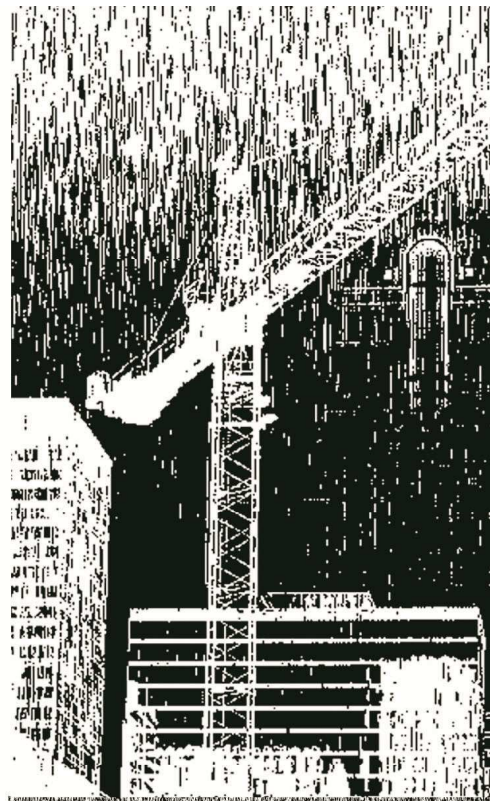


REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES EN MADERA ESTRUCTURAL



R-029 Decreto
No.677-09



DGRS Dirección General de
Reglamentos y Sistemas

MOPE
Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
REPÚBLICA DOMINICANA

UNIDAD 5

ESTRUCTURAS

Título 4:

Reglamento para Diseño y Construcción de Edificaciones en Madera Estructural

DECRETO No. 677-09

CONSIDERANDO: Que es deber del Estado Dominicano garantizar la seguridad ciudadana mediante el establecimiento de requisitos mínimos para el diseño y construcción de las obras, acordes con nuestra realidad y avances tecnológicos.

CONSIDERANDO: La importancia de establecer medidas que garanticen el diseño y construcción de las estructuras de madera, de acuerdo a lineamientos que respondan a una estabilidad y seguridad estructural acordes a nuestras condiciones geológicas y sísmicas.

CONSIDERANDO: Que es deber ciudadano acatar las disposiciones emanadas de los poderes públicos de la Nación;

CONSIDERANDO: Que de acuerdo a la Ley No.687, de fecha 27 de Julio del 1982, la Comisión Nacional de Reglamentos Técnicos de la Ingeniería, la Arquitectura y Ramas Afines es la única autoridad estatal encargada de definir la política de reglamentación técnica de la Ingeniería, la Arquitectura y Ramas Afines, mediante el sistema establecido en dicha ley.

VISTA: La Ley número 687, del 27 de julio de 1982, que crea un sistema de reglamentación para la preparación y ejecución de proyectos y obras relativas a la ingeniería, la arquitectura y ramas afines;

En ejercicio de las atribuciones que me confiere el Artículo 55 de la Constitución de la República, dicto el siguiente:

**REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE
EDIFICACIONES EN MADERA ESTRUCTURAL**

TÍTULO I

CONSIDERACIONES GENERALES

CAPÍTULO I

OBJETIVO, CAMPO DE APLICACIÓN Y DEFINICIONES

ARTÍCULO 1.- OBJETIVO. El presente reglamento establece los requisitos mínimos fundamentales para el diseño y la construcción de estructuras de madera en edificaciones, para garantizar su funcionalidad, estabilidad, seguridad, economía y durabilidad, y constituye el Título 4 de la Unidad 5 del Reglamento General de Edificaciones.

ARTÍCULO 2.- CAMPO DE APLICACIÓN. Este Reglamento es aplicable a los siguientes elementos de madera que conforman parcial o totalmente la estructura de una edificación, ya sean de carácter temporal o permanente:

- Elementos de Madera Maciza Sometidos a Cargas Transversales
- Elementos de Madera Maciza Sometidos a Carga Axial
- Elementos Compuestos (Diafragmas y Tijerillas o Cerchas ligeras de madera con luces de hasta 12 m)
- Uniones (Con Clavos, Tornillos y Pernos, como Elementos Sujetantes)
- Estructuras Provisionales (Encofrados y Andamios)

ARTÍCULO 3.- Los tipos y elementos de madera, así como los criterios para el análisis y el diseño de estructuras no contemplados en este Reglamento deberán ser presentados de acuerdo a los códigos internacionales vigentes que apliquen al caso, ante la Oficina de Tramitación de Planos de la SEOPC correspondiente, para su aceptación, según los requerimientos de los Artículos 26 al 33.

ARTÍCULO 4.- APLICACIÓN TRANSITORIA El presente reglamento se ajustará a los requisitos del Reglamento M-001 sobre Análisis Sísmico de Estructuras vigente, hasta tanto sea sustituido por el Título 1 de la unidad 5: Cargas Mínimas.

ARTÍCULO 5.- UNIDADES Y TÍTULOS DEL REGLAMENTO GENERAL DE EDIFICACIONES. El Reglamento General de Edificaciones lo conforman las siguientes unidades y títulos, incluida esta unidad, las cuales serán de aplicación obligatoria para la debida concepción de los proyectos, así como para la ejecución, inspección y supervisión de las obras en cuestión; de igual modo, le serán aplicables los demás reglamentos vigentes necesarios para estos fines:

- UNIDAD 1. REQUERIMIENTOS GENERALES DE APLICACIÓN Y TRAMITACIÓN DE PLANOS
- UNIDAD 2. DISPOSICIONES ARQUITECTÓNICAS
- UNIDAD 3. SISTEMAS DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS
- UNIDAD 4. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- UNIDAD 5. ESTRUCTURAS
 - TÍTULO 1: CARGAS MÍNIMAS
 - TÍTULO 2: HORMIGÓN ARMADO
 - TÍTULO 3: MAMPOSTERÍA
 - TÍTULO 4: MADERA
 - TÍTULO 5: ACERO
 - TÍTULO 6: ANÁLISIS Y DISEÑO BÁSICO DE ESTRUCTURAS PREFABRICADAS.
 - TÍTULO 7: METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y REDISEÑO DE REFUERZO EN EDIFICACIONES
- UNIDAD 6. SISTEMAS ELÉCTRICOS EN EDIFICACIONES
 - TÍTULO 1: INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICACIONES

- UNIDAD 7. SISTEMAS SANITARIOS
 - *TÍTULO 1: INSTALACIONES SANITARIAS EN EDIFICACIONES Y PROYECTOS DE URBANIZACIÓN*
- UNIDAD 8. SISTEMAS MECÁNICOS
 - *TÍTULO 1: VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO*
 - *TÍTULO 2: SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN*
 - *TÍTULO 3: SISTEMAS DE SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN DE GAS.*
- UNIDAD 9. ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN

ARTÍCULO 6.- DEFINICIONES. Donde quiera que aparezcan estos términos en el presente Reglamento, serán definidos como se establece a continuación:

1. **ALERO:** Parte del techo que sobresale al exterior de la edificación.
2. **ALABEO:** Deformación que puede experimentar una pieza de madera por la curvatura de sus ejes longitudinales, transversales o de ambos.
3. **ALQUITRÁN:** Producto Bituminoso, semisólido o líquido que resulta de la destilación de materiales carbonáceos tales como la hulla, lignito, madera u otros.
4. **ANCLAJE:** Refuerzo que se emplea para el apoyo y/o la fijación de elementos en una construcción.
5. **ANDAMIO:** Armazón provisional que hace accesibles partes de la construcción que no lo son, y facilita el soporte y traslado de personal, materiales y herramientas. Puede estar apoyado en el suelo o suspendido.
6. **ANGULAR:** Refuerzo metálico de diferentes dimensiones, generalmente doblado a 90 grados, que se emplea como elemento de fijación.
7. **APUNTALAR:** Acción de afirmar o fijar con puntales.
8. **ARANDELA:** Pieza metálica plana con forma de anillo o cuadrada y con una perforación en el centro, utilizada con tornillos, pernos y otros elementos de unión para repartir la presión ejercida por ellos.
9. **ÁREA NETA:** Es la que resulta de eliminar del área de un elemento estructural, el área proyectada para orificios de tornillos, pernos o cualquier otra que implique una reducción de su área total.
10. **ARISTA:** Línea de intersección de las superficies que forman dos planos adyacentes.
11. **ARMADO:** Ordenamiento de los elementos componentes de una construcción.
12. **ARRIOSTRAMIENTO:** Elemento (madera o metal) que se usa en una estructura con el fin de garantizar su estabilidad.
13. **ASIENTOS O ARRASTRES:** Son los apoyos de los puntales y sirven para transmitir las cargas del encofrado y del concreto fresco al suelo firme.
14. **ASTM:** Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials).

15. **AWPA:** Asociación Americana para la Preservación de la Madera (American Wood-Preservers' Association).
16. **BARROTES O BIROTES:** Son elementos del encofrado que tienen la función de dar soporte y rigidez a la duela de contacto.
17. **BREA:** Sustancia de residuo oscura y densa que queda después de la evaporación parcial o destilación fraccionada del alquitrán o de sus derivados, usado generalmente como aislante o pegamento.
18. **CANALETA:** Canal fijado en el interior de un alero, que se utiliza para recoger el agua de lluvia que cae sobre la cubierta de techo, y conducirla hacia los bajantes pluviales de una edificación.
19. **CANTO:** Cada uno de los lados o remates de una pieza, perpendiculares a las caras y paralelas al eje longitudinal de dicha pieza.
20. **CARGA ADMISIBLE:** Fuerza calculada en base a los esfuerzos admisibles y las leyes de la mecánica estructural para un elemento dado.
21. **CARGADERAS:** Son elementos usados en encofrados de vigas, losas y otros para soportar y transmitir cargas a los puntales.
22. **CARTÓN ASFÁLTICO:** Material fabricado en forma de rollo o de lámina, compuesto de un cartón saturado de asfalto o betún asfáltico que se utiliza generalmente como barrera contra la humedad.
23. **CERCHAS O TIJERILLAS:** Conjunto de elementos estructurales, dispuestos en forma de triángulos simples o compuestos que pueden trabajar a tensión, compresión, flexo-compresión y flexo-tracción.
24. **CIELO RASO:** Revestimiento interior del techo de las edificaciones.
25. **CIMENTACIÓN CORRIDA:** Tipo de cimiento superficial que corre horizontalmente debajo de los elementos portantes (generalmente muros) de una edificación, transmitiendo sus cargas al terreno de fundación.
26. **CONTENIDO DE HUMEDAD (CH):** Peso del agua en la madera expresada como un porcentaje de su peso anhidro.
27. **CORTAFUEGO:** Elemento de distintos materiales, que se usa para impedir o retardar la propagación del fuego.
28. **CORREAS:** Son elementos que se disponen sobre las viguetas de pisos o techos, con la finalidad de unirlos y de transmitirles las cargas de la cubierta que se apoya en ellos.
29. **COSTILLAS O LARGUEROS:** Son los elementos del encofrado que dan rigidez al forro o duela de contacto.
30. **CREOSOTA:** Mezcla de compuestos con altos contenidos de ácidos y bases de alquitrán, usada para la preservación de la madera.
31. **CUBIERTA:** Revestimiento de piso, entepiso o techo.
32. **CUERDA:** El conjunto de las piezas que definen el perímetro de una tijerilla o cercha.

33. **CUMBRERA:** Línea horizontal de nivel más elevado que presenta una cubierta de techo.
34. **CUÑA:** Pieza de madera usada para asentar y calzar elementos en un encofrado.
35. **CHAFLÁN:** Resultado del biselado del borde o arista de una pieza de madera.
36. **CHAPA:** Lámina delgada de madera (de espesor no mayor de 6 mm), obtenida por corte plano de un rollizo.
37. **DEFORMACIÓN:** Variación de la forma de un elemento estructural por la aplicación de cargas.
38. **DEFORMACIONES DIFERIDAS:** Son aquellas que ocurren en un elemento o estructura con el transcurso del tiempo, debido a la acción continua de cargas.
39. **DENSIDAD:** Peso por unidad de volumen.
40. **DIAFRAGMAS:** Son elementos estructurales colocados horizontal (techos y entrepisos) ó verticalmente (paredes de corte y tabiques) con la condición común de transmitir fuerzas cortantes en su plano.
41. **DIMENSIÓN DE CÁLCULO:** Es la que tiene una pieza de madera después de ser cepillada.
42. **DIMENSIÓN NETA:** Medida final de un elemento de madera después de haber sido procesado mediante secado, cepillado, rebajado u otro.
43. **DIMENSIÓN NOMINAL:** Es la que tiene una pieza de madera antes de las operaciones de maquinado, comúnmente denominada dimensión comercial.
44. **DISTANCIA AL BORDE:** Distancia medida desde el centro de un elemento de unión a una arista lateral de una pieza.
45. **DISTANCIA AL EXTREMO:** Distancia de un elemento de unión a la arista extrema de una pieza.
46. **DURAMEN:** Es la madera que proviene de la zona central de árbol, esta constituida por células maduras.
47. **DURMIENTE:** Pieza o elemento de madera colocado de forma horizontal, sobre el cual se apoyan otros, horizontales, verticales ó inclinados.
48. **ELEMENTOS COMPUESTOS:** Son los formados mediante la unión de varios elementos estructurales entre sí, dispuestos para soportar las solicitaciones que puedan presentarse en una estructura mediante el trabajo en conjunto.
49. **ELEMENTOS DE UNIÓN:** Se emplean para ensamblar piezas, para lograr su continuidad, forma y resistencia. Generalmente son de acero o de otro metal.
50. **ELEMENTOS MIXTOS:** Son elementos estructurales que se forman con la unión de diferentes tipos de materiales trabajando como uno, tales como vigas o columnas mixtas (de madera y metal), uniones mixtas (de madera y placas o accesorios metálicos), etc.
51. **ENCOFRADO:** Es el recipiente dentro del cual se realiza el vaciado del hormigón para obtener la configuración de diseño requerida. Aún cuando este se use de forma temporal, tiene un efecto permanente sobre la estructura final del hormigón.

52. **ENTABLADO:** Revestimiento de elementos de madera unidos por sus bordes y que descansan en algún tipo de apoyo, pueden usarse en entrepisos, techos o paredes.
53. **ENTRAMADO:** Conjunto de elementos o piezas de madera convenientemente unidas entre si. Es el esqueleto estructural de una edificación, puede ser horizontal o vertical.
54. **ESCUADRÍA:** Son las dimensiones de la sección transversal de una pieza que está o ha de ser labrada a escuadra.
55. **ESFUERZO ADMISIBLE:** Es el que representa el esfuerzo máximo real que se considera adecuado para el diseño de los elementos estructurales de una edificación.
56. **ESFUERZO BÁSICO:** Es el índice de la resistencia de un elemento de madera libre de defectos (de fibra recta, libre de nudos y rajaduras), al que se aplican diversos factores de corrección, según las condiciones en que se encuentre el elemento en estudio, para obtener el Esfuerzo Admisible asociado.
57. **ESFUERZO CALCULADO:** Es el esfuerzo resultante de las solicitaciones de servicios.
58. **ESFUERZO DE ROTURA:** Es el obtenido empleando la carga máxima que puede soportar un espécimen al ser ensayado.
59. **ESPACIAMIENTO:** Distancia entre elementos.
60. **ESPESOR:** Dimensión menor de la escudaría de una pieza.
61. **ESTRUCTURAS PROVISIONALES:** Son aquellas destinadas a cumplir diferentes funciones, como pueden ser de apoyo, transporte u otras mientras dure el proceso de construcción. Estas generalmente son desmanteladas después de haber cumplido la función temporal para la que fueron creadas.
62. **FIBRAS:** Son las que definen la dirección de los elementos celulares axiales de la madera con relación al eje del árbol.
63. **FORRO O DUELA DE CONTACTO:** Es la madera en encofrados que tiene como función dar forma y acabado al hormigón. Deberá mantener siempre sus propiedades estructurales.
64. **FRISO:** Tabla ubicada de canto, de forma tal que una de sus caras sirva de remate.
65. **FUNGICIDA:** Compuesto utilizado para la destrucción de hongos.
66. **GALLETAS:** Son piezas que sirven para unir y fijar elementos en un encofrado.
67. **IGNÍFUGOS:** Compuestos químicos que reducen el grado de combustibilidad de la madera y la velocidad de propagación de las llamas, retardando la acción del fuego.
68. **JUNTA CONSTRUCTIVA:** Espacio libre que queda entre dos partes contiguas de una construcción.
69. **MACHICHEMBRADO:** Ensamble de dos piezas de madera por sus bordes, de manera que tengan un encaje perfecto.

70. **MADERA LAMINADA:** Placa compuesta de un conjunto de capas de madera unidas con adhesivo, generalmente en número impar, en la cual las capas adyacentes se colocan con la dirección de la fibra perpendicular entre sí.
71. **MADERA HÚMEDA:** Madera aserrada de Contenido de Humedad (CH) mayor al 18%. El valor máximo admisible se limita al 30%.
72. **MADERA SECA:** Madera aserrada de Contenido de Humedad (CH) menor o igual al 18%.
73. **MADERA TRATADA:** Es la que se ha sometido a un proceso de secado y preservación.
74. **MADERA EN ESTADO VERDE:** Es la que no ha sufrido ningún proceso de secado. Generalmente su contenido de humedad es superior al 30%.
75. **MÓDULO DE CORTE O RIGIDEZ:** Es el que relaciona las deformaciones con los esfuerzos de corte que les dan origen.
76. **MÓDULO DE ELASTICIDAD:** Es la medida de la rigidez de un material, en la madera puede determinarse directamente de la curva esfuerzo-deformación, obtenida mediante los ensayos empleados en los esfuerzos de rotura.
77. **MONTAJE:** Acción y efecto de ensamblar, acoplar y levantar los diferentes componentes de una construcción.
78. **MONTANTE:** Pieza que generalmente en posición vertical en el plano de trabajo, forma parte de un sistema estructural. En tijerillas o cerchas es usado como elemento de refuerzo y soporte vertical (véase fig. 73).
79. **MUESCA O MORDIDA:** Hueco que se realiza en una pieza de madera para encajar otra.
80. **MURO CORTAFUEGO:** Pared separadora de material resistente al fuego, usada en edificaciones para dividir e impedir la propagación del fuego de un lado a otro.
81. **NAFTENATOS:** Son compuestos cerosos o gomosos usados para la preservación de la madera. Dentro de los más comunes se encuentran los de cobre o zinc.
82. **PAREDES DE CORTE:** Son elementos verticales diseñados para resistir las cargas laterales y gravitacionales que se puedan producir en una edificación de madera y pueden estar constituidas por un entramado de pies derechos, soleras perimetrales, rigidizadores intermedios y por algún tipo de revestimiento de madera.
83. **PENTACLOROFENOL:** Compuesto químico cristalino usado para la preservación de la madera, se forma por reacción del cloro sobre el fenol. Es muy eficaz contra hongos e insectos.
84. **PESO ANHIDRO:** Es el que se obtiene de la madera que se ha secado al horno a una temperatura de $103 \pm 2^\circ \text{C}$.
85. **PESO ESPECÍFICO DE LA MADERA:** Relación entre la densidad de la madera y la densidad del agua.
86. **PIE DE AMIGO:** Elemento de sección rectangular o cuadrada que generalmente se usa con una inclinación de 45 grados o más para dar estabilidad y sostén a encofrados de muros y columnas.

87. **PIE DERECHO:** Pieza vertical que generalmente trabaja a compresión y sirve para dar soporte y rigidez a los entramados de paredes de madera.
88. **PIEZAS DE MADERA ESTRUCTURAL:** Son aquellos elementos de la construcción que están destinados a soportar esfuerzos en forma permanente, y que requieren de un proceso de análisis y diseño para su dimensionamiento.
89. **PLATEA O LOSA DE CIMENTACIÓN:** Placa de hormigón armado, que se extiende bajo el área completa de una edificación, generalmente usada en casos de suelos blandos y cargas excesivas.
90. **PLETINA O PLATINA:** Pieza metálica tipo placa alargada, empleada en la fijación de elementos estructurales.
91. **POSTES:** Son elementos estructurales sometidos esencialmente a cargas de compresión y que actúan en forma aislada.
92. **PROCESO DE PRESERVACIÓN:** Consiste en aplicar sustancias químicas, capaces de prevenir o contrarrestar la acción de varios tipos de organismos y factores que afectan la integridad de la madera.
93. **PUNTALES:** Son elementos que se usan para soportar temporalmente una construcción, generalmente recibe las cargas que le transmiten las cargaderas en un encofrado.
94. **REVESTIMIENTO:** Elemento de construcción con que se le da terminación y resguardo a una superficie. Puede ser estructural o no.
95. **RIGIDIZAR:** Fijar y asegurar los elementos de una estructura, enlazándolos unos con otros para que presenten mayor estabilidad frente a las cargas.
96. **RODAPIÉS:** Pieza que se usa para dar soporte inferior a los barrote o birote de un encofrado de madera.
97. **ROLLIZO:** Madera en forma cilíndrica, que se emplea sin elaborar.
98. **SALES CCA:** Sales preservadoras de la madera, cuyos componentes activos son cobre, cromo y arsénico. Suelen ser ácidas y por lo tanto corrosivas.
99. **SALES CCB:** Sales preservadoras de la madera, cuyos componentes activos son cobre, cromo y boro. Estas sales son poco nocivas para los seres humanos y animales por no contener arsénico en su composición.
100. **SECADO:** Proceso mediante el cual se disminuye el contenido de humedad de la madera.
101. **SECCIÓN LONGITUDINAL:** Es la que resulta de cortar una madera en sentido paralelo a sus fibras.
102. **SECCIÓN TRANSVERSAL:** Es la que resulta de cortar una madera en sentido perpendicular a sus fibras.
103. **SELLADOR:** Material interpuesto entre dos piezas de una junta para cerrar el espacio libre que queda entre ellas. También es usado en forma de sustancia líquida, para cubrir los poros de diversas superficies.

- 104. SOLERA:** Pieza horizontal de madera que asentada sobre un muro, piso o entramado (horizontal o vertical) sirve de apoyo y/o amarre a otros elementos horizontales, verticales o inclinados, tales como pies derechos, viguetas u otros.
- 105. TABLEROS:** Son elementos que se obtienen por medio de algún proceso industrial, a partir de la madera. Estos pueden ser de plywood, madera contrachapada de fibras o de partículas, etc.
- 106. TAPAJUNTAS:** Listón de madera u otro material usado para cubrir una junta constructiva.
- 107. TÍMPANO:** Superficie triangular circunscrita entre las cuerdas superiores inclinadas de la parte frontal o posterior de un techo de madera a dos aguas y su base o cuerda inferior. Véase Fig. 55.
- 108. TIRANTE:** Elemento de un sistema estructural que para cargas gravitacionales trabaja a tracción. Se usa en tijerillas o cerchas, sistemas de techos (Véase Fig. 53) u otros.
- 109. TORNILLO ROSCA MADERA:** Tornillo de rosca uniforme y cónica, usado como elemento de fijación en madera.
- 110. TRABAJO EN CONJUNTO:** Es cuando tres o más elementos de un sistema soportan una carga común distribuida entre ellos, presentando un buen comportamiento estructural.
- 111. UNIÓN:** Intersección de dos o más elementos de una estructura.
- 112. VIGAS:** Elemento horizontal o inclinado sometido principalmente a cargas transversales, cuyo trabajo principal es a flexión.
- 113. VIGUETAS:** Son vigas secundarias, cuya función principal es la de soportar directamente las cargas de techos, pisos o entresijos, siendo soportadas a la vez por otros elementos estructurales tales como vigas, muros y otros.
- 114. VOLADIZO:** Elemento estructural con un extremo libre, que sobresale de las paredes de una construcción.
- 115. YUGOS:** Son los elementos del encofrado usados para soportar y rigidizar los barrotes o biotes.
- 116. ZÓCALO:** Elemento de protección de las paredes que se coloca en la intersección del piso con éstas. Puede ser de madera u otro.

ARTÍCULO 7.- NOTACIÓN GENERAL. Los términos utilizados en este reglamento tendrán la notación y el significado que se indica a continuación:

- A = área de la sección transversal de un elemento o área de apoyo, cm^2
- b = ancho de la sección transversal de un elemento, cm
- c = distancia del eje neutro a las fibras extremas, cm
- C = constante de modificación para madera contrachapada o plywood
- C_c = factor crítico de esbeltez en vigas y viguetas.
- C_k = constante límite entre columnas intermedias y largas
- C_s = factor de esbeltez en vigas y viguetas.
- CH = contenido de humedad en %.
- D = diámetro de un elemento de unión (clavo, tornillo o perno), mm

- D' = diámetro nominal de un tornillo rosca madera, mm
- E = módulo de elasticidad de la madera, kg/cm^2
- E_{min} = módulo de elasticidad mínimo, kg/cm^2
- FCH = factor de reducción por contenido de humedad
- FDC = factor de reducción por duración de carga
- FT = factor de reducción por tamaño
- f = factor de ajuste del peso volumétrico del hormigón
- f_{cpd} = esfuerzo calculado de compresión en la dirección perpendicular a las fibras, kg/cm^2
- f_m = esfuerzo máximo calculado por flexión, kg/cm^2
- f_v = esfuerzo cortante paralelo a las fibras calculado, kg/cm^2
- F_{adm} = esfuerzo admisible, kg/cm^2
- F_b = esfuerzo admisible para flexión, kg/cm^2
- F_{bp} = esfuerzo admisible para flexión, considerando tendencia al pandeo lateral en vigas o viguetas de madera, kg/cm^2
- F_{cpd} = esfuerzo admisible para compresión perpendicular a las fibras, kg/cm^2
- F_{cpt} = esfuerzo admisible para compresión paralela a la fibra, kg/cm^2
- F_{cr} = esfuerzo crítico de pandeo de Euler, kg/cm^2
- $F_{c\theta}$ = esfuerzo admisible para compresión actuando en una dirección θ , respecto a las fibras, kg/cm^2
- F_t = esfuerzo admisible para tracción paralela a la fibra, kg/cm^2
- F_v = esfuerzo admisible para cortante paralelo a las fibras, kg/cm^2
- G = módulo de corte o rigidez, kg/cm^2
- h = peralte de la sección transversal de un elemento, cm
- h_1 = peralte de la sección en la zona del recorte, cm
- H_1 = altura del hormigón sobre el nivel analizado, en un encofrado para columnas, m
- I = momento de inercia centroidal de la sección transversal de un elemento, cm^4
- lb/Q = constante para fuerza cortante por flexión madera contrachapada o plywood
- K = factor de longitud efectiva de una columna
- K_m = factor de amplificación de momentos debido a cargas axial
- l = longitud no arriostrada de un elemento, m
- l_e = longitud efectiva de un elemento, m
- L = luz entre caras de apoyos o distancia de la cara del apoyo al extremo (en el caso de voladizos) de un elemento sometido a cargas transversales, cm o m
- L_u = longitud entre apoyos o soportes laterales de un elemento, cm
- L_{Δ} = separación máxima entre apoyos de elementos de encofrados, para cumplir con los requisitos de deflexiones máximas admisibles, cm
- M = momento máximo flexionante, kg-cm
- n = número de planos de cortante
- N = carga de compresión actuante en el elemento, kg
- N_{adm} = carga axial admisible a compresión, kg
- N_{cr} = carga crítica de Euler para pandeo, kg
- P = carga admisible de un elemento de unión donde las fuerzas sean paralelas a las fibras, kg
- P_E = carga admisible para clavos y tornillos en uniones de madera sometidas a fuerzas de extracción, en kg/cm de penetración en la pieza que contenga la punta
- P_L = carga admisible para clavos y tornillos en uniones de madera sometidas a fuerzas laterales, kg

- P_{lat} = presión lateral calculada en los elementos de un encofrado de madera, kg/m^2
- Q = carga admisible de un elemento de unión donde existan fuerzas perpendiculares a las fibras, kg
- r = radio de giro mínimo de una sección transversal, cm
- R = reacción en área de apoyo o contacto, kg
- R_v = rapidez de vaciado del hormigón en un encofrado, m/hr
- S = módulo de sección de un elemento, cm^3
- S_R = separación máxima entre riostras de madera, cm
- t = espesor efectivo de diseño para la madera en uniones con clavos, tornillos y pernos, mm
- T = carga de tracción paralela a la fibra actuante en el elemento, kg
- T_{adm} = carga axial admisible a tracción paralela a la fibra, kg
- T_h = temperatura del hormigón, $^{\circ}\text{C}$
- V = cortante máximo en una sección transversal, kg
- W = carga uniformemente distribuida, kg/cm
- χ_c = distancia máxima entre apoyos de elementos sometidos a fuerza cortante en un encofrado, cm
- χ_f = distancia máxima entre apoyos de elementos sometidos a flexión en un encofrado, cm.
- y = distancia del eje neutro a la fibra a cuya altura se desea determinar el esfuerzo, cm
- Z = momento estático del área de la sección transversal de un elemento por encima de la fibra en la cual se determina un esfuerzo cortante (f_v), cm^3
- λ = relación de esbeltez en columnas (se considera la mayor)
- Δ = deflexión, cm
- Δ_{adm} = deflexión máxima admisible para elementos de madera maciza sometidos a cargas transversales, cm
- Δ_c = deflexión por corte, cm
- Δ_f = deflexión por flexión, cm
- $\Delta_{equivalente}$ = valor equivalente para la estimación de deflexiones (instantáneas + diferidas) en un elemento de madera, cm
- Δ_m = deflexión debida a cargas muertas, cm
- Δ_T = total de la suma de deflexiones por corte + deflexiones por flexión en un elemento de madera ($\Delta_T = \Delta_c + \Delta_f$), cm
- Δ_v = deflexión debida a cargas vivas, cm
- θ = ángulo entre la dirección de la carga y la dirección de las fibras
- ϕ = factor de estabilidad lateral en vigas o viguetas
- γ = peso específico de la madera, (adimensional)
- γ_h = peso volumétrico del hormigón normal ($2,400 \text{ kg/m}^3$)
- γ_h' = peso volumétrico del hormigón diferente al normal ($\gamma_h' \neq 2,400 \text{ kg/m}^3$)

ARTÍCULO 8.- COMENTARIOS. Los artículos que contengan el símbolo (►) previo al número del artículo, tienen un comentario aclaratorio en el anexo de este Reglamento. En el anexo, el comentario tendrá el número del artículo al que corresponda en el reglamento, y estará precedido por la letra C.

CAPÍTULO II

CRITERIOS GENERALES PARA SELECCIÓN DE LA MADERA ESTRUCTURAL

ARTÍCULO 9.- CALIDAD. Toda madera utilizada como elemento estructural, deberá satisfacer los requisitos mínimos de la Norma de Clasificación Visual por Defectos, establecidos en el Anexo 3, y cumplir con los requerimientos de los Artículos 45 al 50, en cuanto a clasificación y resistencia.

► **ARTÍCULO 10.- PROTECCIÓN.** La madera para uso estructural deberá estar seca, protegerse contra la humedad, ataques de hongos, insectos y cualquier otro agente destructor, desde su corte y almacenamiento hasta la construcción, mediante la aplicación de productos químicos para su preservación. Antes del proceso de preservación, los elementos de madera deberán prepararse adecuadamente, con sus dimensiones finales, cortes, agujeros taladrados y otros.

ARTÍCULO 11.- Para la protección de la madera se deberá utilizar uno de los preservantes siguientes: las creosotas, pentaclorofenol (soluble en aceite), pentaclorofenato de sodio (soluble en agua), naftenatos (cobre y zinc), sales CCA (cobre-cromo-arsénico) y sales CCB (cobre-cromo-boro) entre otros; éstos deberán aplicarse hasta penetrar una profundidad considerable en la madera a proteger, de acuerdo al tratamiento y tipo de madera a preservar, según las especificaciones correspondientes de la ASTM.

ARTÍCULO 12.- Los compuestos a base de creosotas o pentaclorofenol no deberán ser aplicados en espacios interiores a ser ocupados por personas o animales.

ARTÍCULO 13.- PROTECCIÓN CONTRA HUMEDAD. La madera deberá ser almacenada y protegida apropiadamente contra la humedad, para evitar putrefacción, ataques de hongos, y en ocasiones para evitar que sea conductora de electricidad. Los elementos estructurales de madera deberán apoyarse en muros o pedestales de hormigón armado, metal o algún otro material que garantice su buen comportamiento y protección.

ARTÍCULO 14.- La madera deberá ser aislada del contacto con los cimientos, losas de hormigón armado, pedestales y/o muros de apoyo, mediante el uso de barreras de humedad o impermeabilizantes, que pueden consistir en material asfáltico (3 mm de espesor, mínimo), polietileno (0.25 mm de espesor, mínimo), brea de aplicación en caliente o cualquier otro producto afín (véase Artículos 176 al 178).

ARTÍCULO 15.- Si algún elemento de madera en la edificación va a estar a la intemperie, deberá ser preservado o recubierto con materiales impermeables; adicionalmente las superficies superiores de los mismos deberán tener inclinaciones de 10°, como mínimo, y las inferiores deberán ser protegidas por medio de goteros o pendientes (véase Artículos 193 y 194).

ARTÍCULO 16.- La madera que vaya a estar en contacto con el terreno, expuesta a deterioro por efectos del agua (dulce o salada) deberá ser preservada mediante impermeabilizantes y/u otros compuestos que garanticen su inmunización, para lo que se adoptarán las especificaciones del ASTM (D 3507, D1760, D390, D391) y los estándares de la AWP (Book of Standards).

ARTÍCULO 17.- PROTECCIÓN CONTRA HONGOS. Toda madera deberá estar protegida desde que se corta y durante el apilado, mediante el uso de fungicidas, fumigándola y almacenándola en un ambiente con un contenido de humedad mínimo ($CH \leq 18\%$) y ser preservada mediante sustancias químicas contra

ataques de hongos y putrefacción (véase especificaciones ASTM (D1760, D370, D1272)); la madera que presente este tipo de ataques, no deberá ser empleada para fines constructivos.

ARTÍCULO 18.- PROTECCIÓN CONTRA INSECTOS. En zonas donde la madera pueda ser atacada por insectos como termitas subterráneas (comején), gorgojos u otros insectos, será obligatorio el acondicionamiento del suelo con insecticidas y el uso de recubrimientos metálicos en la cimentación (véase Artículo 179), así como también la preservación mediante productos químicos adecuados como son el pentaclorofenol (ASTM D1272), creosotas (ASTM D390, D391) y demás. Para garantizar una penetración más profunda y mayor absorción de los preservadores en la madera, podrán utilizarse tratamientos a presión, siempre y cuando cumplan con los estándares correspondientes (ASTM D1760).

► **ARTÍCULO 19.- PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO.** Se adoptarán las especificaciones del ASTM (D5664 y E119) para fines de protección de los elementos de madera en lo referente a la resistencia al fuego. Adicionalmente toda edificación de madera deberá cumplir con las siguientes disposiciones y las regulaciones del Reglamento contra Incendios (Unidad 3), primando la de mayor restricción.

ARTÍCULO 20.- Las paredes de madera en una edificación para uso habitacional deberán tener una resistencia mínima al fuego de ½ hora, exceptuando las paredes divisorias en edificaciones duplex (dos edificaciones con una pared común) para las cuales se requerirá una resistencia mayor de 1 hora; estas paredes deberán funcionar como elementos continuos (elementos cortafuego) para poder crear separaciones o barreras contra él.

ARTÍCULO 21.- Para retardar la acción del fuego sobre la madera y la velocidad de propagación de las llamas, se aplicarán productos ignífugos o retardadores químicos mediante los tratamientos siguientes:

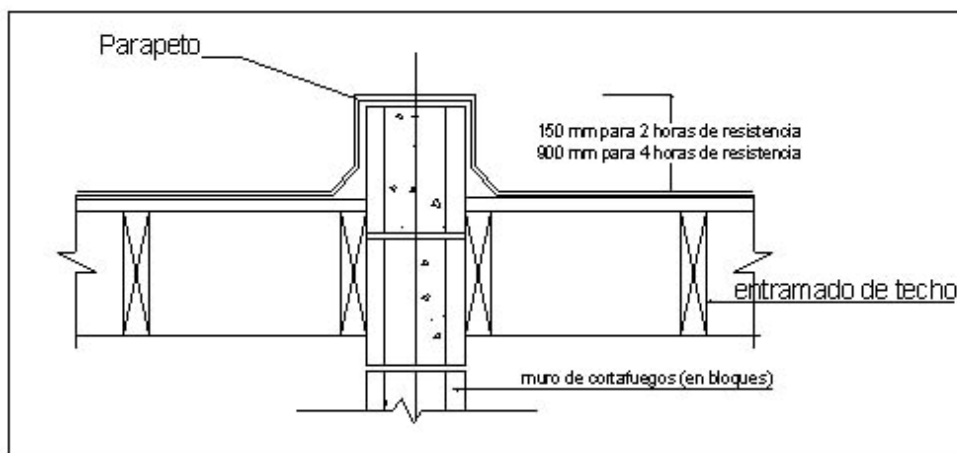
- a. **Impregnación:** Podrán emplearse sales tales como fosfato monoamónico y diamónico, sulfato de amonio, cloruro de zinc, tetraborato de sodio y ácido bórico, con la aplicación de presiones al vacío que varían desde 18 kg/cm² hasta 70 kg/cm². Deberán impregnarse de 40 a 80 kg de sal seca por metro cúbico de madera.
- b. **Recubrimiento:** Podrán aplicarse pinturas a base de silicatos solubles en agua, resinas de urea, alginatos, emulsiones polivinílicas, etc. Estos retardantes deberán ser aplicados en mayores espesores que una pintura convencional, con un rendimiento por galón de 10 a 17 m².

ARTÍCULO 22.- La distancia mínima entre edificaciones adyacentes deberá ser de 1.20 m, entre sus partes más cercanas (paredes exteriores u otros); de ser menor, deberá garantizarse como mínimo una hora de exposición al fuego en cada una de ellas.

ARTÍCULO 23.- En edificaciones múltiples (varias edificaciones con más de una pared en común) se deberán utilizar muros de hormigón armado o de bloques como muros cortafuego en las divisiones, éstos deberán garantizar que el fuego no se propague de una edificación a otra, soportar severas exposiciones al fuego y además permanecer estables durante dichas exposiciones. La resistencia al fuego de estos muros deberá ser de 2 a 4 horas. Para viviendas será suficiente una resistencia de dos horas.

ARTÍCULO 24.- En caso de usar muros de bloques como muros cortafuego, éstos deberán tener un espesor mínimo de 0.20 m para conseguir una resistencia de 2 horas y de 0.30 m para 4 horas de resistencia. Estos muros cortafuego deberán ser continuos, y su altura deberá prolongarse más arriba de la cobertura del techo por lo menos 0.15 m en muros con dos horas de resistencia al fuego y 0.90 m en muros con 4 horas de resistencia. (Véase Fig.1)

FIGURA 1
MURO CORTAFUEGO CON PARAPETO



ARTÍCULO 25.- MANTENIMIENTO. Se recomienda que toda edificación de madera reciba mantenimiento a lo largo de su vida útil, lo cual incluirá:

- Repintar las superficies expuestas a los efectos del sol y el viento o si la madera ha sido tratada con inmunizantes colocados con brocha, aplicar un nuevo tratamiento con la periodicidad y las precauciones que el fabricante del producto recomiende.
- Fumigar por lo menos una vez al año para evitar la presencia de agentes biológicos perjudiciales.
- Evitar que por causa de humedad lleguen a formarse hongos.
- Mantener limpios los techos y los canales de desagües.

CAPÍTULO III **DOCUMENTOS DEL PROYECTO ESTRUCTURAL**

► **ARTÍCULO 26.- MEMORIA DE CÁLCULOS ESTRUCTURALES.** Se deberá presentar la Memoria de Cálculos Estructurales, la cual describirá detalladamente los criterios de análisis y diseño estructural adoptados, los principales datos y resultados, las secciones dimensionadas de los elementos que componen la o las estructuras definitivas y/o provisionales (encofrados y andamios) del proyecto, sus uniones y cualquier combinación entre elementos estructurales que se pudiere presentar. En la memoria descriptiva del proyecto estructural se deberá indicar, como mínimo, lo siguiente:

- Descripción del Sistema Estructural.
- Cargas consideradas.
- Características y resistencias de todos los Materiales Estructurales.
- Resultados de los análisis y diseños de todos los elementos estructurales, sus uniones y de las estructuras provisionales (encofrados y andamios), que lo ameriten (véase Artículo 154).

ARTÍCULO 27.- En los casos no cubiertos por este Reglamento que requieran del uso de una Reglamentación no contemplada en las disposiciones vigentes, deberá presentarse copia de la misma ante la SEOPC, a través de la Oficina de Tramitación de Planos correspondiente, para fines de su aprobación.

ARTÍCULO 28.- INFORME DE MECÁNICA DE SUELOS. El Informe de Mecánica de Suelos deberá regirse de acuerdo a las especificaciones del Reglamento de Estudios Geotécnicos (Unidad 4). En el caso de edificaciones de madera individuales económicas rurales de un solo piso, no será imprescindible la presentación del estudio geotécnico, siempre que se usen valores conservadores para el esfuerzo admisible del terreno. El diseño de las cimentaciones deberá regirse por el Reglamento de Estructuras de Hormigón Armado (Unidad 5 – Título 2).

ARTÍCULO 29.- PLANOS ESTRUCTURALES. Los planos de las estructuras (definitivas y provisionales), deberán mostrar las plantas, elevaciones y secciones estructurales de la o las edificaciones diseñadas, los detalles de todos los elementos estructurales, sus uniones, juntas y cualquier otro que fuere necesario para el buen desenvolvimiento de la construcción en general, con dimensiones y ubicación relativa de todos.

ARTÍCULO 30.- Deberán constar en los planos estructurales, los niveles de piso, los centros de las columnas y las excentricidades de sus ejes. Estos planos se dibujarán a una escala suficientemente grande para poder apreciar fácilmente los detalles de diseño a escala, no menor de 1:100.

ARTÍCULO 31.- Cuando se requiera de contraflechas en algún elemento estructural, éstas deberán precisarse en planos. Igualmente deberán indicarse en los mismos cualquier requisito en cuanto a rigidez y arriostramiento a ser aplicado en el proyecto estructural.

ARTÍCULO 32.- También deberá especificarse en los planos, la información siguiente:

1. Calidad de Materiales a usar en cada uno de los elementos estructurales.
2. Esfuerzo admisible del terreno usado para el diseño de las cimentaciones.
3. Detalles de armaduras especiales según requisitos de ductilidad en nudos, vigas y columnas de H. A., en caso de usarse estos. (Véase el Reglamento para Diseño y Construcción de Hormigón Armado).

ARTÍCULO 33.- SISTEMA DE UNIDADES. Todos los documentos del proyecto estructural deberán ser preparados usando las unidades del Sistema Métrico Decimal (MKS) y especificar entre paréntesis () su equivalente en el Sistema Internacional (SI). Podrán indicarse en planos las secciones de los elementos de madera y sus elementos de unión, por su denominación comercial actual, en pulgadas.

TÍTULO II REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO

CAPÍTULO I FUNDAMENTOS DE DISEÑO

► **ARTÍCULO 34.- MÉTODO DE DISEÑO.** Para los fines de este Reglamento, el criterio de diseño a seguir para elementos de madera y los dispositivos de unión requeridos por estas estructuras, estará basado en el Método de los Esfuerzos Admisibles, también conocido internacionalmente como (ASD); la aplicación de cualquier otro método estará sujeta a lo descrito en el Artículo 3.

ARTÍCULO 35.- REQUISITOS DE ESFUERZOS. Los esfuerzos aplicados, producidos por las cargas de servicio, deberán ser menores o iguales a los esfuerzos admisibles del material, cumpliendo con lo siguiente:

Esfuerzos Aplicados \leq Esfuerzos Admisibles

ARTÍCULO 36.-REQUISITOS DE RIGIDEZ. Deberán evaluarse las deformaciones debidas a cargas muertas y cargas vivas de acuerdo a lo establecido en los Artículos del 67 al 69, considerándose además incrementos de deformaciones con el tiempo o deformaciones diferidas (Artículo 37), teniendo en cuenta que el total de las deformaciones deberá ser menor que la admisible preestablecida:

Deformaciones Totales \leq Deformaciones Admisibles

► **ARTÍCULO 37.-** En los cálculos de deformaciones de los elementos de madera se estimarán las deformaciones diferidas por flujo plástico, multiplicando las deflexiones debidas a cargas muertas o cargas de aplicación continua (Artículo 41), por un factor de 1.8.

ARTÍCULO 38.- DIMENSIONES DE DISEÑO. En todos los cálculos de elementos estructurales de madera se considerarán las propiedades de las secciones basadas en sus dimensiones netas, teniendo en cuenta las reducciones por secado, taladrado, rebajado y/o cualquier otro procesamiento de los mismos.

ARTÍCULO 39.- Para el diseño y construcción de las estructuras de madera se utilizarán las siguientes dimensiones de cálculo, en base a las dimensiones nominales adoptadas por este reglamento:

TABLA 1
DIMENSIONES DE CÁLCULO EN BASE
A DIMENSIONES NOMINALES

Dimensiones	
Nominal (pulg)	De Cálculo (cm)
1	1.98
1¼	2.70
1½	3.33
2	4.13
2½	5.40
3	6.67
4	9.21
5	11.75
6	14.29
7	16.85
8	19.05
9	21.59
10	24.13
12	29.31
14	34.29
16	39.37
18	44.45
20	49.53
22	54.61
24	59.69

PÁRRAFO: Las dimensiones de cálculo en elementos de madera podrán tener las tolerancias siguientes:

a) En sección transversal:

(- 1 mm) y (+ 2 mm) en dimensiones menores de 1.50 cm.
(- 2 mm) y (+ 4 mm) en dimensiones mayores de 1.50 cm.

b) En sección longitudinal:

(-1 mm) y (+ 3 mm) en todas las piezas

ARTÍCULO 40.-CARGAS DE DISEÑO. Todos los diseños se harán bajo cargas de servicio, tales como muertas, vivas, laterales o de cualquier otro tipo que represente las condiciones esperadas durante la vida útil de una estructura de madera, y deberán regirse de acuerdo a lo especificado en los reglamentos vigentes (Cargas Mínimas u otro) atendiendo a la posibilidad de su ocurrencia simultanea, excepto en los casos de sismo y viento, donde no se requerirá el carácter de simultaneidad.

ARTÍCULO 41.-CARGAS DE APLICACIÓN CONTINUA. Se considerarán como cargas de aplicación continua, las cargas muertas o permanentes, y las cargas vivas de larga duración con relación a la vida útil de la estructura, tales como cargas vivas de bibliotecas, almacenes u otros.

ARTÍCULO 42.-CARGAS LATERALES (SISMO Y VIENTO). Se deberán diseñar las estructuras de madera para las cargas producidas por efecto del Sismo o del Viento, considerándose este último equivalente a una presión (empuje o succión) que actúa perpendicularmente a las superficies expuestas.

ARTÍCULO 43.- Ningún elemento estructural de madera (paredes de corte, diafragmas horizontales, cerchas, u otro) deberá ser usado para resistir las fuerzas sísmicas producidas por la mampostería u hormigón, en edificaciones.

CAPÍTULO II PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA ESTRUCTURAL

► **ARTÍCULO 44.-** Las propiedades mecánicas de la madera que se contemplarán en este Reglamento para fines de diseño, se definirán en base a ensayos según ASTM D143 "Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber" (Métodos de Pruebas Estándares para Pequeñas Probetas Limpias de madera) como sigue:

- a. **Resistencia a Flexión.** Los índices de resistencia a flexión estarán dados por el módulo de elasticidad y el esfuerzo de rotura de la madera. Estos valores varían de una especie a otra y pueden determinarse mediante relaciones esfuerzo-deformación. (Véase Comentario C44).
- b. **Resistencia a Compresión Paralela a la Fibra.** Esta resistencia estará limitada por el pandeo de las fibras, antes que por la resistencia propia al aplastamiento. Como índice del comportamiento mecánico de la madera en columnas u otros elementos de este material, podrán tomarse las resistencias obtenidas de probetas de 2" x 2" x 8", sometidas a compresión paralela a la fibra.
- c. **Resistencia a Compresión Perpendicular a la Fibra.** Se tomará como índice de resistencia a la compresión perpendicular a la fibra, el valor del esfuerzo correspondiente al límite de proporcionalidad. En caso de no contar con este valor, se podrá suponer un valor equivalente al 20 por ciento de la resistencia paralela a la fibra.
- d. **Resistencia a Tracción.** La resistencia a tracción paralela a la fibra dependerá de la densidad de la especie de la madera y de la inclinación de la fibra. Para fines prácticos la resistencia a tracción perpendicular a la fibra podrá considerarse nula, excepto en casos de uniones a base de pernos, donde deberá ser considerada. (Véase Comentario 44).
- e. **Resistencia a Cortante.** Se podrá considerar que la resistencia a cortante paralela a la fibra es de un 10 a un 15 por ciento de la resistencia a tracción paralela a la fibra, aproximadamente y que la resistencia a cortante perpendicular a la fibra es de 3 a 4 veces mayor que en la dirección paralela. (Véase Comentario C44).

CAPÍTULO III CLASIFICACIÓN DE LA MADERA ESTRUCTURAL

► **ARTÍCULO 45.-** De acuerdo a su peso específico y densidad (Véase Comentario C45), la madera estructural de uso regular en el país se clasificará de acuerdo a la tabla siguiente:

TABLA 2
CLASIFICACIÓN DE LA MADERA ESTRUCTURAL

Grupo	Nombre Comercial	Peso Específico (γ)	Densidad (kg/m^3)
A	Pino Americano	De 0.70 a 0.55	De 700 a 550
B	Pino Brasileño y Pino Chileno	De 0.54 a 0.40	De 540 a 400

CAPÍTULO IV ESFUERZOS ADMISIBLES

► **ARTÍCULO 46.-** Para fines del diseño de las estructuras de madera, los esfuerzos admisibles que regirán en el presente Reglamento serán los siguientes:

TABLA 3
ESFUERZOS ADMISIBLES PARA MADERAS CLASIFICADAS ESTRUCTURALMENTE (Kg/cm^2)

Esfuerzos Admisibles Grupo	Flexión (F_b)*	Compresión Paralela (F_{cpl})*	Compresión Perpendicular (F_{cpd})	Tracción Paralela (F_t)	Cortante Paralelo (F_v)
A	85	55	15	40	6.5
B	60	35	10	30	5.5

*Se permitirá incrementar los esfuerzos admisibles de flexión y compresión paralela, de la Tabla 3 para la combinación de carga muerta + viva + viento o sismo en un 25% y para la de carga muerta + viva + impacto en un 33%. Siempre deberá regir la combinación de carga que resulte ser más desfavorable con respecto a los esfuerzos.

ARTÍCULO 47.- Los esfuerzos resistentes en condiciones últimas, asociados en cada caso han sido obtenidos mediante ensayos según norma ASTM D-143, para los grupos de madera indicados y para cada una de las propiedades resistentes establecidas en el Artículo 44 de este Reglamento. (Véase Comentario C46).

ARTÍCULO 48.- Los esfuerzos admisibles de la Tabla 3, serán aplicables a estructuras en ambiente seco, sometidas a cargas de duración normal (10 años o menos) y a vigas o viguetas de madera maciza con peraltes menores o iguales que 12 pulgadas (30 cm). Para otras condiciones, estos esfuerzos deberán ser afectados de los factores de reducción siguientes:

TABLA 4
FACTORES DE REDUCCIÓN (FCH Y FDC)

Esfuerzos Factor	Flexión	Compresión Paralela	Compresión Perpendicular	Tracción Paralela	Cortante Paralelo	Módulo de Elasticidad
FCH	0.85	0.80	0.45	0.85	0.80	0.85
FDC	0.90	0.85	0.90	0.85	0.90	0.90

-FCH = factor de reducción por contenido de humedad: aplicable cuando CH $\geq 18\% \pm 2\%$.

-FDC = factor de reducción por duración de carga: aplicable a elementos sometidos a cargas de aplicación continua (Artículo 41).

TABLA 5
FACTOR DE REDUCCIÓN (FT), PARA ESFUERZOS DE FLEXIÓN

Espesor nominal (pulg)	14"	16"	18"	20"	22"	24"
FT	0.97	0.95	0.92	0.90	0.87	0.85

FT = factor de reducción por tamaño: aplicable a elementos sometidos a cargas transversales con peraltes mayores de 12 pulgadas (30 cm).

CAPÍTULO V **MÓDULOS DE ELASTICIDAD Y RIGIDEZ**

ARTÍCULO 49.- MÓDULO DE ELASTICIDAD. El Módulo de Elasticidad o de Young, (E), que se aplicará en los cálculos de elementos en flexión, tensión o compresión en la dirección paralela a las fibras, será el indicado en la siguiente tabla, obtenido para los grupos de maderas estructurales clasificadas según la Artículo 45, de este Reglamento:

TABLA 6
MÓDULO DE ELASTICIDAD (Kg/cm²)

GRUPO	E
A	83,036
B	53,000

ARTÍCULO 50.- MÓDULO DE CORTE O RIGIDEZ. El Módulo de Corte o Rigidez, G , a usar para la determinación de las deformaciones debidas a esfuerzos de corte o cizallamiento, es el que sigue la dirección de las fibras de la madera. Su valor será 1/20 del módulo de elasticidad lineal.

TÍTULO III

DISEÑO DE ELEMENTOS DE MADERA MACIZA SOMETIDOS A CARGAS TRANSVERSALES

CAPÍTULO I

REQUISITOS DE APLICACIÓN Y DISEÑO

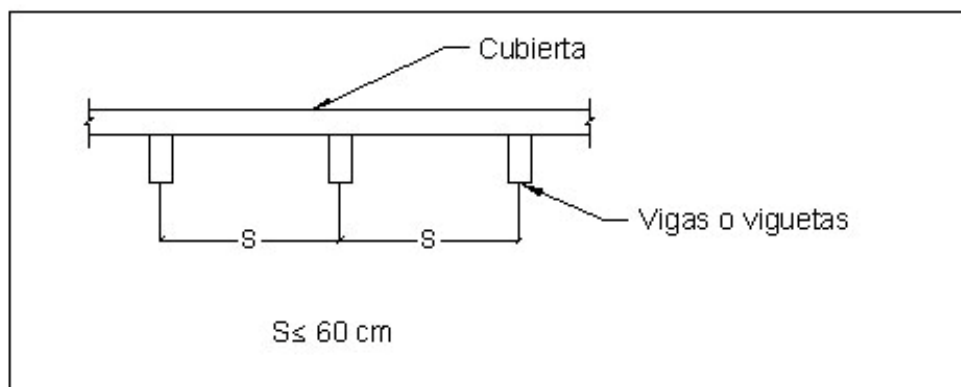
ARTÍCULO 51.- APLICACIÓN. Los criterios que se presentan en este título serán aplicables a vigas o viguetas con relaciones de peraltes a anchos menores o iguales a seis, ($h/b \leq 6$), y a elementos horizontales o inclinados sometidos a cargas transversales que formen parte de entrepisos o techos a base de estructuras de madera.

ARTÍCULO 52.- Los esfuerzos máximos producidos por el momento máximo de flexión, M , el cortante máximo, V y la mayor reacción de apoyo, R , no deberán exceder los esfuerzos admisibles para flexión, corte y compresión perpendicular a la fibra respectivamente, indicados en la Tabla 3 de este Reglamento.

ARTÍCULO 53.- Para vigas simplemente apoyadas, la longitud de diseño será la considerada como la distancia libre entre las caras de los apoyos, más la mitad de la sección requerida en los mismos en la dirección de la viga. Para vigas continuas, ésta se considerará como la distancia centro a centro entre apoyos continuos.

ARTÍCULO 54.- Los esfuerzos admisibles de flexión y cortante paralelo a la fibra (F_b y F_v), de la Tabla 3 y los módulos de elasticidad (E) de la Tabla 6, podrán incrementarse en un 10% al diseñar vigas o viguetas de sistemas de techo o entrepiso, siempre que se trate de 3 o más elementos de igual rigidez, espaciados a una distancia menor o igual a 60 cm y unidos por una cubierta que garantice un trabajo en conjunto (véase Fig. 2).

FIGURA 2
**SISTEMA DE VIGAS O VIGUETAS EN EL QUE PUEDE CONSIDERARSE
TRABAJO EN CONJUNTO**

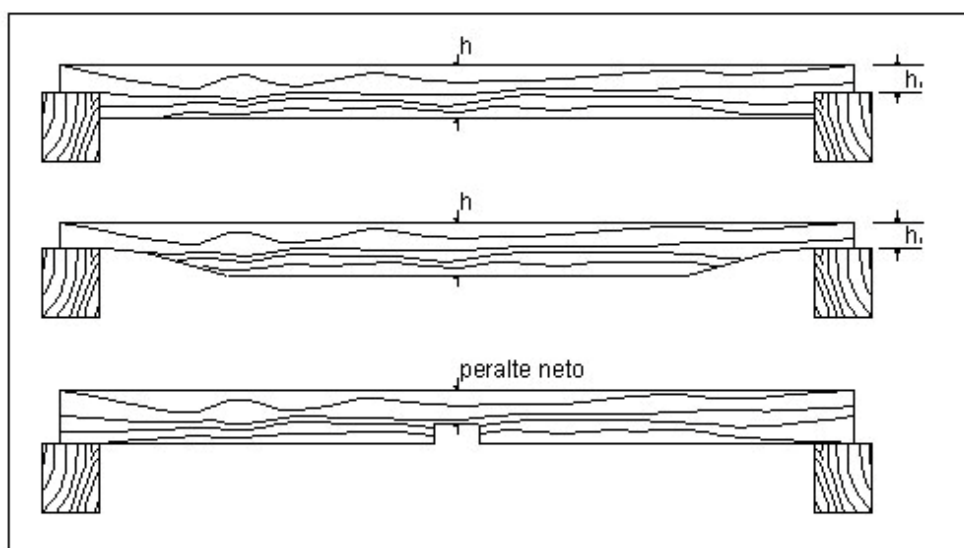


CAPÍTULO II LIMITACIONES EN RECORTES Y REBAJES

ARTÍCULO 55.- No se permitirán recortes, rebajes o perforaciones en las vigas de madera; sin embargo en caso de que esto sea requerido podrá ser permitido siempre y cuando no se afecte su resistencia, y se cumpla con los siguientes requisitos:

- No será permitido practicar recortes o rebajes en la zona de tracción de elementos cuyo ancho real sea igual o mayor a 10 cm.
- El límite para la profundidad de los recortes, será de $1/6$ de la altura total de la viga. En caso de ser superado este límite, o de presentarse una viga recortada en el centro de su longitud libre o cerca de la misma, como se muestra en la Fig. 3-c, ésta deberá diseñarse con el peralte neto de la sección recortada.
- La distancia entre los bordes de perforaciones no será menor que la altura del elemento, y la distancia entre el borde de una perforación y el borde del elemento no será menor que $h/6$.
- En vigas con apoyos simples, los recortes podrán localizarse, fuera del espacio definido entre la cara del apoyo y el punto que corresponda a $1/6$ de la luz.
- Cuando sea necesario recortar o rebajar una viga en sus extremos, como se muestra en las Figuras 3-a y 3-b, el esfuerzo cortante deberá ser calculado de acuerdo con la Ecuación (7).

**FIGURA 3
VIGAS RECORTADAS O REBAJADAS**



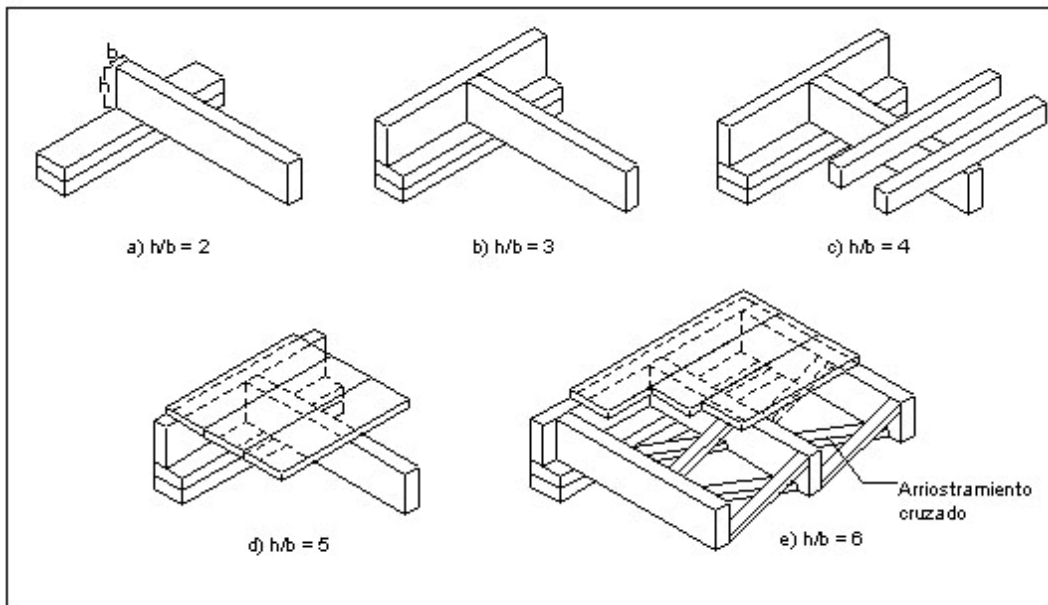
CAPÍTULO III ESTABILIDAD LATERAL

ARTÍCULO 56.- REQUISITOS DE ARRIOSTRAMIENTO. En elementos de sección rectangular, los requisitos de arriostramiento se establecerán mediante la relación peralte/ancho (h/b) y podrán ser aplicados a elementos sometidos a cargas transversales, contruidos con dos o más piezas del mismo peralte, h , considerándose el ancho total, siempre y cuando se garantice la unión entre ellos. Estos requisitos de arriostramiento son los siguientes:

- a. $h/b \leq 2$: No necesita apoyo lateral. (Véase Fig. 4-a).

- b. $h/b = 3$: Restringir el desplazamiento lateral en apoyos (rotación y traslación). (Véase Fig. 4-b).
- c. $h/b = 4$: Restringir el desplazamiento lateral en apoyos y mantener el elemento en posición mediante correas o viguetas, con una separación máxima de 0.60 m. (Véase Fig. 4-c).
- d. $h/b = 5$: Restringir el desplazamiento lateral en apoyos y conectar el borde en compresión directamente con el entablado o viguetas. (Véase Fig. 4-d).
- e. $h/b = 6$: Adicionalmente a los requisitos para $h/b = 5$, colocar arriostramiento cruzado u otro entre elementos, a distancias menores que ocho veces su dimensión transversal menor. (Véase Fig. 4-e).

FIGURA 4
ARRIOSTRAMIENTOS EN ELEMENTOS DE SECCIÓN RECTANGULAR SOMETIDOS A CARGAS TRANSVERSALES



ARTÍCULO 57.- PANDEO LATERAL. En los sistemas de vigas o viguetas que pueda presentarse inestabilidad o tendencia al pandeo lateral, por falta de soportes en la cara de compresión, el esfuerzo admisible para flexión, F_{bp} , que regirá para fines de diseño se establecerá de acuerdo a lo siguiente:

- a. Cuando $C_s \leq 10$, se utilizará como esfuerzo admisible en flexión, F_{bp} , el valor de F_b especificado en la Tabla 3, ($F_{bp} = F_b$).
- b. Cuando $10 < C_s \leq C_c$, se utilizará como esfuerzo admisible en flexión, F_{bp} , el valor de F_b especificado en la Tabla 3, multiplicado por un factor, ϕ , ($F_{bp} = \phi F_b$), el cual se calculará con la expresión siguiente:

$$\phi = 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{C_s}{C_c} \right)^4 \quad \text{Ec. (1)}$$

- c. Cuando $C_c < C_s \leq 50$, se utilizará como esfuerzo admisible en flexión, F_{bp} , el valor obtenido con la siguiente expresión:

$$F_{bp} = \frac{0.40E}{C_s^2} \quad \text{Ec. (2)}$$

PÁRRAFO: Los valores de C_s y C_c estarán dados por las ecuaciones siguientes:

$$\text{a. } C_s = 1.4 \sqrt{\frac{hL_u}{b^2}} \quad \text{Ec. (3)}$$

$$\text{b. } C_c = \sqrt{\frac{3E}{5F_b}} \quad \text{Ec. (4)}$$

L_u = Longitud entre apoyos o soportes laterales de un elemento, cm

CAPÍTULO IV FLEXIÓN

ARTÍCULO 58.- FLEXIÓN.- Los esfuerzos máximos producidos por flexión, f_m , no deberán exceder los esfuerzos admisibles para flexión, F_b , (véase Tabla 3), del grupo de madera utilizado en el diseño (Ec. 1).

$$f_m \leq F_b \quad \text{Ec. (5)}$$

► **ARTÍCULO 59.-** El diseño a flexión de cualquier elemento de madera maciza sometido a carga transversal deberá regirse según la siguiente expresión. Véase Comentario C59.

$$f_m = \frac{M}{S} \leq F_b \quad \text{Ec. (6)}$$

ARTÍCULO 60.- Para una sección rectangular sometida a flexión respecto del eje fuerte, la expresión anterior podrá tomar la siguiente forma:

$$f_m = \frac{6M}{bh^2} \leq F_b \quad \text{Ec. (7)}$$

CAPÍTULO V CORTANTE

ARTÍCULO 61.- CORTANTE.- El esfuerzo cortante paralelo a la fibra, f_v , no deberá exceder el esfuerzo admisible para cortante paralelo a la fibra, F_v , (véase Tabla 3), del grupo de madera utilizado para el diseño (Ec. 8). La resistencia a cortante en la dirección perpendicular a la fibra no requerirá de verificación.

$$f_v \leq F_v \quad \text{Ec. (8)}$$

ARTÍCULO 62.- El esfuerzo cortante paralelo a la fibra, f_v , que se produce a una distancia determinada del eje neutro, en la sección transversal de un elemento sometido a flexión, se regirá por la expresión:

$$f_v = \frac{VZ}{bI} \leq F_v \quad \text{Ec. (9)}$$

► **ARTÍCULO 63.-** En vigas de sección rectangular sometidas a flexión, el esfuerzo cortante máximo paralelo a la fibra, V , se calculará a una distancia del apoyo igual al peralte, h , excepto en voladizos para los que el esfuerzo cortante máximo se evaluará en la cara del apoyo (véase Comentario C63). La expresión que regirá para el diseño a cortante paralelo a la fibra de estos elementos será la siguiente:

$$f_v = \frac{3V}{2bh} \leq F_v \quad \text{Ec. (10)}$$

ARTÍCULO 64.- En los casos donde sea necesario recortar los extremos de las vigas, afectando el peralte disponible (véase Figs. 3-a y 3-b), los esfuerzos cortantes deberán ser calculados de manera que se reduzcan los esfuerzos en esta región, de acuerdo a lo siguiente:

$$f_v = \frac{3V}{2bh_1} \times \frac{h}{h_1} \leq F_v \quad \text{Ec. (11)}$$

CAPÍTULO VI APLASTAMIENTO

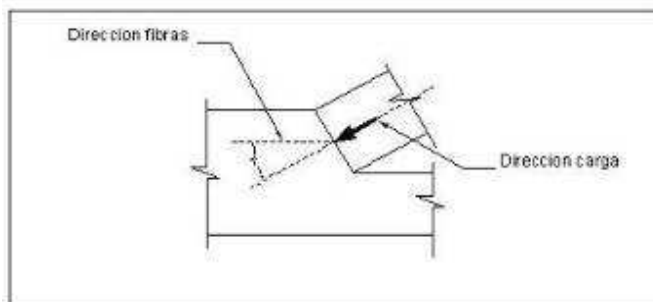
ARTÍCULO 65.- Los esfuerzos de aplastamiento, también denominados de compresión perpendicular a la fibra, f_{cpd} , que se presentan en apoyos y/o bajo cargas concentradas en vigas, no deberán exceder los esfuerzos admisibles, F_{cpd} , del grupo de madera utilizado en el diseño (véase Tabla 3).

$$f_{cpd} = \frac{R}{A} \leq F_{cpd} \quad \text{Ec. (12)}$$

ARTÍCULO 66.- Los esfuerzos admisibles de compresión que regirán para fines de diseño cuando existan cargas de compresión actuando en dirección inclinada con respecto a la fibra (véase Fig. 5) estarán dados por la siguiente expresión:

$$F_{c\theta} = \frac{F_{cpl} \times F_{cpd}}{F_{cpl}(\sin^2 \theta) + F_{cpd}(\cos^2 \theta)} \quad \text{Ec. (13)}$$

FIGURA 5
CARGAS DE COMPRESIÓN ACTUANDO EN DIRECCIÓN INCLINADA CON RESPECTO A LAS FIBRAS



CAPÍTULO VII **DEFLEXIONES**

► **ARTÍCULO 67.- CRITERIO DE CÁLCULO.** Las deflexiones en vigas o viguetas de madera podrán calcularse con las ecuaciones y fórmulas habituales para la determinación de la deflexión por flexión, para elementos cuya relación de luz a peralte, L/h , sea mayor que 14. Aunque estas ecuaciones no contemplan deformaciones por corte, es bastante aceptable su empleo. Para elementos con relaciones de L/h menores que 14, deberán calcularse las deformaciones por corte. (Véase Comentario 67).

ARTÍCULO 68.- Las deflexiones deberán calcularse con el módulo de elasticidad (E) del grupo de madera estructural que se esté utilizando en el diseño (véase Tabla 6), para los siguientes casos:

- Para la combinación más desfavorable de cargas muertas, incluyendo algún tipo de carga de aplicación continua (Artículo 41), si fuere necesario, más cargas vivas de servicio.
- Para cargas vivas de servicio actuando solas.

ARTÍCULO 69.- LÍMITES DE DEFLEXIONES. Las deflexiones en vigas o viguetas de madera calculadas de acuerdo a los Artículos 67 y 68, deberán ser menores que las deflexiones admisibles, Δ_{adm} , de la Tabla 7. Los límites de estas deflexiones serán aplicables también a la suma de deformaciones instantáneas más diferidas (véase Artículo 37), las cuales se estimarán de acuerdo a la ecuación equivalente siguiente:

$$\Delta_{equivalente} = 1.8\Delta_m + \Delta_v \quad \text{Ec. (14)}$$

TABLA 7
DEFLEXIONES ADMISIBLES, Δ_{adm}

Carga Actuante	Elementos Ligados a Materiales Susceptibles de sufrir daños a causa de Deflexiones Importantes	Elementos no Ligados a Materiales Susceptibles de Dañarse a causa de Deflexiones importantes	Techos con Inclinaciones $\geq 30^\circ$
Carga Muerta + Carga Viva	$L/300$	$L/240$	$L/200$
Carga Viva	$L/350$	$L/350$	-

PÁRRAFO.- Para incrementar la rigidez de un piso o entrepiso, con el fin de minimizar vibraciones, se deberán considerar deflexiones admisibles de $L/480$, para cargas totales (carga muerta + carga viva).

TÍTULO IV

DISEÑO DE ELEMENTOS DE MADERA MACIZA SOMETIDOS A CARGA AXIAL Y FLEXIÓN

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

ARTÍCULO 70.- Los elementos estructurales de madera sometidos a carga axial y flexión podrán presentarse bajo la forma de columnas, elementos de tijerillas o cerchas, pies-derechos (en entramados verticales), puntales y otros. Estos elementos se deberán diseñar de manera que las fibras queden paralelas a los esfuerzos de tracción o compresión. Para los fines de este Reglamento no se considerarán elementos sometidos a compresión en la dirección perpendicular a las fibras, ya que la resistencia a este tipo de esfuerzos generalmente es baja.

ARTÍCULO 71.- Los esfuerzos admisibles de compresión o tracción paralela a la fibra (F_{cpt} , F_t) y flexión (F_b), y el módulo de elasticidad (E) a usar en el diseño, deberán corresponder al grupo estructural de la madera a utilizar (véase Tablas 3 y 4).

ARTÍCULO 72.- Para entramados de paredes de corte, los esfuerzos admisibles de diseño y el módulo de elasticidad señalados en el Artículo 71, podrán ser incrementados en un diez por ciento (10%), suponiendo que el trabajo en conjunto de los elementos verticales de soporte compensa esfuerzos menores en algunas piezas.

► **ARTÍCULO 73.- LONGITUD EFECTIVA.** El diseño de elementos sometidos a carga axial deberá realizarse utilizando su longitud efectiva, $l_e = kl$, además de que se deberán tomar en cuenta las restricciones que los apoyos proporcionen a los elementos. Véase Comentario C73.

CAPÍTULO II

ESBELTEZ

ARTÍCULO 74.- RELACIÓN DE ESBELTEZ, λ . La relación de esbeltez de un elemento sometido a carga axial estará dada por la expresión siguiente:

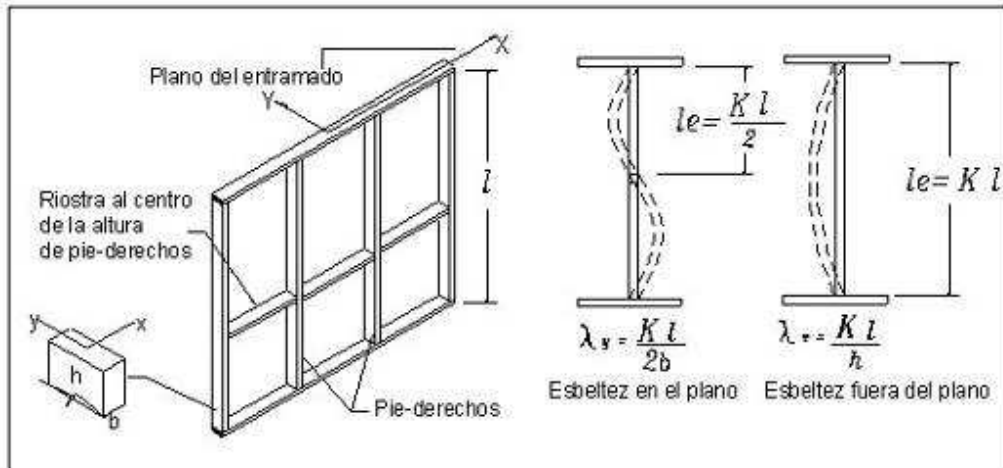
$$\lambda = \frac{l_e}{r} \quad \text{Ec. (15)}$$

► **ARTÍCULO 75.-** Para secciones transversales de columnas de madera como la mostrada en la Fig. 6, la relación de esbeltez, λ , se verificará para las direcciones principales de cálculo mediante las siguientes ecuaciones: Véase Comentario C75.

$$\lambda_x = \frac{Kl}{h} \quad \text{Ec. (16)}$$

$$\lambda_y = \frac{Kl}{b} \quad \text{Ec. (17)}$$

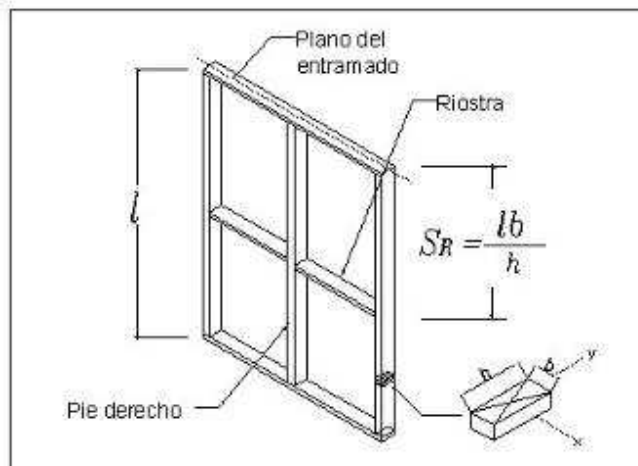
FIGURA 6
LONGITUD EFECTIVA Y ESBELTEZ EN ENTRAMADOS VERTICALES



► **ARTÍCULO 76.-** Para el diseño de pies derechos de entramados verticales, unidos mediante arriostramientos, como se muestra en la Fig. 6, cuando se considere que el revestimiento del entramado no es estructural, deberá verificarse que la dimensión menor de estos elementos esté siempre en el plano del entramado y que la separación máxima entre riostras, S_R , (véase Fig. 7) sea igual a la obtenida mediante la siguiente expresión: Véase Comentario C76.

$$S_R = \frac{lb}{h} \quad \text{Ec. (18)}$$

FIGURA 7
SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE RIOSTRAS DE ENTRAMADOS VERTICALES



ARTÍCULO 77.- CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS DE MADERA MACIZA SOMETIDOS A CARGA AXIAL EN FUNCIÓN DE SU ESBELTEZ. Estos elementos serán clasificados de acuerdo a los distintos modos de falla, según se establece en la tabla siguiente:

TABLA 8
ELEMENTOS DE MADERA MACIZA EN FUNCIÓN DE SU ESBELTEZ

Largos	Intermedios	Cortos
$C_k \leq \lambda \leq 50$	$10 \leq \lambda \leq C_k$	$\lambda \leq 10$
Falla por Pandeo	Comportamiento Intermedio entre la Falla por Pandeo y por Aplastamiento	Falla por Aplastamiento

PÁRRAFO.- El valor máximo permitido de relación de esbeltez, para elementos sometidos a carga axial de compresión será de 50 ($\lambda \leq 50$); y para elementos sometidos a carga axial de tracción será de 80 ($\lambda \leq 80$).

► **ARTÍCULO 78.- CONSTANTE LÍMITE ENTRE ELEMENTOS INTERMEDIOS Y LARGOS, C_k .** El valor de C_k para secciones rectangulares, estará dado por la siguiente expresión: (Véase Comentario C78).

$$C_k = 0.7025 \sqrt{\frac{E}{F_{cpl}}} \quad \text{Ec. (19)}$$

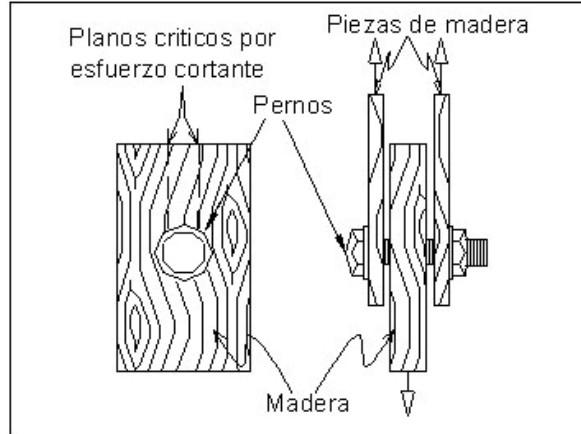
CAPÍTULO III TRACCIÓN

ARTÍCULO 79.- El diseño de los elementos sometidos a tracción deberá regirse por la ecuación siguiente:

$$T_{adm} = F_t A \quad \text{Ec. (20)}$$

► **ARTÍCULO 80.-** Para fines del dimensionamiento de los elementos a tracción, deberá realizarse también la comprobación o el chequeo del esfuerzo cortante en las uniones de dichos elementos. (Véase Fig.8 y Comentarios)

FIGURA 8
UNIÓN DE ELEMENTOS DE MADERA SOMETIDOS A TRACCIÓN



► **ARTÍCULO 81.- FLEJO-TRACCIÓN.** Los elementos sometidos a tracción y flexión deberán ser diseñados, de manera que cumplan con la siguiente expresión:

$$\frac{T}{T_{adm}} + \frac{M}{SF_b} \leq 1 \quad \text{Ec. (21)}$$

CAPÍTULO IV COMPRESIÓN

ARTÍCULO 82.- En este capítulo se considerarán todos los elementos sometidos a compresión simple en la dirección paralela a las fibras, tales como columnas, que por la unión de sus extremos se asume que no soportan momentos de flexión y elementos de cerchas o paredes de corte, sometidos a compresión. Estos elementos deberán diseñarse para satisfacer las cargas admisibles que se presentan a continuación, de acuerdo con la clasificación dada en el Artículo 77:

a) Elementos Largos

$$N_{adm} = 0.329 \frac{EA}{\lambda^2} \quad \text{Ec. (22)}$$

b) Elementos Intermedios

$$N_{adm} = F_{cpl}A \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right] \quad \text{Ec. (23)}$$

c) Elementos Cortos

$$N_{adm} = F_{cpl}A \quad \text{Ec. (24)}$$

ARTÍCULO 83.- FLEJO-COMPRESIÓN. Para el diseño de los elementos sometidos a compresión axial y flexión se deberá cumplir con la siguiente expresión:

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m M}{SF_b} \leq 1 \quad \text{Ec. (25)}$$

ARTÍCULO 84.- FACTOR DE AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS, K_m . Este factor se aplicará para considerar la interacción entre la fuerza axial y los momentos de flexión, cuando un elemento está sometido a compresión y flexión combinadas, el cual se calculará según la siguiente fórmula:

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \frac{N}{N_{cr}}} \quad \text{Ec. (26)}$$

Donde N_{cr} es el valor de la carga crítica de Euler para pandeo en la dirección en que se aplica la flexión y está definida por la siguiente ecuación:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(kl)^2} \quad \text{Ec. (27)}$$

TÍTULO V DISEÑO DE ELEMENTOS COMPUESTOS

CAPÍTULO I DIAFRAGMAS

ARTÍCULO 85.- ASPECTOS GENERALES. Las paredes de corte, los entrepisos y techos (horizontales, curvos o inclinados) de elementos de madera, podrán ser diseñados para funcionar como diafragmas. La combinación de diafragmas verticales (paredes de corte) y horizontales, deberá diseñarse para resistir el 100% de las cargas laterales que se generen en este tipo de estructuras de madera.

ARTÍCULO 86.- Las cargas de gravedad, viento o sismo, deberán ser transmitidas a los diafragmas verticales o sistemas aporticados, por medio de los diafragmas horizontales. Estas se determinarán sumando las fuerzas que actúan sobre la proyección vertical de un entrepiso o techo y las mitades de las fuerzas que reciben las paredes de corte correspondientes, pudiéndose considerar que las fuerzas que actúan sobre la mitad inferior de las paredes de corte del primer entrepiso se transmitirán directamente a la cimentación. Las evaluaciones de cargas deberán hacerse de acuerdo a las especificaciones del Reglamento de Cargas Mínimas (véase Artículos del 40 al 43).

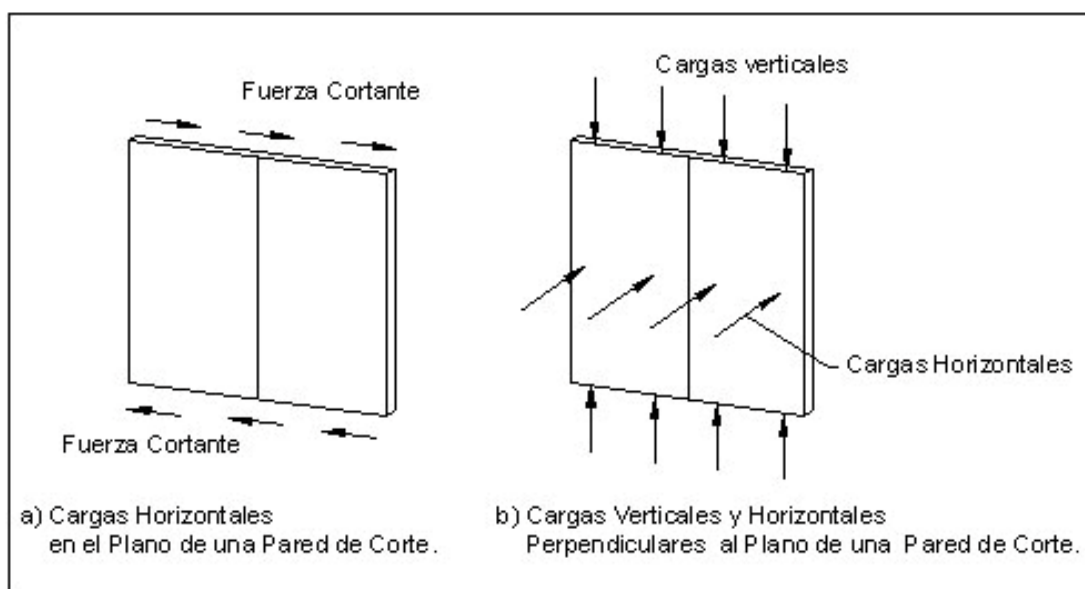
ARTÍCULO 87.- El conjunto formado por los diafragmas horizontales y verticales deberá tener la suficiente rigidez para controlar los desplazamientos laterales de la estructura, reducir las vibraciones de paredes y entrepisos de madera a límites aceptables y proporcionar arriostramiento a los demás elementos resistentes, evitando su pandeo lateral o lateral torsional, sus elementos y uniones deberán cumplir con los requisitos de diseño consignados en los Títulos II, III, IV y VI de este Reglamento.

ARTÍCULO 88.- Cuando se tengan aberturas en los diafragmas, éstos deberán ser reforzados en todo el perímetro de las mismas, mediante piezas adicionales de madera, diseñadas para resistir y transferir las fuerzas cortantes actuantes en la estructura.

► **ARTÍCULO 89.- REQUISITOS DE DISEÑO DIAFRAGMAS HORIZONTALES.** Los diafragmas horizontales de una edificación de madera deberán diseñarse longitudinal y transversalmente, como sistemas resistentes de entrepisos o techos, dispuestos para soportar y transmitir eficientemente las fuerzas producidas por la acción del viento, sismo, gravedad u otro. Véase Comentario C89.

ARTÍCULO 90.- REQUISITOS DE DISEÑO DIAFRAGMAS VERTICALES (PAREDES DE CORTE). El diseño de diafragmas verticales de madera (paredes de corte), deberá verificarse tanto para cargas verticales y/o para la combinación de cargas verticales y horizontales (viento, sismo u otra), perpendiculares al plano de la pared, como para las fuerzas cortantes en su plano (véase Fig. 9).

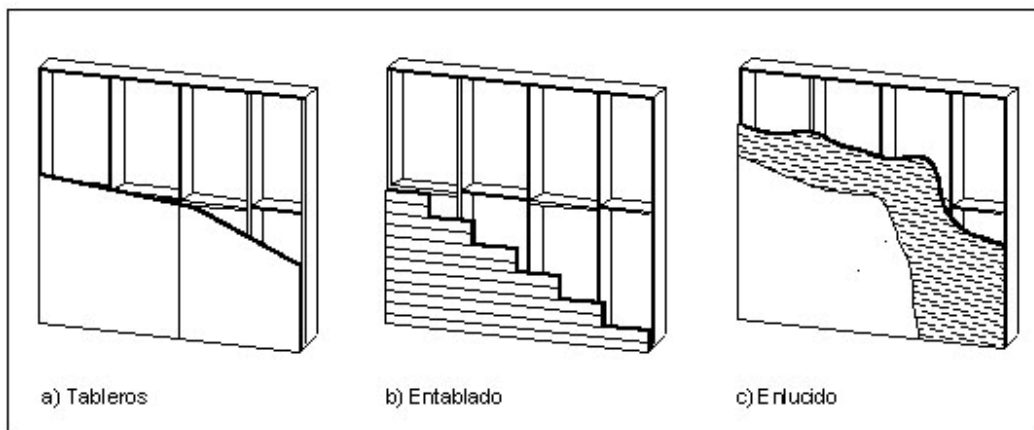
FIGURA 9
ESQUEMA DE CARGAS EN DIAFRAGMAS VERTICALES (PAREDES DE CORTE)



► **ARTÍCULO 91.-** Cada pared de corte, considerada por separado, deberá ser capaz de resistir la carga lateral proporcional correspondiente a la generada por la masa que se apoya sobre ella, a menos que se haga un análisis detallado de la distribución de fuerzas cortantes, considerando la flexibilidad de los diafragmas horizontales constituidos por entrepisos o techos. Véase Comentario C91.

ARTÍCULO 92.- La resistencia a fuerzas cortantes en los diafragmas verticales depende de la rigidez de los revestimientos, la cual está directamente relacionada con su espesor. Estos revestimientos podrán ser de diferentes materiales (véase Fig. 10). Cuando se usen tableros, para los espaciamientos a que normalmente se colocan los pies-derechos (30 a 60 cm) éstos deberán tener un espesor mínimo de 3/8 pulg. Para revestimientos diferentes y la verificación a carga lateral de las paredes de corte que estos conformen, podrán utilizarse otras especificaciones, siempre y cuando sean aprobadas por la Oficina Central de Tramitación de Planos de la Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones.

FIGURA 10
MATERIALES DE REVESTIMIENTO DE UNA PARED DE CORTE



ARTÍCULO 93.- No deberán considerarse como resistentes las paredes cuya relación de altura a longitud sea mayor que dos. Tampoco deberán considerarse como paredes resistentes aquellas paredes que no estén unidas adecuadamente a las estructuras de los diafragmas horizontales.

ARTÍCULO 94.- Los anclajes de las paredes de corte a la cimentación, deberán ser adecuados para resistir y transmitir las fuerzas cortantes de cargas horizontales que puedan presentarse en la estructura.

CAPÍTULO II **TIJERILLAS O CERCHAS**

ARTÍCULO 95.- ASPECTOS GENERALES. Las estructuras de madera formadas por tijerillas o cerchas deberán diseñarse para soportar y transferir a los apoyos de manera eficiente las cargas de diseño, incluyendo cargas especiales (de montaje u otras) y cumplir con los requisitos de resistencia y deformación establecidos en los Artículos del 35 al 37.

ARTÍCULO 96.- En estas estructuras se deberá garantizar la estabilidad espacial del conjunto formado por sus elementos, los sistemas de apoyo y arriostramiento. El diseño de estos elementos y sus uniones deberá cumplir con los requisitos consignados en los Títulos II, III, IV y VI.

► **ARTÍCULO 97.- REQUISITOS DE DISEÑO.** Los elementos de las cerchas podrán diseñarse a carga axial, siempre que las correas estén apoyadas directamente en los nudos de las mismas, cuando esto no se cumpla o cuando de los elementos penden cargas adicionales de cielo raso u otras (véase Comentario C97), el diseño de estos elementos deberá hacerse a flexo-tracción o flexo-compresión, de acuerdo a los Artículos 81 y 83, respectivamente de este Reglamento.

► **ARTÍCULO 98.-** Con el fin de impedir fallas por inestabilidad, deberá proveerse de apoyos adecuados y de arriostramientos tanto en el sentido transversal como en el sentido longitudinal, a los sistemas estructurales donde se usen cerchas. En cualquiera de los casos las paredes o elementos soportes de los extremos deberán tener resistencia suficiente para transmitir a la cimentación las reacciones procedentes de estos apoyos y arriostramientos. Véase Comentario C98.

► **ARTÍCULO 99.-** El diseño de las uniones en los diferentes nudos y apoyos de las estructuras deberán hacerse para resistir las cargas que se prevén actuarán sobre las cerchas, incluyendo los efectos del sismo o viento. Véase Comentario C99.

► **ARTÍCULO 100.-** Las deflexiones máximas admisibles deberán satisfacer los requisitos establecidos en los Artículos del 67 al 69 de este Reglamento, en caso contrario deberá usarse una contraflecha que compense las deformaciones producidas por las cargas. Esta deberá tener un valor mínimo de $L/250$, si la madera esta seca en el montaje y $L/180$, si esta húmeda, donde L es la luz total de la cercha. Véase Comentario C100.

ARTÍCULO 101.- Para los elementos de las cuerdas superior e inferior, deberá considerarse en forma separada tanto la longitud efectiva fuera del plano como en el plano de la cercha, siendo el valor máximo recomendado de relación de esbeltez para el diseño de elementos sometidos a carga axial de compresión igual a 50, y de 80 para elementos sometidos a tracción (Artículo 77).

TÍTULO VI DISEÑO DE UNIONES

CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES

ARTÍCULO 102.- Cuando este Reglamento se refiere a uniones en edificaciones, se entenderá uniones de madera totalmente o a uniones mixtas en las cuales, la madera se combina con otros materiales que cumplan con los niveles de esfuerzos necesarios para resistir y transmitir las cargas a los elementos de una estructura.

ARTÍCULO 103.- Los detalles de uniones presentados en este Título han sido esquematizados de forma sencilla, con el propósito de ilustrar los factores principales que influyen en el diseño de las mismas, como son la posición de las fibras en los elementos de madera, la dirección de los diferentes elementos de unión utilizados con respecto a ellas, y la forma en que éstos pueden ser solicitados por las fuerzas actuantes. De ninguna manera deberán ser adoptados como detalles estructurales, ni mucho menos constructivos, los cuales se presentan en el Título VIII de este Reglamento.

ARTÍCULO 104.- Como elementos de unión se utilizarán clavos, tornillos y pernos, trabajando solos o combinados con otros elementos, como son las placas, angulares, abrazaderas, anillos partidos o dentados y otros accesorios. Estos elementos deberán ser de acero grado estructural y tener tratamiento anticorrosivo, especialmente cuando se utilicen en condiciones ambientales desfavorables. La calidad y el diseño de los elementos metálicos deberán regirse de acuerdo con los requerimientos del Reglamento para el Diseño, Fabricación y Montaje de Estructuras de Acero (Unidad 5. Título 5) o en su defecto, según las Normas ASTM, para estos tipos de elementos, ASTM F1667 (Standard Specification for Driven Fasteners: Nails, Spikes and Staples), ASTM F547 (Standard Terminology of Nails for use with Wood and Wood-Base Materials) u otras similares.

ARTÍCULO 105.- En los cálculos de uniones de madera con elementos metálicos, han de determinarse las cargas admisibles de los elementos de unión de acuerdo a las previsiones de este Artículo, éstas podrán aumentarse en un 25% cuando se utilicen piezas laterales de metal (placas u otros accesorios).

ARTÍCULO 106.- Las cargas admisibles que se establecen para los diferentes elementos de unión contemplados en este Reglamento (clavos, tornillos y pernos), están dadas en función del peso

específico de la madera γ (Tabla 2). Podrá asumirse $\gamma=0.40$ si no se conoce su valor. Estas cargas admisibles solamente serán aplicables si se cumple con los requisitos de espaciamientos y distancias mínimas de los Artículos 127, 135, 136, 151, 152 y 153, los cuales deberán ser medidos para cada caso a partir del centro de los elementos de unión correspondientes.

ARTÍCULO 107.- La carga admisible de un conjunto de elementos de unión podrá obtenerse sumando las cargas admisibles de estos elementos, considerándolos individualmente.

ARTÍCULO 108.- Las cargas admisibles de los Artículos del 118 al 127, del 131 al 134 y del 142 al 150, podrán incrementarse como se indica en la Tabla 9, para las combinaciones de cargas que incluyan efectos de cargas de corta duración como viento, sismo o impacto.

TABLA 9
PORCENTAJES DE INCREMENTOS PARA CARGAS ADMISIBLES DE ELEMENTOS DE UNIÓN

Condición de Carga Elemento de Unión	Carga Muerta + Carga Viva	Carga Muerta + Carga Viva + Viento o Sismo	Carga Muerta + Carga Viva + Impacto
Clavos, Tornillos y Pernos con (t/D) ≥ 6	8%	25%	50%
Pernos con (t/D) < 6	15%	50%	100%

t = espesor efectivo de diseño (en mm) para la madera, en uniones con clavos, tornillos y pernos.
(Véase Artículos 140 y 141).

CAPÍTULO II UNIONES CON CLAVOS

ARTÍCULO 109.- REQUERIMIENTOS PARA UNIONES CON CLAVOS. Solo podrán utilizarse clavos como elementos de unión en viviendas económicas, estructuras provisionales, elementos no estructurales y/o en estructuras donde el espesor de las piezas de madera por unir, que vayan a contener la cabeza de los clavos, no exceda de 2 pulgadas.

ARTÍCULO 110.- Para mejorar la adherencia con la madera, y por lo tanto la resistencia a la extracción, podrán emplearse clavos estriados.

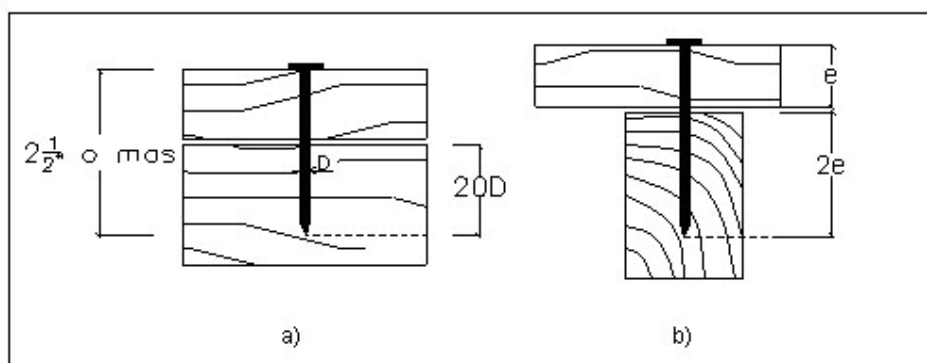
ARTÍCULO 111.- Para obras expuestas a la intemperie deberán usarse clavos galvanizados o de materiales resistentes a la oxidación.

ARTÍCULO 112.- Una unión con clavos deberá tener mínimo dos clavos, trabajando como elementos sujetantes.

ARTÍCULO 113.- En uniones de dos elementos de madera, la longitud de penetración de clavos a partir de dos y media pulgadas deberá ser de veinte veces su diámetro (20D). Véase Fig. 11-a.

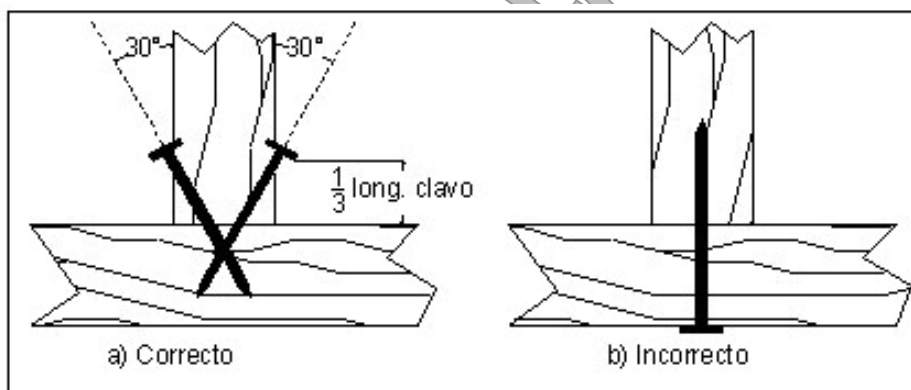
ARTÍCULO 114.- En uniones de tableros con elementos de madera, la longitud de los clavos deberá ser suficiente para penetrar en estos elementos una longitud igual al doble del espesor del tablero (2e). Véase Fig. 11-b.

FIGURA 11
LONGITUD DE PENETRACIÓN DE CLAVOS EN UNIONES DE DOS PIEZAS



ARTÍCULO 115.- Cuando se unan dos elementos como los de la Figura 12, no deberán usarse clavos en la posición mostrada en la Figura 12-b, para esos casos se deberá recurrir a clavos colocados con una inclinación de unos 30°, a una distancia del extremo de la pieza en que se introducen igual o superior a una tercera parte de la longitud de los clavos (véase Fig. 12-a)

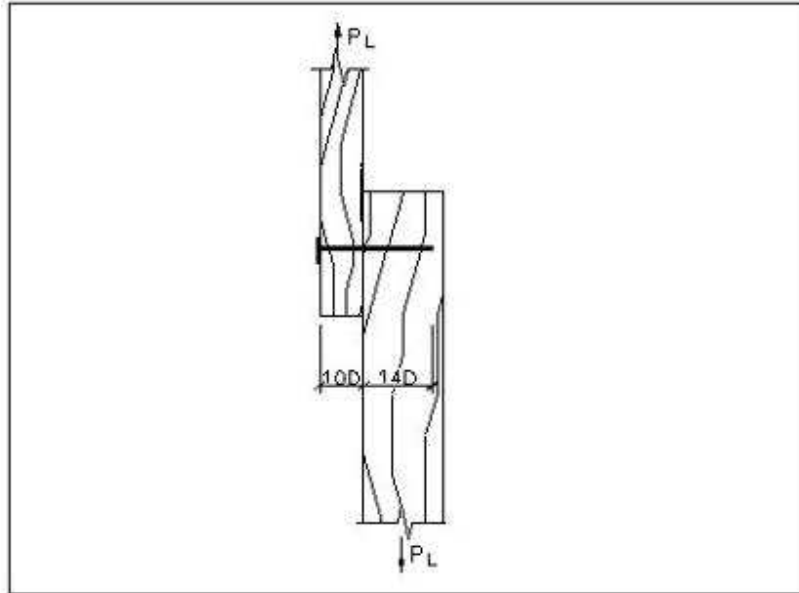
FIGURA 12
UNIÓN CON CLAVOS INCLINADOS



ARTÍCULO 116.- En uniones de dos elementos de madera, sometido a cizallamiento simple (un plano de cortante), la penetración del clavo en el elemento que contiene a la punta deberá ser de 14 veces su diámetro (14D) y el espesor de la pieza lateral adyacente a la cabeza del clavo, de 10 veces el diámetro del clavo (10D), véase Fig. 13. De no cumplirse con estas disposiciones, para fines de aplicación de la Ec. 28 (Artículo 118), deberá introducirse un factor de reducción proporcional, siempre y cuando se cumpla con los valores mínimos que se especifican a continuación:

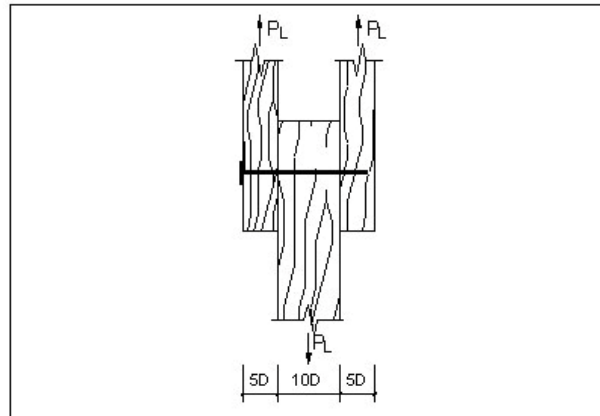
- 14(D/3) para la penetración mínima del clavo en el elemento que contiene a la punta.
- 5D para el espesor mínimo de la pieza lateral adyacente a la cabeza del clavo.

FIGURA 13
ESPEORES MÍNIMOS Y PENETRACIÓN DE CLAVOS SOMETIDOS A CIZALLAMIENTO SIMPLE



ARTÍCULO 117.- En uniones de tres o más elementos de madera, sometido a cizallamiento doble, triple u otro (dos o más planos de cortante), cada una de las piezas de madera, deberá tener un espesor mínimo igual a las dos terceras partes de 14 veces el diámetro del clavo, $2/3(14D)$, véase Fig. 14; De no cumplirse con esta disposición, para fines de determinación de la carga admisible del clavo, deberá introducirse un factor de corrección proporcional a la reducción del valor mínimo especificado.

FIGURA 14
ESPEORES MÍNIMOS Y PENETRACIÓN DE CLAVOS SOMETIDOS A CIZALLAMIENTO DOBLE



ARTÍCULO 118.- CARGAS ADMISIBLES. FUERZAS LATERALES DE CORTE. En una unión de dos elementos de madera, sometidos a cizallamiento simple (un plano de cortante), hecha con un clavo hincado perpendicularmente a las fibras (Fig. 13), la carga admisible en kilogramos del clavo frente a fuerzas laterales, se regirá por la expresión:

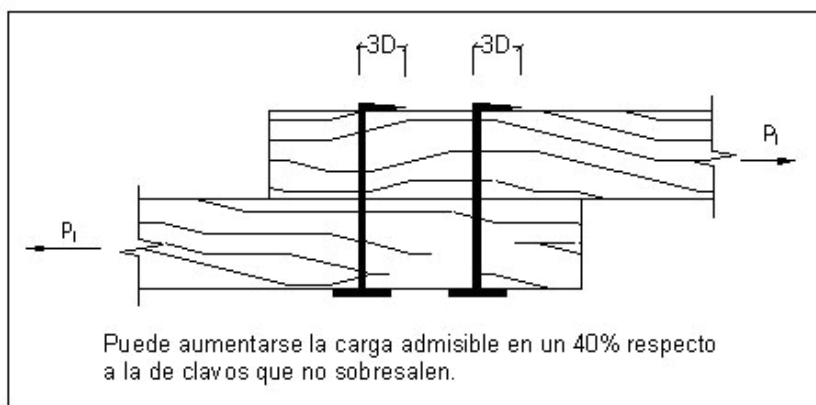
$$P_L = 10 \gamma D^{1.5} \quad \text{Ec. (28)}$$

PÁRRAFO.- Para que la aplicación de la Ecuación 28 sea válida, deberá cumplirse con los requerimientos del Artículo 116.

ARTÍCULO 119.- En uniones con clavos colocados como se muestra en la Fig. 12-a del Artículo 115, el valor de la carga admisible en kilogramos de un clavo frente a fuerzas laterales deberá ser igual al 83% del valor expresado en la Ec. 28 del Artículo 118 ($0.83 P_L$).

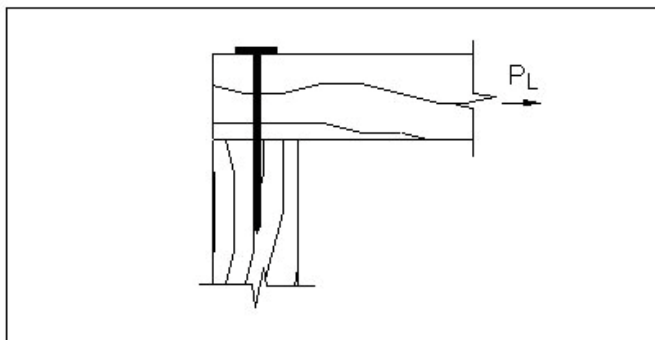
ARTÍCULO 120.- Si la punta de los clavos sobresale por lo menos 3 veces su diámetro ($3D$) y se dobla, la carga admisible dada en el Artículo 118 podrá aumentarse en un 40% (véase Fig. 15).

FIGURA 15
CLAVOS CON LA PUNTA DOBLADA SOMETIDOS A CIZALLAMIENTO SIMPLE



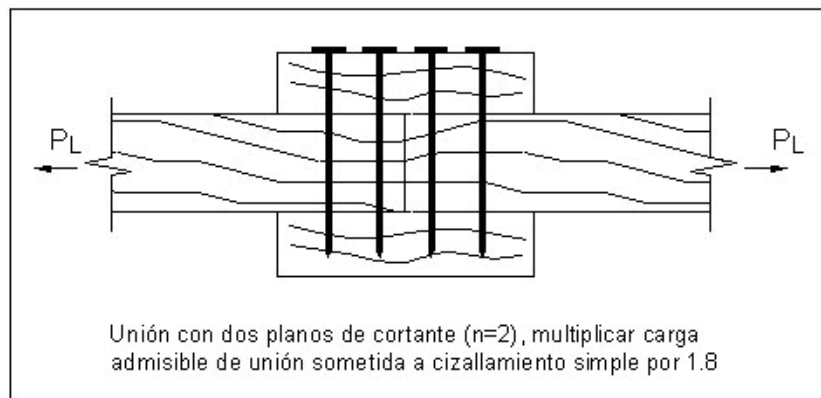
ARTÍCULO 121.- Para clavos hincados en el extremo de una pieza, paralelamente a las fibras del elemento que recibe la punta, como se muestra en la Fig. 16, la carga admisible del Artículo 118, deberá reducirse al 60% ($0.6 P_L$).

FIGURA 16
CAPACIDAD DE CLAVOS HINCADOS PARALELAMENTE A LAS FIBRAS



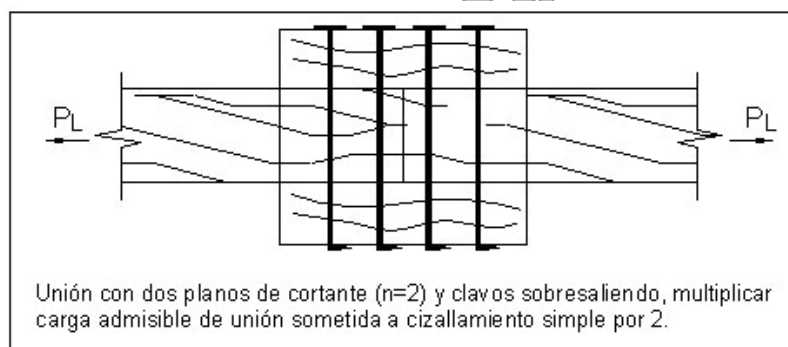
ARTÍCULO 122.- Cuando se unan tres o más piezas (uniones con dos o más planos de cortante), la carga admisible de los clavos se determinará multiplicando la carga admisible de una unión sometida a cizallamiento simple (véase Artículo 118) por $0.9n$, siendo n , el número de planos de cortante existente (véase Fig. 17).

FIGURA 17
UNIÓN SOMETIDA A CIZALLAMIENTO DOBLE



ARTÍCULO 123.- Si la punta de los clavos sobresale por lo menos 3 veces su diámetro (3D) y se dobla, la carga admisible P_L , podrá tomarse igual a la dada en el Artículo 118, multiplicada por el número de planos de cortante existentes (n). Véase Fig. 18.

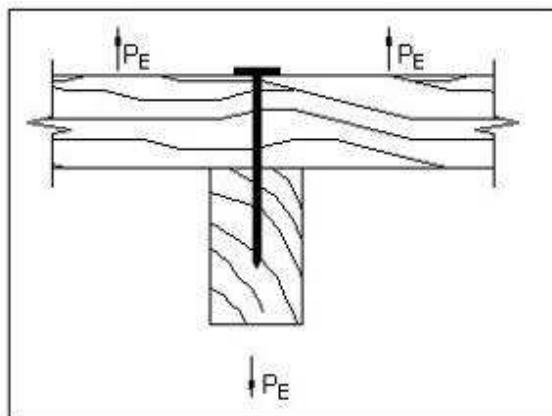
FIGURA 18
UNIÓN SOMETIDA A CIZALLAMIENTO DOBLE



► **ARTÍCULO 124.- FUERZAS DE EXTRACCIÓN.** La carga admisible de un clavo en extracción, hincado perpendicularmente a las fibras, en kilogramos por centímetro de penetración en la pieza que contenga la punta (véase Fig. 19), se regirá por la ecuación siguiente (véase Comentario C124):

$$P_E = 11 \gamma^{5/2} D \quad \text{Ec. (29)}$$

FIGURA 19
EXTRACCIÓN



ARTÍCULO 125.- En uniones con clavos colocados como se muestra en la Fig. 12-a del Artículo 115, el valor de la carga admisible de un clavo en extracción, en kilogramos por centímetro de penetración en la pieza que contenga la punta, deberá ser igual al 67% del valor expresado en la Ec. 29 del Artículo 124 ($0.67P_E$).

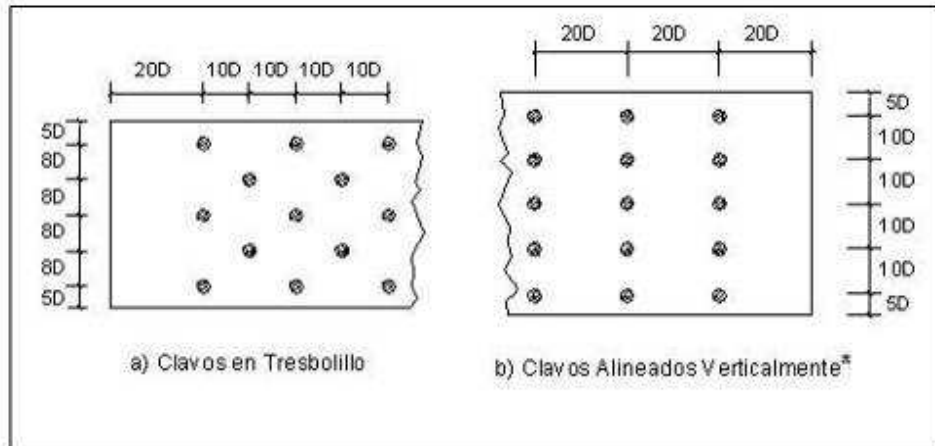
ARTÍCULO 126.- Se prohíbe el empleo de clavos sometidos a extracción, hincados paralelamente a las fibras, cuya resistencia en estas condiciones se considerará nula.

ARTÍCULO 127.- ESPACIAMIENTOS Y DISTANCIAS MÍNIMAS. Se establecerán los siguientes espaciamientos y distancias mínimas entre dos clavos próximos, o de cualquiera de ellos a los extremos de las uniones, para prevenir la ocurrencia de agrietamientos en la madera (véase Fig. 20-a):

- a. 8D entre hileras de clavos paralelas a las fibras
- b. 5D de los bordes
- c. 20D de los extremos
- d. 10D entre clavos adyacentes en la dirección de las fibras

Deberá evitarse la disposición de clavos alineados verticalmente, pero de tener que utilizarla, los espaciamientos y distancias mínimas que regirán serán los de la Fig. 20-b.

FIGURA 20
ESPACIAMIENTOS MÍNIMOS DE CLAVOS

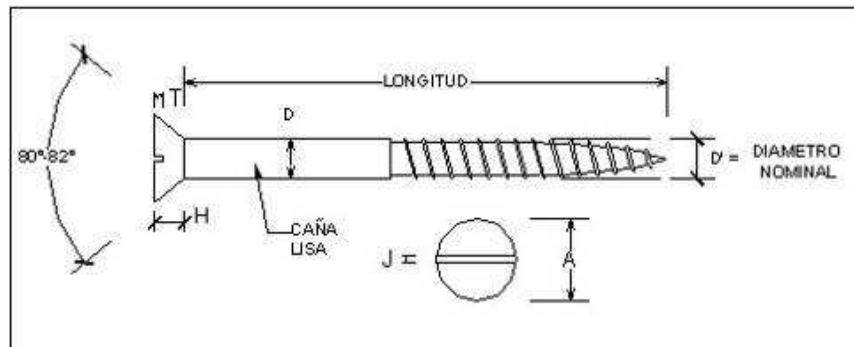


(* Evitar esta disposición de clavos en las estructuras.)

CAPÍTULO III **UNIONES CON TORNILLOS ROSCA MADERA**

ARTÍCULO 128.- REQUERIMIENTOS. En las uniones con tornillos rosca madera, la longitud de un tornillo deberá ser tal que de la mitad a un tercio penetre en el elemento principal de la unión (véase Fig. 21).

FIGURA 21
TORNILLO ROSCA MADERA



ARTÍCULO 129.- La penetración de un tornillo en el elemento que recibe la punta, en una unión de madera, deberá ser de por lo menos siete veces el diámetro de la caña lisa (7D).

ARTÍCULO 130.- Los tornillos a utilizar en uniones de madera deberán ser introducidos en la misma con la ayuda de agujeros guías previamente taladrados, los cuales deberán tener los diámetros siguientes:

- El diámetro correspondiente al de la caña lisa para recibir a esta, D.
- El diámetro correspondiente a las dos terceras partes del de la caña lisa ($2/3D$), como máximo para recibir la parte rosca.

ARTÍCULO 131.- CARGAS ADMISIBLES. Las cargas admisibles de los tornillos se determinarán de acuerdo a las ecuaciones 30 y 31. Para el caso de uniones con más de un plano de cortante, estas cargas admisibles podrán modificarse según lo indicado en el Artículo 121, aplicado para tornillos.

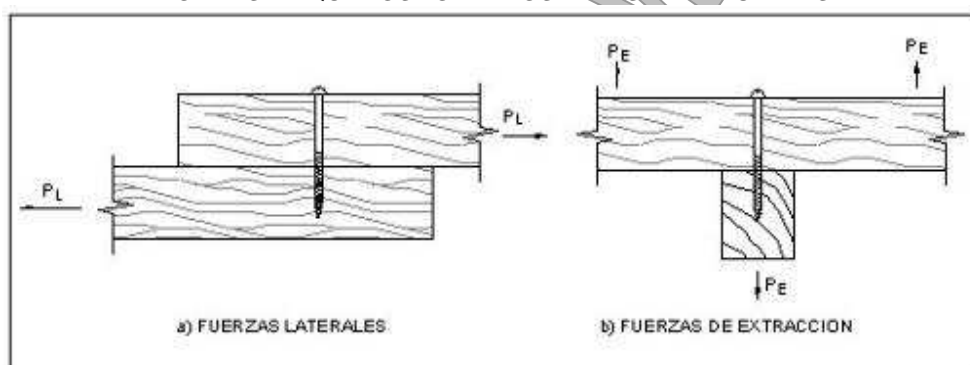
ARTÍCULO 132.- FUERZAS LATERALES DE CORTE. La carga admisible de un tornillo en una unión con un solo plano de cortante (simple cizallamiento), como la mostrada en la Figura 22-a, en la que el tornillo es insertado perpendicularmente a las fibras y transmite fuerzas laterales, deberá regirse por la expresión:

$$P_L = 3.75 \gamma D^2 \quad \text{Ec. (30)}$$

ARTÍCULO 133.- FUERZAS DE EXTRACCIÓN. La carga admisible de un tornillo en kilogramos por centímetro de penetración de la caña roscada en la pieza que contiene a la punta, insertado en dirección perpendicular a las fibras y sometido a fuerzas de extracción paralelas (Fig. 22-b), se regirá por la siguiente ecuación:

$$P_E = 15 \gamma^2 D \quad \text{Ec. (31)}$$

FIGURA 22
FORMAS EN QUE LOS TORNILLOS TRANSMITEN FUERZAS



ARTÍCULO 134.- La carga admisible de un tornillo sometido a fuerzas de extracción, insertado en dirección paralela a las fibras, será igual al 75% de la correspondiente a un tornillo insertado perpendicularmente a las fibras. Los espaciamientos entre tornillos no deberán ser menores que los establecidos en el Artículo 136 de este Reglamento.

ARTÍCULO 135.- ESPACIAMIENTOS Y DISTANCIAS MÍNIMAS. Los espaciamientos y distancias mínimas para tornillos insertados perpendicularmente a las fibras serán:

- a. 3D entre hileras de tornillos paralelas a las fibras
- b. 5D de los bordes
- c. 10D de los extremos
- d. 10D entre tornillos adyacentes en la dirección de las fibras

ARTÍCULO 136.- Los espaciamientos entre tornillos insertados paralelamente a las fibras no deberán ser menores que 10D.

CAPÍTULO IV UNIONES CON PERNOS

ARTÍCULO 137.- REQUERIMIENTOS. Las uniones con pernos deberán realizarse de manera que exista contacto efectivo entre las piezas. Los agujeros para alojar los pernos deberán taladrarse de manera que su diámetro no exceda al del perno en más de 1.6 mm. En estas uniones la carga admisible de los elementos de madera deberá calcularse con la sección neta resultante de restar del área total el área correspondiente a los taladros (Artículo 38 y 39).

ARTÍCULO 138.- Los pernos deberán ser de acero grado estructural (Artículo 103), con esfuerzos de fluencia no menores que $2,530 \text{ kg/cm}^2$. Estos deberán emplearse en combinación con arandelas bajo la cabeza y bajo la tuerca. Las arandelas deberán tener un diámetro mínimo igual a tres veces el diámetro del perno y un espesor de 0.25 veces dicho diámetro. Se podrán utilizar arandelas cuadradas, con dimensiones de lados y espesores iguales a los de arandelas circulares equivalentes.

ARTÍCULO 139.- La longitud de los pernos deberá ser tal, que una vez apretados, los pernos sobresalgan de la tuerca por lo menos una vuelta completa de rosca.

ARTÍCULO 140.- ESPESORES EFECTIVOS DE DISEÑO PARA PIEZAS DE MADERA. En uniones con dos planos de cortante se tomará como espesor efectivo de diseño el menor valor de: dos veces el espesor de la pieza lateral más delgada o el espesor de la pieza central. Véase Figuras 23-(a y b) y 26.

ARTÍCULO 141.- En uniones con un plano de cortante se tomará como espesor efectivo de diseño el espesor de mayor valor. Véase Figuras 23-(c y d) y 27.

ARTÍCULO 142.- CARGAS ADMISIBLES. Las cargas admisibles para uniones con un perno deberán estimarse de acuerdo a los Artículos del 143 al 150.

ARTÍCULO 143.- UNIONES EN QUE LOS EJES LONGITUDINALES DE LAS PIEZAS SON PARALELOS ENTRE SÍ. La carga admisible de un perno en kilogramos, en el caso en que se unan tres piezas, donde una o ambas piezas exteriores tengan por lo menos la mitad del espesor de la pieza central $b_1 \geq b/2$ y $b_2 \geq b/2$ (véase Fig. 23-a), deberá obtenerse de acuerdo con la siguiente expresión:

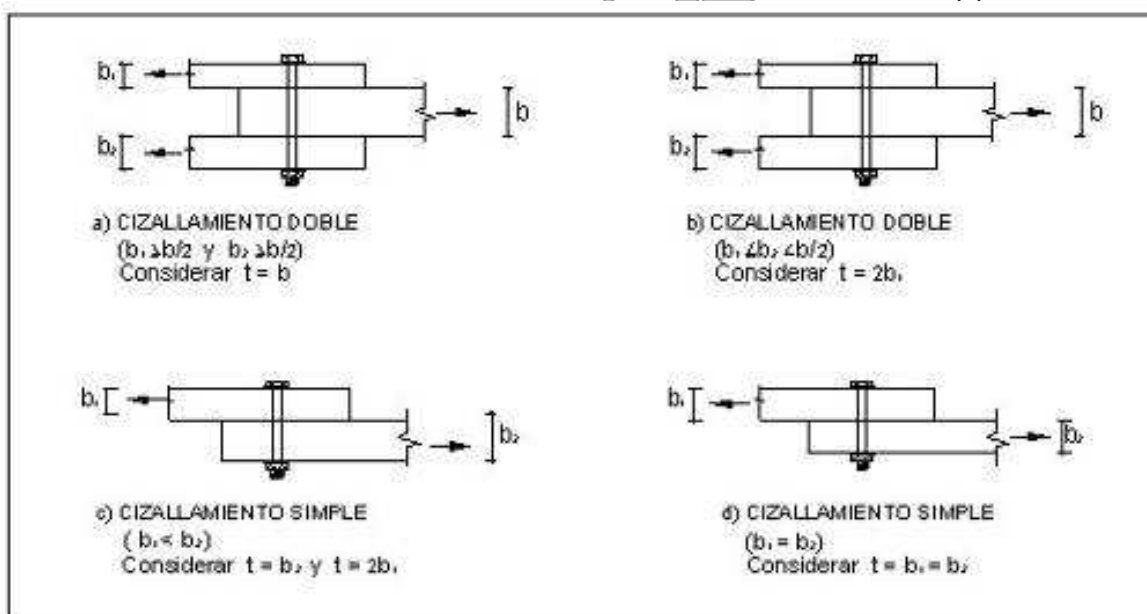
$$P = 1.12 \gamma k_1 D t \quad \text{Ec. (32)}$$

El valor de k_1 depende de la relación (t/D) y se da en la Tabla 10.

TABLA 10
VALOR DE k_1

t/D	k_1
1	1.00
2	1.00
3	1.00
4	0.97
5	0.88
6	0.76
7	0.65
8	0.57
9	0.51
10	0.46
11	0.41
12	0.38
13	0.35

FIGURA 23
UNIONES CON PERNOS EN LAS QUE LOS EJES LONGITUDINALES DE LAS PIEZAS SON PARALELOS ENTRE SI. CARGAS PARALELAS A LAS FIBRAS (P)



ARTÍCULO 144.- La carga admisible en kilogramos, en el caso en que se unan tres piezas, donde una o ambas piezas exteriores tengan menor espesor que la mitad del espesor de la pieza central ($b_1 \leq b_2 < b_2/2$), deberá obtenerse mediante la Ec. 32 del Artículo 143, considerando t , igual a dos veces el espesor menor (véase Fig. 23-b).

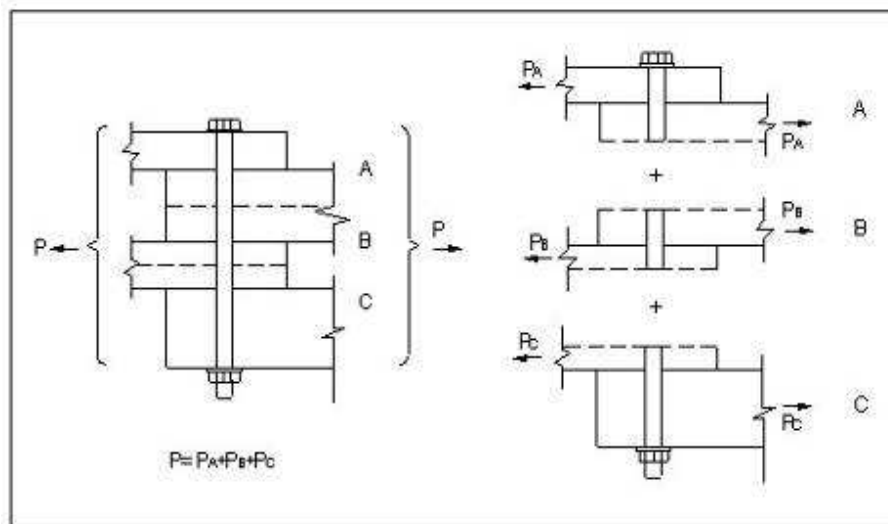
ARTÍCULO 145.- La carga admisible, en el caso en que se unan dos piezas como se muestra en la Figura 23-c, donde ($b_1 < b_2$), deberá ser igual al menor de los siguientes valores:

- a. La mitad del valor de P , calculado por medio de la Ec. 32 del Artículo 143, considerando $t = b_2$.
- b. La mitad del valor de P , calculado por medio de la Ec. 32 del Artículo 143, considerando t igual a dos veces el espesor de la pieza más delgada ($t = 2b_1$).

ARTÍCULO 146.- La carga admisible, en el caso en que se unan dos piezas de igual espesor ($b_1 = b_2$), deberá ser igual a la mitad del valor de P , calculado por medio de la Ec. 32 del Artículo 143, considerando $t = b_1 = b_2$ (véase Fig. 23-d).

ARTÍCULO 147.- La carga admisible de una unión de 4 ó más elementos de madera podrá determinarse considerando la unión como una combinación de uniones de dos elementos, sumando las cargas admisibles de las uniones componentes con un solo plano de cortante que resultasen al considerar las piezas intermedias divididas, cada una a la mitad, como se muestra en la Fig. 24. Si (n) es el número total de piezas, el número de planos de cortantes es ($n-1$) y la carga admisible de la unión será igual a la suma de las cargas admisibles de los ($n-1$) planos de cortantes.

FIGURA 24
UNIONES DE 4 PIEZAS CON PERNOS



ARTÍCULO 148.- UNIONES EN QUE LOS EJES LONGITUDINALES DE LAS PIEZAS SON PERPENDICULARES ENTRE SÍ. La carga admisible de un perno en el caso en que los ejes de las piezas sean perpendiculares entre sí (véase Fig. 25) se obtendrá por medio de la ecuación siguiente:

$$Q = 0.35 \gamma k_2 k_3 D t \quad \text{Ec. (33)}$$

Los valores de k_2 y k_3 se dan en la Tabla 11.

FIGURA 25
UNIONES CON PERNOS EN QUE LOS EJES LONGITUDINALES DE LAS PIEZAS SON PERPENDICULARES
(CIZALLAMIENTO DOBLE)

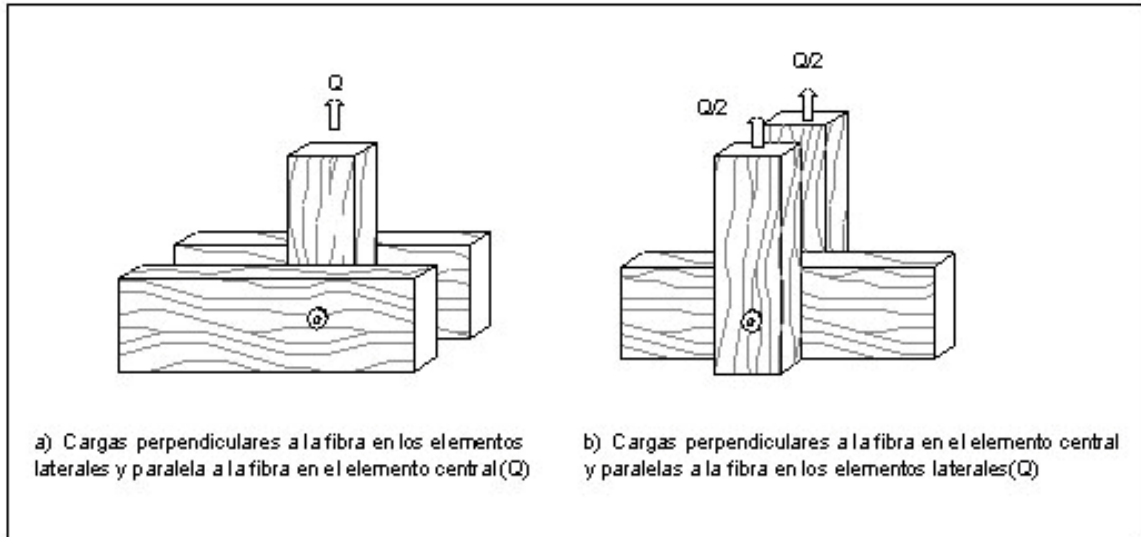


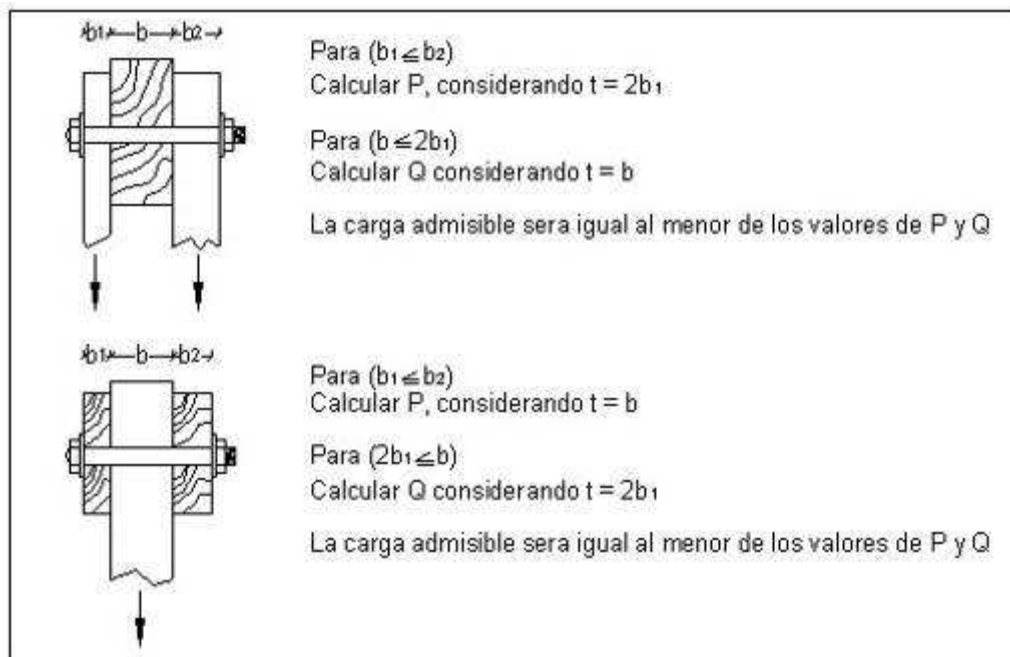
TABLA 11
VALORES DE k_2 y k_3

t/D	K_2	D mm (pulg)	k_3
1	1.00	0.64(1/4)	2.5
2	1.00	9.5(3/8)	1.95
3	1.00	12.7(1/2)	1.68
4	1.00	15.9(5/8)	1.52
5	1.00	19.1(3/4)	1.41
6	1.00	22.2(7/8)	1.33
7	1.00	25.4(1)	1.27
8	0.96	31.8(1-1/4)	1.19
9	0.86	38.1(1-1/2)	1.14
10	0.76	44.5(1-3/4)	1.10
11	0.68	50.8(2)	1.07
12	0.61	59.2(2-1/3)	1.03
13	0.55	76.2(3) mayores	y 1.00

ARTÍCULO 149.- Para fines de este reglamento se adoptarán las reglas de las Figuras 26 y 27, para uniones de tres y dos piezas con ejes perpendiculares entre sí:

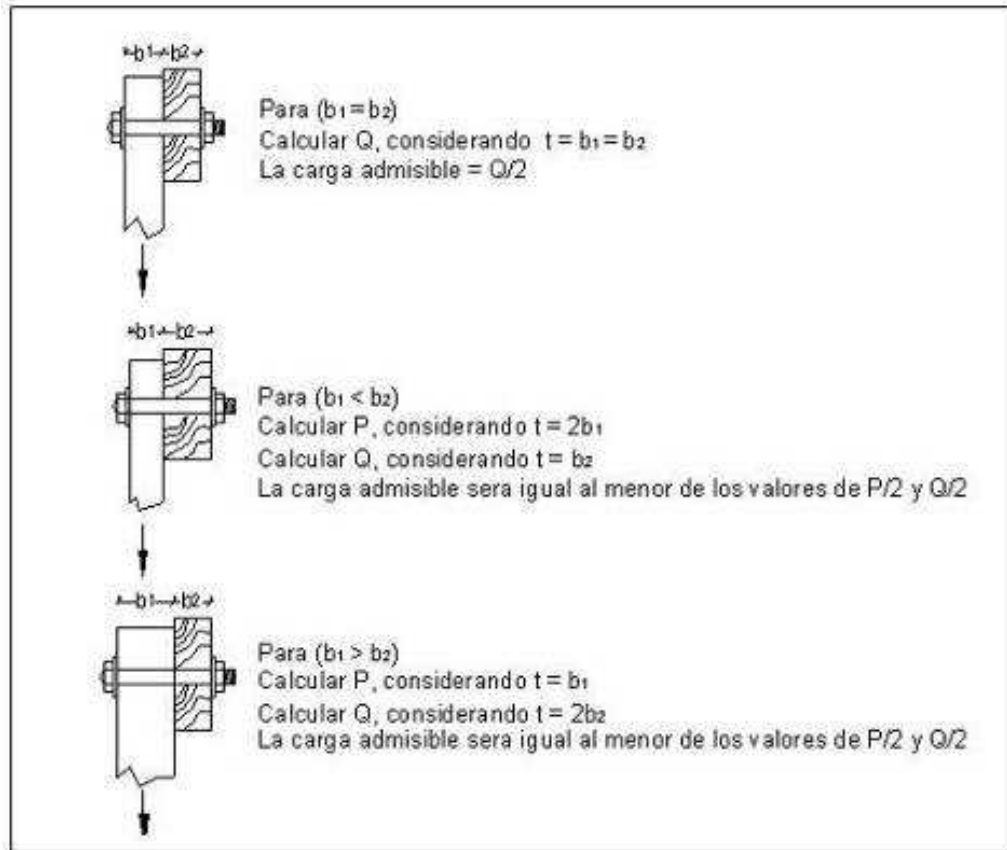
a) Uniones de Tres Piezas con Ejes Perpendiculares

FIGURA 26
UNIONES DE TRES PIEZAS CON EJES PERPENDICULARES



b) Uniones de Dos Piezas con Ejes Perpendiculares

FIGURA 27
UNIONES DE DOS PIEZAS CON EJES PERPENDICULARES

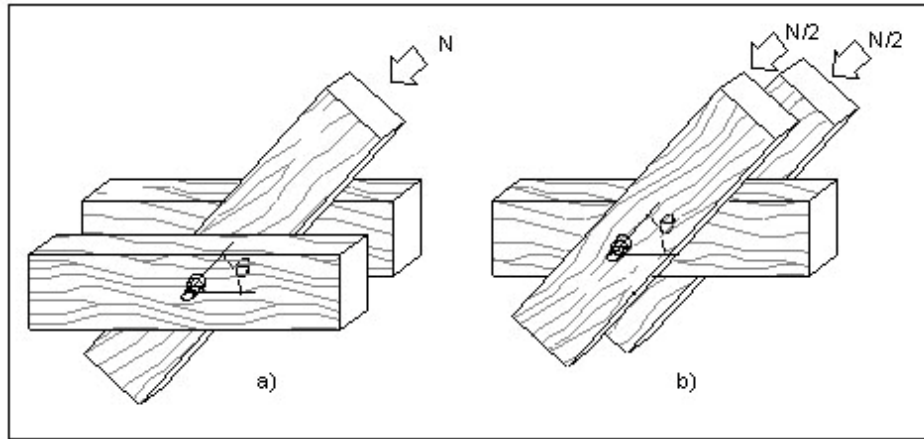


ARTÍCULO 150.- UNIONES EN QUE SE FORMA UN ANGULO θ , ENTRE LOS EJES LONGITUDINALES DE LAS PIEZAS. La carga admisible de un perno en el caso en que la carga aplicada siga la dirección de las fibras en el elemento central, pero forme un ángulo, θ , con la dirección de la fibra de los elementos laterales (véase Fig. 26-a), o viceversa (véase Fig. 26-b), se determinará con la fórmula de Hankinson, que se presenta a continuación:

$$N = \frac{PQ}{P(\sin^2 \theta) + Q(\cos^2 \theta)} \quad \text{Ec. (34)}$$

Las cargas P y Q corresponden a las situaciones límites indicadas en los Artículos 143 y 148.

FIGURA 28
UNIONES CON PERNOS, CARGAS INCLINADAS CON RELACIÓN A LAS FIBRAS. (N)



ARTÍCULO 151.- ESPACIAMIENTOS Y DISTANCIAS MÍNIMAS. Las disposiciones de espaciamientos y distancias mínimas para pernos se regirán por los Artículos 152 y 153. Al definir estos espaciamientos, además de cumplir con las limitaciones allí descritas, se deberá comprobar si se dispone de suficiente espacio para alojar las arandelas.

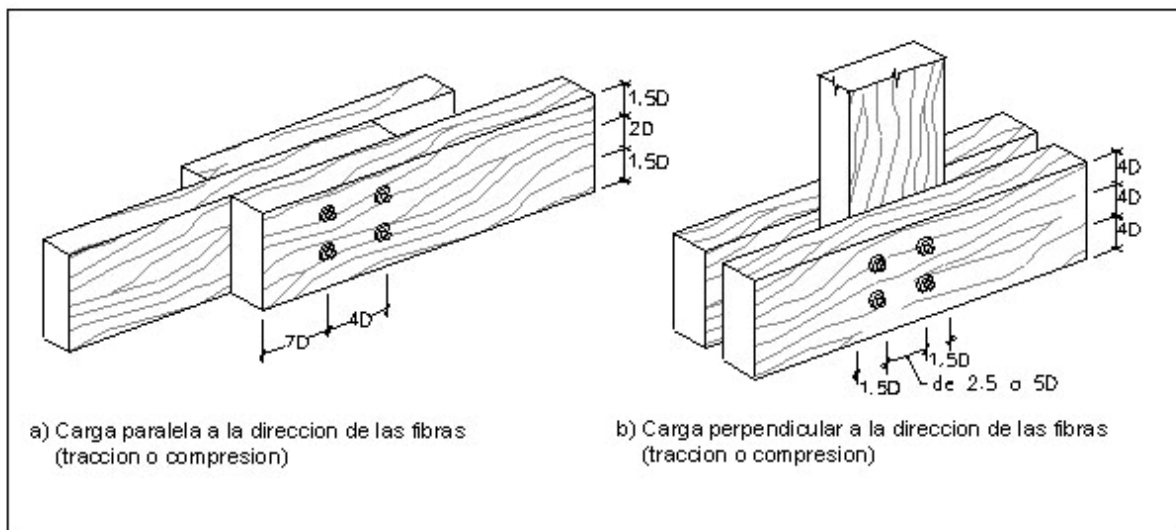
ARTÍCULO 152.- Cuando las fuerzas actúan en la dirección de las fibras (véase Fig. 29-a), los espaciamientos y distancias mínimas para pernos deberán ser:

- 2D entre hileras de pernos paralelas a las fibras
- 4D entre pernos adyacentes en la dirección de las fibras
- 1.5D de los bordes
- 7D del extremo cargado
- 4D del extremo no cargado

ARTÍCULO 153.- Cuando las fuerzas actúan perpendicularmente a la dirección de las fibras (véase Fig. 29-b), los espaciamientos y distancias mínimas para pernos deberán cumplir con lo siguiente:

- 4D entre pernos adyacentes en la dirección de las fibras
- 4D del borde cargado
- 1.5D del borde no cargado
- 4D de los extremos
- 5D entre hileras de pernos, para $(t/D) > 6$
- 2.5D entre hileras de pernos, para $(t/D) = 2$
- Interpolar entre los dos últimos valores, para $(2 < (t/D) \leq 6)$

FIGURA 29
ESPACIAMIENTOS EN UNIONES CON PERNOS



TÍTULO VII **ESTRUCTURAS PROVISIONALES**

CAPÍTULO I **ASPECTOS GENERALES**

ARTÍCULO 154.- Será obligatorio el análisis y diseño estructural de los encofrados y andamios de madera que no cumplan con los requisitos mínimos que se definen a continuación, al igual que la presentación de sus memorias de cálculos y planos estructurales ante la SEOPC (Oficina de Tramitación de Planos correspondiente) de acuerdo a los requerimientos de los Artículos del 26 al 33 de este Reglamento.

CAPÍTULO II **ENCOFRADOS**

ARTÍCULO 155.- Para la construcción de los encofrados se deberán cumplir lo requisitos mínimos establecidos en las Tablas 12 A, B, C y D:

TABLA 12 (A)
REQUISITOS MÍNIMOS DE CONSTRUCCIÓN PARA ENCOFRADOS DE LOSAS

	$0.07 \leq E \leq 0.10$	$0.10 < E \leq 0.12$	$0.12 < E < 0.15$	$0.15 \leq E \leq 0.17$	$0.17 < E < 0.19$	$0.19 \leq E \leq 0.20$
Espesores Mínimos de Forro o Duela de Contacto (plywood o	$\frac{3}{4}''$	$\frac{3}{4}''$	$\frac{3}{4}''$	$\frac{3}{4}''$	$\frac{3}{4}''$	$\frac{3}{4}''$

	$0.07 \leq E \leq 0.10$	$0.10 < E \leq 0.12$	$0.12 < E < 0.15$	$0.15 \leq E \leq 0.17$	$0.17 < E < 0.19$	$0.19 \leq E \leq 0.20$
madera maciza)						
Separación máx. entre ejes de Costillas usando 2" x 4"	0.80 m	0.80 m	0.80 m	0.60 m	0.60 m	0.60 m
Separación máx. de Puntales usando 2" x 4" con $H \leq 2.44$ m arriostrados en ambas direcciones	0.80 m	0.80 m	0.80 m	0.75 m	0.70 m	0.60 m
Separación máx. Cargaderas de 2" x 4"	1.20 m	1.00 m	1.00 m	1.00 m	1.00 m	1.00 m
Notas : 1. En todos los muros de carga se colocara una cinta de apoyo al encofrado con dimensiones mínimas de 1" x 4" clavadas al muro con clavos de acero. 2. Independientemente del espaciamiento de las costillas el forro deberá estar apoyado en sus bordes. 3. En losas pequeñas, tales como pasillos y closets, se utilizarán por lo menos una línea de puntales en su centro. 4. Estos espaciamientos han sido preparados para piezas de 2" x 4". Si se usan piezas de dimensiones diferentes éstas deberán ser diseñadas de acuerdo al Artículo 165.						

TABLA 12 (B)
REQUISITOS MÍNIMOS DE CONSTRUCCIÓN PARA ENCOFRADOS DE MUROS

	PRESIÓN MÁXIMA EN EL MURO EN KG/M2 Usando Forros de 1" en madera o 3/4" en Plywood					
	1500	2000	3000	3500	4500	5000
Espaciamiento máximo de las piezas						
Viortes Verticales 2" x 4" (Véase Fig. 30 b)	0.60 m	0.60 m	0.50 m	0.45 m	0.40 m	0.30 m
Largueros Horizontales 2" x 4" (Véase Fig. 30 b)	0.80 m	0.70 m	0.60 m	0.60 m	0.50 m	0.50 m
Separación de tornillos o alambre #10 con resistencia mínima de 1,300 kg	1.00 m	0.90 m	0.75 m	0.60 m	0.50 m	0.50 m
Separación máx. Pie de Amigo de 2" x 4"	1.20 m	1.20 m	1.20 m	1.20 m	1.20 m	1.20 m

Notas :

1. Al usar alambre para el amarre de los largueros se colocaran tantos hilos como sean necesarios para soportar una fuerza de por lo menos 1,300 kg.
2. Estos espaciamientos han sido preparados para piezas de 2" x 4". Si se usan piezas de dimensiones diferentes estas deberán ser diseñadas de acuerdo al Artículo 165.

TABLA 12 (C)
REQUISITOS MÍNIMOS DE CONSTRUCCIÓN PARA ENCOFRADOS DE COLUMNAS

Separación Virotes 2" x 4" usando forro de 1" bruta o plywood ¾"						
	Dimensión mayor de la columna rectangular					
	0.20 m o menos	0.3 m	0.4 m	0.5 m	0.6 m	0.80 m
	Espaciamento máximo de las piezas					
H= 2.44 m	0.40 m	0.40 m	0.30 m	0.30 m	0.25 m	0.25 m *
H= 1.80 m	0.45 m	0.45 m	0.45 m	0.40 m	0.35 m	0.35 m *
H= 1.22 m	0.60 m	0.60 m	0.55 m	0.50 m	0.50 m	0.50 m *
Notas :						
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se deben colocar los pies de amigo en por lo menos dos caras perpendiculares de la columna. 2. En columnas de 0.8 m o más se colocara un larguero vertical con su respectivo pie de amigo en el centro de la caras que sean mayores de 0.8 m 3. Se usara alambre o tornillos para el amarre de los largueros a un espaciamento no mayor de 0.60 m. se colocaran tantos hilos como sean necesarios para soportar una fuerza de por lo menos 1,300 kg. 4. Estos espaciamientos han sido preparados para piezas de 2" x 4". Si se usan piezas de dimensiones diferentes estas deberán ser diseñadas de acuerdo al Artículo 165. 						

TABLA 12 (D)
REQUISITOS MÍNIMOS DE CONSTRUCCIÓN PARA ENCOFRADOS DE VIGAS

Separación Virotes y costillas 2" x 4" usando forro de 1" bruta o plywood ¾"					
Vigas con fondos de 0.20, 0.25 y 0.30 m de ancho	Espesor de la losa				
	0.10 m	0.12 m	0.15 m	0.17 m	0.20 m
h por debajo de la losa	Espaciamento máximo de las piezas				
(h = 0.2 m)	0.54 m	0.50 m	0.48 m	0.46 m	0.44 m
(h = 0.4 m)	0.50 m	0.48 m	0.46 m	0.45 m	0.40 m
(h = 0.6 m)	0.47 m	0.45 m	0.43 m	0.40 m	0.30 m
h de la viga	Separación puntales 2" x 4" con altura menor de 2.20 m y cargaderas de 2" x 4"				
(h = 0.2 m)	0.80 m	0.75 m	0.70 m	0.65 m	0.60 m
(h = 0.4 m)	0.70 m	0.65 m	0.60 m	0.60 m	0.55 m
(h = 0.6 m)	0.60 m	0.60 m	0.55 m	0.50 m	0.50 m
Notas :					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Para vigas con h= 0.60 m o más se colocara en sentido longitudinal un 2" x 4" a mitad de la altura, en ambas cara de la viga amarrado por dos hilos de alambre #10. 2. Estos espaciamientos han sido preparados para piezas de 2" x 4". Si se usan piezas de dimensiones diferentes estas deberán ser diseñadas de acuerdo al Artículo 165. 3. Es posible utilizar espacimientos mayores en los puntales usando cargaderas mayores de 2" x 4" y puntales metálicos o arriostrándolos para disminuir su longitud libre en cualquiera de los casos se deberá calcular los mismos. 					

ARTÍCULO 156.- ESPECIFICACIONES GENERALES. Los elementos a utilizar para formar sistemas de encofrados deberán ser perfectamente compatibles entre si y cumplir con los requisitos siguientes:

- a) Deberán tener la resistencia y rigidez suficientes para soportar las cargas a las que estarán sometidos durante el vaciado del hormigón y las cargas constructivas.
- b) La madera usada en los elementos de encofrados deberá estar en buen estado y no podrá tener ningún tipo de aberturas, fisuras, orificios o rajaduras, por donde pueda salirse el hormigón fresco.
- c) Las uniones de los encofrados deberán garantizar su eficiencia y resistencia, sin que se afecte el comportamiento de los elementos que las conforman.

ARTÍCULO 157.- Para fines de evaluación de cargas en los encofrados, además de la carga que aporta el hormigón deberá considerarse un valor de carga muerta constructiva de 50 kg/m^2 y un valor de carga viva de construcción de 250 kg/m^2 .

ARTÍCULO 158.- Bajo ninguna circunstancia se podrán tener en zona alguna de la estructura en construcción, cargas que excedan las combinaciones de cargas para las cuales fue diseñada.

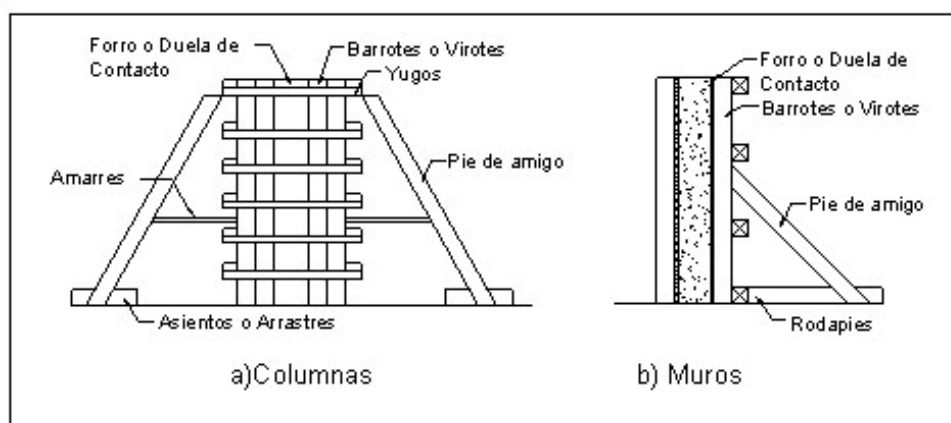
ARTÍCULO 159.- En los cálculos estructurales deberá tenerse en cuenta los efectos de cargas que puedan tener los encofrados en las estructuras existentes o ya fraguadas, por ejemplo los efectos que un encofrado de un piso superior pueda tener sobre pisos inferiores u otros durante el proceso constructivo.

ARTÍCULO 160.- REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN. La madera empleada para forros o duelas de contacto no deberá tener más de seis usos, los demás elementos que conforman el encofrado podrán ser usados hasta diez veces.

ARTÍCULO 161.- Se deberá evitar el uso de maderas tropicales, rollizos u otro tipo de madera no clasificada como madera estructural en este Reglamento de acuerdo al Artículo 45.

ARTÍCULO 162.- El terreno donde se han de colocar los asientos o arrastres de los puntales deberá tener la estabilidad necesaria para garantizar la seguridad estructural. No se deberán emplear bloques de hormigón o piedras como arrastres (véase Fig. 30).

FIGURA 30
ELEMENTOS DE ENCOFRADOS DE COLUMNAS Y MUROS



ARTÍCULO 163.- El proceso de desencofrado se podrá iniciar luego de que el hormigón haya alcanzado un grado de resistencia tal que no se afecten sus propiedades (véase Reglamento para Construcciones de Hormigón Armado). Este deberá realizarse de manera que no se perjudiquen la seguridad estructural y las condiciones de servicio de los elementos vaciados.

ARTÍCULO 164.- Se deberán programar y establecer los procedimientos para el retiro de los puntales y el reapuntalamiento, para etapas futuras de vaciados.

ARTÍCULO 165.- REQUISITOS DE DISEÑO. SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE APOYOS. A fin de garantizar las condiciones de servicio, los elementos de madera para encofrados no deberán tener una separación entre los apoyos, mayor que las que se especifican a continuación:

a) Flexión

- Para madera maciza o contrachapada:

$$X_f = 2.83 \sqrt{\frac{F_b S}{W}} \quad (\text{Para uno o dos claros}) \quad \text{Ec. (35)}$$

$$X_f = 3.15 \sqrt{\frac{F_b S}{W}} \quad (\text{Para tres o más claros}) \quad \text{Ec. (36)}$$

b) Fuerza Cortante

- Para madera maciza:

$$\chi_c = \frac{F_v A}{0.75W} + 2h \quad (\text{Para un claro}) \quad \text{Ec. (37)}$$

$$\chi_c = \frac{F_v A}{0.95W} + 2h \quad (\text{Para más de un claro}) \quad \text{Ec. (38)}$$

- Para madera contrachapada o plywood:

$$\chi_c = \left[\frac{2F_v}{W} * \frac{Ib}{Q} \right] + 2h \quad (\text{Para un claro}) \quad \text{Ec. (39)}$$

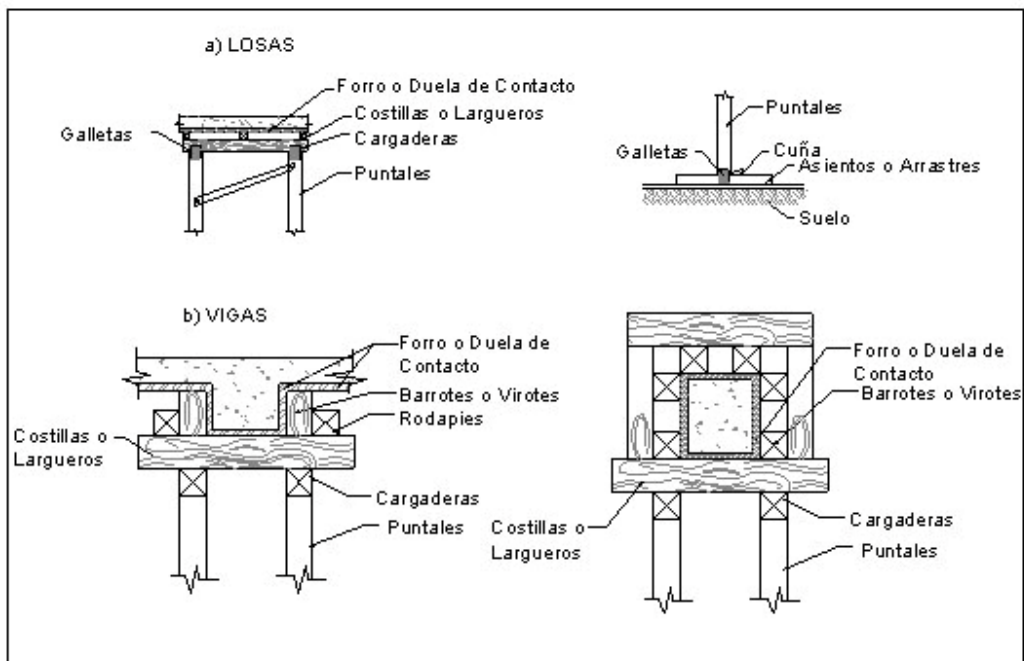
$$\chi_c = \left[\frac{2F_v}{0.6W} * \frac{Ib}{Q} \right] + 2h \quad (\text{Para más de un claro}) \quad \text{Ec. (40)}$$

Los valores de $\left(\frac{Ib}{Q} \right)$ se dan en la Tabla 13.

c) Deflexiones

Los elementos de encofrados tales como forros o duelas de contacto, largueros, cargaderas y barrotes o virotes (véase Fig. 31) deberán ser diseñados de manera que cumplan con las deflexiones máximas permisibles bajo condiciones de servicio que se presentan a continuación:

FIGURA 31
ELEMENTOS DE ENCOFRADOS DE LOSAS Y VIGAS



▪ Para hormigón visto o arquitectónico, $\frac{Lu}{400}$

$$L_{\Delta} = 0.58 * \sqrt[3]{\frac{EI}{W}} \quad (\text{Para un claro}) \quad \text{Ec. (41)}$$

$$L_{\Delta} = 0.78 * \sqrt[3]{\frac{EI}{W}} \quad (\text{Para más de un claro}) \quad \text{Ec. (42)}$$

▪ Para hormigón común o a pañetar, $\frac{Lu}{360}$

$$L_{\Delta} = 0.60 * \sqrt[3]{\frac{EI}{W}} \quad (\text{Para un claro}) \quad \text{Ec. (43)}$$

$$L_{\Delta} = 0.78 * \sqrt[3]{\frac{EI}{W}} \quad (\text{Para más de un claro}) \quad \text{Ec. (44)}$$

- **Para Forros o Duelas de Contacto de madera maciza o contrachapada, cuya deflexión elástica máxima admisible es $\Delta_{adm} = 1/16''$**

$$L_{\Delta} = 1.87 * \sqrt[4]{\frac{EI}{W}} \quad (\text{Para un claro}) \quad \text{Ec. (45)}$$

$$L_{\Delta} = 2.28 * \sqrt[4]{\frac{EI}{W}} \quad (\text{Para más de un claro}) \quad \text{Ec. (46)}$$

- **Para madera a usarse como Costillas o Largueros, cuya deflexión elástica máxima admisible es $\Delta_{adm} = 1/8''$**

$$L_{\Delta} = 2.25 * \sqrt[4]{\frac{EI}{W}} \quad (\text{Para un claro}) \quad \text{Ec. (47)}$$

$$L_{\Delta} = 2.75 * \sqrt[4]{\frac{EI}{W}} \quad (\text{Para más de un claro}) \quad \text{Ec. (48)}$$

- **Para madera a usarse como Cargaderas, cuya deflexión elástica máxima admisible es $\Delta_{adm} = 1/4''$**

$$L_{\Delta} = 2.66 * \sqrt[4]{\frac{EI}{W}} \quad (\text{Para un claro}) \quad \text{Ec. (49)}$$

$$L_{\Delta} = 3.24 * \sqrt[4]{\frac{EI}{W}} \quad (\text{Para más de un claro}) \quad \text{Ec. (50)}$$

La separación entre apoyos (L_{Δ}) a utilizar será el menor valor calculado, de acuerdo a las expresiones anteriores, para cada caso.

ARTÍCULO 166.- CARGAS HORIZONTALES. Para el diseño de sistemas de arriostramiento lateral, se deberá tomar el mayor de los siguientes valores:

- 150 Kg/m del lado del elemento.
- 2% de la carga muerta total, distribuida como carga uniforme a lo largo del elemento.

ARTÍCULO 167.- Para encofrados de muros, se deberá tomar en cuenta el empuje del viento, en cuyo caso la presión no podrá ser menor de 100 Kg/m². La fuerza de viento, por unidad lineal, aplicada en la parte superior del encofrado, (igual a la presión del viento multiplicada por la altura total del muro entre 2), no podrá ser menor que 150 Kg/m.

ARTÍCULO 168.- PRESIÓN LATERAL EN COLUMNAS. Durante el proceso del vaciado de hormigón se presentan presiones dinámicas que deben tomarse en cuenta en el diseño del encofrado. Las siguientes expresiones, basadas en reglas empíricas podrán aplicarse a hormigones normales, con un peso volumétrico de 2,400 Kg/m³, con un revenimiento inferior a 10 cm y con vibrado interno normal (vibrador mecánico). Si el vibrado se realiza manualmente con una varilla, la presión lateral, P_{lat} podrá reducirse en un 10%. El valor de T_h a emplearse para fines de diseño, será de 30°C. En caso de emplear aditivos retardantes, se recomienda reducir la temperatura en unos 5°C. Si se emplean aditivos acelerantes no será necesario modificar la temperatura. Para la presión lateral, P_{lat} , deberá regir el menor de los siguientes valores:

$$P_{lat1} = \left[732 + \frac{4500R_v}{0.056T_h + 1} \right] f \quad \text{Ec. (51)}$$

$$P_{lat2} = \gamma_h * H_1 * f \quad \text{Ec. (52)}$$

$$f = \frac{\gamma_h'}{\gamma_h} \quad \text{Ec. (53)}$$

PÁRRAFO: Los valores de P_{Lat} calculados según las Ecuaciones 51 y 52 no deberán ser mayores de 14,640 Kg/m², ni de 2,400 H_1 .

ARTÍCULO 169.- Las Ecuaciones 51 y 52 son aplicables siempre y cuando ninguna de las dimensiones de la sección transversal de la columna sean mayores que 1.20 m. En caso contrario, se deberá analizar el encofrado como el de un muro de hormigón.

ARTÍCULO 170.- Para madera contrachapada o plywood, podrán utilizarse las propiedades de las secciones de la Tabla 13 que se presenta a continuación, para flexión, tensión, compresión y cortante en el plano de las chapas, éstas se calcularán considerando únicamente las chapas con la fibra paralela a la dirección del esfuerzo.

TABLA 13
PROPIEDADES EFECTIVAS PARA MADERA CONTRACHAPADA O PLYWOOD SIN PULIR

Espesor nominal (pulg)	Peso aproximado (kg/m ²)	Espesor efectivo (cm)	Propiedades efectivas para el cálculo de esfuerzos paralelos a las fibras de las capas extremas				Propiedades efectivas para el cálculo de esfuerzos perpendiculares a las fibras de las capas externas			
			Área (cm ²)	I (cm ⁴)	S (cm ³)	Ib/Q (cm ²)	Área (cm ²)	I (cm ⁴)	S (cm ³)	Ib/Q (cm ²)
5/16	4.9	0.90	50.3	3.4	7.7	54.3	25.1	0.3	1.6	-
3/8	5.4	0.94	47.1	5.6	10.5	65.8	30.4	0.4	2.3	-
1/2	7.3	1.38	61.5	12.4	17.1	95.2	49.2	2.3	7.8	54.5
5/8	8.8	1.82	73.3	21.4	23.5	126.9	61.9	7.1	14.4	68.5
3/4	10.7	1.90	93.3	33.7	30.8	149.1	62.2	11.6	19.8	78.3
7/8	12.7	1.97	92.9	47.2	37.1	147.1	74.3	26.2	31.4	107.7
1	14.6	2.76	110.1	72.2	49.6	180.2	137.6	50.0	52.0	147.9
1 1/8	16.1	2.84	140.8	102.6	62.6	191.8	117.3	68.7	60.8	183.6

ARTÍCULO 171.- Para tomar en cuenta la contribución de las chapas con la fibra perpendicular al esfuerzo, se deberán multiplicar las propiedades obtenidas por los valores de la constante C de la Tabla 14. Para obtener la resistencia a cortante a través del espesor, deberá utilizarse el área total de la sección transversal de la placa de madera contrachapada.

TABLA 14
VALORES DE (C) PARA OBTENER LAS PROPIEDADES EFECTIVAS DE LAS PLACAS DE MADERA CONTRACHAPADA O PLYWOOD

Número de Chapas	Orientación	Para Módulo de Sección	Para Momento de Inercia
3	90°	2.0	1.5
4 o más	90°	1.0	1.2
Todas las chapas	0°	1.0	1.0

ARTÍCULO 172.- PRESIÓN LATERAL EN MUROS. La presión lateral, P_{lat} , que ejerce el hormigón fresco durante el vaciado en las paredes del encofrado de muros de hormigón armado no deberá exceder de 10,000 kg/m². Esta deberá determinarse por medio de los criterios siguientes:

→ **Cuando** $R_v < 2$ m/hr :

P_{lat} , deberá ser calculada según la Ec. 51

→ **Cuando** $3 \text{ m/hr} > R_v \geq 2 \text{ m/hr}$:

P_{lat} , deberá ser calculada según la siguiente ecuación:

$$P_{lat1} = \left[732 + 1406 \frac{4.7 + R_v}{0.056T_h + 1} \right] f \quad \text{Ec. (54)}$$

→ **Cuando** $R_v > 3 \text{ m/hr}$:

P_{lat} , deberá ser calculada según la Ec. 52

PÁRRAFO: Los valores de P_{lat} calculados con las Ecuaciones 51 y 54 no deberán ser mayores que el valor de P_{lat} , calculado con la Ecuación 52 (para el caso de muros).

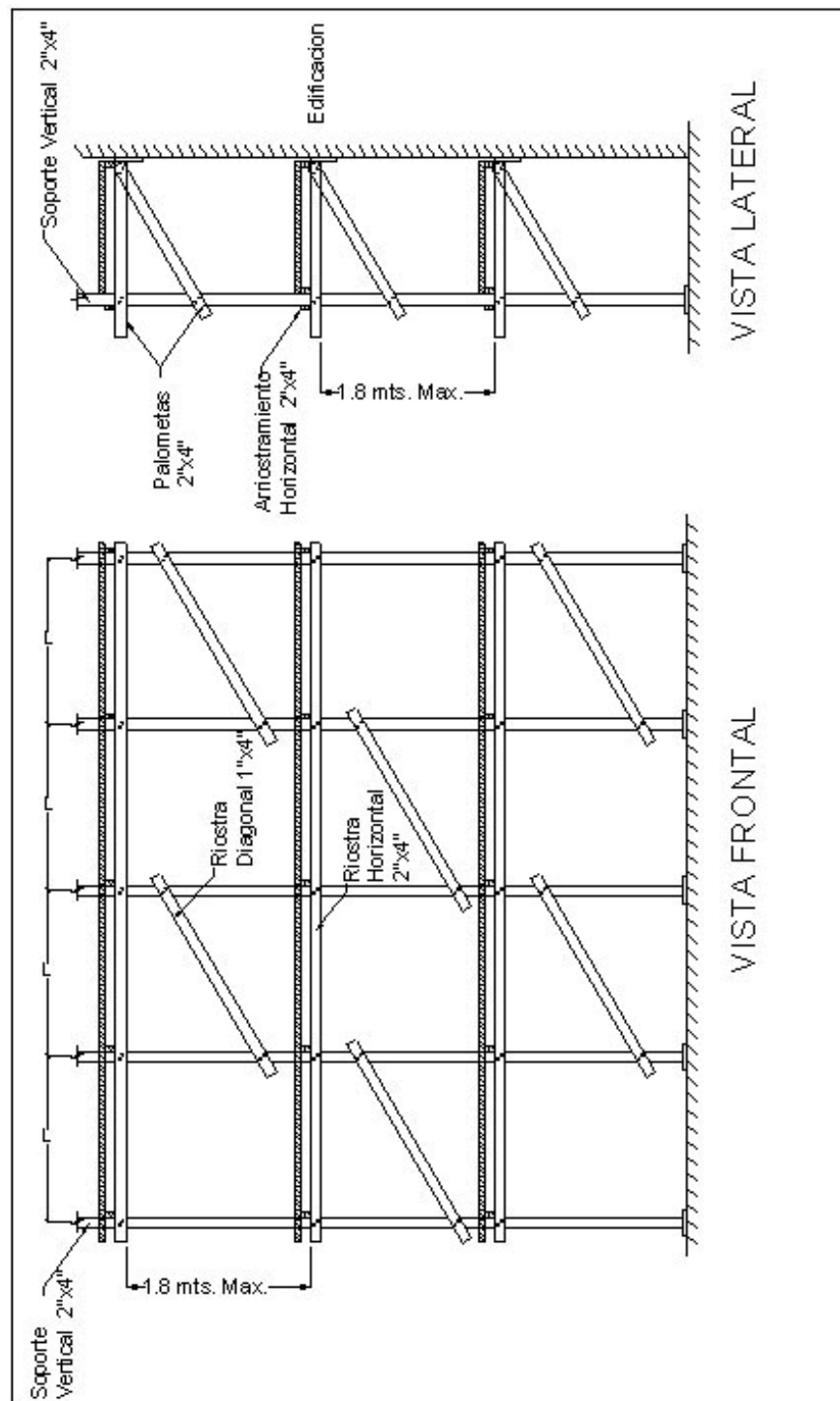
CAPÍTULO III ANDAMIOS

TABLA 15
REQUISITOS MÍNIMOS DE CONSTRUCCIÓN PARA ANDAMIOS

	Edificios de 4 niveles o menos	Edificios de 4 a 6 niveles
Separación máxima para los elementos de soporte en 2" x 4"	1.80 m	1.20 m
Separación vertical máx. entre Elementos de arriostramiento horizontal usando 2" x 4"	1.80 m	1.80 m
Dimensión mínima de tablonés	2" x 10"	2" x 12"
Separación vertical máx. de las palometas 2" x 4"	1.80 m	1.80 m
Notas :		
1. Para edificaciones mayores de 6 niveles no se permitirá el uso de andamios de madera.		
2. Se proveerá arriostramiento diagonal con 1 "x 4" de forma intercalada (checkerboard), en todo el frente del andamio.		

FIGURA 32
ANDAMIO TÍPICO

PROHIBIDA LA VENTA



TÍTULO VIII

TÉCNICAS Y DETALLES CONSTRUCTIVOS

CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES

ARTÍCULO 173.- Las técnicas y detalles que se presentan en este Título tienen la finalidad de aclarar y sintetizar algunas alternativas de protección, diseño y construcción de los elementos y sistemas de las edificaciones de madera. Estos detalles son solamente de carácter ilustrativo, la resistencia y disposición de los elementos estructurales y sus uniones deberán verificarse de acuerdo a las especificaciones de los Títulos anteriores del presente Reglamento.

CAPÍTULO II CIMENTACIONES

ARTÍCULO 174.- Las cimentaciones de las estructuras de madera podrán ser aisladas, corridas, escalonadas o plateas (losas de cimentación) de hormigón armado y postes o pilotes de hormigón, madera o acero. El análisis y diseño de las mismas deberá regirse de acuerdo a lo especificado en los Reglamentos correspondientes a cada material y las uniones y/o anclajes de los elementos de madera con los de su cimentación deberán hacerse de acuerdo a los requerimientos del Título VI. Se presentan en el Artículo 175 algunos detalles constructivos de anclajes y formas de protección de estas estructuras, relacionadas con sus cimentaciones.

ARTÍCULO 175.- ANCLAJES. Los pisos y entrepisos de madera deberán anclarse a la cimentación de la edificación y unirse a las paredes de corte (en caso de que éstas existan) de manera que se forme una unidad entre ellos. (Véase Figs. 33, 34, 35, 36 y 37).

**FIGURA 33
CIMENTACIÓN EN TRAMADO DE PARED DE CORTE**

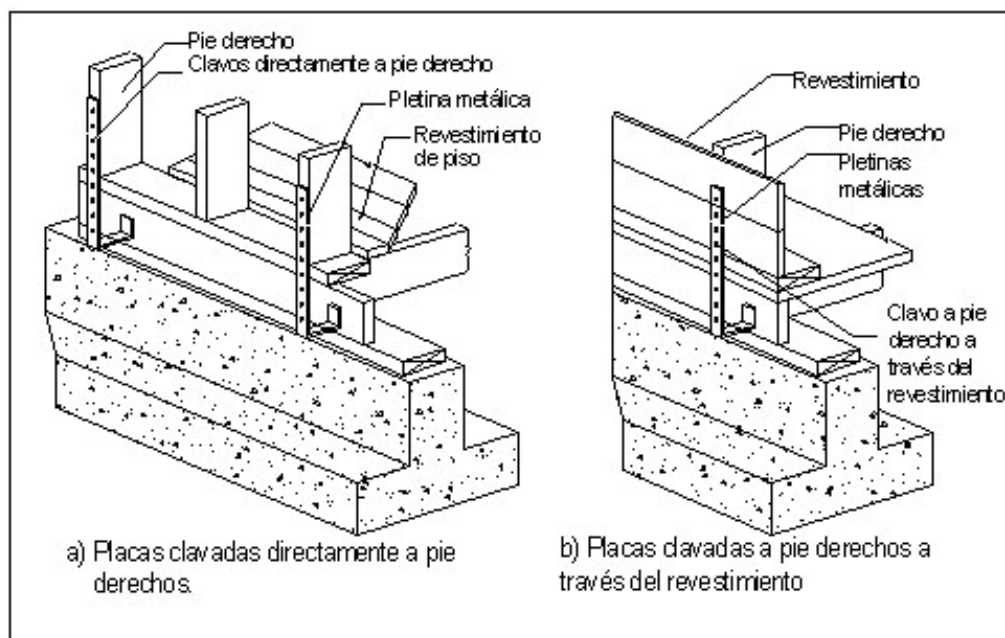


FIGURA 34
ANCLAJES DE VIGAS Y VIGUETAS

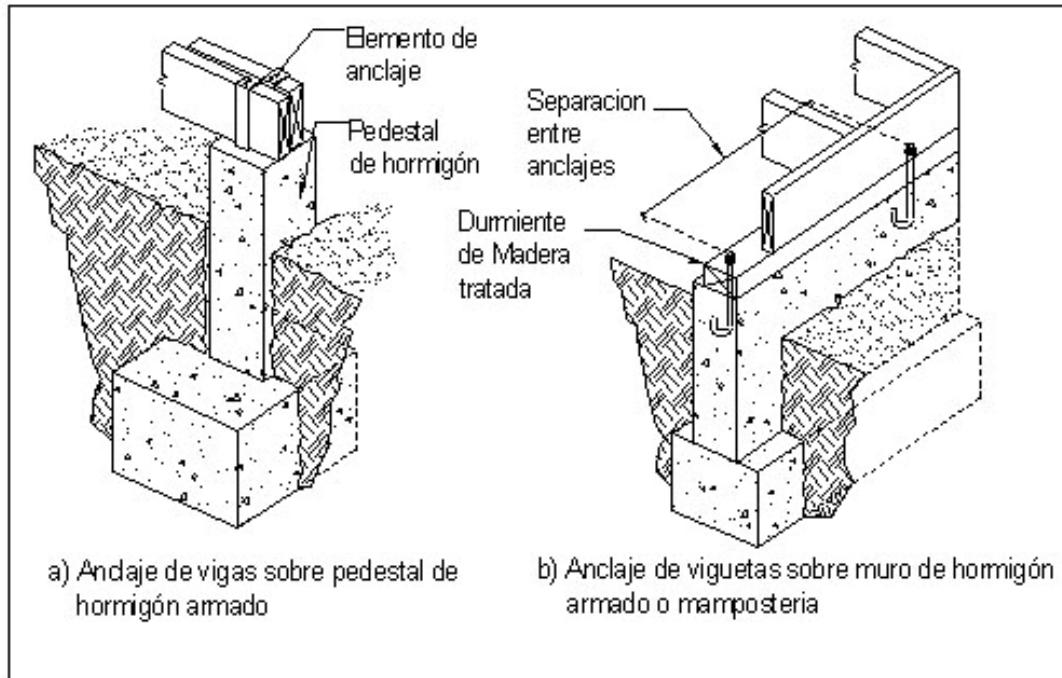


FIGURA 35
ALTERNATIVAS DE ANCLAJES EN LOSAS DE CIMENTACIÓN O CIMENTOS CORRIDOS

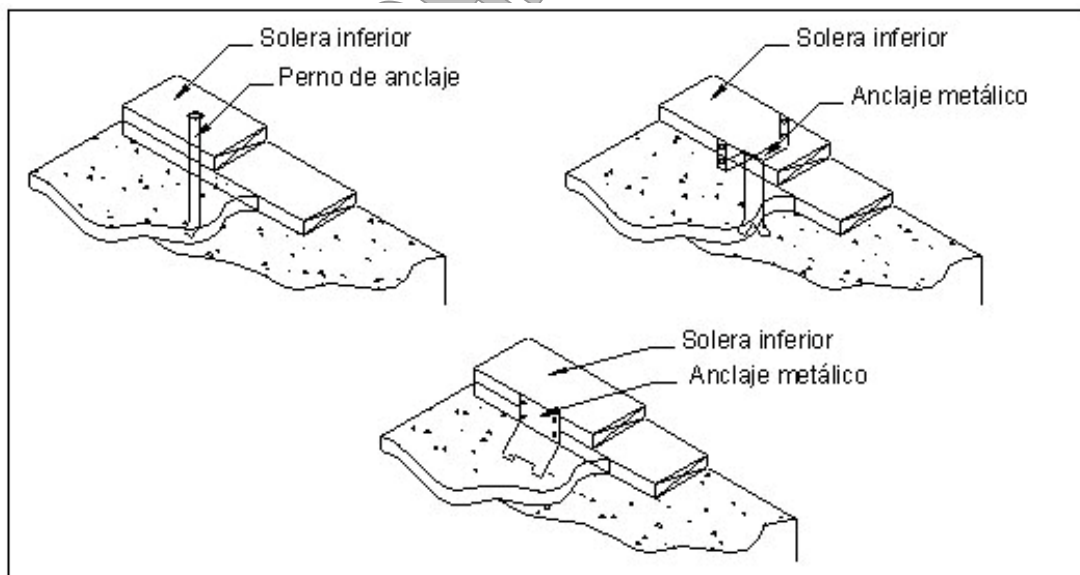


FIGURA 36
CIMENTACIÓN CON POSTES DE MADERA

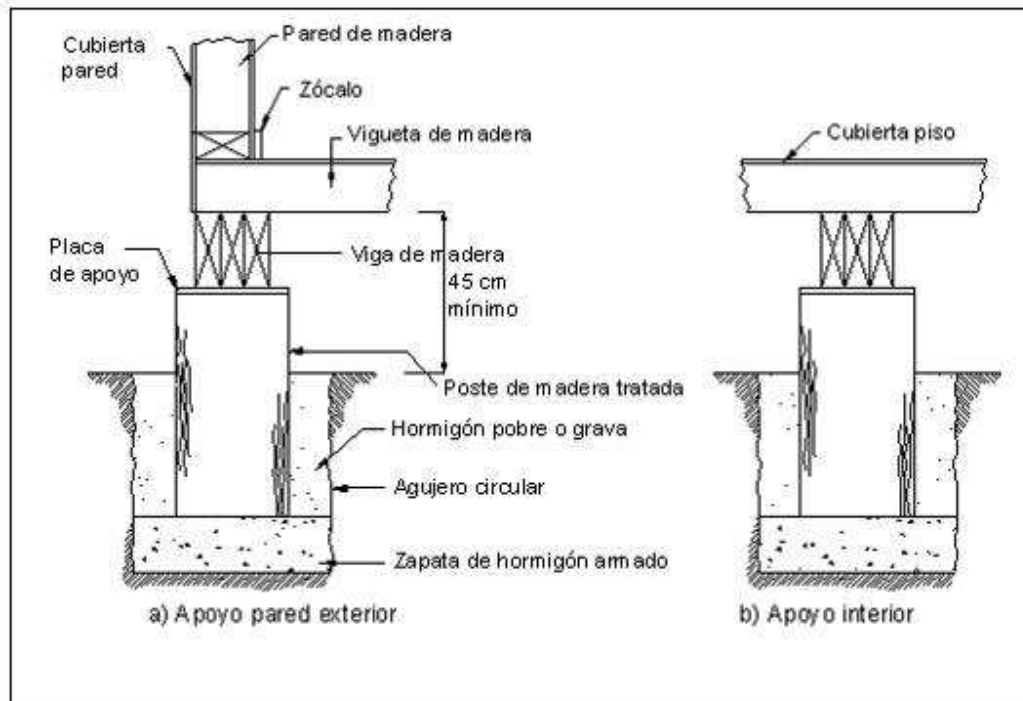
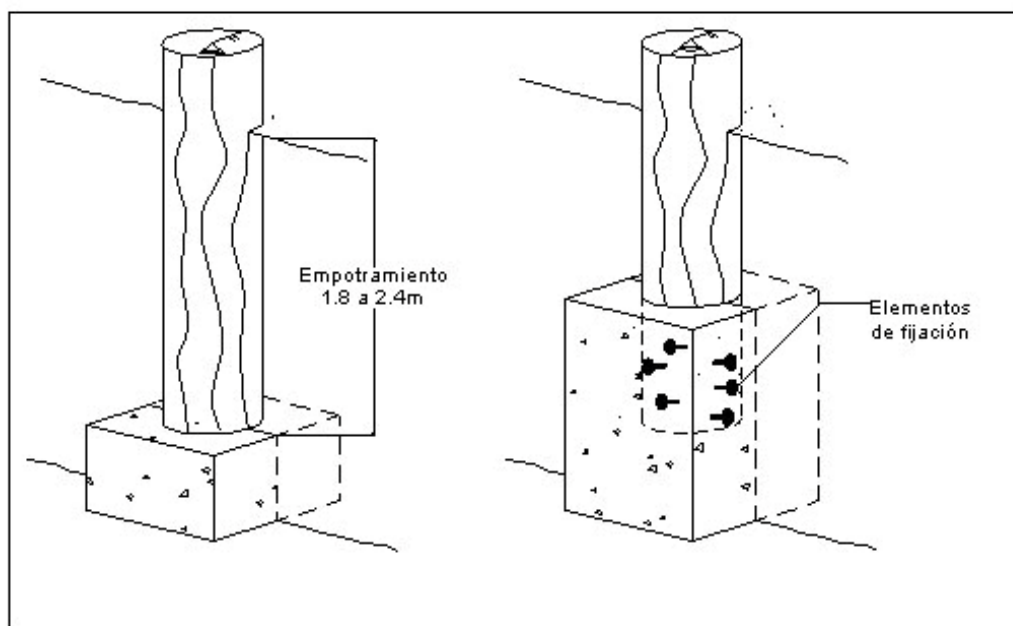


FIGURA 37
ANCLAJE POSTES DE MADERA



ARTÍCULO 176.- PROTECCIÓN CONTRA HUMEDAD. Para proteger de la humedad la madera en contacto con los cimientos deberá disponerse de materiales impermeables (véase Artículo 12) entre ésta y la cimentación. (Véase Figs. 38 y 39).

FIGURA 38
 AISLAMIENTO DE LA HUMEDAD EN PISOS SOBRE PEDESTALES DE HORMIGÓN ARMADO
(CIMENTACIÓN AISLADA)

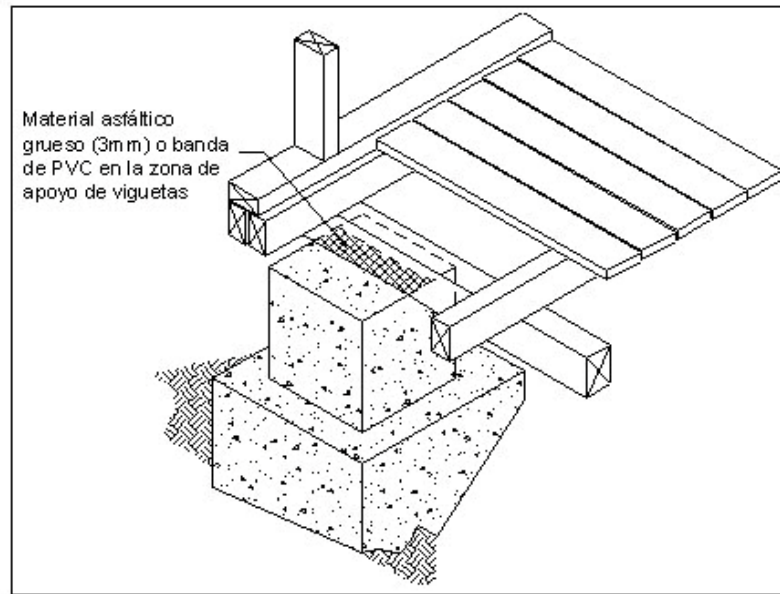
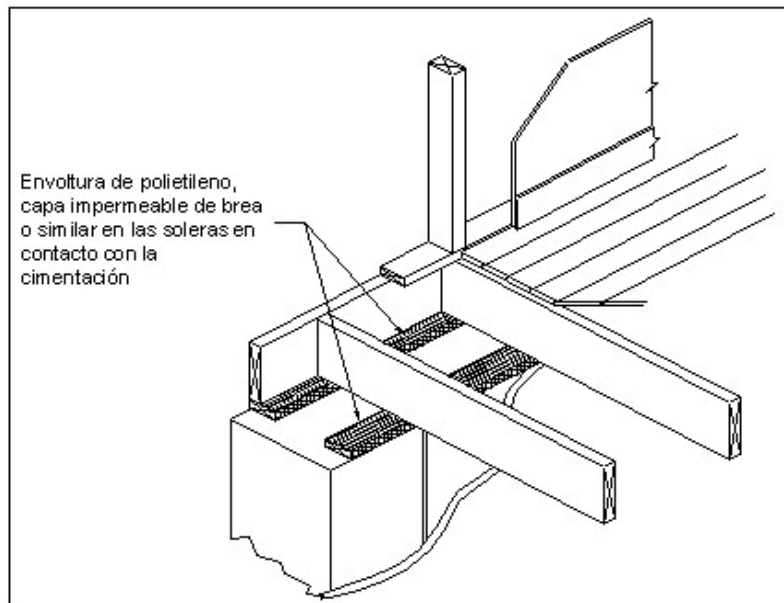
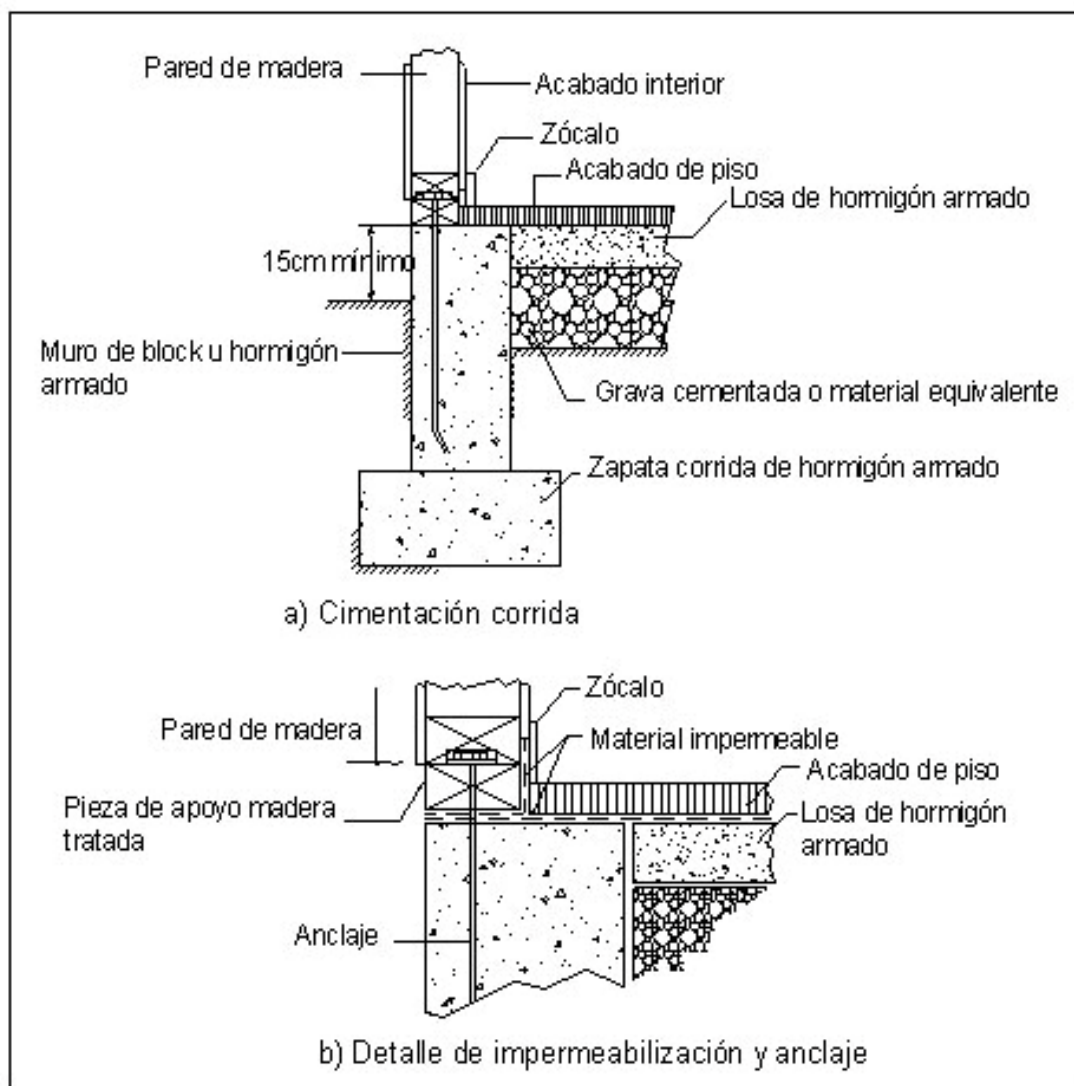


FIGURA 39
 AISLAMIENTO DE LA HUMEDAD EN PISOS Y ENTREPISOS SOBRE MUROS
(CIMENTACIÓN CORRIDA)



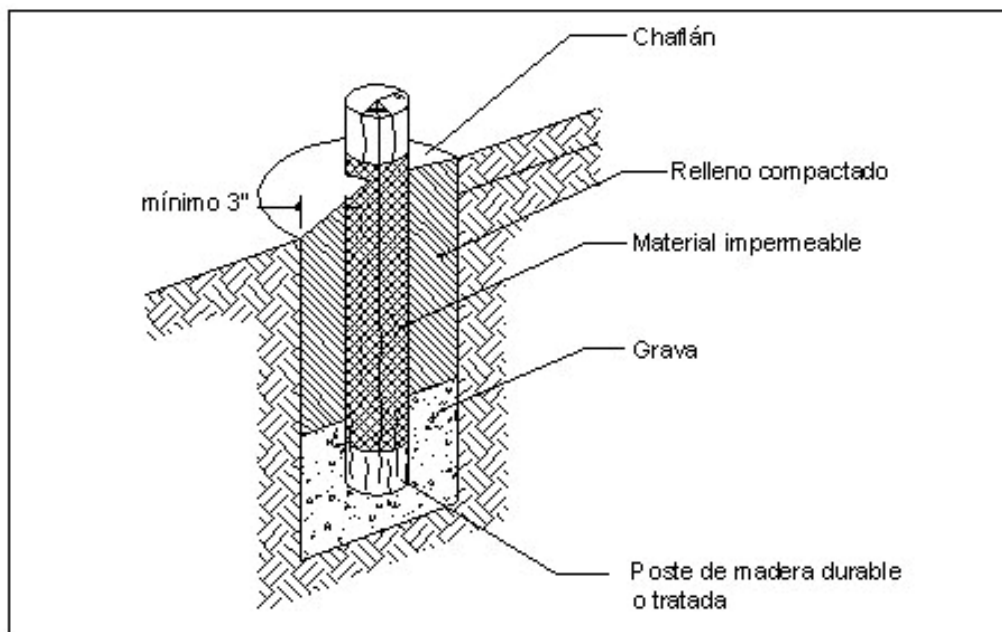
ARTÍCULO 177.- Cuando se proyecte el uso de revestimientos de madera para pisos, sobre losas de hormigón armado o plateas, antes de colocar los acabados de madera, deberá extenderse una capa de material impermeable, el cual podrá ser polietileno, manto asfáltico u otro, para proteger la madera de la humedad (véase Fig. 40).

FIGURA 40
CIMENTACIÓN CORRIDA CON ACABADO DE PISO DE MADERA SOBRE LOSA DE HORMIGÓN ARMADO



ARTÍCULO 178.- La madera que tenga que estar enterrada en el suelo, deberá ser de durabilidad reconocida, preservada a presión o cubierta por un material aislante impermeable, como la brea, el alquitrán u otro. Véase Fig. 41.

FIGURA 41
PROTECCIÓN DE LA HUMEDAD EN CIMENTACIÓN DE POSTE DE MADERA EMPOTRADA



ARTÍCULO 179.- PROTECCIÓN CONTRA INSECTOS. En construcciones donde sea necesaria la protección contra termitas subterráneas (comején) y/o gorgojos deberá acondicionarse el suelo de cimentación con insecticidas y usarse recubrimientos metálicos en la parte de la cimentación que esté en contacto con la madera (véase Artículo 16). Estos recubrimientos podrán hacerse por medio de planchas de aluminio, acero u otro metal inoxidable, sobresaliendo 5 cm de los apoyos y con los bordes doblados hacia abajo en 45°, para impedir que los insectos puedan construir canales de acceso desde el suelo hasta la madera como se muestra en las Figs. 42 y 43.

FIGURA 42
PROTECCIÓN CONTRA TERMITAS SUBTERRÁNEAS EN POSTES, PILOTES Y PEDESTALES

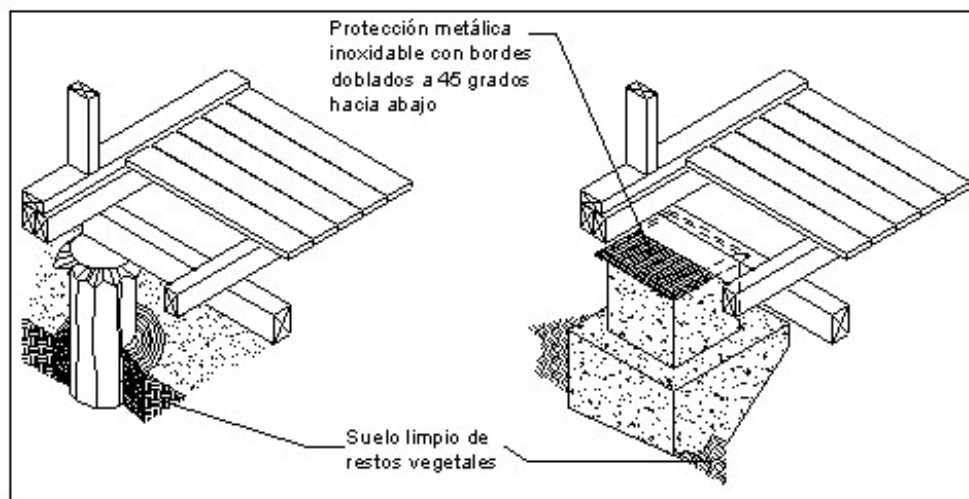
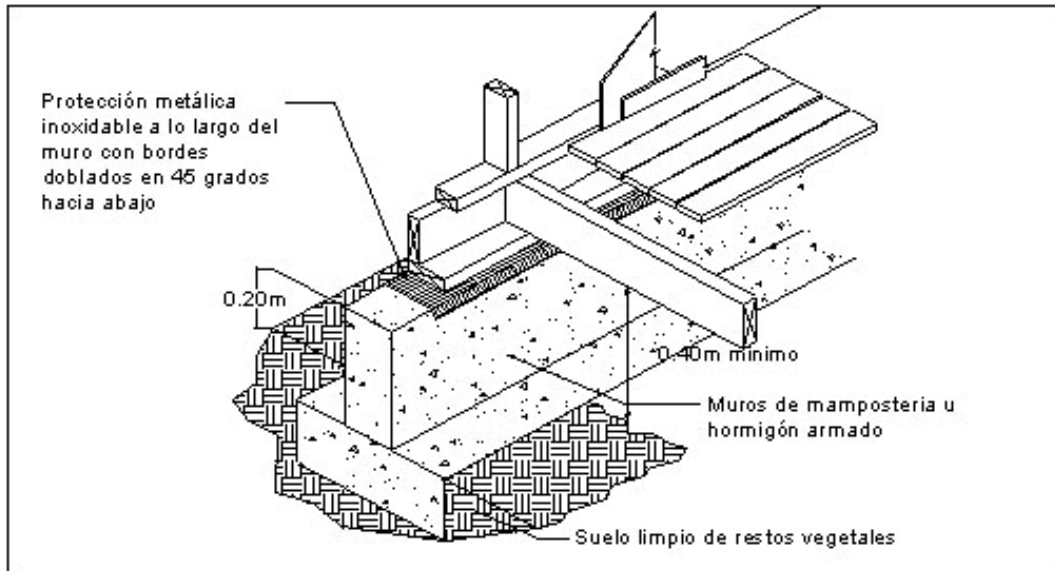


FIGURA 43
PROTECCIÓN CONTRA TERMITAS SUBTERRÁNEAS EN CIMENTACIÓN CORRIDA



CAPÍTULO III COLUMNAS

ARTÍCULO 180.- ANCLAJES Y ARRIOSTRAMIENTOS. Deberán garantizarse la eficacia y funcionalidad de los anclajes y arriostramientos entre las columnas de madera y los demás elementos de la edificación, los cuales podrán realizarse por medio de piezas de madera o metal fijadas con accesorios metálicos, clavos, tornillos, pernos u otros elementos de unión. Véase Figs. 44 y 45.

FIGURA 44
ARRIOSTRAMIENTOS DE COLUMNAS

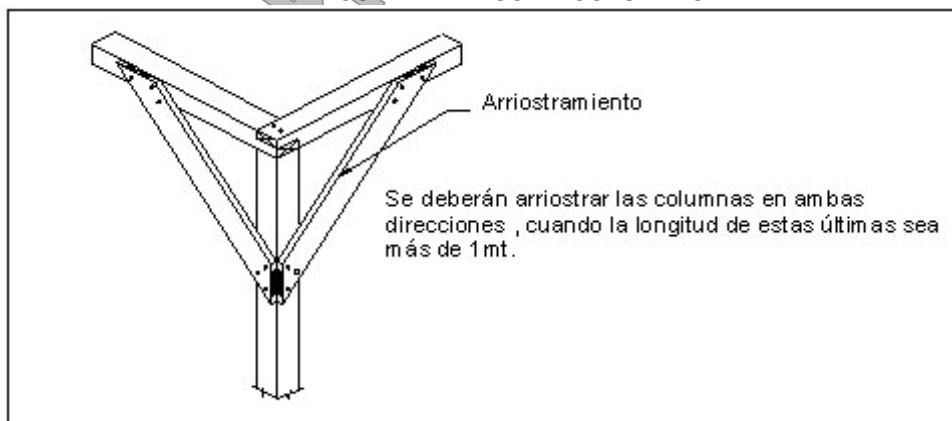
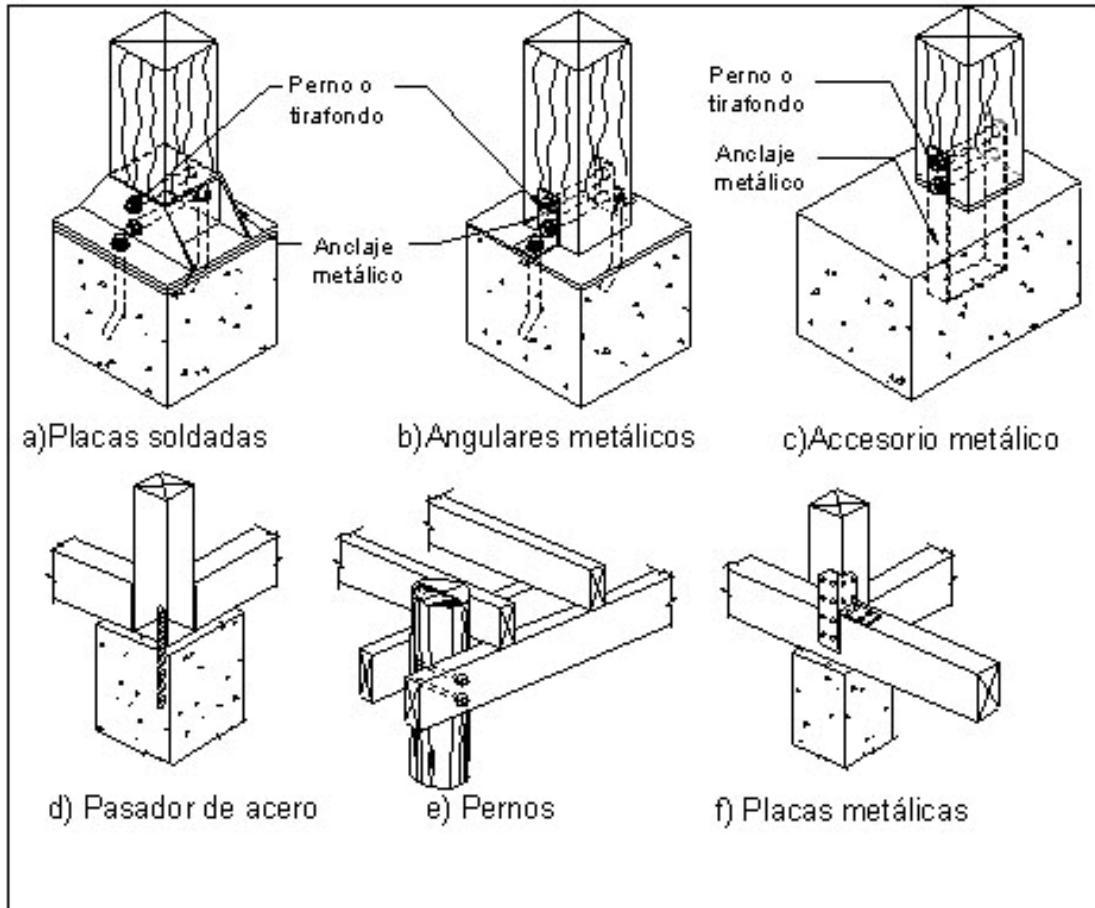


FIGURA 45
ANCLAJES DE COLUMNAS



ARTÍCULO 181.- UNIONES ENTRE COLUMNAS Y VIGAS. En las Figs. 46 se ilustran diversos tipos de uniones entre columnas y vigas. Las Figs. 46-c y 46-e, muestran la utilización de una cubierta de piso trabajando en conjunto, lo que garantiza la estabilidad lateral del sistema. Tanto en las Figuras 46, como en las 47 se presentan algunos de los accesorios metálicos que pueden utilizarse para estas uniones.

FIGURA 46
UNIONES ENTRE VIGAS Y COLUMNAS

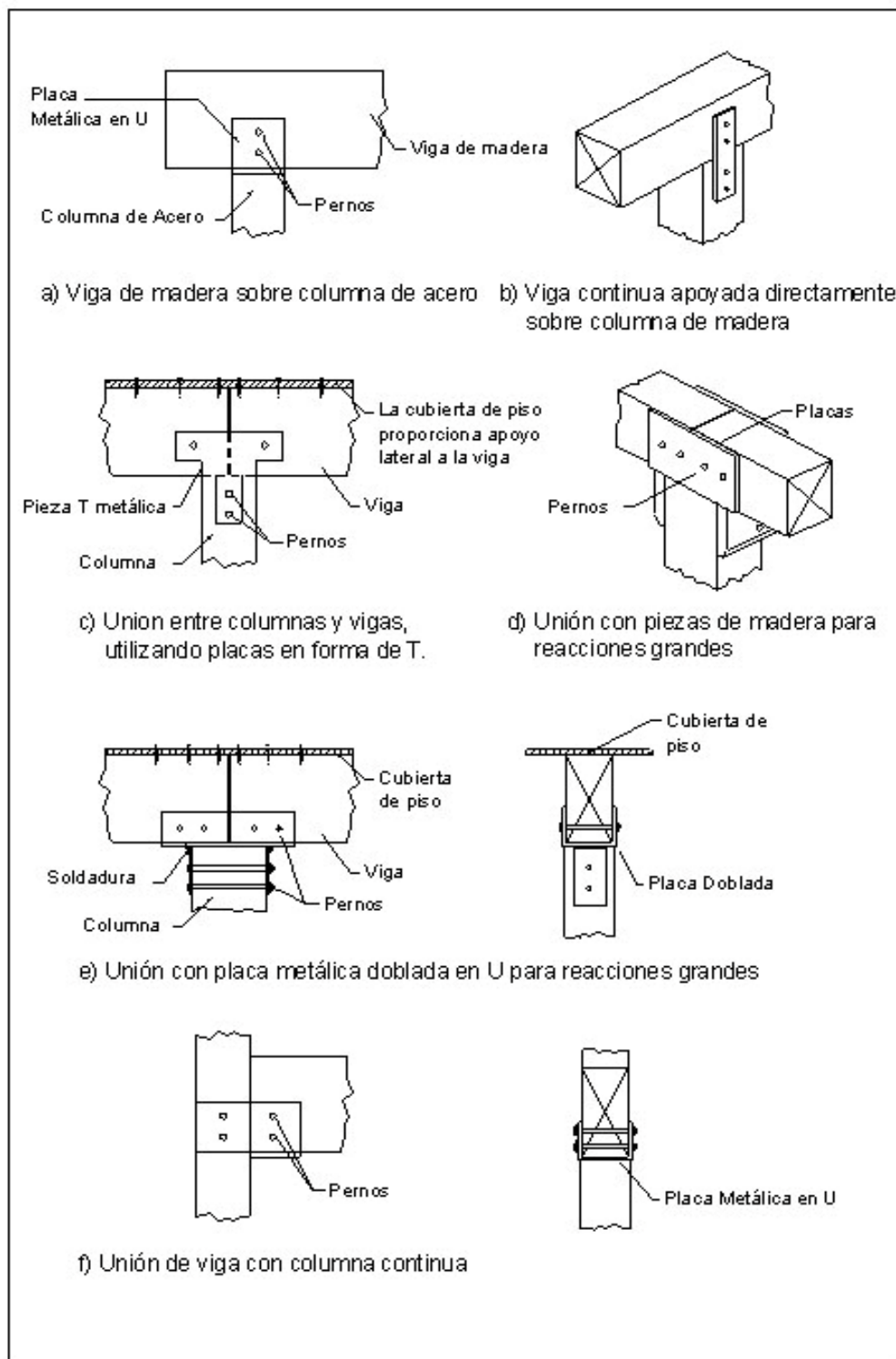
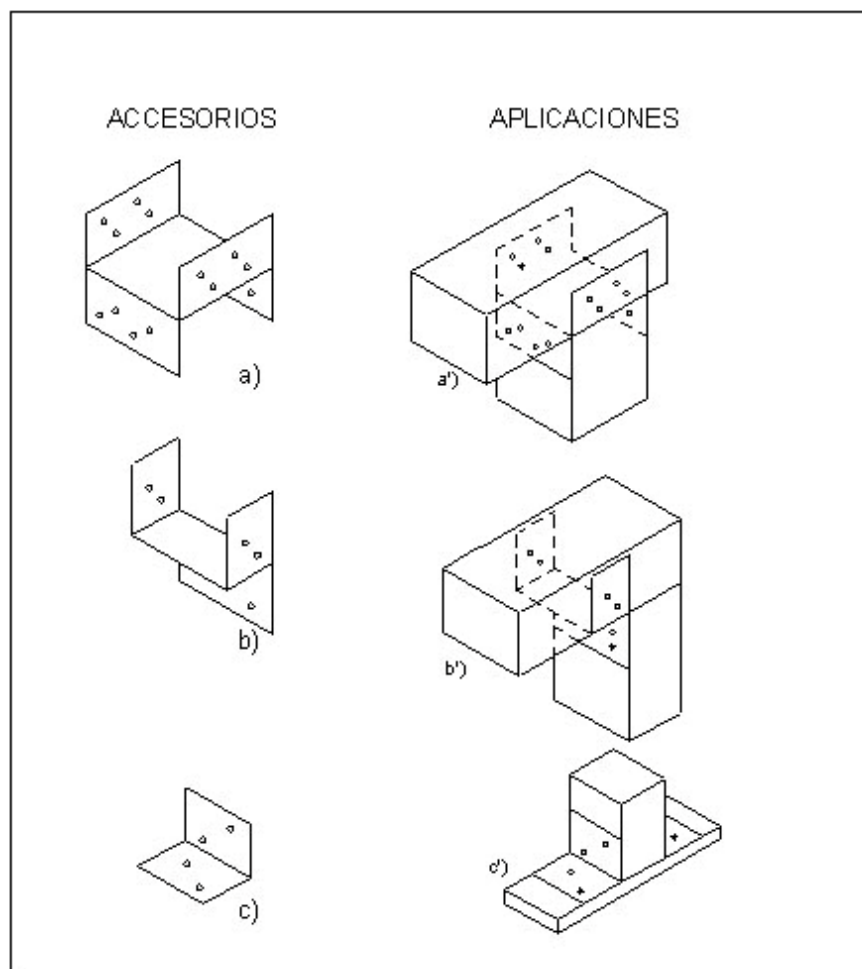
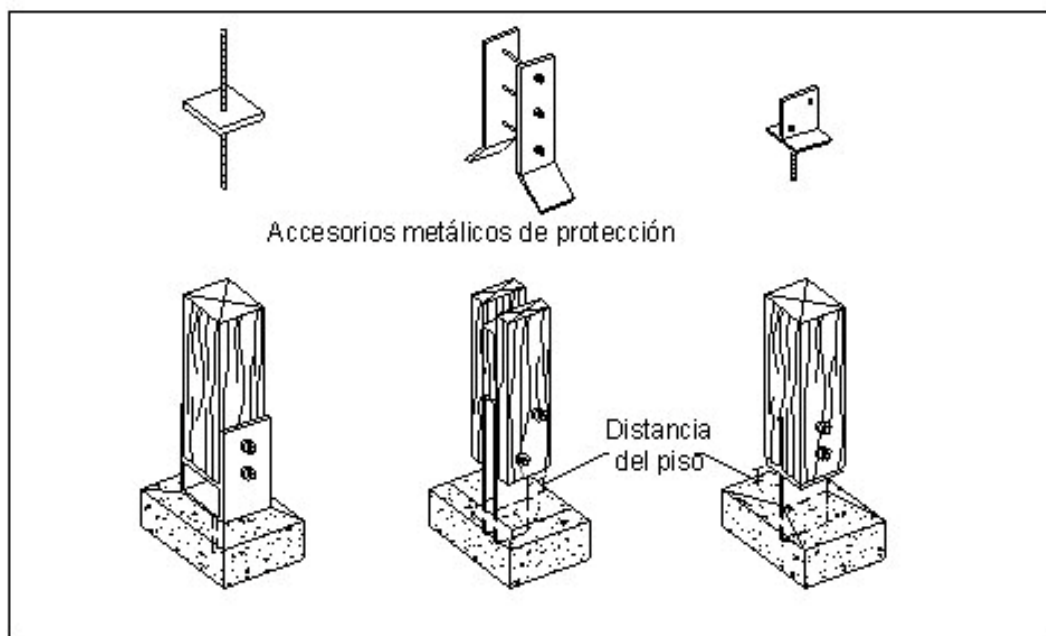


FIGURA 47
ACCESORIOS METÁLICOS UNIONES COLUMNAS Y VIGAS DE MADERA



ARTÍCULO 182.- PROTECCIÓN CONTRA HUMEDAD. Las columnas de madera deberán separarse del contacto con el piso como se muestra en la Figura 48, con el fin de aislarlas de la humedad; en caso contrario, deberán colocarse debajo de ellas dos capas superpuestas de protección, la primera de material impermeable (manto asfáltico u otro) en contacto con el hormigón y sobre esta, otra de metal anticorrosivo en contacto con la madera.

FIGURA 48
PROTECCIÓN CONTRA HUMEDAD EN COLUMNAS DE MADERA



CAPÍTULO IV VIGAS Y VIGUETAS

ARTÍCULO 183.- En este capítulo se presentan detalles constructivos y especificaciones técnicas que deberán ser tomados en cuenta para la confección de los detalles de los planos estructurales y su construcción, de las uniones de vigas (Figs. 49 y 50), algunos accesorios metálicos usados en estas uniones, junto a su aplicación (Fig. 51), uniones con elementos de hormigón armado o mampostería (Figs. 52 y 53) y varias técnicas constructivas para la colocación de vigas y viguetas en entrepisos y techos.

ARTÍCULO 184.- UNIONES. Debido a la estructura y a las propiedades particulares de la madera, las vigas y viguetas deberán colocarse de manera que las fibras queden orientadas perpendicularmente a las cargas que soportan, según se ilustra en las Figuras 49, 50 y 51; adicionalmente deberán usarse accesorios metálicos en las uniones, de acuerdo a los diferentes tipos que puedan presentarse.

FIGURA 49
DETALLE DE VIGAS CON CARGAS SUSPENDIDAS

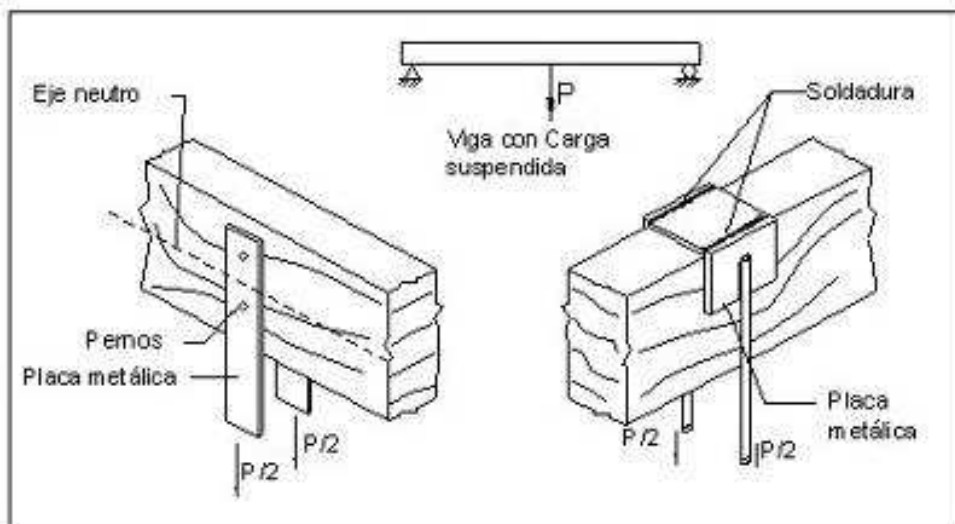


FIGURA 50
UNIONES ENTRE VIGAS

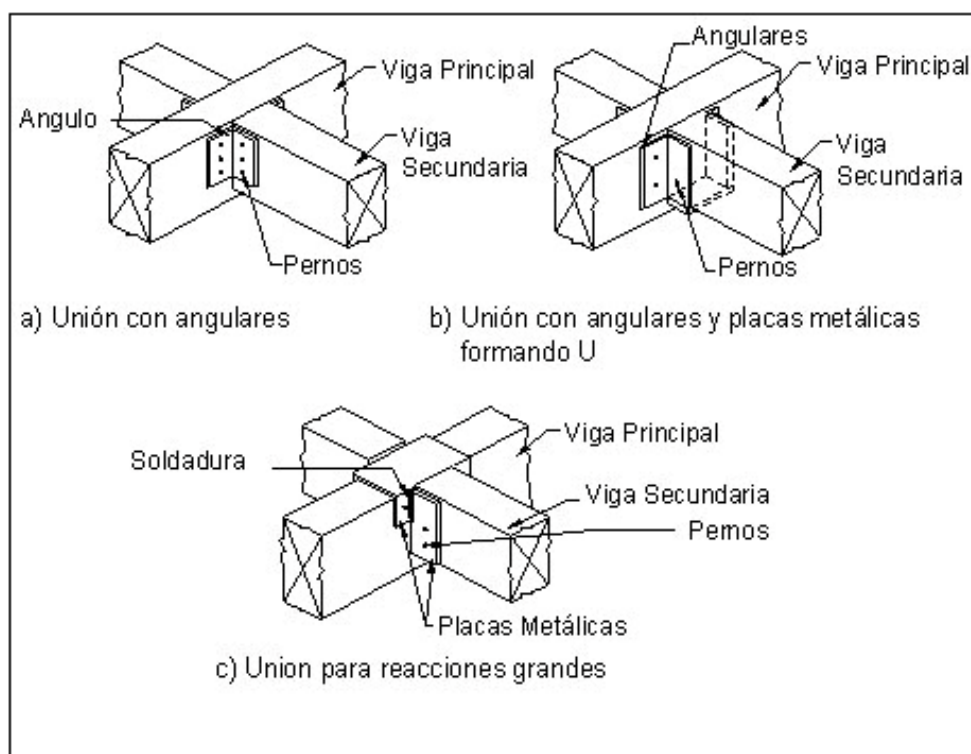
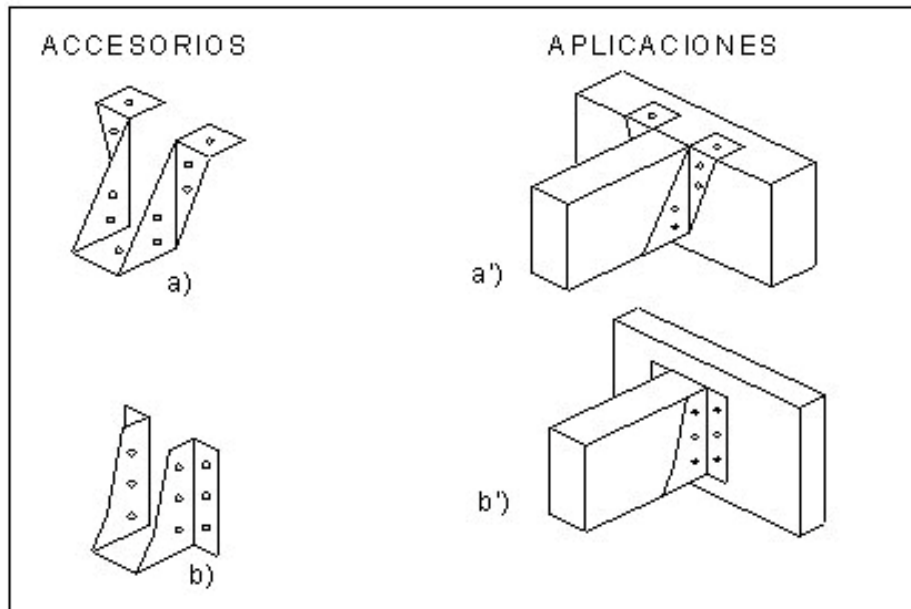
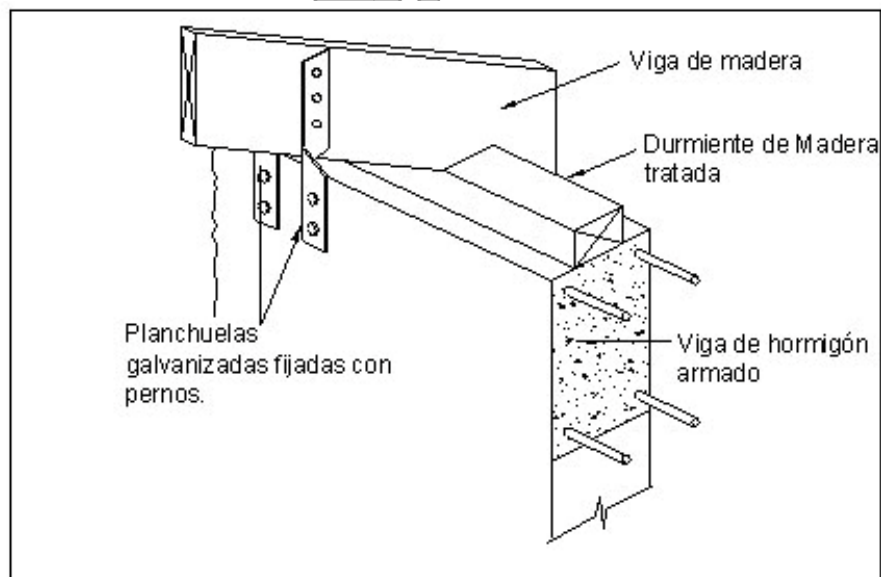


FIGURA 51
ACCESORIOS METÁLICOS, UNIONES VIGAS Y VIGUETAS DE MADERA



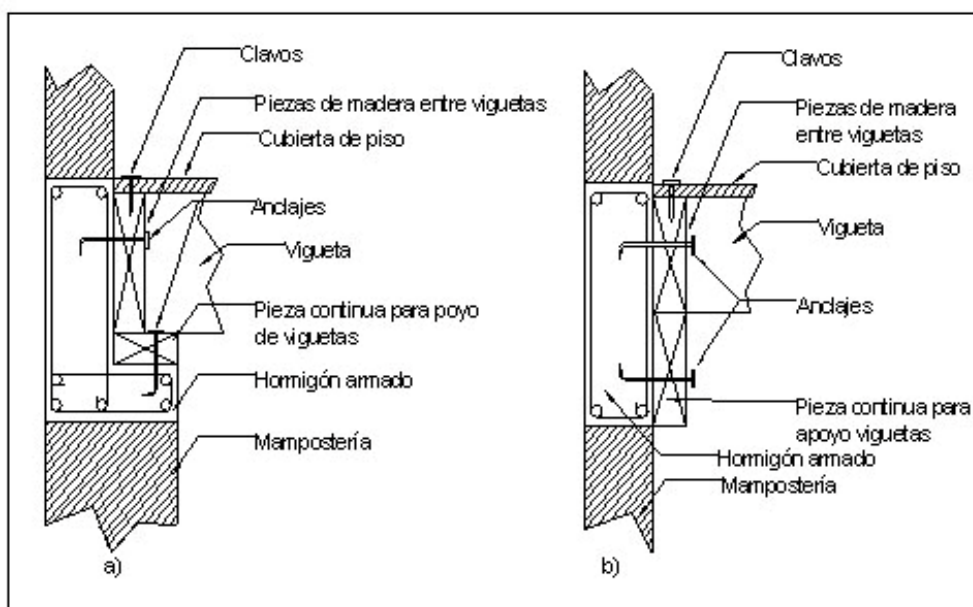
ARTÍCULO 185.- Para apoyos de viguetas de madera sobre elementos de hormigón, mampostería u otros, mediante durmientes, éstos deberán ser tratados con preservantes y será obligatorio el uso de fijaciones que puedan garantizar el buen comportamiento en la unión de ambos materiales ante las cargas que pudieren presentarse en la estructura. Véase Fig. 52.

FIGURA 52
APOYO VIGA DE MADERA SOBRE VIGA DE HORMIGÓN ARMADO



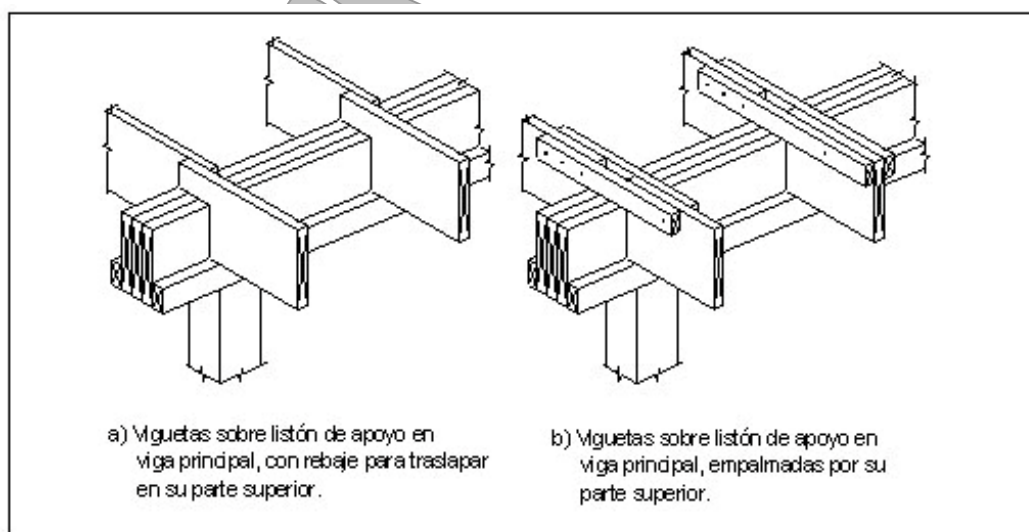
ARTÍCULO 186.- En uniones en que los pisos, entrepisos o techos de una estructura actúen como diafragmas horizontales, podrán utilizarse uniones como las mostradas en las Figs. 53 (a y b), éstas ilustran dos alternativas posibles de uniones entre viguetas y elementos de hormigón armado o mampostería, que también son aplicables a uniones entre viguetas y paredes de madera.

FIGURA 53
UNIONES VIGUETAS DE MADERA CON HORMIGÓN ARMADO



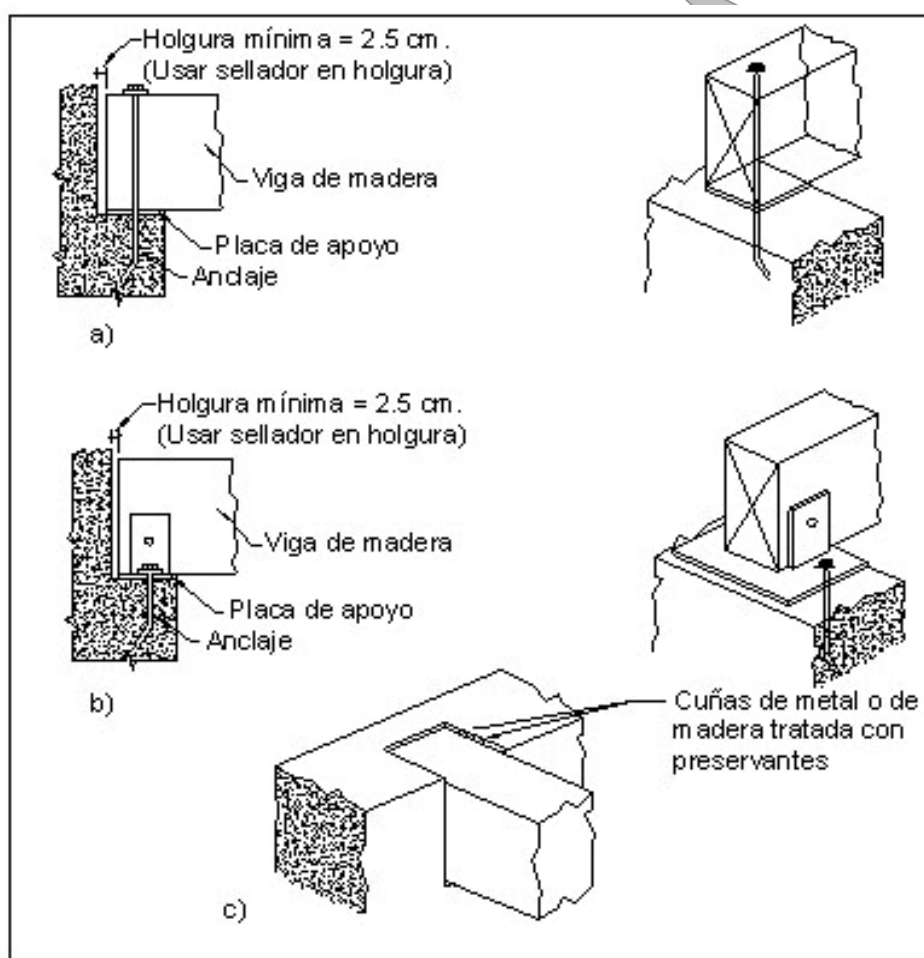
ARTÍCULO 187.- Las Figs. 54 (a y b) muestran dos formas de apoyar viguetas de madera, mediante listones sobre una viga principal, para lo que deberá garantizarse la funcionalidad de la unión entre los listones y la viga y entre las viguetas y los listones de apoyo, ya sea con elementos de madera o con accesorios metálicos.

FIGURA 54
UNIONES DE VIGUETAS DE ENTREPISOS



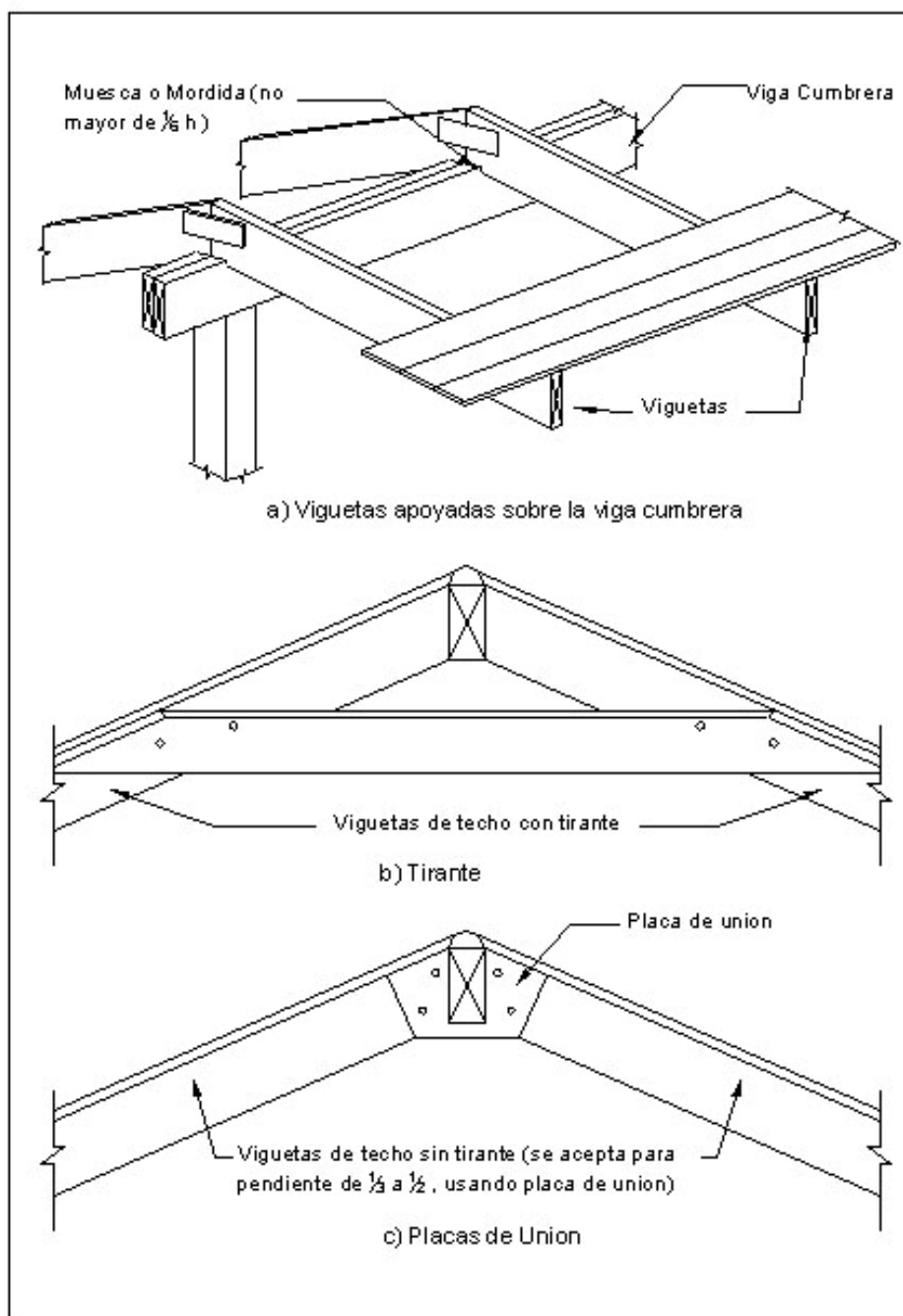
ARTÍCULO 188.- En uniones entre vigas de madera y elementos de hormigón armado o mampostería, deberá evitarse el contacto directo entre los dos materiales, para prevenir problemas de humedad. Para esto se usará un material impermeable, como manto asfáltico u otro, o se apoyarán las vigas sobre placas de acero, conservando una holgura mínima de 2.5 cm entre extremos de elementos o entre el extremo de los elementos de hormigón o mampostería y la cara superior de la viga (en caso de tener muros continuos por encima de las vigas), tal que dicha holgura quede llena con sellador como se muestra en las Figs. 55-a y 55-b. En uniones como las de la Fig. 55-c, podrá garantizarse la estabilidad de las vigas mediante cuñas de metal o del mismo material debidamente preservado, como se muestra en dicha figura.

FIGURA 55
APOYOS DE VIGAS SOBRE MUROS DE HORMIGÓN ARMADO O BLOCKS



ARTÍCULO 189.- En uniones entre viguetas apoyadas sobre vigas cumbreras como la mostrada en la Fig. 56-a, no deberán hacerse muescas o mordidas en las viguetas, mayores de un sexto de su altura ($1/6h$). En techos con pendientes de $1/3$ a $1/2$ (véase Fig. 56-c), podrán utilizarse placas en las uniones entre viguetas y la viga cumbreira, de tener pendientes menores deberá recurrirse a tirantes entre viguetas como los mostrados en la Fig. 56-b u otros.

FIGURA 56
UNIONES ENTRE VIGUETAS Y LA VIGA CUMBRERA



ARTÍCULO 190.- En construcciones en que los aleros se formen mediante viguetas transversales a las viguetas de techo, la longitud mínima de las viguetas transversales deberá ser dos veces la del vuelo y deberán usarse elementos de madera entre ellas (bloques) para fines de refuerzo. Véase Fig. 57.

FIGURA 57
VIGUETAS TRANSVERSALES EN ALERO SOBRE TÍMPANO

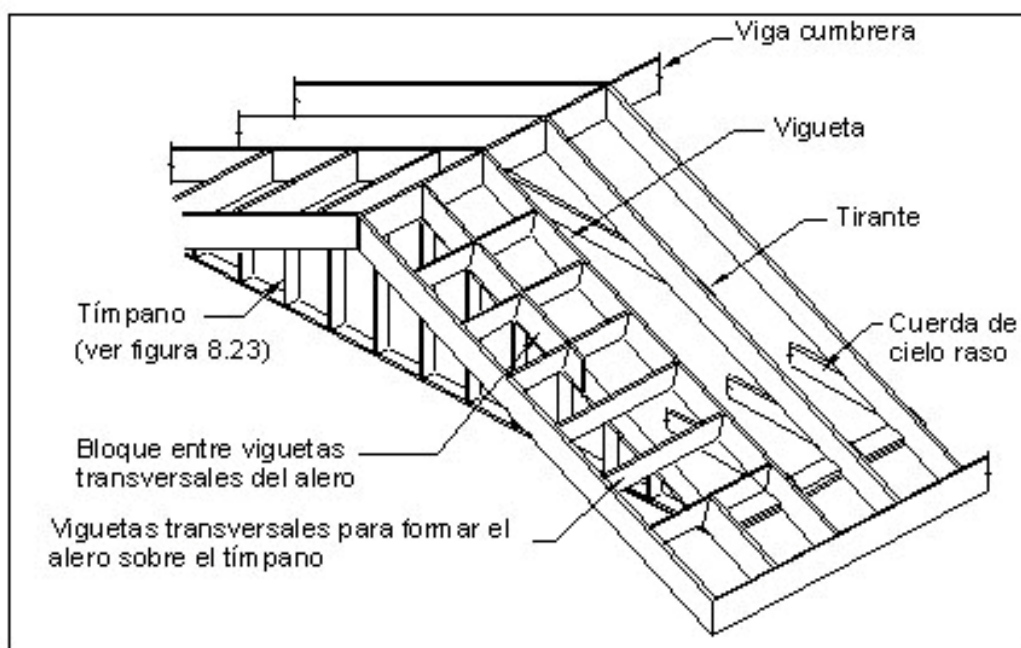
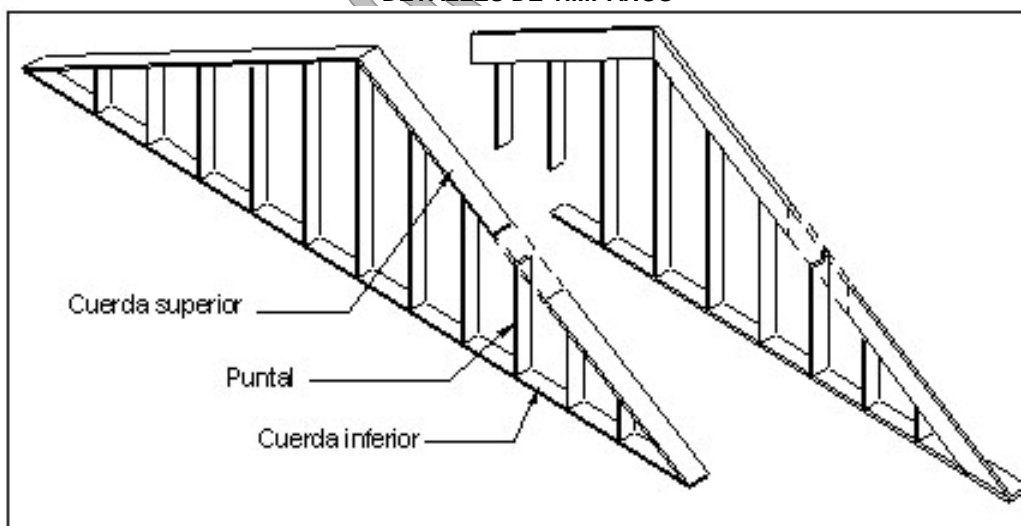
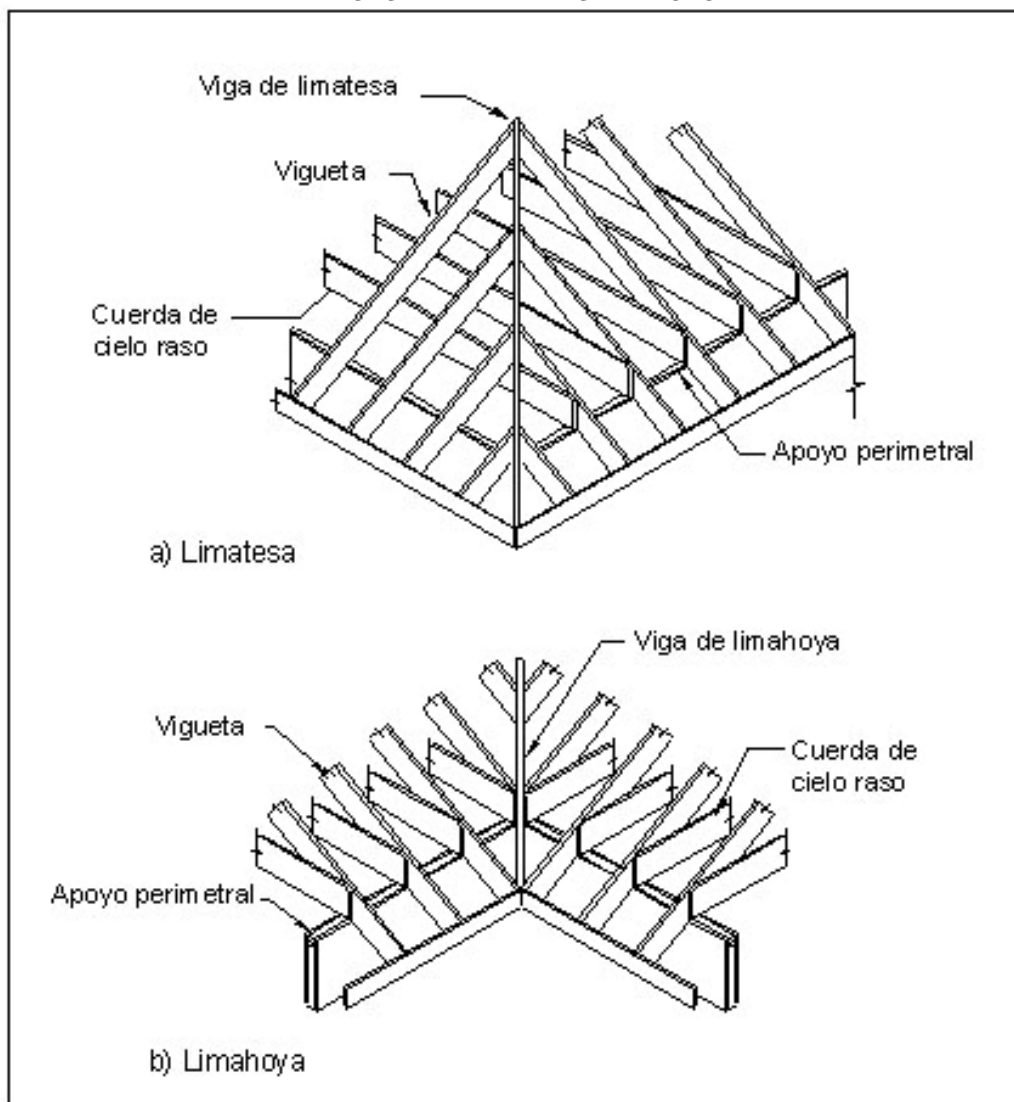


FIGURA 58
DETALLES DE TÍMPANOS



ARTÍCULO 191.- Las vigas entre vertientes (limatezas o limahoyas) deberán tener un incremento de 2 pulgadas en el peralte, respecto a las demás viguetas o también podrán ser dobles. Véase Fig. 59.

FIGURA 59
VIGAS EN VERTIENTES DE TECHO



CAPÍTULO V **PAREDES DE CORTE**

ARTÍCULO 192.- ARRIOSTRAMIENTOS. Los arriostramientos de paredes de corte (en su propio plano y en los encuentros de paredes en esquinas), podrán hacerse mediante elementos rigidizadores de madera o metálicos, encajados en la cara que da al exterior de la edificación, con una inclinación de 45°, aproximadamente. Estos arriostramientos deberán partir desde un vértice común superior y bajar hacia cada lado de la edificación, formando triángulos. Véase Figs. 60 y 61.

FIGURA 60
ARRIOSTRAMIENTOS DE PAREDES DE CORTE EN LAS ESQUINAS

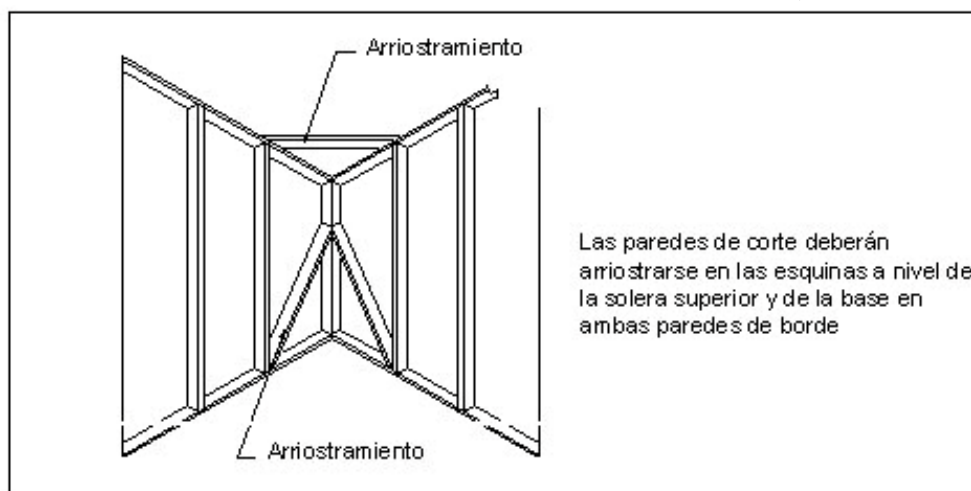
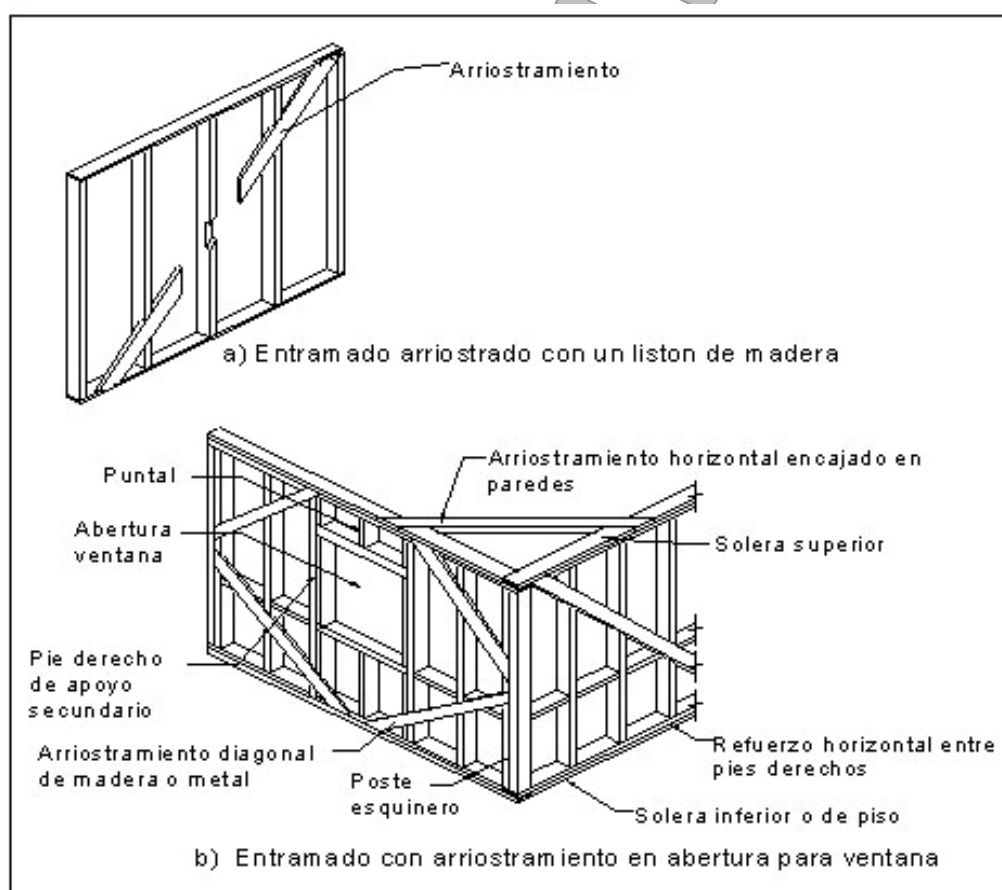


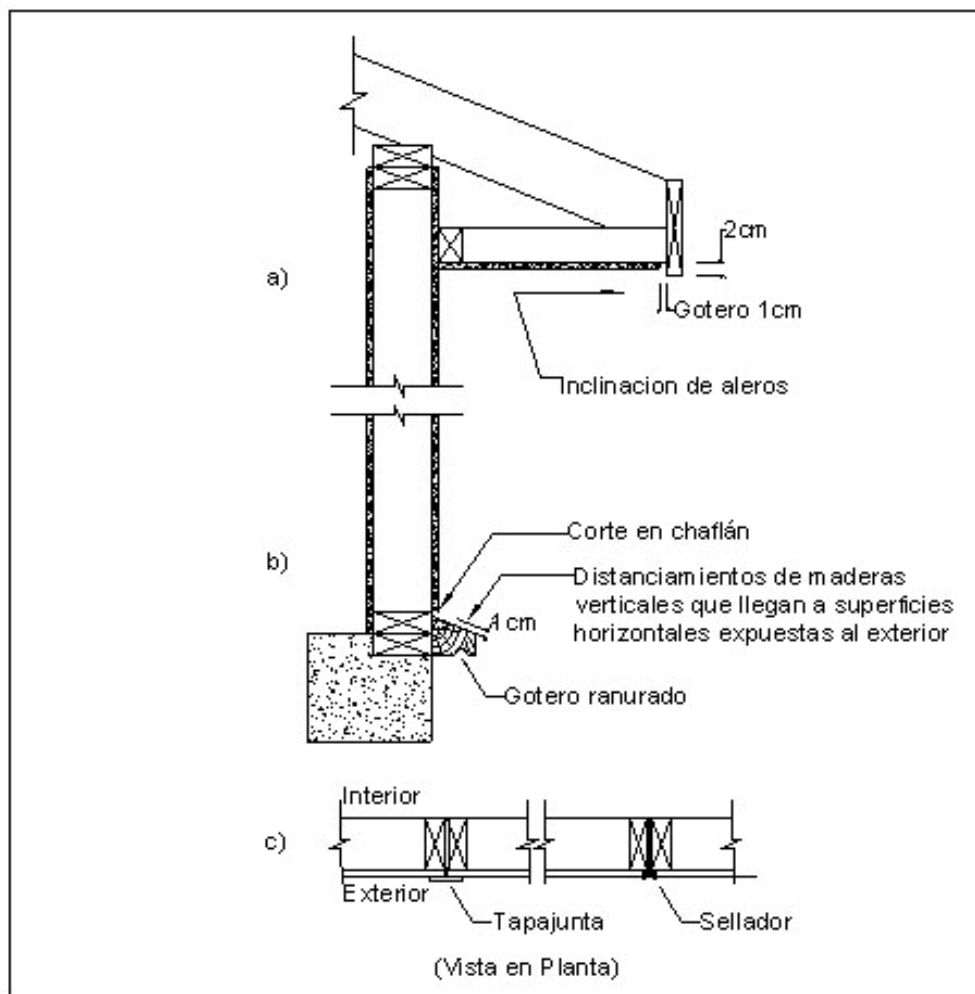
FIGURA 61
ARRIOSTRAMIENTOS ENTRAMADOS DE PARED DE CORTE



ARTÍCULO 193.- PROTECCIÓN CONTRA HUMEDAD. Para la protección de la humedad en las paredes exteriores de corte, deberá disponerse de aleros con una ligera inclinación hacia un gotero, de manera que el agua escurra y se precipite (véase Fig. 62-a), de igual manera, las piezas de maderas verticales que lleguen a superficies horizontales expuestas al exterior, deberán distanciarse a 1 cm de éstas, y los extremos inferiores de dichas piezas, deberán ser cortados en chaflán como se muestra en la Figura 62-b.

ARTÍCULO 194.- Deberán evitarse las aberturas (juntas, grietas o fisuras) en paredes de corte exteriores; de ser necesario el uso de juntas verticales, deberán ser bloqueadas mediante el uso de tapajuntas o selladores. Véase Fig. 62-c.

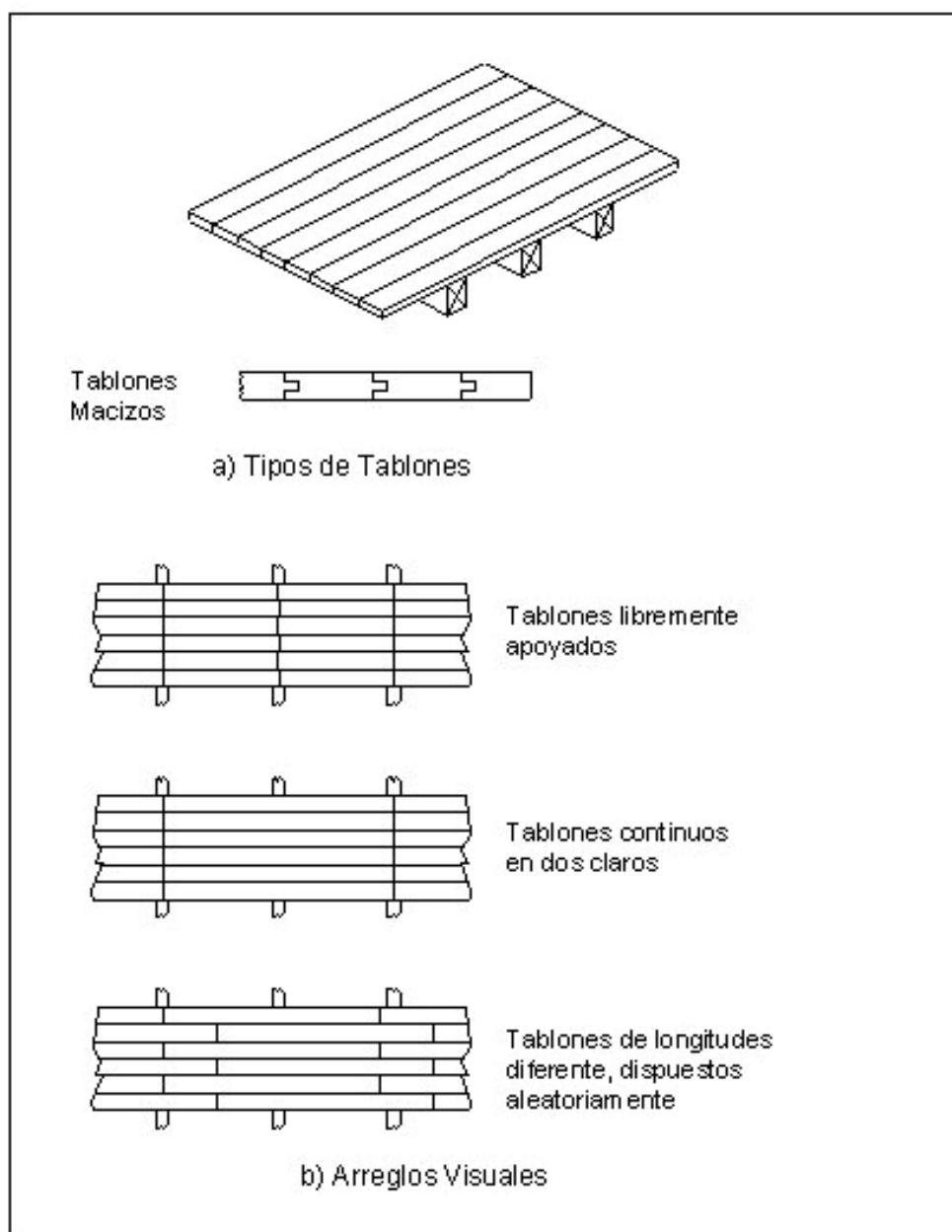
FIGURA 62
PROTECCIÓN CONTRA HUMEDAD EN PAREDES EXTERIORES



CAPÍTULO VI PISOS Y ENTREPISOS

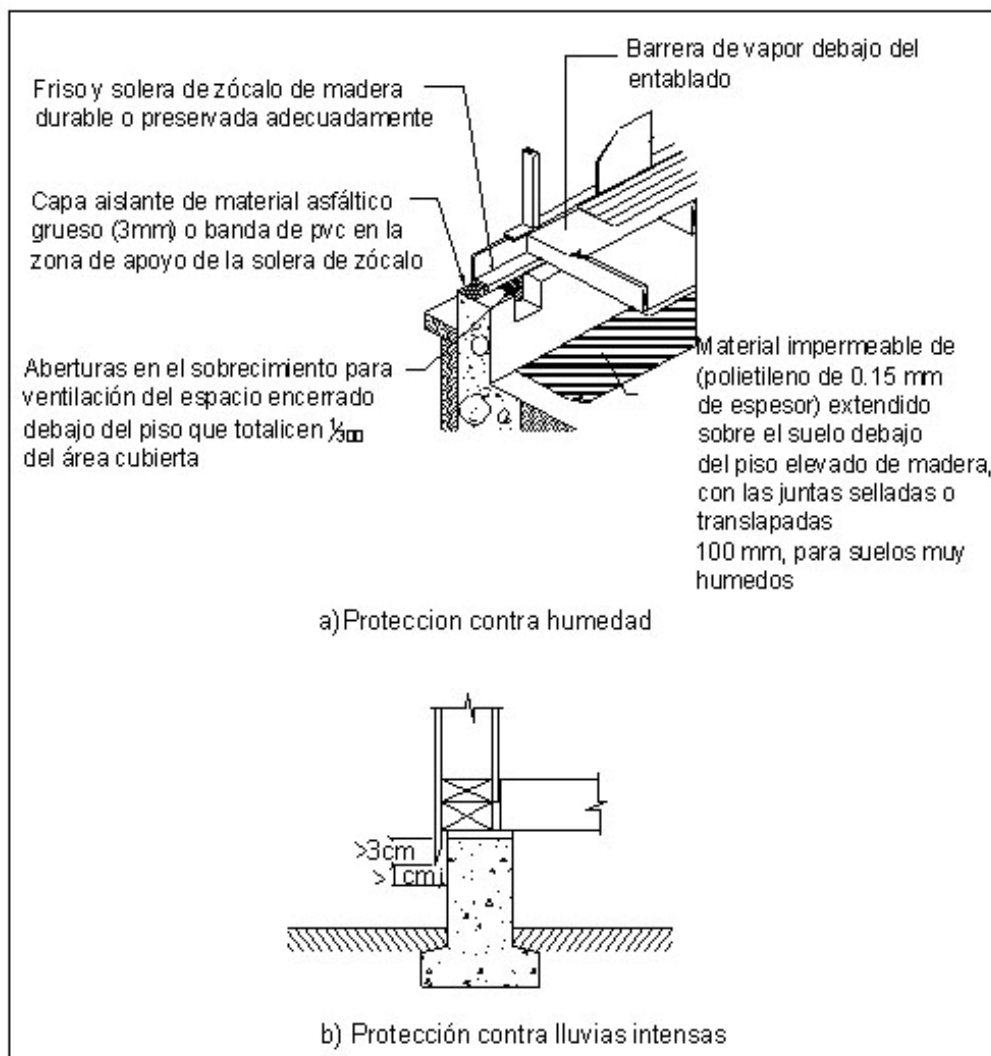
ARTÍCULO 195.- Para pisos de madera, podrán disponerse de tablones de diversas formas y tamaños. Para un mejor comportamiento ante cargas concentradas se recomienda el uso de tablones machihembrados (véase Fig. 63) previo diseño, de acuerdo a los requerimientos del Título III.

FIGURA 63
ENTREPISO DE VIGUETAS Y TABLONES



ARTÍCULO 196.- PROTECCIÓN CONTRA HUMEDAD. En suelos muy húmedos, debajo de los pisos elevados de madera, deberá colocarse un material impermeable, como polietileno (de 0.15 mm mínimo), con traslapes de 100 mm o mayores, para su protección (véase Fig. 64).

FIGURA 64
PISOS ELEVADOS DE MADERA



CAPÍTULO VII

CUBIERTAS DE TECHO

ARTÍCULO 197.- FIJACIÓN DE LAS CUBIERTAS. Las planchas onduladas deberán colocarse de abajo hacia arriba, lateralmente en sentido contrario a la dirección del viento predominante. Los traslapes mínimos entre planchas deberán ser:

a. Longitudinales:

- Para pendientes de 25 y 30 % : 20 cm
- Para pendientes de 35, 40 y 45 %: 15 cm

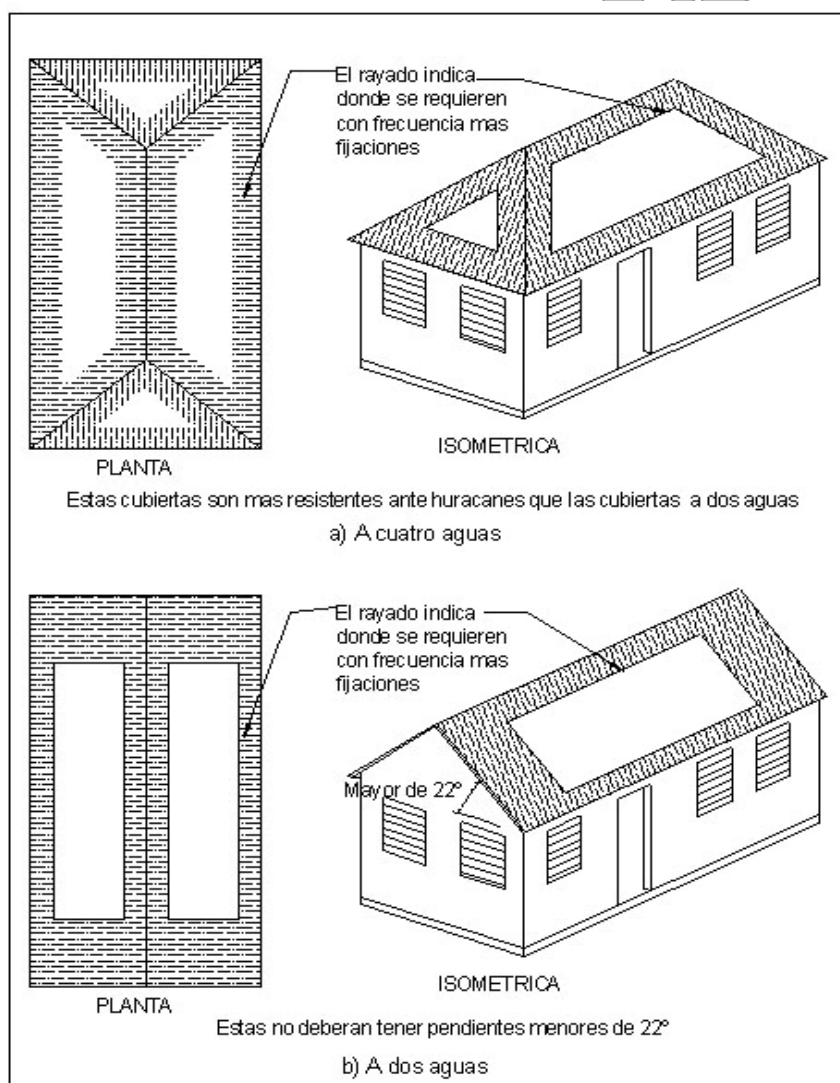
b. Laterales:

- Para planchas con profundidad de ondas igual a 2.5 cm o menores: una onda completa
- Para planchas con profundidad de ondas mayores de 2.5 cm: consultar especificaciones del fabricante.

ARTÍCULO 198.- La fijación de las cubiertas de techo con planchas galvanizadas u otras, deberá realizarse de acuerdo a las especificaciones siguientes:

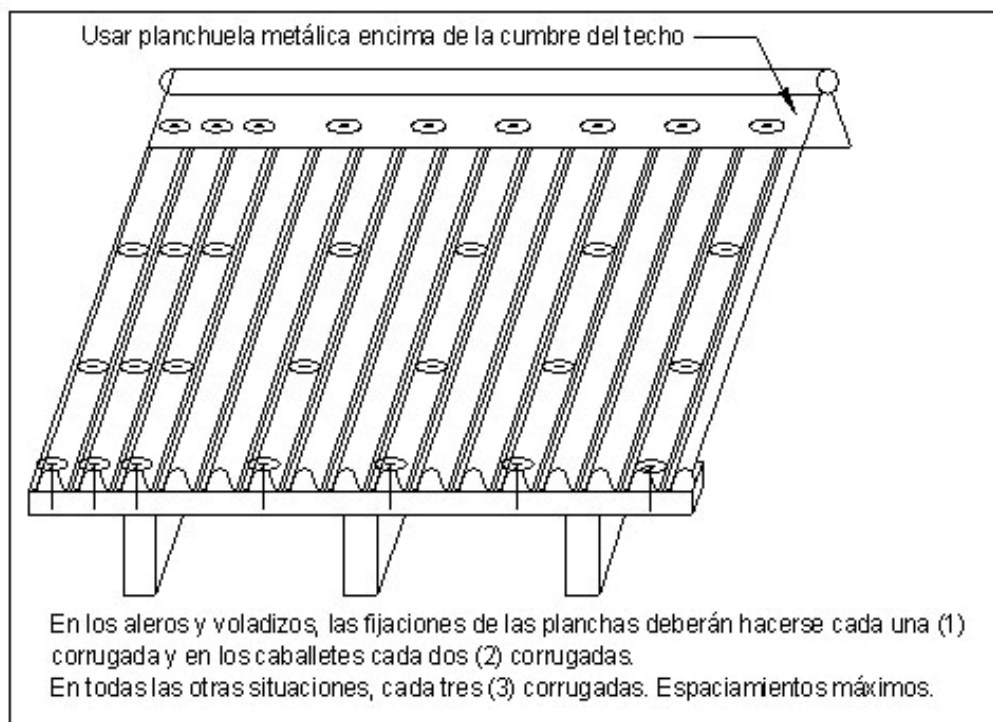
- a.** Para cubiertas de techos a dos y cuatro aguas, deberán usarse mayor número de fijaciones en las zonas indicadas en la Figura 65. Mientras más delgadas sean las planchas, mayor número de fijaciones requerirán.

FIGURA 65
CUBIERTAS DE TECHO



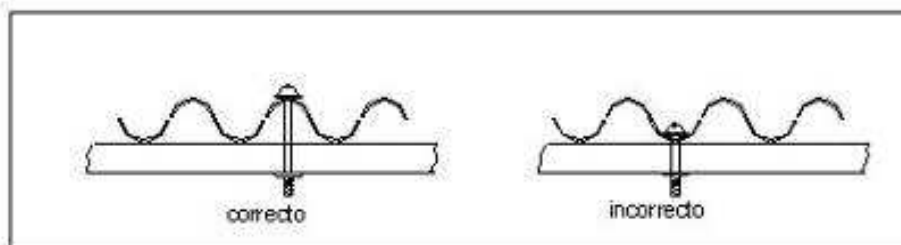
- b. Para cubiertas de techo con planchas galvanizadas acanaladas, se recomiendan los espesores iguales o mayores a los correspondientes al calibre 24, de usarse planchas de espesores menores, deberán fijarse como se indica en la Figura 66.

FIGURA 66
CUBIERTAS DE PLANCHAS ACANALADAS



- c. Como elementos de fijación podrán utilizarse clavos (preferiblemente galvanizados) con arandelas anchas (de goma u otro) o con cabeza de domo, los cuales deberán ser lo suficientemente largos para doblarlos debajo de la estructura de techo. Podrán utilizarse también, tornillos con arandelas bajo las cabezas, para los que se requerirá una longitud de penetración no menor de 2 pulgadas en la estructura de techo o pernos fijados correctamente (véase Fig. 67). En estos dos últimos casos las perforaciones en las planchas galvanizadas deberán hacerse por medio de taladros.

FIGURA 67
FORMA DE FIJAR LAS PLANCHAS ACANALADAS CON PERNOS

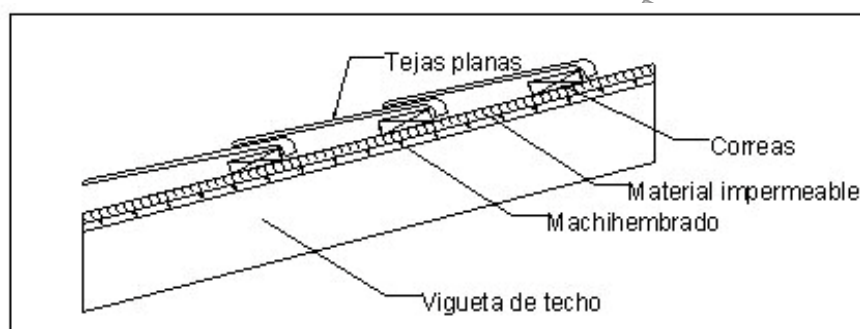


ARTÍCULO 199.- PROTECCIÓN CONTRA HUMEDAD. Las cubiertas de techos deberán poseer aleros para proteger las paredes exteriores y tímpanos de madera de la lluvia. Las proyecciones de los voladizos, en bordes o aleros no deberán tener menos de 45 cm.

ARTÍCULO 200.- Los techos deberán tener un buen sistema de desagüe, especialmente en los encuentros de techos inclinados (limatesas y limahoyas), con canaletas de metal inoxidable o de algún otro material similar.

ARTÍCULO 201.- Antes de la colocación de la cubierta de techo, deberá disponerse de una capa de material impermeable debajo de esta, con el fin de evitar filtraciones. Véase Figs. 68 y 69, 70 y 71.

**FIGURA 68
PROTECCIÓN CONTRA HUMEDAD EN TECHOS**



**FIGURA 69
CUBIERTAS DE TEJA CÉRAMICA**

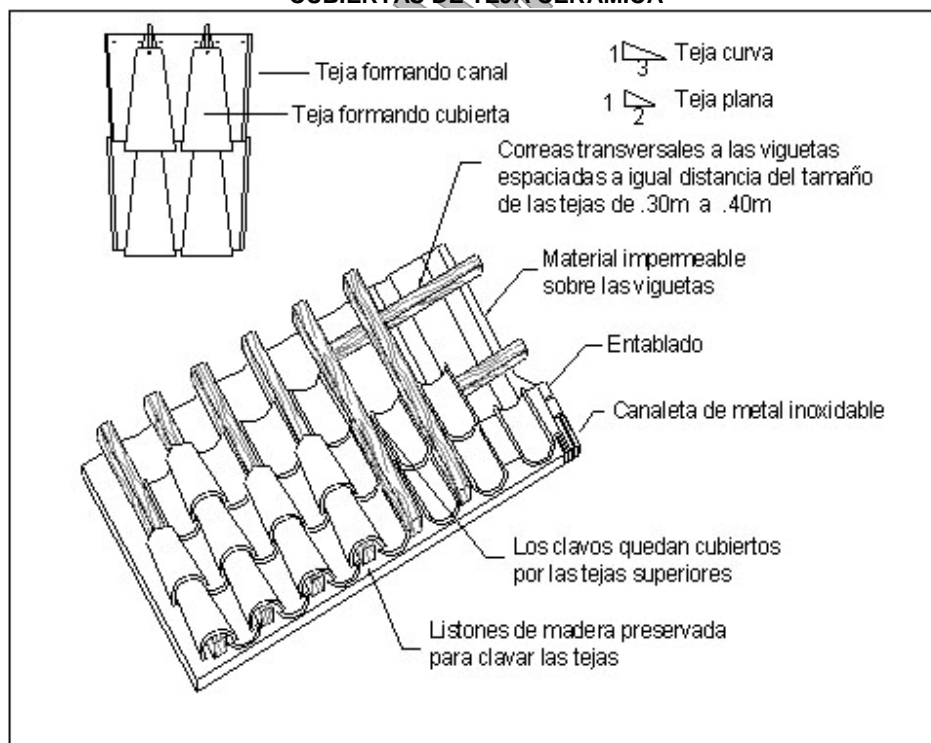


FIGURA 70
CUBIERTA DE TEJA ASFÁLTICA

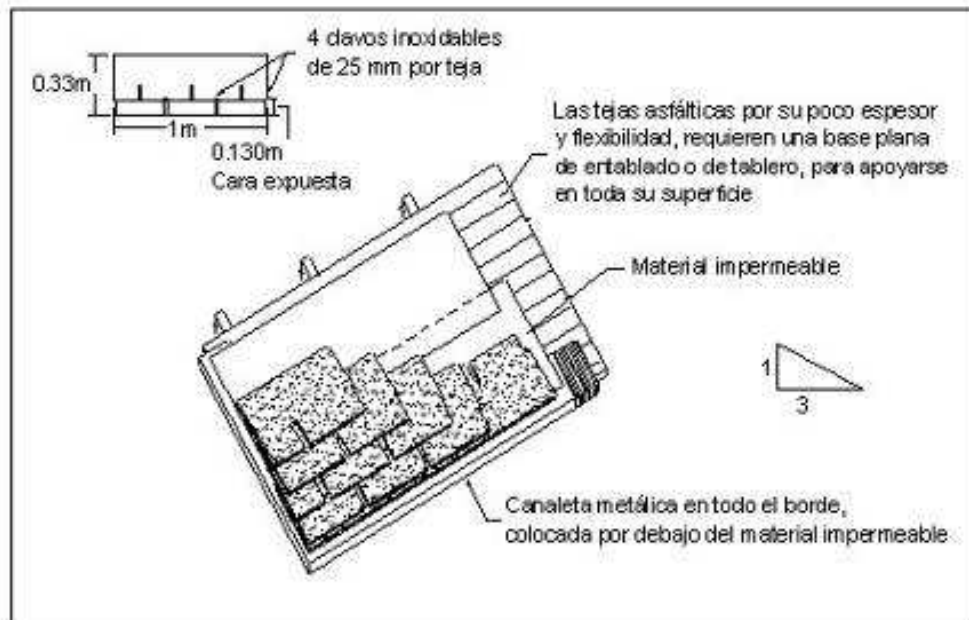
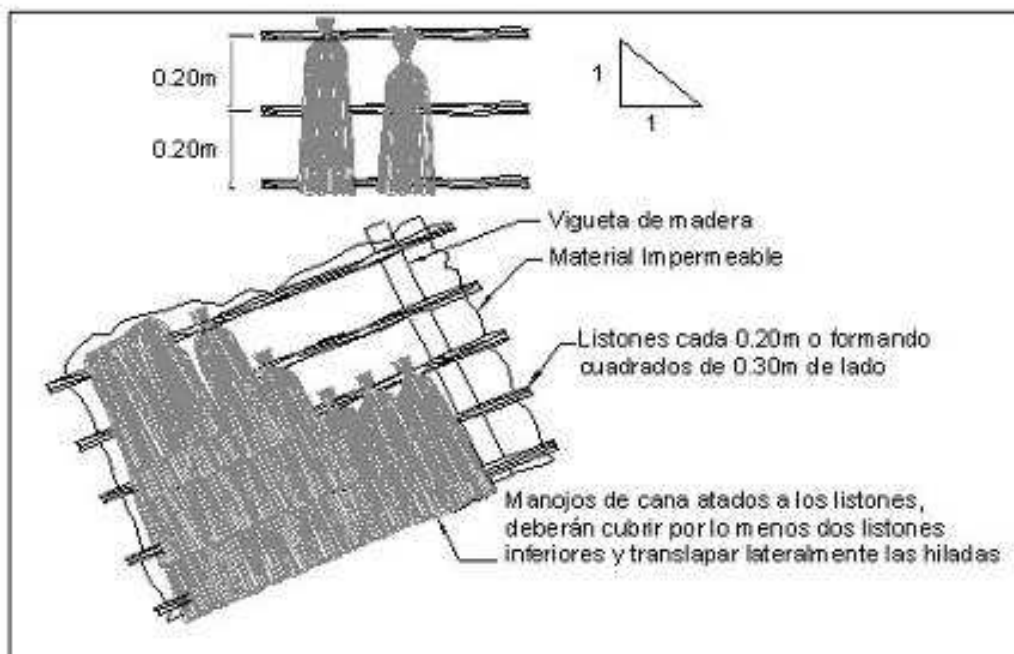


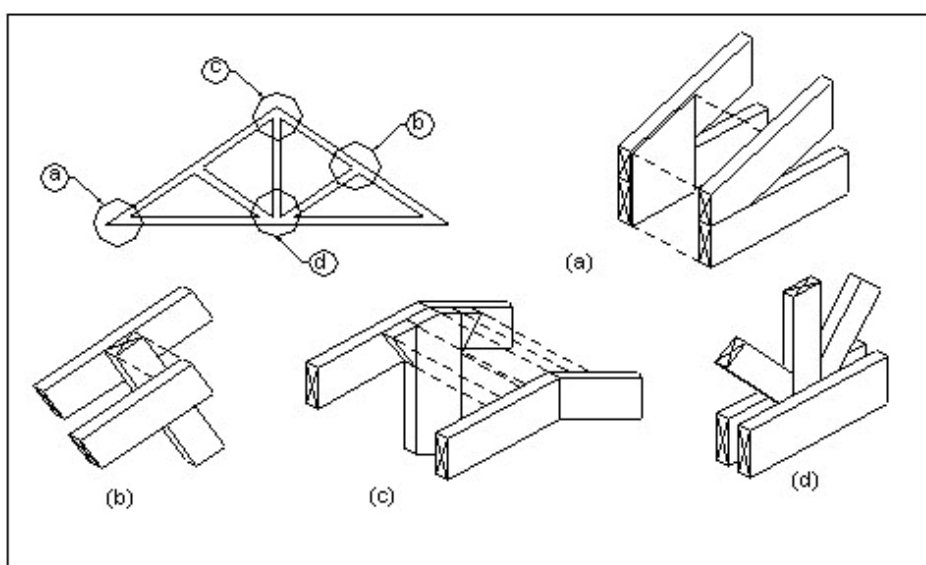
FIGURA 71
CUBIERTA DE CANA



CAPÍTULO VIII TIJERILLAS O CERCHAS

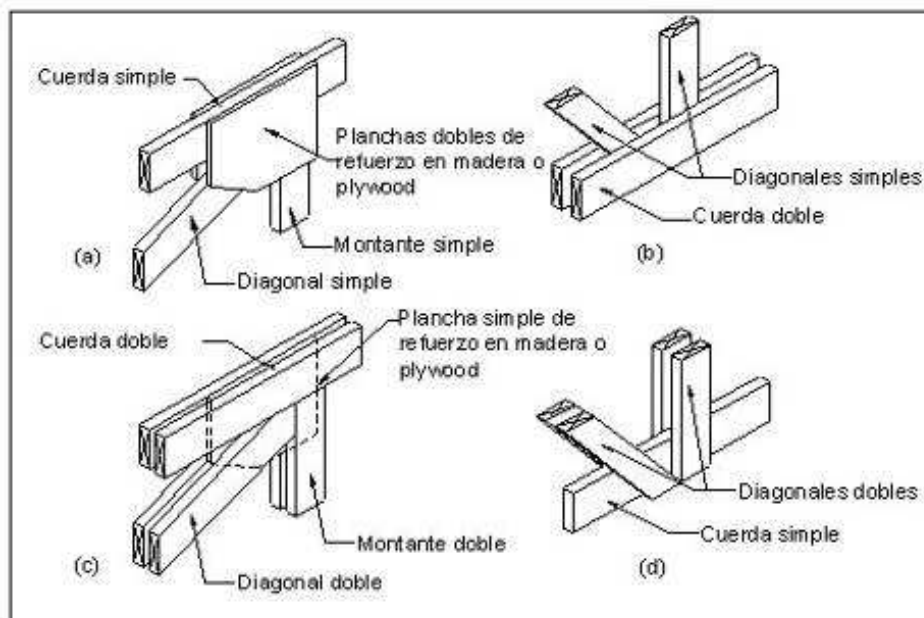
ARTÍCULO 202.- ELEMENTOS Y UNIONES DE TIJERILLAS O CERCHAS. En tijerillas o cerchas de madera podrán utilizarse elementos simples y/o múltiples, de acuerdo a la magnitud de las cargas, de las luces por cubrir y de las uniones adoptadas (véase Fig. 72).

**FIGURA 72
UNIONES EN CERCHAS**



ARTÍCULO 203.- Las uniones de las tijerillas o cerchas cuando se utilicen elementos simples, deberán hacerse mediante planchas de refuerzos en madera, plywood u otros (véase Fig. 73-a). Si se combinan elementos dobles y simples simultáneamente, las uniones podrán realizarse directamente entre ellos mediante clavos o pernos (véase Figs. 73-(b y d)). Si se usan diagonales y cuerdas dobles, se requerirá del uso de elementos interiores de refuerzo para las uniones, los cuales podrán ser de madera, plywood u otro (Fig. 73-c).

FIGURA 73
ELEMENTOS Y UNIONES DE UNA CERCHA



TÍTULO IX **SANCIONES**

CAPÍTULO I **DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS**

ARTÍCULO 204.- El no cumplimiento a las disposiciones establecidas en este reglamento, conllevará a la aplicación de las sanciones instituidas en los capítulos V y VI de la ley 687, de fecha 27 de julio del 1982, que crea un Sistema de Elaboración de Reglamentos Técnicos para Preparación y Ejecución relativos a la ingeniería, la arquitectura y ramas afines.

ARTÍCULO 205.- Los anexos Nos. 1, 2, 3 y 4, que se describen a continuación contienen:

Anexo 1: Comentarios de los Títulos I, II, III, IV, V y VI, del presente reglamento;

Anexo 2: Ejemplos de Aplicación de los Títulos III, IV y VI, del presente reglamento;

Anexo 3: Las Normas de Clasificación Visual por Defecto;

Anexo 4: La cronología de los hechos que conformaron todo el proceso de elaboración, conocimiento y aprobación del Proyecto de Reglamento para Diseño y Construcción de Edificaciones en Madera Estructural.

PROHIBIDA LA VENTA

Anexos

ANEXO 1.- COMENTARIOS

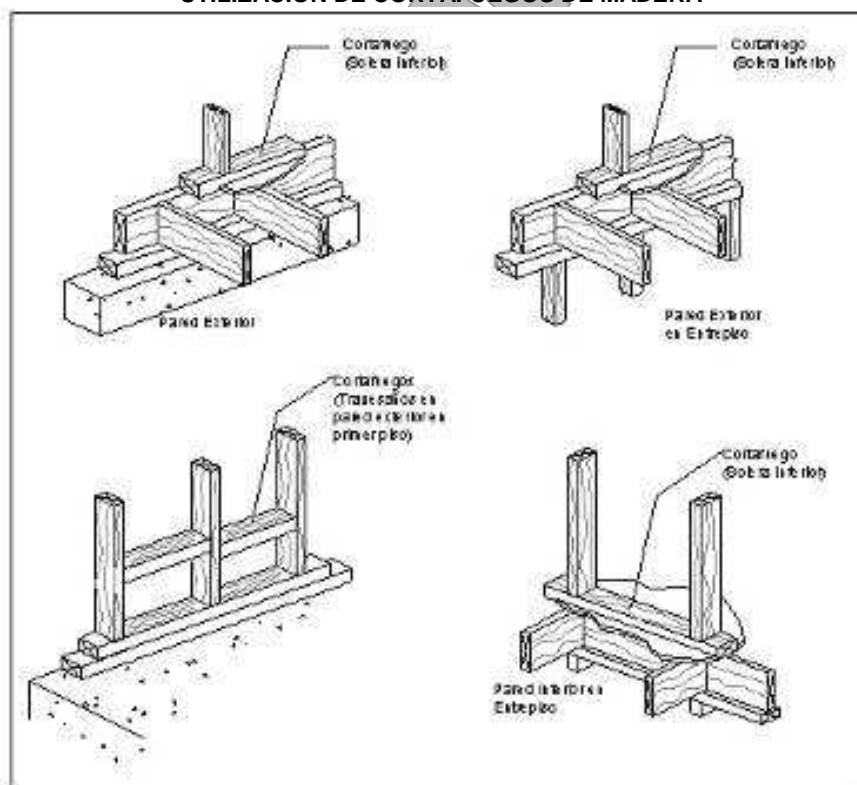
C1.- TÍTULO I.- CONSIDERACIONES GENERALES

C10 PROTECCIÓN. De acuerdo al tipo de madera a preservar podrán adoptarse las especificaciones de los estándares siguientes:

- ASTM D3507 "Standard Test Methods for Penetration of Preservatives in Wood and for Differentiating Between Heartwood and Sapwood"
- ASTM D1760 "Standard Specification for Pressure Treatment of Timber Products"
- ASTM D370 "Standard Practice for Dehydration of Oil-Type Preservatives"
- ASTM D390 "Standard Specification for Coal-tar Creosote for the Preservative Treatment of Piles, Poles and Timbers for Marine, Land and Freshwater Use"
- ASTM D391 "Standard Specification for Creosote-Coal-Tar Solution"
- ASTM D1272 "Standard Specification for Pentachlorophenol"
- ASTM E119 "Standard Test Methods for Fire Test Building Construction and Materials"
- ASTM D5664 "Standard Test Method for Evaluating the Effects of Fire-Retardant Treatments and Elevated Temperatures on Strength Properties of Fire-Retardant Treated Lumber"
- AWPA "Book of Standards"

C19 PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO. Los elementos estructurales de una edificación de madera además de cumplir con su función estructural, podrán también trabajar como barreras contra el fuego o elementos cortafuego, como en el caso de las soleras, riostras intermedias de paredes de corte y otros (véase Fig. C1). Además de estos elementos, podrán utilizarse como cortafuegos, los tableros de yeso o cualquier otro material incombustible que presente un punto de fusión por encima de los 760°C.

**FIGURA C 1
UTILIZACIÓN DE CORTAFUEGOS DE MADERA**



C26 MEMORIA DE CÁLCULOS ESTRUCTURALES

Las cimentaciones de las edificaciones de madera, ya sean pilotes o pilastras (de madera, hormigón armado o acero), deberán diseñarse de acuerdo a los Reglamentos que apliquen para cada material.

C2 TÍTULO II.- REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO

C34 FUNDAMENTOS DE DISEÑO. Según el método de los esfuerzos admisibles, las acciones internas inducidas en los distintos elementos de las estructuras por las acciones de servicio que actúan sobre estos, se calculan por medio de un análisis elástico, se determinan los esfuerzos producidos en las distintas secciones por las acciones internas, por métodos también basados en hipótesis elásticas y los esfuerzos así calculados deben mantenerse por debajo de los admisibles.

C37 Las deformaciones diferidas en los elementos de madera dependen entre otros factores de:

- La duración e intensidad de la carga aplicada
- El contenido de humedad en la madera al momento de aplicar las cargas y de las variaciones de humedad a que ésta pueda estar expuesta

Al evaluar deflexiones en elementos de madera, deberá tenerse en cuenta que cuando éstos se someten a cargas que actúan durante un tiempo prolongado sobre ellos, adquieren deformaciones adicionales (deformaciones diferidas), las cuales deberán tomarse en cuenta para fines del diseño por deformaciones.

C44 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA

a) Resistencia a Flexión. El trabajo hasta el límite de proporcionalidad de un elemento estructural sometido a cargas transversales, indica la energía que la madera puede absorber bajo flexión estática sin sufrir deformaciones permanentes. Los valores correspondientes al esfuerzo de rotura y al módulo de elasticidad de la madera, generalmente son calculados determinando el área correspondiente bajo las gráficas de carga-deformación o de esfuerzo-deformación unitaria obtenidas de pruebas de resistencia a flexión de este material.

d) Resistencia a Tracción. El valor típico que caracteriza los ensayos para la determinación de la resistencia a tracción es el del esfuerzo de rotura, o sea, el esfuerzo al fallar en la fibra extrema de probetas sometidas a flexión.

e) Resistencia a Cortante. La resistencia a cortante se analiza mediante los esfuerzos por corte que se presentan en elementos sometidos a flexión (corte por flexión). Para fines del dimensionamiento de los elementos estructurales de madera, se debe tomar en cuenta el esfuerzo cortante paralelo a la fibra, ya que aunque la resistencia a cortante en la dirección perpendicular a la fibra es mucho mayor que su resistencia a cortante en la dirección paralela, la rotura en planos transversales de la madera no llega a presentarse, pues antes de que esto pueda suceder el elemento sujeto a la acción cortante falla, sea por esfuerzo cortante paralelo a la fibra o sea por aplastamiento en compresión de las fibras.

C45 CLASIFICACIÓN. Existe buen nivel de correlación entre el peso específico y las propiedades mecánicas de la madera, a mayor peso específico, mayor resistencia. La clasificación de la madera del Artículo 45 de este reglamento está basada en esta relación directa. Se consideran los límites entre los grupos de las maderas en función de su rigidez (módulo de elasticidad) y su resistencia (módulo de rotura).

C46 ESFUERZOS ADMISIBLES. Resultados de pruebas realizadas según norma ASTM d-143, sobre muestras selectas de los tipos de maderas clasificadas en el Artículo 45, e investigaciones adicionales acerca de los factores que afectan la resistencia de la madera estructural, como son la calidad, el

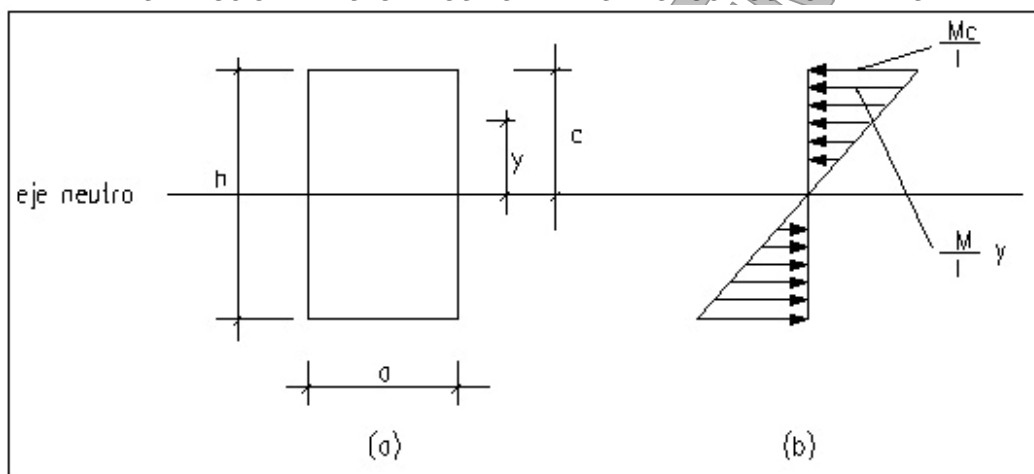
tamaño, la duración de carga, el servicio y la seguridad, entre otros, han permitido obtener los esfuerzos admisibles de la Tabla 3, a partir de la reducción de esfuerzos últimos mínimos, para cada tipo de madera y de esfuerzo, tomando en cuenta la pérdida de resistencia causada por dichos factores. en los casos en que se tuvieron incertidumbres respecto a los resultados arrojados por las pruebas realizadas, los valores de esfuerzos se determinaron tomando en cuenta la correlación existente entre el peso específico y las propiedades mecánicas de la madera.

C3 TÍTULO III.- DISEÑO DE ELEMENTOS DE MADERA MACIZA SOMETIDOS A CARGAS TRANSVERSALES

FLEXIÓN

C59 El mayor esfuerzo normal por flexión se produce en la fibra más alejada del eje neutro. Véase Fig. C2.

FIGURA C 2
DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS NORMALES PRODUCIDOS POR FLEXIÓN



Asumiendo la teoría convencional de flexión elástica, los esfuerzos máximos que se producen en un elemento de madera maciza sometido a cargas transversales están dados por la siguiente expresión:

$$f_m = \frac{My}{I} \leq F_b \quad \text{Ec. (C1)}$$

→ Haciendo

($y = c$), en la Ecuación (C1),

$$f_m = \frac{Mc}{I} \leq F_b \quad \text{Ec. (C2)}$$

→ Siendo

$$S = \frac{I}{c} \rightarrow I = Sc \quad \text{Ec. (C3)}$$

➔ Sustituyendo

S_c Por I en la Ec. (C2), se tiene que:

$$f_m = \frac{M}{S} \leq F_b \quad \text{Ec. (6) del Artículo 59}$$

Para secciones rectangulares sometidas a flexión respecto del eje fuerte (véase figs. C2):

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad \text{Ec. (C4)}$$

$$c = \frac{h}{2} \quad \text{Ec. (C5)}$$

$$S = \frac{bh^2}{6} \quad \text{Ec. (C6)}$$

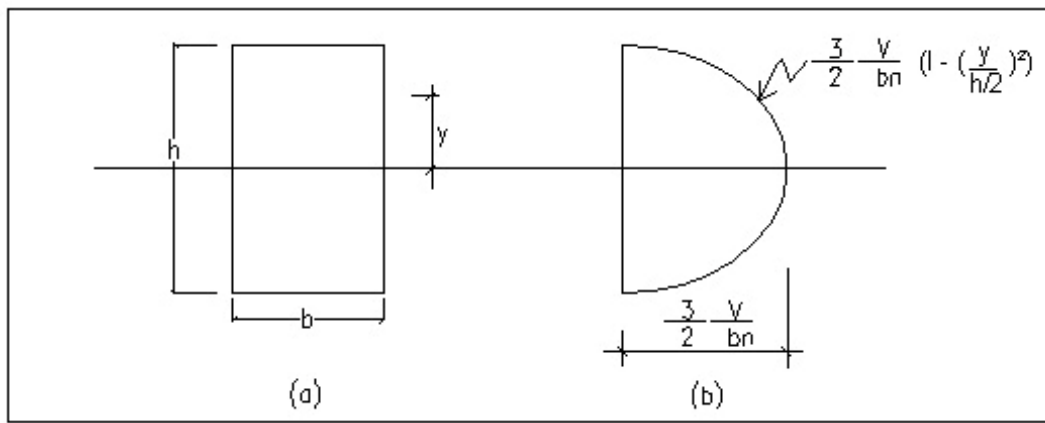
La Ec. (2), se podrá expresar de la siguiente forma:

$$f_m = \frac{6M}{bh^2} \leq F_b \quad \text{Ec. (7) del Artículo 60}$$

CORTANTE

C63 El cortante máximo, V , para una viga de sección rectangular, si su ancho b , es constante, ocurrirá en el plano neutro, como se deduce a continuación: (Véase Fig. C3)

FIGURA C 3
DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS CORTANTES EN ELEMENTOS DE SECCIÓN RECTANGULAR



➔ Si se tiene que:

$$f_v = \frac{VZ}{bI} \leq F_v \quad \text{Ec. (9) del Artículo 62}$$

Donde Z es el momento estático del área de la sección transversal por encima de la fibra en la cual se está determinando el esfuerzo cortante, f_v .

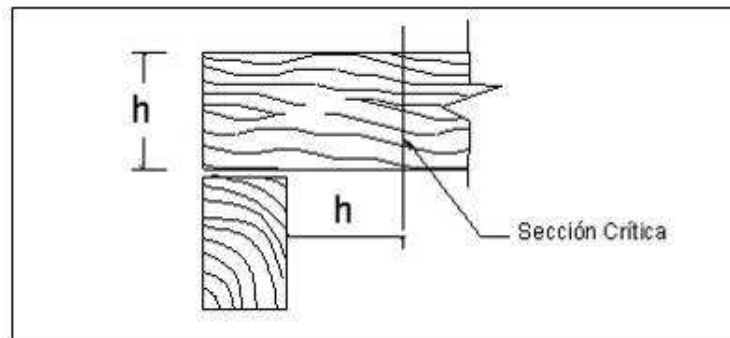
$$Z = \left(b \frac{h}{2} \right) \frac{h}{4} = \frac{bh^2}{8} \quad \text{Ec. (C7)}$$

Al sustituir el valor de Z , dado por la Ec. (C7), en la Ec. (9), se obtiene la expresión:

$$f_v = \frac{V \frac{bh^2}{8}}{b \frac{bh^3}{12}} = \frac{3V}{2bh} \leq F_v \quad \text{Ec. (10) del Artículo 63}$$

Si el elemento esta apoyado en su parte inferior y cargado en su parte superior, las reacciones introducen compresiones en la dirección perpendicular a las fibras. Estas compresiones modifican el estado de esfuerzos de modo tal que los esfuerzos de corte en las zonas de los apoyos no son críticos. Para simplificar el diseño se supone que los efectos de corte más desfavorables se presentan en secciones ubicadas a distancias de los apoyos iguales al peralte, h , y que en estas secciones la distribución de esfuerzos puede determinarse con la teoría de vigas, excepto cuando se trate de voladizos. Véase Fig. C4.

FIGURA C 4
SECCIÓN CRÍTICA PARA VERIFICACIÓN DE ESFUERZOS CORTANTES



C67 DEFLEXIONES - CRITERIOS DE CÁLCULOS. La deflexión de una viga es la suma de dos deflexiones: la debida a la flexión, Δ_f , y la debida al corte, Δ_c . Generalmente el módulo de elasticidad de la madera, E , se calcula únicamente con la contribución de la flexión, (módulo de elasticidad aparente); al ser este menor que el real que tiene el material, se lo corrige para obtener el real. por ejemplo, para una viga de madera simplemente apoyada, de longitud, l , con una carga uniformemente distribuida, W y de sección rectangular uniforme, las deflexiones por flexión y por corte serán:

$$\Delta_f = \frac{5WL^4}{384EI} = \left(\frac{15}{96E} \right) \left(\frac{WL^2}{bh} \right) \left(\frac{L}{h} \right)^2 \quad \text{Ec. (C8)}$$

$$\Delta_c = \frac{1.2WL^2}{8GA} = \left(\frac{14.4}{96G} \right) \left(\frac{WL^2}{bh} \right) \quad \text{Ec. (C9)}$$

Siendo el total de las deflexiones de una viga, Δ_T , igual a la suma de la deflexión por flexión, Δ_f , más la deflexión por corte, Δ_c :

$$\Delta_T = \Delta_f + \Delta_c \quad \text{Ec. (C10)}$$

La relación entre la deflexión por flexión y el total de la deflexión de la viga será igual a:

$$\frac{\Delta_f}{\Delta_T} = \frac{1}{1 + \frac{14.4E}{15G \left(\frac{L}{h} \right)^2}} \quad \text{Ec. (C11)}$$





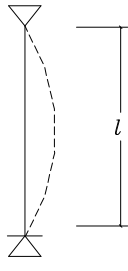
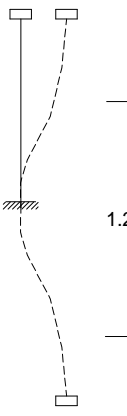
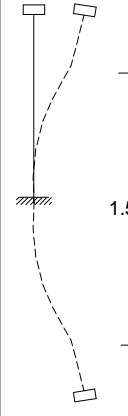
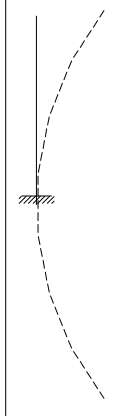
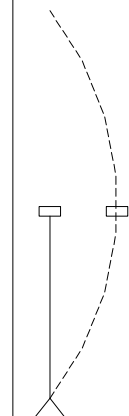
De la ecuación anterior se obtiene que, para $(L/h) = 15$ y $(E/G) = 16$, la deflexión debida a la flexión, Δ_f , es el 93% del total de las deflexiones de la viga, Δ_T , como se expresa en la siguiente ecuación:

$$\Delta_f = 0.9361 \Delta_T \quad \text{Ec. (C12)}$$

C4 TÍTULO IV.- DISEÑO DE ELEMENTOS DE MADERA MACIZA SOMETIDOS A CARGA AXIAL Y FLEXIÓN

C73 LONGITUD EFECTIVA, l_e . La longitud efectiva de un elemento puede interpretarse como la longitud de la porción del elemento que se deforma como si sus extremos estuvieran articulados. Esta longitud es por lo general distinta de la longitud real no arriostrada. En columnas o elementos verticales de paredes de corte, es conveniente restringir los desplazamientos laterales de los extremos con el fin de reducir su longitud efectiva, l_e , aun cuando se impidan estos desplazamientos, la longitud efectiva a considerarse no deberá ser menor que la longitud real no arriostrada, dada la incertidumbre en el grado de restricción al giro que las uniones pueden proporcionar. Véase Tabla C1.

TABLA C1
LONGITUD EFECTIVA DE COLUMNAS, l_e

 EXTREMO ARTICULADO  EXTREMO IMPEDIDO DE ROTAR PERO LIBRE DE DESPLAZARSE *  EXTREMO IMPEDIDO PARCIALMENTE DE ROTAR Y LIBRE DE DESPLAZARSE  EXTREMO EMPOTRADO					
K	1	1.2	1.5	2	2
$l_e = Kl$	$1l$	$1.2l$	$1.5l$	$2l$	$2l$

* Para este caso se recomienda usar $k = 1.5$, a menos que se calculen los porcentajes de empotramiento.

RELACIÓN DE ESBELTEZ, λ

C75 Para el caso en el que la longitud efectiva, l_e , sea igual en las dos direcciones principales de cálculo de una columna rectangular, se tendrán solo dos relaciones de esbeltez por elemento, una por cada dimensión. Si se tienen diferentes valores de longitud efectiva, l_e , en las dos direcciones principales de cálculo, deberán calcularse dos relaciones de esbeltez, una para cada dimensión de la sección transversal, por cada dirección principal de cálculo y seleccionar la mayor de ellas.

C76 Para los entramados verticales cuyos revestimientos no se consideren estructurales, los espaciamientos entre arriostramientos deberán ser tal que se consiga una esbeltez en el plano igual o menor que la de fuera del plano del entramado, lo cual podrá lograrse determinando la separación entre riostras mediante la aplicación de la Ecuación 19, que proviene de igualar ambas esbeltez (en el plano y fuera del plano).

C78 **CONSTANTE LÍMITE ENTRE COLUMNAS INTERMEDIAS Y LARGAS, C_k** La constante C_k , es la relación de esbeltez límite entre elementos intermedios y largos, para la cual el elemento considerado como largo, tiene una carga admisible ($F_{adm}A$), igual a dos tercios de la carga de aplastamiento ($2/3 F_{cpl}A$).

Para una columna larga el esfuerzo admisible de la columna, F_{adm} , es igual al esfuerzo crítico de pandeo de Euler, F_{cr} , dividido por un factor de seguridad de 2.5:

$$F_{adm} = \frac{F_{cr}}{2.5} \quad \text{Ec. (C13)}$$

→ Donde

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{kl}{r}\right)^2} \quad \text{Ec. (C14)}$$

Para elementos rectangulares de madera, siendo b , la dimensión mínima de la sección, se tiene que:

$$\frac{kl}{r} = \frac{kl}{\sqrt{\frac{I}{A}}} = \frac{kl}{\sqrt{\frac{hb^3}{12hb}}} = \frac{kl}{\frac{b}{\sqrt{12}}} = \frac{kl}{b} \sqrt{12} = \lambda \sqrt{12} \quad \text{Ec. (C15)}$$

→ Sustituyendo

$\frac{kl}{r}$ por $\lambda \sqrt{12}$, en la expresión (C13), podemos escribir que:

$$F_{adm} = \frac{\frac{\pi^2 E}{\left(\frac{kl}{r}\right)^2}}{2.5} = \frac{\frac{\pi^2 E}{\left(\lambda \sqrt{12}\right)^2}}{2.5} = \frac{\pi^2 E}{2.5 \lambda^2 12} = 0.329 \frac{E}{\lambda^2} \quad \text{Ec. (C16)}$$

El valor de la constante C_k , se obtiene mediante el planteamiento matemático de la definición expresada al inicio de este comentario:

$$F_{adm} A = \frac{2}{3} F_{cpl} A \quad \text{Ec. (C17)}$$

→ De donde

$$0.329 \frac{E}{\lambda^2} A = \frac{2}{3} F_{cpl} A \quad \text{Ec. (C18)}$$

→ Sustituyendo

λ por C_k , en la expresión (C18), resulta:

$$0.329 \frac{E}{C_k^2} A = \frac{2}{3} F_{cpl} A \quad \text{Ec. (C19)}$$

→ De donde

$$C_k = 0.7025 \sqrt{\frac{E}{F_{cpl}}} \quad \text{Ec. (19) del Artículo 78}$$

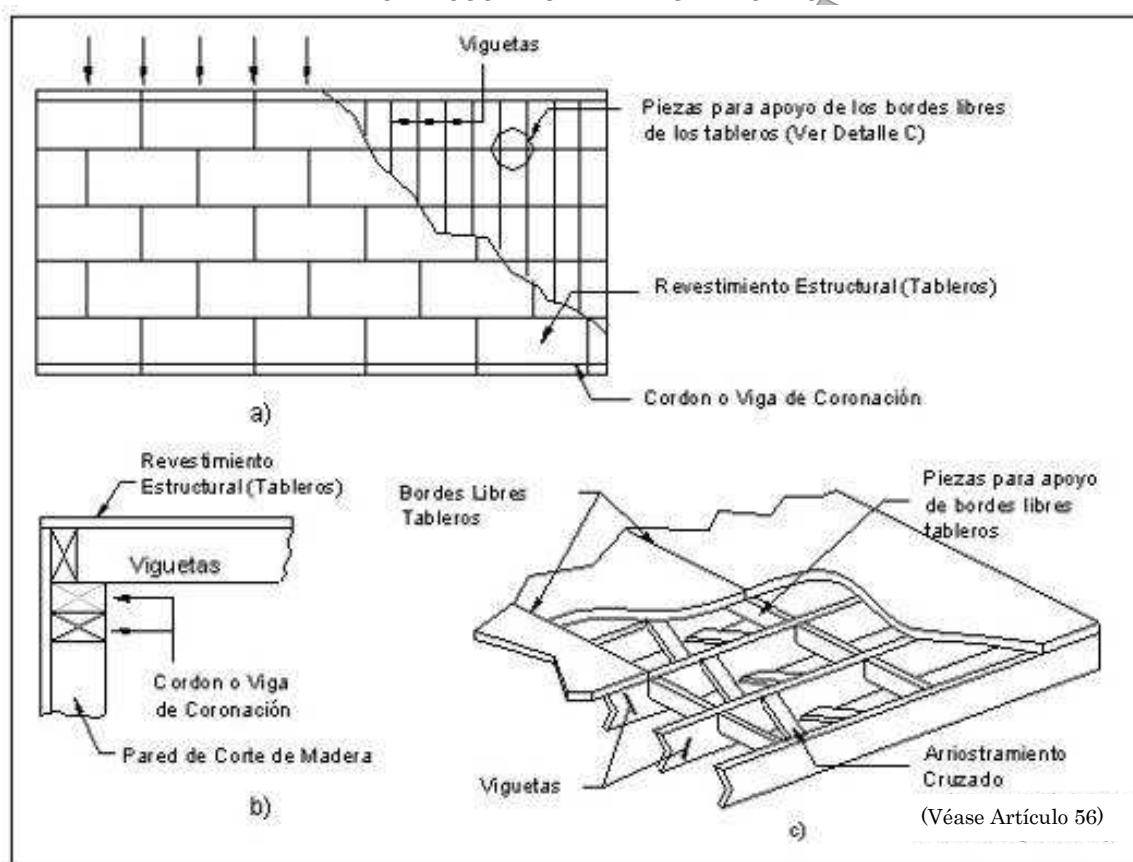
C 80 TRACCIÓN. Los elementos a tracción se presentan principalmente en cerchas, en cuyo diseño es frecuente considerar que estos están sometidos únicamente a cargas axiales. Deberá tenerse en cuenta, que con frecuencia las dimensiones de un elemento sometido a tracción, no están determinadas por la resistencia a tracción de la madera, sino por los esfuerzos cortantes que se presentan en las uniones).

C81 FLEXO-TRACCIÓN. En la Ec. 21, para el diseño de elementos sometidos a flexo-tracción, no se contempla factor de amplificación del momento por la presencia de la carga axial, ya que la carga de tracción estabiliza al elemento.

C5 TÍTULO V.- DISEÑO DE ELEMENTOS COMPUESTOS

C89 REQUISITOS DE DISEÑO - DIAFRAGMAS HORIZONTALES. La capacidad de transmitir fuerza cortante de un diafragma horizontal, depende de la disposición y distanciamiento de las viguetas, del tipo de revestimiento estructural (tableros, entablados u otros) y de las uniones o fijaciones entre sus elementos. Véase Fig. C5.

FIGURA C 5
DETALLES TÍPICOS DE UN DIAFRAGMA HORIZONTAL



ELEMENTOS DE UN DIAFRAGMA HORIZONTAL

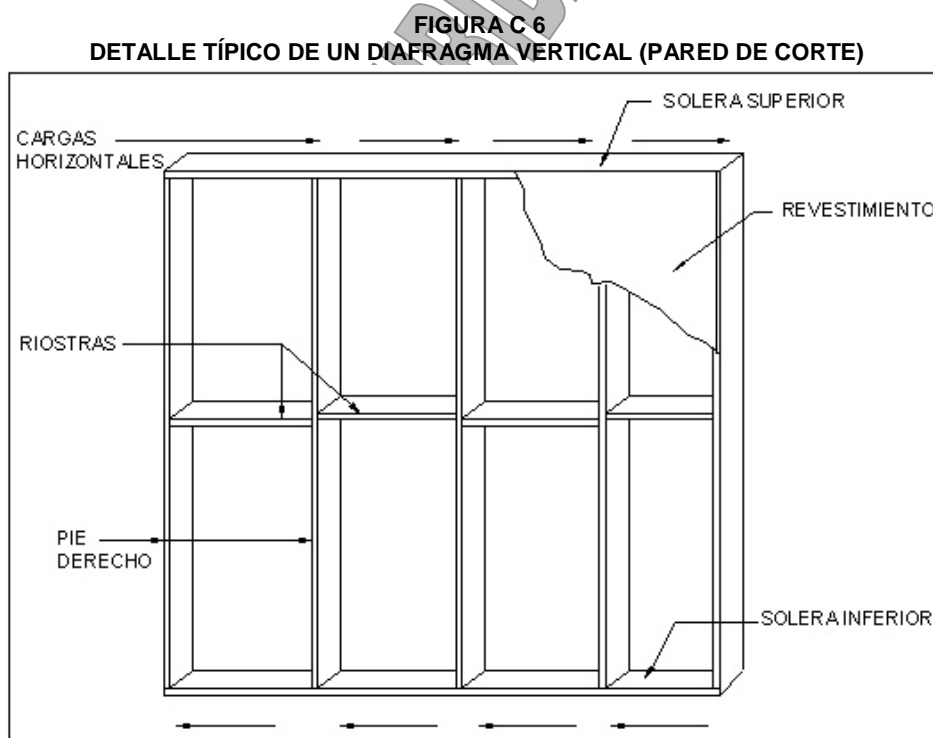
- **Viguetas.** Son el conjunto de elementos responsables de resistir adecuadamente las fuerzas de flexión y cortante que se producen en un diafragma horizontal, su diseño se corresponde al de elementos sometidos a cargas transversales y debe regirse de acuerdo a los requisitos del Título III de este Reglamento. Aunque las cargas laterales influyen poco en el diseño de estos elementos, también deberán ser revisados para carga axial y flexión. Véase Artículos 81, 83 y 84.

- **Cordones o Vigas de Coronación.** Se deberán diseñar para las fuerzas axiales producidas por el momento máximo existente en el diafragma, a tensión y a compresión (comprobando los posibles efectos de esbeltez en el cordón solicitado a compresión). Si los Cordones o Vigas de Coronación están localizados como puentes de aberturas del diafragma, deberán diseñarse para la condición más crítica, entre la primera indicada y esta en la que deben soportar los cortantes de los entramados de diafragmas horizontales. Cuando se encuentren sobre paredes de corte, deberán conectarse a ellas para transmitir adecuadamente los esfuerzos cortantes.
- **Revestimientos Estructurales.** Estos podrán ser tableros de plywood o entablados de madera. Su diseño va a depender de su resistencia al corte, de la forma en que se unan a las viguetas y del sistema de fijación que se use para ello. El espesor mínimo requerido para estos elementos es de ½ pulg, siempre que se usen separaciones de viguetas de 30 cm (12 pulg), 40 cm (16 pulg.) y 60 cm (24 pulg). Conviene dejar holguras entre los bordes de los tableros del orden de uno a tres mm para tener en cuenta los efectos de los cambios volumétricos de la madera.

Para evitar deformaciones diferenciales de los bordes libres de los tableros deberá proporcionárseles apoyos a lo largo de los mismos. Se podrá prescindir de estos apoyos si dichos bordes están machihembrados.

REQUISITOS DE DISEÑO - DIAFRAGMAS VERTICALES (PAREDES DE CORTE)

C91 Las paredes de corte están constituidas por un entramado de pie-derechos, con elementos perimetrales (soleras) y rigidizadores intermedios (riostros), y por algún tipo de revestimiento (véase Fig. C6). Las fuerzas cortantes son resistidas principalmente por el revestimiento y deben ser transmitidas por los elementos de unión entre estos y el entramado vertical. Como las relaciones entre las fuerzas y desplazamientos de los elementos de unión son no lineales, el comportamiento de una pared de corte es bastante complejo, por lo que es importante tomar en cuenta estos razonamientos para fines del modelaje de estructuras a base de paredes de corte de madera.



El diseño de los elementos de los pies derechos de un entramado para pared de corte sometido a compresión o flexo-compresión perpendicular al plano de la pared está controlado por una combinación de resistencia y estabilidad, estas condiciones corresponden a columnas cortas, intermedias y largas respectivamente por lo que se regirá por los criterios de diseño del Título IV de este Reglamento.

Para la verificación de las paredes de corte ante cargas laterales en el plano de la pared, la fuerza cortante aplicada debida a la acción del sismo o viento deberán determinarse a partir de lo que especifican los Reglamentos de diseño para ambos tipos de cargas. Esta determinación podrá hacerse mediante cualquiera de los procedimientos reglamentados en ellos.

C97 REQUISITOS DE DISEÑO - CERCHAS

El cálculo de los elementos de las cuerdas cuando las correas no coinciden con los nudos de las cerchas se podrá realizar en dos etapas. La primera, tomándolos como integrantes de las cerchas sometidos solo a carga axial, para lo cual se supondrá que las cargas de las correas actúan en los nudos de las cerchas y la segunda, considerando que estos elementos se comportan como vigas continuas, apoyadas en los nudos, para así determinar el máximo momento de flexión. De manera que su diseño se realizará a flexo-compresión o a flexo-tracción, con la carga axial y el momento calculados en las dos etapas descritas anteriormente, de acuerdo a los requerimientos del Título IV.

C98 Para lograr un arriostramiento longitudinal y transversal eficiente en las estructuras conformadas por cerchas, podrá recurrirse a diafragmas formados mediante revestimientos de madera machihembrada o Plywood (con un espesor mínimo de ½ pulgada), unidos a las cuerdas superiores e inferiores de las cerchas. También podrán usarse elementos longitudinales (correas) colocados en el plano de las cuerdas superiores, en el plano de las cuerdas inferiores y en el plano de la línea de cumbreras, combinados con elementos diagonales entre las cerchas de manera que se formen sistemas triangulados verticales. Véase figs. C7-a y C7-b.

FIGURA C 7-a
ARRIOSTRAMIENTOS DIAGONALES Y EN CUERDAS SUPERIORES DE CERCHAS

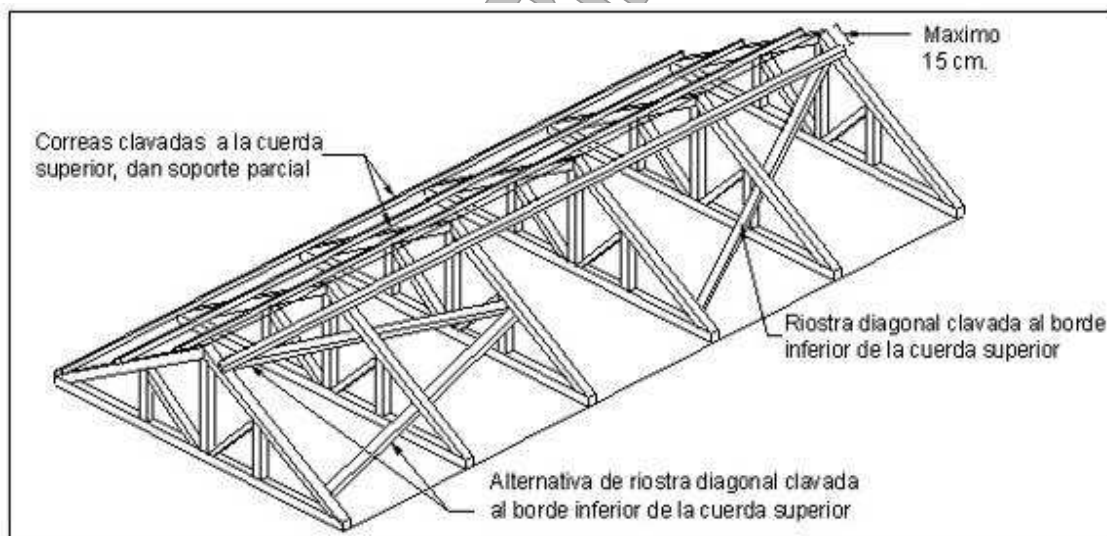
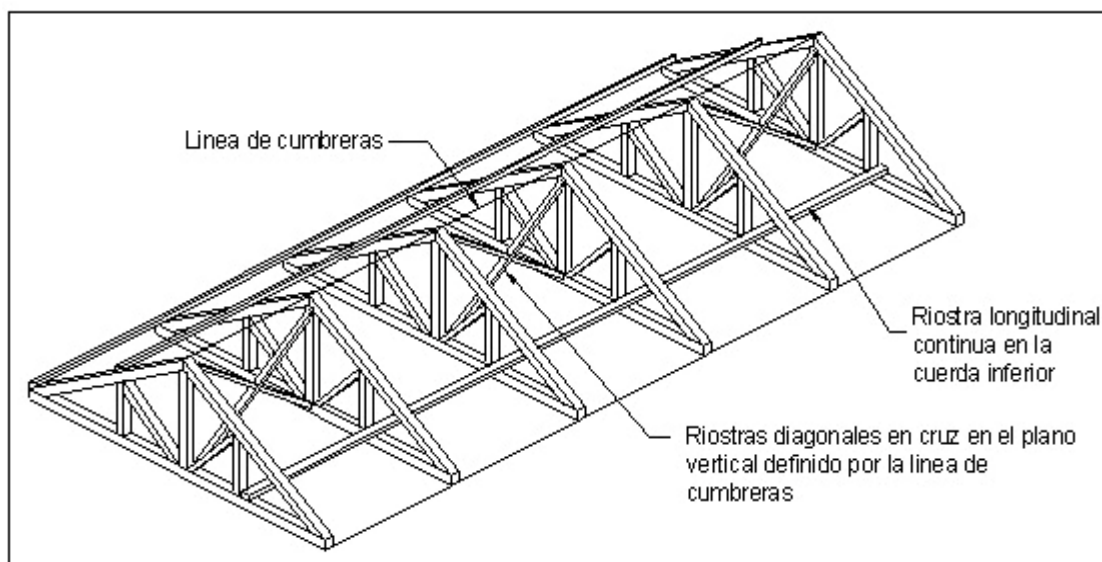


FIGURA C 7-b
ARRIOSTRAMIENTOS DIAGONALES EN CRUZ Y EN CUERDAS INFERIORES DE CERCHAS



Cuando se utilicen correas para soportar el material de las cubiertas de techo, éstas proveerán arriostramiento longitudinal a las cerchas, siempre y cuando al unirse a las cuerdas superiores, queden con un espaciamiento máximo tal que la esbeltez resultante fuera del plano sea menor o igual a la esbeltez en el plano.

C99 La conformación de los nudos es uno de los puntos de particular importancia en el diseño y construcción de las cerchas. Las uniones con elementos metálicos son las más prácticas y de mejor comportamiento en este tipo de estructuras (véase Título VI).

C100 En general es conveniente procurar que ningún punto de la cuerda inferior de las cerchas quede debajo de una recta trazada de apoyo a apoyo. Esto puede lograrse previendo una contraflecha mayor que la deflexión calculada, debida a carga viva y carga muerta. Las deflexiones se calculan bajo cargas de servicio y con los métodos de análisis estructurales habituales. Sin embargo estas deflexiones elásticas corresponderán a la suposición de uniones con articulaciones perfectas e indeformables, lo cual en las cerchas de madera no ocurre, pues los nudos (con pernos o clavos) se deforman y contribuyen a incrementar la deformación final. Además todas las deformaciones crecen con el tiempo debido a cambios en el contenido de humedad de la madera. Estas consideraciones deben tomarse en cuenta al verificar la tolerancia de deformaciones.

En cerchas de cuerdas paralelas podrá dársele contraflechas a ambas cuerdas; en otras armaduras podrá ser suficiente dársela solo a la cuerda inferior. No deberá elevarse la cuerda inferior a más de $1/3$ de la altura total de la cercha. Cuando el cordón inferior de una cercha se sitúe por encima del nivel de los apoyos, deberán considerarse en el diseño las fuerzas horizontales en los apoyos así como los esfuerzos cortantes y momentos generados en el último tramo del cordón superior de la misma, a causa de esto.

C6 TÍTULO VI.- DISEÑO DE UNIONES

C124 FUERZAS DE EXTRACCIÓN. La resistencia a la extracción de los clavos depende de la dirección de la penetración del clavo con relación a la dirección de las fibras, el tipo de punta, la profundidad de penetración, el diámetro, el acabado superficial, la especie, la densidad y el contenido de humedad de la madera. Este tipo de unión debe evitarse siempre que sea posible, sin embargo hay situaciones en la que es la única alternativa viable, como por ejemplo en la sujeción de materiales de techados expuestos a la acción del viento. En estos casos se recomienda que la penetración del clavo en la pieza que recibe la punta sea por lo menos de 15 mm.

ANEXO 2.- EJEMPLOS DE APLICACIÓN

E1 DISEÑO DE ELEMENTOS DE MADERA MACIZA SOMETIDOS A CARGAS TRANSVERSALES.- (TÍTULO III)

EJEMPLO 1

Se diseñarán las viguetas de un entrepiso de madera (Pino Americano), para uso residencial, las cuales estarán espaciadas a 60 cm y soportarán un tablero machihembrado de 1" x 6", además de una superficie de desgaste de 13/16 pulgadas. Las viguetas estarán apoyadas sobre una viga de hormigón armado de 30 cm de espesor y arriostradas lateralmente en los apoyos. Se considerará una longitud de apoyo de 10 cm, lo que proporcionará 5 cm de holgura entre los extremos de las viguetas y el muro que continúa hacia el nivel superior (véase Fig. E1). El tablero machihembrado fue diseñado previamente, de manera que se comprobó que soporta adecuadamente las cargas dadas para el claro de 60 cm.

103



PA

(Tabla 2 del Artículo 45)

(Tabla 3 del Artículo 46)

(Tabla 3 del Artículo 46)

(Tabla 3 del Artículo 46)

(Tabla 6 del Artículo 49)

Un 10% (F_b , F_v y E) por el trabajo en conjunto de las viguetas (Artículo 54):

$$F_v = 1.10 (6.5) = 7.15 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 1.10 (83,036) = 91,339.6$$

$$E = 1.10 (83,036) = 91,339.60 \text{ kg/cm}^2$$

CARGAS

- En la cubierta del entrepiso

Carga Muerta:

Peso propio machihembrado de 1" x 6" = $0.0254 \times 640 = 16.26 \text{ kg/m}^2$

Peso superficie de desgaste de 13/16" = $0.0206 \times 640 = 13.21 \text{ kg/m}^2$

$$W_m = 29.47 \text{ kg/m}^2$$

Carga Viva:

$W_v = 200 \text{ kg/m}^2$ (uso habitacional)

- En las viguetas

Carga Muerta: (Se considerarán viguetas de 2"x 8")

Peso propio de viguetas de 2"x 8" = $0.051 \times 0.2032 \times 640 = 6.63 \text{ kg/m}$

Colaboración cubierta de entrepiso = $29.47 \times 0.60 = 17.68 \text{ kg/m}$

$$W_m = 24.31 \text{ kg/m}$$

Carga Viva:

$W_v = 200 \times 0.60 = 120 \text{ kg/m}$

Carga Muerta + Carga Viva en Viguetas:

$W = W_m + W_v = 24.31 + 120 = 144.31 \text{ kg/m}$

CHEQUEOS A REALIZAR

- Estabilidad Lateral (Artículos 56 y 57)
- Flexión (Artículos 58 al 60)
- Cortante (Artículos 61 al 64)
- Aplastamiento (Artículos 65 y 66)
- Deflexiones (Artículos 67 al 69)

→ Estabilidad Lateral en las viguetas

$$\frac{h}{b} = \frac{8''}{2''} = 4 \quad (\text{Artículos 56 y 57}).$$

El sistema de construcción proporciona suficiente apoyo lateral a la cara en compresión, mediante arriostramientos laterales en los apoyos y la cubierta de entrepiso, por lo que se desprecian los efectos de pandeo lateral.

→ Flexión

- **Momento Máximo, M :**

$$M = \frac{WL^2}{8} = \frac{144.31(2.90)^2}{8} = 151.7059 \text{ kg} - m = 15,170.59 \text{ kg} - cm$$

- **Esfuerzos:**

$$f_m = \frac{M}{S} \leq F_b \quad (\text{Ec. 6, Artículo 59})$$

- Para una sección rectangular:

$$f_m = \frac{6M}{bh^2} \leq F_b \quad (\text{Ec. 7, Artículo 60})$$

$$f_m = \frac{6 \times 15,170.59}{4.13(19.05)^2} = 60.73 \text{ kg/cm}^2 < F_b = 93.50 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{o.k.}$$

→ Cortante

- Cortante Máximo, V : (a una distancia $h = 19.05 \text{ cm}$ del apoyo, (Artículo 63))

$$V = \frac{W(L-2h)}{2} = \frac{144.31(2.90 - 2(0.1905))}{2} = 181.76 \text{ kg}$$

- Esfuerzos:

$$f_v = \frac{VZ}{bI} \leq F_v \quad (\text{Ec. 9, Artículo 62})$$

- Para una sección rectangular:

$$f_v = \frac{3V}{2bh} \leq F_v \quad (\text{Ec. 10, Artículo 63})$$

$$f_v = \frac{3 \times 181.76}{2 \times 4.13 \times 19.05} = 3.47 \text{ kg/cm}^2 < F_v = 7.15 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{o.k.}$$

→ Aplastamiento

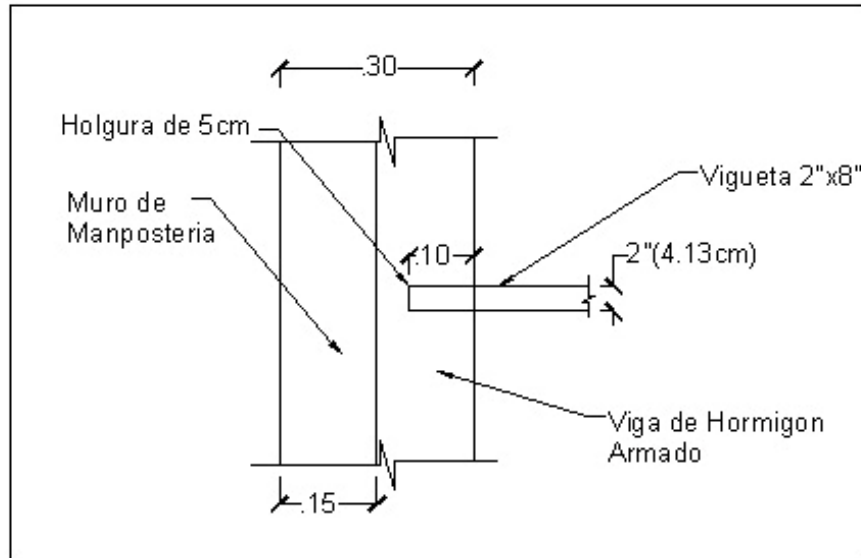
- Reacción en el Apoyo:

$$R = \frac{WL}{2} = \frac{144.31 \times 2.9}{2} = 209.25 \text{ kg}$$

- Área de Apoyo:

$$A = 10 \times 4.13 = 41.30 \text{ cm} \quad (\text{Véase Fig. E2})$$

FIGURA E 2
APOYO VIGUETAS



- Esfuerzos:

$$f_{cpd} = \frac{R}{A} \leq F_{cpd}$$

(Ec. 12, Artículo 65)

$$f_{cpd} = \frac{209.25}{78.68} = 2.66 \text{ kg} / \text{cm}^2 < F_{cpd} = 15 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad \text{o.k.}$$

→ Deflexión

- Inercia de las viguetas:

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{4.13(19.05)^3}{12} = 2,379.32 \text{ cm}^4$$

- Deflexión Admisible, Δ_{adm} :

Para la carga total (muerta + viva):

$$\Delta_{adm} = \frac{L}{240} = \frac{290}{240} = 1.21 \text{ cm}$$

(Tabla 7 del Artículo 69)

Para la carga viva:

$$\Delta_{adm} = \frac{L}{350} = \frac{290}{350} = 0.83 \text{ cm}$$

(Tabla 7 del Artículo 69)

- Cálculo de deflexión debida a carga muerta, Δ_m :

$$\Delta_m = \frac{5W_m L^4}{384EI} = \frac{5 \times 0.2431 (290)^4}{384 \times 91,340 \times 2,379.32} = 0.10 \text{ cm}$$

- Cálculo de deflexión debida a carga viva, Δ_v :

$$\Delta_v = \frac{5W_v L^4}{384EI} = \frac{5 \times 1.20 (290)^4}{384 \times 91,340 \times 2,379.32} = 0.51 \text{ cm} < \Delta_{adm} = 0.83 \text{ cm} \quad \text{o.k.}$$

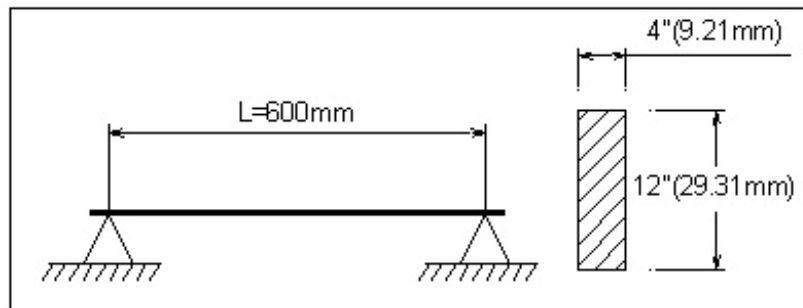
- Estimación de deformaciones diferidas: (Artículo 69)

$$\Delta_{equivalente} = 1.8\Delta_m + \Delta_v = 1.8(0.10) + 0.51 = 0.69 \text{ cm} < \Delta_{adm} = 1.21 \text{ cm} \quad \text{o.k.}$$

Como resultado del diseño observamos que la sección escogida de 2" x 8" cumple satisfactoriamente con los requisitos del mismo. Podría tratar de conseguirse un diseño más económico, usando un espaciamiento de viguetas mayor que 60 cm, ya que los esfuerzos admisibles exceden ampliamente los esfuerzos calculados, verificando previamente el diseño del machihembrado para la nueva separación de viguetas.

EJEMPLO 2

FIGURA E 3



Determinar el momento admisible de las viguetas de seis metros de longitud, de un sistema de techo en el cual la cubierta no es lo suficientemente rígida para garantizar el trabajo en conjunto. Utilizar pino americano y una sección transversal de 4" x 12" (véase Fig. E3). Considerar la tendencia al pandeo lateral de las viguetas para las condiciones de apoyo de los casos siguientes:

Caso 1: Viguetas simplemente apoyadas arriostradas lateralmente en los apoyos.

Caso 2: Viguetas simplemente apoyadas arriostradas lateralmente en los apoyos y a la mitad del claro.

Caso 3: Viguetas simplemente apoyadas arriostradas lateralmente en los apoyos y en los cuartos del claro.

MATERIALES

Pino Americano: Grupo A

$$F_b = 85 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 83,036 \text{ kg/cm}^2$$

(Tabla 2 del Artículo 45)

(Tabla 3 del Artículo 46)

(Tabla 6 del Artículo 49)

MOMENTO ADMISIBLE EN VIGUETAS

$$f_m = \frac{M}{S} \leq F_b$$

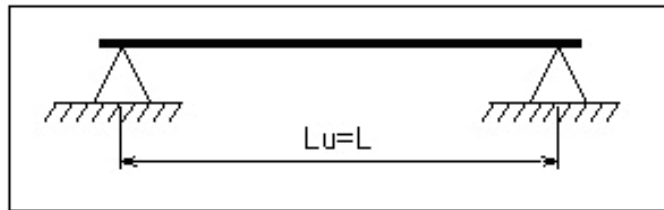
(Ec. 6 del Artículo 59)

$$\rightarrow M_{adm} = F_b S$$

$$S = \frac{bh^2}{6} = 1,318.68 \text{ cm}^3$$

→ Caso 1:

FIGURA E 4



$$L_u = L = 600 \text{ cm}$$

- Esfuerzo Admisibles para Flexión, considerando tendencia al pandeo lateral, F_{bp}

$$C_s = 1.4 \sqrt{\frac{h L_u}{b^2}} = 1.4 \sqrt{\frac{29.31 \times 600}{9.21^2}} = 20.16 \quad (\text{Ec. 3, Artículo 57})$$

$$C_c = \sqrt{\frac{3 E}{5 F_b}} = \sqrt{\frac{3 \times 83,036}{5 \times 85}} = 24.21 \quad (\text{Ec. 4, Artículo 57})$$

$$C_c < C_s \leq 50 \quad (\text{Artículo 57})$$

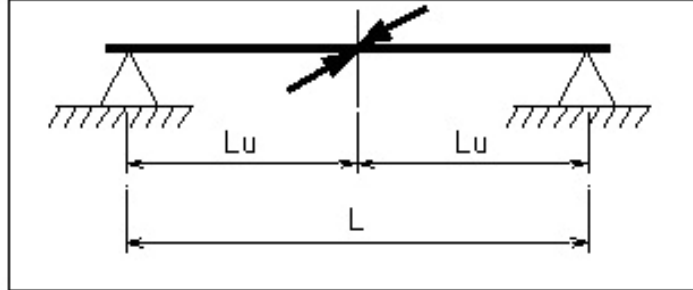
$$\rightarrow F_{bp} = \frac{0.40 E}{C_s^2} = \frac{0.40 \times 83,036}{20.16^2} = 81.72 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Ec. 2, Artículo 57})$$

- Momento Admisible (considerando tendencia al pandeo lateral):

$$M_{adm} = F_{bp} S = 81.72 \times 1,318.68 = 107,762.68 \text{ kg-cm} \cong 1.08 \text{ to-m}$$

→ Caso 2:

FIGURA E 5



$$L_u = \frac{L}{2} = \frac{600}{2} = 300 \text{ cm}$$

- Esfuerzo Admisibles para Flexión, considerando tendencia al pandeo lateral, F_{bp}

$$C_s = 1.4 \sqrt{\frac{hL_u}{b^2}} = 1.4 \sqrt{\frac{29.31 \times 300}{9.21^2}} = 14.25 \quad (\text{Ec. 3, Artículo 57})$$

$$C_c = 24.21 \quad (\text{Ec. 4, Artículo 57})$$

$$10 < C_s \leq C_c \rightarrow F_{bp} = \phi F_b \quad (\text{Artículo 57})$$

$$\phi = 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{C_s}{C_c} \right)^4 = 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{14.25}{24.21} \right)^4 = 0.96 \quad (\text{Ec. 1, Artículo 57})$$

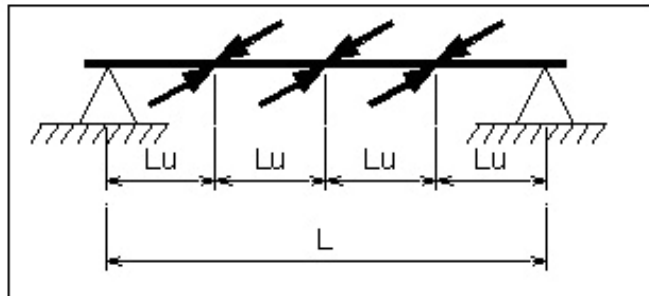
$$F_{bp} = \phi F_b = 0.96 \times 85 = 81.60 \text{ kg/cm}^2$$

- Momento Admisible (considerando tendencia al pandeo lateral):

$$M_{adm} = F_{bp} S = 81.60 \times 1,318.68 = 107,604.29 \text{ kg-cm} \cong 1.08 \text{ to-m}$$

→ Caso 3:

FIGURA E 6



$$L_u = \frac{L}{4} = \frac{600}{4} = 150cm$$

- Esfuerzo Admisibles para Flexión, considerando tendencia al pandeo lateral, F_{bp}

$$C_s = 1.4 \sqrt{\frac{hL_u}{b^2}} = 1.4 \sqrt{\frac{29.31 \times 150}{9.21^2}} = 10.08 \quad (\text{Ec. 3, Artículo 57})$$

$$C_s \cong 10 \rightarrow F_{bp} = F_b = 85kg / cm^2 \quad (\text{Artículo 57})$$

- Momento Admisible (considerando tendencia al pandeo lateral):

$$M_{adm} = F_{bp}S = 85 \times 1,318.68 = 112,087.8kg - cm \cong 1.12to - m$$

E2 DISEÑO DE ELEMENTOS DE MADERA MACIZA SOMETIDOS A CARGA AXIAL Y FLEXIÓN.- TÍTULO IV

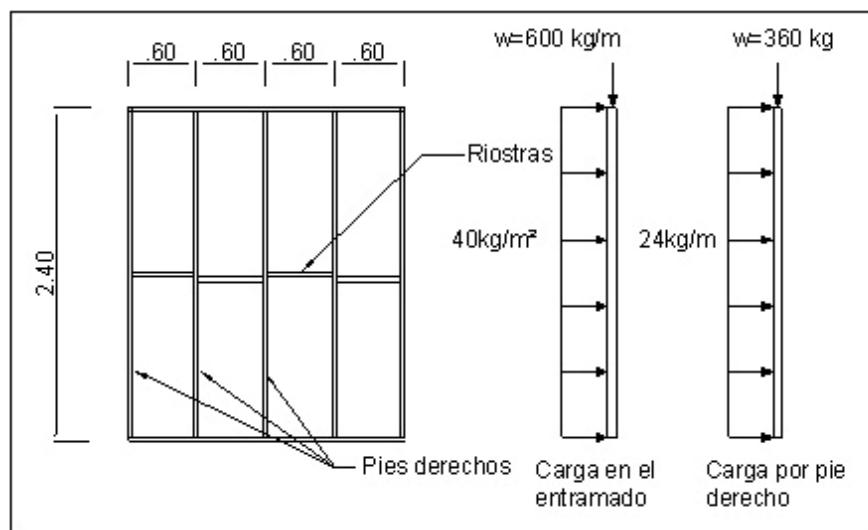
EJEMPLO 1

Se diseñará uno de los pies-derechos del entramado de una pared de 2.40m de altura, el cual deberá soportar las cargas siguientes:

- Carga de 600 kg/m (en compresión axial, debida a una cubierta de techo)
- Carga de 40kg/m² (perpendicular al entramado, debida a la presión del viento)

Se utilizará madera de Pino Brasileño (grupo B) y se considerará que el revestimiento del entramado transmitirá de manera uniforme la presión del viento a los pies-derechos, los cuales se dispondrán a una separación de 60 cm, arriostrados en el centro de su altura, como se muestra en la Fig. E7.

FIGURA E 7
ENTRAMADO VERTICAL



MATERIALES

Se incrementarán los Esfuerzos Admisibles y el Módulo de Elasticidad del material en un 10%, considerando que el revestimiento de pared aportará el soporte necesario para garantizar el trabajo en conjunto de los pies-derechos del ejemplo (véase Artículo 72).

Pino Brasileño: Grupo B, Densidad = 540 kg/m^3 (Tabla 2 del Artículo 45)
 $F_b = 1.10 (60 \text{ kg/cm}^2) = 66 \text{ kg/cm}^2$ (Tabla 3 del Artículo 46)
 $F_{cpl} = 1.10 (35 \text{ kg/cm}^2) = 38.5 \text{ kg/cm}^2$ (Tabla 3 del Artículo 46)
 $E = 1.10 (55,000 \text{ kg/cm}^2) = 60,500 \text{ kg/cm}^2$ (Tabla 6 del Artículo 49)

CARGAS EN LOS PIES DERECHOS

Carga de Compresión Axial por pie-derecho:

$$N = 600 \times 0.60 = 360 \text{ kg}$$

Carga Lateral por pie-derecho:

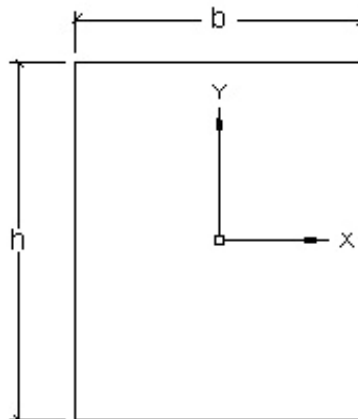
$$W = 40 \times 0.60 = 24 \text{ kg/m}$$

CHEQUEO A FLEXO-COMPRESIÓN

→ **Selección de una escudaría:**

Se seleccionará una sección 2" x 4"

FIGURA E 8
SECCIÓN RECTANGULAR



$$b = 4.13 \text{ cm}, h = 9.21 \text{ cm (Tabla 1)}$$

$$A = 38.04 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{bh^3}{12} = 268.87 \text{ cm}^4, \quad S_x = \frac{bh^2}{6} = 58.39 \text{ cm}^3$$

$$I_y = \frac{hb^3}{12} = 54.07 \text{ cm}^4, \quad S_y = \frac{hb^2}{6} = 26.18 \text{ cm}^3$$

→ Separación Máxima entre riostras, S_R :

$$S_R = \frac{lb}{h} = \frac{240 \times 4.13}{9.21} = 107.62 \text{ cm} \quad (\text{Ec. 18, Artículo 76})$$

No se tomará en cuenta el cálculo anterior de separación máxima entre riostras, S_R , debido a que, aunque por razones prácticas de diseño la contribución que el revestimiento aporta a la resistencia de la pared, no se está considerando, éste trabajará en combinación con los pies derechos, lo cual contribuirá a la disminución de los esfuerzos a que están sometidos los mismos.

→ Esbeltez

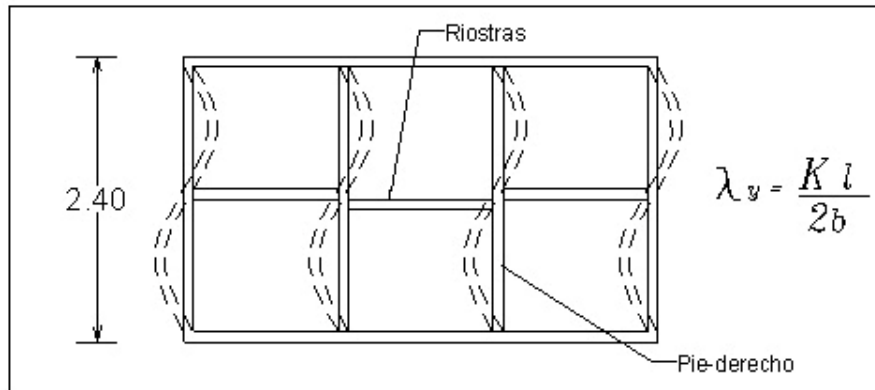
- Clasificación de los pies-derechos en función de su esbeltez (Artículo 77):

Esbeltez en el Plano (Fig. E 9):

Se considerará el pie-derecho articulado en sus extremos. $\therefore k = 1$ (Tabla C1, comentario C73)

$$\lambda_y = \frac{Kl}{2b} = \frac{1 \times 240}{2(4.13)} = 29.06 \quad (\text{Véase Fig. E 9})$$

FIGURA E 9
ESBELTEZ EN EL PLANO

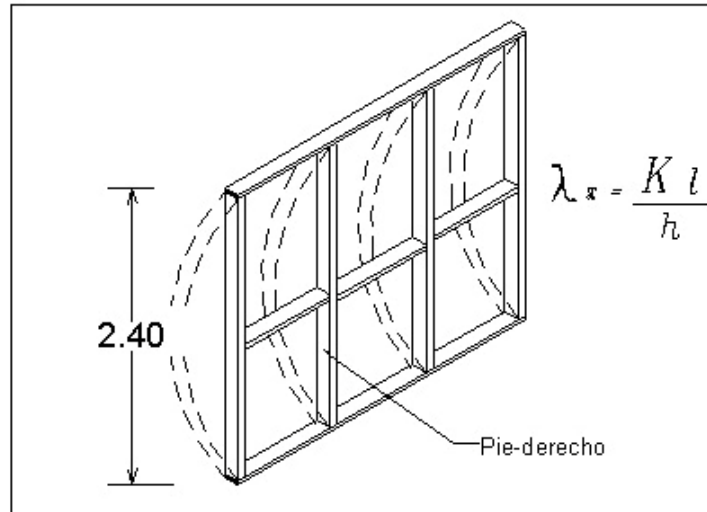


Esbeltez Fuera del Plano (Fig. E10):

Se considerará el pie-derecho articulado en sus extremos. $\therefore k = 1$ (Tabla C1, comentario C73)

$$\lambda_x = \frac{Kl}{h} = \frac{1 \times 240}{9.21} = 26.06 \quad (\text{Véase Fig. E10})$$

FIGURA E 10
ESBELTEZ FUERA DEL PLANO



- Constante, C_k :

$$C_k = 0.7025 \sqrt{\frac{E}{F_{cpl}}} = 0.7025 \sqrt{\frac{60,500}{38.50}} = 27.85 \quad (\text{Ec. 19, Artículo 78})$$

$\lambda_x = 29.06 > C_k = 27.85$: El pie derecho se considerará como elemento largo .:

$$N_{adm} = 0.329 \frac{EA}{\lambda^2} = 0.329 \frac{60,500 \times 38.04}{(29.06)^2} = 896.60 \text{ kg} \quad (\text{Ec. 22, Artículo 82})$$

→ Factor de Amplificación de Momento, K_m :

- Carga Crítica de Euler,

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(kl)^2} = \frac{(3.14)^2 \times 60,500 \times 268.87}{(1 \times 240)^2} = 2,784.42 \text{ kg} \quad (\text{Ec. 27, Artículo 84})$$

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - 1.5 \frac{360}{2,784.42}} = 1.24 \quad (\text{Ec. 26, Artículo 84})$$

→ Expresión para Flexo-Compresión

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m M}{SF_b} \leq 1 \quad (\text{Ec. 25, Artículo 83})$$

$$\frac{360}{896.60} + \frac{1.24 \times 1,728}{58.39 \times 66} = 0.96 \leq 1 \quad \text{o.k.}$$

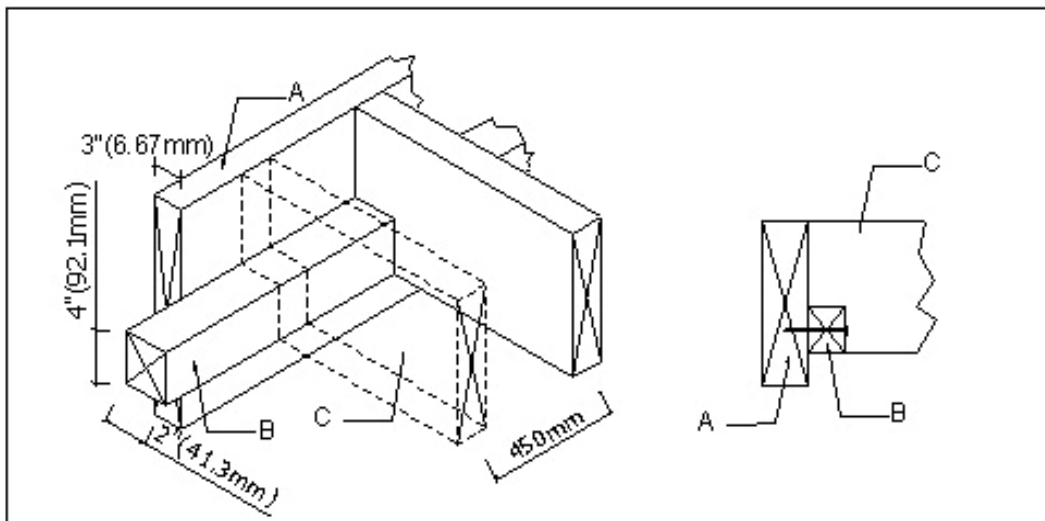
La sección de 2" x 4" es apropiada para pies-derechos separados a 60 cm.

E3 DISEÑO DE UNIONES CON CLAVOS.- TÍTULO VI

EJEMPLO 1

Se determinará el número de clavos de 76.20 mm (3") de longitud y 3.42 mm de diámetro necesario para unir las piezas A y B, en los apoyos de las viguetas de un sistema de piso como el de la Fig. E11. La reacción de las viguetas C sobre B, será de 250kg. Se utilizara madera de pino brasileño (grupo B), con un peso específico ($\gamma = 0.49$).

FIGURA E 11



FUERZAS LATERALES DE CORTE

→ Carga admisible de un clavo en una unión de dos elementos sometidos a cizallamiento simple (un plano de cortante)

$$P_L = 10 \gamma D^{1.5} = 10 \times 0.49 \times 3.42^{1.5} = 30.99 \text{ kg} \quad (\text{Ec. 28, Artículo 118})$$

- Requerimiento Espesor Mínimo y Penetración de Clavos (Artículo 116):

- Espesor del elemento en contacto con la cabeza del clavo = 4 cm > 10D → o.k
- Penetración Punta = 76.2 - 40 = 36.2 mm

$14D > 36.2 \text{ mm} > 14D/3 \rightarrow$ Se usará un factor de reducción por insuficiente

$$\text{penetración de la punta} = \frac{36.2}{48} = 0.75$$

- Reducción de P_L por insuficiente penetración de la punta (factor = 0.75):

$$P_L = 0.75 (30.99) = 23.24 \text{ kg}$$

→ Número de clavos requeridos

$$\text{No. De clavos} = \frac{250}{23.24} = 10.76 \text{ clavos}$$

$$\text{Espaciamiento entre clavos} = \frac{450}{10.76} = 41.82 \text{ mm}$$

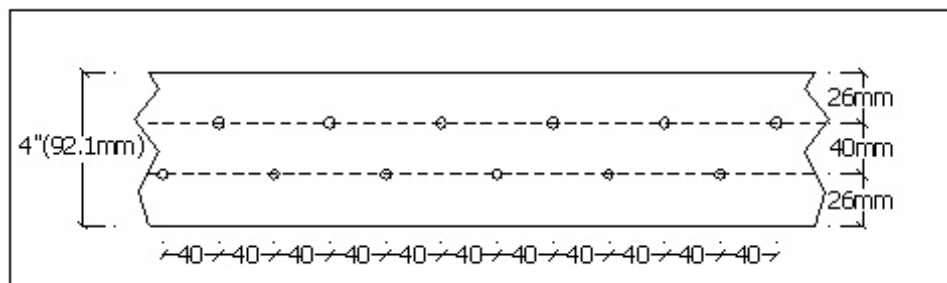
→ Espaciamientos Mínimos (Artículo 127)

- Para clavos colocados en tresbolillo y en dos hileras (véase Fig. E12), el espaciado mínimo entre clavos adyacentes en la dirección de la fibra (S_{\min}) es igual a $10D$. Véase Artículo 127.

$$S_{\min} = 10D = 10 \times 3.42 = 34.2 \text{ mm} < 41.82 \text{ mm} \rightarrow \text{o.k}$$

Se usará un espaciado entre clavos de $40 \text{ mm} \leq 41.82 \text{ mm}$

FIGURA E 12

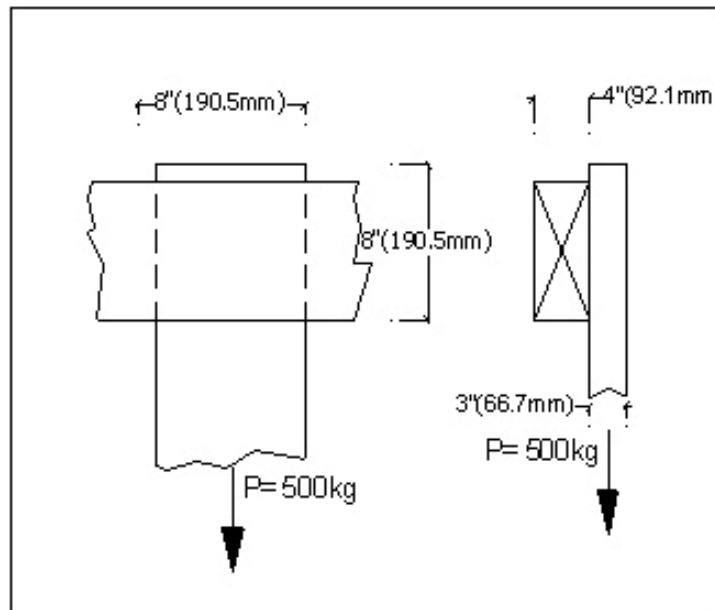


E4 DISEÑO DE UNIONES CON PERNOS.- TÍTULO VI

EJEMPLO E1

Calcular el número de pernos de $5/8"$ (15.9 mm) de diámetro requeridos para resistir una carga de 500kg en una unión de dos elementos de madera con sus ejes perpendiculares como la mostrada en la Fig. E13, para una combinación de carga muerta + viva + viento. Considerar que la madera pertenece al Grupo B (véase Tabla 2) y tiene un $\gamma = 0.50$. Verificar los espaciamientos entre pernos según requisitos mínimos.

FIGURA E 13



UNIÓN EN QUE LOS EJES LONGITUDINALES DE LAS PIEZAS SON PERPENDICULARES ENTRE SI

→ Carga admisible según elemento horizontal:

$$Q = 0.35 \gamma k_2 k_3 D t \quad (\text{Ec. 33, Artículo 148})$$

- Incrementos de la Carga Admisible, Q:

- Por combinación de carga (muerta + viva + viento) y ser $t/D < 6$: 50% (Tabla 9)

- Determinación de K_2 y K_3 :

$$t = 92.1 \text{ mm} \quad (\text{Véase Fig. 27})$$

$$D = 15.9 \text{ mm}$$

$$\frac{t}{D} = \frac{92.1}{15.9} = 5.8 \rightarrow K_2 \cong 1.00 \quad (\text{Tabla 11 del Artículo 148})$$

$$D = 15.9 \text{ mm} \rightarrow K_3 \cong 1.52 \quad (\text{Tabla 11 del Artículo 148})$$

Para un perno:

$$Q/2 = \frac{1}{2} (1.5 \times 0.35 \gamma k_2 k_3 D t) \quad (\text{Véase Fig. 27, Artículo 149})$$

$$Q/2 = \frac{1}{2} (1.5 \times 0.35 \times 0.50 \times 1.00 \times 1.52 \times 15.9 \times 90) = 285.48 \text{ kg}$$

→ **Carga admisible según elemento vertical:**

$$P = 1.12 \gamma k_1 D t \quad (\text{Ec. 32, Artículo 143})$$

- **Incrementos de la Carga Admisible, P:**

- Por combinación de carga (muerta + viva + viento) y ser $t/D = 8.2 > 6$: 25% (Tabla 9)

- **Determinación de K_1 :**

$$t = 2 \times 65 = 130 \text{ mm} \quad (\text{Véase Fig. 27, Artículo 149})$$

$$\frac{t}{D} = \frac{130}{15.9} = 8.2 \rightarrow K_1 \cong 0.56 \quad (\text{Tabla 10 del Artículo 143})$$

Para un perno:

$$P/2 = \frac{1}{2} (1.25 \times 1.12 \gamma k_1 D t) \quad (\text{véase Fig. 27 Artículo 149})$$

$$P/2 = \frac{1}{2} (1.25 \times 1.12 \times 0.5 \times 0.56 \times 15.9 \times 130) = 405.13 \text{ kg}$$

$$P/2 > Q/2 \rightarrow \text{Rige el menor de los valores (} Q/2 = 285.48 \text{ kg)}$$

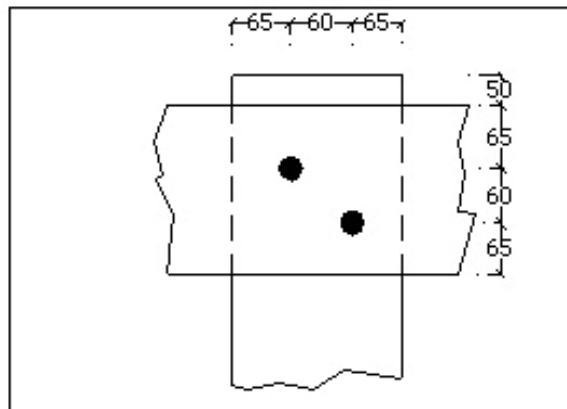
(Véase Fig. 27)

→ **Determinación del número de pernos requeridos:**

$$\frac{P}{Q/2} = \frac{500}{285.48} = 1.75 \cong 2 \text{ pernos}$$

→ **Disposición de los Pernos (Artículo 151 al 153):**

FIGURA E 14

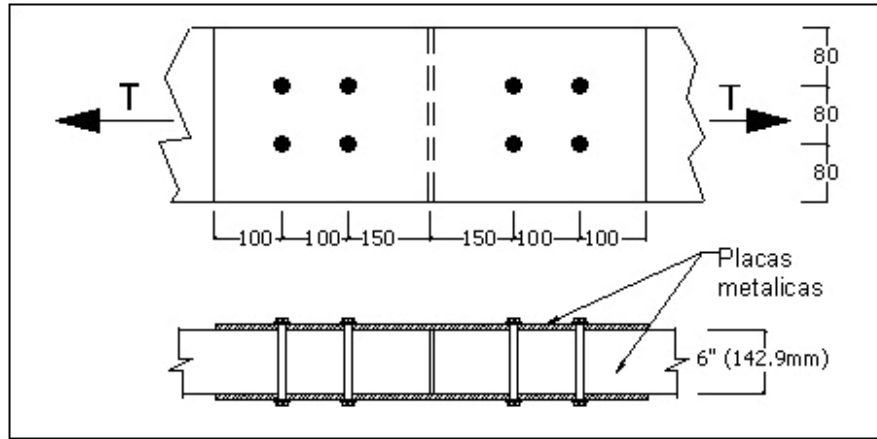


EJEMPLO E2

Se determinará la fuerza (T) que se puede transmitir a través de la unión de dos elementos cuyos ejes longitudinales son paralelos entre sí, utilizando placas metálicas y 4 pernos de 22.2 mm (7/8 pulg) de cada lado de la unión (véase Fig. E15). El diseño se realizará para la combinación de cargas (muertas + vivas + viento) y utilizando una madera del grupo B, con un $\gamma = 0.40$. En este ejemplo de aplicación, el cálculo se limitará a la determinación de la carga admisible definida por la acción de los pernos sobre la

madera. No se contemplará el diseño de las placas metálicas, el cual deberá realizarse según los principios de estructuras metálicas.

FIGURA E 15



UNIÓN EN QUE LOS EJES LONGITUDINALES DE LAS PIEZAS SON PARALELOS ENTRE SI

→ Carga admisible (Artículo 143)

$$P = 1.12 \gamma k_1 D t \quad (\text{Ec. 32, Artículo 143})$$

- Incrementos de la Carga Admisible, P:

- Por combinación de carga (muerta + viva + viento) y ser $t/D > 6$: 25% (Tabla 9)
- Por la utilización de placas metálicas: 25% (Artículo 105).

- Determinación de K_1 :

$$\frac{t}{D} = \frac{140}{22} = 6.3 \rightarrow K_1 = 0.73 \quad (\text{Tabla 10 del Artículo 143})$$

Para un perno:

$$P = 1.25 \times 1.25 \times 1.12 \times 0.40 \times 0.73 \times 22 \times 140 = 1,587.5 \text{ kg}$$

Para 4 pernos:

La fuerza (T) que se puede transmitir a través de la unión mostrada en la Fig. E11, será:

$$T = 4 \times 1,587.5 = \mathbf{6,350 \text{ kg}}$$

→ Espaciamientos y Distancias Mínimas (Artículo 162)

- Espaciamento entre hileras de pernos paralelas a las fibras = 80 mm $> 2D$
- Espaciamento entre pernos adyacentes en la dirección de las fibras = 100 mm $> 4D$
- Distancia de los bordes = 80 mm $> 1.5D$
- Distancia del extremo cargado = 150 mm $\cong 7D$

ANEXO 3.- NORMA DE CLASIFICACIÓN

A1 NORMA DE CLASIFICACIÓN VISUAL POR DEFECTOS

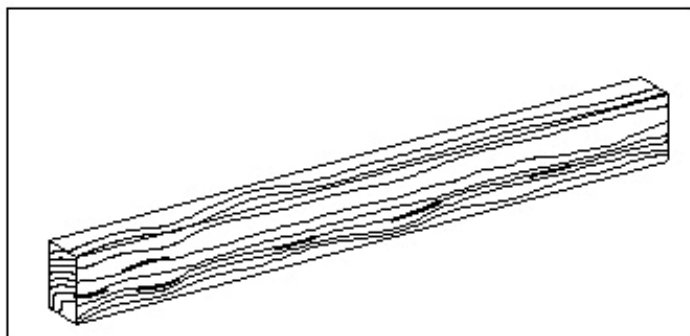
La madera aserrada para uso estructural será seleccionada por medio de la siguiente Norma de Clasificación Visual por Defectos, en la cual se indican las tolerancias máximas para diferentes defectos encontrados en elementos de madera y algunas recomendaciones para reconocerlos, con el fin de limitar su presencia, tipo, forma, tamaño y ubicación.

A1.1 DEFECTOS DEBIDOS A SU CONSTITUCIÓN ANATÓMICA

A1.1.1 DURAMEN QUEBRADIZO

Porciones del centro del tronco con una fragilidad anormal, presentando grietas o separaciones en forma de media luna. No se permite como material estructural. Véase Fig. A1

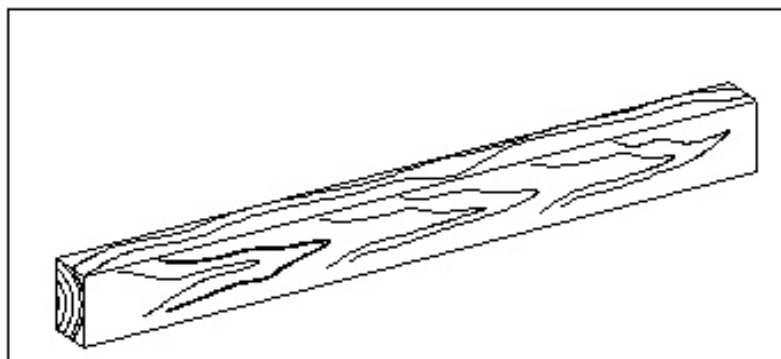
FIG A1 – DURAMEN QUEBRADIZO



A1.1.2 ESCAMADURA O ACEBOLLADURA

Separación de dos anillos de crecimiento contiguos. No se permite en las aristas. Se permite solamente en una cara, en sentido longitudinal, en una profundidad máxima de 0.10 veces el espesor y con una longitud máxima equivalente al 25 % del total. Véase Fig. A2

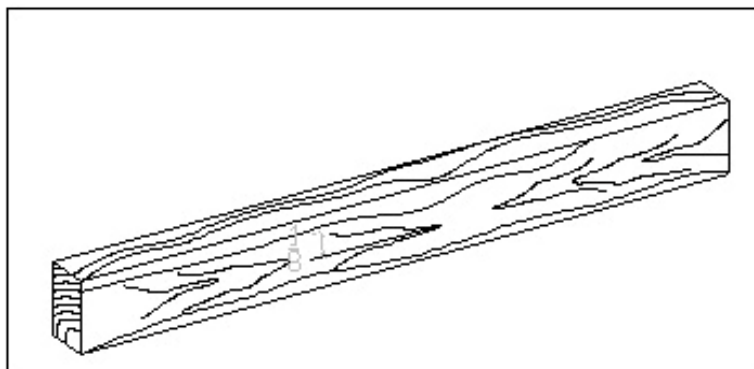
FIG A2 – ESCAMADURA O ACEBOLLADURA



A1.1.3 FIBRA INCLINADA

Desviación de la dirección de la fibra de la madera con respecto al eje longitudinal del elemento. Se permite en cara y canto con un máximo de $1/8$ de inclinación. Véase Fig. A3

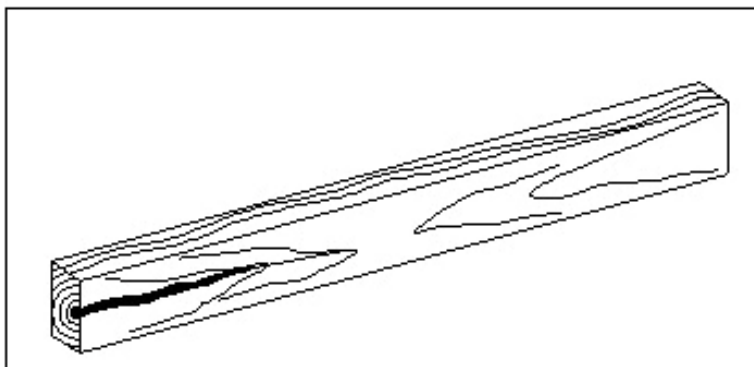
FIG A3 – FIBRA O GRANO INCLINADO



A1.1.4 MÉDULA

Es la parte central del duramen, conformada por los anillos de crecimiento iniciales del tronco. Está formada por tejido esponjoso blando o células muertas, susceptible al ataque de hongos e insectos. No se permite. Véase Fig. A4

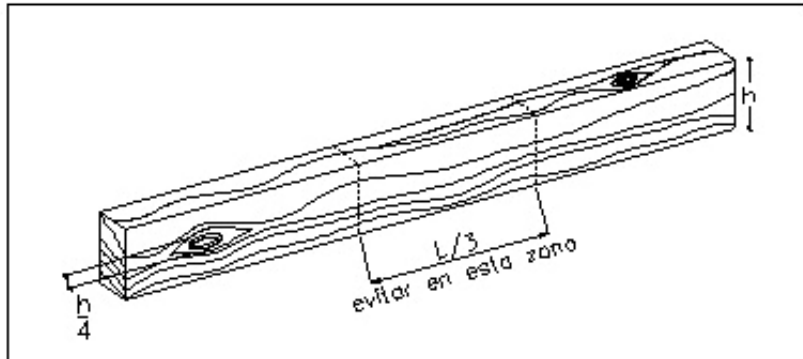
FIG A4 – MÉDULA



A1.1.5 NUDO SANO

Porción de rama entrecruzada con el resto de la madera y que no se soltará o aflojará durante el proceso de secado y uso. No presenta deterioro, ni pudrición. Se permiten con un diámetro de $1/4$ del ancho de la cara y un tamaño máximo de 0.04 m, con una distancia, entre sí, no menor que 1.00 m, y fuera del tercio medio del elemento. No se permiten en los cantos. Véase Fig. A5

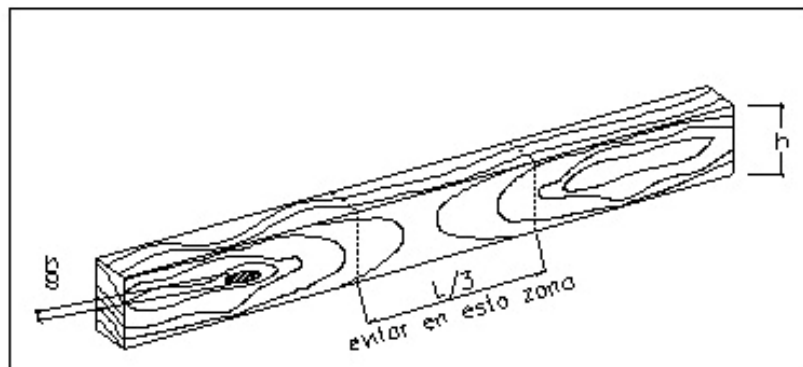
FIG A5 – NUDO SANO



A1.1.6 NUDO HUECO

Es el espacio dejado por un nudo al desprenderse de la madera. El nudo suelto o en mal estado, debe considerarse como nudo hueco. Se permiten con un diámetro de hasta $1/8$ del ancho de la cara y con un máximo de 0.02 m. Se deben evitar en el tercio medio del elemento y no se permiten en los cantos. Véase Fig. A6

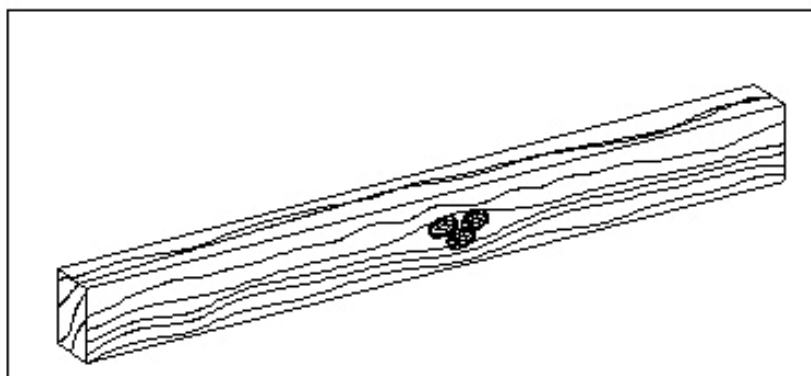
FIG A6 – NUDO HUECO



A1.1.7 NUDOS ARRACIMADOS

Grupo de dos o más nudos que desvían notoriamente la dirección de las fibras que los rodean. Estos no se permiten. Véase Fig. A7

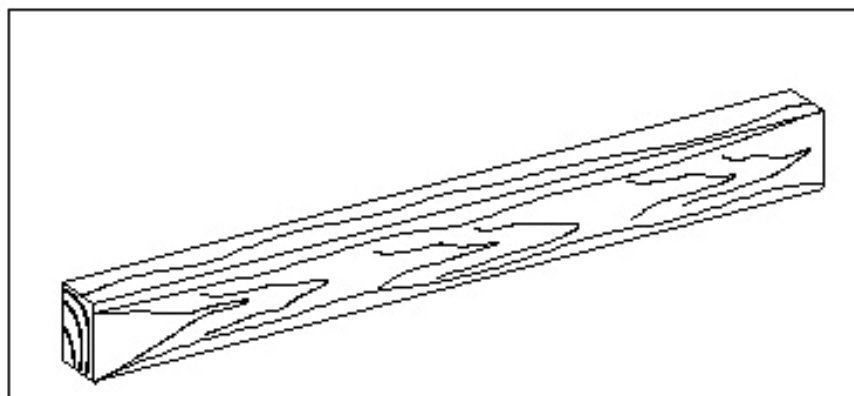
FIG A7 – NUDOS ARRACIMADOS



A1.1.8 PARÉNQUIMA

Es un tejido blando de color más claro que la parte fibrosa de la madera. Se presenta en forma de bandas concéntricas, visibles en la sección transversal de un elemento previamente humedecido. Se permite si las bandas parenquimosas son menores de 0.002m. Para elementos que vayan a estar sometidos a esfuerzos de compresión paralela a la fibra, no se permite. Véase Fig. A8

FIG A8 — PARÉNQUIMA



A1.2 DEFECTOS DEBIDOS AL ATAQUE DE AGENTES BIOLÓGICOS

Estos defectos deben ser controlados desde el momento del corte del árbol, mediante inmunizantes oleosolubles ó hidrosolubles.

A1.2.1 PERFORACIONES PEQUEÑAS

Son agujeros producidos por el ataque de insectos. Se permiten, perforaciones menores de 0.003 m, con un máximo de 6 agujeros en un área de 10 cm x 10 cm No deben estar alineados, ni pasar de cara a cara.

A1.2.2 PERFORACIONES GRANDES

Son agujeros producidos por insectos, con diámetros entre 0.003 m y 0.08 m. Se permiten con un máximo de 3 en un metro lineal. No deben estar alineadas, ni pasar de cara a cara.

A1.2.3 PUDRICIÓN

Es la descomposición de la madera en la que se presentan cambios en su apariencia y color, pérdida de propiedades físicas y mecánicas. No será permitida en ningún caso.

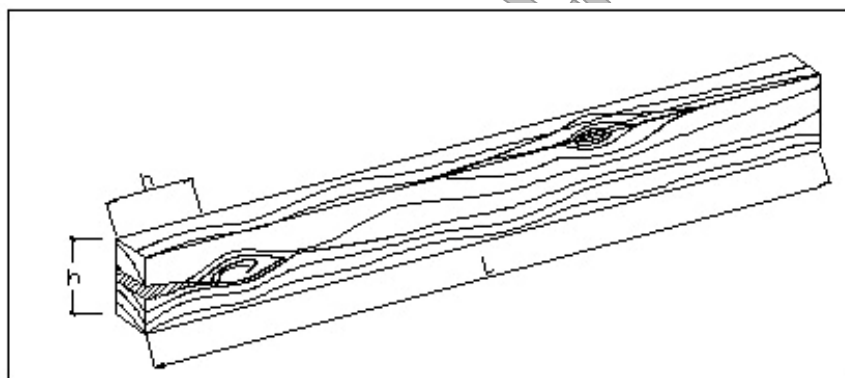
A1.3 DEFECTOS DEBIDOS A LA DESCARGA, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Para prever estos defectos se deberá usar mano de obra calificada, maquinaria y equipo con buen mantenimiento.

A1.3.1 FALLAS DE COMPRESIÓN

Deformación y rotura de fibras de la madera debida a compresión y/o flexión excesivas de árboles en pie causadas por su peso propio o acción del viento. Para su reconocimiento se pueden observar en las superficies de una pieza como arrugas finas perpendiculares a las fibras. Estas fallas no se permiten. Véase Fig. A9

FIG A9 – RAJADURAS



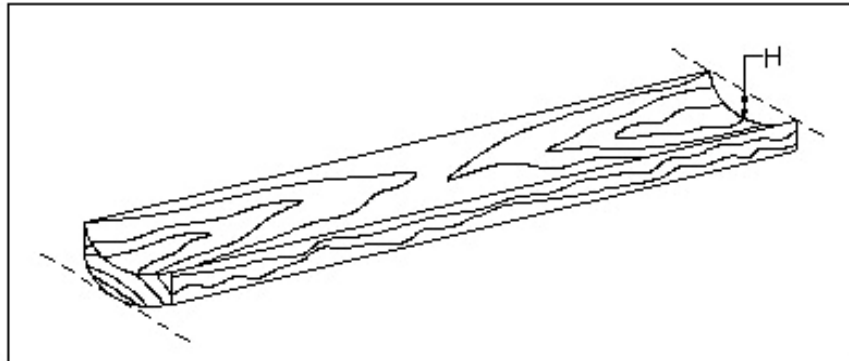
A1.4 DEFECTOS ORIGINADOS EN EL SECADO

Estos defectos podrán mantenerse bajo control mediante el aserrado radial de las piezas y con mano de obra altamente calificada.

A1.4.1 ACANALAMIENTO

Alabeo en dirección transversal del elemento cuando las aristas o los bordes longitudinales no se encuentran al mismo nivel que la zona central, mostrando un aspecto cóncavo. Se permite como máximo el 1% del ancho de la pieza. Véase Fig. A10.

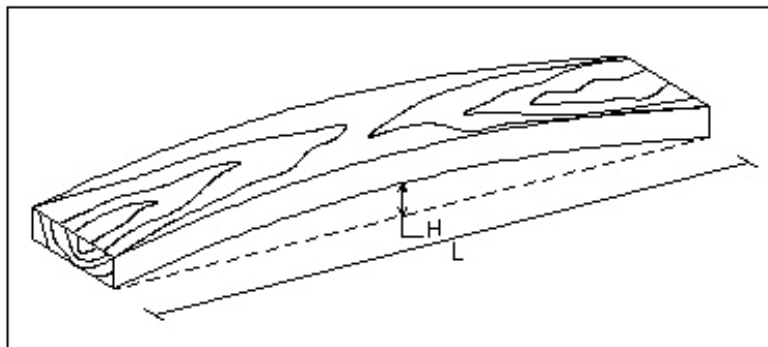
FIG A10 – ACANALAMIENTO



A1.4.2 ARQUEADURA

Alabeo en dirección longitudinal del elemento. Al colocar de cara la pieza de madera sobre una superficie plana se observará una separación entre la cara y la superficie de apoyo. Se permite 1 cm por cada 3.00m de longitud o su equivalente, $H/L \leq 0.33 \%$. Véase Fig. A11.

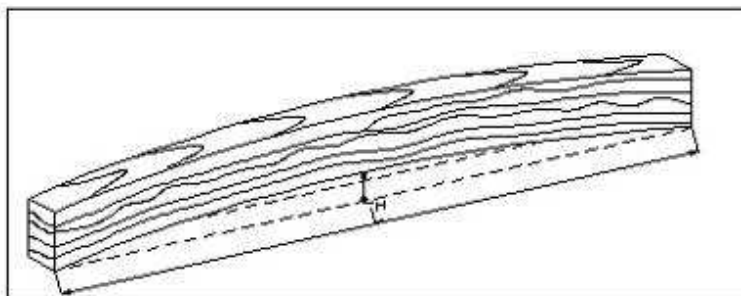
FIG A11 – ARQUEADURA



A1.4.3 ENCORVADURA

Alabeo o curvatura a lo largo del canto de la pieza. Se permite 1 cm por cada 3.00 m de longitud o su equivalente, $H/L \leq 0.33 \%$. Véase Fig. A12.

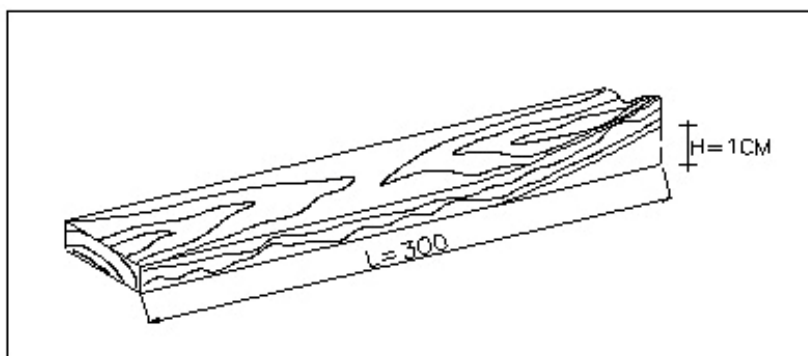
FIG A12 – ENCORVADURA



A1.4.4 TORCEDURA

Alabeo cuando las esquinas de una pieza no se encuentran en el mismo plano. Se permite solamente en una esquina y máximo 1 cm por cada 3.00 m de longitud, $H/L \leq 0.33 \%$. Véase Fig. A13

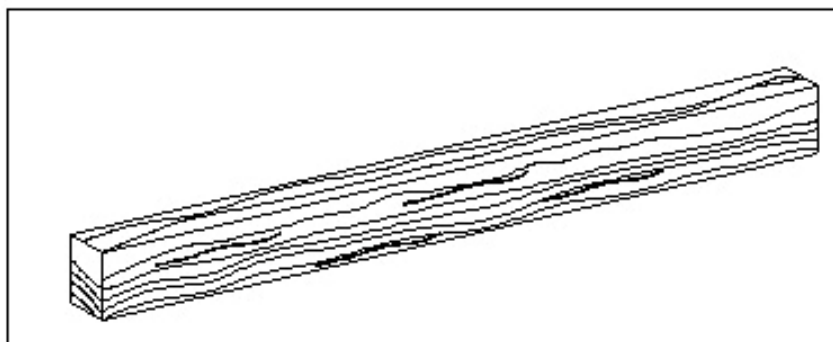
FIG A13 – TORCEDURA



A1.4.5 GRIETAS

Son la separación de la madera en dirección longitudinal y radial que no alcanza a afectar dos caras de una pieza. Las grietas se observan como separaciones discontinuas y superficiales de aproximadamente 1 mm de separación y 2 a 3 mm de profundidad. Se permiten en forma moderada, de modo que la suma de sus profundidades, medidas desde ambos lados, no debe ser mayor que $\frac{1}{4}$ del espesor de la pieza. Véase Fig. A14.

FIG A14 – GRIETAS

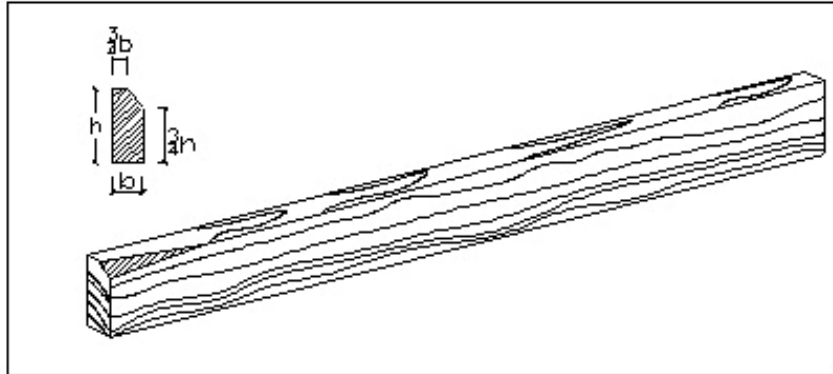


A1.5 DEFECTOS ORIGINADOS EN EL CORTE

A1.51 ARISTA FALTANTE

Falta de madera en una o más aristas de la pieza. Se permite solamente en una arista y como máximo $\frac{1}{4}$ de la dimensión de la base y de la altura. Véase Fig. A16.

FIG A15 – ARISTA FALTANTE



PROHIBIDA LA VENTA

PROHIBIDA LA VENTA

ANEXO 4

REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES EN MADERA ESTRUCTURAL

En virtud de la ley No.687, promulgada el día 27 de julio de 1982, el Estado creó un Sistema de Reglamentación de la Ingeniería, la Arquitectura y Ramas Afines para garantizar la seguridad de las estructuras, la habitabilidad, la preservación de la ecología y demás normas relativas a las obras de transporte y edificios, así como para definir una política de reglamentación acorde con la tecnología actual de estas disciplinas. Para estos fines se crearon los siguientes organismos:

- a) **La Comisión Nacional de Reglamentos Técnicos de la Ingeniería, la Arquitectura y Ramas Afines**, adscrita a la Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones, investida como la única autoridad estatal encargada de definir la política de Reglamentación de la Ingeniería, la Arquitectura y Ramas Afines.
- b) **La Dirección General de Reglamentos y Sistemas**, organismo ejecutivo de la Comisión Nacional y encargado de la elaboración, de la coordinación y del control de la aplicación de los reglamentos técnicos.

De conformidad con la Ley antes citada, le presentamos este **Reglamento para el Diseño y Construcción de Edificaciones en Madera Estructural**, cuyo objetivo es regular el Diseño Estructural y Construcción de Edificaciones de Madera, para garantizar la estabilidad y seguridad adecuada a este tipo de estructuras.

Este proyecto de Reglamento fue elaborado por el Ing. Nelson Morrison, Msc y la Ing. Digna Milqueya Fernández, con la colaboración de los ingenieros Carlos Troncoso -M.Sc- , Luis Saillant -M.Sc- y Francisco Martínez; fue revisado por la ing. Jaquelin Medrano, Directora General de Reglamentos y Sistemas, DGRS. Fue sometido a un proceso de revisión por un Comité Técnico, el cual estuvo integrado por los siguientes representantes del sector público y privado:

REPRESENTANTE	INSTITUCIÓN
Ing. Luis Abbott	ABBOTT Y ASOC.
Ing. Antonio Acosta	ACOPROVI
Ing. Oscar Valiente	ASOC. IMPORTADORES MADERA
Arq. Nora Rivas Ing. Ramón Ant. Peguero	BNV
Arq. Dionisio R. Sánchez	CADOCON
Arq. Marcos Martínez Ing. Teodoro E. Tejada	CODIA
Ing. César David Méndez Ing. César Valentín González	INAPA

Ing. Santiago A. Suárez	INTEC
Ing. H. Corcino Diprés	INVI
Ing. Francisco Castillo	MADERAS Y DERIVADOS
Ing. Alfredo Ricart Nouel	RICART NOUEL Y ASOC.
Ing. Fernando Perdomo	SAMUEL CONDE Y ASOC.
Ing. Angelina Nin Ing. M. Karina Pepén	SEE
Ing. Fabio Terrero	SEIC
Ing. Wilfrido Perdomo	SESPAS
Ing. Griselda Fox Nurse	SETUR
Ing. Héctor Romer	SODOSÍSMICA
Ing. Carlos Troncoso	UNPHU
Arq. Gilda Uribe	SEOPC: Dpto. de Cálculo y Diseño
Ing. Carlos L. Tejada Peña Ing. José Atilano Paulino Arq. Raquel Delgado	Dpto. de Inspección de Obras de Sto. Dgo
Ing. Hermógenes Zorrilla Ing. Federico Vásquez Ing. Rafael E. Medrano	Dpto. de Supervisión y Fiscalización
Ing. Hamlet Abreu	Dpto. de Tramitación de Planos
Ing. Jaquelin Medrano Ing. Rosa Ana Ortiz	Dirección Gral. de Reglamentos y Sistemas

El anteproyecto de Reglamento fue aprobado por la Directora General de Reglamentos y Sistemas, Ing. Jaquelin Medrano, y convertido en Proyecto de Reglamento y posteriormente fue sometido al proceso de Encuesta Pública. Finalmente fue presentado a la consideración de la Comisión Nacional de Reglamentos Técnicos de la Ingeniería, la Arquitectura y Ramas Afines (CONARTIA), para su estudio y opinión, el cual fue aprobado con representación de los siguientes profesionales de las instituciones miembro de esta Comisión:

REPRESENTANTE	INSTITUCIÓN
Ing. Claudia F. de los Santos Sub-secretaría de Estado	Presidente ex oficio de CONARTIA
Arq. Héctor T. Lockhart Director Gral. Infraestructura Escolar	Secretaría de Estado de Educación

Arq. Rafael Vázquez Asesor Técnico	Instituto Nacional de la Vivienda
Arq. Marcos Martínez Presidente ISES-CODIA	CODIA
Ing. Cristian Ciccone Vicepresidente	Cámara Dominicana de la Construcción
Arq. Marcos Blonda Gerencia FHA, BNV	Banco Nacional de la Vivienda
Ing. Ramón Chahede Sub-secretario Técnico	Liga Municipal Dominicana
Ing. Francisco de León Gerente de Proyectos	INDRHI
Ing. José Morató Director Dpto. Planes y Proyectos	Secretaría de Estado de Turismo
Carlos Barrientos Enc. Progr. Y Asistencia Técnica	INAPA
Ing. Leonardo Reyes Madera Miembro del Consejo	SODOSÍSMICA
Ing. Caonabo Ortega Director de Ingeniería Emp. Elect. Transm.	CDEEE
Ing. Jaquelin Medrano Directora General de Reglamentos y Sistemas	Secretaria de la CONARTIA

Luego de aprobado el proyecto de reglamento, el Secretario de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones, Ing. Víctor Díaz Rúa, Presidente de la Comisión Nacional de Reglamentos Técnicos de la Ingeniería, la Arquitectura y Ramas Afines, lo remite a la Consultoría Jurídica del Poder Ejecutivo, para fines de oficialización.

El Reglamento oficializado será publicado por la SEOPC en una cantidad suficiente de ejemplares para ser puestos a disposición de los interesados, en la forma establecida por la Dirección General de Reglamentos y Sistemas.

ARTÍCULO 206.- Envíese a la Secretaría de Estado de Obras Públicas y Telecomunicaciones, para los fines correspondientes.

DADO en la ciudad de Santo Domingo de Guzmán, Distrito Nacional, capital de la República Dominicana, a los cuatro (4) días del mes de septiembre del año dos mil nueve (2009), año 166 de la Independencia y 147 de la Restauración.

LEONEL FERNÁNDEZ

TABLA DE CONTENIDO

TÍTULO I CONSIDERACIONES GENERALES.....	1
CAPÍTULO I OBJETIVO, CAMPO DE APLICACIÓN Y DEFINICIONES	1
CAPÍTULO II CRITERIOS GENERALES PARA SELECCIÓN DE LA MADERA ESTRUCTURAL	11
CAPÍTULO III DOCUMENTOS DEL PROYECTO ESTRUCTURAL	13
TÍTULO II REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO	14
CAPÍTULO I FUNDAMENTOS DE DISEÑO	14
CAPÍTULO II PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA ESTRUCTURAL	16
CAPÍTULO III CLASIFICACIÓN DE LA MADERA ESTRUCTURAL	17
CAPÍTULO IV ESFUERZOS ADMISIBLES	17
CAPÍTULO V MÓDULOS DE ELASTICIDAD Y RIGIDEZ	18
TÍTULO III DISEÑO DE ELEMENTOS DE MADERA MACIZA SOMETIDOS A CARGAS TRANSVERSALES	19
CAPÍTULO I REQUISITOS DE APLICACIÓN Y DISEÑO.....	19
CAPÍTULO II LIMITACIONES EN RECORTES Y REBAJES.....	20
CAPÍTULO III ESTABILIDAD LATERAL	20
CAPÍTULO IV FLEXIÓN	22
CAPÍTULO V CORTANTE	22
CAPÍTULO VI APLASTAMIENTO	23
CAPÍTULO VII DEFLEXIONES.....	24
TÍTULO IV DISEÑO DE ELEMENTOS DE MADERA MACIZA SOMETIDOS A CARGA AXIAL Y FLEXIÓN	25
CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES.....	25
CAPÍTULO II ESBELTEZ	25
CAPÍTULO III TRACCIÓN	27
CAPÍTULO IV COMPRESIÓN	28
TÍTULO V DISEÑO DE ELEMENTOS COMPUESTOS	29
CAPÍTULO I DIAFRAGMAS.....	29
CAPÍTULO II TIJERILLAS O CERCHAS.....	31
TÍTULO VI DISEÑO DE UNIONES	32
CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES.....	32
CAPÍTULO II UNIONES CON CLAVOS	33
CAPÍTULO III UNIONES CON TORNILLOS ROSCA MADERA.....	39
CAPÍTULO IV UNIONES CON PERNOS	41
TÍTULO VII ESTRUCTURAS PROVISIONALES	48
CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES.....	48
CAPÍTULO II ENCOFRADOS.....	48
TÍTULO VIII TÉCNICAS Y DETALLES CONSTRUCTIVOS	59
CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES.....	59
CAPÍTULO II CIMENTACIONES	59
CAPÍTULO III COLUMNAS	65
CAPÍTULO IV VIGAS Y VIGUETAS	69
CAPÍTULO V PAREDES DE CORTE	76
CAPÍTULO VI PISOS Y ENTREPISOS	79

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO VII CUBIERTAS DE TECHO	80
CAPÍTULO VIII TIJERILLAS O CERCHAS	85
TÍTULO IX SANCIONES	86
CAPITULO I DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS	86