



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Guía para el dimensionado de un apuntalamiento básico

Apellidos, nombre	Oliver Faubel, Inmaculada (inolfau@csa.upv.es)
Departamento	Construcciones Arquitectónicas
Centro	ETSIE. Universitat Politècnica de València



1 Introducción

En una obra de construcción la estructura a construir, reforzar o demoler, necesitará de una estructura provisional que asegure su estabilidad durante el proceso correspondiente. Esa estructura provisional es lo que común, e indistintamente, se conoce como **apeo o apuntalamiento**¹.

Para ello se tendrá que estar a lo que determina el **RD 1627/97**² en su Anexo IV. Parte A para cualquier estructura provisional de obra: “... Deberá procurarse, de modo apropiado y seguro, la estabilidad de los materiales y equipos y, en general, de cualquier elemento que en cualquier desplazamiento pudiera afectar a la seguridad y la salud de los trabajadores.”

En cumplimiento de este precepto, esta exigencia deberá resolverse para los apeos con la redacción en su caso de una **Nota de Cálculo**. Su objeto justificar su resistencia y estabilidad ante las cargas a transferir.

2 Objetivos

Una vez que el alumno lea con detenimiento este artículo, será capaz de:

- Establecer los criterios de diseño del apuntalamiento requerido en una estructura de una obra de construcción.
- Establecer el estado de cargas a la que el apuntalamiento se va a ver sometido.
- Dimensionar las piezas que componen dicho apuntalamiento.
- Redactar la Nota de Cálculo preceptiva para su instalación en obra.
- Determinar las condiciones de montaje, control, conservación, mantenimiento y desmontaje de un apuntalamiento.

3 Normativa de aplicación

La Norma **UNE 76-501-87**³ define y clasifica a los medios auxiliares, y entre ellos a los apeos y apuntalamientos.

Pero esta norma UNE no se detiene en regular cuándo, cómo y dónde hay que apea/apuntalar una estructura de edificación. Tampoco entra en sus objetivos determinar si es preceptivo elaborar algún tipo de documentación para poder instalar estas estructuras provisionales en obra.

¹ Un apeo sostiene un elemento estructural mientras se está ejecutando hasta que alcance resistencia propia suficiente. Por su parte un apuntalamiento Sostiene a una estructura ya construida que ha perdido, amenaza perder o se le ha privado de sus cualidades estructurales de resistencia, rigidez, verticalidad, estabilidad, etc. A lo largo de este artículo es posible que se usen indistintamente estos dos conceptos para referirse a los dos.

² REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. BOE nº 256 25/10/1997

³ UNE 76-501-87: Estructuras Auxiliares y Desmontables de Obra. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Madrid, 1987.



Para ello, como ya se ha adelantado, se tendrá que estar a lo que determina el **RD 1627/97**⁴. En cumplimiento de este precepto, esta exigencia deberá resolverse para los apeos con la redacción en su caso de una **Nota de Cálculo**. Su objeto es justificar su resistencia y estabilidad ante las cargas a transferir.

A efectos de cargas a transferir (peso de los elementos constructivos y peso propio de la estructura provisional, acciones externas, etc.), se estará a lo que especifique el **CTE**⁵ en su DB-SE-AE. Igualmente en lo que a las características resistentes de los materiales empleados en la construcción del apuntalamiento se tendrá en cuenta lo especificado en el mismo DB-SE-AE y los específicos para algunos materiales, como el DB-SE-M para maderas.

En su caso dicha Nota de Cálculo se podrá complementar/sustituir por la elaborada por el fabricante cuando parte o la totalidad del apeo o apuntalamiento responda a un sistema prefabricado y no se distancie de la configuración tipo establecida por el fabricante.

Del mismo modo, la exigencia de estabilidad requiere indirectamente la redacción de un **Plan de Montaje, Uso y Desmontaje**, similar al que para andamios exige el **RD 2177/2004**⁶. En este caso el objetivo será dual: la optimización económica y de montaje de la estructura provisional, y su completa definición de forma que se garantice la seguridad para las personas y para el propio edificio.

Además de todo ello, y si parcial o totalmente responde a un sistema prefabricado, deberá acompañarse siempre del **Manual de Instrucciones** del fabricante y de la **Ficha Técnica** del sistema prefabricado. Ante la autoridad municipal deberá justificarse en su caso la **ocupación de la vía pública** y presentar la documentación requerida para solicitar esta ocupación.

Por último todo ello, Nota de Cálculo, Plan o Condiciones de montaje, uso y desmontaje, Manual de Instrucciones, Ficha técnica, etc., deberá formar parte del **Plan de Seguridad y Salud** que la contrata responsable de su incorporación en obra redactará para esa obra.

4 Procedimiento para la incorporación de un apuntalamiento en obra

El procedimiento a seguir por el técnico se puede esquematizar como sigue:

1. Estudio previo
2. Selección del sistema de apuntalamiento
3. Definición del material a emplear

⁴ REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. BOE nº 256 25/10/1997

⁵ Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. DB-SE-AE; DB-SE-M

⁶ REAL DECRETO 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura. BOE nº 274 13/11/2004



4. Toma de datos
5. Diseño del apuntalamiento
6. Cálculo estado de cargas
7. Dimensionado de las piezas
8. Condiciones de montaje, uso, mantenimiento y desmontaje
9. Puesta en servicio

5 Procedimiento para la incorporación de un apuntalamiento en obra. Ejemplo

Vamos a desarrollar a continuación el esquema anterior con un ejemplo: el apuntalamiento de un forjado de viguetas de madera y revoltón cerámico de una sola rosca apoyadas en muro de fábrica. Se trata de un apuntalamiento de seguridad para el posterior refuerzo de algunas de las piezas.

5.1 Estudio previo

- El elemento constructivo que lo requiere
 - El tiempo necesario de ejecución
 - La dificultad de la puesta en obra (espacio)
 - La disponibilidad de medios materiales y personal especializado
 - El nivel de ocupación del edificio afectado
 - Los costes de ejecución
- Forjado de viguetas de madera y revoltón cerámico de una sola rosca apoyadas en muro de fábrica
 - Análisis del elemento estructural
 - Estimación de la carga
 - Observación de los daños
 - Definición de la solución definitiva
 - **Solución temporal: apuntalamiento**
 - Duración entre 1 semana y 6 meses → MEDIA
 - Espacio reducido (Luz entre apoyos = 4,00 m)
 - Madera en sección TABLONCILLO (15x5 cm) y puntales telescópicos metálicos
 - Personal cualificado
 - Edificio desocupado

Tabla 2.2 Clases de duración de las acciones

Clase de duración	Duración aproximada acumulada de la acción en valor característico	Acción
Permanente	más de 10 años	Permanente, peso propio
Larga	de 6 meses a 10 años	Apeos o estructuras provisionales no itinerantes
Media	de una semana a 6 meses	sobrecarga de uso; nieve en localidades de >1000 m
Corta	menos de una semana	viento; nieve en localidades de < 1000 m
Instantánea	algunos segundos	sismo

Fuente: CTE-DB-SE-M



5.2 Selección del sistema de apuntalamiento / Definición del material a emplear

- Elementos horizontales (sopandas y durmientes)
- Elementos verticales (pies derechos)

- Sopandas y durmientes:
 - Secciones de tabloncillo 15x5 cm
 - Calidad madera: ME-1 (UNE 56544/2007)
 - Tipo madera: Pino silvestre (España)
 - Clase resistente madera: C-18 (DB-SE-M)
- Pies derechos:
 - Opción 1: Tabloncillos (2) unidos con pernos
 - Opción 2 : Puntales metálicos telescópicos
 - Capacidad resistente (FT fabricante)

Tabla 2 – Especificaciones para la clasificación de piezas de sección rectangular con anchura $b \leq 70$ mm

CRITERIOS DE CALIDAD	ME-1	ME-2
DIÁMETRO DE LOS NUDOS SOBRE LA CARA (a)	$d \leq 1/5$ de "h"	$d \leq 1/2$ de "h"
DIÁMETRO DE LOS NUDOS SOBRE EL CANTO (b)	$d \leq 1/2$ de "b" y $d \leq 30$ mm	$d \leq 2/3$ de "b"
ANCHURA MÁXIMA DEL ANILLO DE CRECIMIENTO ⁽¹⁾		
- Pino silvestre	≤ 4 mm	Sin limitación
- Pino laricio	≤ 5 mm	Sin limitación
- Pino gallego y pinaster	≤ 8 mm	Sin limitación

Fuente: UNE 56544/2007

Tabla C.1. Asignación de clase resistente para diferentes especies arbóreas y procedencias según normas de clasificación.

Norma	Especie (Procedencia)	Clase resistente									
		C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	D35	D40
UNE 56.544	Pino silvestre (España)	-	-	ME-2	MEG	-	ME-1	-	-	-	-
	Pino pinaster (España)	-	-	ME-2	-	ME-1	-	-	-	-	
	Pino insignis (España)	-	-	ME-2	-	ME-1	-	-	-	-	
	Pino laricio (España)	-	-	ME-2	MEG	-	ME-1	-	-	-	
NF B 52.001-4	Abeto (Francia)	-	-	-	ST-III	ST-II	-	ST-I	-	-	
	Falso abeto (Francia)	-	-	-	ST-III	ST-II	-	ST-I	-	-	
	Pino oregón (Francia)	-	-	-	ST-III	ST-II	-	-	-	-	

Fuente: CTE-DB-SE-M

Tabla E.1 Madera aserrada. Especies de coníferas y chopo. Valores de las propiedades asociadas a cada Clase Resistente

Propiedades	Resistencia (característica) en N/mm ²	Clase resistente											
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
- Flexión	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
- Tracción paralela	$f_{t0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
- Tracción perpendicular.	$f_{t90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
- Compresión paralela	$f_{c0,k}$	16	17	18	19	20	22	22	23	25	26	27	29
- Compresión perpendicular	$f_{c90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
- Cortante	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Rigidez, en kN/mm ²													

Fuente: CTE-DB-SE-M

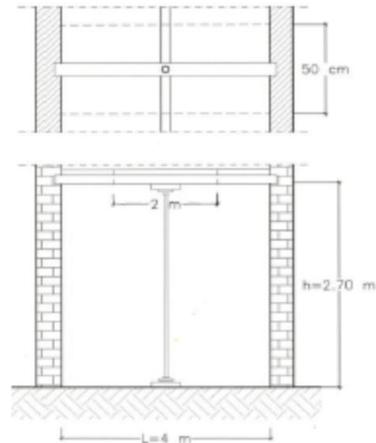
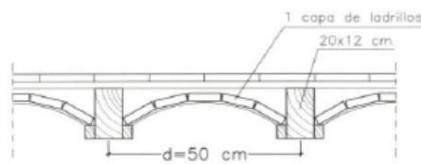
5.3 Toma de datos

- Tipología de forjado
- Geometría del elemento a apuntalar



- Estado de conservación, lesiones, patologías

- Forjado apoyado. Luz entre apoyos = 4,00 m
 - Viguetas de madera de 20x12 cm
 - Revoltón cerámico de una rosca
 - Pavimento cerámico 3 cm
- Intereje viguetas = 50 cm
- Altura libre = 2,70 m
- Duración de la carga → MEDIA
- Ambiente interior con humedad superior al 85% (afecta a la resistencia de la madera) → CLASE DE SERVICIO 2



CLASES DE SERVICIO Apartado 2.2.2.2

- CS 1 → $T = 20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$;
Humedad relativa > 65% pocas semanas al año
- CS 2 → $T = 20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$;
Humedad relativa > 85% pocas semanas al año
- CS 3 → Humedad superior a la de la CS 2

Fuente: CTE-DB-SE-M

Fuente: Fco J. Zapater Colomer

5.4 Diseño del apuntalamiento

- Número de líneas de apuntalamiento
- Separación puntales

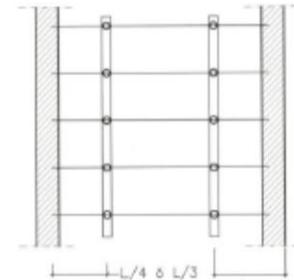
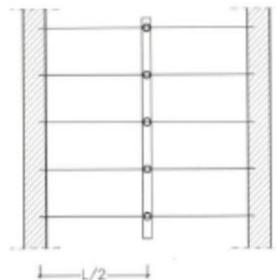
- Luz entre apoyos = 4,00 m
- Puntales en todas las viguetas

LÍNEAS DE APUNTALAMIENTO:

- Si $L < 4,00 \text{ m}$ → 1 línea
- Si $L > 4,00 \text{ m}$ → 2 o más líneas

Excepciones:

- Si las cabezas están dañadas → 2 o más líneas a $L/4$
- Si hay pérdida de masa → sopandar en toda la luz de las viguetas



Fuente: Fco J. Zapater Colomer

5.5 Cálculo del estado de cargas

- Cargas y sobrecargas
- Coeficientes de seguridad a emplear



- Cálculo carga de servicio

- Cargas (NRE-AEOR-93)
 - Peso propio = 150 kg/m²
 - Peso pavimento = 50 kg/m²
 - Peso tabiquería = 100 kg/m² (s/ scu)
- Sobrecargas (CTE-DB-SE-AE)
 - De uso (mantenimiento) = 100 kg/m²
- Coeficientes de seguridad (NRE-AEOR-93)
 - Cargas: $\gamma_f = 1,35$
 - Sobrecargas: $\gamma_{sc} = 1,50$
- Cálculo carga servicio
 - $Q^* = 1,35 \times \text{cargas} + 1,50 \times \text{sobrecargas} = 5,50 \text{ kN/m}^2$
- Cálculo carga para un puntal

$$Q_p = Q^* \times \text{intereje} \times L/2 = 5,50 \text{ kN}$$

Pesos propis forjats sense capa de compressió			
Forjats	Dimensions		Pes (kg/m ²)
1. Bigueta fusta i empostissat 	t	AxB (cm)	
	2,5 cm.	16x10	45
	3,0 cm.	20x12	65
	3,5 cm.	24x14	75
2. Bigueta fusta/revoltó maó 	1 capa rajola ceràmica	AxB (cm)	135
		16x10	150
		20x12	160
		24x14	160
	2 capes rajola ceràmica	AxB (cm)	150
		16x10	165
	20x12	165	
	24x14	175	

Fuente: NRE-AEOR-93

Categoría de uso	Subcategorías de uso	Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A Zonas residenciales	A1 Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
	A2 Trasteros	3	2
B Zonas administrativas		2	2
C Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1 Zonas con mesas y sillas	3	4
	C2 Zonas con asientos fijos	4	4
	C3 Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
	C4 Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
	C5 Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D Zonas comerciales	D1 Locales comerciales	5	4
	D2 Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)		2	20 ⁽¹⁾
F Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾		1	2
G Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾ Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽¹⁰⁾ ⁽⁸⁾	2
	G2 Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
	G2 Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Fuente: CTE-DB-SE-AE

COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Cargas

- Determinació estimada: $\gamma_f = 1,35$.
- Determinació analítica: $\gamma_f = 1,25$.
- Determinació empírica: $\gamma_f = 1,15$.

Sobrecargas

- Prospecció reduïda o mínima: $\gamma_{sc} = 1,6$.
- Prospecció normal: $\gamma_{sc} = 1,5$.
- Prospecció intensa: $\gamma_{sc} = 1,4$.

Fuente: NRE-AEOR-93

5.6 Dimensionado de las piezas

- Dimensionado convencional / rápido mediante tablas

- Comprobación de las piezas

$R > \sigma$

$R = K_{mod} (f_c / \gamma_m)$

$\sigma = Q^* / \Omega$

siendo:

R = resistencia de las piezas en función de la Clase de Servicio

f_c = valor característico de la propiedad del material (tabla E.1 DB-SE-M)

K_{mod} = coeficiente en función de la Duración de la Carga

γ_m = coeficiente parcial de seguridad = 1,30 para madera maciza (tabla 2.3)

Q^* = carga mayorada sobre la pieza

Ω = sección resistente

Apartado 2.2.3 CTE-DB-SE-M

- PIES DERECHOS
 - Compresión con pandeo
 - Esfuerzo rasante en las uniones entre tablas
- DURMIENTE:
 - Compresión perpendicular a las fibras
- SOPANDA
 - Flexión
 - Vuelco lateral simple
 - Vuelco lateral en flexo-compresión
 - Cortante

- Dimensionado convencional / rápido mediante tablas

PIE DERECHO OPCIÓN 1: 2 tablancillos unidos con pernos

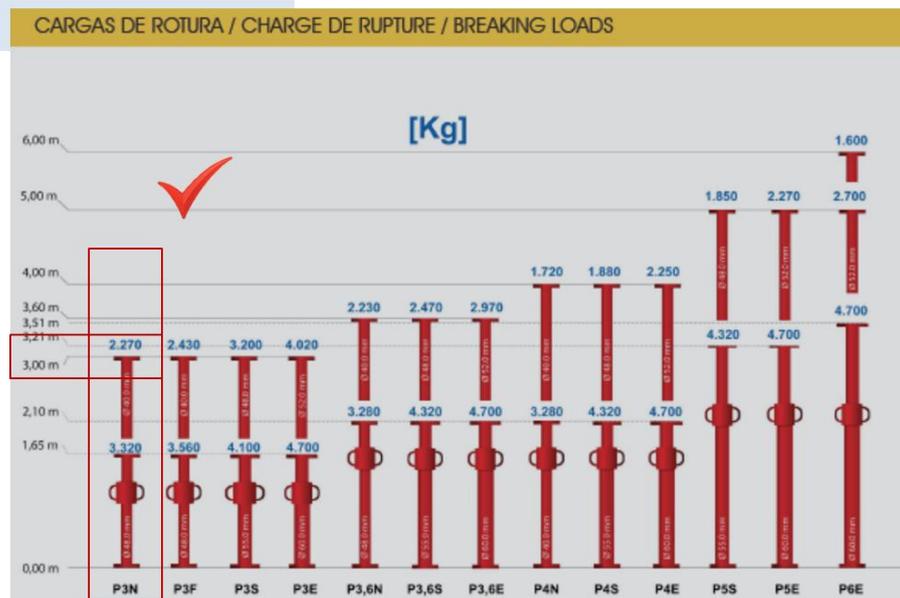
- Clase resistente madera: C18
- Clase de servicio: 2
- Duración de la carga. Media
- $Q^* = 5,50$ kN
- H = 270 cm

PIEZAS CONSTITUIDAS POR 2 ó 3 TABLONCILLOS DE 15-5 CM EN MADERA C18									
CARACTERÍSTICAS DE LA PIEZA				CAPACIDAD DE CARGA A COMPRESIÓN AXIAL CON PANDEO EN KN					
				TIPO DE UNIÓN					
				BRIDA		PAREJA DE PERNOS			
		Duración de carga MEDIA		PERMANENTE		MEDIA			
		Clase de servicio		Clase de servicio		Clase de servicio			
		1 ó 2		3		1 ó 2		3	
		1 ó 2		3		1 ó 2		3	
2 Tablancillos	100	3	40	112	91	54	43	65	52
		4	65	33	27	15	12	24	19
	150	3	43	57	47	31	24	44	35
		4	90	15	12	6	5	10	8
		5	60	26	21	14	11	20	16
	200	4	45	37	30	21	17	31	24
		5	77	14	11	7	5	10	8
		6	65	19	16	11	9	16	13
		7	46	25	20	15	12	21	17
	270	4	93	8	6	4	3	6	5
		5	70	11	9	6	5	9	7
		6	58	15	12	9	7	12	10
		7	47	18	14	11	9	16	12
		8	40	21	17	14	11	19	15
		9	33	24	20	17	14	22	18

Fuente: Apeos y Refuerzos Alternativos. Manual de cálculo y construcción (2002) Espadasín López, Jesús.

PIE DERECHO OPCIÓN 2: Puntal metálico telescópico

- $Q^* = 5,50$ kN
- H = 270 cm





DURMIENTE: 1 tabloncillo

- Clase resistente madera: C18
- Clase de servicio: 2
- Duración de la carga. Media
- $Q^* = 5,50 \text{ kN}$
- $H = 270 \text{ cm}$

TIPO DE PIE DERECHO Y DURMIENTE	CAPACIDAD DE CARGA DE DURMIENTES DE PIES DERECHOS EN kN			
	DURACIÓN DE CARGA			
	PERMANENTE		MEDIA	
	CLASE DE SERVICIO		CLASE DE SERVICIO	
	1 ó 2	3	1 ó 2	3
1 TABLONCILLO 	26	22	35	28
2 TABLONCILLOS 	43	36	57	46
3 TABLONCILLOS 	50	42	66	54

Fuente: Apeos y Refuerzos Alternativos. Manual de cálculo y construcción (2002) Espadasín López, Jesús.

SOPANDA: 1 tabloncillo

- Flexión
- Vuelco lateral simple; vuelco lateral en flexo-compresión
- Cortante
- Clase resistente madera: C18
- Clase de servicio: 2
- Duración de la carga. Media
- $Q^* = 5,50 \text{ kN}$
- $H = 270 \text{ cm}$

CAPACIDAD DE CARGA DE SOPANDAS DE TABLONES										
TIPO DE CARGA										
CLASE DE DURACIÓN DE LA CARGA					CLASE DE DURACIÓN DE LA CARGA					
CARACTERÍSTICAS DE LA SOPANDA -PUENTE	LUZ cm	PERMANENTE		MEDIA		VALOR CRÍTICO	PERMANENTE		MEDIA	
		CLASE DE SERVICIO	3	CLASE DE SERVICIO	3		CLASE DE SERVICIO	3	CLASE DE SERVICIO	3
	50	34	29	46	37	$f_{c,d}$	11	9	14	12
	75	19	16	26	21	$f_{m,d}$	7	6	10	8
	100	11	9	14	12	$f_{m,d}$	5	5	7	6
	125	7	6	9	8	$f_{m,d}$	4	4	6	5
	150	5	4	6	5	$f_{m,d}$	4	3	5	4

Fuente: Apeos y Refuerzos Alternativos. Manual de cálculo y construcción (2002) Espadasín López, Jesús.

6 Puesta en servicio

- Montaje, control, conservación, mantenimiento y desmontaje.

Si se trata de un apuntalamiento con **puntales metálicos telescópicos**:

- Los datos son de cargas de rotura para puntales nuevos, aplomados y con carga vertical centrada.
- Para cargas de uso, se aconseja trabajar con un coeficiente de seguridad mínimo de 2,0 ó 2,5.
- Si ha de apuntalar alturas por encima de los 5-6 m recurrir a torres de aseo



Si se trata de un **apuntalamiento de madera**:

- Pies derechos de madera:
 - Tablones de una sola pieza de la longitud del pie derecho
 - Bridas o pernos a 10 cm de los extremos
 - Bridas o pernos separados 1 m máximo (según los cuadros)
 - Se les considera articulados
 - Revisión semanal del apriete si van embridados
 - Revisión estacional del acuñado si van con pernos
- Durmientes:
 - Separación del pie derecho al borde del durmiente > 10 cm
 - Distancia entre caras de 2 pies derechos consecutivos > 15 cm
- Sopandas
 - Considerada como viga apoyada con carga repartida

Si se trata de un **apuntalamiento de emergencia**:

- Los apeos y apuntalamientos de emergencia, deben ser lo más sencillos y livianos que existan en cada momento y actuación.
- La técnica de colocación no tiene unas reglas definidas. Cada actuación depende en cada momento de la situación, de la tipología estructural, de la afectación de la edificación, y de la motivación en cada situación de riesgos incluso de las condiciones locales.
- No se puede apuntalar de cualquier manera: se sustituyen elementos resistentes como pilares o estructuras murarias por elementos extraños para el conjunto de la estructura.
- Existe una importante responsabilidad en su dirección y colocación.
- El conocimiento de las estructuras y su funcionamiento, es un valor añadido para el buen hacer de los profesionales que dirijan la colocación de los apeos o apuntalamientos en situaciones de emergencia debidas a causas externas.

7 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje, y a partir de una propuesta de esquema del procedimiento a seguir por el técnico sobre el que recaiga la responsabilidad de incorporar esa estructura provisional a obra, hemos realizado un tipo de dimensionado de un apuntalamiento de forjado.

8 Bibliografía

- [1] Código Técnico de la Edificación. DB-SE-AE; DB-SE-M
- [2] NRE-AEOR-93. ITeC
- [3] UNE 56544. Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. Madera de coníferas. AENOR, 2007
- [4] Apeos y Refuerzos Alternativos. Manual de cálculo y construcción (2002), Espasandín López, J.
- [5] Actuaciones preventivas de seguridad. Medidas a tomar ante un riesgo inminente. Sistemas de protección, apeos y apuntalamiento (2016) Zapater Colomer, J.F. Máster en Conservación del Patrimonio Arquitectónico. UPV