



CAPÍTULO

2

Técnicas de estabilización de sistemas constructivos y terrenos

1. ESTABILIZACIÓN DE EDIFICACIONES CON PATOLOGÍAS

1.1. GENERALIDADES

Una vez identificado en una edificación un proceso patológico de cualquier naturaleza y alcance, surge un conflicto habitual, ninguno de los agentes implicados (dueño, titular, usuario, etc.) suele estar dispuesto a admitir la reparación, con el frecuente resultado de la evolución de los daños y la consiguiente situación de ruina.

A la hora de determinar a quién compete la ejecución de las acciones tendentes a corregirlo y aunque las competencias en la materia están diluidas entre las distintas administraciones (estatal, autonómica y local), se puede intentar clarificar el papel básico de cada una de ellas:

1.2. MARCO LEGAL EN ESPAÑA Y RESPONSABILIDADES DEL PROPIETARIO:

- **Ley de Ordenación de la Edificación:** según artículo 16 de la Ley 38/1999 de 5 de noviembre de la ley española, “son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que esta cuenta”.
- **Ley del suelo:** según artículo 9 de la Ley 8/2007 de 28 de mayo, en España “el derecho de propiedad de los terrenos, las instalaciones, construcciones y edificaciones comprende, entre otros, el deber de conservarlos, así como realizar las obras adicionales necesarias con carácter general. Dicho deber será dispuesto por la legislación autonómica, con un límite máximo del 75% del coste de la edificación correspondiente”.

Según este marco legislativo, es el propietario de la edificación quien tiene el deber de su mantenimiento mediante la ejecución de todas las acciones que resulten necesarias; hasta el límite económico marcado por la regulación autonómica, con un techo máximo del 75% de la estimación presupuestaria para la reposición de la edificación al estado inicial (solicitado dicho umbral, se podrá solicitar por el propietario, el correspondiente “*Expediente Contradictorio de Ruina*”).

Simultáneamente a esta normativa, la administración local tiene un doble papel:

- Vigilar y hacer cumplir las obligaciones de conservación de los propietarios.
- Actuar de oficio y ejecutar con carácter subsidiario todas aquellas acciones que resulten necesarias en situaciones de urgencia y grave peligro (inmuebles con posible desplome con afección a vías públicas, a otros inmuebles cercanos, a instalaciones públicas o privadas, etc.).

Es en este segundo supuesto legal donde se encuadra la intervención de los cuerpos de bomberos, independientemente de la existencia de una legislación de orden superior o de carácter sectorial, como las leyes de fuego.

1.3. ELEMENTOS AUXILIARES DE LA EDIFICACIÓN

Por elementos auxiliares de una edificación se entienden todos aquellos que forman parte del elemento constructivo, únicamente durante el proceso de construcción o de reparación de un edificio.

Dentro de la citada categoría, se distinguirán básicamente “encofrados, cimbras, andamios y por supuesto los apeos de estabilización”, incluidos los ejecutados por los cuerpos de bomberos.

Definimos, por tanto, apeo como toda construcción auxiliar provisional que se realiza para detener movimientos incontrolados en un edificio, lesiones, transmitir hasta el suelo o elemento análogo los esfuerzos que la estructura es incapaz de absorber debido a su estado.

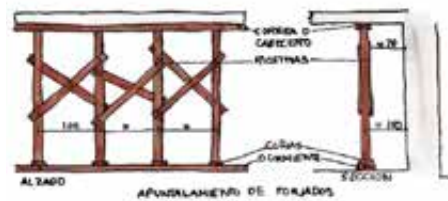


Imagen 519. Apuntalamientos de forjado

Además, en función de las necesidades de una mayor o menor velocidad de ejecución de estas estructuras auxiliares, se facilitará o no la realización de un estudio previo y el empleo de piezas inclinadas, dando como resultado, según múltiples autores, la existencia de dos estructuras auxiliares con denominaciones y criterios técnicos diferentes: los apuntalamientos y los apeos.

El criterio expuesto en el presente manual puede diferir del expresado en algunas publicaciones, ya que:

- Un cuerpo de bomberos no puede destinar esfuerzos a la ejecución de estructuras cuyo comportamiento y resistencia desconozca.
- Con los medios disponibles en la actualidad, el empleo de piezas inclinadas no supone un retraso en la ejecución de la estructura auxiliar.

Por ello, los cuerpos de bomberos, como profesionales del sector de las emergencias, deben ser conocedores de:

- Características y resistencias de los distintos materiales y equipos disponibles para realizar el trabajo.
- Alcance, resistencia y limitaciones de las estructuras que se pueden componer con los equipos y materiales de los que se dispone.
- Definición de unos modelos básicos de sistemas auxiliares de estabilización que abarquen la mayor casuística posible de intervenciones y permitan su automatización y la reducción de los tiempos de ejecución.
- En el caso de no poder actuar con celeridad de forma directa con los medios disponibles, se deberán proponer medidas preventivas para evitar la afección a personas y bienes (evacuación, perímetros de seguridad, corte de instalaciones en edificaciones aledañas, etc.) y, de manera complementaria, plantear una solución técnica efectiva, solicitando cuantos medios sean necesarios para llevarla a cabo.



En función del estado de conservación, la función en la edificación y la estabilidad de los elementos constructivos, se distingue la siguiente **tipología** de técnicas y grupos de estructuras auxiliares:

- Entibaciones: estabilización de estructuras enterradas.
- Apeos: estabilización de estructuras aéreas.
- Saneamientos y demoliciones: derribo de aquellos elementos cuya estabilización no sea posible y constituyan un peligro inminente para viandantes y edificios colindantes.

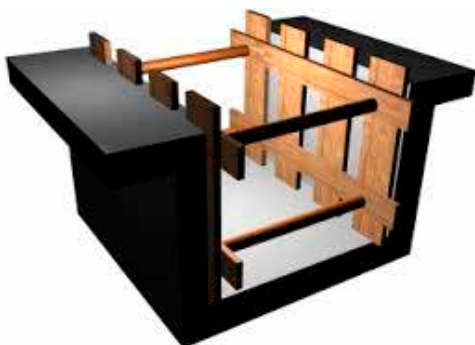


Imagen 520. Entibaciones



Imagen 521. Apeos



Imagen 522. Saneamientos y demoliciones

Al margen del amplio muestrario de equipos y productos comerciales existentes para la ejecución de estabilizaciones en construcción y obra civil, el presente manual se centra específicamente en las características de los materiales básicos y de los equipos disponibles por todo cuerpo de bomberos.

El objetivo es, sirviéndose de equipamientos homologados, desarrollar las técnicas más habituales y proponer una colección de estructuras auxiliares válidas para todos los servicios de bomberos. Así, con carácter complementario, se deben tener en cuenta varios apeos con medios de fortuna para su utilización en situaciones de extrema urgencia o cuando no haya disponibilidad inmediata de medios de estabilización ordinarios.

Como **elementos básicos** de estabilización, se tienen:

- Madera: tablonces de madera.
- Acero: puntales telescópicos.

Los elementos **auxiliares** de estabilización -aquellos que realizan funciones auxiliares específicas para hacer posible que los elementos básicos del apeo realicen su función portante- comprenden los elementos de templado, apoyo, unión o arriostramiento.

1.4.1. ELEMENTOS BÁSICOS

a) Madera

Tal y como se ha analizado en apartados anteriores, existe una extensa tipología de madera, clasificándola según su especie y resistencia. Con el fin de homogeneizar un conjunto de técnicas y un sistema de cálculo básico de estructuras de estabilización, se considera **madera estandarizada** aquella que reúne los siguientes requisitos:

- **Clase resistente:** C18; (UNE-EN338:2008).
- **Especies arbóreas** (en España): pino silvestre/pinaster/insignis; (UNE-EN1912:1999).
- **Calidad:** la madera será del grupo ME-2 (nudos, fendas, bolsas de resina, etc.); (UNE-56544), de acuerdo a la cual los tablonces no podrán superar las siguientes deformaciones admisibles:

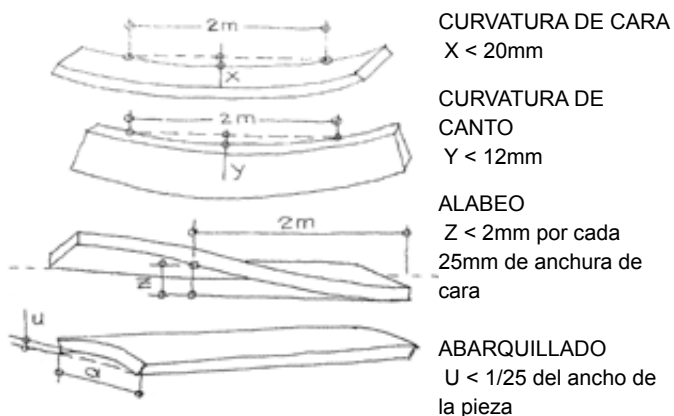


Imagen 523. Tipos de madera estandarizada

1.4. ELEMENTOS Y HERRAMIENTAS DISPONIBLES POR LOS CUERPOS DE BOMBEROS

Previo a la presentación de la aplicación de las diferentes tipologías de estabilización, resulta imprescindible el conocimiento y la descripción de los materiales y equipos necesarios para su ejecución.

- **Resistencias características:** de acuerdo al anejo E del CTE DB SE M, se considera madera blanda (coníferas), con baja resistencia y dotada de las siguientes características básicas:

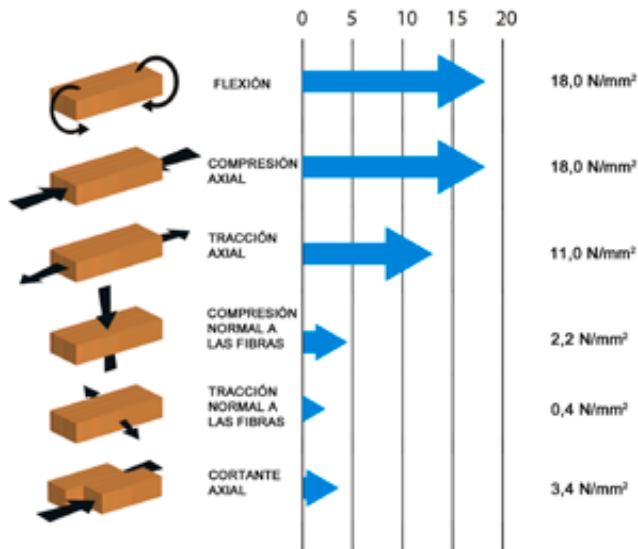


Imagen 524. Resistencias de la madera

Estos valores teóricos sufrirán variaciones exponenciales en su resistencia en función de su geometría. Como muestra se adjunta tabla comparativa de la resistencia de pies derechos a base de 1 o varios tablonos embridados según su altura.

Rigidez:

- E: Módulo de elasticidad paralelo (modulo de Young): 9,0 kN/mm²
- G: Módulo de elasticidad transversal: 0,56 kN/mm²

Densidad:

Media: 380 kg/m³

Escudrías

¿Por qué es necesario usar madera escuadrada?

Dado que históricamente los apeos han sido estructuras temporales, para su ejecución se ha utilizado la madera que había disponible en el momento preciso, con la geometría que presentase:



Imagen 525. Postes



Imagen 526. Rollizo



Imagen 527. Tablón estandarizado (madera escuadrada)

La madera utilizada ha sufrido una fuerte transformación desde los “postes”, puro fustes de árboles a los que apenas se les había eliminado las ramas, pasando por los “rollizos”, fustes sin la corteza superficial y con secciones de diámetros uniformes, hasta los actuales tablonos. Este último producto, de las mismas características resistentes que los anteriores, presenta como diferencia fundamental su mecanización y homogeneidad en escudrías, lo que permite respecto los postes y rollizos poder combinar varias piezas idénticas, conociendo de forma más exacta su comportamiento.

Como ejemplo se ilustra la ejecución de una tornapunta con piezas no escuadradas (postes y rollizos) y tablonos:



Imagen 528. Madera no escuadrada (condicionados por la geometría de las piezas)



Imagen 529. Madera escuadrada (Apeos estandarizados)

Por ello, los cuerpos de bomberos, con el objeto de estandarizar y entrenar las distintas estabilizaciones que van a realizar, utilizarán madera escuadrada.

¿Cuáles son las escuadrías estandarizadas?

A la hora de ejecutar un apeo, es necesaria la utilización de madera de dos secciones diferenciadas:

- Tablones (elementos portantes).

La pieza elemental para la ejecución de apeos de madera son los tablones. Sus medidas rondan los 200 x 70 mm, adecuándose la forma de su sección a un doble uso:

- Secciones rectangulares: ideales para elementos horizontales a flexión. La presente madera tiene una muy buena resistencia a compresión y aceptable a tracción. Sin embargo, la dificultad para ejecutar nudos y empalmes traccionados a base de tablones, propicia que no se planteen piezas en los apeos de los cuerpos de emergencia, que trabajen de dicha manera.
- Secciones cuadradas: ideales para elementos verticales que responden de forma idéntica en las dos direcciones de su planta, son fácilmente alcanzables acoplando tres tablones.

- Riostras (elementos de arriostramiento).

A fin de complementar a los tablones del epígrafe anterior, se usa madera de menor sección para fabricar riostras que trabajan única y exclusivamente a tracción. Su reducida sección impide que funcionen a compresión, ya que pandearían.

Las secciones tradicionales son inferiores a 100x50 mm. La utilización de riostras en un apeo es fundamental, ya que se considera que las piezas arriostradas, trabajan a compresión pura, simplificando notablemente los cálculos de los mandos.

Sin embargo, la realidad es que en cada aserradero puede realizar pequeñas variaciones a la sección indicada, por lo que conviene asegurarse de que no sea inferior, en ningún

caso, de dichas dimensiones.

A título de ejemplo, se presentan las escuadrías reales adquiridas en la actualidad por el CEIS Guadalajara:

- Tablones: 205x76 mm
- Tabloncillos: 76x25 mm

b) Puntales telescópicos



Imagen 531. Puntales telescópicos

Atendiendo a su **definición**, un puntal telescópico regulable de acero es un apoyo provisional que trabaja a compresión y que se usa habitualmente como soporte vertical temporal en las obras de construcción o para realizar funciones similares, como evitar derrumbes en estructuras inestables.

Presenta una resistencia más limitada que la madera, pero su fácil capacidad de regulación y su posibilidad de reutilización, le convierten en uno de los recursos más utilizados en la ejecución de apeos.

Según su **marco normativo**, deben estar certificados en conformidad con la norma **EN1065**.

Todo puntal consta principalmente de dos tubos que se desplazan telescópicamente uno dentro del otro, los cuales se pueden desplegar hasta conseguir la longitud necesaria. Posee un sistema de reglaje con un pasador que se inserta en los agujeros del tubo interior y un medio de ajuste fino a través de un collar roscado. Las **partes principales** de un



Tablón 200x70 mm

Riostra 10x50 mm



Imagen 530. Tablones y riostras

puntal telescópico regulable de acero son: (pág. siguiente)

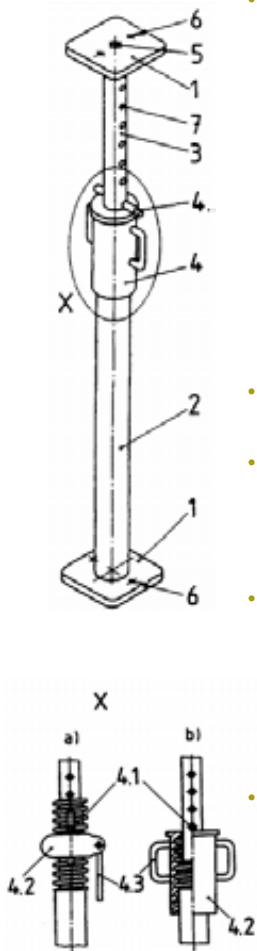


Imagen 532. Partes de los puntales telescópicos

- Placas de asiento (1): superficie en contacto con las sopandas y durmientes. Supone una ampliación de la superficie del puntal para repartir y recoger las cargas que transmite. En el centro de las placas, el puntal presenta un agujero central (5) que permite ser ubicado en una barra, redondo o clavo. Así mismo, la citada placa presenta varios agujeros de fijación (6), que permiten fijar el puntal mediante clavos.
- Tubo exterior (2): el de mayor diámetro, tiene uno de los extremos roscado.
- Tubo interior (3): el de menor diámetro, está provisto de agujeros (7) para el ajuste aproximado del puntal. Se desliza por el interior del tubo exterior.
- Dispositivo para el ajuste de la longitud (4): es un dispositivo formado por un prisionero (perno, espiga o pasador) (4.1), tuerca de ajuste (4.2) y agujeros en ambos tubos (6), exterior e interior.
- Fuerza de ajuste: dispone como mínimo de una empuñadura (4.3) y tiene una cara que soporta el prisionero para sostener el pasador (o el mecanismo de recuperación rápida, en aquellos que lo poseen). Permite realizar ajustes precisos en la altura del puntal.

Tipologías y resistencias:

Conforme a la norma EN1065, los puntales telescópicos de acero regulables se clasifican según su resistencia característica nominal y su longitud de extensión máxima:

- Resistencias estandarizadas: de manera equivalente al criterio de los requerimientos mínimos para la madera, los sistemas de apeo empleados en este manual se realizan mediante puntales de la **clase A de 3 m** de longitud (A30). Dichos puntales son los de mayor comercialización y, por consiguiente, disponibilidad, pudiendo ser aportados incluso por entidades externas a bomberos en una potencial estabilización con carácter de urgencia (cualquier obra próxima).

Por tanto, la resistencia mínima nominal garantizada por cada puntal con estas características (clase A-3 m), es de 17 kN.

La resistencia nominal del puntal A30 equivale a indicar que en un forjado unidireccional de vivienda, con carga total de 6kN (3kN peso propio+1kN solado+2kN uso), podría ser soportado en caso extremo, con puntales separados extendidos a su máxima longitud, con separaciones cada 3 m. Sin embargo, la inestabilidad del conjunto así como las distintas casuísticas de lesiones, reducirán notablemente dichas distancias en torno a 1 m, como vere-

Tabla 27. Resistencia característica nominal y longitud de extensión máxima

| Clase | Longitud de extensión máxima | Resistencia característica nominal |
|-------|------------------------------|------------------------------------|
| | L_{max} m | R_{yk} kN |
| A 25 | 2,50 | 20,4 |
| A 30 | 3,00 | 17,0 |
| A 35 | 3,50 | 14,6 |
| A 40 | 4,00 | 12,8 |
| B 25 | 2,50 | 27,2 |
| B 30 | 3,00 | 22,7 |
| B 35 | 3,50 | 19,4 |
| B 40 | 4,00 | 17,0 |
| B 45 | 4,50 | 15,1 |
| B 50 | 5,00 | 13,6 |
| B 55 | 5,50 | 12,4 |
| C 25 | 2,50 | 40,8 |
| C 30 | 3,00 | 34,0 |
| C 35 | 3,50 | 29,1 |
| C 40 | 4,00 | 25,5 |
| C 45 | 4,50 | 22,7 |
| C 50 | 5,00 | 20,4 |
| C 55 | 5,50 | 18,6 |
| D 25 | 2,50 | 34,0 |
| D 30 | 3,00 | |
| D 35 | 3,50 | |
| D 40 | 4,00 | |
| D 45 | 4,50 | |
| D 50 | 5,00 | |
| D 55 | 5,50 | |
| E 25 | 2,50 | 51,0 |
| E 30 | 3,00 | |
| E 35 | 3,50 | |
| E 40 | 4,00 | |
| E 45 | 4,50 | |
| E 50 | 5,00 | |
| E 55 | 5,50 | |

mos en los apeos estandarizados posteriormente.



Por ello, sirva como ejemplo que todos los apeos del CEIS Guadalajara, serán calculados con los puntales A30, indicándose complementariamente las equivalencias resistentes para puntales de las clases B, C y D.

- Longitudes estandarizadas: la longitud de los puntales indicados en el epígrafe anterior, con apertura total de 3m es ampliamente versátil, dado que su extensión permite apeo desde un forjado de altura estándar, hasta un hueco relativamente pequeño (1,60 m aprox.),

siendo dicha dimensión variable según el fabricante).

Precauciones generales a la hora de colocar los puntales:

Desplome por carga excesiva (causas):

- Puntales insuficientes.
- Puntales poco resistentes o deteriorados por corrosión interna y/o externa.
- Fatiga del material constitutivo.
- Puntales mal instalados. (Mal aplomados y sin pasador bien insertado o incluso no apto)

Desplazamiento horizontal de la carga:

- Mal arriostramiento.
- Esfuerzos laterales debidos a puntales mal aplomados.
- Puntales sometidos a esfuerzos laterales de origen diverso.
- Puntales instalados sobre superficies inestables.

Arriostramiento:

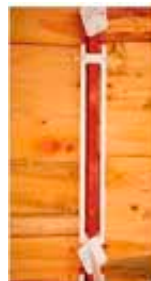
Es básico cuidar el correcto aplomado y garantizar una centrada transmisión de cargas es fundamental cuando queramos acercarnos a la capacidad teórica de carga del puntal. Según datos proporcionados por los propios fabricantes, la capacidad resistente de un puntal se reduce entre un 25% y un 50% (dependiendo de la altura desplegada del puntal) con una excentricidad de la carga de tan solo 2,5 cm.

Para evitar dichos desplomes, se pueden usar cualquiera de los siguientes sistemas:

- Guías de encofrados horizontales: perfiles metálicos con pernos separados a la misma distancia, que obligan a la posición del puntal en el lugar preciso. Para su efectividad, es necesario poner guía en techos y suelo, dado que de manera contraria no se asegurará un perfecto plomo. Debido a la alta resistencia del perfil, funcionará además como sopanda continua del conjunto de perfiles.
- Bridas metálicas: sistemas comerciales para unión de tubos rígidos, los cuales pueden fijas (unión de tubos a 90°) o móviles (unen tubos con cualquier ángulo). A pesar de su efectividad las bridas no son frecuentemente usadas por los cuerpos de bomberos a cualquier ángulo.
- Medios de fortuna: cables o cuerdas conectados con el puntal por alguna conexión manual generalmente en los agujeros para regular su altura.



Guías de encofrados horizontales



Bridas



Medios fortuna

Imagen 533. Sistemas para evitar desplomes

1.4.2. ELEMENTOS AUXILIARES

Según su función, se pueden distinguir elementos de unión, templeado, apoyo, o arriostramiento.

a) Elementos de unión

• Clavos:



Imagen 533b. Clavo

Definición:

Piezas metálicas largas y delgadas, con ampliación de su superficie en la “cabeza” destinada a recibir el esfuerzo de penetración mediante percusión del martillo. En el extremo contrario está la “punta” o reducción de su sección, a fin de favorecer su penetración.

Funcionamiento:

Al introducirse en varias piezas de madera, las une y las fija con el fin de manera rápida y aceptable. La unión con clavos permite rapidez y una eficacia aceptable. El inconveniente principal es que al introducirlo se abre paso entre las fibras de la madera separándolas formando fisuras y por tanto debilitando la unión y a su vez el toda la estructura.

Para solucionar este problema se pueden realizar taladros en la madera (2/3 – 3/4 del diámetro del clavo a introducir), aumentando así su resistencia un 50%.

En cualquiera de los dos casos, deberemos vigilar que para lograr una eficaz unión de los tablones, la penetración del clavo en la última pieza sea al menos 8 veces su diámetro (d= 8φ).

Dimensiones y resistencias:

Si bien hay multitud de modelos (clavos con resaltes, trazas helicoidales, etc.) y dimensiones (según norma para tablón 20x7 hasta 7mm), los clavos que utilizaremos para ejecución de un apeo serán clavos lisos de las siguientes dimensiones:

- Clavo de 6 mm de Ø y 120 mm de longitud. Para el clavado entre piezas estructurales a base de tablones de 70 x200 por sus tablas (caras de mayor anchura). La resistencia de dichos elementos será la siguiente:
 - Sin pretaladro -> 1,0 kN/ clavo
 - Con pretaladro -> 1,5 kN/clavo
- Clavo de 6 mm de Ø y 100 mm de longitud. Para el clavado de tabloncillo de 50 x 150 a tablón de 70 x 200 por sus tablas (caras anchas) o unión de dos riostras (dos tabloncillos).



La resistencia a cortante del presente clavo se considerará es idéntica al modelo visto en el epígrafe anterior, ya que son de idéntica sección.

- Clavo de 4 mm de Ø y 100 mm de longitud. Para el clavado de riostras (tablancillo de 50 x 150mm), a tablón de 70 x 200 por el canto de éste último (caras estrechas).

Se deberá evitar el uso de los presentes clavos (muy pequeños y muy poco resistentes), ni perforar el tablón en la citada cara, debido al debilitamiento de la sección.

Colocación:

El número de clavos se estipulará según la forma y resistencia de cada apeo, colocándose como regla general a tresbolillo y con separaciones entre ejes de series consecutivas de 4-5cm (8-10cm entre series de la misma alineación).



Imagen 534. Claveteado de piezas al tresbolillo

• **Bridas:**

Definición:

Sistema básico de unión usado entre tablonces de apeo y constituido a base de dos pletinas de acero con mayor longitud que el ancho de la tabla de los tablonces, taladradas en sus extremos, para su unión mediante dos tornillos o varillas roscadas que al apretarse, aprisionan los tablonces propiciando que trabajen por rozamiento y consiguen que funcionen como un único elemento.

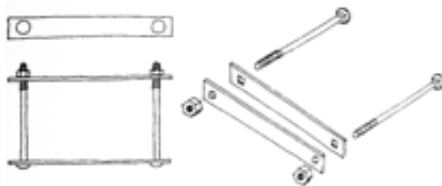


Imagen 535. Despiece bridas

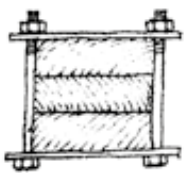


Imagen 536. Colocación tangente a la madera

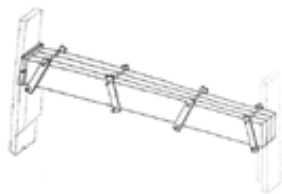


Imagen 537. Bridas contrapeadas

Ubicación y número:

La distancia entre las bridas es determinante en la resistencia de los tablonces cuando han de trabajar a compresión con potencial peligro de pandeo. A modo de ejemplo, cuando las distancias entre las bridas se reducen de un metro a la mitad, la capacidad de carga a compresión con pandeo puede cuadruplicarse por la reducción de ese pandeo.

En ningún caso dispondremos bridas con distancias superiores a un metro, siendo recomendable no superar los 50 cm en las piezas que trabajan a compresión con pandeo.

Igualmente sistemáticamente colocaremos siempre una brida a unos 10 cm de los extremos.

Montaje:

Cuando la brida sea más ancha que el tablón (la mayoría de los casos) las colocaremos de manera oblicua a su eje, procurando que los espárragos o tornillos estén en contacto con el canto de el tablón, así conseguiremos una mayor superficie de contacto entre pletina y madera y por lo tanto más resistencia del elemento (pie derecho, tornapuntas etc.)

La presión de apriete teórica de la brida será la máxima presión que esos tablonces resistan a compresión perpendicular (en tablonces estandarizados 6.600 N/mm²). En la práctica las apretaremos hasta que la pletina tenga una pequeña deformación sin llegar a clavarse los bordes en los tablonces, teniendo la precaución de que los tornillos estén en contacto con el canto o lomo de los tablonces para evitar movimientos no deseados.

Precauciones:

- Arriostramiento del conjunto: con objeto de arriostar el conjunto en todas las direcciones, las bridas deberán posicionarse contrapeadas (inclinadas en sentidos contrarios alternativamente).

Revisión: el apriete de las bridas deberá ser revisado semanalmente debido a las dilataciones en la dirección perpendicular a las fibras de la madera.

- En aquellos elementos situados en zona de paso (potencial impacto lateral), así como en los casos en los que se pueda prever pandeos en las piezas, uno de los dos tornillos de la brida irán taladrados en los tablonces, trabajando el metal a cortante.

En cualquier caso, hay que tener precaución en taladrar innecesariamente los tablonces, dado que ranuras de 3 cm, pueden llegar a disminuir su resistencia, hasta 1/3.

• **Pernos:**

Si bien no es común el uso de pernos en los cuerpos de bomberos, debido fundamentalmente a mayores tiempos de montaje de las piezas, en caso de ser el único medio disponible para unión de tablonces, estos se caracterizarán por:

- Se colocarán por parejas y a idéntica distancia máxima que las bridas; cada 50cm y como mínimo una pareja de pernos a 10cm de los extremos.
- Su resistencia nominal será la mitad que la conseguida mediante tablonces embridados.

b) Elementos de templado

• **Cuñas:**



Imagen 538. Cuña

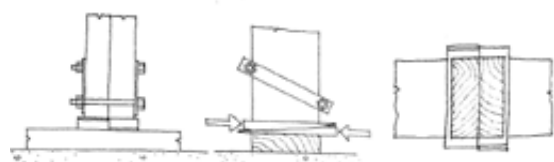


Imagen 539. Colocación cuñas

Definición:

Piezas de madera de sección triangular y espesor variable, que tienen por objeto ajustar los distintos elementos del apeo, tales como los pies derechos, tornapuntas o codales, posibilitando su entrada en carga progresiva y controlada.

Geometría:

La geometría triangular de la cuña es un elemento fundamental para cumplir su fin, ya que deberán apoyar perfectamente sobre las caras de las piezas a templar, para conseguir el mayor apoyo posible. Así mismo, el espesor de la cuña determina la longitud de corte de las piezas del apeo: a mayor sección de cuña corresponde menor longitud de pieza.

Colocación:

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 una ligera presión, que resulte imposible moverlo con las manos. Mediante dicha acción se consigue el ajuste y entrada en carga progresiva de la estructura auxiliar. Templado el apeo y comprobada nuevamente su nivelación, se introduce un clavo por cuña para su inmovilización.

Precauciones:

Aunque la variación volumétrica de la madera en dirección longitudinal a las fibras es pequeña, se produce igualmente un destemplado del apeo por eso es muy importante las revisiones periódicas de los apeos y templados necesarios, sacando los clavos y volviéndolos a clavar.

Un aspecto básico a la hora de utilizar las cuñas, es que éstas sean de la misma calidad que los tabloncillos de madera. Caso contrario se deformarán y no llegarán a cumplir correctamente su función de templado.

c) Elementos de apoyo

- **Ejiones:**

Definición:

Piezas de madera que cosidas a un elemento de madera sirve como tope, apoyo o contención de un segundo elemento que acomete a este.

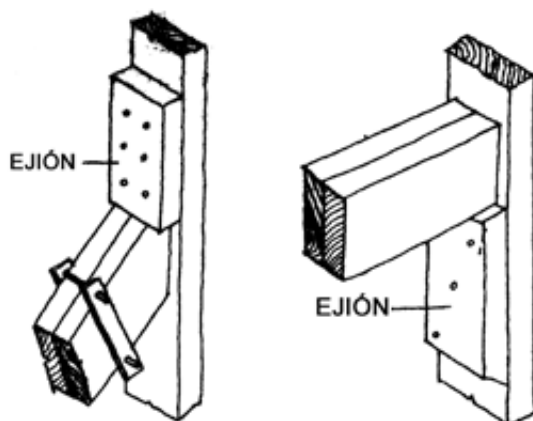


Imagen 540. Ejiones

Geometría:

Tradicionalmente se suele indicar como una característica fundamental una singular sección trapezoidal, sin embargo puede estar fabricado a partir de un simple trozo de tablón, ya que lo verdaderamente importante es que sus cortes estén cuidados para permitir el acoplamiento adecuado de las piezas, así como el correctamente fijado (con clavos), para que cumpla su función de transmisor de los esfuerzos.

Esfuerzos:

El ejión trabaja a compresión axial (paralela a las fibras) y sin pandeo con lo que su capacidad de carga es muy alta.

Resistencia:

Dada su alta capacidad de carga su limitación vendrá estipulada por las uniones metálicas que utilizamos para su fijación (clavos, tornillos o tirafondos). Por ello, el cálculo de la resistencia del ejión vendrá determinado por un mayor o menor número de éstos, o lo que es lo mismo, el tamaño del ejión (su longitud), vendrá determinado por el mayor o menor número de piezas que se necesiten.

Si nos centramos en las uniones a base de clavos (disponibles en todos los cuerpos de bomberos), la resistencia de las piezas a ejecutar para los apeos de los cuerpos de bomberos (vida útil máxima de 6 meses), será la vista en el apartado correspondiente:

- Ejiones clavados sin pretaladro: 1,0 kN/clavo
- Ejiones clavados con pretaladro: 1,5 kN/clavo

d) Elementos de arriostramiento

La experiencia nos demuestra que uno de los errores más frecuentes en apeos es realizar el arriostramiento únicamente en la dirección de los elementos verticales del apeo, dejando sin arriostrar la dirección perpendicular, generando un conjunto inestable ante impactos laterales.

La forma normal de arriostrar en apeos es la formación de triangulaciones, capaces de absorber los movimientos inesperados en las dos direcciones del mismo plano, si bien no es la única manera posible.

Dado que las triangulaciones se deberán ejecutar con elementos de pequeña sección a fin de optimizar el apeo, éstos sólo podrán trabajar a tracción para evitar posibles pandeos. Por ello, en función del material empleado, distinguiremos los siguientes elementos:

- **Riostras:**

Definición:

Pieza del apeo encargada de mantener en su posición precisa, los elementos estructurales principales de los apeos (pies derechos, tornapuntas, etc.), evitando desplazamientos perpendiculares a sus ejes y por tanto excentricidades en sus cargas.

Geometría:

Para la ejecución del apeo, se utilizarán tabloncillos en forma de aspas, estableciéndose así una triangulación teóricamente indeformable en ambos sentidos.

Precauciones:

Frecuentemente, la posición de las triangulaciones puede suponer un problema de tránsito, por lo que se pueden elevar y disponer en las zonas altas del apeo, complementándose con codales que eviten cualquier movimiento del conjunto a la altura de la cabeza.

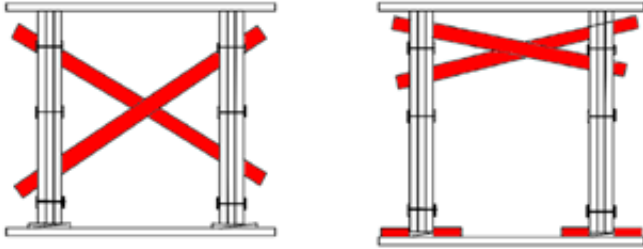


Imagen 541. Riostras

• Cables de acero

Los cables trenzados de acero son elementos muy utilizados en múltiples actividades industriales debido a su enorme resistencia a tracción en relación a su reducido diámetro. Resultan óptimos elementos de arriostamiento para el conjunto del apeo.

La mayor singularidad de los cables de acero reside en su unión y anclaje. En este último caso es necesario fabricar ojales, a poder ser con la ayuda de guardacabos metálicos que eviten su doblado y aplastamiento.

Aunque existen numerosísimas secciones, los cables comúnmente usados por bomberos son de sección reducida (8-10mm), por lo que se toma como referencia genérica las prescripciones de la NTP 186, para secciones inferiores a 12 mm:

Resistencia: los cables utilizados, por ejemplo, en el CEIS Guadalajara son cables de $\Phi 10\text{mm} \rightarrow 6 \times 19 + 1$. Es decir, tal y como se ha analizado en el apartado de caracterización, presentan las siguientes resistencias nominales:

- Cargas Estáticas = 40,0 kN
- Cargas dinámicas = 20,0 kN

Anclaje y unión de los cables: Se realizará mediante abrazaderas como continua

- Número abrazaderas: según norma, para cables cuyo diámetro que no superen diámetros de 12 mm, es necesario un mínimo de cuatro abrazaderas o perrillos para unión de cables o ejecución de ojales.
- Diámetro: las abrazaderas deben ser adecuadas al diámetro del cable al que se deben aplicar. Deberá observarse escrupulosamente, el hecho de que las abrazaderas sean adecuadas al cable, ya abrazaderas pequeñas dañan el cable por aplastamiento y las grandes, al no producir una presión suficiente sobre los ramales, pueden producir deslizamientos inesperados.
- Posición de los cables: el ramal del cable a tracción queda en la garganta del cuerpo de la abrazadera, mientras que el ramal inerte debe quedar en la garganta del estribo.
- Separación: como norma general, la separación de las abrazaderas debe superar entre 6-8 veces el diámetro

del cable. Por ejemplo, en caso de usar cable de 8mm, se deberán distanciar unos 5 cm.

- Apriete: el apriete de las tuercas debe hacerse de forma gradual y alternativa, sin presiones excesivas. Después de someter el cable a una primera carga debe verificarse el grado de apriete de las tuercas y corregirlo si resulta aconsejable.

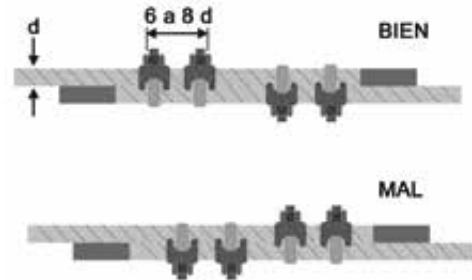


Imagen 542. Unión de cables

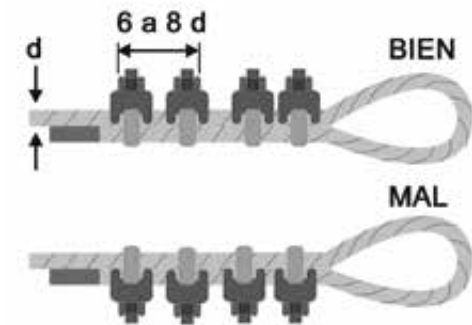


Imagen 543. Fabricación de ojales

Uso

Si bien los cables de acero se pueden utilizar en los casos que las riostras, su mayor complejidad en los anclajes y por tanto, mayores tiempos de montaje, propician su uso como regla general en las estabilizaciones más complejas.

Los casos más característicos donde localizamos su uso, será en arriostamiento de cubiertas y arcos (análogamente las bóvedas). En todos los casos citados, la inestabilidad se basa en la rotura o ausencia de una fuerza horizontal de contrarresto bien de los pares, bien de las dovelas, posicionando para dicho fin los cables de acero.

- Cubiertas:

Con relación a las tipologías de cubiertas tradicionales estudiadas en la caracterización del presente manual, dispondremos los tirantes como continua:

- A la molinera: entre los muros que soportan las co-reas.
- Par y picadero: en los pares. Cuanto más cerca de la coronación del muro, mayor efectividad.
- Par e hilera y Par y nudillo: entre los estribos. Si es imposible por inexistencia de espacio, en la parte inferior de los pares.
- Arcos y bóvedas:

De manera similar a las cubiertas, los tirantes deberían colocarse en los puntos con mayores tracciones, es decir, cuanto más cerca de los arranques (la imposta de los arcos), más efectivos.

Recordemos que como estudiamos en el apartado correspondiente, cuanto más esbelto sea el arco, menores esfuerzos horizontales tendrá.

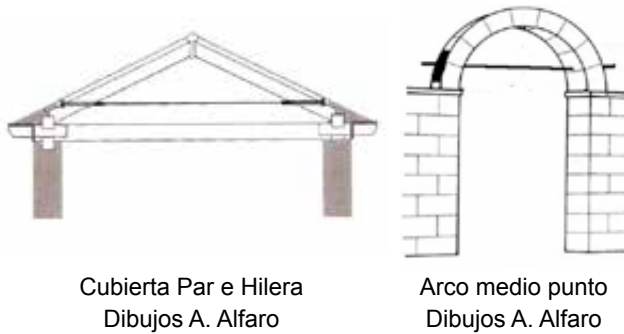


Imagen 544. Arcos y Bóvedas

- **Precauciones:** Para darle tensión a los tirantes, lo haremos de manera progresiva sin generar nuevas tensiones a la estructura.

• **Pasadores:**

Definición:

Barras de corrugado de 6 a 10mm, que tensadas con ranas de encofrado, propician una correcta unión entre los elementos del apeo y la estructura dañada (correctamente tensadas), solas o con ranas de encofrado.

Resistencia:

Las ranas se pueden usar en varillas de grosores de 6-10mm y cada par de tensores tendrá una resistencia máxima de 3,5 kN.

Colocación:

Como regla general, cada 50cm.

Precauciones:

- Para un correcto tensado del pasador, no es básico el tensado progresivo de las ranas.
- El pasador ha de sobresalir unos 10cm de la rana, a fin de evitar que la escupa y se desprenda.



Rana de encofrado

Pasador, pareja de ranas y tensor para colocación de rana

Pasador atirantado con rana

Imagen 545. Pasadores

Los **riesgos** asociados en caso de no colocarlos son evidentes:

- La solidaridad apeo elemento constructivo (ej.: muro), solo se producirá en un punto y a medida que la inclinación crezca, se reducirá la superficie de contacto.
- En el caso de un incremento imprevisto de las cargas, lo más frecuente es que se deslice sobre su superficie de contacto, pudiendo llegar a producirse el desplome del elemento a apear, sin que la estructura auxiliar haya entrado totalmente en carga. Hay que tener en consi-

deración que basta con el desplazamiento de unos pocos centímetros de un elemento constructivo, para que el empuje o arrastre sobre otro elemento provoque su desplome.

- Incluso en el caso de muros a una cara o anclaje de durmientes a soleras, el anclaje de las piezas con redondos sin ranas, propicia apeos con mejor funcionamiento y mayor resistencia.

Su **uso** asegura:

- La solidaridad de la madera con la estructura a apear.
- El aprovechamiento de toda la capacidad resistente del apeo.
- El no deslizamiento de la estructura auxiliar en el caso del incremento de las cargas.
- La absorción de tensiones no previstas para las cuales los apeos tradicionales no resultan operativos (pequeñas flexiones).

En caso de fracaso del anclaje, este no se produce por la fractura de la barra de corrugado, sino por un fallo en la fijación de la rana.

1.4.3. **HERRAMIENTAS Y EQUIPOS**

Según su función, los equipos más usualmente utilizados en la ejecución de entibaciones o apeos se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- Medición.
- Corte.
- Equipos de unión y separación.

a) **Equipos de medición**



Cinta métrica

Medidor láser

Flexómetro

Plomada

Nivel burbujas

Escantillón

Escuadra

Falsa escuadra

Imagen 546. Equipos de medición



Cinta métrica: cinta plástica graduada de distintas longitudes (5, 10, 20, 50, etc.), que se aloja en una carcasa plástica o metálica. La cinta se estira mediante su tensado a tracción hasta alcanzar la longitud a medir y se recoge mediante un dispositivo manual.

Flexómetro: cinta métrica metálica de menor longitud (2, 3, 5, 10 metros) y, por tanto, menor tamaño. Presenta un resorte interior automático para recoger la cinta y un freno para mantenerla fuera cuando se está procediendo a la medición.

Medidor láser: es un equipo de medición de distancias, superficies y volúmenes. Su funcionamiento se basa en la emisión de un rayo láser y la evaluación del tiempo que tarda en ser reflejado, así se calcula la distancia exacta hasta el elemento o la dimensión a medir.

Plomada: instrumento compuesto por una pequeña pesa de metal con un ojal al que va atada una cuerda fijada en su extremo opuesto. La cuerda se enrolla en una bobina, se usa para el marcado de dimensiones verticales y para determinar la verticalidad y el aplomo de las distintas piezas de los apeos.

Nivel de burbujas: es un instrumento de medición, basado en un elemento prismático de base rectangular. Está dotado de un medidor básico con una burbuja en su interior que indica la mayor o menor verticalidad del elemento a evaluar.

Escuadra: instrumento compuesto por dos brazos desiguales que forman un ángulo recto. Se utiliza para comprobar la exactitud de los ángulos rectos en las piezas y para trazar rectas paralelas o perpendiculares cuando se ejecuta el entramado del apeo.

Falsa escuadra: instrumento utilizado para marcar y verificar los ángulos. A diferencia de la escuadra, la hoja corrediza se puede ajustar y fijar en un ángulo determinado para luego transportar la medida a la pieza de madera a elaborar.

Escantillón: herramienta formada por tres tubos de acero dispuestos en forma de telescopio y con palomillas de apriete que evitan el deslizamiento de los mismos. Al final de los tubos hay unas placas rectangulares regulables que sirven para calcular los ángulos correspondientes y su longitud.

b) Equipos de corte

Motosierra: herramienta de gran potencia muy empleada en la realización de cortes que no requieren gran precisión (ej.: corte de tablonés). Pueden ser de motor de explosión o eléctrico.

Sierra ordinaria / serrucho: herramienta utilizada para practicar cortes manuales, sobre todo en madera. Su hoja es dentada y trapezoidal, por el extremo más ancho va unida a un solo mango de madera o de plástico en forma de aro que se amolda a la mano.

Sierra de costilla: se diferencia del serrucho manual por presentar un listón metálico de refuerzo en la parte opuesta al corte de la hoja, lo que proporciona mayor firmeza y precisión a la hora de cortar, aunque este mismo refuerzo limita la profundidad del corte.

Formón: se compone de una hoja de hierro acerado, de entre 4 y 40 mm de anchura, con boca formada por un bisel, y mango de madera. La longitud desde el mango hasta la punta suele rondar los 20 cm. El ángulo del filo oscila entre 25-40°, presenta mayor ángulo cuanto mayor dureza posea la madera a trabajar.



Imagen 547. Equipo de corte

c) Equipos de unión y separación

Martillo de orejas y de bola: ambos se emplean para fijar los clavos a los elementos de madera. También se emplean para reajustar las cuñas o corregir pequeños desplazamientos de los elementos del apeo. El martillo de orejas cuenta, en la parte opuesta a la mocheta, con una doble uña destinada a la extracción de puntas y clavos.

Maza con mocheta de nailon y mazo de madera: son herramientas de percusión que se emplean para golpear sin deformar formones y gubias.

Pata de cabra o barra de uñas: es una herramienta que consta de una barra de metal curvada por uno de sus extremos y con las puntas aplanadas. Por lo general posee una pequeña fisura en una o ambas terminaciones para quitar clavos. Actúa como palanca para desclavar dos objetos que se encuentran empalmados, se utilizan comúnmente para abrir cajas de madera que están clavadas.

Martillo percutor eléctrico: muy útil en labores de demolición de estructuras dañadas y perforaciones en estructuras murarias.



Imagen 548. Equipos de unión y separación

2. TÉCNICAS DE ESTABILIZACIÓN

Son varios los objetivos que persiguen las estabilizaciones de elementos materiales en situación de equilibrio precario o en riesgo de colapso inminente mediante estructuras auxiliares:

- Evitar poner en riesgo vidas humanas.
- Desalojo de los ocupantes con seguridad.
- Evitar el efecto dominó, provocando a su vez problemas de estabilidad en edificaciones aledañas.
- Corrección de la causa generadora de la inestabilidad.

En el estudio de las estructuras auxiliares se distinguen:

- Entibaciones: sistemas de estabilización bajo la rasante del terreno.
- Apeos: estabilizaciones sobre la rasante del terreno.
- Demoliciones: en caso de imposibilidad de estabilizar, demoler el elemento para eliminar sus peligros potenciales.

2.1. ENTIBACIONES

Toda construcción de una edificación, ejecución de infraestructuras o instalaciones implica la alteración del terreno, ya sea mediante rellenos (acumulación y compactación de capas con diferentes cohesiones) o mediante excavaciones (apertura de zanjas o vaciados). Aunque ambas transformaciones son importantes, las excavaciones comprometen en mayor medida la estabilidad del terreno, ya que la retirada de material constituye una alteración sobre la estructura de las capas del terreno y su equilibrio estático por la aparición de los empujes activos¹. Consecuentemente, si el terreno no tiene suficiente resistencia para compensar el desequilibrio producido, el talud se torna inestable, deslizando una masa de terreno hacia la excavación.

En los trabajos realizados en zanjas se producen con frecuencia accidentes graves o mortales a causa del desprendimiento de tierras. Por ello, es necesario adoptar aquellas medidas que garanticen la seguridad tanto de las potenciales víctimas, como de los intervinientes que realizan las labores de rescate, en el interior de las mismas.

Cada terreno tiene unas características que propician un ángulo de rozamiento/reposo distinto y un comportamiento diferente, por lo que se deben establecer unas pautas básicas de intervención. Por ello, si analizado el terreno, su ángulo de rozamiento teórico es mayor que el del talud, el desnivel será estable, no siendo necesaria la ubicación de ningún elemento de protección. Por el contrario, si es menor, deberemos ejecutar una entibación.

La **entibación** es el apeo del terreno que ofrece riesgo de desplazamiento por inestabilidad natural o inducida por acciones de desmonte, vaciados, zanjas, pozos o galerías.

Generalmente, los sistemas de entibaciones se utilizan en aquellas situaciones en las que no es posible realizar un talud del terreno (pendiente natural de equilibrio del suelo). Por tanto, constituye un valioso recurso para los cuerpos de bomberos para la hora de estabilizar terrenos con riesgo de

1 - La eliminación de una porción del terreno descomprime el terreno restante y modifica su estado tensional, mientras que permanece la acción vertical de la gravedad, lo que convierte los empujes en reposo (E0), en empujes activos (EA).

colapso y afección a edificaciones, así como al rescatar víctimas sepultadas.

Tomando en consideración la posición y el trabajo de las piezas de la entibación, se distinguen tres **elementos**:

- **Travesaños, largueros o Velas:** piezas verticales que recogen las tensiones del terreno mediante esfuerzos de flexión. Van adosadas a las paredes de la zanja.
- **Tablas o cabeceros:** piezas horizontales que pueden disponerse en contacto directo con el terreno o pueden recoger las cargas de los largueros con el fin de transmitir las a los codales.
- **Codales:** piezas de carácter horizontal que trabajan a compresión y contrarrestan los esfuerzos que ejerce el terreno de ambos paramentos verticales de la zanja.

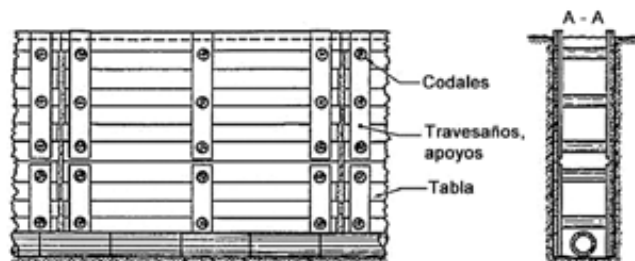


Imagen 549. Elementos de las piezas de entibación

2.1.1. TIPOLOGÍA

Con mayor frecuencia, los cuerpos de bomberos se deben enfrentar a **zanjas y pozos**.

a) Entibaciones en zanjas:

- **Geometría:** como regla general, toda entibación ha de reflejar el intradós del terreno a soportar, por lo que las entibaciones de zanjas deben reproducir las formas paralelepípedicas generadas por la cuchara de las retroexcavadoras, han de ejecutar dos superficies paralelas en contacto con los paramentos verticales del terreno. Se conectan mediante elementos acodados perpendiculares a estas que contrarrestan los esfuerzos activos de ambos frentes del terreno.
- **Rigidez:** según la longitud y características resistentes del elemento utilizado como codal (tablón de madera, puntales metálicos, etc.), pueden llegar a aparecer esfuerzos de pandeo que hagan perder la estabilidad del conjunto. Dichos esfuerzos solo se generan en caso de esfuerzos del terreno muy grandes y magnitudes codales de gran longitud, por lo que deben disponerse tornapuntas inclinadas entre el cabecero y el codal generando una importante rigidez del conjunto.



Imagen 550a. Entibaciones en zanjas: geometría.



Imagen 550b. Entibaciones en zanjas: rigidez.

Aquí se puede hacer comentario sobre la utilidad de los puntales metálicos como codales por su rapidez de ejecución y disponibilidad indicando que habrá que colocar cantidad suficiente en relación a los esfuerzos a soportar.

- **Tipología:** según su morfología, existen tres tipos de entibaciones:
 - Entibación **cuajada:** entibación a base de cabezales, largueros y codales, donde la superficie de terreno revestida alcanzará su 100%. Tipo de entibación característica en terrenos de baja cohesión y con frecuente presencia de agua.
 - Entibación **semicuajada:** se diferencia de la anterior en que la superficie de terreno revestida alcanza el 50%. Suelen utilizarse en terrenos con una mayor cohesión.
 - Entibación **ligera:** estructura auxiliar a base de largueros y codales, sin que existan cabezales. El terreno tiene un ángulo de rozamiento muy alto y, por tanto, una gran cohesión.



Entibación ligera Entib. semicuajada Entibación cuajada

Imagen 551. Tipos de entibaciones

Si bien estas tres modalidades son las establecidas por la legislación², las entibaciones utilizadas por los cuerpos de bomberos durante una emergencia pueden presentar ciertas variaciones, según los medios disponibles.

- **Ejecución:** a la hora de ejecutar la entibación, esta se puede desarrollar de varias maneras posibles:
 - Método "Pronto":
 - Montaje de marcos (velas y cabezales), en superficie e introducción bien a mano, bien mediante grúas auxiliares.
 - Una vez posicionados en su ubicación, se acodalan, comenzando desde la parte superior.
 - Método "Quillery": introduciendo pieza a pieza, en la zanja (método QUILLERY).
 - Método aplicable hasta una profundidad recomendable de 3,50 m en terrenos de buena cohesión.

- Se preparan las piezas en las proximidades de la zanja a entibar, y los introducimos en la zanja con la ayuda de una escalera, tablón o perfil metálico que tengamos a mano. Si la profundidad sobrepasa los 2-2,50 m. el panel lo realizaremos en dos fases hasta la altura recomendada de 3,50 metros.

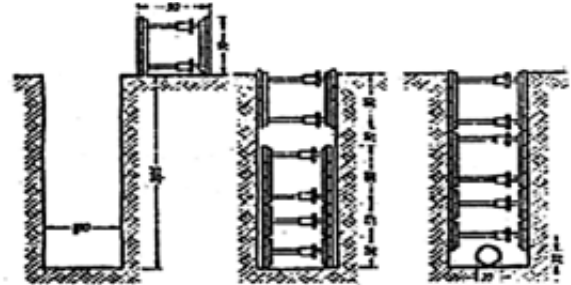


Imagen 552. Método Pronto



Imagen 553. Método Quillery

b) Entibaciones en pozos

- **Geometría:** de manera equivalente a las zanjas, se trata de reproducir el intradós de la cavidad con el fin de conseguir la estabilización del terreno y, si es necesario, un hueco de acceso o supervivencia.
- **Rigidez:** gracias a la reducida dimensión de los pozos, es improbable que aparezcan esfuerzos de pandeo en los codales, pero para asegurar una correcta rigidez en la estructura auxiliar, los codales se deben colocar contrapeados.
- **Tipología:** para la realización de entibaciones ordinarias existen técnicas comunes a base de "tableros de encofrado" y "anillos", pero estos sistemas son de ejecución lenta y de complicada disponibilidad por los cuerpos de bomberos. Por ello, todos los sistemas se centran en tableros de madera y/o puntales metálicos.



Imagen 554. Entibaciones en pozos

² - De acuerdo a la NTE-ADZ, de aplicación supletoria en tanto el CTE no desarrolle ninguna disposición en la materia.

Ejecución:

Para la realización de la entibación se seguirán los siguientes pasos:

- 1º En los tablonos se colocan unos clavos a unos 40 cm y enfrentados que nos servirán para sujetar los puntales y por la parte de atrás otro clavo que este sostendrá el tablón, como muestran las fotografías, hay que tener en cuenta que el tablón debe sobresalir unos 20 cm por encima del pozo a modo de rodapié.
- 2º Una vez colocados los tablonos en el pozo que se sostendrán solos con la ayuda de los clavos así se evita el acopio de tanta gente alrededor del pozo se colocan los puntales insertándolos en los clavos que se colocaron con anterioridad uno enfrente de otro.
- 3º Perpendicularmente se realiza la misma operación con otros dos tablonos formando una cruz con los puntales como muestra la siguiente fotografía.
- 4º Así sucesivamente se van colocando los puntales en los tablonos mientras que se desciende con seguridad por el pozo.

2.1.2. PROFUNDIDADES DE ENTIBADO

Tradicionalmente, los bomberos españoles han tomado como referencia las prescripciones recogidas en la NTP 278 del INSH/ NTE-ADZ para determinar el tipo de entibación en función de la profundidad y el tipo de terreno (ver tabla 28).

La citada norma, indica que se considera peligrosa toda excavación que, en terrenos corrientes, alcance una profundidad de 0,80 m y 1,30 en terrenos consistentes, es decir una profundidad suficiente con la que quedara oprimido el tórax de las personas que allí estén trabajando, en caso de desprendimiento.

En todos los casos se deberá llevar a cabo un estudio previo del terreno con objeto de conocer la estabilidad del mismo, debiéndose considerar peligrosa toda excavación cuya pendiente sea superior a su talud natural.

- Profundidad de entibado: si bien la norma marca estrictamente que se ha de entibar a partir de 1,30, en caso de emergencia, un terreno se debe comenzar a entibar

a profundidades en las que una persona quede completamente cubierta (alrededor de 1,50 m). Previamente a dicha acción se deberá ejecutar un hueco para su respiración y, en caso de no poder ser directamente liberado, entonces sí, ejecutar la entibación.

- Tipo de terreno:
 - Gravas y arenas (terrenos no cohesivos): entibar siempre.
 - Arcillas (terrenos cohesivos): entibar automáticamente cuando la zanja o pozo se encuentra próxima a un vial, cimentación o cualquier otro elemento cuya sollicitación pueda causar su derrumbe. Esto es, cuando la cavidad esté a una distancia inferior a dos veces su profundidad.

2.1.3. PRECAUCIONES

A la hora de ejecutar un apeo, las peculiaridades del trabajo bajo la cota del terreno, deberemos mantener las siguientes prescripciones de seguridad:

- Identificar las características del terreno.
- Asegurarse y examinar las instalaciones que pudieran ir por el suelo (agua, líneas de alta tensión gas u otros peligros).
- No penetrar en alcantarillados pozos o aljibes sin comprobar la atmosfera interior o con equipos de respiración
- No utilizar motores de explosión dentro de excavaciones estrechas o profundas y si es necesario comprobar los gases del escape.
- No almacenar los materiales o arena en el borde de la excavación.
- Siempre que sea posible colocaremos una escalera que constituirá un vial de escape.
- Procuraremos que los paneles a colocar queden en vertical y que los codales trabajen con una angulación de 90º con respecto a panel y así evitar que se nos generen esfuerzos verticales en los codales.
- Hay que tener presente que cuanto más profunda sea la zanja mayor presión ejercerá sobre los codales en la parte más baja.

Tabla 28. Tipo de entibación (para una profundidad de corte en metros)

| Tipo de terreno | Solicitación | Tipo de corte | ≤ 1,30 | 1,30-2,00 | 2,00-2,50 | ≥ 2,50 |
|-----------------------------|--------------|---------------|----------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|
| Coherente (Arcillas) | Ninguna | Zanja Pozo | No necesita No necesita | Ligera Semicuajada | Semicuajada Cuajada | Cuajada Cuajada |
| | Vial | Zanja Pozo | Ligera Semicuajada | Semicuajada Cuajada | Cuajada Cuajada | Cuajada Cuajada |
| | Cimentación | Cualquiera | Cuajada | Cuajada | Cuajada | Cuajada |
| Suelto (Gravas y arenas) | Cualquiera | Cualquiera | Cuajada | Cuajada | Cuajada | Cuajada |

Fuente: ONGD Bomberos Unidos Sin Fronteras

2.2. APEOS

Conjunto de elementos destinados a la ejecución de estructuras auxiliares para estabilizar los elementos constructivos sobrerresantes.

El diseño y ejecución de un apeo, con lleva la ampliación de la estructura dañada con una estructura auxiliar que le dote de la estabilidad necesaria, con el objetivo de disponer de un mayor grado de seguridad que posibilite ejecutar cuantas soluciones se estimen necesarias.

2.2.1. TIPOLOGÍA

La gama existente de apeos puede ser tan amplia como situaciones imaginables, pero los apeos a ejecutar por los cuerpos de bomberos se han de clasificar en torno a una variable fundamental en intervención: la velocidad de ejecución.

Por ello, a continuación se desarrollan los sistemas de “apeos ordinarios”, se reflejan, además, varios medios de fortuna para plantear soluciones y “apeos de urgencia” en las que la intervención exija una solución inmediata y no tengamos los medios disponibles para ejecutar las soluciones tradicionales.

a) Apeos ordinarios. Elementos que los conforman

Según su complejidad y su capacidad resistente, los elementos de un apeo se clasifican en:

• Elementos simples:

Conjunto de piezas individuales, construidas a base de una o varios tablonos con escuadrías estandarizadas, las cuales una vez arriostradas mediante triangulaciones (madera de menor sección, cables de acero, etc.) son calculadas como piezas a compresión y con nudos articulados. Como excepción a lo anterior está la aguja.

• Elementos compuestos:

Apeo elaborado para hacer frente a aquellas situaciones en las que la complejidad del elemento a estabilizar, los puntos a los que transmitir los esfuerzos o la necesidad de una estructura auxiliar con capacidad resistente mayor que los elementos simples. Los apeos compuestos se caracterizan por ser estructuras autorresistentes.

I. Elementos simples

I.1. Nomenclatura

I.1.1. Elementos verticales

- **Postes:** elementos utilizados de forma aislada, extraídos directamente de un fuste de árbol y sin mecanizado alguno (no son, por consiguiente, elementos escuadrados). Su mayor cualidad es su gran altura, puede alcanzar longitudes superiores a los 6 m, (hasta dos plantas). Su mayor inconveniente es la dificultad para la elaboración de elementos

compuestos; trabajan, por consiguiente, de manera unitaria a compresión axial.

- **Rollizos:** al igual que los postes, se trata también de fustes extraídos de árboles a los que se les ha eliminado la capa superficial de la corteza para lograr una mínima uniformidad y diámetro. Se suelen emplear piezas de hasta 3-4 m de longitud, es decir, de la altura de una única planta. Como en el caso de los postes, no es fácil la elaboración de elementos compuestos. También trabajan a compresión axial.
- **Pie derecho:** pieza de madera escuadrada vertical, que recibe las cargas de una sopanda y las trasmite a un durmiente, trabaja a compresión axial. Se suele formar como mínimo con dos piezas de madera normalizada y tres bridas que aseguren su acoplamiento. En la práctica, se pueden fabricar de casi cualquier longitud.
- **Puntales:** son piezas colocadas verticalmente, poseen sección rectangular (madera) o circular (acero) que transmiten el esfuerzo al durmiente, trabajan a compresión. A diferencia de los pies derechos, los puntales de madera se suelen localizar con una única pieza de madera. Tienen por altura máxima una planta y trabajan a compresión axial. Con el fin de evitar la aparición de pandeos, se suelen adosar a un muro vertical.
- **Virotillo:** pie derecho de pequeña longitud. Se utilizan generalmente en huecos de luz reducida o como elementos auxiliares de un apeo. También trabajan a compresión axial.
- **Velas:** piezas escuadradas que, colocadas verticalmente, reciben cargas horizontales transmitiéndolas a los puntos en que es acometida por otros elementos estructurales de apeo (tornapuntas, codales, jabalcones, etc.). Geométricamente presentan la particularidad de que tocan el suelo.

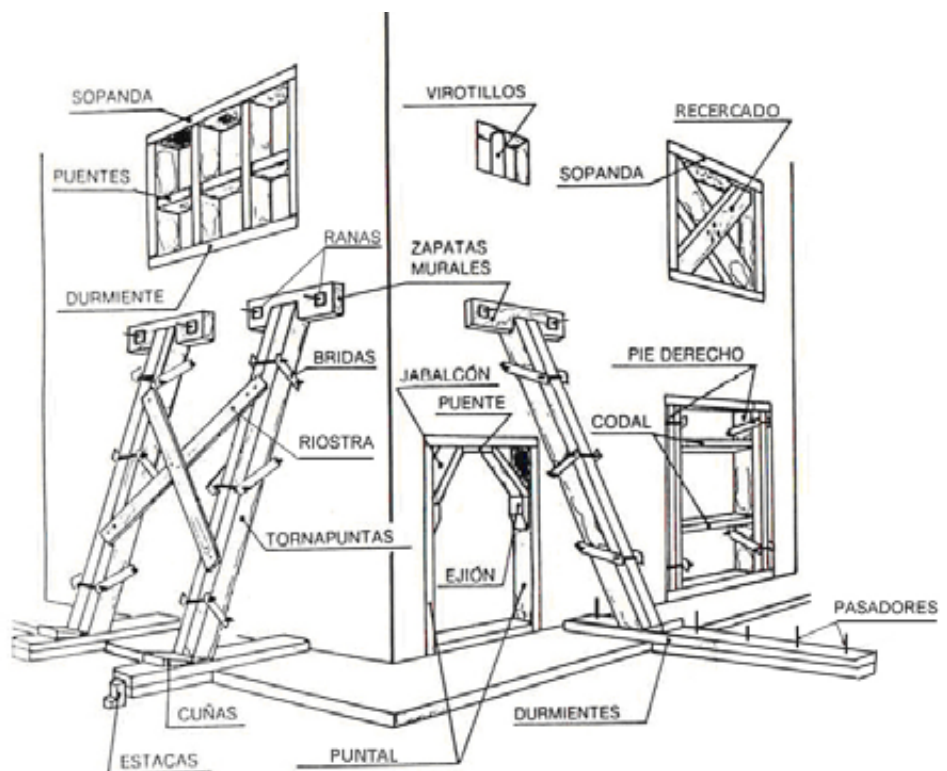


Imagen 555. Elementos de los apeos ordinarios

- **Zapatas murales:** piezas escuadradas que reciben las cargas del elemento estructural dañado (al que se adosan) y las transmiten a otros elementos del apeo. Presentan la particularidad de que no tocan el suelo.

Si bien la diferencia entre vela y zapata mural solo se aprecia en su geometría, es decir, si toca el suelo o no, la diferencia mecánica es ostensible:

- Las zapatas murales trabajan de igual manera que las sopandas, con transmisión de cargas a un único elemento, por lo que poseen dimensiones reducidas.
- Cuando las velas tocan el suelo, suelen transmitir cargas a dos elementos (uno horizontal y otro inclinado), que le proporcionan mayor estabilidad, mayor capacidad de transmisión de cargas y por consiguiente, una mayor longitud.

I.1.2. Elementos horizontales

- **Sopanda:** pieza que recoge las cargas de los elementos horizontales de la estructura que se está apeando (vigas, viguetas, etc.) y las transmite a los elementos verticales del apeo. Cuanta mayor dimensión tenga, mayores flexiones presentará en detrimento de las compresiones normales.
- **Durmiente:** pieza horizontal que descansa sobre el terreno. Transmite y reparte a este las cargas recibidas por otros elementos del apeo. Funciona mayoritariamente a compresión normal.
- **Codal:** pieza horizontal de sección cuadrada o circular que está ubicada entre dos piezas de apoyo y su misión es mantener la separación entre ellas. Trabaja a compresión axial.
- **Puentes:** piezas de distinta sección y corta longitud. Su misión es la unión, separación o arriostramiento entre elementos del apeo vertical. Pueden trabajar de distintas maneras, la más frecuente es la compresión axial. Conviene no confundir el presente elemento con el apeo compuesto autoportante, con denominación “puente de apeo” y que funciona a flexión.
- **Agujas:** piezas que perforan un muro y lo mantienen. Se apoyan en piezas verticales (postes, rollizos o pies derechos) y trabajan a flexión.

I.1.3. Elementos inclinados

- **Tornapuntas:** piezas inclinadas construidas de manera idéntica a un pie derecho, que transmiten el esfuerzo de un elemento vertical a un elemento horizontal. Trabajan a compresión axial.
- **Jabalcón:** pieza inclinada idéntica a la tornapunta, que transmite el esfuerzo de un elemento horizontal a un elemento vertical. Trabaja a compresión axial.
- **Riostra:** pieza de apeo encargada de mantener en posición sus elementos fundamentales resistentes, contribuyen a evitar los desplazamientos perpendiculares a los ejes.

I.1.4. Elementos complementarios

- **Mangueta o abrazadera:** pieza que une dos o más tornapuntas, también a modo de arriostramiento. Reduce el pandeo de las piezas. Puede ser articulada o fija, pero siempre trabaja a tracción.
- **Muletillas:** piezas de madera escuadrada, pero con frecuencia, no estandarizada (el hueco se suele adaptar al espacio disponible). Se adosan o encajan en los muros (en el interior de un mechinal). Sirven para recibir las cargas de manera uniforme y transmitir las a otros elementos del apeo. En fábrica de ladrillo o mampostería, la muletilla ha de colocarse de forma que el nudo o unión con el jabalcón sea un tercio del grueso del muro. Si el muro tiene carreras se usan estas como muletillas.

Se caracterizan por el empleo de madera de menor tamaño que la estandarizada, por lo que resultan un claro recurso destinado a apeos en espacios interiores, donde no es posible ubicar grandes piezas de madera sin condicionar su habitabilidad.

- **Oreja:** pieza constituida normalmente por un trozo de tablón, cuya misión es la de coartar el movimiento lateral y giro de piezas, tales como las agujas.

I.2. Estudio detallado de los elementos principales

I.2.1. Pie derecho

Definición: elemento principal de los apeos de madera, constituido por dos o más tablonces unidos por bridas (y en ocasiones por pernos), y que sirve para transmitir las cargas verticalmente, normalmente asociado a dos elementos más que son la sopanda y durmiente.

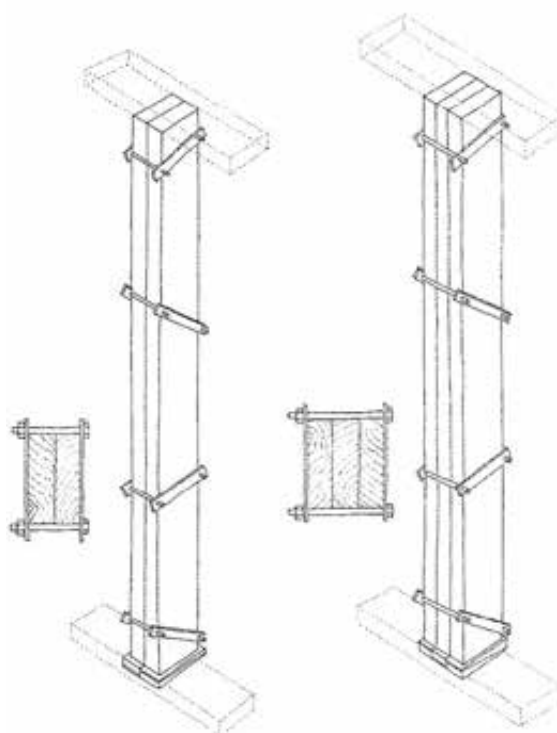


Imagen 556. Pie derecho 2 y 3 tablonces

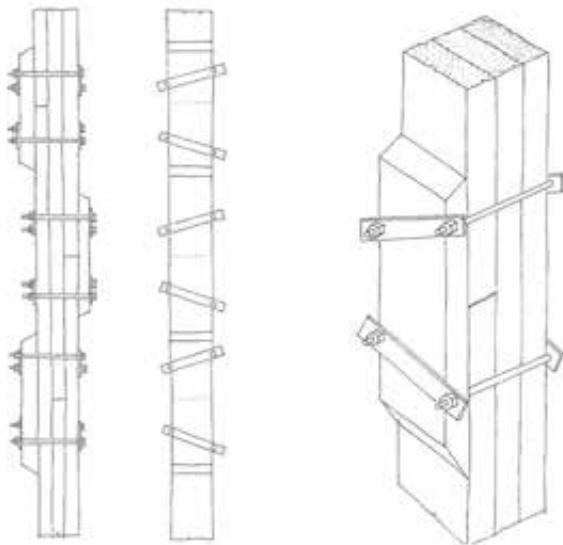


Imagen 557. Encepado

- Alineamiento de todos los tableros en un mismo plano, con el fin de evitar que las diferencias de longitud impliquen diferentes tensiones en cada tablón. En todo caso estas diferencias se compensarán con un correcto acufiado.

Ejecución:

Una vez cortadas y embridadas las piezas, el ajuste lo realizaremos por medio de cuñas colocadas en la parte inferior, las cuales propiciarán el templado progresivo de la pieza al montarla. La posición vertical del pie derecho debe quedar garantizada con un correcto arriostrado.

Encepado:

Un problema continuo que se nos plantea con los pies derechos es la necesidad de longitudes superiores a las de los tableros que tenemos (en el CEIS Guadalajara, por ejemplo, los tableros presentan longitudes de 1,5 y 3,0 m). Para solventar dicha situación, deberemos realizar los encepados o acoplamiento de los tableros:

- El método tradicional consiste la colocación de los tableros a testa, sin coincidir más de una unión en una misma sección.
- Esta acción, supone un aumento del pandeo de esa línea de tableros y por tanto, una dificultad a la hora de transmitir las cargas de un tablón a otro por las imperfecciones en los cortes de la unión de ambos.
- Para aquellos casos en los que el cálculo del apeo requiera reforzar dichos elementos (aquellos de gran longitud), se reforzará la zona del empalme con un nuevo trozo de tablón embridado a ambos lados de la unión.

Resistencia: (ver tabla 29)

Geometría:

- N° de tableros: los pies derechos de un solo tablón no son usados de manera aislada debido a la limitación de su capacidad de carga y peligro de pandeo. Por ello, el uso de tableros aislados (puntales), queda limitado a adosamientos a muros o pequeñas alturas (enano).
- Cortes: es muy importante que los cortes en los extremos sean perpendiculares, con un doble fin:
 - Evitar la formación de fuerzas horizontales que hagan a la pieza sacarla de su posición y perder la verticalidad.

Tabla 29. Resistencia

| Dos tableros embridados | | | Tres tableros embridados | | | Cuatro tableros embridados | | |
|-------------------------|--------------|------------------|--------------------------|--------------|------------------|----------------------------|--------------|------------------|
| | | | | | | | | |
| Altura (m) | N° de bridas | Resistencia (kN) | Altura (m) | N° de bridas | Resistencia (kN) | Altura (m) | N° de bridas | Resistencia (kN) |
| 100 | 3 | 226 | 100 | 3 | 482 | - | - | - |
| 150 | 4 | 144 | 150 | 4 | 348 | - | - | - |
| 200 | 5 | 92 | 200 | 5 | 274 | 200 | 5 | 375 |
| 250 | 6 | 64 | 250 | 6 | 212 | 250 | 6 | 315 |
| 300 | 8 | 57 | 300 | 8 | 201 | 300 | 8 | 341 |
| 350 | 9 | 43 | 350 | 9 | 153 | 350 | 9 | 275 |
| 400 | 10 | 33 | 400 | 10 | 125 | 400 | 10 | 218 |
| 450 | 11 | 26 | 450 | 11 | 102 | 450 | 11 | 181 |
| 500 | 13 | 23 | 500 | 13 | 94 | 500 | 13 | 175 |

I.2.2. Durmiente

Definición:

Pieza horizontal encargada de recibir las cargas verticales (pies derechos) o inclinadas (tornapunta), repartiéndolas a otros elementos de la construcción o al terreno. Usualmente también cumple la función secundaria de instrumento de atado entre las bases de los pies derechos o puntales en una dirección.

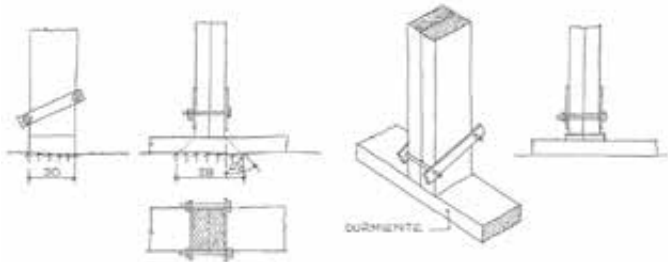


Imagen 558. Durmiente

Geometría:

El tipo de durmiente más socorrido es el tablón de 200x70 mm colocado a tabla “durmiendo” recibiendo los pies derechos en todo su ancho.

Presenta una gran capacidad de adecuación al terreno sobre el que apoya, gracias a su geometría y sencillez de ejecución.

Funciones:

Debe garantizar dos cuestiones:

- Que sea capaz de resistir el esfuerzo de compresión que recibe.
- Que puede repartir esa carga al elemento sobre el que apoya suministrándole unas presiones admisibles para este.

Sin embargo presenta los siguientes inconvenientes:

- Menor resistencia que el pie derecho, debido a que trabaja a compresión normal a las fibras.
- Limitada capacidad de reparto en el elemento sobre el que se apoya, debido a la flexibilidad de la madera.

Resistencia:

| | Nº de tablonces embri-dados (200x70mm) | Resistencia (com-presión normal) |
|------------|--|----------------------------------|
| 1 TABLÓN | 1 ud* | 49 |
| 2 TABLONES | 2 ud | 71 |
| 3 TABLONES | 3 ud | 101 |
| 4 TABLONES | 4 ud | 134 |

*Los tablonces aislados no se embri-dan.

Cuando la presión que ejerza sea excesiva, podemos recurrir a distintas soluciones que amplíen la superficie de descarga:

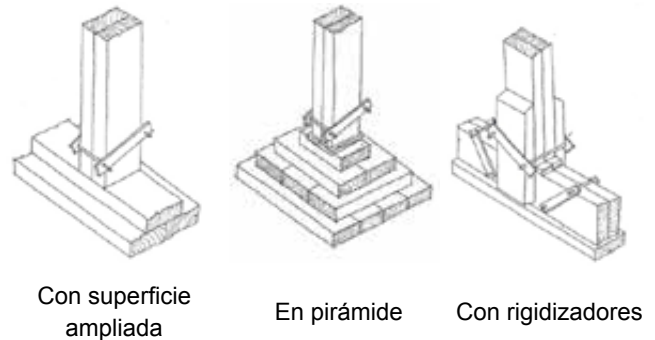


Imagen 559. Ampliación de superficie de descarga

I.2.3. Sopanda

Definición:

Pieza horizontal del apeo encargada de recoger las cargas de los elementos estructurales de carácter igualmente horizontal, conduciéndolas a los elementos verticales del apeo. Complementariamente también realiza función de atado entre las cabezas de los pies derechos.

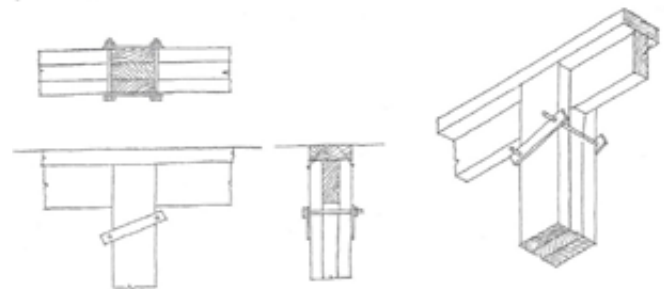


Imagen 560. Sopanda

Función:

Su principal misión es la de resistir eficazmente los esfuerzos de flexión, a los que normalmente queda sometida al recoger las cargas y también soportar las tensiones de compresión obtenidas al entregar las cargas a las cabezas de los pies derechos.

Al igual que el durmiente su ventaja es la buena flexibilidad con la que se adapta a las deformaciones del elemento a apear.

Ubicación:

Se colocará adosada a la parte inferior del elemento que queremos apea y descansando sobre los puntales o las cabezas de los pies derechos en toda su anchura. Al igual que el resto de elementos estructurales principales del apeo, las sopandas se fabricarán con tablonces estandarizados 200x70 mm.

Resistencia:

- Presenta como inconveniente una limitada capacidad de resistencia a flexión lo que obliga a poner gran cantidad de pies derecho o puntales a cortas distancias, dificultando el paso (si fuera necesario) y aumentando el trabajo.

En forjados unidireccionales, ha de preverse el potencial peligro de punzonamiento de bovedillas cerámicas etc. Ante dicho problema, en apeos completamente ejecutados en madera, una forma de aumentar la resistencia del conjunto en dichas situaciones, consiste en complementar el tablón horizontal con otro vertical como rigidizador (oreja), colocado perpendicularmente a las viguetas o vigas. Dicha solución nos obligaría a usar pies derechos de tres tablonos, presentando como alternativa el **repartir la carga aumentando la cantidad de puntales**.

Las resistencias recogidas en la presente tabla, son de aplicación a las "Agujas" y por extensión a los "puentes de apeo".

Tabla 30. Cálculo sopandas

| | q en kN/m | | |
|-----|------------|------------------|----|
| | Altura (m) | Resistencia (kN) | |
| | 50 | 37 | 12 |
| | 75 | 21 | 8 |
| | 100 | 12 | 6 |
| | 125 | 8 | 5 |
| | 150 | 5 | 4 |
| | 100 | 37 | 34 |
| | 125 | 30 | 27 |
| | 150 | 25 | 22 |
| | 175 | 21 | 19 |
| | 200 | 17 | 17 |
| | 225 | 13 | 15 |
| | 250 | 11 | 13 |
| | 275 | 9 | 12 |
| | 300 | 7 | 11 |
| | | 100 | 56 |
| 125 | | 45 | 40 |
| 150 | | 37 | 34 |
| 175 | | 32 | 29 |
| 200 | | 25 | 25 |
| 225 | | 20 | 22 |
| 250 | | 16 | 20 |
| 275 | | 13 | 18 |
| 300 | | 11 | 17 |
| 350 | | 8 | 14 |
| 400 | 6 | 13 | |

Puntos de apoyo:

Las tornapuntas han de conducir las cargas hasta elementos lo suficientemente sólidos, para que sean capaces de absorber las cargas sin provocar daños mayores de los que ya hay.

Es común el uso de zanjas en el terreno o acodamientos a elementos estructurales de otras edificaciones.

Puntos de apeo:

Al igual que los puntos de apoyo, en toda tornapunta será básico evaluar los puntos de contacto en los que la estructura dañada transferirá las cargas que soporta al nuevo sistema resistente. Sin embargo, debemos ser especialmente cuidadosos a fin de no generar sobrecargas no previstas o punzonamientos en el muro (flexiones).

Por ello, como regla general apearemos como continúa según la causa de la patología:

- Giro de muro: tornapunta a 2/3h. Preferiblemente por encima del canto del forjado.
- Empuje horizontal del forjado: a la altura del canto del forjado.
- Pandeo: en el punto de máxima deformación. Preferiblemente, por debajo del canto del forjado.

Eficacia del apeo:

Para poder analizar el comportamiento real de las tornapuntas, nos centraremos en los esfuerzos efectivos que recibirán, distinguiendo dos situaciones diferenciadas:

- Tornapunta opuesta al cedimiento vertical de un muro.
- Tornapunta opuesta al vuelco de un muro (empuje horizontal).

Como muestran las figuras, independientemente de cómo reciba las tornapuntas las cargas van a trabajar de la misma forma.

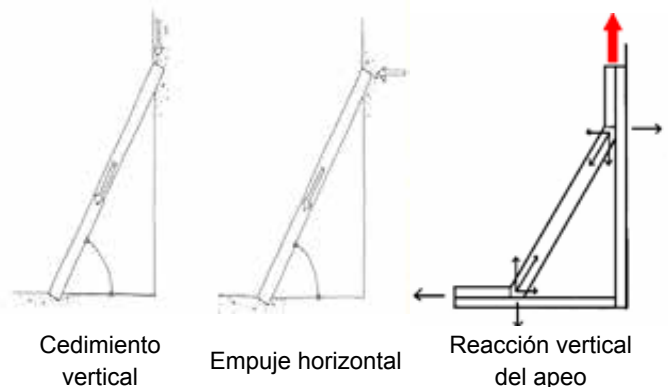


Imagen 561. Tornapunta

El principal problema de la tornapunta es la manera de recibir (de la pared) y transmitir las cargas (al suelo), ya que se generan reacciones horizontales y verticales tanto en la base como en la coronación de la tornapunta (3ª ley de Newton). O lo que es lo mismo, la tornapunta tiende a resbalar sobre el muro en sentido ascendente vertical.

1.2.4. Tornapunta

Definición:

Pieza de dirección inclinada cuya función es trasladar las cargas recibidas de un elemento vertical a otro horizontal, mediante compresión axial. Exactamente igual que un pie derecho. Por ello, a efectos de diseño, su resistencia se calculará exactamente igual.

Para la eliminación del problema recién descrito existen dos soluciones:

El embarbillado (o boca de perro): suele ser una solución para corregir las fuerzas verticales ya que su forma encajada en elemento estructural no deja que se desplace hacia arriba. Sin embargo, dicha solución presenta un doble problema:

- Para la ejecución de dicho encuentro, la madera debería trabajar a “Hienda”, que es el peor de los esfuerzos para la madera (0,5 N/mm²). Resistencia ridícula para las magnitudes de las cargas que debemos soportar.
- Además, para evitar el desplazamiento superior de la madera, será necesario perforar el muro (bien para apoyar en el forjado, bien para colocar una muletilla en un mechinal). Reduciendo aún más la resistencia del muro potencialmente dañado.
- Atado mediante ranas de encofrado: frente a los problemas técnicos recién explicados en las muletillas, así como con objeto de acelerar la ejecución del conjunto de la tornapunta, la solución más efectiva será conectar vela o zapata mural mediante pasador atirantado con ranas de encofrado.



Imagen 562. Atado mediante ranas de encofrado



Imagen 563. Perforación muro, colocación pasadores y marcado de vela



Imagen 564. Cajeadado de vela y fijación a muro mediante ranas



Imagen 565. Eji3n superior

Dicha solución genera en un tiempo record, un tablero (vela o zapata mural), eficazmente “cosido” al muro a apeaar y al que podremos añadir un tope (eji3n) que impida el desplazamiento vertical de la tornapunta sin necesidad de perforar el muro dañado debilitándolo aún más.



Imagen 566. Sistema de tensado de ranas



Imagen 567. Ejecución de Zapata mural (Idéntico a Vela)



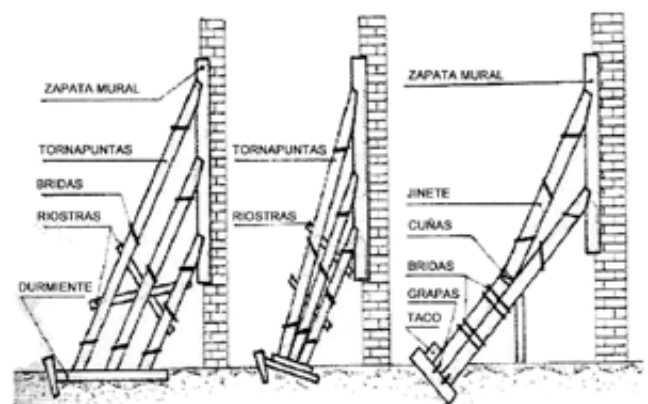
Imagen 568. Gran velocidad de ejecución



Imagen 569. Prueba de resistencia (con cojines de alta presión)

Tipologías:

Existen varias modalidades de tornapuntas, según la forma de conectarse con otras:



En paralelo (Paralelas) En Abanico (Arranque común) En Jineta (La superior se apoya en la inferior)

Imagen 570. Modalidades de tornapuntas

De las tres soluciones, la más desaconsejable son las tornapuntas en jineta, ya que la geometría expuesta generará flexiones en la tornapunta inferior.

I.2.5. Otros elementos básicos



Imagen 571 Codal

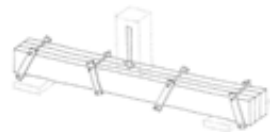


Imagen 572. Aguja

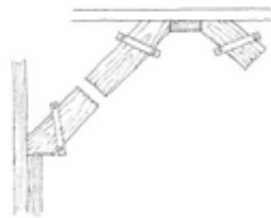


Imagen 573. Jabalcón

Acuerdos y apoyos:

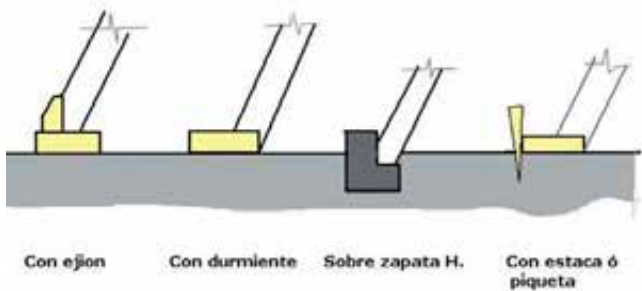
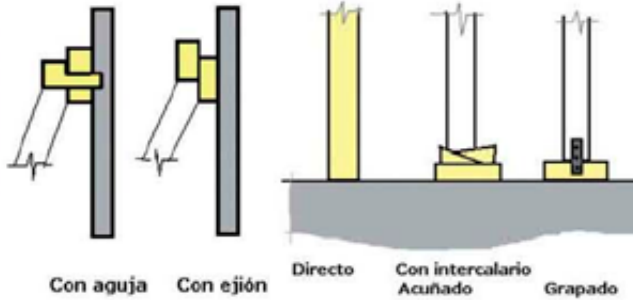
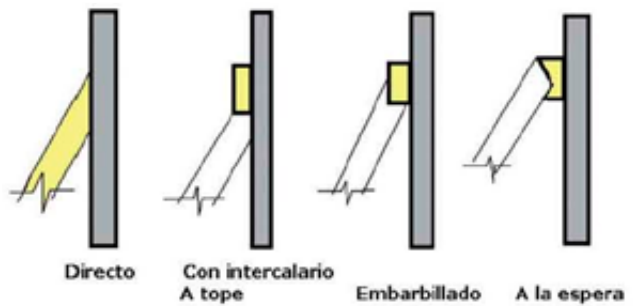


Imagen 574. Acuerdos y apoyos

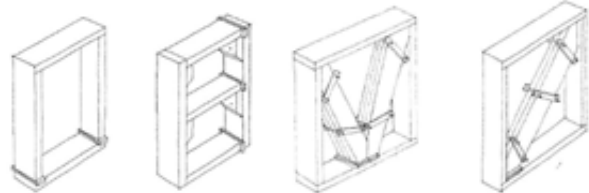
II. Elementos compuestos

A base de los elementos simples recién desarrollados.

Recercados de huecos en muros de carga:

Elementos de seguridad dispuestos en muros, ya sea para contrarrestar daños locales (rotura de un dintel), o para colaborar en la estabilización general (cedimiento diferencial de un muro). En función los esfuerzos a transmitir existirán diferentes modelos.

El recercado habrá de ser diseñado en función de los esfuerzos concretos a contrarrestar. Cuando nos encontramos con una grieta en un muro que atraviesa un hueco de ventana, la mejor solución será darle continuidad con una tornapunta puesto que en la dirección de la grieta se encuentran las isotáticas de compresión. Una buena solución es la Cruz de San Andrés (el recercado en aspas), por que recoge esfuerzos desde todas las direcciones.

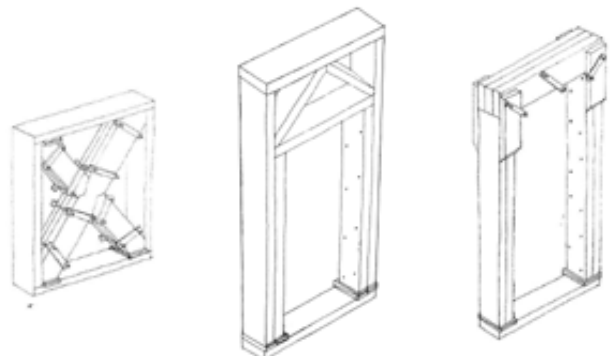


Simple

Simple reforzado

En Uve (Para esfuerzos ascendentes)

Diagonal



Cruz de San Andrés

Con jabalcones

Con puente de apeo en dintel

Imagen 575. Recargado de huecos de muros de carga

Puentes de apeo:

El conjunto formado por una pieza resistente horizontal a flexión (aguja) y dos verticales (pies derechos), constituye un puente de apeo. Dicho recurso es muy práctico a la hora de estabilizar muros de fachada con elementos que recojan las cargas en perpendicular al mismo.

A fin de un correcto anclaje de la aguja, se deberán poner orejas que coarten los desplazamientos laterales.

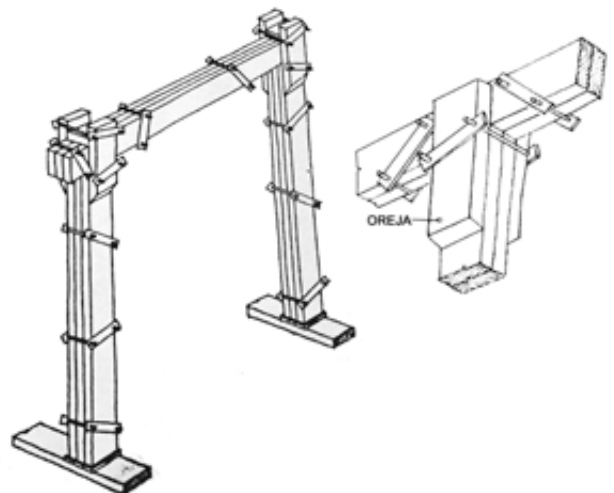


Imagen 576. Puentes de apeo

• **Apeo en asnillas:**

Pareja de tornapuntas con tirantes en su base, para contrarrestar los empujes horizontales generados por la inclinación de las piezas principales, unidas en la cabeza por una aguja y arriostrados transversalmente. La complejidad en la ejecución de la presente estructura, propicia que sólo se ejecute en aquellos casos estrictamente necesarios.

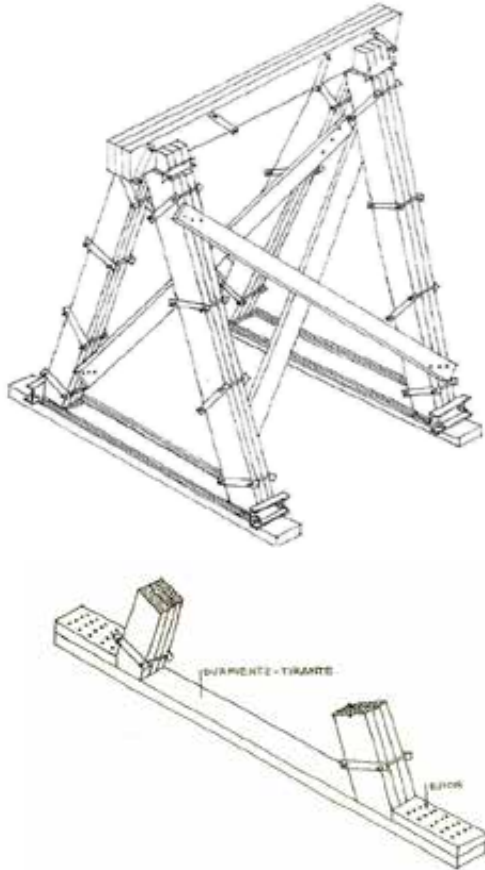


Imagen 577. Apeo en asnillas

III. Apeos de emergencia

Semejantes a los ordinarios, se usan cuando el elevado estado de deterioro de una edificación es tal que existe riesgo de colapso inmediato. Al no disponer de tiempo suficiente para la ejecución de medidas y técnicas ordinarias, se emplean medios de fortuna que proporcionan un grado mínimo de estabilidad al conjunto para, acto seguido, ejecutar las técnicas de apeos ordinarios que sean necesarias.

Su utilización se guía por una única premisa: la elevada velocidad de ejecución, es decir, estabilizaciones con elementos de disponibilidad inmediata y cuya composición no requiera un alto grado de dificultad técnica. En este contexto, se distinguen dos técnicas básicas: sistemas comprimidos y traccionados.

III.1. Sistemas comprimidos

Sistemas básicos destinados a estabilizar elementos verticales y horizontales, así como a asegurar huecos de vida. Para su utilización se emplean equipos con continuidad material y resistencia contrastada a compresión. Las técnicas más comunes son:

III.1.1. Apeo en llave

Geometría/ejecución: apeo a base de tabloncillos de madera contrapeados, apoyados y no clavados, que conforman un prisma habitualmente de base cuadrada con doble objetivo:

- Que todas las piezas tengan idéntica medida (incremento de la velocidad de ejecución).
- Que el apeo distribuya las cargas en planta de manera simétrica en las dos direcciones.

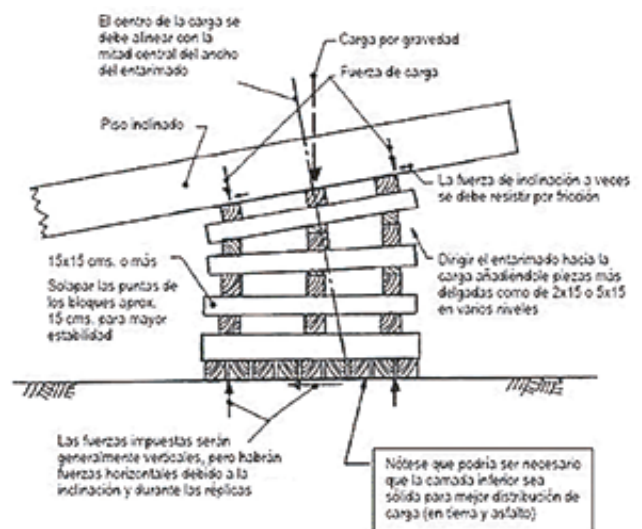
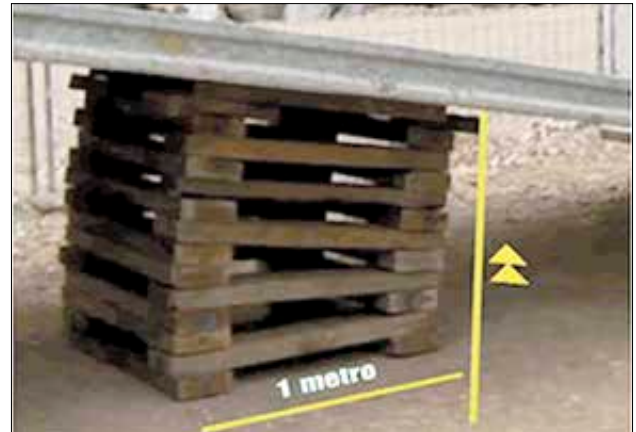


Imagen 578. Apeo en llave

La altura del conjunto no debe sobrepasar tres veces la longitud del lado de su base. Para transmitir de forma correcta los esfuerzos de los elementos inclinados, el apeo debe ir adaptando su forma en altura, mediante la disposición de cuñas.

En función de la **resistencia** de la madera empleada, la altura del apeo y la inclinación de la estructura a descargar, éste tendrá una mayor o menor capacidad portante y estabilidad. El establecimiento de un precálculo para el apeo en llave, carece de validez técnica, ya que sus elementos van simplemente apoyados, careciendo de una estabilidad fiable en su conjunto.

Sin embargo, supone una primera actuación, de carácter eminentemente preventivo hasta la llegada de los sistemas de emergencia, la cual se caracterizará por:

| Aspectos positivos | Aspectos negativos |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Optimización de la madera disponible de forma independiente al hueco existente. Gran velocidad de ejecución. Cantidad mínima de medios materiales y herramientas (sierras o motosierras), sin uniones mecánicas. Necesidad de un mínimo número de personas para su ejecución en zona no segura (basta una sola persona). | <ul style="list-style-type: none"> Para apea varios forjados, se precisa gran cantidad de madera, resultando poco práctico. |

III.1.2. Materiales ensacados

Además de la madera, resulta habitual encontrar, tanto en la construcción como en ámbitos rurales, materiales en estado granular o pulverulento, con un excelente comportamiento a compresión (ej.: sacos de árido o grano), por lo que, una vez almacenados de la forma adecuada, pueden ser utilizados como elementos resistentes. Prueba de ello son las nuevas técnicas de arquitectura biológica a base de elementos constructivos (estructurales y de cerramiento), a base de tierra ensacada.

En caso de ser necesario, la misma técnica se puede emplear con apeos en elementos horizontales con geometrías similares a los apeos en llaves y, simultáneamente, realizar macizados de huecos en muros verticales, como en los cercados.



Imagen 579. Materiales ensacados

Geometría/ejecución: al ser materiales sólidos sin una unión rígida entre sus partículas, requieren la utilización de algún recipiente que los contenga (sacos) a fin de darles una morfología mínima. La imposibilidad de unión entre los distintos recipientes y la existencia de una mínima ligazón entre recipientes limita su empleo. Aunque con un adecuado diseño, se pueden conseguir elementos de gran altura.

Los sacos más abundantes son los de polipropileno, que soportan hasta 100 kg de peso.

En función del origen del árido o grano utilizado y según la estabilidad del conjunto, se estimará la **resistencia** máxima del sistema en la mitad de la resistencia nominal del material. Ej.: para áridos (seleccionados), no superior a 4 kg/cm².

| Aspectos positivos | Aspectos negativos |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Materiales abundantes y de disponibilidad inmediata. | <ul style="list-style-type: none"> Materiales frecuentemente no homogéneos, lo que hace difícil de predecir el comportamiento real del material. |

III.2. Sistemas traccionados o atirantados

En edificaciones antiguas (muy presentes en los cascos históricos de las ciudades) es muy frecuente que el problema de estabilidad de una edificación se deba a la aparición de esfuerzos imprevistos o incluso a excentricidades de cargas motivadas por un desplome paulatino de la directriz de los elementos constructivos. En caso de riesgo inminente de colapso se procede al atirantamiento del conjunto estructural mediante la composición de triángulos de fuerza generados por:

- Cuerdas:** se valoran las de trabajos verticales (semiestáticas) por estar disponibles en los cuerpos de bomberos.

Para el cálculo del sistema se considera una resistencia mecánica de unos 25 kN/cuerda (algo más de 2.500 kg), pero se debe reducir la misma en un 20%, por la pérdida de resistencia generada por los nudos a realizar. Así, la resistencia media de cada tirante realizado con cuerdas de escalada se estimará en unos 20 kN (unos 2.000 kg).

Este sistema de estabilización es muy efectivo en cubiertas en las que, a consecuencia del fallo en la contención de las tracciones, pueden generarse rápidos desplazamientos de las mismas.

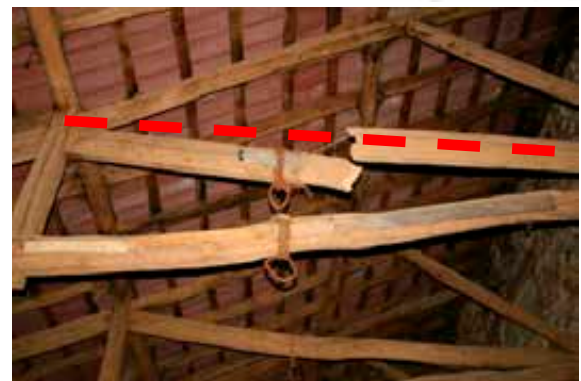


Imagen 580. Cuerdas

- **Tracteles:** sistemas de tensado manual de cables de acero. El planteamiento es semejante al sistema de cuerdas pero con una capacidad de arrastre/resistencia mucho mayor. En cualquier caso, variará notablemente en función del modelo de tractel y su sección de cable.



Imagen 581. Tracteles



Los tracteles utilizados en el CEIS Guadalajara son los Tilfor T13 y T35, con las siguientes resistencias de rotura de sus respectivos cables:

T 13 → Cable Ø11,5 mm → 8.000 kg → 78,4 kN

T 35 → Cable Ø16,3 mm → 16.000 kg → 156,8 kN

Cintas de carraca: cintas textiles de alta resistencia dotadas de un tensor manual, fácilmente utilizables en una intervención de bomberos (cualquier vehículo destinado a transporte de mercancías suele llevar una). Están especialmente aconsejadas en aquellos elementos constructivos en los que sea preciso realizar un zunchado como sistema de estabilización (pilares, depósitos de agua, etc.). El objetivo de esta intervención es optimizar el comportamiento estructural de los elementos, aumentando la resistencia a la compresión por la contención lateral del elemento.



Imagen 582. Cintas de carraca

Antes de iniciar el zunchado es necesario proteger cuantos salientes existan en el elemento estructural, así como no alterar partes estructurales que podrían comprometer su estabilidad. También se deberán colocar protectores en las esquinas para reducir el peligro de daños a las cinchas por corte o rozamiento. La sistemática más sencilla consiste en disponer



Imagen 583. Colocación cintas de carraca

unos tabloncillos en el perímetro exterior que salven los elementos singulares (saliente, voladizos, etc.), sujetados por cintas traccionadas. Una vez colocadas las que se requieran (el número varía en función de su resistencia) se deben tensar de forma progresiva y uniforme.



Las cintas de carraca estandarizadas en los vehículos del CEIS Guadalajara soportan una resistencia de 35 kN

b) Modelos de apeos según el elemento a apaar:

I. Apeos de forjados

Para estabilizar un forjado afectado debemos distinguir cuál es la patología y el tipo de movimiento producido, así como realizar las medidas de reparación necesarias, desde la posición de menor riesgo potencial, distinguiéndose las siguientes tipologías de apeo:

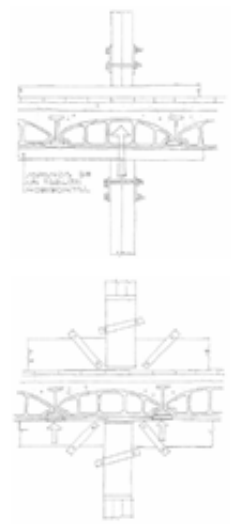
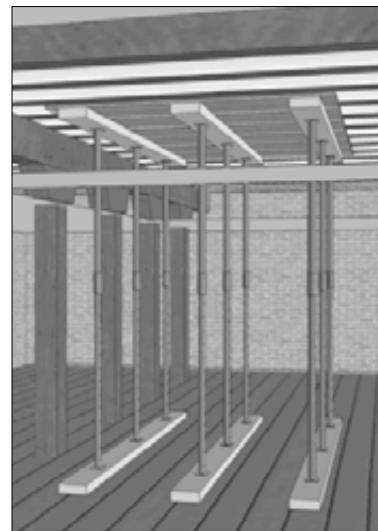


Imagen 584. Apeos de forjados

I.1. Apeos por el interior de la edificación

De entre todos los elementos constructivos a apaar en una construcción, el apeo de un forjado por el espacio interior es el más sencillo de ejecutar, presentando las siguientes características generales:

- **Geometría:** para su realización bastará disponer pies derechos/puntales telescópicos, con sus correspondientes sopandas y durmientes bajo la zona afectada,

en dirección perpendicular a las viguetas (sopanda y durmiente pueden llegar a tener direcciones perpendiculares si cambia la dirección del forjado).

Si el forjado tiene grandes luces, es conveniente apaar también en zonas intermedias.

- **Arriostramiento:** el apeo forma un plano vertical que no está asegurado contra los movimientos laterales, por lo que, al menos el durmiente, debe ser acodalado contra las paredes de la estancia en varios puntos.

- **Continuidad estructural:** siempre que se apeee un forjado, han de apearse también los forjados situados debajo de él, para transmitir las cargas a terreno firme u otro nivel suficientemente resistente (como mínimo los dos forjados sanos por debajo del dañado).
- **Variantes:** en función del elemento a apeear y los puntos a los que transmitir las cargas recogidas por el apeo, distinguiremos las siguientes variantes.

I.2. Apeo para forjado sin apoyo en el piso inferior

En el caso de estructuras adinteladas, a base de muros de fábrica, para aquellos casos en los que se deba descargar un forjado sin posibilidad de transmitir las cargas a su nivel inmediatamente inferior, existen diversos modelos de apeo que posibilitan transmisiones de esfuerzos alternativas:

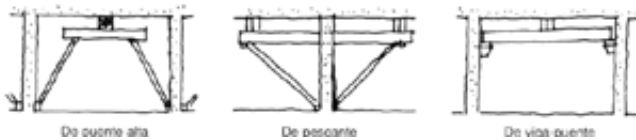


Imagen 585. Apeo para forjado sin apoyo en piso inferior

- **Apeo de puente alta:** la sopanda se apoya en un puente jabalconado y cada jabalcón se apoya, a su vez, en la base de los muros paralelos que conforman la crujía.
- **Apeo en aspa:** es una variante del caso anterior, en la que se ha suprimido el puente y los jabalcones apean directamente sobre la sopanda.
- **Apeo de pescante:** un madero atraviesa el muro y queda dispuesto en voladizo simétrico a ambos lados de aquel; así, ambos extremos del pescante reciben las sopandas de las dos crujías contiguas. Si el vuelo es muy marcado se jabalcona con apoyo en la base del muro, como en el apeo en aspa.
- **Apeo viga-puente:** una viga o jácena apoya en el centro a la sopanda y entrega en los muros de crujía.

Estos apeos evitan la colocación de elementos en plantas inferiores y, además, facilitan el movimiento de operarios y materiales durante la reparación, a diferencia de los anteriores, que suponen un verdadero bosque de maderos o puntales, dificultando en alto grado los trabajos a realizar.

Por el contrario son muy elaborados, con elevados tiempos de ejecución.

I.3. Apeo de forjado en voladizos

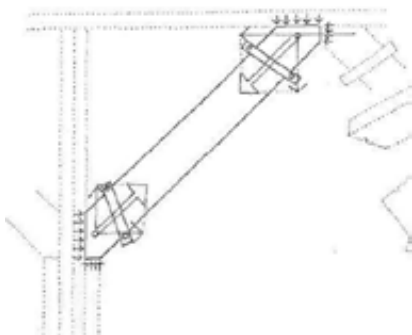


Imagen 586. Apeo en forjados voladizos

Variante de apeo para forjados en ménsula o aleros, en la

que según los puntos de apoyo próximos, podremos aplicar distintos modelos de estabilización, siendo el elemento característico el jabalcón.

II. Apeos de jácenas y vigas maestras

II.1. Apeo para jácenas

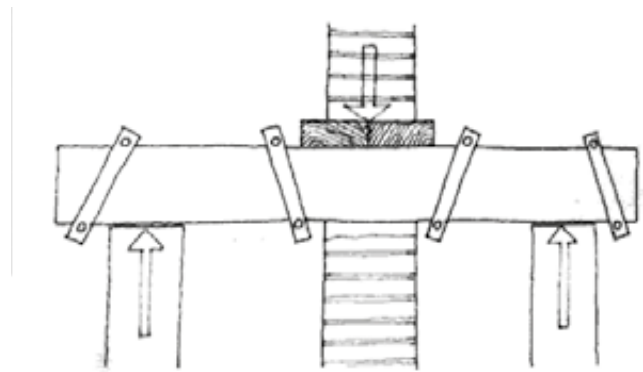
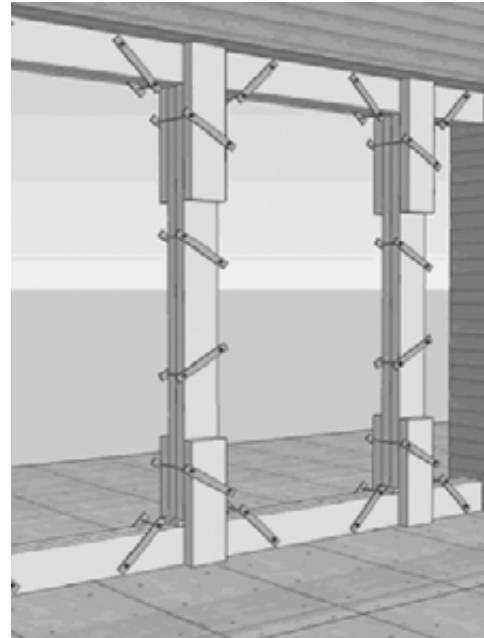


Imagen 587. Apeo para jácenas

El apeo para contener la deformación potencial de la viga maestra, se efectuará mediante pies derechos, cuya sopanda y durmiente deberá presentar dirección perpendicular a los nervios de la estructura resistente con la que están en contacto; incluso a pesar de que ambas direcciones no coincidiesen.

El apeo se deberá continuar en los pisos inferiores hasta terreno firme, o según el criterio expuesto en el presente manual, hasta un mínimo de dos forjados sanos por debajo del piso del elemento dañado.

Complementariamente a lo anterior:

- a) Si el apeo directo a la jácena no es posible, se descargarán todos los forjados que soporta.
- b) En el caso de vigas de gran carga, en las que se pueda prever movimientos laterales, para descargar la jácena, podrán usarse aspillas o puentes de apeo.
- c) Si sobre la jácena carga un muro, también habrá que

aparlo, pudiendo realizarlo con tornapuntas, o bien con viga aguja, que descansen sobre sopandas sostenidas en pies derechos.

III. Apeo de muros

El apuntalamiento de muros es el más variado, las distintas posibles soluciones difieren en función del tipo de lesión y de la situación del muro en el edificio. Según el caso, se realizará con apuntalamientos horizontales, verticales, inclinados o una combinación de ellos.

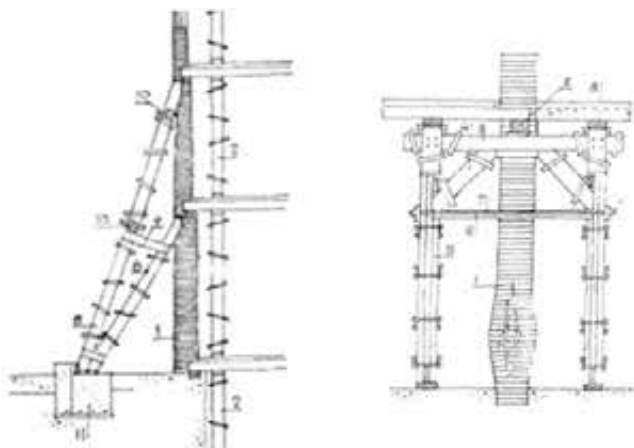
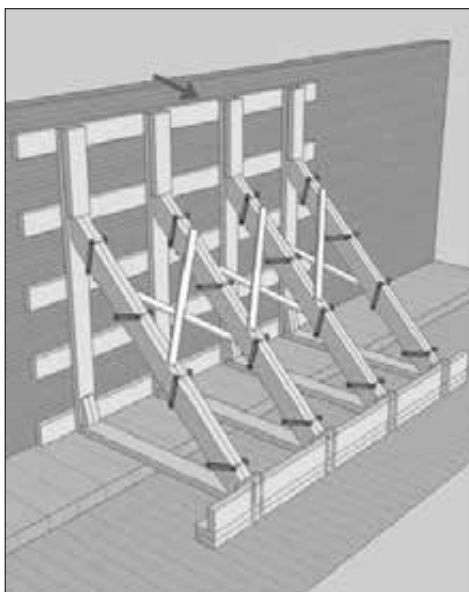


Imagen 588. Apeo de muros

Se pueden distinguir los siguientes modelos básicos:

- **Tornapuntas simples:** se emplean cuando se desea evitar el cedimiento o desplome de un muro de fachada. El procedimiento habitual es la utilización de tornapuntas de sección de doble o triple tablón, acodalados entre el suelo y el muro gracias a un durmiente y una vela, o una zapata mural.
 - Como norma general, el apoyo en el muro debe recaer, si es posible, debajo de las carreras o bien bajo el forjado.
 - En función de los daños y de la esbeltez del elemento a apelar, en ocasiones se efectúan apuntalamientos con tornapuntas paralelos que se disponen en un mismo plano y apoyan en el muro a través de

una zapata mural.

- **Tornapuntas a varias alturas:** también denominado “en abanico”, se utiliza para apeos de gran altura y se caracteriza geométricamente en la recepción de esfuerzos del muro dañado en una zona vertical más amplia.
 - Consiste en utilizar tornapuntas paralelos, situados en el mismo plano vertical y sustituir frecuentemente las zapatas murales verticales por las tradicionales muletillas.
- **Apeo con asnillas:** se utiliza para descargar la parte inferior de un muro dañado. Consiste en la colocación de agujas en huecos pasantes realizados previamente por encima de la lesión. Soportan la parte superior del muro y su carga. Los extremos de cada aguja se apoyan en pies derechos o en parejas de tornapuntas que, a su vez, reposan sobre durmientes.
- **Apuntalamientos en muros interiores:** en este caso se apean las vigas o forjados que descansan en el muro, como se hace en el caso de los pilares, ya que se pretende recoger todas las cargas que actúan sobre el mismo.
- **Acodalado de muros:** estabilización que tiene como objetivo evitar el vuelco de elementos estructurales de carácter vertical o del edificio que sustentan. Se utilizan para la estabilización sistemas acodalados que se apoyan en un segundo muro o con una estructura paralela a la afectada.
 - Este modelo de apeo, que tiene una longitud máxima de 8 m entre muros o estructuras paralelas, presenta la particularidad de que liberan la base del elemento a apelar. Para su ejecución se utilizan codales auxiliados por tornapuntas que descansan en los elementos verticales mediante zapatas murales que no tocan el suelo.
- **Apuntalamientos en muros de contención:** la forma de apuntalamiento de esta tipología estructural depende del tipo de lesión que se presente (deslizamiento sobre el plano de asiento o vuelco, etc.):
 - En el caso de deslizamiento se debe apelar horizontalmente, acodalando la base y reforzando el codal con tornapuntas a media altura para evitar el inminente desplome.
 - Si la lesión producida es un vuelco, se apea con tornapuntas en la parte superior del muro.
- **Recercados:** apeo característico de los muros de carga, que propicia el refuerzo de los puntos más débiles a fin de darle rigidez al conjunto. Dichos apeos han sido recién expuestos en elementos compuestos de los apeos.

IV. Apeo de pilares

Geometría: como regla general, para apelar las cargas de un pilar dañado, se colocarán adosados a éste dos pies derechos con orejas, que recojan la carga previamente al pilar y la transmitan a las vigas del forjado inmediatamente inferior.

Un caso muy frecuente y con problemática específica es el apeo de los pilares de plantas altas, ya que a diferencia de los pilares de planta baja, no hay un forme resistente donde apoyarse, por ello, dicho apeo deberá presentar las siguientes prescripciones, en la transmisión de cargas a los niveles

inferiores:

- Los pies derechos de madera o puntales metálicos, deberán estar perfectamente alineados en todas las plantas, calando al forjado mediante taladro.
- Deberá calcularse la capacidad resistente del forjado.

Como punto de partida en ambos modelos de apuntalamiento de forjados, se deberán descargar todos los elementos que acometen al pilar (forjados, vigas y resto de pilares), elemento vertical, como paso previo a su reparación.

La problemática viene hacia dónde conducir los esfuerzos, para lo que existen dos soluciones básicas:

- Tornapuntado de la cabeza de los pilares y transmisión de sus cargas a la base de un muro de carga próximo.
- Ejecución de un puente o tornapuntas sin transmisión a la base de muros de carga, debiendo constituir un apeo de dichas cargas en vertical, hasta un mínimo de tres forjados sanos bajo el apeo o hasta el terreno. Como regla general, el apeo se construirá de abajo hacia arriba para, una vez presentado, proceder a su templado progresivo.

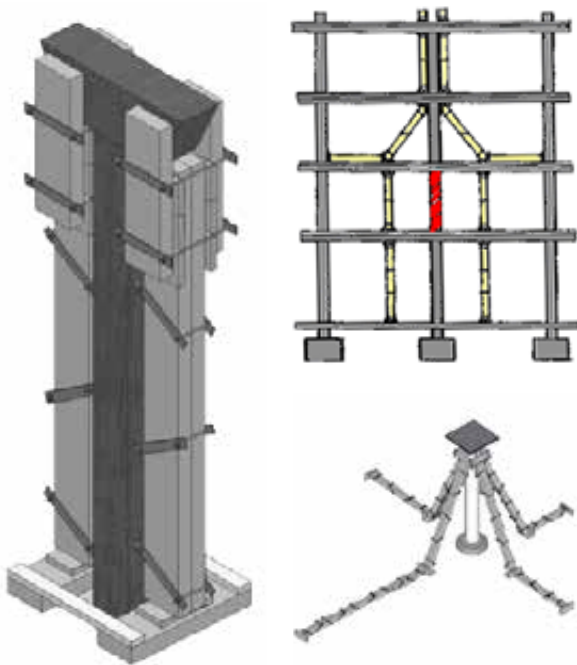


Imagen 589. Apeo de pilares

V. Apeo de cimientos

La reparación de cimentaciones en la actualidad se ha hecho suficientemente compleja como para intentar desarrollar en un breve texto todas las posibilidades técnicas existentes, por ello, consideraremos en el presente apartado los casos más genéricos de apeo:

Para la descarga de las cargas recibidas por una cimentación, el punto de partida de todas las soluciones empleadas será el mismo: derivación o descarga de todas las acciones gravitatorias transmitidas por el conjunto de la estructura que a ella llegan mediante la combinación de los siguientes sistemas básicos:

- Sistemas a compresión: tornapunta y puntales.
- Sistemas a flexión: agujas.

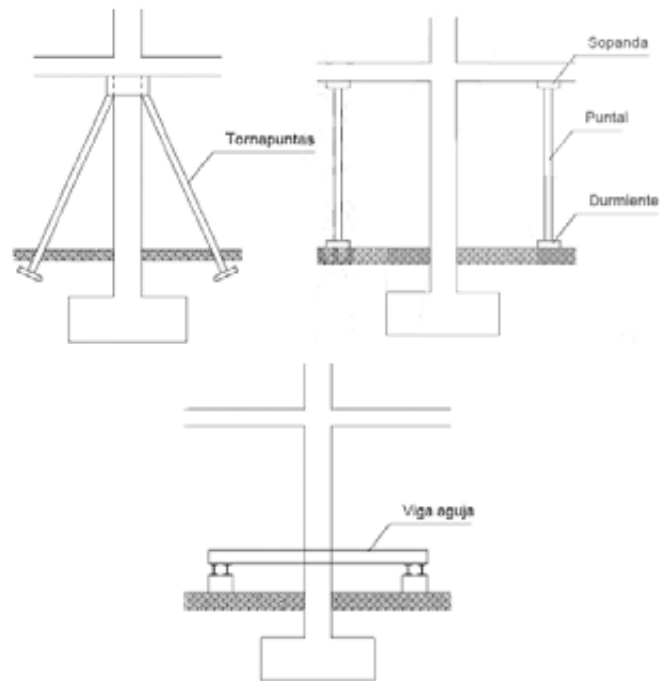


Imagen 590. Apeo de cimientos

Zapatas corridas:

- Cimentaciones corridas de muros accesibles por ambos lados: apeo mediante agujas.
- Cimentaciones corridas medianeras (inaccesibles por uno de sus lados): la forma más elemental del apeo consistirá en la utilización de agujas trabajando en palanca. Sin embargo, este método quedará restringido a casos de escasa carga.

Zapatas aisladas:

- Zapatas del centro del edificio: ejecución de 2/4 tornapuntas que recojan la carga en su cabeza y las transmitan bien a otras cimentaciones próximas, bien a un terreno resistente y convenientemente acodadas.
- Zapatas de medianería: apeo mediante sistema de puntales paralelos a la medianería.
- Zapatas de esquina: apeo, por el interior, mediante sistemas de puntales y, por el exterior en planta baja, mediante tornapuntas.

VI. Otros apeos

- Elementos de generatriz curva: arcos y bóvedas.

Los elementos imprescindibles para un apeo de un arco o bóveda tienen que reunir las siguientes características:

- Reducir la forma del intradós.
- Permitir el asiento de los materiales y su descimbrado.
- Ser indeformable y transmitir las cargas a carreras y puntales.

Apeos de arcos: el apeo debe ajustarse al máximo a la generatriz del arco. Para ello hay que obtener una plantilla y con ella construir el apeo.

Cuando vanos y cargas son relevantes, además del apeo en el plano del arco, deben organizarse arriostramientos transversales para evitar el vuelco.

Apeos de bóvedas y cúpulas: el apeo tiene lugar por sujeción de cimbras a lo largo de la traslación del arco (bóvedas) o por giro del mismo (cúpula).



Ejemplo de apeos utilizados en un servicio de bomberos (CEIS Guadalajara):

Una cuestión básica para el éxito de una estabilización es que todo el personal tenga claro el objetivo a conseguir, para lo cual en todos los servicios se estandarizan protocolos y procedimientos de intervención en incendios o rescates, es igual de necesario implantar unos apeos sencillos con capacidad resistente contrastada y que todo el personal tenga automatizados. Desde el área operativa del CEIS Guadalajara, se ha implantado una colección de apeos para las casuísticas más frecuentes, con tiempos de ejecución controlados y capacidad resistente conocida:

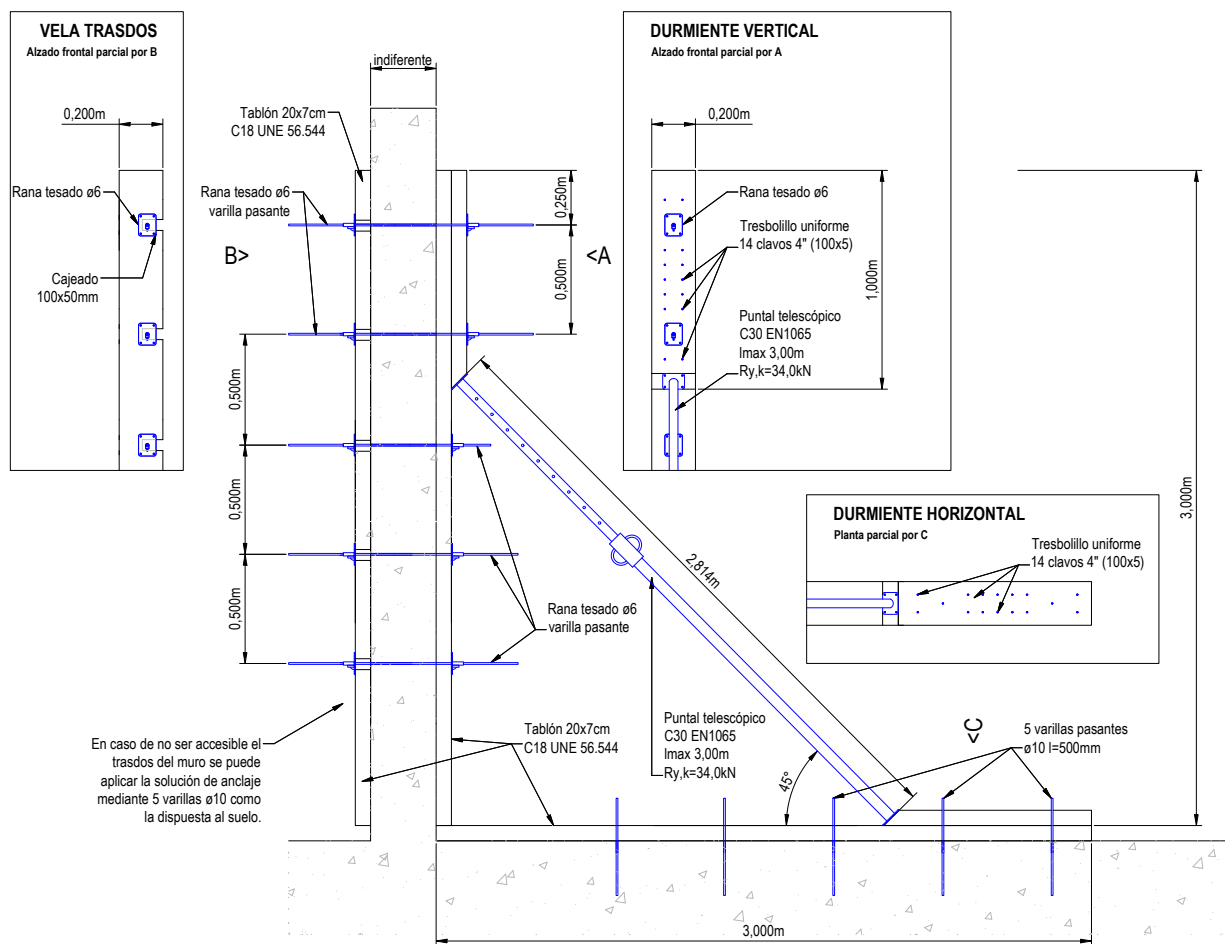


Imagen 591. Esquema de apeo

3. PAUTAS DE EJECUCIÓN DE ESTRUCTURAS AUXILIARES (FASES)

La realización de un apeo precisa tener presente el uso correcto de las piezas que lo conforman, ya que debe construirse una estructura con piezas sueltas que trabajan casi siempre como uniones articuladas, es necesario que los enlaces de las piezas no se desplacen, ya que en tal caso, el apeo dejaría de cumplir su finalidad. La forma de llevarlo a cabo es la siguiente:

3.1. DIMENSIONADO

El número de puntales, su separación y el tamaño de los durmientes han de seleccionarse teniendo en cuenta que han de

transmitir todas las cargas del edificio que se apea al terreno. Por lo tanto, se debe conocer la resistencia de los elementos disponibles (tablones, puntales telescópicos) para calcular el número de elementos necesarios y su localización.



Es preferible ejecutar siempre sistemas de apeos estandarizados y predefinidos que faciliten la rapidez de cálculo y ejecución.

3.2. TOMA DE MEDIDAS Y CORTES

Una vez determinada la geometría del apeo, se procederá a determinar las dimensiones y ángulos de las piezas a través del empleo de cintas métricas, escuadras, escantillones, etc.



A la longitud total de la pieza, hay que restar dos gruesos del tablón de la sopanda y durmiente, más un margen de dos centímetros para el acuñado (esta medida puede variar en función del tamaño de las cuñas).

Los cortes se deben realizar después del trazado con una escuadra de carpintero y evitar en la medida de lo posible encuentros que mermen la sección de la madera como son los realizados en ángulo o cruce.

3.3. EMBRIDADO DE TABLONES

Conviene que las piezas principales del apeo (pies derechos, tornapuntas, codales...) no estén compuestas por tabloneros sueltos, sino en grupos de dos o tres tabloneros embriados con la finalidad de evitar pandeos anormales de la pieza por nudos u otros defectos de la madera.

3.4. SUJECIÓN DE LOS DURMIENTES

Debe buscarse una zona en el suelo o nivel de apoyo con la resistencia suficiente y prepararse adecuadamente para que se impida el deslizamiento del durmiente, lo que se logra mediante:

- Cajeados.
- Riostras en todos los durmientes.
- Codales contra los muros de carga.
- Anclaje con redondos.

3.5. PIEZAS EN CONTACTO DIRECTO CON MUROS

En las piezas que estén en contacto con muros y sea posible la aparición de cizallamientos (puntales telescópicos, pies derechos, agujas, etc.), para recoger directamente el esfuerzo de los muros, se debe instalar como elemento de contacto una pieza de madera. A poder ser anclada con pasadores y fijada por ranas.

3.6. MONTAJE DE UN APEO

Una vez reunidas todas las piezas, se procede a clavar las piezas horizontales a las verticales (de arriba abajo): la sopanda se clava a dos de los pies derechos, elevando a continuación el conjunto y se sitúa sobre el durmiente y se aploma. Se prosigue con el montaje del resto de elementos, pies derechos, cuñas, riostras, etc.

3.7. APLOMADO DE LAS PIEZAS

Las piezas verticales tienen que quedar completamente aplomadas para que su trabajo resulte eficaz, si es necesario, colocar varios pies derechos en fila, perfectamente alineados.

3.8. ACUÑADO DEL APEO

Para poder colocar en su posición los pies derechos o tornapuntas, se sierran ligeramente más cortos que la distancia necesaria. El pequeño hueco se maciza entre el durmiente y el pie derecho con dos cuñas enfrentadas que se aprietan a la vez y que sirven para templar el apeo y ajustarlo.

3.9. EJECUCIÓN DE PIEZAS

En apeos de madera, aunque todas las piezas queden sujetas entre sí, han de elevarse con clavos para asegurar las uniones y evitar pequeños movimientos producidos por la humedad y las variaciones térmicas que ocasionalmente pueden llegar a desplazar totalmente las piezas de su sitio.

3.10. ARRIOSTRAMIENTO

Los apeos deben siempre arriostrase triangulando al conjunto de pies derechos o tornapuntas con riostras, piezas alargadas y de poca sección que trabajen a tracción. Se fijan las piezas principales utilizando cruces de San Andrés para evitar su desplazamiento y que trabajen de forma conjunta.



Imagen 592 Dimensionado



Imagen 593. Toma de medidas



Imagen 594. Cortes



Imagen 595. Embrido



Imagen 596. Sujeción de los durmientes



Imagen 597. Piezas en contacto con muro



Imagen 598. Anclaje de velas a muro



Imagen 599. Montaje del apeo



Imagen 600. Aplomado, acuífado y claveteado



Imagen 601. Ejecución de piezas



Imagen 602. Apeo en muro

4. TÉCNICAS DE DEMOLICIÓN

Atendiendo a su definición, se considera que **derribo** o **demolición** es la acción de destrucción o desmontaje de un elemento constructivo. Es el último recurso llevado a cabo por los cuerpos de emergencia para evitar su desprendimiento o colapso, ante la imposibilidad de estabilizarlo o apearlo.

Su alcance puede ser **total** (aquél en que se abate la totalidad de la edificación) o **parcial**, cuando afecta parcial o totalmente a los subsistemas o a algunos elementos concretos de un edificio. Este tipo de derribo es el más habitual en los trabajos de rehabilitación.

Existen los siguientes tipos:

4.1. DEMOLICIÓN ELEMENTO A ELEMENTO

Este sistema es el empleado principalmente en derribos de pequeña envergadura o como preparación de la demolición total de la edificación.

Es el método más común, ya que los edificios suelen estar entre medianería, lo que frecuentemente hace imposible la adopción de otros métodos.

Este modelo de derribo se caracteriza por ser:

- **Gradual:** ejecución de forma gradual, controlando que no tengan lugar desplomes parciales.
- **Continuo:** debiéndose evitar dejar elementos o grupos de elementos inestables.
- **Ordenado:** se empieza por arriba y se va descendiendo sin acumular escombros ni sobrecargar ninguna parte. Los elementos resistentes se derriban, como norma, en el orden inverso a su construcción, es decir:
 - Descendiendo planta a planta.
 - Aligerando las plantas de forma simétrica para evitar deformaciones en la estructura.
 - Aligerando la carga que gravita en los elementos, antes de proceder a su demolición.
 - Contrarrestando o anulando los posibles empujes horizontales de la edificación.
 - Apuntalando los elementos salientes si resulta necesario (los voladizos).
 - Introduciendo o manteniendo los arriostramientos precisos.

4.2. DEMOLICIÓN POR COLAPSO MEDIANTE MEDIOS MECÁNICOS

- Por **empuje:** consiste en usar la acción de empuje de maquinaria robusta y potente, tipo buldócer, retroexcavadora o similar. Se caracteriza por:
 - El empuje se debe producir siempre en el cuarto superior de la altura de los elementos verticales y siempre por encima de su centro de gravedad.
 - Es un procedimiento limitado a demoliciones de elementos situados en planta baja o primera, depende de la altura máxima de trabajo que la maquinaria disponible pueda alcanzar.
 - Los cuerpos de bomberos no disponen de dicha maquinaria, por lo que su disponibilidad y limitaciones de uso, vienen condicionados por terceros.
- Por **tracción:** método de demolición que puede resultar muy eficaz si se dispone de suficiente distancia de seguridad para ejercer las tracciones sobre los elementos a demoler. Los elementos han de ser debilitados con anterioridad en las zonas más sensibles para su estabilidad y luego son derribados por tracciones progresivas que evitan todo movimiento brusco no deseado.
 - Para la ejecución de dicho modelo de demolición se pueden utilizar todas las herramientas de las que se disponga y que puedan generar tracciones. Sin embargo, se intentará ejecutar por medios mecánicos suficientemente sobredimensionados (excavadoras, buldóceres, tractores...).
- Por **corte y perforación:** Los cuerpos de bomberos disponen de numerosos medios mecánicos para realizar el desmontaje de pequeños elementos constructivos como saneamiento o incluso como preparación de derribos de mayor envergadura por empuje o tracción. Para su ejecución se podrá disponer, entre otros, de:



- Motosierra.
- Motosierra de salvamento.
- Tronzadoras.
- Equipos hidráulicos de corte y separación.
- Sierra sable.
- Etc.



Demolición por empuje



Demolición por corte



Demolición por perforación

Imagen 603. Demoliciones

5. PAUTAS DE EJECUCIÓN DE DEMOLICIONES (FASES)

Cuando se acomete la demolición total o parcial de una construcción se deben analizar previamente las consecuencias que se pueden derivar de la misma ya que, en ocasiones -y si no se toman las debidas precauciones-, el derribo puede dejar de ser controlado y provocar lesiones indeseables o incluso producir una auténtica catástrofe.

Los trabajos de derribo o demolición comprenden las siguientes fases:

1. Recogida de datos/aviso:

La intervención comienza desde el mismo momento del aviso, con la recogida de información disponible. Resulta básico descartar la afectación de elementos estructurales y la cota o el número de plantas en la que se encuentra el elemento afectado desde su vertical. Este dato puede modificar el tren de salida asignado (ej.: movilización de vehículos en altura) y el replanteo de los medios materiales a movilizar (ej.: apeos, cuerdas y elementos de anclaje, etc.).

2. Inspección:

Una vez en el lugar, se contrasta toda la información recibida

y se amplía con todos los datos disponibles, tanto por vía personal (propietarios, vecinos o testigos), así como documental (planos o fotos).

Esta es la **fase más importante** para resolver el problema de manera correcta, por lo que se debe realizar de la forma más exhaustiva posible. Son básicos los datos relativos a:

- Antigüedad del edificio.
- Estructura general.
- Materiales con los que se construyó.
- Edificios medianeros.

3. Evaluación del derribo:

Una propuesta básica de evaluación sistemática de la situación podría ser la que da respuesta a los siguientes aspectos. Permite efectuar una evaluación del derribo, tipo, orden y organización de los trabajos:

- Síntomas de la lesión: desprendimiento, grietas, abombamiento, etc.
- Elemento constructivo implicado: estructural o complementario.
- Accesibilidad.
- Causas.
- Riesgos sobre terceros o la vía pública.

4. Organización de los trabajos:

Una vez efectuado el reconocimiento y valorado el derribo que debemos realizar, se procede a la organización y ejecución de los trabajos. Hay que tener en consideración todos los medios de protección necesarios con el objetivo de evitar accidentes a los equipos que intervengan y a terceros.

Siempre deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Delimitación de las áreas de riesgo (intervención, socorro y apoyo) y adopción de las medidas de seguridad necesarias para el personal en todas ellas. Según las características de la situación, puede ser suficiente con que el perímetro se señale con cintas de balizamiento o vallas.
- Petición de personal, vehículos y herramientas (andamios, medios para almacenaje o retirada de escombros, etc.).
- Medidas de protección y de consolidación de los edificios colindantes.
- Anulación de instalaciones ya existentes.
- Potencial ejecución de apeos.
- Trabajos de derribo, según el método y el procedimiento a realizar.

6. INTERVENCIONES MÁS FRECUENTES DE LOS CUERPOS DE BOMBEROS

- Desprendimiento de materiales de acabado de fachadas: alicatados, aplacados, acabados continuos, etc.
- Grietas, fisuras y desprendimientos en cubiertas, petos, aleros y hastiales.

- años en balcones y voladizos.
- Daños en barandillas y balaustradas.
- Otros elementos:
 - Canales.
 - Carteles y luminosos.
 - Aire acondicionado.
 - Antenas.
 - Toldos.
 - Etc.

7. PARTICULARIDAD DEL DESPRENDIMIENTO DE FACHADAS

La intervención por demolición más frecuente en los cuerpos de bomberos es, sin duda alguna, las fachadas debido a su continua exposición a los agentes meteorológicos.

Hay dos modelos de derrumbes o inestabilidad:

7.1. PROBLEMAS DE INESTABILIDAD LOCAL

Toda fachada suele sufrir problemas de estabilidad local en sus puntos singulares:

- **Cornisas:** parte superior y más saliente de una edificación que tiene como función principal evitar que el agua de lluvia incida directamente sobre el muro o se deslice por el mismo, además de rematar el edificio.
- **Aleros:** parte de la cubierta que sobresale por la parte superior de la fachada.
- **Gárgolas:** piezas de desagüe sobresaliente por la que se proyecta el agua de la vertical del muro de la fachada.
- **Albardilla:** tejadillo que hay en la parte superior de los muros resguardado del agua de lluvia.
- **Frentes de forjado:** piezas prefabricadas de hormigón polímero que pueden tanto cubrir el frontal de la estructura del piso de cada planta en un edificio, como los balcones y terrazas del mismo, con el fin de evitar filtraciones de agua y rematar la fachada.



Cornisas

Aleros

Gárgolas



Albardilla



Frentes de forjado

Imagen 604. Problemas de inestabilidad local

7.2. PROBLEMAS DE INESTABILIDAD GENERAL

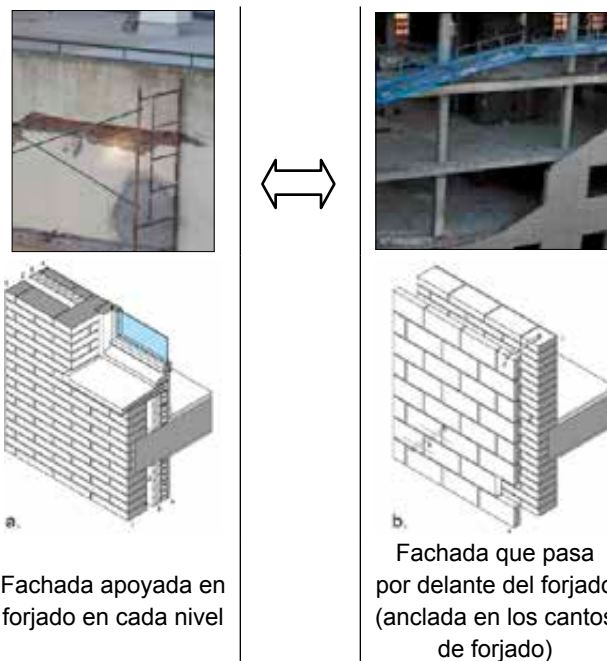
Para entender los verdaderos problemas de estabilidad de una fachada, los clasificaremos en función de su conexión con los forjados:

Fachadas que en cada nivel se apoyan en los forjados: son las fachadas tradicionales. se elevan de forjado a forjado, presentando un menor espesor a la altura de su canto. Son los más seguros y, salvo problemas de inestabilidad mayores, no suelen presentar patologías serias.

Fachadas que se desarrollan por delante del canto de forjado: son fachadas más modernas que las anteriores, presentando la fábrica trazado continuo por delante del canto del forjado y anclándose a este por grapas y barras de acero. Dado que los anclajes están ocultos, con el paso del tiempo acaban fallando, por lo que son las más problemáticas.

Las primeras suelen sufrir desprendimientos de los materiales situados entre forjado y fachada, pero se suelen arreglar con un saneado de las piezas dañadas.

Las segundas suelen tener problemas de desprendimientos de paños completos, son realmente peligrosas y su reparación es compleja.



Fachada apoyada en forjado en cada nivel

Fachada que pasa por delante del forjado (anclada en los cantos de forjado)

Imagen 605. Problemas de inestabilidad general

8. EPI

Como en toda intervención de bomberos, todo participante deberá estar equipado de acuerdo a los riesgos a los que se ha de enfrentar. Por ello, el equipamiento mínimo que ha de portar un interviniente en la ejecución de cualquiera de los elementos de estabilización de un edificio, o demolición de un elemento constructivo, deberá constar de los siguientes EPI.

Si bien la presente colección de manuales desarrolla los EPI de bomberos de forma pormenorizada, con carácter genérico



y dado que cada cuerpo de bomberos tiene un equipo distinto, se indican a continuación las características mínimas que dichos EPI deberán guardar para cumplir adecuadamente su función:



Imagen 606. EPI

Casco:

- Cumplimiento de la EN397.
- Anclajes: Estar dotado de un sistema completo de fijación basado en:
 - Red ratchet.
 - Barbuquejo y barbuquejo de tres puntos.
- Gafas de protección ocular incorporadas

Chaquetilla y pantalón:

Dado que los cuerpos de bomberos son equipos multirriesgo, no suelen disponer de chaquetilla, pantalón o mono específicos para derrumbes, por lo que salvo presencia de un riesgo

específico, su uso será apto para las intervenciones tratadas en el presente manual. En cualquier caso, se recomienda que presenten refuerzo en codos, hombros y espalda.

En aquellas situaciones en las que la estabilización vaya acompañada de daños por agua o socavones, inestabilidades debidas a incendio, etc., deberá complementarse con protecciones adicionales (Ej: vadeadores).

Botas:

- Cumplimiento de la EN345-2.
- Si bien es común que cada bombero disponga de varios modelos de calzado, en caso de estabilizaciones o apeos, se deberá hacer uso de las “botas de intervención”, que deberán contar con los siguientes elementos mínimos:
 - Caña alta.
 - Puntera antideformación (acero).
 - Plantilla antiperforación.

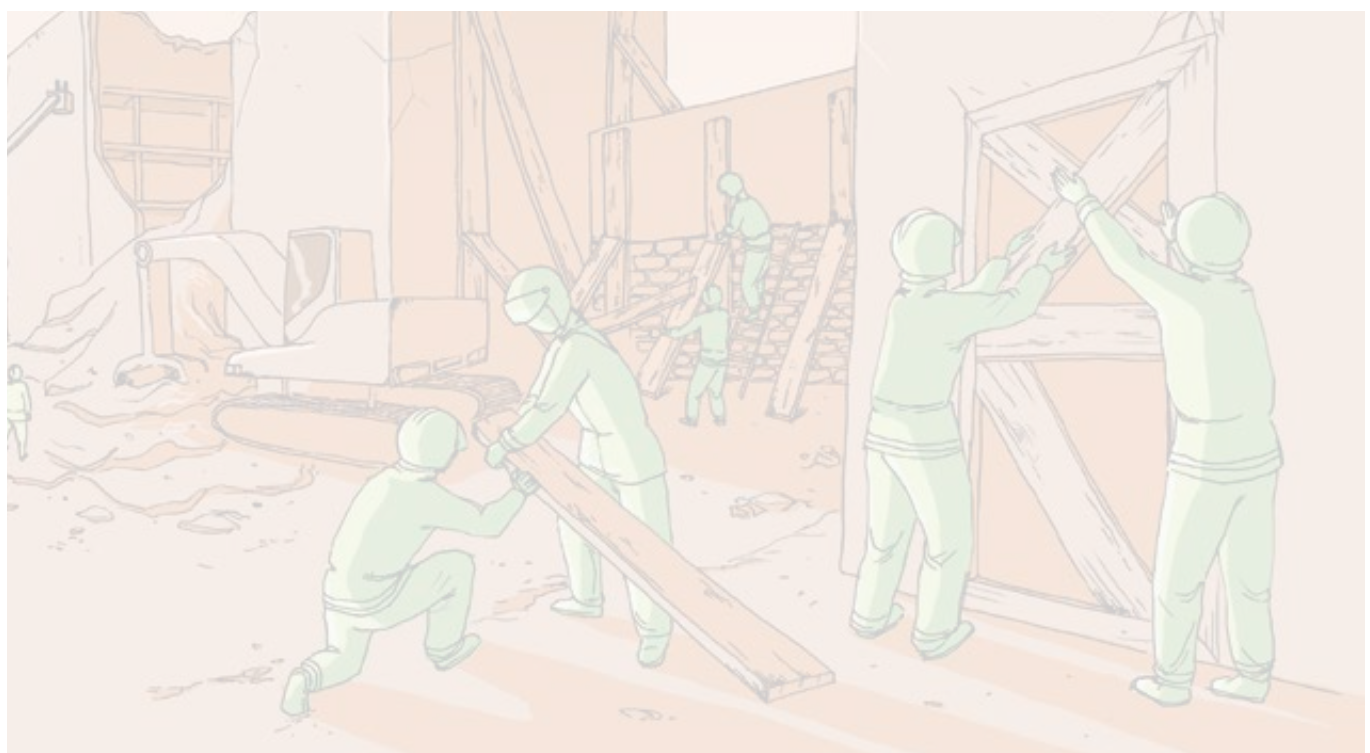
El uso de dichos modelos genéricos de botas es suficiente para hacer frente a prácticamente cualquier riesgo complementario al que nos debemos enfrentar en una estabilización: Riesgo eléctrico, NBQ, humedad limitada.

Guantes de trabajo:

- Cumplimiento de la EN388.
- Protección mínima:
 - Abrasión: 4
 - Corte cuchilla: 5
 - Desgarro: 4
 - Perforación: 1



Manual de Equipos Operativos y vehículos para consultar en detalle las características de los EPI.





CAPÍTULO

3

Valoración



La valoración comprende todas las acciones encaminadas al análisis integral de la patología (inspección y evaluación), con el fin de determinar qué técnicas de estabilización es preciso aplicar. Se pueden distinguir las siguientes fases:

1. INSPECCIÓN

1.1. RECONOCIMIENTO DE LA EDIFICACIÓN

La premisa principal desde la que actúan los equipos de bomberos consiste en adoptar, en muy breve espacio de tiempo, soluciones eficaces para neutralizar la situación de peligro y de riesgo. Sin embargo, las decisiones no se deben basar en análisis incompletos o poco rigurosos.



Siempre es necesario (salvo en casos en los que la vida corra un peligro inminente) efectuar un primer **reconocimiento rápido** para disponer de una visión global del alcance de la patología y, a continuación, realizar un **análisis sistemático** integral y exhaustivo del edificio antes de aplicar solución alguna.

- **Reconocimiento rápido:** consiste en buscar indicios que apunten a un colapso inminente del edificio como pueden ser:
 - **Muestras de ruina inminente**, que conllevan el desalojo inmediato.
 - **Riesgo de desplome** de elementos constructivos a la vía pública (hay que señalar, balizar y delimitar un perímetro de seguridad).
 - **Instalaciones afectadas.**
 - Determinar el número de **ocupantes del edificio**, así como su edad y condiciones físicas (valorar la capacidad de valerse por sí mismos en una eventual evacuación).
- **Análisis sistemático:** una vez asegurada la estabilidad mínima del conjunto arquitectónico se empieza a recabar información sobre el estado real del edificio. Los siguientes datos resultan de especial interés:
 - Características geométricas de las **razones de la patología**.

- Ubicar, cuantificar y estudiar la forma de los **síntomas**.

El trabajo en y alrededor de conjuntos constructivos inestables, es intrínsecamente peligroso, en la imagen de más abajo se ilustran varios de los riesgos más frecuentes:

- a) **Búsqueda geométrica del origen de la patología:** dado que únicamente se pueden aplicar soluciones cuando se ha localizado el origen de la patología, la primera acción es localizar el punto geométrico en el que se ubica el origen de la patología. En caso de duda, lo adecuado es implantar un proceso básico de búsqueda que, aunque se trata de un método limitado, acota con bastante exactitud los puntos a analizar de cara a adoptar las primeras medidas preventivas:
- Las **grietas** se producen por esfuerzos de tracción en la edificación.
 - Las grietas son fruto de tensiones que tienden a separar los materiales que componen el elemento constructivo. Así, si aparece una grieta en una fachada, cerramiento, tabique o muro, el esfuerzo de tracción se localiza **perpendicularmente** a ella.
 - La dirección de la grieta respecto a la del esfuerzo que soporta el elemento constructivo está señalando el peligro que conlleva. Cuanto más horizontal es una grieta en un muro de carga, más peligrosa resulta, ya que anuncia el desplome inminente del elemento.
 - Las grietas verticales indican la existencia de un patología en el plano del suelo (Ej.: hundimientos pilares), o en un plano paralelo a este (Ej.: empujes de forjados).
 - Se debe considerar tanto la evolución como el tamaño de las grietas. Las fisuras y las grietas son importantes solo cuando afectan a elementos estructurales; si no, solo indican ligeros movimientos.
 - Los **abombamientos** se generan por la compresión de los elementos estructurales.

Instalaciones y equipos pesados en el techo, tales como unidades de aire acondicionado o grandes depósitos de agua, pueden caer desde (o a través), de un techo dañado

Probable caída de secciones de suntuo o paneles de pared, soportados sólo por armados de acero

Cristales rotos, riesgo de caída desde ventanas con viento ligero

Explosiones o impactos posteriores, pueden producir más caídas de objetos y también causar nuevos derrumbes



Imagen 607. Análisis sistemático



Tomando como referencia la directriz de las grietas, se trazan líneas perpendiculares a las mismas y así se puede localizar su origen en el punto en que confluyen.

- b) Diagnóstico de la causa material de la patología: consiste en la valoración o cuantificación de la patología de una edificación y sus causas. Determina la posibilidad o imposibilidad de reparar los daños. Para la adecuada realización de un diagnóstico se debe aplicar un proceso inverso de la relación causa-efecto del proceso de ruina. (ver Imagen 608).

Imagen 608. Diagnóstico de la causa material de la patología

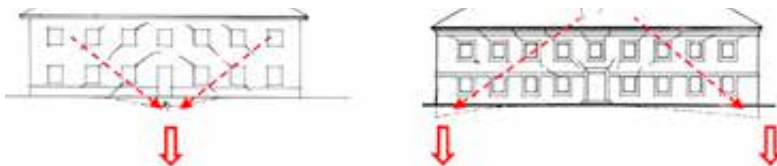
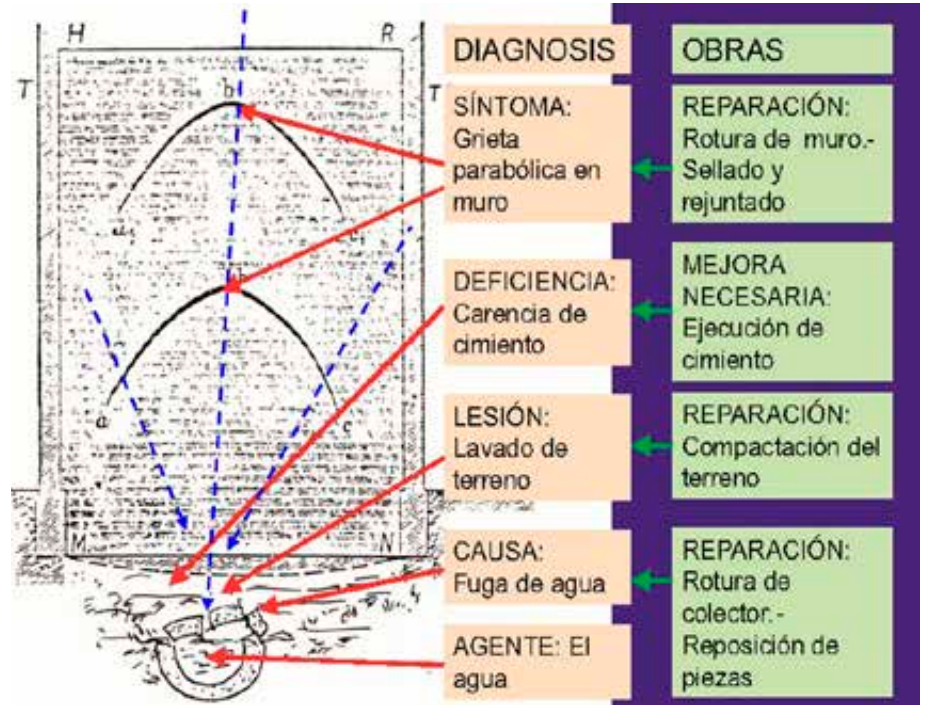
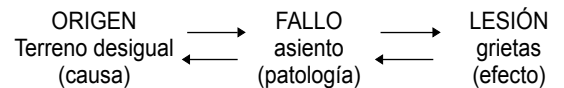


Imagen 604. Abombamientos y otras lesiones

1.1.1. LECTURA DE LA PATOLOGÍA. RELACIÓN CAUSA- EFECTO

Relación causa-efecto

(Necesidad de efectuar lectura al revés)



Las grietas son síntomas de lesiones, al estudiarlas se deben deducir las causas que las generan para que, una vez cuantificadas, se pueda determinar si la recuperación es o no viable.

El origen de las lesiones es casi tan diverso como edificios afectados existen y raramente obedecen a una única la causa. Esto hace que un diagnóstico exacto sea especialmente complicado y, en la práctica, resulta imposible precisar hasta cuando el edificio podrá mantener el estado de equilibrio.

Tanto la formación técnica como, sobre todo, la experiencia resultan fundamentales para llevar a cabo un primer examen que nos sugiera la causa del deterioro. Ahora bien, para descubrir la verdadera magnitud se deben realizar reconocimientos más exhaustivos practicando catas, observando elementos ocultos y controlando (gracias a los elementos testigo) la rapidez de los movimientos que generan las lesiones.

Los elementos testigo pueden consistir en películas de yeso blanco o bien en un par de vidrios con retículas que se fijan cada uno a un lado de la grieta y permiten señalar su progresión.

Cuando ya se conocen las causas que han originado las lesiones y la magnitud de estas, existen dos opciones:

- Que el edificio se encuentre en estado de ruina y no resulte apto para su uso.
- Que los daños se puedan reparar, en cuyo caso se plantea y realiza un apeo para realizar los trabajos necesarios de consolidación.

1.1.2. PATOLOGÍA ↔ SÍNTOMAS

Por lo general, las patologías que afectan a las intervenciones de los equipos de bomberos pueden ser de dos tipos. Las primeras de ellas poseen un carácter mecánico ordinario y las segundas están asociadas a fenómenos accidentales.

Las **patologías ordinarias** se producen por afecciones mecánicas y, en menor intensidad, químicas, debidas a la **erosión del agua** o de las **características constructivas del edificio** (asociadas al terreno y a la calidad de construcción):

a) Patologías vinculadas a la acción del agua



Imagen 610. Patologías vinculadas a la acción del agua

- **Eflorescencias:** son manchas superficiales y cristalinas de aspecto algodonoso originados por la disolución de sales; se pueden manifestar tanto en la cara interior como exterior de los paramentos.
- **Criptoflorescencias:** es un fenómeno similar a las eflorescencias, pero la evaporización y la cristalización que conlleva propician que las sales se expandan intensamente disgregando el material que las contiene, lo que provoca el desprendimiento de fragmentos del revestimiento o la caída de trozos de revoque en el interior de paramentos muy porosos.
- **Generación de organismos:** producidos por la difusión de semillas y esporas vía aeróbica que, al germinar, generan musgo, moho, etc. La humedad excesiva en algunas maderas propicia que se desarrollen organismos xilófagos que originan ácidos que acaban produciendo corrosión química.

- **Disgregación por heladicidad:** se produce principalmente por el aumento de volumen por congelación del agua infiltrada o condensada en los intersticios porosos. Genera desprendimientos e incluso colapsos de revestimientos pétreos o cerámicos.
- **Oxidación y corrosión:** estos procesos se aceleran en los metales cuando hay presencia de agua. La oxidación no resulta demasiado perjudicial porque actúa como una capa protectora que aísla el resto de la pieza. Pero la corrosión conlleva una pérdida de material por erosión que, en ocasiones, anula la capacidad estructural del elemento.



Tal y como hemos visto en el apartado de caracterización las distintas humedades que pueden aparecer se distinguen en:

- Humedades por capilaridad.
- Humedades por condensación.
- Humedades de obra.
- Humedades de filtración
- Humedades por rotura de instalaciones.

De entre todas ellas, serán las dos últimas las que mayor atención deberán recibir por los cuerpos de bomberos, dado que pueden conllevar la aparición de patologías que condicionen con carácter inmediato tanto la estabilidad de la edificación (descalce del terreno por rotura de instalaciones) como su habitabilidad.

1. **Humedades de filtración:** se producen por una marcada acción de los fenómenos meteorológicos (lluvia, nieve...) sobre las cubiertas de las edificaciones. Su manifestación inicial es en forma de manchas de humedad en techos y en partes altas de los paramentos verticales, acompañada de otras manifestaciones secundarias.



Imagen 611. Humedades de filtración

Sus síntomas se pueden clasificar en función del tipo de cubierta que se vea afectada (inclinadas y planas):

- **Cubiertas inclinadas:**
 - Agrietamientos: rotura de piezas.
 - Sujeción defectuosa: el mortero reduce su capacidad de adherencia y se desprenden las tejas.
 - Desplazamiento de piezas que, al perder su ajuste, se abren huecos por los que se cuela el agua.
 - Solapes insuficientes: afectan a una franja muy estrecha, que no llega a cubrir el espacio mínimo de seguridad. Las piezas apenas montan unas sobre otras y la uniformidad del cubrimiento queda fraccionada.
- **Cubiertas planas:**
 - Bacterias y hongos: una pendiente reducida favorece que el agua se embalse y se generen microorganismos.

- Impermeabilizante deteriorado: las láminas de material impermeabilizante se estropean por su exposición a los rayos UVA y al ozono, por los impactos de objetos al caer, o por el envejecimiento natural. Las inadecuadas soluciones constructivas o de ejecución también facilitan su deterioro. Los fallos que tienen lugar en las capas de impermeabilización son:
 - Cuarteamiento: no supone una pérdida de solidez del elemento, pero deterioran su estética con fisuras superficiales (tipo piel de cocodrilo). El cuarteamiento se genera por el agua embalsada y por efecto del calor.
 - Fisuras: aparecen por una disminución de los componentes volátiles. Pueden producir una retracción y quebrar la estructura.
 - Grietas: se generan por movimientos diferenciales.
 - Arrugamiento: tiene lugar cuando la base no es regular y no cede con la presión. Solo causa trastornos a efectos de paso por la cubierta.
 - Burbujas: se generan en los fieltros cuando hay agua entre sus diferentes capas o cuando el agua se evapora desde los elementos base.
2. **Humedades por rotura de instalaciones:** este tipo de humedad es el más complicado de detectar, sin embargo son mucho más fáciles de resolver, ya que suelen aparecer en puntos de sencilla reparación o contención. Su origen difiere del resto de humedades ya que el agua proviene del interior de la edificación. Concretamente, los conductos de agua para la alimentación y evacuación de los aparatos sanitarios, ya que sus recorridos pueden generar fugas y escapes capaces de generar humedad interior, y si no se reparan a tiempo pueden generar eflorescencias, mohos, pudrir la madera, producir desmoronamiento de revocos, saturar fábricas de ladrillo, etc. Este tipo de humedades genera oxidación, descomposición electromecánica, ataque químico u obstrucciones en las canalizaciones.

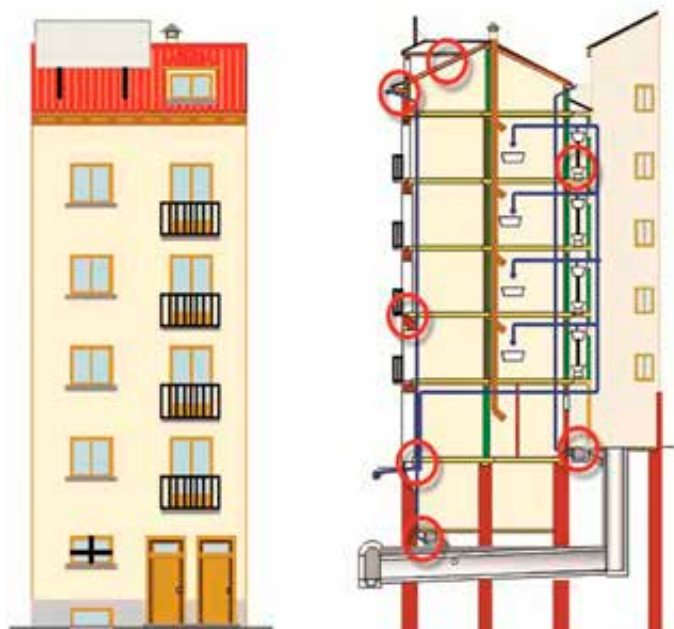


Imagen 612. Humedades por rotura de instalaciones

b) Patologías vinculadas al terreno y a la calidad constructiva de la edificación.

I. Adaptación o encaje

La aparición de las fisuras es una de las señales más características de una lesión por adaptación. Entre sus características destacan:

- Aparecen en las partes más débiles de los cerramientos, como por ejemplo los huecos de puertas y ventanas.
- Aparecen en los muros en los que se concentra el mayor número de tensiones, como, por ejemplo, las esquinas, los laterales de arcos o los enjarjes de muros.
- Normalmente aparecen al poco tiempo de acabar la obra, pero dejan de crecer cuando se estabiliza el encaje (aproximadamente tres meses).

Las lesiones de encaje no suponen en principio una causa de intervención urgente de los cuerpos de bomberos.



Imagen 613. Adaptación o encaje

II. **Cedimiento u hundimiento:** en función de las causas que generan las grietas, se clasifican en colapso del terreno, arcillas expansivas y problemas de raíces:

II.1. Colapso del terreno

- Las grietas generadas por hundimientos, se derivarán de la conjugación de dos factores:
- De la **tipología constructiva**: muros de carga (estructuras adinteladas), estructuras reticuladas.
- De la **zona del cedimiento**: arrufos y quebrantos.

II.1.1. Atendiendo en primer lugar a las estructuras adinteladas, se trata de elementos verticales a base de muros de carga apoyados sobre cimentaciones corridas. Las grietas se desarrollan cuando cede el plano original del asiento y las zapatas corridas se comban hacia abajo. Entonces se abren dos grietas, una primaria en la parte superior del muro (de forma sensiblemente parabólica), y otra secundaria, de parecidas características, denominada grieta homóloga. Presentan las siguientes características:

- **Dimensiones:** su flecha viene a ser un tercio de su luz, mientras que la luz depende, sobre todo, de la longitud del primer plano de asiento.
- **Geometría:**
 - En muros sin huecos (construidos sobre cimentaciones corridas): se abren grietas parabólicas que tienen el vértice, o punto de mayor altura, en la zona de mayor cedimiento.

- En muros con huecos (construidos sobre cimentaciones corridas): se abren grietas con la misma forma parabólica, situadas más o menos concéntricamente alrededor de la zona de mayor cedimiento.

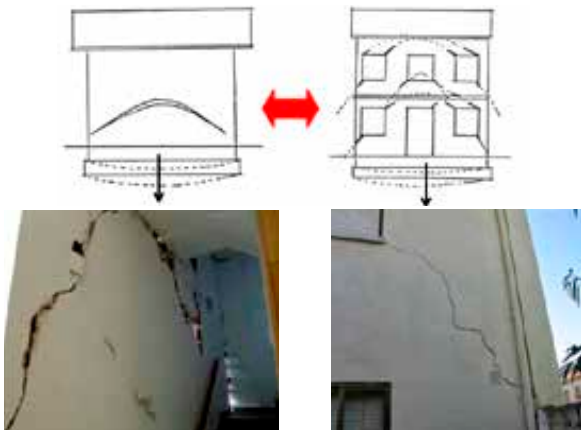


Imagen 614. Colapso del terreno

- Variantes:** En función de la magnitud del cedimiento, las curvas parabólicas, pueden aparecer distorsionadas:

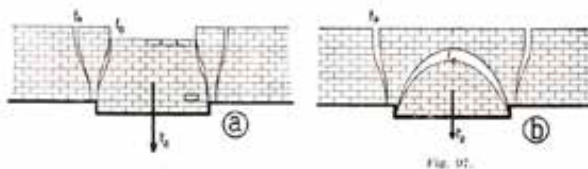


Imagen 615. Variantes de colapso de terreno

- Dicha variación de geometría vendrá asociada tanto a las causas del cedimiento, como a la magnitud de éste, distinguiéndose las siguientes grietas:
 - Muy alargada: trazada por dos rectas bastante verticales, aparecen en considerable cuantía en los cedimientos bruscos.
 - Aplastada: estas grietas son comunes en los cedimientos totales de los muros aislados, y ocasionan grietas horizontales.
 - Deformada: se generan por superposición de cedimientos que desconectan la forma parabólica tipo, por heterogeneidad estructural del muro, por existencia de huecos (vanos de ventanas, etc.) o por grosor desigual de los muros



Imagen 616. Muy alargada



Imagen 617. Normal

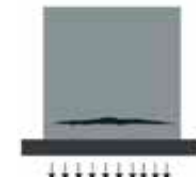
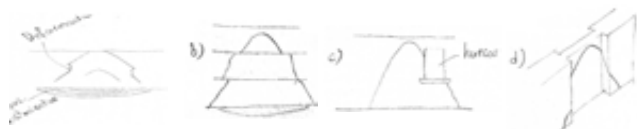


Imagen 618. Aplastada



Superposición de cedimientos Muro heterogéneo Presencia de huecos y vanos Desigual espesor en los muros.

Imagen 619. Deformada

II.1.1. Atendiendo ahora a las estructuras reticuladas, se caracterizan por disponer de elementos verticales, como pilares, sobre zapatas aisladas, en los que el cedimiento del terreno bajo el peso de las zapatas produce, normalmente, grietas rectilíneas. Su geometría depende de las características propias de cada cerramiento:

- En muros sin huecos: las grietas suelen ser rectilíneas, sinuosas y con tendencia a la verticalidad; son más anchas en la parte superior y nacen a una altura determinada (h) sobre la línea de tierra.
- En muros con huecos: los huecos son los puntos más débiles de las fachadas. Las grietas en este tipo de muros son rectilíneas y se originan en las esquinas de los huecos, precisamente ahí es donde son más anchas.

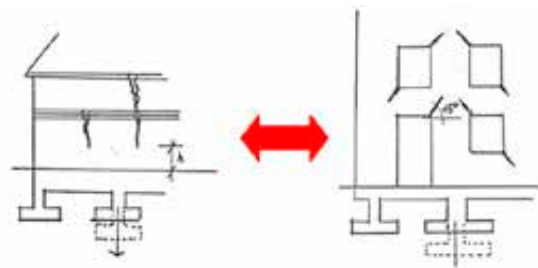


Imagen 620. Estructuras reticuladas

Según la **zona de cedimiento**, si ocurre en la zona central de la cimentación se denomina **arrufo**. Si el cedimiento es de las zonas laterales de la cimentación de la edificación se trata de **quebranto**. Parcial cuando cede una esquina y total si ceden todas.



Imagen 621. Zona de cedimiento

Cuando se producen quebrantos (lesiones en las esquinas), las grietas pueden presentar algunas particularidades:

- Puede aparecer una grieta horizontal cerca del suelo, suele ser más ancha en la zona de la esquina y tener forma capilar en el otro lado. No siempre aparece, pero su presencia es más frecuente cuanto más rápido es el asentamiento.
- Se abre una grieta con forma de S estilizada (es más ancha en el centro que en los extremos).

II.2. Arcillas expansivas

El principal problema de los suelos expansivos o arcillosos se asocia a las variaciones de su volumen dependiendo de la presencia o no de humedad en el terreno. Esta patología se traduce en hundimientos e hinchazones (arrufos o quebrantos), combinados con empujes horizontales.

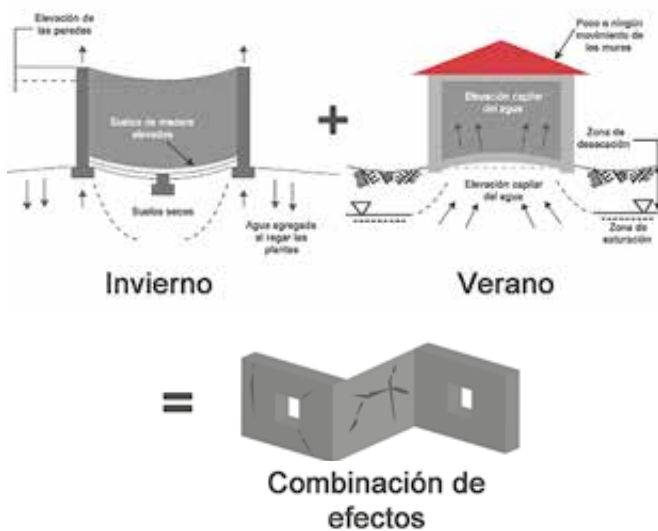


Imagen 622. Arcillas expansivas

- **Grietas verticales e inclinadas en ambos sentidos:** la alternancia de arrufos y quebrantos dependiendo de la estación (húmeda/seca), genera un movimiento u otro de la construcción, lo que produce grietas verticales combinadas con grietas inclinadas en ambos sentidos.



Imagen 623. Grietas por arcillas expansivas en edificaciones reales

- **Nudos estructurales:** cada construcción presenta fisuras y grietas características. Por ejemplo, los nudos rígidos (empotramientos) se dan, especialmente, en las arcillas expansivas debido al asiento diferencial de la cimentación.

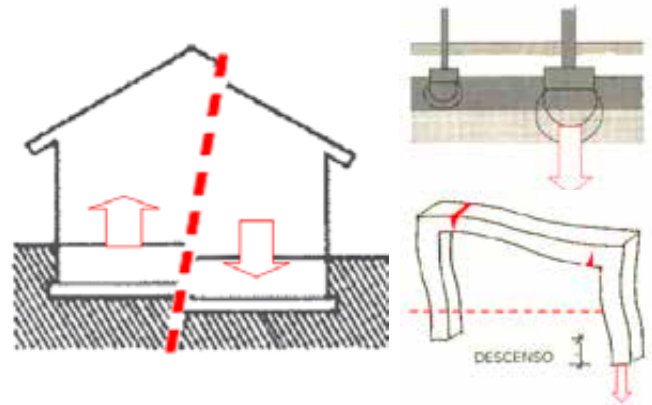


Imagen 624. Asientos diferenciales

- Las deformaciones causadas por el hundimiento de un apoyo genera momentos (compresiones más tracciones) y grietas en los siguientes lugares:
- Por tracción o insuficiencia de la sección metálica: en la parte baja del apoyo que cede y en la parte alta del apoyo opuesto.
- Por compresión o insuficiencia de sección del hormigón: se producen grietas en la parte alta del apoyo que cede y en la parte baja del apoyo opuesto.

II.3. Problemas de raíces

Se pueden distinguir dos casos:

- ### II.3.1. Empujes:
- el continuo crecimiento de las raíces y su aumento de volumen genera empujes de compresión y abre grietas longitudinales a este.

Las grietas muestran una geometría escalonada (según las propiedades de las fábricas). Se inician en zonas de muro cercanas a la cimentación y disminuyen su sección a medida que se asciende.

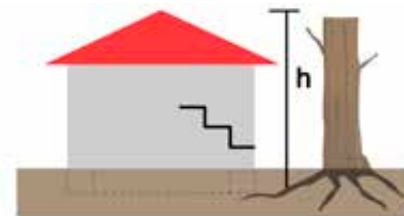


Imagen 625. Efecto por empuje de las raíces

- ### II.3.2. Deshidratación:
- los efectos son justamente los contrarios al caso anterior. La falta de humedad y la consecuente disminución de volumen propician un cedimiento del terreno y generan un comportamiento equiparable a un quebranto parcial (una grieta parabólica invertida que sitúa su punto más alto sobre la zona de mayor cedimiento).

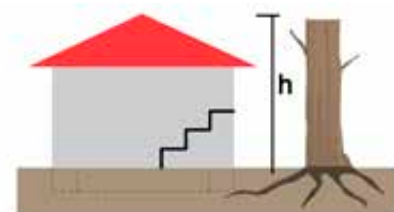


Imagen 622. Efecto por deshidratación del terreno



Imagen 627. Grietas por empuje y deshidratación debidos a raíces

III. Rotación

Los diferentes tipos de rotación se suelen definir en función del movimiento del paramento (interno o externo). En función de las causas que lo generen, se pueden clasificar en **giros**, causados por el cedimiento del terreno y **empujes**, producidos por esfuerzos horizontales sobre muros.

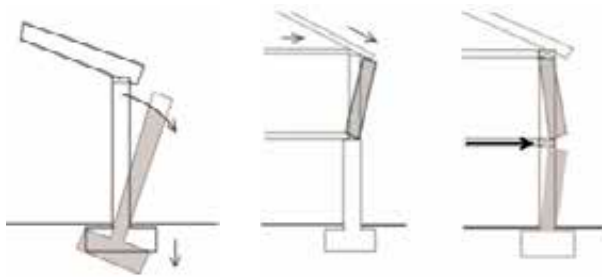


Imagen 628. Giros

Imagen 629. Empujes

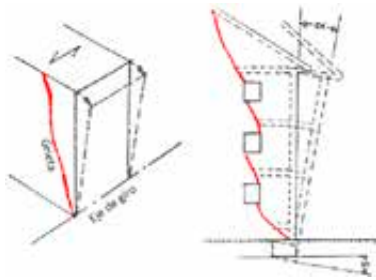


Imagen 630. Giro

III.1. Giros: son lesiones muy frecuentes que suelen encontrarse en edificaciones esbeltas (torres de iglesia, silos, etc.). Se generan por el movimiento de la zapata de apoyo del muro exterior. La causa puede ser:

- Deslizamiento de los estratos.
- Cedimiento del terreno.
- Excavaciones en los terrenos colindantes.
- Etc.



Imagen 631. Deslizamiento estratos



Imagen 632. Cedimiento terreno



Imagen 633. Excavaciones en terrenos colindantes

Respecto a los **síntomas al exterior**, el giro manifestado en una zapata de la cimentación con un determinado ángulo α , es igual al que aparece en el desplome de la fachada exterior. Se presenta como una gran grieta de tendencia vertical que usa como charnela la cimentación y busca en su trazado los puntos más débiles del paño (las juntas entre fachadas, los huecos de ventana, etc.).

Los **síntomas al interior** se manifiestan en:

Los **forjados**: en función de la dirección de sus nervios (elementos resistentes):

- Si las **viguetas** son **perpendiculares** al muro que gira, se abren **fisuras horizontales**, de mayor o menor magnitud, en función de la trabazón de ambos elementos.
- Si las **viguetas** son **paralelas** al muro que gira, se producen **grietas horizontales** (paralelas al eje de charnela), en los puntos de unión entre el forjado y el muro.

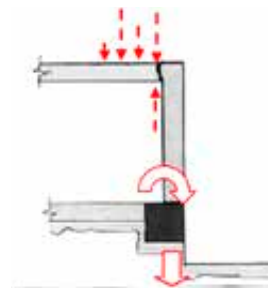


Imagen 634. Viguetas perpendiculares a muro

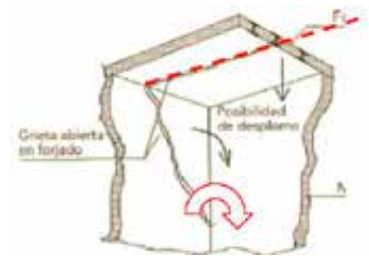
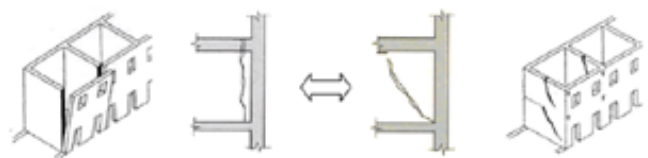


Imagen 635. Viguetas paralelas a muro

Los muros:

- Cuando la tabiquería es pesada o se encuentra fuertemente encastrada aparecen grietas parabólicas invertidas (de forma cóncava), con su mayor altura en el punto más alto del paramento que está cediendo.
- Si el tabique es ligero o posee una ligazón débil, se manifiestan grietas verticales a lo largo de todo el encuentro.



Muros débiles

Muros rígidos

Imagen 636. Muros

III.2. Empujes: son lesiones producidas por solicitaciones sobre un muro vertical. Pueden tener diferentes causas u orígenes:

- Empujes de forjados, cubiertas y bóvedas.
- Empujes del terreno.
- Presión del viento.
- Rotaciones en vigas o forjados sobrecargados.
- Dilataciones.

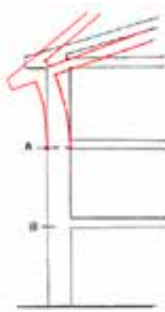


Imagen 633.
Empujes



Imagen 638. Empuje cubierta



Imagen 639. Empuje forjado intermedio

III.2.1. Empujes producidos por estructuras de forjados, cubierta y bóvedas

Se trata del caso más frecuente de rotación externa (por ejemplo, por la rotura de un tirante o la aparición de empujes horizontales debidos a cualquier otra causa).

Los **síntomas al exterior** son:

- Aparición de grietas verticales exteriores, cuya mayor anchura se manifiesta a la altura del elemento que produce el empuje. Si la causa del empuje es la cubierta, las grietas serán más anchas por la parte superior que por la inferior, presentando como eje de giro el forjado ubicado justo debajo del elemento que experimenta la rotación.
- Si el forjado también se encuentra en mal estado, el eje de giro se localiza en el forjado sano y correctamente anclado.
- Si rota por la fachada al completo, la grieta se prolongará hasta el suelo.

Los **síntomas al interior** son:

Forjados: aparecen grietas horizontales paralelas a fachada, su espesor es homogéneo y crecen a medida que aumenta la cota del forjado. Su apariencia no presenta variación significativa de las grietas en forjados generados por los giros.

Muros:

- Cuando la tabiquería es pesada o se encuentra fuertemente encastrada aparecen grietas parabólicas invertidas (de forma cóncavas), con su mayor altura en el punto más alto del muro que rota.
- Si el tabique es ligero o posee una ligazón débil, se manifiestan grietas similares a las de los giros.

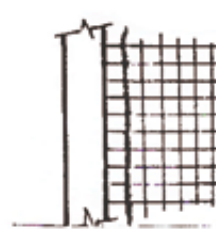


Imagen 640. Grietas horizontales

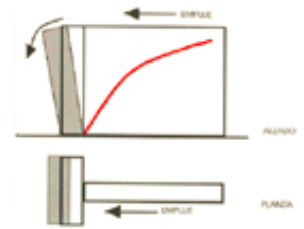


Imagen 641. Grietas verticales

III.2.2. Empujes del terreno

Dentro del presente epígrafe se incluyen los fallos de los muros de contención de tierras, cuyo fallo no se ha producido por deslizamiento de su base (corrimiento de tierras), sino que estando correctamente anclado, se ha partido por empuje horizontal del terreno.

Las manifestaciones serán idénticas a las reflejadas epígrafe anterior.



Imagen 642. Empuje de terreno sobre muro de contención con ligazón débil

III.2.3. Presión del viento

Cuando el edificio no es lo suficientemente resistente, el viento puede producir un momento suficiente para provocar una lesión de rotación; el muro que recibe la presión del viento tiende a girar, pero ese giro no puede ser acompañado por la pared perpendicular, por lo que ambos tabiques se separan produciendo fisuras verticales.

III.2.4. Rotación en vigas o en forjados sobrecargados

Si los forjados de las uniones sólidas con los muros, se someten a una sobrecarga que genere una flecha excesiva, se puede transmitir esta deformación al muro contiguo. Este muro, obligado a soportar un fuerte momento torsor, debe girar hacia dentro para conservar la solidez de la entrega. Se trata de un caso particular de rotación, llamado rotación interna, es un fenómeno en que los elementos en giro se inclinan hacia el interior en lugar de hacia el exterior

Si el muro no es lo suficientemente rígido y los anclajes del forjado se localizan cerca del suelo, se puede producir una **doble rotación**: la parte superior del muro gira hacia el interior, pero la parte inferior lo hace hacia el exterior.

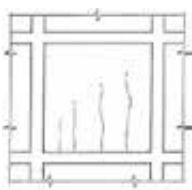


Imagen 643. Viento



Imagen 644. Sobrecarga

III.2.5. Dilataciones:

Suelen producirse en muros con forjados de vigas metálicas sometidas a un fuerte soleamiento, generando potenciales problemas de empuje (dilatación) y arrastre (retracción).

- Existen distintas variantes de la presente patología:
- Cuando los muros no son demasiado rígidos y se encuentran cerca del suelo, se puede producir una doble rotación externa, manifestada con idénticos síntomas que la deformación análoga del epígrafe anterior y generada por sobrecarga. Es preciso, pues, prever espacio para recoger las entregas de las posibles dilataciones.
- En el caso de muros muy rígidos, en los que se ha previsto la dilatación del forjado (reducción del espesor de la fachada en los puntos de intersección), pueden llegar a aparecer episodios de pandeo (excentricidad de las cargas verticales), así como de punzonamientos (empujes del forjado).

Desprendimientos: Puede darse el caso de que debido al fenómeno objeto de estudio, existan ciertos desprendimientos asociados a los desplazamientos de los muros (dilatación) o punzonamiento inverso (retracción). Dichas deformaciones, afectarán

Los efectos de las dilataciones afectan especialmente encuentros de cubiertas (planas o inclinadas), con las fachadas. Generándose en los muros desplazamientos en el muro a la altura de la cubierta (dilataciones) o punzonamientos inversos (retracciones).

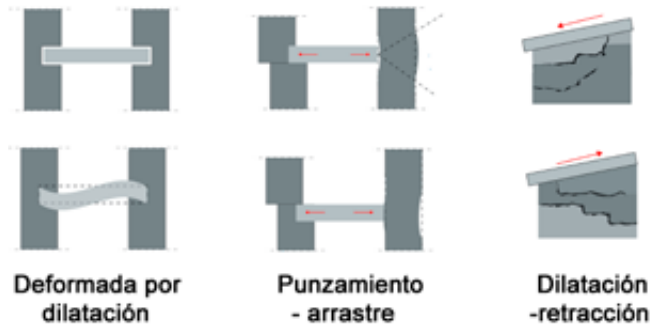


Imagen 645. Dilataciones

IV. Aplastamiento

El aplastamiento es la patología en la que el colapso del edificio sucede por un exceso de carga y, en ocasiones, por la escasa calidad de los materiales constructivos. Se debe analizar tanto para elementos verticales como horizontales.

IV.1. Aplastamiento en elementos verticales:



Aplastamiento local



Grietas y abombamientos



Aplastamiento local

Imagen 646. Aplastamiento

Antes de que las piezas se desmoronen, presentarán grietas normales en las caras comprimidas de trazado más o menos sinuoso. Otros síntomas apreciables son el aumento de grosor de las juntas verticales, el sonido a hueco por percusión (exfoliación de los muros) y, en los casos más graves, el comado de los muros.

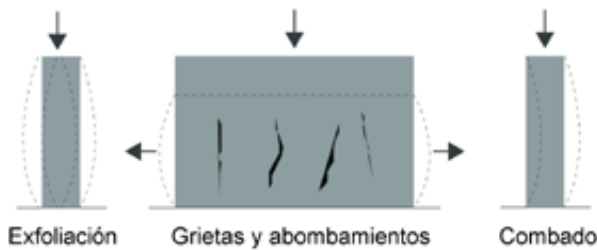


Imagen 647. Exfoliación, grietas y abombamientos y combado

En este contexto, también se deben señalar situaciones de aplastamiento local o aplastamiento diferencial debido a cargas verticales puntuales excéntricas (alabeo), traducidas en esfuerzos horizontales de la misma dirección y sentido contrario en la coronación del muro.



Imagen 648. Aplastamiento local (Pandeo)



Imagen 649. Aplastamiento diferencial (alabeo)

IV.2. Aplastamiento en elementos horizontales

Esta modalidad de aplastamiento se manifiesta en los forjados horizontales de hormigón armado. A pesar de que su apariencia no parece peligrosa, son lesiones muy graves que se dan en vigas con poca sección de hormigón y muy armadas.

Cuando las fisuras son grandes y el hormigón llega al agotamiento, se puede producir una rotura brusca.

La cara superior, en el centro de su luz, es la zona de mayor compresión de una viga sustentada por muros. Pero en las vigas empotradas (por ejemplo, las de los pórticos rígidos), la mayor compresión se da en la cara inferior, en la zona de unión con el pilar que, al existir una armadura de exceso, el fallo se inicia en el centro de la viga en su cara superior.

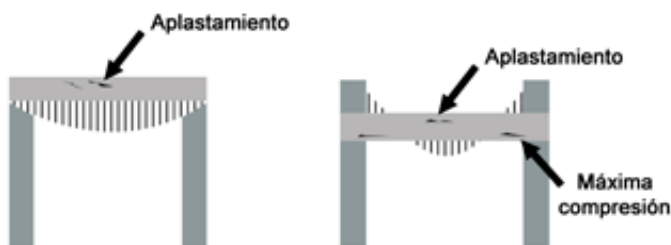


Imagen 650. Aplastamiento en cara superior

V. Corrimiento del terreno

Los síntomas de los corrimientos son semejantes a los de los cedimientos o las rotaciones, sin embargo hay algunas

particularidades que ayudan a identificar con toda claridad los deslizamientos del terreno ante otras patologías:

- El terreno de asiento se ve cuarteado y agrietado.
- Se distingue un plano de corrimiento que divide los dos estratos a lo largo de toda la pendiente.
- Aparecen grietas rectilíneas en los muros en el sentido de la pendiente. Son perpendiculares al sentido del desplazamiento del terreno, pero se ven más abiertas en la parte inferior que en la parte superior.
- Los muros de carga y los muros de contención se abomban de forma perpendicular a la dirección de la pendiente en toda su altura y si no tienen elementos de contención o arriostramiento, desplome.

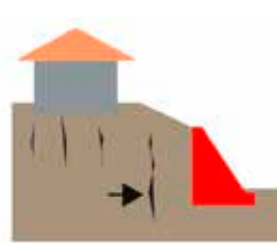


Imagen 651. Agrietamiento terreno



Imagen 652. Plano deslizamiento

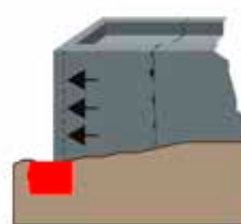


Imagen 653. Grietas muros perpendiculares



Imagen 654. Desplome muros

1.1.3. PATOLOGÍAS ACCIDENTALES

a) Incendio

I. Estructuras fabricadas con acero

El acero es un material que disminuye muy rápidamente su resistencia en caso de incendio pero no pierde sección resistente, prácticamente no aparecen grietas, lo que lo invalida como síntoma para la evaluación.

El acero posee un límite elástico que, cuando se alcanza, hace que adquiera un comportamiento plástico con deformaciones irreversibles. De tal manera que el conjunto de la estructura colapsa mucho antes de llegar a la tensión de rotura del material, debido a la formación de rótulas plásticas:

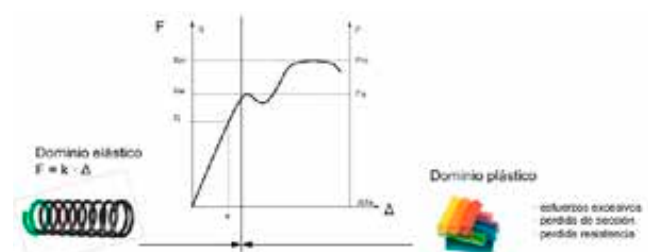


Imagen 655. Elasticidad contra plasticidad

Dado que la carga térmica tiene un reflejo directo de los esfuerzos internos del material -especialmente sobre los momentos-, resulta conviene estudiar el comportamiento ante el fuego de los diferentes modelos estructurales.

I.1. Estructuras isostáticas

Con frecuencia se trata de vigas de un solo tramo, tanto biapoyadas, como articuladas-apoyadas, con momentos máximos situados en medio del vano y, por consiguiente, mucho más sensibles a la generación del colapso. Pero el problema de este tipo de vigas suele situarse en los nudos donde, a causa del alto coeficiente de dilatación del acero, los empujes y arrastres producen el colapso y el potencial derrumbe. Este proceso empieza mucho antes que el fallo por plastificación del centro del vano o cualquier otro sector que alcance la temperatura crítica.

I.2. Estructuras hiperestáticas

Se trata del modelo más frecuente pudiéndose resaltar las dos casuísticas especialmente comunes: estructuras de nudos rígidos (vigas o pórticos realizados con empotramientos) y vigas continuas (con apoyos intermedios). Ambos tipos de estructura son más estables que las isostáticas, debido a su comportamiento ante el fuego en los dos siguientes efectos:

- **Rótulas plásticas:** articulación en el punto de la estructura donde se alcanza la temperatura crítica. Es una consecuencia del cambio de estado: se produce la pérdida del estado elástico del material entrando en estado plástico. Llegados a este punto las deformaciones dejan de ser reversibles.

Como regla general, el hecho de que en una estructura surja una rótula plástica no implica que en dicha ubicación no existan momentos, como ocurre con un nudo articulado normal. Su **comportamiento mecánico** hace que, a partir del momento de la aparición de la rótula, en ese punto concreto ya no se absorban los incrementos de momentos y el resto de los elementos (por ejemplo: las vigas) comienzan a trabajar como si se tratara de una articulación simple.

Sin embargo, los notables esfuerzos a los que continuará expuesta la estructura bajo la acción de la carga térmica del incendio, provocarán que inexcusablemente el conjunto estructural, acabe colapsando.

Si el elemento constructivo posee la misma carga térmica y sección, los lugares en los que antes se generan las rótulas son aquellos puntos con mayores momentos. Es decir, como norma general, primero los nudos y a continuación los centros de los vanos.

Se debe prestar especial atención a los puntos de la estructura reforzados con cartelas. La ampliación de la sección material en estos puntos supone un grado de seguridad respecto a aquellos otros puntos que no lo están. Si se declara un incendio, en los posibles puntos de creación de rótulas plásticas se generan efectos en las zonas de la estructura cercanas a los nudos que limitan con zonas carteladas.



Cuando se generan rótulas plásticas, el elemento queda inutilizado para realizar su función portante tras el incendio, pero durante una potencial intervención de bomberos, continuará en su sitio sin desplomarse por fallo de sus nudos, durante más tiempo que las estructuras isostáticas (vigas empotradas, frente a las vigas biapoyadas o apoyadas-articuladas).



Imagen 656. Fallo en nudos



Imagen 657. Fallo en centro vano



Imagen 658. Forjado HA sobre viga acero



Imagen 659. Estructuras acarteladas

Expansión térmica: los distintos modelos estructurales también generan diferentes manifestaciones ante los efectos térmicos:



Imagen 660. Estructuras Isostáticas



Imagen 661. Estructuras Hiperestáticas

- Estructuras Isostáticas: las deformaciones se traducen en movimientos longitudinales (dilatación o arrastre).
- Estructuras hiperestáticas: la coacción del movimiento de sus nudos produce dos importantes consecuencias:
 - **Pandeos:** característicos en elementos estructurales con líneas esbeltas y con movimientos limitados en sus nudos.

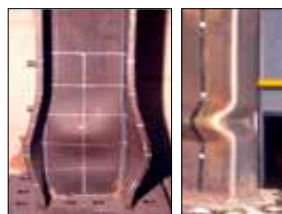


Imagen 662. Pilares



Imagen 663. Vigas

- **Ruptura de conexiones por enfriamiento:** frente al pandeo propiciado por la expansión térmica, la retracción posterior por enfriamiento dará lugar a la de las conexiones.



Imagen 664. Ruptura de conexión por enfriamiento



Si resulta necesaria una intervención de bomberos, hay algunos aspectos destacables:

- Hay que asegurarse de las características de los nudos y la hiperestaticidad del conjunto de la estructura.
- Se debe refrigerar la estructura para impedir que se llegue a la temperatura crítica (o a la temperatura de plastificación), prestando especial atención a las zonas carteladas.
- Si no se puede confirmar el modelo estructural, es necesario mantener cierta distancia de seguridad según cada caso concreto.

II. Estructuras realizadas con hormigón armado

Si bien el hormigón armado es un material con un buen comportamiento genérico al fuego, las distintas clases de hormigón según su proceso de fabricación (hormigones “prefabricados” e *in situ*), propiciarán la ejecución de estructuras con distinto grado distinto de rigidez.

Así pues, mientras que en caso de incendio las estructuras prefabricadas podremos llegar a asimilarlas a un conjunto isostático, las estructuras a base de hormigón *in situ*, serán claramente conjuntos hiperestáticos y por tanto con un mejor comportamiento al fuego.

II.1. Estructuras isostáticas

La ejecución de un edificio a base de prefabricados de hormigón, está fundamentada en la posibilidad de unos menores tiempos de ejecución basados en el atado de los distintos elementos ya prefabricados, mediante nudos flexibles (apoyos y articulaciones).

En caso de incendio, el comportamiento diferencial entre las caras interna y externa (mayor carga de fuego y dilatación en el lado interno que en el externo), propiciando que la estructura vertical tienda a combarse hacia el exterior (desplazamientos horizontales), desplomándose los forjados apoyados o débilmente articulados hacia el interior de la construcción.

Dado que los sistemas de prefabricados están especialmente extendidos en edificaciones industriales, en el colectivo de bomberos existe el dicho (no del todo infundado), de que los incendios en estructuras industriales son menos peligrosas que otras modalidades constructivas, dado que no suelen colapsar hacia el exterior.

A pesar de no desplomarse, hay que recordar que tal y como hemos visto anteriormente, sí que puede haber desprendimientos parciales de placas de cerramiento, especialmente aquellos fachadas prefabricadas anclados a base de grapas.



Imagen 665. Montaje nave industrial prefabricada



Imagen 666. Colapso de estructura prefabricada



Imagen 667. Colapso interno de estructura prefabricada

II.2. Estructuras hiperestáticas

Según se ha expuesto, el alto grado de seguridad frente al fuego de los conjuntos estructurales hiperestáticos, propician que difícilmente colapsen frente al fuego, por ello, el fallo de las estructuras irá asociado a una pérdida de propiedades del material.

Por ello, podremos afirmar que el fallo de las estructuras de hormigón armado *in situ*, se produce por procesos termohidromecánicos (termomecánicos + termohidráulicos). El proceso de colapso es igual en ambas circunstancias:

- Se produce un calentamiento excesivo en las capas externas del hormigón.
- Rotura, desconchamiento, resquebrajamiento o desprendimiento de las capas externas del hormigón, causados por cualquiera de los dos fenómenos indicados.



Imagen 668. Colapso por adherencia



Imagen 669. Spalling

- Las armaduras de acero quedan expuestas a la carga térmica del incendio, por lo que pierden resistencia.
- Se reduce la capacidad portante del elemento y, por consiguiente, se hunde él o toda la estructura.

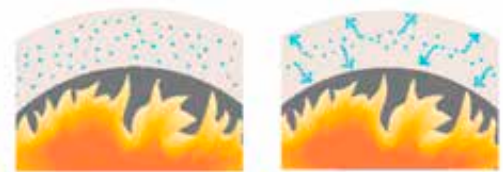
Al margen de similitudes generales, cada proceso posee sus propias particularidades:

- **Fallo termomecánico (colapso por adherencia):** la falta de resistencia a tracción del hormigón en masa requiere que se combine con otro material que compense sus carencias de resistencia. Por esta razón se introducen en su interior armaduras de acero. Ambos elementos son muy compatibles porque poseen unos coeficientes de dilatación térmica casi idénticos. Sin embargo, al ser mucho mayor la velocidad de dilatación del acero, genera fuertes tensiones internas y pérdida de adherencia entre los dos materiales, lo que deja expuesto el acero a la carga térmica con la consiguiente pérdida de resistencia. Este fenómeno se puede generar al principio del incendio (cuando existe un importante incremento de la temperatura), pero es mucho más intenso al final, cuando se produce un enfriamiento brusco producido por una

extinción agresiva. Por ello, las grietas características se definen por tener el borde y la superficie interior limpias, sin ahumar. (ver imagen 670)

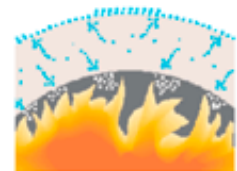
- **Fallo termohidráulico (desprendimiento por aumento de la presión interna):** cuando un elemento de hormigón armado queda expuesto a un incendio, al principio, la capa de recubrimiento existente entre la superficie y la armadura actúa como aislante y protege el acero retrasando su calentamiento. De forma simultánea a este calentamiento superficial, la presión interna del agua libre o capilar aumenta, así como la temperatura del agua retenida en el interior no permeable. El agua capilar se evapora, lo que retarda el calentamiento de la capa más externa, mientras que la ocluida en el interior no permeable se ve sometida a temperaturas superiores a la de ebullición, lo que genera fuertes tensiones locales de tracción en el material. Si se concentran tensiones internas locales muy altas, se puede llegar a producir un **desprendimiento o una rotura explosiva de la capa de hormigón**, es un fenómeno llamado **Spalling** y se define como el desprendimiento de gruesas capas de hormigón, lo que deja ampliamente expuestas las armaduras de acero. Este desmontaje genera un doble efecto:
 - Conduce el calor con mucha rapidez a otros puntos del interior del elemento constructivo.
 - Se produce una pérdida exponencial de la resistencia del acero con resultado de colapso estructural.

El *spalling* suele tener lugar al inicio del incendio, lo que hace que el interior quede expuesto al humo y el hollín: las grietas y coqueas se presentan muy ennegrecidas.



1. El vapor de agua es un componente estable e integral del hormigón con carácter previo a su calentamiento.

2. Comienza la migración de vapor de agua a través de capilares, a medida que se calienta el hormigón.



3. El vapor de agua emerge como vapor en la parte caliente, y como agua líquida en la parte fría, a medida que aumenta la temperatura del hormigón.



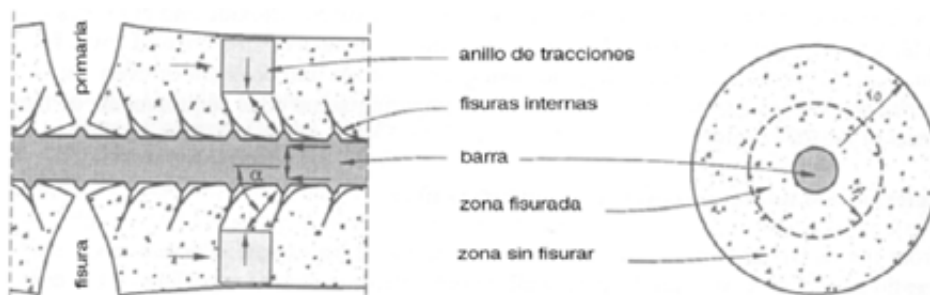
4. Comienza el desgajamiento a medida que el hormigón se seca localmente.



Calentamiento

Dilatación y fisuración

Enfriamiento y rotura



Eliminación adherencia acero-hormigón

Imagen 670. Fallo termodinámico

Imagen 671. Spalling

III. Fábricas

Tal y como se expuso en el apartado de comportamiento al fuego de los materiales de construcción, los elementos constructivos a base de fábrica tienen un muy buen comportamiento ante un potencial incendio, de manera que si bien no suelen desplomarse por acción directa de éste, la elevada diferencia de temperaturas entre sus caras, propiciará el combamiento del muro y la necesidad de una carga ahora excéntrica.

Las sobrecargas generadas por desplome de una fábrica son de las siguientes magnitudes:

| Fachadas desplomadas de fábrica | | |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 20cm | 50cm |
| 10° | 0,9 KN/m ² | 2,2 KN/m ² |
| 20° | 1,8 KN/m ² | 4,5 KN/m ² |
| 30° | 2,9 KN/m ² | 7,2 KN/m ² |

IV. Madera

Cuando tiene lugar un incendio el principal problema para la estabilidad de las estructuras de madera es la pérdida de sección. De ahí que se precisen unas normas básicas para delimitar unos umbrales de seguridad en una intervención:

- Una estructura de madera permite desarrollar una intervención cuando mantiene el 60% de su resistencia. Dado que no se puede realizar este cálculo durante una intervención, se puede aplicar la siguiente norma:
 - Si la pérdida de sección es menor o igual al **20%**, el elemento es estable y no requiere ser reforzado.
 - Si la sección se reduce entre un **20** y un **40%**, el elemento constructivo precisa refuerzo con elementos auxiliares para aumentar su estabilidad. Otra opción es la demolición parcial.
 - Si la reducción de sección supera el **40%**, la estructura es altamente inestable y se debe guardar la necesaria distancia de seguridad.

Para calcular el grado de superficie afectada, se debe comprobar el espesor carbonizado:

- Se compara la sección total de la pieza calcinada con la de otras piezas cercanas no quemadas.
- Se identifica la pérdida de sección de la pieza original. Se puede comprobar con un elemento punzante, mediante saneado parcial o realizando un corte de toda la sección transversal (con su correspondiente apeo), y se compara con la sección efectiva sana de madera.
- De forma complementaria, para valorar adecuadamente la evolución del proceso, se debe comprobar la velocidad de carbonización. Este parámetro varía dependiendo del tipo de madera que sea, se toma un valor promedio de 0,7mm/min ó 1cm/15min.



Imagen 672. Madera carbonizada superficialmente



Imagen 673. Comprobación estado madera



Imagen 674. Cubierta de par e hilera carbonizada

b) Sismos

Las consecuencias de los sismos se pueden encontrar principalmente en dos áreas de afectación:

- El terreno sobre el que se asientan las edificaciones.
- Los edificios propiamente dichos.

En lo referente a una potencial intervención de bomberos y sin considerar las lógicas grietas en el terreno, las **consecuencias del seísmo sobre el terreno** producen dos manifestaciones de especial interés que no deben confundirse: el **desplazamiento del terreno** y los **procesos de licuefacción**.

- Deslizamiento del terreno:** corrimiento entre estratos que tiene lugar tras la sacudida. Un estrato superior se desliza sobre otro estrato inferior que contiene un alto grado de humedad y una marcada pendiente.



Imagen 675. Deslizamiento del terreno

Este desplazamiento del terreno motiva asentamientos diferenciales y produce grietas que señalan el volumen del fallo y la dirección del mismo. Las grietas más graves se abren en las uniones rígidas entre vigas y forjados, las más evidentes se producen en las zonas traccionadas de hormigón armado:

- En el pilar que desciende: en la parte inferior de la unión de la viga y el pilar.
- En los pilares anexos que no descienden: en la parte superior del encuentro de la viga y el pilar.

- **Licuefacción:** este proceso convierte los suelos en terrenos granulares no cohesivos y se comportan como líquidos pesados. Estos son los síntomas más comunes:
 - Al desaparecer el plano de asiento inicial (de forma total o parcial) se producen desplazamientos y vuelcos de toda la edificación. Pueden abrirse grietas, pero el síntoma más claro es la pérdida de la verticalidad de la edificación, con seccionamiento entre la estructura aérea y la soterrada.
 - Aflora a la superficie una gran cantidad de fango y lodo que rodea al edificio, mediante pequeños “volcanes” de lodo y arena.



Imagen 676. Efectos sobre las edificaciones



Imagen 673. Efectos sobre el terreno

Se pueden distinguir varias tipologías en el proceso de deformación de la estructura:

- Dependiendo de la dirección de la oscilación: horizontales o verticales.
- En función del esquema estructural: adinteladas o entramadas.

I. Tipos de grietas según la dirección de la oscilación:

I.1. Grietas por oscilaciones horizontales:

Cuando una edificación se ve sometida a las fuerzas horizontales existentes en un terremoto se producen esfuerzos cortantes de una gran intensidad (es un fenómeno oscilatorio que se caracteriza por la inversión de los esfuerzos). Su **geometría básica** se manifiesta en los planos verticales con la aparición de grietas en forma de una “X” claramente apreciable.



Imagen 678. Grietas por oscilaciones horizontales



Si existe un pórtico A en reposo, y se le somete a un empuje/oscilación/sacudida de clara dirección horizontal (empuje por la izquierda, por ejemplo), experimenta fuertes esfuerzos de tracción porque una diagonal aumenta su longitud, mientras que la opuesta se comprime. Si se invierte el movimiento (y se empuja por la derecha), las diagonales trabajan de forma contraria (comprimiéndose la traccionada y al revés). Así se genera una grieta que deja patente el ciclo de este proceso.

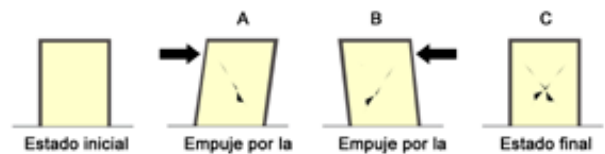


Imagen 679. Empuje de grietas

Además de las grietas en forma de aspa, en los sismos se incrementa el cortante, lo que genera otras **manifestaciones complementarias** en los muros perpendiculares a la dirección del movimiento. Se localizan en los puntos más débiles de las paredes:

- En los muros sin huecos el fallo se genera en las juntas de fábrica y da lugar a grietas de geometría marcada-

mente horizontal, que siguen el trazado de los tendeles entre las piezas de ladrillo o adobe.

- En los muros con huecos se abren grietas diagonales que tienden hacia las esquinas de vanos porque son los puntos más débiles.
- En los elementos constructivos verticales que están dispuestos en dirección perpendicular al movimiento, también se genera un importante incremento de las flexiones por el empotramiento de su base.

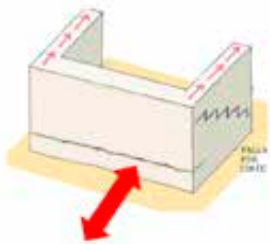


Imagen 680. Muros sin huecos

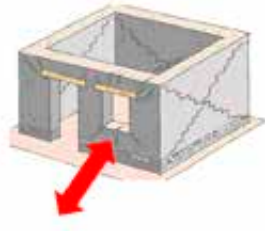


Imagen 681. Muros con huecos

1.2. Grietas por movimientos verticales

Como los edificios están diseñados para soportar, sobre todo, esfuerzos verticales, los efectos de los movimientos en esta dirección son mucho menores que los horizontales. Afectan especialmente a los voladizos y a vigas de grandes luces. Sin embargo, los efectos del terremoto pueden incrementarse verticalmente a causa de la **resonancia**, por lo que un movimiento sísmico de larga duración resulta más perjudicial que uno corto (independientemente de su intensidad). El primer caso queda más expuesto a las consecuencias de entrar en resonancia.

II. Tipos de grietas según el esquema estructural

II.1. Estructuras adinteladas

Los forjados suelen formar diafragmas horizontales suficientemente resistentes para transmitir a los muros los efectos del movimiento sísmico, pero la composición de los muros y la unión del muro con el forjado no resulta tan rígida por lo que, dependiendo de las características del elemento vertical, se pueden encontrar diferentes manifestaciones físicas del proceso:

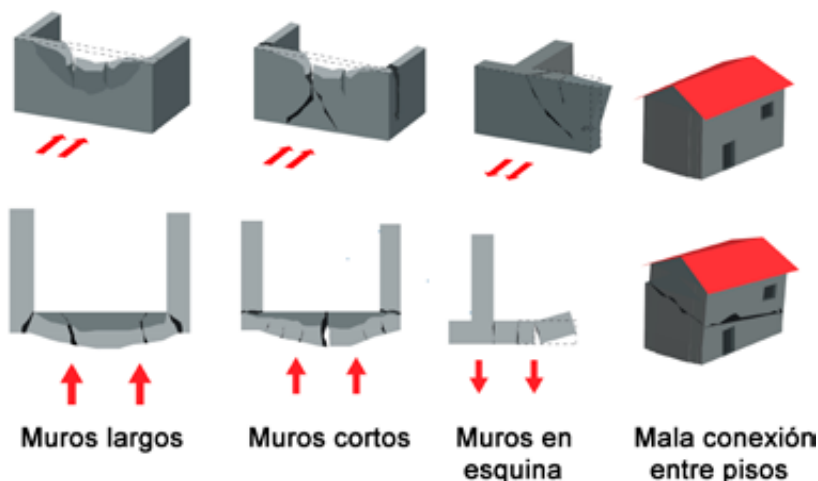


Imagen 682. Tipos de grietas según el esquema estructural

Tabla 31. Tipos de grietas

| | Geometría | Grietas |
|-------------------------------------|---|---|
| Muros "largos" | Los muros de gran altura caracterizados por tener una gran distancia entre los puntos de arriostramiento lateral. | Horizontales en la base o a media altura. Se complementan con fisuras verticales del material |
| Muros "cortos" | Los muros de gran altura caracterizados por tener poca longitud total (con los puntos de arranque muy próximos), o por ser muros muy largos con una gran cantidad de apoyos intermedios (arriostramientos poco espaciados). | Aparecen con tendencia vertical - diagonal en la zona media. Se complementan con fisuras en la parte superior por falta de refuerzo |
| Muros con esquina | El paño de la esquina tiende a flexionarse. | Grieta diagonal que discurre desde la parte superior del último apoyo transversal hasta con la base del muro en el extremo libre. |
| Muros con mala conexión entre pisos | Son estructuras adinteladas construidas con muros de carga de 2 o 3 alturas. Sus conexiones resultan deficientes a la altura del forjado (por la ausencia de diafragma rígido). | Los forjados suelen formar diafragmas horizontales suficientemente rígidos para descargar en los muros las consecuencias del sismo. |

II.2. Estructuras entramadas

Las grietas se producen por los enormes incrementos de momento en los encuentros rígidos entre forjados y pilares. Para una mejor comprensión de la ubicación y los modelos de grietas, las analizaremos según el material del que está fabricada la estructura, y dentro de ésta en función de cada elemento: **pilares, nudos y vigas**.

II.2.1. Hormigón armado

• Pilares

- **Cabeza del pilar:** zona que normalmente resulta más dañada por los fenómenos de aplastamiento. En el hormigón armado es muy frecuente que se abran dos grietas formando un aspa, como producto de la inversión de esfuerzos. De forma complementaria, también aparecen fisuras producidas por asentamientos diferenciales, por una baja resistencia del hormigón (vibrado del hormigón deficiente), armados inadecuados (estribos), etc.
- **Fuste:** se producen grietas inclinadas causadas por momentos. Si la intensidad es muy elevada se puede llegar a seccionar un pilar de hormigón armado por una superficie inclinada.



Imagen 683. Grietas en pilares

- **Base del pilar:** sufre unos fuertes esfuerzos de flexión en los anclajes. Las grietas producidas por el sismo tienen un trazado similar, pero son de menor intensidad que en la cabeza del pilar. Ahora bien, las grietas se ven incrementadas por el peso de la estructura y por una menor rigidización que en la cabeza del pilar, razón por la que se producen fallos por aplastamiento del pilar propiciados por la pérdida de gran cantidad de material en su sección.

Vigas

- **Flexión:** aparecen grietas verticales de sección constante cuando se da un momento flector de sentido alternativo por efecto de la sacudida; estas grietas surcan toda la sección del material.
- **Cortante:** grietas con una inclinación de 45°



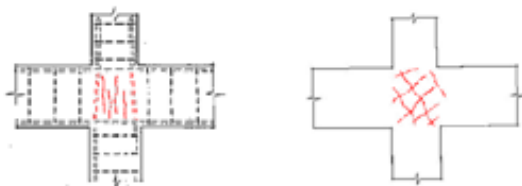
Imagen 684. Flexión



Imagen 685. Cortante

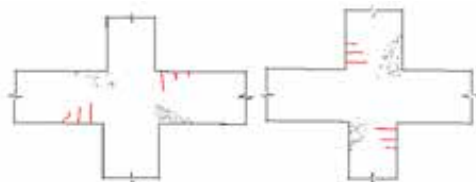
- **Nudos:** Evidentemente nudos rígidos caracterizados por los siguientes esfuerzos y manifestaciones:

- **Flexión:** fisuras paralelas generadas por tracciones y manifestadas en caras opuestas de pilares o vigas.
- **Compresión:** resultado es la deslaminación del material apareciendo fisuras paralelas a la directriz, por insuficiencia resistencia del nudo para soportar compresiones (estribos insuficientes).
- **Cortante:** grietas diagonales en los dos sentidos, generadas por esfuerzos de cortante (insuficiencia de los cercos del pilar).



Compresión

Cortante



Flexión

Imagen 686. Nudos

II.2.2. Acero

Los daños en estructuras entramadas, de existir, se concentrarán en los nudos de las piezas comportándose éstas de manera distinta para uniones rígidas y flexibles.

Vigas: pandeos o desgarramientos en las zonas anexas a la unión con la columna.

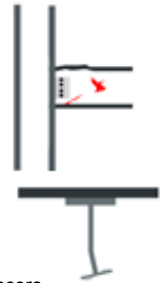
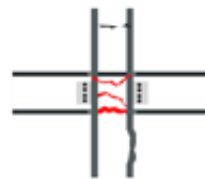


Imagen 687. Grietas en vigas de acero

Nudos:

- **Uniones rígidas** (empotramientos): dichas uniones entre columnas y vigas son zonas críticas por concentrar gran parte de la rigidez y por tanto, condicionar la estabilidad de la edificación. Presentan dos problemas con diferente grado de alcance:

- Grietas en los rigidizadores: no suponen consecuencias graves para la estructura, pero si no se corrige la causa de la patología, pueden llegar a extenderse al alma.
- Grietas en el alma: cuando la grieta de un rigidizador se adentra en el alma, tiende a extenderse por la presencia de cargas adicionales, lo que provoca la separación completa de la parte superior de la columna y de la inferior (la columna se rompe). Este fallo supone un gran peligro para la estructura, ya que la columna pierde gran parte de su capacidad de resistencia.



Grietas en rigidizadores



Grietas en el alma

Imagen 688. Grietas en nudos

- **Uniones articuladas:** En los sistemas arriostrados la zona más crítica es aquella en la que los nudos conectan con las riostras. Dicho fallo se traduce en el pandeo de los pilares y los pórticos a los que estabiliza.

En edificaciones con una gran altura, el fallo de las uniones articuladas suele ir asociado a desprendimientos de cerramientos de fachadas. Las plantas altas son las más afectadas.



Imagen 689. Uniones articuladas

2. EVALUACIÓN

2.1. ACCIONES PRIORITARIAS

Dependiendo de los datos recabados en el análisis y diagnóstico realizado, el mando de la intervención evalúa las posibles soluciones. Para tomar la decisión final puede ayudarse por técnicos externos e incluso, dentro de sus posibilidades, tampoco debe despreciarse la opinión de los vecinos.

En este punto es crucial determinar:

- La necesidad real, es decir, si se requiere o no intervenir.
- La capacidad para abordar la patología con los medios disponibles y la conveniencia de solicitar recursos externos.
- El planteamiento preliminar: valorar la necesidad de una estructura auxiliar y realizar un cálculo rápido (*números gordos*¹) de la estructura auxiliar requerida y ubicar los distintos elementos.

En estas consideraciones se ha de tener presente la urgencia del servicio, los peligros inminentes, la presencia de habitantes en el edificio, la hora del día y las consecuencias que supone adoptar una medida concreta.



Nunca se debe abandonar la zona del siniestro sin determinar de forma muy clara las medidas de seguridad a adoptar en caso de clausura del edificio y restricción del acceso, especificando en qué personas o autoridades se delega la responsabilidad y/o custodia del edificio.

a) Necesidad de intervenir (se requiere/ no se requiere)

Existen algunos casos en los que no es necesaria la actuación de bomberos para afianzar estructuras:

- Lesiones leves que no afecten a la estabilidad del edificio ni supongan un riesgo para las personas.
- Lesiones graves que desbordan la capacidad de los bomberos y que deben ser acometidas por la propiedad o por empresas de construcción y restauración.
- Lesiones en zonas no habitadas perfectamente delimitadas o aisladas que no conlleven un riesgo y que puedan esperar a ser corregidas.
- Incendios en los que los daños producidos por el fuego no hayan afectado a la estabilidad estructural del edificio.

Aun no requiriendo la instalación de sistema de apeo, sí deben realizarse los análisis anteriores y velar por aplicar medidas preventivas que garanticen la seguridad de las personas. Estas medidas pueden ser: sanear, desescombrar, señalizar, balizar, precintar el acceso a la vivienda, encadenar puertas y vallas, evacuar, desalojar...

¹ - Los números gordos solo tienen en cuenta las variables más influyentes en el fenómeno y desprecian las que influyen poco. Es una aproximación donde el tiempo empleado es muy inferior al utilizado para obtener un número más exacto a cambio de admitir una pequeña desviación del resultado, siempre del lado de la seguridad.

b) Planteamiento preliminar

En cuanto se identifique la patología, se proponen soluciones generales (apeos de cimentación, de muros, etc.) y, dentro de estas medidas, se aplican las soluciones más efectivas dependiendo del nivel de daño (apeos según su urgencia, según el elemento a apear, etc.).

A continuación se realiza un rápido **precálculo** de las cargas que se deben soportar y un **pre dimensionamiento** de los medios materiales que se requiere para estabilizarlas (números gordos). Finalmente, se señala la ubicación en la que se colocarán los diferentes elementos.

c) Precálculo

Las estimaciones de las cargas del apeo (o precálculo del apeo), se pueden reducir básicamente a dos planteamientos: **estimación de las cargas** a soportar y **volumen general de medios materiales** necesarios.

- Cargas a soportar.** Conforme al CTE DB SE AE, las cargas mínimas que se deben soportar en una estabilización son las siguientes:

- Acciones permanentes de la edificación:**



Anexo I para consultar los pesos propios de las cargas a soportar.

La necesidad de organizar de una forma rápida y con unos estándares suficientes de seguridad, los trabajos de estabilización de una construcción, nos exige adoptar un planteamiento técnico basado en unos números gordos, para acto seguido, afinar los cálculos del apeo según las necesidades:

- Situaciones singulares.
- Limitación del material para construir la estructura auxiliar.
- etc.

Por ello, se procede a continuación a particularizar los valores generales ya vistos en el apartado de caracterización, para los elementos constructivos más frecuentes en intervenciones de bomberos:

- Acciones permanentes:**
 - Peso propio:**

Tabla 32. Peso propio

| | |
|------------|---|
| Cubiertas | Cubiertas inclinadas: Ligeras: 1 KN/m ² (cubiertas inclinadas realizadas con chapa, tablero, paneles ligeros...) Pesadas: 2 KN/m ² Cubiertas planas: 3 KN/m ² (cubiertas planas de teja, placa, pizarra,...). |
| Forjados | Vivienda: 3 KN/m ² Garaje: 5 KN/m ² |
| Fachadas | Cerramientos exteriores ($h = 3m$) = 7 KN/m |
| Tabiquería | Cerramientos interiores-tabiquería ($h = 3m$) = 5 KN/m. Casos particulares: Viviendas = 1 KN/m ² Edificios sin posibilidad de inspección: 1,5 KN/m ² . |

- **Acciones del terreno:**
 - Suelos cohesivos (arcillas): 5 KN/m (por cada metro de profundidad).
 - Suelos no cohesivos (grava, arena): 3,3 KN/m (por cada metro de profundidad).
 - **Acciones variables:**
 - **Sobrecarga de uso:** también con relación a los datos del CTE DB SE AE son las siguientes
 - Zonas sin acceso a personas: 1 kN/m²
 - Zonas con acceso a personas: 2 kN/m² como regla general y 5 kN/m² en uso comercial.
- En el caso de estabilizaciones urgentes, ambos valores son "cero".
- **Viento:** de forma simplificada, en cualquier punto del territorio español, puede aplicarse el valor 0,5 kN/m², En elementos especialmente expuestos, si bien se recomienda adoptar 1,5 kN/m².
 - **Nieve:**
 - Para localidades con altitud inferior a 1000 m sobre el nivel del mar se calcularán cargas de nieve de 1,0 kN/m².
 - Para alturas superiores se realizará un estudio propio para cada área climática.

2. Volumen general de medios necesarios. Según las características de los medios, se debe valorar el volumen general del material que se requiere para la estructura auxiliar:

- Resistencia a compresión axial:
- Puntales A30 (h = 3 m): 17 KN.
- Tablones C18 200 x 76 mm; h = 3 m. (compresión axial)
 - 2 tablones embridados = 57 KN
 - 3 tablones embridados = 201 KN
 - 4 tablones embridados = 341 KN



Para el cálculo de números gordos:

- 2 tablones embridados: (C18, h = 3m) → 57 KN (compresión axial); 35 Kg (masa).
- 1 unidad de puntal telescópico A30 → 15 KN (compresión axial); 10 Kg (masa).

Esto quiere decir que la capacidad resistente de los apeos a base de puntales telescópicos es similar a la de los apeos de madera, dado que para conseguir la misma capacidad resistente 3,5 veces el pie derecho sería necesario idéntica proporción de puntales (3,5 uds.) con idéntica proporción de masa total (35Kg).

2.1.1. UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL APEO

Una correcta estabilización de las cargas de la edificación no solo requiere un correcto cálculo estructural, también precisa una eficaz ubicación de los elementos del apeo.



Para una mejor comprensión de este concepto se puede plantear el siguiente ejemplo:

Si se debe realizar el apeo de un forjado de un solo vano con tan solo un único puntal, y hay un problema de conexión entre una vigueta y una viga, ¿dónde se debería situar el puntal para que resulte lo más eficaz posible?

El puntal se debe colocar en el punto en el que la viga actúe como la articulación antes de ser dañada, es decir, donde su momento es nulo. El puntal es el elemento telescópico que sirve para fabricar nudos articulados e impide los desplazamientos verticales, pero permite los giros ($M = 0$); los desplazamientos horizontales los evita el propio elemento constructivo.

Para ilustrar la solución se pueden analizar las posibles caústicas según los nudos:

- Elemento **articulado-apoyado** o **apoyado-apoyado**: son los únicos puntos en los que el momento es nulo son los nudos, por lo que se debe apuntalar directamente el nudo de la vigueta que se encuentra dañado.

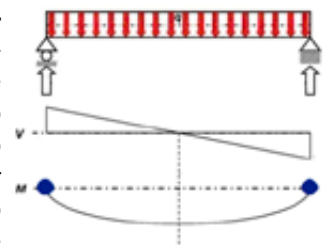


Imagen 690. Articulado - Apoyado

- Elemento **articulado-empotrado**: el punto de momento nulo está localizado a una distancia aproximada de un tercio de la luz, empezando a contar desde el momento empotrado.

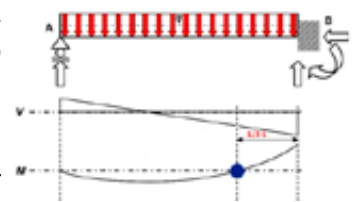


Imagen 691. Articulado - Empotrado

- Elemento **empotrado-empotrado**: el apoyo se debe colocar a una quinta parte de la luz de la vigueta del extremo dañado.

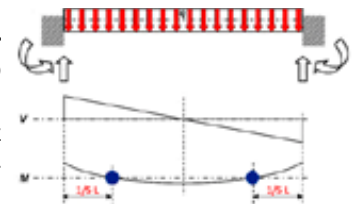


Imagen 692. Empotrado-Empotrado

Si en lugar de ser un elemento horizontal de un solo tramo, se trata de vigas de varios tramos o con un voladizo, el planteamiento aplicable es el mismo que el caso anterior, con una salvedad: los nudos intermedios se consideran como empotramientos, ya que el giro de una barra genera un momento en la anexa, como si fuera un nudo rígido.

Los puntos de momento nulo (o puntos en los que apea), no son los mismos que los anteriores, pero sí resultan similares, por lo que se deben mantener las reglas existentes para las vigas de un solo vano:

- En nudos apoyados.
- Según los casos, bien a un tercio o a un quinto del nudo empotrado.

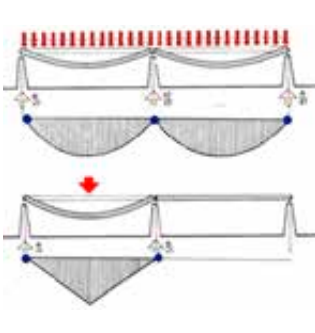


Imagen 693. Viga de dos tramos simples

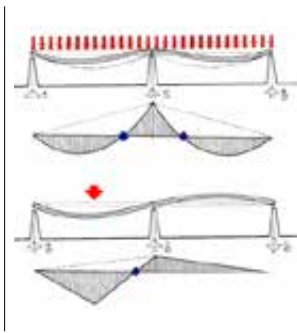


Imagen 694. Viga continua de dos tramos (carga lineal en uno solo)

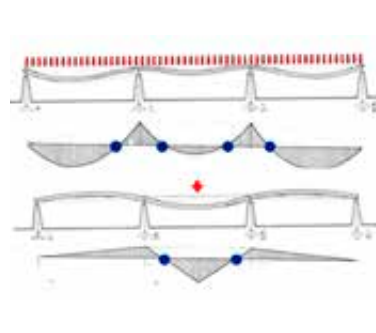


Imagen 695. Viga continua de dos tramos (carga lineal en toda su longitud)

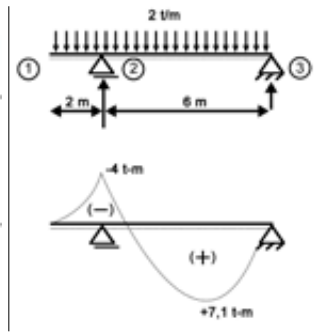


Imagen 696. Voladizo

2.1.2. APEOS ESTANDARIZADOS

Cuando se debe estabilizar una estructura, el mando de la intervención, de acuerdo a la evaluación realizada, puede aplicar aquellas soluciones técnicas que estime adecuadas. Sin embargo, el inicio de los trabajos efectivos de apeo no puede comenzar mientras no exista un cálculo de la estructura auxiliar que se debe ejecutar.

Para facilitar la tarea de los mandos y reducir el tiempo de inicio de los trabajos de estabilización, es conveniente diseñar y probar unos apeos estandarizados y precalculados, que se puedan emplear en intervenciones genéricas y frecuentes. Las situaciones que requieran cálculos específicos o complejos se reducen a aquellas intervenciones especiales o de mayor magnitud.

Por ejemplo, desde el área operativa del CEIS Guadalajara se ha diseñado una colección de apeos básicos que, acompañados de unos cálculos mínimos así como el entrenamiento periódico del conjunto del personal, suponen una herramienta especialmente eficaz ante la estabilización de elementos constructivos.

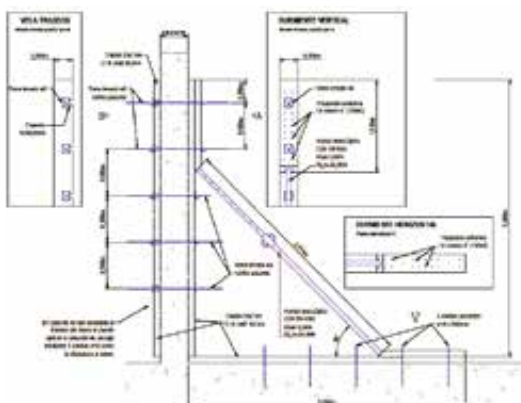


En Anexo II se pueden consultar el material y la colección de apeos estandarizados del CEIS Guadalajara.

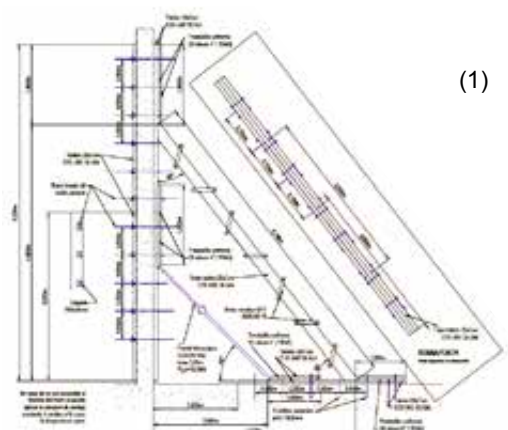
Dentro de nuestra sistemática de valoración de la intervención, previamente al planteamiento de un apeo o cualquier otra solución técnica, deberemos conocer con la máxima exactitud, los materiales, medios y personal que tendremos a nuestra disposición para poder ejecutar materialmente el apeo.

En el CEIS Guadalajara, por ejemplo, para procurar una primera respuesta existe un furgón de apeos con material limitado pero cuyo alcance es exactamente conocido:

En el caso de tener que apear de un muro que sufre rotación externa hacia la calle, mediante tornapuntado exterior, con los medios disponibles en dicho vehículo operativo, se pueden desarrollar 4 conjuntos estructurales de "apeo en muros para $h < 3m$ " o dos conjuntos estructurales para "apeo en muro $h < 6m$ ".



4 uds x x 2 uds



(1)

Imagen 697. Medios disponibles para primera respuesta del CEIS

1 - Esquemas replicados en el anexo



2.1.3. ORGANIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

En función de la información recabada en la inspección, se pueden determinar varios aspectos primordiales de esta fase:

- Si el apeo se lleva a cabo solo con los medios de bomberos o conjuntamente con otros servicios/ entidades.
- El lugar donde se realiza y los elementos necesarios para aplicarlos.
- El tipo de apuntalamiento conveniente y la descripción explícita de su aplicación.
- Las zonas de riesgo y los puntos críticos a considerar.
- La necesidad de material y herramientas que se precisan.
- Previsión de refuerzos tanto de personal como materiales.
- Duración estimada para realizar el apeo.
- Disponibilidad horaria de otras entidades participantes.
- En función de las condiciones de cada operación se pueden necesitar actuaciones auxiliares previas (saneamiento, desescombro, desalojo, etc.), y el apeo se realiza posteriormente (balizamiento, precintado, etc.).

Después de haber realizado las operaciones auxiliares previas, ya pueden acometerse las operaciones propias de apeo. Para garantizar la seguridad, el orden y la aplicación correcta de las tareas se aconseja delimitar una **zonificación** básica que debe tener en cuenta:

a) El área de intervención

Incluye la zona en la que hay riesgo de colapso/hundimiento en la que se instalarán las estructuras auxiliares de estabilización. Su tamaño depende de la cantidad de los daños existente. Solo deben permanecer en ella las personas que ejecutan trabajos de apeo y exclusivamente durante el tiempo necesario. El resto del personal debe permanecer en el exterior de este perímetro.

b) El área de apoyo logístico

Es la zona más próxima al área de intervención, en ella se realiza el acopio de materiales y se desempeñan las tareas auxiliares (como el corte y construcción de las distintas piezas del apeo). Su cercanía al área de intervención propicia que se reduzca el transporte de los elementos hasta el lugar en el que se montan.

Se deben emplear equipos de protección individual (botas, guantes, casco y ropa de intervención como elementos básicos), dependiendo de cada caso particular (considerando si existe humo o polvo, por ejemplo). El mando debe velar por el cumplimiento de las normas básicas de seguridad y la aplicación de buenas prácticas en el trabajo en equipo, así como coordinar la comunicación con el personal.

De forma complementaria a las tareas de apeo -e independientemente de cuántos servicios estén ejecutándolo-, siempre se requiere la presencia de servicios sanitarios (junto a la zona de apoyo logístico) ante el riesgo de que ocurra un percance inevitable.

El personal externo, curiosos, etc., debe permanecer fuera de una línea de acordonamiento que se establezca a tal fin para impedir que interfieran en los trabajos.

2.2. CAPACIDAD DE LOS RECURSOS DISPONIBLES

Aunque todos los cuerpos de bomberos aplican -con mayor o menor intensidad- la sistemática básica de intervención y organización de los trabajos, hay un factor básico que se debe considerar al iniciar cualquier acción: evaluar la capacidad de las acciones que se pueden desarrollar con los recursos de que se dispone. Este alcance se ha de valorar desde un doble punto de vista:

- El alcance de las medidas que pueden afectar a la **población**: evacuación o confinamiento.
- El alcance de las medidas destinadas a la **edificación**: estabilización, demolición o precintado.

a) Medidas hacia la población

Cuando se plantee el caso de un problema constructivo que presente un potencial problema de inestabilidad se debe valorar su alcance real e identificar todas las situaciones que conlleven un riesgo inminente y que aconsejen acciones preventivas inmediatas para evitar el agravamiento de la situación. En función al diagnóstico realizado y una vez confirmado el número total de ocupantes que se encuentran en su interior, se decide si se confina a sus ocupantes o si se les evacua a un punto exterior seguro:

- **Confinamiento de ocupantes (solución inicial por defecto)**

Esta opción es la más conveniente, ya que no precisa de recursos excesivos para implementarla y se puede aplicar en muy poco tiempo. Consiste en mantener a los habitantes de un edificio dentro de sus propias viviendas (o en donde se den las condiciones estructurales adecuadas), de forma que queden a salvo de cualquier colapso total o parcial del edificio. En estos casos, el principal problema radica en el **control de las personas confinadas**; deben permanecer en todo momento en los lugares asignados y no deben abandonar el edificio ni emprender acciones por su cuenta.

- **Evacuación de ocupantes**

Se debe optar por esta solución cuando no se pueden controlar los riesgos existentes en la edificación o no existe la certeza de que los ocupantes permanezcan en los lugares de confinamiento (porque no se hayan enterado, se encuentren nerviosos, etc.), la evacuación.

La evacuación de los residentes requiere, en primer lugar, asegurar la viabilidad de la **ruta de escape** escogida. Si es preciso, se deben colocar apeos de emergencia. Para asegurar el éxito de esta operación se precisa un gran número de recursos humanos y suele requerir bastante tiempo hasta que se completa, especialmente si hay menores o/y personas discapacitadas (físicos, psíquicos y sensoriales). Si se decide realizar una evacuación, es muy recomendable solicitar la **presencia de medios sanitarios** para que atiendan las posibles eventualidades (accidentes, estados de ansiedad, etc.).



Rescates inminentes: Si se confirma la existencia de personas en situaciones críticas, se debe priorizar su rescate a cualquier otra acción, incluyendo la preceptiva valoración inicial del incidente.

b) Medidas hacia la edificación

Durante la evaluación estructural que se realiza en la valoración inicial se deben identificar aquellas zonas de riesgo inminente en las que se pueden aplicar diferentes soluciones:

- Apear: para estabilizar la zona con las estructuras auxiliares que se consideren más adecuadas.
- Realizar demoliciones controladas: en algunas ocasiones lo más adecuado puede ser acelerar de forma controlada el colapso parcial.
- Abandonar la zona y limitar el acceso a la misma.



Como norma se debe tratar, al menos, de estabilizar el edificio con apeos o demoliciones parciales a fin de que esta inestabilidad no degenera en un colapso total o parcial.

Una medida preventiva básica es el **corte de servicios** (electricidad, gas y agua). Para ello, se debe acceder a las cajas generales de protección y a los cuadros de contadores. La presencia de los suministros electricidad, gas y agua durante la operación de estabilización del edificio puede complicar la intervención y suponer un riesgo adicional.

Cuando se llega a un siniestro, puede resultar muy necesario realizar un control temprano de la **propagación**. Si el riesgo de propagación es inminente, un equipo debe iniciar las acciones precisas para su control aplicando el protocolo adecuado a cada servicio hasta que se concluya la valoración y se transmita el Plan de Acción completo.

Si la emergencia no se puede solventar con recursos propios del servicio de bomberos (lógicamente su capacidad es limitada), el mando debe trasladar una **solicitud de inspección** al departamento técnico competente (urbanismo, sistemas de edificaciones deficientes, etc.; o a la figura equivalente en cada entidad administrativa). Así se garantiza el deber de conservación y la declaración de ruina si procede. Cuando se realiza esta gestión, ya **se entiende transferida por completo la responsabilidad** a dicho órgano.

Este aspecto es crucial, ya que los servicios de bomberos actúan de forma continua durante las veinticuatro horas,

mientras que no es frecuente que el resto de servicios posean tanta disponibilidad. Por ello, para asegurar y acelerar la adecuada comunicación entre administraciones, la vía de comunicación más adecuada es a través de los Centros de Atención de Llamadas de Emergencia (112 en la UE).

Aun en el caso de no intervenir en las labores de estabilización, siempre se deben eliminar los riesgos existentes y dejar el lugar en adecuadas condiciones de seguridad.

2.3. VALORACIÓN DINÁMICA DE LA ESTABILIZACIÓN

Al igual que en todas las emergencias, una vez diagnosticada la patología y organizada la intervención, la reevaluación frecuente todos y cada uno de los factores determinantes permitirá la posibilidad de adaptarse a nuevos escenarios. Por ello, esta **valoración dinámica** o continua debe preverse ya desde el inicio de la intervención:

- **Planteamiento estructural:** una vez establecido el planteamiento preliminar, realizado el cálculo de los diferentes elementos y localizada la ubicación de los mismos, se debe recalculer el conjunto del apeo de la forma más exacta posible y se debe revisar ante cualquier modificación en su aplicación o si se aprecia un incremento de su patología.
- **Soluciones:** siguiendo el plan de acción, se deben optimizar las soluciones a ejecutar, en función de los medios y recursos de que se disponga realmente en cada escenario de actuación.
- **Recursos necesarios:** de igual manera que en los dos puntos anteriores, se debe reevaluar continuamente el alcance de las soluciones aplicadas en función de los medios disponibles y, si es necesario, requerir la colaboración de medios adicionales.
- **Éxito de las acciones emprendidas:** la finalización de las tareas que se ejecutan, no suponen siempre el éxito de la estabilización. Se debe comprobar que la patología no ha evolucionado y, de forma preventiva, prolongar las medidas de seguridad durante un periodo prudencial después de darlas por finalizadas.





CAPÍTULO

4

Tácticas de intervención



1. PLANTEAMIENTO TÁCTICO

Las tácticas de intervención están conformadas por un conjunto planificado, coordinado y organizado de herramientas, materiales y técnicas de intervención. Su objetivo es encarrilar las intervenciones de forma adecuada. Seleccionar un planteamiento táctico determinado es la decisión más importante en una intervención de bomberos. Pueden ser tácticas ofensivas o defensivas, pero cada elección implica asumir un riesgo y unas pérdidas. En muchos casos, las decisiones son irreversibles e implican que la intervención derive en un sentido u otro.

Puede haber decisiones reversibles, pero las repercusiones de las tácticas aplicadas y la utilización de medios concretos, propician que en la práctica resulten irreversibles.

Para seleccionar el planteamiento táctico a aplicar, el mando de intervención debe considerar al menos cuatro aspectos:

- La experiencia profesional.
- El conocimiento técnico y científico.
- El abanico de técnicas aplicables.
- La valoración del suceso.

1.1. FASES DE UNA INTERVENCIÓN

Las fases de una intervención tipo a la hora de estabilizar edificaciones se describen en el cuadro inferior. El orden de las tareas puede no coincidir con la numeración, según cada caso. Muchas de estas tareas se ejecutan de manera simultánea por diferentes miembros de la dotación. En el ejemplo se estudia el caso de una valoración realizada por el mando que se ejecuta mientras los vehículos se posicionan. Las acciones para reducir los riesgos inminentes pueden ordenarse en cualquier momento, dependiendo de las necesidades.

| FASE | TAREA | OBSERVACIONES |
|--|---|---|
| FASE 0: MOVILIZACIÓN | 1. Recepción del aviso | Toma de datos relativos al aviso Confirmación de movilización de otros servicios requeridos (sanitarios, FF.OO.) Determinación del tren ordinario de salida Información al mando superior y activación de medios adicionales |
| | 2. Movilización a siniestro | Desplazamiento del Tren de Primera Salida Desplazamiento de dotaciones adicionales Desplazamiento de Mando de Intervención |
| FASE 1: VALORACIÓN TAREAS PREVIAS | 3. Llegada a siniestro | Emplazamiento de vehículos Preparación del material de 1ª intervención Acopio de materiales |
| | 4. Valoración exterior y valoración interior | Lectura de la patología edificatoria Análisis de riesgos inminentes Elaboración de un Plan de Acción Sectorizar el incidente Zonificar el incidente |
| | 5. Acciones inminentes | Acciones para mitigar riesgos inminentes Confinamiento / Evacuación Corte de servicios Estabilidad estructural básica Rescates inminentes Control de propagación |
| FASE 2: CONTROL | 6. Búsqueda y rescate | Búsqueda y rastreo de víctimas superficiales y sepultadas, con técnicas de rastreo en derrumbes de edificaciones. |
| | 7. Control de la propagación | Control de la patología, limitando la propagación a otros elementos constructivos interiores y exteriores. |
| | 8. Valoración continua | Valoración continua realizada por el mando de la intervención de la lectura de la patología, estado de recursos y éxito de las acciones emprendidas |
| FASE 3: MITIGACION / ESTABILIZACIÓN | 9. Apeo | Ejecución de los apeos estandarizados. Cálculo y ejecución de un apeo específico. |
| FASE 4: RESTITUCIÓN | 10. Desescombro y estabilización | Restitución a la situación previa a la patología, en la medida de lo posible |
| | 11. Valoración final | Estabilidad estructural del conjunto. Ausencia de nuevos síntomas. Consideraciones de seguridad para el beneficiario |
| | 12. Vuelta a base | Recuperación de la operatividad Análisis colectivo de la intervención Parte de intervención |

1.2. SECTORIZACIÓN

La sectorización del incidente consiste en repartirlo en intervenciones más limitadas, en función de su localización o de las tareas concretas.

Toda intervención precisa de un planteamiento táctico diferente para cada uno de los sectores, con objetivos específicos y recursos adaptados a los objetivos marcados. El Mando de Intervención debe realizar una evaluación continua de cada uno de los objetivos y puede trasvasar recursos de un sector a otro dependiendo de las necesidades.

1.3. MODO TÁCTICO: OFENSIVO O DEFENSIVO

En cada sector se debe aplicar un modelo táctico, lo que supone elegir determinados planteamientos estratégicos. El modo táctico determina el tipo de acciones que se aplican en cada intervención.

1.3.1. PLANTEAMIENTO OFENSIVO

- Se aborda la edificación con el fin de conseguir una estabilización correcta.
- Corresponde a la fase de “mitigación” de una intervención.
- Supone mayores riesgos personales, por lo que se debe sopesar la relación riesgo-beneficio.
- Se precisan garantías de éxito antes de acometer un planteamiento ofensivo.
- Se puede aplicar, entre otras estabilizaciones, a:
 - Rotaciones de muros.
 - Fallos en forjados:
 - Por flexión.
 - Fallo en apoyo
 - Arriostramiento de cubiertas.
 - Derrumbes en zanjas y pozos.

1.3.2. PLANTEAMIENTO DEFENSIVO

- No se aplican acciones directas sobre los elementos constructivos dañados, sino que se hace sobre las zonas o edificaciones anexas afectadas por empujes, arrastres o derrumbes del edificio dañado.
- Corresponde a la fase de “Control” de una intervención.
- Conlleva un nivel de riesgo inferior para el personal.
- Si no existen garantías de éxito de un planteamiento ofensivo (la balanza riesgo-beneficio no es favorable o no se dispone de recursos suficientes), el planteamiento a aplicar tiene que ser defensivo.
- Entre otros casos, se puede aplicar a:
 - Balizamiento de la zona de intervención.
 - Clausura de las edificaciones afectadas o adyacentes.
 - Apeos de un elemento constructivo sano, que se apoya en otro dañado (por ejemplo: forjados para la descarga de muros afectados por rotaciones).

2. ESTABILIZACIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES

2.1. ESTABILIZACIÓN DE PILARES Y MUROS DESDE EL INTERIOR

Objetivos principales:

- La estabilidad parcial de la fachada o medianería, acometiendo las acciones desde el interior de la edificación.
- Asegurar la edificación para su rehabilitación o demolición.
- Limitar los daños al interior de la edificación y evitar afecciones en el exterior.

Técnicas de referencia:

- Apeo de forjados: fallo en nudo y fallo por flexión.
- Apeo de muro para alturas hasta tres metros.
- Aplicar apeos de emergencia mediante sistemas traccionados.

Indicaciones:

- Se pueden simultanear otras operaciones dentro o fuera de la edificación, a distinto nivel y fuera de la vertical del elemento constructivo dañado.
- No se pueden simultanear operaciones de estabilización, al mismo nivel, que repercutan sobre los mismo nudos, ya que existe riesgo de alterar la resistencia de los elementos a apeo y sobre los que están recayendo las cargas.
- No se puede aplicar desde el comienzo de la intervención para el control inminente de propagación a estructuras aledañas, debido a los tiempos necesarios para su aplicación.

Ejecución:

5. Acciones defensivas:

- Balizar y controlar los accesos al edificio hasta realizar el análisis integral por los servicios de bomberos.
- Apear los elementos horizontales (forjados) y los verticales (muros y pilares) que se apoyen en el elemento vertical afectado.

6. Ataque ofensivo:

- Estabilizar de emergencia con sistemas traccionados (opcional).
- Ejecutar el apeo inclinado para muros de hasta 3 metros de altura.

Consideraciones de seguridad:

- No bloquear las salidas de evacuación con los materiales retirados.
- Tener en cuenta el incremento de cargas (generales y puntuales), como resultado del peso de los elementos del apeo o por el incremento de la inclinación del muro.
- Se debe comprobar la resistencia de los elementos en



los que se apoyan las cargas del apeo, incluso realizando catas si es necesario.

- Hay que mantener una distancia mínima de seguridad, equivalente a la altura del elemento dañado.
- Una vez que se haya evaluado el alcance y diagnosticado la causa de la patología, se puede permitir el uso normal de la edificación no afectada.

2.2. ESTABILIZACIÓN DE MUROS DESDE EL EXTERIOR

Objetivos principales:

- Controlar el conjunto de la fachada (o muro de contención) desde el exterior del edificio.
- Asegurar el elemento constructivo para su rehabilitación o demolición.
- Evitar los daños a terceros o a la vía pública, ante el posible derrumbe exterior.

Técnicas de referencia:

- Apeo de forjados: fallo por flexión o en apoyo.
- Apeo de muros de hasta tres metros de altura.
- Apeo de muros de hasta seis metros de altura.
- Recercados de huecos.
- Apeos de emergencia utilizando sistemas ensacados.

Indicaciones:

- Se pueden simultanear otras operaciones interiores, si no afectan a la estructura de los elementos constructivos que se encuentran en la misma vertical del elemento dañado.
- No se pueden simultanear operaciones de estabilización desde el exterior, ni en la misma fachada ni en las colindantes.
- No se puede aplicar desde el comienzo de la intervención para el control inminente del riesgo de derrumbe, ya que se requiere bastante tiempo para su aplicación.

Ejecución:

1. Acciones defensivas:

- Balizar y controlar los accesos al conjunto del edificio hasta realizar el análisis integral por los servicios de bomberos.
- Descargar los elementos horizontales (forjados) y los verticales (muros y pilares) que se apoyen en el elemento vertical afectado.

2. Ataque ofensivo:

- Estabilizar de emergencia con sistemas traccionados (opcional).
- Recercar los huecos en caso de movimientos paralelos al plano de fachada.
- Ejecutar el apeo inclinado para muros de hasta tres metros de altura y luego completarlo con apeos para muros de hasta seis metros.

Consideraciones de seguridad:

- No bloquear las salidas de evacuación con los materiales retirados.
- Tener en cuenta el incremento de cargas (generales y puntuales), como resultado del peso de los elementos del apeo o por el incremento de la inclinación del muro.
- Se debe comprobar la resistencia de los elementos en los que se apoyan las cargas del apeo, incluso realizando catas si es necesario.
- Hay que mantener una distancia mínima de seguridad, equivalente a dos veces la altura del elemento dañado.

3. ESTABILIZACIÓN DE ELEMENTOS HORIZONTALES

3.1. ESTABILIZACIÓN DE FORJADOS DESDE EL INTERIOR

Objetivos principales:

- Controlar la estabilidad vertical del forjado de una planta, desde el interior del edificio.
- Asegurar el elemento constructivo para repararlo, o proceder a ejecutar demoliciones parciales.
- Limitar los daños en los elementos constructivos situados inmediatamente debajo del dañado.

Técnicas de referencia:

- Apeo de forjados: fallo en nudo y fallo por flexión.

Indicaciones:

- Se puede simultanear con otras operaciones exteriores, en niveles inferiores al elemento constructivo dañado.
- Se puede aplicar desde el comienzo de la intervención como táctica para el control inminente de la patología (acciones ofensivas), o en elementos constructivos sobre los que se apoya (acciones defensivas), ya que no precisa demasiado tiempo de ejecución.

Ejecución:

1. Acciones defensivas:

- Balizar y controlar los accesos al conjunto del edificio hasta realizar el análisis integral por los servicios de bomberos.
- Descargar los elementos horizontales auxiliares que se apoyen en los elementos de orden mayor afectados (viguetas que descarguen en vigas).

2. Ataque ofensivo:

- Apeo de forjados: fallo en apoyo y fallo por flexión.
- Atirantar el interior del forjado afectado.

Consideraciones de seguridad:

- No realizar acopio de material en la zona de la intervención. Llevar los materiales a esta zona según se vayan necesitando.

- Valorar el incremento de cargas generales y puntuales en la edificación, bien como consecuencia del peso de los elementos del apeo, bien asociado al aumento de la inclinación del muro.
- Tener en cuenta la resistencia de los forjados inferiores al dañado. Las cargas deben descargar en, al menos, los dos forjados inmediatamente inferiores. Para conseguir la máxima seguridad deben descargar en tres, como mínimo.
- Se debe evacuar el conjunto del edificio en cuanto se detecte la patología.
- No se debe volver a ocupar el edificio hasta que no se haya ejecutado el apeo y se haya comprobado que la edificación resulta segura.

3.2. ESTABILIZACIÓN DE FORJADOS DESDE EL EXTERIOR

Objetivos principales:

- Controlar la estabilidad horizontal del forjado de una planta, desde el exterior del edificio.
- Asegurar el elemento constructivo para repararlo o proceder a ejecutar demoliciones parciales.
- Reducir el empuje que reciben los elementos estructurales verticales que se encuentran en contacto con el elemento dañado.
- Limitar los daños a terceros o la vía pública ante un posible derrumbe exterior.

Técnicas de referencia:

- Apeo de forjados: fallo en nudo y fallo por flexión.
- Apeo de muro hasta tres metros de altura.
- Apeo de muro hasta seis metros de altura.
- Apeos de emergencia realizados mediante sistemas traccionados.

Indicaciones:

- La patología es muy grave, por lo que hasta que los técnicos competentes no hayan realizado el análisis integral de la edificación, no se debe simultanear con otros apeos en el interior del edificio.
- La unión del forjado con el apeo que se realiza desde el exterior debe tener lugar a la altura de su canto.

Ejecución:

1. Acciones defensivas:

- Clausurar la entrada al edificio hasta que los bomberos terminen el análisis integral.
- Balizar y controlar el área en la vía pública, dejando una separación equivalente a dos veces la altura de la edificación.

2. Ataque ofensivo:

- Acodar el exterior de la fachada afectada con respecto a los edificios enfrentados.
- Apeo de muro (de tres y de seis metros), desde la parte externa.

Consideraciones de seguridad:

- No se debe almacenar gran cantidad de material ni concentrarse personal cerca del elemento constructivo afectado.
- Se debe comprobar la estabilidad de los forjados situados por debajo del dañado.
- Proceder a evacuar el edificio desde el mismo momento en que se tenga certeza de la patología.
- No se debe volver a ocupar el edificio hasta que no se haya ejecutado el apeo y se haya comprobado que la edificación resulta segura.

4. ESTABILIZACIÓN DEL TERRENO

4.1. MUROS DE CONTENCIÓN DE TIERRAS

Objetivos principales:

- Controlar la estabilidad vertical y la estructura de contención de tierras existente entre dos cotas de servicio diferenciadas.
- Asegurar el conjunto del elemento constructivo para repararlo, o proceder a la descarga del trasdós del muro para ejecutar una demolición parcial.
- Limitar los daños en los elementos constructivos que se encuentran inmediatamente por debajo del dañado.
- Evitar daños a terceros o a la vía pública, ante un posible derrumbe exterior.

Técnicas de referencia:

- Apeo de muro hasta tres metros de altura.
- Apeo de muro hasta seis metros de altura.

Indicaciones

- No se debe simultanear con otras operaciones exteriores sobre el elemento constructivo dañado.
- No se deben aplicar desde el comienzo de la intervención como táctica para controlar los riesgos de derrumbe, ya que requieren mucho tiempo para su ejecución.

Ejecución:

1. Acciones defensivas:

- Balizar y controlar los accesos al conjunto del edificio hasta que el servicio de bomberos no haya completado su análisis integral.
- Apear los forjados (elementos horizontales) y los muros y pilares (elementos verticales) que se apoyen en el elemento vertical afectado.

2. Ataque ofensivo:

- Ejecutar el apeo inclinado para muros de hasta tres metros de altura.
- Ejecutar el apeo inclinado para muros de hasta seis metros de altura.



Consideraciones de seguridad:

- No permitir que se acumule material de desecho en la base del muro dañado.
- Cuantificar y valorar la eliminación de las cargas variables que soportan los muros; ya estén asociadas a la evolución de la patología (con un aumento de la inclinación del muro), o que se deban a elementos de gran masa que se encuentren en las proximidades (piscinas).
- Comprobar la capacidad de resistencia de los suelos en los que se concentran las cargas procedentes del apeo, si es necesario se deben realizar catas.
- Mantener una distancia mínima de seguridad equivalente a dos veces la altura del elemento dañado.
- No se debe permitir el tránsito ni otras actividades bajo el muro, hasta que no se haya estabilizado adecuadamente y no se hayan eliminado las causas que generaron la patología.

4.2. ENTIBACIONES

Objetivo:

- Controlar la estabilidad volumétrica de las tierras existentes junto al vaciado del terreno.
- Evitar que los operarios que realicen tareas en cotas inferiores cercanas al terreno puedan quedar sepultados.
- Evitar que los daños afecten a edificaciones y viales cercanos a las zanjas y los pozos.

Técnicas de referencia:

- Entibación hasta tres metros.

Indicaciones:

- No se debe simultanear con más acciones en las proximidades.
- A pesar de que esta técnica requiere mucho tiempo de aplicación, es la única técnica estandarizada para estabilizar terrenos de cimentación y asegurar zanjas y pozos en caso de sepultamiento de personas.

Ejecución:

1. Acciones defensivas:

- Balizar y controlar los accesos al edificio hasta que el servicio de bomberos no haya completado el análisis integral.
- Apear los forjados (elementos horizontales) y los muros y pilares (elementos verticales), con sufran afección estructural en cimentaciones cercanas a las zanjas y pozos.

2. Ataque ofensivo:

- Entibación hasta tres metros.

Consideraciones de seguridad:

A la hora de ejecutar un apeo, las peculiaridades del trabajo bajo la cota del terreno, deberemos mantener las siguientes prescripciones de seguridad:

- Identificar las características del terreno.
- Asegurarse y examinar las instalaciones que pudieran ir por el suelo (agua, líneas de alta tensión gas u otros peligros).
- No penetrar en alcantarillados pozos o aljibes sin comprobar la atmosfera interior o con equipos de respiración
- No utilizar motores de explosión dentro de excavaciones estrechas o profundas y si es necesario comprobar los gases del escape.
- No almacenar los materiales o arena en el borde de la excavación.
- Siempre que sea posible colocaremos una escalera que constituirá un vial de escape.
- Procuraremos que los paneles a colocar queden en vertical y que los codales trabajen con una angulación de 90° con respecto a panel y así evitar que se nos generen esfuerzos verticales en los codales.
- Hay que tener presente que cuanto más profunda sea la zanja mayor presión ejercerá sobre los codales en la parte más baja.

