

*Alberto Sepulcre Aguilar es Arquitecto y profesor de la E.S.C.R.B.C. de Madrid.*

Alberto Sepulcre Aguilar

## Lesiones mecánicas en el soporte de la pintura mural <sup>(1)</sup>

Hoy en día el concepto de Bien Cultural trasciende el mero objeto artístico y por ello las teorías de intervención en Conservación y Restauración han de abarcar necesariamente una serie de elementos y estructuras en su conjunto. En el caso de una obra pictórica siempre hay dos capas como mínimo: la película superficial y el soporte. Pero, si bien en pintura de caballete, pintura sobre tabla, u otras especialidades, todos los componentes de la obra son abarcables por el restaurador, y estas capas son claramente diferenciadas, en pintura mural no ocurre lo mismo. En este campo se funden pintura y arquitectura en un todo conceptualmente inseparable (2), y se evita a menudo el soporte al analizar la *pintura*.

En esta ambigüedad entre mueble e inmueble no basta con un arranque indiscriminado, ni una actuación restringida a la superficie pictórica, se hace necesaria una comprensión de los mecanismos de funcionamiento del soporte arquitectónico por parte del restaurador; y recíprocamente, del arquitecto respecto a la pintura.

Para atacar un problema constructivo debemos identificar, conocer sus causas, su evolución y sus consecuencias. Para ello a partir del resultado de la alteración: *el efecto*, debemos identificar su origen: *la causa*.

Las lesiones pueden clasificarse como lesiones pri-

marias y lesiones secundarias, según se originen en primer lugar o sean consecuencia de otras anteriores. Además suelen darse en muchos procesos patológicos combinaciones de varias lesiones bien sean primarias o secundarias. También puede darse el caso de que una lesión se origine en varias causas o que una causa de lugar a varias lesiones. Al

mismo tiempo las causas pueden ser: *directas o indirectas* (3).

Para proceder a su reparación, se deberá actuar necesariamente en dos fases: primero sobre las causas y posteriormente sobre los efectos.

Las lesiones de un muro o cerramiento arquitectónico sue-



1.

1. Deformación en el plano de fachada por descuadre.
2. Grieta en muro

len clasificarse, como en el caso de todos los materiales, en causas de origen físico, químico o biológico, según su predominio. En realidad, todas ellas van ligadas y se producen combinaciones de unas y otras. Alteraciones de tipo biológico derivan en problemas químicos, análogamente con las alteraciones físicas, etc.

Considerando los soportes constructivos de la pintura mural, sus lesiones principales van a ser producidas por humedades (origen físico), deformaciones, grietas, fisuras, desprendimientos (orígenes físico-mecánicos) y, eflorescencias (origen químico).

Otros tipos de lesiones como depósitos de suciedad, erosión, oxidación-corrosión, etc.; se producen, bien desde la capa pictórica, y por lo tanto son ajenas al soporte, o bien son poco habituales en este campo. (4) Me centraré, solamente, en las causas físico-mecánicas por ser las menos conocidas para el restaurador, mientras que humedades y eflorescencias tienen comportamientos idénticos a los ya familiares en otros materiales.

## DEFORMACIONES

La deformación la podemos considerar como anticipo de una posible rotura o bien como una alteración en sí misma desde un punto de vista morfológico (5). En el primer caso se trata de un problema de elasticidad. La deformación es, generalmente,

un proceso previo a la rotura, y como tal, lo consideraremos en el apartado siguiente. En el segundo caso, se pueden dar deformaciones, por *inclinación* dentro o fuera del plano del muro (descuadre o desplome), por *curvatura* horizontal o vertical (flecha o pandeo) y, por *giro relativo* de sus lados (alabeo).

La reparación de una deformación pasa generalmente por la evaluación del sobreesfuerzo que la ha producido y la sustitución del elemento dañado (6), bien por otro similar previa neutralización del esfuerzo, o bien por otro capaz de resistir éste con una deformación admisible. En el caso de pintura mural habrá que considerar primero la evolución de la deformación y la posibilidad de consolidar la situación existente de manera menos intervencionista.

## FISURAS Y GRIETAS

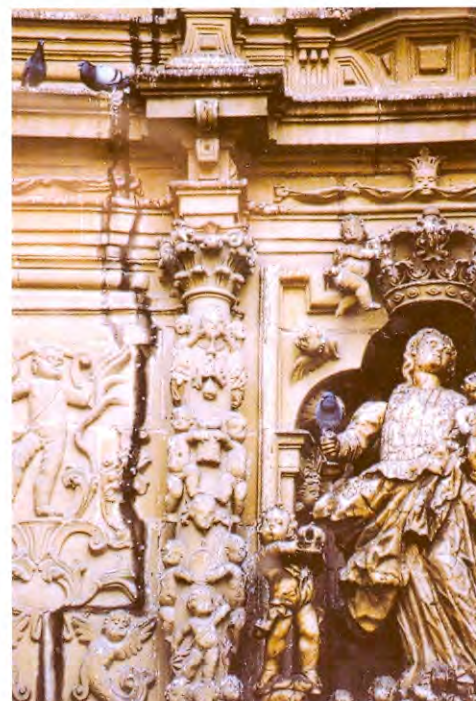
No hay un criterio estricto de diferenciación de nomenclatura entre fisuras y grietas. Normalmente se basa, en el grado de extensión de la lesión, según afecte a la totalidad del espesor del elemento considerado o no. Las *grietas*, por tanto, tienen un carácter más estructural, mientras que las *fisuras* lo tienen más superficial. Al tratarse de un concepto relativo dependerá de la entidad considerada como elemento de estudio, de manera que una fisura de un muro es también, si sólo consideramos su revestimiento super-

ficial, una grieta de éste elemento.

Este tipo de lesiones, tanto en uno u otro caso (pues hemos visto que es sólo un problema de escala), provienen de una deformación y agotamiento de la capacidad resistente del objeto. Es conveniente, por ello, analizar someramente algunas propiedades relacionadas con la deformabilidad.

Se puede considerar que, en última instancia, todas las lesiones de este tipo provienen de movimientos de los materiales. Movimientos que pueden ser por causas mecánicas, térmicas, húmedicas, químicas, etc. y que sobretodo darán problemas cuando se produzcan movimientos diferenciales de unos materiales respecto a otros con los que estén en contacto. Cabe afirmar que las roturas de materiales pétreos se producen normalmente por esfuerzos locales de tracción o de cizalladura aunque más raramente.

La **deformabilidad** expresa la capacidad de sufrir deformaciones de un cuerpo, antes de su rotura, debida a la acción de una fuerza externa. Los cuer-



2.

pos físicos se comportan según tengan estructura más o menos cristalina o amorfa en cuatro modelos posibles: elástico, plástico, frágil y viscoso.

Dejando aparte el último que se presenta en materiales de estructura amorfa poco habituales en elementos murales (7), los sistemas tradicionales se basan en materiales pétreos que cuanto más cristalinos son, más frágilmente se comportan, aunque el comportamiento mecánico de un muro depende no sólo de los materiales que lo componen, sino de la combinación entre ellos.

La elasticidad pura correspondiente con los llamados

Fig. 1. Diagrama genérico de tensión-deformación de un material.

Fig. 2. Tabla de módulos de elasticidad o Young de diferentes materiales (VILLANUEVA 1991:120-121)

cuerpos hookeanos (8) no existe en los materiales constructivos. En la mayoría de los casos los objetos pasan por una fase de proporcionalidad que tiene un máximo (límite de proporcionalidad), a la que siguen comportamientos cada vez menos elásticos (Fig. 1).

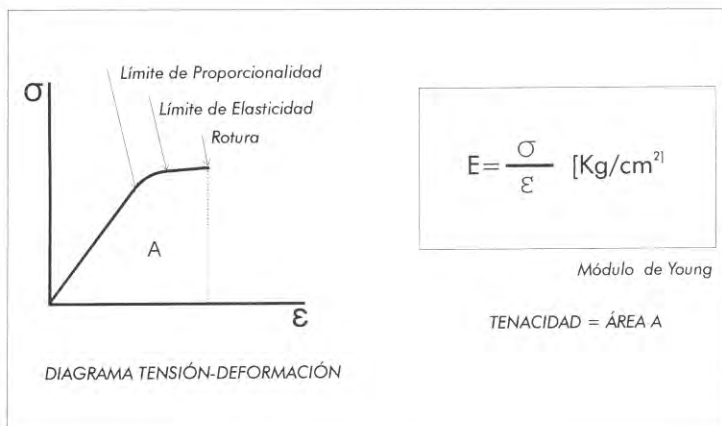
No se debe confundir las mayores o menores capacidades de deformación con las resistencias a la rotura según cada tipo de esfuerzo (caso del vidrio, del acero templado, etc.). A la proporción entre tensión y deformación se le llama módulo de Young ( $E = F/g$  ( $\text{kg/cm}^2$ )) y mide la rigidez o deformabilidad de un material (pendiente de la recta) en su fase elástica. Cuanto mayor sea el módulo de Young de un material, menos deformable y, por tanto, menos "elástico" será (Fig. 2).

En el caso de elementos arquitectónicos, como en el caso de la mayoría de los objetos artísticos, al estar constituidos generalmente por varias capas de

diferente composición, no basta con considerar aisladamente la elasticidad de cada uno de ellas, sino además, es necesaria la compatibilidad de movimientos del conjunto o elasticidad relativa de unas capas y otras.

Otro factor importante a estudiar es el comportamiento mecánico de los objetos ante los diferentes tipos de esfuerzos posibles. No es igual la capacidad mecánica resistente de un cuerpo según se encuentre sometido a unos esfuerzos u otros. Se llaman **esfuerzos mecánicos** a la forma en que las fuerzas actúan sobre los materiales y pueden ser simples o compuestos (cuando actúan de más de una manera que es el caso más general). Hay cinco tipos básicos: tracción, compresión, cortadura, flexión y torsión.

Tan importante, o más, que el estudio del resultado del esfuerzo externo es la reacción o esfuerzo interno de la masa del material. Es la forma en la que



MATERIAL	Módulo de Young (N/mm <sup>2</sup> )
Granito	50.000
Caliza	45.000
Arenisca	35.000
Mármol	70.000
Pizarra	75.000
Cerámica de tejar	5.500
Vidrioplano	73.000
Yeso	10.000
Escayola	20.000
Ladrillo Si-Cal.	10.000
Hormigón para armar	35.000
Acero laminado	210.000
Fundición	100.000
Aluminio	75.000
Cobre	120.000
Latón	90.000
Bronce	110.000
Plomo	16.000
Zinc	84.000
Pino (s/ fibras)	9.600
Abeto (s/ fibras)	10.000
Encina (s/ fibras)	10.400
Haya (s/ fibras)	14.000

Fig. 2

un cuerpo se opone a las acciones externas gracias a la cohesión interna intermolecular. Se estudia, no considerando fuerzas globales que no darían idea del "tamaño" del área de sección resistente en cada punto del material, sino considerando tensiones, que son la relación entre la fuerza global y el área sobre la que actúa o bien la fuerza por unidad de superficie resistente.

Así podremos saber si hay planos críticos de rotura, y cómo resiste cada plano los diferentes esfuerzos aplicados a un cuerpo. **Tracción y compresión** son esfuerzos axiales que tienden a producir deformaciones de manera que se alejen o se acerquen paralelamente los planos opuestos perpendiculares a la fuerza apli-

cada, e internamente generan tensiones de tracción o compresión paralelas a la fuerza externa considerada (Fig. 3).

Los materiales metálicos, sintéticos y fibrosos (9) son los que alcanzan mayores resistencias a tracción mientras que los pétreos (bien sean naturales o artificiales) son los que menos resistencia tienen. En el caso de la compresión los materiales pétreos resisten del orden de 30 veces más que a tracción, 10 veces más que a flexión y 15 veces más que a cortante (CAMUÑAS 1974: 85). Pero este esfuerzo de compresión plantea otros problemas de estabilidad global, relacionados con la esbeltez, pandeo, etc. que obliga a utilizar volúmenes y secciones

Fig. 3. Estado tensional interno ante un esfuerzo de tracción.

Fig. 4. Distribución de tensiones ortogonales ante un esfuerzo de flexión.

mayores que las estrictamente necesarias por resistencia. Esto iguala sensiblemente, desde el punto de vista del consumo de cantidad de estructura, a la mayoría de los materiales.

Las tensiones tangenciales internas de **cortadura** son también paralelas a la fuerza externa. En general la resistencia a cortadura es baja en los materiales pétreos. En los fibrosos es mucho mayor, si es aplicada perpendicularmente a las fibras que aplicada paralelamente.

Los esfuerzos de **flexión** y **torsión** son producidos por momentos de fuerzas. Es decir por el efecto de la palanca. De hecho en los momentos, a la distancia de aplicación de la fuerza, se le denomina "brazo de palanca"; y el momento se mide por el producto de la fuerza por la distancia.

Una de las consecuencias de los momentos de fuerzas es

que tienden a producir giros y no desplazamiento como antes. El esfuerzo de flexión es aquel en que los momentos se encuentran contenidos en el mismo plano, y son de sentido contrario. Este esfuerzo se traduce internamente en una combinación de tensiones de tracción, compresión y cortadura.

En el caso de la flexión (Fig. 4) se producen tensiones de compresión en la parte superior de la pieza (mayores cuanto más externas) y de tracción en la parte inferior (mayores cuanto más externas). Esa distribución, que crece en intensidad hacia el exterior, sigue una ley lineal de crecimiento con un punto de inflexión en la zona central de valor cero. Hay una línea imaginaria que une todos los puntos de valor cero de todas las secciones resistentes posibles, que se denomina **fibra neutra**. Esta situación dará como resultado dilataciones en la zona de tracciones y contracciones en la zona de

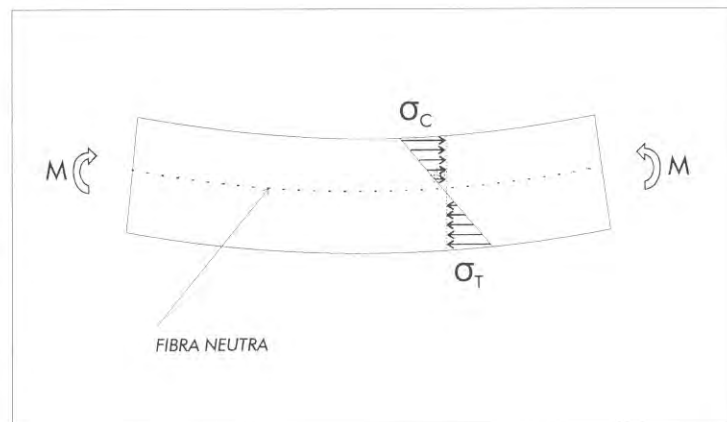


Fig.

compresiones, en ambos casos perpendicularmente a la aplicación del esfuerzo externo. Serán de aplicación por tanto las consideraciones realizadas en los apartados de tracción y compresión.

Por último, el esfuerzo de torsión es aquel en que los momentos se encuentran contenidos en planos paralelos y son de signo contrario: El resultado es una combinación espacial mucho más compleja de los esfuerzos anteriores.

**elementos** o piezas, más o menos idénticas, que trabados entre ellos y asentados normalmente con argamasa forman un elemento de entidad superior: el muro. Así existen fábricas de ladrillo, de mampostería, de sillería, de adobe o mixtas, según el elemento que utilicen para su construcción. El comportamiento mecánico dependerá de las piezas individuales, del mortero de agarre, y del aparejo o trabazón.

Otro tipo de muro de cerramiento frente a las fábricas es el **muro continuo**. Este es un elemento en masa formado por vertido y compactado en un molde o cofre. Dentro de este grupo podemos considerar el tapial, usado ampliamente en nuestro entorno en el pasado, y modernamente el muro de hormigón.

Por último tendremos otros elementos de cerramiento o resistentes, de **tipo horizontal**. Entre los primeros están la bóvedas tabicadas, las de chamizo,

Fundamentalmente el soporte arquitectónico tradicional (10) de la pintura mural es el muro (con función resistente o muro de carga) y el cerramiento (sin función resistente o paredes interiores o exteriores). Circunstancialmente se dan otros soportes como son los elementos estructurales lineales (arcos, pilares, vigas, etc.).

La estructura de estos soportes se basa, en nuestra área geográfica en las **fábricas de**

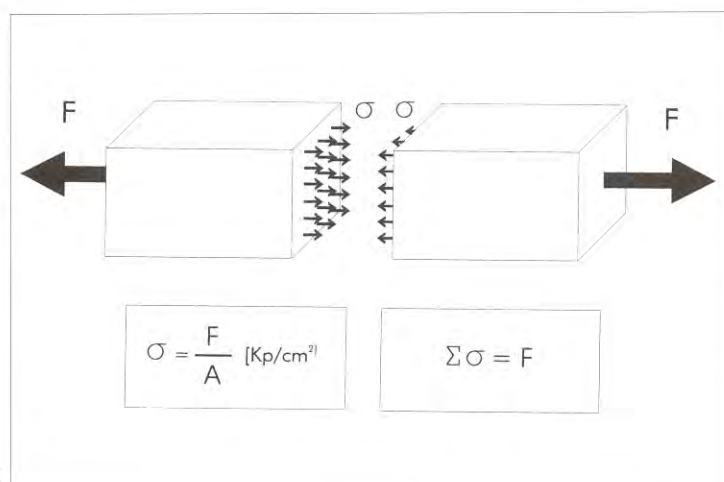
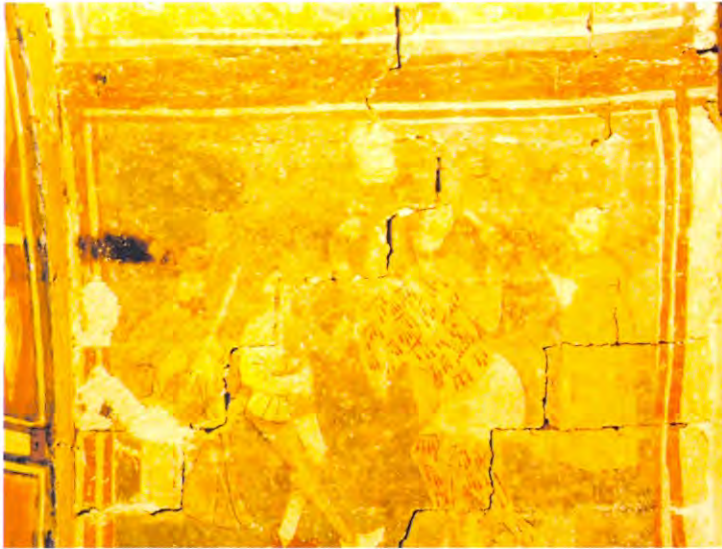


Fig. 3

3. Grietas escalonadas causadas por rotura de la fábrica manifestando los elementos unitarios de sillería.

Fig. 5. Esquema tensional en el interior de un muro con formación de "arco de descarga" y grieta producida por el mismo.



3. los falsos techos, etc. y entre los segundos están los forjados, bóvedas, etc..

**TIPOLOGÍA DE GRIETAS Y FISURAS SEGÚN EL MATERIAL**

En las fábricas son comunes las grietas y fisuras por la propia estructura no homogénea de estas. Se pueden distinguir dos posibilidades (MONJÓ, J. 1994: 154):

a) **Grieta entre las piezas unitarias y el mortero.** Se produce la separación por la superficie de unión entre los materiales diferentes, bien sea por falta de adherencia específica de los materiales o por defectos de estos o en la ejecución.

En el primer caso, como hemos visto la mayoría de los esfuerzos mecánicos combina-

dos se componen de esfuerzos simples de tracción, compresión y cortadura, y la resistencia mecánica de los materiales pétreos a tracción y cortadura es bastante reducida. De ahí que cualquier deformación higrométrica o esfuerzo mecánico pueda superar estos límites resistentes dando lugar a lesiones.

En el segundo caso se trata de fallos en la interfase de unión de los materiales y se produce falta de adherencia de estos: falta de rugosidad de las superficies de contacto o defecto de la ejecución: falta de humectación que reduce la succión de argamasa por los poros superficiales y pueden suponer la absorción de parte del agua de hidratación del mortero, reduciendo su resistencia. Dejando aparte la unión por enlaces secundarios.

b) **Grietas por rotura del elemento unitario.** Se suelen producir por dos motivos: bien sea por una mayor resistencia relativa de la unión entre piezas y mortero, que de las propias piezas en sí, bien por cargas puntuales concentradas de suficiente magnitud.

En el primer caso suele darse una combinación de lesiones con rotura tanto de las piezas

unitarias como con separación de las juntas de argamasa. La mayor o menor debilidad del material vendrá dada por las proporción de piezas partidas frente a las piezas separadas con grietas sobre el mortero.

La disposición mecánica de este tipo de daños viene en forma del llamado "arco de descarga", que se produce sobre un elemento estructural bidimensional cuando la distribución de tensiones internas tienen que salvar una zona débil del mismo como un hueco de ventana, o una pérdida de sustentación por cedimiento del terreno. La distribución de cargas es vertical y uniforme, salvo en la proximidad del elemento débil, donde se produce una concentración de tensiones, con una distribución en forma de arco (Fig. 5).

Tal como se ha dicho, estos arcos suelen reflejar la morfología de las fábricas al producirse discontinuidades mar-

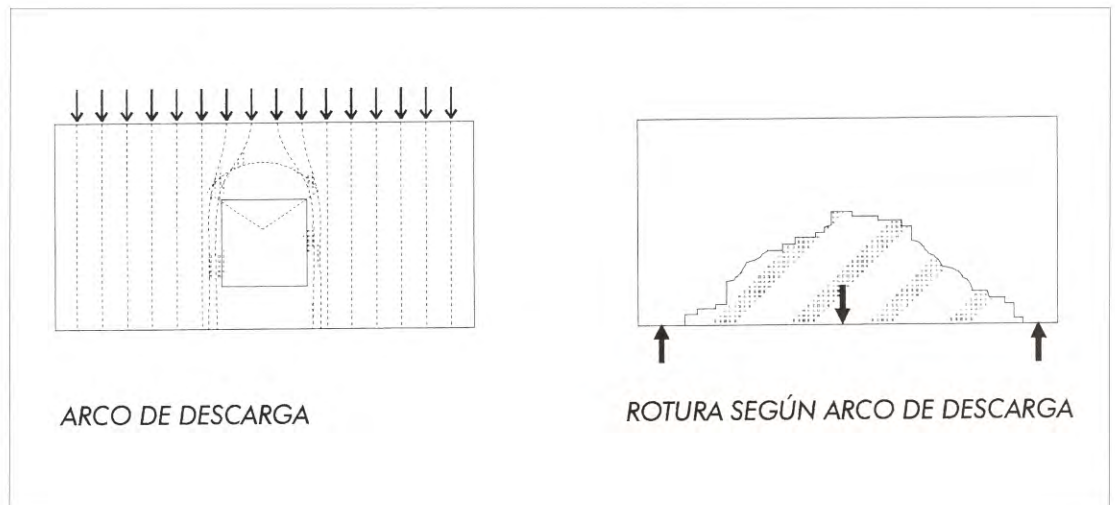


Fig. 5

4. Grieta en fábrica de ladrillo con rotura de elementos unitarios y separación de la interfase de unión de estos con el mortero.

5. Fisuras en un acabado de fachada.



4.

cando sus dibujos. Además hay que considerar que estos arcos pueden llegar a tener radios de curvatura muy grandes, dando la sensación de grietas casi horizontales o verticales cuando estos tienden al infinito; pues también en muchos casos, sólo se perciben ramas incompletas del arco cuando el asiento es de un lateral del muro o de una esquina. Estas consideraciones nos llevan a una regla muy práctica al observar grietas inclinadas en un muro. Si tenemos en cuenta que las grietas inclinadas marcan el punto de arranque del arco de descarga, podemos decir con carácter general que *“las grietas inclinadas apuntan en su base a la zona resistente del muro”*. Sobre este punto de arranque del arco se produce en muchos casos una rotación generándose esfuerzos de tracción perpendiculares a la línea de rotura.

En el segundo caso cita-

do, de fuerzas puntuales concen-

tradas, suelen predominar esfuerzos cortantes muy localizados que provocan con facilidad grietas en elementos pétreos. Por ello, en el apoyo de pies derechos o vigas que provocan cargas concentradas en muros, se ha recurrido siempre a la colocación de elementos de reparto de tensiones en el apoyo, como por ejemplo las carreras de madera o los zunchos de hormigón o acero laminado más modernamente.

### 1.2.- EN MUROS CONTINUOS

Fundamentalmente nos encontramos el caso del tapial, y del hormigón armado o en masa que tienen alguna características independientes aunque no lo consideremos en este análisis por no ser un soporte habitual de la pintura mural tradicional. El tapial por su estructura en masa, constituido por barro como aglomerante, mezclado con fibras vegetales y a veces un árido que actúa de carga, tiende a abrirse al menor esfuerzo mecánico que no sea de compresión simple, aún contando con refuerzos aislados de estacas de madera y una compactación previa.

### 1.3.- EN ACABADOS CONTINUOS

En las capas de acabado continuo se producen tres tipos de fisuras: Las debidas al propio acabado, las causadas por el elemento soporte del acabado y las originadas por acciones externas. Las primeras y las terceras suelen tener formas reticulares,

de mapa, etc. aunque más localizadas en el último caso; mientras que en el segundo suelen tener, la disposición lineal correspondiente a la grieta del soporte.

Uno de los factores principales que inciden en la aparición de fisuras en revestimientos es el espesor del mismo. Por un lado, el aumento del espesor supone el aumento de la resistencia (la tensión es inversamente proporcional al área de la sección) pero por otro, aumenta el peso propio del elemento y por lo tanto puede superar el límite de adherencia. Por ello, el espesor ideal de un revestimiento continuo deberá encontrarse entre el límite de resistencia y el de adherencia.

Según su apariencia podemos distinguir diversos tipos de fisuras como (VILLANUEVA 1995: 158-167):

*FISURAS AISLADAS* debidas a movimientos del soporte por esfuerzos mecánicos de tipo estructural.

*FISURAS ESCALONADAS* debidas a la morfología discreta del elemento soporte, y marcan las juntas entre las piezas unitarias que lo forman.

*FISURAS EN CUADRÍCULA* debidas a abombamientos por flexiones, pandeos, exfoliaciones o insuficiente adherencia. También pueden deberse, en caso de cierta regularidad, a la manifestación de las



5.

maestras o tientos de la fabricación de la capa, o a las líneas de andamiada o jornada.

*FISURAS ALEATORIAS O RAMIFICADAS* que suelen deberse a movimientos diferenciales entre las capas de materiales diferentes, y se originan por discontinuidades de adherencia entre ellas.

*FISURAS EN MAPA O CUARTEO* que tienen el aspecto de la arcilla al researse y se originan por retracción desde el exterior hasta el interior. No abarcan necesariamente todo el espesor del revestimiento. Se caracterizan por formar cazoletas de superficie. Éste tipo de fisuras, al ser causadas por desecación hidráulica pueden producirse por:

- Absorción excesiva del soporte, por lo que se debe humedecer previamente a la aplicación de la pasta.

- Evaporación excesiva del agua del mortero, por lo que no se deben aplicar en época muy calurosa.

En los morteros de cemento se producen retracciones de fraguado y de secado que se pueden reducir mediante riego de la superficie.

*FISURAS DE TELA DE ARAÑA* que se forman a partir de un centro y tienen su origen en impactos mecánicos o choques térmicos producidos, por ejemplo, por el fuego.

#### TIPOLOGIAS SEGÚN LA CAUSA

Normalmente no hay una sola causa que produzca una lesión, además hay que recordar lo mencionado sobre causas directas e indirectas. Una clasificación podría ser (MONJÓ, J. 1995: 25-38) :

Los **esfuerzos mecánicos** debidos a cargas o a variaciones dimensionales son la causa principal de las lesiones en forma de grietas y fisuras, y se pueden agrupar en cuatro categorías:

*1.- ASIENTO PUNTUAL.* Provocan grietas verticales en el eje por tracciones en la base del muro o grietas inclinadas superpuestas debidas al esfuerzo cortante.

*2.- ASIENTO CONTINUO.* Dan lugar a arcos de descarga que pueden ser de mayor o

menor curvatura o incluso semiarcos en asientos laterales.

*3.- EMPUJE VERTICAL.* Puede producir grietas por aplastamiento y por pandeo del elemento, bien sea en su plano que dan lugar a grietas verticales o, fuera de su plano que originan grietas horizontales.

*4.- EMPUJE HORIZONTAL.* Si es perpendicular al elemento puede producir alabeos puntuales o roturas lineales continuas. Si se produce en el mismo plano y es puntual producirá una grieta horizontal y si es lineal producirá grietas verticales por pandeo.

#### **FACTORES GENERADORES DE LOS ESFUERZOS MECÁNICOS. CAUSAS.**

##### POR CARGAS EXTERNAS

En el caso de asientos de cimentación directos, las grietas van a ser en arco de descarga si es un asiento de tipo continuo, o vertical (o inclinadas superpuestas por cortante) si es puntual por tracciones en la base. En el caso en el que las grietas se producen por repercusión de asientos de la estructura, pueden darse todos los casos citados en el apartado anterior. Las flechas de vigas y forjados van a producir distintos efectos según se encuentren contenidas las vigas en el plano del cerramiento o perpendiculares a él, pero son poco frecuentes edificios históricos con muros resistentes.

Solo cabe destacar la otra posibilidad de esfuerzos perpendiculares que pueden dar lugar a aplastamientos puntuales en el caso de giros de cabezas de empotramiento de vigas; o a inflexiones en cerramientos en el caso de forjados empotrados, con grietas o fisuras horizontales en las caras a tracción.

Las deformaciones horizontales van a poder estar producidas por la estructura portante o por el propio cerramiento, dando lugar a empujes que, en cualquier caso, dependerán de la morfología del elemento estructural.

Por último en el caso de acciones mecánicas directas sobre el muro, tenemos la particularidad de que puedan aparecer fisuras que rompan el acabado sin romper el cerramiento, debidas a una excesiva deformación de este último.

##### POR VARIACIONES DIMENSIONALES

Los esfuerzos higrotérmicos principalmente son los debidos a dilataciones térmicas (Fig. 6) puesto que las variaciones dimensionales por higroscopicidad son muy reducidas en los materiales pétreos (piedra natural, piedra conglomerada, cerámica). Solamente tiene algo de incidencia en el caso de los cementos, siendo otros materiales de tipo orgánico (principalmente las maderas) aquellos que sufren grandes variaciones de tamaño por esta causa (Fig. 7).

Las variaciones dimensionales de origen térmico dependen de la longitud inicial del elemento, de la temperatura aplicada y de un coeficiente característico de cada material: (Coeficiente de dilatación térmica). En las edificaciones actúan generalmente sobre los cerramientos de fachada que están sometidos directamente a la acción del soleamiento. Dependerán por tanto de la orientación, siendo los que más variaciones sufren los orientados al poniente y al mediodía. Los efectos suelen ser movimientos horizontales, por quedar los verticales coartados por el propio peso del elemento. Por tanto, dan lugar a grietas verticales que se distribuirán en función de la homogeneidad del elemento.

#### **DESPRENDIMIENTOS**

Los desprendimientos son la separación incontrolada de un material de acabado, del soporte sobre el que está aplicado. Esta separación puede manifestarse desde, por la aparición de fisuras, hasta por la pérdida total o parcial de la capa de terminación. Esta separación se puede producir por varias causas y dependerá del material de acabado y del sistema de adherencia. Sólo consideraremos los acabados continuos.

En una junta superficial continua entre dos capas de materiales diferentes el desprendimiento se produce al perderse la adherencia que puede ser de tipo

Fig. 6. Tabla de coeficientes de dilatación térmica de algunos materiales según ALVAREZ de BUERGO et al. (1994: 108).

TABLA VI.  
Coeficiente de dilatación térmica de los materiales de construcción ( $\times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$ )

MATERIAL DE CONSTRUCCION	COEFICIENTE DE DILATACION
Hormigón	10
Hormigón con gravas	9-12
Hormigón con arcillas expansivas	7-9
Mortero de cemento	10-11
Mortero de cal	8-10
Caliza	7
Ladrillo	5
Granito	8
Vidrio (10% alcalinos)	4.8
Hierro	11.5
Acero	10-14
Cobre	16.8
Aluminio	23.8
Plomo	29.4
Pino, longitudinalmente	5.4
Pino, transversalmente	34.1
Roble, longitudinalmente	3.4
Roble, transversalmente	28.4
Abeto, transversalmente	58.4
Madera laminada	10-40
Resinas de poliéster	100-150
Vidrio poliéster laminado	35-45
Resinas epoxi	60
Resinas epoxi con fibras de sílice	20
Resinas acrílicas	70-80
PVC	70-80
Nylon 66	70-100

mecánico o químico. La primera es la más corriente en los sistemas constructivos tradicionales y se basa en la interpenetración de los dos materiales a través de la porosidad y rugosidad de estos. Esto ocurre por la formación de "tacos" a causa de la penetración de la pasta aglomerante en el soporte dando lugar a una adherencia mecánica que se perderá cuando actúen esfuerzos que generen tracciones o cortaduras. La adhesión química se basa en la unión intermolecular entre las capas y sólo se perderá por defectos en los productos, en la ejecución o por reacción química con otros elementos.

### REPARACIÓN DE LAS CAUSAS

Para la eliminación de las causas primeras se procederá al refuerzo de la estructura. En el caso de fallos de cimentación se utilizan procedimientos como los recalces, micropilotaje, etc. a fin de estabilizar la estructura portante.

Hay que considerar que el grado de movimiento (flecha o pandeo máximo), no depende de valores absolutos, sino de valores relativos en función de los materiales, el sistema constructivo, etc., que oscilan entre 1/300 a 1/500 de la luz.

En el caso de dilataciones-contracciones se procederá a la creación de juntas de dilatación, de manera que podamos controlar las mismas. Otro pro-

Fig. 6





realiza funciones estructurales, garantizando su monolitismo..

*- En el tapial:*

Al tratarse de un elemento continuo en toda su masa se

procederá por picado y relleno, como en el caso anterior, y utilizando también, elementos de atado como por ejemplo maderos forrados de esparto o de malla de alambre, etc.

**EN ACABADOS CONTINUOS**

Cuando la fisura proviene del soporte, habrá de repararse previamente este, como ya

hemos visto. Si proceden del acabado, es decir de la capa pictórica, el tratamiento debe supeditarse al tratamiento de esta, por lo que escapa al objeto de éste artículo.

**BIBLIOGRAFÍA**

- ALVÁREZ DE BUERGO, M y GONZÁLEZ LIMÓN, T. (1994) : *Restauración de edificios monumentales*. Ed. CEDEX. M.O.P.T.M.A. Madrid.
- ARREDONDO, F. (1990) : *Generalidades sobre materiales de construcción*. Ed. E.T.S. de Ingenieros de Caminos. Madrid.
- ARREDONDO, F. (1991) : *Yesos y cales*. Ed. E.T.S. de Ingenieros de Caminos. Madrid.
- ARREDONDO, F. (1991) : *Cerámica y vidrio*. Ed. E.T.S. de Ingenieros de Caminos. Madrid.
- BARAHONA RODRIGUEZ, C. (1992) : *Revestimientos continuos en la arquitectura tradicional española*. Ed. MOPT. Madrid.
- BAGTIONI, A. y GUARNEIRO, G. (1988) : *La rehabilitación de edificios urbanos*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona.
- CAMUÑAS Y PAREDES, A. (1974) : *Materiales de construcción*. 8ª edición. Guadiana de publicaciones. Madrid.
- EICHLER, Friedrich. (1970) : *Patología de la construcción*. Ed. Blume. Madrid.
- JOISEL, A. (1975) : *Fisuras y grietas en morteros y hormigones*. Ed. Técnicos Asociados. Madrid.
- LADE Y WINKLER. (1962) : *Yesería y estuco*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona.
- LÓPEZ COLLADO, G. (1976) : *Ruinas en construcciones antiguas*. Ed. MOPU. Madrid.
- MONJÓ CARRIÓ, J. (1994) : *Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos*. Ed. Munillalera. Madrid.
- MONJÓ CARRIÓ, J. (1995) : "Cerramientos de fábrica. Grietas y fisuras". En *Curso de Patología*. Tomo III: (15-79). Ed. C.O.A.M. Madrid.
- ORUS ASSO, F. (1958) : *Materiales de construcción*. Ed. Dossat. Barcelona.
- TAYLOR F. W., H. (1978). *La química de los cementos*. Enciclopedia de la química industrial. Tomos I y II. Urmo SA de Ediciones. Bilbao.
- TRILL, J. y BOWYER T., J. (1981) : *El caso de la esquina rota y otros problemas constructivos*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona.
- VILLANUEVA DOMÍNGUEZ, L. (1991): "Compatibilidad de materiales en la construcción". En *Curso de Patología*. Tomo I: (117-130). Ed. C.O.A.M. Madrid.
- VILLANUEVA DOMÍNGUEZ, L. (1995): "Patología de los revestimientos continuos conglomerados". En *Curso de Patología*. Tomo III: (145-187). Ed. C.O.A.M. Madrid.
- VV.AA. (1987) : *Curso de rehabilitación (10 tomos)*. Ed. C.O.A.M. Madrid.

**NOTAS**

- 1.- El presente artículo es un resumen de la conferencia leída el 6 de agosto de 1996, que formó parte de un curso de restauración de pintura mural organizado por la Asociación de Conservadores y Restauradores de Galicia en Pontevedra.
- 2.- En muchísimos casos van íntimamente unidos la arquitectura y la representación bidimensional pictórica. Imagínese la lectura de cualquier trampantojo separado del espacio para el que fue concebido, o el caso más sutil de obras que, siendo concebidas para una distancia o posición de percepción, son desplazadas de su ubicación original (Los trabajos de Hércules de Zurbarán, o la serie para el Four Seasons del Seagram de Mark Rothko, por citar dos ejemplos).
- 3.- Según generen directamente una lesión, tal como esfuerzos mecánicos, agentes atmosféricos, etc., o necesiten de otras causas directas para su actuación, como son defectos en la elección de los materiales, en su fabricación, en su aplicación, etc.
- 4.- Me refiero fundamentalmente, a la oxidación-corrosión de elementos metálicos, poco usados en la arquitectura tradicional salvo como elementos puntuales (clavos, llaves, etc.). Un caso distinto se produce hoy en día con la proliferación de piezas metálicas, principalmente como armaduras. Por ello, se debe recomendar en restauración de edificios históricos, el uso de armaduras o anclajes, preferiblemente, no metálicos (fibra de vidrio, fibra de carbono, etc.) o inoxidable. La oxidación y posterior corrosión de metales supone, no sólo la pérdida de materia y, por tanto, de su función mecánica, sino aumentos considerables de volumen que derivan en reventamientos de los elementos que los contienen.
- 5.- Todos los cuerpos se deforman más o menos, excepto los frágiles, por lo que interesa evaluar conceptos cómo deformación admisible para cada elemento que, junto con la capacidad de deformación (medida por el módulo de Young), nos dará la idoneidad de materiales, soluciones constructivas, cargas, etc.
- 6.- En arquitectura, debido a su función utilitaria inexistente en otras manifestaciones artísticas, es corriente la aplicación de soluciones más cercanas a la anastilosis.
- 7.- Hoy en día a causa de la irrupción de innumerables materiales sintéticos de tipo polimérico, empieza a ser importante el estudio del comportamiento mecánico de estos : tenacidad, fluencia lenta o creep, etc.
- 8.- De Hooke, Robert (1635-1703) científico inglés que enunció la famosa ley :La deformación de un cuerpo elástico es directamente proporcional a la tensión y, su valor absoluto no dependerá del sentido de esta.
- 9.- Siempre que las fuerzas actúen paralelas a la fibra.
- 10.- Hoy en día habría que considerar la conveniencia de uso de los soportes inertes. Ver a propósito la magnífica tesis doctoral: RODRÍGUEZ SANCHO, Isabel (1994): "Nuevos soportes rígidos con fines artísticos". 2 tomos. Tesis doctoral. Facultad de Bellas Artes. U.C.M. Madrid.