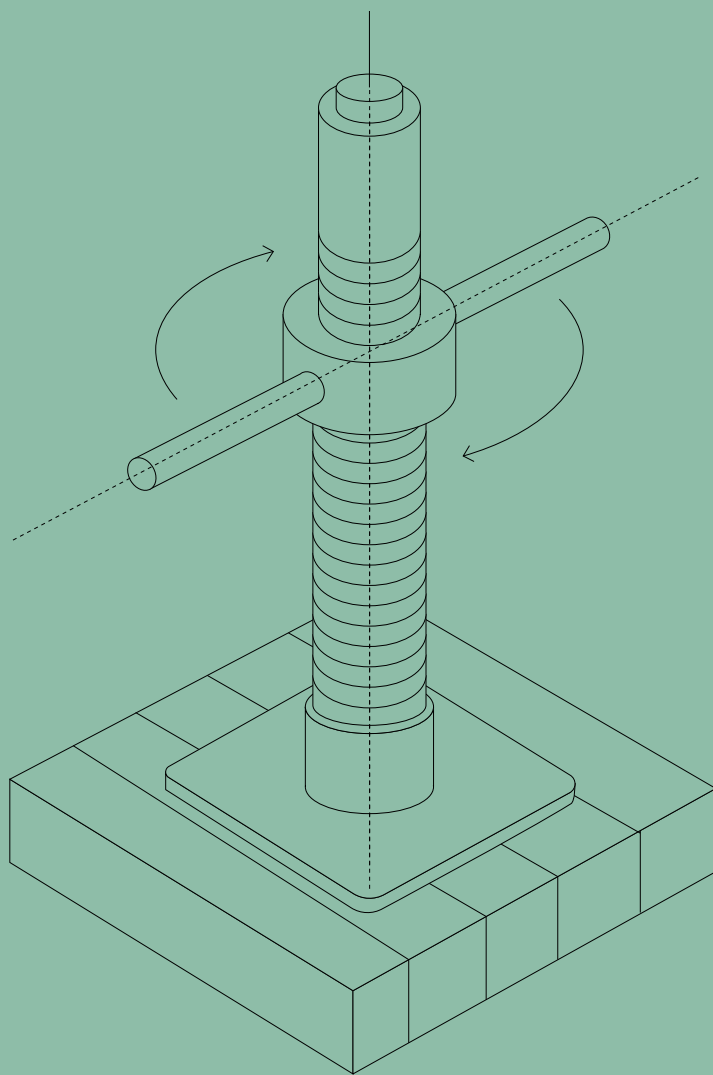


# CUADERNO TÉCNICO

APUNTALAMIENTOS Y OTRAS ACTUACIONES PREVENTIVAS DE SEGURIDAD





# **CUADERNO TÉCNICO**

APUNTALAMIENTOS Y OTRAS ACTUACIONES  
PREVENTIVAS DE SEGURIDAD

## **Dirección**

Begoña Serrano Lanzarote

## **Coordinación y revisión**

Mar Alonso Monterde

Alberto Rubio Garrido

## **Redacción**

Enrique Martínez

José Francisco Zapater

## **Diseño y maquetación**

Pau Soriano Pérez Almazón

## **EDITA**

© Instituto Valenciano de la Edificación

Edificio 1B, Puerta R, Universitat Politècnica de València

Camino de Vera s/n, 46022, València

Tel. 960 131 131 e-mail: [ive@five.es](mailto:ive@five.es) web: [www.five.es](http://www.five.es)

ISBN: 978-84-120787-5-6

Colección Cuadernos técnicos

1ª edición, mayo 2024

El presente documento ha sido promovido y elaborado bajo convenio suscrito entre la Vicepresidencia Segunda y Conselleria de Servicios Sociales, Igualdad y Vivienda y el Instituto Valenciano de la Edificación.

El copyright y los derechos morales, de reproducción y de comunicación pertenecen a sus autores y entidades y/o personas a los que hayan sido cedidos o vendidos en cada caso. En el supuesto de que las ilustraciones, fotografías y/o textos que aparecen en la presente edición sean publicados en otros vehículos, deberán ponerse en contacto con el Instituto Valenciano de la Edificación y con la Conselleria de Vivienda.

# **CUADERNO TÉCNICO**

---

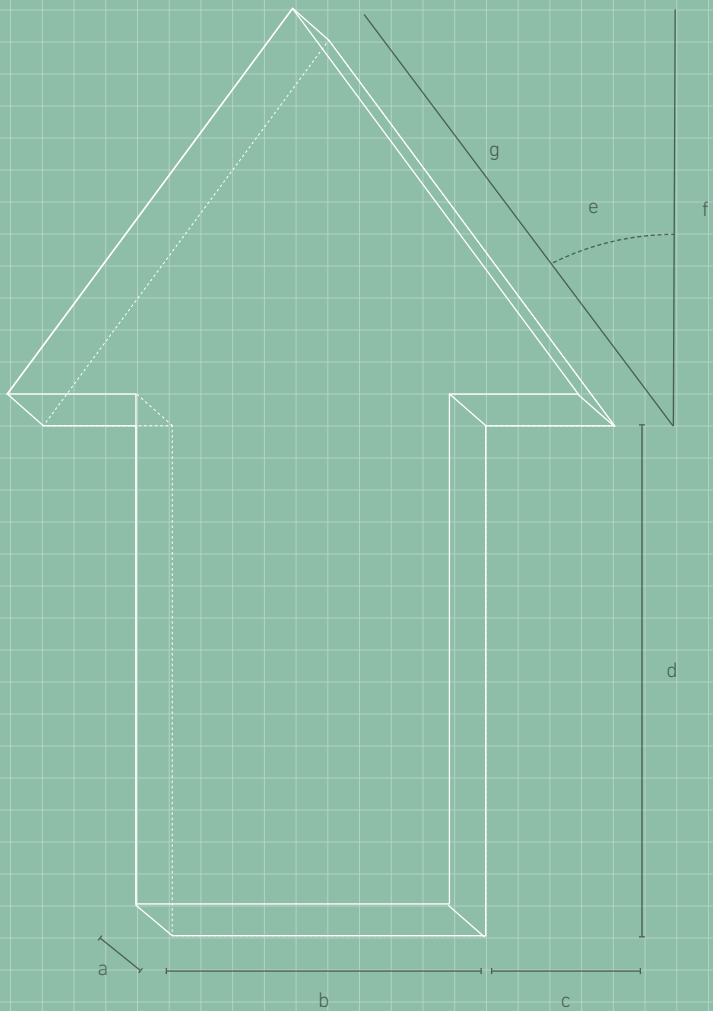
## APUNTALAMIENTOS Y OTRAS ACTUACIONES PREVENTIVAS DE SEGURIDAD



# ÍNDICE

## MÓDULO DE DISEÑO

1. INTRODUCCION	07
2. CARACTERÍSTICAS DE LAS APS	13
2.1 Órdenes facultativas	13
2.1.1 Desalojo	14
2.1.2 Limitación de circulaciones	16
2.1.3 Corte de suministros	17
2.2 Sistemas de protección	18
2.2.1 Redes	18
2.2.2 Mallas	19
2.2.2 Marquesinas	20
2.3 Apeos	21
2.3.1 Apeos pesados	21
2.3.2 Apeos ligeros	23
3. EJECUCIÓN DE LAS APS	43
3.1 Proceso general de adopción de las APS	43
3.1.1 Reconocimiento del edificio	43
3.1.2 Elección de la APS	45
3.2 Señales indicadoras de la necesidad de apuntalamiento	47
3.2.1 Ruidos característicos	48
3.2.2 Desprendimientos o pérdidas de material	49
3.2.3 Deformaciones en los elementos constructivos	50
3.2.4 Lesiones de carácter grave	51
3.3 Apuntalamientos con puntales metálicos telescópicos	53
3.3.1 Preparación y consideraciones generales	53
3.3.2 Tornapuntas	55
3.3.3 Apuntalamiento de pilares	56
3.3.4 Apeo de forjados	59
3.3.5 Apeo de vigas	62
3.3.6 Apeo de voladizos	64
3.3.7 Apeo de muros	66
3.4 Otras medidas a acometer tras el apeo	69
4. BIBLIOGRAFÍA	71
5. FIGURAS Y TABLAS	75



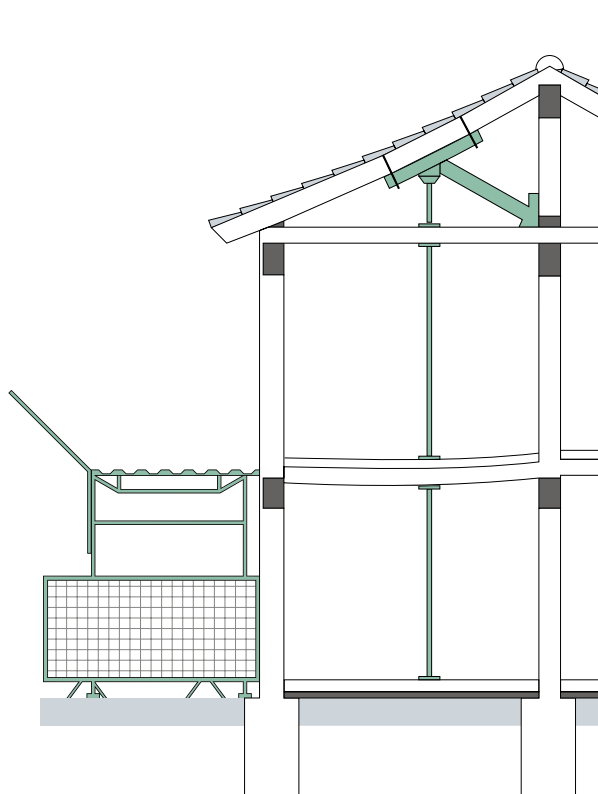


# 1. INTRODUCCIÓN

Imagínese una frecuente situación. Una comunidad de vecinos advierte ruidos o crujidos en la construcción, aparición de grietas o cualquier otro síntoma de lesiones en la estructura. Motivados por esta preocupación, contactan con un técnico. Este ha de, en primer lugar, valorar si es necesario realizar alguna intervención inmediata de consolidación o apeo de los elementos estructurales que puedan verse afectados. En caso de que efectivamente sea necesaria la intervención deberá afrontar su diseño y dimensionamiento, con la dificultad añadida de tener que abordarlo a pie de obra.

Las Actuaciones Preventivas de Seguridad (APS) son el conjunto de actuaciones que hay que realizar sobre un edificio o parte de él para preservar o restituir provisionalmente las condiciones de estabilidad y utilización hasta que se realicen las intervenciones definitivas necesarias. Es necesario ejecutar una APS cuando el deterioro de un edificio o parte de él afecta a la seguridad de los viandantes u ocupantes de los edificios colindantes, de los ocupantes del edificio en cuestión, o de los operarios o técnicos que tienen que acceder al edificio para realizar inspecciones o trabajos de reparación.

Hay principalmente cuatro tipos de trabajos que precisan una APS.



## ACTUACIONES DE EMERGENCIA

---

Se considera que una actuación es de emergencia cuando es necesario restituir la seguridad lo antes posible, al existir riesgo o tras la haberse producido un colapso de un elemento o la totalidad del edificio. En estos casos, frente a la habitabilidad, lo que prima es la seguridad de las personas.

No es competencia de un técnico ordenar el desalojo, parcial o total, de un edificio, sino fundamentar las razones que lo hacen necesario o conveniente, y trasladarlas en calidad de recomendaciones a los usuarios. Si, llegado el caso, los usuarios no atendiesen a estas, hay que reaccionar diligentemente y trasladar a los Servicios de Bomberos y Policía Local la situación. Ellos son los únicos que pueden ordenar un desalojo forzoso y activar los procedimientos administrativos, incluidos los judiciales, que puedan llevarlo a término.



## ACTUACIONES DE REPARACIÓN-REFUERZO-SUSTITUCIÓN

---

En estos casos, las APS tienen que estar incluidas en el *Proyecto de reparación o rehabilitación*, o en su anexo, e incluir la aplicación de la medida, su mantenimiento, las diferentes modificaciones durante la ejecución de las obras y la retirada final o desmontaje.

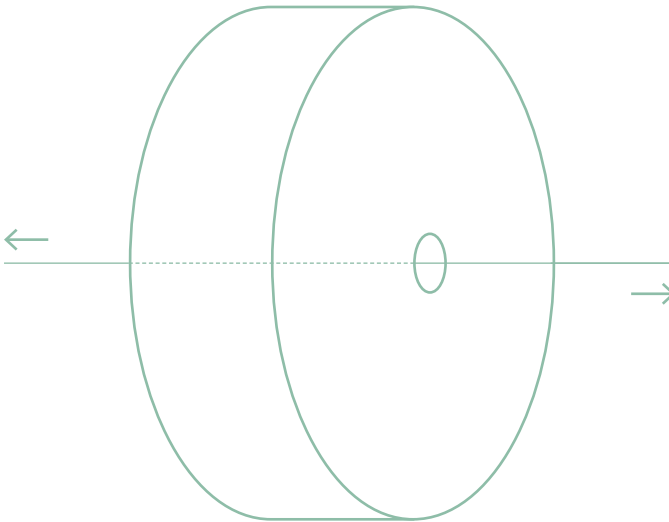
En el diseño de las actuaciones ha de preverse los requerimientos propios de su ejecución, como puedan ser, por ejemplo, el recorrido de los operarios y, en el caso de edificios ocupados, la garantía de habitabilidad de las viviendas y los recorridos de los usuarios. Todo ello implica con frecuencia costes adicionales que han de valorarse en detalle.

## MANTENIMIENTO

---

En los casos en los que, por diversas razones, no esté prevista la intervención a corto plazo las intervenciones que se realicen irán encaminadas a mantener el edificio en condiciones de seguridad hasta que se realicen las obras o se proceda a su demolición. Son múltiples los factores que pueden motivar una dilación de este tipo, por ejemplo, por motivos económicos (la comunidad de propietarios no dispone de los recursos económicos necesarios, o está en proceso de conseguirlos) o por motivos urbanísticos (se trata de un edificio fuera de ordenación, está incurso en un expediente contradictorio de ruina...).

En consecuencia, en estos casos las medidas adoptadas tienen que ser de coste reducido, sencilla ejecución y fácil mantenimiento, especialmente en el caso en el que esté prevista la demolición del inmueble. Pueden ser actuaciones que se realizan por primera vez o actuaciones de mantenimiento de trabajos ya realizados, por lo que es muy importante facilitar al máximo la accesibilidad a todas las zonas del edificio.





## DEMOLICIÓN

---

Antes de proceder a la demolición del edificio es necesaria la aplicación de medidas que eviten hundimientos incontrolados antes y durante el proceso de deconstrucción. En estos casos los cortes de suministros eléctricos y de gas son imprescindibles.

Todas estas intervenciones han de estar recogidas en el correspondiente *Proyecto de demolición*. También incluirá actuaciones posteriores, como vallado y drenaje del solar resultante. Adicionalmente, en el caso de tener edificios colindantes, es necesario actuar en las medianeras para protegerlas de la lluvia y en algunos casos será necesario su refuerzo o consolidación.

La pretensión de este documento no es otra que servir de guía a los técnicos que deban afrontar estas situaciones, estableciendo unas recomendaciones de actuación que abarquen todo el proceso de la manera más amplia pero práctica posible. Todo ello teniendo muy presente que estas actuaciones deben ajustarse a las particularidades y economía del sector, y que las decisiones han de ajustarse a consideraciones socioeconómicas desde la necesaria sensibilidad que una intervención de estas características exige.



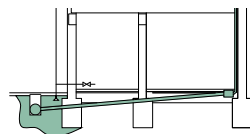
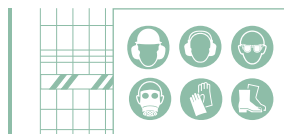
## 2. CARACTERIZACIÓN DE LAS APS

Las APS se clasifican en tres categorías:

- Órdenes facultativas, como los desalojos, limitaciones de circulaciones, corte de instalaciones, etc.
- Sistemas de protección, como pueda ser el uso de redes, mallas o marquesinas
- Apeos, esto es, los apuntalamientos con elementos metálicos, de madera y los sistemas industrializados

### 2.1 Órdenes facultativas

Desalojo  
Limitación de circulaciones  
Corte de suministros



Cuando un facultativo atiende el caso de un edificio que ha sufrido un daño grave, un colapso de un elemento estructural o de una parte del edificio, tiene que tomar decisiones urgentes para garantizar la estabilidad del edificio y la seguridad de las personas que se encuentran en el interior o en su perímetro. Estas órdenes facultativas son las primeras actuaciones preventivas de urgencia que se deben tomar. Son principalmente de tres tipos:

## 2.1.1 Desalojo

Si en el edificio ha ocurrido un problema estructural grave o un colapso, su habitabilidad queda en segundo lugar y se hace primar la seguridad, ante todo. Como técnico independiente, que no trabaja para un servicio de urgencia de bomberos o policía, ha de informarse a usuarios y propietarios del edificio de los daños y posibles consecuencias inmediatas sobre su seguridad.

Los usuarios de las viviendas tienen la última palabra sobre el desalojo de sus viviendas, al estar amparados por el art. 18 de la *Constitución Española* que protege la inviolabilidad del domicilio. Ante un peligro inminente y la negativa de los usuarios a desalojar hay que avisar a los Servicios de Urgencia (Bomberos y Policía) para que den la orden de desalojo. En algunos casos puede precisarse de orden judicial. Ha de garantizarse en todo momento los derechos que amparan a los ocupantes de las viviendas frente a las inspecciones, actuaciones preventivas de seguridad y desalojos:

- a. Protección frente a la entrada a su vivienda o local para el hurto o pillaje.
- b. Intervención de técnicos autorizados o funcionarios públicos de la administración local.
- c. Garantía de realojo en las mismas condiciones. Toda actuación tiene que ser temporal hasta que se restablecen las condiciones de seguridad y habitabilidad.

Por otra parte, en términos generales, una vivienda deja de ser habitable:

- a. Durante el tiempo en el que se está realizando un apeo en esta.
- b. Cuando se anulen los baños y cocinas, o no haya suministro de agua potable y saneamiento garantizado. Todo ello en aplicación del *DECRETO 151/2009, de 2 de octubre, del Consell, por el que se aprueban las exigencias básicas de diseño y calidad en edificios de vivienda y alojamiento.*
- c. Cuando se ocupe la vivienda por una APS y no exista espacio físico para los usuarios o por un siniestro que hace desaparecer o invalida el espacio útil necesario.



## PROCEDIMIENTO PARA UNA NEGATIVA DE DESALOJO

---

1. Inspección del edificio completo, especialmente bajos y sótanos.
2. Reunión con los vecinos, explicación de los daños y consecuencias. Se comunica verbalmente y por escrito a los representantes de los vecinos (presidente y/o administrador).
3. Ante una negativa al desalojo hay que avisar a los Servicios de Emergencia (112).
4. A la llegada de Bomberos y/o Policía Local se informa al responsable técnico de los hechos y daños observados. Es aconsejable redactar un informe y presentarlo al Servicio de Disciplina Urbanística, por registro de entrada lo antes posible. Las decisiones del Oficial de Guardia del Servicio de Bomberos tienen que ser atendidas por los vecinos, técnicos y operarios presentes en el edificio de forma inmediata.

Los Servicios de Emergencia nacionales, como el Ministerio del Interior, o locales, como la Policía Local y Bomberos, tienen autoridad para el cierre o desalojo de locales y evacuación de inmuebles en base a la *Ley Orgánica 4/2015, de 30 de marzo, de protección de la seguridad ciudadana* en su art. 15. Ante la negativa de algún usuario o propietario puede ser necesaria la orden Judicial para que la Policía Nacional o Guardia Civil realice el acceso y desalojo.

## PROCEDIMIENTO PARA UN DESALOJO ACEPTADO POR LOS VECINOS

---

1. Se inspecciona el edificio completo y, posteriormente, se convoca una reunión con los vecinos.
2. Se acepta el desalojo (total o parcial), se notifica a la Policía Local de los hechos y medidas que se van a tomar para garantizar la seguridad de las personas y de los enseres existentes en las viviendas.
3. Se realiza una nueva inspección, más minuciosa, en la que se determina qué zonas del edificio pueden ser habitadas o cuáles no pueden serlo por los daños o las actuaciones preventivas de seguridad que van a realizarse.

## 2.1.2 Limitación de circulaciones

Tras inspeccionar de un edificio y determinar que una parte de este no es habitable hay que delimitar el acceso a estas zonas por medio de cierres con elementos de seguridad (redes, planchas, etc.) o del tapiado de los huecos de acceso. El procedimiento de actuación es similar al del desalojo, en la medida en que se prima la inviolabilidad del domicilio.

En el caso en el que los daños o colapsos afecten al exterior del edificio o a edificios colindantes hay que limitar las circulaciones en los viales, patio de luces, espacios comunitarios exteriores públicos y privados, y edificios colindantes para poder ejecutar las APS. Cuando se afecte a zona privadas primará la decisión de cada usuario. En el caso de zonas públicas será necesario notificar y solicitar la colaboración de los Servicios de Emergencia.

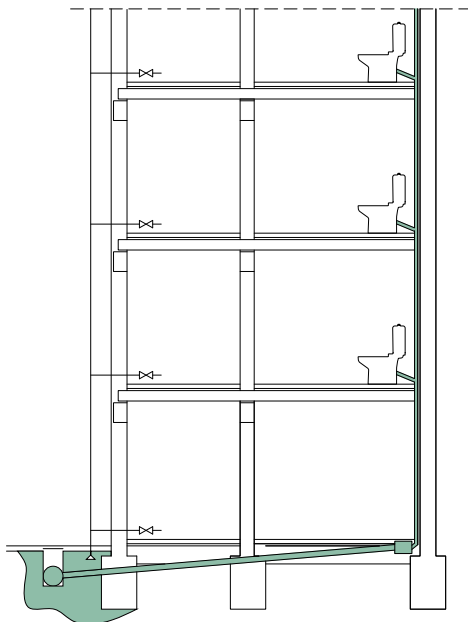
Los usuarios, propietarios o inquilinos del edificio afectado y los de los edificios colindantes afectados están obligados a permitir y soportar las actuaciones, y obras necesarias para mantener la estabilidad y seguridad de un edificio. La *Ley 49/1960, de 21 de julio, sobre propiedad horizontal* en su art. 9 indica la obligación de mantener instalaciones comunitarias, su propio local o vivienda y permitir las actuaciones necesarias para reparar o garantizar la seguridad del edificio. El vecino afectado tiene derecho recibir compensación por los daños y perjuicios ocasionados.

En el caso de edificios vecinos, según el art. 569 del *Real Decreto de 24 de julio de 1889 por el que se publica el Código Civil* en el que se aborda la servidumbre de andamiaje, están obligados a permitir el paso de materiales y colocar andamios para reparar el edificio dañado. También tendrán que ser indemnizados por los perjuicios ocasionados (daños, alquileres, etc.).

### 2.1.3 Corte de suministros

Ante un edificio dañado o un colapso parcial hay que ejecutar un primer paso antes de acceder al mismo que consiste en comprobar la existencia de suministro de gas, electricidad, agua potable y saneamiento. En los dos primeros casos hay que avisar con urgencia a las compañías suministradoras para realizar el corte de los suministros en prevención de incendios o explosiones. Siempre, y en función de la gravedad de los daños, se repondrán los servicios lo antes posible tras haber tomado las medidas de urgencia o reparado el edificio. En lo referente al suministro eléctrico hay que realizar una previsión de grupos electrógenos para disponer de iluminación para realizar la inspección al edificio y proceder al desalojo, si es necesario. También es necesario disponer de electricidad para poder utilizar maquinaria eléctrica para poder ejecutar las APS en el interior o exterior del mismo.

En el caso en el que una fuga en la instalación de agua potable o de saneamiento sea la causante de los daños en el edificio, por lavado del terreno o vaciado bajo la cimentación, es necesario realizar el corte y eliminación de estas instalaciones antes de ejecutar una APS. Para edificios parcialmente ocupados habrá que realizar instalaciones provisionales de agua potable o saneamiento para permitir la habitabilidad hasta que se produzca la reparación del edificio.



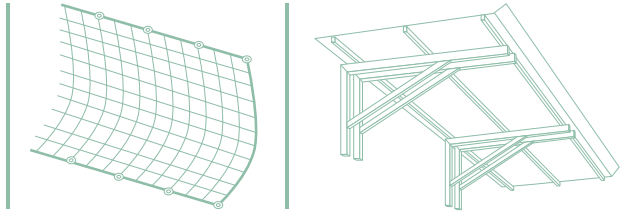
## 2.2 Sistemas de protección

Redes y mallas:

- Redes de seguridad
- Mallas mosquiteras

Marquesinas:

- Prefabricadas
- Ejecutadas *in situ*



La misión de estos elementos es impedir y limitar las caídas de elementos, y proteger a los usuarios del edificio y viandantes. Han de ejecutarse adosados al elemento a proteger para evitar que al desplazarse aumente su presión sobre la protección por efecto de la gravedad. No existe normativa específica que regule estos elementos en su utilización en la reparación de edificios. Por tanto, en lo que sigue, se tomará como referencia lo establecido en la normativa para la construcción de nuevos edificios.

### 2.2.1 Redes

En las *NTP 124: Redes de seguridad* redactadas por el Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo del Ministerio de Trabajo se recoge una clasificación de los tipos de redes que puede ser de utilidad.

La red dispondrá de su ficha de características técnicas donde refleje el cumplimiento de la UNE y, llegado el caso, si dispone de marcado CE (no es obligatorio). En términos generales, toda red tiene que disponer de un cable de 8 mm o cuerda perimetral que permita realizar las uniones entre elementos y la colocación de los elementos perimetrales para realizar el anclaje a las fachadas y tensar la red. Está formada por una cuadrícula de 100 mm de lado y sus trencillas están fabricadas con fibras de polipropileno de alta tenacidad con tratamiento antisolar contra los rayos ultravioleta.

En lo que respecta a su colocación, en todos los casos hay que considerar que estas redes se certifican para caídas desde una altura máxima de dos plantas o 6 metros. Esta es, por tanto, la distancia máxima a la que se pueden colocar estos sistemas de protección. Por otra parte, se aconseja una separación máxima entre anclajes de 35 cm en el perímetro y las uniones entre redes. Se debe colocar una red por cada zona dañada, nunca una

red continua. Será necesario colocar con idéntica separación anclajes en cada nivel de forjado para conseguir un mejor ajuste a la fachada en función del material de fachada (ver tabla 1). Se utilizarán bridas de material plástico para unir las redes entre ellas y sujetarse a los anclajes. El conjunto de este sistema ha de revisarse mensualmente.

Tipo de paramento material	Tipo de anclaje		
	Taco metálico	Taco químico	Taco plástico
Hormigón armado	Óptima	Óptima	Buena
Aplacados sobre fábrica de ladrillo	Mala	Óptima	Aceptable
Enfoscados sobre fábrica de ladrillo	Mala	Óptima	Aceptable
Ladrillo macizo	Óptima	Óptima	Buena
Ladrillo perforado	Mala	Óptima	Aceptable
Bloque de hormigón	Mala	Óptima	Mala
Sillería	Buena	Óptima	Buena
Fachadas ventiladas	(CONSULTAR AL FABRICANTE)	(CONSULTAR AL FABRICANTE)	(CONSULTAR AL FABRICANTE)

Tabla 1. Idoneidad de la fijación (anclaje) en función del material de la fachada.

## 2.2.2 Mallas

No hay una normativa específica para la fabricación y utilización de estos elementos. En el mercado hay mallas con densidades entre 50 y 100 gr/m<sup>2</sup>. Hay que solicitar la ficha técnica del producto y utilizar mallas con densidades mayores a 75 gr/m<sup>2</sup>. Se recomienda la utilización de mallas nuevas para trabajos de emergencia o larga duración, para garantizar su durabilidad.

En lo que respecta a su utilización, han de colocarse conjuntamente con las redes, disponiendo en primer lugar la malla pegada a la fachada para evitar el desprendimiento de pequeños fragmentos. Toda malla se tiene que instalar con un cable de 8 mm o cuerda perimetral fabricada en poliamida de alta tenacidad. Este cable o cuerda, junto con las bridas plásticas, permiten realizar las uniones entre elementos y los anclajes perimetrales, distanciados entre 15 y 20 cm en función de los daños de la fachada. Se recomienda un mantenimiento mensual para comprobar el estado mallas, anclajes y bridas.

### 2.2.3 Marquesinas

Son elementos de protección para los viandantes. Evitan la caída a nivel de calle de los fragmentos que se desprendan de una fachada. Nunca tienen que colocarse solas y precisan de la instalación de redes y mallas en las zonas de la fachada con elementos dañados o con peligro de desprendimiento. Hay principalmente dos tipos de marquesinas.



Las marquesinas fabricadas *in situ* con perfiles, planchas, tableros, mayas o redes son las que más se utilizan por su menor coste y porque son fácilmente ejecutables por operarios no especializados. Si se colocan ancladas a la fachada es necesario la utilización de barras o cables diagonales que absorban el golpe de un elemento sobre la marquesina.

Las marquesinas industrializadas tienen la ventaja de garantizar su resistencia. Se emite al final de la instalación un certificado de montaje y capacidad resistente. Tiene el inconveniente de un coste elevado para instalaciones a largo plazo. Además tienen que ser instaladas y mantenidas por personal especializado.

Toda instalación colocada en una fachada o en la vía pública debe tener un mantenimiento mensual para comprobar el estado de sus elementos y el deterioro de los materiales. Los ayuntamientos suelen solicitar un certificado de seguridad cada 6 meses firmado por un técnico y visado por su colegio profesional.

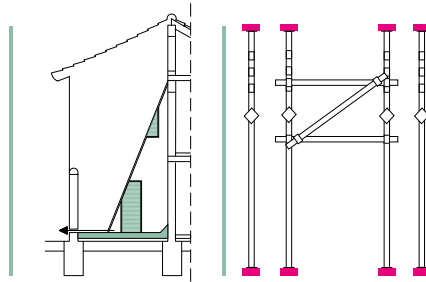
## 2.3 Apeos

Pesados:

- Elementos de hormigón
- Movimiento de tierra
- Fábricas

Ligeros:

- Metálicos tradicionales
- Madera o mixtos
- Metálicos industrializados

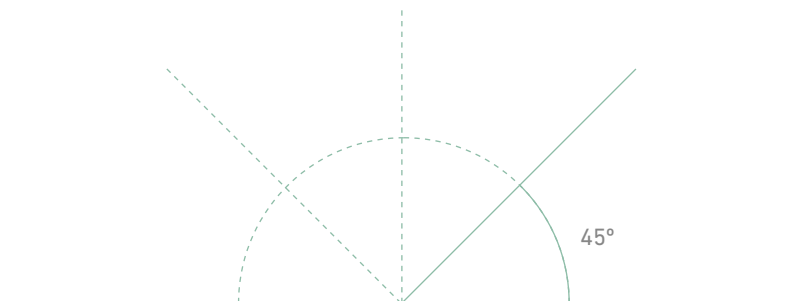


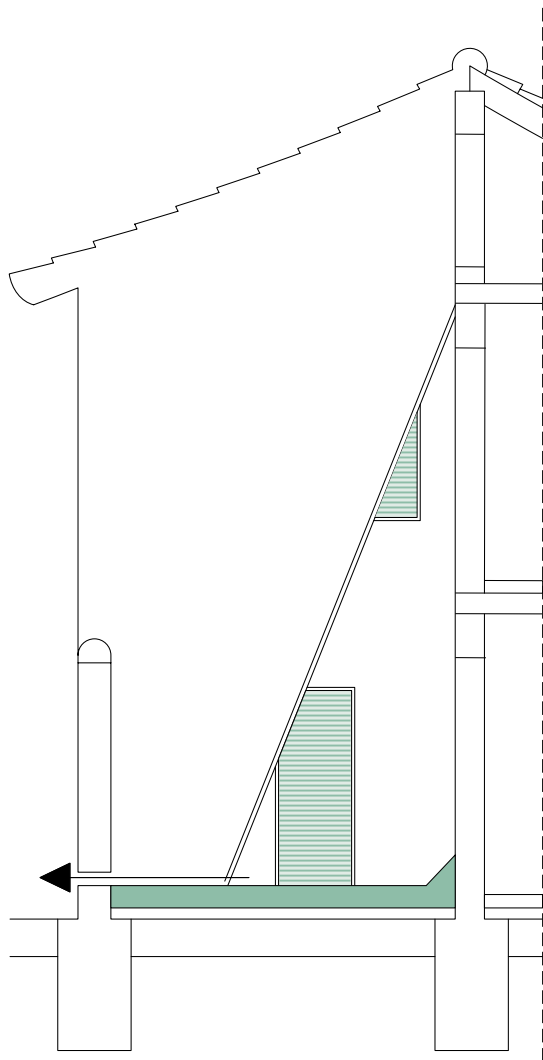
Un apeo es un sistema estructural auxiliar y provisional destinado a recibir las cargas de un elemento de la estructura del edificio y transmitir las a otro, bien porque ha agotado su capacidad resistente debido a un proceso patológico o bien porque es necesario abordar su refuerzo ante un cambio de uso que suponga un aumento de la carga que recibe. Así, en unas ocasiones se realiza el apeo directamente sobre el elemento afectado y en otras sobre los elementos que le transmiten la carga a fin de liberarlo de esta y poder intervenir con seguridad sobre él.

### 2.3.1 Apeos pesados

Son elementos masivos que se ejecutan con materiales pesados: tierras, fábricas de ladrillo y piedra, u hormigón. Trabajan exclusivamente a compresión, tienen larga durabilidad y son voluminosos.

La misión de estos elementos es doble. Por un lado, sirven como apuntalamiento del elemento estructural hasta que se realice la siguiente actuación (reparación/refuerzo/sustitución/demolición) y, por otro, son ya un refuerzo de la estructura con carácter permanente debido a la durabilidad de los materiales y a que su desmontaje exige su demolición.





Hay cuatro tipos de apoyos pesados: talud, contrafuerte, codal, y macizado de huecos y vanos. Es aconsejable utilizar el mismo material que los utilizados en la estructura que se va a apoyar o reforzar. La normativa de aplicación es la siguiente:

- CTE DB-SE-F para fábricas
- RD. 470/ 2021
- NTE CCT para contenciones y taludes de tierras
- NTE EFL para estructuras de fábricas de ladrillo
- NTE EFB para estructuras de fábricas de bloque
- NTE EFP para estructuras de fábricas de piedra



## 2.3.2 Apeos ligeros

Son elementos formados por elementos simples, con carácter temporal que precisan de un mantenimiento. Según su material constituyente se pueden clasificar en apeos tradicionales metálicos; de madera o mixtos de madera-metal; y metálicos industrializados.

Sistema / Material	Plazo de uso en obra		
	Plazo corto (Días)	Plazo medio (meses)	Plazo largo (años)
Pesado – Fábricas	mala*	aceptable	optima
Ligero - Madera	buena	optima	mala**
Ligero - Puntales	aceptable	buena	óptima
Ligero – Sistemas modulados	óptima	buena	mala***

Tabla 2. Idoneidad del apeo en función del tiempo en obra.

\* No es idóneo por la lentitud de ejecución y la ocupación de espacio físico en obra.

\*\* No es idóneo por el efecto de insectos y la humedad en las piezas de madera.

\*\*\* No es idóneo por su elevado coste en plazos largos.

### APEOS TRADICIONALES METÁLICOS

**Grapas:** Son actualizaciones de los elementos que se han empleado desde el siglo XV para resistir los esfuerzos de tracción y cortante que no podían absorber las fábricas. Se han sustituido los morteros de cal por otros de resinas y las grapas de bronce o hierro por piezas galvanizadas o de acero inoxidable. Se utilizan como solución provisional para grietas de una sola dirección y mayores al metro. Posteriormente hay que estudiar la causa del agrietamiento y realizar las reparaciones que motivan las patologías.

**Atirantados metálicos:** Tienen su origen en los encadenados metálicos que se han empleado tradicionalmente en edificios históricos para absorber las tracciones que se producen por los asentamientos diferenciales, degradación de los materiales y otros. Cabe distinguir entre el tirante, que puede ser de perfil liso, roscado o trenzado, y el tensor que pueden ser de rosca, interior o exterior, doble tuerca y presión, para tirantes trenzados. A su vez, la disposición del tirante condiciona su caracterización.

Los tirantes horizontales se sitúan en la cabeza de los muros o soportes, cercanos a forjados, arcos o bóvedas. Tienen la ventaja de facilitar el paso de los usuarios al estar colocados en puntos elevados. Los tirantes inclinados, se colocan en las diagonales o formando aspas que limitan el paso a los usuarios.

## APEOS DE MADERA O MIXTOS MADERA-METAL

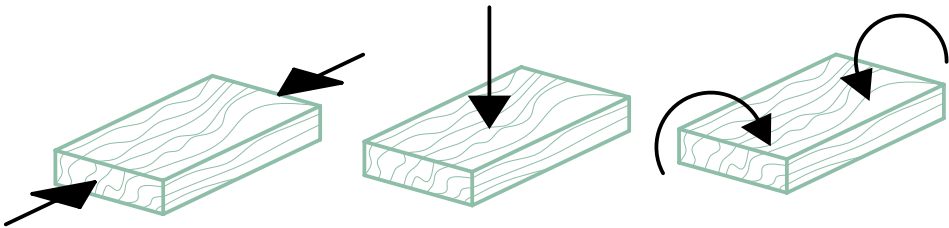
La madera es un producto natural cuya resistencia está afectada por factores como los nudos, las fendas, el ataque de insectos, las gemas y la existencia de hongos. Para la ejecución de los apuntalamientos se requerirá madera que haya pasado por un control de calidad. La madera utilizada en estos trabajos es normalmente de baja calidad pues contiene defectos que no se admiten en otros usos y dado que los apeos se consideran no recuperables. No obstante, gracias a las *Clasificaciones de madera* se pueden considerar unas resistencias en el cálculo de los elementos.

FACTORES	AFECCIÓN / RECHAZO	
	AFECCIÓN	RECHAZO PARA MADERA ME-2*
NUDOS	Reducen resistencia a flexión	$D \leq 1/2$ altura $D \leq 2/3$ base
FENDAS	Reducen sección	De secado $f \leq 3/5$ de longitud No permitidas si son de rotura o heladura
ACEBOLLADURAS	Reducen sección	No permitidas
BOLSAS DE RESINA	Reducen sección	No permitidas si longitud $1,5$ de la altura
GEMAS	Reducen sección	Longitud máx. $\leq 1/3$ de longitud
INSECTOS XILÓFAGOS	Reducen sección	No se admiten
HONGOS	Debilitan estructura	No se admiten

**Tabla 3.** Factores que afectan a la resistencia de la pieza de madera.

\* ME-2: Madera estructural de segunda, según norma UNE 56544:2003.

La **dirección de las fibras** en la pieza condiciona su disposición en obra, puesto que las resistencias de la madera difieren según actúen las cargas perpendicular o paralelamente a esta. En un puntal de madera se considera que la resistencia a compresión, en la dirección a las fibras, es cuatro veces mayor que su resistencia a compresión en la dirección perpendicular. En una sopanda o durmiente, que trabaja a flexión, su resistencia a flexión se considera similar a la de compresión, siempre y cuando actúe perpendicular a estas. Trabajando a cortante la resistencia se reduce a 1/8 de la resistencia a compresión, pero siempre trabajando paralela a las fibras.



Los **nudos** disminuyen la resistencia de la madera en función de su dimensión, posición y número. La Norma UNE 56544 indica cómo medir y clasificar los nudos:

- Nudo pasante, cuando se manifiesta en dos caras opuestas.
- Nudo axial.
- Nudo de arista, cuando se encuentra en una arista.
- Nudo de arista y espiga, cuando se encuentra en una arista y además ocupa más de 2/3 de una cara.
- Nudos agrupados, cuando la distancia entre sus centros es de 150 mm o el ancho de la pieza para elementos menores.

Las **fendas** están producidas por el frío de una helada o el calor excesivo. Provoca una pérdida de resistencia a compresión y sobre todo a esfuerzo cortante en la medida en que reduce la sección resistente.

Las **acebolladuras** son hendiduras longitudinales paralelas a las fibras de los anillos. Si existen no se admite la pieza.

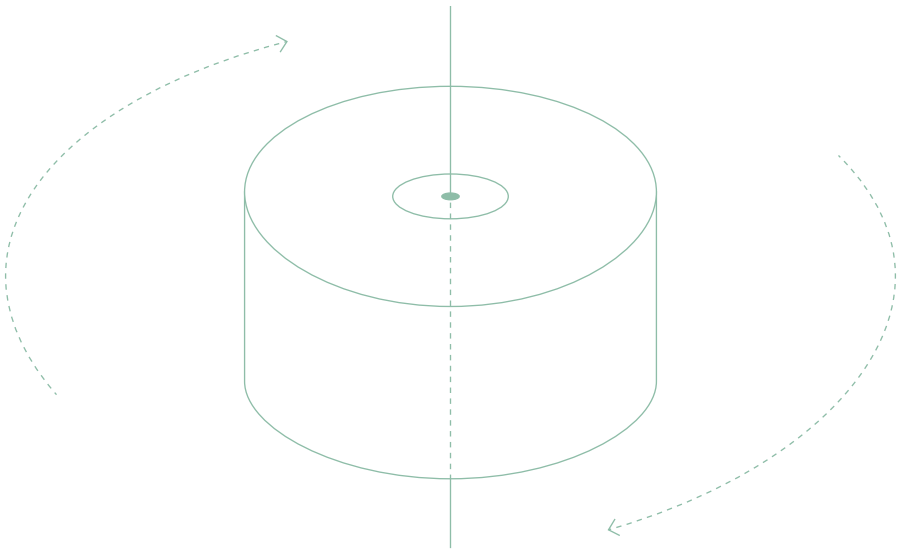
Las **bolsas de resinas** no afectan a la pieza si son menores de 8 cm. En caso contrario se rechaza la pieza.

Las **gemas** son singularidades producidas por el aserrado que se caracterizan por una pérdida de material en alguna esquina de la pieza. Su medición se realiza según lo descrito en la UNE1310 y afecta sobre todo a su respuesta a flexión.

El **ataque de insectos** xilófagos es muy peligroso al no apreciarse a simple vista la pérdida real de la sección resistente. Una pieza atacada hay que descartarla.

La existencia de **hongos** se considera admisible en el caso del "azulado" y se rechaza la pieza en el caso de "pudrición" por la afección a la estructura interna de la madera y, por lo tanto, a su respuesta resistente.

Con una inspección visual de la pieza y la tabla 3 de la norma UNE 1310 se puede determinar la calidad de la madera y, en consecuencia, la clasificación de la pieza como madera estructural (ME-1 y ME-2). Para poder realizar unos cálculos de resistencia fiables debe desestimarse la madera que no alcance un mínimo de ME-2.



**Tabla 3 – Especificaciones para la clasificación de piezas de sección rectangular de pequeña escuadría (b ≤ 70 mm)**

Criterios de calidad			ME-1	ME-2
Diámetro de nudos en cara			$d \leq 1/5$ de "h"	$d \leq 1/2$ de "h"
Diámetro de nudos en canto			$d \leq 1/2$ de "b" y $d \leq 30$ mm	$d \leq 2/3$ de "b"
Densidad <sup>(1)</sup>			$\rho \geq 350$ kg/m <sup>3</sup>	
Anchura máxima del anillo de crecimiento <sup>(2)</sup>				
– Pino silvestre			≤ 4 mm	Sin limitación
– Pino laricio			≤ 5 mm	Sin limitación
– Pino pinaster			≤ 8 mm	Sin limitación
– Pino radiata			≤ 10 mm	Sin limitación
Fendas	De secado <sup>(1)(3)</sup>	Pasantes en testa	$L_f \leq h$	$L_f \leq 2$ h
		Pasantes no en testa	No admitidas	$L_f \leq 1/4$ de "L" y 1 m
		No pasantes	$f \leq 2/5$ de "b" o "h"	$f \leq 3/5$ de "b" o "h" y <sup>(4)</sup> $L_f \leq 1/2$ de "L" y 1,5 m
	– Rayo – Heladura – Abatimiento		No admitidas	
Acebolladuras			No admitidas	
Bolsas de resina y entrecasco			Longitud ≤ 1,5 de "h"	
Madera de compresión			Admisible en 1/5 de la sección o de la superficie externa de la pieza	Admisible en 2/5 de la sección o de la superficie externa de la pieza
Desviación de la fibra			1:10 (10%)	1:6 (16,7%)
Gemas				
– Longitud			$L_g \leq 1/4$ de "L"	$L_g \leq 1/3$ de "L"
– Dimensión relativa			$g \leq 1/4$	$g \leq 1/3$
Médula <sup>(2)</sup>			No admitida si se clasifica en húmedo	Admitida
Alteraciones biológicas				
– Muérdago ( <i>V. album</i> )			– No se admite	
– Azulado			– Se admite	
– Pudrición			– No se admite	
– Galerías de insectos xilófagos			– No se admiten	
Deformaciones máximas <sup>(1)(3)(5)</sup>				
– Curvatura de cara			10 mm (para una longitud de 2 m)	20 mm (para una longitud de 2 m)
– Curvatura de canto			8 mm (para una longitud de 2 m)	12 mm (para una longitud de 2 m)
– Alabeo			2 mm (por cada 25 mm de "h") (para una longitud de 2 m)	2 mm (por cada 25 mm de "h") (para una longitud de 2 m)
– Abarquillado			sin limitación	sin limitación
(1) Referidas a un 20% de contenido de humedad.				
(2) Estos criterios sólo se considerarán cuando se comercializa en húmedo.				
(3) Estos criterios no se considerarán cuando la clasificación se efectúa en húmedo.				
(4) Esta limitación de longitud sólo será aplicable cuando la profundidad de la fenda (f) sea mayor o igual a 1/2 de "b" o "h".				
(5) Pueden aceptarse deformaciones mayores siempre que no afecten a la estabilidad de la construcción (porque puedan corregirse durante la fase del montaje) y exista acuerdo expreso al respecto entre el suministrador y el cliente.				

Tabla 4. Tabla 3 de la Norma UNE 1310

En función de la clasificación obtenida de forma visual se puede determinar a qué clase resistente pertenece la pieza con el siguiente cuadro.

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	-	-	-

**Tabla 5.** Tabla C.1 de la DB SE-M. Asignación de la clase resistente para la madera aserrada de las especies maderables españolas, según la Tabla C.1 del DB SE-M del CTE.

La madera utilizada con más frecuencia en los trabajos de apeo procede del pino silvestre o pino resinero de producción nacional, es de clase resistente C18 y calidad ME-2. Los apeos están formados por tablas de 15 cm de ancho y 5 cm de espesor, y tablones de 20 cm de ancho y 7 cm de espesor. A continuación, se describen los elementos que conforman los apeos de urgencia.

El **pie derecho** está formado por uno o más tablones unidos por clavos, tirafondos, pernos o bridas. Sirven para transmitir en vertical las cargas desde su cabeza, donde se encuentra la sopanda, hasta su pie, donde se encuentra el durmiente. Para una correcta transmisión de carga es preciso garantizar su verticalidad durante el montaje y su mantenimiento con arriostramientos laterales y cuñas que puedan permitir una puesta en carga periódica.

El **durmiente** es la pieza horizontal situada en el extremo inferior del pie derecho. Su misión es doble: por una parte, resistir el esfuerzo de compresión y, por otra, repartir la carga sobre el elemento en el que se apoya. Se utilizan tablas o tablones colocados sobre el forjado, solera o terreno, etc. y sobre ellos se montan los pies derechos. Además, hace las veces de pieza de atado de las bases de los puntales. El durmiente más habitual es el tablón de 20x7 cm colocado a tabla, apoyado sobre la superficie.

Al tratarse de un elemento de madera se tendrá en cuenta la dirección de las fibras: si se dispone de manera que trabaja con sus fibras perpendiculares al esfuerzo que reciben, su capacidad de carga es bastante más reducida que en dirección paralela. Por otra parte, la superficie de reparto en contacto con la superficie de

apoyo no es muy elevada si se coloca un simple tablón, por lo que habrá que comprobar también que la tensión que se transmite a la superficie de apoyo es admisible. En cualquier caso, si no es así, existen diferentes soluciones para aumentar la superficie de apoyo, como puede ser la disposición de tablonés en pirámide. En definitiva, la capacidad de carga de un durmiente viene determinada por la longitud de la zona de apoyo en la dirección de las fibras, la distancia del borde de la pieza transmisora al extremo del durmiente y la distancia de la carga considerada.

La sopanda es la pieza horizontal situada en el extremo superior del pie derecho que transmite las cargas de forjados o vigas a los elementos verticales del apeo. Tiene la misión complementaria de atado de las cabezas de los pies derechos. Deben tener flexibilidad suficiente para absorber las deformaciones de los forjados y vigas, y la necesaria resistencia a flexión como para separar al máximo los pies derechos. Tanto su función, como sus limitaciones resistentes y funcionales, son las mismas que las anteriormente mencionadas para los durmientes. La sopanda más habitual es la constituida por un tablón horizontal de 200x70 mm atestada contra su tabla al elemento a apearse y recibiendo las cabezas de los puntales por su cara inferior.

En ocasiones, como por ejemplo en el caso de apeo de forjados con viguetas de madera y revoltón de yeso, la deformación del propio forjado implica que los elementos a apearse no se encuentren al mismo nivel. Es decir, se puede dar el caso de una vigueta que ha descendido 1 cm a una distancia de 1,5 m del apoyo, la vigueta paralela contigua no ha descendido y la siguiente ha descendido 3 cm. El tablón dispuesto como sopanda no tiene la flexibilidad necesaria como para absorber esas diferencias de cota, por lo que será necesario disponer elementos intermedios de transmisión, como pueden ser cuñas de madera, para garantizar que efectivamente se produzca el apoyo y, por tanto, la transmisión de esfuerzos.

Por último, es necesario garantizar la unión de los puntales, tanto a los durmientes como a las sopandas (o cuñas intermedias si existen), para evitar su deslizamiento y/o caída durante la ejecución o entrada en carga, o ante la aparición de vibraciones o movimientos durante la ejecución de trabajos posteriores. Para ello es común el uso de clavos de acero.

Las **cuñas** tienen por objeto ajustar los elementos de apeo, tales como pies derechos, tornapuntas o codales, entre las partes constructivas sobre las que ha de actuar dicho elemento. Otro factor a tener en cuenta es el uso de cuñas inaceptables por su material o bien por su forma o dimensiones. Una cuña de madera que sea de inferior resistencia a la del durmiente supone reducir la capacidad de carga de éste. Unas dimensiones escasas, insuficientes para abarcar en todo momento (incluso en sucesivos templados) la sección del elemento resistente, lo que implica minorar su capacidad de carga, al igual que sucede si una forma es deficiente (por ejemplo, cuñas de distinta inclinación) o una colocación inadecuada, dejando intersticios o huecos que merman la sección eficaz de transmisión de esfuerzos. El resultado de ello es que las cuñas observadas en múltiples apeos reales constituyen el elemento más débil de la cadena de elementos que lo conforman, disminuyendo la capacidad resistente global y, lo que es peor, sin ser conscientes de ello al no ser una cuestión normalmente controlada. Consecuentemente, al usar las cuñas se debe exigir una calidad de la madera superior a la de los restantes elementos del apeo, y una forma y dimensiones adecuadas para garantizar una superficie de transmisión igual o superior a la sección del elemento que acuan.



En el montaje del apeo se procede al “acuñado” mediante la colocación contrapuesta de las cuñas, golpeándolas sucesivamente con cuidado hasta que el elemento quede ajustado con la ligera presión que es suficiente para quedar en posición sin que sea posible moverlo con las manos. En ese momento se dice que está “templado”. A continuación se introduce un clavo por cuña para garantizar su inmovilización. En los casos de apeos prolongados en el tiempo, la merma de la madera conlleva un “destemplado” por acortamiento de sus elementos. Debe ser corregido mediante revisiones periódicas, procediendo al desmontaje de clavos en cuñas, al nuevo “templado” y a su posterior fijación.

En ocasiones es una práctica usual el no empleo de cuñas, dando una ligera demasía al tablón para que quede presionado. Este modo de ejecución repercute en la introducción de fuertes golpes para la colocación de las piezas, que pueden ser peligrosos para el elemento a apear.

La unión por clavos permite rapidez (rasgo importante en apeos) y una eficacia superior a la que suele presuponerse, si bien a condición de ejecutarla adecuadamente (diámetro calculado, distancias mínimas controladas entre clavos y de estos a los bordes de las piezas, penetraciones mínimas aseguradas....). El clavado de tabloncillos en apeos exige la utilización de unos diámetros aceptables cuando han de cumplir una función resistente, siendo los más utilizados los que oscilan entre 3 y 6 mm. Los clavos tipo en apeos son los siguientes:

- Clavo de 6 mm de diámetro y 120 mm de longitud. Para el clavado entre tabloncillos de 70 x 200 por sus caras de 200.
- Clavo de 6 mm de diámetro y 100 mm de longitud. Para el clavado de tabloncillos de 50 x 150 a tablón de 70 x 200 por sus caras anchas o de dos tabloncillos.
- Clavo de 4 mm de diámetro y 100 mm de longitud. Para el clavado de tabloncillo de 50 x 150 a tablón de 70 x 200 por el grueso o canto de este último.

El principal inconveniente del clavo es que su introducción exige abrirse paso a costa de ir separando las fibras de la madera, por lo que la formación de fisuras por hienda es un fenómeno frecuente, agravándose este en la medida que aumenta el diámetro del clavo utilizado. Para paliar este problema se pueden ejecutar taladros previos en la madera, aunque este trabajo sería demasiado laborioso para la premura de los trabajos propios de este tipo de apeos.

Cabe decir que al menos deben existir dos clavos por unión, y su penetración debe ser perpendicular a la dirección de las fibras. No debe admitirse clavar en dirección de las fibras (a testa). Es recomendable una ligera inclinación respecto a la superficie de clavado, variando la dirección entre los clavos contiguos a fin de dificultar la extracción longitudinal de estos. En cuanto a la penetración en punta, la normativa establece un valor mínimo de 8 veces el diámetro en clavos lisos y de 6 diámetros en clavos de adherencia mejorada. Esto significa que un clavo de diámetro 6 exige una penetración de 48 mm y el de diámetro 4 precisa 32 mm.

El [recercado de huecos](#) se utiliza para asegurar los huecos de los muros cuando se producen roturas de dinteles o para rigidizar el muro ante deformaciones diferenciales o giros. Está constituido, como mínimo, por dos pies derechos colocados en las jambas, un durmiente colocado en el alfeizar y una sopanda colocada contra el dintel del hueco. Para contrarrestar acciones horizontales habrá que colocar codales entre los pies derechos. Estos no deben impedir la accesibilidad al personal en el caso de huecos de paso. Cuando se producen asientos diferenciales en el muro hay que contrarrestarlos con elementos diagonales (cruces de San Andrés) en la misma dirección que las grietas diagonales del muro.

El apuntalamiento mediante el uso de puntales telescópicos metálicos presenta una serie de ventajas sobre otros sistemas: su rapidez y facilidad de ajuste en altura, el no requerir montaje o fabricación en obra previamente a su uso, ser un recurso de fácil y rápido acceso dada su amplia aceptación y su disponibilidad en el mercado. Sin embargo, también presenta importantes inconvenientes; principalmente el exceso de amortización de usos y la necesidad de mantenimiento. De hecho, el mínimo mantenimiento que requiriere con frecuencia no se realiza, lo que en ocasiones dificulta su uso, por ejemplo, por falta de engrase de las piezas. En cualquier caso, el mal estado de las piezas puede detectarse, generalmente, con un rápido examen visual, con lo que será labor del técnico rechazar aquellos elementos que no sean aptos para su uso.

El sistema de apuntalamiento no solo lo conforman los puntales metálicos telescópicos, sino que también son necesarios otros elementos de reparto de cargas, como los durmientes y sopandas, y otros componentes accesorios como los clavos de fijación o las abrazaderas y barras de arriostramiento, los cuales están descritos en los sistemas mixtos. A continuación, se describen las principales características de, estrictamente, los puntales metálicos.

Según se define en la norma UNE-EN 1065:1999, un puntal telescópico regulable de acero es una pieza a compresión que se utiliza normalmente como soporte vertical temporal en las obras de construcción, y consta de dos tubos que pueden desplazarse telescópicamente uno dentro del otro con un sistema de reglaje aproximado mediante un perno o prisionero insertado en los agujeros del tubo interior y un medio de ajuste fino o preciso a través de un collar roscado.

Esta norma europea especifica los materiales, los requisitos de diseño, las alternativas de protección contra la corrosión junto con métodos de determinación que emplean tanto cálculos como ensayos, para los puntales telescópicos regulables de acero, con rosca visible y con rosca oculta o cubierta, que están previstos para su empleo en lugares de construcción. También especifica cinco clases de resistencia característica nominal para los puntales de acero telescópicos regulables, cada una de las cuales presenta una serie de longitudes de extensión máximas y una configuración diferente de la placa de asiento.

Las definiciones que contempla el texto son las siguientes:

- Puntal telescópico regulable de acero.
- Placa de asiento: placa que se fija perpendicularmente al eje.
- Horquilla de cabeza: placa de asiento con prolongaciones laterales para situar una viga.
- Tuerca de ajuste: tuerca que dispone de, como mínimo, una empuñadura y que tiene una cara que soporta el prisionero (perno) y está roscada interiormente para proporcionar al puntal un ajuste preciso de su longitud.
- Tubo interior: el tubo de menor diámetro provisto de agujeros para el ajuste aproximado del puntal.
- Tubo exterior: el tubo de mayor diámetro con uno de sus extremos roscado exteriormente.
- Dispositivo para el ajuste de la longitud: dispositivo que consta de un prisionero, una tuerca de ajuste, agujeros en el tubo interior y un tubo exterior roscado.
- Prisionero (perno, espiga o pasador): parte del dispositivo para el ajuste de la longitud que se inserta a través de los agujeros del tubo interior y que está asegurado al puntal.
- Longitud de extensión máxima: distancia medida entre las caras exteriores de las placas de asiento cuando el puntal está en la posición de totalmente extendido.

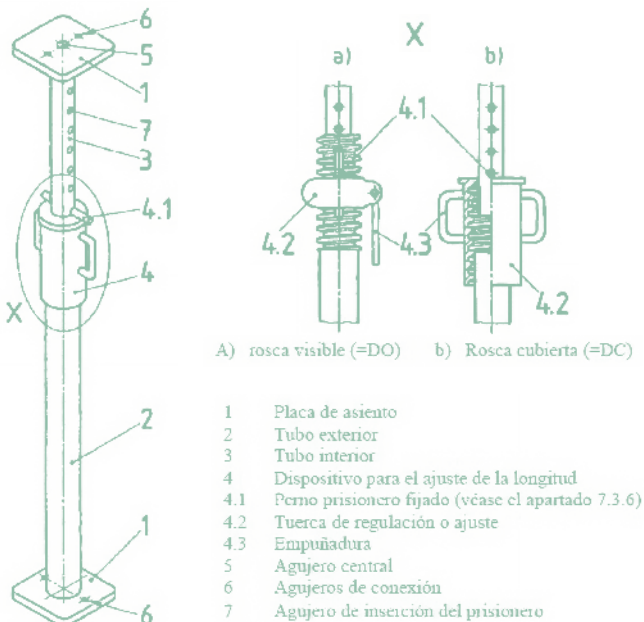


Figura 1. Puntal telescópico regulable de acero: norma UNE-EN 1065:1999

Se establece en la norma un sistema para la denominación de los puntales que consiste en una sucesión de siete datos sintetizados en siglas y números:

1. Resistencia y longitud (Tabla 6).
2. Longitud de extensión mínima en decímetros (redondeada al número entero superior).
3. Placas asiento con conformación "SH" según el apartado 7.5 de la norma, carentes de horquilla "O" según el apartado 7.6 (denominaciones posibles: SHO, SH1, SH2, SQO, SQ1, SQ2).
4. Tipo de dispositivo para el ajuste de la longitud con rosca visible "DO" (denominaciones posibles: DO o DC).
5. Método de protección contra la corrosión completado por galvanización en caliente F4 (véase la tabla 3 de la norma).
6. Fabricado según pr. EN 39 y espesor nominal de pared 3 mm como mínimo.
7. Tipo de nivel de inspección de la producción habitual (véase el anexo E de la norma).

**Puntal EN 1065 - B25 / 13 - SH0 - DO - F4 - 3 - M**

1    2    3    4    5    6    7

Este ejemplo correspondería a la denominación de un puntal de acuerdo con la UNE-EN 1065 clase B25 con una longitud de extensión mínima en decímetros igual a 13 con conformado SH y plano, placas de asiento sin horquilla y un dispositivo para el ajuste de la longitud con rosca visible DO, completamente galvanizado por inmersión en caliente con una protección contra la corrosión F4 y adecuado para la fijación de racores según la UNE-EN 74 con tubos de acero de acuerdo con el proyecto de UNE-EN 39, con un espesor nominal de pared mayor que 3 mm y con un nivel de inspección M de la producción diaria. A continuación, se desarrollan aquellos puntos más significativos.

Un puntal telescópico regulable de acero debe clasificarse de acuerdo con su resistencia característica nominal  $R_{yk}$  y su longitud máxima  $l_{max}$ . Para los puntales de clases A B y C la resistencia característica nominal debe aplicarse a la longitud de extensión máxima. En cambio, para los puntales de las clases D y E debe aplicarse a todas las longitudes de extensión posibles.

clase resistente	longitud de extension maxima (m)	resistencia característica nominal $R_{yk}$ (KN)
A25	2.5	20.4
A30	3	17
A35	3.5	14.6
A40	4	12.8
B25	2.5	27.2
B30	3	22.7
B35	3.5	19.4
B40	4	17
B45	4.5	15.1
B50	5	13.6
B55	5.5	12.4
C25	2.5	40.8
C30	3	34.0
C35	3.5	29.1
C40	4	25.5
C45	4.5	22.7
C50	5	20.4
C55	5.5	18.6
D25	2.5	
D30	3	
D35	3.5	
D40	4	34.0
D45	4.5	
D50	5	
D55	5.5	
E25	2.5	
E30	3	
E35	3.5	
E40	4	51.0
E45	4.5	
E50	5	
E55	5.5	

Tabla 6. Clasificación. Tabla 2 de la norma UNE-EN 1065:1999

La norma establece unas características geométricas concretas para identificar los puntales. Así, se establecen las siguientes dimensiones mínimas:

DIMENSIÓN CARACTERÍSTICA	CLASE A	CLASE B	CLASE C	CLASE D	CLASE E
Esesor mínimo de la placa de asiento	6 mm	6 mm	8 mm	8 mm	8 mm
Círculo inscrito mínimo en la placa de asiento	110 mm	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm

En el caso de que se trata de puntales cuadrados, su denominación es SQ. En el resto de caso, se atenderá a las figuras siguientes (denominación SH):

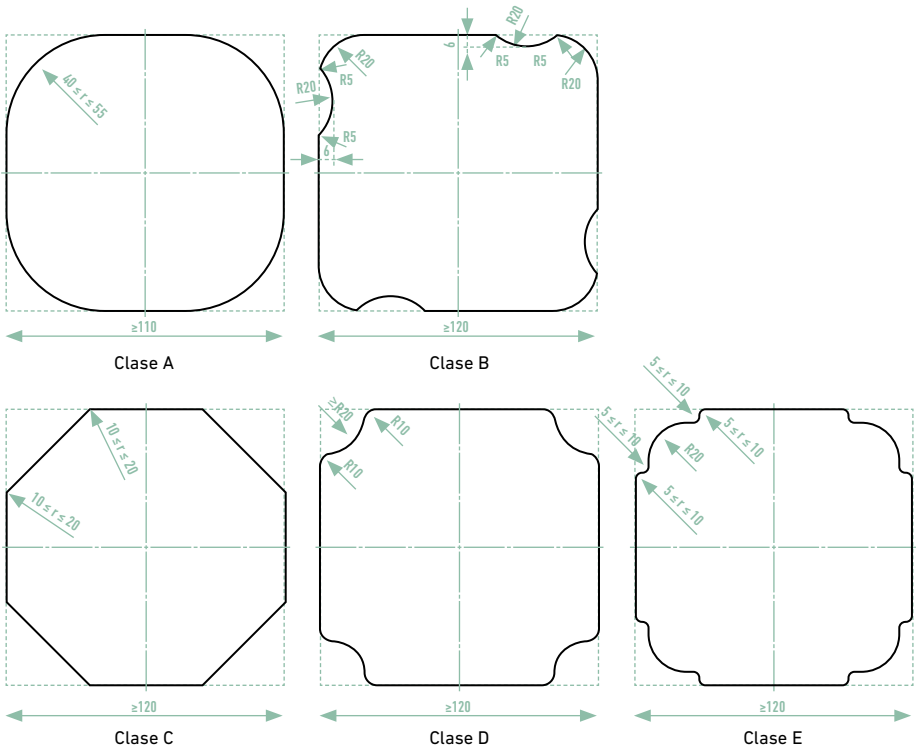


Figura 2. Formas de las placas de asiento perfiladas (SH) para puntales de distintas clases. Figura 4 de la norma UNE-EN 1065:1999

En todo caso, si el puntal se ha fabricado y ensayado siguiendo las directrices de la norma UNE-EN 1065:1999 debe recogerse, según el criterio que establece, con un marcado impreso o grabado en relieve sobre el puntal o sobre una placa de acero soldada. Habitualmente el marcado suele encontrarse en las asas o en la propia rosca de ajuste. Debe ser legible tras la aplicación del preceptivo recubrimiento protector, con la información y secuencia siguiente:

- EN 1065.
- Nombre o marca comercial del fabricante.
- Dos últimos dígitos del año de fabricación.
- Clasificación resistente según la tabla 1 de la norma.
- Nivel de inspección (si se aplica el anexo E de la norma).

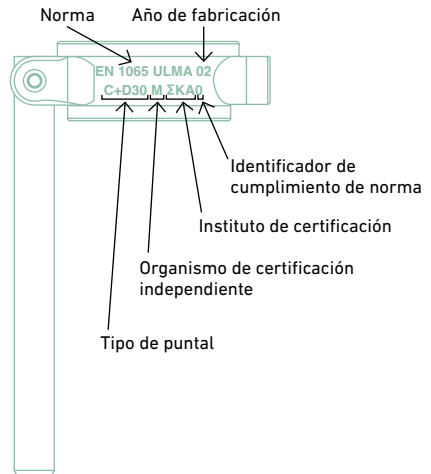


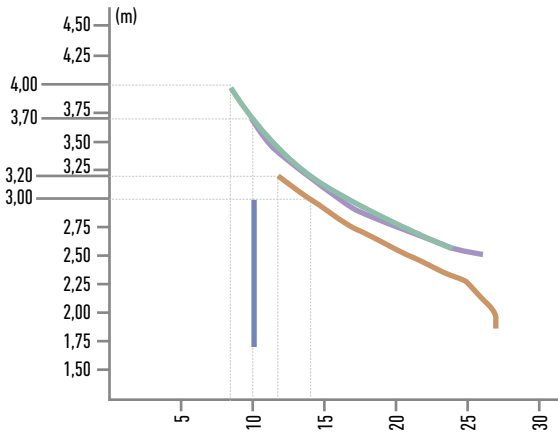
Figura 3. Esquema de marcado en puntales de Ulma y marcado en puntales Alsina (Fuente de la figura: [www.ulmaconstruction.es](http://www.ulmaconstruction.es); [www.alsina.com](http://www.alsina.com))



Por otra parte, también se indica cuál es la información que debe suministrar el fabricante. Debe ofrecer como mínimo los datos siguientes:

- Forma.
- Clase.
- Longitud de extensión mínima.
- Dimensiones principales con sus tolerancias.
- Características materiales de todos los componentes.
- Perfil de las placas de asiento y de todos los componentes.
- Perfil de las placas de asiento y de las horquillas de cabeza.
- Tipo de soldeo.
- Protección contra la corrosión.
- Método de producción de los agujeros.
- Detalles del marcado.
- Tipo de control de la calidad.

A continuación, se muestra fichas de algunos fabricantes en las que se indican diferentes resistencias según modelos.



Cargas de uso (KN) en función de la altura (m)

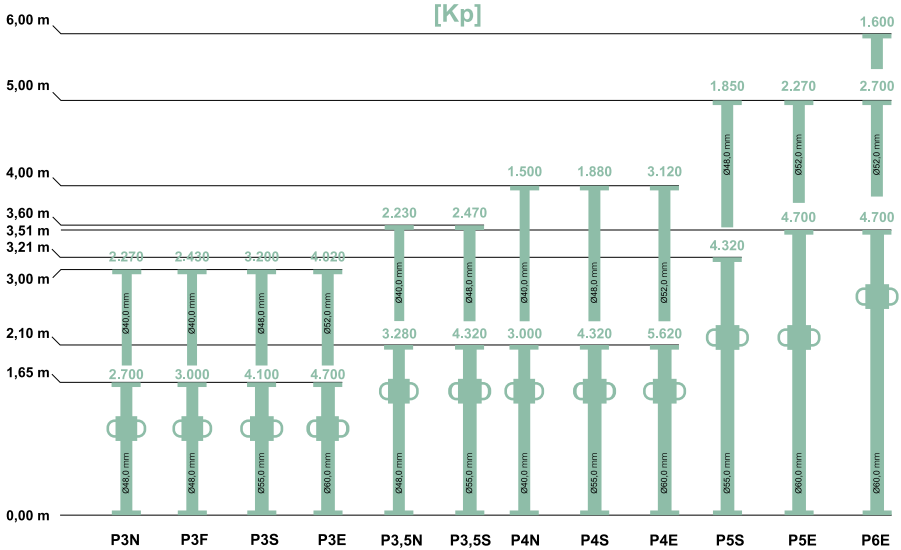
Código	Denominación	1,7	1,85	2	2,25	2,3	2,5	2,55	2,75	3	3,2	3,5	3,7	3,75	4
7132	Puntal seguridad STEN 3 m 1.8/1.8	10	-	-	-	10	-	-	-	10	-	-	-	-	-
7033	Puntal seguridad STEN 3,20 m	-	27	27	25,2	-	20,7	-	17,1	13,95	11,7	-	-	-	-
7365	Puntal seguridad STEN 3,70 m	-	-	-	-	-	26	-	20	16	14	11	10	-	-
7046	Puntal seguridad STEN 4	-	-	-	-	-	-	24	20,5	16,5	14	11,25	-	9,5	8,25

Tabla 7. Tabla para puntales de la marca Sten.

Altura (m)	C25		C+E30		C+E40	
	Tubo Interior arriba	Tubo Interior abajo	Tubo Interior arriba	Tubo Interior abajo	Tubo Interior arriba	Tubo Interior abajo
1,50	35,00	43,40				
1,60	35,00	43,40				
1,70	35,00	43,40				
1,80	35,00	43,40	35,00	43,40		
1,90	35,00	41,55	35,00	43,40		
2,00	35,00	40,00	35,00	43,40		
2,10	34,00	40,00	35,00	40,82		
2,20	31,00	40,00	35,00	39,12		
2,30	28,36	40,00	34,03	39,12	35,00	
2,40	26,04	40,00	31,25	39,12	35,00	
2,50	24,00	40,00	30,00	39,12	35,00	
2,60			30,00	39,12	35,00	37,35
2,70			30,00	39,12	32,92	37,35
2,80			30,00	39,12	30,61	37,35
2,90			30,00	39,12	30,00	37,35
3,00			30,00	39,12	30,00	37,35
3,10					30,00	37,35
3,20					30,00	37,35
3,30					30,00	37,35
3,40					30,00	37,35
3,50					30,00	37,35
3,60					30,00	37,35
3,70					30,00	37,35
3,80					30,00	37,35
3,90					30,00	37,35
4,00					30,00	37,35

Tabla 8. Tabla para puntales de la marca Ulma.

## CARGAS DE ROTURA / CHARGE DE RUPTURE / BREAKING LOADS

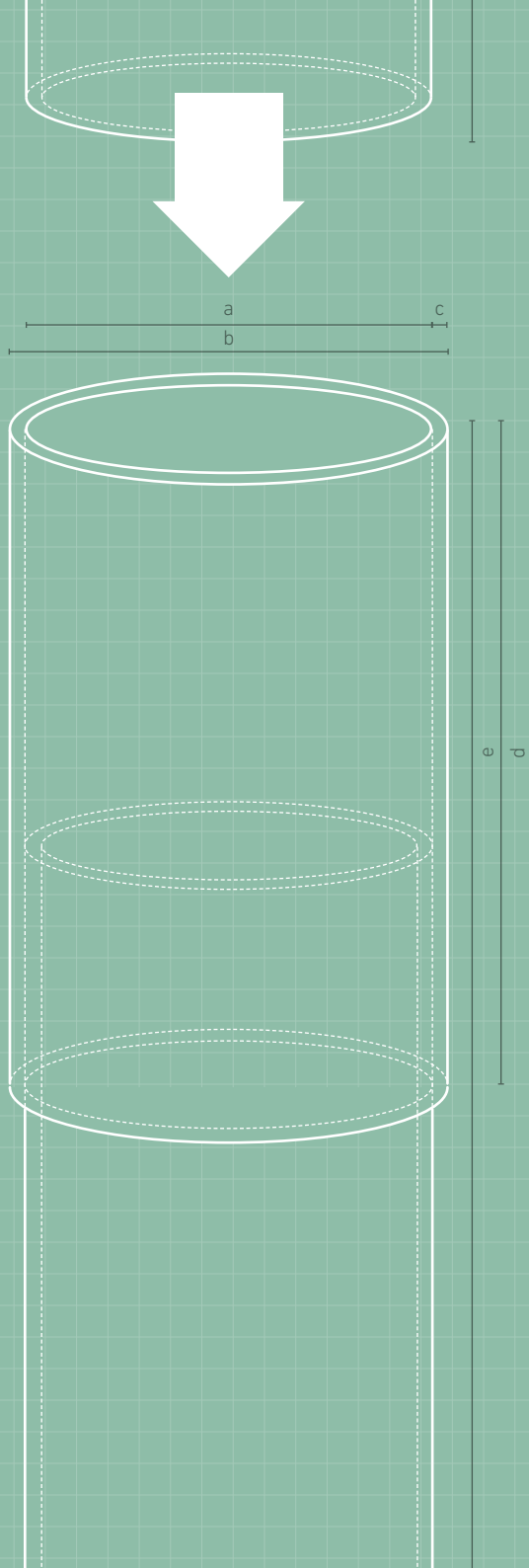


Puntal cerrado con el pasador en el primer agujero, Puntal abierto (máxima extensión) con el pasador en el último agujero. Los datos son de cargas de rotura para puntales nuevos, aplomados y con carga vertical centrada. Para cargas de uso, se aconseja trabajar con un coeficiente de seguridad mínimo de 2,0 ó 2,5.

Les données sont celles de charges d'épuisement pour étais neufs, d'aplomb et avec charge verticale centrée. Pour charges de travail, on conseille de travailler avec un coefficient minimum de sécurité de 2,0 ou 2,5.

Data come from exhaustion loads for new props, leaden and with centred vertical loads. For loads in use, it is advisable to work with a minimum safety coefficient of 2,0 or 2,5.

Figura 4. Cargas de rotura para puntales Ferman.



# 3. EJECUCIÓN DE LAS APS

## 3.1 Proceso general de adopción de las APS

### 3.1.1 Reconocimiento del edificio

Es preciso realizar una inspección visual del edificio por el exterior y por el interior. En algunos casos será necesario tomar medidas preventivas para garantizar la seguridad de los trabajadores y técnicos, tanto para permitir la inspección de todas las plantas y dependencias, como del perímetro del edificio. No hay que obviar zonas como plantas bajas y sótanos donde pueden existir elementos que comprometan la seguridad del conjunto.

Durante la inspección hay que comprobar el estado de las instalaciones, los elementos estructurales y el sistema constructivo.

Es imprescindible realizar catas para eliminar los revestimientos de muros, pilares, vigas y forjados con el fin de comprobar su ubicación real y sus características constructivas. Nunca hay que emplear un sistema sin eliminar cañizos o falsos techos para determinar situación, dirección y altura a la que se encuentran vigas y forjados. Si es posible, hay que realizar ensayos para determinar resistencias de los materiales que conforman la estructura y su nivel de daños.

Se deben retirar los elementos desprendidos que puedan suponer un riesgo de caídas en altura, pero sólo si no se trata de elementos resistentes que soporten alguna carga. Esta operación debe realizarse guardando la máxima precaución, para evitar que las vibraciones de los golpes puedan provocar un hundimiento accidental en algún otro punto afectado.

Una vez inspeccionado el edificio hay que plantear una hipótesis de las patologías que padece el edificio coherente con todos los daños observados.



### 3.1.2 Elección de la APS

Cabe distinguir entre dos factores principales, los de origen humano y los técnicos, que afectan significativamente la elección del sistema que mejor se ajuste al caso concreto atendiendo a los factores citados anteriormente. A continuación, se enumeran por orden de importancia.

TIPO	FACTORES
Factores humanos	Seguridad
	Derechos de los usuarios
	Coste de la actuación
Factores técnicos	Tiempo de aplicación
	Dificultad de puesta en obra
	Disponibilidad de personal y medios especializados
	Disponibilidad de electricidad e iluminación

Tabla 9. Factores que influyen en la elección de la APS

#### FACTORES HUMANOS

**Seguridad.** En primer lugar, hay que evaluar si el edificio es seguro y si es posible mantenerlo ocupado total o parcialmente, o es necesario su desalojo para tomar las medidas necesarias para garantizar la seguridad.

**Derechos de los usuarios.** Hay que tener presente la opinión y derechos de los usuarios, ocupantes y propietarios del edificio. La decisión última les corresponde. En caso de observar un peligro grave hay que avisar a los bomberos y la policía local.

**Coste.** En la elección del sistema hay que considerar no solo el coste de la medida que se vaya a implementar. Se ha de incluir, además, los desalojos y posibles realojos, el mantenimiento de la medida el tiempo necesario, las afecciones a los edificios o locales colindantes y, en algunos casos, las posibles tasas por ocupación de espacios públicos.

## FACTORES TÉCNICOS

---

**Tiempo de aplicación.** Cada sistema esta aconsejado, con su consiguiente mantenimiento, en función de la previsión de permanencia. Se considerará un plazo de tiempo corto cuando la duración sea de días, un plazo medio cuando se trate de meses y un plazo largo cuando la medida tenga que estar aplicada durante años.

**Dificultad de puesta en obra.** Las características del edificio relativas a su facilidad de acceso condicionan la elección. La distribución interior o las dimensiones de escaleras de acceso a plantas superiores debe estudiarse con antelación. Por ejemplo, un sistema industrializado precisa mayores anchos de circulación que sistemas que se ejecutan *in situ*.

**Disponibilidad de personal y medios auxiliares especializados.** Disponer o no de este personal especializado y con experiencia en la aplicación de la medida limitará el campo de elección. No obstante, en algunos casos, principalmente en función de la urgencia, los medios tradicionales pueden ser la única opción posible.

**Disponibilidad de electricidad e iluminación.** Hay que considerar que, si se ha producido algún tipo de colapso o accidente en el edificio, será necesario disponer de grupos electrógenos para el suministro de electricidad con el fin de iluminar los interiores o exteriores donde se realizan los trabajos y emplear maquinaria requerida.



## 3.2 Señales indicadoras de la necesidad de apuntalamiento

Desafortunadamente, tal y como se repite a lo largo de la bibliografía existente, no existen fórmulas o signos inequívocos que permitan certificar con total seguridad que un edificio o un elemento de la estructura sustentante va a colapsar. Tampoco existen fórmulas en el sentido contrario que permitan garantizar que un elemento que presenta daños no requiere de ningún apeo, salvo que se realicen ensayos y análisis de mayor profundidad en posteriores fases de intervención. De hecho, se dan casos de edificios declarados en ruina y abandonados que perduran durante años o incluso décadas y, por el contrario, edificios en uso que colapsan de un día para otro sin que dé tiempo a que nadie advierta signos de aviso. Sin embargo, existen señales que, si bien no certifican el inminente colapso, sí que evidencian problemas serios de los elementos estructurales o incluso suelen darse, y así lo han referido testigos, con anterioridad a un colapso.

Teniendo esto en cuenta, junto con el hecho de que el tiempo necesario para la realización de análisis más detallados o ensayos para determinar de forma fehaciente si es necesario o no el apeo puede resultar incompatible con la urgencia del momento y que siempre resultan más graves las consecuencias de un colapso que el posible perjuicio económico que pueda ocasionar un apeo que se revele innecesario tras análisis posteriores a la decisión de acometerlo, conviene asumir *a priori* las siguientes señales indicadoras de la necesidad de apeo:

- Ruidos característicos.
- Desprendimientos o pérdidas de material.
- Deformaciones en los elementos constructivos.
- Lesiones de carácter grave.

### 3.2.1 Ruidos característicos

Habitualmente se dan unos ruidos característicos, como crujidos por la ruptura de materiales o siseos por la caída de polvo, que preceden al colapso. En cualquier caso, debe tenerse en cuenta que todos los edificios pueden emitir esta clase de sonidos (que no tienen por qué implicar necesariamente ningún peligro) debido a asientos diferenciales, pequeños desprendimientos de material dentro de los huecos o a los movimientos que provocan las dilataciones y contracciones originadas por la variación de la temperatura entre las horas de mayor soleamiento y la caída de temperatura durante la noche, sobre todo durante la madrugada, coincidiendo con un momento en que el ruido ambiente es mínimo.

A fin de determinar si se trata de un caso u otro habrá que atender a lo que declaren los usuarios del edificio, en relación con la mayor profusión o intensidad de estos ruidos, así como al hecho de que se den durante horas centrales del día. Esto último en absoluto quiere decir que no se den colapsos durante la noche, sino que si se detecta un ruido del tipo de los definidos durante el día, cuando el ruido aéreo ambiente es mayor, es indicador de una mayor intensidad, lo que puede indicar que efectivamente exista alguna rotura.

### 3.2.2 Desprendimientos o pérdidas de material

La capacidad resistente de un elemento estructural, cualquiera que sea el material constituyente, dependerá de su sección, pues esta se cuantifica en capacidad de carga por unidad de superficie. Así, si se producen desprendimientos o pérdidas de material que disminuyan su sección, la capacidad portante del elemento se ve reducida proporcionalmente. Si esta pérdida supera el límite que implica que el elemento o alguna de sus secciones esté trabajando a una tensión por encima de la admisible, se puede producir el colapso.

A lo largo de la vida útil de un edificio se pueden dar procesos de erosión o patológicos que impliquen mermas en la sección resistente de algunos elementos estructurales: erosión y roturas por golpes en pilares de fábrica o pérdidas de sección en elementos de hormigón armado por oxidación de armados, pérdida de sección de elementos de madera por ataque de xilófagos o en caso de incendio, defectos en la soldadura o procesos de corrosión avanzados en estructuras metálicas... Si se detecta que se ha producido esa pérdida habrá que valorar si es suficiente como para tener que adoptar medidas de consolidación.

En otras ocasiones, sin embargo, la pérdida de material o desprendimientos se dan por la rotura del elemento, que se fractura como consecuencia de su colapso o agotamiento. En este tipo de situación, la necesidad de apeo es evidente, como, por ejemplo, en el caso de rotura a compresión o cortante de un pilar de hormigón armado.

Por último, los desprendimientos de materiales de revestimiento y su caída en altura pueden suponer un riesgo grave para la seguridad de las personas, por lo que habrá que atender a su señalización, protección mediante formación de marquesinas o disposición de redes y proceder a su reparación.

### 3.2.3 Deformaciones en los elementos constructivos

Los síntomas más evidentes del riesgo de hundimiento suelen presentarse en forma de deformaciones de los elementos estructurales con la consiguiente aparición de grietas. Ha de abordarse un apuntalamiento preventivo en los siguientes casos:

#### FLECHAS EXCESIVAS

---

Una deformación o flecha excesiva en un elemento estructural horizontal implica que está actuando una sobrecarga excesiva o se ha dado un proceso patológico que merma la capacidad resistente de los elementos. Además, una flecha excesiva (sobre todo en vigas biempotradas, pero también en forjados) puede provocar un esfuerzo de flexión en los elementos verticales donde apoya, haciéndolos trabajar a flexión cuando han sido proyectados para trabajar a compresión, introduciendo excentricidades que pueden originar el fallo.

Como norma general, si la flecha de un forjado supera 1/100 de la luz es necesario acometer un apuntalamiento de emergencia.

#### FALLOS EN LOS APOYOS DE VIGAS Y FORJADOS

---

La deformación, la pérdida o desprendimiento de material en los apoyos de los forjados, de las viguetas, de las vigas o de las cubiertas puede provocar su caída.

#### DESPLOMES Y PANDEOS

---

Un elemento estructural vertical, ya sea un muro o un pilar, al que se le induce una excentricidad, presentará peligro de colapso en función de la carga y excentricidad debido al momento que se origina, por lo que debe estudiarse la posible necesidad de apeo.

En el caso de muros sin función estructural habrá que analizar si es más seguro su derribo controlado que mantenerlo apeado. Se considera inminente la posibilidad de colapso cuando la magnitud del desplome del elemento se acerca a la mitad de su sección.

### 3.2.4 Lesiones de carácter grave

Hay determinadas lesiones que por su alto grado de afección sobre la estructura son lo suficientemente graves como para que el técnico ordene el apeo preventivo del elemento afectado. Estas son, por ejemplo:

- Fisuras transversales situadas en la cara inferior de vigas o viguetas de hormigón armado o pretensado. Implican pérdida de la capacidad resistente a tracción.
- Fisuras inclinadas en los laterales, o alma de vigas o viguetas de hormigón armado o pretensado, situadas cerca de los apoyos. Implican pérdida de la capacidad resistente a cortante. En ocasiones, dada la disposición constructiva de los elementos estructurales no es visible el alma o lateral de la pieza, como es el caso de las viguetas de forjado para las que la bovedilla o pieza de entrevigado impide su reconocimiento lateral. En ese caso, habrá que observar si existe alguna fisura transversal en la cara inferior de la vigueta situada cerca de los apoyos, que podría evidenciar la rotura por cortante. Para ello convendrá apea y a continuación retirar las piezas de entrevigado próximas a los apoyos para comprobar si efectivamente existe la citada fisura inclinada en el alma o no.
- Fisuras transversales no pasantes distribuidas uniformemente en pilares de hormigón. Evidencia la falta de capacidad resistente a compresión frente a las cargas de trabajo.
- Fisuras longitudinales, en la mitad superior o tercio central de pilares de hormigón. Evidencia la falta de capacidad resistente a compresión frente a las cargas de trabajo.
- Fisuras inclinadas o incluso en cruz, en cualquier sección del pilar. Evidencia la falta de capacidad resistente a cortante.
- Pérdida importante de material de la pieza (a partir de un 20 %) en zonas próximas a los apoyos, por ataque de organismos xilófagos en viguetas de madera en forjados.
- Pérdidas de sección o afectación por incendio en cualquier tipo de material de elementos estructurales. Tanto si se trata de una estructura de madera, como si es metálica o de hormigón armado, habrá que apea preventivamente todo elemento estructural que se haya visto directamente afectado por un incendio como paso previo a analizar en más profundidad el grado de afectación.

Así, una vez detectadas este tipo de lesiones, el técnico valorará el nivel de daño con arreglo a lo establecido en la tabla siguiente y ordenará, en todo caso, el apeo preventivo para los niveles fuerte y severo, valorando su conveniencia, en función de la confluencia de otras lesiones, para el resto de niveles.

Del mismo modo, se puede seguir este criterio a la hora de analizar otros elementos arquitectónicos tales como particiones, instalaciones, revestimientos y/o acabados, cerramientos no estructurales, antepechos de cubierta y la propia cubierta. Ha de tenerse presente que en ocasiones puede resultar más apropiado desde el punto de vista técnico-económico, e incluso más seguro, la demolición total del elemento que su apuntalamiento.

elemento estructural	nivel muy leve	nivel leve	nivel moderado	nivel grave	nivel severo
Vigas pilares y muros de hormigón	Fisuración casi Imperceptibles, con ancho menor a 0.2 mm.	Fisuración perceptible a simple vista, con ancho entre 0.2 mm y 1.0 mm.	Agrietamiento con anchos entre 1.0 mm y 2.0 mm en la superficie del hormigón, pérdida incipiente del recubrimiento.	Agrietamiento notable del hormigón, pérdida del recubrimiento y exposición de la armadura longitudinal.	Degradación y aplastamiento del hormigón, agrietamiento del núcleo y pandeo de la armadura longitudinal. Deformaciones e inclinaciones excesivas.
Forjados	Fisuración casi Imperceptibles, con ancho menor a 0.2 mm.	Fisuración perceptible a simple vista, con ancho entre 0.2 mm y 1.0 mm.	Agrietamiento con anchos entre 1.0 mm y 2.0 mm en la superficie del hormigón, pérdida incipiente del recubrimiento.	Agrietamiento notable del material, pérdida del recubrimiento.	Degradación y aplastamiento del material.
Muros portantes de mampostería	Fisuración casi imperceptible, con ancho menor a 0.2 mm.	Fisuración perceptible a simple vista, con ancho entre 0.2 mm y 1.0 mm.	Agrietamiento diagonal incipiente, grietas con anchos entre 1.0 mm y 3.0 mm, en la superficie del muro. Algunas fisuras en elementos de confinamiento de los paños de muros.	Agrietamiento diagonal severo, con anchos mayores a 3.0 mm y dislocación de piezas de mampostería.	Desprendimiento de partes de piezas, aplastamiento local de la mampostería, prolongación del agrietamiento diagonal en elementos de confinamiento, con anchos mayores a 1.0 mm. Desplome apreciable del muro.
Vigas y pilares estructuras de acero	Sin defectos visibles	Deformaciones menores casi imperceptibles.	Deformaciones perceptibles a simple vista, pandeo incipiente de secciones.	Pandeo local, fractura o alguna evidencia de daño en secciones del elemento estructural fuera de zonas de posible formación de articulaciones plásticas.	Pandeo local, fractura o alguna evidencia de daños en secciones del elemento estructural dentro de zonas de posible formación de articulaciones plásticas. Fractura de soldaduras, tornillos o roblones.

Tabla 9. Nivel de daño en función del elemento estructural.

### 3.3 Apuntalamientos con puntales metálicos telescópicos

#### 3.3.1 Preparación y consideraciones generales

Hay unos criterios básicos que con carácter general deben tenerse en cuenta en cualquier sistema de apeo. Es fundamental entender que apuntalar supone crear un nuevo reparto de cargas que debe concluir transmitiendo los esfuerzos al firme, es decir, que si se apuntala la planta sexta de un edificio o una parte de ella, las plantas inferiores deben ser apuntaladas para que la carga se transmita hasta el terreno o hasta un elemento estructural que se sepa capaz de acometer esa función. Por tanto, se debe evitar en la medida de lo posible que el receptor de las cargas sea un forjado intermedio o losa, por muy pequeña que se considere la reparación.

La colocación de durmientes y sopandas entre los puntales es imprescindible para un reparto uniforme de las cargas, incluso cuando el puntal es aislado. Los puntales deben quedar anclados a las sopandas y durmientes correctamente, de manera que se cumplan las hipótesis de cálculo adoptadas para su ensayo, esto es, que se formen articulaciones en los apoyos que permiten el giro pero no movimientos longitudinales o transversales. Se pueden usar puntas de acero para ello, acompañadas de cuñas.

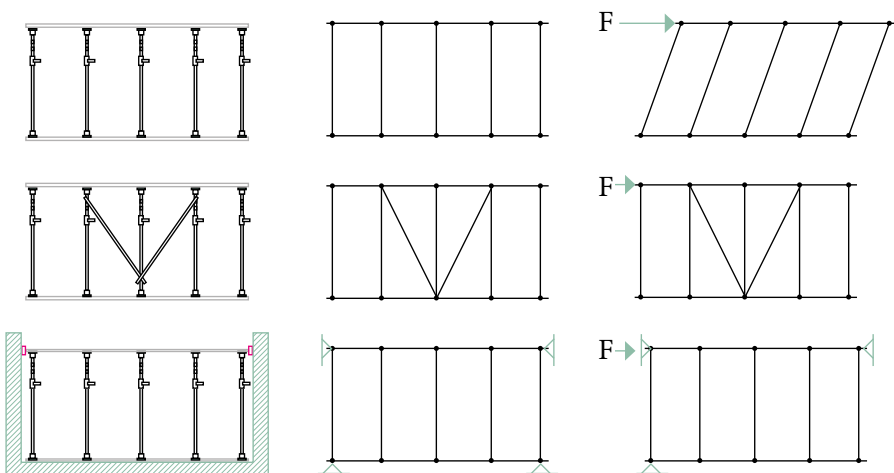


Figura 5. Respuesta de diferentes soluciones de apuntalamiento frente a empujes horizontales.

Dependiendo del despliegue del puntal (longitud) serán capaces de resistir una carga u otra, es importante tener la ficha técnica del puntal o al menos haber podido identificar la clase resistente para poder abordar su dimensionado. Por otra parte no hay que olvidar que cada tren de puntales deben estar arriostrados entre ellos. Con tal fin se puede utilizar un puntal cruzado amarrado con las correspondientes abrazaderas.

En la figura 5 se muestra a la izquierda un apuntalamiento a modo esquemático, en el centro el modelo de calculo considerando todos los encuentros articulados y a la derecha el resultado de aplicar una fuerza horizontal. De esta manera es mas fácil ver cómo la aplicación de una fuerza horizontal accidental sobre un apeo sin arriostramiento en la línea de puntales es inestable (fila superior) mientras que con una simple triangulación se estabiliza (fila intermedia). En todo caso, si se puede confiar en la colaboración de otros elementos como los muros perimetrales o pilares se puede estabilizar el sistema prolongando las sopandas y durmientes como en la fila inferior.

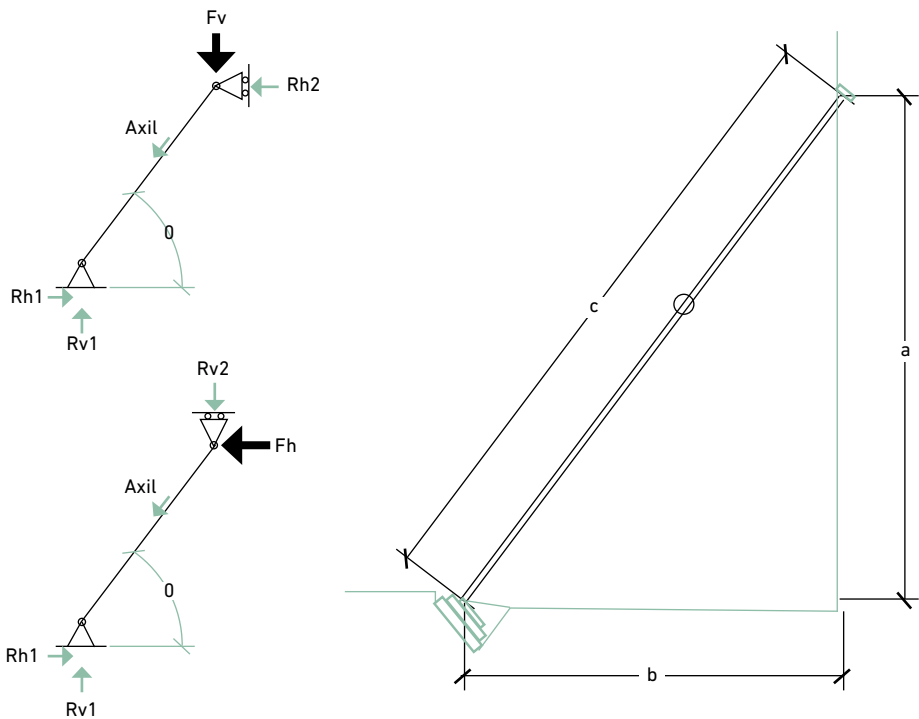
Por último, es muy importante disponer los puntales perfectamente aplomados en las dos direcciones. La norma UNE EN 1065: 1999 establece las condiciones para la realización del ensayo y el cálculo de la resistencia del puntal para determinar su resistencia nominal. Obliga a considerar un giro en el apoyo y cierto desplome, pero este viene a ser del orden de un centímetro. De hecho, como se indica más adelante en el módulo de cálculo, los fabricantes señalan que los gráficos de capacidad de cargas de los diversos modelos de puntales que aportan son válidos solo para esas condiciones de ejecución. De no poder reproducirse estas en obra, los fabricantes obligan a adoptar coeficientes de seguridad adicionales a los del cálculo establecidos en la citada norma.



### 3.3.2 Tornapuntas

Una tornapunta es un elemento resistente lineal dispuesto de forma inclinada cuya función es trasladar las cargas recibidas en la cabeza a la base de apoyo. En el caso de un apuntalamiento mediante el uso de puntales metálicos se trata de un puntal inclinado. Se debe prestar especial atención a la disposición constructiva de todos los elementos intermedios entre las cabezas y el elemento apuntalado y base de apoyo, a fin de garantizar la correcta transmisión de las cargas y su correspondencia con el modelo de cálculo.

Su forma de trabajo es a compresión, por lo que le son de aplicación los mismos criterios que a los puntales metálicos dispuestos a plomo, siempre teniendo en cuenta los coeficientes de seguridad o minoración de resistencia que establece el fabricante. Si se considera una tornapunta tipo, con un ángulo de inclinación de  $60^\circ$  respecto al suelo, se puede estimar los esfuerzos a los que puede estar sometido en los dos casos más frecuentes: tornapunta opuesta al desplazamiento vertical de un muro y tornapunta opuesta al vuelco.



Así, una tornapunta o puntal metálico con una capacidad “nominal” de 10 KN, cuya disposición en obra y modelo estructural para un esfuerzo vertical y para un esfuerzo horizontal se representa en la figura, tendría las siguientes capacidades de carga:

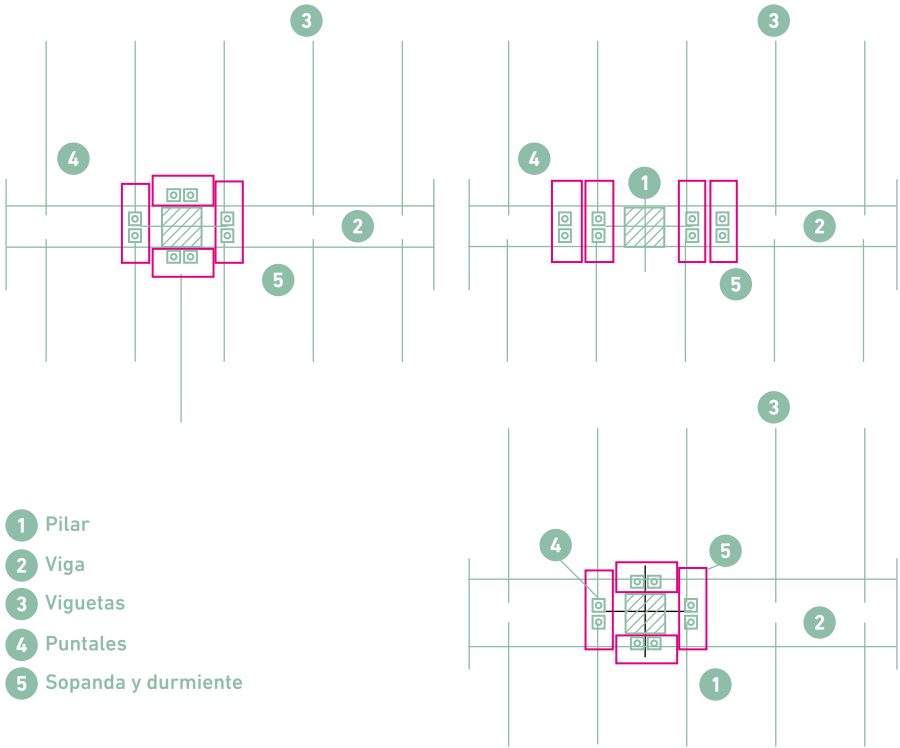
- Capacidad de carga vertical en cabeza:  $FV60 = Fc \cdot \text{sen } 60 = 10 \cdot 0,866 = 8,66 \text{ kN}$
- Capacidad de carga horizontal en cabeza:  $FH60 = Fc \cdot \text{cos } 60 = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ kN}$

### 3.3.3 Apuntalamiento de pilares

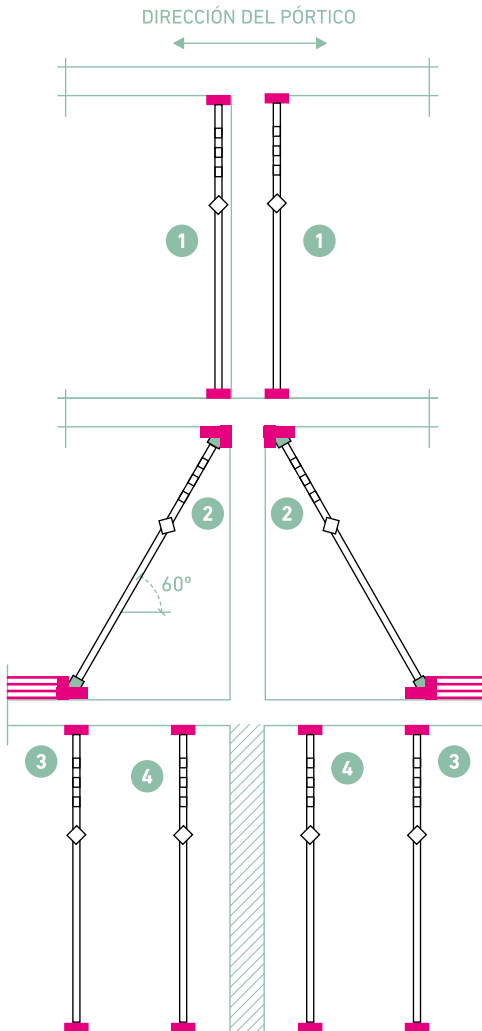
Los pilares reciben la carga que soportan a través de las vigas y/o zunchos que apoyan en ellos, en el caso de forjados unidireccionales; de los capiteles, en caso de forjados reticulares de hormigón y de los pilares de plantas superiores, si es que los hay.

En el caso de estructuras de hormigón armado, la unión de pilar con las vigas o zunchos forma un nudo o núcleo muy compacto que solidariza el conjunto, de modo que la zona de una viga que se encuentra más próxima a un pilar es un punto ideal para la colocación de sopandas y puntales que reciban la carga de la viga, pues al fin y al cabo es parte del nudo sobre el que, si se realiza un modelo estructural, confluyen todas las cargas. Para el caso de forjados reticulares o bidireccionales esa función la realizan los capiteles. El caso de pilares de ladrillo que reciben vigas de madera, hormigón o metálicas es asimilable a lo indicado, siendo las zonas de las vigas más próximas al pilar los puntos óptimos para la disposición de sopandas.

Sería no obstante incorrecta la disposición de sopandas y puntales rodeando un pilar por sus cuatro caras bajo elementos que no tienen ninguna capacidad portante, o que si la tienen es residual, como es el caso de las bovedillas o revoltones de entrevigado.



En cualquier caso, y aunque no se grafíe, siempre se puede estudiar la posibilidad de descargar “en cadena” el pilar de los elementos que a él acometen. Es decir, si se apean las viguetas que apoyan en una viga y la propia viga, el apeo dispuesto junto al pilar para soportar las cargas que gravitan sobre él estará menos solicitado.



En el esquema se muestra un ejemplo de descarga de pilar en planta baja.

El juego de puntales 1 asume la carga del forjado de cubierta y la transmite al juego de puntales 2, que también recibe la carga de forjado de planta segunda. Es recomendable disponer los puntales en forma de tornapuntas con cuñas bien fijadas para transmitir bien los esfuerzos, y disponer puntales o tabloncillos embridados atestados contra elementos resistentes (por ejemplo, los pilares contiguos del pórtico) para absorber la componente horizontal de la fuerza, siendo la componente vertical asumida

por el juego de puntales 3. Finalmente, el juego de puntales 4, próximos al pilar pero dispuestos a la distancia suficiente que se estime para no dificultar los trabajos asume la carga del forjado de planta primera, de manera que se descarga el pilar de planta baja señalado. De haber más plantas por debajo se repetirían los juegos de puntales 3 y 4 hasta llegar al firme.

### 3.3.4 Apeo de forjados

La técnica de apeo más habitual, en el caso de forjados unidireccionales, es mediante la disposición de líneas de carga perpendiculares a sus elementos resistentes (viguetas) formadas cada una de ellas por la correspondiente sopanda, conjunto de puntales y durmientes.

Es importante, como ya se ha ido mencionando, prestar atención al correcto aplomado de los puntales, a que se produce la unión con la sopanda y durmiente mediante la disposición de clavos, y a que se procede al arriostramiento del sistema de apuntalamiento. Atiéndase, por otra parte, a la recomendación de prolongar sopandas y/o durmientes hasta atestarlos contra elementos resistentes perimetrales para arriostar el sistema en el sentido de la línea de carga o sentido longitudinal de sopanda, si no se dispone de las correspondientes abrazaderas para la unión de tubos.



Figura 6. Arriostramiento poco ortodoxo que demuestra que hay abrazaderas.



Figura 6. Fotografía de modelo de abrazadera para unión de tubos de mismo diámetro.

Del mismo modo también existen soluciones alternativas para el arriostramiento en el sentido transversal a la sopanda, que se pueden asumir en caso de apuntalamientos de emergencia cuando no se dispone de tiempo para exigir y esperar el suministro de las abrazaderas adecuadas. En la imagen siguiente se representa la disposición de trozos de tablón o angulares para evitar el vuelco de la línea de sopandas.

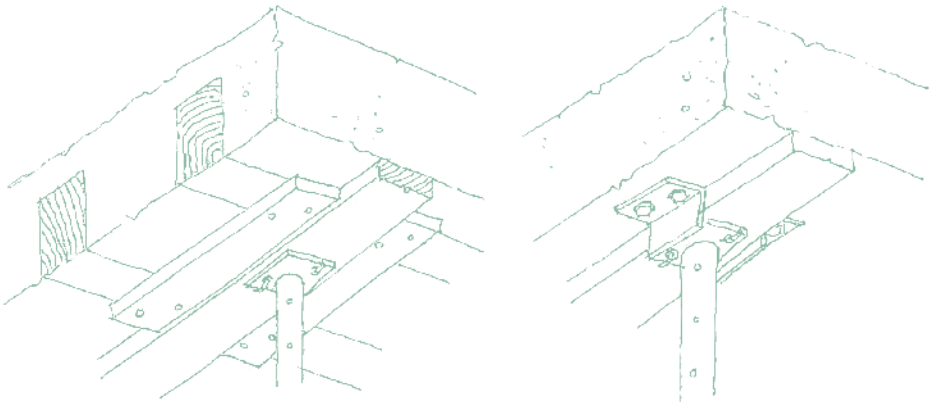


Figura 7. Protección frente al vuelco de la línea de puntales/sopanda.

En términos generales se considera que lo más conveniente es disponer las líneas de puntales en los puntos donde el momento es nulo, es decir, hacia 1/5 de la luz en tramos intermedios y en el extremo libre en voladizos. En caso de que no sea suficiente, tras una estimación de cálculo con dos líneas de puntales, se deberá proceder a disponer o bien otra línea central o bien dos líneas intermedias a 1/5 de la luz.

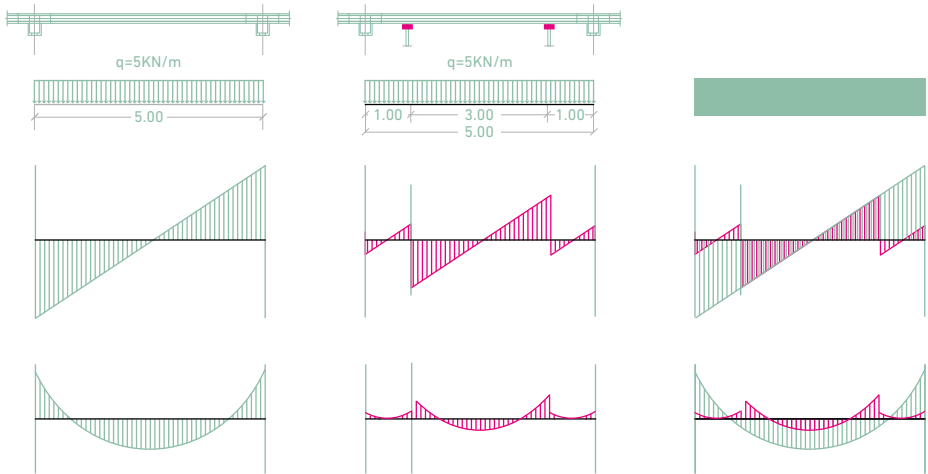


Figura 8. Diagramas de esfuerzos de viga sin apuntalar y apuntalada.

En la figura anterior se observa cómo cambian los esfuerzos en una viga de un tramo intermedio entre pórticos: a la izquierda los esfuerzos iniciales, en el centro los esfuerzos resultantes tras el apuntalamiento y a la derecha la superposición de ambos diagramas. Se puede apreciar que disminuyen los esfuerzos de cortante en los apoyos de la viga en el forjado y el momento flector positivo en el centro de vano. Por el contrario, aparecen momentos negativos donde antes no los había en los puntos donde se colocan las líneas de puntales, aunque son de escasa entidad.

Estas son consideraciones generales que deberán analizarse en cada caso particular porque, por ejemplo, no tiene sentido que se proceda a apear mediante dos líneas de apeo situadas a los quintos de la luz un forjado que presenta daños graves en el centro de vano con pérdida de armado inferior a flexión. En este caso es más conveniente colocar una línea de apeo en el centro de vano que actúe a modo de parteluces. Lo anteriormente dispuesto para forjados unidireccionales de elementos resistentes de hormigón

armado o prefabricado no es directamente aplicable a forjados unidireccionales tradicionales de viguetas de madera. Al tratarse de elementos simétricos presenta las mismas características resistentes en su sección frente a momento positivo y negativo. Por el contrario, un nervio de un forjado realizado con semiviguetas se compone de una parte resistente a momento positivo (la propia semivigueta con su correspondiente armado) y otra parte que tiene el cometido de soportar el momento negativo, constituida por la cabeza de compresión de hormigón vertido *in situ* en la que se dispone un refuerzo en forma de barras de acero para soportar el momento negativo en sus extremos.

Por último, recordar la conveniencia de prolongar el apeo hasta el firme apeando forjados inferiores, en caso de que se apuntale todo un forjado, y estudiar si es necesario si se apuntalan elementos sueltos como puedan ser algunas viguetas en concreto que presenten lesiones.

### 3.3.5 Apeo de vigas

A la hora de abordar el apeo de una viga, cualquiera que sea su tipología y material, lo más práctico pensando en intervenciones de reparación posteriores es eliminar las cargas que le transmiten los elementos que apoyan en ésta. Para ello se ha de apea estos elementos mediante la disposición de líneas de sopanda paralelas a la misma, tan próximas a la viga como permita la tipología de intervención a realizar.

En ocasiones se diseña la estructura para que las vigas coincidan en la vertical de muros que separan medianeras de vivienda o muros de carga de elementos estructurales secundarios cuya carga puede convenir retirar de la viga. Para ello se pueden interponer líneas de durmientes en la vertical que descarguen el forjado, paralelas a ambas caras del muro a descargar, y que reciban la carga del muro a través de una serie de perfiles metálicos que lo cruzan para apoyar en las sopandas dispuestas a cada lado.

En las figuras siguientes se muestra la disposición recomendada de los apeos indicados.



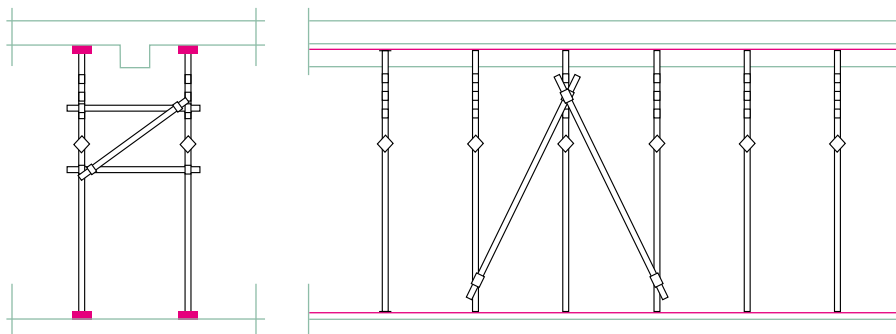


Figura 10. Apeo de una viga. Perfil y alzado.

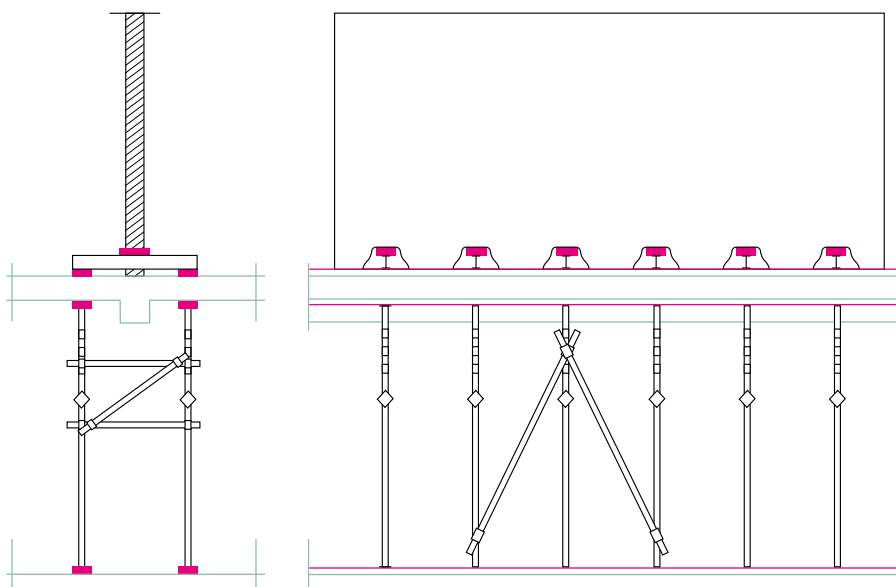


Figura 11. Apeo de una viga con descarga de muro. Perfil y alzado.

En la figura 10 se representa la disposición de durmientes y soportas en las que habrá que comprobar el clavado de las cabezas de puntales a estas y la disposición de tubos con abrazaderas para arriostrar el conjunto en las dos direcciones.

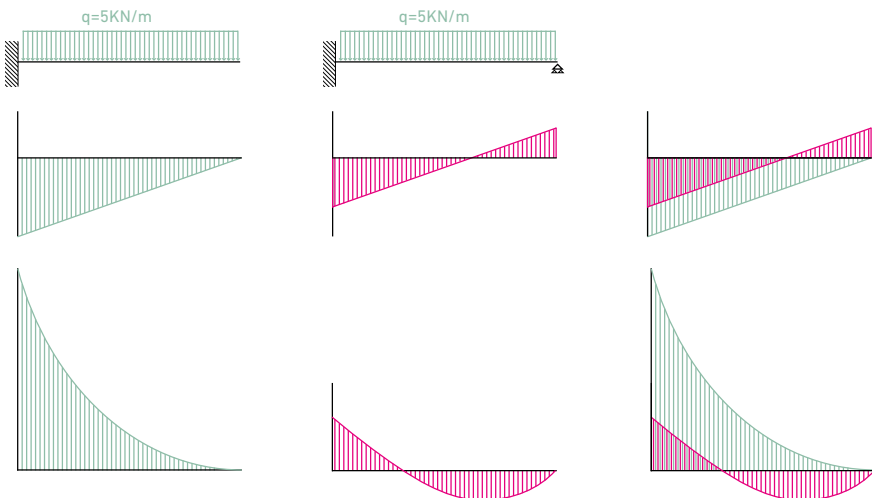
En la figura 11 se representa la misma situación, pero con la descarga de un muro que gravita sobre la viga. Pese a que se dispone un durmiente es recomendable que los perfiles IPE 160 que atraviesan el muro apoyen en la misma vertical en la que se

encuentran las viguetas de forjado, a fin de evitar que la carga apoye en el entrevigado que puede no tener capacidad resistente. Entre los perfiles y el muro se dispone un tablón para aumentar la superficie de transmisión de esfuerzos para no superar la capacidad de la fábrica y un retacado de mortero que garantice dicha transmisión de esfuerzos.

### 3.3.6 Apeo de voladizos

En un voladizo tradicional todos los esfuerzos se concentran en el punto de empotramiento. Si constructivamente no se ha resuelto correctamente o si, pese a estar correctamente dimensionado, no se ha respetado el orden correcto de ejecución pueden aparecer lesiones y flechas excesivas que hagan necesaria una intervención para la que será conveniente realizar un apuntalamiento previo. El punto ideal para realizar el apeo es en el extremo libre, de manera que queda garantizado que este punto no va a descender más a consecuencia de las cargas o lesiones que presente.

En la figura siguiente recoge de izquierda a derecha los diagramas de esfuerzos de un voladizo tipo, antes y después del apuntalamiento, y la superposición de ambos diagramas. Pese a que aparecen momentos positivos y esfuerzos de cortante, son inferiores en valor absoluto a los preexistentes. Ello implica que son asumibles por los elementos estructurales existentes, salvo que presente algún proceso de deterioro que merme su capacidad, en cuyo caso sería conveniente disponer una línea de sopandas intermedia.



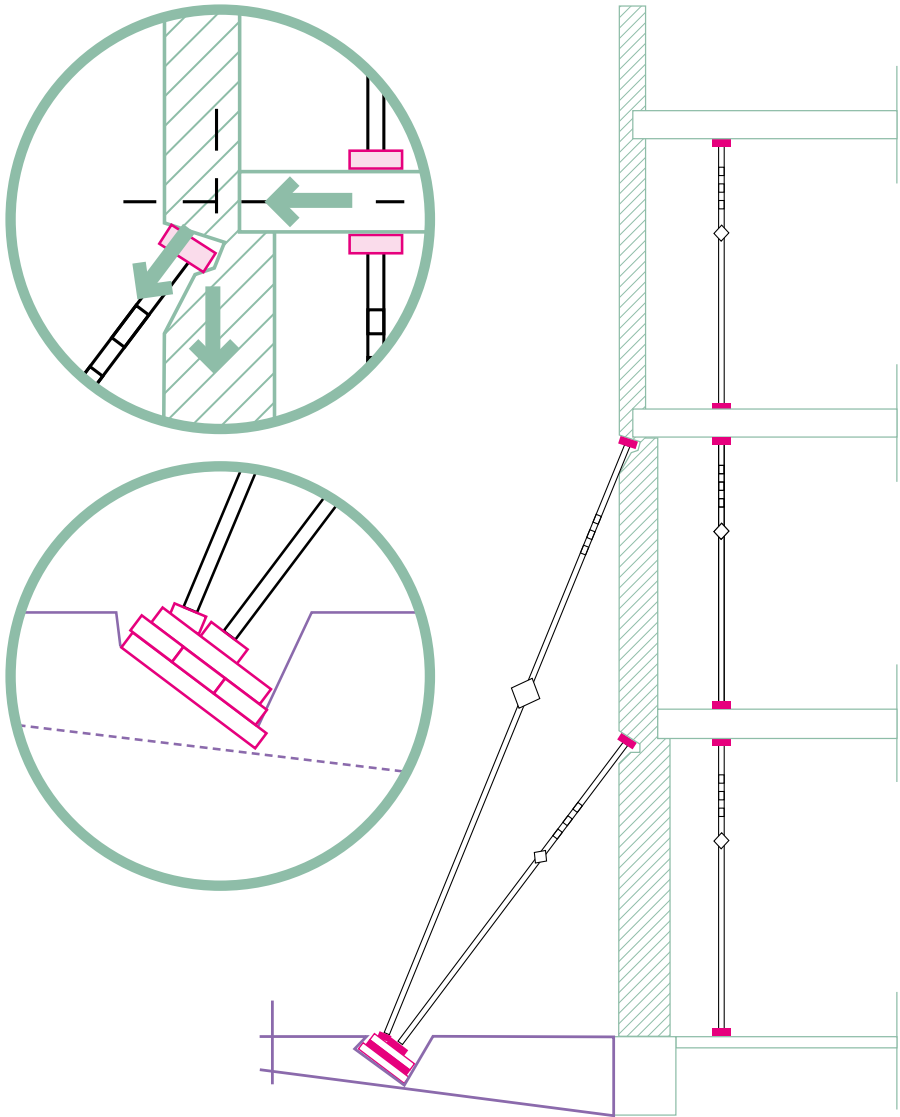


### 3.3.7 Apeo de muros

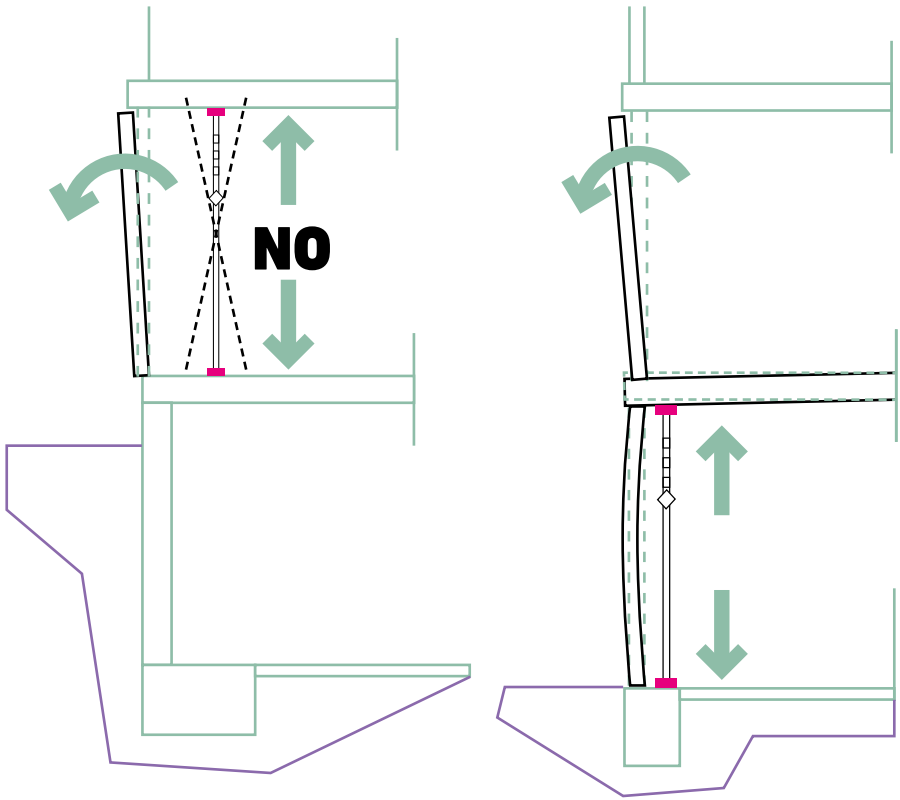
El apeo de muros mediante puntales telescópicos metálicos tiene como limitación evidente la longitud máxima de los puntales de 6 m para la mayoría de los fabricantes. Por tanto, en general se asume que su empleo para el apeo de muros no es aconsejable más allá de una o excepcionalmente dos plantas de altura. A partir de esa altura son más apropiados otros sistemas, como los de rosetas o los estabilizadores de fachada. Por otra parte, es importante diferenciar entre una fachada con función estructural y otra cuya única función es de cerramiento, pues las solicitaciones a las que está sometida son muy diferentes y, por tanto, el apuntalamiento debe acometerse de distinta forma.

La figura siguiente recoge el caso de apeo para un muro de carga. Se dispone una línea de apuntalamiento interior, paralela al muro y próxima al apoyo del forjado en el propio muro, a fin de descargarlo. Trabaja así de manera combinada con el apuntalamiento realizado por el exterior con los puntales dispuestos a modo de tornapuntas. El apuntalamiento interior se prolonga hasta el firme y se dimensiona para asumir el peso propio de los forjados y la carga que gravite sobre estos. El apuntalamiento exterior se dimensiona para asumir el peso propio del muro de carga, debiéndose prestar especial atención a que el apoyo de los puntales se realice a la altura en la que se produce la entrega del forjado, de manera que este absorba el empuje horizontal que se genera siguiendo la directriz de la pieza y a la inversa.

También es muy importante diseñar un correcto apoyo en la base de los puntales. Para ello se forma un área de reparto suficiente mediante la disposición de tableros o chapas de acero en cajeados del terreno para no superar la tensión admisible del terreno o firme de apoyo, así como la componente horizontal que transmite el puntal. No ha de confiarse esta misión a una simple varilla o estaca clavada en el terreno sin al menos realizar una mínima comprobación de cálculo.



En cualquier caso, siempre habrá que estudiar y determinar cuál es la causa que origina la inestabilidad del muro. En ese sentido, si en lugar de tratarse de un muro de carga se tratase de un cerramiento de fachada sin misión estructural con amenaza de vuelco el abanico de posibilidades es amplísimo. Por ejemplo, si el vuelco se produce por una falta de apoyo del cerramiento sobre su base en el forjado la disposición de la línea de apuntalamiento



interior podría ser contraproducente (figura arriba a la izquierda). En ese caso se estaría minorando el efecto de arriostamiento que los forjados ejercen sobre el cerramiento. Sin embargo, si lo que ocurre es que una deformación excesiva del forjado transmite sobre el cerramiento unas cargas o esfuerzos para los que no está diseñado e introduce unos esfuerzos de compresión añadidos al peso propio que provocan el pandeo del paño (figura arriba a la derecha) el apuntalamiento del forjado puede repercutir favorablemente.

### 3.4 Otras medidas a acometer tras el apeo

Tras haber realizado un apeo de emergencia tendente a estabilizar elementos de la estructura es necesario estudiar si existen otras medidas complementarias que contribuyan a la estabilidad del conjunto.

Si se observan deformaciones o grietas que puedan ser debidas a un exceso de carga, la primera precaución que hay que considerar es la de rebajar esas cargas para evitar la progresión de los daños. Lógicamente esta operación sólo es posible cuando la sobrecarga se debe a almacenamientos excesivos sobre forjados o por la acumulación de agua o nieve en terrazas y cubiertas.

Es conveniente, asimismo, disponer testigos en las grietas existentes para corroborar que las acciones tomadas para corregir las lesiones observadas o para estabilizar provisionalmente elementos dañados dan resultado. Igualmente convendrá observar si aparecen nuevas grietas en zonas donde antes no las había, que incluso puedan ser consecuencia de las medidas correctoras adoptadas.





# 4. BIBLIOGRAFÍA

## NORMAS UNE

---

- Norma UNE-EN 1065:1999. Puntales telescópicos regulables de acero. Especificaciones del producto, diseño y evaluación por cálculo y ensayos
- Norma UNE-EN 1263. Redes de seguridad

## NORMAS DE MATERIALES

---

- CTE DB-SE-F. Documento Básico Seguridad Estructural: Fábrica
- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural
- Norma Tecnológica de la Edificación NTE-CCT/1977, "Cimentaciones: Contenciones: Taludes"
- Norma Tecnológica de la Edificación NTE-EFL/1977, "Estructuras: Fábrica de ladrillo"
- Norma Tecnológica de la Edificación NTE EFP/1977, "Estructuras. Fábrica de Bloques"

## NORMATIVA DE APLICACIÓN. SEGURIDAD EN LA EDIFICACIÓN Y EN OBRA

---

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales

## NORMATIVA SOBRE DERECHOS DE LAS PERSONAS Y DERECHOS INDIVIDUALES

---

- Ley 29/1994, de 24 de noviembre, de Arrendamientos Urbanos
- Ley 49/1960, de 21 de julio, sobre propiedad horizontal
- Real Decreto de 24 de julio de 1889 por el que se publica el Código Civil
- Ley Orgánica 4/2015, de 30 de marzo, de protección de la seguridad ciudadana

## NORMATIVA DE HABITABILIDAD

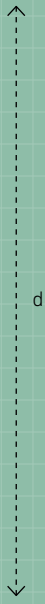
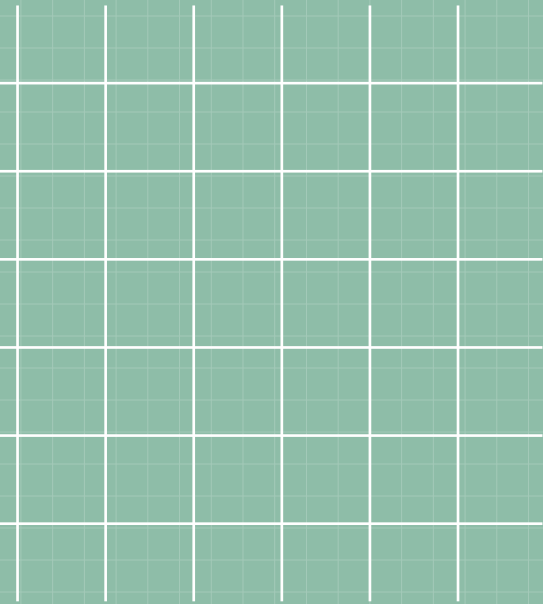
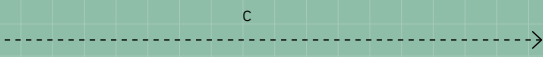
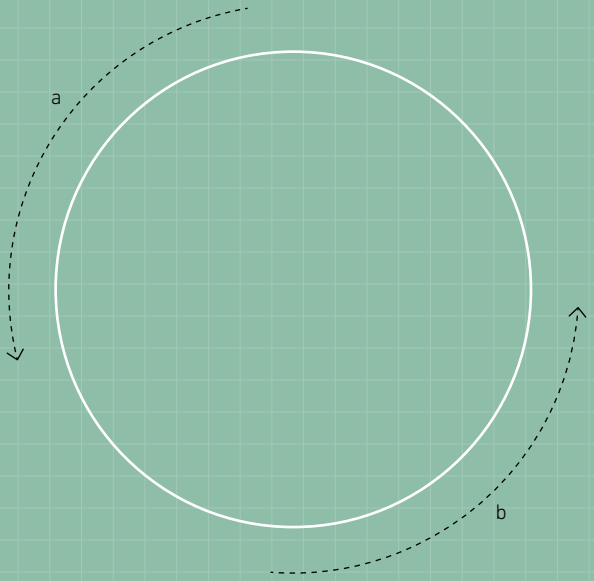
---

- Decreto 151/2009, de 2 de octubre, del Consell, por el que se aprueban las exigencias básicas de diseño y calidad en edificios de vivienda y alojamiento
- ORDEN de 7 de diciembre de 2009, de la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda, por la que se aprueban las condiciones de diseño y calidad en desarrollo del Decreto 151/2009 de 2 de octubre, del Consell
- Begoña Serrano Lanzarote (dir.), *Guía sobre las condiciones básicas de la vivienda existente*. Editorial Instituto Valenciano de la Edificación, Valencia, 2017

## LIBROS

---

- Jesús Espasandín López y Jose Ignacio García Casas, *Apeos y refuerzos alternativos: manual para el diseño, cálculo y construcción*. Editorial Munilla-Lería, Madrid, 2009
- Ramón Argüelles Álvarez y Francisco Arriaga Martitegui, *Estructuras de madera. Diseño y cálculo*. Editorial AITIM, Madrid, 2000



# 5. FIGURAS Y TABLAS

## FIGURAS

---

### De la parte de apuntalamientos metálicos:

- [www.ulmaconstruction.es/es-es/multimedia/catalogos-y-documentacion-tecnica/catalogos-de-productos#b\\_start=0](http://www.ulmaconstruction.es/es-es/multimedia/catalogos-y-documentacion-tecnica/catalogos-de-productos#b_start=0)
- [www.alsina.com/solution/puntal-a30-a35-a40/](http://www.alsina.com/solution/puntal-a30-a35-a40/)
- [www.sten.es/productexp.php?sup\\_sol=15&id\\_sol=3&id\\_prod=30](http://www.sten.es/productexp.php?sup_sol=15&id_sol=3&id_prod=30)
- [www.fermar.es/productos/puntales-fermar/](http://www.fermar.es/productos/puntales-fermar/)
- [www.solostocks.com/venta-productos/otros-construccion/abrazaderas-andamio-europeo-fija-y-giratoria-5257622](http://www.solostocks.com/venta-productos/otros-construccion/abrazaderas-andamio-europeo-fija-y-giratoria-5257622)
- [farfanestudio.es/2012/06/22/apeco-de-forjado-de-madera-mediante-puntales/#jp-carousel-2865](http://farfanestudio.es/2012/06/22/apeco-de-forjado-de-madera-mediante-puntales/#jp-carousel-2865)

### De la parte de apuntalamientos en madera, redes y marquesinas:

- Autor: José Fco. Zapater

## TABLAS:

---

### Tablas 1-1, 1-2, 2-1, 2-2 y 2-3

- Autores: Enrique Martínez y José Fco. Zapater





