



PATOLOGÍA Y LESIONES DE LA EDIFICACIÓN,

PATOLOGÍA Y LESIONES

La **patología de la construcción** es el estudio de las lesiones que se manifiestan en la edificación.

Los **factores** que condicionan la **no durabilidad** de las construcciones son:

- La concepción del diseño de la estructura.
- La durabilidad de los materiales.
- El conocimiento impreciso de las propias condiciones de utilización de los materiales.
- La propia lesión que se introduce en los componentes.
- Agentes inherentes a la edificación (agentes meteorológicos, incendios, sismos,...).

Las **causas** de las lesiones son muy diversas pero se pueden agrupar en:

- El uso que se le da (explotación).
- Modificaciones del suelo y acción de las aguas freáticas.
- Influencias externas (incendios, inundaciones, vientos, explosiones, humedades, ataques de hongos,...).
- Movimientos sísmicos.
- Errores (de proyecto, de calidad de materiales y de ejecución).
- Otras causas.

Bibliografía: Pag. 1152-1154 IVASPE

Manifestaciones patológicas

1. Fisuras y grietas: *(la principal forma de manifestación)*

- Suponen una interrupción en la transmisión de esfuerzos.
- Cada vez es más difícil su estudio debido a que los elementos estructurales (revestimientos, falsos techos,...) las ocultan por lo que es necesario el estudio del conjunto del edificio.
- **Concepto:**
 - **Grieta:** abertura que surge en un elemento generalmente superficial (tabique, muro,...) que afecta a todo su espesor.
 - **Fisura:** abertura que afecta solamente a la superficie de un elemento.

- **Clasificación:**

- Según la afectación a elementos estructurales:

- **No afectan a la resistencia de la estructura:** superficiales.
- **Afectan a la resistencia de la estructura:** más profundas.

- Según la actividad:

- **Vivas:**

- Están sometidas a movimientos y cambios en su amplitud y longitud.
- Progresan con el paso del tiempo.
- Bordes limpios y color de fisura vivo.

- **Muertas:**

- No sufren progresión.
- Bordes e interior sucios.

- **Mixtas:**

- Son consecuencia de un estado de desequilibrio.
- Se forman fisuras en los extremos de las que se consideraban muertas.

- **Control:** Desde el punto de vista de la urgencia, lo que importa es saber si tiene evolución y como se desarrolla. Para lo cual se puede utilizar:

a.a Realizar una marca en forma de cruz con un lápiz en los extremos de la fisura

- Si con el tiempo rebasa la marca → está evolucionando

a.b Encajar en la fisura la punta de una aguja

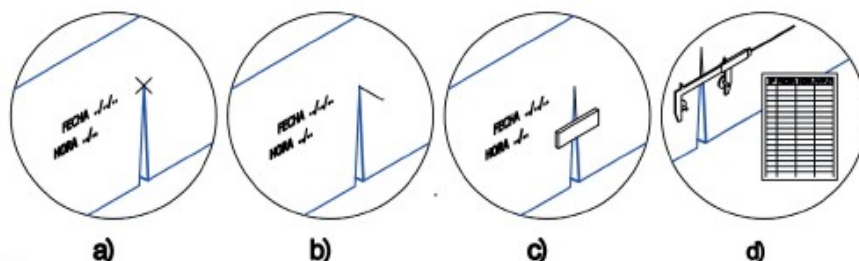
- Si con el tiempo cae → está evolucionando

a.c Realizar unos testigos de yeso de unos 2 o 3 mm de espesor.

- Si con el tiempo se rompe el testigo → está evolucionando. Poco adecuado pero el más fácil

a.d Colocar un par de clavos con arandela a ambos lados de la fisura y realizar un registro mediante un calibre o pie de rey

a.e Colocar una regla graduada sobre una corredera (fisurómetro) y hacer una lectura directa.



2. Deformaciones (de elementos horizontales como vigas y forjados)

- Las deformaciones son función de las cargas y de la mayor o menor rigidez y flexibilidad del elemento:
 - El hormigón armado presentará niveles de seguridad inferiores que la madera o el acero para la misma deformación (*porque es más rígido*).
- Las deformaciones en elementos planos dan una idea del estado de la edificación, y en general, obedecerán a un exceso de carga, a una merma de las secciones de las viguetas, a contraflechas en los encofrados, descenso de los mismos,...
- La deformación de un forjado o viga de hormigón debida a un descenso de los encofrados:
 - No presenta fisuración en vigas ni viguetas si se produce durante la fase de encofrado y vertido del hormigón.
 - Presentará fisuración en los otros casos.
 - Las fisuras aparecerán en la cara inferior no formando una línea recta si se produce en la fase de fraguado (*≈28 días*).

Bibliografía: Pag. 1157-1158 IVASPE

3. Desagregaciones

- **Causas** fundamentales:
 - La **mala calidad** de los materiales.
 - **Ataque químico** sobre los materiales.
 - La **principal causa** → los **sulfatos** y los **cloruros**.
- **Proceso:**
 - Generalmente se inicia en la superficie con un cambio de coloración.
 - Seguido de un aumento de espesor de las fisuras entrecruzadas que aparecen y de un abarquillamiento de las capas externas.
 - Finalmente, se produce la desintegración de la masa del mismo.
- **Efecto:**
 - Los materiales pierden su cohesión al destruirse el conglomerante → son preocupantes.



Bibliografía: Pag. 1158-1159 IVASPE

4. Desplomes y pandeos

- Se manifiestan en los elementos verticales que:
 - Están demasiado cargados.
 - Reciben empujes.
 - Están sometidos a continuas humedades.



- Si no se aprecia a simple vista → no tiene mayor importancia.
- Si son importantes y existe fisuración → se debe conocer la **desviación del elemento** con respecto a su eje o plano vertical, teniendo en cuenta que si la resultante no está contenida en el núcleo central de la sección, aparecerán cargas de tracción.
- La **gravedad** radica en que la causa originaria continúa actuando y la distribución de esfuerzos sobre la base se modifica.

Bibliografía: Pag. 1159-1160 IVASPE

5. Disgregaciones

- **Origen:**
 - Esfuerzos internos que dan lugar a fuertes tracciones que no son capaces de soportar
- Los **motivos** más frecuentes son:
 - a.a La **corrosión de las armaduras** que mediante la presión ejercida por la capa de óxido termina haciendo saltar el hormigón
 - a.b Las **cargas excesivas** en elementos estructurales
 - a.c Los **impactos**
 - a.d Por efecto de la **desagregación** interna de los materiales
- El material disgregado es un material sano que conserva sus características (excepto en el caso d) pero que ha sido incapaz de soportar los esfuerzos anormales.

Bibliografía: Pag. 1160-1161 IVASPE

6. Separaciones de los elementos estructurales

- Se presentan en sistemas **isostáticos** sin suficientes elementos de arriostramiento y donde la unión entre elementos se confía al rozamiento en las uniones entre elementos verticales y horizontales
- **Causas:**
 - Giros y rotaciones
 - Empujes de arcos, bóvedas, terreno, dilataciones y deformaciones excesivas,...
 - En elementos estructurales de fábrica de varias hojas, por falta de ligazón entre las mismas o por cargas excéntricas
- **Efectos:**
 - Las vigas suelen ver reducida la **longitud de entrega**
 - Se agrava en las vigas de madera con posible ataque en la cabeza de insectos y pudriciones
 - Se agrava en las vigas de grandes sollicitaciones y deformaciones

Bibliografía: Pag. 1161 IVASPE



Clasificación de las lesiones

1. Lesiones que se manifiestan **en el conjunto del edificio**
 - 1.1 Originadas **en la base de la cimentación**
 - 1.2 Originadas **en la estructura**
2. Lesiones que se manifiestan **en los elementos estructurales**
 - 2.1 Estructuras **de acero**
 - 2.2 Estructuras **de fábrica**
 - 2.3 Estructuras **de hormigón armado**
 - 2.4 Estructuras **de madera**

CLASIFICACIÓN DE LAS LESIONES			
LESIONES QUE SE MANIFIESTAN EN EL CONJUNTO DEL EDIFICIO.			
ORIGINADAS EN LA BASE DE LA CIMENTACIÓN		ORIGINADAS EN LA ESTRUCTURA	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Asientos. ▪ Desplazamientos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Esponjamientos. ▪ Rotaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplastamientos. ▪ Deformaciones. ▪ Desplazamientos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pandeos. ▪ Rotaciones.
LESIONES QUE SE MANIFIESTAN EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.			
ESTRUCTURA DE ACERO		ESTRUCTURA DE FÁBRICA	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Corrosión. ▪ Deformaciones. ▪ Desgarro laminar. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incendio. ▪ Rotura frágil. ▪ Rotura por fatiga. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compresión. ▪ Cortante. ▪ Empujes. ▪ Humedades. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incendio. ▪ Pandeo. ▪ Torsión.
ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO		ESTRUCTURA DE MADERA	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Afogarado. ▪ Anclaje. ▪ Compresión. ▪ Corrosión. ▪ Cortante. ▪ Flexión. ▪ Flexión compuesta. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Humedades. ▪ Incendio. ▪ Punzonamiento. ▪ Rasante. ▪ Retracción. ▪ Torsión. ▪ Tracción. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compresión. ▪ Cortante. ▪ Flexión. ▪ Hongos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incendio. ▪ Insectos Xilófagos. ▪ Meteorización. ▪ Tracción.

No es sencillo determinar en función del tipo de fisura el origen de las mismas. Por lo que es necesario recurrir a un análisis pormenorizado del conjunto.

Bibliografía: Pag. 1162 IVASPE

1. LESIONES QUE SE MANIFIESTAN EN EL CONJUNTO DEL EDIFICIO

1.1 ORIGINADAS EN LA BASE DE LA CIMENTACIÓN:

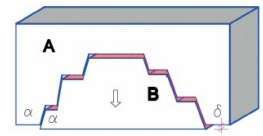
I. Asientos:

- Proviene del **descenso del plano de apoyo** del edificio o parte de él.

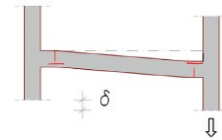
Un descenso de diferente valor entre el plano de apoyo de una parte de la cimentación con respecto de otra, es un caso particular y se conoce como **asiento diferencial**.

- En ocasiones tiene lugar una ligera rotación o desplome del elemento que cede.
- Las **lesiones** se ajustarán a los **recorridos de las isostáticas de compresión en la flexión**, es decir, **perpendiculares a las de tracción**.

- En general, producen una **rotura de los muros de cerramiento**. Las líneas de las fisuras forman un **arco de descarga natural**, donde las grietas verticales tienen muy poca abertura frente a las horizontales.

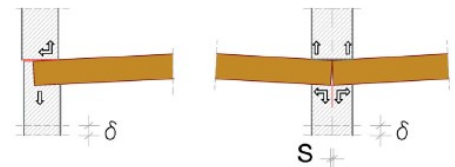


- En **pórticos de hormigón armado** → se producen fisuras de tracción en la cara inferior y de compresión en la superior de las vigas que están unidas al pilar que cede.



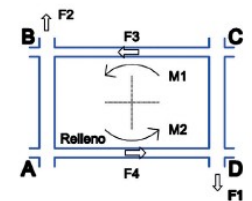
- En **pórticos de estructura con sistema tradicional:**

- En ambos extremos de la viga que cede se introducen momentos que tienden a desorganizar el nudo.
- En la cabeza del pilar que cede se produce una tracción por parte de ambas vigas que tienden a desgarrar el pilar en dos.

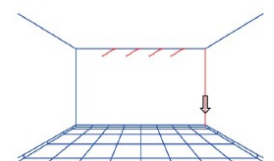
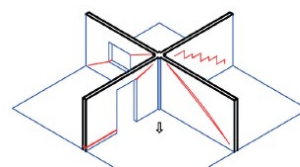


- **Marco:**

- Se denomina **marco** al rectángulo comprendido en un plano vertical, limitado por elementos horizontales y verticales, pudiendo estar a ras de suelo o a determinada altura.
- Las **fisuras** = f (del **rozamiento entre el relleno y su perímetro** y de la **resistencia del relleno**)
- Las **grietas** son el resultado de la rotura de los materiales del relleno del marco por tracción, y **se manifiestan en la línea de la isostática de máxima compresión**. Tipos:



- Parabólicas
- Escalonadas
- Horizontales y verticales
- Por cortante a 45°





○ **Tipos de asientos:**

▪ **Asiento central:**

• En un paramento aligerado por huecos:

- Da lugar a compresiones en las plantas superiores y tracciones en las inferiores. Tipos de grietas:

- Grietas por la formación de un arco de descarga natural. Anchas en la parte central y capilares en los extremos.
- Grietas verticales en la parte inferior central de la zona que ha cedido. Anchas en la parte inferior y capilares en la superior.

• En un muro sin huecos:

- Grietas debidas a la formación del arco de descarga. Anchas en la parte central y capilares en los extremos.

• En una estructura de pórticos:

- Fisuras parabólicas. Anchas en la parte central y capilares en los extremos.

▪ **Asiento de extremos:**

• En un paramento aligerado por huecos:

- Da lugar a tracciones en las plantas superiores y compresiones en las inferiores. Tipos de grietas:

- Grietas en forma curva.
- Grietas verticales en la parte superior central del paramento. Anchas en la parte superior y capilares en la inferior.

• En un muro sin huecos:

- Grietas radiales concentradas en la parte central. Conforme se alejan hacia los extremos ascienden y son más anchas.

• En una estructura de pórticos:

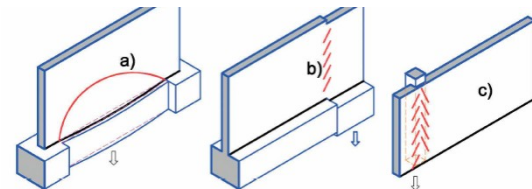
- Grietas parabólicas. Anchas en la parte central y capilar en los extremos.

▪ **Asiento de esquina:**

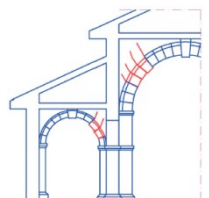
- En una esquina de un muro:
 - Grietas horizontales abiertas de igual amplitud y de unas fisuras verticales cerradas con ligera inclinación al lado contrario al cedimiento.
- Sobre un paramento macizo y en un paramento aligerado por huecos:
 - Grietas verticales en la parte alta. Anchas en la parte superior y capilares en la inferior.
 - Grietas inclinadas en forma de S en la parte superior de la esquina. Anchas en la parte central y capilares en los extremos.
 - Grietas horizontales cercanas al suelo. Ancha en la esquina y capilares en los extremos. (cuando el asiento es muy rápido).
- En una estructura de pórticos:
 - Grietas parabólicas. Anchas en la parte central y capilar en los extremos.

▪ **Asiento puntual:**

- En un paramento con cimentación corrida:
 - Formación de arcos de descarga naturales.
 - Si el asiento es por cargas importantes → fisuras de cortante inclinadas 45° a los lados de la fracción del paramento que cede.
 - Si se produce en un pilar → fisuras de cortante inclinadas 45° entre pilar y cerramiento.



- En un pilar interior de un edificio:
 - Se manifiesta en los paramentos que tienen encuentro con el pilar mediante grietas de forma parabólica. Anchas en la parte central y capilares en los extremos.
- En un pilar sobre los que se apoyan unos arcos:
 - Escalonamiento de las dovelas.
 - Grietas en el relleno del trasdós del arco. Anchas en la parte inferior y capilares en la superior.



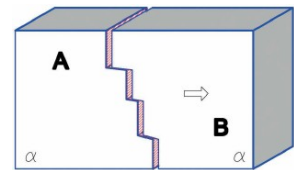
▪ **Asiento de conjunto:**

- Es poco frecuente. Las lesiones se suelen manifestar en los elementos circundantes al edificio (rotura de canalizaciones, despegue de aceras y rampas,...).
- Si descienden los pilares más que la solera de la planta baja → grietas en tabiquería interior:
 - Grietas verticales por aplastamiento.
 - Grietas horizontales por pandeo.
 - Grietas horizontales por aplastamiento.
- Cuando el edificio que asienta comparte la medianera con el edificio colindante → grietas de cortante inclinadas 45°.

Bibliografía: Pag. 1163-1171 IVASPE

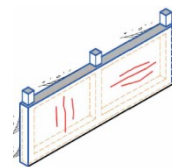
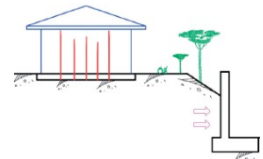
II. Desplazamientos:

- Provoca **grietas verticales** de igual amplitud y **grietas horizontales** cerradas con ligera inclinación hacia el lado del desplazamiento.



Cuando el desplazamiento va unido a una rotación → las grietas verticales no tienen la misma amplitud.

- En edificios con muros de carga → aparecen **grietas verticales**. Anchas en la parte inferior y capilares en la superior.
- En muros de sótano que reciben empujes del terreno:
 - **Grietas verticales** en el intradós.
 - **Grietas horizontales** en el intradós.
 - **Fisuras de compresión** en el forjado de la primera hilada de bovedillas.



Bibliografía: Pag. 1172 IVASPE

III. Esponjamiento: (*abultamientos del terreno*)

- Se producen generalmente **en terrenos expansivos**.
- Se manifiestan en los paramentos mediante **grietas perpendiculares** a las que se producirían en caso de **asiento**.

Para evitar errores hay que observar otros elementos como aceras que sufrirán abombamientos y grietas por tracción.

- Es un fenómeno poco frecuente.



- En un paramento aligerado por huecos:
 - Igual que en **asentamiento de extremos**:
 - Da lugar a tracciones en las plantas superiores y compresiones en las inferiores. Tipos de grietas:
 - Grietas en forma curva.
 - Grietas verticales en la parte superior central del paramento. Anchas en la parte superior y capilares en la inferior.
- En estructuras de pórticos:
 - **Grietas parabólicas.**
- Si el empuje afecta a pilares no consecutivos:
 - Grietas **similares a las anteriores.**
- Caso de esponjamiento debido a la acción de las raíces de un árbol:
 - **Fisuras verticales** de aplastamiento en la **parte baja** del muro.
 - **Fisuras verticales** en la **parte alta** del muro. Anchas en la parte superior y capilares en la inferior.
 - Si afecta a una esquina → la grieta en el muro se origina en la parte inferior de la esquina y asciende según se aleja de ese punto. Ancha en la parte inferior y capilares en la superior.

Bibliografía: Pag. 1172-1173 IVASPE

IV. Rotaciones:

- Desviación de ciertos elementos con respecto a su plano vertical. El ángulo descrito se conoce como **ángulo de rotación**.
- Suelen aparecer en edificios y elementos que:
 - No disponen de suficiente arriostramiento horizontal.
 - Reciben empujes.
 - Reciben cargas importantes.
- Cuando se produce la rotación de un muro:
 - Grietas en las fachadas laterales de forma parabólica. Parten de la parte superior del muro y se separan del mismo de forma descendente. Anchas en la parte superior y capilares en la inferior.
 - Pérdida de verticalidad en los muros exteriores.
 - Separación de forjados.
 - Grietas en la unión del muro con la tabiquería interior.
 - Grietas en el entrevigado del forjado.
 - Grietas horizontales en el intradós del muro.
- Cuando se produce una rotación del edificio:
 - Grietas en la unión de ambos edificios. Más ancha en la parte superior que en la inferior.

Bibliografía: Pag. 1174 IVASPE

1.2 ORIGINADAS EN LA ESTRUCTURA:

I. Aplastamientos:

- Se producen al someter a un elemento a una mayor carga de compresión de la que es capaz de soportar.
- Se produce un acortamiento en vertical y en ensanchamiento en horizontal (bombeo o pandeo) con grietas verticales inicialmente y algunas horizontales posteriormente.
- En una estructura de pórticos:
 - En las plantas superiores al pilar que se ha acortado → **grietas parabólicas** con la parte cóncava hacia el pilar acortado. Anchas en la parte central y capilares en los extremos.
 - **Fisuras de aplastamiento** en los paramentos adyacentes al pilar.
- En un forjado de viguetas:
 - **Fisuras de aplastamiento** en la zona de menor espesor (parte central del entrevigado).

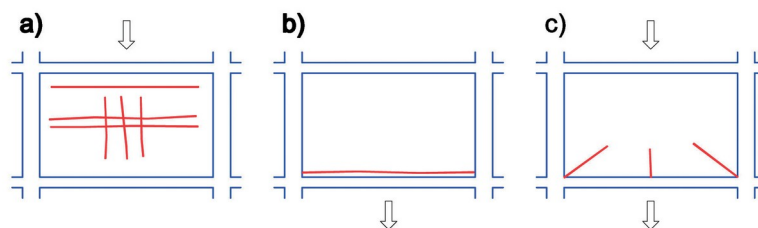
Bibliografía: Pag. 1175-1176 IVASPE

II. Deformaciones:

Las deformaciones de vigas y forjados es una de las causas más frecuentes de fisuras y grietas en los cerramientos y tabiques.

○ **Deformaciones de vigas**

- Se manifiestan en los elementos situados encima o debajo de las mismas:



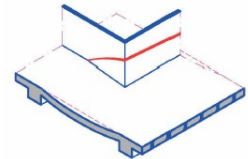
a) Deformación de una viga que afecta a un tabique situado bajo de ella:

- **Fisuras verticales** en el centro del vano en la parte inferior (caso de **aplastamiento**).
- **Fisuras horizontales** en el centro del mismo (caso de **pandeo**).

b) Deformación de una viga que afecta a un tabique situado sobre ella:

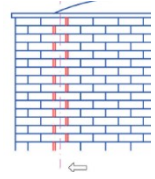
- **Grieta horizontal** a lo largo del vano sin llegar a los extremos. Ancha en el centro y capilares en los extremos.

- c) Deformación de las vigas superiores e inferiores que delimitan un paramento:
 - **Grietas inclinadas** que parten de la base de los extremos y que ascienden hacia el centro. Anchas en la parte central y capilares en los extremos.
- d) Deformación de una viga paralela a un voladizo:
 - **Grietas que forman arcos de descarga naturales.**
- e) Deformación de las vigas de un voladizo:
 - **Grietas parabólicas** con la concavidad hacia el borde del mismo.
 - **Grietas horizontales.**
 - **Grietas en la cara inferior del forjado.**
- f) Viga sometida a torsión:
 - **Grietas horizontales** en fachada coincidiendo con la cara inferior de la viga.
 - **Posibles aplastamientos.**
 - **Lesiones descritas por flexión** de las vigas.
- **Deformaciones de forjados:**
 - Se manifiestan en los **paramentos** situados por encima y por debajo de él mediante lesiones similares a las vigas. Existen **dos tipos de grietas** en función de la posición del tabique y del tipo del mismo:
 - Forjados bidireccionales o unidireccionales con nervios o viguetas paralelas:
 - Grietas en forma parabólica desde la parte baja y que ascienden al acercarse al centro. Anchas en este último punto y capilares cerca de vigas.
 - Forjados unidireccionales y paramentos perpendiculares a las viguetas:
 - Grietas horizontales a una determinada altura.
 - En los propios **forjados** se manifiestan:
 - Fisuras en la cara inferior del forjado paralelas a las viguetas → por deformación diferencial entre ellas.
 - Fisuras en la cara inferior del forjado perpendiculares a las viguetas → cuando la carga es importante.
 - Grietas en la cara superior del forjado sobre la viga central → por insuficiencia de armadura de negativos.
 - Rotura de las bovedillas de entrevigado → por deformaciones excesivas.



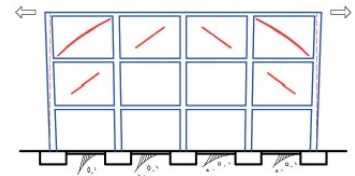
III. Desplazamientos:

- Se da mayoritariamente en edificaciones de **fábrica de sillería** → las **fisuras** siguen una línea **vertical** con tramos horizontales cerrados y verticales con la misma abertura.



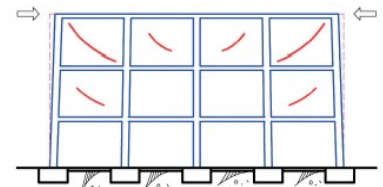
- Dilatación de una estructura de pórticos:

- **Grietas parabólicas** en los paramentos de las plantas superiores. Concavidad hacia la parte superior de los pilares laterales interiores. Ancha en la parte central y capilar en los extremos.
- **Grieta vertical** en la esquina del plano perpendicular al que dilata.



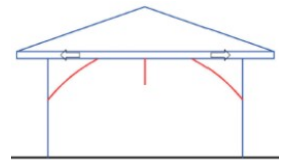
- Contracción de una estructura de pórticos:

- **Grietas parabólicas** en los paramentos de las plantas superiores. Concavidad hacia la parte inferior de los pilares laterales interiores. Ancha en la parte central y capilar en los extremos.
- **Grieta vertical** en la esquina del plano perpendicular al que dilata.



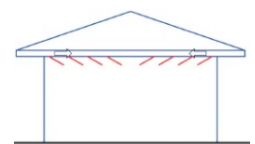
- Dilatación de forjados o losas sobre paramentos fuertemente unidos:

- **Grietas verticales** en la parte central. Anchas en la parte superior y capilares en los extremos.
- **Grietas inclinadas** de cortante desde zonas próximas al centro que descienden según se acercan a los extremos.



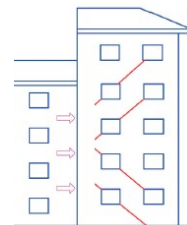
- Contracción de forjados o losas sobre paramentos fuertemente unidos:

- **Grietas inclinadas** de cortante que parten de los extremos y que descienden hacia el centro del paramento.



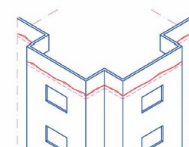
- Edificio que recibe un empuje del colindante:

- **Grietas radiales** concentradas en el punto que recibe mayor empuje.



- Dilatación - contracción del forjado de última planta:

- Desplazamiento del antepecho de la cubierta mediante **grieta horizontal a lo largo de él.**





IV. Pandeos:

- Es frecuente en elementos:
 - Que sufran empujes en puntos intermedios.
 - Fuertemente cargados a flexo-compresión.
 - Con mucha esbeltez.
- La cimentación no suele verse afectada.
- Las **lesiones** son:
 - El elemento sufre un **abarquillamiento** con la parte cóncava hacia el lado del elemento que produce el empuje.
 - **Grietas verticales** entre el elemento pandeado y los tabiques.
 - **Grietas de aplastamiento** entre el elemento pandeado y los tabiques.
 - **Fisuras horizontales** en la cara convexa del elemento pandeado.
 - **Grietas horizontales** paralelas al elemento pandeado.
 - **Pérdida de entrega de las vigas y viguetas.**

Bibliografía: Pag. 1181 IVASPE

V. Rotaciones:

- Son debidas a empujes por fallos de elementos estructurales y por rotura o fallo de elementos de arriostramiento horizontales.
- Las **lesiones** son:
 - **Grietas parabólicas en fachadas laterales** (perpendiculares al eje de giro).
 - **Pérdida de verticalidad** en los **muros exteriores** .
 - **Separación de forjados** en la entrega de los apoyos.
 - **Grietas en la unión del muro con la tabiquería interior**, más anchas en la parte superior.
 - **Grietas en el entrevigado del forjado** cuando este es paralelo al muro que gira.
 - **Grietas horizontales en el intradós del muro** próximas a la zona de giro (amplitud uniforme).

Bibliografía: Pag. 1182 IVASPE

2. LESIONES QUE SE MANIFIESTAN EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

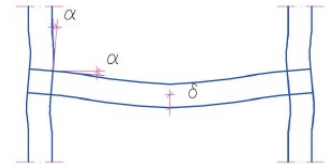
2.1 ESTRUCTURAS DE ACERO:

I. Corrosión:

- **Química:** ataque del metal por reacciones químicas en el medio ambiente. Los productos de la corrosión desarrollan **en toda la superficie** una acción protectora, aunque no total, por lo que el proceso no se detiene.
- **Electroquímica:** ataque del metal por aparición de corrientes eléctricas. Es un **proceso localizado** efectuándose la corrosión en ciertos puntos de la superficie, formando cráteres.
- Los **efectos** son:
 - Pérdida de sección.
 - Abombamiento e incluso rotura de uniones.

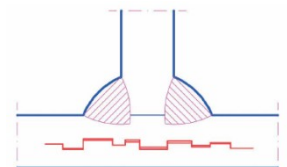
II. Deformaciones:

- **De vigas:**
 - Se manifiestan por la existencia de una **flecha** y un **giro** en el nudo cuando es rígido.
 - Puede aparecer abolladura del ala o del alma.
 - Puede aparecer un pandeo en vigas que sufren compresiones o en vigas en voladizo.
- **Pandeos de pilares:**
 - Se da en la dirección perpendicular al radio de giro mínimo (menor inercia mecánica).
 - Se da en la dirección del pórtico cuando los radios de giro son iguales.
- **Deformaciones de nudos:**
 - Aparece en las alas de los perfiles, tanto de los pilares como de las vigas.



III. Desgarro laminar:

- Se produce **en uniones soldadas** pudiendo ocasionar la rotura frágil.
- Se manifiesta mediante unas **fisuras escalonadas**, siendo las fisuras perpendiculares al esfuerzo más amplias que las paralelas.



IV. Rotura frágil:

- Se produce de forma súbita sin manifestaciones aparentes próximas a las uniones soldadas.

V. Rotura por fatiga:

- Se produce cuando el material está sometido a esfuerzos variables con el tiempo.
- Las fisuras se propagan hacia el interior de la pieza hasta que la sección no es capaz de soportar el esfuerzo y rompe bruscamente, sin modificación aparente.
- En otras ocasiones afectan a las uniones (roblones y tornillos) con una pérdida de apriete de la unión y la posterior rotura.

2.2 ESTRUCTURAS DE FÁBRICA:

Constituidas por piezas de piedra natural, piedra artificial, cerámica o conglomerados generalmente enlazadas con algún tipo de mortero.

Este tipo de estructuras trabaja fundamentalmente a **esfuerzos de compresión**.

I. Flexión:

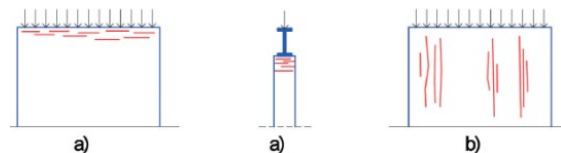
- Admiten poca deformación frente a la rotura.
- Tienen una capacidad muy limitada frente a la tracción.
- Por lo tanto, frente a la flexión pueden presentar **roturas frágiles**.

II. Compresión:

- El elemento se acortará en la dirección de la compresión y se ensanchará en las normales a ella.
- **Tres tipos de fisuras:**

- **Aplastamiento del mortero a)**
- **Aplastamiento de las piezas b)**

- Las fisuras se inician a 45° del encastre y posteriormente se hacen verticales.



- **Aplastamiento de mortero y piezas:**

- Fisuras que se entrelazan y unifican apareciendo pandeo o desdoblamiento del muro, por lo que el colapso puede ser inmediato.

- Cuando las cargas actúan sobre los **arcos** aparecen diferentes **lesiones según la posición de los esfuerzos:**

- **Cargas repartidas/movimiento del arranque**

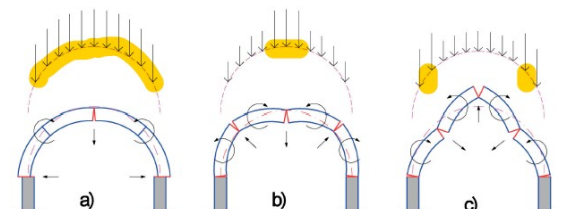
- Fisura en la clave abierta en el intradós.

- **Cargas en la clave del arco**

- Descenso de las dovelas superiores y de la clave.
- Grietas alternas entre dovelas.
- Empuje en la zona del arranque del arco.

- **Carga en los riñones del arco**

- Descenso de las dovelas de los riñones.
- Peraltado de dovelas entorno a la clave.
- Grietas alternas entre dovelas.
- Empuje en la zona del arranque del arco.





III. Cortante:

- No es muy generalizada. Solo en elementos que reciben cargas diferenciales longitudinales.
- Cuando la traba es importante → Las fisuras están inclinadas con respecto a la dirección de los esfuerzos.
- Cuando la traba es insuficiente → La fisura es paralela a la dirección del esfuerzo.

IV. Empujes:

- Grieta vertical en la cara opuesta.

V. Humedades:

- Aparece una franja o zona oscurecida, con el borde blanco debido a las sales.
- Son especialmente importantes en las fábricas de tapial.
- **Lesiones:**
 - Disgregaciones, Redondeado de cantos, Abombamientos, Desprendimientos de los revestimientos.

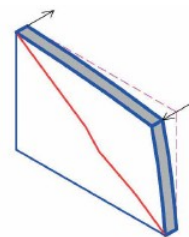
VI. Pandeo:

- El pandeo es debido a la acción de una excentricidad, a la excesiva esbeltez, a la falta de traba o a la acción de un empuje.
- Son muy sensibles al descentramiento de la carga.
- **Lesiones:**
 - **Fraccionamiento del muro en dos.**
 - **Abombamientos.**



VII. Torsión:

- No es muy frecuente. Solo cuando las solicitaciones son de distinto sentido.
- Se produce una grieta que parte de la zona bajo el empuje y que asciende hacia el otro extremo superior del muro. Cerrada en la parte exterior y abierta en la interior.



2.3 ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO:

Existen **dos tipos de lesiones** que se manifiestan generalmente mediante fisuras. Según la fase se dividen:

- **Fase de fraguado y principio de endurecimiento:**
 - Afogado, retracción hidráulica, retracción térmica.
 - El árido no está fracturado.
- **Fase de hormigón endurecido:**
 - Anclaje, compresión, corrosión, cortante, flexión, flexión compuesta, humedades, incendio, punzonamiento, rasante, sismo, torsión y tracción.
 - El árido está fracturado.

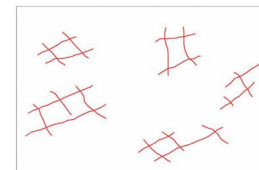
I. Afogado:

- Cuando se produce un **secado superficial enérgico** en las primeras horas → se produce una contracción de la masa lo que conlleva la aparición de fisuras.
- Las fisuras se presentan casi siempre en elementos horizontales. Cuando más superficie y menor espesor → mayor probabilidad de que ocurra el fenómeno.
- Son normalmente anchas y poco profundas (≈ **20 - 40 mm**, pudiendo alcanzar los **100 mm** e incluso **atravesar todo el espesor** en losas delgadas).

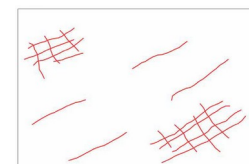
- Si el elemento es de espesor variable → las fisuras aparecerán en las zonas más delgadas.



- Si el elemento es de espesor uniforme → las fisuras aparecen aleatoriamente.



- **Nido de fisuras** → debidas a la mayor concentración de cemento, el cual secará más rápidamente.



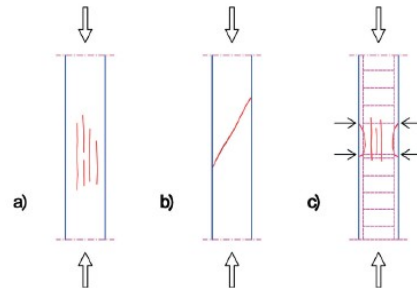
- Si dos fisuras se cortan en un ángulo muy agudo → una de las dos no es debida al afogado.

II. Anclaje:

- Se produce en zonas donde las armaduras presentan insuficiencia de anclaje.
- Las **fisuras son paralelas** y próximas **a las armaduras** y con una cierta inclinación.
- En barras a compresión, además, se produce el aplastamiento del hormigón.

III. Compresión simple:

- Son las más graves.
- Las fisuras son **función** de la **esbeltez** y del **grado de coacción transversal**.
- **Tipos** de fisuras:
 - **Fisuras paralelas a la dirección del esfuerzo, muy finas.**
 - **Fisuras inclinadas con las caras del pilar.**
 - **Fisuras paralelas a la dirección del esfuerzo.**

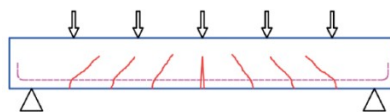


IV. Corrosión:

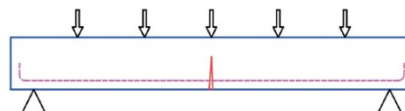
- Muy frecuentes
- Son debidas a la corrosión de las armaduras y la consiguiente expansión del óxido que crea tracciones en el hormigón que rodea a las mismas.
- Las **fisuras son próximas y paralelas a las armaduras, de hasta 0,5 mm de anchura**.

V. Flexión simple:

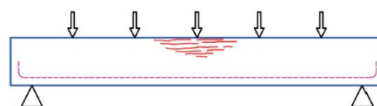
- Las más conocidas y frecuentes
- Avisan con tiempo
- Las fisuras se manifiestan apareciendo en las proximidades de las armaduras sometidas a tracción, progresando verticalmente hasta la línea neutra para al final incurvarse buscando el punto de aplicación de las cargas y desapareciendo en la zona de compresión



- Cuando hay poca cuantía de armadura o se hormigona con hormigón de resistencia superior al cálculo → **rotura agría o rotura frágil**

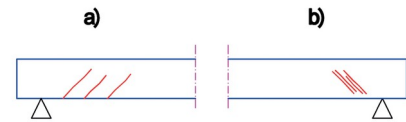


- Cuando la cuantía de acero es elevado o el hormigón es de resistencia inferior al cálculo → aparición de **grietas de compresión**, pudiendo haber fisuras de flexión simple



VI. Cortante:

- Se produce en elementos sometidos a flexión
- Dos tipos de esfuerzo:
 - **Por excesiva tracción diagonal a):**
 - Fisuras inclinadas 45° de ancho variable. Más anchas por la parte inferior y capilares en la cabeza.

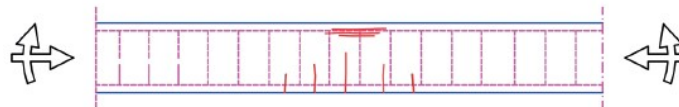


- **Por excesiva compresión diagonal b):**
 - Fisuras inclinadas 45° con una anchura de 0,05 a 1 mm. Son varias las fisuras que se manifiestan.



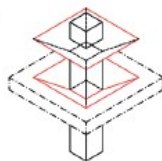
VII. Flexión compuesta: (Axil de compresión + flexión simple)

- Si el esfuerzo dominante es el esfuerzo axial → igual que en un elemento sometido a compresión.
- Si el esfuerzo dominante es el de flexión → igual que en un elemento sometido a flexión.
- Cuando ambos esfuerzos son de importancia →
 - Fisuras junto a una cara **a la mitad de la luz o en la cara superior a la viga.**
 - Fisuras **en la cara traccionada.**



VIII. Punzonamiento:

- Se manifiesta con **fisuras de ancho variable con ángulos de 30 a 35°.**
- Se caracteriza por la formación de una superficie de fractura de forma **truncopiramidal.**
- Los fallos son de tipo frágil.
- En **elementos de cimentación** la lesión tiene forma **truncopiramidal invertida.**

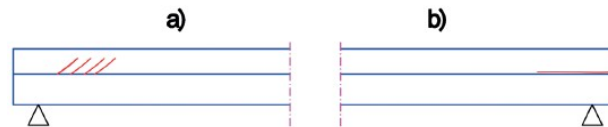


IX. Humedades:

- No son preocupantes.
- Lesiones:
 - Disgregaciones de hormigones.
 - Carbonatación del hormigón y despavimentación de las armaduras.
 - Corrosión de armaduras.

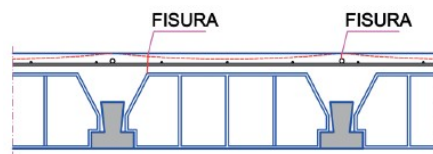
X. Rasante:

- En piezas compuestas de hormigón prefabricado y de hormigón "in situ" (especialmente hormigón pretensado) se producen **fisuras de dos tipos**:
 - Fisuras de **ancho entre 0,05 y 2 mm con ángulo de 45°**.
 - Fisuras de **ancho variable** en el extremo de la unión de ambas piezas y se prolonga hacia el centro de la pieza.



XI. Retracción:

- Si el fraguado se produce en agua → el hormigón aumenta su volumen.
- Si el **fraguado** se produce **en el aire** → el hormigón disminuye su volumen (**retracción**).
- La retracción provoca **tensiones de tracción** y tiene más influencia cuanto más rígida es la estructura.
- Las **armaduras** conllevan una disminución de la retracción que hace que en lugar de tener pocas fisuras y anchas, se formen **muchas y finas**.
 - **Fisuras de retracción en pórticos:**
 - Fisuras en las cabezas y pies de los pilares.
 - En vigas de media y gran luz → fisuras que cortan las vigas de forma perpendicular a la sección de igual anchura.
 - **Fisuras de retracción en muros:**
 - Fisuras en la coronación del muro verticales y equidistantes.
 - **Fisuras de retracción en forjados:**



- El hormigón que está encima de la armadura no puede retraerse libremente apareciendo **fisuras en la posición de las armaduras**.
- También aparecen fisuras **en la capa de compresión** en los ángulos de las bovedillas.
- **Fisuras de retracción en piezas compuestas:**
 - Tendencia de despegarse en los extremos.

XII. Torsión:

- Existen dos tipos de estados tensionales:
 - **Torsión de compatibilidad.**
 - **Torsión de equilibrio.**
- Las fisuras tienen **forma helicoidal**.

XIII. Tracción simple:

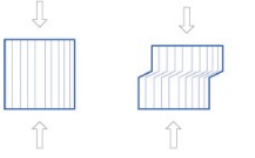
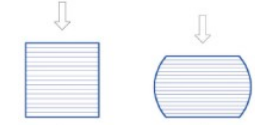
- Son poco frecuentes.
- Las fisuras siguen un **trazado normal a las barras principales de ancho variable en los lugares de emplazamiento de los estribos**.
- Aparecen **de forma súbita**.

Bibliografía: Pag. 1189-1199 IVASPE

2.4 ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE MADERA:

La madera tiene resistencia a las tracciones y compresiones. Es un material vivo con una vida limitada.

I. Compresión:

- Existen dos tipos de compresión en función de la dirección del esfuerzo con respecto a las fibras:
 - **Compresión axial** (sentido de las fibras): produce pandeos.
 - **Compresión radial** (sentido perpendicular a las fibras): produce aplastamiento de las fibras.

II. Flexión:

- Los elementos disponen fibras perpendiculares a la carga
- **Lesiones:**
 - Aplastamiento de la madera en zonas de compresión
 - Rotura de la madera con desgarro en zona de tracción
 - Deslizamiento entre capas horizontales por esfuerzo rasante
- Si la fisura se manifiesta **sin astillado** → síntoma de **rotura frágil** por pudrición, ataque de insectos xilófagos,...



III. Cortante:

- En sentido **perpendicular a las fibras** → **no** suele darse la **rotura**.
- En el **sentido de las fibras** → se produce **deslizamiento** entre las capas de la madera.

IV. Hongos:

- Condiciones:
 - **Humedad** entre el **20 y 28 %**.
 - Aire en pequeñas cantidades.
 - **Temperatura** entre **2 y 45°C**.
 - **Falta de luz y alimento** (celulosa, lignina y almidones).
- **Tipos de hongos:**
 - **Cromógenos:**
 - Producen cambios cromáticos.
 - Atacan a maderas frondosas y coníferas.
 - Se alimentan de la albura sin afectar a la pared celular → no afectan a la resistencia.
 - **Gris-azulada** → madera cárdena, de las coníferas .
 - **Veteado con finas líneas rojas y pardo rojizas "pasma"** → madera de haya.
 - **De pudrición:**
 - **Pudrición blanca, corrosiva o deslignificante** →
 - Maderas coníferas y frondosas.
 - Afecta tanto a la albura como al duramen.
 - **Pudrición parda o cúbica** →
 - En todo tipo de maderas.
 - Dos tipos de pudrición: seca y húmeda.

V. Meteorización:

- La acción de la lluvia, del hielo o cambios de humedad y temperatura, la acción de los rayos ultravioleta → envejecen la madera con relativa rapidez.
- **Efectos:**
 - **Cambios de coloración.**
 - **Desfibrado por falta de lignina.**
 - **Hinchamientos con la humedad que al desaparecer forma las fendas.**



VI. Insectos xilófagos:

- Condiciones:
 - **Humedad.**
 - **Aire.**
 - **Temperatura** entre **0 y 45°C.**
 - **Alimento.**
- Se manifiestan mediante la llamada madera picada.
- **Tipos** de insectos:
 - **Carcoma:**
 - Agujeros de salida circulares de 1,5 - 2 mm de \varnothing sin taponar por el serrín.
 - Serrín algo granuloso y basto.
 - **Polilla de la madera:**
 - Agujeros de salida ovalados de 1 - 1,5 mm de \varnothing taponados por el serrín.
 - Serrín muy fino, harinoso.
 - **Termita:**
 - Madera desecha con una fina capa exterior.
 - Agujeros taponados con tierra.
 - Ruido imperceptible.

VII. Tracción:

- El esfuerzo actúa en la dirección paralela a las flechas.
- Se comporta como un material frágil.
- Es frecuente que falle por las uniones.

Bibliografía: Pag. 1199-1202 IVASPE