

## 6. Procesos patológicos

<b>6.1 Lesiones en las piezas cerámicas</b>	<b>299</b>
6.1.1 Lesiones en las piezas: desconchados por caliches	299
6.1.2 Lesiones en las piezas: microfisuras	300
6.1.3 Lesiones en las piezas: exfoliaciones	300
6.1.4 Lesiones en las piezas: defectos de cocción	300
6.1.5 Lesiones en las piezas: presencia de materia orgánica	300
<b>6.2 Lesiones en los muros</b>	<b>301</b>
6.2.1 Lesiones debidas a procesos mecánicos y físicos	301
6.2.2 Lesiones debidas a procesos químicos	302
6.2.3 Lesiones debidas a procesos biológicos	307
<b>6.3 Fisuras y grietas en los muros de fábrica</b>	<b>308</b>
6.3.1 Procedencia de las fisuras y grietas	308



## 6. Procesos patológicos

Un edificio debe durar en uso como mínimo cien años. El material cerámico es uno de los pocos materiales de construcción que puede mostrar obras de más de 1000 años de antigüedad que todavía conservan todo su esplendor. A modo de ejemplo se puede citar la Gran Muralla China, Monumentos de la Antigua Roma y la Ciudad de Venecia, a pesar de sus malas condiciones hidrométricas.

Los elementos de fábrica de ladrillo de un edificio bien diseñado y construido no deberían tener problemas durante su vida útil; sin embargo, a veces por falta de conocimiento, o debido a malos usos y costumbres no se construye adecuadamente, apareciendo algunos procesos patológicos que se describen en este capítulo.

### 6.1 Lesiones en las piezas cerámicas

Este apartado está dedicado a las lesiones específicas de las piezas cerámicas debidas, generalmente, al proceso de fabricación o a la composición de la arcilla, y que pueden alterar el aspecto o la durabilidad de las fábricas, analizando los daños o defectos que aparecen en éstas, así como los agentes que inducen a su proliferación.

Los límites de validez de las piezas cerámicas defectuosas están regulados por la normativa en la mayoría de los casos.

Las lesiones más frecuentes en las piezas cerámicas se deben al proceso de fabricación y pueden ser de los siguientes tipos:

1 La dimensión media de un cráter es la media de las longitudes de los lados del menor rectángulo circunscrito.



#### 6.1.1 Lesiones en las piezas: desconchados por caliches

El caliche es un nódulo de cal viva (óxido de calcio) que se origina durante la cocción del ladrillo debido a una mala preparación y moldeo de la masa. Su efecto nocivo surge cuando se moja el ladrillo puesto que el nódulo aumenta de tamaño haciendo saltar la capa de arcilla que lo recubre y originando la aparición de desconchados. Este efecto se suele manifestar a los 3 ó 4 meses transcurridos desde la fabricación.

La norma UNE 67039:1993 EX “*Productos cerámicos de arcilla cocida. Determinación de inclusiones calcáreas*” define un método de ensayo para determinar la presencia de caliches en las piezas cerámicas utilizadas en la construcción. El ensayo consiste en acelerar el proceso

sometiendo la pieza a un flujo de vapor y medir las dimensiones de los cráteres producidos. Si el cráter es superior a 7 mm se denomina *desconchado*<sup>1</sup>; y pieza *desconchada* a la que tiene más de un desconchado en sus caras vistas.

Las especificaciones para el ladrillo visto en cuanto a las inclusiones calcáreas son las siguientes:

- De cada seis piezas, el número de piezas desconchadas no debe ser superior a uno.
- Ningún desconchado debe tener una dimensión media superior a 15 mm.

Los desconchados que no hayan sido producidos por caliches no son importantes, puesto que sólo se deben a un problema de recepción en obra.

### 6.1.2 Lesiones en las piezas: microfisuras

Las microfisuras son defectos derivados del proceso de cocción; en la mayoría de los casos se deben a un cambio en la fase del cuarzo, que produce microfisuras alrededor de cada grano de este material, provocando una merma en la resistencia mecánica de la pieza.



Figura 1

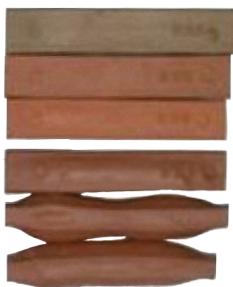


Figura 2

### 6.1.3 Lesiones en las piezas: exfoliaciones

Son defectos que consisten en la formación de una estructura laminar del ladrillo, originados en el moldeo de la masa de arcilla durante el proceso de fabricación cuando se emplean arcillas excesivamente plásticas. Se debe a que las partículas se orientan por el rozamiento con la hélice de la galleteira, quedando las capas de arcilla yuxtapuestas pero no trabadas.

Otra causa de aparición de exfoliaciones y roturas frágiles es la presencia de sílice inerte en la composición de la arcilla.

### 6.1.4 Lesiones en las piezas: defectos de cocción

La cocción defectuosa puede serlo, bien porque no se alcanza en el proceso la temperatura necesaria o porque no dura el tiempo suficiente. Si por alguna de estas razones no se llega a producir la fase vítreo, el efecto es una merma considerable de la resistencia mecánica de las piezas, propensas a desintegrarse con rapidez.

Otro defecto de cocción, contrario al descrito anteriormente, se produce cuando en el proceso se supera la temperatura adecuada. El resultado en este caso es la obtención de piezas demasiado rígidas y, por consiguiente, más frágiles en su comportamiento mecánico. La situación extrema se produce cuando el ladrillo llega a fundir, adquiriendo un aspecto ennegrecido.

En la figura 1 se muestra de arriba hacia abajo: 1) probeta seca (sin cocer); 2) probeta cocida a 850°C; 3) probeta cocida a 950°C; 4) probeta cocida a 1050°C; 5) probeta cocida a 1150°C. Debido a la presencia de carbonatos, que actúan como fundentes y a la elevada temperatura alcanzada en el último caso el ladrillo ha fundido, manifestando un característico aspecto ennegrecido.

### 6.1.5 Lesiones en las piezas: presencia de materia orgánica

La materia prima de los ladrillos puede llevar, además de una mezcla diversificada de arcillas y arena de cuarzo, otros componentes orgánicos que no es fácil eliminar y que se comportan, durante la cocción, de forma distinta a los componentes habituales. El defecto se manifiesta en abombamientos y deformaciones.

En la figura 2, de arriba hacia abajo se muestra: 1) probeta seca (sin cocer); 2) probeta cocida a 850°C; 3) probeta cocida a 950°C; 4-6) probetas cocidas a 1050°C. En las probetas 4), 5) y 6) se aprecian los efectos de la materia orgánica que no ha podido escapar en forma gaseosa debido al proceso de vitrificación de la parte externa, produciendo una deformación notable en las piezas.



## 6.2 Lesiones en los muros

Atendiendo a la procedencia de las causas que los originan, los procesos patológicos en los muros de fábrica se pueden clasificar en dos grandes grupos:

### 6.2.1 Lesiones debidas a procesos mecánicos y físicos

Las causas proceden de los diversos ataques que producen las condiciones ambientales en los muros de fábrica, sin que intervengan organismos vivos.

#### Lesiones originadas por agentes climáticos

#### Lesiones producidas por el agua y el viento

La acción prolongada de los agentes climáticos, como el agua de lluvia y el viento, puede producir erosiones y manchas de humedad en las fachadas. El efecto de desgaste se manifiesta en una pérdida de masa que puede llegar a modificar la forma del muro de fábrica.



Las lesiones típicas debidas a esta causa son la **disgregación** y las **zonas de lavado** del material.

La **disgregación** se produce cuando el material pierde su cohesión interna, desprendiéndose de forma natural o con un esfuerzo mínimo. Su presencia es claramente visible pues, al perder masa, se presenta acompañada de un desnivel en la superficie del elemento de fábrica. Según la granulometría del material desprendido se trata de **sabulización**, cuando el grano es del tamaño de una arena, o **pulverización**, cuando es menor.

Estos procesos patológicos son más probables en muros que presentan deficiencias en la ejecución de las juntas, sobre todo si no están bien rellenas de mortero.

#### *Lesiones producidas por las heladas*

Los procesos patológicos en los muros de ladrillo relacionados con la acción del hielo tienen su origen en la saturación de las piezas.

2 Los ladrillos con protección hidrófuga situados en la fachada repelen el agua de lluvia, por lo que es muy difícil que alcancen un grado de saturación que pueda producir el efecto destructivo de las heladas.

Los ladrillos que no tienen un tratamiento hidrófugo<sup>2</sup> son bastante porosos. Si su posición lo propicia, pueden retener una gran cantidad de agua, llegando a saturar las caras de la pieza. Durante las heladas, el agua aumenta de volumen, produciendo un efecto barrera cuyo resultado es un desgaste superficial e incluso roturas si el efecto llega a superar la resistencia del material.

El efecto de las heladas se manifiesta generalmente en forma de exfoliaciones, sobre todo si existe una gruesa capa de suciedad acumulada en la superficie del muro. Esta capa es impermeable al paso del vapor de agua, de forma que el agua se acumula en el ladrillo y se congela en época de heladas, haciendo saltar las capas exteriores de los mismos. A veces puede ser el mortero de la fábrica el que salte en vez del propio ladrillo.

Normalmente las lesiones en los muros por la acción del hielo sobre los ladrillos carecen de gravedad, aunque si las heladas son intensas, cuando se ha producido un número elevado de ciclos hielo / deshielo, el fenómeno puede afectar a una gran superficie de la fachada, deteriorando considerablemente el aspecto estético del edificio. Debido a que el efecto que produce la helada es destructivo, el único tratamiento posible para su reparación es sustituir las partes afectadas.

## Lesiones originadas por el mortero

El mortero puede ser causa de lesiones en la fábrica e, incluso, en las propias piezas a las que une, debido al fenómeno de retracción que experimenta durante el fraguado y al diferente comportamiento frente al agua y diferente respuesta térmica respecto de las piezas cerámicas.

Los muros de fábrica son más propensos a manifestar procesos patológicos cuando se ejecutan con un mortero excesivamente rico en contenido de cemento o bien con exceso de agua.

Los procesos patológicos se manifiestan en forma de fisuras entre el mortero y el ladrillo, en tendeles o llagas, que llegan en algún caso a partir el ladrillo.

Estos efectos se pueden prevenir tomando las debidas precauciones durante la ejecución del muro, fundamentalmente las indicadas en el proceso de rejuntado.



## **6.2.2 Lesiones debidas a procesos químicos**

Las causas proceden de los efectos nocivos debidos a determinadas reacciones químicas que se producen en los componentes de los muros de fábrica. Estas reacciones pueden ser propiciadas por agentes agresivos del ambiente exterior, tales como la lluvia ácida, o simplemente por la presencia de oxígeno o agua en determinadas condiciones que favorecen la corrosión de los elementos metálicos embutidos o la degradación de los materiales del propio muro. Las más importantes son las *eflorescencias*.

### Eflorescencias

Las eflorescencias son depósitos de sales cristalizadas que aparecen en la superficie de los ladrillos en forma de manchas, normalmente de color blanquecino. La norma que define el ensayo para determinar el comportamiento ante las eflorescencias de los ladrillos vistos es la norma UNE 67029:1995 EX “*Ladrillos cerámicos de arcilla cocida. Ensayo de eflorescencia*”.



Aunque el proceso de formación de eflorescencias es complejo se puede decir, con carácter general, que estos depósitos se forman por la migración de las sales solubles, presentes en el interior del ladrillo o procedentes del exterior, y la acumulación en su superficie o en los poros inmediatos, cuando se evapora el agua existente. Si la solución salina sobrepasa su concentración de saturación se precipita en las zonas de máxima evaporación.

Debido a que el lugar donde aparecen las manchas es en la superficie de los ladrillos, es un error muy frecuente atribuir indiscriminadamente al material cerámico la causa de las eflorescencias. Sólo en algunas ocasiones el origen está en las propias piezas cerámicas. Aunque los ladrillos pueden contener algunas sales, el proceso de fabricación a altas temperaturas, así como una adecuada composición química de las materias primas utilizadas, hacen que la mera presencia de dichas sales no se manifieste como lesión.

Además de la presencia de sales se requiere la concurrencia de otros factores



para que se manifiesten las eflorescencias, sobre todo la presencia de una suficiente cantidad de agua que las disuelva y una fuerte evaporación para que se precipiten, junto con la porosidad del material que facilite la entrada y arrastre de las sales hasta su superficie. Según lo anterior, los factores que favorecen la aparición de eflorescencias en un muro de fábrica pueden ser de diversa naturaleza.

#### a. Condiciones ambientales

Las temperaturas relativamente bajas propician la aparición de eflorescencias porque suponen mayor presencia de humedad y sales en suspensión debido a la dificultad de evaporación.

Este efecto es más acusado si el elemento está sometido posteriormente a una fuerte exposición al viento y al sol que provocan una rápida evaporación.

En general, la experiencia muestra que las regiones especialmente lluviosas son más propicias a la generación de eflorescencias que las regiones secas y áridas.



#### b. Geometría de los poros

Cuantitativamente el alcance de las eflorescencias no sólo depende del volumen de las sales existentes sino de su transmisión por la receptividad y flujo a través del material al ser arrastradas por el agua.

Los materiales susceptibles de padecer eflorescencias son los de naturaleza porosa, puesto que a mayor porosidad se produce una mayor succión capilar. Según la forma de los poros los depósitos de sales se pueden formar en el interior o en la superficie.

Los morteros muy porosos, con un elevado índice de absorción, facilitan la entrada y el arrastre de las sustancias canalizando su transporte hasta la superficie. La presión hidrostática de la humedad sobre el material condiciona, también de manera muy significativa, el proceso absorbente y, en consecuencia, el alcance de la lesión.

#### c. Contenido de sales solubles en ladrillos, morteros o terreno

A mayor contenido de sales se produce una mayor migración o transporte de las mismas. Las formas más considerables de estas alteraciones responden a sales alcalinas. Son características en la formación de eflorescencias los sulfatos (cálcicos, magnésicos, potásicos y sódicos), el carbonato cálcico y toda sal que, por reacción con otras sustancias, resulte soluble en el agua.

Alguno de los agentes mencionados puede estar presente en el mortero, bien en la composición del cemento, de los áridos, de la cal hidratada y, en ocasiones, de los aditivos. Con una limpieza al finalizar la obra desaparecen fácilmente en la mayoría de los casos.

Las sales solubles también pueden ser aportadas del exterior, por ejemplo de suelos salinos, productos industriales, terrenos con escombros, cenizas,

escorias u otros residuos. La polución atmosférica en zonas contaminadas por industrias o calefacciones, debido a la presencia de anhídrido sulfuroso procedente de la combustión, puede transformarse en ácido sulfúrico en presencia del agua de lluvia, que reacciona con los componentes del mortero o el ladrillo provocando eflorescencias. Las lesiones producidas por contaminación exterior suelen ser las más graves y persistentes.

#### d. Presencia de agua

La humedad puede proceder del terreno o del propio proceso de ejecución, es decir, del agua de amasado, del humedecimiento de los ladrillos o del proceso de curado cuando se utilizan aguas de pozos con elevada concentración de sales. Este caso de eflorescencias suele corresponder a las obras recién acabadas.

También el agua de lluvia al incidir sobre la fábrica puede infiltrarse penetrando hacia el interior del cerramiento. Este fenómeno sucede si se combina con viento que produzca la presión suficiente para introducir la humedad en los capilares del material. El agua, que finalmente vuelve a salir al exterior, se convierte en el medio de arrastre de las sales que puedan existir.

Otras fuentes de humedad proceden de la condensación intersticial que se forma en el interior de los muros y del tránsito capilar del agua por los materiales porosos desde zonas en contacto con ella, como el terreno, terrazas o salientes que la acumulen<sup>3</sup>.

El aporte de sales puede ser interno o externo: las sales se pueden encon-

trar en el propio ladrillo<sup>4</sup>, en el mortero (bien en los áridos, en el cemento o en aditivos químicos) y, a veces, en el terreno. También se pueden producir por la carbonatación del hidróxido de calcio presente en la superficie de los ladrillos<sup>5</sup> o por la disolución del conglomerante de cal del mortero que, al evaporarse el agua, se deposita en forma de eflorescencias salinas.

La causa de aparición de los tipos de eflorescencias más frecuentes son las sales contenidas en los cementos y áridos, así como las sales procedentes del terreno en presencia de humedad.

Las eflorescencias propiamente dichas son depósitos superficiales, y se deben distinguir de las *criptoeflorescencias* que son depósitos interiores ocultos en el interior de los poros del material; y de las *subeflorescencias*, que no llegan a aflorar a la superficie, pero producen picaduras y disaggregaciones.

Las criptoeflorescencias se producen en materiales afectados por sales muy solubles que cristalizan antes de alcanzar la cara superficial. La cristalización produce sustancias de escasa adhesión que, cuando dilatan, presionan las capas últimas del material cuya finura no puede contener el desprendimiento final de la superficie. Son mucho más peligrosas que las eflorescencias típicas, pues al aumentar el volumen en el interior del ladrillo, crean fuertes tensiones que hacen que el poro se abra y penetre el agua y el hielo que, aunque lentamente, podría llegar a destruir la pieza.

Los diferentes tipos de eflorescencias se corresponden con las distintas causas que las originan, y se distin-

guen por la forma en la que se manifiesta el proceso patológico. Se pueden clasificar en seis tipos diferentes y es importante distinguirlos porque cada uno de ellos requiere un procedimiento de reparación específico.

#### • Eflorescencias del Tipo I

Son depósitos superficiales de sales blanquecinas muy solubles en agua, que aparecen en forma de velo, situadas en el centro o los bordes del ladrillo, aunque también pueden cubrir la junta de mortero.

Se deben a reacciones químicas entre el ladrillo y el mortero y suelen aparecer en la cuarta parte superior de los edificios, en la base del muro y en los antepechos de las ventanas. Se manifiestan en primavera cuando el viento y el sol secan la fábrica tras el período húmedo del invierno.

Este tipo de eflorescencias es muy abundante y desaparece tras varios ciclos de humectación y secado. Para eliminarlas de una forma rápida suele ser suficiente cepillar la fachada con un cepillo duro que no sea metálico y, posteriormente, arrastrar los restos con agua limpia<sup>6</sup>. En caso de que persistan, se puede aplicar una solución de ácido clohídrico en agua, con una concentración del 10%, tras haber mojado abundantemente la fachada, y lavarla posteriormente.

#### • Eflorescencias del Tipo II

Corresponde a las *criptoeflorescencias* o *subeflorescencias*, que se manifiestan en forma de desconchados importantes y desprendimientos de las capas de ladrillo de unos milímetros.



Se deben a que el agua circula muy lentamente por la red capilar mientras que la evaporación es muy brusca, las sales cristalizan en el interior del ladrillo y, debido al aumento de volumen al pasar de estado anhídrico (sin agua) a hidrato, se desconcha la parte exterior.

Este tipo de eflorescencias, aunque resultan ser las más perjudiciales, son poco frecuentes y sólo se suelen dar en zonas húmedas o marítimas. Debido a que los efectos que producen son desconchados con pérdida de material, su reparación sólo es posible reponiendo las partes dañadas, pero se puede prevenir su aparición regando la fachada intensamente y de forma repetida durante épocas de baja evaporación.

#### • Eflorescencias del Tipo III

Son exudaciones o depósitos blancos superficiales en forma de regueros producidos en el proceso de hidratación del cemento, cuando libera cal que es arrastrada por el agua de lluvia, discurriendo por la fachada y que se transforma en carbonato cálcico en presencia del anhídrido carbónico del aire.

Son poco solubles en el agua y se distinguen porque en presencia de ácido clorhídrico son efervescentes. Este tipo de manchas no se elimina definitivamente con facilidad. Si existen depósitos abundantes se deben cepillar y rascar previamente; después se empapan de agua y se aplica una disolución de ácido clohídrico, tras lo cual hay que enjuagar abundantemente.<sup>7</sup>

#### • Eflorescencias del Tipo IV

Son regueros de color pardo sobre los ladrillos y las juntas de mortero. Se producen cuando cierto tipo de ladrillos de fabricación reciente se exponen a la lluvia y exudan sulfatos de hierro que reaccionan en contacto con el aire, produciendo óxidos e hidróxidos férricos de un color pardo rojizo, no solubles en el agua.

Son poco frecuentes y suelen aparecer en ladrillos fuertemente cocidos. Se eliminan aplicando sobre las manchas una pasta formada por citrato sódico, agua tibia, glicerina y creta, que se debe enjuagar con abundante agua limpia al final de cada aplicación, ya que se puede repetir el proceso hasta su eliminación total.

#### • Eflorescencias del Tipo V

Las manchas son de color amarillo verdoso, producidas por las sales de vanadio que proceden de ciertas arcillas. Son muy poco frecuentes, y se eliminan aplicando una solución de soda cáustica, con una concentración de 350 gramos por litro, dejándola actuar durante dos o tres días, y lavando después con abundante agua limpia.

#### • Eflorescencias del Tipo VI

Se manifiestan en manchas de color marrón oscuro o negro, que aparecen sobre las juntas y los ladrillos marrones pigmentados con óxido de manganeso.

Se producen cuando el óxido de manganeso que da el color a los ladrillos pardos reacciona con los sulfatos presentes en ellos formando sulfato de

3 En los muros en contacto con el terreno el agua puede ascender por la estructura capilar de los materiales y subir varias plantas.

4 La arcilla contiene compuestos solubles en agua, y los ladrillos pueden adquirir sustancias durante el proceso de cocción, al impregnarse de humos y gases que circulan por el interior de los hornos.

5 Las sales que aparecen en la superficie de los ladrillos suelen ser, en mayor o menor medida, de sulfatos y carbonatos (de sodio, de potasio o de calcio) cuya composición es diferente a la de las sales contenidas en su interior.

6 Esta operación se debe hacer en tiempo caluroso o seco, para impedir que el agua de lluvia vuelva a disolver más sales en el interior del material cerámico.

7 Hay que tener en cuenta que la aplicación repetida de ácido clorhídrico o en disoluciones muy concentradas es perjudicial para el material y puede, incluso, dañar las juntas de mortero. No es aconsejable la aplicación de este producto sin realizar pruebas previamente cuando se trata de juntas coloreadas o de cerámica vidriada.

manganese soluble que, tras diversas reacciones, forma óxido de manganeso. Se distinguen de las del tipo IV por el color de los ladrillos en las que se forman.

Se limpian mojando la zona que presenta manchas y aplicando una solución de ácido acético, agua oxigenada y agua, y lavando posteriormente de forma abundante con sosa cáustica.

En la tabla 6.1 se resume el origen y aspecto de cada tipo de fluorescencia, así como el sistema de limpieza recomendado.

### Prevención de las eflorescencias

El diseño juega un papel fundamental en la prevención de eflorescencias. Hay que impedir que en la obra se produzcan filtraciones de agua que mojen la fábrica por zonas diferentes a las normalmente expuestas. Por tanto, es muy importante la correcta ejecución de los detalles constructivos que tienen como objeto evitar la entrada de agua.

Se debe evitar, fundamentalmente, que la obra entre en contacto con sales solubles que proceden de suelos contaminados por productos industriales, por escombros o por residuos orgánicos o inorgánicos. En este sentido, es

importante intercalar barreras impermeables de polietileno en el arranque de los muros o cerramientos que impidan el ascenso de agua por capilaridad. Si el muro está en contacto con el terreno constituye una buena medida la impermeabilización del trasdós, que inhiba el flujo de sales desde el propio terreno.

Se deben diseñar los elementos constructivos de circulación o caída de agua evitando el traspaso de ésta a la fábrica. En este sentido, requiere un especial cuidado el detalle de los canalones, alféizares y albardillas, que deben ir provistos de goterones y tener un vuelo suficiente.

Tabla 6.1. Tipo, origen y limpieza de eflorescencias

Tipo	Aspecto	Origen	Limpieza
I	Polvo blanco, velo. Soluble	Sales solubles Contaminación atmosférica Reacción química entre el ladrillo y el mortero	Cepillado y limpieza con agua
II	Desconchados Desprendimientos de capas del ladrillo	Cristalización de sales en el interior del ladrillo	Reposición de las partes dañadas. Se previenen regando en épocas de baja evaporación
III	Depósito blanco (carbonato cálcico) Pegajoso Efervescente Insoluble	Óxidos e hidróxidos férricos producidos por la exudación de sulfatos de hierro Ladrillos fuertemente cocidos	Cepillado y limpieza con una disolución de ácido clorhídrico (concentración del 5% al 10%) Con cerámica vidriada o juntas coloreadas es preciso realizar pruebas previas.
IV	Regueros de color pardo Insolubles	Sales de vanadio de algunas arcillas	Pasta formada por citrato sódico, agua tibia, glicerina y creta.
V	Manchas de color amarillo verdoso	Óxido de manganeso procedente del sulfato de manganeso soluble	Solución de sosa cáustica (350 g/l)
VI	Manchas de color marrón oscuro o negro en ladrillos pigmentados con bióxido de manganeso	Óxido de manganeso procedente del sulfato de manganeso soluble	Solución de ácido acético, agua oxigenada y agua.



En el caso de cerramientos con cámara es preferible colocar el aislante sobre la cara exterior de la hoja interna. Si el aislamiento se coloca en contacto con la hoja externa, se provoca que la evaporación se realice siempre a través de la cara vista, desplazando las sales en esa dirección.

Para evitar las eflorescencias del tipo I, la reacción entre el ladrillo y el mortero se previene utilizando morteros bastardos (compuesto de cemento, cal y arena) e impidiendo la succión del agua y las sales del mortero mediante el humedecimiento previo de las piezas.

Durante la ejecución de la obra hay que intentar que los ladrillos no se mojen demasiado. En cualquier caso, se debe evitar la colocación del material cerámico cuando la humedad relativa del aire es elevada. En época de lluvias fuertes hay que cubrir la obra no terminada y el acopio de ladrillos a pie de obra. También es conveniente, en caso de lluvias abundantes, proteger la fábrica que esté recientemente ejecutada.

#### Lesiones originadas por la contaminación ambiental

Los efectos nocivos de esta naturaleza sobre los muros de fábrica se deben a diversos procesos de combustión, como los humos agresivos de las calefacciones o los procedentes de la industria.

El humo y las emisiones industriales con presencia de sulfuros, bajo ciertas condiciones, pueden formar cristales de sulfato cálcico en las juntas de mortero. Al llover, el agua extiende una sal blanquecina al conjunto de la fábrica.

Los morteros con áridos de naturaleza caliza son especialmente sensibles a los ácidos sulfúrico y sulfuroso.

Producen consecuencias parecidas a las eflorescencias alterando también el aspecto estético del mortero. La costra negra que se forma en la superficie de los muros de fábrica también puede llegar a producir con el tiempo lesiones que se manifiestan en forma de exfoliaciones o disgragaciones. Este fenómeno constituye una lesión crónica en fachadas próximas a zonas industriales cuya exposición es inevitable.

#### Lesiones originadas por la oxidación de elementos metálicos

Si los elementos metálicos embutidos en las fábricas no tienen la protección adecuada o el recubrimiento mínimo, con la entrada de agua se puede originar un proceso de oxidación que se manifiesta en la aparición de la consiguiente mancha de óxido. Además, el proceso de oxidación es un fenómeno expansivo que puede llegar a reventar el muro.

Para prevenir este tipo de lesiones, además de proteger adecuadamente los elementos metálicos que vayan a quedar embutidos en la fábrica, se debe impedir el contacto con el agua mediante un recubrimiento suficiente de mortero que garantice su impermeabilidad.

Además, para prevenir la corrosión de los elementos metálicos por el ataque químico de los componentes del mortero, se debe limitar a un máximo de 0,1% el contenido de iones cloruro en la masa del cemento utilizado.

#### **6.2.3 Lesiones debidas a procesos biológicos**

Son daños del tipo “biodeterioro”, es decir, debidos a la exposición del muro de fábrica al medio ambiente por períodos de tiempo prolongados. Los agentes que los producen son los diversos microorganismos que forman el biotopo circundante, que pueden afectar de varias formas al elemento de fábrica según sus propias características y ciclo vital.

Los hongos y bacterias producen diversos ácidos orgánicos que pueden atacar a los materiales de naturaleza pétrea. Las secreciones reaccionan con el mineral, disminuyendo la masa del muro y reduciendo, por tanto, sus características portantes, térmicas o acústicas.

El ataque suele ser visible en la cara exterior del muro, produciendo manchas que pueden afectar al aspecto estético del edificio.

Las algas y musgos generan páginas biogénicas, generalmente de un color que varía desde el pardo oscuro al amarillo, pasando por el verde, dependiendo de la variedad del microorganismo considerado. Su mera presencia indica la existencia de una humedad importante.

En su ciclo vital producen sales solubles que reaccionan con el material, pudiendo llegar a ser dañinas.

Las agresiones producidas por los líquenes se suelen presentar en el interior de la masa del muro, por lo que en muchas ocasiones no existe una manifestación exterior del proceso patológico.

La existencia de arbolado o vegetación en la proximidad de los edificios también puede generar lesiones en los muros de fábrica.

La savia ligeramente ácida puede provocar manchas en los materiales que contengan carbonato cálcico, pero el efecto más perjudicial es el puramente mecánico, al introducir sus raíces en los elementos de base o cimentación, produciendo tensiones muy elevadas.



## 6.3 Fisuras y grietas en los muros de fábrica

Aunque a veces se utilizan indistintamente los términos “fisura” y “grieta”, es conveniente matizar el significado de cada uno de los dos conceptos.

Se entiende como “fisura” la abertura que afecta a la superficie del elemento o a su acabado superficial o revestimiento; y como “grieta” la abertura incontrolada que afecta a todo el espesor del muro.

### 6.3.1 Procedencia de las fisuras y grietas

En los muros de fábrica las fisuras o grietas marcan siempre la línea de máxima compresión. Si la fisura o grieta es inclinada, la dirección apunta hacia la parte más rígida. Estas sencillas reglas permiten, en determinados casos, determinar las causas de su procedencia con una simple inspección, aunque en la mayoría de las situaciones no es tan sencillo, puesto que sólo existen datos sueltos que es preciso ensamblar para dictaminar el verdadero origen del proceso.

Las principales causas de aparición de grietas y fisuras por procesos mecánicos y físicos son las siguientes:

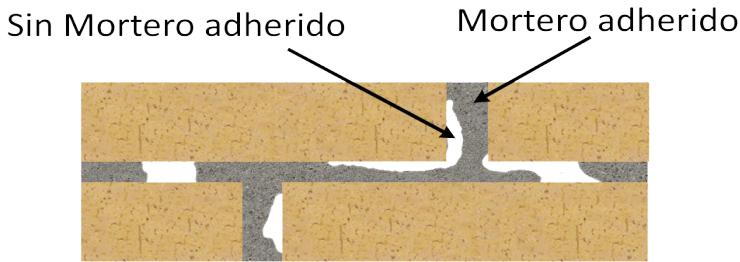
#### Lesiones debidas a deficiencias de ejecución o de materiales

Los muros no tienen problema para resistir esfuerzos de compresión, pero no ocurre lo mismo cuando tienen que soportar tracciones, siendo éste el principal origen de la aparición de grietas y fisuras.

Un muro mal ejecutado o construido con materiales de deficiente calidad, dará como resultado un muro de poca resistencia a la tracción y con propensión a fisurarse ante el menor esfuerzo.

#### Deficiencia de materiales: morteros mal elaborados

La consistencia del mortero de asiento debe ser la adecuada para lograr una mezcla manejable. Sin embargo, se debe evitar un mortero con exceso de agua, pues se corre el riesgo de que escurra por las juntas y que además se produzcan contracciones en el fraguado que provoquen fisuras.



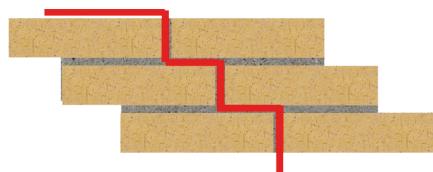
#### Deficiencia de materiales: retracción de fraguado

Si los morteros de asiento tienen mucho espesor y son muy ricos en cemento, se producen fuertes contracciones en el proceso de fraguado, produciendo fisuras antes de que el muro llegue a entrar en carga. Las fisuras, generalmente, suelen seguir la dirección de las juntas, aunque en algunas ocasiones pueden llegar a romper el ladrillo.

El fenómeno es más acusado cuando las juntas de mortero son de gran espesor y se utilizan piezas cerámicas de baja resistencia.

#### Deficiencia de ejecución: falta de adherencia entre el mortero y el ladrillo

A veces resulta difícil determinar si la grieta o fisura se produjo por un movimiento excesivo de la estructura que sustenta al muro o por la deficiente resistencia de la fábrica. La observación de las grietas puede proporcionar algún indicio.



Grieta que rompe al mortero

#### Deficiente adherencia

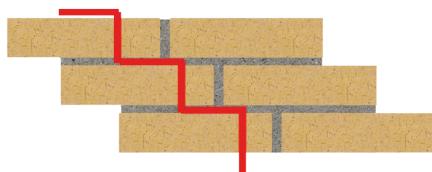
Si la grieta produce una separación limpia entre el mortero y el ladrillo, ello es debido a una baja adherencia entre ambos, posiblemente por falta de humectación del ladrillo o por problemas en la elaboración del mortero. Si todos los ladrillos que bordean la grieta tienen mortero adherido, se debe descartar esta causa.

Si el mortero está bien adherido al ladrillo, el problema suele estar originado por movimientos que superan la resistencia de la fábrica.

#### Deficiencia de ejecución: falta de traba en las esquinas

En el aparejo a soga hay un solape de medio ladrillo entre hilada e hilada. Cuando se trata de esquinas con ángulos diferentes de 90°, la práctica de cortar los ladrillos a inglete propende a que se marque una grieta en la arista del ángulo.

Se debe construir de manera que todos los ladrillos queden trabados, especialmente en las esquinas.

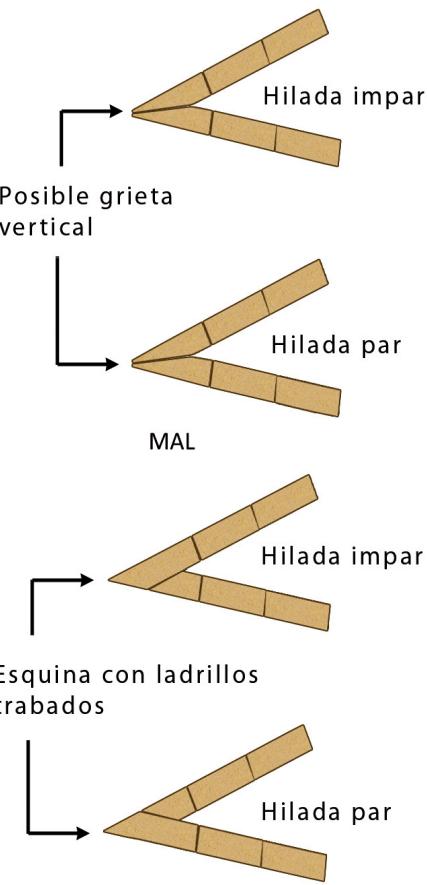


Grieta que rompe al mortero  
y al ladrillo

#### Movimiento incompatible

#### Deficiencia de ejecución: uniones mal resueltas

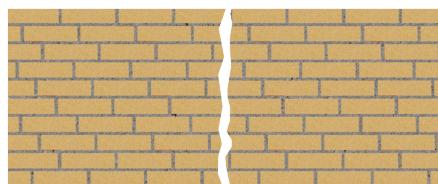
En las uniones a muros existentes se debe respetar la traba de las piezas. Para ello es necesario practicar un dentado en el muro existente. Si no es posible construir la unión trabada, siempre es aconsejable materializar una junta vertical de movimiento.



Fisuración por esquinas  
mal aparejadas

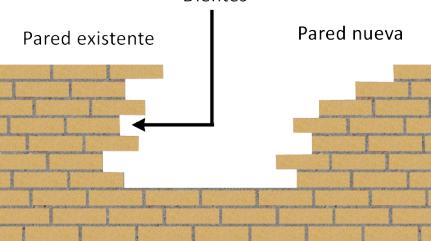
Pared existente

Pared nueva



### Riesgo de aparición de fisura

Dientes



### Unión trabada

310

### Acciones mecánicas exteriores

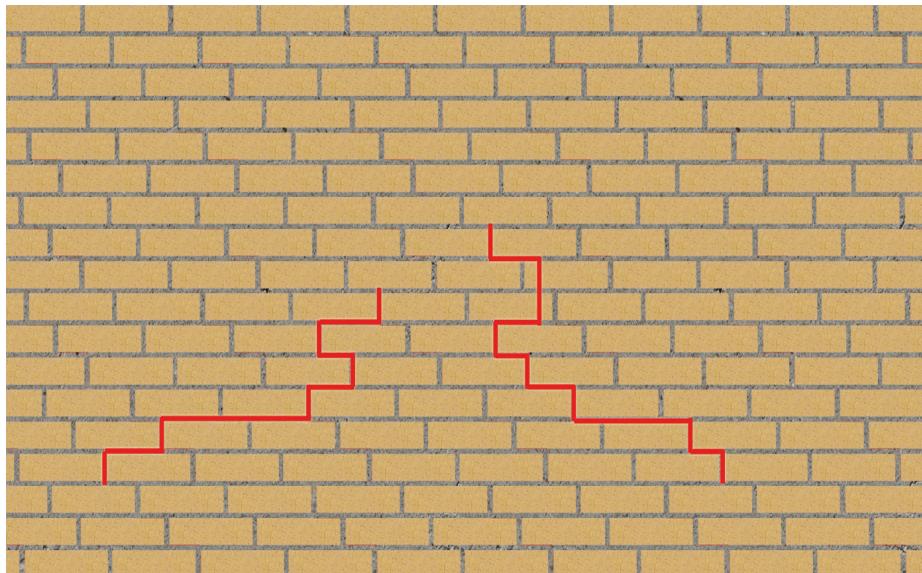
Es la causa más común y la que produce las grietas más claras y abundantes.

Estas acciones producen esfuerzos que pueden ser de tracción, de corte o rasantes. Las acciones que producen esfuerzos de compresión raramente producen fisuras.

Los esfuerzos ocasionados por movimientos no controlados suelen ser muy variados, por lo que conviene agruparlos en una serie de tipos, dependiendo de si el movimiento es de la estructura soporte o del propio muro.

### Acciones debidas a movimientos diferenciales del terreno

Los movimientos del terreno pueden tener como causa un estado de tensión muy diferente en dos zonas contiguas, produciéndose *asientos diferenciales*,



cuyos efectos se manifiestan en fisuras localizadas en las zonas de encuentro entre elementos constructivos de distinto peso, por ejemplo, en chimeneas. Pero en la mayoría de los casos los movimientos del terreno proceden del fenómeno de expansión debido a la modificación del estado de humedad.

Los suelos arcillosos modifican su resistencia a la compresión según su contenido de agua. Con la humedad natural (aproximadamente del 18%) tienen muy buena resistencia, pero a medida que aumenta el contenido de humedad también aumenta su volumen, al tiempo que disminuye la resistencia, llegando al valor límite del 26% (límite plástico). Luego comienza a disminuir su volumen, y se licúan a partir del 35%.



Al aumentar su volumen, el suelo ejerce una presión sobre el cimiento que puede llegar a los  $0,4 \text{ N/mm}^2$ . Debido a que las cargas que los muros transmiten al suelo, incluso tratándose de muros portantes, suelen estar por debajo de ese valor, puede ocurrir que la acción del suelo empuje la estructura hacia arriba.

Si la humedad continúa aumentando el suelo pierde volumen y resistencia, produciéndose el fenómeno contrario.

En la medida en que los movimientos sean uniformes, el problema no se manifiesta; el inconveniente surge cuando existen movimientos diferenciales o la humedad del suelo no es uniforme.

El exceso de humedad puede proceder del agua de lluvia que cae por los desagües del techo, de falta de drenaje perimetral o de tuberías rotas.

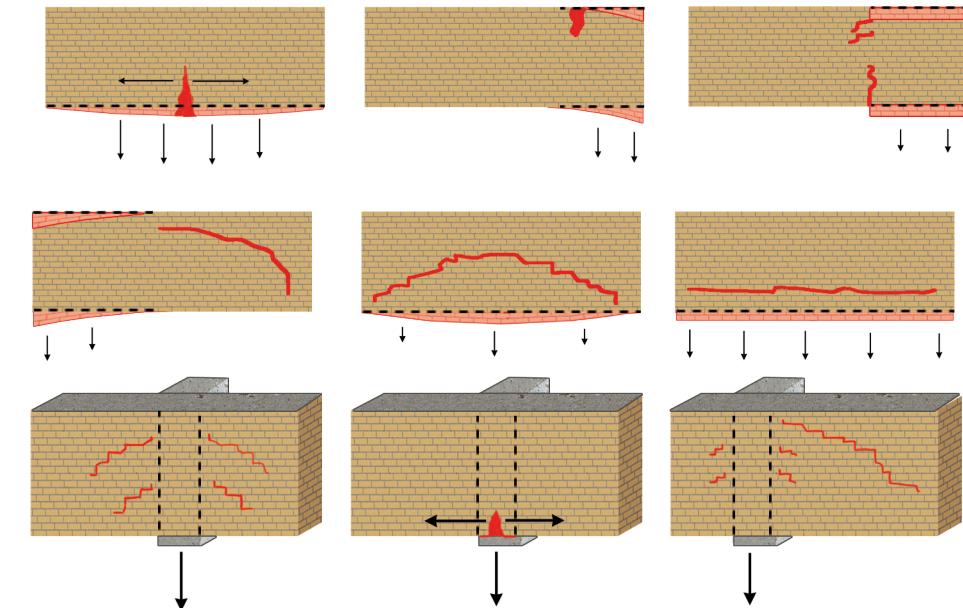
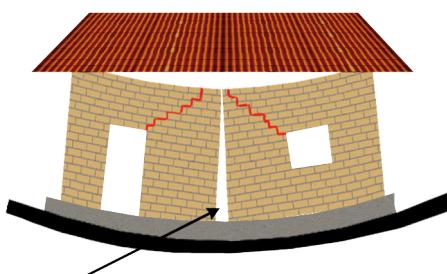
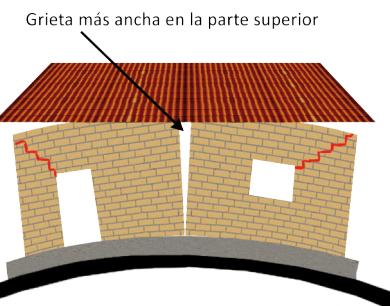
Si los cimientos ceden de forma puntual, como ocurre al romperse una tubería, o por la presencia de desagües que aflojan un terreno, las grietas pueden ser verticales o en forma de "V" invertida sobre el eje del asiento, o ligeramente inclinadas en algunos tramos por los esfuerzos de corte. Si el movimiento está muy localizado en el extremo de un muro, los esfuerzos de corte pueden ocasionar que las grietas sean prácticamente verticales.

Si el muro es muy largo y apoya sobre un terreno débil, puede resultar que no se llegue a formar un arco de descarga por estar muy alejados los puntos de arranque. En consecuencia, la grieta que se produce es horizontal, coincidente con una hilada en la parte inferior.

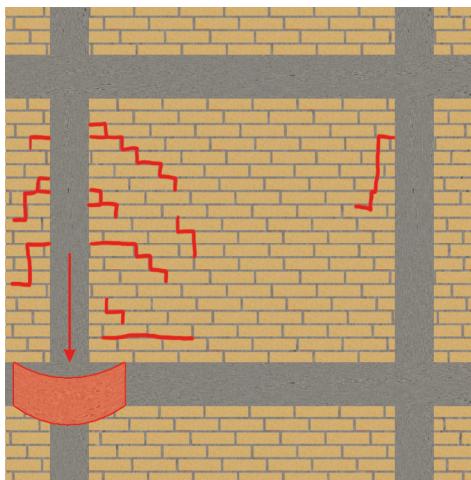
### Acciones debidas a asientos diferenciales de los soportes

Si en la estructura de un edificio se produce un asiento local de uno de sus soportes, el sistema que estaba en equilibrio se altera produciendo tensiones que generan importantes esfuerzos de corte, produciendo grietas diagonales.

Las grietas diagonales también se pueden producir, aunque no existan asientos diferenciales significativos, cuando falla la adherencia entre la fábrica y las vigas o soportes. El efecto es mucho más aparatoso en presencia de huecos.



Grietas debidas a asientos diferenciales



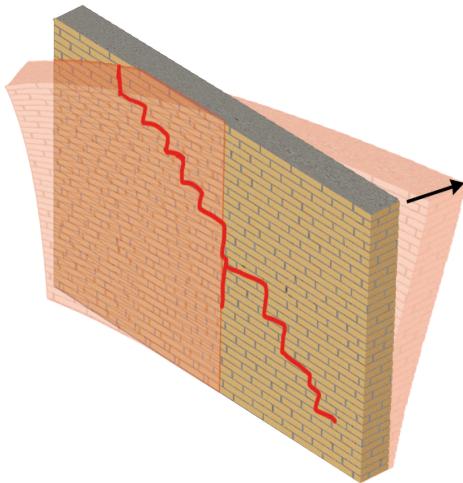
**Asiento diferencial de soporte**

#### *Fenómeno de alabeo por inestabilidad local*

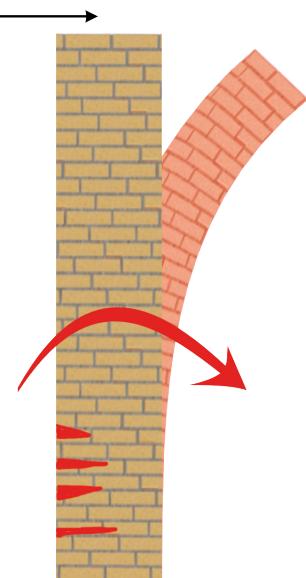
Se produce en muros suspendidos en apoyos locales, cuando la fábrica trabaja como una viga de gran canto, por ejemplo en formación de dinteles exentos.

El fenómeno es especialmente notable cuanto más esbelto es el muro, es decir, cuanto la longitud entre apoyos es elevada en relación con la altura del muro suspendido.

La inestabilidad se manifiesta en forma de alabeo, debido a los esfuerzos de torsión generados, con grietas de configuración inclinada.



**Alabeo por inestabilidad local**



**Vuelco por acción horizontal**

#### *Vuelco*

Se produce en muros que no están bien sujetos en cabeza o en los que no han sido correctamente apeados durante el proceso de ejecución. El muro funciona como una ménsula en voladizo, razón por la cual se fisura la parte inferior, sólo por una de sus caras, y con grietas cada vez menos pronunciadas según se asciende en altura.

#### Acciones debidas a cargas puntuales

##### *Aplastamiento local*

Se produce cuando el apoyo de un elemento sobre el muro genera una tensión local que supera el valor de resistencia de la fábrica. Es un fallo típico de las jambas en las que apoyan dinteles o vigas cuando la entrega es escasa. Se puede evitar dotando al apoyo de una mayor superficie que permita una mejor distribución de tensiones.

Las cargas puntuales también pueden provocar aplastamientos locales que se manifiestan con una grieta vertical acompañada de ramificaciones laterales. Si la carga está aplicada en un extremo pueden aparecer fisuras a 45°.

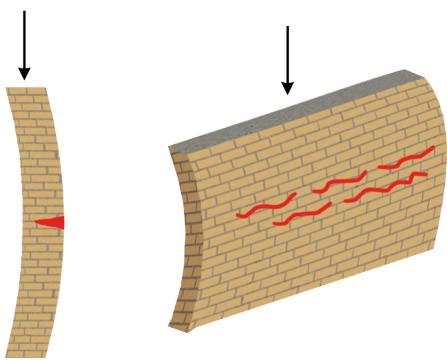
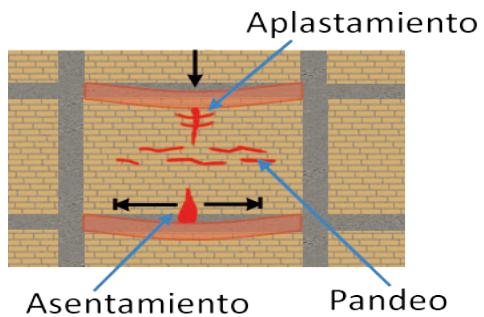
##### *Pandeo*

Las cargas verticales, estén distribuidas o concentradas, pueden ocasionar el pandeo del muro. El pandeo es un fenómeno que depende de la esbeltez. Cuando más alto y delgado, el muro es más esbelto, y mayor es la posibilidad de pandeo.



También depende de su vinculación a elementos verticales y forjados en su perímetro y de la excentricidad de las cargas.

Al deformarse un muro por pandeo aparecen grietas y fisuras horizontales, abiertas en una de las caras y cerradas en la otra. El pandeo se produce sólo en muros delgados si soportan grandes cargas.



Grietas horizontales por pandeo

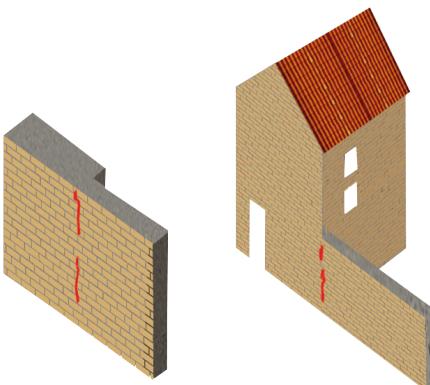
#### Acciones debidas a cargas uniformes sobre muros de sección variable

##### *Muros sometidos a estados de carga muy diferentes*

Se produce en situaciones en las que se conectan muros con estados de tensión vertical de valores muy diferentes. En estos casos no es posible la compatibilidad de deformaciones y este efecto se manifiesta en forma de grietas verticales.

La situación típica se produce en las regiones próximas a cambios geométricos. Una carga uniforme aplicada sobre un muro cuya sección presenta una variación de espesor puede occasionar que el muro más delgado sufra mayores deformaciones, con la consiguiente aparición de una grieta vertical entre ambos.

Se puede prevenir el proceso patológico materializando una junta vertical de movimiento o incorporando armadura de tendel.



Grietas verticales por discontinuidad geométrica



## Acciones debidas a deformaciones en vigas y forjados

Aunque es habitual atribuir cualquier proceso patológico de fisuración en muros a la flecha de las vigas o forjados en las que se sustenta, lo cierto es que estos efectos son raros en las estructuras bien calculadas.

Si el muro tiene continuidad hasta la cimentación o hasta un elemento de arranque muy rígido, puede ocurrir que la carga se acumule en plantas bajas. Esto no suele suponer un problema para la fábrica si está bien arriostrada lateralmente, debido a su buena resistencia a compresión<sup>8</sup>.



El problema se manifiesta si la continuidad se interrumpe en alguna planta. En estos casos, si las deformaciones o flechas de los elementos estructurales en la planta de arranque son excesivas se pueden producir grietas en la parte inferior. El efecto es mucho más aparente en presencia de huecos.

## Acciones higrotérmicas

### *Empuje entre muros adyacentes*

Las variaciones de temperatura y humedad provocan contracciones y dilataciones en los muros. Cuando la fábrica dilata puede producir empujes sobre los elementos colindantes, originando fisuras verticales.

### *Expansión por humedad*

Se conoce como *expansión por humedad* al aumento de volumen producido a largo plazo por la acción de la humedad ambiente. La dilatación de las fábricas de piezas cerámicas se debe fundamentalmente a este fenómeno. El cambio de volumen es similar al experimentado por el hormigón, pero no es reversible en condiciones normales.

El proceso se inicia en el momento mismo en que la pieza sale del horno y progres a lenta e indefinidamente siguiendo una curva asintótica. Por lo tanto, el efecto es más acusado durante las primeras semanas, y se reduce paulatinamente, aunque cada pieza se comporta de modo diferente en función del tipo de arcilla con la que se ha fabricado<sup>9</sup>.

En este sentido es importante distinguir entre la *expansión por humedad*, que es el incremento total de las di-

mensiones que puede sufrir una pieza cerámica desde que sale del horno, y la *expansión potencial*, que corresponde al diferencial que le resta por expandir a partir de un momento más o menos alejado de la fecha en que fue cocida. El orden de magnitud de la expansión por humedad en las piezas cerámicas que se fabrican actualmente está alrededor de 0,5 mm/m, mientras que la expansión potencial depende del tiempo y procesos de almacenamiento hasta que se colocan.<sup>10</sup>

El fenómeno de la expansión por humedad sólo produce lesiones en los muros que tienen impedido el movimiento. Los muros más propensos a la fisuración por esta causa son los muros largos en los que no se han dispuesto las juntas de movimiento pertinentes, y los muros situados en condiciones singulares de humedad ambiente, por ejemplo los muros de sótanos.

Las fisuras que se producen por esta causa suelen ser homogéneas, lo que indica la presencia de una tensión uniforme que causa el problema. En los muros largos cuyo movimiento longitudinal ha sido coartado, por ejemplo, por estar confinados entre los soportes de una estructura, se origina primero un abombamiento en el centro del muro por su cara exterior, que acaba produciendo una grieta de trayectoria vertical. Cuando el movimiento no está coartado en toda la longitud del muro, como por ejemplo en el caso de los petos de azoteas, el fenómeno de expansión se manifiesta sobre todo en las esquinas.

La forma de prevenir la fisuración por esta causa es demorar la puesta en obra de los ladrillos al menos 3 ó 4



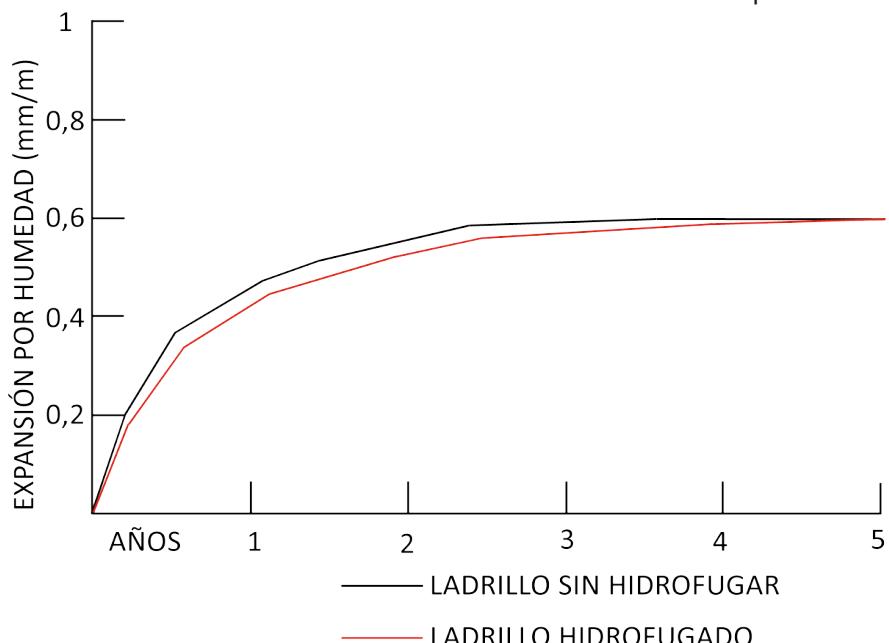
semanas desde su fabricación, y mojarlos antes de colocarlos. El DB SE-F establece explícitamente la obligatoriedad de mojar los ladrillos antes de su puesta en obra, excepto los de baja succión<sup>11</sup>.

En el caso de muros de fachada con esquinas en "Z" que contengan paños de longitud menor que 0,75 m, es recomendable prever una junta vertical de movimiento con llaves de atado. Con ello se evita que, por efecto de la expansión por humedad, aparezcan fisuras verticales en la esquina, producidas por el giro diferencial entre ambos paños.

En proyecto, se debe limitar la longitud de los muros entre juntas verticales de movimiento, según se ha indicado en el capítulo correspondiente.

Debido a que el fenómeno está relacionado con las condiciones de interacción entre las piezas y el mortero, una buena medida de prevención consiste en utilizar morteros mixtos de cemento y cal<sup>12</sup>, limitando además la resistencia de los mismos en función de la resistencia de las piezas cerámicas.

La utilización de ladrillos hidrofugados tiene la ventaja, con relación a la expansión por humedad, que el propio proceso de inmersión acelera el fenómeno en la primera semana, reduciendo, por consiguiente la expansión potencial de los ladrillos puestos en obra.



Evolución de las expansiones por humedad de las piezas cerámicas

8 Este efecto, sin embargo, sí se debe tener en cuenta a la hora de dimensionar el elemento estructural de arranque del muro, en el que se deben prever los efectos de la acumulación de carga.

9 Para dar una idea de la evolución del proceso se indica aquí que, durante las dos o tres primeras semanas desde la salida del horno, se suele producir hasta un 25% de la expansión total. Por ejemplo, un ladrillo cuya expansión total es de 0,6 mm/m puede expandir del orden de 0,15 mm/m en los primeros quince o veinte días.

10 La expansión en piezas cerámicas se mide con el método descrito por la norma UNE 67036:1999 "Productos cerámicos de arcilla cocida. Ensayo de expansión por humedad", si bien no existe ninguna referencia a un valor máximo de expansión por humedad que deba cumplir el ladrillo visto. La norma UNE 67020:1999 "Bovedillas de arcilla cocida para forjados unidireccionales. Definiciones, clasificación y características", sólo de aplicación a bovedillas, establece un valor medio máximo de 0,55 mm/m, no superando individualmente el valor de 0,65 mm/m.

11 La succión no se debe confundir con la capilaridad, aunque ambos fenómenos están relacionados. Mientras que la capilaridad es la cualidad que posee un material para absorber líquido, la succión da idea de la velocidad inicial con la que el material absorbe el líquido por capilaridad. Por lo tanto, en la medida de la succión ( $g/(cm^2 \cdot min)$ ) interviene, no sólo el peso del líquido absorbido y la superficie expuesta, sino también el tiempo.

12 Una dosificación recomendada para los cementos mixtos de mortero y cal es 1:1:7.

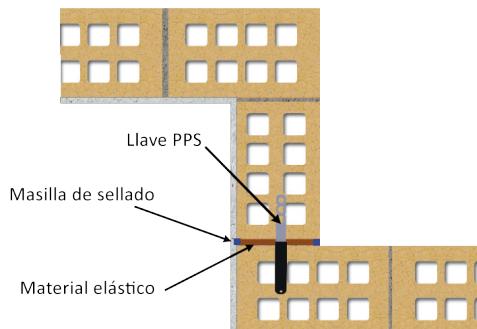
## Contracción y dilatación térmicas

Al enfriarse o calentarse un muro se contrae o se dilata y, si el movimiento está coartado en los bordes, queda sometido a un esfuerzo de tracción.

Las grietas originadas por esta causa son generalmente verticales, pues aunque la contracción es uniforme en todas las direcciones, el peso propio de la estructura contrarresta la deformación en sentido vertical.

La ubicación de las grietas puede variar según las condiciones de los vínculos laterales. Si las condiciones son simétricas, las grietas aparecen más o menos centradas.

Las fachadas más propensas a manifestar fisuras por esta causa son las que están muy soleadas. También es posible la aparición de fisuras en las esquinas de dos fachadas con diferente soleamiento que, generalmente, se producen en los puntos débiles del muro, como son los estrangulamientos en las zonas de encuentro

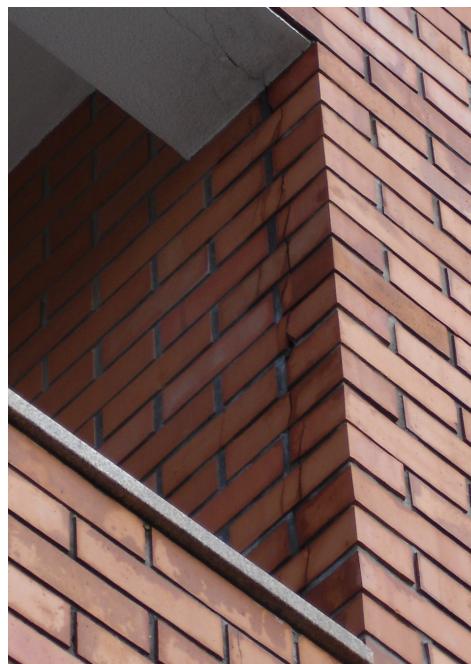


Esquina en “Z” con junta de movimiento

con soportes o forjados. El proceso patológico por movimientos térmicos propiamente dichos sólo se manifiesta en los muros largos muy expuestos, debido a que la fábrica de ladrillo tienen un coeficiente de dilatación térmica de valor muy bajo ( $0,5 \cdot 10^{-5} \text{ m/m}^{\circ}\text{C}$ )<sup>13</sup>. En general, la aparición de la lesión se debe a la acción simultánea de otras causas, como el fenómeno de expansión descrito anteriormente.

## Deficiencias del proyecto

Los procesos patológicos enunciados anteriormente se pueden prevenir si se tienen en cuenta determinados criterios de proyecto imprescindibles cuando se utilizan elementos de fábrica. Los criterios de carácter general se han indicado en la sección que lleva este nombre. Se indican a continuación los errores u omisiones más significativos.

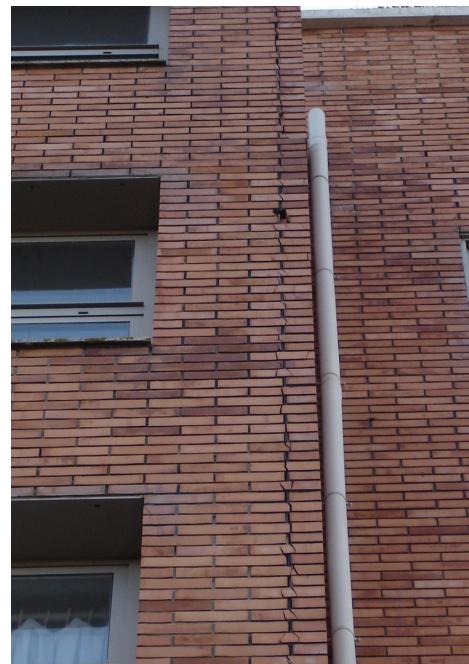


Fachadas de ladrillo caravista

## Error de proyecto: uniones constructivas mal resueltas

La unión de dos unidades constructivas distintas (por ejemplo, un muro contra un soporte, o un encuentro en esquina de dos muros con distintas características), a pesar de tener un mismo acabado superficial, es difícil conseguir que trabajen como un solo conjunto. Estos puntos son los más propensos a la aparición de grietas o fisuras, pues cualquier movimiento de un elemento conectado rígidamente al muro es transmitido al mismo.

Si estos movimientos no son considerados en el cálculo, es aconsejable resolver las uniones con elementos específicos que eviten determinados movimientos y permitan otros, para liberar al muro de las tensiones derivadas de la incompatibilidad.



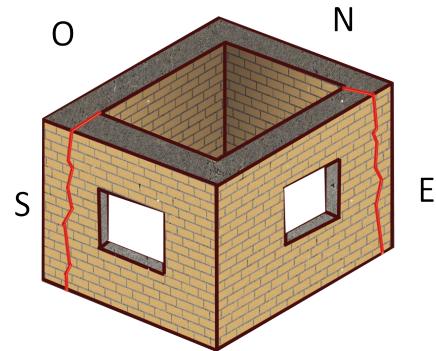
### Error de proyecto: falta de juntas verticales de movimiento

Las juntas se deben ubicar a una distancia tal que los movimientos de contracción o dilatación no superen la cohesión interna o resistencia de la fábrica a la tracción horizontal.

El DB SE-F establece distancias máximas entre juntas verticales de movimiento, para fábricas de ladrillo cerámico, en función de un único parámetro fundamental, que es el índice de expansión por humedad de las piezas.

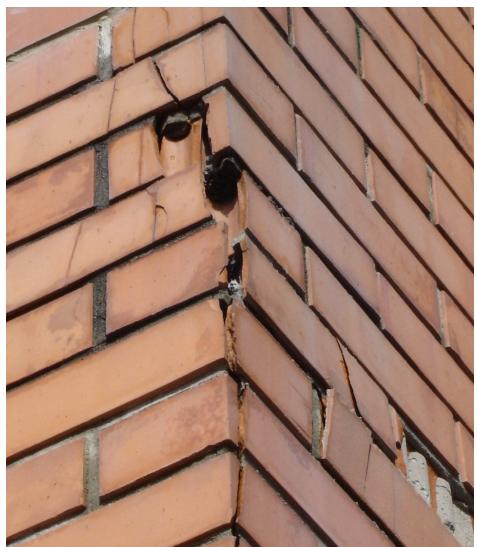


Además de dividir los muros en tramos de longitud limitada, se pueden resolver con juntas verticales de movimiento los encuentros que tienen una solución constructiva difícil, por ejemplo las uniones entre muros construidos en época diferente o los encuentros no aparejados de esquinas con ángulos agudos.



Las paredes que miran al N y O dilatarán más que las otras pudiendo ocasionar fisuras verticales

13 Este valor es aproximadamente la mitad del correspondiente al hormigón y al yeso. Respecto de los elementos metálicos es tres veces menor.



### Error de proyecto: limitación de flecha inadecuada

Los códigos y reglamentos estructurales establecen valores de flecha máxima, generalmente en función de un porcentaje de la luz. Cuando sobre el elemento estructural descarga un muro de fábrica, es conveniente considerar también la limitación de flecha en valor absoluto, sobre todo si se trata de luces elevadas.

Los muros de fábrica son muy rígidos, por lo que es aconsejable que los elementos estructurales sobre los que se sustentan lo sean también.

Cuando el muro se interrumpe en alguna planta, es aconsejable no admitir flechas en el elemento de apoyo de valor superior a 1/1000 de la luz. Esta misma recomendación se puede aplicar para el cálculo de dinteles. Las grietas

por esta causa se reconocen fácilmente porque siguen una trayectoria que materializa el arco de descarga.

La deformación excesiva de los forjados o vigas que sirven de sustentación a los muros también pueden producir fisuras por aplastamiento local de los mismos, que tienen una configuración horizontal en la parte superior, acompañada de fisuras verticales en la parte inferior de la zona central del vano.

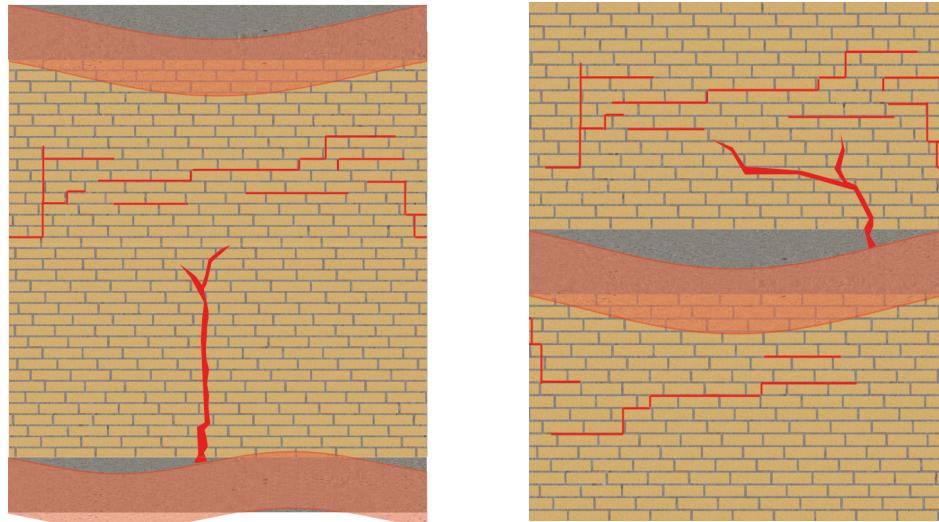
En los edificios que no tienen soportes en el plano de fachada, por estar retranqueados, los forjados en voladizo pueden presentar descensos diferenciales en plantas sucesivas. Si el forjado inferior se deforma más que el superior, se puede manifestar una fisuración en el muro que reproduce el arco de descarga, acompañada de fisuras inclinadas en las esquinas superiores.

### Error de ejecución: falta de protección de elementos embutidos

Los elementos embutidos en muros deben estar suficientemente protegidos, pues a veces constituyen la causa directa del proceso patológico.

Se deben evitar muros con instalaciones gruesas embutidas. Especialmente deben tomarse precauciones con la instalación de calefacción y agua caliente, pues los plásticos y metales tienen elevados coeficientes de dilatación térmica.

También los elementos metálicos auxiliares embutidos (anclajes, armaduras o angulares) deben estar protegidos, puesto que la corrosión provoca aumentos importantes de volumen dando lugar a grietas que a su vez permiten el paso de la humedad, acelerando el proceso.



Patrón de fisuras por excesiva deformabilidad de las vigas