

**GRUPO III. OBRAS DE EDIFICACIÓN Y URBANIZACIÓN. TEMA 3**  
**PATOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN.**  
**PATOLOGÍA DE CERRAMIENTOS Y ACABADOS ARQUITECTÓNICOS.**  
**SISTEMAS DE APEOS EN LA EDIFICACIÓN**

**1. PATOLOGIA DE LA EDIFICACIÓN**

CONCEPTO

El término patología tiene el siguiente significado:

D.R.A.E.: Del griego “Patos”, afección, dolencia y “Logía”, ciencia, tratado, estudio.  
Parte de la medicina que trata de las enfermedades.

Aplicado a la Patología de la edificación lo definimos como:

“Estudio del conjunto de los procesos degenerativos tipificados en la alteración los materiales y elementos constructivos”.

Se trata pues de un concepto que abarca un ámbito abstracto y generalista. Si nos que queremos referir a la casuística de las alteraciones que afectan a un determinado edificio debemos referirnos al “proceso patológico”.

**Procesos patológicos y procesos reológicos.**

En la interpretación de los signos, fundamentalmente de los agrietamientos, debe diferenciarse su posible origen en un proceso patológico del basado en un proceso reológico. Mientras que la etiología (conjunto de las causas de un determinado proceso patológico) en el primer caso puede ser diversa, en el segundo los daños (fundamentalmente agrietamientos de paramentos revestidos) se deben a la pérdida de elasticidad de un material, por envejecimiento, para absorber las tensiones diferenciales de los materiales.

**Análisis de la patología**

El contenido de la patología de la edificación puede estructurarse de dos formas:

- Recopilación y ordenación de toda la patología que afecta a materiales elementos y sistemas.
- **Metodología de investigación de los procesos patológicos.**

El proceso de evaluación de los datos obtenidos se ordena en tres fases similares a las que se siguen en la ciencia médica y en otras áreas del la investigación:

- 1) Anamnesis.- Identificación de la razón constructiva de la edificación
- 2) Diagnóstico.- Planteamiento del proceso patológico o reológico que afecta al sistema constructivo
- 3) Pronóstico.- Previsión de la evolución y gravedad de los daños detectados

A este orden habría que añadir una cuarta y última fase que en la ciencia se conoce como la “terapia” y que en la edificación la conocemos como “la intervención para la reparación de la edificación”.

## **Anamnesis.**

DRAE: "Anamnesis.- Parte del examen clínico que reúne todos los datos personales, hereditarios y familiares del enfermo, anteriores a la enfermedad".

Su objeto es el conocimiento de la razón constructiva para responder a las siguientes cuestiones:

- ¿Cómo está construido el edificio?.
- ¿Cuáles son los materiales utilizados en la construcción?.
- ¿A qué características típicas responde la construcción en relación con la época en que se construyó?.
- ¿Cuáles son las características generales del medio en su entorno?.
- ¿Qué historial de reformas y reparaciones tiene el edificio?.

Debemos entender la anamnesis como el conocimiento de la razón constructiva del edificio y su historial de obras, reformas y reparaciones. Al aludir a la razón constructiva nos estamos refiriendo a la composición orgánica entre sistemas, elementos y materiales de construcción para cumplir una función.

Esta fase precede necesariamente, por tanto, a la de análisis de los daños y su sintomatología. Para conocer la morfología y comportamiento estructural y funcional del edificio debe ordenarse la información obtenida en la inspección conforme a los siguientes aspectos:

- ¿Cuáles son los cuerpos constructivos separables o independientes que integran la edificación?.
- ¿Cómo está construido el edificio, identificando su sistema estructural y la ubicación y composición de crujeas?.
- ¿Cuáles son los materiales utilizados en la construcción para poder establecer posibles relaciones de los mismos con su patología característica?.
- ¿A qué características típicas responde la construcción objeto de inspección en relación con la de la época en que se construyó y con la zona en que se erige, intentando identificar en la construcción inspeccionada las invariantes características de determinados sistemas constructivos estandarizados?.
- ¿Cuáles son las condiciones generales del medio en que se ubica: tanto en lo referente a la geotecnia u orografía del terreno como a su interrelación con las fincas vecinas?.
- ¿Qué historial de reformas y reparaciones tiene el edificio y qué relación puede plantearse entre éstas y el proceso patológico detectado. Pudiera ser así que la sintomatología observada correspondiera a unos daños ya reparados o, por el contrario, a la deficiente reparación efectuada y, consecuentemente los daños aparentemente reparados siguieran vivos?.

## **Diagnóstico**

DRAE: Diagnóstico.-

1. adj. Med. Perteneciente o relativo a la diagnosis.
2. m. Med. Arte o acto de conocer la naturaleza de una enfermedad mediante la observación de sus síntomas y signos.
3. m. Med. Calificación que da el médico a la enfermedad según los signos que advierte.

El diagnóstico de un proceso patológico o reológico consiste en establecer, con los medios proporcionales de investigación, una relación certera entre los signos observados (sintomatología), los daños ocultos o vistos (patología) y las causas que los generan (etiología). El análisis de las causas tiene pues por finalidad fundamental conocer el origen de los daños en la edificación y las alteraciones que pudieran haber producido en el estado de conservación del edificio con el propósito de corregir tal alteración en la fase de intervención. No obstante, el reconocimiento de causas puede

servir para investigar qué agentes o actuaciones provocaron dichas alteraciones. Cuando previamente se haya efectuado una acertada comprensión de la razón constructiva del edificio es posible que se detecten de forma simultánea muchos de los daños y deficiencias que le afectan.

- **Lesión:** Alteración que menoscaba las propiedades fundamentales de un material, un elemento o un sistema constructivo.
- **Deficiencia:** Carencia o imperfección de un material o sistema constructivo que puede ser congénito o adquirido y que no presupone la existencia de lesiones.

**Para elaborar una hipótesis de daños deben seguirse los siguientes pasos::**

- **Localización y lectura de la sintomatología**
- **Elaboración de una o varias hipótesis que relacionen signos – daños y causas.**
- **Verificación de la hipótesis deducida contrastándola con otras concurrentes o posibles.**

### **Sintomatología y etiología**

El diagnóstico se deduce mediante el cruce de los datos obtenidos y el establecimiento de una o varias hipótesis acerca de la relación que pudiera deducirse entre síntomas – daños – causas. Si al conjunto de síntomas el agrupan bajo la denominación de sintomatología<sup>1</sup>, el de las causas responde al campo de la etiología<sup>2</sup>.

### **Tipos de signos:**

- **Grietas**
- **Deformaciones**
- **Desprendimientos**
- **Decoloraciones**

### **Grietas:**

Constituyen roturas de paramentos afectados por tensiones diferenciales que adoptan diversas trazas en función de las sollicitaciones tensionales que las han provocado:

- Parabólicas continuas por asentamiento diferencial
- Parabólicas en paralelo por esfuerzos cortantes
- Verticales por retracciones
- Verticales por aplastamientos
- Verticales por basculamiento
- Verticales por deslizamiento
- Cruzadas por sollicitaciones sísmicas
- Cruzadas por fenómenos de arrufo y quebranto.

### **Deformaciones de elementos constructivos verticales**

#### **Sintomatología:**

- Cedimiento
- Pandeo
- Desplome

<sup>1</sup> D.R.A.E. Sintomatología. 2. f. Conjunto de indicios de algo.

<sup>2</sup> D.R.A.E. Etiología. 1. f. Fil. Estudio sobre las causas de las cosas.

- Aplastamiento

Etiología:

- Por movimientos diferenciales del terreno
- Por empuje de otros elementos desestabilizadores
- Por alteración de las cargas aplicadas:
  - Alteración del módulo: sobrecargas
  - Alteración del sentido: empujes
- Por comportamientos reológicos

### **Deformaciones de elementos constructivos horizontales e inclinados**

Sintomatología

- Desnivelación en soleras y forjados
- Bufado y socavación en soleras
- Flecha en forjados y armaduras de cubierta.

Etiología:

- Desnivelación de forjados: por movimientos diferenciales del terreno
- Bufados y socavaciones: por lavado de tierras
- Flechas: - por sobrecargas
  - por comportamientos reológicos

### **Desprendimientos**

Tipo y etiología:

- Involución: meteorización de las fábricas.
- Rotura: por aplastamiento, gelifración o rotura térmica diferencial
- Erosión. Por la acción del viento

### **Decoloraciones**

En paramentos y fábricas:

- Humedades de filtración, capilaridad o condensación.
- Eflorescencias por la acción de las sales contenidas en los materiales.

En elementos leñosos:

- Pudriciones por efecto de la humedad
- Disgregaciones bióticas por ataque de insectos xilófagos: termitas, carcomas, etc.

En elementos de acero:

- Oxidaciones por acción química superficial
- Corrosiones por acción electroquímica intersticial.

En el hormigón:

- Carbonataciones tales como la derivada del empleo de cemento aluminoso.

### **Método para la elaboración de una o varias hipótesis:**

Deben establecerse cuantas hipótesis sea posibles para relacionar **signos – daños - causas**.

Se pueden establecer diferentes hipótesis que relacionen estos tres factores para después analizar las probabilidades de que el proceso patológico responda a una o a la concurrencia de varias de ellas. Así, el análisis comparativo entre hipótesis puede dar lugar a las siguientes variables:

#### **Análisis de las hipótesis:**

##### HIPÓTESIS CONCURRENTES

**El análisis de las diferentes hipótesis conducen a señalar en los daños una misma causa o los signos conducen al mismo daño.**

Cuando las diferentes hipótesis que relacionan unos síntomas con los daños y sus causas confluyen todas en la misma causa como origen de los daños o bien interrelacionan los mismos daños con diversas causas posibles.

##### HIPÓTESIS RESIDUAL

**La hipótesis se selecciona por descarte de las otras posibles al no ser certeras.**

Cuando establecidas diferentes hipótesis sobre las causas de los daños se descartan una a una todas hasta determinar una como la más probable. En este caso, si prevaleciese una falta de fundamento en el descarte de diferentes hipótesis, convendría retomar la fase de toma de datos de inspección acudiendo, si fuera preciso, a medios o pruebas de un nivel superior al utilizado hasta ese momento.

#### **Pronóstico**

DRAE: 4. m. Med. Juicio que forma el médico respecto a los cambios que pueden sobrevenir durante el curso de una enfermedad, y sobre su duración y terminación por los síntomas que la han precedido o la acompañan.

Una vez establecido el diagnóstico sobre el origen de los daños que afectan al edificio el técnico inspector ha de determinar el nivel de importancia de los daños detectados y su evolución, ya sea por degradación de los materiales o por la desestabilización progresiva del sistema estructural. Consecuentemente, una vez fijado un pronóstico sobre el estado de conservación del edificio, procede determinar cuales son las medidas paliativas a ejecutar para estabilizar la degradación detectada y garantizar la seguridad constructiva y de las personas.

El establecimiento de un pronóstico acerca de la seguridad del edificio entraña normalmente serias dificultades ante la imposibilidad de predecir, de forma fehaciente, la evolución en el tiempo que puede experimentar un proceso patológico y que, en muchos casos, solo puede basarse en la experiencia del técnico responsable. El pronóstico habrá de pronunciarse, en cualquier caso, sobre el nivel de los daños que afectan al edificio y su incidencia en el tipo de medidas de seguridad a ejecutar así como sobre la viabilidad de efectuar temporal o definitivamente su desalojo y clausura.

A título orientativo se establecen los siguientes niveles:

- 1) La edificación ofrece unas condiciones de estabilidad y seguridad admisibles para su habitabilidad y uso pese a los daños que le afectan por lo que no es necesario efectuar su desalojo o clausura ni otras medidas de seguridad en tanto no se inicien las obras de reparación.

- 2) Es preciso acometer una serie de medidas de seguridad sin necesidad de efectuar su desalojo o clausura para proceder a su adopción. Dichas medidas tienen carácter temporal en tanto se acometan las obras de reparación.
- 3) Para acometer las medidas de seguridad necesarias es preciso efectuar su desalojo o clausura previos, pudiendo ser realojado y puesto de nuevo en uso una vez adoptadas dichas medidas. Es decir, es compatible el uso del edificio con la existencia de unas medidas de seguridad de carácter temporal en tanto se acometan las obras de reparación necesarias.
- 4) Una vez que estén adoptadas las medidas de seguridad necesarias quedará garantizada la estabilidad del edificio pero no será posible proceder a su realojo en tanto no se acometan las obras de reparación de los daños detectados. Esta decisión puede venir motivada, tanto por la gravedad de los daños que impiden la seguridad de uso del edificio, como por la incompatibilidad de las medidas de seguridad adoptadas con el uso del edificio al invadir éstas los espacios útiles del mismo.
- 5) Este nivel corresponde a lo que en la legislación se denomina «Ruina Física Inminente» y se alcanza cuando el precario estado de la edificación no permite la adopción de medidas de seguridad dado el riesgo o la inutilidad de tal intervención. Resta tan solo efectuar su desalojo y clausura definitivos con carácter inmediato y previo a su demolición. En función del nivel de gravedad de los daños se determinará si es posible o no el desalojo de muebles y objetos personales.

### **La intervención**

Es la fase final en la que se fija las medidas y obras a ejecutar para recuperar el estado de conservación y nivel de calidad perdidos en el edificio. Se corresponde lo que en la ciencia médica se denomina terapéutica. D.R.A.E: 2. f. Parte de la medicina que enseña los preceptos y remedios para el tratamiento de las enfermedades.

La intervención podrá consistir en la adopción de una serie de medidas de carácter temporal destinadas a garantizar la estabilidad del edificio en tanto se acometan las obras de reparación necesarias y, en una segunda fase o simultáneamente, en las obras de reparación definitivas.

## **2. PATOLOGÍA DE CERRAMIENTOS Y ACABADOS ARQUITECTÓNICOS.**

### CONCEPTO DE CERRAMIENTO

R.A.L.E.

Cerramiento

4. m. Entre albañiles, división que se hace con tabique, y no con pared gruesa, en una pieza o estancia. (Concepto habitual de “partición”)

5. m. Arq. Aquello que cierra y termina el edificio por la parte superior. (Concepto habitual de “cubierta”).

También debe contemplarse el concepto de CERRAMIENTO como paramento vertical separador del espacio exterior.

**Nos referiremos pues a la patología propia de cerramientos de fachada y particiones interiores.**

Algunos de los casos más típicos son los siguientes:

### PROCESOS PATOLÓGICOS Y REOLÓGICOS EN LOS CERRAMIENTOS Y PARTICIONES

Todos los paramentos constructivos están sometidos a las tensiones: generadas por la transmisión de cargas, ya fueran las aplicadas o las de su peso propio. También pueden estar ocasionalmente sometidos a tensiones por un agente externo: un movimiento sísmico o un cedimiento de su base de apoyo. Si están correctamente dimensionados y adecuadamente conservados, el reparto de tensiones en estos elementos no ha de ocasionar signo alguno de daños.

Pueden producirse daños por el incremento de tensiones por encima de las capacidades mecánicas de la construcción dando lugar a un colapso<sup>3</sup> que afecte a los elementos constructivos descritos, cuya causa puede ser una sobrecarga, una vibración por sismo o deflagración o un descalce.

También pueden producirse daños en situaciones tensionales inalteradas debido a la fatiga<sup>4</sup> de los propios materiales constructivos al perder su capacidad mecánica original. Todas estas alteraciones tienen su origen en un proceso patológico.

Ahora bien, todos o alguno de los materiales componentes de un paramento vertical: revestimientos, fábrica cerámica, tabiques de cámaras, etc. pueden perder su capacidad elástica por envejecimiento hasta llegar a agrietarse por pérdida de resistencia a la retracción sin que medie una alteración de las cargas aplicadas. Esto es debido a la pérdida de su capacidad para absorber las dilataciones y retracciones generadas por las alteraciones higrotérmicas del ciclo de estaciones: frío – calor, humedad – sequedad. En estos casos, la rotura de uno o varios materiales componentes del plano vertical no está asociado necesariamente al agotamiento de su capacidad mecánica para absorber y transmitir cargas, ya que se trata de un proceso reológico.

#### INESTABILIDAD DE LOS CERRAMIENTOS DE FÁBRICA DE LADRILLO

En la construcción tradicional de cerramiento de fábrica de ladrillo visto, se apoyaba cada tramo de planta en dos tercios de su basa sobre cada canto de forjado quedando un tercio en vuelo de modo que el canto de forjado se igualaba con el resto de la fábrica recubriéndolo con plaquetas de ladrillo.

Uno de los procesos patológicos más habituales en estas fábricas es su desplome o desprendimiento debido a varios factores:

- El apoyo resulta insuficiente o bien está mal ejecutado de modo que la fábrica bascula y se desploma en su base, padece y amenaza caída sobre el exterior. A ello colabora también la expansividad de las fábricas por exceso de humedad y pérdida de fluencia.
- Las plaquetas se desprenden del canto de forjado y caen propiciado a su vez la pérdida de superficie en la base de cada tramo de cerramiento.

#### PROCESOS PATOLÓGICOS EN LAS FÁBRICAS DE CERRAMIENTO Y DE PARTICIONES INTERIORES.

Los fenómenos debidos a la degradación de sus materiales base y acabados pueden ser:

- Expansividad de las fábricas de ladrillo por absorción de humedad y pérdida de fluencia.
- Afogado de morteros de revestimiento por un incorrecto fraguado de la pasta de mortero.
- Meteorización de morteros de aparejo de fábrica por involución de sus componentes.
- Erosión mecánica por efecto del viento.
- Desprendimiento de aplacados y revestimientos por pérdida de adherencia.
- Procesos reológicos de agrietamiento por pérdida de elasticidad.
- Disolución por efecto continuado de la humedad.

<sup>3</sup> Colapso: D.R.A.E.- 3. m. Mec. Deformación o destrucción brusca de un cuerpo por la acción de una fuerza.

<sup>4</sup> Fatiga: D.R.A.E.- 5. f. Mec. Pérdida de la resistencia mecánica de un material, al ser sometido largamente a esfuerzos repetidos.

### 3. SISTEMAS DE APEO EN LA EDIFICACIÓN

Las estructuras auxiliares son aquéllas que se instalan, con carácter temporal, para ayuda o complemento en la ejecución o mantenimiento de los elementos constructivos de una edificación durante la fase de obras -andamios, encofrados, entibaciones, etc-. El apeo pertenece a este grupo de estructuras, constituyendo un sistema de equilibrio de fuerzas formado por los elementos de apeo y los propios del edificio apeado.

#### Características:

- **Son una de las posibles medidas de seguridad a aplicar en un edificio deficiente. Son otras medidas de seguridad:**
  - Evacuación de personas y/o enseres
  - Cubrición de boquetes de cubierta o fachada para garantizar su estanqueidad
  - Tapado de socavones
  - Restitución de redes de saneamiento para evitar estancamiento de aguas sucias
  - Corte de redes de electricidad, gas o agua.
  - Demoliciones controladas de elementos constructivos desestabilizados
- **Constituyen un sistema estructural auxiliar por lo que se diseñan, calculan y ejecutan como todas las estructuras..**
- **Tienen carácter temporal, frente a los sistemas auxiliares de refuerzo por lo que no están sometidos a las reglas de obligado cumplimiento para estructuras de carácter permanente: el C.T.E. y sus documentos básicos.**
- **Su objetivo es la estabilización de un sistema constructivo deficiente para devolverle las condiciones de seguridad.**

#### Los apeos pesados y los ligeros

En función de las características físicas y mecánicas de los materiales empleados cabe distinguir dos tipos:

- Apeos pesados
- Apeos ligeros

#### Apeos pesados

Históricamente se ha utilizado la fábrica de ladrillo para ejecutar elementos de apeo por lo que el peso propio del material forma parte del sistema de equilibrio.

Estos apeos con el paso del tiempo quedan integrados en la edificación y pasan a ser considerados como elementos de refuerzo.

Destacan entre estos elementos:

- Ataludado de vaciados.
- Contrafuerte
- Arbotante
- Arcodal
- Macizado de huecos.

#### Apeos ligeros

Se utilizan elementos de materiales ligeros tales como la madera, el acero o el aluminio.



Destacan:

- Apeos mediante tablonos o tabloncillos de madera
- Puntales metálicos convencionales telescópicos.
- Puntales de aluminio telescópicos para grandes cargas
- Sistemas industrializados de elementos metálicos amparados en diversas patentes comerciales.
- Apeos ejecutados con perfiles convencionales de acero laminado.

### Diferencias entre apeo y refuerzo

Conocemos por apeo el sistema estructural ejecutado en una construcción existente con objeto de complementar o sustituir su estructura con carácter provisional, en tanto se ejecutan en dicha construcción obras de reparación o demolición. Diferenciamos los sistemas de refuerzo de los de apeo porque la consistencia y eficacia de sus elementos estructurales se integran en el sistema estructural reforzado con un carácter permanente. Es así que el refuerzo, al constituir una solución definitiva para un edificio dañado, ha de compatibilizar garantía estructural con funcionalidad y habitabilidad del mismo. No obstante la entidad y ubicación de algunos elementos tradicionales de apeo confieren al sistema apeado el carácter de una solución de refuerzo.

### Cálculo del sistema de apeos

Como en cualquier estructura, el método de cálculo se compone de dos fases: evaluación de acciones aplicadas y dimensionamiento de las estructura. En la primera fase han de fijarse los objetivos para los que se quiere aplicar un sistema de apeos.. Dichos objetivos están directamente enraizados con el pronóstico efectuado previamente de los daños. Estos objetivos han de responder a las siguientes cuestiones:

- 1º) Determinar si es viable la adopción de medidas de seguridad (sistema auxiliar de apeo) o la edificación se encuentra en RUINA INMINENTE y solo procede su demolición controlada.
- 2º) Determinar si la edificación ofrece unas condiciones de seguridad admisibles (estable) o requiere **la adopción de medidas de seguridad (sistema auxiliar de apeo).**
- 3º) Determinar si es viable mantener la HABITABILIDAD Y USO (la ocupación) de la edificación durante la adopción de medidas de seguridad (sistema auxiliar de apeo) o una vez ejecutadas éstas.

### Evaluación estructural de la edificación deficiente

Ha de tenerse en cuenta lo establecido en en el Anejo De del documento básico de Seguridad Estructural:

Código Técnico de la Edificación  
Documento Básico SE Seguridad Estructural SE

Anejo D Evaluación estructural de edificios existentes

D.1 Generalidades

D.1.1 Ámbito de aplicación

1 Este Anejo define las bases y los procedimientos para la evaluación estructural de edificios existentes, en concordancia con los principios del análisis de la seguridad estructural.

D.1.2 Consideraciones previas

**1 No es adecuada la utilización directa de las normas y reglas establecidas en este CTE en la evaluación estructural de edificios existentes, construidos en base a reglas anteriores a las actuales para los edificios de nueva construcción,...**

Tipos de evaluación según el Anejo D Evaluación estructural de edificios existentes, Documento Básico SE, Seguridad estructural

:

- **Cuantitativa**
- **Cualitativa**

#### **Evaluación cuantitativa**

Al igual que en el cálculo de todas las estructuras, han de tenerse en cuenta las siguientes variables:

- Acciones aplicadas.
- Resistencia de los materiales: tensiones admisibles.
- Dimensiones de los elementos: Esfuerzos.
- Pesos propios de la estructura.
- Tolerancias en ejecución: coeficientes de ponderación

La bases para efectuar, tanto la evaluación cuantitativa como la cualitativa, se encuentran recogidas en el Documento Básico SE Seguridad estructural, Anejo D Evaluación estructural de edificios existentes

#### **D.5 Verificación** (evaluación cuantitativa)

Evaluación **de un edificio existente construido conforme a normas vigentes:** \* D.5.1 Evaluación preliminar.- Mediante la utilización de coeficientes de seguridad de los documentos básicos de seguridad.

D.5.2 Evaluación detallada.- Mediante la utilización de coeficientes de seguridad particularizados menos conservadores que los incluidos en los documentos básicos de seguridad.

D.5.3 Evaluación avanzada con métodos probabilísticos.- Dimensionado y probabilidades de fallo conformes a la normativa vigente.

## D.6 Evaluación cualitativa

Evaluación de un **edificio construido conforme a normas antiguas (o inexistentes)**: Normas MV 1957-1977 / Normas Básicas de la Edificación 1977-2006- Normas antiguas del hormigón HA 58, HA 61, HE 68, HE 73, EP-77, EP-80 y EP-93. Forjados: EF-88 y EF-96.

### D.6.1 Capacidad portante

1 Puede suponerse que un edificio que haya sido dimensionado y construido de acuerdo con las reglas de normas antiguas, tendrá una capacidad portante adecuada, si se cumplen las siguientes condiciones.

- a) el edificio se ha utilizado durante un periodo de tiempo suficientemente largo sin que se hayan producido daños o anomalías (desplazamientos, deformaciones, fisuras, corrosión, etc.);
- b) una inspección detallada no revele ningún indicio de daños o deterioro;
- c) la revisión del sistema constructivo permita asegurar una transmisión adecuada de las fuerzas, especialmente a través de los detalles críticos;
- d) teniendo en cuenta el deterioro previsible así como el programa de mantenimiento previsto se puede anticipar una durabilidad adecuada;
- e) durante un periodo de tiempo suficientemente largo no se han producido cambios que pudieran haber incrementado las acciones sobre el edificio o haber afectado su durabilidad;
- f) durante el periodo de servicio restante no se prevean cambios que pudieran incrementar las acciones sobre el edificio o afectar su durabilidad de manera significativa.

Así mismo, en Anejo D recoge la oportunidad de acometer un sistema de apeos:

## D.8 Medidas

### D.8.1 Medidas de aseguramiento estructural

**1 En el momento en el que la evaluación realizada así lo aconseje, especialmente en los casos en los que no se pueda demostrar una seguridad adecuada, se adoptarán medidas de aseguramiento estructural del edificio, tales como la restricción del uso del mismo, el apeo provisional de elementos estructurales, la puesta fuera de servicio y cierre de la obra o la evacuación de las zonas que pudieran estar afectadas por un posible derrumbe, según corresponda. El objetivo de las medidas de aseguramiento será primordialmente la protección inmediata de las personas o del medio ambiente.**

- Previsión de cargas. Evaluación de cargas en los sistemas estructurales antiguos, basada en el reconocimiento de sus materiales. Se puede recurrir para ello a un chequeo previo.
- Previsión de las alteraciones de cargas durante la ejecución de obra. Descarga de elementos estructurales del edificio.
- Previsión de la capacidad resistente del plano de arranque del sistema de apeos: terreno natural, soleras, forjados, etc. y medidas de consolidación o mejora.

- Previsión de la capacidad resistente de los elementos de apeo.

### **Clasificación de los sistemas de apeo**

La diferente relación entre peso, volumen y capacidad resistente inherente a cada material constructivo repercute en la ejecución de sistemas de apeo hasta el punto de llegar a establecerse dos grandes grupos de sistemas. Se denominan sistemas pesados aquéllos en los que el peso de su material interviene de modo fundamental en el sistema de equilibrio y sistemas ligeros a los que la magnitud de su peso carece de incidencia. En determinados casos, para garantizar la entrada en carga de un apeo, es necesario complementar el elemento de un sistema ligero con una masa amorfa que, adherida a una superficie irregular y una vez solidificada, adopta la función de plano de transmisión de cargas o de arriostramiento del sistema de apeo.

### **Tipos de apeo**

Podemos establecer los siguientes tipos de apeo en función de su relación con la estructura a la que sirven y su periodo de utilidad:

- **Apeo de urgencia**
- **Apeo complementario**
- **Apeo supletorio**

#### **Apeo de urgencia**

Se acomete para evitar riesgos para las personas y enseres tras un siniestro o colapso, ya sea producido de forma fortuita o potencialmente posibles. Complementa la estructura dañada en sus elementos más precarios a corto plazo. Ataja un peligro inminente debido al grado de deterioro del edificio. No supone una solución de apeo definitiva.

Dichos apeos tienen la misión de evitar un hundimiento imprevisto o sus efectos y crear las condiciones de seguridad adecuadas para que los operarios puedan trabajar. Dadas las precarias condiciones de trabajo, los elementos deben ser de material ligero y rápida entrada en carga. Los apeos telescópicos metálicos son idóneos para esta fase de la actuación

#### **Apeo complementario**

Se instalan para estabilizar una edificación tras una revisión puntual o periódica sin eliminar los elementos dañados y sin otros fines de mayor entidad (ejecución de reparaciones). Complementa la estructura dañada garantizando su estabilidad a medio o largo plazo formando con ésta un único sistema de equilibrio.

#### **Apeo supletorio**

Constituye un sistema estructural de carácter temporal, con autonomía propia. Los elementos instalados no permiten efectuar reparaciones que impliquen desmontaje o sustitución. Se encuadra en un plan de obra para la reparación de la edificación, abarcando incluso trabajos de sustitución de elementos estructurales. En este caso el sistema de apeo debe ser capaz de suplir la estructura dañada al disponer de un sistema de equilibrio propio e independiente de él de la edificación dañada.

#### **Refuerzo de recuperación**

No constituye un apeo sino un tipo de obras de carácter definitivo, que evitan o reducen la ejecución de apeos de tipo complementario o supletorio.

Documento Básico SE  
Seguridad estructural  
Anejo D Evaluación estructural de edificios existentes

**D.8.3. 2 Los elementos de refuerzo** de una estructura se dimensionarán según las especificaciones para el dimensionado estructural de edificios de nueva construcción. Alternativamente, las verificaciones relativas a los elementos de refuerzo se podrán basar en una aplicación directa de los métodos de análisis de la seguridad.

### Elementos de un sistema de apeo.

Son las diferentes piezas que componen una estructura de apeo cada uno de ellos caracterizado por su forma, su localización en el sistema y por la transmisión de esfuerzos a la que está sometido.

Podemos establecer tres grupos de elementos de apeo:

- Elementos resistentes del sistema de apeo
- Elementos estabilizadores del sistema de apeo
- Sistemas específicos de apeo.

### Elementos resistentes de apeo.

Son los que transmiten los esfuerzos apeos de los edificios deficientes.

Se les denomina con términos característicos del léxico de los carpinteros de armar debido probablemente a que históricamente se han ejecutado en madera si bien en la actualidad se aplican fundamentalmente otros materiales como el acero o el aluminio.

Los elementos de apeo más característicos son:

- Pie derecho
- Puente aguja
- Tornapunta
- Codal
- Vela
- Jabalcón

### Pie derecho

Elemento principal de los apeos de madera es el pie derecho, constituido por dos o más tablones unidos por bridas o pernos y que sirve como transmisor vertical de cargas, normalmente asociado a otros dos elementos tratados más adelante; la sopanda o pieza que canaliza las cargas a la cabeza del pie derecho y el durmiente, que recoge esas mismas cargas de su base repartiéndolas a su vez sobre otros elementos de apeo, constructivos o al terreno. Cuando se ejecutan en madera están formados al menos por dos tablones de 20 x 7 cm. Ejecutados en acero suelen denominarse puntales pudiéndose telescópicos o ajustados mediante ejes roscados en sus extremos.

### Puentes y agujas

La puente es la pieza de apeo horizontal que, apoyada en sus extremos, conduce a estas las cargas verticales que recibe en su vano. Está, por tanto, sometida a esfuerzos de flexión. Puede ejecutarse en madera, con acero laminado o formar parte de un sistema de apeo industrializado.

### **Tornapunta.**

Es la pieza de dirección inclinada cuya función es trasladar las cargas recibidas en su cabeza superior (sean verticales, horizontales o inclinadas) a la cabeza inferior. Como elemento resistente la tornapunta trabaja a compresión como el pie derecho, igualándose su cálculo al de éste, Puede ejecutarse en madera, con acero laminado o formar parte de un sistema de apeo industrializado.

### **Codal.**

Es la pieza de apeo que, colocada horizontalmente, impide la aproximación de dos elementos constructivos entre sí, trabajando por tanto a compresión como el pie derecho, igualándose su cálculo al de éste. Normalmente se ejecutan en mediante tablones de 20 x 7 cm de madera.

### **Vela.**

Es la pieza que, colocada verticalmente, recibe cargas horizontales, transmitiéndolas a los puntos en que es acometida por otros elementos estructurales de apeo (tornapuntas, codales, jabalcones, etc.). Su forma de trabajo es a flexión, frecuentemente combinada con esfuerzos de tracción o compresión. Normalmente se ejecutan en mediante tablones de 20 x 7 cm de madera.

### **Jabalcón.**

Es la pieza de dirección inclinada cuya función principal es la de conducir una carga recibida en uno de sus extremos al otro extremo, al igual que en el caso de las tornapuntas, si bien aquí, la recepción y la entrega se realiza a puntos intermedios de piezas del propio apeo, como sopandas o pies derechos. Puede ejecutarse en madera, con tubos y bridas o formar parte de un sistema de apeo industrializado.

### **Elementos estabilizadores del sistema de apeo**

Son los elementos que garantizan el equilibrio del propio sistema de apeo y las transmisiones de cargas desde los elementos apeados de la construcción deficiente

### **Sopanda**

Es la pieza de apeo encargada de recoger las cargas de elementos constructivos horizontales conduciéndolas a los pies derechos o dispositivos verticales del apeo (puntales si son metálicos). Complementariamente realiza una labor de atado entre las cabezas de los pies derechos que constituyen una línea de carga.

Su misión principal como pieza intermedia es la de resistir eficazmente los esfuerzos de flexión a que normalmente queda sometida al recoger las cargas, así como soportar las tensiones de compresión que recibe al entregar las cargas en la cabeza de los pies derechos. Normalmente se ejecutan en mediante tablones de 20 x 7 cm de madera.

### **Durmiente.**

Es la pieza horizontal encargada de recibir las cargas verticales (generalmente proveniente de los pies derechos) transmitiéndolas de forma más repartida a elementos de la construcción (forjados o soleras) o directamente al terreno. Usualmente cumple la función secundaria de instrumentos de atado entre las bases de los pies derechos en una dirección. Normalmente se ejecutan en mediante tablones de 20 x 7 cm de madera y en función de las características del terreno pueden adoptar formas piramidales o superficies de reparto mediante entablonados.

## **Riostra.**

Es la pieza de apeo encargada de mantener en posición sus elementos fundamentales resistentes, evitando los desplazamientos perpendiculares a los ejes.

La disposición normal de las riostras en apeos es la formación de aspas también denominadas en Cruz de San Andrés. Si el sistema de apeo es de madera, las riostras se ejecutan con tabloncillos de 15 x 5 cm entre elementos consecutivos, tales como pies derechos o tornapuntas, estableciéndose así una triangulación teóricamente indeformable que permite sostener la hipótesis de que las piezas arriostradas pueden calcularse como piezas a compresión con pandeo, cuyos extremos tienen impedidos los desplazamientos laterales haciendo admisible su asimilación a articulaciones. Si el sistema de apeo es de puntales telescópicos las riostras se ejecutan mediante tubos huecos y bridas. En este caso, si se emplean bridas de cabeza rígida se ejecutan riostras ortogonales a los puntales y si se emplean bridas de cabeza giratoria se ejecutan riostras en Cruz de San Andrés

## **Sistemas específicos de apeo**

Proceden de la conjunción de elementos de apeo considerados como una unidad compuesta por varios simples de los vistos anteriormente.

- Recercados
- Entibaciones
- Cimbras

## **Recercados de huecos en muros.**

Se ejecutan para contrarrestar daños locales, como puede ser la rotura del cargadero en un dintel; para colaborar en las medidas de seguridad de daños globales, como el cedimiento diferencial de un muro, o para distribuir adecuadamente las presiones generadas al introducir determinados elementos de apeo (p.e. agujas) que transmitan esfuerzos ascendentes bajo un hueco de fachada.

El recercado de un hueco habrá que diseñarlo en función de los esfuerzos concretos a contrarrestar. Así, en huecos de escasa dimensión con roturas en dinteles puede bastar con un simple recercado o cuando se produzcan roturas por compresión en machones puede disponerse un sistema sencillo de velas con codales. En función de las dimensiones del hueco se pueden ejecutar con tablón o tabloncillo.

## **Entibaciones**

Son entablonados ejecutados en zanjas y pozos para contrarrestar el empuje del terreno. La Norma Tecnológica de la Edificación << Acondicionamiento del terreno. Desmontes. Zanjas y Pozos>> (NTE-ADZ) establece tres tipos de entibaciones: ligera, semicujada y cuajada. A partir de las variables correspondientes al tipo de terreno y al empuje activo que experimenta, la norma establece diversos cuadros para la definición de los elementos de entibación.

La formación de pozos de entibación puede ejecutarse con tableros semicujados o cuajados. En el caso de pozos de entibación cuadrados los codales ortogonales se cruzan a distinto nivel. En la ejecución de pozos de entibación circulares las tensiones soportadas por el tablero se transmiten a tensores anulares metálicos. En la ejecución de zanjas corridas existen diversos sistemas industrializados de patentes comerciales.

### **Cimbras de madera**

La ejecución de una cimbra permite el desmontaje y reconstrucción del arco o la bóveda deficientes. Para cimbras de pequeñas dimensiones se suelen ejecutar en madera.. A partir de los tres metros de luz el trabajo de replanteo y de carpintería es complejo por lo que se aconseja el empleo de los sistemas metálicos industrializados ya que ofrecen mejores ventajas en el montaje y en la adaptación a la traza del arco. El plano del apeo en contacto con el intradós del arco o de la bóveda puede ejecutarse con tablones, tabloncillos o enlistonados en función del radio del arco y de la distancia entre cimbras.