

NSR-98

Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente

Título G Edificaciones de Madera



Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica

TITULO G

EDIFICACIONES DE MADERA

INDICE

CAPITULO G.1 - REQUISITOS GENERALES	G-1
G.1.1 – ALCANCE	G-1
G.1.2 - DEFINICIONES Y NOMENCLATURA	G-1
G.1.2.1 - DEFINICIONES	G-3
G.1.2.2 - NOMENCLATURA	G-5
G.1.3 – MATERIALES	G-5
G.1.3.1 - REQUISITOS GENERALES DE CALIDAD	G-5
G.1.3.2 - REQUISITOS DE CALIDAD PARA MADERA ESTRUCTURAL	G-6
Tabla G.1-1 - Secciones preferenciales PADT – REFORT	G-6
G.1.3.3 - CLASIFICACION VISUAL POR DEFECTOS	G-7
G.1.3.4 - CLASIFICACION MECANICA	G-7
G.1.3.5 - OBTENCION Y COMERCIALIZACION	G-7
G.1.3.6 - MATERIALES COMPLEMENTARIOS	G-7
G.1.4 - NORMAS CITADAS EN EL TITULO G DEL REGLAMENTO	G-7
CAPITULO G.2 - BASES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL	G-9
G.2.1 – GENERAL	G-9
G.2.2 - SOLICITACIONES ADMISIBLES	G-9
G.2.2.1 - ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULOS DE ELASTICIDAD	G-9
Tabla G.2.1 - Esfuerzos Admisibles (MPa)	G-9
Tabla G.2.2 - Módulos de elasticidad longitudinal (MPa)	G-9
G.2.2.2.1 - Por duración de la carga	G-10
G.2.2.2.2 - Por contenido de humedad	G-10
Tabla G.2.3 - Variación de las propiedades mecánicas para una variación unitaria en el contenido de humedad	G-11
G.2.2.2.3 - Por acción conjunta	G-11
G.2.2.2.4 - Por desviación del grano	G-11
Tabla G.2.4 - Valores de n y Q/P	G-12
CAPITULO G.3 - DISEÑO DE ELEMENTOS SOLICITADOS POR FLEXION	G-13
G.3.1 – GENERAL	G-13
G.3.2 – FLEXION	G-14
G.3.2.4.1 - Coeficiente de tamaño	G-14
G.3.2.4.2 - Coeficiente de forma	G-14
G.3.2.4.3 - Coeficiente de esbeltez	G-14
Tabla G.3.1 - Longitud efectiva de vigas l_e (mm)	G-15
G.3.2.4.4 - Acción de conjunto	G-16
G.3.3 – CORTANTE	G-16
G.3.4 – APLASTAMIENTO	G-17
G.3.5 – DEFLEXIONES	G-18
Tabla G.3.2 - Deflexiones admisibles Δ en vigas (mm)	G-18
CAPITULO G.4 - DISEÑO DE ELEMENTOS SOLICITADOS POR FUERZA AXIAL	G-19
G.4.1 – GENERAL	G-19
G.4.2 - ELEMENTOS SOMETIDOS A TENSION AXIAL	G-19
G.4.3 - ELEMENTOS SOMETIDOS A COMPRESION AXIAL	G-19
Tabla G.4.1 - Longitud Efectiva de Columnas	G-20
CAPITULO G.5 - DISEÑO DE ELEMENTOS SOLICITADOS POR FLEXION Y CARGA AXIAL	G-22
G.5.1 – FLEXION CON TENSION	G-22
G.5.2 – FLEJO-COMPRESION	G-22
CAPITULO G.6 – UNIONES	G-23
G.6.1 – ALCANCE	G-23
G.6.2 - UNIONES CLAVADAS	G-23
Tabla G.6.1 - Carga admisible por clavo - cizallamiento simple	G-24
Tabla G.6.2 - Espaciamientos mínimos para uniones clavadas	G-25
G.6.3 - UNIONES EMPERNADAS	G-25
Tabla G.6.3 - Cargas admisible para uniones empernadas con doble cizallamiento	G-26
Tabla G.6.4 - Coeficiente de reducción por grupo, C_g	G-27
G.6.4 - OTRAS UNIONES	G-28
CAPITULO G.7 - DIAFRAGMAS HORIZONTALES Y MUROS DE CORTE	G-29
G.7.1 – GENERAL	G-29
G.7.2 - DIAFRAGMAS HORIZONTALES	G-29
G.7.2.4 - TABLEROS	G-29

G.7.2.8 - LARGUEROS O ENTRAMADOS PORTANTES	G-30
G.7.2.9 - VIGAS CORONAS O CABEZALES	G-30
G.7.2.11 - DINTELES COLECTORES	G-30
G.7.3 - MUROS DE CORTE	G-30
CAPITULO G.8 - CERCHAS LIVIANAS	G-33
G.8.1 - CERCHAS Y CORREAS LIVIANAS	G-33
G.8.1.1 - ALCANCE	G-33
G.8.1.2 - ANALISIS	G-33
G.8.1.3 - CRITERIOS DE DISEÑO	G-33
G.8.1.10 - DIMENSIONES MINIMAS	G-34
CAPITULO G.9 - OTROS SISTEMAS ESTRUCTURALES	G-35
G.9.1 – GENERAL	G-35
CAPITULO G.10 – ASERRADO	G-37
G.10.1 - ASERRADO DE MADERA PARA CONSTRUCCION	G-37
G.10.1.1 - GENERALIDADES	G-37
G.10.1.2 - SECCIONES PREFERENCIALES	G-37
G.10.1.3 - NORMAS DE REFERENCIA	G-37
Figura G.10-1 - Obtención de secciones preferenciales	G-38
CAPITULO G.11 - PREPARACION, FABRICACION, CONSTRUCCION, MONTAJE Y MANTENIMIENTO .	G-39
G.11.1 – GENERALIDADES	G-39
G.11.2 - PROCESOS DE PREPARACION	G-39
G.11.2.1 - SECADO DE LA MADERA	G-39
G.11.2.2 - PRESERVACION DE LA MADERA	G-40
G.11.2.3 - LOS TRATAMIENTOS IGNIFUGOS	G-41
(a) Método de impregnación mediante el tratamiento en autoclave por vacío - Presión	G-41
(b) Método de recubrimiento	G-41
G.11.3 – FABRICACION	G-41
G.11.3.1 - MATERIALES	G-41
G.11.3.2 - DIMENSIONES	G-41
G.11.3.3 - TOLERANCIAS	G-41
G.11.3.4 - IDENTIFICACION	G-42
G.11.3.5 - TRANSPORTE	G-42
G.11.4 – CONSTRUCCION	G-42
G.11.4.1 - OBJETIVOS	G-42
G.11.4.2 - LIMPIEZA DEL TERRENO	G-42
G.11.4.3 - CIMENTACION	G-42
G.11.4.4 - PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD	G-42
G.11.4.5 - PROTECCION CONTRA LOS HONGOS	G-42
G.11.4.6 - PROTECCION CONTRA INSECTOS	G-43
G.11.4.7 - PROTECCION CONTRA EL FUEGO	G-43
G.11.4.8 - PROTECCION CONTRA SISMOS	G-43
G.11.4.9 - INSTALACIONES ELECTRICAS	G-44
G.11.4.9.1 - Conductores, cajas, tomacorrientes, interruptores y puntos de iluminación	G-44
G.11.4.9.2 - Circuitos	G-44
G.11.4.10 - INSTALACIONES SANITARIAS	G-44
G.11.4.10.1 - Tuberías, aparatos y desagües	G-44
G.11.5 – MONTAJE	G-45
G.11.5.1 - GENERALIDADES	G-45
G.11.5.2 - PERSONAL	G-45
G.11.5.3 - PLANOS DE MONTAJE	G-45
G.11.5.4 - SUMINISTRO POR LA OBRA	G-45
G.11.5.5 - CARGUE Y DESCARGUE	G-45
G.11.5.6 - ALMACENAMIENTO	G-45
G.11.5.7 - ANCLAJES, ARRIOSTRAMIENTOS Y EMPALMES	G-45
G.11.5.7.1 - Anclajes	G-45
G.11.5.7.2 - Arriostramiento temporal	G-45
G.11.5.7.3 - Cortes y cajas	G-46
G.11.5.8 - NORMAS DE SEGURIDAD	G-46
G.11.6 – MANTENIMIENTO	G-46
G.11.6.1 - GENERALIDADES	G-46
APENDICE G-A - LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION	G-47
G-A.1 - NORMA DE CLASIFICACION VISUAL	G-47
G-A.1.1 - ALABEO	G-47
G-A.1.2 - ARISTA FALTANTE	G-48
G-A.1.3 - DURAMEN QUEBRADIZO	G-49
G-A.1.4 - ESCAMADURA O ACEBOLLADURA	G-49
G-A.1.5 - FALLAS DE COMPRESION	G-49
G-A.1.6 - GRANO INCLINADO	G-50
G-A.1.7 - GRIETA	G-50
G-A.1.8 - MEDULA	G-51

G-A.1.9 - NUDO	G-51
a) Nudo Sano	G-51
b) Nudo Hueco	G-51
c) Nudos arracimados	G-52
G-A.1.10 - PARENQUIMA	G-52
G-A.1.11 - PERFORACIONES	G-52
a) Perforaciones pequeñas	G-52
b) Perforaciones grandes	G-53
G-A.1.12 - PUDRICION	G-53
G-A.1.13 - RAJADURAS	G-53
G-A.2 - CLASIFICACION VISUAL POR DEFECTOS PARA MADERA ESTRUCTURAL	G-54
Figura G-A-1 - Términos usados en la definición de defectos y presentación de la norma de clasificación visual	G-54
Figura G-A-2 - Términos usados en la definición de defectos y presentación de la norma de clasificación visual	G-55
G-A.2.1 - DEFECTOS RELATIVOS A LA CONSTITUCION ANATOMICA	G-55
G-A.2.2 - DEFECTOS RELATIVOS AL ATAQUE DE AGENTES BIOLOGICOS	G-56
G-A.2.3 - DEFECTOS ORIGINADOS DURANTE EL APEO, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO	G-56
G-A.2.4 - DEFECTOS ORIGINADOS DURANTE EL SECADO	G-57
G-A.2.5 - DEFECTOS ORIGINADOS DURANTE EL ASERRIO	G-57
G-A.2.6 - CONTROL DE DEFECTOS	G-57
APENDICE G-B - MADERAS COLOMBIANAS SEGUN GRUPO ESTRUCTURAL	G-59
G-B.1 – CLASIFICACION ESTRUCTURAL	G-59
Tabla G-B-1 - Maderas colombianas según grupo estructural	G-59

TITULO G

EDIFICACIONES DE MADERA

CAPITULO G.1

REQUISITOS GENERALES

G.1.1 – ALCANCE

G.1.1.1 - El Título G de este Reglamento establece los requisitos de diseño y construcción para edificaciones de madera. Una edificación de madera diseñada y construida de acuerdo con los requisitos de este Título, tendrá un nivel de seguridad comparable a los de edificaciones de otros materiales que cumplan los requerimientos de este Reglamento.

G.1.1.2 - Cuando este Reglamento se refiera a elementos, miembros o edificaciones de madera, se entenderá refiriéndose a una edificación totalmente de madera o a miembros o a elementos que conforman una edificación mixta en la cual la madera se combina con otros materiales, cobijados o no dentro del alcance de este Reglamento.

G.1.2 - DEFINICIONES Y NOMENCLATURA

G.1.2.1 - DEFINICIONES - Los siguientes términos, usados a lo largo de este Título, tienen el significado que se indica a continuación.

Acabado - Estado final, natural o artificial, en la superficie de una pieza u objeto de madera para un fin determinado. El acabado natural se obtiene mediante procesos tales como: cepillado, lijado, etc. y el acabado artificial con la aplicación de sustancias tales como: ceras, lacas, tintes, etc.

Acción conjunta – Participación de cuatro o más elementos estructurales con una separación entre ellos no mayor de 600 mm, para soportar una carga o un sistema de cargas.

Albura, madera de - La proveniente de la parte periférica del árbol constituida por capas de leño en estado de maduración. Por lo general la atacan fácilmente hongos e insectos; se recomienda su preservación cuando se use en la construcción.

Anisotropía - Propiedad de ciertos materiales que, como la madera, presentan características diferentes según la dirección que se considere.

Aserrado - Proceso mediante el cual se corta longitudinalmente una troza, para obtener piezas de madera de sección transversal cuadrada o rectangular denominadas comúnmente bloque o tablones. El aserrado se realiza mediante sierras circulares, sierras de cinta u hojas de sierra.

Carga de servicio - Carga estipulada este Reglamento en el Título B.

Columna - Pieza cuyo trabajo principal es a compresión.

Contracción - Reducción de las dimensiones de una pieza de madera causada por la disminución del contenido de humedad por debajo de la zona de saturación de las fibras, que se presenta en los sentidos radial, tangencial y longitudinal.

Contrachapado - Tablero formado con chapas pegadas, con las fibras normalmente a 90 grados.

Contraviento - Elemento que colocado en forma transversal o diagonal a los elementos principales de un sistema estructural, garantiza la estabilidad geométrica del conjunto.

Creosota - Destilado generalmente de alquitrán de hulla, constituido por una mezcla de hidrocarburos aromáticos, sólidos y líquidos. Se usa en la preservación de la madera y en la fabricación de pinturas.

Chapa - Lámina de madera con un espesor no mayor de 6 mm, obtenida por corte plano o de bobinado de un bloque o rollizo respectivamente. Cualquier lámina de madera con las mismas características de espesor.

Dimensiones nominales - Son las existentes en las piezas antes de las operaciones de maquinado.

Dimensiones reales - Son aquellas que presentan las piezas después de las operaciones de maquinado.

Distancia al extremo - Distancia del centro de un elemento de unión a la arista extrema de una pieza.

Distancia al borde - Distancia del centro de un elemento de unión a una arista lateral de la pieza.

Distancia centro a centro - Distancia del centro de un elemento de unión al centro del elemento adyacente.

Duramen, madera de - La proveniente de la zona central del árbol constituida por células maduras. Es por lo general menos susceptible de ser atacada por hongos e insectos. En especies de baja densidad se recomienda usarla preservada.

Entramado - Sistema estructural primario de una edificación.

Escuadría - Dimensiones transversales de una pieza de madera aserrada a escuadra.

Esfuerzo calculado - Es el esfuerzo resultante de las solicitudes de servicio.

Fibra - Célula alargada con extremos puntiagudos y casi siempre con paredes gruesas; típica de las maderas latifoliadas.

Grano - Término que se refiere a la dirección de los elementos celulares axiales con relación al eje del árbol o al canto de una pieza de madera aserrada.

Grupo - Clasificación de las maderas de acuerdo con su densidad básica.

Hinchamiento - Aumento de las dimensiones de una pieza causada por el incremento de su contenido de humedad.

Labrado - Es la operación realizada en la madera para reducirla al estado o forma conveniente para su uso.

Madera tratada - Es aquella sometida a un proceso de secado y preservación.

Montaje - Acción y efecto de armar o ensamblar los elementos y componentes de una construcción.

Montante - Pieza de madera, normalmente en posición vertical en el plano de trabajo, que forma parte de un sistema estructural.

Muro cortafuego - Pared de separación de material resistente al fuego, que divide una construcción a lo ancho y a lo alto para impedir que el fuego se propague de un lado a otro.

Muros - Elementos verticales que soportan los diafragmas horizontales y transfieren cargas a las fundaciones.

Panel - Tablero, de dimensiones y materiales diversos, que puede formar parte de cualquier unidad de la construcción, como muros, pisos, techos, etc.

Partícula - En tableros aglomerados o de partículas, es la porción diminuta bien definida de madera u otra materia orgánica producida mecánicamente para constituir la masa con que se fabrica el tablero.

Pie tablar - Unidad de medida representada por el volumen de una tabla de un pie de largo (aproximadamente 0.30 m), un pie de ancho (aproximadamente 0.30 m) y una pulgada de espesor (aproximadamente 0.254 m). Un metro cúbico tiene 424 pies tablares.

Prearmar - Poner en su lugar cada uno de los elementos o componentes de una construcción, sin asegurar las uniones de modo definitivo, con el fin de comprobar dimensiones y ajustes.

Precortado - Se refiere a la obtención de piezas o elementos de madera con determinadas características, tales como cortes, perforaciones, etc., las que serán luego utilizadas en obra.

Precortaje - Corte en fábrica según planos, de los elementos de madera de una construcción.

Prefabricación - Producción en fábrica de partes de la construcción como cerchas, paneles, o inclusive habitaciones y casas completas.

Prefabricado - Se refiere a la producción en fábrica de elementos y componentes separados, que luego serán montados en el terreno.

Preservación - Tratamiento que consiste en aplicar sustancias capaces de prevenir o contrarrestar la acción de alguno o varios tipos de organismos que destruyen o afectan la integridad de la madera. Generalmente estos tratamientos son efectivos por lapsos más o menos largos, dependiendo de su calidad.

Preservante - Sustancia que se aplica para prevenir o contrarrestar por un período de tiempo, la acción de alguno o varios de los tipos de organismos capaces de destruir o afectar la madera.

Retiro - Separación entre dos construcciones o entre la construcción y el límite del lote.

Riostra - Pieza que puesta transversal u oblicuamente asegura la invariabilidad de forma de un armazón. Véase contraviento.

Secado - Proceso natural o artificial mediante el cual se reduce el contenido de humedad de la madera.

Sección - Perfil o figura que resulta de cortar una pieza o cuerpo cualquiera por un plano.

Sección longitudinal - Aquella sección que resulta de cortar una madera en sentido paralelo a las fibras.

Sección radial - Corte longitudinal de un tronco en dirección perpendicular a los anillos de crecimiento.

Sección tangencial - Corte longitudinal de un tronco tangente a los anillos de crecimiento.

Sección transversal - Aquella sección que resulta de cortar una madera en sentido perpendicular a las fibras.

Solicitud admisible - Fuerza interna calculada con base en los esfuerzos admisibles y las leyes de la mecánica estructural para una sección dada.

Tenacidad - Cualidad que le permite a la madera experimentar considerables cambios de forma antes de romperse, con fractura generalmente astillada.

Tirante - Elemento inferior de un sistema estructural que para cargas gravitacionales trabaja a tensión.

Viga - Elemento cuyo trabajo principal es a flexión.

Vigueta - Elemento secundario que trabaja a flexión.

G.1.2.2 - NOMENCLATURA - La simbología utilizada en este Título se relaciona a continuación.

A	=	área de la sección transversal en mm ² o grupo de madera
A_n	=	área neta de un elemento en mm ²
B	=	grupo de madera
C	=	grupo de madera
C_c	=	coeficiente de curvatura
C_d	=	coeficiente de duración de la carga
C_F	=	coeficiente de modificación por tamaño
C_f	=	coeficiente de forma
C_k	=	relación de esbeltez límite entre columnas intermedias y largas
C_m	=	coeficiente de contenido de humedad

C_{pl}	=	coeficiente de modificación de cargas en uniones empernadas
C_r	=	coeficiente de redistribución de cargas
C_{sv}	=	parámetro que mide la esbeltez de una viga
C_S	=	coeficiente de modificación por esbeltez
CH(%)	=	contenido de humedad en porcentaje
CHS(%)	=	contenido de humedad de madera seca (12%)
DA	=	densidad anhidra (de madera seca al horno), CH=0%
DB	=	densidad básica
DV	=	densidad verde (de madera verde), CH>30%
DSA	=	densidad seca al aire (de madera seca al aire)
E	=	módulo de elasticidad longitudinal en MPa
E_{min}	=	módulo de elasticidad mínimo
E_{prom}	=	módulo de elasticidad promedio
ER	=	esfuerzo de ruptura
ELP	=	esfuerzo en el límite de proporcionalidad
F_b	=	esfuerzo admisible a flexión, en MPa
F'_b	=	esfuerzo admisible a flexión, modificado, en MPa
F_c	=	esfuerzo admisible a compresión paralelo a la fibra, en MPa
F'_c	=	esfuerzo admisible a compresión paralela, modificado, en MPa
F_i	=	esfuerzo admisible para la sollicitación i
F'_i	=	esfuerzo admisible modificado para la sollicitación i
F_n	=	esfuerzo admisible que actúa normalmente a una sección inclinada, en MPa
F'_n	=	esfuerzo admisible que actúa normalmente a una sección inclinada, modificado, en MPa
F_p	=	esfuerzo admisible a compresión perpendicular a la fibra, en MPa
F'_p	=	esfuerzo admisible a compresión perpendicular, modificado, en MPa
F_t	=	esfuerzo admisible a tensión paralela a la fibra, en MPa
F'_t	=	esfuerzo admisible a tensión paralela, modificado, en MPa
F_v	=	esfuerzo admisible a cortante paralelo a la fibra, en MPa
F'_v	=	esfuerzo admisible a cortante paralelo a la fibra, modificado, en MPa
G	=	módulo de rigidez o de corte
HRA	=	humedad relativa del aire
I	=	momento de inercia, en mm ⁴
ℓ	=	luz de la viga o longitud no soportada de una columna, en mm.
M	=	momento admisible de flexión
M_a	=	momento actuante de flexión
MOR	=	módulo de ruptura
N	=	fuerza axial máxima admisible; valor de propiedad mecánica a un ángulo θ con el grano
N_a	=	fuerza axial actuante
N_{cr}	=	fuerza axial crítica de Euler
P	=	carga concentrada o fuerza paralela a la fibra; valor de propiedad mecánica paralela al grano
P_{cr}	=	fuerza axial crítica de Euler
PA	=	peso anhidro o de la madera seca al horno; también denominado PSH PADT-REFORT
PEA	=	peso específico aparente en estado anhidro
PEB	=	peso específico aparente básico
PSA	=	peso de la madera seca al aire
PSF	=	punto de saturación de la fibras
PSH	=	peso de la madera seca al horno; también denominado PA
PV	=	peso de la madera en estado verde
Q	=	momento estático de inercia de una sección respecto al eje neutro o fuerza perpendicular a la fibra; valor de propiedad mecánica perpendicular al grano
R	=	radio de una sección transversal circular, en mm
R_h	=	reacción horizontal
R_v	=	reacción vertical
S	=	módulo de la sección, elástico, en mm ³
T	=	fuerza de tensión axial
V	=	fuerza cortante
VA	=	volumen de la madera anhidra o seca al horno; también denominado VSH
VSA	=	volumen de la madera seca al aire
VSH	=	volumen de la madera seca al horno; también denominado VA

VV	= volumen de la madera en estado verde
W	= carga uniforme total, en kN/m ²
a	= longitud de apoyo, distancia
b	= ancho de una sección rectangular
c	= distancia del eje neutro a la fibra extrema, en mm
d	= altura de la sección rectangular o dimensión mínima de un elemento comprimido; diámetro de perno o clavo, en mm
e	= excentricidad
f_b	= esfuerzo calculado a flexión, en MPa
f_c	= esfuerzo calculado a compresión paralela a la fibra, en MPa
f_t	= esfuerzo calculado a tensión paralela a la fibra, en MPa
f_v	= esfuerzo calculado a cortante paralelo a la fibra, en MPa
h	= altura
h'	= altura de una viga en la zona cajeadada
i	= subíndice que depende de la sollicitación (i es b para flexión, t para tensión paralela, c para compresión, y para aplastamiento, v para cortante)
k	= coeficiente de longitud efectiva de columnas
k_m	= coeficiente de magnificación de momentos
l	= longitud de un elemento
l_e	= luz efectiva de la viga o longitud efectiva, sin soporte, de una columna
l_u	= longitud no soportada lateralmente de una viga, en mm.
n	= valor constante
p	= relación entre la altura de la aleta a compresión y la altura total de la viga
q	= relación entre el espesor del nervio o nervios y el ancho total de la viga
r	= radio de giro, en mm
t	= espesor, en mm
w	= carga uniforme por unidad de longitud, en kN/m
Δ	= deflexión admisible, en mm
α	= ángulo entre la dirección de la carga aplicada y la dirección del grano, radianes
λ	= relación de esbeltez de columnas rectangulares
μ	= relación de Poisson
θ	= ángulo entre dos direcciones, radianes

G.1.3 – MATERIALES

G.1.3.1 - REQUISITOS GENERALES DE CALIDAD - Toda la madera aserrada utilizada en la conformación de elementos estructurales deberá cumplir los requisitos de calidad para madera estructural establecidos en G.1.3.2, ajustarse a la clasificación visual por defectos según G.1.3.3 y ceñirse a la clasificación mecánica indicada en G.1.3.4.

G.1.3.2 - REQUISITOS DE CALIDAD PARA MADERA ESTRUCTURAL - Estas maderas tendrán un uso básicamente resistente ya que constituyen el armazón estructural de las construcciones. Es decir, forman la parte resistente de muros, paredes, pisos, cubiertas, etc., tales como pies derechos, columnas, vigas y cerchas. Las condiciones de calidad que debe cumplir este material son las siguientes:

- Debe ser madera proveniente de especies forestales consideradas como adecuadas para construir, es decir, que maderas aun no agrupadas estructuralmente deberán estudiarse de acuerdo con la metodología del capítulo 1 del Manual de Diseño del Pacto Andino.
- Deben ser, en lo posible, piezas de madera dimensionadas de acuerdo con las escuadrías o secciones preferenciales indicadas en la tabla G.1.1.
- Debe ser material clasificado de acuerdo con la Norma de clasificación visual por defectos PADT-REFORT, integrada a esta norma (apéndice G-A.)
- El contenido de humedad debe corresponder a la humedad de equilibrio del lugar. Cuando las maderas de los grupos A y B, definidos en G.1.3.4, ofrecen dificultades al clavado y labrado se pueden trabajar en estado verde, pero adoptando precauciones para garantizar que las piezas al secarse mantengan su forma, los

elementos de unión no sufran corrosión y la madera se pueda contraer libremente sin ser afectada por los detalles constructivos.

- La madera de uso estructural deberá tener buena durabilidad natural o estar adecuadamente preservada. Además se deben aplicar todos los recursos para protegerla mediante el diseño constructivo del ataque de hongos, insectos y focos de humedad.

En el apéndice G-B. se presenta una lista de especies maderables colombianas agrupadas según grupos estructurales.

**Tabla G.1-1
Secciones preferenciales PADT – REFORT**

Secciones nominales (b x h) (mm)	Escuadría mínima (b x h) (mm)	Usos más frecuentes
50 x 50	40 x 40	Pies - derechos
50 x 75	40 x 65	Pie - derechos, viguetas
50 x 100	40 x 90	Pie - derecho, viguetas, columnas
50 x 150	40 x 140	viguetas, vigas
50 x 175	40 x 165	viguetas, vigas
50 x 200	40 x 190	viguetas, vigas
50 x 250	40 x 240	viguetas, vigas
75 x 75	65 x 65	columnas
75 x 100	65 x 90	columnas, vigas
100 x 100	90 x 90	columnas
100 x 150	90 x 140	columnas, vigas
100 x 200	90 x 190	vigas
100 x 250	90 x 240	vigas
100 x 300	90 x 290	vigas
150 x 150	140 x 140	columnas
150 x 200	140 x 190	vigas, columnas
150 x 250	140 x 240	vigas
150 x 300	140 x 290	vigas

h = altura del elemento

b = ancho del elemento

G.1.3.3 - CLASIFICACION VISUAL POR DEFECTOS - La calidad de la madera estructural deberá ser plenamente verificada. Por lo tanto, se utilizará un sistema de clasificación que permita con certeza asegurar la calidad estructural. Para tal fin el Reglamento adopta la norma de clasificación visual por defectos de PADT-REFORT, incluida en el apéndice G-A.

- Los defectos que considera esta norma de clasificación son de distintos orígenes:
- Defectos relativos a la constitución anatómica originados en las operaciones de apeado, transporte y almacenamiento; originados durante el secado o durante el aserrado y aquellos provocados por ataques de agentes biológicos.
- Aquellos defectos de origen estructural y relacionados con la constitución anatómica no podrán ser controlados porque hacen parte de las características de la especie; se podrán evitar al seleccionar especies que cumplan las especificaciones o habilitando las piezas de madera durante su procesamiento.
- Los ataques biológicos deberán ser controlados desde el momento de corte del árbol. Se podrán utilizar inmunizantes oleosolubles o hidrosolubles o maderas de alta durabilidad natural.
- Para controlar los defectos originados durante el apeo, transporte y almacenamiento se deberá utilizar mano de obra calificada, maquinaria y equipo con buen mantenimiento.
- Los defectos de secado podrán mantenerse bajo control mediante el aserrado radial de las piezas y con mano de obra altamente calificada conocedora de los conceptos de secado.
- Toda pieza de madera clasificada visualmente deberá identificarse con el grupo estructural y la sección preferencial a la cual pertenece.

G.1.3.4 - CLASIFICACION MECANICA - Según su densidad básica, la madera estructural se clasifica en alguno de los grupos siguientes:

Grupo A: Maderas con densidad básica superior a **710 kg/m³**

Grupo B: Maderas con densidad básica entre **560 y 700 kg/m³**

Grupo C: Maderas con densidad básica entre **400 y 550 kg/m³**

G.1.3.4.1 - La densidad básica (**DB**) se define como el cociente entre la masa en estado anhidro (madera seca al horno) y el volumen de la madera en estado verde (**VV**). Por ser la masa numéricamente igual al peso, con fines prácticos se puede utilizar el peso específico aparente básico (**PEB**), definido como el cociente entre el peso anhidro (**PA**) y el volumen verde (**VV**), en lugar de la densidad básica. La determinación del peso específico aparente se hará según la norma NTC 290.

G.1.3.5 - OBTENCION Y COMERCIALIZACION - La obtención y comercialización de la madera estructural debe cumplir con las disposiciones del Código de Recursos Naturales Renovables o aquellas emanadas del Ministerio del Medio Ambiente.

G.1.3.6 - MATERIALES COMPLEMENTARIOS - El diseño de estructuras de madera tendrá en cuenta las características de los materiales complementarios tales como clavos, pernos, conectores, adhesivos, soportes y tableros, según las recomendaciones de los fabricantes.

G.1.4 - NORMAS CITADAS EN EL TITULO G DEL REGLAMENTO

Las siguientes normas NTC del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, a las cuales se hace referencia en el Título G del Reglamento, forman parte integrante de él:

NTC 172 – Madera rolliza y aserrada. Glosario

NTC 273 – Madera rolliza, aserrada y labrada. Medición y cubicación.

NTC 290 – Maderas. Determinación del peso específico aparente.

NTC 794 – Postes de madera. Evaluación de ensayos con preservativos.

NTC 824 – Maderas. Glosario de defectos.

NTC 825 – Maderas aserradas y cepilladas. Métodos de medición de los defectos.

NTC 1093 – Maderas. Determinación de la penetración de los preservativos.

NTC 1127 – Maderas. Determinación de su durabilidad natural. Ensayo acelerado.

NTC 1149 – Maderas. Preservación. Terminología general.

NTC 1157 – Maderas. Determinación de la retención de preservativos.

NTC 1557 – Maderas. Madera rolliza para aserrar. Especies latifoliadas.

NTC 1646 – Maderas. Madera aserrada para construcción. Dimensiones, clasificación y defectos.

NTC 1764 – Maderas. Preservativos para madera tipo CCA.

NTC 1767 – Maderas. Preservativos. Pentaclorofenol.

NTC 1822 – Madera. Madera preservada. Toma de muestras.

NTC 1854 – Maderas. Preservativos para madera. Creosota.

NTC 2083 – Madera. Madera preservada. Clasificación y requisitos.

NTC 2247 – Maderas. Preservativos inorgánicos CCB para madera.

NTC 2500 – Uso de la madera en la construcción.



CAPITULO G.2 BASES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL

G.2.1 – GENERAL

G.2.1.1 - Todos los elementos de una estructura deberán ser diseñados, construidos y empalmados para resistir los esfuerzos producidos por las combinaciones de cargas de servicio consignadas en B.2.3.1 del presente Reglamento.

G.2.1.2 - Toda construcción de madera deberá poseer un sistema estructural que se ajuste a uno de los cuatro tipos definidos en A.3.2 del presente Reglamento.

G.2.1.3 - En el análisis y diseño de las estructuras de madera deberán respetarse los principios básicos de la mecánica estructural, los requisitos básicos de diseño consignados en A.3.1 de este Reglamento y los requisitos particulares que se encuentran relacionados en el presente Título G.

G.2.1.4 - Los esfuerzos producidos por las cargas aplicadas serán calculados considerando los elementos como homogéneos y de comportamiento lineal.

G.2.1.5 - En el diseño de estructuras de madera todos los cálculos se harán con base en las dimensiones reales de los elementos utilizados, teniendo en cuenta las reducciones por secado y procesamiento de la madera. Las dimensiones indicadas en la tabla G.1.1 ya incluyen tales reducciones.

G.2.1.6 - En ningún caso se deben utilizar estructuras de madera cuando la temperatura a la cual van a estar sometidas excede 65°C.

G.2.2 - SOLICITACIONES ADMISIBLES

G.2.2.1 - ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULOS DE ELASTICIDAD - Los grupos de madera estructural y en estado verde ($CH \geq 30\%$) que cumplan las normas de clasificación visual, utilizarán, para efectos de cálculo, los esfuerzos admisibles y los módulos de elasticidad de las tablas G.2.1 y G.2.2 respectivamente.

**Tabla G.2.1
Esfuerzos Admisibles (MPa)**

GRUPO	F_b	F_t	F_c	F_p	F_v
A	21	14.5	14.5	4.0	1.5
B	15	10.5	11.0	2.8	1.2
C	10	7.5	8.0	1.5	0.8

**Tabla G.2.2
Módulos de elasticidad longitudinal (MPa)**

GRUPO	E_{\min}	E_{prom}
A	9500	13000
B	7500	10000
C	5500	9000

G.2.2.1.1 - Los esfuerzos admisibles fueron obtenidos de acuerdo con la fórmula:

$$F_i = \frac{FCFT}{FSFDC} F_{\text{básico}i} \quad (G.2-1)$$

en donde:

- $F_{\text{básico } i}$ = esfuerzo básico para la sollicitación i
- F_i = esfuerzo admisible para la sollicitación i
- FC = coeficiente de reducción por calidad
- FDC = coeficiente de duración de la carga
- FS = coeficiente de servicio y seguridad
- FT = coeficiente de reducción por tamaño
- i = subíndice que depende del tipo de sollicitación (b para flexión, t para tensión paralela a las fibras, c para compresión paralela a las fibras, p para aplastamiento o compresión perpendicular a las fibras, v para cortante)

G.2.2.2 - Con base en los esfuerzos admisibles, afectados de los coeficientes de modificación a que haya lugar por razón de tamaño, nudos, grietas, contenido de humedad, duración de la carga, esbeltez y cualquier otra condición modificatoria, se determinarán las sollicitaciones admisibles de cada miembro estructural, según las prescripciones de los capítulos siguientes, con los esfuerzos admisibles modificados de acuerdo con la fórmula general:

$$F'_i = F_i C_d C_s C_f C_r C_m \dots \quad (\text{G.2-2})$$

en donde i tiene el mismo significado del numeral anterior, y

- C_d = coeficiente de duración de la carga
- C_f = coeficiente de forma
- C_m = coeficiente de contenido de humedad
- C_r = coeficiente de redistribución de cargas (acción conjunta)
- C_s = coeficiente de modificación por esbeltez
- F_i = esfuerzo admisible para la sollicitación i
- F'_i = esfuerzo admisible modificado para la sollicitación i

Los coeficientes de modificación de aplicación general se indican en los numerales siguientes; los que dependen de la clase de sollicitación se estipulan en los capítulos correspondientes.

G.2.2.2.1 - Por duración de la carga - Cuando un elemento está sometido a esfuerzos máximos admisibles durante más de 10 años los valores de estos esfuerzos deberán reducirse al 90% ($C_d = 0.90$).

Cuando la duración de la aplicación de la carga máxima durante la vida del elemento no excede los períodos indicados a continuación, los valores de los esfuerzos admisibles podrán incrementarse de acuerdo con los valores siguientes:

- 15 % para 2 meses ($C_d = 1.15$)
- 25% para 7 días ($C_d = 1.25$)
- 33% para viento y sismo ($C_d = 1.33$)
- 100% para cargas de impacto ($C_d = 2.00$)

Los incrementos anteriores no son acumulables. Cuando hay combinación de cargas, el dimensionamiento de los elementos debe hacerse para la condición más desfavorable.

G.2.2.2.2 - Por contenido de humedad - La madera pierde resistencia al aumentar su contenido de humedad. Los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad de las tablas G.2.1 y G.2.2 corresponden a madera húmeda y pueden usarse, conservadoramente, para madera seca. Cuando se desee hacer ajustes de la resistencia mecánica en función de la humedad, se podrá utilizar la ecuación (G.2-3)

$$C_m = \frac{P_s}{F_i} \left(\frac{P_s}{P_v} \right)^{-k} \quad (\text{G.2-3})$$

$$k = \frac{CH - CHS}{PSH - CHS} \quad (\text{G.2-4})$$

en donde:

- C_m = coeficiente de contenido de humedad
- CH** = contenido de humedad
- CHS** = contenido de humedad en estado seco (12% generalmente)
- F_i = esfuerzo admisible para la sollicitación i
- P_s = valor de la propiedad a un **CHS**
- P_v = valor de la propiedad en estado verde
- PSH** = contenido de humedad en el **PSF** (punto de saturación de las fibras); 30% de **CH** aproximadamente

Como alternativa se podrá utilizar la tabla G.2.3. Los porcentajes de variación unitaria entre el 10% y el 30% de **CH** indicados en la tabla G.2.3, fueron deducidos especialmente para maderas latifoliadas por el PADT-REFORT.

Tabla G.2.3
Variación de las propiedades mecánicas
para una variación unitaria en el contenido de humedad

Propiedad	% de variación
Compresión paralela	4.6
Tensión paralela	3
Corte	3
Flexión	4
Módulo de elasticidad	2

G.2.2.2.3 - Por acción conjunta - Los esfuerzos admisibles podrán incrementarse en un 10% cuando exista una acción de conjunto garantizada de cuatro o más elementos de igual rigidez, como en el caso de viguetas y de pies derechos de entramados ($C_r = 1.10$).

G.2.2.2.4 - Por desviación del grano - La desviación del grano expresada en forma de grano espiralado, grano diagonal y grano entrecruzado es muy común en maderas latifoliadas tropicales. Por razones de uso estructural de algunas maderas con grano desviado, se podrá utilizar la fórmula de Hankinson, para determinar la resistencia a una desviación determinada.

$$N = \frac{PQ}{P \operatorname{sen}^n \alpha + Q \cos^n \alpha} \quad (\text{G.2-5})$$

- N = resistencia a un ángulo α de la desviación de las fibras
- Q = resistencia en sentido perpendicular al grano
- P = resistencia paralela al grano
- n = constante determinada empíricamente
- α = ángulo en radianes entre la dirección de la carga aplicada y la dirección del grano. Se define así:

$$\alpha = \operatorname{arccotan}\left(\frac{1}{z}\right) \quad (\text{G.2-6})$$

$$\frac{1}{z} = \sqrt{\left(\frac{1}{x}\right)^2 + \left(\frac{1}{y}\right)^2} \quad (\text{G.2-7})$$

$\frac{1}{x}$ = tangente del ángulo que forma la dirección de las fibras con el eje longitudinal de una cara de la pieza de madera.

$\frac{1}{y}$ = tangente del ángulo que forma la dirección de las fibras con el eje longitudinal de la cara adyacente a la utilizada para determinar $\frac{1}{x}$.

En la tabla G.2.4 se presentan valores de n y Q/P encontrados experimentalmente

Tabla G.2.4
Valores de n y Q/P

Propiedad	n	Q/P
Tensión	1.5 - 2.0	0.04 - 0.07
Compresión	2.0 - 2.5	0.03 - 0.40
Flexión	1.5 - 2.0	0.04 - 0.10
Módulo de elasticidad	2	0.04 - 0.12



CAPITULO G.3

DISEÑO DE ELEMENTOS SOLICITADOS POR FLEXION

G.3.1 – GENERAL

G.3.1.1 - El diseño de elementos o miembros a flexión seguirá los mismos procedimientos básicos usados en el diseño de vigas de otros materiales estructurales.

G.3.1.2 - En el diseño de elementos o miembros a flexión se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- (a) Flexión, incluyendo estabilidad lateral
- (b) Cortante
- (c) Deflexión
- (d) Aplastamiento

G.3.1.3 - Debe evitarse, en lo posible, practicar cajas y perforaciones en las vigas; de requerirse, deberán detallarse en los planos y cumplir con las siguientes limitaciones:

- (a) No será permitido practicar cajas en la zona de tensión de elementos cuyo ancho real sea igual o mayor a 100 mm.
- (b) El límite para la profundidad de las cajas en las aristas superior o inferior será de $1/6$ de la altura total de la viga. En caso de ser superado este límite, el diseño deberá realizarse con la altura neta de la viga.
- (c) En vigas con apoyo simple la caja deberá localizarse entre la cara del apoyo y el punto que corresponda a $1/6$ de la luz.
- (d) Cuando el apoyo sea restringido, la caja deberá localizarse entre las abscisas que corresponden a $1/8$ y $1/3$ de la luz.
- (e) Las perforaciones con diámetro no mayor de $1/4$ de la altura total de la viga, pueden ser localizadas en los tercios medios de su altura y de su luz.
- (f) 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 $d/6$.

G.3.1.4 - En vigas cuya altura sea mayor que su ancho deberá investigarse la necesidad de proveer soporte lateral a las zonas comprimidas del elemento, según las siguientes recomendaciones:

Si $d/b = 2$ no se requerirá soporte lateral

Si $d/b = 3$ se debe restringir el desplazamiento lateral de los apoyos.

Si $d/b = 4$ se debe restringir el desplazamiento lateral de los apoyos y del borde en compresión mediante correas o viguetas.

Si $d/b = 5$ se debe restringir el desplazamiento lateral de los apoyos y proveer soporte continuo del borde en compresión mediante un entablado.

G.3.2 – FLEXION

G.3.2.1 - Para el caso de vigas con apoyo simple, la luz de diseño será considerada como la luz libre entre caras de soportes adicionada de dos veces la altura de la viga.

G.3.2.2 - Para el caso de vigas continuas, la luz de diseño será la distancia centro a centro de apoyos.

G.3.2.3 - Los esfuerzos máximos de tensión y de compresión producidos por flexión, serán determinados para la sección de máximo momento. Estos no deberán exceder al máximo esfuerzo admisible en flexión F_b , para el grupo de madera estructural especificado, modificado por los coeficientes de duración de carga, tamaño, forma y esbeltez según el caso.

G.2.3.4 - Los coeficientes de modificación de los esfuerzos admisibles, particulares para flexión, son los indicados a continuación.

G.3.2.4.1 - Coeficiente de tamaño - Cuando la altura de un elemento rectangular que trabaja a flexión sea mayor de 300 mm, el esfuerzo admisible para flexión F_b , deberá multiplicarse por el coeficiente C_F calculado con la siguiente fórmula:

$$C_F = \left(\frac{300}{h} \right)^{1/9} \quad (G.3-1)$$

en donde:

C_F = coeficiente de modificación por tamaño
 h = altura de la viga en mm

Para vigas con sección circular de diámetro mayor de 350 mm, el coeficiente C_F se determinará con base en una sección cuadrada equivalente. El coeficiente C_F puede acumularse con los coeficientes de duración de carga enumerados en G.2.2.1.

G.3.2.4.2 - Coeficiente de forma - El esfuerzo admisible modificado en flexión para los siguientes elementos deberá ser el valor que resulte de multiplicar el esfuerzo admisible de la tabla G.2.1 por el coeficiente de forma C_f determinado como sigue:

Sección de la viga	C_f
Circular	1.180
Cuadrada (con diagonal vertical)	1.414
Vigas cajón y vigas I	$0.81 \left[1 + \left(\frac{h^2 + 92300}{h^2 + 56800} - 1 \right) g \right]$

en donde:

C_f = coeficiente de forma
 g = coeficiente de soporte = $p^2(6 - 8p + 3p^2)(1 - q) + q$
 h = altura de la viga en mm
 p = relación entre la altura de la aleta a compresión y la altura total de la viga
 q = relación entre el espesor del nervio o nervios y el ancho total de la viga

El coeficiente C_f no debe acumularse con el coeficiente de tamaño C_F .

G.3.2.4.3 - Coeficiente de esbeltez - Es posible que la esbeltez del elemento obligue a reducir el esfuerzo admisible de flexión. El parámetro que mide la esbeltez de una viga se calcula según la fórmula siguiente :

$$C_{sv} = \sqrt{\frac{\ell_e h}{b^2}} \quad (G.3-2)$$

en donde:

- C_{sv} = parámetro que mide la esbeltez de una viga
- b = ancho de la viga en mm
- h = altura de la viga en mm
- l_e = longitud efectiva de la viga en mm

El cálculo de l_e se efectúa según la tabla G.3-1, en donde l_u es la longitud entre soportes laterales de la viga.

En vigas cortas, donde $0 < C_{sv} < 10$

$$C_s = 1.0 \quad \text{(G.3-3)}$$

En vigas intermedias, donde $10 < C_{sv} < C_k$,

$$C_s = 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{C_{sv}}{C_k} \right)^4 \quad \text{(G.3-4)}$$

$$C_k = \sqrt{\frac{3E}{5F_b}} \quad \text{(G.3-5)}$$

En vigas largas, donde $C_k < C_{sv} < 50$,

$$C_s = \frac{0.4E}{F_b C_{sv}^2} \quad \text{(G.3-6)}$$

En ningún caso se permitirá $C_{sv} > 50$

El esfuerzo admisible modificado a flexión es, entonces:

$$F'_b = C_s F_b \quad \text{(G.3-7)}$$

En las fórmulas anteriores:

- C_k = parámetro de comparación para obtener el esfuerzo admisible modificado a flexión
- C_s = coeficiente de modificación por esbeltez
- E = módulo de elasticidad
- F_b = esfuerzo admisible a flexión
- F'_b = esfuerzo admisible modificado a flexión

Tabla G.3.1
Longitud efectiva de vigas l_e (mm)

Viga simplemente apoyada de una luz, carga concentrada en el centro	1.61 l_u
Viga simplemente apoyada de una luz, carga uniformemente repartida	1.92 l_u
Viga simplemente apoyada de una luz, momentos iguales en los extremos	1.84 l_u
Viga en voladizo, carga concentrada en el extremo	1.69 l_u
Viga en voladizo, carga uniformemente repartida	1.06 l_u
Viga simplemente apoyada de una luz o viga en voladizo, cualquier tipo de carga	1.92 l_u

l_u = longitud no soportada lateralmente, en mm

En cuanto a la longitud entre soportes laterales de la viga, ℓ_u , hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- (a) Cuando el cordón a compresión de la viga se soporta en toda su longitud para prevenir el desplazamiento lateral, la longitud no soportada ℓ_u será igual a 0.
- (b) Cuando se provee solamente soporte lateral en los extremos de la viga para prevenir rotación en esos puntos, la longitud no soportada de la viga ℓ_u será la distancia entre los apoyos o en el caso de vigas en voladizo, la longitud total.
- (c) Cuando se suministra soporte lateral para prevenir rotación o desplazamiento lateral, tanto en puntos intermedios como en los extremos, la longitud no soportada ℓ_u será la distancia entre tales soportes laterales.
- (d) El coeficiente C_S no es acumulable con el coeficiente de tamaño C_F .

G.3.2.4.4 - Acción de conjunto - Los esfuerzos admisibles podrán incrementarse en un 10% cuando exista una acción de conjunto garantizada de cuatro o más elementos de igual rigidez, como en el caso de viguetas y de pies derechos de entramados ($C_r = 1.10$).

G.3.2.5 - El momento actuante sobre vigas rectangulares no debe exceder el valor del momento resistente dado por la fórmula.

$$M \leq F'_b \frac{bh^2}{6} \quad \text{(G.3-8)}$$

G.3.2.6 - El momento actuante sobre secciones circulares no debe exceder el valor del momento resistente dado por la fórmula:

$$M \leq F'_b (0.928r^3) \quad \text{(G.3-9)}$$

En donde r es el radio de la sección.

G.3.2.7 - Para otras secciones véase G.3.2.4.2.

G.3.3 – CORTANTE

G.3.3.1 - Los esfuerzos máximos de corte serán calculados en secciones a una distancia del apoyo igual a la altura, excepto en voladizos para los que los esfuerzos máximos serán evaluados en la cara del apoyo. El máximo esfuerzo cortante se determinará teniendo en cuenta la distribución no uniforme de estos esfuerzos en la sección, no debiendo ser mayor que el máximo esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras, F_v , del grupo de madera estructural especificado. La resistencia al corte en la dirección perpendicular a las fibras es mucho mayor, y por lo tanto no requiere de verificación.

G.3.3.2 - La fuerza cortante admisible paralela a las fibras en una viga rectangular se calculará por la fórmula:

$$V = \frac{2}{3} F'_v b h \quad \text{(G.3-10)}$$

G.3.3.3 - La fuerza cortante admisible paralela a las fibras en vigas de sección circular se calculará por la fórmula

$$V = \frac{3}{4} F'_v \pi r^2 \quad \text{(G.3-11)}$$

G.3.3.4 - Cuando se presentan grietas o acebolladuras en la sección de diseño, para efectos de cálculo el ancho del elemento deberá reducirse a una longitud igual a la proyección de la grieta o acebolladura.

G.3.3.5 - En vigas con caja en los apoyos deberán comprobarse en la sección neta las capacidades, tanto en flexión como en corte. La fuerza cortante en tales puntos no deberá exceder el valor calculado por la siguiente fórmula:

$$V = \frac{2 b h'}{3} F'_v \quad \text{(G.3-12)}$$

$$F'_v = C_m F_v \quad \text{(G.3-13)}$$

$$C_m = \left(\frac{h'}{h} \right)^2 \quad \text{(G.3-14)}$$

en donde:

- F_v = esfuerzo admisible en corte paralelo a la fibra
- h' = altura de la viga en la zona cajeadada
- h = altura total de la viga

G.3.3.3 – Deben recibir especial atención en su diseño a cortante de luz corta fuertemente cargadas, donde los esfuerzos cortantes son especialmente críticos y gobiernan el diseño.

G.3.4 – APLASTAMIENTO

G.3.4.1 - Los esfuerzos de compresión en la dirección perpendicular a las fibras deberán verificarse en los apoyos y otros puntos donde se tengan cargas concentradas en áreas pequeñas. La fuerza admisible de aplastamiento en los apoyos se calculará con la fórmula:

$$N = F'_p A \quad \text{(G.3-15)}$$

en donde, F'_p es el esfuerzo admisible a compresión perpendicular a la fibra, modificado, en MPa.

G.3.4.1.1 - Para apoyos menores de 300 mm en longitud y no más de 150 mm cercanos a los extremos del elemento, el esfuerzo admisible modificado F'_p puede incrementarse multiplicándolo por el factor:

$$\frac{\ell_b + 9.53}{\ell_b}$$

en donde ℓ_b es la longitud del apoyo en mm, medida a lo largo de la fibra de la madera.

El factor de multiplicación para apoyos de longitudes correspondientes a áreas pequeñas como platinas y arandelas, puede ser como se muestra en el siguiente cuadro:

Longitud del apoyo, en mm	12.5	25	38	50	75	100	300
Factor	1.75	1.38	1.25	1.19	1.13	1.10	1.00

Para arandelas circulares la longitud de apoyo es igual al diámetro. Para viguetas soportadas por otras viguetas y clavadas a ellas, el esfuerzo admisible en compresión perpendicular a la fibra puede incrementarse en un 50%. Cuando se presenten disminuciones en el ancho efectivo del área de soporte de un elemento (por ejemplo arista faltante), el esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras se calculará teniendo en cuenta estas disminuciones.

G.3.4.2 - No se permitirán sistemas de apoyo que introduzcan esfuerzos de tensión en la dirección perpendicular a las fibras.

G.3.4.3 - Cuando la dirección de la fuerza sea inclinada respecto a la dirección de la fibra de la madera, (ángulo diferente a 0 ó 90 grados), la fuerza admisible de diseño será calculada con la fórmula de Hankinson:

$$N = \frac{P Q}{P \sin^2 \alpha + Q \cos^2 \alpha} \quad (\text{G.3-16})$$

en donde:

- P** = fuerza admisible paralela a la fibra
- Q** = fuerza admisible perpendicular a la fibra
- α** = ángulo entre la dirección de la fuerza y la dirección de la fibra

G.3.5 – DEFLEXIONES

G.3.5.1 - Las deflexiones máximas admisibles de las vigas de madera, incluyendo los efectos diferidos calculados según G.3.5.4, se limitarán a los valores de la tabla G.3.2.

Tabla G.3.2
Deflexiones admisibles Δ en vigas (mm)

Descripción	Cargas vivas	Cargas totales
Cielos rasos de pañete o yeso	-	$\frac{\ell}{300}$
Otros cielos rasos	-	$\frac{\ell}{250}$
Techos inclinados y edificaciones industriales	-	$\frac{\ell}{200}$
Todo tipo de edificación	$\frac{\ell}{350}$	-

en donde, ℓ es la luz entre caras de apoyos o la distancia de la cara del apoyo al extremo, en el caso de voladizos.

G.3.5.2 - Cuando se desee incrementar la rigidez de un piso para minimizar las vibraciones, se debe utilizar un límite Δ de $\ell/480$ para la carga total.

G.3.5.3 - Las deflexiones de las vigas se calcularán con el módulo de elasticidad E_{\min} para el grupo estructural especificado. En el caso de viguetas se podrá utilizar E_{prom} cuando se garantice una efectiva acción de conjunto.

G.3.5.4 - Las deformaciones diferidas debidas a flujo plástico pueden estimarse como las debidas a cargas permanentes multiplicadas por un coeficiente de **1.8**, de manera que la deflexión total por cargas permanentes será la instantánea multiplicada por **1.8**.



CAPITULO G.4

DISEÑO DE ELEMENTOS SOLICITADOS POR FUERZA AXIAL

G.4.1 – GENERAL

G.4.1.1 - Serán diseñados a fuerza axial aquellos elementos solicitados en dirección coincidente con el eje longitudinal que pasa por el centroide de su sección transversal.

G.4.2 - ELEMENTOS SOMETIDOS A TENSION AXIAL

G.4.2.1 - La capacidad de un elemento sometido a carga axial de tensión no sobrepasará la carga admisible dada por la fórmula:

$$N = F'_t A_n \quad (\text{G.4-1})$$

en donde:

A_n = área neta del elemento
 F'_t = esfuerzo de tensión admisible, modificado

G.4.2.2 - Aquellos elementos que, además de sollicitación axial de tensión estén sometidos a momento flector, deberán ser diseñados de acuerdo con G.5.1.

G.4.3 - ELEMENTOS SOMETIDOS A COMPRESION AXIAL

G.4.3.1 - En el diseño de columnas macizas de sección rectangular se considera como medida de esbeltez la definida por la fórmula:

$$\lambda = \frac{l_e}{d} \quad (\text{G.4-2})$$

en donde:

d = dimensión de la sección transversal en la dirección considerada
 l_e = longitud efectiva de la columna en la dirección considerada

El cálculo se hará para las dos direcciones principales y se utilizará el λ mayor.

Obsérvese que esta definición de esbeltez difiere de la comúnmente usada, que se expresa como l_e/r , en donde r es el radio de giro. Especial atención debe tenerse en secciones no rectangulares con el fin de obtener un valor equivalente.

La longitud efectiva puede calcularse con la fórmula

$$l_e = l_u k \quad (\text{G.4-3})$$

en donde:

k = coeficiente de longitud efectiva, según lo determinado en la tabla G.4.1
 l_u = longitud no soportada lateralmente de la columna

En ningún caso se tomará una longitud efectiva menor que la longitud real no arriostrada.

G.4.3.1.1 - En un entramado los pies derechos deben estar arriostrados adecuadamente en el plano del mismo. Deberá contener por lo menos un travesaño horizontal intermedio o garantizar el arriostramiento por medio del revestimiento (entablado o tablero, por ejemplo), adecuadamente conectado a los pies derechos.

Para entramados cuyos pies derechos están arriostrados lateralmente por elementos intermedios, se deberá considerar como longitud efectiva en el plano del mismo a la longitud entre arriostramientos intermedios. La longitud efectiva fuera del plano del entramado no será menor que la altura del mismo.

Tabla G.4.1
Longitud Efectiva de Columnas ℓ_e

Condición de los Apoyos	k
Ambos extremos articulados	1.0
Un extremo empotrado y el otro impedido de rotar pero libre de desplazamiento	1.2
Un extremo empotrado y el otro parcialmente impedido de rotar pero libre de desplazamiento	1.5
Un extremo articulado y el otro impedido de rotar pero libre de desplazamiento	2.0

G.4.3.2 - En el diseño de columnas macizas de sección circular la medida de esbeltez, equivalente a la utilizada para columnas de sección rectangular, está dada por la fórmula:

$$\lambda = \frac{\ell_e}{0.443r} \quad (\text{G.4-4})$$

en donde r es el radio de la sección circular.

G.4.3.3 - Para efectos de determinar la carga admisible las columnas se clasifican en cortas, intermedias y largas. Las columnas se consideran cortas cuando $\lambda < 10$. En tal caso:

$$N_{adm} = F'_c A_n \quad (\text{G.4-5})$$

Las columnas se consideran intermedias cuando $10 < \lambda < C_k$. Para ellas:

$$N_{adm} = F'_c \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right] A_n \quad (\text{G.4-6})$$

Las columnas se consideran largas, cuando $C_k < \lambda < 50$. Entonces:

$$N_{adm} = \frac{0.329E}{\lambda^2} A_n \quad (\text{G.4-7})$$

C_k es la relación de esbeltez para la cual la columna tiene una carga admisible igual a $(2/3)F'_c A_n$. Se calcula con la fórmula:

$$C_k = 0.7025 \sqrt{\frac{E}{F'_c}} \quad (\text{G.4-8})$$

En ningún caso deben emplearse columnas con una relación de esbeltez mayor que 50.

En las fórmulas anteriores:

- A_n = área neta de la columna
- F'_c = esfuerzo admisible en compresión paralela a las fibras, modificado
- E = E_{min} para el diseño de columnas
- = E_{prom} para el diseño de pies derechos de entramados

G.4.3.4 - Si la columna no tiene perforaciones, el área neta de la columna es el área bruta de la misma. Si la columna tiene alguna perforación, el área usada en el cálculo de N dependerá de la localización del hueco y de la posibilidad de que la columna pueda pandearse en ese sitio, según las siguientes consideraciones:

- (a) Si la perforación se encuentra ubicada en un punto debidamente arriostrado, el área bruta podrá ser utilizada en la comprobación de la columna, con reducción por esbeltez entre puntos de arriostramiento. Adicionalmente la columna deberá ser comprobada como columna corta, con su área reducida por la perforación pero sin tener en cuenta su esbeltez.
- (b) Si la perforación se encuentra localizada en la zona no arriostrada de la columna, el área neta deberá ser usada al comprobar la estabilidad de la columna.

G.4.3.5 - En el caso de columnas espaciadas o compuestas, es decir, aquellas conformadas por dos o más piezas individuales dispuestas paralelamente al eje de la columna y separadas entre sí a intervalos por medio de tacos o separadores, la longitud efectiva será el 80% de la longitud entre ejes de los bloques separadores y la carga admisible será la menor que resulte al considerar el pandeo con respecto a los ejes $x-x$ y $y-y$, relativos a toda la columna y a cada una de las piezas individuales entre los separadores. Véase también lo establecido en el Capítulo 11.9 del Manual de Diseño del Pacto Andino.

G.4.3.6 - En las columnas rectangulares armadas, es decir, aquellas conformadas por varias piezas paralelas, clavadas, empernadas o pegadas para funcionar como una unidad, la carga admisible será calculada como un porcentaje de la carga que resiste una columna maciza de las mismas dimensiones, según los coeficientes de reducción de la tabla G.4.2.

Tabla G.4.2

Esbeltez l_e/d	Coeficiente de reducción
6	0.82
10	0.77
14	0.71
18	0.65
22	0.59

Para aplicar los porcentajes de la tabla anterior en secciones no rectangulares, el calculista deberá utilizar un procedimiento racional en el cálculo de la esbeltez equivalente.



CAPITULO G.5

DISEÑO DE ELEMENTOS SOLICITADOS POR FLEXION Y CARGA AXIAL

G.5.1 – FLEXION CON TENSION

G.5.1.1 - Los elementos sometidos simultáneamente a tensión y flexión serán diseñados, de manera que cumplan la fórmula:

$$\frac{N_a}{F'_t A} + \frac{M_a}{S F'_b} \leq 1.0 \quad (\text{G.5-1})$$

en donde:

- F'_b = esfuerzo admisible a flexión, modificado, en MPa
- F'_t = esfuerzo admisible a tensión, modificado, en MPa
- M_a = valor absoluto del momento flector actuante sobre el elemento
- N_a = carga axial actuante de tensión
- S = módulo de la sección, en mm³

G.5.2 – FLEJO-COMPRESION

G.5.2.1 - Los elementos sometidos simultáneamente a compresión axial y flexión serán diseñados de manera que cumplan la fórmula:

$$\frac{N_a}{N_{adm}} + \frac{k_m M_a}{S F'_b} \leq 1.0 \quad (\text{G.5-2})$$

en donde:

- F'_b = esfuerzo admisible de flexión, modificado, en MPa
- M_a = valor absoluto del momento flector máximo actuante sobre el elemento
- N_{adm} = carga admisible a compresión, según se definió en G.4.3.3
- N_a = carga axial actuante de compresión
- k_m = coeficiente de magnificación de momentos calculado con la fórmula:

$$k_m = \frac{1}{1 - 1.5 (N_a / N_{cr})} \quad (\text{G.5-3})$$

La carga crítica, N_{cr} , se obtiene así:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{\ell_e^2} \quad (\text{G.5-4})$$



CAPITULO G.6 UNIONES

G.6.1 – ALCANCE

G.6.1.1 - Las prescripciones de este capítulo se refieren a uniones clavadas y empernadas. Se aceptan otro tipo de uniones siempre y cuando los fabricantes y constructores cumplen con normas aceptadas internacionalmente, mientras se establecen las correspondiente normas nacionales.

G.6.2 - UNIONES CLAVADAS

G.6.2.1 - Estas disposiciones son aplicables a uniones clavadas de dos o más elementos de madera estructural. Las uniones clavadas se reservan para solicitaciones relativamente bajas; su límite de utilización está determinado por el requerimiento de un número excesivo de clavos, incompatible con el tamaño de la unión.

G.6.2.2 - Las uniones estructurales cargadas lateralmente se fabricarán con clavos insertados preferiblemente en sentido normal a la fibra, los cuales servirán para resistir fuerzas aplicadas perpendicularmente a la longitud del clavo.

G.6.2.2.1 - Cuando no sea posible hincar clavos perpendicularmente a la fibra del elemento sostenido, pueden utilizarse clavos lanceros, también llamados de tacón, los cuales deberán ser introducidos en puntos ubicados a $1/3$ de la longitud del clavo medida a partir del planos de unión, y formando un ángulo de aproximadamente 30° con la dirección de las fibras.

G.6.2.2.2 - No se permitirán uniones en las cuales el eje del clavo sea paralelo a la fibra.

G.6.2.2.3 - En estructuras de madera no se permitirán uniones con clavos que deban resistir fuerzas de extracción.

G.6.2.3 - Los clavos utilizados con madera húmeda o en condiciones ambientales desfavorables deberán tener tratamiento anticorrosivo.

G.6.2.4 - Las maderas que presenten dificultades al cavado deben taladrarse previamente con una broca cuyo diámetro sea 0.8 veces el diámetro del clavo.

G.6.2.5 - La capacidad de las uniones clavadas dependerá del tipo de madera, del contenido de humedad de la misma, del diámetro del clavo, de su orientación y de la longitud de penetración. La carga admisible en una unión clavada podrá determinarse como la suma de las cargas admisibles para cada clavo considerado aisladamente, siempre y cuando se satisfagan los requisitos de espaciamiento de G.6.2.12 y el centroide del grupo de clavos esté localizado, aproximadamente, sobre la línea de acción de la fuerza aplicada.

G.6.2.6 - Para clavos perpendiculares a las fibras y sometidos a cizallamiento simple se considerarán como cargas admisibles por clavo las dadas en la tabla G.6.1, en función del grupo de madera estructural especificado (A, B o C), de la longitud del clavo ℓ y de su diámetro d . Se supone que la penetración del clavo es, como mínimo, la longitud tabulada.

G.6.2.6.1 - Las cargas admisibles tabuladas son para clavos comunes de alambre de acero, de sección circular y de caña lisa. Estos valores también podrán utilizarse para clavos de mayor resistencia o con otro tipo de acabado.

G.6.2.6.2 - Los valores de la tabla G.6.1 son aplicables a uniones en cizallamiento simple de elementos que formen cualquier ángulo.

G.6.2.6.3 - Las cargas laterales admisibles de la tabla G.6.1 se refieren a uniones construidas con madera verde ($CH \geq 30\%$), que se secan al aire estando cargadas, o que en dicho estado sufren variaciones importantes en el contenido de humedad. En uniones construidas con maderas cuyo contenido de humedad

sea inferior o igual a 19%, y en las cuales haya certeza de que permanecerán en tal condición, las cargas laterales admisibles podrán incrementarse hasta en un 25%.

G.6.2.6.4 - La carga lateral admisible para clavos lanceros podrá tomarse como 5/6 de los valores de la tabla G.6.1. Para clavos "a tope" paralelos a las fibras de la madera que contiene a la punta, se considerará 2/3 de los valores tabulados.

Tabla G.6.1
Carga admisible por clavo - cizallamiento simple

Longitud		d (mm)	Carga admisible en N			1/d	5d mm	6d mm	8d mm	10d mm	11d mm	16d mm	20d mm
mm	pulg.		Grupo A*	Grupo B	Grupo C								
51	2	2.4	250	210	170	21.8	12	14	19	23	26	37	47
		2.6	290	250	200	19.3	13	16	21	26	29	42	53
		2.9	330	280	230	17.3	15	18	24	29	32	47	59
		3.3	380	320	260	15.7	16	20	26	33	36	52	65
63	2½	2.6	290	250	200	23.8	13	16	21	26	29	42	53
		2.9	330	280	230	21.4	15	18	24	29	32	47	59
		3.3	380	320	260	19.4	16	20	26	33	36	52	65
		3.7	440	370	300	17.2	18	22	29	37	40	59	73
76	3	3.3	380	320	260	23.4	16	20	26	33	36	52	65
		3.7	440	370	300	20.8	18	22	29	37	40	59	73
		4.1	500	420	340	18.7	20	24	33	41	45	65	81
89	3½	3.7	440	370	300	24.3	18	22	29	37	40	59	73
		4.1	500	420	340	21.9	20	24	33	41	45	65	81
		4.5	560	470	380	19.9	22	27	36	45	49	72	89
102	4	4.1	500	420	340	25.1	20	24	33	41	45	65	81
		4.5	560	470	380	22.8	22	27	36	45	49	72	89
		4.9	620	530	420	20.9	24	29	39	49	54	78	98

* Para clavar maderas del Grupo A se requiere pretaladrado en un diámetro 20% menor que el de la puntilla (clavo).

G.6.2.7 - La carga admisible para un clavo sometido a doble cizallamiento se determinará multiplicando los valores correspondientes a cizallamiento simple por 1.67.

G.6.2.8 - En uniones clavadas sometidas a cizallamiento simple el espesor del elemento más delgado, adyacente a la cabeza del clavo, deberá ser por lo menos igual a 6 veces el diámetro del clavo. La penetración del clavo en el elemento que contiene a la punta deberá ser mayor que 11 diámetros.

G.6.2.9 - En uniones clavadas sometidas a doble cizallamiento el espesor del elemento adyacente a la cabeza y la penetración del clavo en el elemento que contiene a la punta deberán ser por lo menos 5 diámetros. El espesor del elemento central no será menor que 10 diámetros.

G.6.2.10 - Sólo podrán considerarse espesores o penetraciones menores que los indicados en G.2.6.8 y G.2.6.9 si las cargas admisibles se reducen en forma proporcional como se indica a continuación. Sin embargo, en ningún caso deberán tenerse espesores y longitudes de penetración menores que el 50% de los valores especificados. Para clavos lanceros estos mínimos no son aplicables.

G.6.2.10.1 - En el caso de uniones sometidas a cizallamiento simple el coeficiente de reducción será la menor de las relaciones:

- (a) espesor del elemento más delgado x 1/(6d), y
- (b) penetración en el elemento que contiene la punta x 1/(11d)

G.6.2.10.2 - En uniones sometidas a doble cizallamiento el coeficiente de reducción será la menor de las relaciones siguientes:

- (a) espesor del elemento central x 1/(10d),
- (b) espesor del elemento adyacente a la cabeza x 1/(5d), y
- (c) penetración de la madera que contiene a la punta x 1/(5d).

Si se clavan la mitad de los clavos desde cada lado, pueden promediarse el espesor del elemento adyacente a la cabeza y la penetración del clavo en la madera que contiene a la punta, para efecto de establecer la relación con la longitud $5d$.

G.6.2.11 - No serán permitidos incrementos de la capacidad de un clavo por aumento de la penetración sobre el valor tabulado, pero sí por el uso de platinas o láminas metálicas en lugar de elementos laterales de madera, en cuyo caso los valores tabulados se incrementarán en un 25%.

G.6.2.12 - Las distancias entre clavos y de éstos a los bordes o extremos de la madera serán como mínimo las dadas en la tabla G.6.2. Estas distancias podrán reducirse en un 20% si se usa pretaladrado.

Tabla G.6.2
Espaciamientos mínimos para uniones clavadas

Espaciamiento entre clavos	
• Paralelamente a las fibras	16 diámetros
• Perpendicularmente a las fibras	8 diámetros
Distancia a bordes libres de la madera	
• Paralelamente a las fibras	20 diámetros
• Perpendicularmente a las fibras:	
Borde cargado	10 diámetros
Borde no cargado	5 diámetros

Estas distancias podrán reducirse en 20% si se usa pretaladrado.

G.6.2.13 - En términos generales la capacidad lateral definitiva de un clavo que forma parte de una unión está definida por su capacidad nominal, multiplicada por los coeficientes de reducción a que haya lugar. Esto es:

$$P'_\ell = P_\ell C_d C_m C_p C_s \dots \quad (\text{G.6-1})$$

en donde:

C_d = coeficiente de modificación por duración de la carga.

C_m = coeficiente de modificación por contenido de humedad.

C_p = coeficiente de modificación por penetración del clavo $C_p = \ell'_p / \ell_p$, donde

ℓ'_p = penetración real y

ℓ_p = penetración tabulada.

Esta ecuación es válida para $0.5 \ell_p \leq \ell'_p \leq \ell_p$; cuando $\ell'_p < 0.5 \ell_p$, $C_p = 0$ y cuando $\ell'_p > \ell_p$, $C_p = 1.0$.

C_s = coeficiente de modificación por elementos laterales. Usese 1.25 para platinas laterales de acero y 1.0 para elementos laterales de madera.

P_ℓ = carga lateral admisible tabulada para cada clavo que tenga penetración igual o mayor que la tabulada.

P'_ℓ = carga lateral admisible modificada.

"..." = cualquier otro coeficiente de modificación aplicable, como por ejemplo, temperatura.

G.6.3 - UNIONES EMPERNADAS

G.6.3.1 - Estas disposiciones son aplicables a uniones empernadas de dos o más elementos de madera o a uniones de elementos de madera con platinas metálicas. Las uniones empernadas se utilizan generalmente cuando las solicitudes sobre una conexión son relativamente grandes, requiriendo por lo tanto el uso de pernos, normalmente acompañados de platinas de acero.

G.6.3.2 - Los pernos y platinas de las conexiones empernadas deberán ser de acero estructural con esfuerzo de fluencia no menor que 23 MPa.

G.6.3.3 - En toda unión empernada que carezca de platinas laterales de acero deberán utilizarse arandelas entre la madera y la cabeza del perno entre la tuerca y la madera.

G.6.3.4 - Todos los elementos metálicos utilizados en uniones empernadas construidas con madera húmeda o sometidas a condiciones ambientales desfavorables deberán tener un tratamiento anticorrosivo.

G.6.3.5 - Las perforaciones para los pernos deberán estar bien alineadas y hacerse con un diámetro 1.6 mm mayor que el diámetro del perno, sin embargo, para calcular la sección neta se considerará, conservadoramente, que el diámetro del agujero es 3.2 mm mayor que el diámetro del perno.

G.6.3.6 - Las cargas admisibles para uniones empernadas sometidas a cizallamiento doble se determinarán a partir de los valores **P** y **Q** dados en la tabla G.6.3, en función del grupo de madera estructural especificado (A, B, C), del diámetro del perno (**d**) y de la longitud (**ℓ**) definida como la menor valor entre el espesor del elemento central y dos veces el espesor del elemento lateral más delgado.

Los valores de **P** indicados serán utilizados cuando la fuerza en la unión sea paralela a las fibras, tanto del elemento central como de los elementos laterales. Las cargas admisibles cuando la fuerza es paralela a las fibras del elemento central pero perpendicular a las fibras de los elementos laterales, o viceversa, se indican como **Q**.

Las cargas admisibles **P** y **Q** corresponden a dos situaciones límites. Si la fuerza en la unión sigue la dirección del elemento central pero forma un ángulo α con la dirección de las fibras de los elementos laterales, o viceversa, la carga admisible se determinará mediante la fórmula:

$$N = \frac{PQ}{P \sin^2 \alpha + Q \cos^2 \alpha} \quad (G.6-2)$$

Tabla G.6.3
Cargas admisible para uniones empernadas con doble cizallamiento

				Grupo A		Grupo B		Grupo C	
ℓ (mm)	d (mm)	ℓ/d	$\ell \times d$ (mm ²)	P (N)	Q (N)	P (N)	Q (N)	P (N)	Q (N)
20	6.3	3.20	127	1950	880	1310	580	750	340
	9.5	2.10	191	2970	1010	1960	670	1130	390
	12.7	1.60	254	3960	1170	2610	780	1510	450
	15.9	1.30	318	4950	1320	3260	880	1880	510
30	6.3	4.80	189	2290	1240	1790	880	1130	510
	9.5	3.20	285	4380	1520	2940	1010	1690	590
	12.7	2.40	381	5940	1760	3920	1170	2260	680
	15.9	1.90	477	7430	1980	4890	1320	2820	770
40	6.3	6.30	254	2560	1440	2000	1140	1280	680
	9.5	4.20	381	4910	2010	3860	1340	2260	780
	12.7	3.10	508	7790	2340	5220	1560	3010	910
	15.9	2.60	635	9900	2640	6530	1750	3760	1020
	19.0	2.10	760	11880	2990	7830	1990	4520	1160
50	9.5	5.30	476	5360	2260	4200	1680	2680	980
	12.7	3.90	635	8510	2930	6530	1950	3760	1140
	15.9	3.10	794	12170	3300	8160	2190	4700	1280
	19.0	2.60	952	14850	3740	9790	2480	5640	1450
65	9.5	6.82	619	5940	2600	4630	2060	2970	1270
	12.7	5.12	825	9430	3450	7390	2530	4710	1480
	15.9	4.10	1032	13500	4280	10610	2850	6110	1660
	19.0	3.41	1238	18090	4860	12730	3230	7340	1880
80	9.5	8.40	762	6450	2890	5010	2350	3180	1560
	12.7	6.30	1016	10240	3850	7990	3030	5110	1820
	15.9	5.04	1270	14650	4810	11480	3510	7310	2050
	19.0	4.20	1524	19630	5950	15440	3970	9030	2320
90	9.5	9.44	858	6760	3080	5230	2530	3290	1690
	12.7	7.09	1143	10720	4090	8350	3260	5350	2050
	15.9	5.69	1429	15350	5120	12000	3950	7660	2300
	19.0	4.72	1714	20570	6330	16140	4470	10160	2610
100	9.5	10.50	950	7040	3250	5440	2700	3390	1810
	12.7	7.90	1270	11180	4330	8690	3480	5550	2270
	15.9	6.30	1590	16000	5410	12480	4260	7990	2560
	19.0	5.30	1900	21440	6690	16790	4970	10700	2900

G.6.3.7 - Los valores de la tabla G.6.3 corresponden a uniones con elementos laterales de madera. Si estos elementos son platinas metálicas, los valores de **P** dados en dicha tabla podrán incrementarse en un 25%; es decir, el coeficiente de modificación por este concepto es $C_{p\ell} = 1.25$. Los valores de **Q** no se modificarán. En tal caso ℓ deberá tomarse como el espesor del elemento central.

G.6.3.8 - Las cargas admisibles dadas en la tabla G.6.3 son representativas de maderas con un contenido de humedad inferior al 19% y que se mantendrán secas durante su tiempo de servicio.

G.6.3.9 - Si el contenido de humedad de la madera en el momento de construirse la unión es mayor del 30%, los valores tabulados se multiplicarán por el coeficiente de reducción por contenido de humedad, $C_m = 0.40$, a no ser que se utilice un detalle apropiado que permita el libre movimiento de los pernos cuando la madera cambie de volumen, o el tipo de unión se ajuste a lo estipulado en el siguiente párrafo.

G.6.3.9.1 - El coeficiente de reducción de 0.40 no deberá aplicarse a uniones con un solo perno ni a las que tengan dos o más pernos en una sola fila paralela a la dirección de la fibra. También se excluyen las uniones conformadas por dos o más filas de pernos paralelas a la dirección de la fibra, con platinas separadas para cada fila.

G.6.3.10 - Las cargas admisibles de la tabla G.6.3 corresponden a uniones con un solo perno. Cuando una unión requiera más de dos pernos en línea paralela a la dirección de la carga, la carga admisible de la unión se obtendrá multiplicando los valores admisibles por perno obtenidos de dicha tabla, por el número de pernos y por un coeficiente de reducción por grupo, C_g , que puede estimarse así:

(a) Uniones con elementos laterales de madera:

$$C_g = 1.00 - 0.08(n_p - 2) \quad (G.6-3)$$

(b) Uniones con elementos laterales de acero:

$$C_g = 1.00 - 0.07(n_p - 2) \quad (G.6-4)$$

en donde, n_p = número de pernos en cada fila

Alternativamente, el valor de C_g puede obtenerse de la tabla G.6.4.

Tabla G.6.4
Coficiente de reducción por grupo, C_g

Clase de unión	Número de pernos por línea				
	2	3	4	5	6
1. Uniones con elementos de madera	1.0	0.92	0.84	0.76	0.68
2. Uniones con elementos de acero	1.0	0.92	0.87	0.80	0.73

En caso de existir varias filas de pernos paralelas a la dirección de la carga, el coeficiente de reducción por grupo deberá calcularse para cada fila en forma independiente.

G.6.3.11 - La carga admisible para un perno sometido a cizallamiento simple será la mitad de la carga tabulada o calculada para una unión con cizallamiento doble, considerando (ℓ) como el doble del espesor del elemento más delgado.

G.6.3.12 - En términos generales la capacidad de una unión empernada esta definida por su capacidad nominal, multiplicada por los coeficientes de reducción a que haya lugar. Esto es:

$$P' = P C_d C_g C_m C_{p\ell} C_s \quad (G.6.5)$$

$$Q' = Q C_d C_g C_m C_{p\ell} C_s \quad (\text{G.6.6})$$

en donde P' y Q' son las cargas admisibles modificadas y P y Q los valores de la tabla G.6.3.

G.6.3.12.1 - Cuando la fuerza en la unión sigue la dirección del elemento central pero forma un ángulo α con la dirección de las fibras de los elementos laterales, o viceversa, la carga admisible modificada, N' , se calculará con la fórmula de Hankinson:

$$N' = \frac{P'Q'}{P' \sin^2 \alpha + Q' \cos^2 \alpha} \quad (\text{G.6-7})$$

A partir de los valores modificados P' y Q' . Obsérvese que los valores admisibles de las fuerzas paralela y perpendicular a la fibra, P y Q , deberán ser multiplicados por los coeficientes de modificación aplicables según el caso, antes de utilizar esta fórmula.

G.6.3.13 - El espaciamiento de los pernos y las distancias entre éstos y los bordes de los elementos de madera deberán ser suficientes para permitir que cada perno desarrolle toda su capacidad resistente. Los valores admisibles de la tabla G.6.3 se dan bajo el supuesto que han sido respetados los requisitos mínimos dados a continuación, referentes a distancias a la punta, a un borde o arista lateral, y separación centro a centro de los pernos:

G.6.3.13.1 - Para cargas paralelas a la dirección de las fibras los requisitos de distancias y espaciamientos son:

- (a) Distancia a la punta:
Elementos en tensión $\geq 5d$
Elementos en compresión $\geq 4d$
- (b) Distancia al borde o arista lateral = $2d$
- (c) Separación centro a centro en sentido longitudinal $\geq 4d$
- (d) Separación entre filas en sentido transversal $\geq 2d$

G.6.3.13.2 - En el caso de cargas perpendiculares a la dirección de las fibras los requisitos de distancias y espaciamientos son:

- (a) Distancia a la punta $\geq 4d$ (compresión) o $\geq 5d$ (tensión)
- (b) Distancia al borde:
Al borde cargado (aquel hacia el cual actúa la carga) $\geq 4d$ (tensión o compresión)
Al borde descargado $\geq 2d$
- (c) Separación centro a centro. Será igual a la separación requerida por los elementos a los cuales se aseguran los pernos, ya sean platinas de acero o elementos de madera cargados paralelamente a la dirección de la fibra.
- (d) Separación entre filas:
Para $b/d = 2$, la separación entre filas será $\geq 2.5d$
Para $2.0 < b/d < 6.0$, interpolar entre $2.5d$ y $5.0d$
Para $b/d \geq 6.0$, la separación entre filas será $\geq 5d$

En las expresiones anteriores:

b = espesor del elemento central en uniones de tres elementos o, en uniones simples, el doble del menor espesor de los elementos laterales.

d = diámetro del perno

G.6.4 - OTRAS UNIONES

Se permitirán otro tipo de uniones en estructuras de madera, tales como tornillos, anillos partidos, adhesivos, conectores multiclavos de lámina galvanizada con dientes integrales, conectores de lámina galvanizada con puntillas, uniones de tendones, etc., siempre y cuando los fabricantes y constructores cumplan con normas aceptadas internacionalmente, mientras se establecen las correspondientes normas nacionales.



CAPITULO G.7

DIAFRAGMAS HORIZONTALES Y MUROS DE CORTE

G.7.1 – GENERAL

G.7.1.1 - Las prescripciones de este capítulo se refieren a diafragmas horizontales y muros de corte, esto es, a los elementos que resisten fuerzas cortantes en su plano, habitualmente rectangulares y relativamente delgados. Los muros de corte están colocados verticalmente, como en paredes y tabiques, mientras que los diafragmas están dispuestos horizontalmente, como en pisos o techos.

G.7.1.2 - El conjunto de diafragmas y muros de corte deberán diseñarse para resistir adecuadamente las cargas laterales aplicadas, tales como las acciones de viento o sismo, además de las cargas gravitacionales que les correspondan.

G.7.1.3 - La capacidad resistente a cargas laterales de los diafragmas y muros de corte depende de la disposición y distanciamiento del entramado, del tipo de revestimiento y de su sistema de fijación. Puede calcularse con el método de la longitud equivalente, descrito en G.7.3.6. Alternativamente pueden emplearse las prescripciones del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino en su capítulo 10.

G.7.1.4 - Los diafragmas y muros de corte deberán ser suficientemente rígidos para limitar los desplazamientos laterales, reducir la amplitud de vibraciones y proporcionar arriostramiento a otros elementos de la estructura, evitando su pandeo lateral.

G.7.1.5 - Las uniones de los diafragmas y muros de corte, entre sí y con otros elementos, deberán ser adecuados para resistir las fuerzas cortantes.

G.7.1.6 - En caso de existir aberturas en los diafragmas o muros de corte, éstas deberán reforzarse con elementos adicionales de igual sección transversal a la de los elementos cortados. Los refuerzos se diseñarán y detallarán para transferir la totalidad de la fuerza cortante a los elementos que enmarcan.

G.7.2 - DIAFRAGMAS HORIZONTALES

G.7.2.1 - Un diafragma puede definirse como un conjunto estructural horizontal o ligeramente alejado de la horizontal, de espesor pequeño respecto de sus otras dos dimensiones, que tiene la capacidad de trabajar bajo fuerzas contenidas en su propio plano.

G.7.2.2 - El diafragma se diseñará como una viga horizontal que se flecta entre los elementos verticales del sistema de resistencia a las fuerzas laterales, sean éstos muros de corte u otros sistemas aporticados. El diseño se hará tanto en la dirección longitudinal como en la transversal e incluirá las debidas comprobaciones de resistencia a la flexión y al corte.

G.7.2.3 - Los elementos que conforman un diafragma deben estar debidamente ensamblados para asegurar el trabajo conjunto. Estos elementos se clasifican así:

- (a) Los tableros, que constituyen el recubrimiento del piso o de la cubierta.
- (b) Los montantes, largueros o viguetas que soportan el recubrimiento.
- (c) Los cordones, que enmarcan el diafragma y forman parte del sistema de resistencia en el plano. Normalmente son elementos perimetrales o interiores, identificados como vigas coronas o dinteles colectores.

G.7.2.4 - TABLEROS - Los tableros tienen la responsabilidad de resistir la fuerza cortante y usualmente están hechos con láminas contrachapadas o aglomeradas, tablones, tablas o listones de espesor mínimo de 15 mm. El dimensionamiento de los tableros dependerá tanto de su resistencia al corte como del sistema de unión a los

elementos portantes, factores que por lo general controlarán el diseño, exigiendo condiciones especiales según sea la disposición de los elementos.

G.7.2.5 - El sistema de fijación del recubrimiento a los largueros y a los cordones o elementos perimetrales se diseñará para transferir la totalidad de la fuerza de corte.

G.7.2.6 - Los requerimientos para clavar tableros de espesor no menor de 15 mm. con clavos de 51 mm (2") de longitud serán los siguientes:

(a) En los bordes con soporte continuo: 150 mm. centro a centro

(b) A lo largo de soportes intermedios: 250 mm. centro a centro en pisos y 300 mm. centro a centro en cubiertas

G.7.2.7 - Los tableros se clasifican en confinados y no confinados. Tableros confinados son aquellos que tienen todos sus bordes perimetrales apoyados en forma continua sobre largueros o elementos más rígidos. Tableros no confinados son aquellos que poseen dos bordes paralelos sin el soporte continuo de tales elementos.

G.7.2.8 - LARGUEROS O ENTRAMADOS PORTANTES - Los elementos utilizados en el entramado portante de los diafragmas horizontales tendrán un espesor mínimo de 40 mm y una altura suficiente para resistir adecuadamente la flexión y el corte a que se vean sometidos. Su diseño corresponderá al de un elemento solicitado por flexión y carga axial, siguiendo las prescripciones del Capítulo G.5.

G.7.2.9 - VIGAS CORONAS O CABEZALES - La determinación de las fuerzas axiales en un punto de las vigas coronas deberá ser el resultado de igualar el momento flector en ese punto del diafragma, a un par conformado por las vigas coronas actuando como cordones, con un brazo igual a la distancia entre ellas, es decir, entre los centroides de sus secciones transversales. Normalmente gobernará el diseño a tensión por cuanto los esfuerzos admisibles a compresión son ligeramente mayores que los de tensión, pero deberán comprobarse los posibles efectos de esbeltez en el cordón solicitado a compresión. En cualquier caso, deberán analizarse los cordones o vigas coronas trabajando a tensión y a compresión pues la dirección de la fuerza aplicada puede cambiar de sentido.

G.7.2.10 - Cuando las vigas coronas no estén conformadas por un solo elemento, deberán ser diseñadas para las fuerzas axiales producidas por el momento máximo existente en el diafragma, independientemente de su ubicación. Teniendo en cuenta que las fuerzas axiales son usualmente el resultado de fuerzas sísmicas o de viento, para efectos de diseño se puede utilizar un coeficiente de duración de la carga $C_d=1.33$.

G.7.2.11 - DINTELES COLECTORES - Cuando las vigas coronas son paralelas a la dirección de la fuerza aplicada, se convierten en dinteles colectores de la fuerza cortante transmitida por el diafragma. Si tales vigas coronas se encuentran soportadas directamente por muros cortantes, deberán conectarse a ellos para una transmisión adecuada del esfuerzo cortante. Por otro lado, si las vigas coronas se localizan como puentes de una abertura del diafragma, deberán coleccionar la fuerza cortante para transmitirla al sistema de resistencia de fuerzas laterales cuando encuentren su apoyo. Ello indica que las vigas coronas deberán ser diseñadas para la condición más crítica entre su trabajo como cordón del par resistente a flexión y su trabajo como colectora de fuerza cortante, en caso de existir aberturas en el diafragma.

G.7.3 - MUROS DE CORTE

G.7.3.1 - Los muros de corte constituyen los elementos verticales del sistema resistente de la edificación, y normalmente transmiten las cargas verticales. Además, soportan los diafragmas horizontales y son los encargados de llevar a los niveles inferiores las cargas horizontales que actúan en su mismo plano y que son originadas por sismo, viento u otras cargas gravitacionales.

G.7.3.2 - Un muro de corte está constituido por un entramado de pies-derechos, soleras superior e inferior, riostras y rigidizadores intermedios cuando sea necesario, y algún tipo de revestimiento por una o por ambas caras.

G.7.3.3 - La separación de los pies derechos y el espesor del revestimiento determinan, junto con las riostras, la rigidez y la resistencia a cargas horizontales del muro. La fuerza horizontal actuante determina el diseño de la unión con las soleras. Sus dimensiones definirán el régimen de transferencia y el diseño de los anclajes a la cimentación. El

espaciamiento entre anclajes deberá ser menor de 2 m. Ningún eslabón de la cadena de diseños o comprobaciones podrá suprimirse.

G.7.3.4 - El diseño de los muros de corte deberá considerar los siguientes aspectos:

- (a) Proporciones del muro
- (b) Diseño de las soleras
- (c) Diseño de los pie derechos, rigidizadores intermedios y riostras
- (d) Espesor del revestimiento y su sistema de unión
- (e) Sistema de unión de los muros entre sí

G.7.3.5 - Cada muro de corte considerado por separado, deberá ser capaz de resistir la carga lateral correspondiente a su área de influencia, a menos que se haga un análisis detallado de la distribución de fuerzas cortantes considerando la flexibilidad de los diafragmas horizontales.

G.7.3.6 - El diseño de los muros de corte depende fundamentalmente de las características del entramado y del revestimiento. Con fines prácticos se basa en los resultados experimentales obtenidos al ensayar muros que pueden considerarse típicos. Se introduce entonces el concepto de "longitud equivalente" para convertir la longitud de un muro de características dadas a la equivalente de un muro de referencia que tiene una resistencia admisible al corte de 700 N/m. La longitud equivalente se obtiene multiplicando la longitud real del muro por el coeficiente correspondiente de la tabla G.7.1. Para muros diferentes a los de esta tabla pueden utilizarse los valores especificados en el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino, si están considerados en él.

G.7.3.6.1 - El procedimiento de la longitud equivalente podrá ser aplicado a estructuras relativamente pequeñas que resisten todas las cargas laterales por medio de muros de corte. Estos muros deberán estar dispuestos en dos direcciones ortogonales con espaciamentos menores que 4 m y su distribución deberá ser más o menos uniforme, con rigideces aproximadamente proporcionales a sus áreas de influencia.

G.7.3.6.2 - En el cálculo de longitudes equivalentes deberán descontarse las aberturas de puertas y ventanas. No se considerarán aquellos muros cuya relación altura/longitud sea mayor que 3 ni los que estén anclados a la cimentación en un solo punto.



CAPITULO G.8 CERCHAS LIVIANAS

G.8.1 - CERCHAS Y CORREAS LIVIANAS

Las cerchas son componentes estructurales planos, de contorno poligonal, formados por triangulación de elementos simples o compuestos que trabajan a tensión, compresión, tensión con flexión y flexo-compresión. En el diseño y montaje de cerchas livianas deben tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones.

G.8.1.1 - ALCANCE - Los requerimientos de este capítulo serán aplicables a armaduras livianas hasta de 12 m de luz entre apoyos, cuyas distancias entre nudos no sea mayor de 1.20 m y estén espaciadas a menos de 2.40 m.

G.8.1.2 - ANALISIS - Las armaduras deberán diseñarse para soportar las cargas de diseño. Cuando sea necesario se deberá considerar cargas de montaje y otras cargas especiales. En caso de que la cuerda inferior soporte cielo raso se considerará una carga mínima de 0.5 kN/m^2 .

- Las fuerzas axiales en las barras pueden ser calculadas considerando los nudos como articulaciones.
- Para la determinación de las fuerzas axiales en las barras, las cargas distribuidas en la cuerda superior o inferior podrán ser consideradas como cargas puntuales equivalentes aplicadas en el centro de las uniones correspondientes.
- Los momentos de flexión generados por las cargas aplicadas en las cuerdas superiores podrán ser determinados suponiendo que las cuerdas se comportan como vigas continuas apoyadas en los montantes o diagonales.

G.8.1.3 - CRITERIOS DE DISEÑO - Todos los elementos y uniones de la armadura no deberán sobrepasar las fuerzas máximas admisibles definidas anteriormente.

- En caso de que el espaciamiento entre armaduras sea de 600 mm o menor, los esfuerzos admisibles podrán ser incrementados en 10% siempre que existan elementos que garanticen un arriostramiento lateral adecuado.
- Las barras sometidas a la acción de fuerzas axiales y flexión deberán ser diseñadas a flexo-compresión o en tensión con flexión, de acuerdo con el Capítulo G.5.
- La longitud efectiva fuera del plano de la armadura será el espaciamiento entre ejes de correas.
- La longitud efectiva en montantes o diagonales será el 80% de la longitud entre centros de uniones.
- La máxima relación de esbeltez, en los elementos sometidos a compresión será de 50. En los elementos sometidos a tensión será de 80.
- Las deflexiones máximas deberán satisfacer los requisitos establecidos en G.3.5.1.
- Cuando no sea posible satisfacer los requisitos de deflexiones admisibles podrán construirse las armaduras usando contraflecha. Esta será no menor de $1/300$ de la luz total.

G.8.1.4 - Las cargas de la cubierta transmitidas por las correas descansarán directamente en los nudos y si ello no es posible, en el diseño del cordón superior se deberán tener en cuenta, no solamente las fuerzas axiales de compresión sino los momentos flectores originados. El diseño será hecho de acuerdo con la fórmula de flexo-compresión, de G.5.2.1.

G.8.1.5 - Las cargas de cielo raso producen esfuerzos de flexión en el cordón inferior de las cerchas y por esta razón su diseño se hará en concordancia con la fórmula de tensión con flexión de G.5.1.1.

G.8.1.6 - En la determinación de la longitud efectiva de los cordones superior e inferior de las cerchas deberá considerarse en forma separada la esbeltez en el plano y fuera del mismo. La sección resistente será, en el primer caso, la altura del miembro y en el segundo caso, el espesor de la cuerda. La separación entre correas o riostras longitudinales será la longitud no arriostrada fuera del plano. Cuando se trate de elementos compuestos o múltiples se emplearán valores equivalentes, según lo definido en G.4.3.5 y G.4.3.6.

G.8.1.7 - El cálculo de las deflexiones de las armaduras se basará en los métodos habituales en la práctica de la ingeniería. En el caso de que el espaciamiento entre armaduras sea igual o menor que 600 mm se deberá utilizar el módulo de elasticidad promedio E_{prom} ; en caso contrario se deberá utilizar el $E_{mín}$.

El cálculo de las deflexiones en las cerchas considerará la deformación de los nudos y el incremento de deflexión con el tiempo a causa del flujo plástico y de los cambios del contenido de humedad de la madera.

En cerchas fabricadas con pernos la deflexión teórica debe incrementarse por lo menos, en un 100% para incluir las deformaciones debidas a las tolerancias de fabricación, a la acomodación de los pernos dentro de las perforaciones y al flujo plástico.

G.8.1.8 - Normalmente las cerchas sólo producen cargas verticales en los apoyos, siempre y cuando uno de ellos no ofrezca restricción al desplazamiento horizontal. Si el cordón inferior de la cercha se sitúa por encima del nivel de los apoyos, en el diseño deberán considerarse las fuerzas horizontales en los apoyos así como los esfuerzos cortantes y momentos generados en el último tramo del cordón superior. Se recomienda no elevar el cordón inferior a más de 1/3 de la altura total de la cercha.

G.8.1.9 - Toda cercha deberá ser adecuadamente asegurada en los apoyos para resistir las fuerzas de levantamiento originadas por el viento y las fuerzas horizontales originadas en sismos o vientos. El diseñador de la estructura dará instrucciones sobre el tipo de anclaje seleccionado.

G.8.1.10 - DIMENSIONES MINIMAS - Los elementos de una armadura deberán tener por lo menos 65 mm de altura y 40 mm de ancho. En el caso de usar cuerdas, montantes o diagonales compuestas de elementos múltiples, el ancho de cada uno de ellos podrá ser reducido a 20 mm.

- En caso de usar cartelas de contrachapado de madera en las uniones, éstas deberán tener un espesor mayor de 10 mm.
- Se recomienda el doblado de las puntas de los clavos en el sentido perpendicular a la dirección de las fibras de la cara exterior del contrachapado.

G.8.1.11 - Las cerchas deberán ser instaladas a plomo, con el espaciamiento correcto y alineadas de tal manera que los cordones superiores e inferiores generen planos perfectos.

G.8.1.12 - Las cerchas prefabricadas coplanares deberán tener tolerancias no mayores de 1.6 mm. en las uniones en el momento de la fabricación y no mayores a 3.2 mm en las uniones una vez estén en servicio.

G.8.1.13 - Los clavos, pernos, platinas, conectores o cualquier elemento metálico de unión debe tener una apropiada protección contra la oxidación. En caso de usar cartelas metálicas, éstas deberán estar protegidas contra la corrosión.

G.8.1.14 - De particular importancia es el diseño e instalación de un eficiente sistema de arriostamiento longitudinal en las cerchas. El diseñador de la estructura deberá indicar claramente en los planos los sistemas de arriostamiento provisional y definitivo que recomienda. Un entablado de carácter permanente y debidamente unido al cordón superior de la cercha constituye un diafragma apropiado, según se definió en el capítulo G.7. Si este no es el caso, será forzoso disponer de un sistema de contravientos alternados o de riostras en el plano de la cubierta con el fin de evitar el efecto castillo de naipes (colapso progresivo), debido a fuerzas horizontales en el sentido longitudinal. Para efectos de arriostamiento temporal durante la construcción se tendrá en cuenta lo estipulado en G.11.5.7.



CAPITULO G.9 OTROS SISTEMAS ESTRUCTURALES

G.9.1 - GENERAL

Otros sistemas estructurales de madera no especificados en este Reglamento, tales como estructuras de grandes luces, pórticos, arcos, encofrados, puentes, vigas laminadas, etc. se diseñarán con los criterios habituales de la práctica de la Arquitectura y la Ingeniería, incluido el presente Reglamento, y su diseño y ejecución serán responsabilidad del diseñador y del constructor, respectivamente.



CAPITULO G.10 ASERRADO

G.10.1 - ASERRADO DE MADERA PARA CONSTRUCCION

G.10.1.1 - GENERALIDADES - El aserrado de madera para construcción deberá hacerse preferencialmente con sierras de cinta sin fin o sierras circulares que aseguren una escuadría regular a lo largo del bloque o pieza aserrada obtenida.

- En maderas difíciles de aserrar con sistemas tradicionales se podrán dar mejores resultados si se introducen variables en la velocidad de las sierras o en la inclinación de los dientes y ángulos de corte.
- La madera deberá aserrarse en corte radial, cuando se quieran piezas de uso estructural exigentes en estabilidad dimensional.
- Para controlar distorsiones de concentración de esfuerzos se debe producir el aserrado alternando los cortes entre ambos lados del tronco, lo que permite liberar progresivamente las tensiones.
- Los aserraderos deberán producir la madera aserrada en largos que correspondan a la dimensión real comercializada. De la misma manera la escuadría o sección transversal deberá corresponder en la práctica a la dimensión comercial. Para madera de aserrío (bloques o tablones) la dimensión comercial deberá corresponder a la dimensión real.
- Las dimensiones de la madera aserrada deberán darse en el sistema métrico decimal, utilizando metros para la longitud y milímetros para la sección transversal.

G.10.1.2 - SECCIONES PREFERENCIALES - Para normalizar la producción de piezas aserradas destinadas a la construcción, la escuadría inicial de las piezas o bloques grandes deberá ser tal que permita la posterior producción de secciones preferenciales con usos más frecuentes en la construcción.

- Se deberá tener en cuenta que durante el reaserrado y producción definitiva de secciones reales habrá pérdidas por corte, cepillado y por contracciones debidas al secado de la pieza de madera.
- La figura G.10.1 muestra las posibles combinaciones de escuadrías a partir de una base que es la de la mayor dimensión práctica con calidad exigida para madera estructural.
- Es recomendable que el diseñador se limite dentro de lo posible, el uso de secciones preferenciales tipo PADT-REFORT, para lograr mayor eficiencia y economía en el proceso constructivo. Estas secciones son dimensiones reales finales luego de descontar pérdidas por cortes, cepillado y contracciones por secamiento.
- La tabla G.10.1 contiene las dimensiones de las secciones preferenciales PADT-REFORT y el uso más frecuente de cada una de ellas.
- La madera aserrada deberá comercializarse por volumen, siendo el metro cúbico la unidad comercial.

G.10.1.3 - NORMAS DE REFERENCIA - Para efectos de terminología aplicable a madera aserrada se deberá aplicar la norma NTC 172.

- En lo relacionado con definiciones de defectos, se tendrán en cuenta las especificadas en el apéndice G-A y en la norma NTC 824.
- La medición de defectos de maderas aserradas se hará de acuerdo con lo especificado en la norma NTC 825.

- La madera rolliza deberá cumplir los requisitos establecidos en la norma NTC 1557, para poder convertirse en madera aserrada.
- La medición, cubicación de madera rolliza, aserrada y labrada deberá hacerse según lo especificado en la norma NTC 273.
- La clasificación de madera aserrada para la construcción, sus dimensiones y defectos admisibles se harán de acuerdo con lo estipulado en la norma NTC 1646.

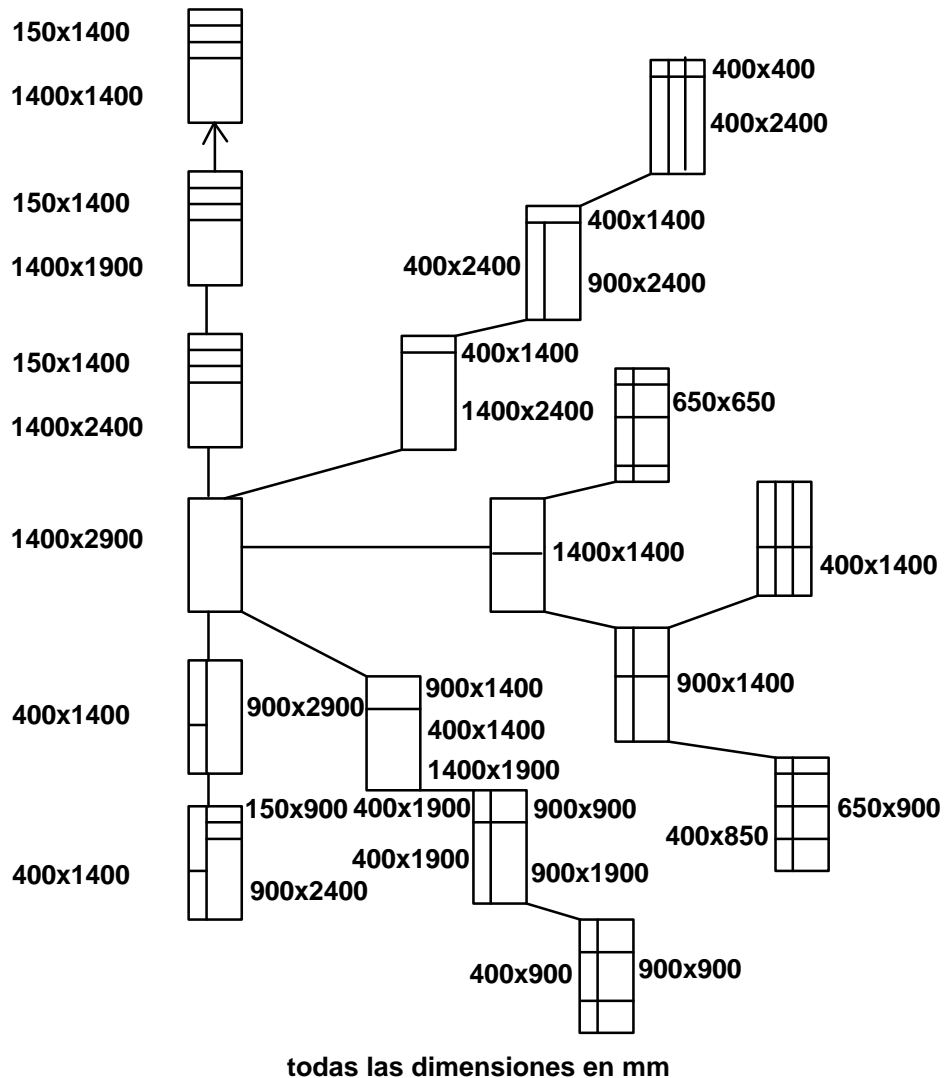


Figura G.10-1 - Obtención de secciones preferenciales
(Tomado del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino)



CAPITULO G.11 PREPARACION, FABRICACION, CONSTRUCCION, MONTAJE Y MANTENIMIENTO

G.11.1 – GENERALIDADES

G.11.1.1 - Todas las labores relativas a la preparación del material, fabricación, transporte e instalación de los elementos de madera, incluyendo sus uniones, deberá regirse por prácticas normalmente aceptadas por la Ingeniería y la Arquitectura y por los requerimientos de este Reglamento.

G.11.2 - PROCESOS DE PREPARACION

G.11.2.1 - SECADO DE LA MADERA - Toda madera destinada a la construcción deberá secarse hasta un CH% lo más próximo posible al contenido de humedad de equilibrio con el medio ambiente en el cual va a quedar instalada.

- (a) Para usos específicos en contacto permanente con el suelo o bajo agua, no habrá necesidad de secar la madera, a menos que deba ser previamente inmunizada. De la misma manera, madera estructural para vigas de sección transversal superior a 0.04 m² podrá instalarse en estado verde o simplemente semiseca.
- (b) Aquellas maderas destinadas a productos machihembrados, moldurados, pisos de parqué, puertas, ventanas y similares deberán secarse con 1% a 2% por debajo de la humedad de equilibrio del lugar de uso.
- (c) Las demás maderas para uso estructural o aplicaciones interiores en la construcción, tendrán que secarse hasta un CH% próximo a la humedad de equilibrio del medio ambiente de su destino final.
- (d) Las maderas destinadas a la construcción podrán secarse por dos sistemas comunes en la industria: secado natural y secado por medios artificiales.
- (e) El secado al aire se desarrollará mediante la exposición de la madera a la acción del medio ambiente. Este proceso se deberá realizar en patios o cubiertas con buena aireación, con prácticas de apilado apropiadas y bajo medidas de seguridad que eviten el deterioro por la acción del clima, agentes biológicos u otras causas.
- (f) Cuando el contenido de humedad deseado sea inferior al contenido de humedad de equilibrio con el medio ambiente del lugar o cuando se requiera madera seca en el menor tiempo posible, se deberán utilizar métodos artificiales de secado.
- (g) El método artificial más aconsejable será en hornos o cámaras de secado mediante la aplicación de temperatura, humedad y ventilación diferentes a las naturales.
- (h) En general, los procesos de secado deberán ajustarse a las especificaciones y recomendaciones del manual de secado publicado por la Junta del Acuerdo de Cartagena (PADT REFORT).
- (i) En el secado artificial en hornos se deberán tener en cuenta las siguientes recomendaciones de carácter general:
 - Los secamientos se deberán efectuar mediante un horario o programa de secado, según lo determine quien lleve a cabo el proceso, aplicable a cada especie y espesor de madera.
 - Durante el proceso de secado y al final del mismo, se deberán llevar a cabo pruebas de control de secado y defectos por tensiones. Dichas pruebas consistirán en el "contenido de humedad estratificado" y la "prueba de tenedor". Mediante tales pruebas se podrá garantizar un secado libre de defectos y tensiones que puedan afectar la madera durante procesos ulteriores o en uso.

- (j) Otro método de secado aplicable será el secado por deshumectadores, que utiliza recintos cerrados pero temperaturas no tan altas como el secado en hornos.
- (k) En circunstancias especiales se podrán utilizar otros métodos de secado artificial tales como secado al vacío, por alta frecuencia o secado en solventes orgánicos.
- (l) La comprobación del contenido de humedad en el comercio de madera para construcción se podrá hacer mediante el uso del xilohigómetro o medidor eléctrico de humedad.
- (m) En el manual de diseño para maderas del Grupo Andino de la Junta del Acuerdo de Cartagena se encuentra a manera de información una tabla con datos sobre el comportamiento del secado de maderas aptas para construcción, así como una descripción gráfica de los defectos de secado más comunes (tabla 2.3 y figura 2.7 de la publicación citada).

G.11.2.2 - PRESERVACION DE LA MADERA - Se entiende por preservación o inmunización de la madera el proceso mediante el cual se aplica un producto químico capaz de protegerla contra el ataque de hongos, insectos o taladradores marinos.

- (a) Los productos químicos que se podrán utilizar son los especificados en las normas NTC 1764, NTC 1767, NTC 1854 y NTC 2247, consistentes en productos inorgánicos oleosolubles. Al utilizar los productos mencionados se deberán cumplir los requisitos establecidos en las normas ICONTEC correspondientes.
- (b) Toda madera antes de someterse a un proceso de inmunización deberá prepararse apropiadamente. Dicha preparación consistirá en una o varias de las siguientes acciones:
 - Descortezado - Especialmente de madera que se va a utilizar en forma rolliza como postes, pilotes, etc.
 - Secado - Según el proceso de inmunización el contenido de humedad es distinto pero en cada caso deberá ajustarse a las especificaciones técnicas del proceso.
 - Incisionado - Maderas aserradas o rollizas de alta densidad o muy impermeables deberán incisionarse para asegurar una penetración más profunda y homogénea de la sustancia inmunizante.
 - El dimensionamiento final y las operaciones de cajado, perforaciones o trabajos similares deberán realizarse antes del proceso de preservación. Si por fuerza mayor debiera hacerse algún corte o taladrado posteriormente al tratamiento se deberá preestablecer la capa protectora mediante pastas preservadoras o similares.
- (c) Según los requerimientos de protección, el uso de la madera y las características de ella, se aceptarán dos métodos de preservación: tratamiento sin presión y tratamiento a presión.
- (d) Los tratamientos sin presión más aceptables son: aplicación con brocha, pulverización o aspersion, inmersión, baño caliente y frío, difusión y doble difusión.
- (e) Los tratamientos a presión aceptables son: a célula llena y a célula vacía.
- (f) Las maderas preservadas mediante procesos a presión deberán cumplir con la norma NTC 2083, en cuanto a los requisitos de penetración y retención neta de acuerdo con las condiciones de uso.
- (g) Los ensayos para determinar la penetración y retención de la sustancia inmunizante deberán ajustarse a las especificaciones de las normas NTC 1093 y NTC 1157 respectivamente.
- (h) La toma de muestras para los ensayos mencionados deberá seguir los procedimientos de la norma NTC 1822.
- (i) La evaluación del valor fungicida de los preservativos para madera se hará según la norma NTC 1128 (ASTM D 1413).
- (j) La efectividad de los preservativos en condiciones normales de uso de la madera inmunizada se podrá evaluar mediante la norma NTC 794.

- (k) La terminología más usual relacionada con los materiales y procedimientos de preservación será aquella establecida en la norma NTC 1149.
- (l) Algunas maderas no requerirán tratamientos inmunizantes debido a las condiciones de uso o a su propia durabilidad natural. La durabilidad natural o resistencia natural de las maderas a la pudrición podrá evaluarse en forma acelerada mediante el método descrito en la norma NTC 1127.
- (m) Toda madera inmunizada deberá manipularse con cuidado para evitar daños de la parte tratada.
- (n) Las inmunizadoras deberán indicar al cliente la siguiente información mínima:
 - Tipo de tratamiento utilizado.
 - Tipo de inmunizante.
 - Penetración.
 - Retención.
 - Garantía otorgada según uso.
 - Precauciones y recomendaciones de uso.

G.11.2.3 - LOS TRATAMIENTOS IGNIFUGOS - La aplicación de materiales retardantes del fuego o ignífugos, retardarán la combustibilidad de la madera y la velocidad de propagación de la llama. Se podrán utilizar dos métodos.

- (a) **Método de impregnación mediante el tratamiento en autoclave por vacío - Presión** - Se deberán aplicar entre 40 kg y 80 kg de sal seca por m³ de madera, a presiones entre 1.8 MPa y 7.0 MPa. Después del tratamiento se deberá secar la madera y hacer el control de calidad en conformidad con las normas NTC. Las sales que se podrán utilizar son: fosfato, monoamónico y diamónico, sulfato de amonio, cloruro de zinc, tetraborato de sodio y ácido bórico.
- (b) **Método de recubrimiento** - Consiste en la aplicación de revestimientos en forma de pinturas. Estas podrán ser a base de silicatos solubles en agua, resinas de urea, carbohidratos, alginatos y emulsiones polivinílicas. Las aplicaciones deberán hacerse en capas gruesas con un rendimiento máximo entre 2642 kg/m³ (10 kg/galón) y 4491 kg/m³ (17 kg/galón).

G.11.3 – FABRICACION

G.11.3.1 - MATERIALES - Desde el punto de vista de requisitos físicos, las piezas de madera utilizadas deben estar libres de hongos y putrefacción. Así mismo no debe tener nudos ni roturas que disminuyan su resistencia.

- (a) Toda madera que no sea naturalmente durable deberá ser preservada de acuerdo con las normas establecidas en este Reglamento.
- (b) Se deberá usar madera seca con un contenido de humedad inferior al 19%.
- (c) Las maderas contrachapadas y las láminas de madera aglomerada deben cumplir con las características especificadas en el diseño.
- (d) Los elementos metálicos de las uniones deberán llevar pintura anticorrosiva o en su defecto protección de zincado, si así se especifica en el diseño.

G.11.3.2 - DIMENSIONES - Las piezas de madera deben tener las secciones y longitudes especificadas en los planos de taller.

- (a) Las maderas precortadas, las partes prefabricadas o de los elementos que se corten en obra, deben tener las dimensiones y escuadrías especificadas en el diseño.
- (b) Las perforaciones y cajas que se ejecuten en las piezas de madera no deben menoscabar su resistencia estructural.

G.11.3.3 - TOLERANCIAS - Las imprecisiones en el corte y ensamblaje de elementos prefabricados coplanares, se limitará a dos uniones por elemento estructural con una abertura promedio máxima de 1.6 mm en el centro del área de contacto. Las máximas tolerancias en las demás juntas del mismo elemento serán la mitad de este valor. La apertura de todas las uniones en elementos estructurales en servicio se limitará a 3.2 mm.

G.11.3.4 - IDENTIFICACION - Todo elemento estructural deberá llevar una identificación visible que coincida con la señalada en los planos de taller y de montaje.

G.11.3.5 - TRANSPORTE - Para el transporte de elementos estructurales de madera se emplearán vehículos de la capacidad y dimensiones apropiadas a cada caso. Tales vehículos deberán estar preferiblemente carpados y dispondrán de carrocería y estacas de fijación que garanticen la inmovilidad de la carga durante el viaje.

Se evitará que los elementos estructurales sobresalgan de la carrocería, pero si tal es el caso, deberán zuncharse de una manera adecuada. Adicionalmente se deberán cumplir las normas establecidas por la autoridad competente.

G.11.4 – CONSTRUCCION

G.11.4.1 - OBJETIVOS - En esta sección se dan recomendaciones de construcción para las edificaciones de madera y se fijan requisitos de diseño que aseguren el buen comportamiento de las mismas.

G.11.4.2 - LIMPIEZA DEL TERRENO - El terreno debe limpiarse de todo material vegetal y deben realizarse los drenajes necesarios para asegurar una mínima incidencia de la humedad.

G.11.4.3 - CIMENTACION - Las obras de cimentación deben realizarse de acuerdo con las pautas estructurales y según las características de resistencia del suelo.

G.11.4.4 - PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD - Por ser higroscópica y porosa, la madera absorbe agua en forma líquida o de vapor. Si la humedad se acumula en la madera afecta sus propiedades mecánicas, se convierte en conductora de electricidad y sobre todo, queda propensa a la putrefacción y al ataque de hongos. La madera puede humedecerse por acción capilar, por lluvia o por condensación.

- (a) La madera en contacto con el suelo o con alto riesgo de humedad debe ser preservada según lo establecido en G.12.2.2.
- (b) Toda la madera, estructural o no, expuesta a la acción directa de la lluvia debe protegerse con sustancias hidrófugas o con superficies impermeables.
- (c) Todo elemento estructural expuesto a la intemperie debe apoyarse sobre zócalos o pedestales de cemento o metálicos de tal forma que no permanezcan en contacto con el agua apozada y debe ser protegido lo mismo que los elementos de madera de recubrimiento de muros exteriores, por medio de aleros y deflectores.
- (d) Para prevenir la condensación es necesario evitar los espacios sin ventilación, especialmente en climas húmedos. En aquellos ambientes que por su uso estén expuestos al vapor, como baños y cocinas, además de suficiente ventilación, deben protegerse las superficies expuestas con recubrimientos impermeables.

G.11.4.5 - PROTECCION CONTRA LOS HONGOS - Los hongos que atacan la madera son organismos parásitos de origen vegetal que se alimentan de las células que la componen desintegrándola. Se producen sobre la madera húmeda bajo ciertas condiciones de temperatura, por esporas traídas a través del aire o por el contacto directo con otros hongos. La protección de la madera debe comenzar, por lo tanto, desde que se corta.

- (a) Debe especificarse madera que haya sido almacenada en condiciones de mínima humedad y que haya sido tratada con fumigantes durante el apilado.
- (b) Debe desecharse la utilización de madera con muestras de putrefacción y hongos.
- (c) La degradación de la madera causada por los hongos podrá evitarse si se utiliza con contenidos de humedad (CH%) menores a 18%. Se deberán tratar con sustancias preservantes, especialmente aquellas maderas con una baja durabilidad natural y la madera de albura de todas las especies.
- (d) Debe evitarse el uso de clavos y otros elementos metálicos que atraviesen la madera en las caras expuestas a la lluvia, salvo que se sellen las aberturas. Se recomienda el uso de clavos galvanizados.

G.11.4.6 - PROTECCION CONTRA INSECTOS - La madera puede ser atacada, especialmente en climas húmedos y cálidos, por insectos que perforan su estructura en busca de nutrientes. Entre estos insectos están las termitas subterráneas, los gorgojos y los comejenes.

- (a) En zonas donde existan termitas subterráneas deben eliminarse los restos orgánicos alrededor de la construcción y establecerse barreras de tierra tratada con insecticidas hasta la profundidad de la cimentación.
- (b) Donde existan termitas subterráneas y aladas deben colocarse barreras o escudos metálicos sobre las superficies de la cimentación en forma completamente continua.
- (c) Donde el riesgo de ataque de insectos sea alto debe tratarse la madera de la construcción con los métodos descritos en G.1.2.2.

G.11.4.7 - PROTECCION CONTRA EL FUEGO - Para el diseño debe tenerse en cuenta que la madera es un elemento combustible que se inflama a una temperatura aproximada de 270°C, aunque algunas sustancias impregnantes o de recubrimiento pueden acelerar o retardar el proceso. Las siguientes medidas contribuyen a proteger las edificaciones de madera contra el fuego.

- (a) No deben utilizarse elementos de calefacción que aumenten peligrosamente la temperatura de los ambientes.
- (b) Las paredes próximas a fuentes de calor deben aislarse con materiales incombustibles.
- (c) Las edificaciones adyacentes construidas con madera deben separarse como mínimo 1.20 m entre sus partes salientes. Si la distancia es menor, los muros no deben tener aberturas y su superficie estará recubierta de materiales incombustibles con una resistencia mínima de 1 hora de exposición. Si están unidas, el paramento común debe separarse con un muro cortafuego de material incombustible. Este muro debe sobresalir en la parte superior por lo menos 0.50 m y en los extremos por lo menos un metro medidos a partir de los sitios que más sobresalgan de las construcciones colindantes. La estabilidad de este muro no debe sufrir con el colapso de la construcción incendiada.
- (d) Las piezas estructurales básicas deben sobredimensionarse 3 mm en su espesor, en la cara más expuesta.
- (e) Deben evitarse acabados que aceleren el desarrollo del fuego, tales como lacas y barnices oleosolubles.
- (f) En el diseño de las instalaciones eléctricas debe tenerse en cuenta, además de las recomendaciones de G.11.4.9, un claro y fácil acceso a los tableros de cortacircuitos y de control.
- (g) En edificaciones de uso comunitario: escuelas, centros de salud, oficinas, comercios, hoteles, etc., por su tamaño y dada la gran velocidad de propagación del fuego en las edificaciones de madera, se deben considerar las siguientes recomendaciones:
 - Acceso rápido y señalizado a las fuentes más probables de incendio.
 - Distribución de extinguidores según las recomendaciones de expertos en combatir incendios.
 - Salidas de escape suficientes, de fácil acceso y claramente señalizadas.
 - En las edificaciones de varios pisos deben proveerse escaleras exteriores de escape.
 - Sistemas automáticos de detección, ya sea por humo o calor.
- (h) Los depósitos para el combustible de estufas y calentadores deben localizarse fuera de las edificaciones y deben rodearse de materiales incombustibles o retardadores del fuego.

G.11.4.8 - PROTECCION CONTRA SISMOS - Para lograr que las construcciones de madera tengan una adecuada protección contra sismos es preciso que:

- (a) Las estructuras de madera cumplan los requisitos establecidos en los títulos pertinentes de este Reglamento.
- (b) El diseño arquitectónico cumpla los siguientes requisitos de carácter estructural:

- Que todos los elementos de la construcción estén debidamente unidos entre sí y la estructura anclada a la cimentación.
 - Que la distribución de los muros en planta sea tal que la longitud de éstos en cada dirección permita resistir los esfuerzos producidos por el sismo.
 - Que la cubierta no sea muy pesada con relación al resto de la estructura.
- (c) Los elementos de las instalaciones de agua y desagüe se fijen a la construcción con soportes que eviten la rotura de los mismos durante los movimientos sísmicos.
- (d) Las uniones de conexión a las redes públicas se hagan por medio de empalmes que permitan movimiento sin romperse.
- (e) Las edificaciones de dos o más volúmenes se comporten independientemente en caso de sismo.

G.11.4.9 - INSTALACIONES ELECTRICAS - La instalación eléctrica de una construcción de madera debe cumplir con los requisitos generales exigidos por las empresas locales de suministro de energía. La instalación eléctrica deberá tener capacidad para entregar sin sobrecarga la energía eléctrica necesaria para el alumbrado y otros equipos instalados en la construcción.

G.11.4.9.1 - Conductores, cajas, tomacorrientes, interruptores y puntos de iluminación - Todos los cables y alambres eléctricos deben conducirse por entre tuberías metálicas o de plástico, flexibles o rígidas, unidas por cajas metálicas o plásticas.

- (a) El diseño y ejecución de la instalación eléctrica deberá tener en cuenta el sistema constructivo con el fin de permitir una correcta fijación de tuberías, cajas y aparatos.
- (b) Las perforaciones y cajas que sean necesarias practicar en los elementos estructurales no deben comprometer su resistencia.
- (c) Debe tenerse especial cuidado de que la instalación eléctrica no sea perforada o interrumpida por clavos que atraviesen los paneles y entramados.
- (d) En caso de utilizarse a la vista, éstas deben fijarse a los elementos estructurales.
- (e) Toda instalación eléctrica, interna o a la vista, debe quedar protegida de la lluvia y la humedad.

G.11.4.9.2 - Circuitos - Los circuitos eléctricos deben llevar alambres y cables con capacidad de conducción suficiente para no sufrir sobrecargas.

- (a) Cada circuito debe tener un interruptor de protección automático y además debe existir un interruptor general para todos los circuitos.
- (b) Las cocinas, los calentadores y todos aquellos equipos que consuman gran cantidad de energía deben tener un circuito independiente cada uno, con cableado y cortacircuito de capacidad apropiada.
- (c) En las instalaciones eléctricas de construcciones en madera es indispensable mantener continuidad en la masa, ya sea utilizando tubería o cajas metálicas o un cable desnudo a través de toda la instalación. Esta masa debe llevarse a tierra por medio de una barra metálica enterrada.

G.11.4.10 - INSTALACIONES SANITARIAS - Las instalaciones sanitarias deberán cumplir los reglamentos de construcción vigentes. El diseño de las redes de agua y desagüe deberá tener en cuenta el sistema constructivo y estructural. Se tendrá cuidado de no debilitar las secciones de madera estructural con las perforaciones y cajas necesarias para el paso de las tuberías.

G.11.4.10.1 - Tuberías, aparatos y desagües - Pueden emplearse tuberías metálicas o plásticas. Para el caso de tuberías plástica, deberá usarse la calidad apropiada tanto para agua fría como para agua caliente. Las tuberías deberán fijarse convenientemente a la edificación, para evitar vibraciones que puedan romperlas o producir ruidos molestos. Los aparatos sanitarios deben ser apropiados para ser fijados a las paredes de madera. Será necesario proveer en las estructuras y en los entramados los sitios de fijación de los aparatos, reforzándolos para el efecto. Las tuberías para suministro de agua y desagüe no deben servir de apoyo. Para

los desagües podrán utilizarse tuberías metálicas, plásticas o de asbesto cemento que resistan las vibraciones y los cambios dimensionales naturales en las construcciones con madera y deben fijarse a la estructura en forma tal que las vibraciones y dilataciones no las deterioren. Los puntos de empate a las redes externas de los elementos de agua y desagüe deben estar protegidos contra el efecto de los sismos cuando así lo requiere el Título A del Reglamento.

G.11.5 – MONTAJE

G.11.5.1 - GENERALIDADES - Las recomendaciones aquí incluidas deben considerarse como mínimas para el montaje de estructuras de madera. Adicionalmente el constructor o el montador de las estructuras aplicarán las normas de la buena práctica constructiva para evitar accidentes y daños.

G.11.5.2 - PERSONAL - La entidad responsable del montaje se asegurará que los carpinteros armadores tengan suficiente experiencia, sean dirigidos por un capataz responsable e idóneo y disponga del equipo y herramientas adecuadas. Todo personal que participe en la operación de montaje deberá estar asegurado por una póliza que lo ampare por accidentes, invalidez y muerte.

G.11.5.3 - PLANOS DE MONTAJE - Los carpinteros armadores dispondrán de planos que contengan las indicaciones sobre izaje y ubicación de elementos estructurales, secuencia del armado, arriostamiento definitivo y precauciones especiales.

G.11.5.4 - SUMINISTRO POR LA OBRA - El constructor dará al armador de la estructura los ejes y cotas para el montaje. Igualmente entregará listas las bases y anclajes en la estructura de concreto, hará los resanes y suministrará fuerza eléctrica, andamios completos, espacio de almacenamiento, campamento, vigilancia y vías de acceso.

G.11.5.5 - CARGUE Y DESCARGUE - Las operaciones de cargue y descargue de elementos estructurales deberá hacerse de tal manera que no se introduzcan esfuerzos indeseables o daños en las superficies y aristas de los mismos. Las operaciones de izado de elementos estructurales se efectúan con grúas; deberá disponerse de aparejos y estobos apropiados, y el diseñador indicará en los planos de montaje los puntos de agarre.

G.11.5.6 - ALMACENAMIENTO - Las piezas de madera, vigas, cerchas, paneles prefabricados, etc., deben apilarse durante el transporte, y almacenarse en forma tal que no estén sometidos a esfuerzos para los que no hayan sido diseñados, los cuales pueden producir roturas y/o deformaciones permanentes.

- (a) Las piezas y las estructuras de madera deben mantenerse cubiertas de la lluvia, bien ventiladas y protegidas de la humedad y del sol.
- (b) Se recomienda almacenar los elementos estructurales sobre superficies niveladas, provistas de maderas separadas por distancias cortas de tal manera que la humedad del suelo no los afecte. Las pilas deben tener una estabilidad adecuada.
- (c) Los patios de almacenamiento deberán quedar lo mas cerca posible al sitio de montaje y en la obra deberán tener área e iluminación suficientes para permitir el manipuleo cómodo y seguro de los elementos estructurales.

G.11.5.7 - ANCLAJES, ARRIOSTRAMIENTOS Y EMPALMES - Todos los miembros y elementos estructurales deberán estar anclados, arriostrados, empalmados e instalados de tal forma que garanticen la resistencia y rigidez necesarias para cumplir con los propósitos del diseño. El personal a cargo de estas labores deberá poseer la preparación y experiencia necesarias, de acuerdo con la calificación establecida por el constructor responsable de la obra.

G.11.5.7.1 - Anclajes - Los anclajes de la estructura a la cimentación deben ejecutarse de acuerdo con el diseño estructural.

G.11.5.7.2 - Arriostamiento temporal - El objetivo del arriostamiento temporal es el de garantizar un adecuado soporte a los elementos en el plano perpendicular, con el fin de mantenerlos en la posición señalada en los planos y que puedan resistir las fuerzas sísmicas y de viento durante la construcción. El arriostamiento temporal es responsabilidad del armador de la estructura.

- (a) El apuntalado y arriostramiento temporales deben hacerse con puntales y listones de suficiente calidad estructural y no deben removerse hasta que la estructura esté aplomada, nivelada, asegurada y arriostrada definitivamente en el lugar que le corresponde.
- (b) Como es práctica normal amarrar todas las estructuras entre sí, es muy importante asegurarse de que el primer elemento este bien soportado y aplomado.
- (c) En el caso de cerchas y pórticos no se recomienda el uso de espaciadores cortos entre los elementos estructurales; en su lugar deben emplearse piezas de madera largas, colocadas diagonalmente y clavadas a varios elementos con la separación definitiva.
- (d) Debe prestarse atención especial al arriostramiento temporal de las cerchas en el plano determinado por el cordón superior y a las vigas de cordones paralelos.

G.11.5.7.3 - Cortes y cajas - El montador de las estructuras de madera no deberá efectuar cajas, disminuciones de la sección o cortes no autorizados por el diseñador de la misma.

G.11.5.8 - NORMAS DE SEGURIDAD - Si algunas partes de la estructura que se está montando se utilizan como base para andamios se deben apoyar en sitios suficientemente resistentes.

- (a) No debe dejarse ningún tornillo sin tuerca y arandela, ningún tornillo goloso debe sobresalir y a todo clavo que sobresalga se le debe doblar la punta.
- (b) Durante el montaje deben respetarse las normas de seguridad del personal y emplearse los equipos de protección necesarios.

G.11.6 – MANTENIMIENTO

G.11.6.1 - GENERALIDADES - Toda edificación de madera aunque esté bien construida requerirá revisiones, ajustes y reparaciones a lo largo de su permanencia. Al poco tiempo de construida probablemente será necesario arreglar fisuras en las uniones de las maderas y desajustes en puertas y ventanas debidos al asentamiento en el terreno y al acomodo de la madera a la humedad del ambiente. Posteriormente será necesario efectuar revisiones periódicas y ejecutar los arreglos necesarios.

- (a) Reclavar los elementos que por la contracción de la madera debido a vibraciones o por cualquier otra razón se hayan desajustado.
- (b) Si se encuentran roturas, deformaciones o podredumbres en las piezas estructurales dar aviso al constructor.
- (c) Repintar las superficies deterioradas por efectos del viento y del sol.
- (d) Si la madera ha sido tratada con inmunizantes colocados con brocha, aplicar un nuevo tratamiento con la periodicidad y las precauciones que recomienda el fabricante del producto que se use.
- (e) Revisar los sistemas utilizados para evitar las termitas aéreas y subterráneas (véase G.11.4.6).
- (f) Fumigar por lo menos una vez al año para evitar la presencia de insectos domésticos y ratas.
- (g) Mantener las ventilaciones de áticos y sobrecimientos sin obstrucciones.
- (h) Inspeccionar posibles humedades que puedan propiciar la formación de hongos y eliminar sus causas.
- (i) Limpiar y si es necesario, arreglar canales y desagües de los techos.
- (j) Verificar la integridad de la instalación eléctrica.
- (k) Donde existan sistemas especiales de protección contra incendios, verificarlos (véase G.11.4.7).
- (l) En caso de construcciones sobre pilotes, revisar el apoyo homogéneo de la estructura, su nivelación y estado.



APENDICE G-A

LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION

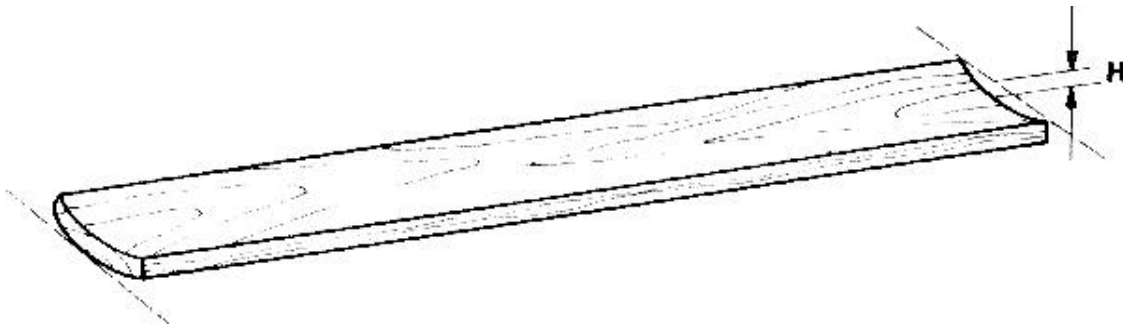
G-A.1 - NORMA DE CLASIFICACION VISUAL

La norma de clasificación visual por defectos PADT - REFORT que se presenta a continuación está destinada a la clasificación de madera aserrada para uso estructural. Todas las piezas que satisfagan la mencionada regla clasifican como madera estructural y todas las propiedades resistentes y elásticas asignadas a las especies agrupadas en grupos resistentes son aplicables sin otras restricciones que las tolerancias en dimensiones para la habilitación y fabricación de componentes.

G-A.1.1 - ALABEO - Es la deformación que puede experimentar una pieza de madera por la curvatura de sus ejes longitudinal, transversal o de ambos.

Se consideran:

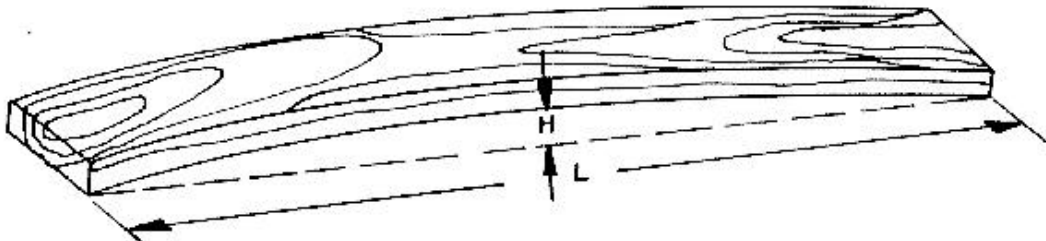
- a) **Abarquillado** - Es el alabeo de las piezas cuando las aristas o bordes longitudinales no se encuentran al mismo nivel que la zona central.



Reconocimiento - Al colocar la pieza de madera sobre una superficie plana apoyará la parte central de la cara quedando levantados los cantos, presentando un aspecto cóncavo o de barquillo.

Tolerancia - Se permiten en forma leve, no mayor de 1% del ancho de la pieza.

- b) **Arqueadura** - Es el alabeo o curvatura a lo largo de la cara de la pieza.

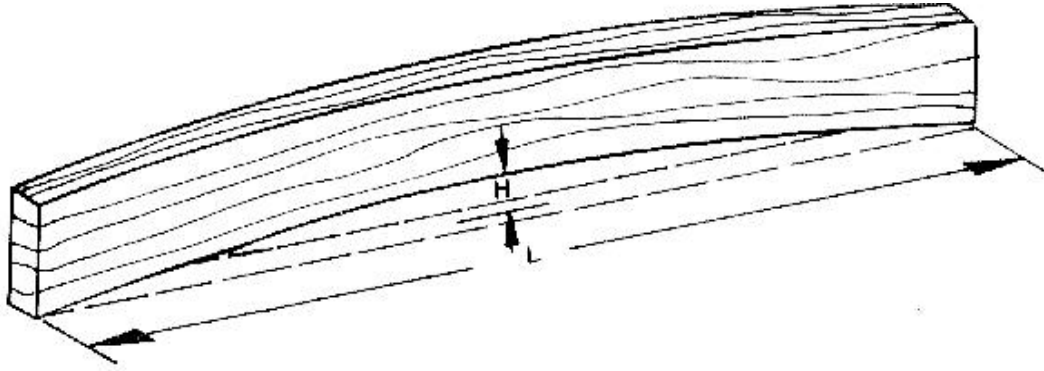


Reconocimiento - Al colocar la pieza sobre una superficie plana se observará una luz o separación entre la cara de la pieza de madera y la superficie del apoyo.

Tolerancia - Se permite 10 mm por cada 3 m de longitud o su equivalencia:

$$\frac{H}{L} < 0.33\%$$

c) **Encorvadura** - Es el alabeo o curvatura a lo largo del canto de la pieza.

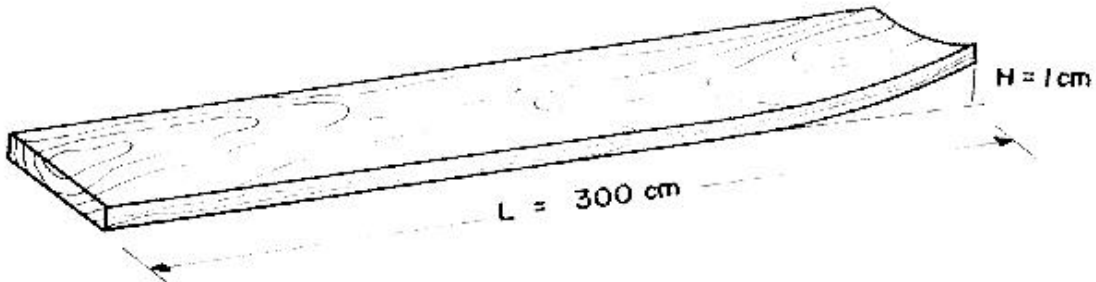


Reconocimiento - Al colocar la pieza sobre una superficie plana se observará una luz o separación entre el canto de la pieza de madera y la superficie de apoyo. Se ubicará el lugar de mayor distanciamiento para ser medido.

Tolerancia - Se permite 10 mm por cada 3 m de longitud o su equivalente:

$$\frac{H}{L} < 0.33\%$$

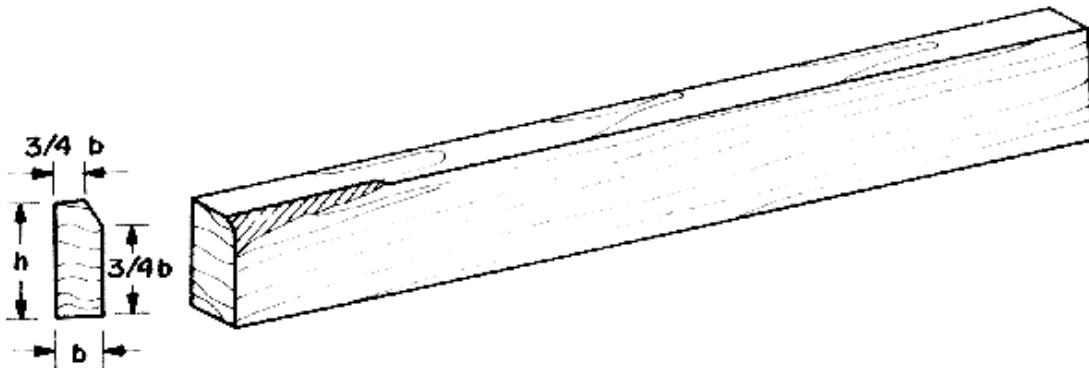
d) **Torcedura** - Es el alabeo que se presenta cuando las esquinas de una pieza de madera no se encuentran en el mismo plano.



Reconocimiento - Al colocar la pieza sobre una superficie plana se observará el levantamiento de una o más aristas en diferentes secciones.

Tolerancia - Se permite solamente cuando este defecto se presenta en forma muy leve y en una sola arista. Se permite 10 mm de alabeo para una pieza de 3 m de longitud.

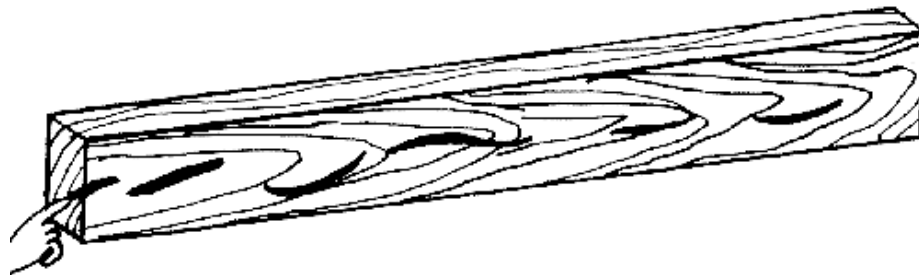
G-A.1.2 - ARISTA FALTANTE



Reconocimiento - Es la falta de madera en una o más aristas de la pieza.

Tolerancia - Se permite en una sola arista. Las dimensiones de la cara y el canto donde falta la arista deberán ser por lo menos los tres cuartos de las respectivas dimensiones de la sección completa. Se deberá verificar el esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras, de acuerdo con los requisitos de este Reglamento.

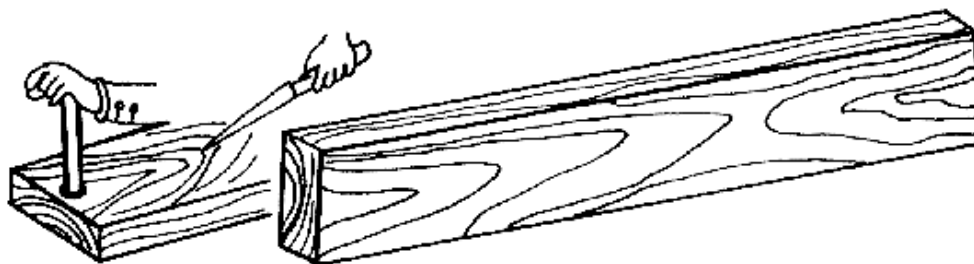
G-A.1.3 - DURAMEN QUEBRADIZO - Es la parte más interior del leño, generalmente de color más oscuro y de mayor durabilidad que la albura, aunque no está siempre nítidamente diferenciado de ella. Constituye normalmente la mayor proporción del centro del tronco.



Reconocimiento - Porción de madera en una zona de aproximadamente 100 mm de diámetro adyacente a la médula caracterizada por una fragilidad anormal. Se presenta en forma de grietas de media luna. Es más frecuente en árboles viejos y puede presentar deterioro.

Tolerancia - Ninguna. No se permite.

G-A.1.4 - ESCAMADURA O ACEBOLLADURA - Es la separación del leño entre dos anillos de crecimiento consecutivos.



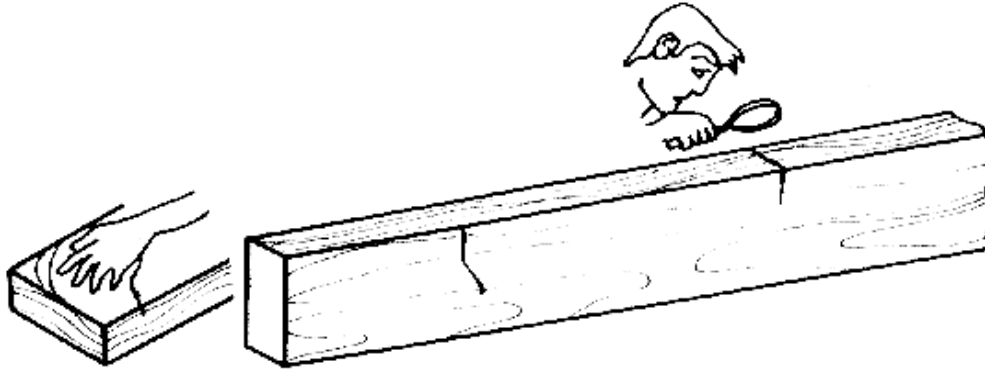
Reconocimiento - Se observan como escamas superficiales en las caras tangenciales de una pieza de madera.

Tolerancia - No se permite en las aristas. Se permite en las caras si es paralela al eje de la pieza, de una profundidad menor a un décimo del espesor y una longitud no mayor de un cuarto de la longitud total. Se deberá verificar el esfuerzo cortante de acuerdo con los requisitos de este Reglamento.

G-A.1.5 - FALLAS DE COMPRESION - Es la deformación y rotura de las fibras de la madera como resultado de compresión o flexión excesiva en árboles en pie causados por su propio peso, o por acción del viento. Pueden producirse además durante las operaciones de corte y apeo de los árboles o por un mal apilado de la madera aserrada.

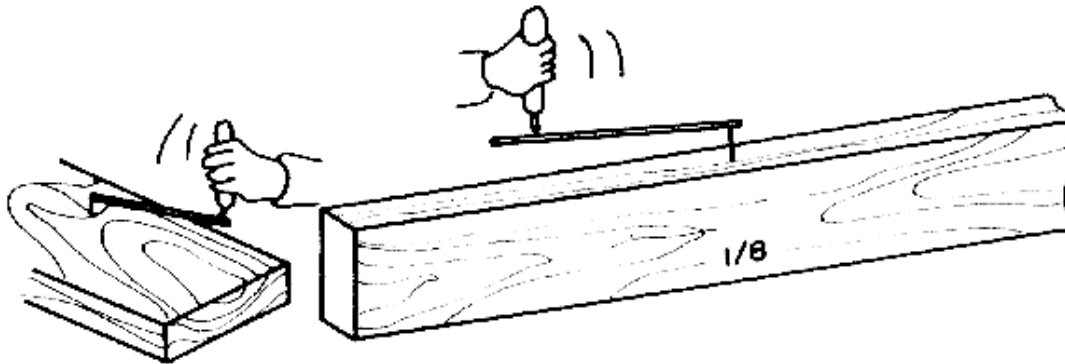
Reconocimiento - Se observan en las superficies bien cepilladas de una pieza como arrugas finas perpendiculares al grano. Estas fallas originan zonas con muy poca o ninguna capacidad mecánica, por lo

que su correcta identificación es fundamental para la seguridad de la estructura. Se presenta en árboles que tienen el tallo y fuste muy ahusado o cónico.



Tolerancia - Ninguna. No se permiten.

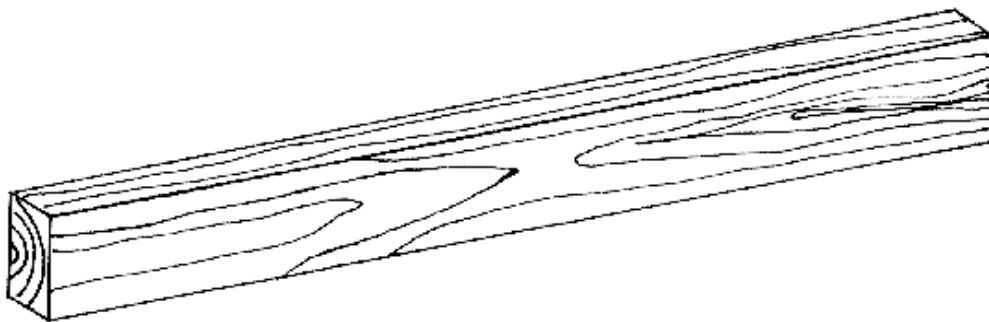
G-A.1.6 - GRANO INCLINADO - Es la desviación angular de las fibras de la madera con relación al eje longitudinal de la pieza.



Reconocimiento - Es la desviación angular que presenta el grano con respecto al eje longitudinal de la pieza. Es necesario hacer uso repetido del detector del grano sobre las caras y cantos de la pieza.

Tolerancia - Se permite en cara o canto hasta un máximo de 1/8 de inclinación.

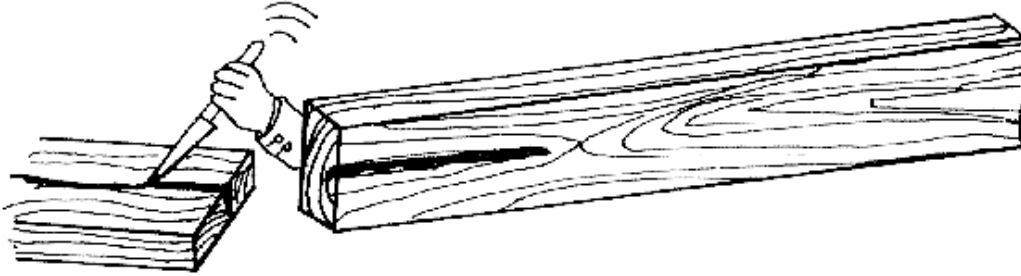
G-A.1.7 - GRIETA - Es la separación de los elementos de la madera en dirección radial y longitudinal que no alcanza a afectar dos caras de una pieza, o dos puntos opuestos de la superficie de una madera rolliza.



Reconocimiento - Se observan como separaciones discontinuas y superficiales, de aproximadamente 1 mm de separación y 2 mm a 3 mm de profundidad. Este defecto se produce durante el proceso de secado.

Tolerancia - Se permite moderadamente. La suma de sus profundidades, medidas desde ambos lados, no debe exceder un cuarto del espesor de la pieza. Se deberá verificar el esfuerzo cortante de acuerdo con los requisitos de este Reglamento.

G-A.1.8 - MEDULA - Es la parte central del duramen constituida esencialmente por parénquima, tejido generalmente blando o células muertas.



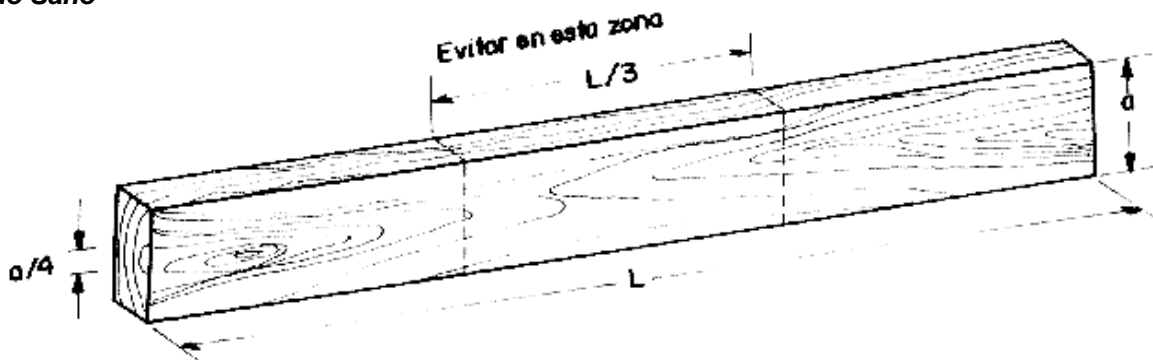
Reconocimiento - Es la pequeña zona de tejido esponjoso situada en el centro del duramen. Es susceptible al ataque de hongos e insectos.

Tolerancia - No se permite.

G-A.1.9 - NUDO - Es el área de tejido leñoso, resultante del rastro dejado por el desarrollo de una rama, cuyas características organolépticas y propiedades son diferentes a la madera circundante.

Se consideran:

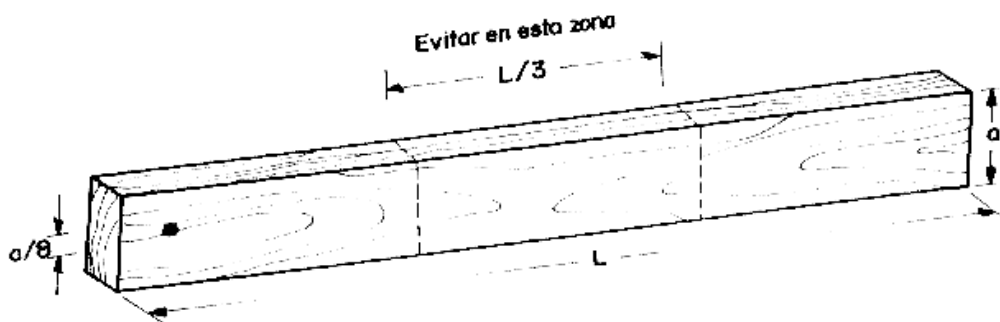
a) **Nudo Sano**



Reconocimiento - Es la 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.

Tolerancia - Se permiten hasta un diámetro de 1/4 del ancho de la cara, con un máximo de 40 mm y con un distanciamiento entre nudos mayor de 1 m.

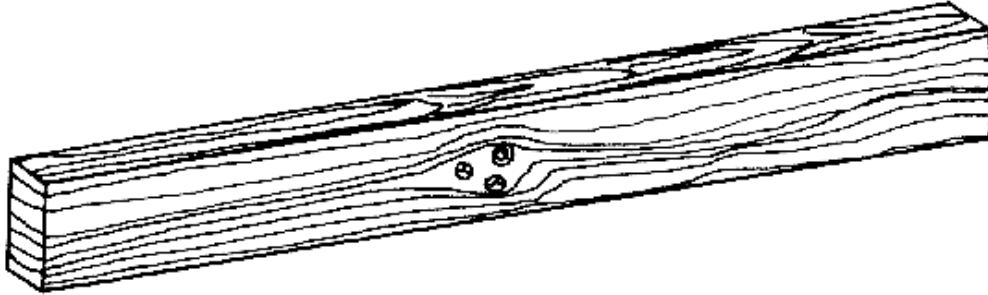
b) **Nudo Hueco**



Reconocimiento - Son los espacios huecos dejados por los nudos al desprenderse de la madera. A los nudos sueltos o con deterioro se les debe considerar como nudos huecos.

Tolerancia - Se permite hasta un diámetro de 1/8 del ancho de la cara y hasta un máximo de 20 mm. Evitarlos en cantos sometidos a tensión.

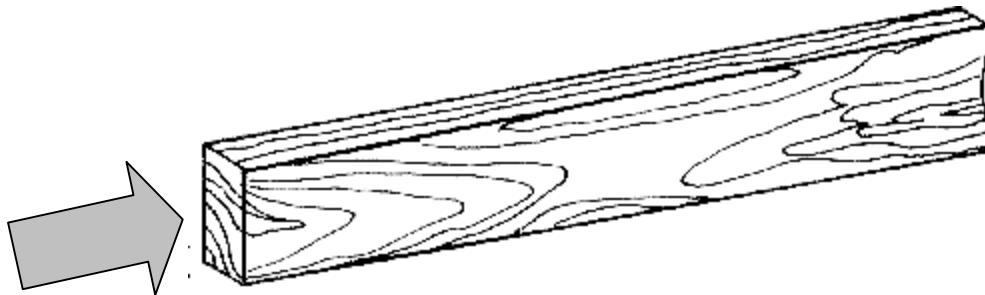
c) **Nudos arracimados**



Reconocimiento - Se observan con el agrupamiento de dos o más nudos desviando notoriamente la dirección de las fibras que lo rodean.

Tolerancia - No se permiten.

G-A.1.10 - PARENQUIMA - Son células típicamente en forma de paralelepípedo, presentan paredes delgadas. Sirven para almacenar sustancias de reserva. Son susceptibles al ataque de hongos e insectos.



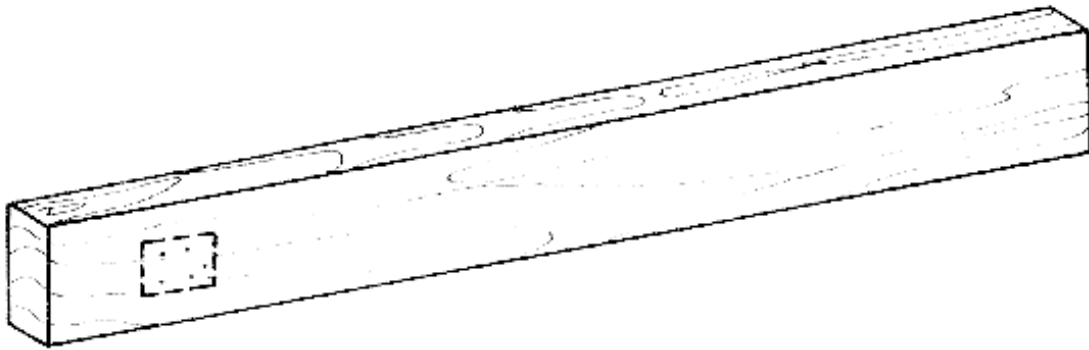
Reconocimiento - Son células correspondientes al tejido blando, por lo general de color más claro que la parte fibrosa del leño. Se distribuyen en bandas concéntricas y se observan a simple vista en la sección transversal de la pieza de madera previamente humedecida.

Tolerancia - No se permite en piezas que van a estar sometidas a esfuerzos de compresión paralela a grano. Para otros usos sí se permite. Las bandas parenquimatosas no deben ser mayores de 2 mm de espesor.

G-A.1.11 - PERFORACIONES - Son agujeros o galerías causadas por el ataque de insectos o larvas.

Se consideran:

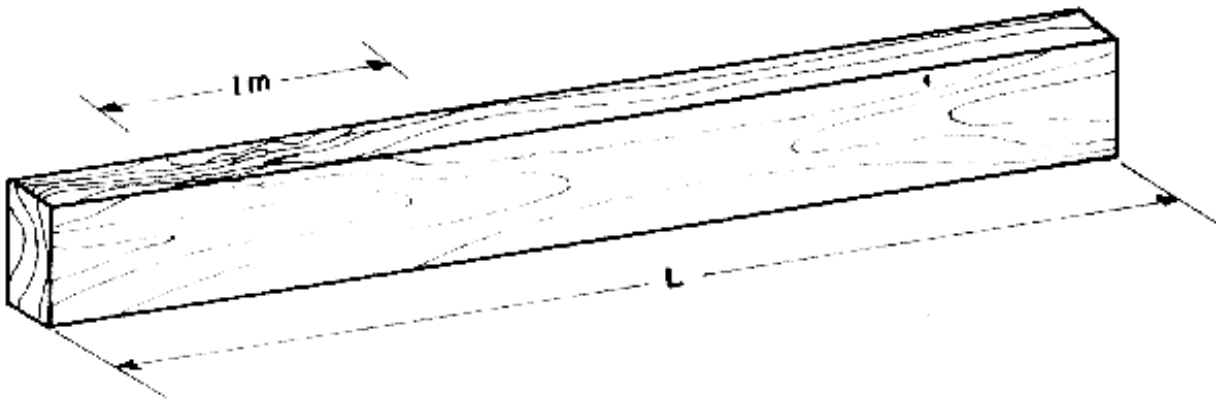
a) **Perforaciones pequeñas**



Reconocimiento - Son agujeros con diámetros iguales o menores a 3 mm producidos por insectos de tipo ambrosía. Aquellos producidos por los insectos tipo Lyctus no se aceptan.

Tolerancia - Se permiten cuando su distribución es moderada y comprende una zona menor que un cuarto de la longitud total de la pieza. Máximo 6 agujeros por 0.01 m². No alineados ni pasantes.

b) **Perforaciones grandes**



Reconocimiento - Son agujeros con diámetros mayores de 3 mm producidos por insectos o larvas perforadoras tipo "brocas de los domicilios". Bostrychidae.

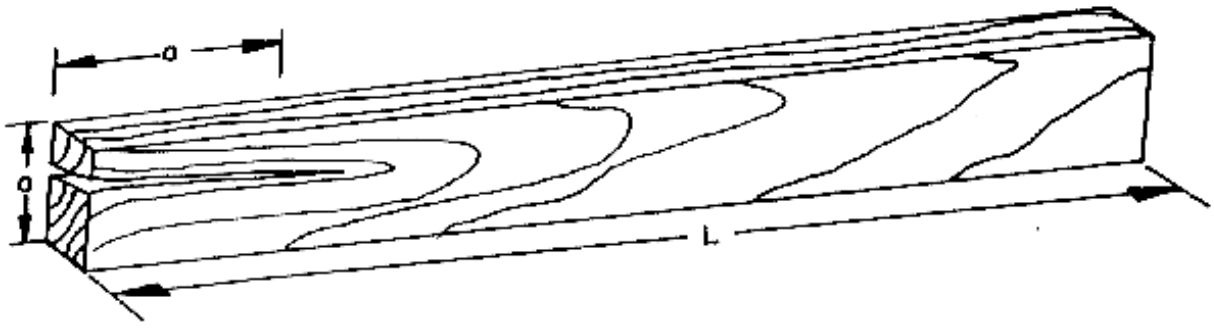
Tolerancia - Se permiten cuando su distribución es moderada y superficial. Máximo 3 agujeros por metro lineal. No alineados ni pasantes.

G-A.1.12 - PUDRICION - Es la descomposición de la madera en la que se presentan cambios en apariencia y color y pérdida de propiedades físicas y mecánicas.

Reconocimiento - La pudrición clara se reconoce por la coloración blanquecina de la madera debida a la descomposición de la lignina. La pudrición parda o castaña se caracteriza por la descomposición de la celulosa de las fibras; la superficie de la zona afectada presenta rajaduras formando pequeños cubos o bloques de madera descompuesta.

Tolerancia - No se permite.

G-A.1.13 - RAJADURAS - Son separaciones naturales entre los elementos de la madera que se extienden en la dirección del eje de la pieza y afectan totalmente su espesor, o dos puntos opuestos de una madera rolliza.



Reconocimiento - Se observan como separaciones del tejido leñoso en la dirección del grano.

Tolerancia - Se permite sólo en uno de los extremos de la pieza y de una longitud no mayor al ancho o cara de la pieza. Se deberá verificar el esfuerzo cortante de acuerdo con los requisitos de este Reglamento.

G-A.2 - CLASIFICACION VISUAL POR DEFECTOS PARA MADERA ESTRUCTURAL

Cualquier irregularidad o imperfección que afecta las propiedades físicas, químicas y mecánicas de una pieza de madera puede considerarse como un defecto. La finalidad de la clasificación por defectos es limitar la presencia, tipo, forma, tamaño y ubicación de los mismos para obtener piezas de madera con características mínimas garantizadas. Variando las tolerancias pueden definirse un sinnúmero de clases, sin embargo a continuación se propone una sola regla o norma para la clasificación de madera para uso estructural.

- (a) La clasificación mencionada es del tipo "visual" lo que implica una selección o verificación de las tolerancias por personal humano entrenado y eventualmente certificado oficialmente siguiendo una comprobación visual. La aplicación de la norma se limita a madera aserrada y escuadrada.
- (b) Para facilitar la aplicación de la norma se presentan conjuntamente con las tolerancias algunas recomendaciones para el reconocimiento de defectos. Se dispone también de un "Manual de Clasificación Visual para Madera Estructural" editado por el PADT - REFORT de la Junta del Acuerdo de Cartagena.

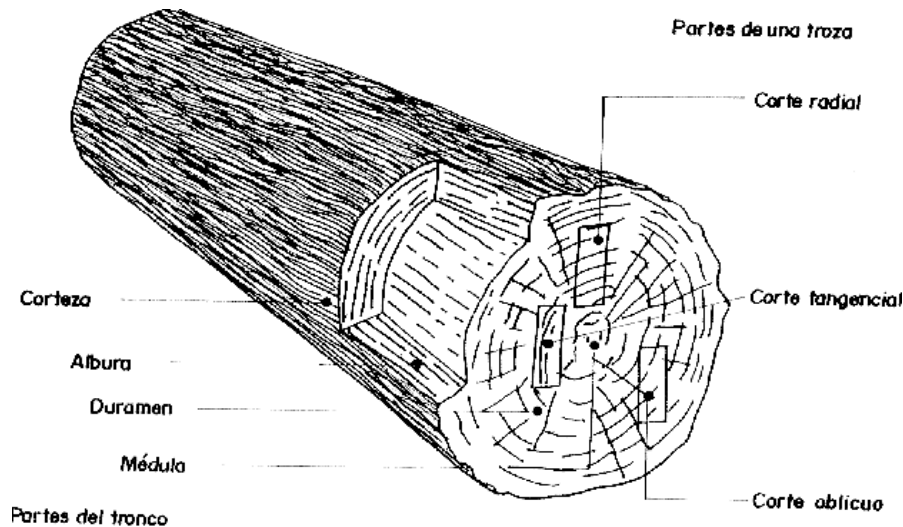


Figura G-A-1

Términos usados en la definición de defectos y presentación de la norma de clasificación visual

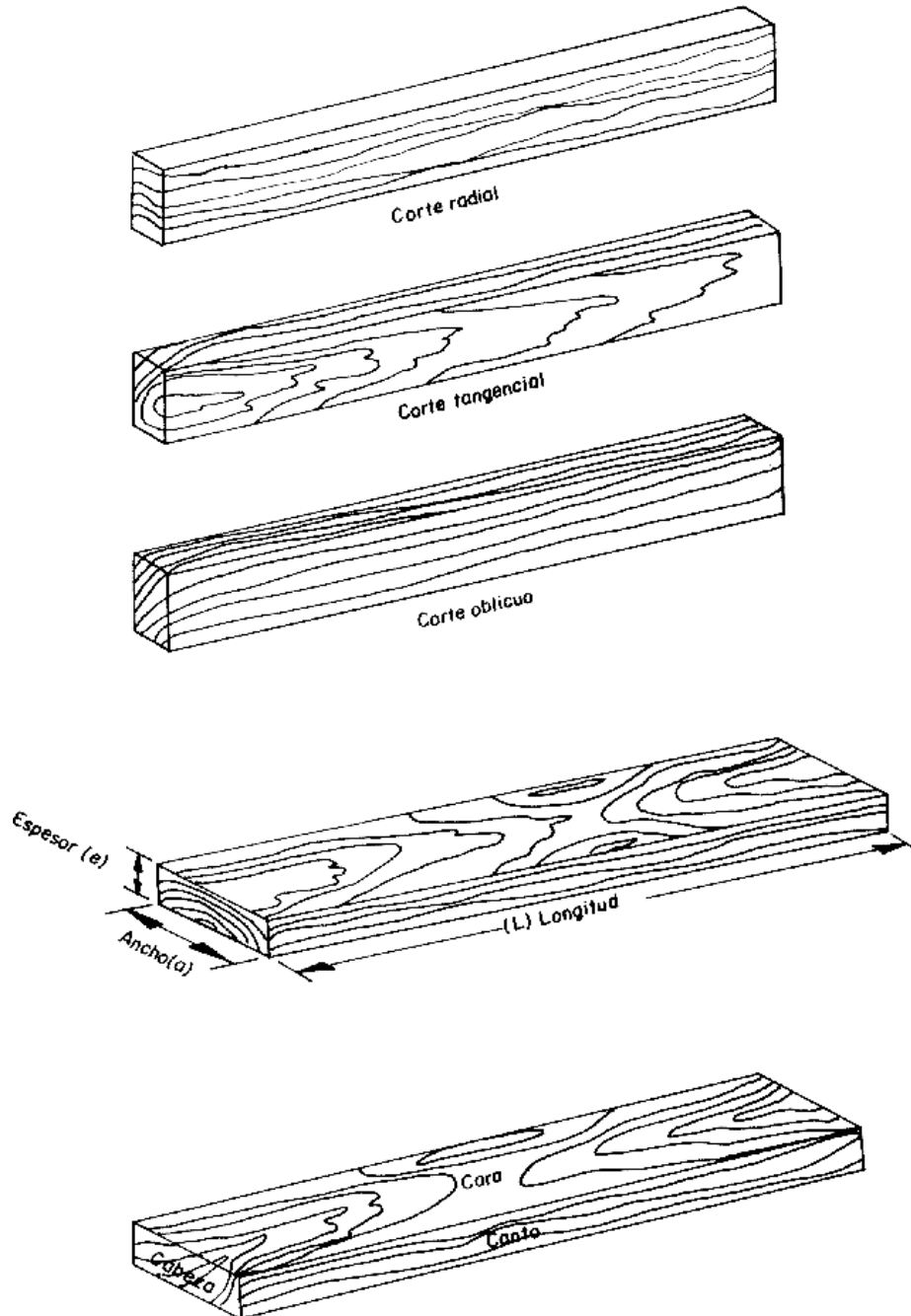


Figura G-A-2

Términos usados en la definición de defectos y presentación de la norma de clasificación visual

- (c) Se espera que la producción de un aserradero que funciones con criterios mínimos de eficiencia, del 40% al 45% de la producción se clasificaría como MADERA ESTRUCTURAL, es decir piezas que satisfacen los límites de defectos establecidos en la norma que aquí se presenta.
- (d) La calidad de la madera es afectada por diversos agentes o factores. A continuación se presentan definiciones para los diferentes tipos de defectos agrupados según su origen. En la figura G-A-2 se ilustran algunos de los términos más usados en esta sección.

G-A.2.1 - DEFECTOS RELATIVOS A LA CONSTITUCION ANATOMICA

Albura - Es la parte del leño que sigue a la corteza que en el árbol en pie contiene células vivas y materiales de reserva. Generalmente es de color claro y es más susceptible al ataque de hongos e insectos que el duramen. En general, sus propiedades mecánicas no son diferentes a las del duramen.

Se considera como defecto cuando ha sido atacada y presenta pudrición y cuando no está preservada. Por lo general la albura en casi todas las especies es susceptible al ataque.

Bolsa - Es la presencia de una cavidad bien delimitada que contiene resina, goma o tanino.

Corteza incluida - Es la presencia de una masa de corteza total o parcialmente comprendida en el leño.

Duramen quebradizo o madera de reacción - Madera anormal formada típicamente en algunas zonas limitadas de ramas o fustes, caracterizada por su color, consistencia y propiedades distintas al resto del leño, es esencialmente de la zona central del tronco.

Grano inclinado - Desviación angular que presentan los elementos constitutivos longitudinales de la madera, con respecto al eje longitudinal del fuste o canto de una pieza.

Madera de compresión - Madera de reacción que se forma típicamente en las coníferas. Generalmente es más madura y oscura que la madera normal.

Madera de tensión - Madera de reacción que se forma típicamente en las latifoliadas, generalmente es más clara que la madera normal.

Médula - Parte central del duramen, constituida esencialmente por células de parénquima o células muertas. Es susceptible al ataque de hongos e insectos.

Nudo - Area de tejido leñoso resultante del rastro dejado por el desarrollo de una rama, cuyas características organolépticas y demás propiedades son diferentes a las de madera circundante.

Parénquima en bandas anchas - Células de paredes delgadas que presentan mayor cavidad, son las que almacenan sustancias de reserva. Dichas células, agrupadas en bandas de 6 a más series, forman zonas débiles del leño.

G-A.2.2 - DEFECTOS RELATIVOS AL ATAQUE DE AGENTES BIOLÓGICOS

Acañonado - Orificio aproximadamente cilíndrico en el interior de una troza como consecuencia del atabacado.

Atabacado - Proceso de pudrición castaña de la madera que se caracteriza, en la etapa avanzada por la desintegración del leño en un polvo de color pardusco.

Mancha - Cambio de color de la madera producido por hongos que descomponen la estructura leñosa.

Perforaciones grandes - Agujeros con diámetros mayores a 3 mm producidos por insectos o larvas perforadoras. Ejemplo brocas de los domicilios.

Perforaciones pequeñas - Son agujeros con diámetros iguales o menores a 3 mm producidos por insectos o larvas perforadoras. Ej. Lyctus.

Pudrición avanzada - Etapa de descomposición en que la madera presenta cambios evidentes en su apariencia, peso específico, composición, dureza y otras características mecánicas.

Pudrición castaña - Aquella que se caracteriza por una coloración castaña de la madera como consecuencia de la descomposición de la celulosa.

Pudrición clara - Aquella que se caracteriza por la coloración clara de la madera como consecuencia de la descomposición preponderante de la lignina además de las holocelulosas.

Pudrición incipiente - Etapa inicial de la descomposición en la cual la madera pierde parte de sus propiedades mecánicas y puede sufrir cambios de color debido al ataque de hongos.

G-A.2.3 - DEFECTOS ORIGINADOS DURANTE EL APEO, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Desgarramiento - Rompimiento que se produce en la base del tronco al ser cortado o taladrado el árbol.

Fractura y falla de compresión - Deformación o rompimiento de las fibras de la madera como resultado de compresión o flexión excesiva ocasionada en árboles en pie por la acción del viento, granizo o proceso de crecimiento, y el árboles apeados como resultado de esfuerzos durante las operaciones de explotación y aprovechamiento.

Rajadura - Separación de los elementos constitutivos de la madera que se extienden en la dirección del eje de la pieza afectando totalmente el espesor de la misma o dos puntos opuestos de una madera rolliza.

G-A.2.4 - DEFECTOS ORIGINADOS DURANTE EL SECADO

Alabeo - Deformación que puede experimentar una pieza de madera por la curvatura de sus ejes longitudinal o transversal o de ambos.

Abarquillado - Alabeo de las caras en la dirección transversal.

Arqueadura o combado - Alabeo de las caras en la dirección longitudinal.

Colapso - Reducción de dimensiones de la madera que ocurre durante un proceso de secado por encima del punto de saturación de la fibra y que se debe a un aplastamiento de sus cavidades celulares. A menudo se observa como un corrugado de la superficie.

Encorvadura - Alabeo de los cantos en sentido longitudinal.

Endurecimiento superficial - Es el estado de tensiones en una pieza caracterizado por compresión en las capas externas y tensión en la parte interna, como resultado de inadecuadas condiciones de secado.

Grieta - Separación de los elementos constitutivos de la madera cuyo desarrollo no alcanza a afectar dos caras de una pieza aserrada o dos puntos opuestos de la periferia de una madera rolliza.

Rajadura - Separación de los elementos constitutivos de la madera que se extiende en la dirección del eje longitudinal de la pieza y afecta totalmente el espesor de la misma o dos puntos opuestos de una madera rolliza.

Torcedura - Alabeo simultáneo en las direcciones longitudinal y transversal.

G-A.2.5 - DEFECTOS ORIGINADOS DURANTE EL ASERRIO

Arista faltante - Falta de madera en una o más aristas de una pieza.

Mala escuadría - Se denomina así a la sección transversal de una pieza de madera que esta mal labrada a escuadra.

Picada - Depresión en la superficie de una pieza producido por un corte anormal.

G-A.2.6 - CONTROL DE DEFECTOS

Constitución anatómica - Los defectos relativos a la constitución anatómica de una pieza de madera no son controlables debido a que son características propias de la especie. Propiamente no constituyen defectos sino características de crecimiento que al habilitar las piezas de madera aserrada quedan incorporadas en éstas alterando su comportamiento estructural. Solamente se evitarían, seleccionando y analizando las características generales de la especie antes de cortar el árbol o aserrar la pieza de madera, seleccionando especies que presentan el tipo de grano, parénquima o volumen de albura, etc., que se encuentren dentro del rango de tolerancia de la clasificación; o habilitando teniendo en mente la producción de madera para estructuras orientando debidamente los planos de corte.

Ataques biológicos - Los defectos relativos al ataque de los agentes biológicos son controlables a su debido tiempo como cualquier tipo de infección. En la actualidad se cuenta con la ayuda de preservantes

hidrosolubles y oleosolubles en el mercado, para controlar los ataques. Si se considera conveniente no usar preservantes es recomendable elegir una especie que presente buena o alta durabilidad natural.

Apeo, transporte y aserrío - Los defectos originados durante el apeo, transporte, almacenamiento y aserrío, son ocasionados por lo general por deficiencias manuales o mecánicas durante dichas operaciones.

Se controlan fácilmente teniendo en cuenta la mano de obra calificada y el buen mantenimiento de la maquinaria y equipo, durante las operaciones de extracción, transporte, aserrío y apilado.

Secado de la madera - Los defectos originados durante el secado, son ocasionados por las deficiencias en el sistema de apilado y almacenamiento de las piezas al secarse, o por un mal programa de secado al horno.

Se controlan tomando en cuenta la constitución anatómica de la madera y considerando especialmente el plano de corte durante el aserrío de determinadas especies. Para ello es necesario contar con una mano de obra calificada conocedora de los conceptos propios del secado de la madera.



APENDICE G-B

MADERAS COLOMBIANAS SEGUN GRUPO ESTRUCTURAL

G-B.1 – CLASIFICACION ESTRUCTURAL

En la tabla G-B-1 se presentan algunas maderas colombianas y su correspondiente grupo estructural. Podrán incluirse otras maderas si en su clasificación se siguen los criterios establecidos en el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino.

Tabla G-B-1
Maderas colombianas según grupo estructural

Nombre común	Nombre científico	Grupo
Abarco	<i>Carimana pyriformis</i>	B
Aceite maría	<i>Calophyllum mariae</i>	C
Achapo	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	C
Ají, arracacho	<i>Clavisia racemosa</i>	B
Algarrobo	<i>Hymenaea courbaril</i>	A
Avichun	<i>Brosimum mleanum</i>	B
Bálsamo	<i>Myroxylon peruferum</i>	A
Caimito	<i>Chrysophyllum cainito</i>	A
Carrá	<i>Huberodendron patinol</i>	C
Ceiba amarilla	<i>Hura crepitans</i>	C
Ceiba tolna	<i>Bombacopsis quinata</i>	C
Copaiba	<i>Copaitera officinalis</i>	C
Costillo	<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	A
Cupaiba	<i>Copaifera pubiflora</i>	B
Chanul	<i>Humiriasfram procerum</i>	A
Chaquiro	<i>Goupia glabra</i>	A
Chocolatillo	<i>Piptadenia grata</i>	A
Chocho	<i>Ormosia coccinea</i>	B
Chuguacá	<i>Hieronyma laxiflora</i>	C
Chupón	<i>Pouteria anibifolia</i>	B
Dinde	<i>Chlorophora tinctoria</i>	B
Dormilón	<i>Pentacletbra macroloba</i>	C
Fernán Sánchez	<i>Triplaris guayaquilensis</i>	C
Flor morado (roble)	<i>Tabebuia rosea</i>	B
Guaimaro	<i>Brosimum alicastrum</i>	B
Guayabo	<i>Terminalia amazonia</i>	B
Guayabón	<i>Terminalia guianensis</i>	B
Machave	<i>Symphonia globulifera</i>	B
Mora	<i>Clarisia racemosa</i>	B
Murcillo	<i>Erisma uncinatum</i>	C
Nato	<i>Mora megistosperma</i>	B
Oloroso	<i>Humiria balsaminifera</i>	A
Pantano	<i>Hieronyma chocoensis</i>	B
Pino real (chaquiro)	<i>Prodocarpus sp</i>	C
Punte candado	<i>Minquartia guianensis</i>	A
Saman	<i>Pithecellobium saman</i>	C
Sande	<i>Brosimum utile</i>	C
Sangregao	<i>Pterocarpus sp</i>	A
Tananeo	<i>Peltogyne porphyrocardia</i>	A
Tangare	<i>Carapa guianensis</i>	C

