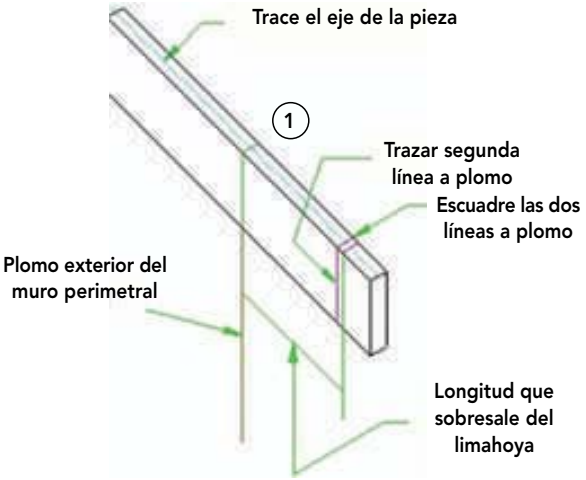
En el limahoya no ocurre el mismo problema que en la esquina del limatón, el cual queda en una sección más alta que el par común, pero hay que rebajar el sector entre la intersección del limahoya estructural con el limahoya secundario, hasta la cumbrera.

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

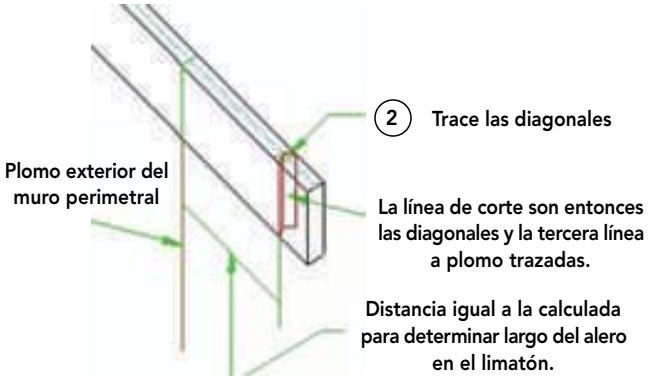
El corte de extremo en el limahoya es un corte de doble ángulo compuesto. Es similar al del limatón, pero sus ángulos son hacia adentro, en vez de hacia fuera.

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.

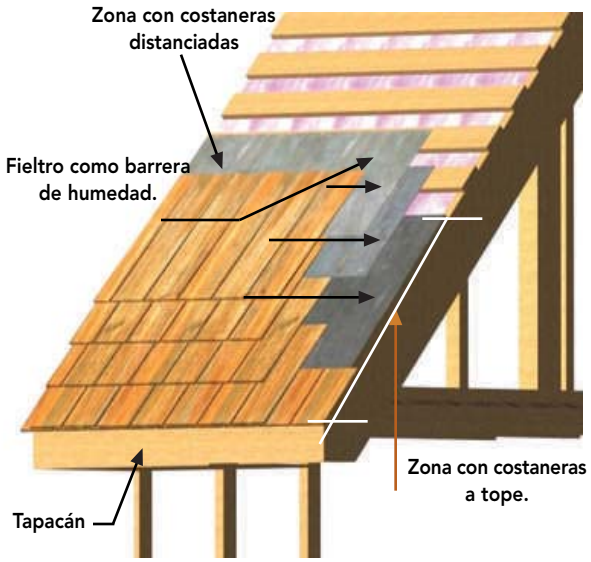


Figura 11-62: Arriostramiento de la techumbre con costaneras, las que además recibirán la solución de cubierta con tejuelas de madera.

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 cadenetas en los bordes longitudinales, quedando separados una de otra 3 a 4 mm.

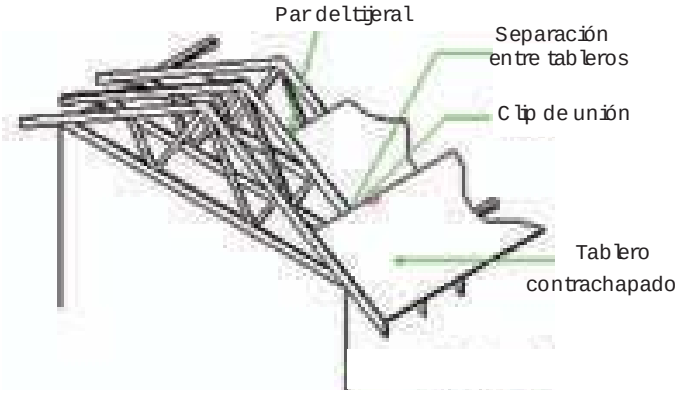


Figura 11-63: Los bordes extremos menores de los tableros deben apoyarse sobre los pares.

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

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

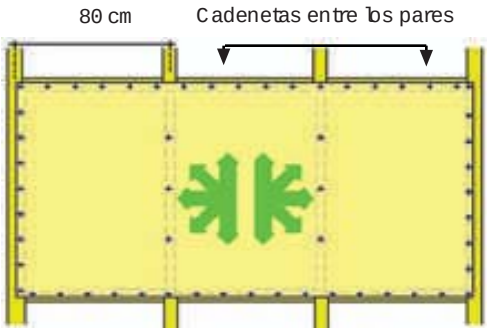


Figura 11-64 : Clavado de placa a los pares, de cerchas o diafragma inclinado, ubicados cada 80 cm y a cadenetas ubicadas en el perímetro de la placa.

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.

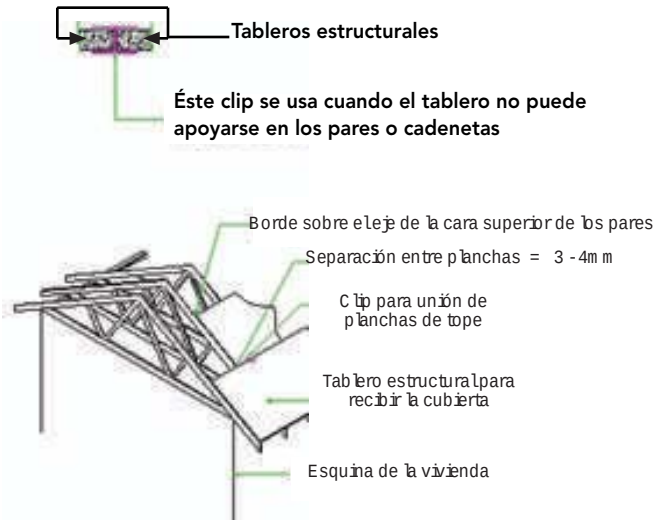


Figura 11-65: Vista en planta de la disposición de los tableros estructurales en la techumbre.

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.

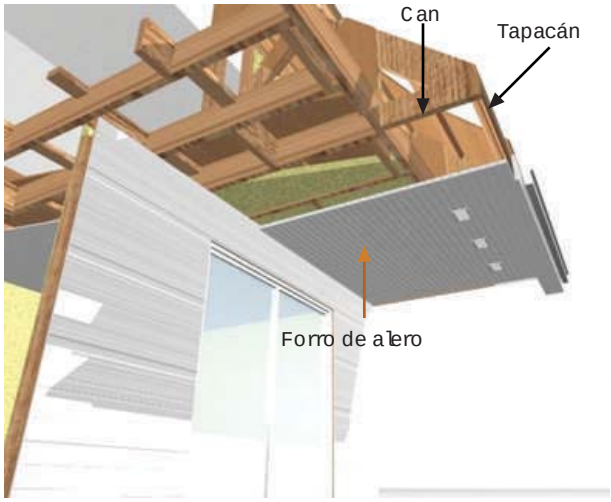


Figura 11-66: Vista de un alero recto, donde se muestran los elementos que lo componen.

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.

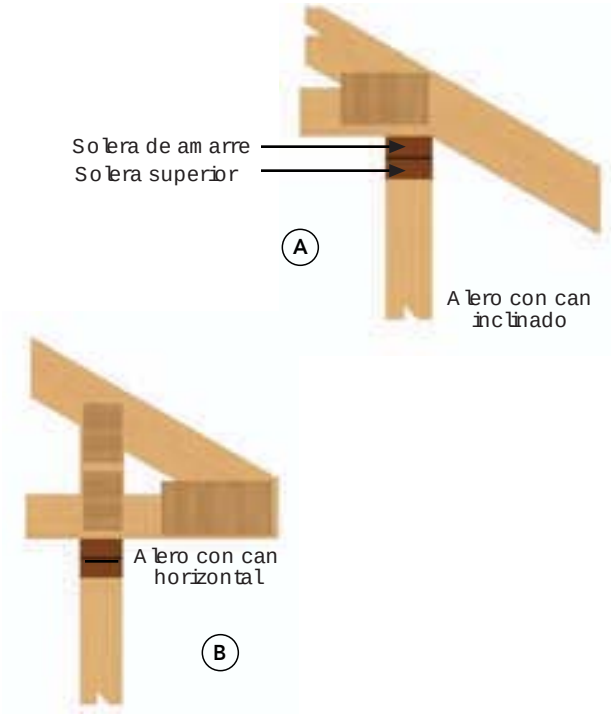


*Figura 11-67: **A**, Alero inclinado can conformado por alargamiento del par de la cercha. **B**, Alero horizontal can conformado por el cordón inferior de la cercha.*

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).

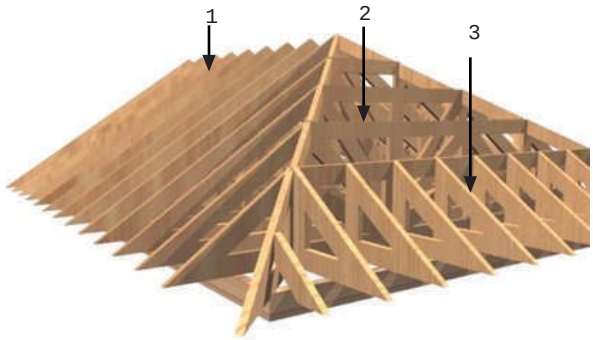


Figura 11-69: Se muestran los tipos de cerchas necesarios para materializar el faldón.

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.

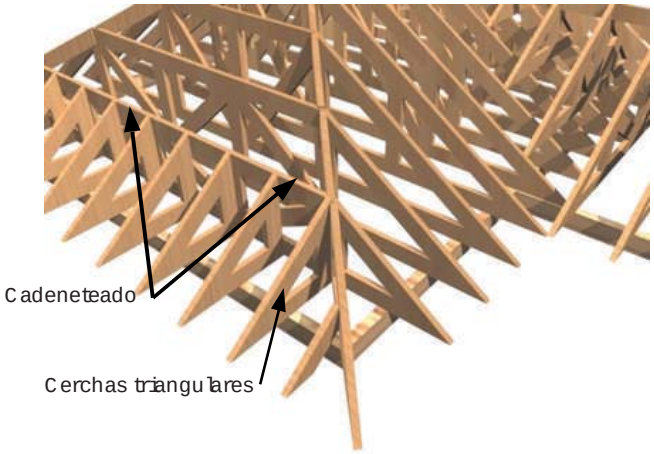


Figura 11-70: Cadenetas entre cerchas trapezoidales y cerchas triangulares, que además de ser el término del faldón generan el alero.

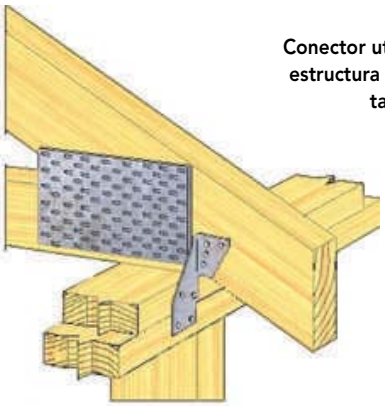
En el Anexo II se entrega un ejemplo de prefabricación de una estructura de techumbre en base a cerchas.

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

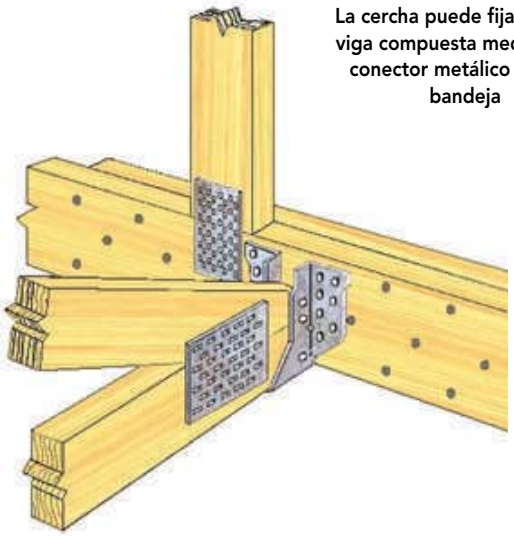
11.9. FIJACIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA TECHUMBRE A LOS ENTRAMADOS VERTICALES

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:

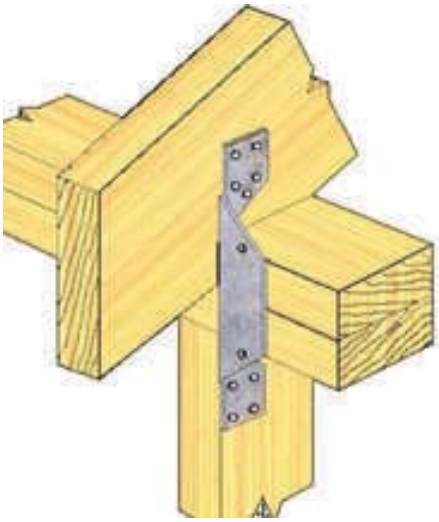
a) Mediante conectores metálicos

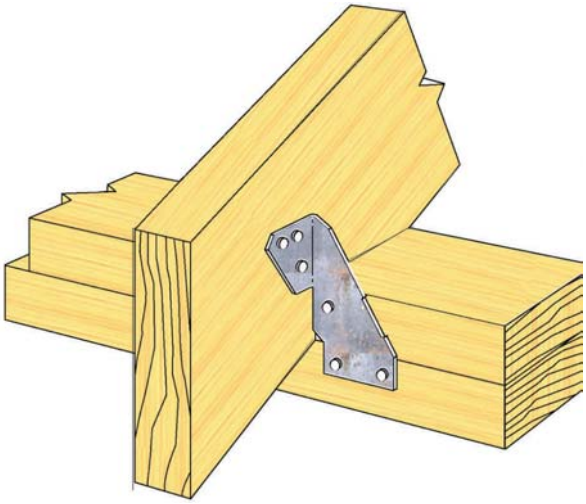


Conector utilizado para unir estructura de cerchas a los tabiques



La cercha puede fijarse a una viga compuesta mediante un conector metálico de tipo bandeja





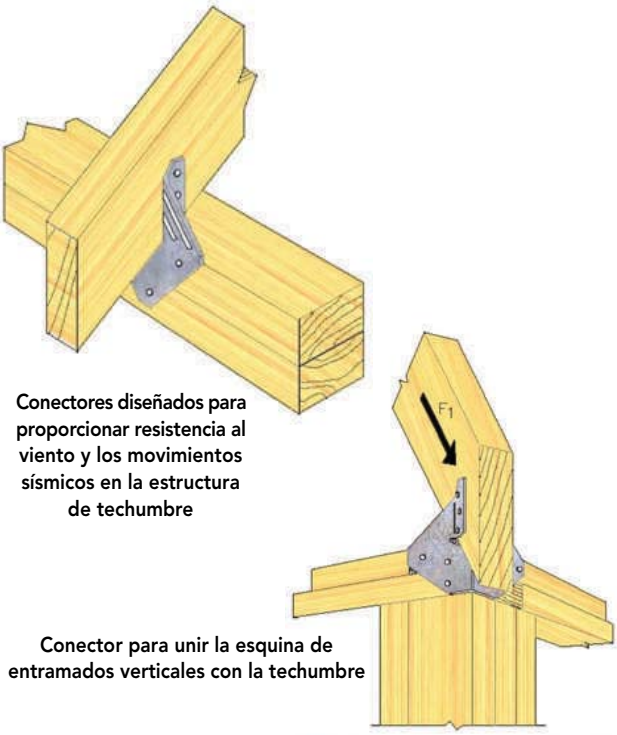


Figura 11-71: Soluciones de fijaciones con conectores metálicos.

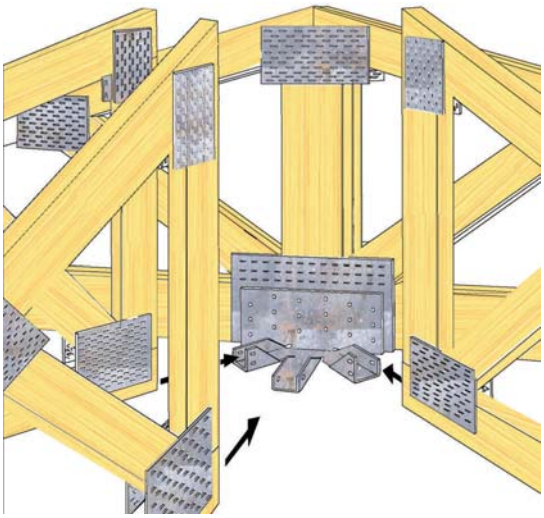


Figura 11-72: Soluciones de fijaciones múltiples. Varias cerchas concurren a un punto de apoyo, resuelto por medio de conectores metálicos especialmente diseñados para ello.

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:

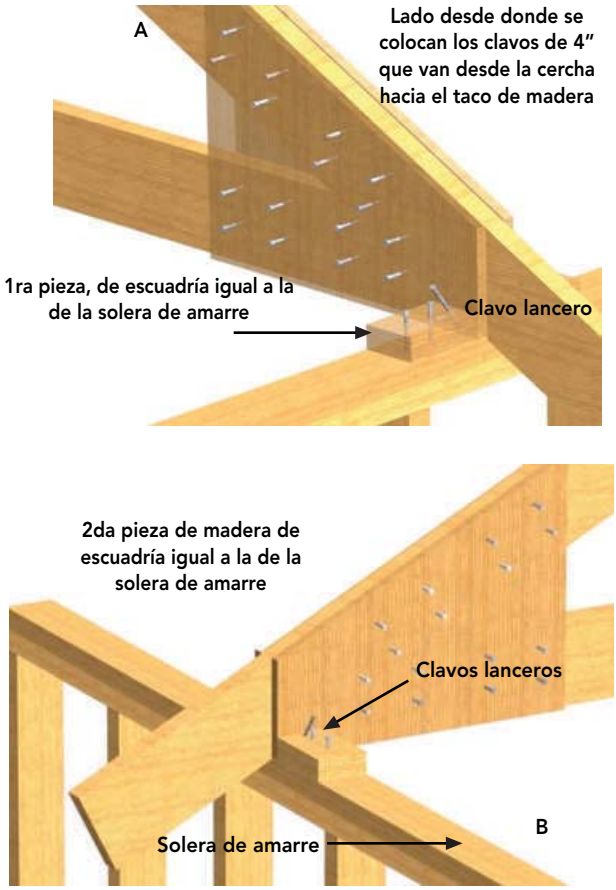


*Figura 11- 73: **A)** Una vez presentada la cercha en su ubicación definitiva (sobre la solera de amarre), se coloca por un lado de ésta una pieza de escuadría 2 x4" (igual escuadría de la solera de amarre), y largo 20 cm mínimo, fijándola a la solera de amarre con clavos de 4" mínimo. A continuación, 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.*

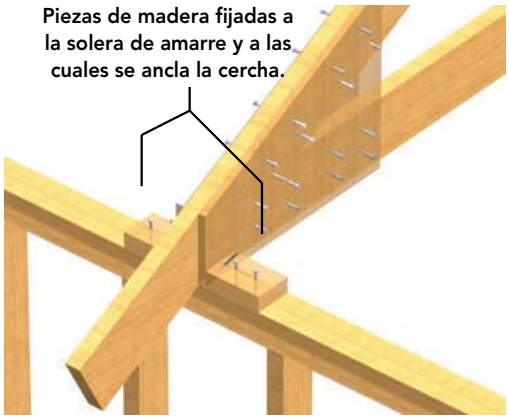


Figura 11- 74: Cercha fijada por ambos lados a la estructura del entramado vertical.

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:

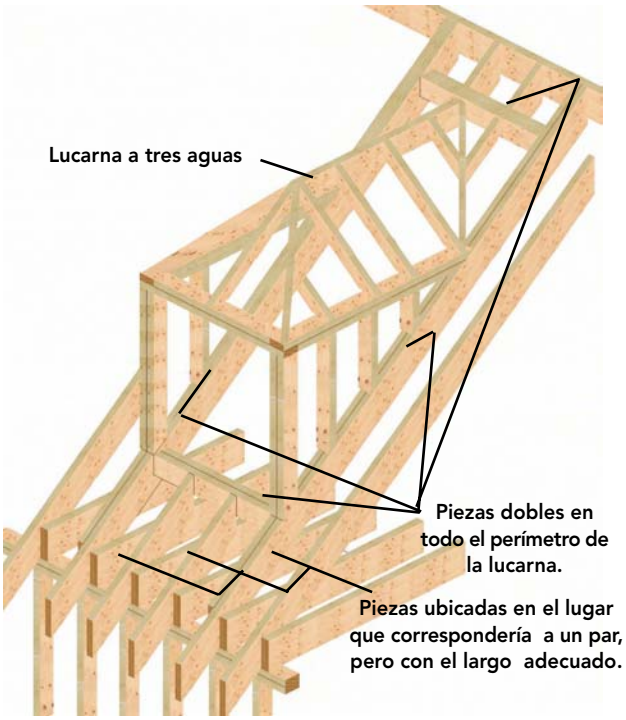


Figura 11- 75: Lucarna a tres aguas que interrumpe los elementos estructurales del diafragma inclinado y que requiere de refuerzos en el perímetro donde se recortaron las piezas de la estructura de techumbre.

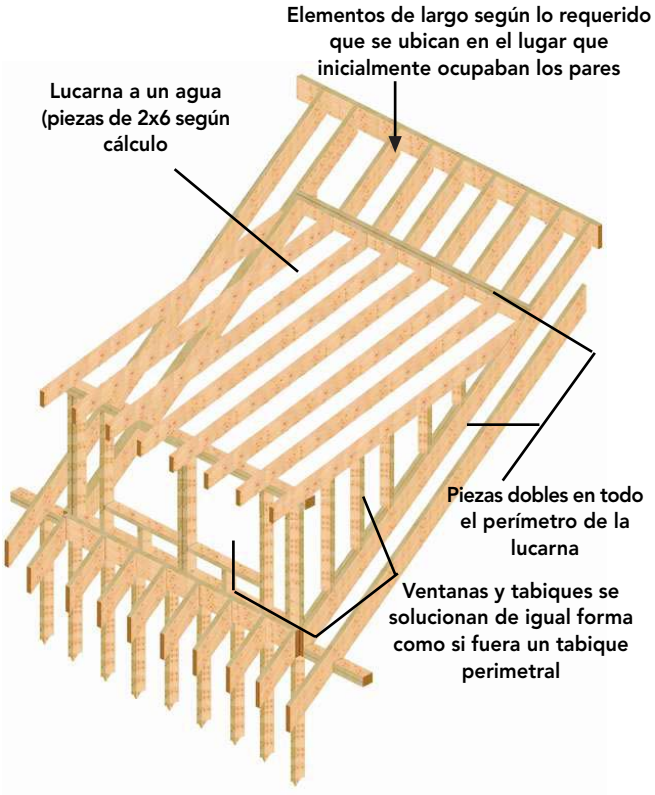


Figura 11- 76: Lucarna a un agua que interrumpe los elementos estructurales del diafragma inclinado y que requiere de refuerzos en el perímetro donde se recortaron las piezas de la estructura de techumbre.

A

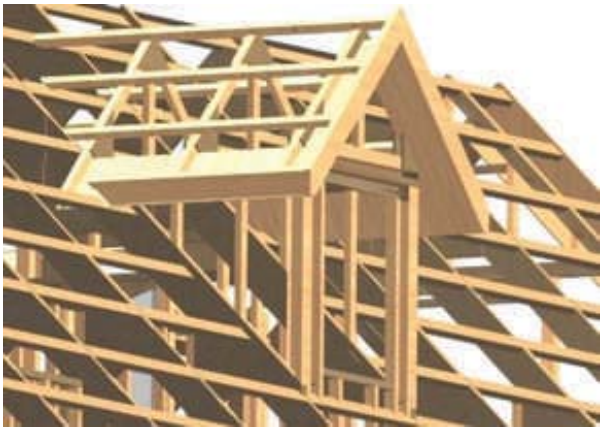


Figura 11-77 A: Vista en perspectiva de lucarna, proyectada entre dos cerchas continuas.

B

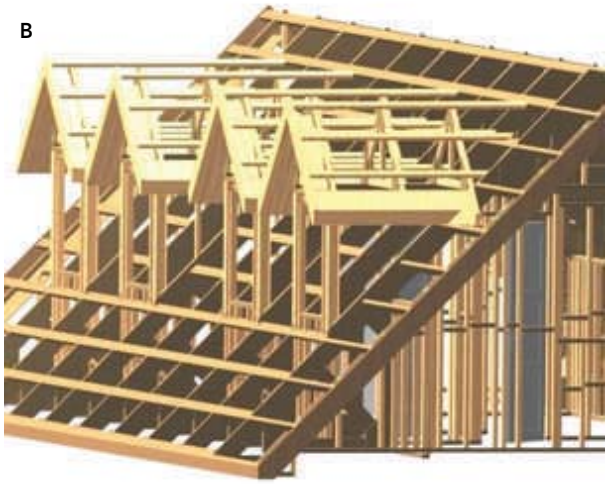


Figura 11- 77 B: Lucarnas a dos aguas, ubicadas entre cerchas, fijadas sobre los pares de las cerchas .

BIBLIOGRAFIA

- Ambroser, J; Parker, H, "Diseño Simplificado de Estructuras de Madera", 2° 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, 4° Edición, Editorial Indiana, 1977.
- Breyer, D; Fridley, K; Cobeen, K, "Design of wood structures" ASD, 4° 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.
- Carvallo, V; Pérez, V, "Manual de Construcción en Madera", 2° 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", 2° 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", 2° 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", 7° 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", 1° Edición, Editorial Blume, Barcelona, España, 1998.

- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° 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(Canadian Rockport Homes Ltd.).

- www.corma.cl (Corporación Chilena de la Madera).

- www.citw.org (Canadian Institute of Treated Wood).

- www.durable-wood.com (Wood Durability Web Site).

- www.douglashomes.com (Douglas Homes).

- www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.).

- www.fpl.fs.fed.us (Forest Products Laboratory U.S. Department of Agriculture Forest Service).

- www.lsuagcenter.com (Anatomía y física de la madera).

- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).

- www.lpchile.cl (Louisiana Pacific Ltda.).

- www.minvu.cl (Ministerio de Vivienda y Urbanismo).

- 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.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

CORMA

CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 12

ESCALERAS

Centro de Transferencia Tecnológica

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 12

Centro de Transferencia Tecnológica

UNIDAD 12

ESCALERAS

12.1 GENERALIDADES

La escalera de una vivienda, en general, es la estructura utilizada para comunicar sus distintos niveles (**Figura 12 - 1a, b**). Conformada principalmente por una serie de escalones dispuestos en un plano inclinado, diseñados y estructurados convenientemente para dicho fin.

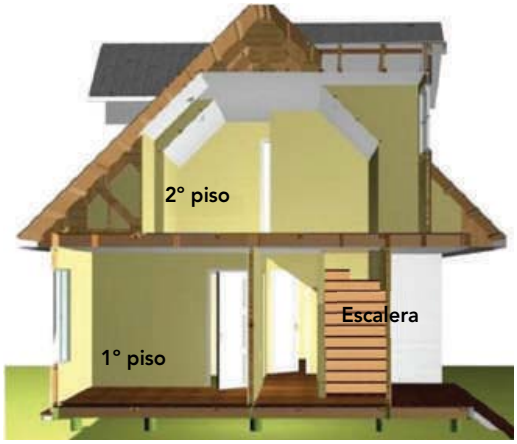


Figura 12 – 1a: Corte transversal de la vivienda tipo en que se observa la escalera que comunica ambos pisos de la misma.

En términos arquitectónicos, juega un rol importante en cuanto a su presentación, materialidad y estética. En algunos casos, su diseño es un referente importante de la decoración de la vivienda, condición que dependerá o será función de su valor comercial.

Figura 12 – 1b: Corte longitudinal de la vivienda tipo en que se observa el perfil de la escalera, establecido en el diseño arquitectónico y estructural de la vivienda.

Tanto la forma como sus dimensiones están relacionadas con la distribución espacial de la edificación. Como ejemplo, en el caso de la vivienda económica, el tamaño y ubicación de la escalera adquiere una importancia relevante para la distribución y optimización de los espacios.

En las **Figuras 12 - 2 a la 12-11** se presentan diferentes soluciones de escaleras para viviendas de dos pisos. La solución seleccionada dependerá fundamentalmente de la superficie disponible por diseño, y de las características espaciales del recinto en que se emplazará.

Por lo general, la escalera de una vivienda es proyectada en recintos de uso común, entre los que se puede mencionar:

- Sector hall de acceso
- Sector estar o living de la vivienda
- En pasillos de acceso y comunicación general

12.2 SOLUCIONES TÍPICAS DE ESCALERAS PARA VIVIENDAS DE DOS PISOS

A continuación se presentan las formas de escaleras de mayor uso en viviendas de dos pisos:

12.2.1 Escalera de tramo recto

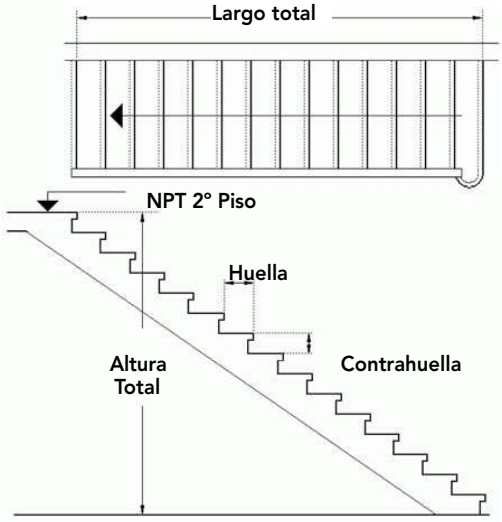


Figura 12 – 2: Planta y elevación de una escalera de tramo recto.

Esta es la alternativa que mayor longitud requiere para su proyección, respecto de la superficie útil de la vivienda. Sin embargo, es la alternativa más fácil de materializar, pero tiene la gran desventaja que en su proyección horizontal requiere un largo de escalera extenso, lo cual muchas veces no es factible de solucionar y ubicar en viviendas de reducida superficie útil.

12.2.2 Escalera de un tramo con arranque de un cuarto de vuelta y peldaños compensados

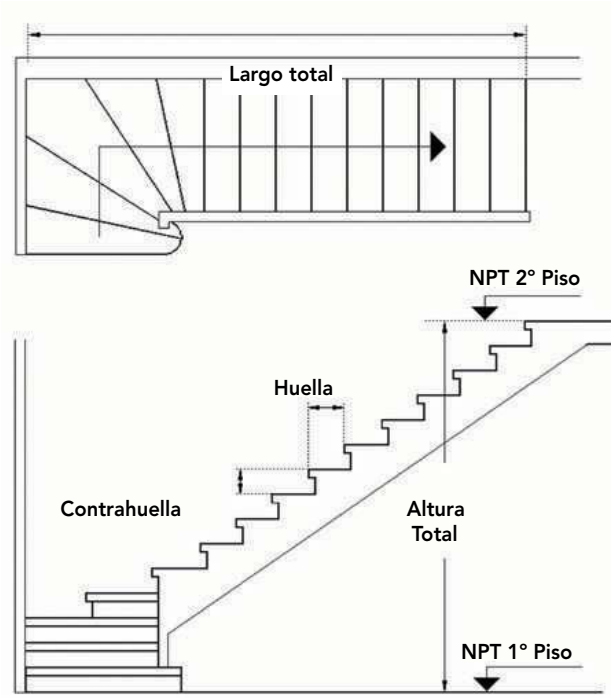


Figura 12 – 3: Planta y elevación tipo de una escalera de un tramo con arranque de un cuarto de vuelta y peldaños compensados.

Esta forma de escalera ofrece la ventaja de ocupar una menor superficie en su proyección horizontal.

12.2.3 Escalera de dos tramos en ángulo recto con descanso

Corresponde a la mejor alternativa para la proyección de escaleras en superficie y espacio reducido.

Si por requerimientos de superficie y espacio se necesita disminuir la longitud del segundo tramo de la escalera, es factible convertir el descanso de la misma en tres peldaños compensados, alternativa que se presenta en el punto 12.2.4.

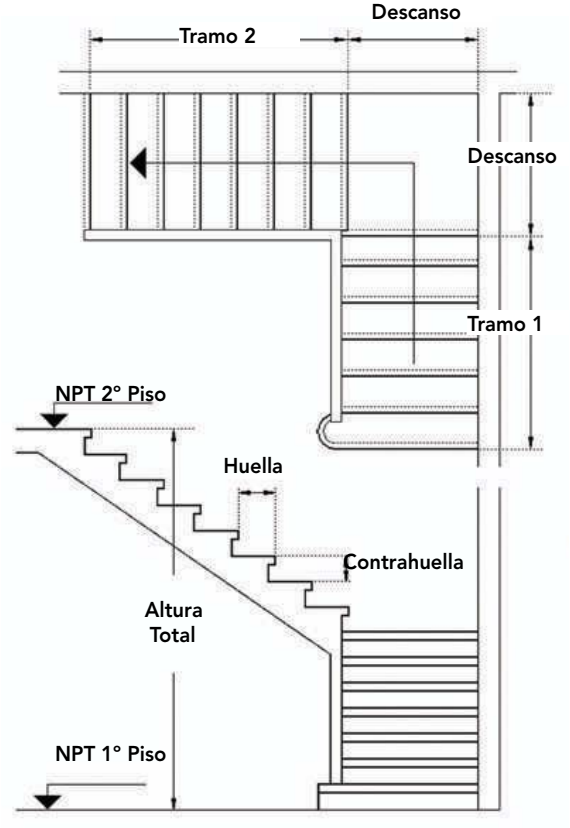


Figura 12 – 4: Planta y elevación tipo de una escalera de dos tramos en ángulo recto con descanso.

12.2.4 Escalera de dos tramos en ángulo recto con peldaños compensados

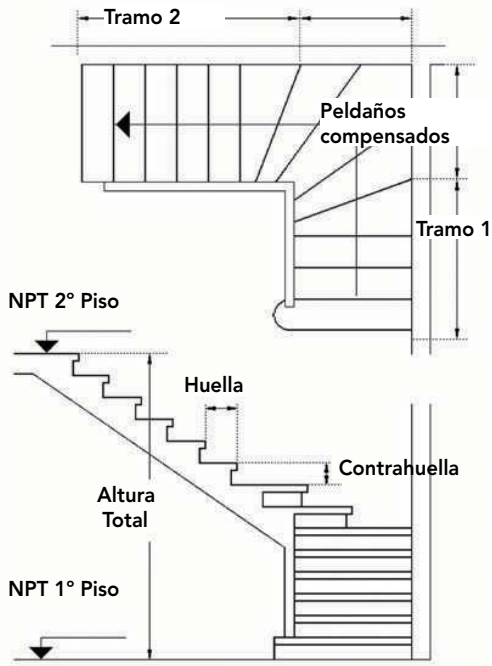


Figura 12 – 5: Planta y elevación tipo de una escalera de dos tramos en ángulo recto con peldaños compensados.

Esta alternativa es la de mayor eficiencia en cuanto al uso y aprovechamiento de la superficie útil requerida.

12.2.5 Escalera de dos tramos rectos con descanso de media vuelta

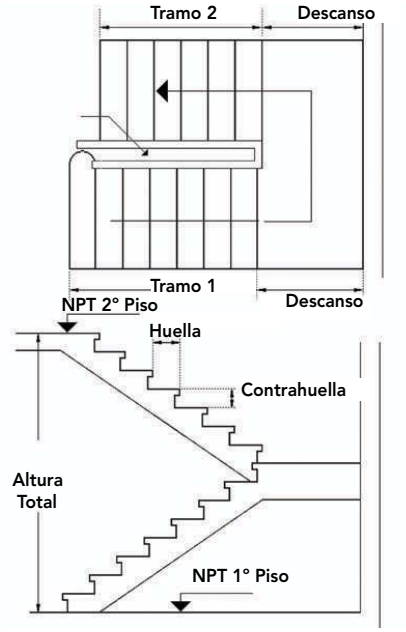


Figura 12 – 6: Planta y elevación tipo de una escalera de dos tramos rectos con descanso de media vuelta.

A continuación, se presentan en proyección isométrica, las soluciones más utilizadas de escaleras en viviendas de dos pisos:

Figura 12 – 7: Isométrica de escalera de tramo recto.

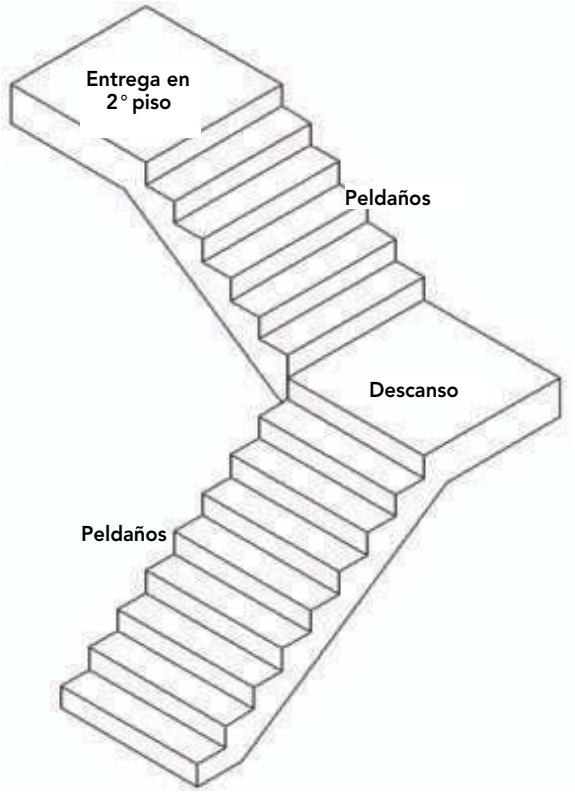


Figura 12 – 8: Isométrica de escalera de dos tramos en ángulo recto con descanso.

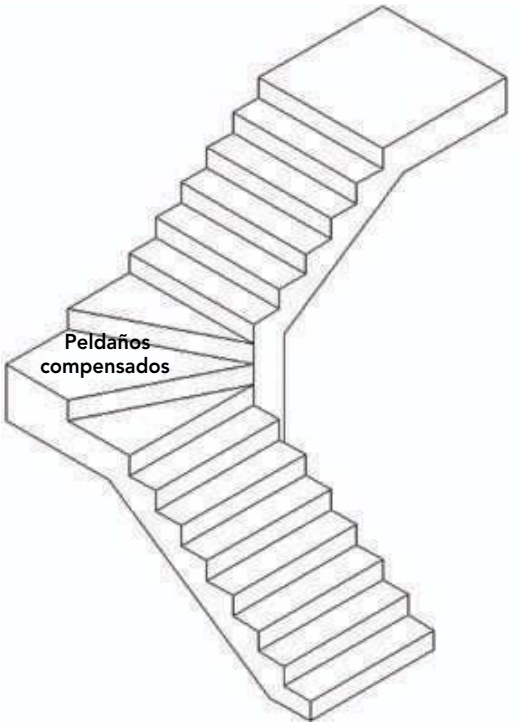


Figura 12 – 9: Isométrica de escalera de dos tramos en ángulo recto con peldaños compensados.

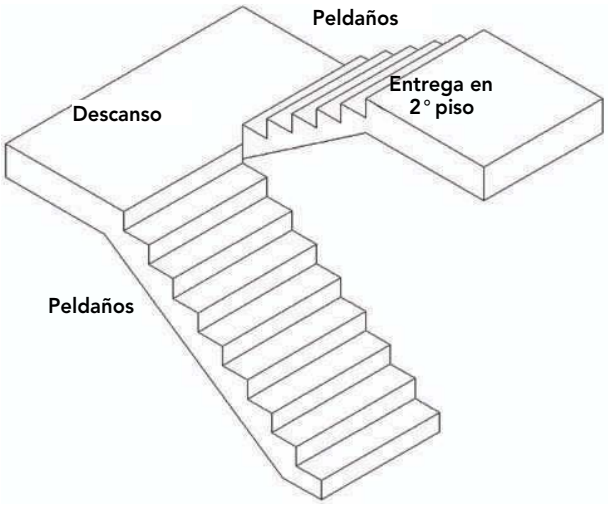


Figura 12 – 10: Isométrica de escalera de 2 tramos con descanso de media vuelta.

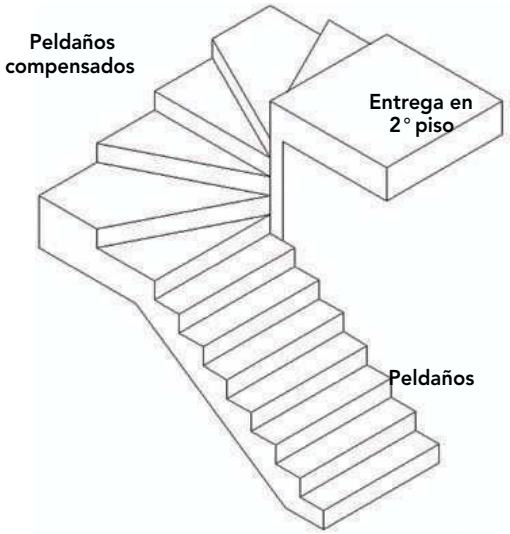


Figura 12 – 11: Isométrica de escalera de un tramo con peldaños compensados de media vuelta.

12.3 COMPONENTES QUE CONFORMAN UNA ESCALERA

Se estructuran en base a los siguientes componentes básicos:

12.3.1 Escalón o peldaño

Corresponde a cada uno de los sub-niveles o gradas que conforman la escalera, los cuales permiten acceder a uno o más recintos en un nivel superior o inferior de la vivienda Figura 12-12 (un segundo piso o un subterráneo). Un escalón o peldaño puede ser según su ubicación:

- **Escalón o peldaño de arranque**
  Es el peldaño de inicio de la escalera. La sección de larguero o zanca que recibe esta primera grada o escalón, debe ser anclada convenientemente, ya sea a la plataforma de hormigón o de estructura de madera (Figura 12-12).

- **Escalón o peldaño de entrega**
  Corresponde al peldaño de llegada en una escalera. Al igual que el peldaño de arranque, el larguero en esta zona debe estar convenientemente anclado a la estructura de entrepiso o descanso, según corresponda (Figura 12-12).

12.3.2 Huella

Componente horizontal de cada peldaño o escalón. Corresponde a la profundidad neta entre dos contrahuellas sucesivas. La huella de cada escalón puede estructurarse en madera aserrada 2 pulgadas de espesor como mínimo (41 mm), o bien en tablero contrachapado estructural, en un espesor mínimo de 18 mm. En general, cuando se utiliza este último, es porque la huella será revestida con algún otro tipo de pavimento de terminación, tal como alfombras o pisos de madera de espesor reducido (Figura 12-12).

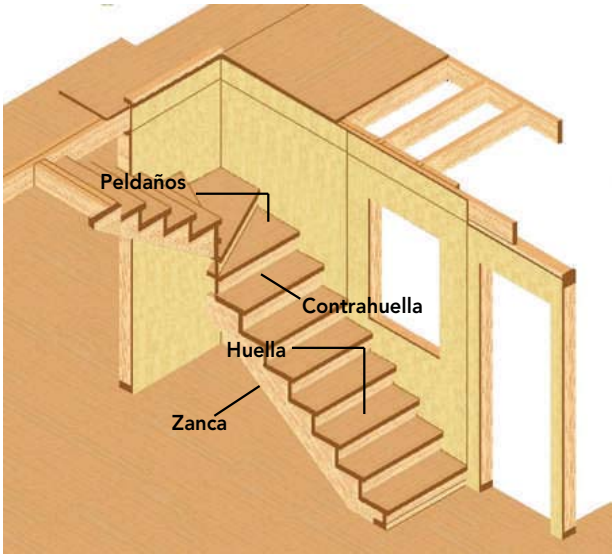


Figura 12 – 12: Vista isométrica de los componentes de una escalera de madera.

12.3.3 Contrahuella

Componente vertical de cada peldaño o escalón, corresponde a la altura neta entre dos huellas sucesivas (Figura 12 - 12). Al igual que la huella, puede ser especificado utilizando como componente de terminación algunos de los materiales anteriormente descritos, o la otra alternativa es que no se materialice la contrahuella, dejando el espacio libre.

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) establece que las dimensiones mínimas para ancho de escaleras, huella y contrahuella, son las siguientes:

- Ancho libre mínimo = 80 cm mínimo
- Fondo de huella en proyección horizontal = 28 cm libre
- Altura de contrahuella = 17 cm máximo

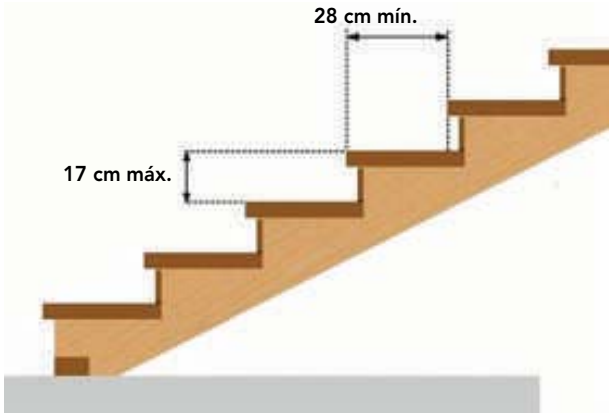


Figura 12 – 13: Dimensiones reglamentarias para escaleras de viviendas unifamiliares según OGUC.

12.3.4 Limón

También llamado larguero o zanca, corresponde a una o más vigas estructurales, en las cuales se apoyan las huellas y contrahuellas de la escala.

12.3.4.1 Limón a zanca abierta

También se le denomina limón, travesaño o zanca a la inglesa. En este caso, los bordes de huellas y contrahuellas se apoyan por encima de la viga que conforma el limón.

Este tipo de limón puede fabricarse en piezas de madera aserrada seca o cepillada de 2" x 8" ó 2" x 10". También pueden utilizarse, en algunos casos, vigas de madera laminada encolada, especialmente cuando por requerimientos estructurales o estéticos, debe aumentarse la sección del elemento a dimensiones mayores de espesor y ancho.

12.3.4.2 Limón a zanca cerrada

También se denomina zanca a la francesa. Corresponde al caso en que huella y contrahuella se fijan en forma lateral a las zancas.

Cuando las gradas de la escalera se apoyan lateralmente a los limones, es decir, en las paredes internas, pueden emplearse soportes metálicos en ángulo, especialmente diseñados para este tipo de fijación, y al mismo tiempo realizar un rebaje acanalado por la cara interna (no a la vista) de los largueros.

Figura 12 – 14: Tipos de apoyo para huellas con zanca cerrada.

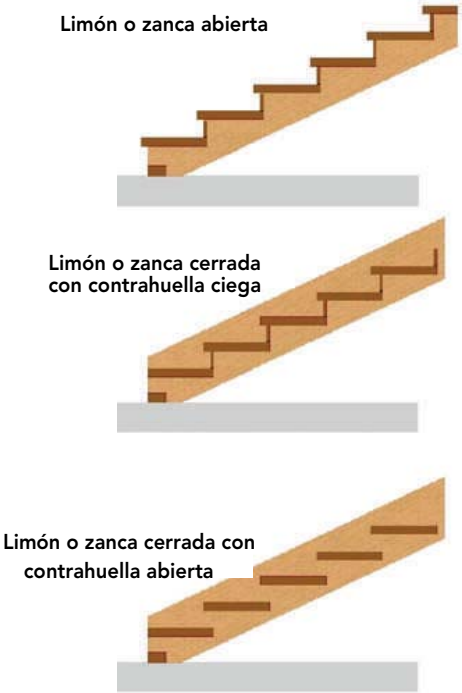


Figura 12 – 15: Zanca abierta y cerrada. Escalera con contrahuella ciega y abierta.

12.4 COMPONENTES DE SEGURIDAD

12.4.1 Barandas

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones establece que la altura mínima de barandas y pasamanos en escaleras es de 95 cm, medidos en vertical desde el borde de la huella hasta la cara superior de la baranda.

Por otra parte, la estructura de baranda debe ser proyectada y ejecutada necesariamente a partir de aquella huella cuya altura, medida desde el nivel de piso terminado adyacente, alcanza los 100 cm.

La baranda de una escalera puede ser resuelta de dos formas:

12.4.1.1 Baranda semitransparente

En este caso, las barandas de la escalera son resueltas por medio de perfiles y torneados de madera prefabricados para dicho fin (Figura 12-16).

- **Balaustres**
  Por lo general corresponden a piezas torneadas de madera (NCh 2100). Una de las características importantes en la distribución de los balaustres, es que el espacio libre de separación entre estas piezas no debe ser superior a 125 mm (OGUC).

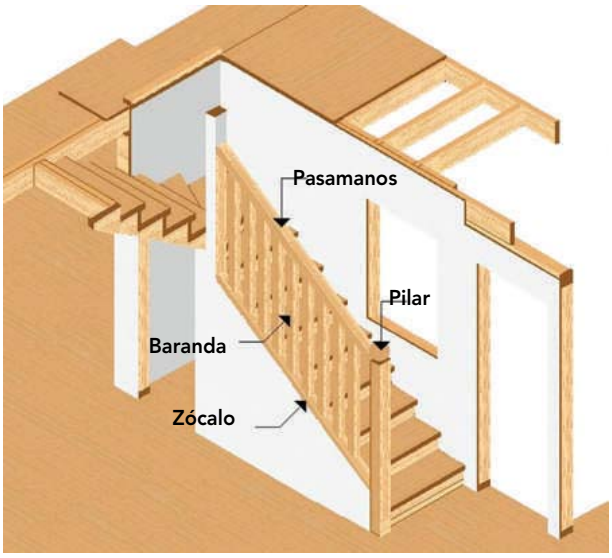


Figura 12 – 16: Baranda de escala de tipo semitransparente, conformada por pasamanos, zócalo y balaustres de madera.

- **Pasamanos**
  Perfil o pieza de madera u otro material, ubicado en la parte superior en la estructura de la baranda. Su forma debe permitir el apoyo confortable de la mano al subir o bajar por una escalera, como un componente auxiliar de seguridad (Figura 12 – 16).

- **Zócalo**
  Corresponde a la pieza de madera inferior de la baranda, en la cual descansan y se fijan inferiormente los balaustres.

En general, la fijación de los componentes de una baranda se realiza por medio de uniones atornilladas y encoladas. La cabeza de los tornillos se esconde en el interior de la madera, a través de rebajes de mayor diámetro.

La utilización de tarugos de madera, lijados a nivel de superficie, hace prácticamente imperceptible la ubicación de dichas fijaciones.

Un aspecto fundamental de seguridad, establecido en los requerimientos técnicos para barandas de escaleras en la OGUC es que el elemento debe resistir una carga lateral horizontal de a lo menos 50 kg/ml, en cualquier punto de su desarrollo.

12.4.1.2 Baranda ciega

Corresponde a aquella que se resuelve por medio de la prolongación, o armado independiente, de uno o más tabiques de apoyo en la estructura de escalera. Esta solución, al igual que la anterior, permite contar con un recinto cerrado bajo aquella (superficie útil), el cual puede ser destinado al almacenaje de artículos domésticos no inflamables.

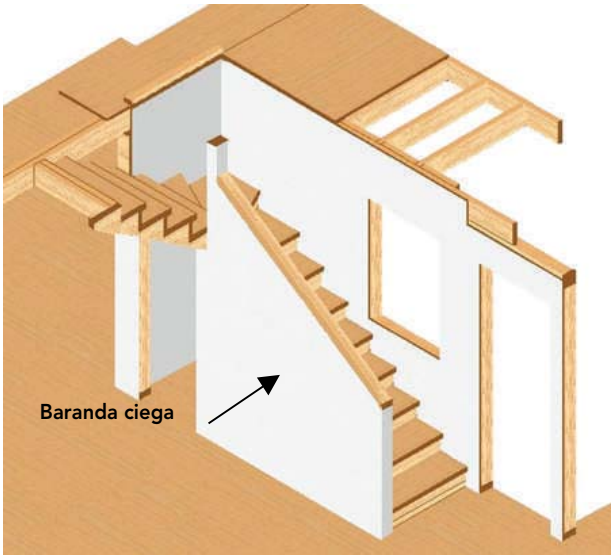


Figura 12 – 17: Baranda de escalera de tipo ciega, la cual se prolonga a partir del tabique de apoyo lateral.

La estructura de una baranda ciega puede conformarse con la prolongación de los pie derecho del tabique de apoyo, utilizando el mismo revestimiento especificado, para el resto de los elementos constructivos.

12.4.2 Herrajes y fijaciones

La escalera de una vivienda es un elemento constructivo sometido, a esfuerzos en forma constante y acumulativa, los que pueden provocar aflojamiento de las fijaciones y anclajes, por consiguiente producir peldaños que crujen; si estos no fueron especificados y utilizados adecuadamente para la situación particular de cualquiera de los componentes.

En términos generales, los componentes de escaleras deben fijarse utilizando conectores metálicos adecuados, tornillos y tirafondos. Las uniones clavadas deben evitarse, a menos que se trate de refuerzo para las uniones.

12.5 DISEÑO DE LA ESCALERA

12.5.1 Generalidades

En términos generales, las condiciones que debe cumplir el diseño de escaleras son:

- Proporcionar seguridad a los usuarios que transitan por ella.
- Resistir cargas significativas.
- Tener un adecuado comportamiento frente al fuego.
- Sus componentes deben permanecer afianzados y asegurados a través del tiempo.

12.5.2 Aspectos a considerar para el diseño

12.5.2.1 Emplazamiento de la escalera

El emplazamiento de la escalera y su proyección en altura, no debe entorpecer u obstaculizar la ubicación de vanos de puertas, ventanas, pasillos de circulación, alturas mínimas de piso a cielo o anchos de recintos adyacentes, entre otros.

En caso de que la estructura de la escalera sobresalga por debajo del plano de cielo raso, éste no debe representar peligro de golpes o lesiones para quienes transitan bajo dicho elemento. Cuando se produce tal situación, por lo general se debe a un diseño inadecuado del espacio utilizado, que afecta a las extensiones de la escalera (Figura 12 - 18).

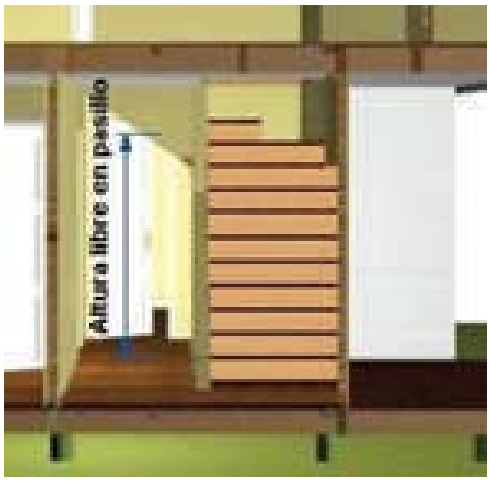


Figura 12 – 18: Se debe verificar la altura libre del pasillo en el sector medio, cuando la estructura de la escalera compromete la totalidad o parte del cielo raso del recinto.

12.5.2.2 Altura total de la escalera

Consiste en establecer la distancia vertical entre el piso terminado de inicio de la escalera, y el piso terminado de llegada de la misma, es decir, la diferencia de alturas de piso terminado, en los niveles que se conectan (Figura 12 - 19).

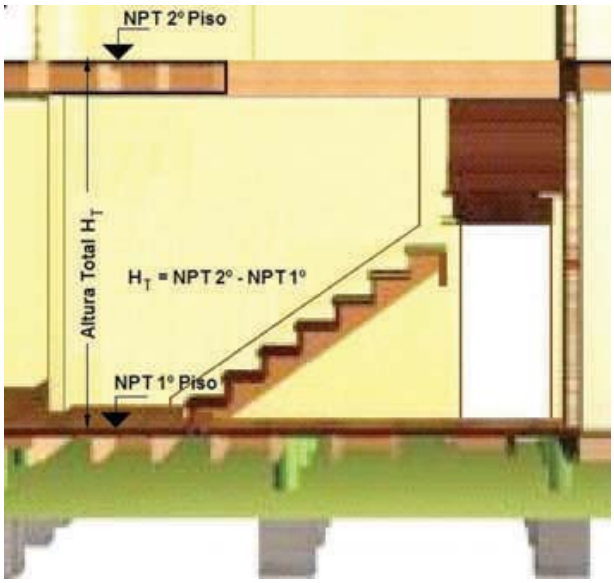


Figura 12 – 19: Altura total de la escalera considerada entre niveles de piso terminado entre ambos pisos de la vivienda.

Se debe tener presente que la construcción o montaje de la escalera se realiza en etapa de obra gruesa, por lo tanto, en el diseño de la misma, la influencia que en dicha altura tienen los afinados con mortero en radier u hormigón liviano sobre plataforma de madera, pueden inducir a errores de distribución de las alturas parciales de huellas y contrahuellas.

Por esta razón, es recomendable chequear al momento del replanteo de la escalera y subdivisión de avance y altura de cada peldaño, considerando primero su distribución en obra terminada, para luego descomponer las partes y piezas de la estructura, descontando la proyección y espesores respectivos de los componentes de terminación.

12.5.2.3 Largo total de la escalera

Corresponde a la proyección que cubre la escalera entre el piso terminado de arranque y el piso terminado de entrega (Figura 12 - 20a,b). También puede referirse a la longitud total horizontal que cubre un tramo de la escalera.

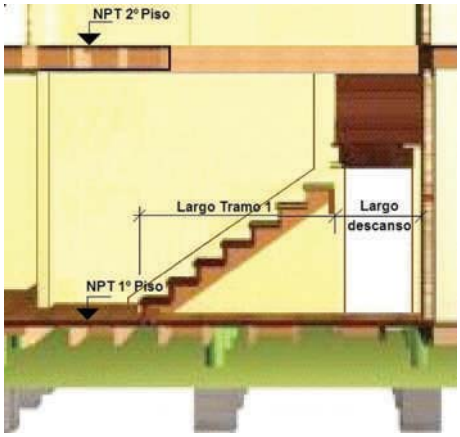


Figura 12 – 20a: Largo total de la escalera tramo 1.

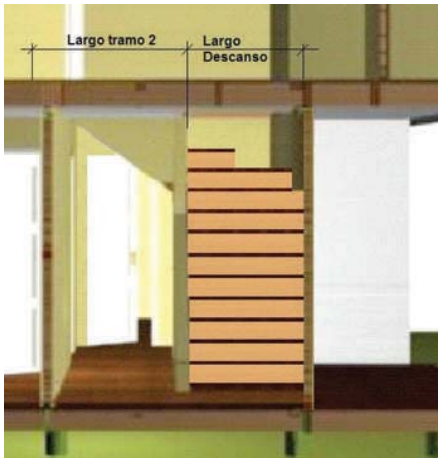


Figura 12 - 20b: Largo total de la escalera tramo 2.

12.5.2.4 Altura libre huella-cielo

La altura libre entre la huella de una grada o peldaño y el cielo raso inmediatamente superior (sea éste horizontal o inclinado), debe ser igual o superior a 205 cm. Esto último, también es válido para el borde superior de la caja de escalera al inicio de la misma (Figura 12 - 21).

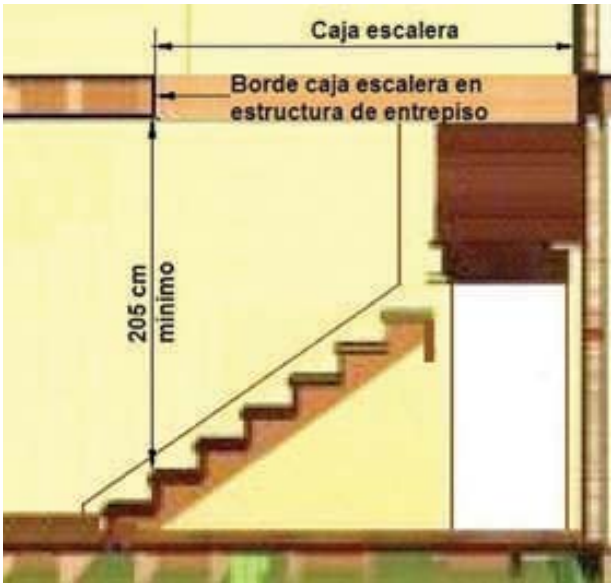


Figura 12 – 21: Altura libre vertical mínima entre huella y cielo raso. También puede considerarse todo elemento superior sobre la cabeza de quien sube o baja por la escalera.

12.5.2.5 Uniformidad dimensional de los peldaños

Las dimensiones terminadas de altura y profundidad de huellas y contrahuellas deben ser uniformes en todos y cada uno de los peldaños, siempre que se trate de tramos rectos. El cumplimiento de este requisito es fundamental para las condiciones de seguridad y comodidad de una escalera.

12.5.2.6 Determinación de la cantidad de peldaños

La cantidad mínima de peldaños puede determinarse dividiendo la altura total por la cantidad de peldaños que se desea incorporar al o a los tramos de la misma, verificando eso sí, que la altura final entre huellas consecutivas no sea superior a 17 cm.

En general, se recomienda para viviendas de madera con altura de piso a cielo no superior a 240 cm que la cantidad máxima de escalones no exceda de 15.

La cantidad total de escalones o peldaños sucesivos que conforman una escalera se denomina “tramo” o “tiro”.

En el siguiente cuadro se presentan las dimensiones de relación huella/contrahuella recomendadas para escaleras cómodas y seguras.

Fondo o huella (cm)	Alto o contrahuella (cm)
37	13
36	13,5
35	14
34	14,5
33	15
32	15,5
31	16
30	16,5
28 mínimo	17 máximo

Tabla 12 - 1 : Dimensiones de relación huella y contrahuella en una escalera.

12.6 CONSTRUCCIÓN DE LA ESCALERA

12.6.1 Generalidades

Uno de los principales aspectos geométricos que se deben considerar antes de ejecutar el replanteo de la escalera es verificar los siguientes elementos:

- Geometría del espacio donde se desarrollará la escalera
- Altura total
- Largo total
- Dimensiones de la escotilla del entrepiso
- Ancho libre de la escalera, considerando los revestimientos especificados

12.6.2 Replanteo de la escalera

Verificados los puntos antes expuestos, se puede dar inicio al replanteo en forma segura.

Montados los tabiques de la estructura que conforman el o los costados de la escalera en obra gruesa (Figura 12 - 22), se debe realizar el trazado y replanteo de las líneas que determinan el ancho, arranque y llegada de la escalera.

Figura 12 – 22: Tabiques de la estructura vistos desde el interior de la vivienda, en los cuales se apoyará la escalera.

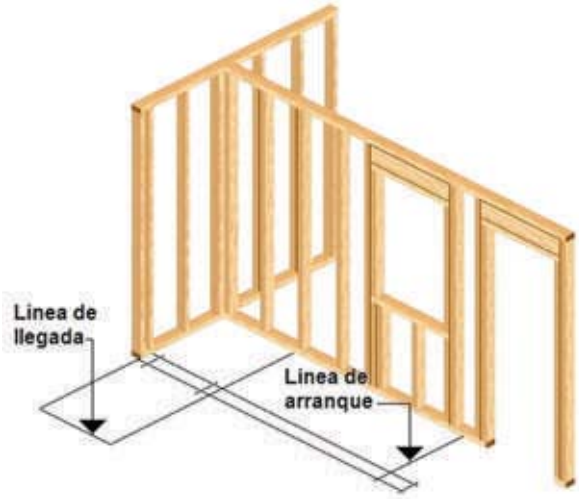


Figura 12 – 23: Trazado de largo y ancho de la escalera en proyección horizontal.

Trazado desde la línea de inicio de la contrahuella del primer peldaño. La ubicación de esta línea de referencia debe coincidir con la longitud total de la escalera, medida desde la contrahuella de la última grada (Figura 12 - 23).

12.6.3 Componentes auxiliares de fijación

- La altura de cada contrahuella debe ser establecida en valores parciales y acumulados, con respecto a un nivel de referencia (generalmente NPT o NMPT).

Figura 12 – 24: Trazado preliminar de las gradas y colocación de refuerzos auxiliares de madera en la estructura del tabique y a la plataforma base de piso.

- En esta primera etapa, se traza el perfil de la escalera en los muros de apoyo, con el objeto de fijar a la estructura de los tabiques y entre los pie derecho piezas auxiliares de madera para el anclaje y apoyo de las zancas (Figuras 12 - 24 y 25).

- Estos componentes auxiliares también tienen por función ser una base de apoyo de los revestimientos especificados, como por ejemplo, placas de yeso-cartón, fibrocemento e incluso tableros estructurales.

Figura 12 – 25: Colocación de componentes auxiliares para la fijación de los revestimientos y el anclaje de las zancas a la plataforma horizontal.

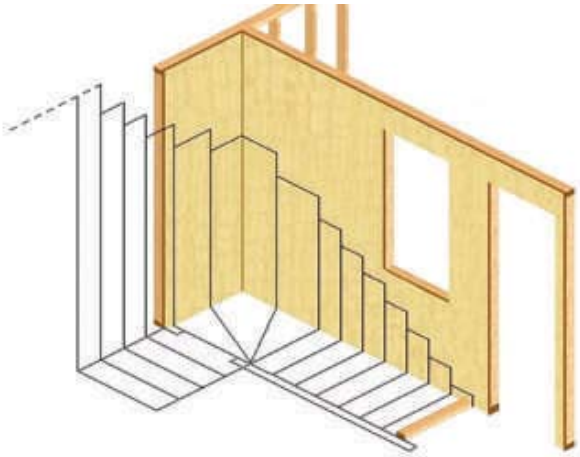


Figura 12 – 26: Trazado de la proyección horizontal y vertical de la escalera y ubicación de la pieza de anclaje (madera o conector metálico), para la fijación de apoyo de los largueros.

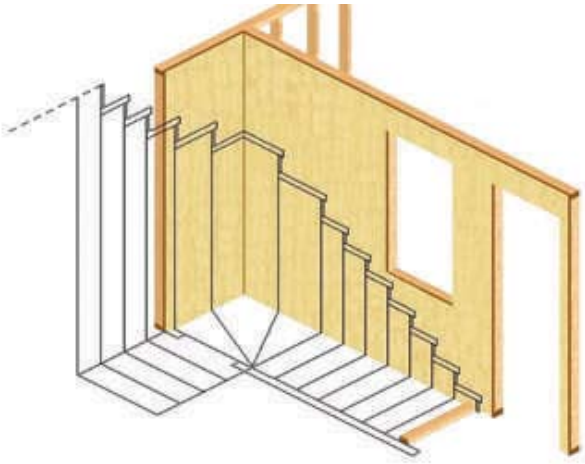


Figura 12 – 27: Trazado de la proyección horizontal y vertical de huellas y contrahuellas de la escalera.

- Una vez colocadas la totalidad de estas piezas auxiliares, los paramentos interiores de los tabiques de apoyo deben ser revestidos con tablero contrachapado u OSB, en un espesor mínimo de 9 mm (Figuras 12 - 26 y 27).

- Sobre el paramento revestido, se procede nuevamente a trazar en forma definitiva el perfil de la escalera (Figuras 12 - 26 y 27).

- Se procede a descontar los espesores de huella y contrahuella en cada escalón o peldaño (Figuras 12 - 26 y 27). El perfil obtenido corresponde a la forma de las zancas de la escalera que servirán de apoyo a los componentes de terminación, es decir, huellas y contrahuellas en madera cepillada o en contrachapado estructural, (este último caso para la posterior colocación de alfombra u otro tipo de pavimento similar).

- Las zancas o largueros deben ser confeccionados con piezas de madera seca en cámara, idealmente con un contenido de humedad inferior al 15 %.

12.6.4 Anclaje inferior y superior de las zancas

- En el extremo inferior de la escalera, conformado por los largueros y la plataforma base de piso (hormigón o madera), debe anclarse una pieza de madera o conectores metálicos que cumplan la función de evitar el deslizamiento de los largueros, debido al empuje producido por la acción de las cargas actuantes (Figuras 12 – 25 a la 28).

Si el anclaje de la pieza de madera se realiza sobre radier de hormigón, la madera debe ser impregnada con sales de CCA y ser colocada sobre una doble lámina de material aislante (por ejemplo, fieltro asfáltico de 15 lb).

- En el extremo superior de la escalera, conformado por los largueros (limones) y la plataforma de entrepiso, debe fijarse también una pieza de madera o conectores metálicos que complementen el apoyo de la estructura en el tramo de entrega.

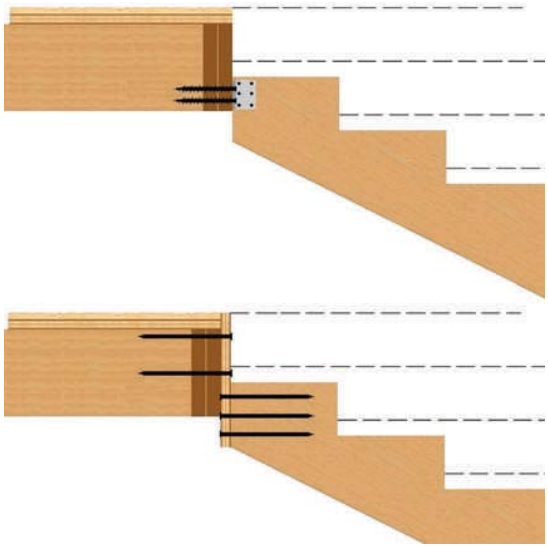


Figura 12 – 28: Anclaje superior de la zanca a la estructura de entrepiso por medio de conectores metálicos o unión clavada con contrachapado.

Figura 12 – 29: Con el trazado, fabricación y fijación de las zancas o largueros, sólo resta la fabricación, ajuste y colocación de huellas y contrahuellas.

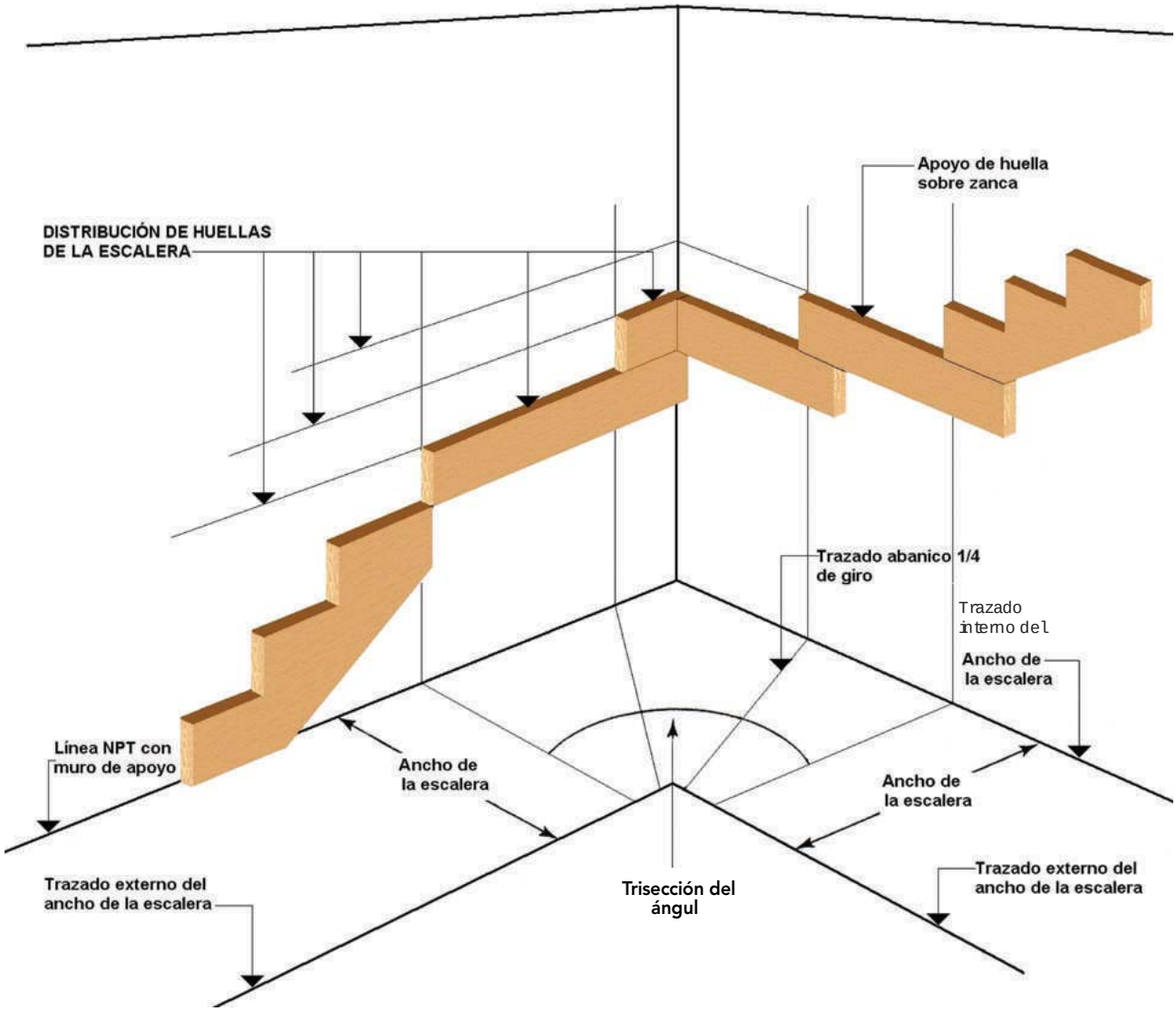


Figura 12 – 30: Trazado y colocación de zancas y piezas auxiliares de apoyo para huellas y contrahuellas de la escalera.

Figura 12 – 31: Esquema general de la estructuración de una escalera en la cual se incluyen los componentes auxiliares en los tabiques para la fijación de las zancas y posteriormente los revestimientos.

12.6.5 Fabricación y colocación de huellas y contrahuellas

- Cuando se especifica que las huellas de la escalera sean resueltas en madera cepillada, debe utilizarse un espesor mínimo de 41 mm (piezas de 2" x 10" encoladas de canto). Además, la luz máxima entrezancas, que corresponde a los apoyos de cada huella, no debe exceder de 60 cm.

Figura 12 – 32: Encolado de piezas de madera para el armado de las huellas de una escalera.

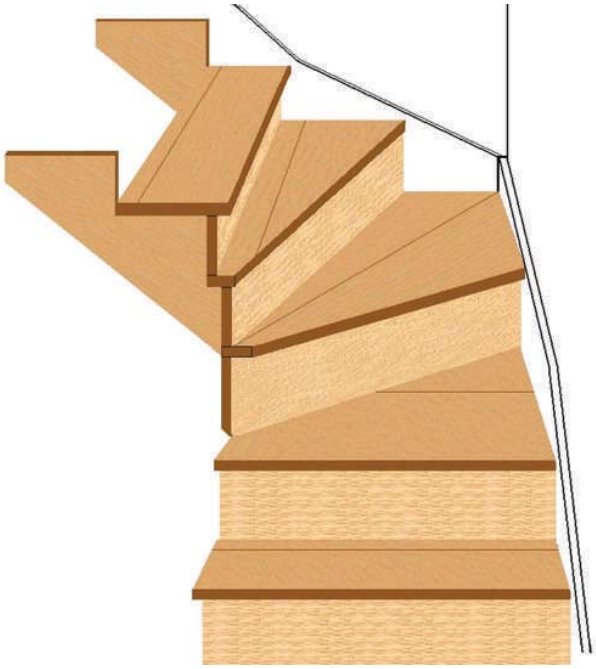


Figura 12 – 33: Ejemplo de huellas encoladas de tipo recto y diagonal en zona de abanico.

- En el caso de las contrahuellas puede especificarse madera cepillada de 19 mm de espesor.

- Cuando la terminación de la escalera corresponde a alfombra o a algún otro tipo de pavimento de espesor no mayor a 10 mm, la huella y contrahuella, que en este caso pasan a ser base de pavimento, pueden ser conformadas con tablero contrachapado de 18 mm de espesor mínimo y será necesario incorporar, aparte de un limón o travesaño central, piezas de 2" x 3" que actúen como apoyo de borde en cada huella.

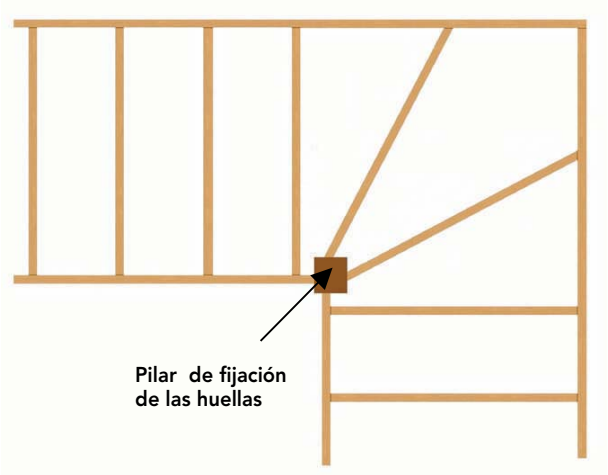


Figura 12 – 34: Piezas de madera fijadas entre zancas para el apoyo y fijación de huellas y contrahuellas.

- Una vez colocadas la totalidad de huellas y contrahuellas, se debe verificar que la estructura completa se encuentre convenientemente apoyada a sus tabiques laterales, tal como puede observarse en las Figuras 12 - 35.

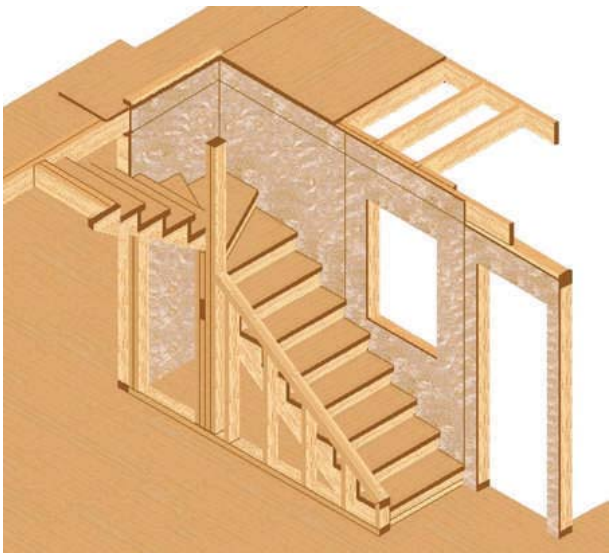


Figura 12 – 35: Se presenta la ubicación del tabique lateral de apoyo y fijación de la estructura de la escalera. Bajo el 2º tramo o tiro, se puede observar un vano de puerta que dará lugar a un clóset bajo la escalera.

12.6.6 Fijación de otros componentes

Se debe tener la precaución de realizar la fijación de la baranda de la escalera en la etapa de estructuración de la misma. Como se puede observar en las Figuras 12 - 36 y 37, los pilarejos de la baranda deben anclarse convenientemente a su base y a la estructura de la escalera de modo de otorgar seguridad a los usuarios de la vivienda.

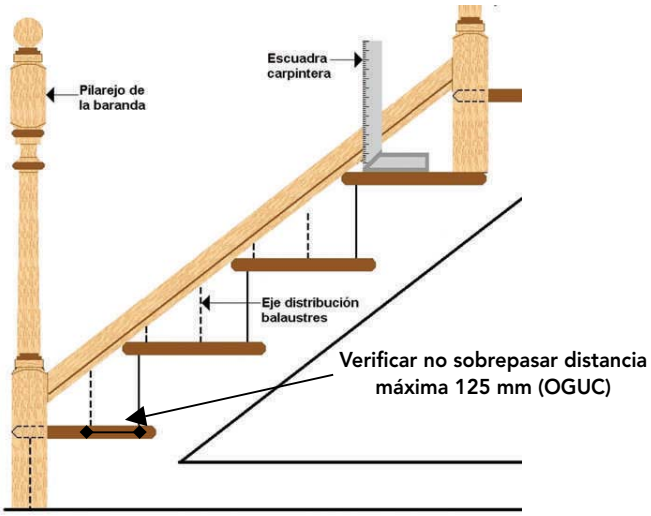


Figura 12 – 36: Armado de la baranda de la escalera. Se puede observar la colocación de los pilarejos y la presentación y forma de atraque del zócalo.

Mediante líneas marcadas en las gradas ejecutadas en sentido horizontal y que representan la distribución uniforme de los balaustres, se realizan las perforaciones en el zócalo para la colocación de dichos componentes de la baranda.

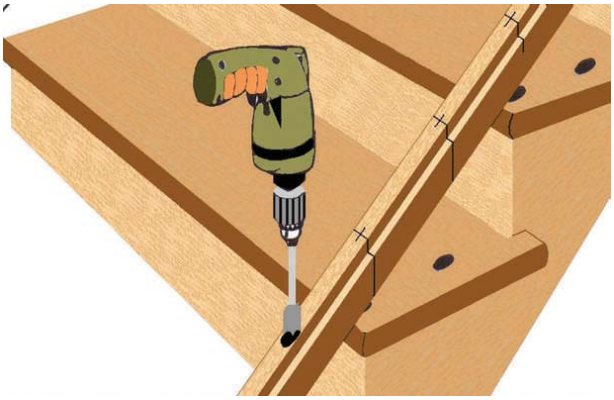


Figura 12 – 37: Perforaciones para la colocación y fijación de balaustres.

En términos generales, la baranda de una escalera es el principal elemento de seguridad durante el avance o tránsito por ella. Por lo tanto, la ejecución de este componente se debe realizar con materiales adecuados, sobre todo en lo que se refiere a la calidad de la madera, tipo, número de fijaciones y anclajes utilizados.

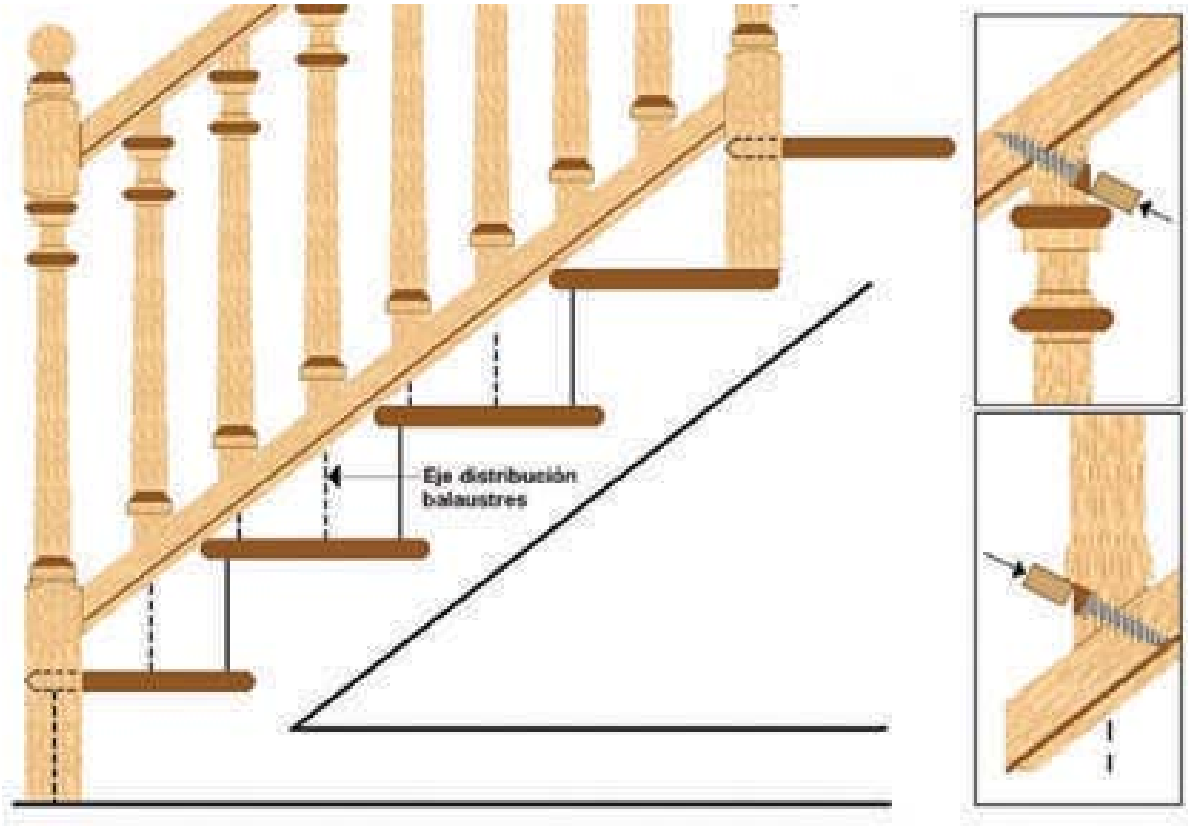


Figura 12 – 38: Fijación de balaustres y baranda mediante tornillos.

BIBLIOGRAFIA

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.

- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.

- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.

- 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.

- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.

- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.

- Hanono, M; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.

- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.

- Mac Donnell, H; Mac Donnell, H.P, "Manual de Construcción Industrializada", Revista Vivienda SRL, Buenos Aires, Argentina, 1999.

- Millar, J; "Casas de Madera", 1° Edición, Editorial Blume, Barcelona, España, 1998.

- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- 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.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).

- www.durable-wood.com (Wood Durability Web Site).

- www.pestworld.org (National Pest Management Association).

- www.citw.org (Canadian Institute of Treated Wood).

- www.fpl.fs.fed.us (Forest Products Laboratory U.S.Department of Agriculture Forest Service).

- www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.).

- NCh 173 Of.74 Madera – Terminología General.

- NCh 174 Of.85 Maderas – Unidades empleadas, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones.

- NCh 176/1 Of. 1984 Madera – Parte 1: Determinación de humedad.

- NCh 178 Of.79 Madera aserrada de pino insigne clasificación por aspecto.

- 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 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. Procedimiento.

- NCh 1990 Of.86 Madera – Tensiones admisibles para madera estructural.