



REPUBLICA DE CUBA

APUNTALAMIENTOS



053 - 030

1978

UNDERPINNING

Установка временных стоек
в разрушающихся зданиях и
сооружениях

I. OBJETIVO Y ALCANCE

El objetivo de esta norma es describir los distintos tipos de apuntalamientos, su proyecto y construcción, y exponer las causas principales por las cuales está justificada su realización.

Los apuntalamientos son aplicables a cualquier tipo de construcción en que, por el estado de ruinas o deterioro, esté comprometida su estabilidad o la de cualquiera de sus elementos estructurales, complementarios o de ornamentación.

También se emplean los apuntalamientos en obras de construcción, reparación o modificación en que se altere temporalmente el régimen de estabilidad de la construcción.

El apuntalamiento es una estructura provisional que se construye para tomar las cargas o dar estabilidad a los diferentes elementos que integran una construcción hasta que se hagan las obras definitivas de sustitución, reparación o modificación de dichos elementos, y en algunos casos para la demolición total de la construcción.

Los apuntalamientos están justificados cuando se manifiesten en cualquier parte de una construcción determinados deterioros, deformaciones o deficiencias, que de continuar agravándose podrían ocasionar su colapso con el consiguiente peligro para la vida humana, las construcciones próximas o la vía pública. También están justificados en caso de accidentes, incendios o cualquier otra causa fortuita que comprometa la estabilidad de la construcción; y en demoliciones cuando sean requeridos.

2. SIGNOS DE DETERIORO, DEFORMACION O DEFICIENCIAS

2.1 Signos

Estos signos son típicos en cada uno de los materiales que se emplean en las construcciones. A continuación se relacionan los principales:

Aprobada en:
Diciembre 1978

ESTA NORMA ES OBLIGATORIA

Vigente desde:
Julio 1979

2.1.1 Materiales pétreos

- a). Desmoronamiento del material pétreo o del mortero de las juntas
- b). Erosión y socavación
- c). Grietas
- d). Desplomes
- e). Asientos

2.1.2 Madera

- a). Pudrición
- b). Perforación por insectos
- c). Quemaduras
- d). Flechas o pandeos excesivos
- e). Grietas o rajaduras
- f). Empalmes o ensambladuras deficientes

2.1.3 Materiales metálicos

- a). Corrosión u oxidación excesiva que reduzca peligrosamente la sección del elemento estructural
- b). Flechas o pandeos excesivos
- c). Juntas deficientes por remaches, pernos, tornillos o pasadores flojos y soldaduras desprendidas o agrietadas

2.2 Causas

Estos deterioros, deformaciones o deficiencias, pueden ser producidas por:

- a). Falta de mantenimiento
- b). Efectos ecológicos
- c). Defecto de proyecto o de la construcción
- d). Aumento de las cargas
- e). Asiento de las cimentaciones
- f). Efectos de un medio ambiente agresivo no previsto
- g). Organismos vivientes
- h). Choques o vibraciones
- i). Cambio de destino de la construcción
- j). Otras causas imprevistas

El ingeniero civil o arquitecto encargado del apuntalamiento determinará la causa o causas que han provocado el deterioro, deformación o deficiencia y valorará su importancia haciendo los cálculos, las observaciones y las mediciones pertinentes con los medios e instrumentos apropiados en cada caso; defómetros, señales, etc., para decidir el tipo de apuntalamiento adecuado, proyectar el mismo e inspeccionar su ejecución.

En el caso de utilizar construcciones colindantes para el apuntalamiento, se inspeccionará el estado de las mismas y se

tendrá en cuenta los posibles efectos que dicho apuntalamiento pueda producir.

Cuando utilice las vías públicas cumplirá las disposiciones que rijan sobre esta materia.

3. MATERIALES PARA LOS APUNTALAMIENTOS

El material más comúnmente usado en los apuntalamientos es la madera, aunque en determinados casos también se emplea el acero en forma de secciones laminadas, tubos, barras o cualquier otro material adecuado a su función.

Las maderas que generalmente se emplean en los apuntalamientos son: el pino, el abeto y las llamadas maderas duras cubanas. Pueden ser rollizos o escuadradas y deben estar libres de defectos que afecten su resistencia, tales como pudrición, torceduras, combaduras, etc. (ver 2.1.2).

4. CLASIFICACION Y UTILIZACION DE LOS APUNTALAMIENTOS

4.1 Apuntalamiento vertical

Se utiliza para aliviar parcial o totalmente a un elemento estructural de las cargas verticales o de gravedad, con el fin de evitar su colapso por la acción de éstas o el fallo de otro elemento de la construcción.

4.2 Apuntalamiento horizontal

Se utiliza en elementos cuya seguridad se vea amenazada por acciones o cargas predominantemente horizontales, tales como empuje del viento, de la tierra, de líquidos, materiales granulares o por excentricidad de la carga vertical.

4.3 Apuntalamiento inclinado

Se utiliza en los casos en que sea difícil realizar apuntalamientos verticales u horizontales, cuando con él puede sustituirse un apuntalamiento vertical y horizontal o para tomar cargas inclinadas.

En este caso los puntales se apoyarán de manera que sea imposible su resbalamiento, utilizando piezas de madera o acero hincadas en el terreno o haciendo un corte inclinado en el puntal, de modo tal, que el mismo quede normal a la superficie de apoyo.

Cuando la dirección de la resultante de las cargas no coincida con la del puntal, el ángulo entre ambas direcciones no será mayor de 30° .

En este caso se dispondrá el apuntalamiento en forma tal que se garantice el equilibrio del conjunto, bien sea utilizando elementos de la propia edificación que se apuntala o de las contiguas o próximas, o añadiendo al apuntalamiento otros ele

mentos para este fin.

4.4 Apuntalamiento mixto

Se considera así a cualquier combinación de los casos anteriores.

5. ELEMENTOS PARA EL APUNTALAMIENTO

Los elementos que forman la estructura del apuntalamiento son los siguientes: pies derechos o puntales, vigas, riostras, so-pandas, tornapuntas, soleras, durmientes, tablas, tablonés, bridas, cuñas y tensores.

Para las uniones de los elementos se emplearán bridas, abrazaderas metálicas, puntillas y pernos.

Las dimensiones de los diferentes elementos dependen de la magnitud y dirección de las fuerzas a que están sometidos y de la calidad del material empleado.

6. PROYECTO DE APUNTALAMIENTOS

Consiste en la disposición racional de sus elementos y el cálculo de los mismos siguiendo las normas vigentes y las recomendaciones y fórmulas que se establecen en las bases de diseño:

El proyectista analizará previamente la organización estructural de la construcción que va a ser apuntalada, para lo cual se valdrá de los planos existentes, exploraciones, señales, mediciones y de su propia observación.

Dadas las peculiaridades de esta clase de trabajo, no existen formas únicas que puedan dar soluciones a la gran variedad de problemas que se presentan.

No obstante, como orientación se muestran al final de esta norma algunos de los tipos comúnmente utilizados.

7. CALCULO DE LOS APUNTALAMIENTOS

7.1 Solicitaciones

- a) Las cargas permanentes son las correspondientes a los pesos de los materiales de la construcción que se apuntala. (Ver Norma de Pesos de Materiales).
- b) Las sobrecargas son las que corresponden a la clase de edificación que se apuntala, incluyendo los efectos vibratorios o de impactos que no se hayan podido suprimir al hacer el apuntalamiento. (Ver NC-053 038-78. "Cargas características de uso en edificios debidas a personas u objetos".

- c) Los empujes son las fuerzas que por efecto de otras sollicitaciones se producen en los arcos, bóvedas y dinteles adovelados, y en los muros para el sostenimiento de tierras o en los muros de los depósitos de líquidos o de materiales granulares. En estos casos el empuje se calculará de acuerdo con las normas que se dicten respecto a "Estructuras de retención".
- d) A falta de normas de estructuras de retención para el caso de empuje de tierras, se calculará éste de la forma siguiente:

Para el proyecto de apuntalamientos, el empuje horizontal de la tierra, si está limitada por una superficie horizontal, se puede determinar aproximadamente por la fórmula siguiente:

$$E = \frac{1}{2} H^2 600$$

donde,

E = empuje total en kilogramos por metro de longitud de muro

H = altura del muro en metros

600 = equivalente fluido (kg/m^3) de una tierra que pesa 1 800 kg/m^3 y tiene un ángulo de rozamiento interno (ϕ) de 30° .

Esta fuerza está aplicada a un tercio de la altura del muro, medida a partir de la base del mismo.

Si la superficie de la tierra tuviera un talud ascendente o descendente, o si hubiera sobrecargas de cualquier tipo en la superficie, que por su ubicación con respecto al muro aumentarían el empuje, éste se calculará de acuerdo con la norma que se dicte respecto a "Estructuras de Retención".

- a) Fuerzas debidas al viento, las corrientes de agua y las olas. (Ver NC-053-041-78 "Cargas de viento" y norma de corrientes de agua y olas).
- b) El empuje producido por materiales granulares o líquidos contenidos en depósitos se calculará de acuerdo con la norma que se dicte respecto a "Estructuras de Retención".

7.2 Apuntalamiento de madera

Hasta tanto sean redactadas y aprobadas las normas de cálculo de Estructuras de Madera y de Control de Calidad de dicho material, se podrán seguir para el proyecto y cálculo de apuntalamientos de madera las siguientes normas:

7.2.1 Bases para el cálculo:

- a) Para el cálculo se empleará un método basado en los mismos principios del método de estados límites utilizado para otros materiales, con las simplificaciones apropiadas para este tipo de material, y en consecuencia se adoptarán coeficientes de mayoración para las solicitaciones y coeficientes de minoración para las resistencias de cálculo.
- b) Las resistencias características de la madera se determinarán en base a tomar una probabilidad prefijada de que en un análisis estadístico puedan existir magnitudes inferiores a dicho valor. Esta resistencia característica viene determinada por la siguiente relación:

$$R_k = R_m (1 - \lambda \delta)$$

en la cual,

R_k = resistencia característica

R_m = resistencia media

δ coeficiente de dispersión

λ coeficiente que depende de la probabilidad deseada y del número de muestras utilizadas para el ensayo.

La probabilidad de que se obtengan valores inferiores a la resistencia característica se fija en un 16%. Para obtener esto, y de acuerdo con el número de ensayos, el valor de λ se tomará de la siguiente tabla:

Tabla 7.2.1

No. de ensayos	6	7	8	9	10	15	20	25	30
λ	1,13	1,11	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06	1,05	1,00

(Tabla: "Resistencias características" de las maderas usadas actualmente en Cuba, ver anexo 1).

- c) Las resistencias de cálculo se determinarán dividiendo las resistencias características por un coeficiente γ_m , de modo que:

$$R = \frac{R_k}{\gamma_m}$$

donde:

R^o - resistencia de cálculo
 Para todo tipo de tensión se usará el coeficiente
 $\gamma_m = 5.$

- *a) Las cargas de diseño se determinarán multiplicando las cargas (ver 7.1.b) por un coeficiente de mayoración γ_s .
- * Para todo tipo de carga el coeficiente γ_s se tomará igual a 1,2.
- *e) En el estado límite último de capacidad portante, las solicitaciones calculadas con las cargas mayoradas, deberán ser iguales o menores que las solicitaciones de agotamiento de la sección calculada con las resistencias minoradas de los materiales, o sea:

$$s^o \leq s_u$$

donde:

s^o = solicitación mayorada de las acciones externas
 s_u = solicitación de agotamiento de la sección calculada.

- *f) No es necesario tener en cuenta, en general, el estado límite de utilización por deformación en este tipo de estructuras; no obstante, en los casos en que las deformaciones por flechas excesivas puedan tener influencias graves en el elemento que se apuntala, tendrá que realizarse el análisis de este estado de utilización para mantener sus valores dentro de los límites que se consideren aceptables para el caso dado.
- *g) En el cálculo de los apuntalamientos no se considerará continuidad ni rigidez en las uniones de los elementos, aunque éstos deberán asegurarse por medio de bridas metálicas o de madera clavadas o atornilladas, para evitar desplazamientos excesivos, o sea, se considerará que las uniones son articuladas.
- h) La luz de los elementos a flexión será la distancia entre los centros de los apoyos o entre el centro del apoyo y el extremo del voladizo.
- *i) La longitud de pandeo se analizará en cada uno de los planos en que pueda producirse y se tomará como magnitud de la misma la distancia entre dos riostras consecutivas que impidan el desplazamiento de la columna en el plano que se analiza.

Se considerará como riostra cualquier elemento estructural que sea capaz de proveer una fuerza lateral normal al puntal como mínimo del 5% de la carga máxima a soportar por dicho puntal. Las riostras podrán colocarse con inclinaciones no menores de 45^o con respecto al eje longitudinal del elemento arriostrado.

j) En las vigas trianguladas (armaduras) la longitud de los miembros será igual a la distancia entre los ejes de los nudos.

7.2.2 Aumento de la tensión de cálculo a cortante en las juntas. La máxima tensión de cálculo a cortante paralela a las fibras se puede incrementar en 50%.

7.2.3 Aumento de la tensión de cálculo a compresión normal a las fibras. La máxima tensión de cálculo en compresión normal a las fibras se puede incrementar en 30% con arandelas hasta de 5 cm de diámetro.

7.2.4 Compresión en superficies inclinadas. La tensión de cálculo normal a una superficie inclinada con respecto a las fibras de la madera no debe exceder a la calculada por la fórmula siguiente:

$$R_f^* = \frac{R_p^* \cdot R_q^*}{R_p^* \cdot \sin^2 \theta + R_q^* \cdot \cos^2 \theta}$$

donde,

R_f^* - tensión de cálculo normal a la superficie inclinada.

R_p^* - tensión de cálculo en compresión paralela a las fibras.

R_q^* - tensión de cálculo en compresión normal a las fibras.

θ - ángulo entre la dirección de la fuerza y la dirección de las fibras.

7.2.5 Cálculo de elementos sometidos a compresión axial. Los puntales y otros elementos estructurales sometidos a compresión axial, de sección rectangular, se calcularán por la fórmula siguiente:

$$\sigma^{**} = \frac{N^{**}}{A \cdot \phi} \leq R^*$$

donde,

σ^{**} - tensión de compresión

N^{**} - sollicitación axial de cálculo

A - área de la sección del elemento

R^* - resistencia de diseño a compresión del elemento en dirección de las fibras de la madera.

φ - coeficiente de pandeo

7.2.5.1 El coeficiente de pandeo se calculará por la fórmula:

$$\varphi = \frac{1}{\frac{1}{1300} \left(\frac{l}{d}\right)^2 + 1}$$

siendo, $\frac{l}{d}$ la esbeltez;

donde,

l - longitud de pandeo en el plano que se analiza

d - dimensión de la sección en el plano que se analiza el pandeo.

El valor de φ se tomará igual a 1 para esbeltez geométrica igual o menor que 10. La máxima esbeltez permitida es 35.

Los valores de l y d deben tomarse en la misma unidad de medida.

7.2.6 Puntales y otros elementos sometidos a compresión axial de sección circular. La tensión de compresión en los puntales y otros elementos sometidos a compresión axial de sección prácticamente circular es igual a la de un elemento de sección cuadrada de área equivalente, tomándose dicha área a la mitad de la longitud de pandeo. Ninguna sección del elemento tendrá un área menor que el 90% de la sección cuadrada equivalente.

7.2.7 Flexión. Para el cálculo de los elementos sometidos a flexión se empleará la fórmula siguiente:

$$\sigma^{**} = \frac{M^*}{W_n} \leq R^*$$

donde,

σ^{**} - tensión en flexión

M^* - momento flector mayorado

W_n - módulo de sección neto

R^* - resistencia de cálculo a flexión

7.2.8 Tracción. Para el cálculo de los elementos sometidos a tracción axial se empleará la fórmula siguiente:

$$\sigma^* = \frac{N^*}{A_n} \leq R^*$$

donde,

σ^* - tensión en tracción

N^* - sollicitación axial de cálculo

A_n - área neta de la sección del elemento

R^* - resistencia de diseño a tracción del elemento en la dirección de las fibras de la madera.

7.2.9 Cortante. La tensión cortante paralela a las fibras de la madera en secciones rectangulares se calculará por la fórmula siguiente:

$$\tau^* = 1,5 \frac{T^*}{b \cdot h} \leq R_{\tau}^*$$

donde,

τ^* - tensión a cortante

T^* - fuerza cortante de cálculo

b - ancho del elemento

h - altura del elemento

R_{τ}^* - resistencia de cálculo a cortante paralela a las fibras.

En caso de las secciones circulares la fórmula es la siguiente:

$$\tau^* = 1,7 \frac{T^*}{d^2} \leq R_{\tau}^*$$

donde, d es el diámetro del elemento.

7.2.10 Flexo-compresión. Para la comprobación de las secciones sometidas a flexo-compresión, se empleará la fórmula siguiente:

$$\frac{\sigma_c'}{R_c^* \cdot \varphi} + \frac{\sigma_f'}{R_f^* \cdot \lambda} \leq 1$$

donde,

R_c^* - resistencia de cálculo a compresión axial

R_f^* - resistencia de cálculo a flexión

$$\sigma_c' = \frac{N^*}{A} ; \quad \varphi = \frac{1}{1 + \frac{1}{1300} \left(\frac{l}{d} \right)^2}$$

$$\sigma_f' = \frac{M^*}{W} ; \quad \lambda = \left(1 - \frac{N}{R_c^* \cdot A \cdot \varphi} \right)$$

Los símbolos son los indicados en las fórmulas de compresión axial y flexión.

7.2.11 Juntas o uniones

7.2.11.1 Uniones con pernos

a) En doble cortante. En las tablas siguientes se dan los valores de la capacidad portante de pernos en juntas de tres elementos cuando el espesor de los elementos laterales es la mitad de la del elemento principal, para distintas clases de madera y según la acción del perno sea paralela o normal a la fibra.

Las tablas que siguen han sido tomadas del "National Building Code" de Canadá, año 1942, las cuales deben ser tomadas como orientación hasta tanto se publiquen datos oficiales sobre investigaciones con maderas cubanas y las más comunes de importación.

Capacidad portante de un perno en una junta de tres elementos (doble cortante). Fuerza aplicada paralelamente a las fibras.

Tabla 7.2.11.1. A

Longitud del perno en el miembro principal. cm	Diámetro del perno en mm (pulg.)				
	13 (1/2")	16 (5/8")	19 (3/4")	22 (7/8")	25 (1")
Capacidad portante en kg					
Madera dura (Júcaro negro)					
5	510	680	780	970	1100
7,5	560	860	1150	1410	1640
10	560	870	1250	1650	2050
12,5	560	870	1250	1700	2210
15	560	870	1250	1700	2230
18		870	1250	1700	2230
20		870	1250	1700	2230
25				1700	2230
30					2230
Madera media (Pino de tea)					
5	360	460	550	640	740
7,5	420	630	810	960	1100
10	420	650	950	1200	1440
12,5	420	650	950	1290	1630
15	420	650	950	1290	1680
18		650	950	1290	1680
20		650	950	1290	1680
25				1290	1680
30					1680

Longitud del perno en el miembro principal, cm	Diámetro del perno en mm (pulg)				
	13 (1/2")	16 (5/8")	19 (3/4")	22 (7/8")	25 (1")
	Capacidad portante en kg				
Madera blanda (Cedro)					
5	300	370	440	520	590
7,5	380	540	560	770	890
10	380	590	830	1010	1180
12,5	380	590	850	1160	1410
15	380	590	850	1160	1520
18		590	850	1160	1520
20		590	850	1160	1520
25				1160	1520
30					1520

Capacidad portante de un perno, en una junta de tres elementos (doble cortante). Fuerza aplicada perpendicularmente a las fibras.

Tabla 7.2. II.1.B

Madera dura (Júcaro negro)

5	310	350	390	430	470
7,5	450	530	590	650	700
10	470	650	770	860	940
12,5	430	660	880	1050	1170
15	400	620	880	1130	1360
18		580	840	1120	1420
20		540	760	1090	1400
25				990	1300
30					1190

Longitud del perno en el miembro principal, cm	Diámetro del perno en mm (pulg.)				
	13 (1/2")	16 (5/8")	19 (3/4")	22 (7/8")	25 (1")
	Capacidad portante en kg				
Madera media (Pino de tea)					
5	160	180	190	220	240
7,5	230	260	290	320	350
10	300	350	390	430	470
12,5	300	420	490	540	590
15	280	420	560	650	700
18		400	570	720	820
20		400	540	730	800
25				700	800
30					880
Madera blanda (Cedro)					
5	120	130	150	160	180
7,5	180	200	220	240	260
10	230	260	290	320	350
12,5	250	330	360	400	440
15	240	350	440	480	530
18		340	470	560	610
20		330	450	600	700
25				590	750
30					720

b) En simple cortante. Para simple cortante en juntas de dos elementos, en que el elemento principal tiene un espesor doble del otro, la resistencia del perno es la mitad del valor indicado en las tablas.

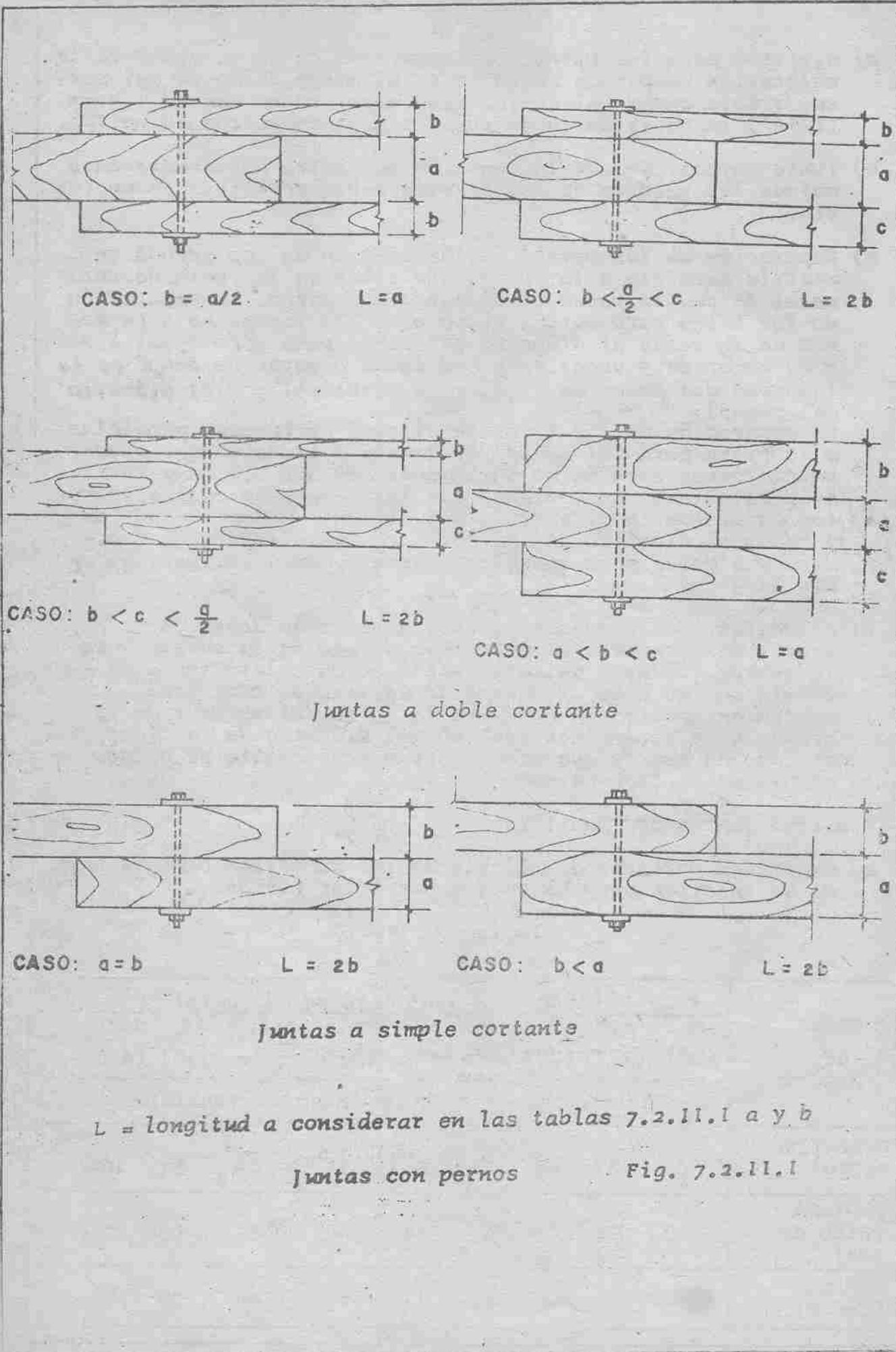
- c) **Agujeros para los pernos.** Los agujeros en la madera para la colocación de pernos deben tener el mismo diámetro del perno, y sólo cuando el agujero sea mayor en no más de 1,5 mm (1/16") la resistencia de cálculo debe reducirse en un 10%.
- d) **Junta mojada.** Cuando la junta se encuentra permanentemente mojada los valores de resistencia deben reducirse en un tercio.
- e) **Separación de los pernos.** La separación de los pernos en una fila paralela a la fuerza que actúa en la junta no será menor de cuatro veces el diámetro del perno. La separación de las filas para cargas normales a las fibras no será menor de 2½ veces el diámetro del perno para L/d igual a 2 y no menor de 5 veces para L/d igual o mayor de 6; (L es la longitud del perno en el miembro principal y d el diámetro del perno). La separación de las filas en el caso de fuerzas paralelas a la fibra será tal que el área neta a tracción que queda en cualquier sección no será menor del 80% del área total o aplastamiento en contacto con los pernos en cada elemento. La distancia al extremo del elemento no será menor de 7 veces el diámetro del perno, para los elementos a tracción y 2 veces para los elementos a compresión, pero no menos de 5 cm.
- f) **Arandelas.** Los pernos sometidos a tracción deben estar provistos de arandelas de acero por debajo de la cabeza y de la tuerca. El área de la arandela se calculará teniendo en cuenta que no debe excederse de la tensión admisible de la madera en compresión normal a la fibra. El espesor de la arandela no será menor de 1/10 del diámetro de la misma. En el caso de pernos que toman cortante solamente se colocarán arandelas de tipo normal.

7.2.11.2 Juntas con puntillas

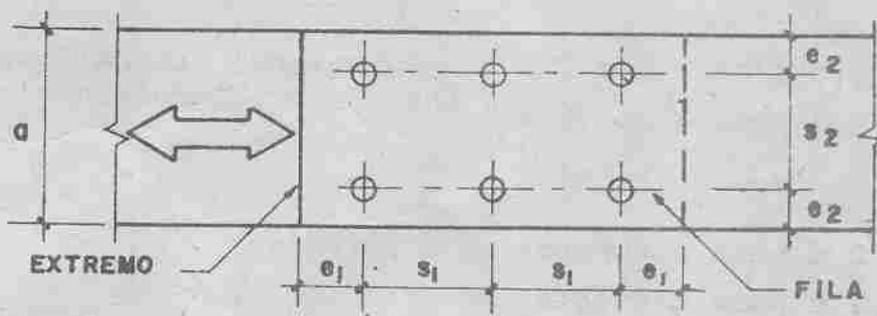
- a) **Capacidad portante de cálculo de las puntillas comunes** cuando se insertan perpendicularmente a las fibras.

Tabla 7.2.11.2.A

Clase de Madera	Largo de la puntilla en cm (pulg.)									
	5 (2")	6,5 (2½")	7,5 (3")	9 (3½")	10 (4")	11,5 (4½")	12,5 (5")	14 (5½")	15 (6")	
Resistencia de cálculo en kg por puntilla										
DURA (Júcaro negro)	30	37	45	51	66	74	84	94	105	
MEDIANA (Pino de tea)	20	24	29	34	44	49	55	63	70	
BLANDA (Cedro)	16	20	23	27	35	39	44	50	56	



Fuerzas paralelas a las fibras



$$s_1 \geq 4 d$$

N_p = número total de pernos

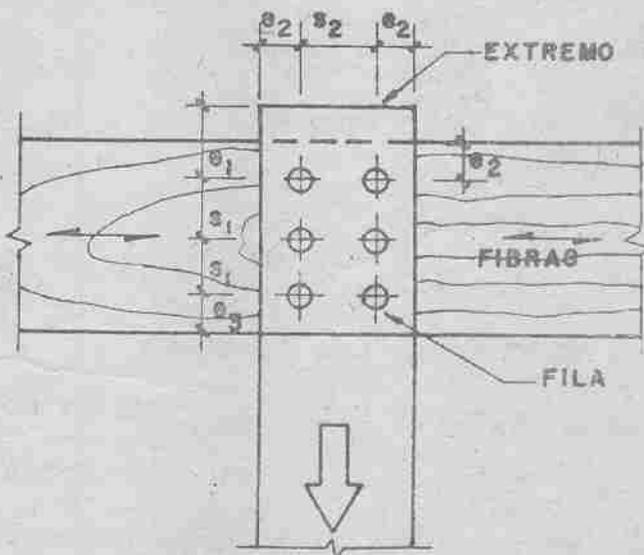
$$s_2 \geq \frac{0,8 N_p \cdot d + N_f \cdot d - 2e_2}{N_f - 1}$$

N_f = número de filas

$$e_1 \geq \begin{cases} 2 d & \text{para elementos en compresión} \\ 7 d & \text{para elementos en tracción} \end{cases} \text{ en ningún caso } e_1 < 5 \text{ cm}$$

$$e_2 \geq \begin{cases} 1,5 d & \text{para } l/d \leq 6 \\ s_2/2 & \text{para } l/d > 6 \end{cases}$$

Fuerza perpendicular a las fibras



$$s_1 \geq 4 d$$

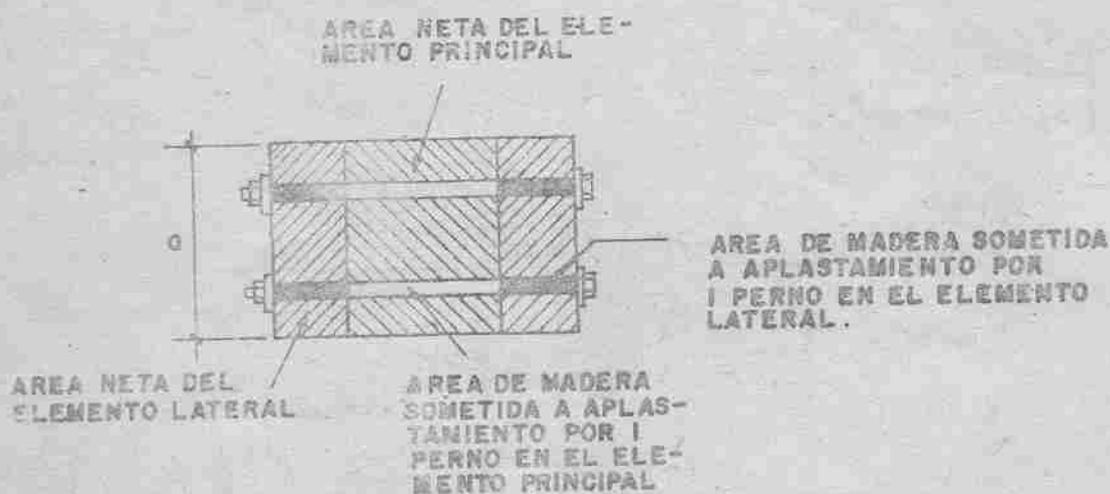
$$s_2 \geq \begin{cases} 2,5 d \text{ para } l/d \geq 2 \\ 5 d \text{ para } l/d \geq 6 \end{cases} \text{ Para valores intermedios} \\ \text{interpolar linealmente}$$

$$e_1 \geq \begin{cases} 2 d \text{ para elementos en compresión} \\ 7 d \text{ para elementos en tracción} \end{cases}$$

En ningún caso $e_1 < 5 \text{ cm}$

$$e_2 \geq \begin{cases} 1,5 d \text{ para } l/d \leq 6 \\ s_2/2 \text{ para } l/d > 6 \end{cases}$$

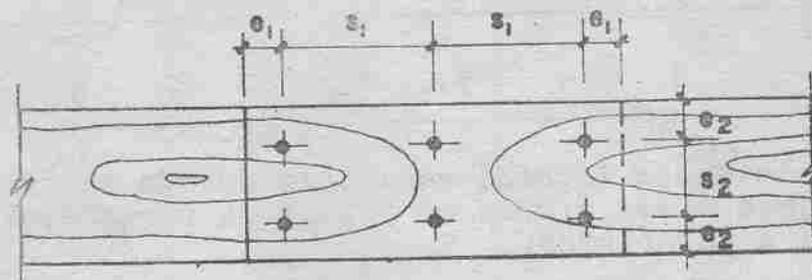
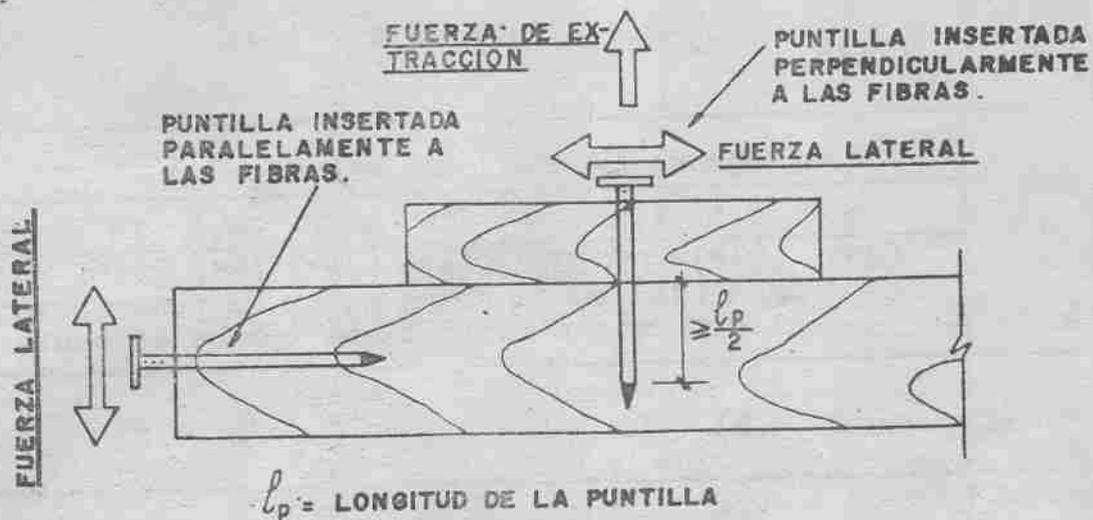
$$e_3 \geq 4 d$$



- d -- diámetro del perno
- s_1 -- separación entre pernos
- s_2 -- separación entre filas
- e_1 -- distancia al extremo del elemento
- e_2 -- distancia a un borde sobre el cual no actúan fuerzas
- e_3 -- distancia a un borde sobre el cual actúa la fuerza
- L -- longitud del perno en el miembro principal

Separación de los pernos

Fig. 7.2.11.1 - e



$$s_1 = s_2 \geq \frac{l_p}{2}$$

$$b_1 = b_2 \geq \frac{l_p}{4}$$

Fig. 7.2.11.2

- b) Capacidad portante a la extracción o agarre de cálculo de las puntillas comunes cuando se insertan perpendicularmente a las fibras. A las puntillas insertadas paralelamente a las fibras no se les considerará resistencia alguna al agarre o extracción.

Tabla 7.2.11.2.B

Clase de madera	Largo de la puntilla en cm (pulg)									
	5	6,5	7,5	9	10	11,5	12,5	14	15	
	(2")	(2½")	(3")	(3½")	(4")	(4½")	(5")	(5½")	(6")	
	Capacidad portante en kg/cm de penetración en el elemento principal que recibe la punta									
DURA (Júcaro negro)	9	11	13	16	17	18	20	22	24	
MEDIANA (Pino de sea)	5	6	6	7	8	9	10	10	11	
BLANDA (Cedro)	3	4	5	5	6	7	8	8	9	

c) La resistencia lateral admisible cuando se inserten paralelamente a las fibras es $3/4$ de la resistencia admisible normal a las fibras.

d) Separación y penetración. La separación entre puntillas no será menor que la mitad del largo de la puntilla y estarán separadas del extremo del elemento no menos de $1/4$ del largo de la puntilla. La penetración en el elemento a que se clava no será menor de la mitad de la longitud de la puntilla.

7.2.11.3 Empalmes en elementos de madera

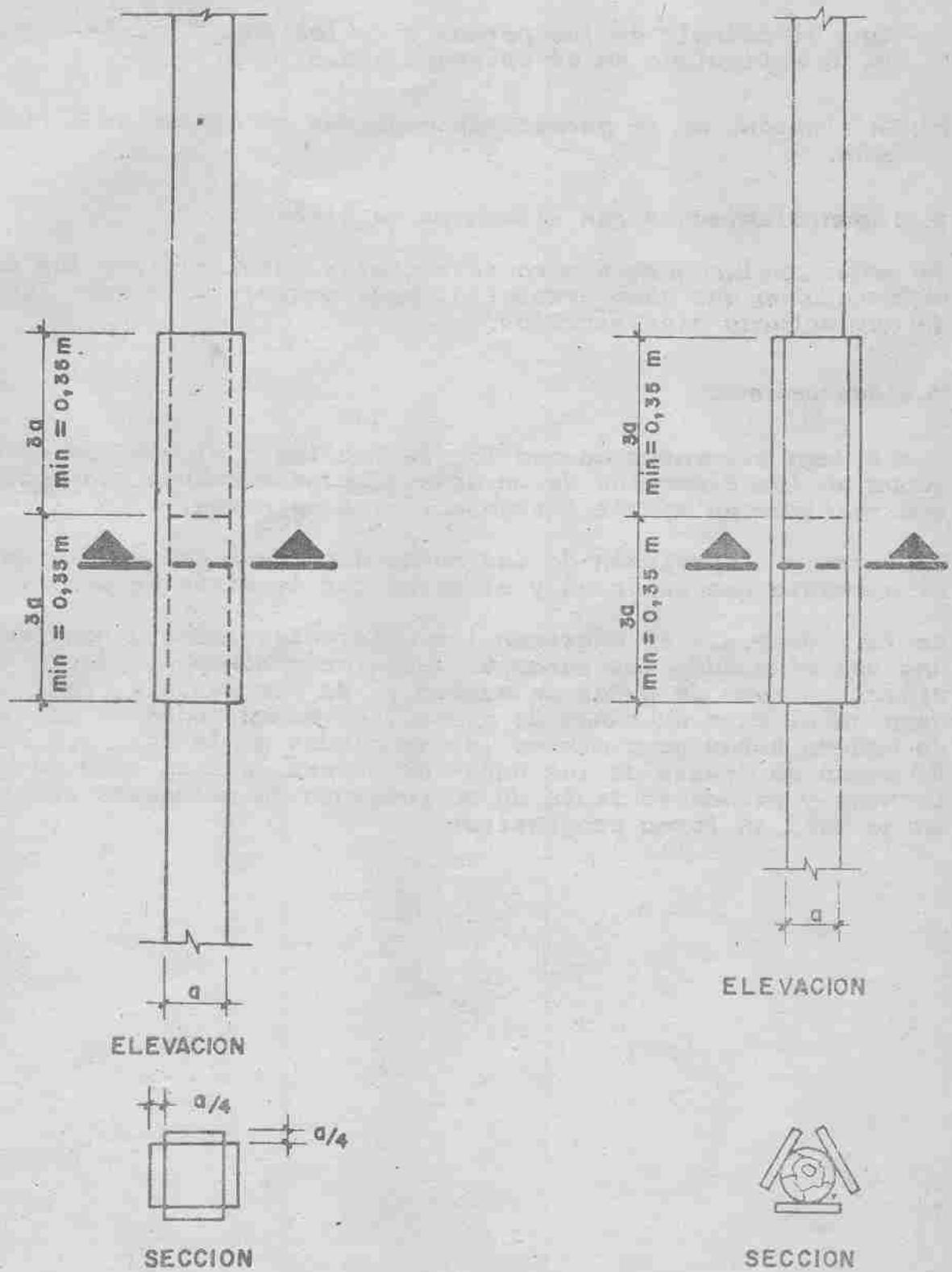
a) En compresión: Deben hacerse a tope colocándose en las cuatro caras en caso de puntales de madera aserrada y tres bridas en el caso de rollizos (fig. 7.2.11.3). Los extremos se cortarán en ángulo recto con respecto al eje del elemento de forma tal que las dos superficies queden en perfecto contacto.

Las bridas tendrán un espesor aproximado de $1/4$ del lado mayor de la sección o $1/4$ del diámetro en el caso de rollizos.

Cada brida se fijará con el número de pernos o puntillas requeridas para desarrollar el 50% de su capacidad resistente a compresión.

La longitud de las bridas será de 6 veces el lado mayor de la sección transversal o 6 veces el diámetro de rollizo (fig. 7.2.11.3) pero nunca inferior a 0,70 m.

En cada empalme se proveerán arriostramientos en dos direcciones perpendiculares



Empalmes de puntales

Fig. 7.2.11.3

b) En tracción. Los empalmes a tracción deben hacerse uniendo las piezas a tope con no menos de dos bridas, excepto en los empalmes de riostras en las que se permitirán los empalmes solapados. Las dimensiones de las bridas dependerán del número de pernos o puntillas y sus diámetros, requeridos para transmitir las fuerzas en la junta.

Para el cálculo de los pernos o de las puntillas se seguirá lo estipulado en el epígrafe 7.2.9.

c) En flexión. No se permitirán empalmes en elementos a flexión.

7.3 Apuntalamientos con elementos metálicos

Se seguirán las normas para estructuras metálicas con las modificaciones que sean necesarias para adaptarlas a este tipo de estructuras provisionales.

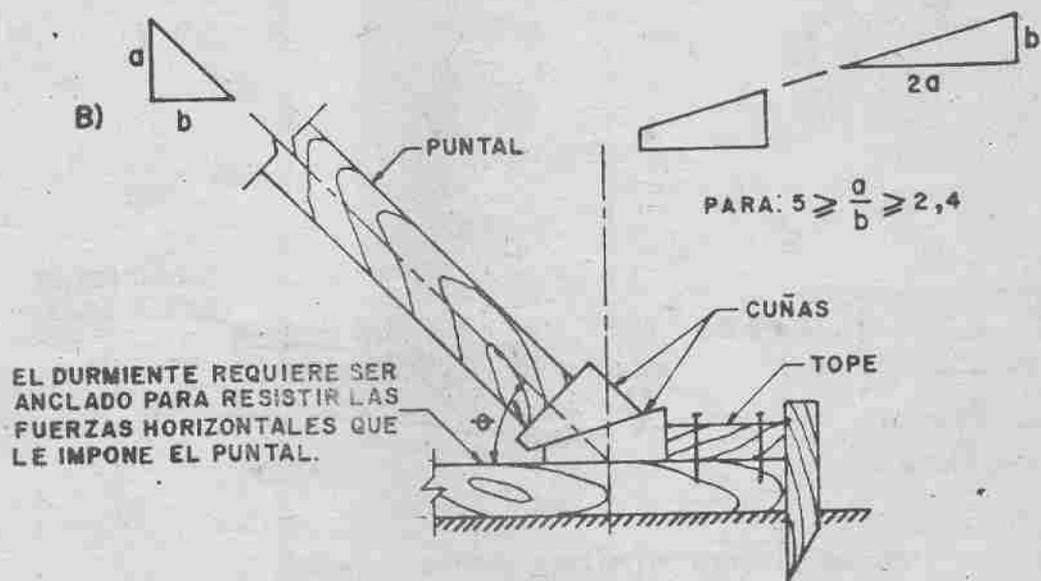
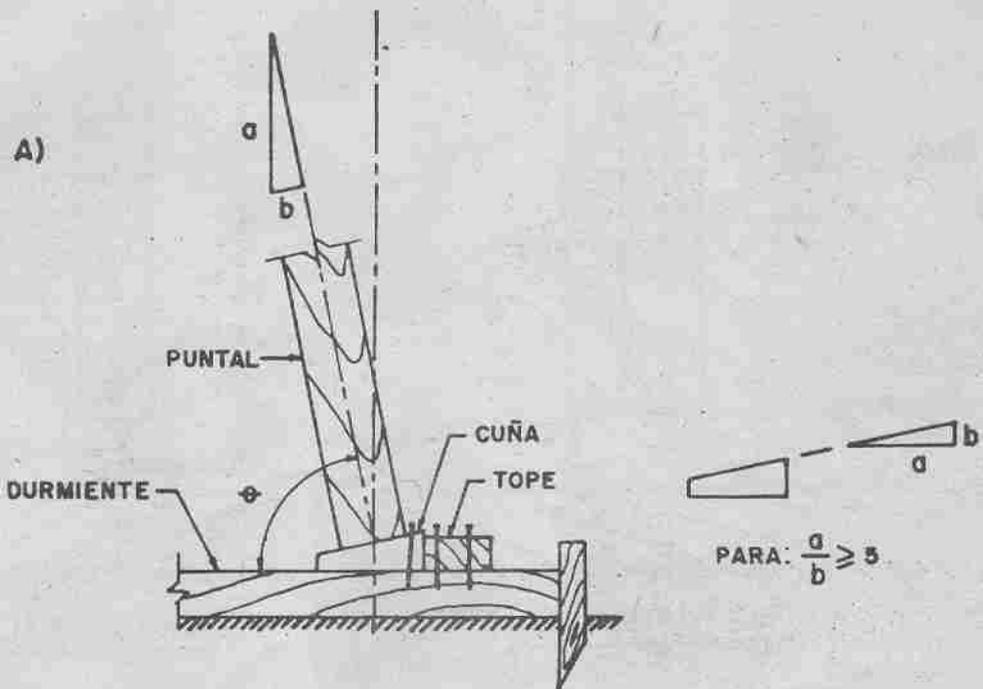
7.4 Acuñamiento

7.4.1 Para elementos de madera. Se realizará el acuñado de algunos de los elementos de un apuntalamiento cuando sea necesario realizar un ajuste o transmitirles la carga.

La forma y disposición de las cuñas dependerá del ángulo entre el elemento que se acuña y el plano que le sirve de apoyo.

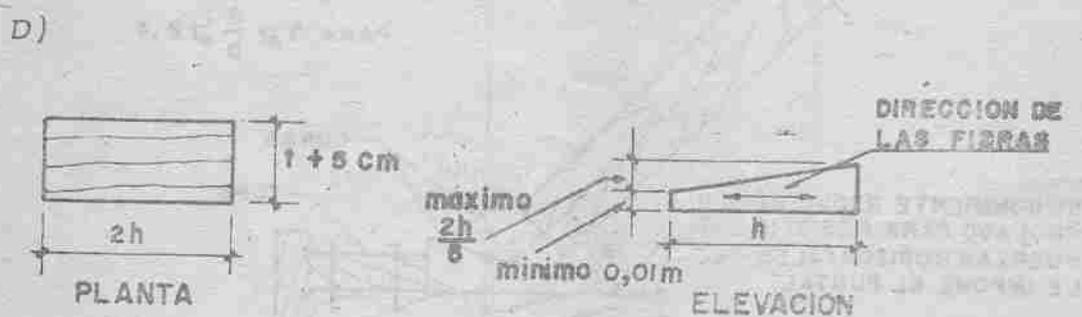
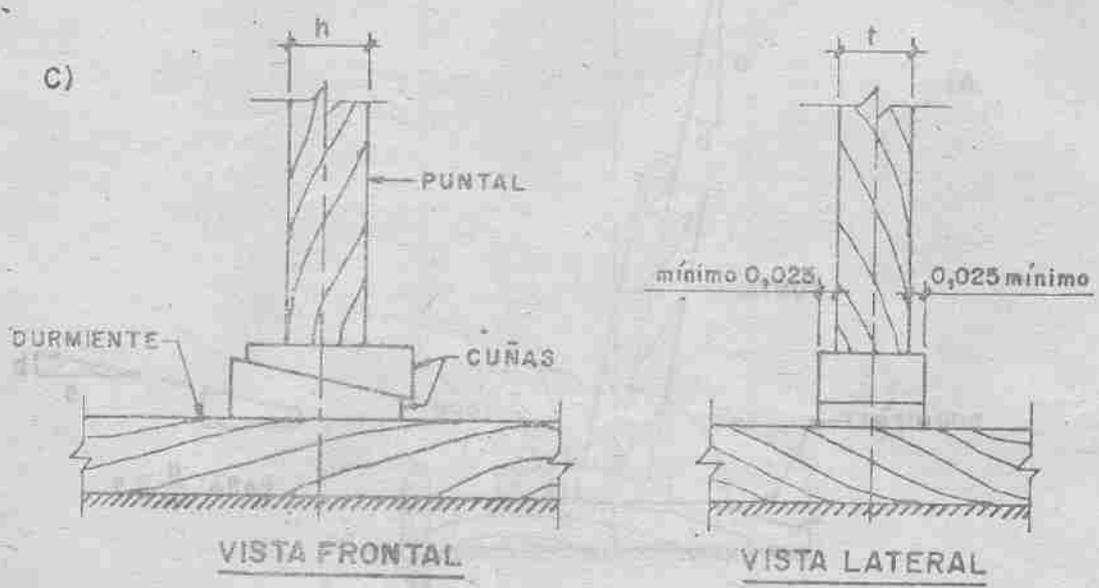
En la fig. 7.4.1 se muestran los diferentes casos a considerar. Una vez ajustadas las cuñas se asegurarán con puntillas o tornillos en caso de cuñas de madera y, de ser posible, con soldadura en el caso de cuñas de acero. Las dimensiones de las cuñas de madera serán como mínimo las señaladas en la fig. 7.4.1. D. El grado de ajuste de las cuñas dependerá de cada caso en particular y cuando se trate de un conjunto de elementos el ajuste se hará en forma progresiva.

Caso: Angulo entre el puntal y el durmiente menor de 90°

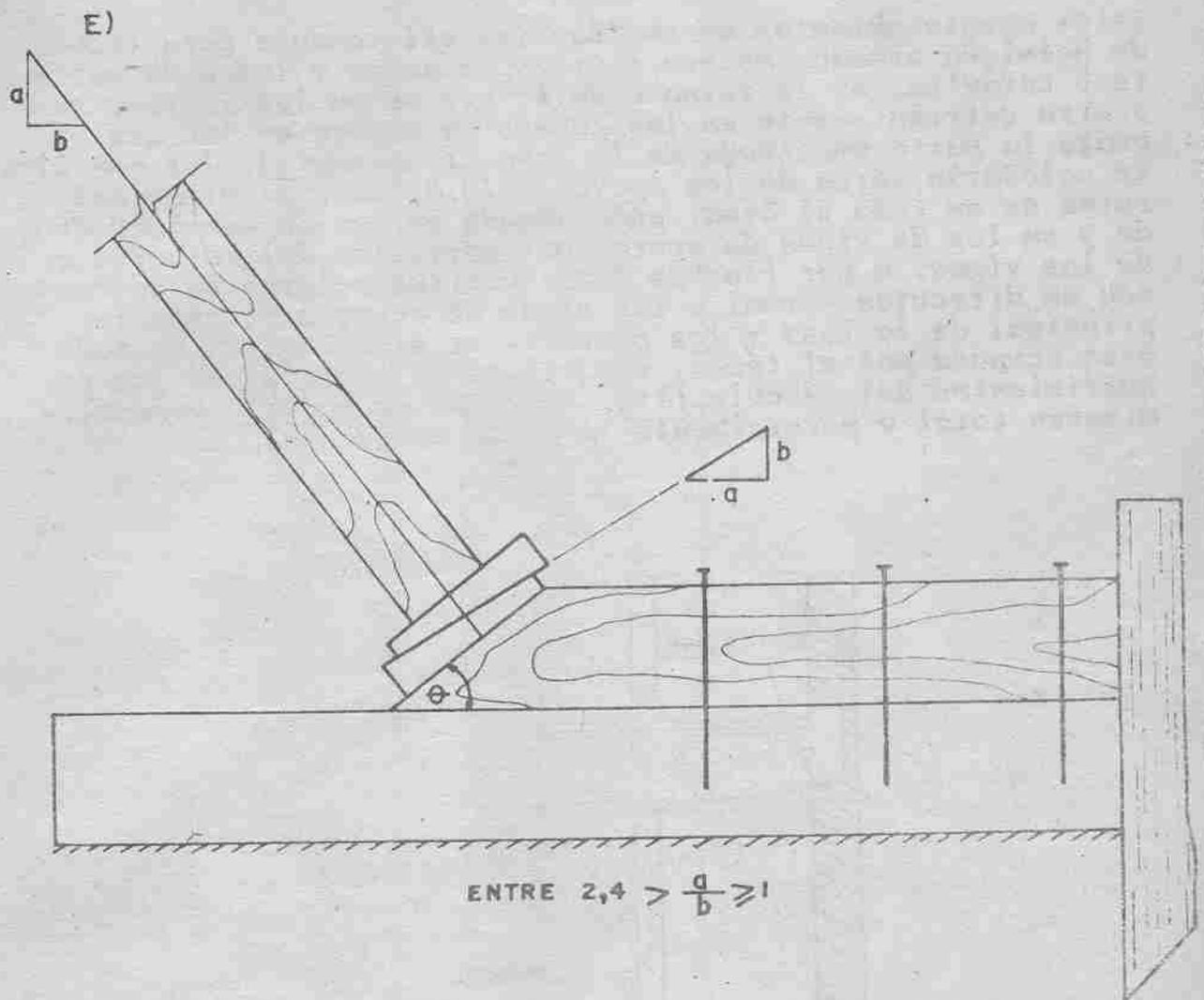


Para $\theta < 45^\circ$ (pend. 1:1) no se permite acuñado entre el puntal y el durmiente. En este caso se apoyará el puntal sobre un durmiente inclinado; o se cortará el puntal para que entre en un rebajo del durmiente o se apoyará a tope con el durmiente previo el corte correspondiente en el puntal.

Caso: Puntal perpendicular al durmiente



Dimensiones mínimas de las cuñas



7.4.2 Para elementos de acero. Se seguirán en general los lineamientos establecidos en 7.4.1. Preferiblemente se emplearán cuñas de acero pero pueden ser empleadas también cuñas de madera dura si se diseñan convenientemente para resistir las cargas a que serán sometidas.

8. APUNTALAMIENTOS TÍPICOS PARA DISTINTOS ELEMENTOS DE LA CONSTRUCCION

Los apuntalamientos que se describen en esta sección tienen un carácter orientador; el ingeniero civil o el arquitecto encargado de proyectarlos y/o construirlos podrá variar su forma y disposición de acuerdo con cada caso particular siempre que cumpla los requerimientos establecidos en esta norma.

8.1 Techos

Estos apuntalamientos se emplean indistintamente para techos de hormigón armado, madera o vigas de acero y losas de mortero o cerámica. Si la ruina o deterioro es en los apoyos, como ocurre corrientemente en los techos de madera en los que se pudre la parte empotrada de la viga (fagonadura), los puntales se colocarán cerca de los apoyos (fig. 8.1.A). Si el defecto o ruina es en todo el área, como sucede en los de hormigón armado y en los de vigas de acero, por corrosión del refuerzo o de las vigas, o por flechas excesivas, las soleras se colocarán en dirección normal a las vigas de acero o al refuerzo principal de la losa y los puntales se distribuirán en toda el área ocupada por el techo, espaciados de acuerdo con los requerimientos del cálculo (fig. 8.1). Si es posible debe eliminarse total o parcialmente la carga accidental.

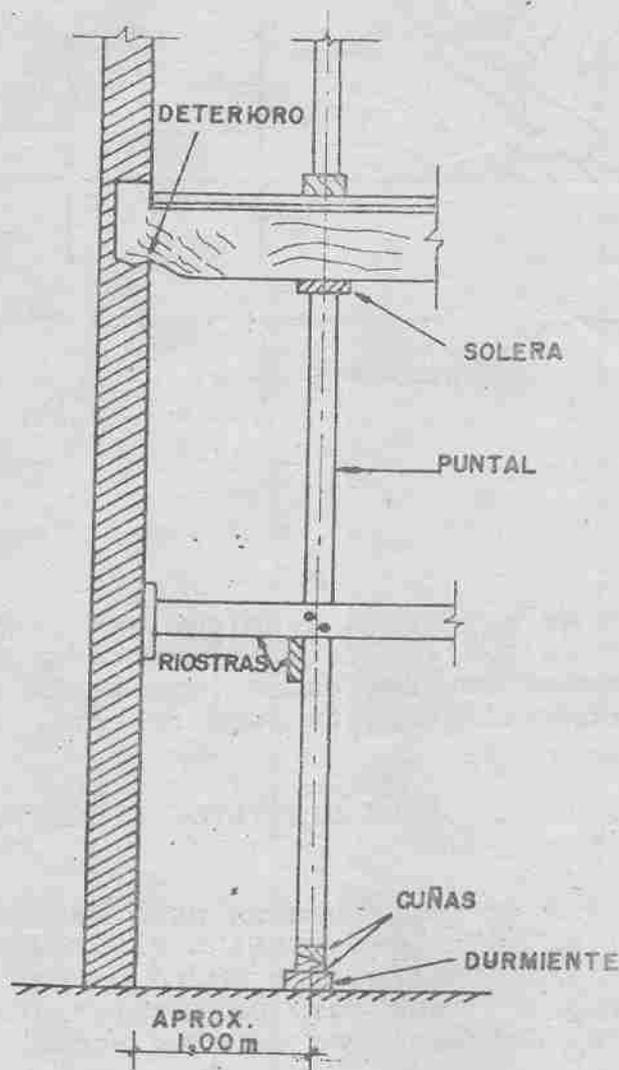


Fig. 8.1.A

Apuntalamiento de pisos o cubiertas deterioradas en los apoyos

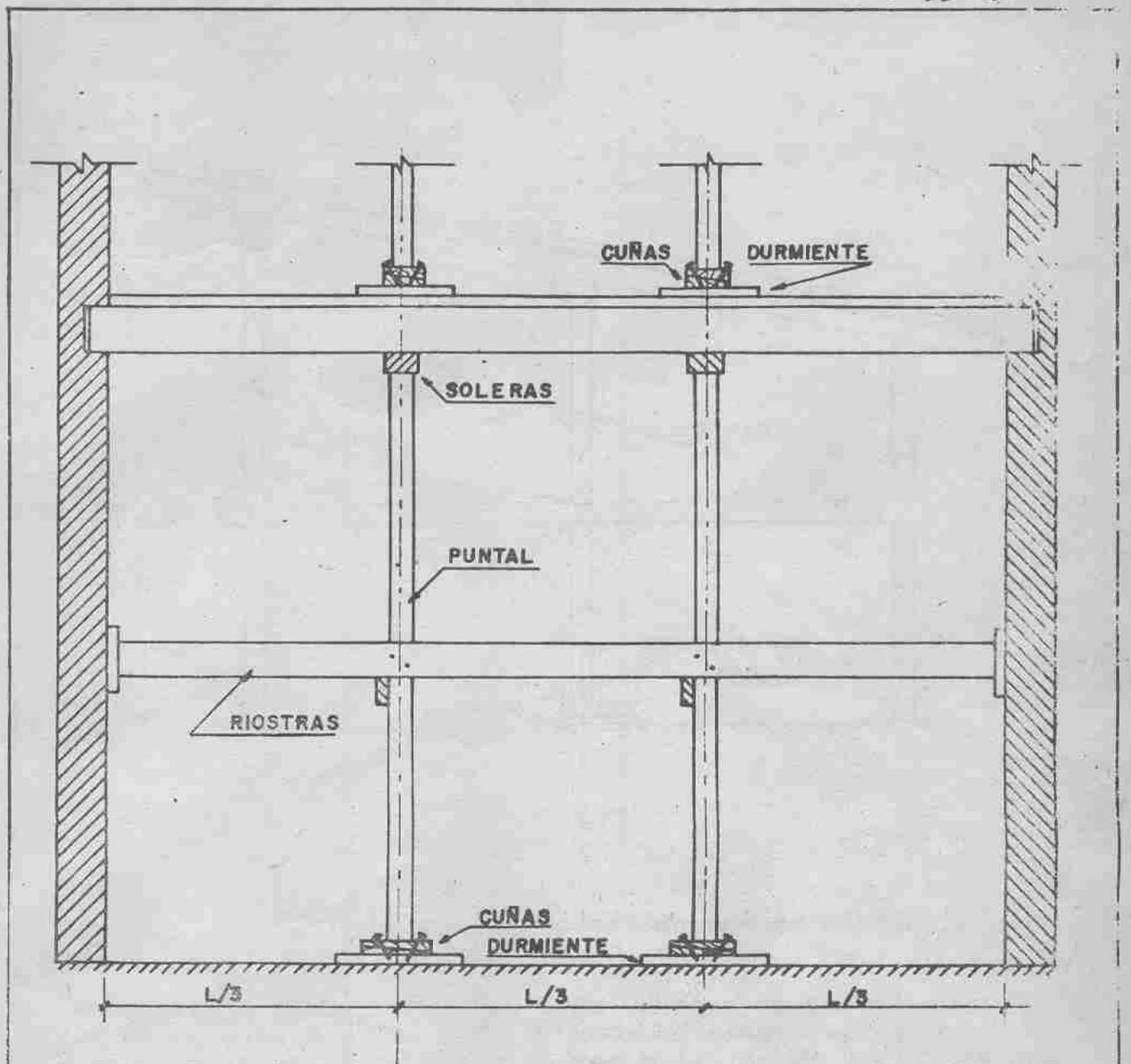


Fig. 8.1.B

Apuntalamiento intermedio de pisos o cubiertas

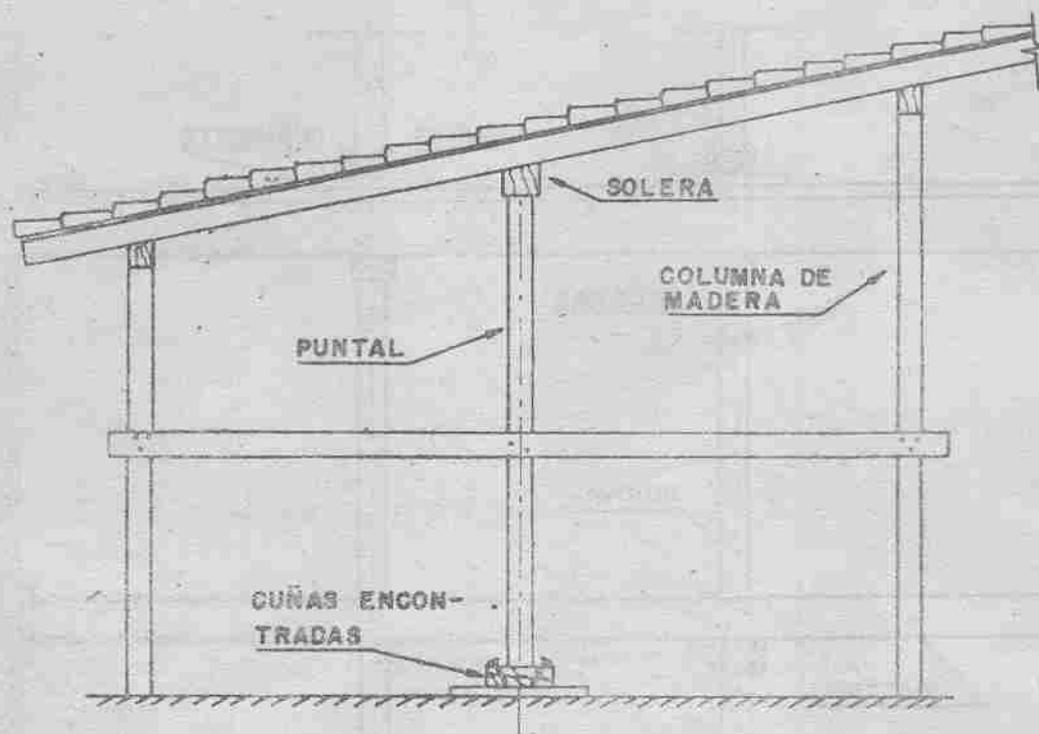


Fig. 8.1.C

Apuntalamiento de una cubierta inclinada

En los balcones de piedra, cuyo vuelo no excede generalmente de un metro, que presenten grietas en la piedra o que puedan perder su estabilidad por falta de contrapeso, el apuntalamiento es similar al de los techos colocando los puntales cerca del extremo del voladizo. El arriostamiento normal al muro debe fijarse a éste.

En los voladizos de hormigón armado, en los que se haya colocado el refuerzo correctamente, que presenten flechas excesivas, se colocarán una o varias filas de puntales para reducir la luz del voladizo (no se debe poner una sola fila de puntales en el extremo, a no ser que la luz sea menor de un metro). Cuando el refuerzo se haya colocado incorrectamente, esto es, en la parte inferior, los puntales deben colocarse en el extremo del voladizo.

Cuando se apuntalan los techos de varios pisos, los puntales deben coincidir verticalmente en todos los pisos y la resistencia de los mismos estará de acuerdo con la carga que reciben.

Cuando sea necesario empalmar puntales se cortarán a escuadra ambos extremos y se unirán con cuatro bridas de madera y puntillas o pernos. Cuando los puntales sean secciones laminadas de acero o tubos, los empalmes serán los típicos de estos materiales (planchas, pernos, soldaduras o roscas).

Donde existan empalmes de puntales se colocarán arriostramientos en ambas direcciones. Los apuntalamientos de los techos cerca de los apoyos también se emplean para descargar los muros en que se apoyan.

8.2 Vigas

Los apuntalamientos de las vigas son análogos a los de los techos. Se colocará una o dos filas de puntales siguiendo el eje de la viga. La separación de los puntales y el que éstos sean simples o dobles depende del estado de deterioro de la viga, de la carga que soporte y de la resistencia de los puntales.

Cuando se empleen puntales simples que no sean de gran longitud las tornapuntas podrán servir de arriostramiento del puntal en el plano de las tornapuntas si el ancho de la viga es igual o mayor de 0,30 m.

Cuando se empleen puntales dobles se arriostrarán entre sí en forma de celosía triangular (fig. 8.2).

Reglas análogas se seguirán cuando se empleen puntales metálicos.

Cuando el apuntalamiento se haga en las vigas superiores o en todos los pisos, los puntales deben coincidir verticalmente y se tendrá en cuenta el aumento de carga en los puntales inferiores.

8.3 Columnas o pilares

Las columnas o pilares se apuntalarán construyendo una torre formada por cuatro pies derechos o puntales de madera o acero arriostrados entre sí para recibir por medio de vigas transversales las cargas que transmiten a la columna las vigas de la construcción (fig. 8.3).

Las vigas transversales pueden ser sustituidas por un cepo de bajo del capitel colocando los puntales inclinados. En el caso de columnas en los extremos de arcadas hay que proyectar el apuntalamiento para que sea capaz de resistir, además de las cargas verticales, el empuje del arco o proyectar un apuntalamiento independiente para el arco.

Al proyectarse el apuntalamiento debe tenerse en cuenta la suma de las cargas de los pisos superiores a aquél donde se haga el apuntalamiento, y desde luego llevarse el apuntalamiento hasta el nivel del suelo, donde se repartirá la carga por medio de durmiente y emparrillados del área necesaria para no exceder la capacidad soportante del suelo. Debe dejarse un espacio suficientemente amplio entre las columnas que se vayan a sustituir o reparar y los puntales, que permita trabajar con facilidad.

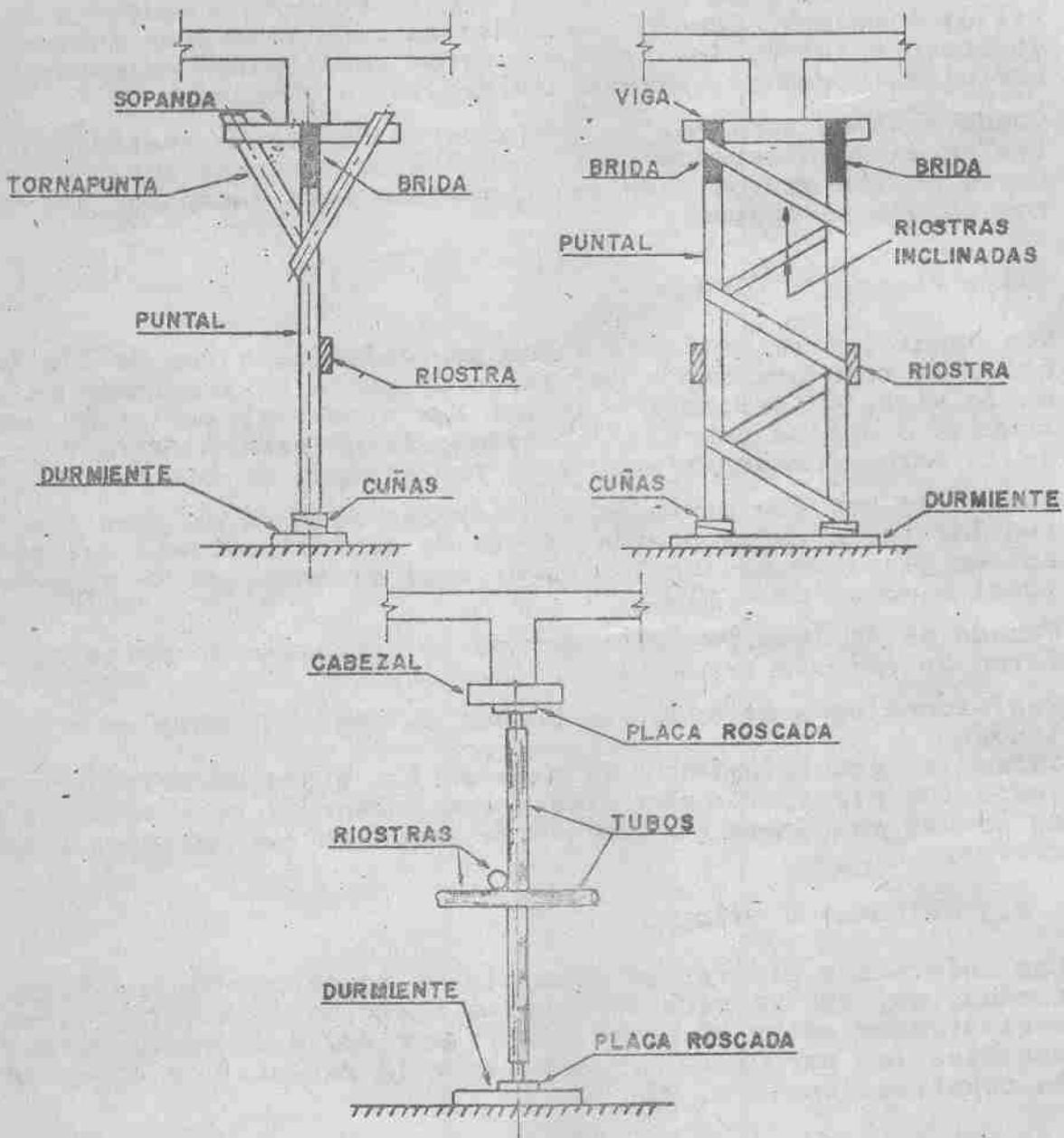


Fig. 8.2

Apuntalamiento de vigas

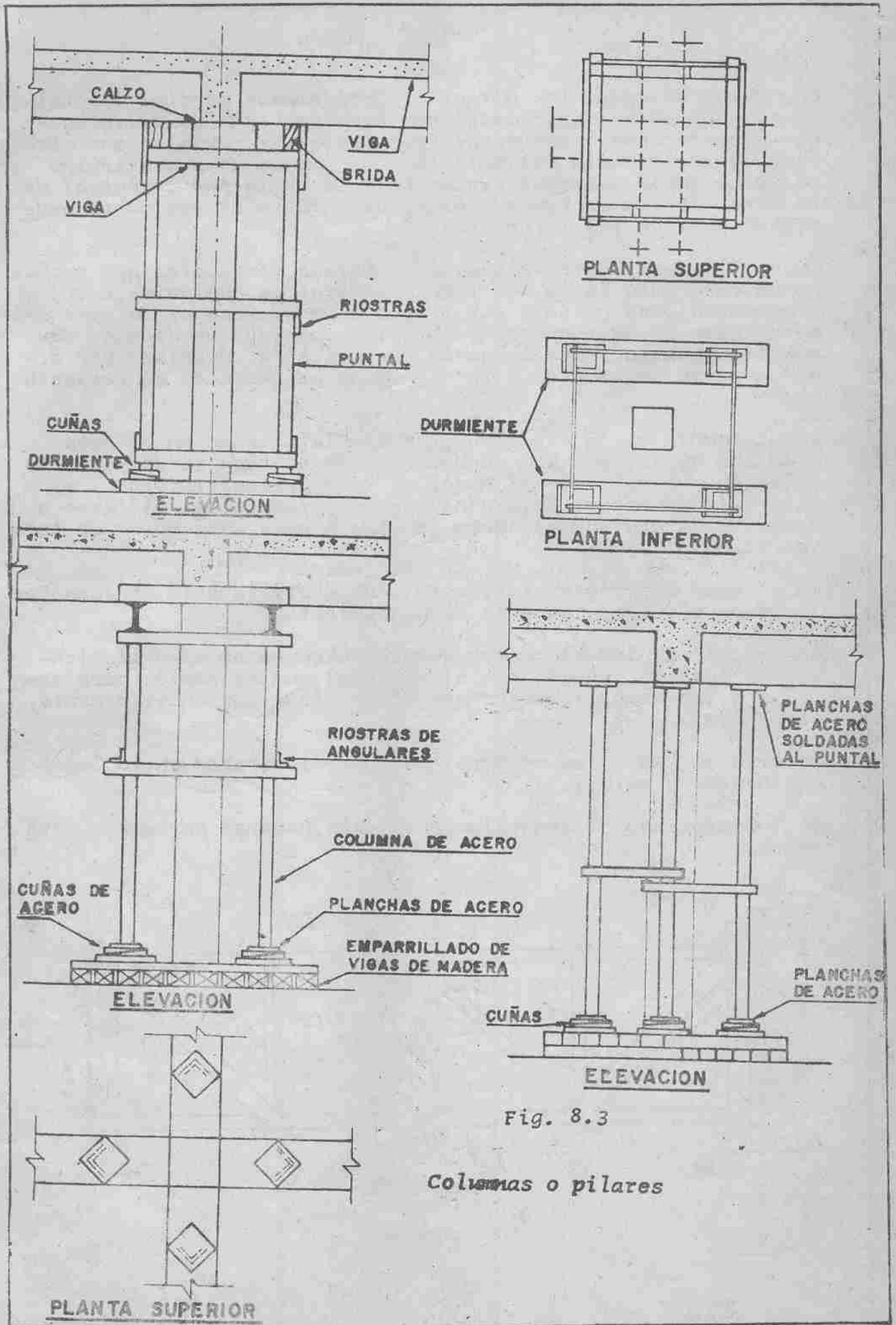


Fig. 8.3

Columnas o pilares

8.4 MUROS

Los muros se apuntalan por estar desplomados parcial o totalmente, por estar agrietados, por haberse reducido peligrosamente su sección transversal (por cualquier causa) o por pérdida de resistencia del material con que se haya construido el muro. Estos defectos pueden ocurrir en la parte central de un muro, en los extremos o esquinas y tanto en los muros exteriores como en los interiores.

Cuando la resultante de todas las cargas verticales que actúan en un muro pasa fuera del tercio central de cualquier sección transversal, es posible que llegue a producirse el colapso del muro. Este es un fenómeno progresivo que hay que atender con cierta urgencia. También puede producirse el desplome por alguna fuerza horizontal o inclinada no prevista en el proyecto del muro.

La distancia entre los planos de apuntalamiento en el área afectada se determinará de acuerdo con el tipo de desperfecto o lesión que presente el muro, el tipo de construcción y el material del mismo (hormigón, bloques, ladrillos, sillares o mampostería ordinaria); pero en ningún caso será mayor de tres metros.

En el caso de grietas inclinadas, cada grieta será cruzada por lo menos por dos planos de apuntalamiento.

El cálculo de los elementos que componen estos apuntalamientos se hará de acuerdo con el material que se emplee para apuntalar y los demás factores que se han señalado anteriormente, (fig. 8.4).

Si existen huecos en el muro, deben arriostrarse entre las jambas dintel y mainel.

En las esquinas el apuntalamiento debe hacerse por ambos parámetros.

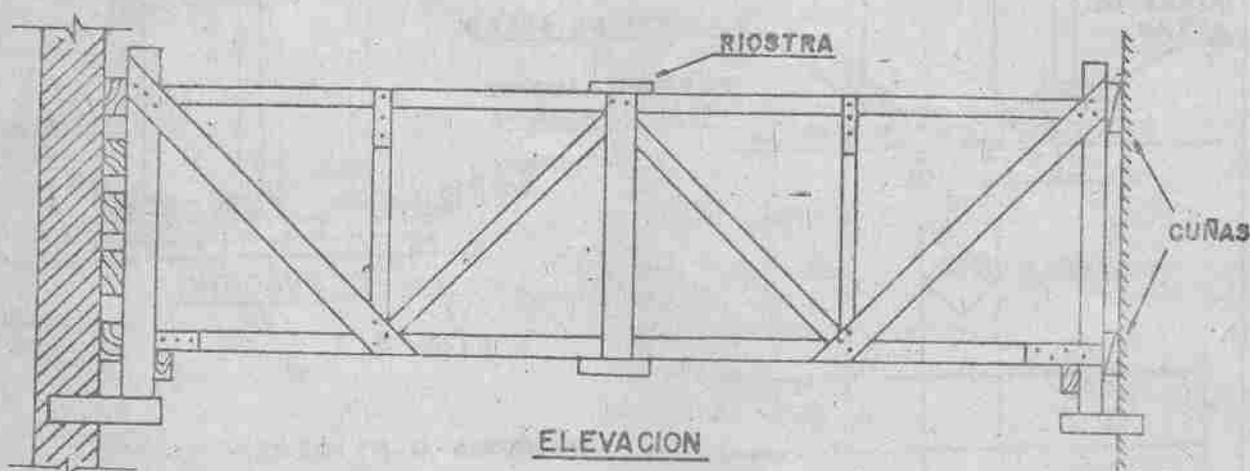
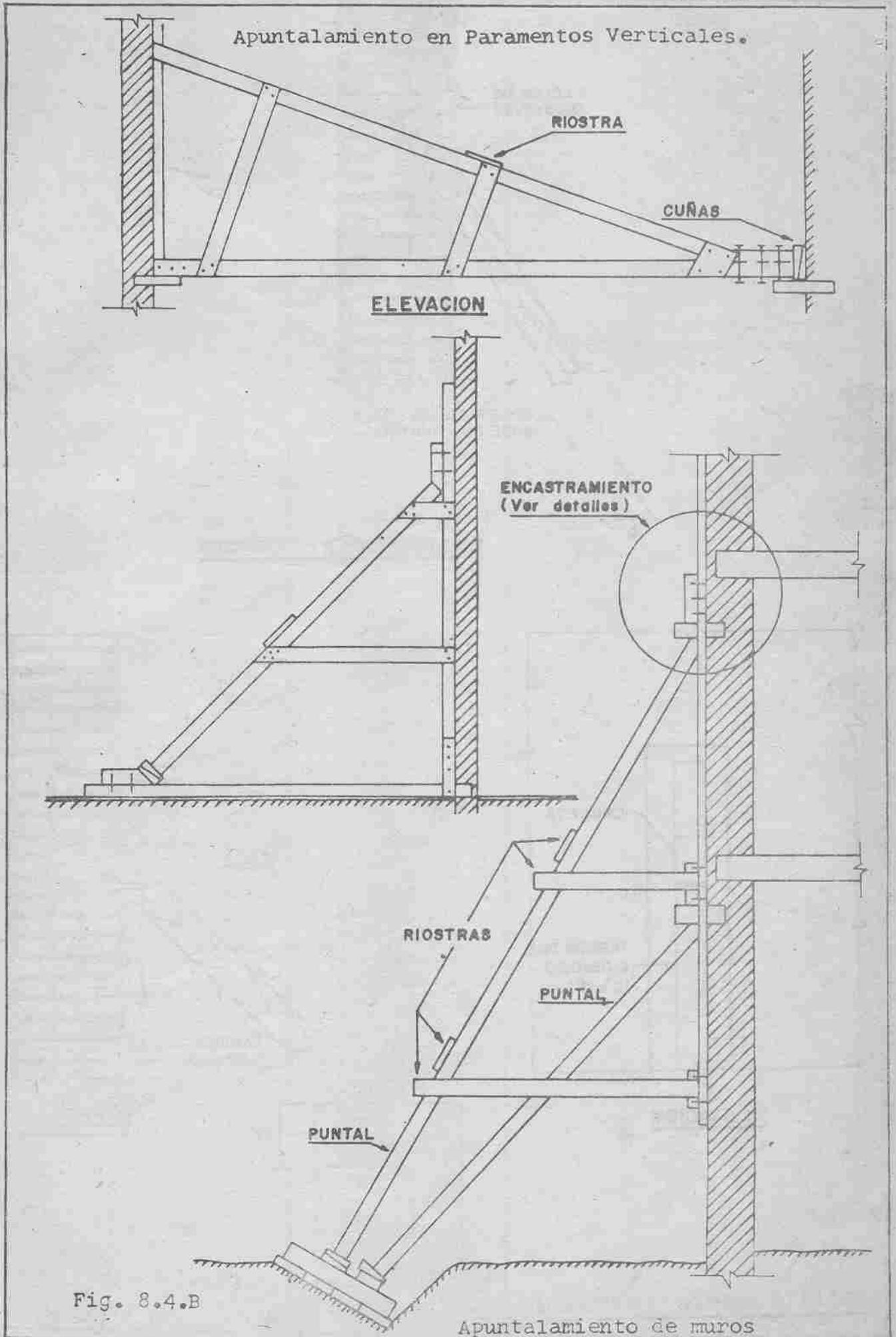
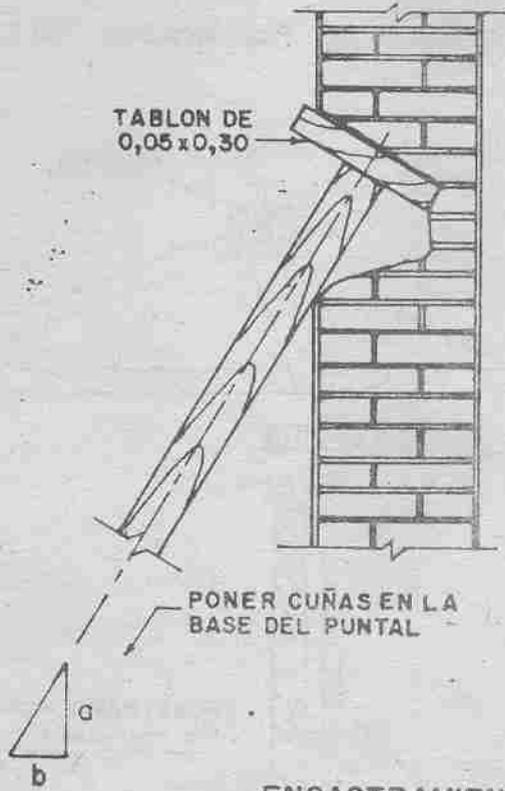


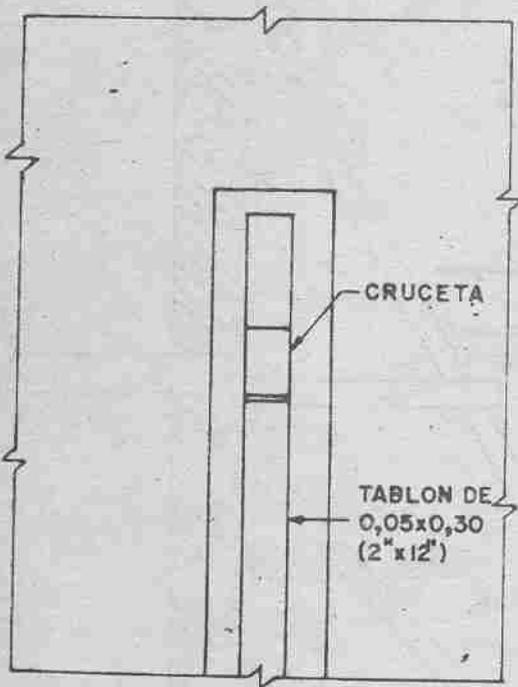
Fig. 8.4.A

MUROS

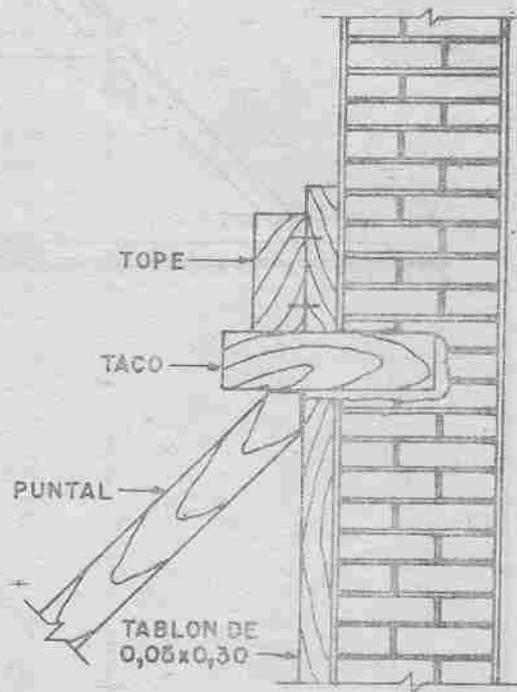




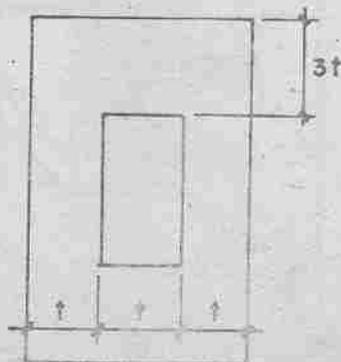
ENCASTRAMIENTO DIRECTO



ELEVACION



SECCION I-I



ENCASTRAMIENTO CON CRUCETA

Fig. 8.4.C

8.5 Muro para el sostenimiento de tierras, líquidos y materiales granulares

El apuntalamiento de estos muros es análogo al de los muros exteriores de edificios con la diferencia de que siendo generalmente la causa principal del desplome el incremento de una fuerza horizontal o inclinada, el apuntalamiento se hará de acuerdo con lo establecido en 4. Donde no sea posible colocar puntales inclinados u horizontales se puede emplear el sistema de vigas verticales (estampes) empotradas en el suelo y arriostradas en su parte superior por medio de tirantes anclados a muros o postes hincados en el suelo, situados a una distancia tal del muro que esté fuera de la zona de posible deslizamiento de la tierra que empuja el muro.

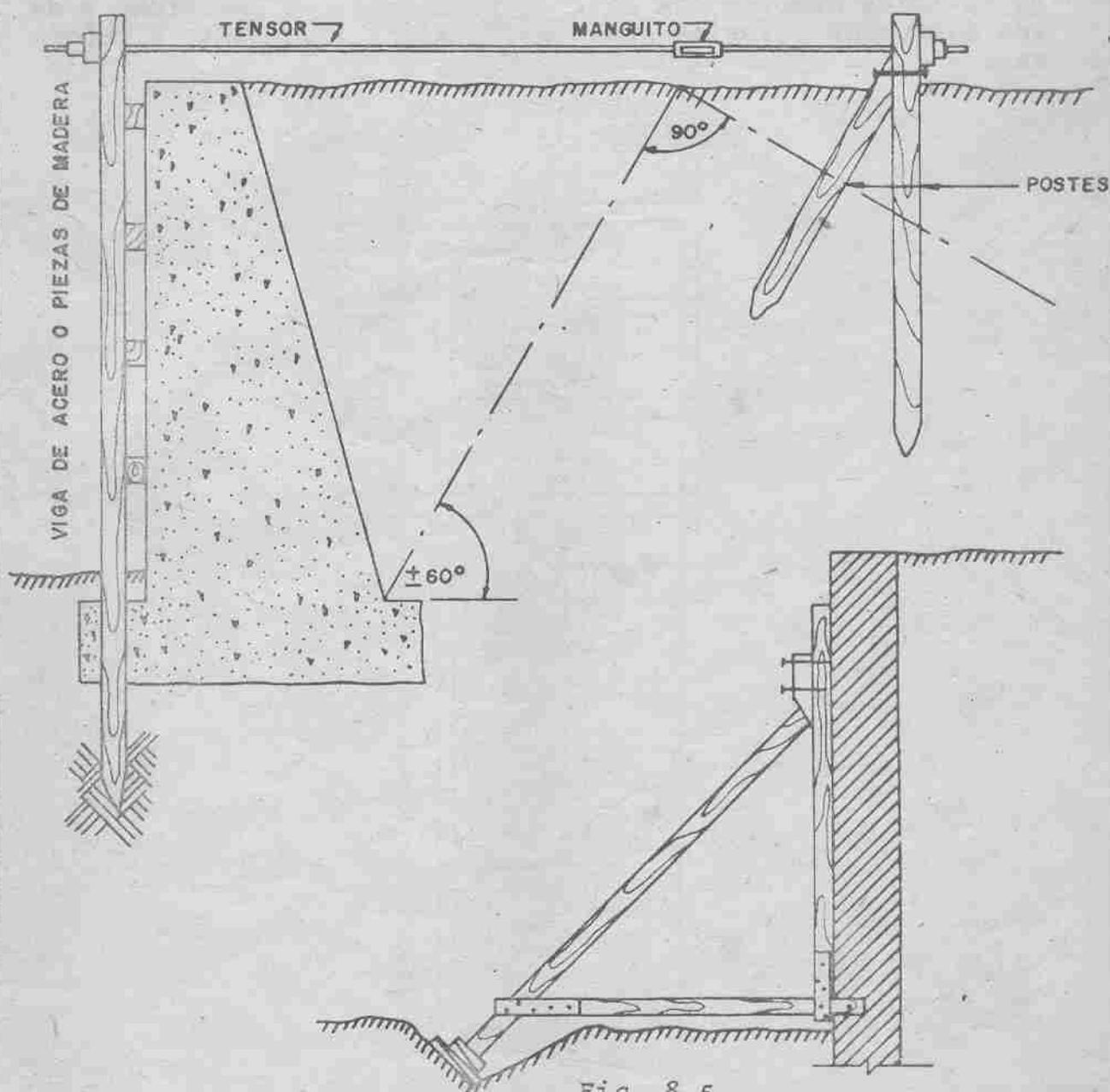


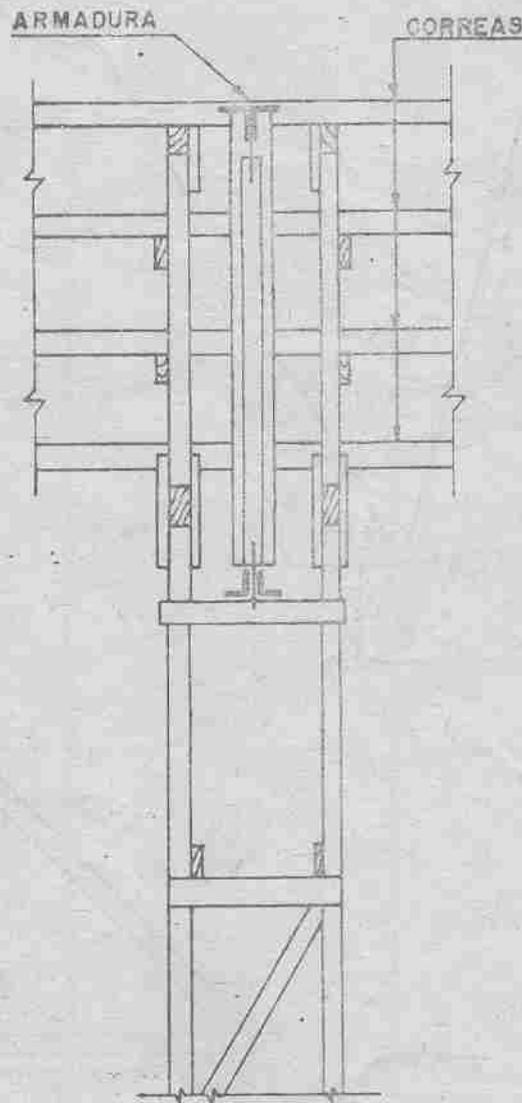
Fig. 8.5

Muro de sostenimiento de tierras, líquidos y materiales granulares

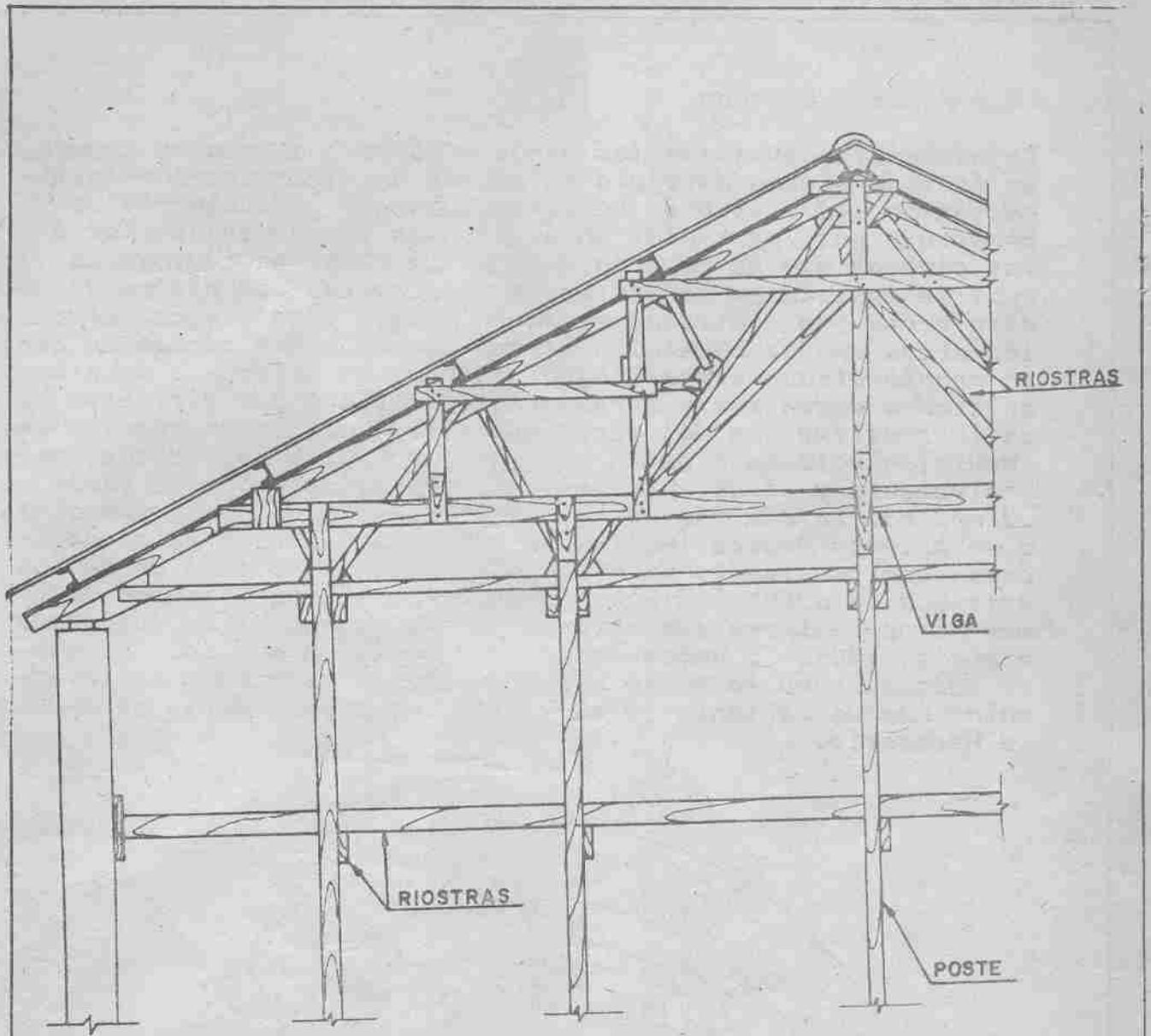
En los casos de depósitos cilíndricos de agua o de granos, que presenten grietas verticales, el refuerzo provisional de los mismos debe hacerse con zunchos metálicos debidamente tensi-
nados.

8.6 Armaduras

El apuntalamiento de las armaduras se realiza descargando las correas que se apoyan en los nudos o en otros puntos del cordón superior, en postes colocados a ambos lados de la armadura los que se apoyan en vigas longitudinales que se apoyan a su vez en los puntales. Los puntales se sitúan cerca de los nudos inferiores de la cercha y por medio de vigas transversales soportan la propia armadura. El proyecto de apuntalamiento varía de acuerdo con el tipo y material de la cercha y de los elementos o juntas que sea necesario sustituir o reforzar.



SECCION
Fig. 8.6.A
Armaduras



ELEVACION

Fig. 8.6.B
Armaduras

8.7 Arcos y bóvedas

Es necesario apuntalar los arcos y bóvedas dovelados cuando ha fallado alguna dovela o ha habido desplazamiento o inclinación de los estribos. La estructura que generalmente se construye para apuntalar un arco o una bóveda es similar a las cimbras que se emplean durante su construcción, en la cual se sustituyen generalmente los canones por piezas de madera recta y el intrados se acuña contra esas piezas. Como los arcos que se apuntalan tienen generalmente además de peso propio otras cargas, las piezas que se colocan a manera de cimbra deben ser más resistentes que las que sirvieron para la construcción del arco. Las bóvedas de cañón seguido se apuntalan colocando estas armazones a manera de cimbras, sucesivamente y vigas entre ellas que sustituyen a los tacos de madera. La cimbras se apoyan en vigas y éstas en puntales, o se colocan postes inclinados. El conjunto debe estar debidamente arriostrado. En el caso de ligera inclinación de los estribos el apuntalamiento puede consistir en tirantes con manguitos tensores que atraviesen los arranques de los arcos o que se adosen a ambos lados, que se fijan a placas de acero colocadas en la parte exterior de los estribos. Se intercalan manguitos tensores en los tirantes para darle el ajuste necesario.

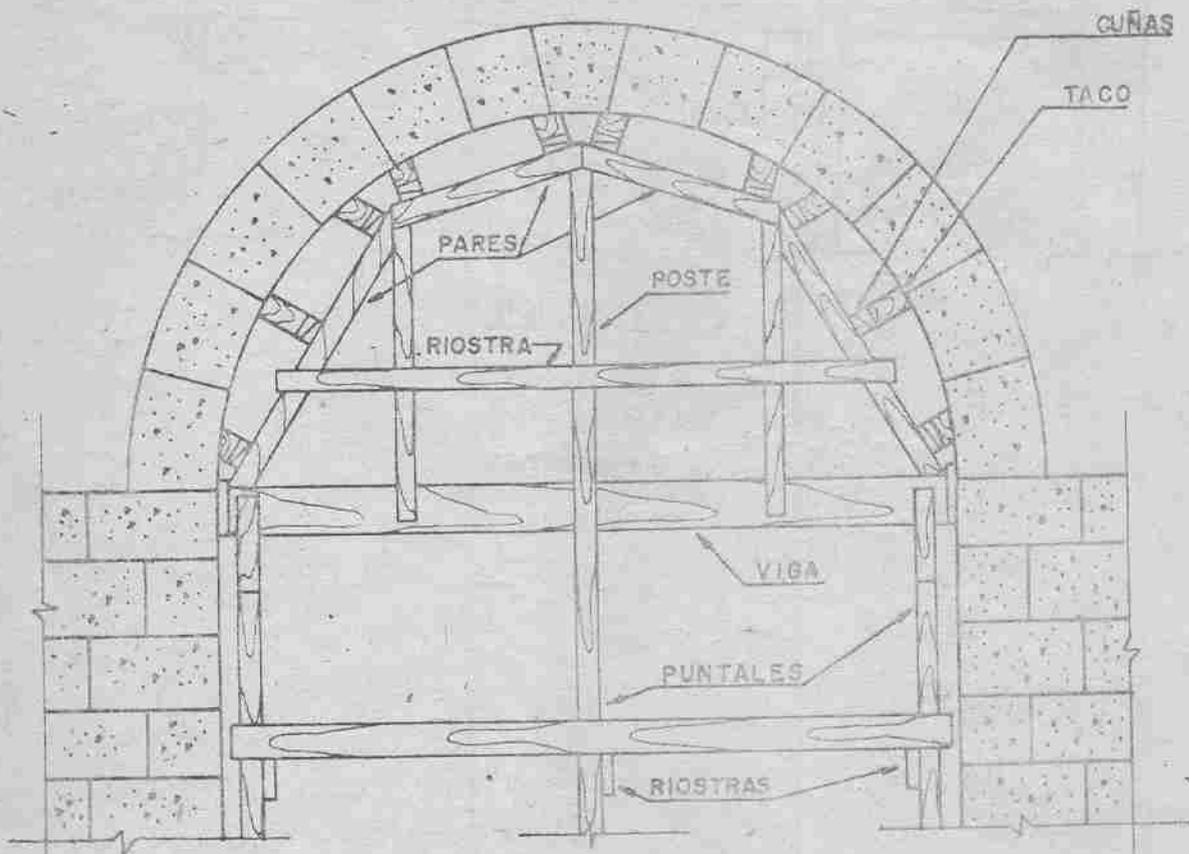


Fig. 8.7.A

Arcos y bóvedas

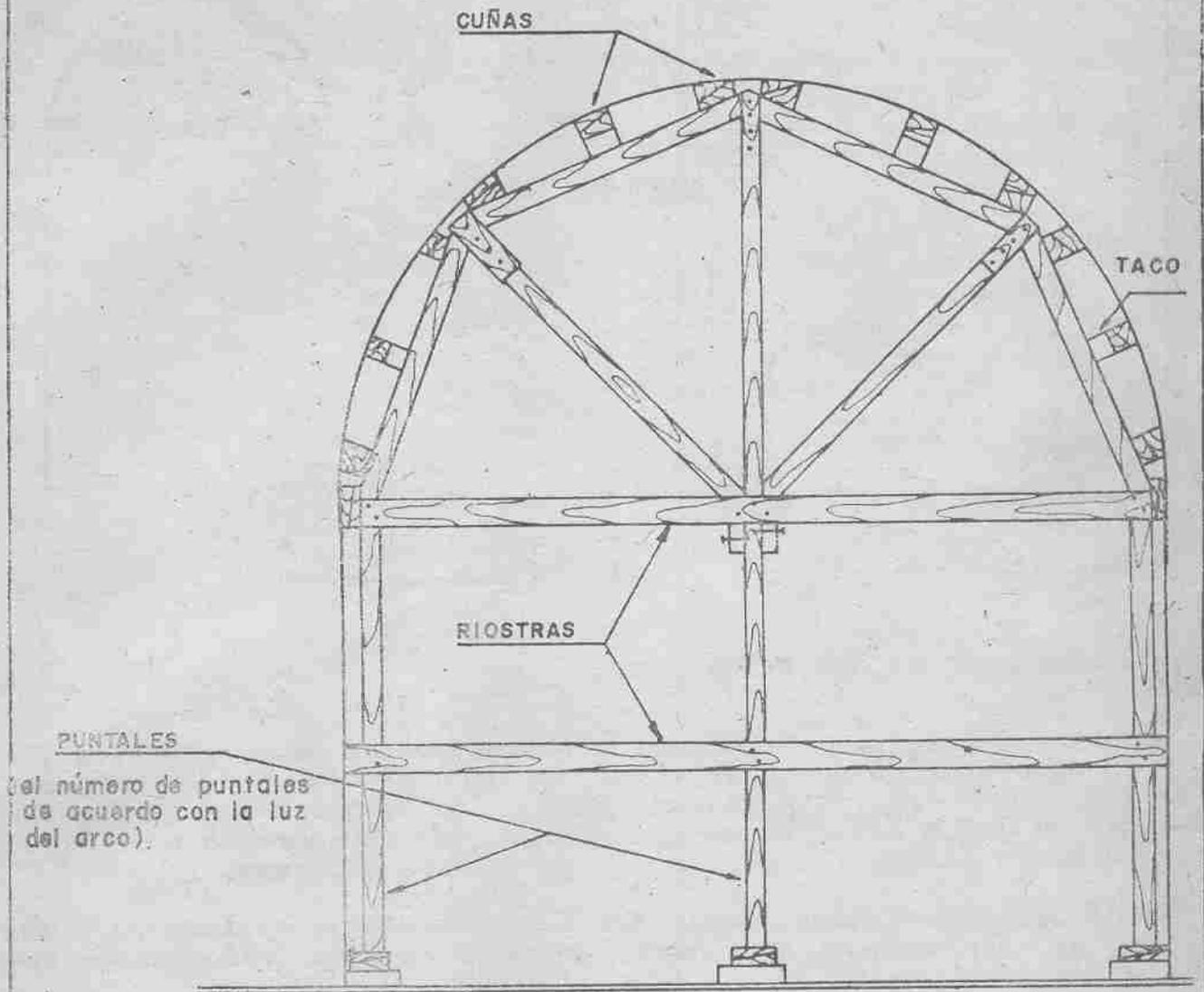


Fig. 8.7.B

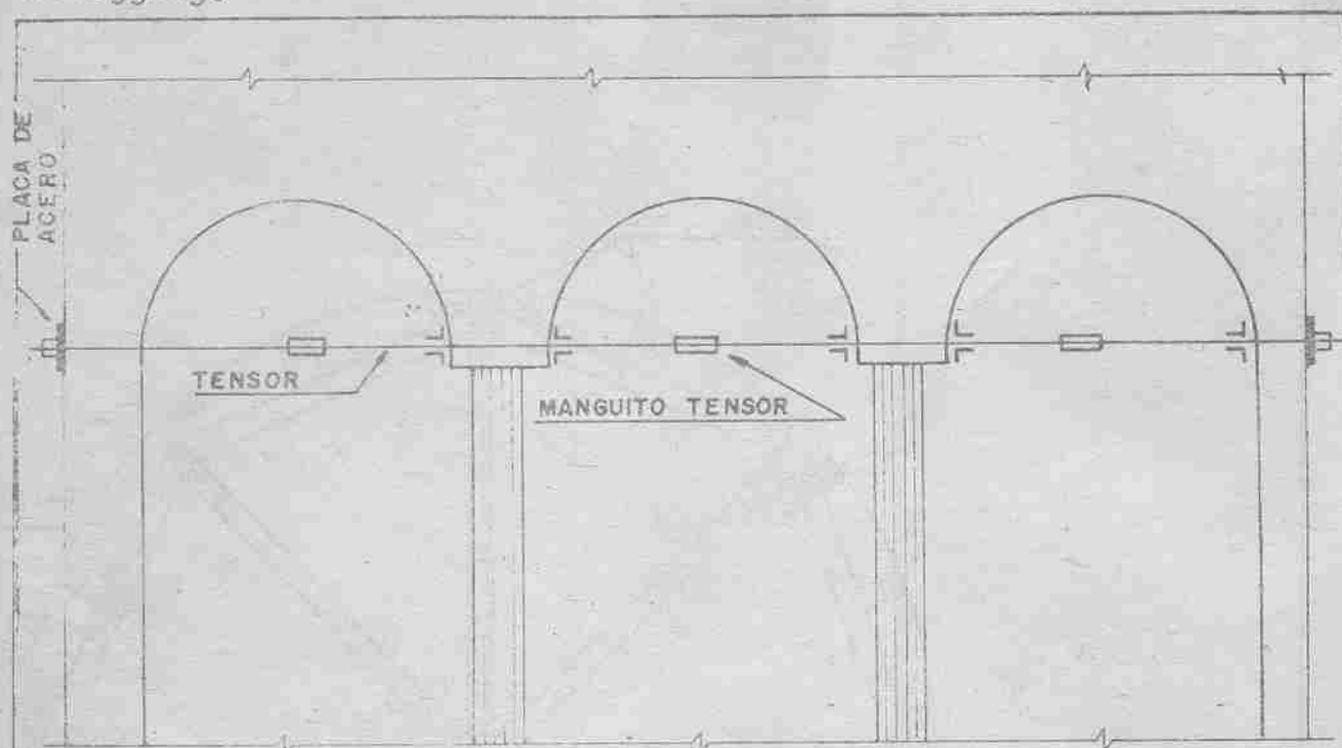


Fig. 8.7.C

9. RECOMENDACIONES GENERALES

Los apuntalamientos son corrientemente obras de carpintería y en su ejecución deben seguirse, en general, las reglas para este tipo de obra, sin la precisión y los detalles que se requieran en obras definitivas de madera, sustituyendo las ensambladuras en las juntas por bridas con clavos o pernos.

Los apuntalamientos deben ser suficientemente rígidos para que no se desplacen ni se pandeen, para lo cual se arriostrarán adecuadamente.

El acañamiento es una parte esencial del trabajo pues es lo que fija el apuntalamiento a la obra existente. Las cuñas deben ajustarse por etapas y en forma tal que no produzcan movimiento del miembro que se apuntala a no ser que se trate de contrarrestar flechas en techos o vigas. Como las cargas de los puntales se transmiten al piso o al suelo, debe comprobarse que dichas cargas no producirán la rotura del piso o el hundimiento del suelo, para lo cual, se distribuirán adecuadamente por medio de durmientes o emparrillados. Como obra temporal que es, los factores de seguridad de los diferentes elementos son generalmente menores que en las obras definitivas. Al proyectar el apuntalamiento se tendrá en cuenta el trabajo que ha de hacerse en el elemento que se apuntala para que dicho trabajo pueda ejecutarse fácilmente y así evitar golpes que puedan afectar la estabilidad del apuntalamiento.

ANEXO I

Resistencias características

Tensión de rotura, módulo de elasticidad y peso de las siguientes maderas:

Clase de madera	Tracción kg/cm ²	Compresión		Flexión fuerza kg/cm ²	Cortante paralelo a las lí- bras ² kg/cm ²	Módulo de elasticidad ³ kg/cm ²	Peso kg/m ³
		paralela a las fibras kg/cm ²	pérrpendi- cular a las fibras -- kg/cm ²				
Madera blanca (Cedro hembra)	600	290	150	700	40	78 100	380
Madera mediana (Pino de tea - del país)	1 028	500	320	900	45	120 200	740
Madera dura (Lucaro negro)	2 180	810	470	1 200	70	173 000	1 140

En los apuntalamientos, se emplea generalmente una diversidad de clases de maderas. Como no se dispone por el momento de datos estadísticos de las propiedades resistentes de las mismas, se exponen en la tabla algunas clases como índice.

INDICE	Página
1. Objetivo y alcance	1
2. Signos de deterioro, deformación o deficiencias	1
2.1 Signos	1
2.1.1 Materiales pétreos	2
2.1.2 Madera	2
2.1.3 Materiales metálicos	2
2.2 Causas	2
3. Materiales para los apuntalamientos	3
4. Clasificación y utilización de los apuntalamientos	3
4.1 Apuntalamiento vertical	3
4.2 Apuntalamiento horizontal	3
4.3 Apuntalamiento inclinado	3
4.4 Apuntalamiento mixto	4
5. Elementos para el apuntalamiento	4
6. Proyecto de apuntalamientos	4
7. Cálculo de los apuntalamientos	4
7.1 Solicitaciones	4
7.2 Apuntalamiento de madera	5
7.2.1 Bases para el cálculo	6
7.2.2 Aumento de la tensión de cálculo a cortante en las juntas	8
7.2.3 Aumento de la tensión de cálculo a compresión normal a las fibras	8
7.2.4 Compresión en superficies inclinadas	8
7.2.5 Cálculo de elementos sometidos a compresión axial	8
7.2.5.1 El coeficiente de pandeo	9
7.2.6 Pivotes y otros elementos sometidos a compresión axial de sección circular	9

	Página
7.2.7 Flexión	9
7.2.8 Tracción	9
7.2.9 Cortante	10
7.2.10 Flexo-compresión	11
7.2.11 Juntas o uniones	11
7.2.11.1 Uniones con pernos	11
7.2.11.2 Juntas con puntillas	15
7.2.11.3 Empalmes en elementos de madera	20
7.3. Apuntalamientos con elementos metálicos	22
7.4 Acuñamiento	22
7.4.1 Para elementos de madera	22
7.4.2 Para elementos de acero	25
8. Apuntalamientos típicos para distintos elementos de la construcción	25
8.1 Techos	26
8.2 Vigas	29
8.3 Columnas o pilares	29
8.4 Muros	32
8.5 Muro para el sostenimiento de tierras, líquidos y materiales granulares	35
8.6 Armaduras	36
8.7 Arcos y bóvedas	38
9. Recomendaciones generales	40
Anexo I	41

ACLARACION

Esta norma deja sin efecto el documento NYRCO 11-209-76 "Apuntalamientos".