

MANUAL DE PATOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN



FERNANDO LOPEZ RODRÍGUEZ
VENTURA RODRIGUEZ RODRIGUEZ
JAIME SANTA CRUZ ASTORQUI
ILDEFONSO TORREÑO GOMEZ
PASCUAL UBEDA DE MINGO

COORDINACIÓN: VENTURA RODRIGUEZ

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN (E.U.A.T.M)
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

TOMO 3

LESIONES DEBIDAS A LAS HUMEDADES.
PATOLOGÍA DE CUBIERTAS Y FACHADAS

A MODO DE PRESENTACIÓN

Esta publicación es el resultado de la continuada relación entre la empresa aseguradora FREMAP, la constructora O.H.L. S.A y el Departamento de Tecnología de la Edificación de la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de la Universidad Politécnica de Madrid y supone una sustancial mejora, en cuanto a la ampliación de sus contenidos, sobre la edición que el pasado año se efectuó sobre el mismo tema.

La intención de este manual es servir de base documental para la impartición de cursos sobre sus contenidos dirigidos preferentemente a profesionales, técnicos de la construcción, de diferentes titulaciones universitarias que tengan relación con la jefatura de obras de edificación.

Tras la experiencia acumulada el pasado año, en cuanto a la densidad de los contenidos de los cursos que se impartieron, y el interés suscitado entre los alumnos que los siguieron por ampliar algunos de los temas tratados, en la presente edición se ha optado por dividir el contenido general del anterior manual en tres tomos de los que se derivarán otros tantos cursos más monográficos de contenidos.

Siguiendo las directrices de las entidades que han encargado este trabajo, el equipo redactor, entre las diversas posibilidades de tratar una materia tan compleja y amplia de contenidos como esta, a optado por dar una visión práctica de los temas que se tratan para facilitar la aplicación de los conocimientos impartidos al trabajo profesional cotidiano de los potenciales alumnos a los que nos dirigiremos.

Por otra parte los contenidos expuestos en los tres manuales en los que se divide la obra, se verán reforzados por los cursos presenciales, en los que cada una de las materias podrán verse matizadas, puntualizadas y contrastadas con las experiencias directas de los alumnos a pie de obra.

Todo ello tiene como objetivo alertar sobre aquellas prácticas constructivas o las carencias de los proyectos susceptibles de provocar lesiones en los edificios que puedan derivarse en riesgos para los mismos y especialmente para los usuarios y para los que se efectúa una valoración razonada en cada uno de los capítulos.

En este sentido y para cada uno de los temas que se estudian, se pone especial acento en las terapéuticas preventivas a aplicar en el desarrollo de los trabajos, así

como posteriormente en las soluciones para efectuar la reparación de cada patología detectada, tanto en obras de nueva planta como en las de intervenciones sobre edificios ya construidos.

Permítaseme por último una mención a los profesores redactores de la obra, todos ellos con una amplia experiencia en cada uno de los temas tratados, tanto en sus aspectos profesionales como en los docentes y que he tenido la satisfacción de coordinar para la consecución de este trabajo que ahora ponemos en sus manos, con nuestros mejores deseos de contribuir, aunque sea en una pequeña medida a mejorar los parámetros de confort y seguridad que deben tener nuestros edificios.

Ventura Rodríguez

Madrid, Agosto de 2004

CONTENIDOS TEMÁTICOS DE LA OBRA:

- TOMO 1** EL LENGUAJE DE LAS GRIETAS
PATOLOGÍA Y RECALCES DE LAS CIMENTACIONES
- TOMO 2** PATOLOGÍA DE LAS ESTRUCTURAS: HORMIGÓN Y MADERA
- TOMO 3** LESIONES EN LOS EDIFICIOS DEBIDAS A LAS HUMEDADES.
PATOLOGÍA DE LAS CUBIERTAS Y FACHADAS

EQUIPO REDACTOR

- **LOPEZ RODRIGUEZ, Fernando**
Aparejador, Arquitecto Técnico, Sociólogo
Profesor Titular en la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica (U.P.M)
en el Proyecto Fin de Carrera
- **RODRIGUEZ RODRIGUEZ, Ventura**
Aparejador, Arquitecto Técnico, Técnico Superior en Prevención de Riesgos
Profesor Titular en la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica (U.P.M)
en el Proyecto Fin de Carrera.
- **SANTA CRUZ ASTORQUI, Jaime**
Arquitecto
Profesor Titular en la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica (U.P.M)
en el Proyecto Fin de Carrera.
- **TORREÑO GOMEZ, Ildefonso**
Arquitecto, Aparejador, Arquitecto Técnico, Ingeniero Técnico Topografo
Profesor Titular en la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica (U.P.M)
en el Proyecto Fin de Carrera.
- **UBEDA de MINGO, Pascual**
Aparejador, Arquitecto Técnico, Doctor en Antropología
Catedrático de Mantenimiento y Rehabilitación en la Escuela Universitaria de
Arquitectura Técnica (U.P.M)

MAQUETACIÓN: Jaime SANTA CRUZ

COORDINACIÓN: Ventura RODRIGUEZ

TOMO 3

INDICE GENERAL DE CAPÍTULOS

CAP I: PATOLOGÍA DE LAS CUBIERTAS Y SUS REPARACIONES

Ventura Rodríguez Rodríguez

pág. 6

1. PATOLOGÍA DE LAS CUBIERTAS
2. SISTEMAS GENERALES DE REPARACIÓN DE CUBIERTAS

CAP II: PATOLOGÍA DE LAS FACHADAS Y SUS REVESTIMIENTOS

Fernando López Rodríguez

pág. 46

1. PATOLOGÍA DEL LADRILLO
2. PATOLOGÍA DE LOS REVOCOS
3. PATOLOGÍA DE LA PIEDRA. CAUSAS QUE PRODUCEN SU ALTERACIÓN
4. CHAPADOS DE PIEDRA

CAP III: LESIONES DE LOS EDIFICIOS DEBIDAS A LAS HUMEDADES

Ventura Rodríguez Rodríguez

pág. 106

1. LA PRESENCIA DE AGUA EN LOS EDIFICIOS
2. PATOLOGIAS POR LAS AGUAS PROVINENTES DEL TERRENO
3. PATOLOGIAS POR HUMEDADES EN FACHADAS Y CERRAMIENTOS
4. HUMEDADES DE CONDENSACIÓN
5. PATOLOGÍA DE LAS AGUAS FUGADAS ACCIDENTALMENTE

TOMO 3

CAPITULO I



PATOLOGÍA DE LAS CUBIERTAS Y SUS REPARACIONES

CAPITULO I**PATOLOGÍA DE LAS CUBIERTAS Y SUS REPARACIONES**

Ventura Rodríguez Rodríguez

Indice:

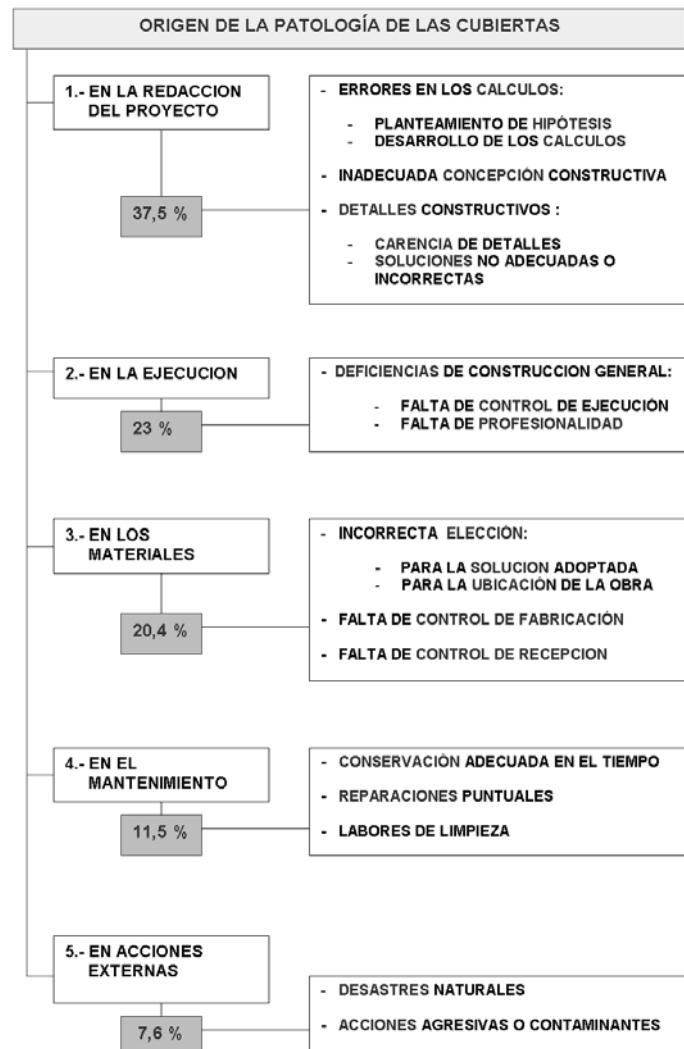
1. PATOLOGÍA DE LAS CUBIERTAS.....	8
1.1 Causas generales de las patologías en las cubiertas.	
1.1.1 Factores ajenos a las cubiertas.	
1.1.2 Factores inferidos de la cubierta al edificio.	
1.1.3 Factores de la propia cubierta.	
1.2 Patología de los elementos estructurales.	
1.2.1 Etiología de las lesiones en los elementos estructurales.	
1.2.2 Patología en las estructuras de madera.	
1.2.3 Patología de las estructuras metálicas.	
1.2.4 Patología en las estructuras de hormigón.	
1.2.5 Terapéutica preventiva en ejecución de forjados.	
1.2.6 Niveles de riesgo	
1.3 Patología de los elementos de sustentación.	
1.3.1 Etiología en cubiertas inclinadas.	
1.3.2 Etiología en las cubiertas planas.	
1.4 Patología de los elementos aislantes.	
1.5 Patología de los elementos de cobertura.	
1.5.1 Etiología en las cubiertas planas.	
1.5.2 Etiología en las cubiertas inclinadas.	
1.6 Patología de los elementos de evacuación.	
1.6.1 Etiología en las cubiertas planas.	
1.6.2 Etiología en las cubiertas inclinadas.	
2. SISTEMAS GENERALES DE REPARACION DE CUBIERTAS.....	37
2.1 Reparación de elementos estructurales.	
2.1.1 Reparaciones sobre elementos e madera.	
2.1.2 Reparaciones sobre elementos de hormigón.	
2.1.3 Reparaciones sobre elementos metálicos.	
2.2 Reparaciones de elementos de soporte.	
2.2.1 Cubiertas planas	
2.2.2 Cubiertas inclinadas.	
2.3 Reparación de elementos de cobertura.	
2.3.1 Cubiertas planas.	
2.3.2 Cubiertas inclinadas.	

1. PATOLOGÍA DE LAS CUBIERTAS

1.1 CAUSAS GENERALES DE LAS PATOLOGIAS EN LAS CUBIERTAS

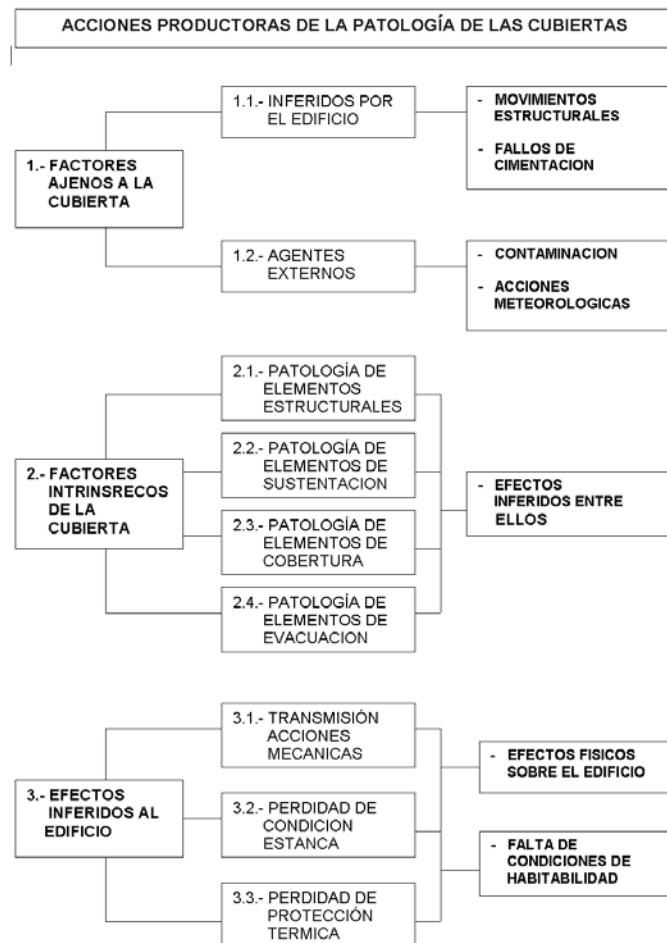
Independientemente de la etiología derivada en cada elemento concreto de la cubierta, existen unos orígenes genéricos de las patologías, no solamente en las cubiertas sino en los edificios en general, cuyas principales causas, como puede comprobarse en los porcentajes del esquema 1 no responden precisamente siempre a una determinada vejez en la cubierta, sino, en su mayor parte a causas anteriores como son el proyecto y su construcción.

ESQUEMA N° 1 : ACCIONES PRODUCTORAS DE LAS PATOLOGIAS EN LAS CUBIERTAS



Naturalmente que cada una de las anteriores causas genéricas da origen a un sin fin de problemas patológicos en todos o alguno de los elementos constitutivos de la cubierta, y de diferente entidad en virtud del elemento, o del tipo de cubierta de que se trata.

Por ser muy complejo el estudio pormenorizado de cada uno de los posibles problemas dado que el número de combinaciones entre los factores que influyen es muy grande, se intentará indicar una metodología que nos permita detectar todos los posibles orígenes de los daños y su manifestación más frecuente y los sistemas de reparación. Cabe una primera división de la fuente de los problemas (Esquema 2):



Esquema n° 2

1.1.1 Factores ajenos a las cubiertas.

Son los que tienen su origen en acciones o defectos generados por el resto del edificio o por factores externos a los propios elementos de la cubierta, como pueden ser:

- Movimientos estructurales.** Debidos a la estructura general del edificio donde se asienta la de la cubierta por alguno de estos factores: Deformabilidad de la estructura por efectos mecánicos, dinámicos, térmicos o reológicos, bien por cedimientos, dilataciones o desplazamientos que pueden generar empujes, hundimientos o desplazamientos en los elementos estructurales de la cubierta.
- Movimientos de la cimentación.** Bien inducidos por el comportamiento del terreno o por defectos de la propia cimentación, como pueden ser asientos diferenciales, socavaciones de zonas de la misma, hundimientos parciales, etc.
- Influencia de factores externos.** Todos aquellos que afectan a las cubiertas por acciones producidas desde el exterior bien sobre el edificio o bien directamente sobre la cubierta tales como :
 - Desastres naturales, terremotos, ciclones, inundaciones, etc.
 - Siniestros como incendios, explosiones, etc.

- Falta de seguridad en obras contiguas con proyección de elementos, vibraciones, empujes, etc.
- Aparición de elementos contaminantes.

1.1.2 Factores inferidos de la cubierta al edificio.

Los problemas que puedan generarse en una cubierta siempre acaban repercutiendo en una u otra manera en el resto del edificio fundamentalmente con las siguientes consecuencias sobre el mismo (figura 1):

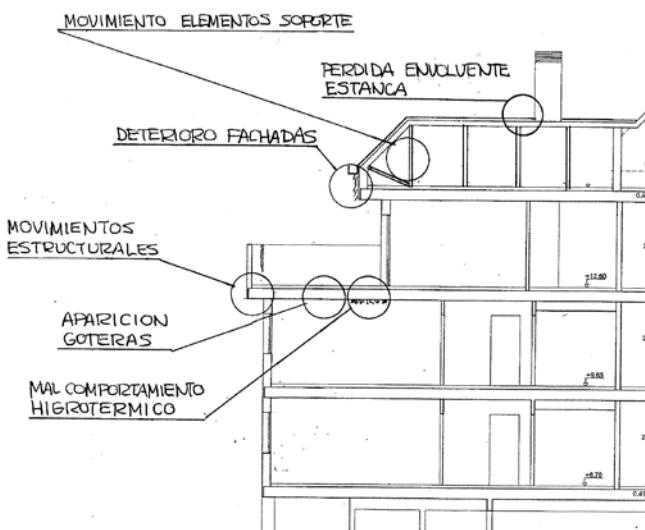


Figura n° 1

- **Movimientos o fallos en los elementos de soporte.** El mal funcionamiento de la estructura de la cubierta puede dañar a partes del resto del edificio.
- **Movimientos no controlados de la estructura** que producen desplazamientos de los apoyos originando giros o rotaciones en los muros sustentantes, por fallo mecánico del elemento o por dilataciones térmicas no bien resueltas.
- **Pérdida de la función de envolvente estanca.** Cuando la cubierta, por problemas propios pierde esta fundamental función, se transmiten humedades al resto del edificio en contacto con la misma y en ocasiones a substratos inferiores pudiendo causar las siguientes lesiones en el mismo.
- **Deterioro de las fachadas** por transmisión de humedades al fallar o no funcionar adecuadamente los sistemas de evacuación de agua.
- **Aparición de humedades** o goteras en el interior del edificio.
- **Pérdida de la función aislante.** Si el sistema diseñado, los defectos de cálculo o la no colocación del material aislante hace que esta función de la cubierta no funcione correctamente, también se derivan perjuicios para el resto del edificio.
- **Mal comportamiento higrotérmico** de la planta superior con repercusiones sobre las condiciones térmicas del edificio o la aparición de condensaciones.

1.1.3 Factores de la propia cubierta.

Todos los efectos anteriores que las cubiertas pueden generar sobre el edificio, que deberían proteger, tienen su origen en el mal funcionamiento de algunos de sus elementos, cuyas causas y efectos para cada uno de ellos se analizan a continuación. Emplearemos como metodología estudiar primero el origen donde se genera la patología en cada uno de los elementos a través de los efectos producidos y después analizar desde el punto de vista del diagnóstico las causas que los han producido. Para entender la terminología de elementos que se utiliza, en la figura 2 se representan para diversos tipos de cubiertas la denominación de cada elemento constitutivo de las mismas, efectuando el estudio de las patologías desde el interior del edificio hacia el exterior.

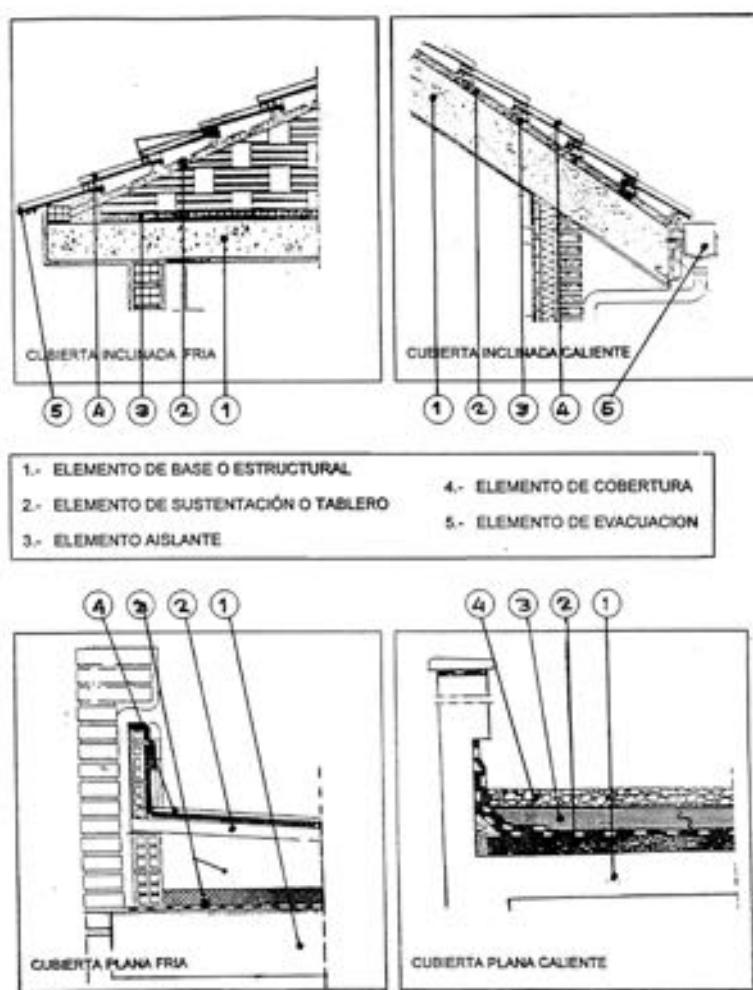
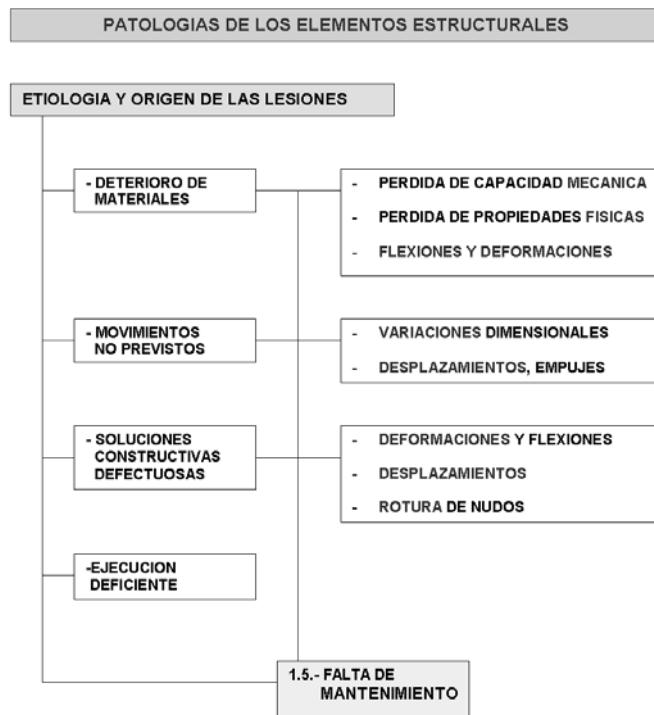


Figura nº 2

1.2 PATOLOGÍAS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

El comportamiento de la estructura de nuestras cubiertas va a tener una repercusión muy directa en el caso de cubiertas "calientes" sobre el propio material de cubierta y por lo tanto en la estanqueidad de la misma, dado que va a incidir en el comportamiento mecánico y dimensional de la cubierta. En el caso de las "frías" esa repercusión será inferida desde el material base a través de los distintos tipos de soportes (Esquema 3).



Esquema 3

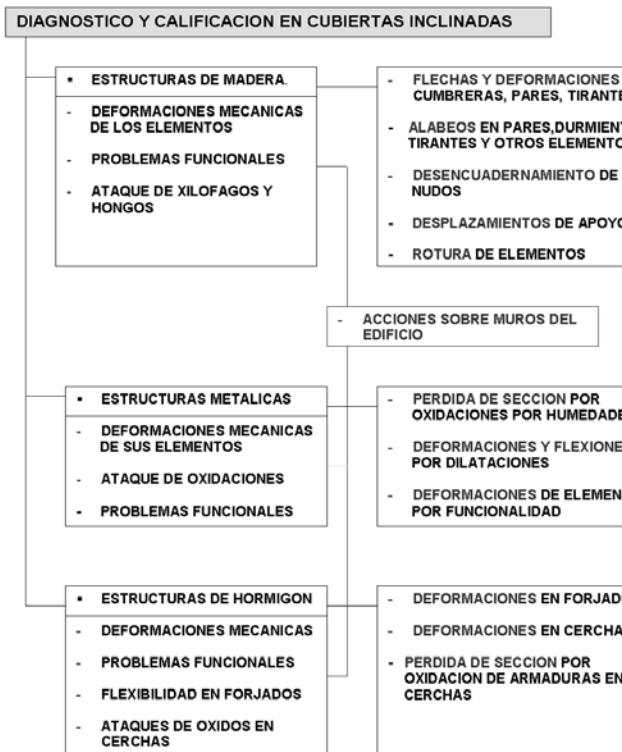
1.2.1 Etiología de las lesiones en los elementos estructurales.

- **Deterioro o ruina del material** en parte o en todo, en virtud de su diseño, con pérdida de sus propiedades físico-mecánicas. En función de su composición podrán surgir distinto tipo y gravedad de lesiones que más adelante se estudian detalladamente, para cada tipo de material. Estos deterioros van a producir flechas, alabeos, grietas, fisuras y en general deformaciones en estos elementos.
- **Movimientos estructurales no previstos** por acciones térmicas, reológicas, etc o defecto en el diseño de juntas de dilatación que no permitan la absorción de dichos movimientos, van a producir variaciones dimensionales con posibles repercusiones sobre el resto del edificio (aparición de grietas horizontales en petos, muros, etc.).
- **Soluciones constructivas inadecuadas** bien por defectos de cálculo, de diseño de materiales o de soluciones de posibles nudos, encuentros, apoyos, etc. Va a producir posibles roturas en esos puntos o desplazamientos, con repercusiones sobre los muros de apoyo.
- **Ejecución defectuosa** con múltiples y variadas repercusiones en virtud del defecto cometido. Soldaduras mal efectuadas, hormigones mal curados, flechas por descimbrados no correctos y en general un control de ejecución no correctamente efectuado.

Para un estudio más detallado de las patologías que podemos encontrarnos en estos elementos es preciso analizar por separado la etiología o fuente de las lesiones en cada uno de los tres materiales clásicos que nos vamos a encontrar en las estructuras. (Esquema 4)

1.2.2 Patología en estructuras de madera.

La madera es uno de los materiales tradicionales empleados en la formación de cubiertas como elemento estructural desde los inicios de la construcción y que sigue utilizándose por lo que la encontramos no solamente en construcciones antiguas sino en edificios de nueva planta. La más empleada sobre todo en la zona centro es el pino de Valsaín y silvestre por su ligereza, posibilidad de escuadría en piezas largas, resistente al ataque de xilófagos así como a los cambios higrotérmicos.



Esquema 4

El origen de las lesiones hay que buscarlo en tres familias de causas:

- ✓ Las deformaciones mecánicas de sus componentes.
- ✓ Problemas funcionales debido a las humedades.
- ✓ Ataque de hongos o xilófagos al material.

Cualquiera de las causas anteriores o la interrelación entre ellas que suele ser lo más frecuente van a producir en las estructuras algunos o varios de los siguientes defectos:

- **DEFORMACIONES O ROTURA DE ELEMENTOS PORTANTES**, producidas por asientos en sus apoyos, solicitudes de carga por encima de sus posibilidades o por tensiones producidas por empujes directos o desequilibrios de las cargas, que pueden producir los siguientes problemas en cada uno de los elementos más comunes : (Figura 3)

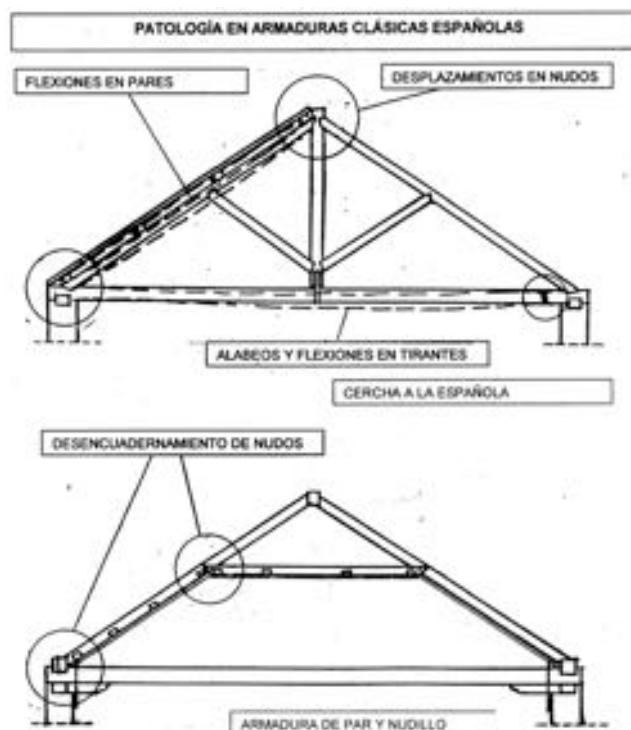


Figura nº 3

- **Las roturas en pares o cumbreñas**, pueden ser por sobrecargas, o más probablemente por hongos debidos a la humedad o por ataque de xilófagos. Una rotura de un par o una correa no siempre presupone un riesgo inminente de accidente, pero sí deberemos efectuar un reconocimiento completo de la cubierta por ver en cuantos elementos el problema se repite. La sección de rotura será un buen indicativo de la causa, una fractura transversal más o menos perpendicular al eje del par será por efecto de pudriciones por humedades o por agotamiento de esa sección, mientras que fracturas o grietas paralelas a la directriz será por flexiones debidas a la vejez o sobrecargas. Evidentemente las primeras pueden suponer la ruina inminente del elemento afectado (figura 4)



Figura nº 4

- **Las roturas en los elementos secundarios**, tendrán también las mismas causas que el mal funcionamiento de los elementos principales que las deriven daños a ellos. Las humedades pueden producir oxidaciones o corrosión en los elementos metálicos tirantillas o estribos, que pueden producir la ruina del cuchillo.
- **Rotura de correas.** Pueden romperse por quiebra o movimiento de los elementos que las sustentan, pares, o fuerte flexión de los mismos, pero sobre todo por estar más cercanas al material de cubrición, la rotura fundamentalmente se da por pudrición debido a humedades. A veces la causa son sobrecargas por efectuar reparaciones en el material sustentante. La reparación por sustitución suele ser sencilla y afectando poco al elemento base principal, y solo al soporte o elemento de cubrición.
- **Las deformaciones y flechas en cumbreiras, pares y tirantes** pueden tener su origen principalmente en una sección insuficiente de la pieza, pero también pueden haber otras como: un exceso permanente de temperatura por calentamiento superior en una vertiente más que en otra del elemento, una colocación de la madera sin el preciso punto de secado, o simplemente una deformación remanente por el peso propio o reparaciones con sobrecargas no previstas y la fatiga propia de la madera, por el paso del tiempo, que suele ser la causa más habitual.

Raros son los pares de madera que después de 40 ó 50 años no presenten algún tipo de flecha, y algo parecido ocurre con las cumbreiras de los picaderos. El peligro que ocasionan estas deformaciones es la penetración de agua por variaciones en el material de cobertura lo que propicia las humedades y pudriciones.

- **Alabeos en durmientes, pares y cumbreira**, son fundamentalmente debidos al estado de la madera, bien en el momento de su colocación o por los distintos grados higrotérmicos en el transcurso del tiempo. Suelen originar desencuadernamiento de los nudos o embarbillados, con desplazamiento de los mismos.
- **El desencuadernamiento o desplazamiento de los nudos**, puede ser uno de los problemas más graves de las estructuras de madera y que por lo tanto requiere un estudio detallado de su etiología antes de dar un diagnóstico equivocado, sobre todo, si el problema se debe a una causa muy localizada, o por el contrario el problema es general o secuencial en varios elementos del mismo tipo. Las causas pueden ser:
 - ✓ En las cubiertas a la molinera deformaciones de los piñones de apoyo de pares, o alabeos y torsiones de los durmientes en contacto con el muro.
 - ✓ En cubiertas de par y picadero o hilera, descompensación de las cargas a cada lado de la cumbreira, deformaciones o alabeos en los pares o en los durmientes del picadero o daños en los elementos sustentantes de la hilera.
 - ✓ En cuchillos o cerchas, también por asimetría de las cargas o por defectuosa ejecución de los ensamblajes con la consiguiente debilidad de los mismos.

□ **LA HUMEDAD EXCESIVA** y permanente por un punto determinado de la cubierta, junto con la presencia bajo la misma en ocasiones de algo de materia orgánica facilita la aparición de hongos como la "merula" que no necesita excesiva humedad para desarrollarse. Esta presencia de hongos facilita la aparición de insectos, sobre todo en las maderas más resinosas como el pino y también en el roble (figura 5).

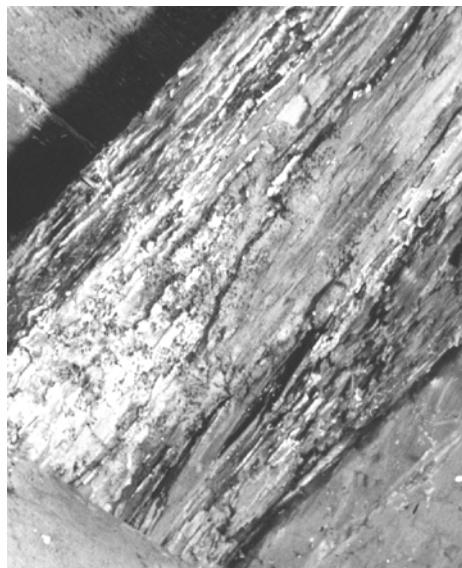


Figura n° 5



Figura n° 6

□ **LOS XILÓFAGOS** son el otro gran enemigo causante de las patologías anteriores. Debe estudiarse detenidamente la zona afectada para poder emitir un juicio adecuado del tipo de insecto de que se trate ya que sus acciones y resultados son muy diferentes. Los tipos más habituales que se encuentran en las cubiertas son:

- ✓ "Isópteros" que llegan a la cubierta a través de otras piezas ya atacadas del edificio, normalmente a través de la estructura de madera.
- ✓ "Termes" o "termitas" que van buscando su comida a través de canales separados por finas láminas por el interior de la madera y ocultos desde el exterior hay que detectarlos a través de la presencia de algún termitero en el suelo.
- ✓ "Anóbidos" de color marrón oscuro de 3 a 5 mm. de longitud hacen galerías circulares las larvas en la dirección de las fibras que van aumentando según crecen de tamaño y dejan un aserrín granuloso y es al acabar de tres años cuando se acercan al exterior de la madera, causando graves daños con orificios de salida de 1,5 mm.
- ✓ "Cerambícidos". Son los más grandes, de 10 a 20 mm., de color negro, atacan preferentemente el pino. Las larvas pasan entre 3 y 11 años en la madera y cuando salen producen orificios de sección elíptica de entre 7 y 10 mm. de ancho.

1.2.3 Patologías de las estructuras metálicas de las cubiertas.

Son en orden cuantitativo el segundo material que podemos encontrar en construcciones antiguas, en forma de cerchas, aunque sin duda en una proporción muy inferior a la madera, y principalmente en edificios de tipo industrial. También a partir de los años 20 de este siglo encontramos cerchas metálicas en edificios de viviendas de una forma más generalizada aunque con anterioridad desde comienzos del siglo e incluso antes se ha venido utilizando el hierro al principio fundido y con posterioridad en forma de acero de altos hornos a partir de 1906. Las patologías más frecuentes en las cerchas metálicas son:

- **ROTURAS DE LOS NUDOS O FLECHAS EXCESIVAS** debida a esfuerzos mecánicos no previstos por defecto de hipótesis de cálculo. No es fácil esta patología, hasta llegar a la ruptura del elemento por su sección salvo oxidación importante con pérdida de la misma. Caso contrario puede producirse únicamente una flexión o pandeo excesivo de un elemento por vejez del mismo o por sobrecarga que pueda hacer romper alguno de los nudos de encuentro de las piezas.
- **APARICIÓN DE OXIDACIONES** por humedades con pérdida de parte del material y disminución de las secciones (figura 6).
- **DEFORMACIÓN DE LAS PIEZAS** por dilataciones térmicas mal concebidas o diseñadas. Esta sin embargo, puede ser una causa de patología más habitual, dado que no prever las holguras precisas entre las piezas en el diseño del cálculo, sí puede producir problemas de diversa consideración y difícil solución.

La dilatación del acero por temperatura y su posterior retracción pueden producir empujes en las cerchas que hagan pandear y flechar alguno de sus elementos. Es el caso típico de las correas de gran longitud, soldadas a sus pares, formando una viga continua y sin las separaciones precisas para su dilatación que nos hará que flechen ocasionando el movimiento del material de soporte o de cubrición.

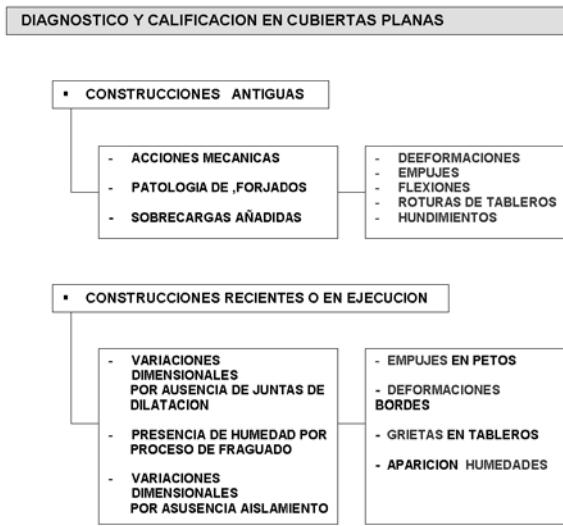
1.2.4 Patologías de las estructuras de hormigón de cubiertas.

En este tipo de material hay que hacer dos grandes apartados en cuanto a las tipologías constructivas:

- **Cerchas de hormigón**, principalmente en algunas construcciones industriales o grandes locales de reunión, públicos, etc., generalmente de los años 30 a 50 de este siglo. La principal patología reside en la pérdida de sección del material de la fragmentación del hormigón que recubre a las armaduras que se expanden por oxidación debida a la humedad.
- **Forjados de hormigón en construcción más recientes como soporte plano o inclinado.** En el caso de forjados inclinados las patologías pueden ser las de cualquier elemento de hormigón armado, que a continuación vemos para las cubiertas planas.

DIAGNÓSTICO Y CALIFICACIÓN DE LA PATOLOGÍA EN LOS FORJADOS DE LAS CUBIERTAS PLANAS.

El cuadro de la etiología de los problemas es común a las cubiertas inclinadas o tejados, pero en este caso reduciendo drásticamente las múltiples causas de las lesiones que hemos visto debidas a los materiales de base de las estructuras. (Esquema 5)



Esquema 5

Normalmente nos encontraremos como base de una cubierta plana un forjado, en cuanto a elemento estructural, lo cual implica que serán sus acciones mecánicas, los defectos de su concepción o la deficiente construcción del mismo, la fuente de las posibles patologías de nuestra cubierta. Pasemos a estudiar los problemas más frecuentes.

Variaciones dimensionales que de ser importantes pueden producir fisuración en el material de soporte, que llega a repercutir en el material de acabado, a veces incluso afectando a la amplia elasticidad de una tela impermeable, y en definitiva produciendo la fisura suficiente para la penetración de humedades. Estos movimientos no controlados de la base estructural, tienen más inmediatas repercusiones en los elementos perimetrales de las cubiertas, como petos, cornisas, acroterios, etc. Las causas pueden ser (figura 7):

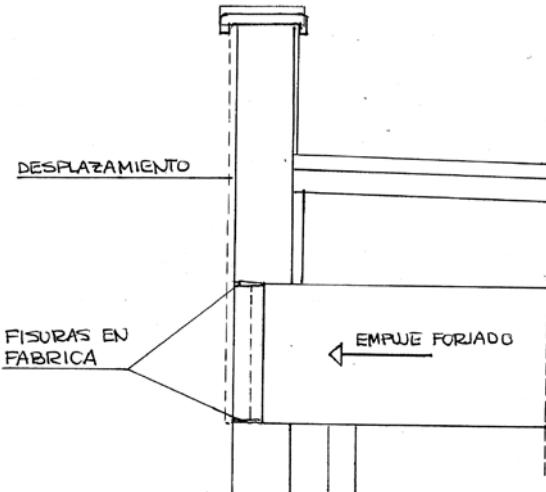


Figura nº 7: Variaciones dimensionales del forjado

- **Proceso de fraguado**, en el caso del hormigón, que produce contracciones del material, que normalmente no va a afectar al material de cobertura, que se instalará con posterioridad a este proceso. Pero sin embargo, la presencia de humedad en el forjado sí puede provocar movimientos de expansión y contracción, aún después del fraguado.
- **Ausencia de aislamiento**, por encima de esta base que hará que las variaciones térmicas influyan de una manera directa sobre ella.

- **Incorrecto diseño** de las juntas de dilatación del forjado de cubierta y en definitiva del propio edificio, y no solamente en cuanto a la cuantificación de los módulos de dilatación, sino en la correcta ejecución de las mismas.

Estas variaciones dimensionales son más fáciles de producirse en edificaciones de reciente construcción realizadas con forjados de hormigón, y viguetas del mismo material o metálicas, que en edificios con una antigüedad de más de cincuenta años, donde pueden ser forjados de madera, material menos afectado por las causas anteriormente expuestas.

□ **Deformaciones por acciones mecánicas.**

Al contrario de las acciones anteriores, este tipo de problemas pueden ser más factibles de aparecer en forjados antiguos que en los modernos. Por los daños que ocasionen, pueden llegar a ser mucho más graves que los anteriores, alcanzando a veces las posibles ruinas totales de la cubierta en casos extremos, y realmente poco frecuentes.



Figura nº 8

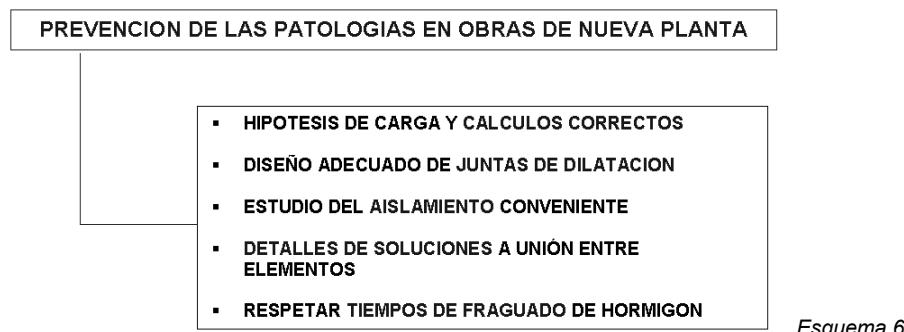
Más fácilmente producirán flexiones con la consiguiente deformación del elemento que naturalmente va a repercutir en el material de sustentación y en el propio de cobertura (figura 8). Estas deformaciones en forma de flechas excesivas, alabeos, abombados, etc., son más nocivas en cubiertas tradicionales, en las que los tablerajes serán a la catalana o a la andaluza, pueden sufrir fisuras o quiebras y alabeos con inmediata penetración de humedades al carecer de la elasticidad de un material impermeable. Las causas de este tipo de patologías pueden deberse a:

- **Defectos de cálculo.** En cuanto a las acciones de sobrecargas de viento, nieve, etc, o al propio cálculo estructural del forjado.
- **Patologías propias del elemento forjado** en cuanto a sus materiales constituyentes, es decir, problemática propia de la madera, el acero o el hormigón, y la correspondiente vejez de los mismos, cuyas causas son similares a las estudiadas hasta ahora.
- **Sobrecargas añadidas** con el tiempo no previstas en las hipótesis de cálculo iniciales, sobre todo debido a reformas o reparaciones efectuadas en la cubierta, que hayan podido añadir nuevas capas de material con el consiguiente aumento de carga.
- **Defectos de ejecución**, que naturalmente sólo se nos presentan actualmente en construcciones relativamente recientes, ya que este tipo de errores suelen

manifestar su problemática en épocas inmediatas a la terminación de la edificación.

1.2.5 Terapéutica preventiva de las patologías debidas a los forjados.

Como hemos visto gran parte de las patologías que después van a aparecer en las cubiertas planas debidas a problemas estructurales tienen su origen en una mala ejecución durante la obra por lo que bueno será tener en cuenta algunos parámetros que debemos respetar para evitarlas y que se desprenden de las fuentes de las lesiones: (Esquema 6)



- Diseño adecuado**, que permita en lo posible que los movimientos estructurales inherentes a los forjados, no afecten a la cubierta, mediante la correcta utilización de juntas de dilatación.
 - Hipótesis de cálculo correctas**, con la consideración de todas las sobrecargas y las previsiones de deformabilidad dentro de los límites permisibles.
 - Cálculo ajustado del aislamiento** de cubierta que impida que las inclemencias del tiempo incidan por encima de lo admisible en las deformabilidades del elemento estructural.
 - Diseño y ejecución adecuados** de los puntos de unión entre forjado de cubierta y cerramientos de la misma que garanticen los movimientos de ambos sin aparición de grietas o deformaciones.

1.2.6 Niveles de riesgo.

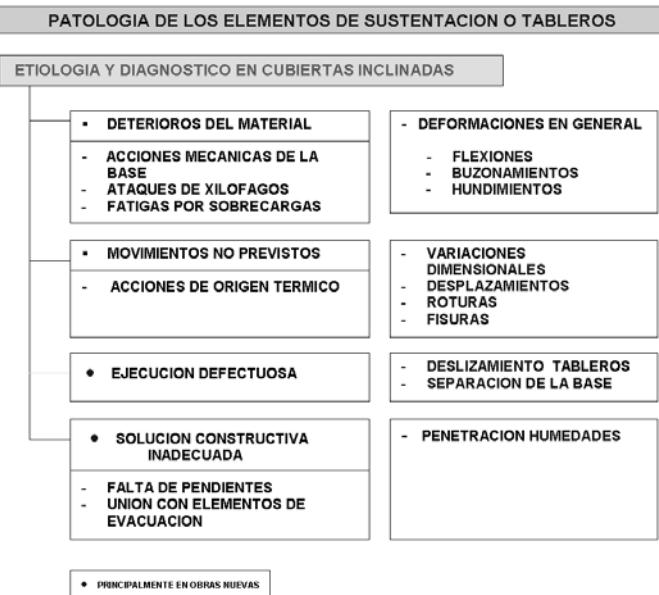
Al estar hablando de elementos estructurales de las cubiertas, son sin duda partes del edificio con compromiso en su estabilidad y por lo tanto cualquier patología que pueda afectarles puede tener un cierto nivel de riesgo sobre el mantenimiento de dicha estabilidad.

En cada uno de los apartados se han ido apuntando la sintomatología que podía afectar a ese nivel de riesgo y ante el que hay que establecer normas de precaución, y en la tabla que se inserta a continuación se hace un resumen de lo mismos.

FACTORES DE RIESGO EN LAS LESIONES DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LAS CUBIERTAS		
MATERIAL	TIPO DE PATOLOGIA	NIVEL DE RIESGO
MADERA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ DEFORMACION ELEMENTOS PORTANTES <ul style="list-style-type: none"> ○ Roturas en pares y cumbreñas ○ Roturas en correas ○ Flechas por fatiga ○ Alabeos y deformaciones ▪ HUMEDAD EXCESIVA ▪ PRESENCIA XILOFAGOS 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Puede suponer ruina inminente ○ Deformación de tableros con penetración de humedad ○ Desencuadernamiento de nudos que pueden suponer rotura elemento ○ Pudriciones y hongos en la madera ○ Pérdida de características de la madera
ACERO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ FLECHAS EXCESIVAS Y DEFORMACIONES ▪ OXIDACIONES 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Rotura de nudos con ruina del elemento ○ Perdida de sección y de capacidad portante
HORMIGON	<ul style="list-style-type: none"> ▪ OXIDACION DE ARMADURAS EN CERCHAS LIGERAS ▪ VARIACIONES DIMENSIONALES ▪ SOBRECARGAS AÑADIDAS 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Perdida de capacidad portante por disminución de sección. ○ Levantamiento de bordes de losas ○ Empujes en petos ○ Hundimiento del forjado

1.3 PATOLOGÍA DE LOS ELEMENTOS DE SUSTENTACIÓN

Por su propia definición y la situación que ocupa en la cubierta, el material de sustentación o tablero, va a recibir los defectos o patologías tanto de la estructura de la misma, como del material de cobertura y además servirá de elemento transmisor de cada patología entre ambos. En concreto transmitirá las deformaciones de origen mecánico de la base hacia el exterior y los de tipo higrotérmico de la cobertura hacia el interior.



Esquema 7

1.3.1. Etiología de las lesiones en cubiertas inclinadas.

Prácticamente las fuentes van a ser las mismas que para los elementos estructurales, pero con distintos resultados, que nos permitirán una calificación diferente de la patología y su correspondiente diagnóstico. (ver esquema 7 y figura 9).

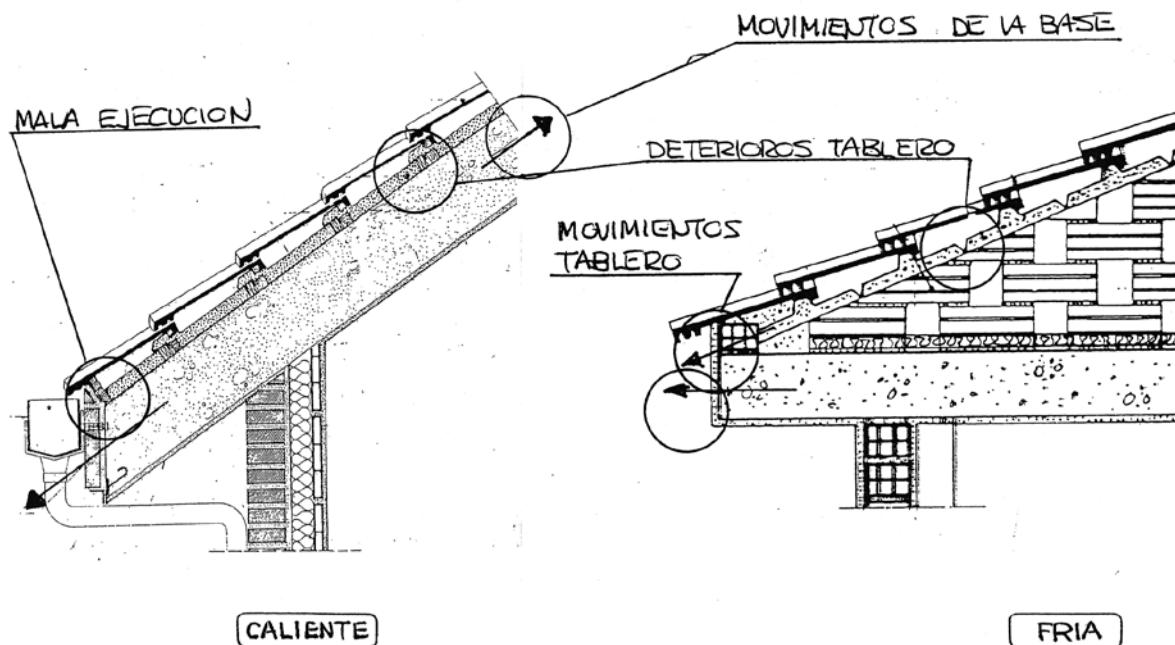


Figura nº 9: Patologías del elemento de sustentación

- **Deterioros o ruina del material** debido a solicitudes mecánicas no estudiadas correctamente, bien por influencia de deformaciones de la base o por sobrecargas no consideradas del material de cobertura. Esto en general nos va a producir deformaciones de diversa índole en el tablero que pueden manifestarse en flechas excesivas y pandeos o panzas, movimientos en general que nos produzcan grietas o desencuadernamientos y en los casos más graves la rotura de los tableros.
- **Movimientos no previstos** por variaciones térmicas, bien sea por la acción directa del propio soporte o transmitido desde el elemento base, que en cualquier caso nos dará desplazamientos o variaciones dimensionales. Un caso frecuente es la ausencia de ventilación en cubiertas frías.

Los desplazamientos nos pueden producir empujes en los bordes o movimientos en el material de cobertura. Las variaciones dimensionales rotura de los tableros, y desarticulaciones en los puntos de apoyo.

- **Ejecución defectuosa** que puede producir deslizamientos o separaciones del tablero sobre su base o la penetración de humedades con las consiguientes variaciones de las características del material que producirán pudriciones, corrosiones y en general pérdida del material. Una lesión que se produce, con cierta frecuencia, en obras en ejecución es el deslizamiento del tablero en estructuras con una pendiente excesiva por falta de anclaje, por lo que siempre es recomendable colocar algún tipo de tope en la zona inferior del apoyo del tablero y en tramos intermedios si se trata de faldones muy grandes (figura 10)

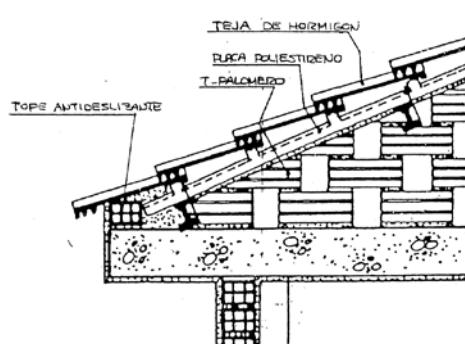


Fig nº 10: Deslizamiento de tableros

□ **Soluciones constructivas inadecuadas**, dan origen principalmente a la penetración de humedades por falta de pendiente o mala unión del tablero a los elementos de evacuación de aguas.

1.3.2. Etiología en cubiertas planas.

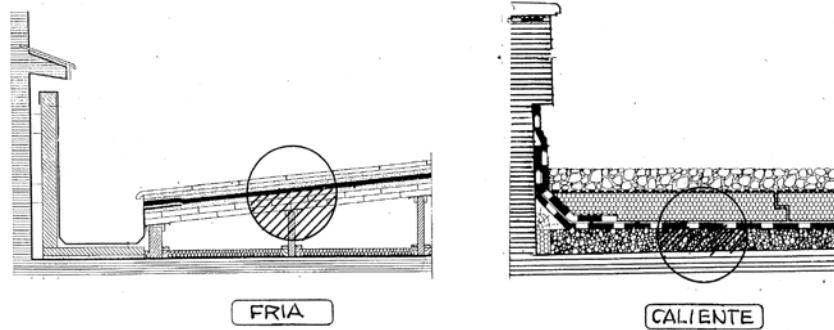


Figura nº 11: ableros en cubiertas planas

En estas cubiertas hay que a su vez hacer una nueva división, ya que el comportamiento del substrato es muy diferente según se trate de un relleno sobre cubierta (cubiertas calientes) o de un tablero (tipo catalana) que son cubiertas frías (figura 11). En este segundo caso las causas de patología son equiparables a las enunciadas para las cubiertas inclinadas. En el primer tipo de cubiertas que responden a la tipología de las modernas, podemos considerar como etiologías: (Esquema 8)

PATOLOGIA DE LOS ELEMENTOS DE SUSTENTACION O TABLEROS

ETIOLOGIA Y DIAGNOSTICO EN CUBIERTAS PLANAS

- DEFORMACIONES POR ACCIONES TÉRMICAS
 - AUSENCIA DE JUNTAS DE DILATACION
 - ENTRE CUARTERONES CON PETOS PERIMETRALES CON ELEMENTOS SOBRESALIENTES
 - VARIACIONES DIMENSIONALES
 - FISURAS POR EMPUJES EN PETOS
 - ROTURA DE LOS RELLENOS
 - LEVANTAMIENTO DE LOS BORDES
-
- * PRESENCIA DE HUMEDAD
 - AGUA FRAGUADO MORTERO
 - AGUA DE LLUVIA SOBRE MORTERO
 - VAPOR DE AGUA INFILTRADO
 - FALLO TELA IMPERMEABLE
 - HUMEDADES EN INTERIOR EDIFICIO
 - DETERIORO DE LOS AISLAMIENTOS
 - DETERIORO TELAS IMPERMEABLES
 - HUMEDADES CONDENSADAS EN FORJADOS
-
- * DEFECTOS DE DISEÑO
 - FALTA DE PENDIENTES ADECUADAS
 - MALAS SOLUCIONES ENCUENTROS BARRERA DE VAPOR
 - AUSENCIA SIENDO NECESARIA
 - DEFECTUOSA COLOCACION
 - HUMEDADES EN INTERIOR EDIFICIO
 - EMBOLSAMIENTO DE AGUAS
 - PUDRICION TELAS IMPERMEABLES
-
- * EJECUCION DEFECTUOSA
 - * PRINCIPALMENTE EN OBRAS NUEVAS

Esquema 8

□ **Deformaciones por acciones térmicas.** Esto se produce normalmente por la carencia de las necesarias juntas de dilatación. Independientemente de las que posea el propio edificio en cuanto a juntas estructurales y que ya vimos su importancia en el último forjado; nuestro material de sustentación, es este caso en forma de relleno, debe disponer de juntas de dilatación formando los cuarterones de cubierta adecuados.

Estas juntas entre cuarterones deben hacerse extensibles al perímetro de la cubierta formando una clara independencia el material de rellano con los petos perimetrales o paramentos emergentes en la cubierta. Estas divisiones del substrato deben formar piezas no superiores a 90 m² superficie totalmente empírica en cuanto a su extensión y que variará en función de las temperaturas de la región donde se esté ejecutando la cubierta y de la propia planta de la misma, pero que en ningún caso conviene sobrepasar (figura 12) La ausencia de estas juntas pueden producir diversos tipos de patologías:

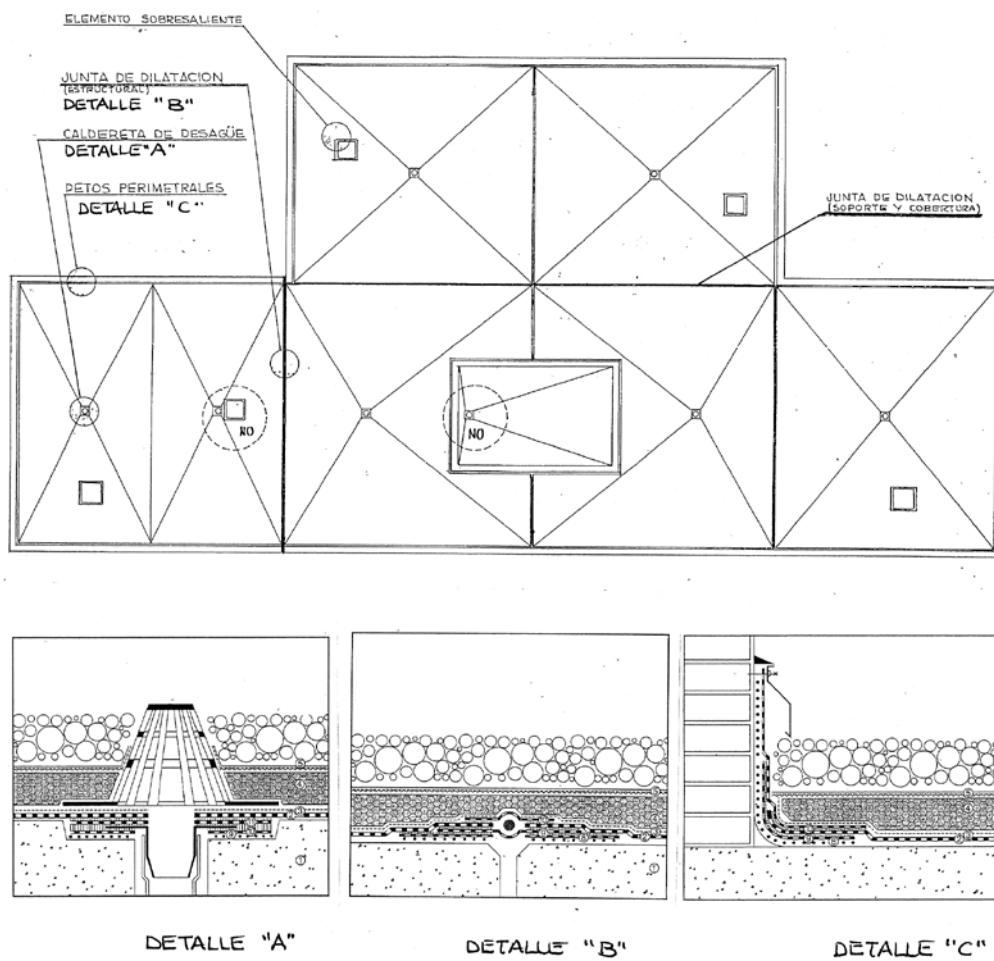


Figura nº 12: Acciones térmicas: movimiento de tableros

- **Fisuraciones o desplazamientos** en muros de petos perimetrales por empujes de dilatación, que normalmente por cizallamiento fracturan los muros, separándolos de su base.
- **Levantamiento de bordes** de losas con riesgo de separación de telas impermeables en zonas de juntas, debido al empuje entre ellas al dilatarse.

- **Fracturas del material de cobertura pro los movimientos del tablero** (figura 13).



Figura nº 13

- **Problemas debidos a la humedad.** Es otra de las grandes fuentes de problemas para este tipo de elementos, pues inciden muy directamente en el comportamiento de la capa impermeable. A su vez pueden obedecer a varios orígenes:

- **Agua incorporada al mortero** de formación de las pendientes generalmente superior a la normal, debido a que son hormigones aligerados o aireados. Este agua de no evaporarse antes de la colocación de las telas impermeables, pueden influir de forma negativa sobre el comportamiento y durabilidad de la misma, afectando a su propia colocación, amén de que producirá, humedades en la planta inferior a través del forjado, debido al agua “atrapada” entre dicho forjado y la lámina impermeable.
- **Agua de lluvia infiltrada** sobre el mismo mortero de pendientes una vez fraguado, pero también antes de la instalación de la impermeabilización con las mismas consecuencias que la anterior, si colocamos las láminas antes de permitir que dicha agua infiltrada se evapore y nos deje seco el mortero.
- **Vapor de agua infiltrado** en la capa de sustentación, proveniente del interior del edificio a través del forjado que alcanza el punto de rocío en la parte inferior del mismo, todo ello por inexistencia o mala colocación de la barrera de vapor. En este tema entraremos más a fondo al estudiar la patología de los aislamientos.
- **Penetración de agua** con la cubierta terminada. Evidentemente el problema de la penetración de agua puede venir también originado por el fallo de la película impermeable o material de cobertura con las mismas consecuencias anteriores.
- **Defectos de diseño de las concepciones, o soluciones constructivas.** En alguna medida están implícitas en las dos anteriores fuentes, a las cuales podemos añadir:
 - **Falta de pendientes adecuadas** que puedan producir embolsamientos de agua por encima de zonas impermeabilizadas, con la penetración posterior por debajo de las láminas.

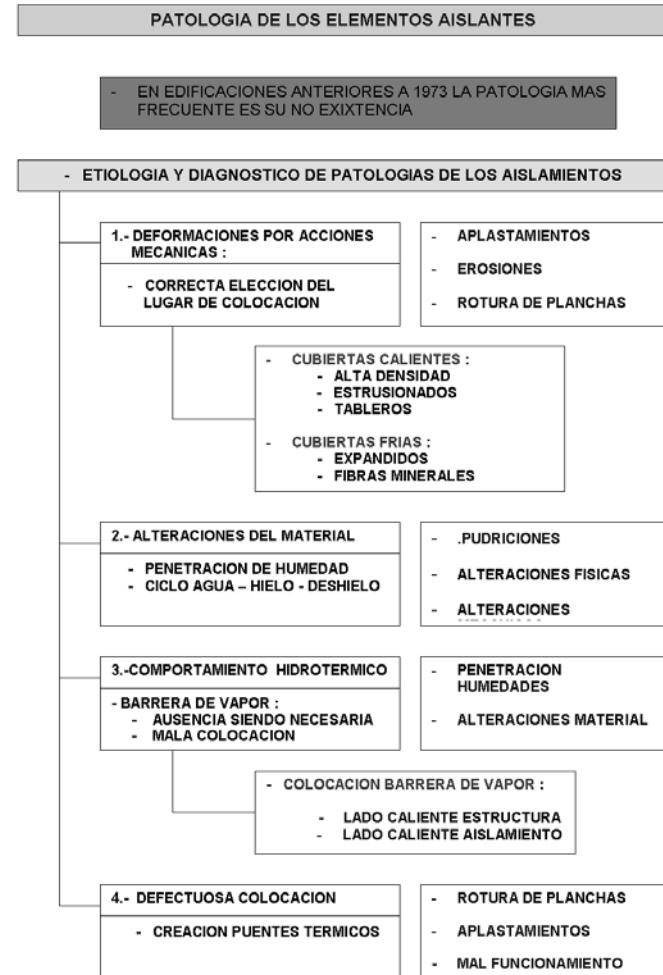
- **Falta de soluciones adecuadas** a detalles de encuentros con muros perimetrales o elementos sobresalientes de la cubierta, juntas de dilatación, ventilaciones, etc.
- **Incorrecta colocación o ausencia de barreras de vapor**, principalmente cuando esta sea imprescindible por las características del edificio.

□ **Ejecución defectuosa.** También puede aplicarse a todos los casos anteriores, pero suelen encontrarse con más frecuencia en:

- Defectuosa ejecución de las *juntas de dilatación*, porque no sólo es preciso un buen diseño de las mismas como se ha visto en puntos anteriores, sino que posteriormente en obra estas se ejecuten correctamente.
- Ausencia de *barreras de vapor* con las mismas explicaciones anteriores.
- Aplicación de las *láminas impermeables* con el substrato en malas condiciones de humedad, o de acabado superficial, que pueda deformar aquéllas y con las consecuencias antes comentadas referentes a la presencia de humedades a “posterior”.

1.4 PATOLOGÍA DE LOS ELEMENTOS AISLANTES.

Podría decirse que la mayor patología de los materiales aislantes de una cubierta es precisamente su no existencia y además va a ser el problema común con el que nos vamos a encontrar en cualquier edificio que no haya sufrido ninguna reforma o rehabilitación, con una antigüedad superior a los 30 años. Este período tan cercano es debido a que la primera normativa sobre aislamientos data en España de 1975, como consecuencia de la primera crisis económica del petróleo de 1973. Es a partir de esa fecha cuando de una forma general se emplean los aislantes en la edificación, antes su uso era muy restringido, entendiendo por aislante aquel elemento no formado por el aire o por los propios materiales constitutivos de las cubiertas de origen natural como arenas, barros, etc.



Esquema 9

Con estas precisiones pasemos a estudiar los diversos fenómenos patológicos y su etiología, no haciendo en este caso la separación de la tipología de la cubierta salvo para su ubicación, ya que los problemas intrínsecos van a ser los mismos. (Esquema 9)

Deformaciones del material por acciones mecánica.

El material aislante si no ha sido elegido, en función del lugar que vaya a ocupar en la cubierta, puede sufrir deformaciones en forma de aplastamientos, erosiones en forma de pérdida de material o rotura de las planchas. Esta etiología suele darse con más frecuencia en cubiertas calientes sean planas o inclinadas, en las que el aislamiento está unido a los elementos de soporte, y por lo tanto las acciones de éste pueden influirle. Deben elegirse materiales de alta densidad y de estructura de célula cerrada para dichas cubiertas y pueden emplearse los de célula abierta o cerrada expansionada para las cubiertas frías. (Figura nº 14)

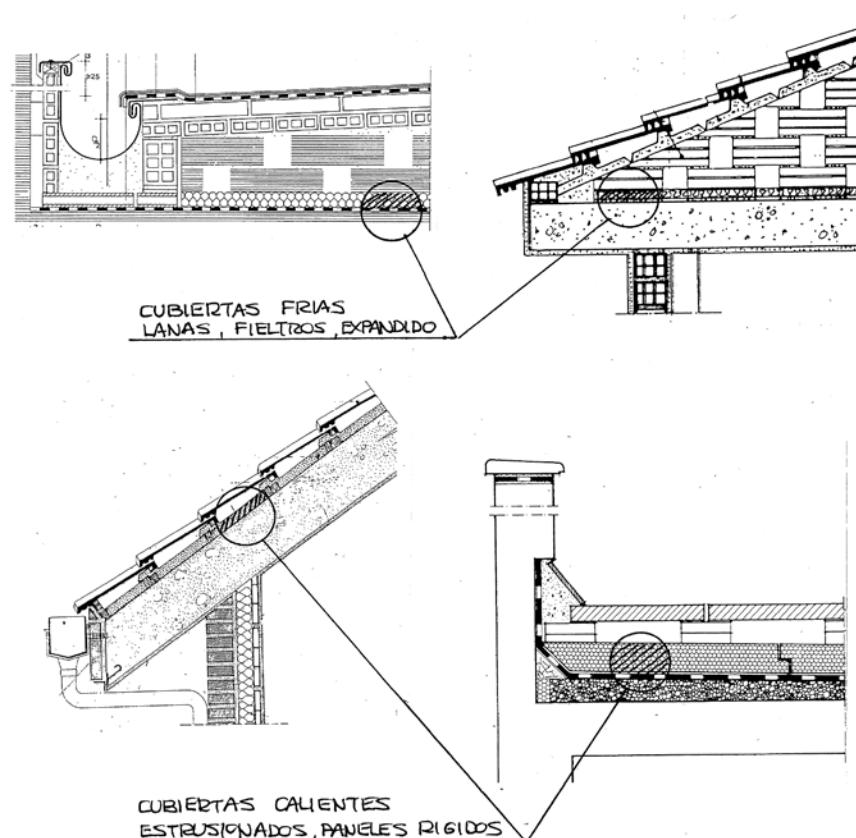


Figura nº 14: Aislantes adecuados para cada tipo de cubierta

Alteración del material. Esta patología puede tener varias etiologías:

- **Penetración de humedad**, con la consiguiente alteración de las características físicas o incluso mecánicas del material, si no está preparado para ello. Nuevamente es clara la elección correcta del material, sobre todo si como en las cubiertas invertidas el aislamiento va a sufrir la presencia invariable de la humedad por agua de lluvia.

- **Ciclo agua-hielo-deshielo**, pudiendo producir incluso roturas de las planchas o al menos alterar las condiciones de durabilidad. Caben las mismas reflexiones sobre la correcta elección del material.
- **Mal comportamiento higrotérmico de la cubierta**, debido fundamentalmente a la ausencia o mala colocación de la barrera de vapor. No entramos en las repercusiones térmicas sobre el edificio de un buen cálculo del aislamiento por ser motivo específico de otra conferencia sobre este tema.

La combinación del lugar de ubicación del aislamiento y de la barrera de vapor en función de cada tipo de cubierta es clave en el funcionamiento higrotérmico de la misma. Como norma general la barrera de vapor debe ubicarse en el lado caliente del elemento estructural o en su defecto en el lado caliente del aislamiento.

Las dificultades de colocación de obra de la primera solución y su mayor costo hacen como más frecuente la adopción de la segunda, al punto de que determinados tipos de paneles aislantes la traen incorporada.

La utilidad es clara, evitar la formación del punto de rocío, por el vapor de agua del interior, en la cara inferior del aislamiento, con las consecuencias antes vistas de la presencia de humedad en determinados aislamientos.

- **Defectos de colocación.** La mala instalación de mantas, fieltros o paneles independientemente de la posición que ocupen en la cubierta, pueden producir fundamentalmente rotura del propio elemento o la creación de puentes térmicos excesivos por la falta de uniones o solapes adecuados.

1.5 PATOLOGÍA DE LOS ELEMENTOS DE COBERTURA.

Sin duda, como hemos ido viendo hasta aquí, el mal comportamiento de este elemento de la cubierta es fuente de la mayoría de las patologías que se generan en los elementos inferiores, por penetración de la humedad (figura 15). Como anteriormente este elemento puede sufrir patologías provenientes del exterior, por agentes atmosféricos, de su propio comportamiento y de sus materiales o inducidos por su base de sustentación. En estos tres grandes apartados estudiamos las posibles etiologías, para los dos grandes tipos de cubiertas.



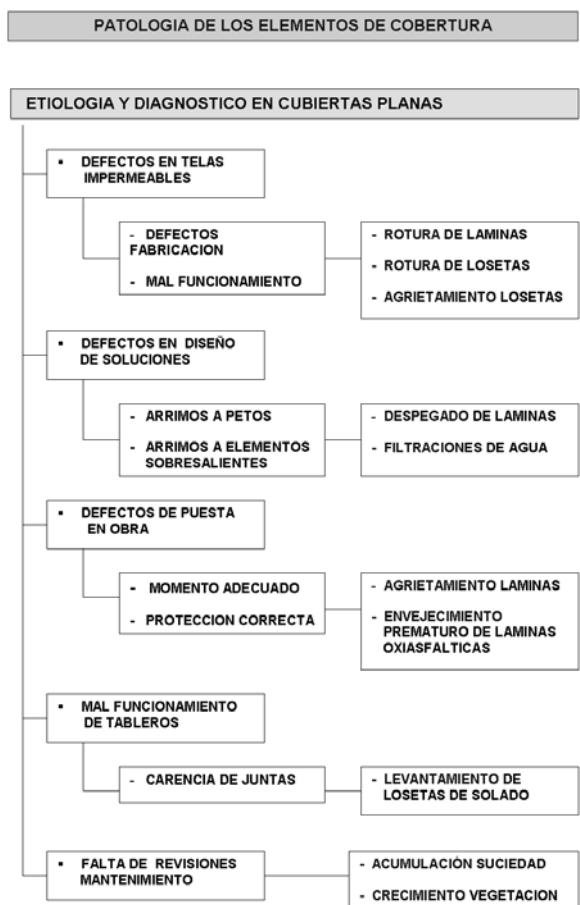
Figura nº 15

Evidentemente que los fallos en estos elementos conducen directamente a la pérdida de una de las características básicas de las cubiertas como es la de

envolvente estanca. Hay un defecto básico como etiología fundamental para la penetración del agua y es la pendiente no adecuada en función del tipo de solución de cubierta y del material de cobertura, añadiendo la capacidad de absorción del elemento de soporte y las propiedades higrotérmicas de los materiales aislantes.

1.5.1 Etiología en cubiertas planas.

□ **Defectos en el material impermeable**, pueden ser causados por su propia fabricación y difíciles de detectar a priori, ya que normalmente no se efectúan ensayos y confiamos en la garantía de la marca. Aunque normalmente no suelen ser la principal fuente de patologías, bueno será el reclamar los certificados de idoneidad del producto y la garantía correspondiente a su funcionamiento, ya que en caso de producirse el problema, las consecuencias pueden ser muy graves respecto a la estanqueidad (figura 16)



Esquema 10



Figura nº 16

□ **Defectos en el diseño de soluciones**, normalmente o por mala elección del material o, casi siempre, por la falta de adecuados detalles constructivos, en las juntas, arrimos y penetraciones de elementos ajenos a la cubierta.

□ **Defectos de puesta en obra**. Esta sí viene siendo una causa importante de patologías, sobre todo debido al desconocimiento de las técnicas de aplicación de

nuevos materiales y al cuidado en la instalación de puntos singulares de la cubierta. Piénsese que toda la estanqueidad de la cubierta se encomienda a una lámina de 3 ó 4 mm. de espesor.

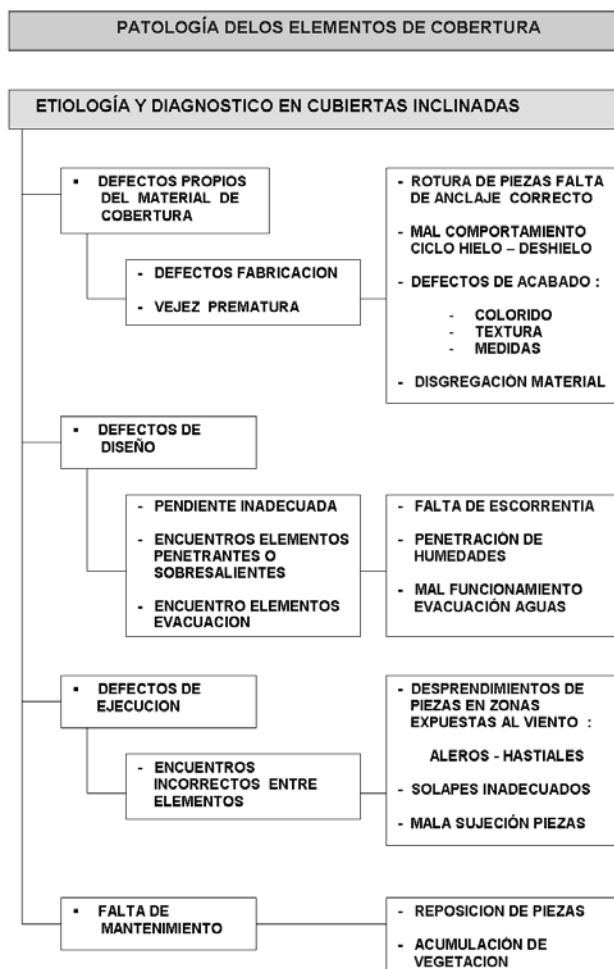
□ **Aparición de desperfectos en las telas impermeables** de diversa índole, motivados por las siguientes causas:

- La falta de compatibilidad química entre la base de sustentación de la tela formada por ejemplo por morteros ligeros de relleno, bastardos de cal o con aditivos alcalinos, pueden producir daños en las resinas que forman parte de la composición de algunas telas.
- Variaciones de temperatura con endurecimiento del material y pérdida de la elasticidad. Heladicidad.
- Envejecimiento prematuro del material por falta de protección adecuada y su exposición a los rayos ultravioletas del sol, de una forma prolongada en el tiempo.
- Formación de burbujas y ampollas entre la base y la lámina por acumulación de humedad, al carecer de barrera de vapor de agua, cuando esta es necesaria por generarse vapor en el edificio.
- Defectuosa ejecución de juntas de dilatación, en contacto con las telas, que no permita a estas su libre movimiento en ese punto conflictivo.
- Esfuerzos mecánicos de la base no compatibles con el material de cubrición, láminas que producen desgarros o despegues, bien por movimientos de las bases o por mal acabado de las mismas.

1.5.2 Etiología en cubiertas inclinadas.
(Esquema 11)



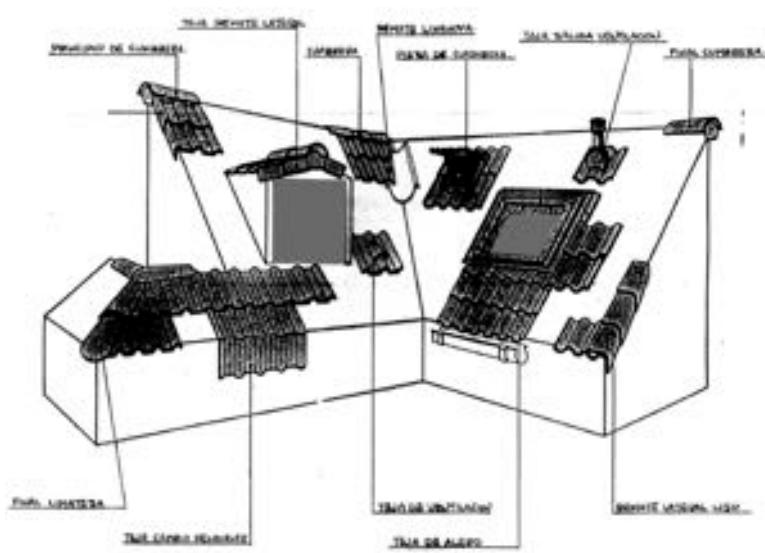
Figura nº 17



Esauema 11

- **Defectos en el material de cobertura**, cuya permeabilidad facilite la penetración del agua o su facilidad de rotura o su desplazamiento por el viento y pérdida de piezas. También la falta del material ante los ciclos de hielo y deshielo pueden producir roturas y fisuras o disgregación del mismo (figura 17).

- **Defectos en el diseño de los detalles constructivos** principalmente en el encuentro de la cobertura con los elementos de evacuación de las aguas, caballetes o remates de la cubierta con elementos penetrantes en la misma, chimeneas, claraboyas, etc, así como de los puntos singulares expuestos al viento, como pueden ser caballetes, remates de hastiales, etc. A este respecto es bueno recomendar el uso de las piezas adecuadas a cada remate de la cubierta, que



se encuentran en cualquier catálogo de las empresas fabricantes de tejas planas, que son las de uso más frecuente. (Figura 18)

□ **El proyectar una pendiente inadecuada** en función del lugar donde se vaya a construir la cubierta y sus condiciones meteorológicas en relación con el material de cobertura a emplear puede facilitar la entrada de agua por la presión dinámica del viento. Deben emplearse por lo tanto materiales adecuados para las respectivas pendientes de diseño tal como se recoge en el gráfico de la figura 19.

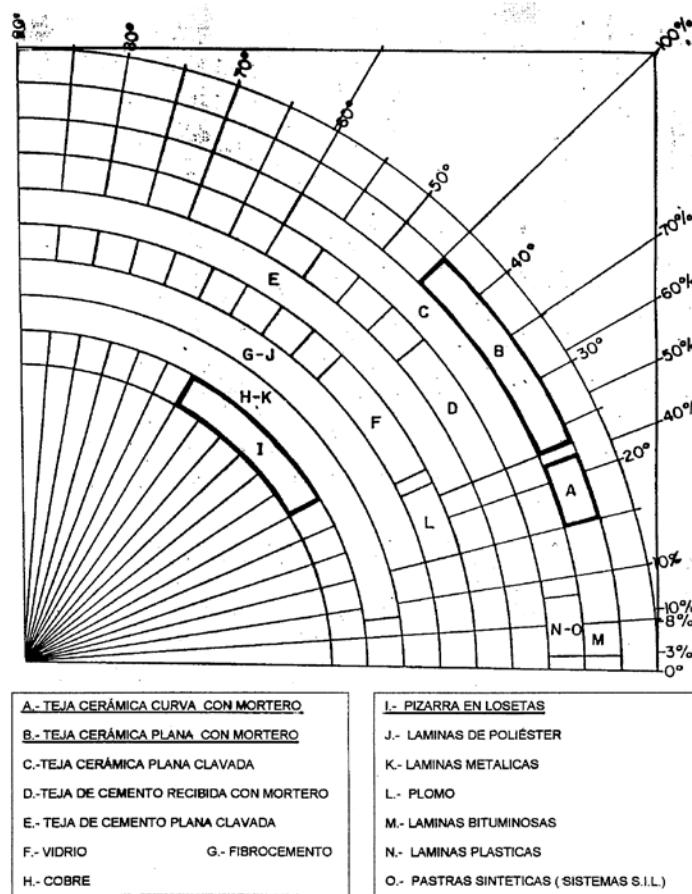


Figura nº 19

□ **Defectos de la puesta en obra de los materiales.** El principal es la falta de calidad en el mortero de recibido de los puntos más expuestos a la acción dinámica del viento como los caballetes y coronaciones o remates de hastiales y piñones (figura 20)



Figura nº 20

Otro es la falta de solape suficiente entre las tejas que facilita la penetración del agua. La defectuosa ejecución de los remates de la cobertura con los elementos penetrantes, arrimos con chimeneas o hastiales, falta de baberos, lagrimeros, goterones, etc, son también causas genéricas de penetración de humedades.

1.6 PATOLOGÍA DE LOS ELEMENTOS DE EVACUACIÓN.

Nuevamente nos encontramos con que el comportamiento de estos elementos va a venir mediatisado en gran medida por el comportamiento del resto de la cubierta, aunque hay determinadas patologías exclusivamente imputables a ellos directamente. En este caso también los problemas que les sean propios causan un inmediato daño en el resto del edificio y además afectando de forma importante a la estética exterior del mismo, sobre todo en cubiertas inclinadas, dado que son los encargados de dar el último contenido a la función de una cubierta, es decir, la evacuación ordenada del agua que ha recogido la misma.

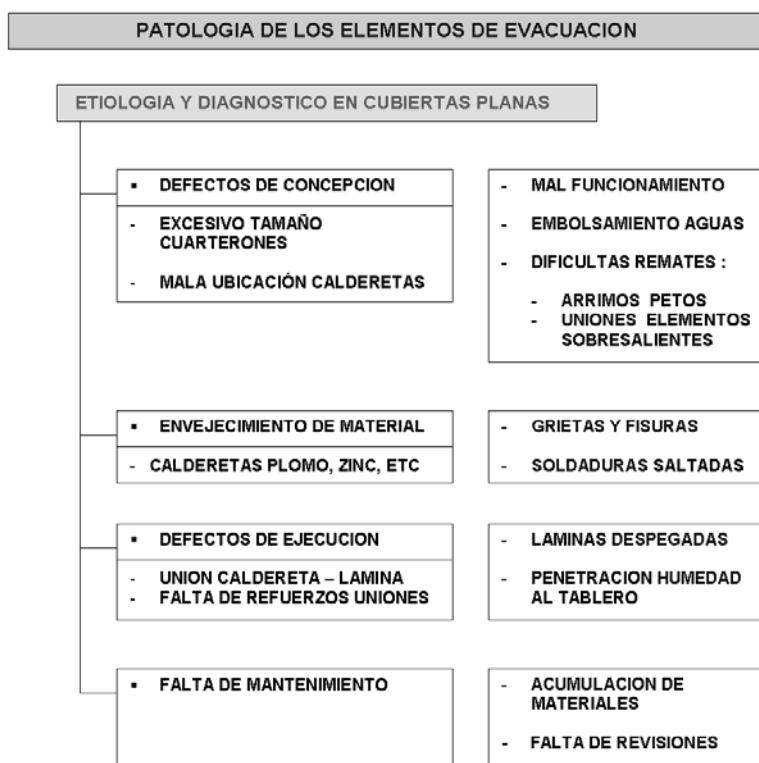
Sin embargo, en estos elementos de las cubiertas aparece una causa general de patologías ajena al propio elemento, que es el “mantenimiento” que les afecta de una forma más directa que al resto de la cubierta. A veces aún encontrándose correctamente se producen humedades principalmente por esa falta de limpieza y mantenimiento que precisa periódicamente como puede ser la obstrucción de canalones, calderetas, bajantes, buzones, gárgolas, etc., por acumulación de objetos o suciedad (figura 21).



Figura nº 21

1.6.1 Etiología en cubiertas planas.

La evacuación en cubiertas planas, independientemente de su solución constructiva se hace mediante calderetas de recogida acopladas directamente a las bajantes. En raras ocasiones mediante evacuación hacia el exterior a través de los petos, mediante canalones o aguas fuera. En este sentido los problemas se reducen al mal funcionamiento de dichas calderetas, por alguna de las siguientes causas. (Esquema 12)



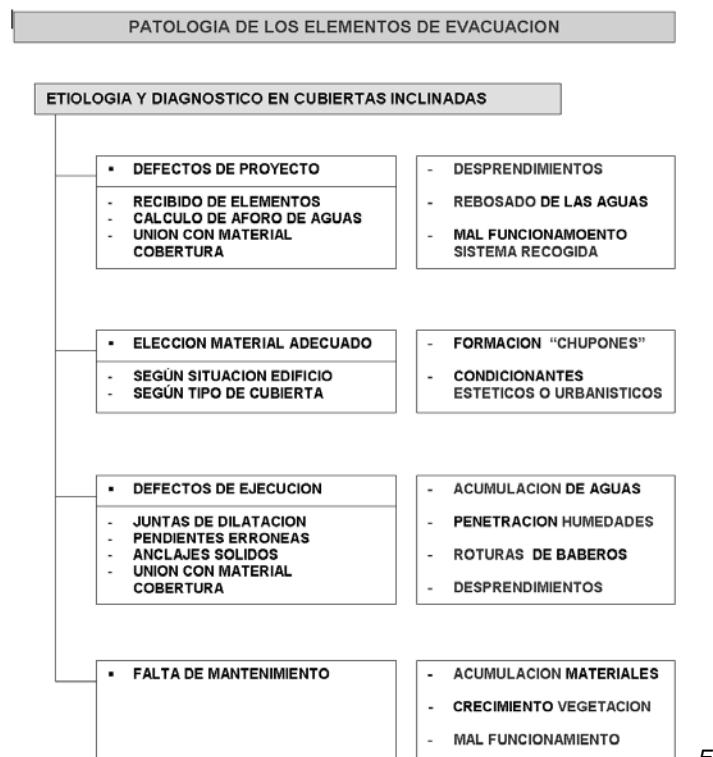
Esquema 12

- **Defectos de concepción de las pendientes de la cubierta.** Las calderetas previstas para la evacuación son insuficientes en función de la superficie de cubierta, que corresponde a cada una de las calderetas. Esto puede producir almacenamiento excesivo de agua en determinados momentos de lluvias intensas que produzcan humedades por penetración a través de petos, arrimos, etc. No es una patología frecuente.
- **Ubicación no adecuada de las calderetas.** La colocación del elemento en lugares que no faciliten la recogida del agua, como por ejemplo en las proximidades de elementos penetrantes, petos, etc.
- **Defectos del propio material.** Pueden darse con más frecuencia en construcciones antiguas donde las calderetas son de fabricación artesanal, con materiales como el plomo o el zinc, pudiéndose producir rotura de soldaduras, poros, mala ejecución de los solapes, engatillados, etc. Desde la aparición de las calderetas de material plástico (P.V.C.) estos problemas se presentan muy raramente.
- **Defectos de ejecución.** Aquí es donde residen la mayor parte de las fuentes de los problemas en este tipo de elementos y por dos tipos de errores:
 - La colocación de la caldereta en la cubierta y su unión con los elementos de impermeabilización, bien sea con los materiales de solería y solado en las cubiertas tradicionales, tipo catalana o andaluza, donde no existe la tela impermeable o con esta, en las cubiertas modernas bien sean normales o invertidas.

- Unión de la caldereta con la bajante, donde puede fallar el pegamento de los dos plásticos o en la aparición de codos o desvíos, por el mismo motivo. En la figura se detallan estos encuentros en una cubierta tabicada con la forma correcta en que deben ser realizados.
- **Falta de mantenimiento.** Como se apuntaba antes, aún en el caso de estar correctamente ubicada e instalada la caldereta, pueden producirse atascos por la acumulación de materiales, si no se produce un mínimo mantenimiento y limpieza periódica. Además de esta labor de limpieza es preciso una revisión regular, que puede ser cada tres o cuatro años de la situación de la caldereta en cuanto a la integridad de sus materiales y su buen funcionamiento.

1.6.2 Etiología y diagnóstico en cubiertas inclinadas.

En estas tipologías lo más corriente es encontrar como elemento de evacuación canalones exteriores o bien limas o canaletas por el interior de la cubierta en un ensillado inmediatamente antes del alero y las patologías más frecuentes pueden obedecer a las siguientes causas: (Esquema 13)



Esquema 13

- **Defectos de proyecto.** Generalmente por un mal diseño en los detalles de recibido de los canalones o bajantes exteriores, por una escasa sección del canalón para el aforo que proporciona el faldón de la cubierta o por una defectuosa situación a nivel de diseño en la colocación del canalón o lima respecto al vertido de las aguas, para su recogida.

Las consecuencias de estos defectos serán el rebosado de las aguas, la penetración de humedades al alero o al edificio por una mala recogida de las aguas y en el límite el desprendimiento del canalón por el mal recibido diseñado.

□ **Elección correcta del material adecuado.** También puede considerarse un defecto inherente a la fase de diseño, ya que se tratará de elegir el tipo de recogida de aguas que mejor se adapte a las condiciones del edificio en función de su lugar de ubicación o respetando sus condicionantes estéticos en cuanto al material a emplear, por ejemplo en los canalones o bajantes que puedan quedar vistos. Debe tenerse por ejemplo especial cuidado en no proyectar canalones en zonas de alta montaña donde la acumulación de nieve y hielos pueden hacer inoperante el canalón o incluso peligroso por la posible formación de “chupones”.

En estos supuestos deben proyectarse sistemas que ayuden a la disolución paulatina de la nieve, como los “rompientes” o placas corta nieves en los faldones de la cubierta cerca de los aleros y la sustitución de los canalones por im-postas con los gote-rones adecuados.

□ **Defectos de ejecución.** En la instalación tanto de canalones como de limas donde, sobre todo si son de materiales metálicos como zinc, cobre o plomo, debe tenerse especial cuidado en los engatillados, juntas de dilatación, uniones entre baberos, lagrimeros, buzones, etc. Así mismo pueden producirse fallos en el recibido de los elementos anteriores, en darles la pendiente adecuada hacia los desagües y en la colocación a la distancia correcta del borde del faldón de la cubierta.

□ **Falta de mantenimiento.** Nuevamente y al igual que se ha comentado para las cubiertas planas este vuelve a ser a lo largo de la vida de las cubiertas en la mayor fuente de problemas para estos elementos, donde es fácil se acumulen materiales de todo tipo llevados por el viento y la acumulación de arenillas que facilitan el crecimiento de vegetación, con las nefastas consecuencias de la deficiente escorrentía de las aguas y el desbordamiento de las mismas produciendo humedades en las fachadas e interiores de los edificios.

2. SISTEMAS GENERALES DE REPARACIÓN DE CUBIERTAS

Como se ha venido incidiendo a lo largo de este texto pretender abarcar toda la casuística de soluciones a las patologías que se han analizado, sería tanto como dar un curso completo de construcción, lo cual no es misión de estos apuntes. No obstante si se hace preciso establecer unas pautas, aunque con cierta generalidad, que den solución a los problemas que con más frecuencia podremos encontrarnos en las cubiertas y que yendo de lo general a lo particular puedan servir para aplicar al resto de situaciones con las adaptaciones precisas.

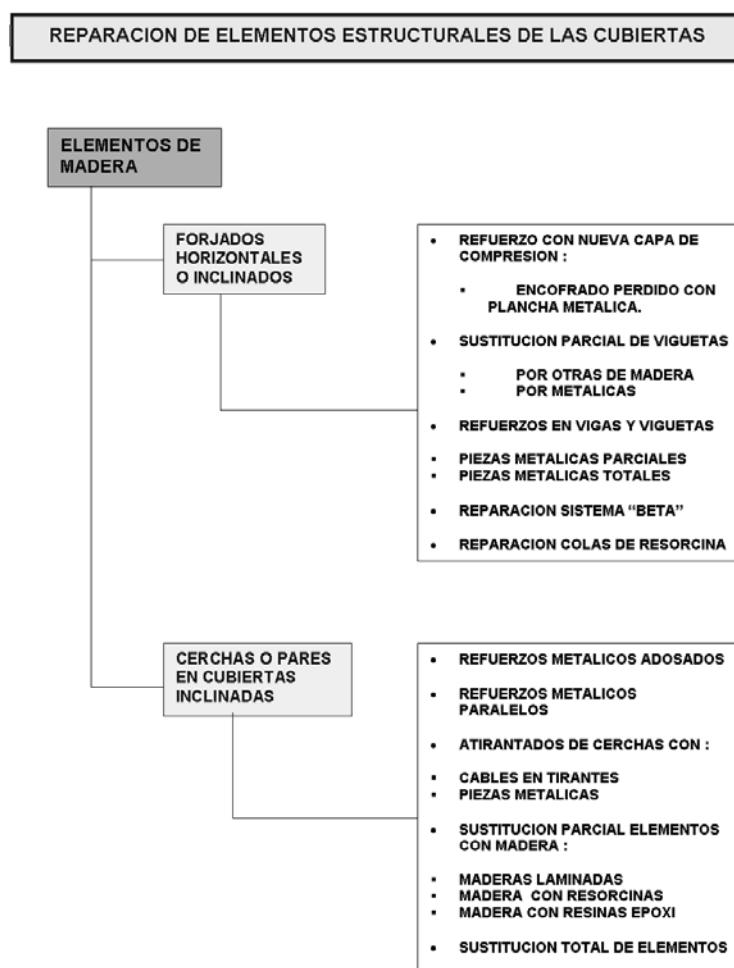
2.1 REPARACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

Dividiremos las formas de reparación en virtud de cual sea el material dominante en la constitución del elemento estructural de la cubierta ya que los materiales y las técnicas para las reparaciones varían.

2.1.1 Reparaciones sobre elementos de madera.

Aún dentro de este material es preciso hacer una subdivisión en función de que se trate de forjados o de cerchas : (Esquema 14)

REPARACIONES EN FORJADOS PLANOS O INCLINADOS: Puede decirse que son tres los grandes sistemas de reparación, lógicamente en función de la extensión y la intensidad de la lesión que sufra el forjado: la anulación de la acción portante del mismo y su sustitución por otro; la sustitución parcial de viguetas y la reparación parcial y puntual de las mismas y naturalmente la mezcla entre todos ellos. A continuación se detallan los sistemas más frecuentes.



Esquema 14

- **Refuerzo con nueva capa de compresión** apoyada sobre un encofrado perdido que puede ser un metal estirado o unas planchas metálicas grecadas (forjado colaborante), que a su vez se apoya sobre una nueva viguería , metálica generalmente, que anula y deja sin capacidad portante al forjado de madera, que queda únicamente como testimonio de sistema constructivo y para evitar su demolición.
- **Sustitución parcial de viguetas**, reemplazando aquellas que presentan una mayor afectación de la patología que se trate pero que no justifica el cambio completo del forjado por encontrarse el resto en condiciones aceptables de mantenimiento y capacidad portante. La sustitución puede hacerse a su vez por viguetas de madera iguales al resto o por nueva viguería de acero.
- **Refuerzos totales o parciales con piezas metálicas**. Se trata de reforzar la o las vigas afectadas mediante piezas de acero adosadas, que a su vez puede ser por la zona inferior de las mismas o por los laterales, actuando siempre de forma parcial en un tramo de la viga sin llegar a la sustitución completa de la misma.
- **Reparaciones parciales con colas o resinas**. Es un sistema bastante utilizado cuando se trata de sustituir parcialmente un tramo de pieza que se encuentre afectado por alguna patología manteniéndose en buen estado el resto de la viga o vigueta y a su vez puede hacerse mediante dos sistemas : la unión entre el tramo nuevo de madera y el resto que permanece de la pieza se puede hacer mediante unos anclajes de fibra de vidrio unidos con resinas epoxi, lo que se conoce como "*sistema beta*", o mediante el empleo de "*colas de resorcina*" que tienen una alto poder aditivo.

- **REPARACIONES EN CERCHAS O PARES.** Aquí también las posibilidades pueden ir desde la sustitución total o parcial de los elementos hasta su reparación mediante refuerzos adosados metálicos o los refuerzos parciales sobre las mismas piezas.

- **Refuerzos con piezas metálicas** que pueden ser al igual que para los forjados mediante el adosado de piezas de acero en paralelo al elemento a reforzar o adosándolo al mismo y anclándolo con tirafondos. (Figura 22)



Figura nº 22

- **Atirantado de cerchas** mediante cables o piezas metálicas. Si lo que ha fallado es el comportamiento estructural de la cercha pero las piezas de madera se mantienen en buen estado puede ser una solución la introducción de un tensor para reforzar o sustituir la acción del tirante.
- **Sustitución de un elemento** por otro en determinados tramos del elemento estructural, como pueden ser tirantillas, correas, pares, parecillos, etc. Una técnica bastante utilizada en la actualidad es el empleo de unos casquillos metálicos con forma de alforjas que colgamos del elemento sano y que nos permite apoyar los nuevos elementos a sustituir.



Figura nº 23

- **Sustitución parcial del elemento** manteniendo el resto del mismo porque se encuentre en buen estado. Nuevamente podemos acudir a cualquiera de las técnicas mencionadas antes para los forjados como son las colas de resorcina, el sistema beta o el empleo de madera laminada, para la sustitución parcial de un tramo de cualquiera de las piezas antes mencionadas.



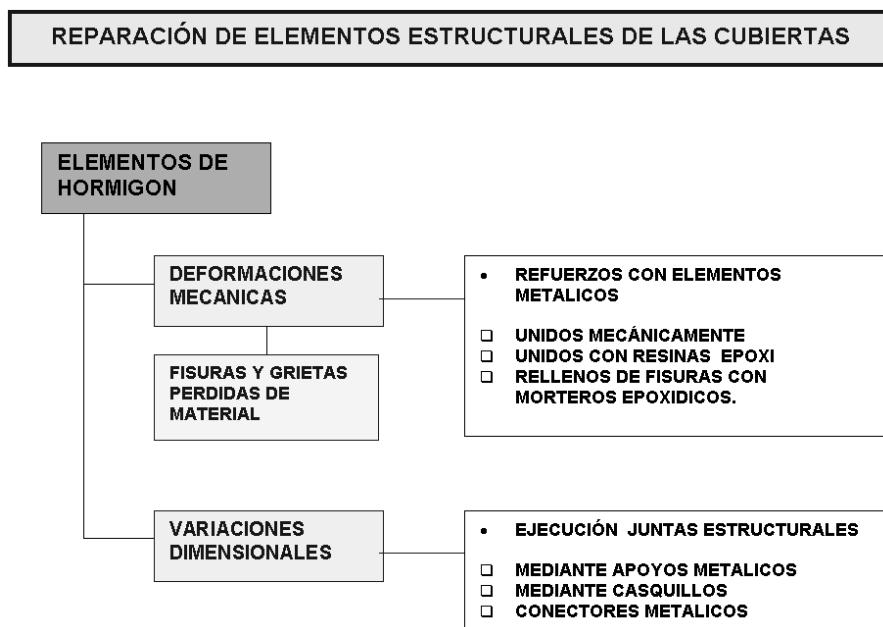
Figura nº

- **Tratamiento anti-xilófagos.** A veces este sencillo sistema preventivo puede ser suficiente para salvar una cubierta de graves problemas posteriores, siempre que se actúe antes de que los insectos hayan deteriorado la madera, en cuyo caso

este tratamiento deberá aplicarse con posterioridad a la reparación que sea preciso realizar en función del mal causado.

2.1.2 Reparaciones sobre elementos de hormigón.

En este supuesto es importante tener claro el origen de la patología pues el nivel de la intervención va a ser muy diferente en cada caso. (Esquema 15)



Esquema 15

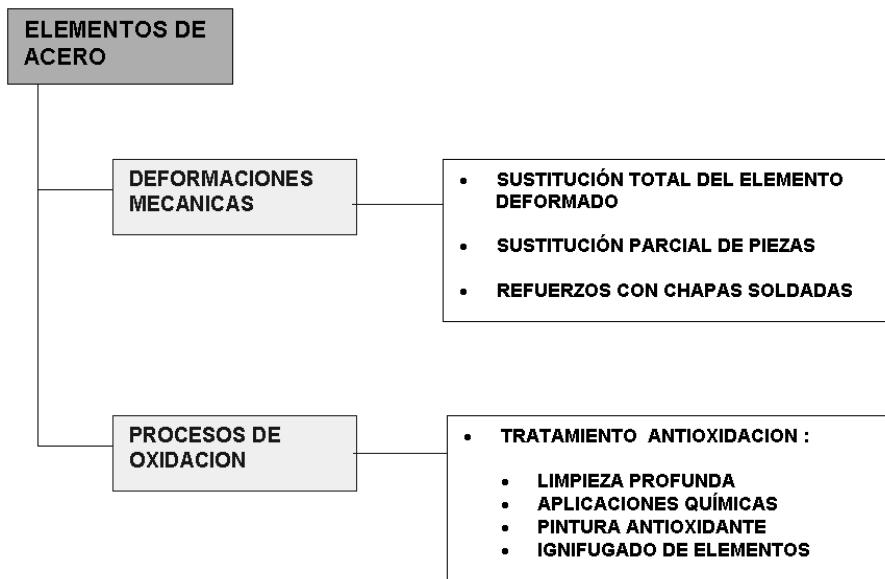
□ **REPARACIONES POR DEFORMACIONES MECÁNICAS.** Serán las propias causadas en el hormigón por este tipo de movimientos (antes estudiados) y que se manifestarán en forma de fisuras o en pérdidas de material. Para uno y otros casos las soluciones pasan por reponer el, material deteriorado y reforzar el elemento para evitar la progresión de su deterioro. Esto puede conseguirse mediante el refuerzo con placas de acero adosadas al elemento y unidas bien mediante el empleo de resinas epoxi o bien con anclajes mecánicos. Por otra parte previamente se habrán subsanado las fisuras con morteros de relleno especiales para la reparación de hormigones.

□ **EJECUCIÓN DE JUNTAS ESTRUCTURALES.** Para los casos extremos en que sea precisa esta intervención que supone crear una nueva junta de dilatación en el forjado, pueden emplearse fundamentalmente dos tipos de técnicas : (Es evidente que antes de proceder a este tipo de reparaciones es preciso un estudio detallado del funcionamiento del sistema estructural)

- Mediante el empleo de *casquillos* y *angulares metálicos* anclados mecánicamente en cada uno de los lados de la junta que se practicará mediante el corte con sierras de diamante, de forma que unos angulares descansen sobre otros con la interposición de una junta de neopreno de modo que se garantice el desplazamiento.
- Mediante el empleo de *conectadores metálicos*, sistema patentado que consiste en recibir a cada lado de la junta abierta en el hormigón del forjado un conectador

que mediante el sistema de un vástago de una aleación de alta capacidad portante,(en el conector macho), que se introduce en el casquillo del lado opuesto (conector hembra), permite el libre deslizamiento de cada lado.

2.1.3 Reparaciones sobre elementos metálicos. (Esquema 16)



Esquema 16

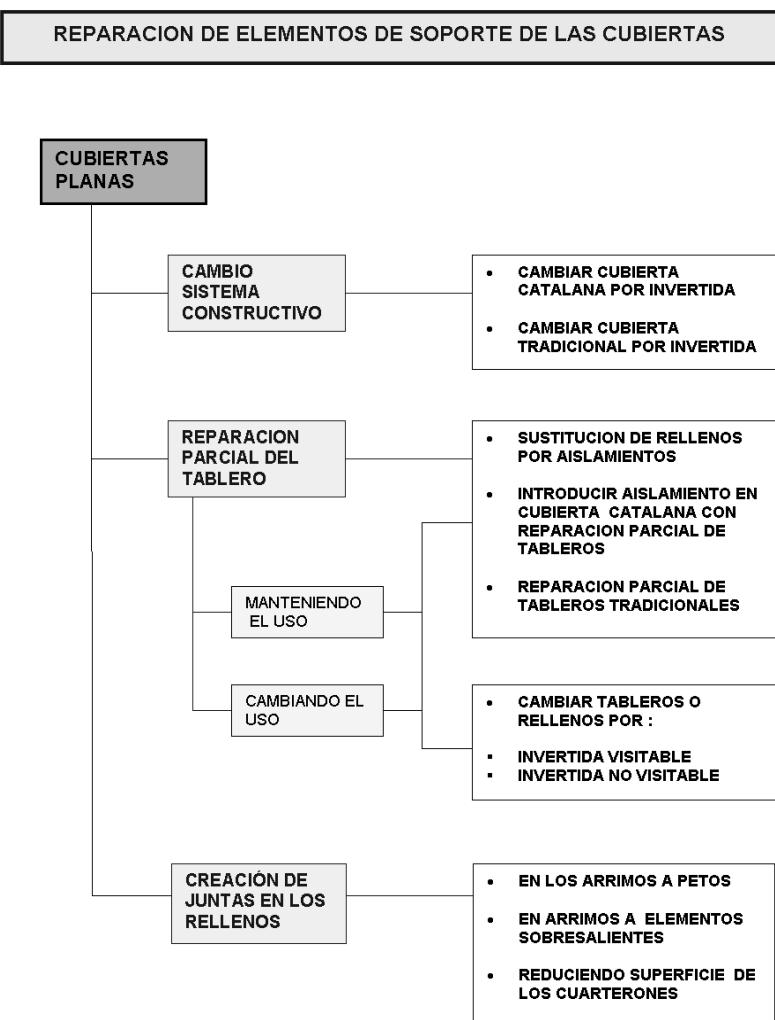
- **Reparaciones por deformación mecánica.** Van a ser las menos frecuentes en este tipo de estructuras, y su reparación pasará por la sustitución total o parcial del elemento o su refuerzo como en los casos anteriores, pero en este supuesto con la ventaja de que el empleo de acero para la reparación facilita los sistemas de adosado o sustitución, mediante el empleo de la soldadura.
- **Procesos de oxidación.** Esta si será una patología más frecuente y su reparación pasa por un buen tratamiento para primero eliminar y luego proteger a la pieza del óxido.

2.2 REPARACIÓN DE ELEMENTOS DE SOPORTE.

A partir de aquí volvemos a la clásica división entre cubiertas planas e inclinadas ya que aquí las posibilidades de intervención varían sustancialmente entre unas y otras.

2.2.1 Cubiertas planas.

Tres son los grupos de intervenciones que vamos a poder realizar en función de que se decida cambiar el sistema constructivo, sean reparaciones puntuales de tableros o sea preciso la introducción de juntas entre rellenos por patologías de variaciones dimensionales. (Esquema 17)

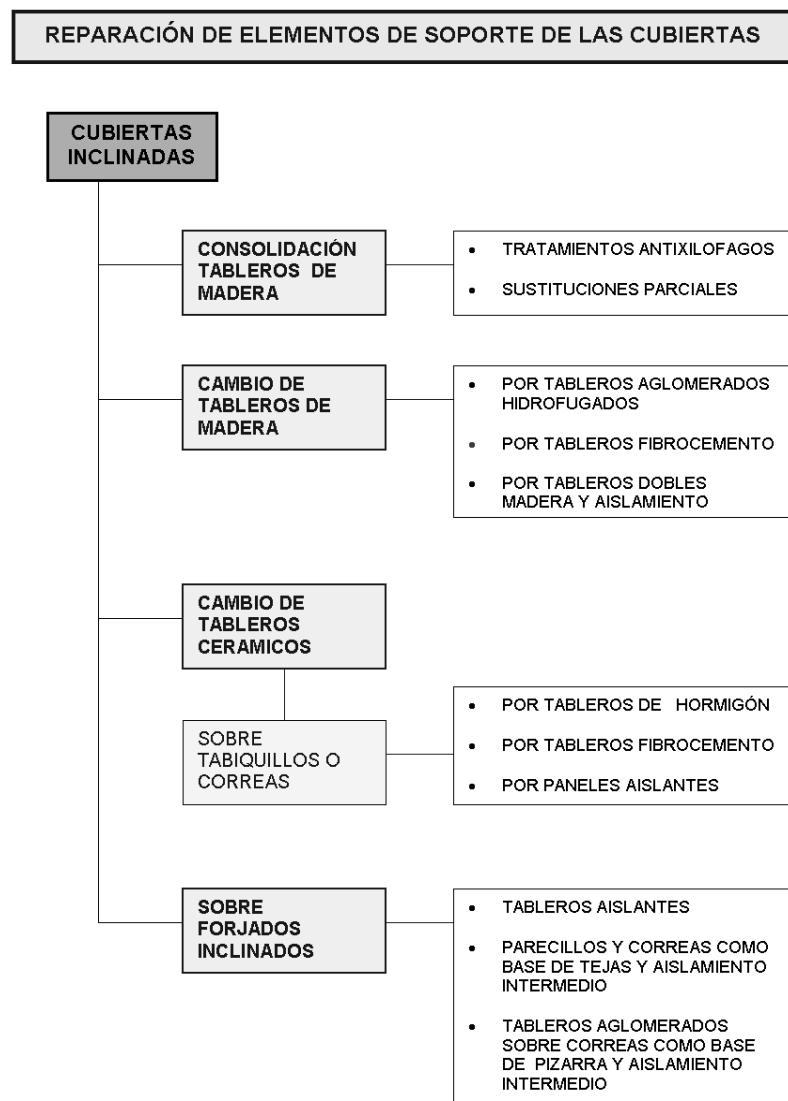


Esquema 17

- **Cambio del sistema constructivo.** Si se decide esta sustitución por las causas que sean se podrán emplear todas las soluciones que en la actualidad brinda el mercado, tanto en cuanto al sistema constructivo como en cuanto a los materiales, tanto los impermeables como los de acabado que se puedan emplear. Lo importante es demoler previamente y eliminar el sistema anterior para evitar sobrecargas al forjado y no montar la nueva solución sobre la cubierta existente.
- **Reparación parcial del tablero.** En este caso en función de que se mantenga o se varíe el uso que se viene dando a la cubierta cabrán unas u otras soluciones que se han resumido en el esquema 17, y cuyo comentario específico no tiene sentido ya que como se ve caben todo tipo de posibles combinaciones en función de los parámetros de intervención de los que se partan y de los nuevos resultados que se quieran conseguir.
- **Creación de juntas de relleno.** Será precisa esta intervención cuando las variaciones dimensionales de los tableros, principalmente los rellenos estén transmitiendo efectos sobre petos u otros elementos de la cubierta. Se procederá a la apertura de las juntas mediante sierras mecánicas de diamante y el posterior relleno con algún material aislante, sellando después la junta creada.

2.2.2 Cubiertas inclinadas.

Aquí nuevamente es prolífica la exposición de posibilidades que se han intentado resumir en el esquema 18.



Esquema 18

□ **Consolidación de tableros de madera.** Será la intervención menos costosa y podrá efectuarse cuando el deterioro del maderamen sea pequeño en extensión e intensidad lo que nos permitirá mantenerlo en todo mediante el tratamiento anti-xilófagos o en parte con sustituciones parciales, pero también por un tableo de madera.

□ **Cambios de tableros de madera.** Sustitución total o parcial del tablero de madera pero manteniendo el mismo sistema constructivo, por lo que podremos sustituirlo por tableros de madera aglomerada con tratamientos ignífugos e hidrófugos, tableros mixtos con el aislamiento incorporado u otros de los tableros que ofrece en la actualidad el mercado en función del uso que vaya a darse al intradós de la cubierta y al material de cobertura que vaya a reponerse.



Figura nº 25

- **Cambios de tableros cerámicos.** Esta será una tipología abundante en cubiertas frías no utilizables en su intradós, los tableros cerámicos sobre tabiquillos palomeros. La sustitución de estos tableros podrá hacerse por tableros de hormigón, de bardos cerámicos de gran tamaño o de tableros aglomerados de fibras, de tableros de fibrocemento o de materiales sintéticos que permiten el acoplamiento de cualquier tipo de teja y que son impermeables. En cualquiera de las soluciones puede mantenerse el elemento de apoyo de los tableros, sean vigas de madera, metálicas, tabiquillos, formas de metales ligeros, correas, etc.
- **Cambios de tableros sobre forjados.** Será el caso de cubiertas habitualmente calientes en las que sobre forjados inclinados se han colocado los tableros apoyados en correas o incluso estas directamente están haciendo la función del tablero. También aquí caben todo tipo de combinaciones usando cualquiera de los tableros anteriores o introduciendo el aislamiento entre un doble juego cruzado de correas y parecillos sobre el forjado, sobre los que se colocarán el material de cobertura directamente.

2.3 REPARACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE COBERTURA.

Sin duda el tipo de reparación menos costosa y más fácil de ejecutar, si solamente se trata de sustituir este material sin ningún otro cambio en los elementos inferiores.(Esquema 19)

2.3.1 Cubierta planas.

En esta tipología de cubierta lo más habitual será el cambio de baldosín catalán u otro tipo de solado por otro, por estar este deteriorado y aprovechando para cambiar o introducir láminas impermeables, si es que no las tenía la cubierta. Es evidente que las posibilidades de diferentes tipos de láminas y de materiales de acabado son muy abundantes por lo que el técnico deberá decidir entre las que considere que se adaptan mejor a la tipología de la cubierta, al uso que vaya a tener y a la ubicación geográfica de la misma. En cualquier caso deberá levantarse el solado actual antes de proceder a la reparación, establecer las juntas de solado oportunas en la nueva colocación y elegir materiales en cualquier caso no heladizos y antideslizantes.

REPARACION DE LOS ELEMENTOS DE COBERTURA DE LAS CUBIERTAS

CUBIERTAS PLANAS

- NO DUPLICAR PENDIENTES CON OTRO MATERIAL SUPERPUESTO
- CONVENIENTE LEVANTAR SOLADO
- CAMBIO DE LAMINAS IMPERMEABLES
- CAMBIO DEL MATERIAL DEL SOLADO
 - MATERIALES NO HELADIZOS
 - MATERIALES ANTIDESLIZANTES
 - PAVIMENTOS FLOTANTES

CUBIERTAS INCLINADAS

- COMO NORMA GENERAL : EMPLEAR EL MISMO MATERIAL DE COBERTURA
- NO REPARAR PEQUEÑAS ZONAS CON MATERIALES DIFERENTES
- INTRODUCIR IMPERMEABILIZACIÓN BAJO MATERIAL DE COBERTURA
 - PLACAS ONDULADAS
 - LAMINAS IMPERMEABLES

Esquema 19

2.3.2 Cubiertas inclinadas

En este tipo de cubiertas la sustitución o reparación parcial del elemento de cubierta pasa por los condicionantes estéticos que han de tenerse en cuenta además de las consideraciones de tipo técnico. Como norma general deberá de usarse el mismo material que tuviese la cubierta, siempre que se trate de un edificio de alguna singularidad o algún grado de protección por las ordenanzas. Esta situación debe ser tenida especialmente en cuenta si se trata de reparaciones parciales, que deben efectuarse siempre con el mismo material de cubierta al del resto de la cubierta que se mantiene.

TOMO 3

CAPITULO II



PATOLOGÍA DE LAS FACHADAS Y SUS REVESTIMIENTOS

CAPITULO II**PATOLOGÍA DE LAS FACHADAS Y SUS REVESTIMIENTOS**

Fernando López Rodríguez

Indice:

1. PATOLOGÍA DEL LADRILLO	48
1.1 Defectos derivados de la fabricación del ladrillo	
1.2 Deterioro debido a las humedades o a la presencia de agua	
1.3 Expansión del mortero	
1.4 Deterioro debido a la expansión hídrica	
1.5 Deterioro debido a la contaminación atmosférica	
1.6 Deterioro debido a la cristalización de sales solubles.	
1.7 Las pintadas	
1.8 Fallos por movimientos del edificio	
2. PATOLOGÍA DE LOS REVOCOS	74
2.1 Patología debida a defectos de los componentes del revoco	
2.2 Patología debida a defectos de ejecución	
2.3 Patología debida a movimientos estructurales	
2.4 Patología debida a movimientos de elementos constructivos	
2.5 Patología debida a oxidación de elementos metálicos	
2.6 Patología debida a filtraciones de agua	
2.7 Otros	
3. PATOLOGÍA DE LA PIEDRA. CAUSAS QUE PRODUCEN SU ALTERACIÓN	84
3.1 Agua	
3.2 Viento	
3.3 Temperatura	
3.4 Atmósfera	
3.5 Oxidación de elementos metálicos	
3.6 Alteración del material	
3.7 Agentes biológicos	
3.8 Terremotos	
3.9 El hombre	
3.10 Movimientos del edificio	
4. CHAPADOS DE PIEDRA	100
4.1 Tipos de colocación	
4.2 Tipos de anclajes	
4.3 Desprendimiento	
4.4 Causas que pueden provocar la lesión	
4.5 Reparación	
4.6 Prevención	

1 PATOLOGÍA DEL LADRILLO

Existen una serie de patologías asociadas al ladrillo o a las fábricas realizadas con él.

Esas patologías puede clasificarse, de acuerdo fundamentalmente con el “Manual de diagnóstico y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos” de Rosa María Esbert y otros, en los siguientes grupos:

1.1 DEFECTOS DERIVADOS DE LA FABRICACIÓN DEL LADRILLO

- 1.1.1 Defectos producidos durante la preparación y moldeo
- 1.1.2 Defectos producidos durante el proceso de secado.
- 1.1.3 Defectos producidos durante la cocción.

1.2 DETERIORO DEBIDO A LAS HUMEDADES O A LA PRESENCIA DE AGUA

- 1.2.1 Humedad de capilaridad procedente del terreno.
- 1.2.2 Agua de lluvia.
- 1.2.3 Agua procedente de rotura de canalones, bajantes y otros conductos.
- 1.2.4 Heladas.

1.3 EXPANSIÓN DEL MORTERO

1.4 DETERIORO DEBIDO A LA EXPANSIÓN HÍDRICA

1.5 DETERIORO DEBIDO A LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

1.6 DETERIORO DEBIDO A LA CRISTALIZACIÓN DE SALES SOLUBLES.

- 1.6.1 Manifestaciones
 - a) Eflorescencias
 - b) Subeflorescencias y criptoeflorescencias
- 1.6.2 Origen
- 1.6.3 Composición
- 1.6.4 Factores que influyen en la cristalización de sales
 - a) Factores físicos
 - b) Factores químicos
 - c) Factores ambientales

1.7 LAS PINTADAS

1.8 FALLOS POR MOVIMIENTOS DEL EDIFICIO

- 1.8.1 A causa de fallos en la red de saneamiento
- 1.8.2 Por fallos del suelo, cimentación y estructura
- 1.8.3 Por empujes de cubierta
- 1.8.4 Por agentes exteriores
- 1.8.5 Por errores de ejecución

1.1 DEFECTOS DERIVADOS DE LA FABRICACIÓN DEL LADRILLO

Los principales defectos que pueden encontrarse en este grupo son los siguientes:

1.1.1 Defectos producidos durante la preparación y moldeo

CALICHE: Se debe al aumento de volumen de la cal viva (CaO), contenida en la pasta arcillosa al hidratarse $[Ca(OH)_2]$

DEFORMACIONES: Son alabeos, curvaturas y otros defectos de moldeo.

EXPOLIACIONES Y LAMINACIONES: Se originan por utilizar arcillas excesivamente plásticas durante el proceso de extrusión y también al moldear por prensado, si la prensa no ha compactado completamente la masa.

FISURAS: Cualquier discontinuidad que haya quedado en la pasta arcillosa derivará en fisura durante el secado o en la cocción.

1.1.2 Defectos producidos durante el proceso de secado.

Los defectos más importantes que se producen durante este proceso son los siguientes:

FISURACIONES Y GRIETAS: Pueden producirse como consecuencia de un secado demasiado rápido, o de una cocción de las piezas cuando no han completado el ciclo de secado.

DEFORMACIONES: Se producen cuando el proceso de secado no es uniforme dependiendo, por ejemplo, de la posición de la pieza en el secadero, del flujo de aire caliente, etc...

1.1.3 Defectos producidos durante la cocción.

DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA: Al no estar correctamente cocido el material (por no alcanzar la temperatura o no estar el tiempo suficiente) se producirán deformaciones y no se alcanzará la resistencia mecánica prevista.

MICROFISURACIONES: Si el contenido de cuarzo es elevado o se pasa bruscamente por la temperatura de 573° C se producen microfisuraciones alrededor de cada grano de cuarzo. (Es el cambio de fase de cuarzo de baja temperatura α a cuarzo de alta temperatura β)

CORAZON NEGRO (BLACK HEART): Se produce cuando el oxígeno no penetra en el centro de la pieza quedando sólo en la parte superficial.

DEFORMACIONES: Igual que durante el secado, las piezas pueden deformarse o fisurarse si se han fabricado con arcillas excesivamente plásticas.

1.2 DETERIORO DEBIDO A LAS HUMEDADES O A LA PRESENCIA DE AGUA

1.2.1 Humedad de capilaridad procedente del terreno.

- El agua penetra por capilaridad debido a la succión del material (para los ladrillos es entre 0,05 y 0,30 g/cm² x min.) la succión depende del tamaño de los poros.
- La porosidad puede alcanzar hasta el 40%
- El mortero, que es más poroso, facilita que el agua ascienda por las juntas.
- Si la fábrica de ladrillo tiene zócalo de piedra el agua asciende mejor por las juntas, pero luego no desciende por la gran facilidad del ladrillo para mantener el agua retenida.

En la fotografía nº 1 se aprecia la humedad que, absorbida por capilaridad, ha ascendido en la fábrica de ladrillo superando ampliamente el zócalo de fachada.



FOTO N° 1



FOTO N° 2

Algo similar ocurre en la fotografía nº 2 con un zócalo de mampostería de piedra de menor altura que el anterior.

En los dos casos citados el agua que sube desde el terreno parece que proviene de un nivel freático alto. Si se debiera a una rotura de la red de saneamiento probablemente aparecerían manchas de sales de color blanquecino.

La situación reflejada en la fotografía nº 3 corresponde también a una absorción de agua. En esta ocasión la fábrica está muy deteriorada. El agua parece encontrarse allí permanentemente y así es ya que se trata de un muro situado en Venecia.



FOTO N° 3

1.2.2 Agua de lluvia.

- El agua penetra por la presión de caída y el efecto del viento.
- La absorción de las gotas de lluvia en superficie es, en el ladrillo, mas de 4 veces superior, a la de los elementos de cerámica compacta.
- El deterioro por agua de lluvia es menor que el del agua de ascensión capilar.

1.2.3 Agua procedente de rotura de canalones, bajantes y otros conductos

Si las piezas encargadas de recoger el agua de lluvia fallan, se producirán, lógicamente, manchas de humedad en el entorno del punto donde se encuentra la rotura.

La fotografía nº 4 refleja la humedad procedente de la rotura del canalón.



FOTO N° 4

La rotura o desprendimiento de un tramo de bajante puede verse en la fotografía nº 5. Y la fuga de agua a través de las juntas de la bajante se muestra en la fotografía nº 6.



FOTO N° 5



FOTO N° 6



FOTO N° 7

En ocasiones la humedad no tiene una procedencia tan evidente como en los dos casos anteriores, y puede deberse a la rotura de algún conducto o tubería interior del edificio, como la que aparece en la fotografía nº 7.



También parece evidente que la humedad tan importante que se aprecia en la fachada de la fotografía nº 8 se debe a la rotura de algún desagüe interior de la vivienda.

Existe humedad por capilaridad en la zona inferior de la fachada pero se detiene a una determinada altura y la humedad superior pertenece a la rotura de un desagüe como ya se ha señalado.

FOTO N° 8

1.2.4 Heladas

- Su efecto nocivo se debe a la expansión del agua al congelarse en el interior de los poros.
- La resistencia a la helada de un producto de arcilla cocida es mayor al aumentar el porcentaje de poros de \varnothing superior a $0,25 \mu\text{m}$ ó $1 \mu\text{m}$.
- Los productos de arcilla cocidos a baja temperatura son más vulnerables a las heladas por tener un importante porcentaje de poros finos.
- La congelación sólo daña seriamente a la fábrica cuando está saturada y además presenta orientación norte.

Los efectos antes descritos, pueden contemplarse en la fotografía nº 9, donde, además de las humedades de capilaridad, el daño producido por las heladas ha deshecho varios ladrillos.

- La acción del hielo puede causar la desintegración y el desconchado de la superficie del material.



FOTO N° 9

Cuando existe una imposta o algún otro elemento saliente en la fachada de fábrica de ladrillo de un edificio se producen salpicaduras continuas de agua en la época de lluvias, que empapan el ladrillo y si le sigue a continuación una helada la consecuencia es la rotura de los poros y el desprendimiento de parte del ladrillo más próximo a la fachada como el caso de la fotografía nº 10 en el que el ladrillo tipo gafas ha perdido la lámina exterior.



FOTO N° 10

Si el ladrillo se encuentra en la parte más alta de una fábrica, sin protección superior, el proceso será igual cuando se produce la helada ya que el agua de lluvia penetra con facilidad tanto en las juntas como en el propio ladrillo. La presión lateral del hielo romperá el ladrillo. Esto puede verse en la fotografía nº 11.



FOTO N° 11

1.3. EXPANSIÓN DEL MORTERO

En ocasiones la calidad del mortero no es la adecuada y eso puede ocurrir en general en función de los materiales utilizados para prepararlo o, a veces, en alguna de las amasadas aisladas.

Un ejemplo de este último caso se aprecia en la fotografía nº 12 donde el mortero, que inicialmente se encuentra ligeramente rehundido, adquiere un volumen mayor en una de las juntas y consigue romper la arista y parte inferior del ladrillo.

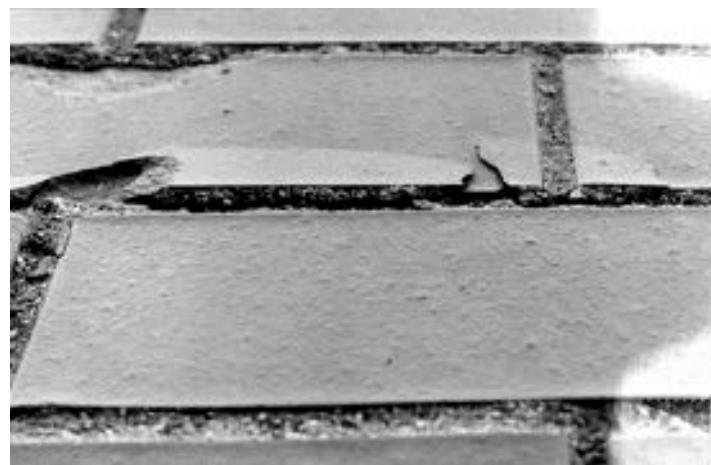


FOTO N° 12

Lo mismo ocurre en la imagen de la fotografía nº 13 siendo afectados varios ladrillos, tanto los superiores como los inferiores, a lo largo de la junta. Aquí se ve con claridad que en el resto de las juntas el mortero está rehundido.



FOTO N° 13

1.4 DETERIORO DEBIDO A LA EXPANSIÓN HÍDRICA

- Cuando los ladrillos se extraen del horno de cocción, toman humedad del medio que les rodea y se expanden. Este proceso, rápido en los primeros días, puede durar hasta 2 ó 3 años después.

Esta situación descrita puede verse en la fotografía nº 14



FOTO N° 14

- Se recomienda que los ladrillos recién sacados del horno no se coloquen en obra.

1.5 DETERIORO DEBIDO A LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

- La acción de la contaminación atmosférica puede ser tan devastadora que logra descomponer en pocos años lo que resistió siglos.
- El agente más agresivo es el ácido sulfúrico.

1.6 DETERIORO DEBIDO A LA CRISTALIZACIÓN DE SALES SOLUBLES.

1.6.1 Manifestaciones

a) Eflorescencias

- El término de eflorescencia fue definido en 1925 como “la formación de un depósito de sales minerales solubles sobre la superficie de una pieza cerámica terminada, por exposición de los agentes atmosféricos.”
- En principio, las eflorescencias no alteran, en absoluto, la durabilidad de la fábrica de ladrillo, alterando sólo el aspecto estético.
- No se deben confundir las eflorescencias con las manchas del mortero.

Las eflorescencias aparecen, con toda claridad, en la fotografía nº 15. La procedencia del agua, en este caso, es superior. Es el agua de lluvia que proviene del dintel del hueco.

Otra muestra de eflorescencia se ve en la fotografía nº 16, aunque en esta ocasión el agua proviene del suelo.



FOTO N° 15



FOTO N° 16

La imagen de la fotografía nº 17 es típica en los edificios de nueva construcción. Allí se aprecian de lejos las eflorescencias y de cerca se ven en la fotografía nº 18.



FOTO N° 17



FOTO N° 18

b) Subeflorescencias y criptoeflorescencias

- Estos términos se refieren a la cristalización de las sales en el interior de los materiales, quedando ocultas al observador, pueden estar cerca de la superficie o mucho más profundas.

1.6.2 Origen

- El origen de las sales solubles suele encontrarse en cualquiera de los elementos que componen la fábrica (ladrillo – mortero).
- Las sales solubles procedentes del ladrillo, tienen su origen en la materia prima (ladrillo – mortero), arcillas, en el agua de amasado y en los combustibles empleados durante la cocción (carbón).
- El mortero, constituido por aglomerante, agua y áridos, es, en muchos casos, la fuente más importante de sales solubles.

Otro de los orígenes posibles es la brisa marina cuando sopla desde el mar hacia la tierra llevando sales disueltas que penetran en los poros del ladrillo. La cristalización de estas sales consigue llegar a deshacer los ladrillos. Una muestra de lo dicho puede verse en las fotografías números 19, 20, 21, 22 y 23, realizadas en la fachada norte de la antigua Universidad Pontificia de Comillas situada en Cantabria y próxima al mar.



FACHADA NORTE DE LA UNIV. PONT. COMILLAS.

FOTO N° 19



FOTO N° 20



FOTO N° 21



FOTO N° 22



FOTO N° 23

1.6.3 Composición

- Las sales que suelen aparecer en la superficie de los ladrillos son:
 - Sulfatos de sodio, potasio, magnesio, calcio y hierro.
 - Carbonatos de calcio y sodio.
 - Cloruros de sodio.
- No todas las sales tienen la misma solubilidad. Algunas migran más fácilmente (sulfatos de sodio, potasio y magnesio), que otras (sulfato de calcio).

1.6.4 Factores que influyen en la cristalización de sales

a) Factores físicos

- Porosidad abierta o accesible al agua, capilaridad y permeabilidad.
 - Es necesario que el material sea poroso.
 - Los ladrillos con un porcentaje elevado de poros finos ($\phi < 0,25 \mu\text{m}$), ofrecen una durabilidad baja ante el fenómeno de la cristalización de sales.
- Absorción de agua del ladrillo
 - El valor mínimo de absorción de agua es el 6% para que se produzcan eflorescencias.
- Mecanismos de cristalización
 - La cristalización de sales puede producirse por enfriamiento del líquido en el que vayan disueltas, o por evaporación del mismo.
- Evaporación
 - La evaporación del agua es mayor en la superficie del ladrillo que en la del mortero.
- Superficie de contacto con el agua y superficie de evaporación
 - Las eflorescencias aparecen al finalizar la obra, porque los ladrillos han sido mojados por todas sus caras pero sólo secan por una cara.

b) Factores químicos

- Contenido de sales solubles en los ladrillos
 - Un ladrillo será más capaz de producir eflorescencias cuanto mayor sea el contenido de sulfatos solubles tanto en la arcilla como en el ladrillo.
 - Si las arcillas, en origen, contenían pirita, se producirán sulfatos.
- Aporte de sales solubles por parte de los morteros.
 - Los morteros poseen cantidades apreciables de sales solubles.

c) Factores ambientales

- Factores meteorológicos
 - Si la fábrica está a temperatura relativamente baja y sometida al viento y el sol se producirán eflorescencias. Estas suelen aparecer en primavera.
- Presencia de agua
 - El agua de ascensión capilar, el agua de lluvia y el agua empleada en la ejecución del mortero, son los principales vehículos para el transporte de sales.

1.7 LAS PINTADAS

Las pintadas son una patología, desgraciadamente cada vez más frecuente, de las fábricas de ladrillo. Una muestra de las mismas aparecen en la fotografía nº 24.



FOTO Nº 24

Cuando ya se han producido, es habitual que se tapen con pintura por ser más rápido, barato y cómodo. El resultado de este procedimiento siempre es malo.

Un grupo de investigadores del Consejo Superior de Investigaciones Científicas ha estudiado el problema realizando pruebas con distintos colores y materiales.

Las pruebas se han hecho con:

- Distintos tipos de pintura, incluso esmaltes.
- Colores rojo, naranja, negro, azul y verde.

Las pruebas preparadas se han dejado a la intemperie durante 6 meses.

Posteriormente se han intentado eliminar con productos tradicionales de mercado.

El resultado obtenido ha sido el siguiente:

- No todas las pinturas ofrecen igual resistencia.
- No todos los productos actúan igual. Su eficacia es muy variable
- Los tonos azul y verde son los más difíciles de quitar.
- Los esmaltes presentan serios problemas de eliminación.
- Algunos productos dejan veladura.

Se evidencia que es mucho mejor aplicar antes productos antipintadas, procurando evitarlas. Conviene que esos productos dejen transpirar al ladrillo y que actúen como hidrofugante.

Algunos consejos que deben seguirse al respecto son los siguientes:

- Conviene aplicar, si es posible, el producto en verano.
- Deben utilizarse pulverizadores de arriba abajo.
- Hay que usar productos a base de siloxanos o microceras.

1.8 FALLOS POR MOVIMIENTOS DEL EDIFICIO.

Cuando el edificio se mueve, las fábricas de ladrillo también lo hacen y a pesar de su gran flexibilidad suelen aparecer grietas.

Las causas por las que un edificio puede moverse son múltiples pero comentaremos a continuación las más habituales que son las siguientes.

1.8.1 Grietas causadas por fallos en la red de saneamiento

Si se rompe alguna arqueta o tubería de la red de saneamiento el agua arrastrará las tierras próximas produciendo vacíos que darán lugar a asientos de la cimentación del edificio y la aparición de grietas.

Estas serán, generalmente verticales, más anchas por abajo que por arriba.

1.8.2 Grietas causadas por fallo del suelo, cimentación y estructura

Los terrenos que pueden comprimirse con facilidad, como son los rellenos, pueden ceder bajo el peso del edificio si no está bien calculada la cimentación o si no se habían hecho estudios geotécnicos y por lo tanto se desconocía su existencia.

Según las características de cada caso pueden producirse giros, rotaciones, arrufos, quebrantos y otras diversas manifestaciones con grietas adecuadas a cada caso.

En las fotografías números 25, 26 y 27 se contempla una fábrica de ladrillo que recubre un pilar de hormigón directamente. Un pequeño asiento diferencial y el movimiento correspondiente de la estructura ha ocasionado la fisura que aparece en las fotos.



FOTO N° 25



FOTO N° 26



FOTO N° 27



FOTO N° 28

Algo similar ha ocurrido en el edificio de la fotografía nº 28 donde al ceder ligeramente las columnas del porche exterior se ha producido una fisura en la fábrica de ladrillo que puede apreciarse en la fotografía nº 29.

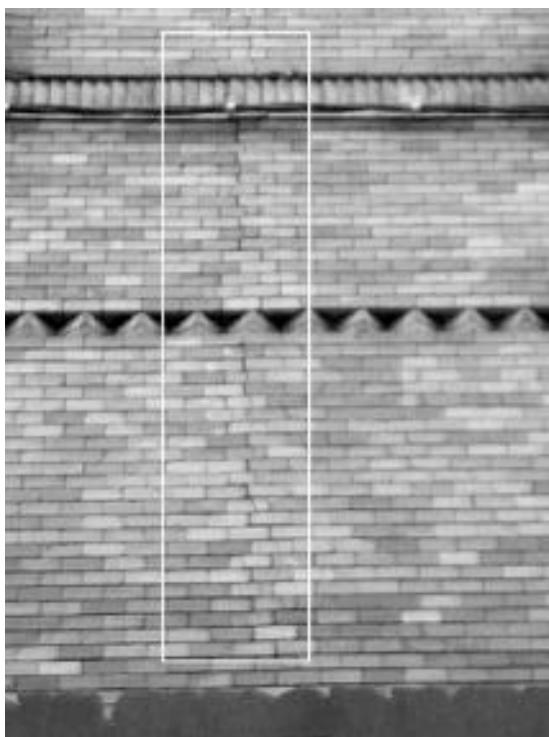


FOTO N° 29



FOTO N° 30

En la fotografía nº 30 se encuentra el acceso a dos aparcamientos. Son simétricos y el problema se produce por un movimiento de la fábrica causado por la colocación de un cargadero metálico insuficiente, no por la carga, que es pequeña, sino por la luz que es muy importante.

Lo curioso es que al ceder los dos cargaderos se han producido grietas diferentes.

En uno de los dos casos aparece una grieta vertical más ancha en la parte inferior lo que se ve en la fotografía nº 31.

En el otro caso la grieta es en parte inclinada y escalonada y el resto horizontal como aparece en la fotografía nº 32.



FOTO N° 31



FOTO N° 32

1.8.3 Grietas causadas por empujes de cubierta

Cuando la estructura de madera de una cubierta se encuentra dañada en la unión del par con el tirante y llega a partirse este nudo, el tirante deja de actuar y el par se desliza hacia abajo empujando el muro de fachada en el que aparecerá una grieta vertical más ancha en la parte superior.

Esto es lo que aparece en las fotografías números 33 y 34 la primera realizada a distancia y la segunda como detalle más cercano.



FOTO N° 33



FOTO N° 34

Un empuje puede aparecer también cuando una cubierta plana no se ha ejecutado adecuadamente. Si no se ha dejado en su perímetro espacio suficiente para absorber las dilataciones que se producen en verano el empuje causará una grieta horizontal rompiendo el peto de fábrica de ladrillo.

En la fotografía nº 35 puede verse este caso. Al llegar a la esquina, donde se encuentra el pilar, la grieta se hace vertical marcando la posición donde finaliza el pilar.



FOTO N° 35

Si el empuje es importante, además de la grieta, se desplazarán los ladrillos, como se ve en las fotografías números 36 y 37.



FOTO N° 36



FOTO N° 37

1.8.4 Grietas causadas por agentes exteriores

Por causas ajenas a lo que ocurre en el propio edificio pueden aparecer también grietas. Es el caso, por ejemplo, de actuaciones en su entorno como obras del Metro.

Si se producen excavaciones muy próximas a la cimentación puede quedar cortados los bulbos de presión de las zapatas desplazándose estas y produciendo grietas en la fábrica.

Algo frecuente en las plantas bajas de los edificios es la apertura de huecos para escaparates o grandes accesos a tiendas. Si la ejecución no se realiza de forma muy cuidadosa se producirán asientos que quedarán marcados en la fábrica de ladrillo, generalmente en forma de parábola escalonada como puede verse en la fotografía nº 38.



FOTO N° 38

Si la carga que soporta la fábrica de ladrillo es muy importante y este no es capaz de resistirla se producirán grietas verticales. Es la rotura por compresión que puede verse en las fotografías números 39, 40 y 41.

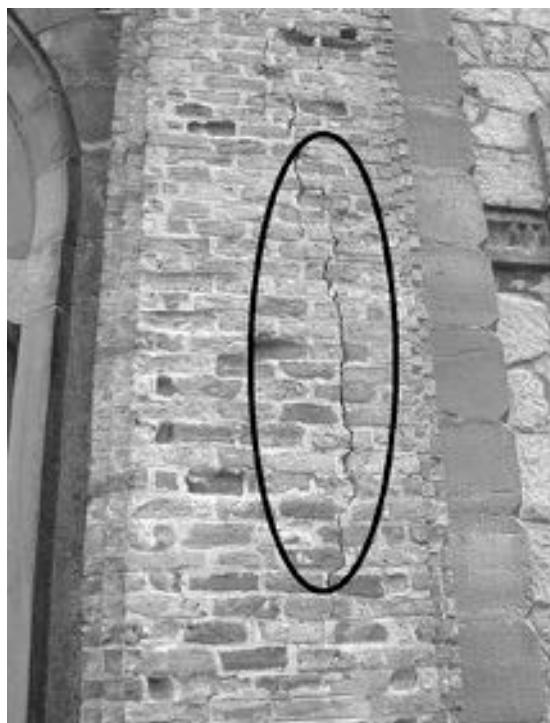


FOTO N° 39

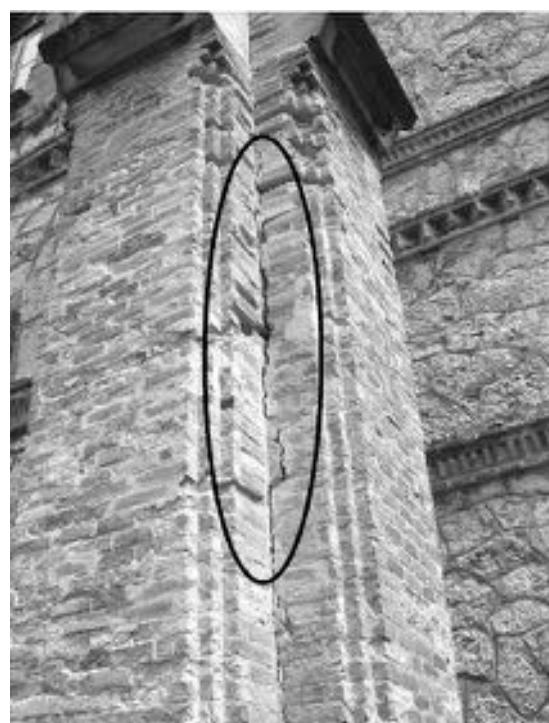


FOTO N° 40



FOTO N° 41



FOTO N° 42

En la fotografía n° 42 se aprecian dos cosas diferentes: por un lado hay una familia de grietas verticales que demuestran la rotura a compresión de la pilastra; por otra parte una zona de dicha pilastra se ha rehecho apareciendo de forma parcial la nueva fábrica.

1.8.5 Grietas originadas por errores de ejecución

Uno de los errores más frecuentes es la apertura de huecos, mal ejecutada, para aumentar el tamaño de los escaparates de los locales comerciales situados en las plantas bajas de los edificios.

Si esta operación no se realiza cuidadosamente, suele haber cedimientos de la fábrica y aparición de grietas en forma de arcos de elipse en la misma.

Este caso se da en el edificio de la fotografía nº 43 donde se ha ejecutado un importante hueco para el escaparate de la tienda de la planta baja.



FOTO N° 43

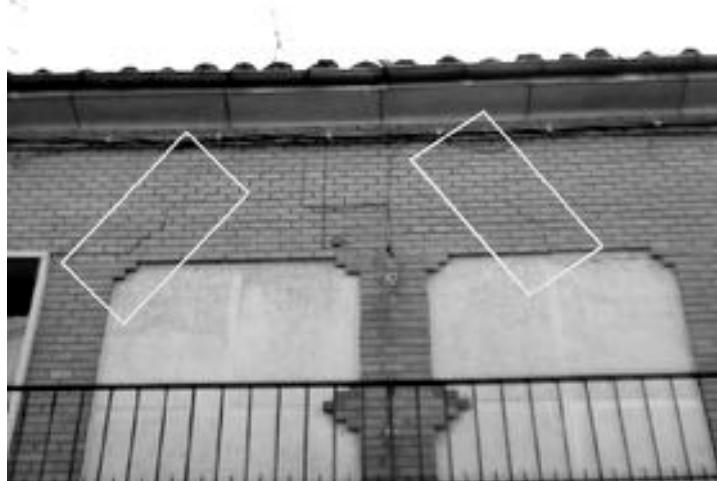


FOTO N° 44

La consecuencia son las grietas en arco de la fotografía nº 44.

Otro error que se produce en la ejecución de obras de nueva planta es el que se da cuando al ejecutar la nueva fábrica de ladrillo del cerramiento de fachada, esta no apoya suficientemente en el forjado de cada planta por fallo en el replanteo del mismo.

La fábrica de ladrillo se ejecuta, en ocasiones, por delante de la línea del forjado sin apoyar en este (ver fotografía nº 45).



FOTO N° 45

Algo similar ocurre en la fábrica que, en las fotografías números 46 y 47, pasa por delante de varios forjados sin ningún tipo de apoyo o recortando el ladrillo que queda con unas dimensiones mínimas a su paso por los forjados.



FOTO N° 46



FOTO N° 47

El arranque de la fábrica en la zona inferior de la fachada, cuando existe un muro de hormigón, debe realizarse con apoyo sobre un angular metálico. En la fotografía nº 48 se aprecia un apoyo incorrecto realizado con barras de acero ancladas al muro y perfil tubular metálico.



FOTO N° 48

Para el apoyo de la fábrica de ladrillo que sobresale de la alineación de los forjados es necesario colocar algún angular metálico como los que aparecen en la fotografía nº 49. El anclaje de este angular a la estructura de hormigón del edificio se ha hecho en el caso de la foto citada y en el de la fotografía nº 50 con una placa metálica anclada al canto del forjado. Esta solución no es totalmente correcta ya que lo mejor sería que el anclaje se produjera en la parte superior del forjado.



FOTO N° 49



FOTO N° 50

En la fotografía nº 51 se ve como el angular metálico colocado para el apoyo de la fábrica de ladrillo varía de dimensión en función de la posición del canto del forjado y de la alineación de fachada. En el caso del angular más pequeño no existe posibilidad de anclaje por la parte superior donde hay un forjado saliente pero el resto del angular puede anclarse a la parte alta del forjado como aparece en la fotografía nº 52.



FOTO N° 51



FOTO N° 52

Una vez ejecutada la fábrica el resultado es el que aparece en la fotografía nº 53. La separación de la fábrica respecto al forjado se aprecia en la fotografía nº 54 donde se ve la necesidad ineludible de anclar los cargaderos metálicos a la cara superior de los forjados.



FOTO N° 53



FOTO N° 54

En el caso de los cargaderos metálicos de los huecos de fachada que se encuentran a haces interiores del cerramiento, el anclaje puede realizarse como aparece en las fotografías números 55 y 56. En esta última se aprecia un elevado grado de oxidación de la placa y la pletina como consecuencia de haber permanecido a la intemperie durante mucho tiempo por una paralización eventual de la obra.



FOTO N° 55



FOTO N° 56

Si una junta de dilatación tiene una anchura insuficiente pueden producirse fisuras en los ladrillos del entorno como las que aparecen en la fotografía nº 57

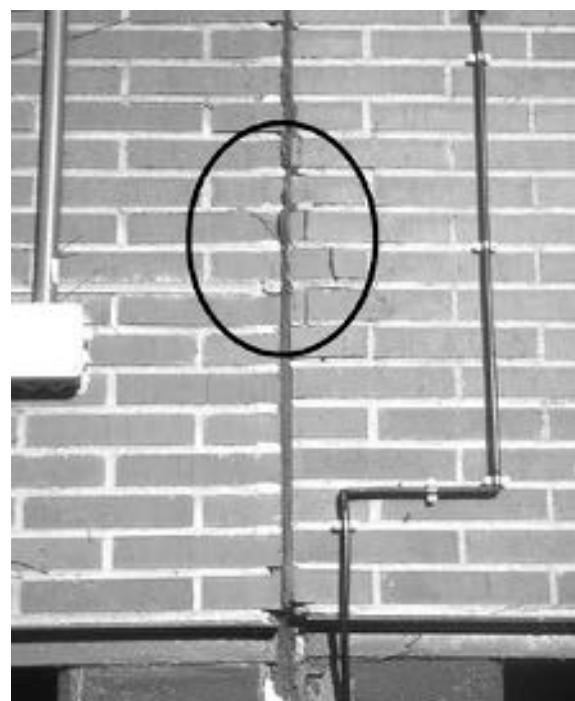


FOTO N° 57

También se cometen errores al sustituir los ladrillos antiguos por otros nuevos, unas veces al hacerlo mediante revoco de ladrillo fingido como el de la fotografía número 58, y otras al hacerlo con ladrillos nuevos donde, generalmente, se producen diferencias de textura, color y acabado de las llagas (Ver fotografía nº 59).



FOTO N° 58



FOTO N° 59

Cuando hay ladrillos rotos o deteriorados y es necesaria su sustitución debe hacerse cuidadosamente. En primer lugar se eliminan todos los ladrillos que estén en mal estado y se deja el paño limpio (ver fotografía nº 60).

Después se eligen los ladrillos de acuerdo con su dimensión, textura y color, se realizan varias pruebas para conseguir que el color del mortero sea lo más parecido al de la fábrica existente.

Tras ejecutar la reparación conviene comprobar que no se notan diferencias de tono exageradas, si así fuera se puede teñir la superficie de los ladrillos y una vez seco, aplicar un protector de superficie. El resultado final puede contemplarse en la fotografía nº 61.



FOTO N° 60



FOTO N° 61

Para conseguir un tratamiento del ladrillo, que iguale el color de los que están próximos a él debe utilizarse el siguiente procedimiento:

1. Preparar pigmentos naturales dispersos en acetona y aplicarlo sobre la superficie del ladrillo.
Los ladrillos no tienen siempre el mismo color por lo que deben prepararse varias muestras y aplicarlas de forma salteada, tal como aparece en la fábrica que se quiere reparar.
2. Para que la aplicación anterior quede fija al ladrillo se colocará una emulsión acrílica tipo Paraloid o xiloxanos.

Si al hacer la reparación el ladrillo no se ha elegido adecuadamente y el color difiere mucho del original existente en la fachada se verá con facilidad la diferencia de tono. En la fotografía nº 62 la reparación que se ha realizado para empotrar las bajantes que existían en la fachada deja ver este defecto que estamos comentando.



FOTO Nº 62

Otro defecto de ejecución de la fábrica se encuentra en la restauración que aparece en la fotografía nº 63 con un resultado muy heterogéneo.



FOTO Nº 63

2 PATOLOGÍA DE LOS REVOCOS

Los revocos son revestimientos continuos aplicados sobre la superficie exterior de las fachadas de los edificios. Los que se realizaban antiguamente estaban compuestos por un mortero de cal, arena y agua que se colocaba en varias capas o túnicas delgadas. Estos revocos, hoy en día, suelen aplicarse sólo en su capa final, sobre una primera capa que es un enfoscado realizado con mortero de cemento.

Existen numerosas causas por las que un revoco puede encontrarse lesionado. Su patología puede clasificarse tal como se indica seguidamente:

2.1 PATOLOGÍA DEBIDA A DEFECTOS DE LOS COMPONENTES DEL REVOCO

- 2.1.1 La arena
- 2.1.2 La cal
- 2.1.3 Los pigmentos

2.2 PATOLOGÍA DEBIDA A DEFECTOS DE EJECUCIÓN

2.3 PATOLOGÍA DEBIDA A MOVIMIENTOS ESTRUCTURALES

- 2.3.1 De cimentación
- 2.3.2 De estructura
- 2.3.3 De cubierta

2.4 PATOLOGÍA DEBIDA A MOVIMIENTOS DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

- 2.4.1 Empuje de cubierta

2.5 PATOLOGÍA DEBIDA A OXIDACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS

2.6 PATOLOGÍA DEBIDA A FILTRACIONES DE AGUA

- 2.6.1 De cubierta
- 2.6.2 De instalaciones de fontanería y desagües
- 2.6.3 Absorbidas por capilaridad
- 2.6.4 A través de los petos
- 2.6.5 A través de impostas

2.7 OTROS

- 2.7.1 Reparaciones anteriores
- 2.7.2 Manchas provocadas por bajantes
- 2.7.3 Pinturas sobre el revoco
- 2.7.4 El hombre

A continuación, se comentan, uno a uno, cada caso:

2.1 PATOLOGÍA DEBIDA A DEFECTOS DE LOS COMPONENTES DEL REVOCO

2.1.1 La arena

La arena hace poroso el mortero y permite el fraguado. Hay muchos tipos de arena que pueden utilizarse. El uso de algunas de ellas van a producir problemas posteriores. Este es el caso de las siguientes:

La arena de mica contiene humus y ello va a producir eflorescencias. En el caso de que se quiera utilizar debe lavarse previamente y secarse.

La arena arcillosa (con una cantidad excesiva de arcilla) producirá grietas en el mortero.

La arena de río suele llevar mina y eso producirá también eflorescencias.

2.1.2 La cal

La cal se obtiene a partir de la piedra caliza que es un carbonato cálcico (CO_3Ca). Cuando se calienta en el horno y alcanza, al menos, una temperatura de 800°C , el anhídrido carbónico (CO_2) se desprende y pasa al aire, quedando sólo la cal viva (CaO). Esta cal viva se sumerge en fosas para su apagado añadiéndose agua y obteniendo el hidróxido cálcico $\text{Ca}(\text{OH})_2$. El proceso es el siguiente:



Al calentar la piedra caliza en el horno, éste puede ser de carbón, de leña o eléctrico. Los de leña producen buenas cales y los eléctricos excelentes. Sin embargo los hornos de carbón producen ácido sulfuroso que luego reaccionará convirtiéndose en yeso y un porcentaje del 5% o más de yeso impide la trabazón de los colores y produce eflorescencias.

Cuando la cal se apaga en las fosas de mampostería las sales solubles, responsables de la aparición de eflorescencias, se depositan en el fondo. Por lo tanto no conviene remover la cal apagada sino retirar cuidadosamente la espuma que queda en la parte superior y recoger el resto de la cal apagada procurando no agitarla para que las sales solubles no se incorporen al mortero.

No todas las cales puede utilizarse para preparar un revoco. Las cales grises, la cal de Viena, cal de polvo o ensacada, y cales de carburo son inservibles. La cal bastarda produce eflorescencias ya que contiene yeso.

La cal blanca graso o cal de mármol es la mejor.

Antiguamente se consideraba que el tiempo necesario para que una cal quedara completamente apagada, eran dos años. Si ese tiempo se reduce

considerablemente parte de la cal quedará sin apagar. A esos granos de cal viva, sin apagar, se les conoce con el nombre de “caliches”.

Los caliches se incorporan al mortero y quedan en la superficie del revoco. Cuando llueve la cal se hidrata, el caliche aumenta de volumen y rompe el revoco de su entorno.

2.1.3 Los pigmentos

Los pigmentos se añaden al mortero para conseguir el color deseado. Pueden ser naturales o artificiales. Los naturales tienen la ventaja de no perder el color. Los artificiales pueden ser de diferente calidad. Algunos se decoloran con el paso del tiempo y el contacto con el agua.



FOTO 1

En la fotografía nº 1 se aprecia como el color rojo del revoco va perdiéndose, probablemente al estar en contacto con el agua de lluvia que cae desde los balcones.

2.2 PATOLOGÍA DEBIDA A DEFECTOS DE EJECUCIÓN

Ya hemos dicho que es frecuente, ahora, aplicar el revoco sobre un enfoscado. Por lo tanto debe cuidarse la ejecución del enfoscado ya que, cualquier defecto que tenga, aparecerá posteriormente en la superficie exterior del revoco.

Debe evitarse preparar el mortero del enfoscado directamente en el suelo ya que allí existen yesos, materia orgánica, etc...

El revoco puede acabarse de distintas formas como, por ejemplo, imitando sillares o realizando ladrillo fingido. En ambos casos es necesario dividir el paño en muchos rectángulos. Esta división debe realizarse con un llaguero redondo que aplastará el mortero. Pero a veces, erróneamente, se usa la punta de la paleta para marcar la junta. Con este procedimiento el revoco queda cortado y luego se desprende con facilidad.

Cuando se interviene en una fachada que se va a restaurar, debe comprobarse, previamente, si el revoco está desprendido de la base. Si así fuera debe picarse completamente. Si sólo estuviera desprendida la capa superficial debe picarse también manteniendo la capa inferior bien adherida. De no seguir este procedimiento cuando se aplique una nueva capa final, ésta se desprenderá.

Si la reparación afecta a una grieta, deberá picarse el paramento en forma de V, después hay que enripiar rellenando el espacio para evitar que una gran masa del revoco pueda fisurarse al fraguar. Finalmente, antes de aplicar la capa de revoco de acabado, debe pasarse una esponja húmeda por los bordes del enfoscado para que esta irregularidad no aparezca luego sobre la superficie.

Ya se ha dicho que los revocos deben realizarse en varias capas o túnicas delgadas. Al iniciarse el fraguado de la primera capa se aplicaba la segunda que quedaba unida a ella y así sucesivamente con el resto de las capas. El espesor final del revoco estaba formado por no menos de 5 capas.

Si no se realiza de esta forma y se comete el error de colocar el revoco con una sola capa de gran espesor, esta se desprenderá y caerá. Esta caso puede verse en la fotografía nº 2.



FOTO N° 2

Cuando se aplica un revoco sobre otro revoco más antiguo, si éste no ha sido repicado convenientemente es muy probable que el nuevo se desprenda.

Esto es lo que ha ocurrido en el caso reflejado en la fotografía nº 3 donde se ve con claridad como se ha desprendido el revoco final y bajo él se aprecia el revoco antiguo.



FOTO N° 3

2.3 PATOLOGÍA DEBIDA A MOVIMIENTOS ESTRUCTURALES

Cuando la estructura del edificio se mueve, el revoco lo acusará con la aparición de grietas en su superficie.

2.3.1 Movimientos de cimentación

Si se produce un fallo de cimentación en el revoco aparecerá la grieta que señala el movimiento.

Esta grieta puede ser vertical arrancando en el suelo y con una anchura mayor abajo que arriba, si se trata de un fallo puntual bajo una zapata corrida.

La grieta puede tener forma de parábola o de familia de parábolas cuyo eje indica la zona que está hundiéndose. Esto ocurre cuando, por ejemplo, se rompe un pozo de la red de saneamiento arrastrando las tierras del entorno dejando sin apoyo la cimentación.

2.3.2 Movimientos de estructura

Si la estructura es de entramado de madera y, por problemas de pudrición o ataque de insectos xilófagos, algún pié derecho falla en su apoyo y se desplaza hacia abajo, se producirá una grieta vertical en el revoco junto al pié derecho.

2.3.3 Movimientos de cubierta

Cuando la cubierta del edificio es de estructura de madera pueden producirse goteras llegando el agua a depositarse en la unión de las piezas. Si la pudrición o los insectos llegaran a romper la cabeza de los tirantes de madera, los pares se deslizarían hacia abajo empujando el muro de fachada en el que aparecería una grieta vertical más ancha arriba que abajo.

2.4 PATOLOGÍA DEBIDA A MOVIMIENTOS DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

2.4.1 Empuje de cubierta

Ocurre, a veces, que aparecen grietas en el revoco como consecuencia del movimiento de algún elemento no estructural como es el caso de las cubiertas planas cuando no están correctamente ejecutadas.

Si la cubierta no ha previsto las juntas de dilatación necesarias pueden producirse, en verano, empujes que afecten al peto apareciendo grietas horizontales en el mismo.

2.5 PATOLOGÍA DEBIDA A OXIDACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS

Cuando los elementos metálicos se oxidan pueden llegar a aumentar su volumen hasta nueve veces el inicial. Esto hace que el revoco situado junto a ellos se agriete inicialmente. Esta grieta permitirá el paso del agua que conseguirá empujar el revoco hacia el exterior.

La situación mencionada se produce, frecuentemente, en la conexión de barandillas y balcones con la fachada tal como puede verse en la fotografía nº 4. Allí se aprecian las manchas de humedad que, más adelante, llegarán a ser desprendimientos como aparecen en la fotografía nº 5.



FOTO N° 4



FOTO N° 5

2.6 PATOLOGÍA DEBIDA A FILTRACIONES DE AGUA

El agua es, probablemente, el peor enemigo que tiene el revoco, pero no el agua exterior sino aquella que consigue introducirse en el muro. Cuando el muro está húmedo el revoco se desprender de la base y cae al exterior.

2.6.1 Filtraciones de cubierta

Cuando se produce un fallo en el canalón que se rompe o se inclina excesivamente el agua penetra en el muro. El resultado es el desprendimiento que se ve en la fotografía nº 6.



FOTO N° 6

2.6.2 Filtraciones de instalaciones de fontanería y desagües

El fallo puede producirse por rotura de una bajante y la consecuencia es la misma. El agua penetra en el muro y empuja el revoco hacia el exterior. Esta situación queda reflejada en la fotografía nº 7 y también en la nº 8.



FOTO N° 7



FOTO N° 8

2.6.3 Filtraciones absorbidas por capilaridad

Como en los casos anteriores el agua absorbida por capilaridad empapará el muro y también desprenderá el revoco.

Inicialmente aparecerá una mancha de humedad y si hubiera materia orgánica o sales solubles aparecerían eflorescencias como las que se muestran en la fotografía nº 9.



FOTO N° 9

2.6.4 A través de los petos

Cuando los petos de cubierta o los de los balcones, que están realizados con fábrica de ladrillo y revestidos con revoco, están rematados, superiormente, con piezas cerámicas, prefabricadas o de piedra, puede que el mortero que rellena las juntas entre las piezas se haya perdido y en ese caso el agua penetra con facilidad en el muro inferior consiguiendo de nuevo expulsar el revoco empujándolo hacia el exterior.

2.6.5 A través de impostas

Los elementos que sobresalen de la línea de fachada, como ocurre con las impostas, reciben una gran cantidad de agua de lluvia. A veces queda depositada sobre ella y otras el impacto hace aparecer pequeñas fisuras en el revoco a través de las cuales el agua pasa al muro de fábrica y empuja al revoco desprendiéndolo.

En la fotografía nº 10 se aprecia este proceso que está produciendo la descomposición de la imposta y el desprendimiento de parte del revoco superior a la misma.



FOTO N° 10

2.7 OTROS

2.7.1 Reparaciones anteriores

Si una parte del revoco se hubiera desprendido y, posteriormente, se ha reparado, es posible que dicha reparación no se hubiera realizado adecuadamente.

Este es el caso de la fotografía nº 11 donde los parches reparados tienen un color diferente al original.

Lo mismo ocurre en la reparación que se refleja en la fotografía nº 12. El parche afecta a varios sillares de fachada pero sólo parcialmente.



FOTO N° 11



FOTO N° 12

Al no conseguir igualar ni la textura ni el color, la reparación se nota demasiado. Deberían haberse picado los sillares completos para conseguir que se notara menos la zona afectada.

2.7.2 Manchas provocadas por bajantes

Cuando llueve, el agua se desliza por la bajante. Si esta bajante, el llegar a la planta baja, se introduce en el edificio se producirá una mancha en la fachada, en la vertical de la bajante.

La manera de evitar esa mancha es colocar una pieza metálica, que recoja el agua de lluvia y la lleve al suelo mediante un goterón. Esta pieza se conoce con el nombre de “pañuelo”.

2.7.3 Pinturas sobre el revoco

Si se aplica una pintura sobre la superficie del revoco, esta debe permitir el paso del aire desde el interior del muro y revoco hasta el exterior. De no ser así la pintura se desprenderá tal como aparece en las fotografías números 13 y 14.



FOTO N° 13



FOTO N° 14

2.7.4 El hombre

Además de todas las causas anteriores que causan patología en el revoco existe la posibilidad de que el hombre produzca impactos, fracturas, etc.., sobre el mismo.

Otra causa imputable al hombre es la guerra. La fotografía nº 15 representa el resultado del bombardeo sobre una iglesia de la población de Belchite. Los resultados sobre los revocos esgrafiados se reflejan en las fotografías números 16 y 17.



FOTO Nº 15



FOTO Nº 16



FOTO Nº 17

3 PATOLOGÍA DE LA PIEDRA. CAUSAS QUE PRODUCEN SU ALTERACIÓN

Son numerosas las causas que producen alteraciones en la piedra. Las más importantes son las que quedan reflejadas en la siguiente clasificación:

3.1 AGUA

- 3.1.1 Aguas marinas
- 3.1.2 Aguas de lluvia
- 3.1.3 Aguas absorbidas por capilaridad

3.2 VIENTO

3.3 TEMPERATURA

- 3.3.1 Cambios de temperatura
- 3.3.2 Heladas

3.4 ATMÓSFERA

- 3.4.1 Sulfatación
- 3.4.2 Derivados del carbón y del petróleo
- 3.4.3 Otros contaminantes

3.5 OXIDACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS

3.6 ALTERACIÓN DEL MATERIAL

- 3.6.1 De tipo estructural
- 3.6.2 Fisuras y desprendimientos

3.7 AGENTES BIOLOGICOS

3.8 TERREMOTOS

3.9 EL HOMBRE

3.10 MOVIMIENTOS DEL EDIFICIO

Analicemos ahora, algo más detenidamente, cada una de ellas y empecemos por la que no sólo es capaz de alterar la piedra sino que, curiosamente, será uno de los elementos utilizados en su limpieza, el agua.

3.1 AGUA

El agua es uno de los enemigos más importantes de la piedra. No debe olvidarse que las alteraciones de la piedra se producen casi siempre en presencia de la humedad. Las aguas que pueden producir el inicio del ataque se subdividen en:

- Aguas marinas
- Aguas de lluvia
- Aguas absorbidas por capilaridad

3.1.1 Aguas marinas

Las aguas marinas llevan sales de disolución y son éstas las responsables de la degradación. También hay que considerar los organismos vivos que se depositan en la superficie de la piedra.

Esta agresión se produce cuando ocurre alguna de estas dos circunstancias:

Elevación del nivel del agua del mar, o descenso de las tierras próximas en ciudades de la costa. Este es el caso de Venecia que se puede poner como ejemplo típico.

La fotografía nº 1 nos muestra la plaza de San Marcos en un momento en el que el agua del mar alcanza su máximo nivel y, además de inundar la plaza, entra en contacto con la piedra de la fachada de la Basílica. El agua del mar penetra en los poros y allí se queda aunque el nivel del mar descienda. A continuación, cuando las condiciones de humedad y temperatura son las adecuadas, se produce la cristalización de las sales, que se encontraban disueltas en el agua. Al cristalizar se produce un incremento del volumen y la consiguiente presión sobre las paredes laterales del poro. Cuando el poro tiene una sección circular la presión se compensa, pero si el poro tiene una sección elíptica, los cristales se acumulan en los extremos de la elipse y al aumentar de volumen son capaces de romper el poro. Esta fractura, unida a la que se produce en los poros contiguos, da lugar a exfoliaciones por capas generalmente paralelas a la superficie de la piedra.



FOTO 1



FOTO 2

La fotografía nº 2 refleja la actual situación de Venecia.

Los turistas se sientan en lo que parecen ser bancos, cuando, en realidad, son pasarelas de base metálica y pavimento de madera que sirven para poder desplazarse por la plaza cuando sube el nivel del mar. Esto demuestra que el problema no se ha resuelto aún y el agua salina sigue contaminando los edificios de piedra del entorno.

Creación de embalses, presas, etc..., que conllevan la inundación de ciudades, pueblos o monumentos. Las aguas no son precisamente marinas pero los efectos sobre los monumentos son análogos a las producidas en aquellas. Un ejemplo de este tipo podría ser la realización de la presa de Assuan en Egipto y la permanencia bajo las aguas de varios de los monumentos allí existentes.

En la fotografía nº 3 puede verse parte del templo de Philae sumergido en el agua. Además de los problemas ya citados anteriormente se manifiesta una línea horizontal, en la parte alta de la columna, que refleja el depósito de materia orgánica. Los microorganismos atacarán la piedra en esa zona.



FOTO 3

3.1.2 Aquas de lluvia

En algunos casos sus efectos son beneficiosos porque sirven para eliminar parte de los productos que se encuentran en la atmósfera y que se han depositado sobre las piedras. Es el caso de los sulfatos.

La cubierta con piedra labrada que puede verse en la fotografía nº 4 nos enseña como se han producido fracturas en la unión entre sillares. También se aprecia que la fachada del edificio está sucia excepto en una zona que corresponde precisamente con el punto por donde desagua la cubierta; esa limpieza puntual indica que la suciedad es soluble en agua y esta puede, por lo tanto, ser utilizada para limpiar la fachada.



FOTO N° 4

Sin embargo, en otros casos, ayudan a esos mismos agentes atmosféricos para atacar la piedra. Es conocida la reacción del anhídrido sulfúrico con el agua para convertirse en ácido sulfúrico.



Por otro lado el agua de lluvia queda depositada en los poros de la piedra pudiendo convertirse en hielo si la temperatura desciende lo suficiente y producir estallidos y roturas.

3.1.3 Aguas absorbidas por capilaridad

Estas aguas penetran normalmente en la parte interior de los muros de cerramiento de los edificios y su ataque tiene mayor o menor efectividad en función de la porosidad de la piedra. A veces llega a descomponerla de tal forma que el muro puede ceder por aplastamiento del material.

Una muestra de lo dicho se aprecia en la fotografía nº 5 en la que las aguas absorbidas por capilaridad alcanzan una altura superior a una planta completa.

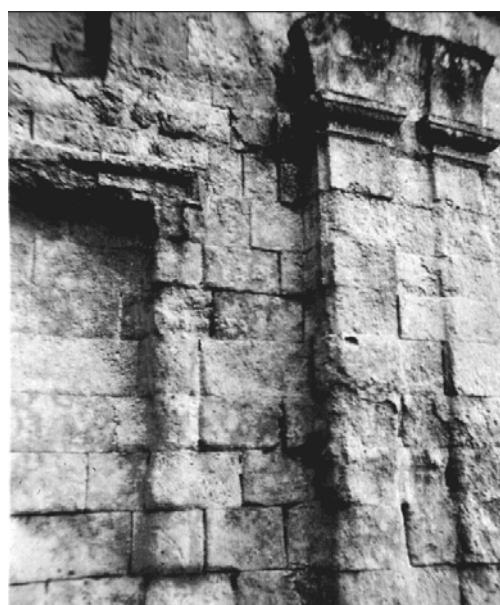


FOTO N° 5



FOTO N° 6

La altura que el agua puede llegar a alcanzar está en función de las características de la piedra. En la fotografía nº 6 el agua llega hasta una línea horizontal claramente definida. En este caso el agua desgasta la piedra de tal forma que los sillares se comportan como una pastilla de jabón que va desgastándose por los bordes y redondeándose. Es mucho menor la altura a la que ha llegado el agua en la fotografía nº 7, alcanzando sólo dos



hiladas pero produciéndose un gran daño con pérdida, por exfoliación, de varios centímetros de espesor.

3.2 VIENTO

Produce graves erosiones superficiales porque siempre lleva partículas en suspensión. Su efecto puede llegar a hacer irreconocibles las formas esculpidas en la piedra.

Un ejemplo de esa erosión se aprecia claramente en el Monasterio de Santa María de Egara en Tarrasa. En el capitel de la fotografía nº 8, las máscaras teatrales existentes han quedado totalmente desdibujadas y el rosetón de la fotografía nº 9 deja ver como la erosión, además de ir redondeando los relieves ha dejado numerosos pequeños agujeros.

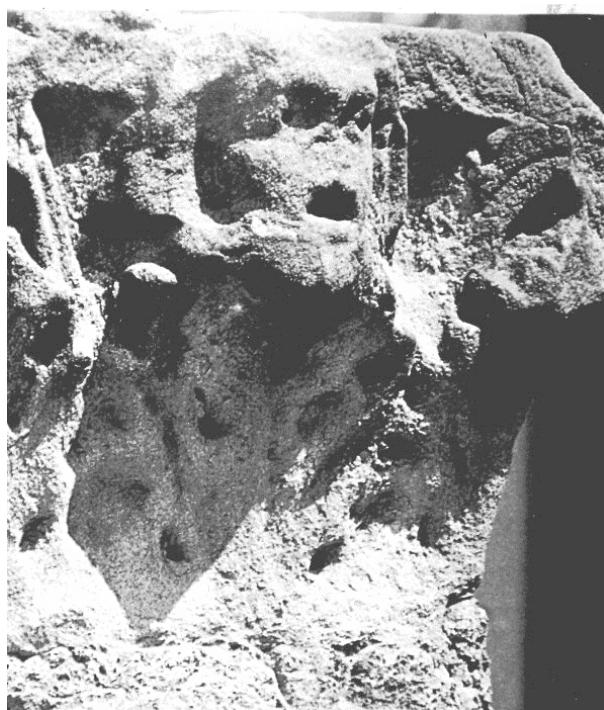


FOTO N° 8

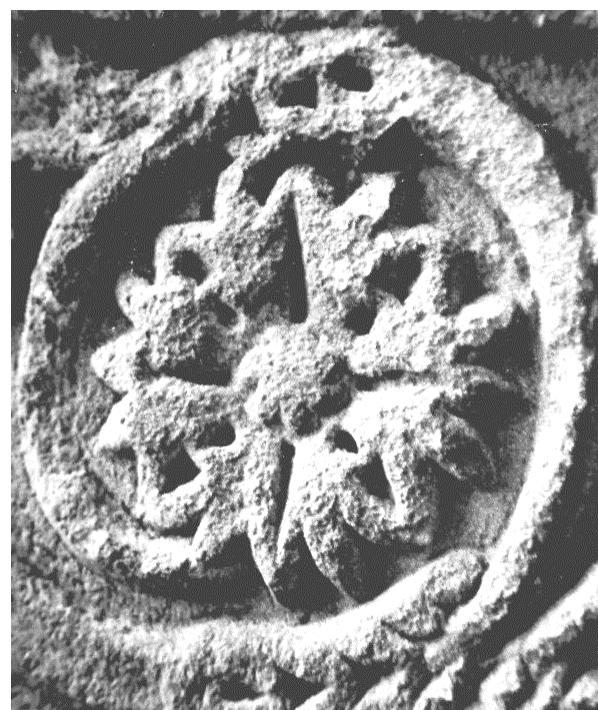


FOTO N° 9

El arco romano de Medinaceli (Soria) que aparece en la fotografía nº 10 muestra el resultado del impacto de pequeñas partículas arrastradas por el viento, dejando la superficie llena de alvéolos y eliminando todas las aristas vivas del adorno rasurado.



FOTO N° 10

3.3 TEMPERATURA

3.3.1 Cambios de temperatura

Actúa en dos casos de forma diferente. En primer lugar puede producirse de manera constante un cambio importante de temperatura, una diferencia térmica alta, por ejemplo entre el día y la noche. Esto produce tensiones internas, capaces de hacer estallar el material.

En el templo egipcio de la fotografía nº 11 aparece partida una pieza de piedra que actúa como viga apoyada en dos columnas. Ni la carga superior, ni la distancia entre apoyos justifican la rotura. En este caso ha sido el salto térmico constante entre el día y la noche el causante del fallo.

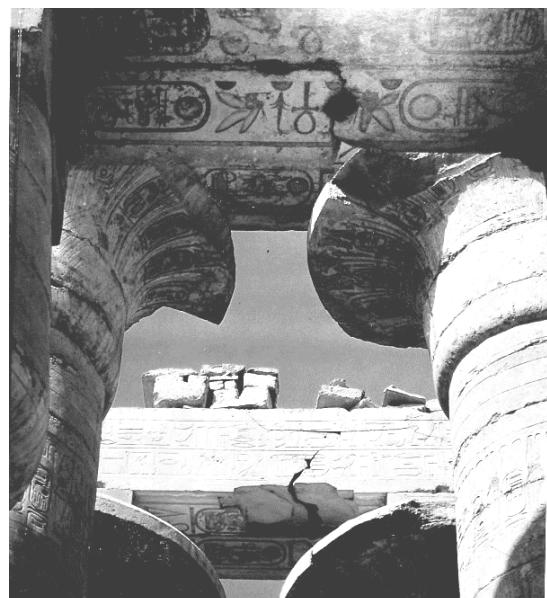


FOTO N° 11

3.3.2 Heladas

En segundo lugar está la situación que provocan las heladas. Además de las tensiones, su efecto puede producir desprendimientos de zonas que tuvieran agua superficial, que aumenta de volumen al congelarse.

En la fotografía nº 12 se aprecia lo que se puede encontrar habitualmente en las fachadas de los edificios que tienen elementos de piedra, al exterior tales como el balcón cuyo extremo, encerrado en el círculo, se encuentra en muy mal estado.



FOTO N° 12

El agua depositada sobre el balcón penetra en los poros de la piedra y al bajar la temperatura, en los días fríos de invierno, se produce la congelación de forma brusca convirtiéndose el agua en hielo y aumentando su volumen de forma inmediata, ejerciendo este hielo sobre la paredes de su entorno una presión próxima a los 500 Kg/cm².

Al principio, cuando ha penetrado poco agua se producen fisuras como las que aparecen en las fotografías números 13 y 14.



FOTO N° 13



FOTO N° 14

Por aquellas primeras fisuras el agua entra después con más facilidad y al producirse nuevas heladas los daños van siendo mayores como se aprecia en las fotografías números 15 y 16.



FOTO N° 15



FOTO N° 16

Y así el proceso continúa, haciéndose cada vez más graves las lesiones producidas en la piedra que sufre grandes desprendimientos como se ve en las fotografías números 17 y 18.



FOTO N° 17



FOTO N° 18

Este problema no sólo afecta a los balcones sino también a cualquier otra pieza, realizada en piedra, que sobresalga de la fachada tales como peanas (ver fotografía nº 19) o cualquier elemento decorativo (ver fotografías números 20, 21 y 22).



FOTO N° 19



FOTO N° 20



FOTO N° 21



FOTO N° 22

3.4 ATMÓSFERA

La industrialización causa una contaminación de la atmósfera dejando en ella dos importantes agentes que, luego atacarán la piedra:

Los iones SO_2 y SO_3 que luego se convertirán en sulfatos.
Los derivados del carbón y del petróleo

3.4.1 Sulfatación

Los primeros dejan manchas de color pardo, sobre todo en las zonas que no son lavadas por el agua de lluvia.

Los Propileos de la Acrópolis de Atenas tienen externamente (foto nº 23) las manchas de color pardo claro que corresponden a los sulfatos.



FOTO N° 23

3.4.2 Derivados del carbón y del petróleo

Los segundos dejan manchas negras en la superficie.

Los bajorrelieves de Fidias (foto n° 24) reflejan las manchas oscuras que corresponden a la contaminación producida por los derivados del carbón y del petróleo.

Se puede ver que las zonas más oscuras son aquellas que se encuentran más rehundidas y por lo tanto a la hora de limpiar serán los puntos más difíciles. Las zonas exteriores están generalmente más limpias porque el agua de lluvia se encarga de eliminar parte de la suciedad adherida a la superficie.

Probablemente no será posible eliminar la suciedad de las zonas interiores, utilizando un solo método de limpieza. Lo normal será tener que aplicar diferentes métodos que van desde los más suaves hasta los más agresivos para poder dejar la superficie lo más limpia posible.



FOTO N° 24

La fotografía nº 25 tomada en la catedral de Burgos muestra la enorme diferencia existente entre dos paños del mismo edificio uno de los cuales se encuentra situado en una calle de intenso tráfico.

Los sulfatos se depositan en los poros de la piedra y cuando se produce un aumento de la humedad relativa del aire, los cristales en los que se han convertido, se hidratan provocando un aumento del volumen y una presión sobre las paredes de los poros.



FOTO N° 25

3.4.3 Otros contaminantes

Pero el color que adquiere la piedra contaminada no es sólo pardo o sólo negro ya que hay otros contaminantes atmosféricos y también la posibilidad de que existan varios de ellos simultáneamente, con lo que variará la tonalidad exterior adquirida por la piedra. Las fotografías números 26 y 27 reflejan esta situación.



FOTO N° 26



FOTO N° 27

Otras veces la contaminación de la pieza es sólo parcial como aparece en la fotografía nº 28 donde la cabeza de piedra y la cara inferior de la cornisa tienen manchas de contaminación atmosférica. También ocurre algo similar en la decoración del capitel y de la imposta que aparecen en la fotografía nº 29.



FOTO N° 28

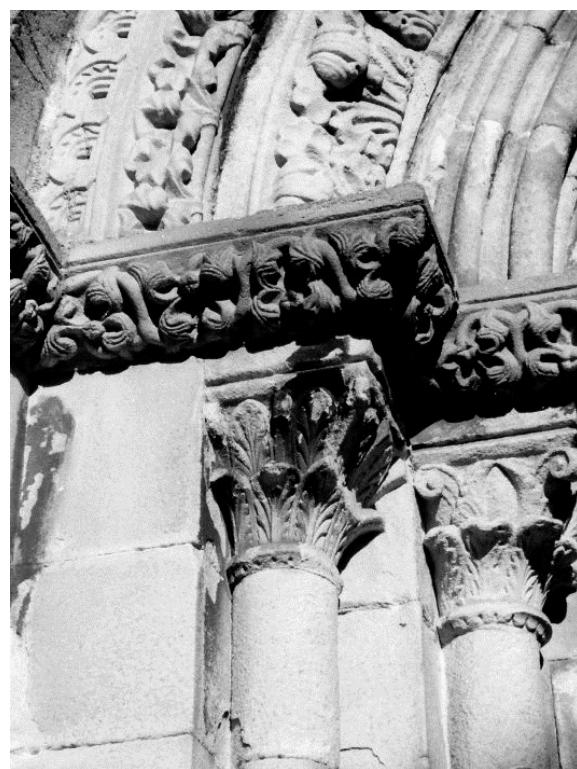


FOTO N° 29

3.5 OXIDACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS

La oxidación de elementos metálicos es un grave problema para la piedra que se encuentra en su entorno ya que el aumento de volumen que se produce puede llegar a romperla.

En la fotografía nº 30 se aprecian los efectos producidos en unas columnas de mármol que han roto por la acción de la espiga de hierro oxidada.



FOTO N° 30



FOTO N° 31

Si el elemento metálico oxidable está anclado a la fachada dejará sobre la piedra las manchas de óxido que son difícilmente eliminables como se aprecia en la fotografía nº 31.

Los arcos metálicos con los que, a veces, se refuerzan las columnas agrietadas deben ser desmontables para evitar que al oxidarse puedan ejercer una presión tal que rompan la columna, y también para que puedan desmontarse periódicamente y evitar así la oxidación. (Ver la fotografía nº 32).



FOTO 32

3.6 ALTERACIÓN DEL MATERIAL

3.6.1 De tipo estructural

La propia composición del material puede producir su alteración estructural sin necesidad de haber sufrido un ataque exterior.

3.6.2 Fisuras y desprendimientos

Las fisuras iniciales y el desprendimiento posterior de partículas pueden demostrar su descomposición.

El segundo sillar empezando desde abajo en la fotografía nº 33 que corresponde a la fachada posterior de la iglesia de la Almudena en Madrid es una muestra de piedra alterada con posterioridad a su extracción de la cantera.



FOTO N° 33



FOTO N° 34

En el zócalo de piedra de la fotografía nº 34 se aprecia un desprendimiento en uno de los sillares. La causa puede ser múltiple, fisuras propias del veteado de la piedra, golpes externos, entrada de agua y congelación posterior, etc

3.7 AGENTES BIOLOGICOS

Los microorganismos existen sobre casi todas las piedras, aunque su presencia pasa casi desapercibida.

En ocasiones crecen plantas que han enraizado en las juntas entre sillares y retienen humedad.

La valla de piedra de la fotografía nº 35 refleja los efectos de un arbusto cuyas raíces se han introducido entre las piedras del cerramiento de la iglesia de Villacastín.



FOTO N° 35



FOTO N° 36

El musgo que cubre una zona de la iglesia de Villacastín (Segovia) se refleja en la fotografía nº 36.

Otras veces son los líquenes quienes están presentes y quienes pueden atacar la superficie de la piedra por dos razones:

Al ser esponjosos retienen la humedad, lo que es peligroso en caso de heladas. Segregan ácidos.

No obstante, en ocasiones, el estado de las piedras situadas bajo los líquenes, suele ser mejor que el resto con lo que para muchos cabe la duda de si su presencia es perjudicial o beneficiosa.

También hay otros agentes biológicos que afectan a la piedra como pueden ser los excrementos de las palomas. Esto puede apreciarse en la fotografía nº 37 en la que la estatua del mercader veneciano está casi cubierta por ellos y se ha iniciado, a partir del hombro, la explosión de la superficie en forma de ampollas.



FOTO N° 37



FOTO N° 38

3.8 TERREMOTOS

No es necesario aclarar aquí el efecto nefasto que los terremotos pueden producir en edificios y monumentos.

La imagen de las termas de Gijón de la fotografía nº 38 refleja los efectos de un movimiento sísmico de pequeña entidad sobre las columnas de piedra.

3.9 EL HOMBRE

Es el hombre, probablemente, quien más ha perjudicado la piedra, destruyendo en ocasiones totalmente edificios e incluso ciudades.

Dos ejemplos de la actuación humana se comprueban en las fotografías 39 y 40 que corresponden efectivamente a las columnas de Tutmosis III en Egipto y a las columnas de un templo griego. La parte baja de ellas en ambos casos han sufrido desprendimientos de trozos arrancados por los hombres.



FOTO N° 39



FOTO N° 40

En los edificios normales también se producen actuaciones negativas por parte de los hombres como la reflejada en la fotografía nº 41 donde se ha roto parte de la imposta de piedra para que pasara la bajante.



FOTO N° 41



FOTO N° 42

A veces el daño no se produce a propósito como se ve en la fotografía nº 42 donde, dentro de los círculos señalados, aparecen los impactos de varias balas.

Esta es una situación en la que a veces, por motivos históricos, se decide no reparar el daño sino dejar la huella producida por aquellos acontecimientos de importante trascendencia para la historia del lugar.

3.10 MOVIMIENTOS DEL EDIFICIO

Un edificio puede moverse y ello supone simultáneamente la aparición de grietas y fracturas en los sillares.

El movimiento puede deberse a numerosas causas: fallos del suelo (giros, rotaciones, arrufos, quebrantos...) empujes de cubierta, apertura de grandes huecos en el edificio, fallo de la red de saneamiento, etc

Veamos el ejemplo del edificio de la fotografía nº 43 correspondiente al Ayuntamiento de Cartagena. Situado muy próximo al mar y, probablemente, cimentado sobre un terreno muy blando, ha sufrido asientos que han producido la aparición de grietas en los sillares de la fachada.



Una muestra de dichas grietas se puede contemplar en las fotografías números 44, 45, 46, 47, 48 y 49.



FOTO N° 44



FOTO N° 45



FOTO N° 46



FOTO N° 47



FOTO N° 48



FOTO N° 49

4 CHAPADOS DE PIEDRA

Se denominan así a las soluciones de revestimiento de fachada resuelta con losas de piedra natural. Debe diferenciarse claramente de los aplacados en los que el material de revestimiento no es de piedra natural, sino artificial, como planchas de fibrocemento, losetas de pizarra y otros materiales.

4.1 TIPOS DE COLOCACIÓN

Las losas de piedra se encontrarán en alguna de éstas dos situaciones:

- Colgadas del soporte
- Ancladas al soporte

4.1.1 Colgadas del soporte

Esta solución se resuelve generalmente trasdosando la losa de piedra con mortero de cemento. Al estar situada al exterior no se debe utilizar yeso ni escayola por su mal comportamiento ante el agua. Tampoco deben dejarse zonas en las que falte el mortero para evitar la entrada de agua.

4.1.2 Ancladas al soporte

Los anclajes utilizados, que son casi siempre metálicos, deben soportar el peso de las piezas que sujetan.. Por otra parte, cada pieza debe estar separada de las demás de forma que ninguna tenga que soportar el peso de las otras. Así se asegura la estabilidad y el fácil mantenimiento.

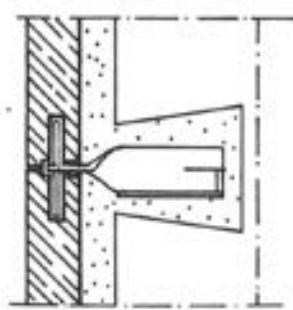
Respecto a los anclajes, puede decirse que su clasificación varía según el material utilizado, según su intervención sobre la losa de piedra perforándola o no y según sean vistos u ocultos en la fachada.

4.2 TIPOS DE ANCLAJES

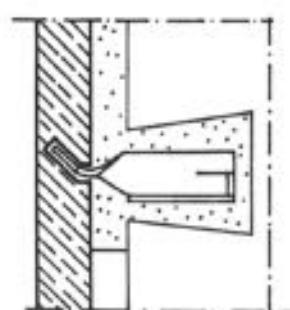
Estos anclajes pueden ser de alguno de los siguientes tipos:

4.2.1 Pletinas ocultas

Suelen ser de acero inoxidable o de acero galvanizado, perforando la pieza en su canto o en su zona central, tal como se aprecia en los siguientes dibujos:



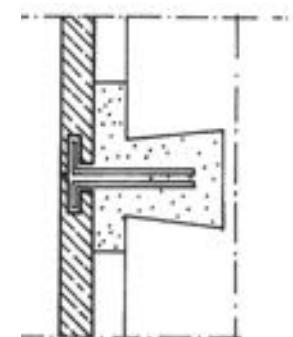
Anclaje oculto en el canto



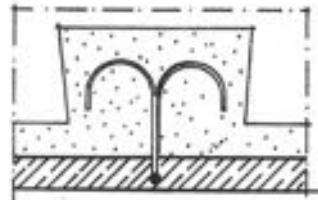
Anclaje oculto en zona central

4.2.2 Grapas ocultas

Se utilizan redondos o varillas de acero galvanizado o inoxidable como se ve en los siguientes dibujos:



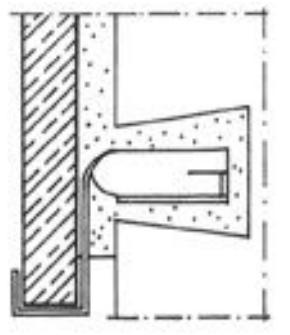
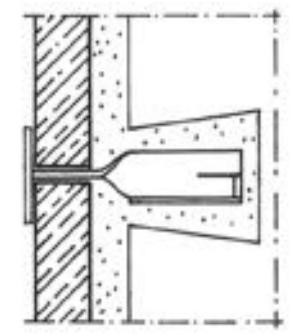
Anclaje oculto en el canto



Anclaje oculto en zona central

4.2.3 Pletinas vistas

Esta solución tiene una ventaja evidente y es que no es necesario realizar taladros en las piedras con lo que estas ni tienen ninguna zona debilitada, y su comportamiento futuro será mejor. La solución se presenta en los siguientes dibujos:



4.2.4 Perfiles vistos

Estos perfiles suelen ser de aluminio o acero inoxidable y se colocan de tal forma que deben sujetar la pieza de piedra de forma continua y no puntual. La pieza se apoya al menos en dos caras para evitar su desplazamiento.

4.2.5 Anclajes perforantes

Se utilizan generalmente cuando la sujeción al soporte no ha funcionado bien. Esta solución conlleva a la perforación de cada pieza al menos en dos puntos.

(*) Los dibujos están tomados del libro "Patología de fachadas urbanas", Dpto. de Construcciones ETSA de Valladolid.

4.3 DESPRENDIMIENTO

Sucede cuando la losa de piedra se separa del soporte sobre el que se apoya.

La separación se produce en dos fases. La primera de ellas se apreciará por la aparición de fisuras en la cara exterior de la piedra o el abombamiento de la misma.

La segunda fase, de mayor gravedad, se manifiesta claramente con el desprendimiento de la pieza o su total rotura. La causa por la que esto se produce es doble:

- Cuando el anclaje, pletina o grapa se rompe o se desprende del soporte.
- Cuando la pieza aplicada con mortero pierde su adherencia al soporte. Esto ocurre frecuentemente al pasar el agua al interior y producirse una helada con el consiguiente aumento de volumen y la aparición de los empujes correspondientes.

4.4 CAUSAS QUE PUEDEN PROVOCAR LA LESIÓN

Algunas de las causas ya se han ido comentando previamente, pudiéndose hacer de todas ellas la siguiente clasificación:

4.4.1 Causas indirectas

- Errores de proyecto
- Fallos de material
- Errores de ejecución
- Errores de mantenimiento

4.4.2 Causas directas

Las principales son:

Losas de piedra adheridas con morteros o colas:

Las causas que provocan la lesión pueden ser las siguientes:

→ Un esfuerzo rasante que supera la capacidad del material: Esto puede ocurrir en alguna de las dos juntas verticales entre losa de piedra y mortero o entre el mortero y la base o soporte.

Se debe la aparición del esfuerzo a dilataciones o contracciones de la losa de piedra o del soporte.

→ Congelación de agua o cristalización de sales: En alguna de las dos juntas superficiales que se han citado en el punto anterior, puede penetrar el agua y congelarse en tiempo frío o penetrar las sales disueltas y cristalizar cuando cambian las condiciones ambientales.

La dilatación puede alcanzar en el primer caso el 9% y en el segundo puede llegar hasta el 35%. De ahí la extraordinaria importancia que debe darse a la contaminación atmosférica que puede producir numerosas sales.

→ Falta de adherencia: Esta se produce cuando la superficie del soporte no está limpia, tienen grasa o polvo, lo que crea una fina película separadora causante de la falta de adherencia.

También se produce si el soporte está muy seco y absorbe gran parte del agua del mortero de agarre, el cual no llega a completar el fraguado en la zona de contacto.

Losas ancladas o colgadas del soporte:

Pueden darse las siguientes situaciones:

→ Perforación o rotura de la losa de piedra: Puede producirse la perforación cuando la losa es atravesada por punzonamiento provocado por el anclaje.

También puede romperse la losa por la zona de la perforación que la ha debilitado.

→ Corrosión del anclaje metálico: Se produce cuando se emplean anclajes inadecuados de material que puede oxidarse.

→ Arrancamiento: Se produce cuando el material de agarre del anclaje está mal aplicado o cuando la profundidad del anclaje es insuficiente.

→ Fallo de la placa de piedra: El fallo puede deberse a la utilización de una placa de poco espesor o a la existencia en la misma de los que se conoce como “pelo de cantera” al que inicialmente no se le da importancia, pero que puede llegar a producir la fractura de la pieza por la zona debilitada (de menor sección).

Rotura de los anclajes:

Se puede producir por varias causas:

→ Variaciones dimensionales: Ocurre cuando las piezas están colocadas “a hueso” produciéndose la rotura de los anclajes situados en los bordes de las piezas por

esfuerzo cortante o la rotura de los anclajes intermedios, por tracción, cuando las piezas se levantan por el empuje de las contiguas.

A veces ocurre, según el tipo de piedra utilizada, que el agua absorbida por ésta le hace aumentar de tamaño, y ésta dilatación puede no llegar a recuperarse. Este fenómeno se llama "histéresis".

→ Destrucción o fallo de los anclajes: Esta situación puede producirse por rotura o corrosión.

Se producirá la rotura cuando el anclaje no puede soportar el peso propio de las losas y su posible dilatación.

La corrosión aparecerá cuando el anclaje no es del material adecuado en presencia de filtraciones de agua. El agua penetrará con mayor facilidad si el trasdosado es de escayola, que es muy higroscópica.

→ Falta de anclajes: Si las piezas son grandes, están adheridas con mortero, tienen poca rugosidad en su cara posterior, y hay filtraciones de agua, el desprendimiento es seguro.

→ Movimientos del soporte: Si el soporte se mueve por alguna causa, fallo de la cimentación, dilataciones, etc, este movimiento arrastrará los anclajes y las placas.

4.5 REPARACIÓN

4.5.1 Cuando existen acciones mecánicas.

Si existen grietas, flechas excesivas o empujes, debe evitarse el movimiento fijando, estabilizando o recalzando el soporte.

4.5.2 Cuando pueden presentarse variaciones dimensionales.

Deben abrirse juntas de dilatación. Lo mejor será hacerlas coincidir con las uniones entre las placas de piedra.

La distancia entre las juntas dependerá del material utilizado, de su coeficiente de dilatación térmica y del gradiente de temperatura que pueda alcanzarse en el lugar geográfico en el que se encuentra.

Puede considerarse correcto la colocación de juntas separadas entre 7 y 10 metros, tanto en horizontal como en vertical.

4.5.3 Cuando las piezas tienden a caerse.

Una solución adecuada consiste en colocar anclajes o pernos desde el exterior, ya sea del tipo mecánico o químico. Se han de colocar al menos dos por cada pieza, aunque existan anclajes previos.

4.5.4 Cuando las piezas se rompen por falta de sección.

En éste caso hay que sustituir la pieza por otra de mayor sección anclada correctamente.

4.6 PREVENCIÓN

Hay que prevenir los fallos tanto durante la redacción del proyecto como durante la ejecución de la obra.

4.6.1 En proyecto

→ Hay que prever las juntas de retracción que dependerán del tipo de piedra y del clima de la zona.

En la peor de las situaciones climatológicas, para obtener el mayor margen de seguridad se deberán dejar las siguientes juntas verticales y horizontales:

<i>Calizas y mármoles</i>	<i>Junta cada 10 m</i>
<i>Granitos y pizarras</i>	<i>cada 4 m</i>
<i>Areniscas</i>	<i>cada 3 m</i>

→ Los anclajes deben ser suficientes y dejar asilada cada pieza respecto las adyacentes. Los anclajes deben colocarse antes que las placas para que hayan endurecido cuando se cuelguen éstas.

→ Deben darse soluciones correctas o usar piezas especiales en las esquinas.

→ Si la solución es de fachada ventilada, la separación entre piezas debe ser de 6 mm.

→ El anclaje debe realizarse a un soporte rígido y estable.

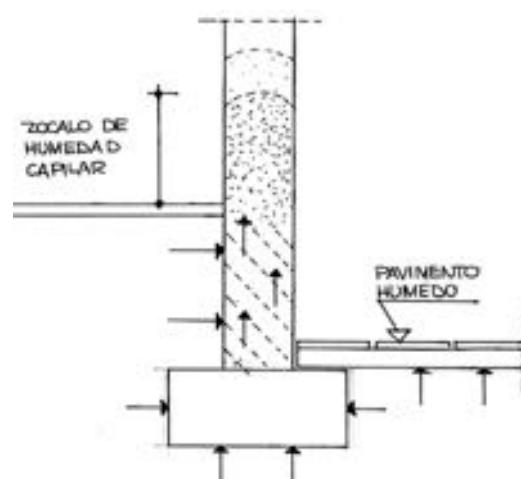
4.6.2 En ejecución

→ Se debe realizar una correcta unión del anclaje al soporte.

→ Se deben proteger adecuadamente los anclajes.

→ Deben rechazarse os morteros de escayola.

→ Deben rechazarse las placas con “pelos de cantera”.

TOMO 3**CAPITULO III****LESIONES EN LOS EDIFICIOS DEBIDAS A LAS HUMEDADES**

CAPITULO III

LESIONES EN LOS EDIFICIOS DEBIDAS A LAS HUMEDADES

Ventura Rodríguez Rodríguez

Indice:

1. LA PRESENCIA DE AGUA EN LOS EDIFICIOS	109
1.1 Conceptos previos sobre el agua.	
1.1.1 Propiedades y características del agua.	
1.1.2 El agua como agente agresor de la edificación.	
1.2 Formas de la presencia del agua en el edificio.	
1.2.1 Durante el proceso constructivo	
1.2.2 Durante la vida útil del edificio.	
1.3 Patologías por la presencia del agua en el proceso constructivo.	
1.3.1 Etiología, efectos y terapéuticas para evitar las lesiones por el agua integrante de los procesos constructivos.	
1.3.2 Etiología, efectos y terapéuticas para evitar las lesiones por el agua aportada por la atmósfera durante la construcción.	
1.3.3 Niveles de riesgo.	
1.4 Efectos del agua sobre los materiales de construcción.	
1.4.1 Formas de intercambio del agua entre los materiales y el ambiente exterior.	
1.4.2 Acciones del agua sobre los materiales.	
1.5 Procedimientos de secado artificial.	
1.5.1 Sistemas de secado	
1.5.2 Normas de actuación	
2. PATOLOGIAS POR LAS AGUAS PROVINENTES DEL TERRENO.....	127
2.1 Humedades por capilaridad.	
2.1.1 Etiología de las humedades por capilaridad.	
2.1.2 Sintomatología y diagnóstico.	
2.1.3 Niveles de riesgo.	
2.1.4 Terapéutica preventiva.	
2.1.5 Soluciones para corregir las humedades de capilaridad.	
2.2 Humedades de condensación en zonas enterradas.	
2.2.1 Etiología y síntomas de las condensaciones en sótanos.	
2.2.2 Terapéutica para las condensaciones en sótanos.	

2.3	Humiedades por filtraciones en sótanos.	
2.3.1	Etiología de las humedades en sótanos.	
2.3.2	Influencia de los terrenos en la penetración del agua.	
2.3.3	Sintomatología y efectos de las humedades por filtraciones en sótanos.	
2.3.4	Niveles de riesgo.	
2.3.5	Terapéutica preventiva en obras nuevas.	
2.3.6	Soluciones constructivas evitar las humedades por filtraciones en sótanos.	
2.3.7	Soluciones para reparar humedades por filtraciones en sótanos	
3.	PATOLOGIAS POR HUMEDADES EN FACHADAS Y CERRAMIENTOS	157
3.1	Tipologías y efectos de las humedades en las fachadas.	
3.1.1	Humiedades de absorción	
3.1.2	Humiedades de infiltración o filtraciones.	
3.1.3	Humiedades de condensación.	
3.1.4	Humiedades de penetración.	
3.1.5	Humiedades accidentales.	
3.2	Factores de riesgo en las características de los cerramientos.	
3.2.1	Exigencias constructivas que deben cumplir los cerramientos.	
3.2.2	Factores que pueden favorecer las humedades.	
3.3	Etiología de las lesiones en los elementos compositivos de las fachadas.	
3.3.1	Arranques de muros y zócalos.	
3.3.2	Paños ciegos.	
3.3.3	Plataformas salientes y resaltos.	
3.3.4	Huecos.	
3.3.5	Terrazas y balcones.	
3.3.6	Petos y remates superiores.	
3.3.7	Elementos de evacuación.	
3.3.8	Elementos singulares.	
3.4	Terapéuticas preventivas en obra nueva para evitar las humedades en fachadas.	
3.4.1	En los arranques de muros y zócalos.	
3.4.2	En los paños ciegos.	
3.4.3	En las plataformas salientes.	
3.4.4	En los huecos.	
3.4.5	En las terrazas y balcones.	
3.4.6	En los petos y remates superiores.	
3.4.7	En los elementos de evacuación.	
3.4.8	En los elementos singulares.	
3.5	Soluciones de reparación en obras terminadas y rehabilitación.	
3.5.1	Sellado de juntas y grietas.	
3.5.2	Juntas en huecos y carpinterías.	
3.5.3	Tratamiento de superficies.	
4.	HUMEDADES DE CONDENSACIÓN	184
4.1	Conceptos y definiciones generales.	
4.1.1	Relación entre temperatura y humedad.	
4.1.2	Flujos de calor y humedad a través de los paramentos.	
4.2	Condiciones de habitabilidad de una dependencia.	
4.3	Los puentes térmicos.	
4.3.1.1	Principios teóricos	
4.3.1.2	Zonas donde se producen los puentes térmicos	
4.4	Etiología de las humedades de condensación y lesiones que producen.	
4.5	Soluciones constructivas para evitar las condensaciones.	
5.	PATOLOGÍA DE LAS AGUAS FUGADAS ACCIDENTALMENTE	193
5.1	Tipologías de las aguas fugadas en los edificios.	
5.2	Procesos patológicos generados por las aguas fugadas.	
5.3	Terapéuticas preventivas para evitar las fugas	

1. LA PRESENCIA DE AGUA EN LOS EDIFICIOS

En este capítulo se estudia la presencia del agua en los edificios, la que empleamos para su construcción y la que después se encuentra en la naturaleza y por lo tanto en el ámbito exterior del edificio. Veremos, como un elemento imprescindible para el desarrollo de la vida, también para la del edificio, puede convertirse, si este no ha sido correctamente diseñado y construido en un elemento que puede deteriorar y causar lesiones de las más variadas etiologías en el mismo.

Comenzaremos con unos conceptos básicos sobre las características del elemento, las formas en las que se presenta en los edificios y las tipologías de lesiones que pueden producirse debidas a las humedades, para después analizar de forma pormenorizada cada una de ellas: las debidas a las filtraciones, que son las más frecuentes, las debidas a otras manifestaciones como las condensaciones, la capilaridad y los vertidos, los agentes que generan cada una de estas humedades y los elementos y zonas del edificio que se pueden ver afectadas por cada una de ellas.

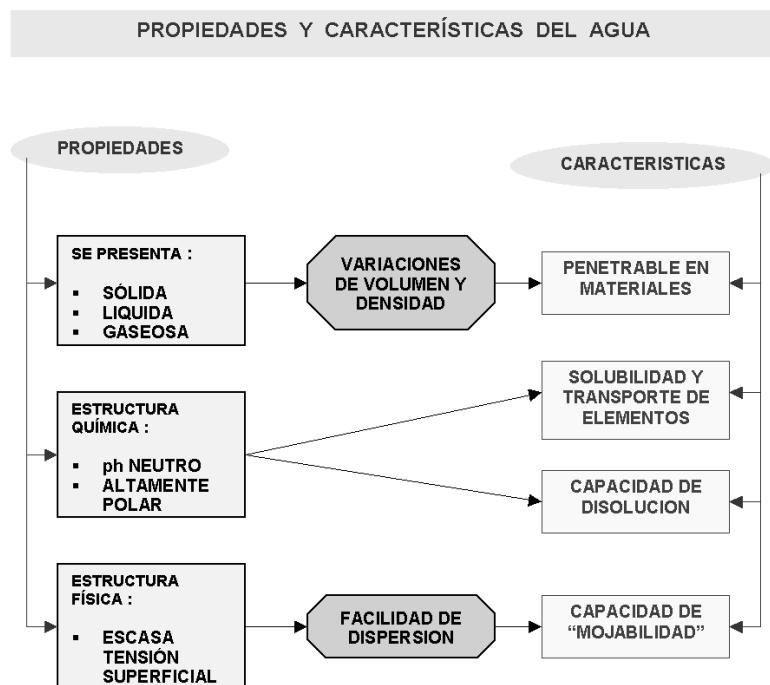
1.1 CONCEPTOS PREVIOS SOBRE EL AGUA.

Aunque sea de una forma muy breve se hace necesario un previo estudio de las características del elemento cuya influencia en la edificación se va a analizar y que se resume en el esquema nº 1.

1.1.1 Propiedades y características del agua.

El agua es el elemento más abundante en la naturaleza y se presenta en forma sólida, líquida y gaseosa pudiendo intercambiar estos estados en función de las características de presión y temperatura lo que la hace variar de volumen y densidad convirtiéndola en un elemento fácilmente penetrable en diferentes materiales y también con un alto poder disolvente.

Su estructura química le confiere un ph neutro, por



Esquema nº 1: propiedades y caracetrísticas del agua

lo que en virtud de los disolventes que transporte pueden transmitirle un carácter ácido ($\text{pH} < 7$) o básico o alcalino ($\text{pH} > 7$).

Como consecuencia de estas propiedades físicas y químicas podemos deducir las siguientes características:

- Gran poder para “mojar” otros materiales y elementos por su facilidad de dispersión al tener poca tensión superficial en su estructura molecular.
- Al mismo tiempo tiene gran capacidad de penetración por sus cambiantes estados físicos y sus fáciles cambios de densidad.
- El carácter altamente polar de sus moléculas les confiere un alto poder de disolución de otros materiales, que junto con su pH neutro, en condiciones normales, le permite colaborar con otros muchos materiales, pues puede ser: neutro, ácido y básico a la vez.

1.1.2 El agua como agente agresor de la edificación.

La presencia abundante de agua en la naturaleza hace que esté presente en el suelo y subsuelo así como en la atmósfera, lo que la convierte en fuente de vida para animales y vegetales, debido a su capacidad de transportar sales y otros componentes básicos para la vida. Sin embargo esta acción benéfica, para los edificios, se convierte en perjudicial ya que por las propiedades, antes expuestas, el agua pasa a ser un elemento agresor de los mismos.

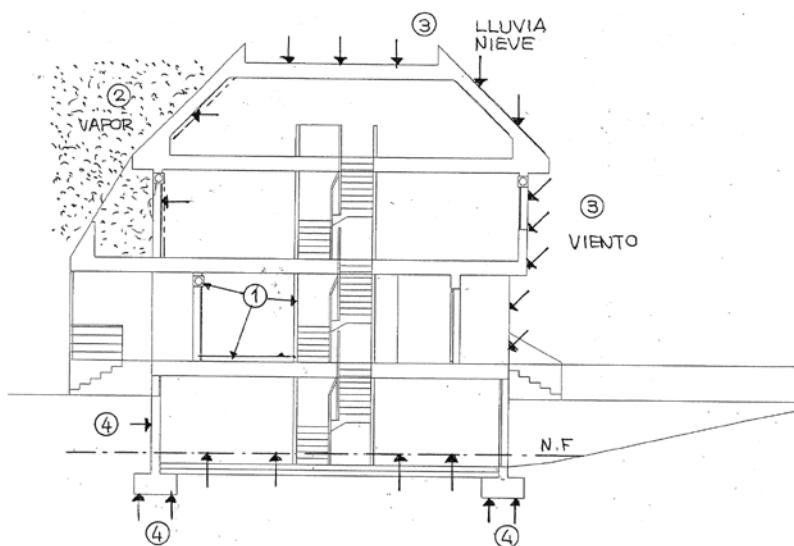
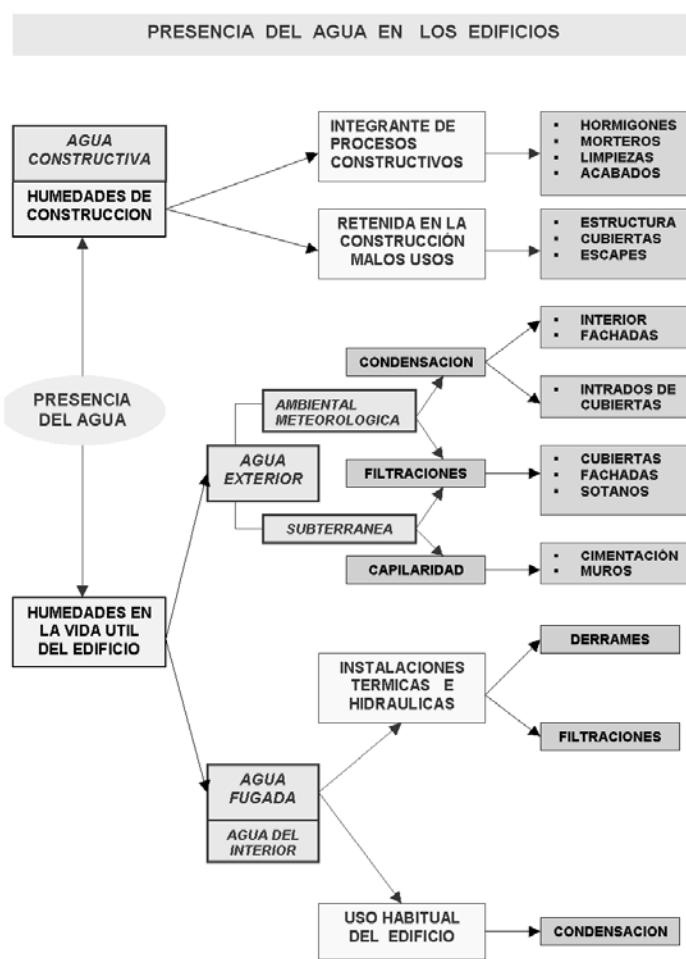


Figura n ° 1 : el agua como agente agresor de la edificación

1. AGUA CONSTRUCTIVA
2. " AMBIENTAL
3. " METEOROLOGICA
4. " SUBTERRANEA
5. " FUGADA

En alguna forma el “hábitat” que el hombre a construido desde sus inicios en la tierra ha sido en gran medida para “defenderse” de los elementos atmosféricos y entre ellos de forma principal el agua en sus diferentes presentaciones de lluvia, granizo, nieve, niebla, etc. Con la evolución cultural el hombre fue introduciendo el agua dentro de los edificios para su aseo, higiene, alimentación y confort e incluso placer, con lo que, de alguna forma, domesticó al “enemigo” y lo “metió” en casa.

La difícil batalla de defenderse de la penetración del agua exterior por las diferentes vías la ha ido resolviendo el constructor a través del tiempo mejorando los materiales y sistemas constructivos hasta conseguir la teórica impermeabilidad que tiene los edificios actuales.



A partir de estas consideraciones estableceremos a continuación las formas en las que el agua se presenta respecto de la edificación, las posibilidades y vías de penetración por las que se introduce en el edificio, para en el siguiente epígrafe analizar detalladamente los efectos de la presencia del agua en el mismo, todo ello tal como se resume en el esquema n.º 2 (Figura n.º 1).

Esquema n.º 2 : presencia del agua en los edificios

- **AGUA CONSTRUCTIVA.** Es la que contienen los materiales y procesos constructivos que no hayan recibido el tratamiento adecuado de curado (en el caso del hormigón) o de secados en general (caso de los guarnecidos) o bien que por la presencia de agua en el exterior en el proceso ha quedado “atrapada” en el elemento o sistema por malas prácticas constructivas. Estas son las aguas que proporcionan lo que conocemos como humedades de construcción.
- **AGUA EXTERIOR.** La que es ajena al proceso constructivo del edificio y que una vez terminado este puede provenir de las siguientes fuentes:
 - **AGUA AMBIENTAL.** Es la que se encuentra en la atmósfera en forma de vapor y en determinadas condiciones de presión y temperatura pueden condensarse en las superficies de los paramentos exteriores (humedades de condensación).
 - **AGUA METEOROLOGICA.** Es la que en forma líquida (lluvia) o en forma sólida (nieve y granizo) penetra a través de fisuras y huecos. Estas formas de agua penetran por la superficie exterior del edificio en forma líquida, tanto a través de las cubiertas y tejados, como por los cerramientos. Estas aguas pueden transportar partículas sólidas, restos de CO₂ proveniente de la contaminación, así como sulfatos, sulfuros, etc

creando las consiguientes degradaciones en los materiales de cubierta y fachadas (humedades por filtraciones)

- **AGUAS SUBTERRANEAS.** Provinientes del agua meteorológica infiltrada en el terreno directamente o creando corrientes subterráneas o aguas retenidas por el nivel freático, penetran desde el terreno por la zona de asiento del edificio o por sus zonas más subterráneas, bien por filtraciones directas en sótanos a través de muros, o bien por ascensión por capilaridad a zonas más superiores de muros a través de las cimentaciones debido al poder de "mojabilidad" del agua. También la capacidad de disolución le permite transportar sales disueltas desde el terreno hacia zonas superiores con las correspondientes agresiones a los materiales constitutivos de fundaciones y muros.
- **AGUA FUGADA.** Es la que se produce en el interior del edificio proveniente de fugas, escapes o derramamientos que se producen a lo largo de la vida útil del mismo por el interior de las instalaciones termo hidráulicas ante fallos de funcionamiento o por un mal uso y mantenimiento de los aparatos, sistemas de limpieza y otros, siendo agua de presencia accidental.

Cualquiera de las aguas provenientes de las fuentes descritas, pueden penetrar en las edificaciones mediante alguna de las siguientes acciones:

- **ACCION DE LA GRAVEDAD** vertical por encima del nivel del suelo pero que por el empuje hidrostático se convierte en horizontal bajo rasante.
- **ACCION CAPILAR** debida a las diferencias entre las tensiones superficiales del agua, del material y del aire. Succiona el agua extendiéndola por el interior de los materiales y es más fuerte en función de la finura de los capilares.
- **ACCION DEL VIENTO** que empuja el agua de lluvia haciéndola penetrar horizontalmente por grietas y otras aberturas especialmente por las superiores a 0,1 m.m.
- **ACCION DEL IMPULSO** o energía cinética del agua de lluvia al golpear contra el suelo u otras superficies.

1.2 FORMAS DE PRESENCIA DE AGUA EN EL EDIFICIO

Se han visto las vías de penetración que tiene el agua para efectuar sus agresiones sobre el edificio y los diferentes momentos de la vida del mismo donde pueden producirse. A partir de estas fuentes genéricas de las humedades puede hacerse el análisis pormenorizado que se sintetiza en el esquema nº 2 y se estudia a continuación, en función de la fase edificatoria en que se produce:

1.2.1 Durante el proceso constructivo.

La construcción tiene dos peculiaridades que la diferencian de cualquier otro proceso industrial:

- a) la elaboración del producto, o sea el hecho edificatorio, se realiza en el mismo lugar donde va a ser utilizado, es decir la “fábrica” donde se efectúa la producción es el propio producto, el edificio.
- b) Este singular proceso fabril se realiza en su mayor parte a la intemperie, se va logrando la protección del medio ambiente natural según se va terminando el edificio.

Estas dos condiciones hacen tremadamente sensible al edificio frente a los agentes meteorológicos y se pueden distinguir dos fuentes de la presencia del agua durante el proceso constructivo:

- **AGUA INTEGRANTE DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS.** La construcción sigue siendo una actividad industrial en la que se utiliza el agua en abundancia a lo largo del proceso fabril que supone la construcción del edificio. Esta agua se emplea tanto para la fabricación de materiales en obra, como es el hormigón, que por si mismos constituyen un sistema constructivo, como para la elaboración de materiales que se utilizan para recibir o colocar otros fabricados fuera de la obra como son los morteros de las fábricas y revestimientos. Además determinados materiales también aportan humedad de constitución, como pueden ser las maderas o las arenas y piedras.

Cuando los sistemas constructivos esenciales están terminados, continuamos utilizando el agua en procesos de acabados, como pueden ser en fachadas para la limpieza de ladrillos o piedras, para pulidos de pavimentos como soleras, mármoles, etc. Además algunos elementos, como ocurre con los hormigones, en determinadas condiciones, de temperatura precisan el aporte del agua por la vía del “empapado” para su curado correcto.

En definitiva la presencia del agua a lo largo del proceso constructivo es prácticamente continua y posibles deficiencias por su empleo excesivo, con derramamientos o secados mal efectuados, pueden dejar humedades latentes en el edificio susceptibles de convertirse en lesiones una vez terminada su construcción.

- **AGUA EXTERIOR RETENIDA EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.** Es evidente que una de las funciones básicas del edificio es proteger a sus habitantes o usuarios de las inclemencias meteorológicas, es decir dando cumplimiento al artículo 3 de la LOE los edificios deben cumplir la función de habitabilidad. Esto obviamente se puede conseguir cuando el edificio se haya terminado, pero en su construcción, que ya hemos visto que se realiza a la intemperie durante gran parte del proceso, esta función no puede cumplirse y el proceso constructivo tiene que “convivir” con la presencia del agua ambiental, la meteorológica y las subterráneas, en cada fase del mismo.

La forma en la que “controlemos” esta presencia de agua repercutirá directamente en la aparición posterior de humedades, una vez terminada la construcción. En el epígrafe 1.3 se estudian las posibles patologías derivadas de esta presencia del agua exterior en el proceso constructivo.

1.2.2 Durante la vida útil del edificio.

La presencia de agua que más lesiones produce en los edificios es la que recibe a lo largo de su existencia, bien del exterior o de una forma más restringida la que proviene del interior del propio edificio, en cualquier caso, por alguna de las siguientes causas que se representan en la figura nº 2.

- **AGUA EXTERIOR.** El agua externa ya se ha visto que puede provenir del medio ambiente donde se encuentra en forma de vapor, de las inclemencias meteorológicas en forma líquida como la lluvia o sólida como la nieve y el granizo. Llegada esta agua al terreno se filtra y encontramos agua en forma líquida que puede penetrar en las zonas subterráneas o inferiores del edificio y todas esta agua penetran en el edificio por alguna de estas formas:

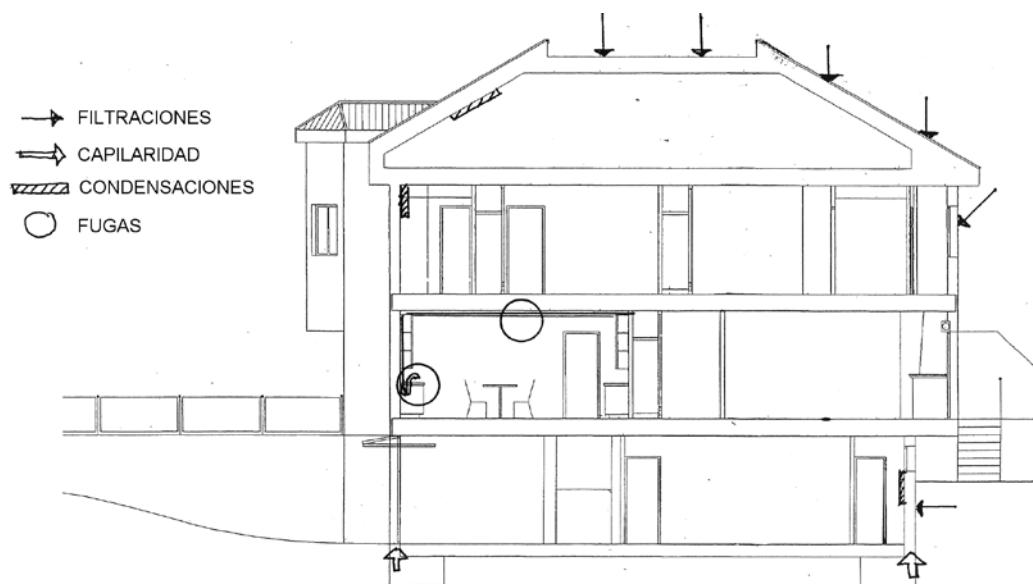


Figura nº 2 : formas de presencia del agua en el edificio terminado

- a) **CONDENSACION.** Es la parte de agua que se deposita en el interior de los paramentos debido a la licuación del vapor de agua sobre los mismos y son el resultado de la variación de la proporción aire-agua, con la temperatura interior y exterior del cerramiento, aunque este fenómeno también puede producirse en cubiertas planas calientes. En el apartado 4 se estudian con detenimiento este tipo de humedades.

- b) **FILTRACIONES.** Es la forma más común en la que el agua exterior penetra en el edificio a través de las oquedades, fisuras o huecos entre materiales, sea por su propia composición previamente deteriorada por anteriores acciones agresivas del agua o sea por movimientos entre piezas producidas con posterioridad a la terminación del edificio o sea por defectos de concepción del proyecto.

Las filtraciones pueden producirse en cualquier parte del edificio: por las cubiertas y tejados de forma preferente, pero también por los cerramientos, sobre todo en las partes más sensibles de estos, como pueden ser los

huecos, voladizos, ménsulas, cornisas, etc. También se producen filtraciones en las zonas enterradas del edificio por aguas de escorrentía o por elevación del nivel freático.

- c) **CAPILARIDAD.** Es la tercera forma de penetración del agua que se da preferentemente por la ascensión del agua subterránea por los cimientos y muros del edificio y también en sótanos, que tiene su origen en la pequeña tensión superficial del agua, como vimos en sus características, y que por lo tanto asciende con facilidad por los capilares de los materiales.

Todas estas formas de penetración de aguas y las diferentes tipologías de lesiones que producen en los edificios se estudian detenidamente en los puntos 2. 3 y 4 siguientes.

- **AGUA DEL INTERIOR.** Es la que se genera en el interior del propio edificio, sin tener una relación directa con las condiciones exteriores y generadas normalmente en sus instalaciones termo hidráulicas, que transportan agua, como son las de fontanería, calefacción, desagües y climatización. Son las que se conocen como aguas fugadas y sus formas de penetración más habituales son por "derrames" directos, cuando se producen roturas de tuberías o sobrellenado de depósitos, aparatos sanitarios, etc, o bien por "filtraciones" producidas por fugas en las conducciones y tuberías. Otra forma, menos frecuente, es por la acumulación de aguas de condensación en tuberías por su mal aislamiento que produce la precipitación continua de gotas de agua.

Otras formas de presencia del agua por el interior del edificio, que tienen cierta relación con las condiciones meteorológicas externas, son las humedades por condensación que se producen en el intradós de las cubiertas y de los cerramientos por el efecto de la pared fría cuando se produce un exceso de vapor de agua en el interior del paramento. Las patologías producidas por estas formas de presencia del agua se estudian en el apartado 4.

1.3 PATOLOGIAS POR LA PRESENCIA DEL AGUA EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

En el apartado 1.2.1 se ha enunciado los orígenes del agua durante el proceso constructivo, tanto la que se aporta para la ejecución de varios sistemas constructivos, como la que nos aporta la atmósfera de forma inesperada. El tratamiento incorrecto de esta agua y la ausencia de su secado en el momento adecuado puede dar origen a diversas patologías, que aparentemente se dan durante la ejecución de la obra, pero que pueden quedar latentes y aparecer a la finalización del mismo con diversas manifestaciones y lesiones en el edificio que vemos a continuación.

1.3.1 Etiología, efectos y terapéuticas para evitar las lesiones motivadas por el agua integrante de los procesos constructivos.

A continuación se señalan las principales fuentes de aportación de agua que forma parte de los sistemas constructivos y el mecanismo de su funcionamiento, que gráficamente se resumen en la figura 3. Parte de esta agua se combina químicamente con los materiales que componen el elemento o sistema, como son el caso de morteros y hormigones, en los que la presencia de agua es imprescindible y pasa a formar parte del propio material, otra parte del agua queda incorporada en el proceso de fraguado del material como es el caso de las capas de compresión de los forjados y las losas de hormigón, y finalmente otra parte del agua es devuelta a la atmósfera en forma de vapor de agua mediante difusión, en un periodo variable de tiempo en función de las condiciones meteorológicas y del volumen de agua aportada en cada ocasión. En la tabla n ° 1 se resume para cada fase de la construcción lasa lesiones provocadas por el agua y la terapéutica preventiva para evitarlas

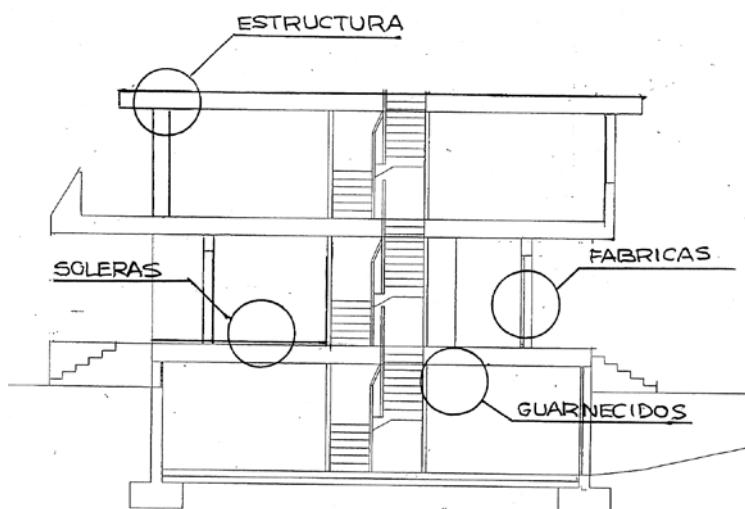


Figura n ° 3 : agua aportada por los sistemas constructivos

- **EN LA EJECUCIÓN DE LA ESTRUCTURA** En la confección del hormigón se emplean unos 200 litros de agua por cada metro cúbico y para su curado en verano debemos aportar a las capas de compresión de los forjados unos 8 litros por metro cuadrado. Esta cantidad de agua se reparte entre la que queda absorbida en el seno del propio material necesaria para su curado y fraguado definitivo, integrándose en él y la que se devuelve a la atmósfera a través de su evaporación.

Cuando este proceso se produce con normalidad no queda ninguna humedad retenida y por lo tanto no se produce ningún tipo de patología. El problema se suscita cuando debido a malos hábitos constructivos no se permite que el ciclo se produzca de forma natural y se interrumpe antes de tiempo “atrapando” agua sobrante del proceso que no puede evaporarse.

Es el caso de aplicar láminas impermeables o barreras de vapor sobre el último forjado antes de terminarse la evaporación y el fraguado, con lo cual el agua se queda retenida y aparecerá por la zona inferior del forjado al cabo de bastante tiempo, en forma de abolsamientos en los guarnecidos y la creación de hongos.

- **EN LA EJECUCION DE FÁBRICAS.** En función de la tipología y porosidad del ladrillo empleado, un metro cúbico de fábrica de ladrillo precisa para su construcción entre 160 y 190 litros de agua. El agua sobrante del fraguado del mortero y la absorbida por el ladrillo debe ser revertida a la atmósfera en forma de evaporación.

El evitar prematuramente esa evaporación con la ejecución del revestimiento o aplacado, principalmente si estos se reciben directamente a la fábrica, provoca que la humedad quede retenida y acabe emergiendo con posterioridad a la terminación, en forma de eflorescencias, manchas de hongos, abultados en los revocos y enfoscados, desprendimientos de aplacados, etc.

- **EN LA EJECUCIÓN DE REVESTIMIENTOS DE YESO.** El agua, aportada al yeso para la elaboración del mortero, sobrante después de la reacción química que permite la mezcla debe evaporarse una vez aplicado el mortero en el revestimiento correspondiente y antes de proceder a la aplicación de su acabado con pintura u otros materiales.

No respetar este proceso natural y “tapar” el paramento antes de haber alcanzado su nivel de secado, produce efectos de aparición de humedades posteriores a su acabado, en forma de abolsamientos y desprendimientos de pintura, presencia de hongos, condensaciones, etc.

- **EN LA EJECUCIÓN DE SOLERAS Y RELLENOS DE PISOS.** En estos casos, en los que generalmente el mortero de cemento es bombeado para su aplicación en cada planta del edificio, se emplean morteros de consistencia blanda, por lo que se puede calcular un aporte de agua de entre 25 y 30 litros por metro cuadrado de solera. Nuevamente el agua sobrante del fraguado de la mezcla debe evaporarse de forma natural, por lo que no debe colocarse ningún tipo de suelo hasta que el secado no se haya producido, lo que a temperatura de 20° C y humedad relativa del 65% (condiciones medias más frecuentes) no se produce antes de 15 días, aunque este tiempo es muy variable en función de la humedad ambiente y de las condiciones de cerramiento de la obra que permitan su aireación pero no su mojado.

Para controlar la humedad de las soleras se usan los humidímetros, aparatos que miden el grado de humedad por las variaciones de la resistencia eléctrica ante la presencia de agua.

Colocar la capa de acabado si este es de madera, pegado o entarimado flotante antes de alcanzarse el correcto grado de secado, puede producir desprendimientos de tablas, en el primero de los casos, y abultados o levantamientos en el segundo y en cualquiera de los dos al aportación de humedad accesoria a la madera, lo que puede transformarse en la aparición de hongos.

EFECTOS DE LA PRESENCIA DEL AGUA EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO		
AGUA APORTADA POR LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS		
FASE CONSTRUCTIVA	LESIONES APARENTES	TERAPEUTICA PREVENTIVA
ESTRUCTURAS DE HORMIGON FABRICACION CURADO	<ul style="list-style-type: none"> • ABOLSAMIENTO YESOS • HONGOS • MANCHAS DRE HUMEDAD 	<ul style="list-style-type: none"> • ESPERAR TIEMPO DE FRAGUADO • NO COLOCAR CUBIERTA
FABRICAS DE CERRAMIENTOS CERAMICA MORTERO	<ul style="list-style-type: none"> • EFLORESCENCIAS • DESPRENDIMIENTOS • MANHAS DE HONGOS • BOLSAS REVOCOS 	<ul style="list-style-type: none"> • ESPERAR SECADO DE EQUILIBRIO ANTES DEL TAPADO
GUARNECIDOS INTERIORES	<ul style="list-style-type: none"> • BOLSAS EN PINTURAS • MANCHAS DE HONGOS • CONDENSACIONES 	<ul style="list-style-type: none"> • ESPERAR SECADO DE EQUILIBRIO ANTES DE CUBRIR
SOLERAS Y RELLENOS	<ul style="list-style-type: none"> • DESPRENDIMIENTOS • ABOLSADO MADERA • HONGOS MADERA 	<ul style="list-style-type: none"> • NO SOLAR HASTA ALCANZAR SECADO DE EQUILIBRIO

Tabla nº 1: *El agua en el proceso de la construcción.*

1.3.2 Etiología, efectos y terapéuticas para evitar las lesiones motivadas por el agua aportada por la atmósfera durante la construcción.

Como se vio anteriormente la segunda fuente de aportación de agua durante la construcción es la proporcionada por la propia naturaleza, en forma de lluvia, nieve, granizo o hielo, que penetra en diversas zonas del edificio y a lo largo de toda su construcción. Es importante destacar que esta agua, cuando se produce, se viene a sumar a la que hemos aportado en la confección de algunos sistemas y elementos constructivos, como se han visto en el punto anterior, y que por lo tanto debe ser devuelta en su integridad a la atmósfera (Figura n° 4).

Caso de no producirse este retorno el agua quedará “atrapada” en el elemento constructivo sobre el que se haya precipitado, al que ya le hemos aportado su propia agua de constitución por lo tanto esta será sobrante y si no se la seca adecuadamente puede producir lesiones en el edificio terminado, como las que se analizan a continuación. En la tabla nº se resumen los efectos causados por esta aportación de agua y las prevenciones a tomar para evitarlas.

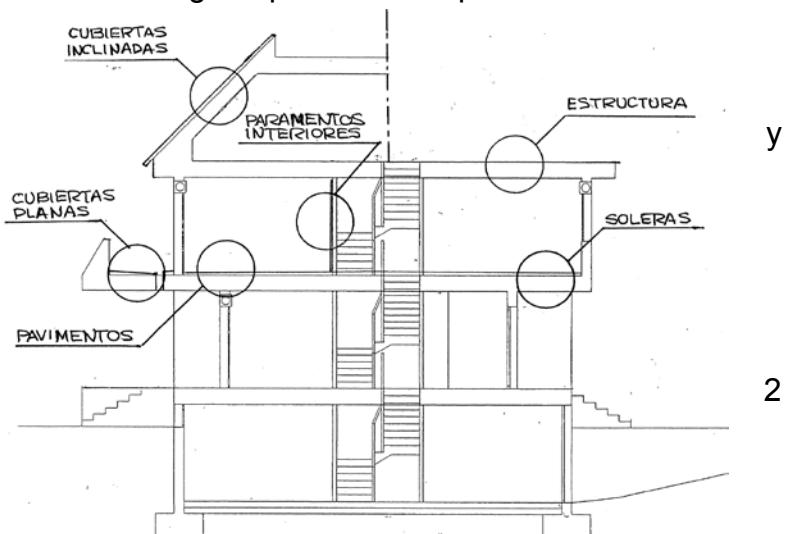


Figura n° 4 : Elementos afectados por el agua exterior

- **EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES.** La precipitación de lluvia, sobre todo si esta es abundante, o de granizo en el supuesto más grave, sobre una capa de compresión de un forjado o sobre una losa de hormigón recién terminada, puede producir, por efecto del lavado, una seria patología del hormigón que puede ir desde la disminución del espesor, de forma irregular, de la misma, hasta dejar al descubierto las armaduras más superficiales, con los correspondientes procesos de oxidación y disminución de sección posterior.

Por ello que ante la previsible amenaza de este tipo de precipitaciones, una buena terapéutica es dejar cubierta la capa de compresión a su terminación, con plásticos hasta el día siguiente.

Otra forma de depositarse el agua sobre este tipo de elementos y en general sobre todos los estructurales es el hielo, que también provoca serias lesiones sobre capas y losas que no hayan alcanzado su fraguado definitivo, en forma de micro fisuras que afogaran el hormigón.

Para evitarlo cuando la temperatura ambiente baje de los 4º C si no hay más remedio que hormigonar, además de emplear anticongelantes en el hormigón deben protegerse las capas y losas con sacos de arpillería, mantas de geotextil u otros electos que permitan la aireación del hormigón y eviten en contacto directo con el ambiente externo.

- **EN CUBIERTAS PLANAS.** Un momento delicado de la construcción de estas cubiertas (cuando son calientes), por lo que respecta a las aguas de lluvia, es en la fase del “pendienteado” que se suele realizar con hormigones aligerados, de espumas, etc, que tienen una gran capacidad absorbente debido a su elevada porosidad.

Si se precipitan lluvias sobre estos morteros antes de colocar la impermeabilización, debe esperarse a que se produzca su secado completo por evaporación, pues el colocar las láminas impermeables antes de terminarse este proceso, puede provocar abolsamientos en las mismas, por la presencia de humedad, en forma de vapor de agua, y la aparición de hongos y condensaciones en las zonas inferiores del forjado sustentante, así como la disminución de la capacidad de atenuación térmica del aislante colocado.

Si las precipitaciones se producen aún antes de efectuadas las pendientes y por lo tanto las aguas no están conducidas, se quedaran irregularmente repartidas, en función de la planeidad de la capa de compresión del último forjado, y en este caso, antes de formar las pendientes, se debe secar correctamente, porque si no quedarán aguas “atrapadas” en el forjado. Construidas las pendientes se debe tener previsto la evacuación de las aguas a través de las calderetas y bajadas correspondientes.

- **EN CUBIERTAS INCLINADAS.** Siendo múltiples las formas de resolverse las cubiertas no es posible un análisis pormenorizado de los efectos que el agua atmosférica puede producir en cada tipología constructiva y fase en la que se incorpore al proceso. No obstante pueden apuntarse algunos casos más generales.

- Capas de yeso para la aplicación de placas de pizarra, que ante la presencia de agua se erosionan, perdiendo su planeidad y en límite se desprenden en lentejones de su base de aplicación, con el riesgo posterior de desprendimientos de plaquetas de pizarra.
- Aislamientos de espuma de poliuretano, no resistente al agua, o fieltros de lanas minerales que pierde su capacidad aislante por compacidad del material o por empaparse de agua.
- Rastreles y formas en general de madera que no tengan tratamiento intemperie y sufran “mojamientos” excesivos, con su consiguiente deterioro en forma de deformaciones, aparición de hongos y pudriciones.
- Tableros de madera para aplicación de variados materiales de acabados, como tejas, pizarra, etc, que al igual que los anteriores se mojen en exceso y no estén correctamente hidrofugados con las mismas consecuencias anteriores.

En general la terapéutica a emplear debe ser siempre la misma, programar los trabajos de las cubiertas, en la medida de lo posible, en épocas no excesivamente lluviosas y cuando esto no sea posible proteger los trabajos que se vayan realizando, cuando los materiales que se están empleando sean sensibles ante la presencia de agua exterior. Deben tenerse también previstos los medios de evacuación de las aguas, aunque sea de forma provisional si todavía no están instaladas las bajantes definitivas. En el supuesto de no poderse evitar en ninguno de los casos y producida la presencia de agua se debe inspeccionar detenidamente los efectos causados y si es preciso realizar algún ensayo sobre la validez del material afectado.

- **EN PARAMENTOS INTERIORES.** Cuando por una, sin duda, mala práctica constructiva o por necesidades especiales de una obra se comienzan los trabajos de la albañilería interior sin tener terminadas las cubiertas del edificio se está corriendo el riesgo de la presencia de aguas atmosféricas en las particiones interiores. Esto es especialmente grave si la tabiquería es de escayola, tabiques de yeso laminado o los cerámicos están ya revestidos de yeso y nos encontramos en zonas o épocas de lluvias, dado que todos estos materiales tienen una gran capacidad de absorción de agua.

El hecho de que ante unas precipitaciones abundantes se saturen de agua este tipo de tabiquerías supone una dilatada presencia de humedad en la obra y la casi segura necesidad de tener que recurrir a los no deseados sistemas de desecación artificial para poder continuar la obra, o lo que aún es más grave continuarla con el revestimiento de los mismos lo que va a producir lesiones posteriores.

EFECTOS DE LA PRESENCIA DEL AGUA EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO		
AGUA APORTADA POR LA ATMOSFERA DURANTE LA CONSTRUCCION		
FASE CONSTRUCTIVA	LESIONES APARENTES	TERAPEUTICA PREVENTIVA
ESTRUCTURAS DE HORMIGON • LLUVIA • GRANIZO • HIELO	<ul style="list-style-type: none"> • LAVADO CON DISMINUCION DE SECCION • MICROFISURACION • OXIDACION DE ARMADURAS 	<ul style="list-style-type: none"> • PROTECCION DE LA CAPA CON PLASTICOS • EVITAR EL CONTACTO DIRECTO CON EL AMBIENTE FRIO
CUBIERTAS PLANAS	<ul style="list-style-type: none"> • ABOLSAMIENTO LAMINAS • CONDENSACIONES • MANCHAS DE HUMEDAD 	<ul style="list-style-type: none"> • NO COLOCAR IMPERMEABILIZACION HASTA ALCANZAR SECADO DE EQUILIBRIO
CUBIERTAS INCLINADAS	<ul style="list-style-type: none"> • EROSION DE YESOS • PERDIDA DE CAPACIDAD AISLANTE (ESPUMAS) • HONGOS DE LA MADERA • DEFORMACIONES MADERA 	<ul style="list-style-type: none"> • CUBRIR ANTES DE LLUVIAS • PROTEGER LA CUBIERTA • ESPERAR SECADO
PARAMENTOS INTERIORES	<ul style="list-style-type: none"> • PRESENCIA DILATADA DE HUMEDAD • CONDENSACIONES • EROSIONES Y MANCHAS • DESPRENDIMIENTOS DE ALICATADOS • BOLSAS EN PINTURAS 	<ul style="list-style-type: none"> • NO TABICAR SIN CUBRIR AGUAS • NO ALICATAR EN PARAMENTOS HUMEDOS • ESPERAR SECADO ANTES DE PINTURA
SOLERAS DE PISOS	<ul style="list-style-type: none"> • DESPRENDIMIENTOS • ABOLSAZO MADERA • HONGOS MADERA 	<ul style="list-style-type: none"> • NO SOLAR HASTA ALCANZAR SECADO DE EQUILIBRIO

Tabla nº 2: El agua aportada por la atmósfera durante la construcción.

No deben alicatarse estos paramentos, así humedecidos, pues con seguridad se desprenderán plaquetas y paños enteros, en muchas ocasiones, con posterioridad al acabado del edificio. Por el mismo motivo no deben pintarse ni empapelarse o aplicar cualquier otro tipo de revestimiento, hasta no tener la seguridad de su perfecto secado.

- EN SOLERAS DE PISOS.** Normalmente por la fase de la construcción en que se realiza este trabajo las cubiertas suelen estar terminadas y por lo tanto la penetración de aguas solo se puede producir sobre la solera a través de los huecos de fachadas, lo que reduce sustancialmente los efectos de la humedad sobre la misma. No obstante si esta se produce y la solera adquiere agua es preciso esperar a su secado antes de aplicar el solado correspondiente, para evitar los efectos antes apuntados.

1.3.3 Niveles de riesgo.

En los epígrafes anteriores se han relacionado las lesiones más frecuentes y sus consecuencias debidas a la presencia de agua durante el proceso constructivo. La no aplicación de las medidas preventivas enunciadas se tornará en reparaciones posteriores a la entrega del edificio para eliminar las humedades aparecidas en las diferentes manifestaciones indicadas.

Estas reparaciones suponen un riesgo económico por los costes de diferente naturaleza que, en función de la importancia de la patología, sean precisos asumir conforme a la garantía de un año para acabados que determina la L.O.E. Pero hay algunas de ellas que además de estos costes pueden entrañar un riesgo para la garantía de la estabilidad estructural, por lo que merecen un punto de atención especial: Es el caso del posible lavado o helada de la capa de compresión de un forjado.

En el supuesto de que se produzca esta patología por las causas comentadas anteriormente, debemos cerciorarnos que el forjado no ha perdido las condiciones de capacidad portante con las que ha sido proyectado. Para ello deberá efectuarse una inspección detallada del forjado afectado, y ante la más mínima duda de poder estar afectado, se deberán efectuar ensayos de prueba de carga.

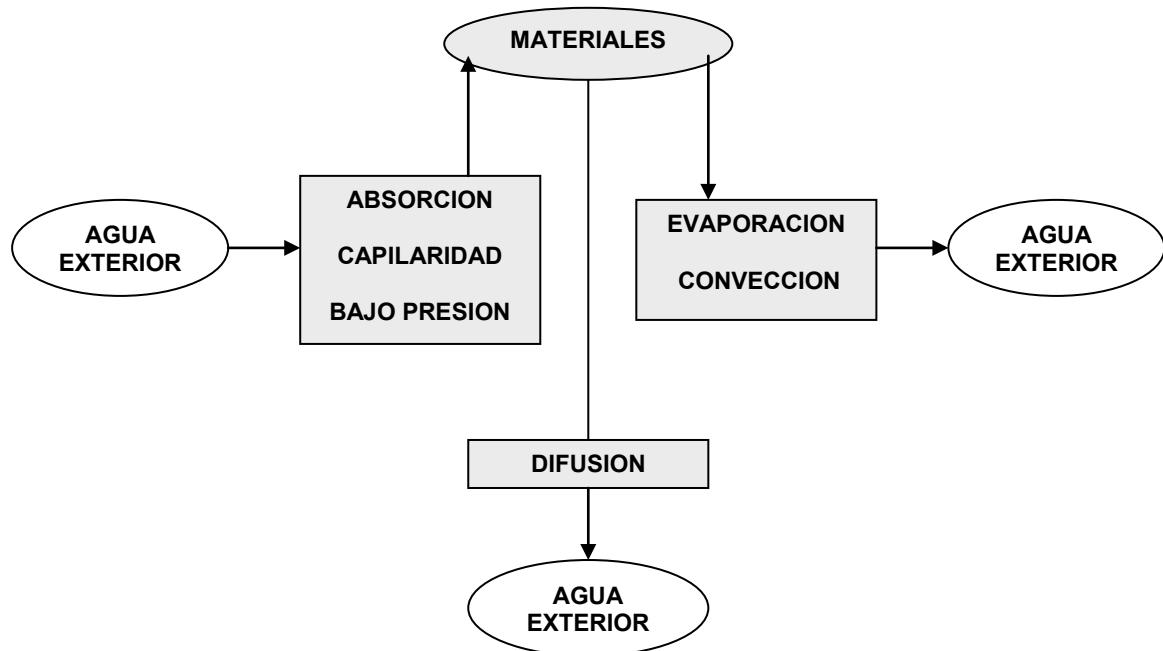
1.4 EFECTOS DEL AGUA SOBRE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION

Hasta aquí se ha estudiado las posibilidades de la influencia que el agua puede tener sobre el edificio en su fase de construcción y que se puede transformar en diversas lesiones y en los próximos capítulos se analizarán las patologías que se producen a lo largo de la vida útil del edificio.

En unos y otros casos lo que realmente se está produciendo es un intercambio de acciones y fenómenos físicos motivados por el agua en diversos materiales, por lo que aunque sea de forma breve convienen algunas consideraciones sobre los efectos generales que el agua produce en los materiales de construcción

1.4.1 Formas de intercambio de agua entre los materiales y el ambiente exterior.

Un principio básico a tener en cuenta en los procesos de las humedades en los materiales es que el agua siempre se encuentra en movimiento y por supuesto, como cualquier elemento materia, ni se crea ni se destruye y por lo tanto simplemente cambia su estado y lugar. En este sentido el fenómeno de las humedades debe ser contemplado como "flujo de agua", es decir el agua está en los materiales "de paso", en un momento anterior no estaba y no volverá a estar en uno posterior y esta transferencia se produce por alguno de los siguientes fenómenos físicos, que se han resumido en el esquema nº 3.



Esquema n º 3: Formas de intercambio del agua entre materiales y la atmósfera

- **ABSORCION** es el fenómeno mediante el cual las moléculas del agua en forma de vapor se van depositando en el interior de los poros de un material recubriendo sus paredes. Cuando el tamaño de los conductos capilares es muy pequeño y se saturan se produce la condensación. La absorción en definitiva explica la *humedad de equilibrio de los materiales*.
- **CAPILARIDAD.** Se produce cuando la tensión superficial del agua, que es muy pequeña, facilita la ascensión por los capilares de los materiales que moja, hasta equilibrarse las presiones entre la superficie libre y la base de la columna de agua del capilar. Si además por la parte superior se produce evaporación se favorece el fenómeno, con lo cual la ascensión es continua ya que nunca se produce el equilibrio de tensiones. El fenómeno de la capilaridad explica la *succión de agua de los terrenos*.
- **PENETRACIÓN POR PRESION.** Cuando existe una presión exterior en el agua que moja un material, penetra en el interior de este, en mayor o menor medida, en función de su espesor y permeabilidad y del valor de la presión exterior, que puede ser la gravedad, el viento, corrientes subterráneas, etc.

La penetración en función de estos parámetros puede ser en forma de chorro, de goteo, de rezume o simplemente de mancha de humedad. La presión explica la penetración del *agua procedente del nivel freático* y en menor medida de la *escorrentía del terreno*.

En el proceso del intercambio del agua entre los materiales y la atmósfera ésta es devuelta al espacio exterior por medio de los siguientes fenómenos:

- **EVAPORACION.** Es el proceso contrario a la absorción mediante el cual por la diferencia de presión de vapor entre el agua contenida en los poros del material y la atmósfera da lugar al paso molecular de aquél a esta. Esta evaporación se detiene cuando la humedad relativa de la atmósfera alcanza el 100%, es decir en ambiente saturado de humedad, lo que prácticamente no se da nunca.
- **CONVECCION.** Es un fenómeno de alguna forma similar a la evaporación y se produce cuando el aire de la atmósfera está muy seco y en movimiento dándose entonces la transferencia molecular del material exterior hasta que este se queda completamente seco o se produzca la llamada humedad de equilibrio entre el material y el ambiente.

Por último existe una forma recíproca de intercambio de vapor de agua entre los materiales y la atmósfera que se conoce como difusión.

- **DIFUSION.** Se denomina difusión al flujo de vapor de agua de un ambiente (por ejemplo el del interior de un edificio) al ambiente exterior situado al otro lado del cerramiento.

Esta transferencia se produce por diferencia de presiones de vapor de agua a un lado y otro del material permeable pasando del de mayor presión al que la tiene menor y está en función del espesor del material y de su permeabilidad al paso del vapor de agua. Este fenómeno es el responsable de las humedades de condensación, que se estudian más adelante con detenimiento.

1.4.2 Acciones del agua sobre los materiales.

Estas formas de intercambio de agua entre los materiales de construcción y el medio ambiente y en definitiva la presencia de agua en los mismos, en cualquiera de sus estados físicos, cuando el edificio está construido, generan una serie de deterioros y lesiones que se resumen en el esquema nº 4 y cuyas causas y efectos se determinan a continuación.



Esquema nº 4 : Acciones del agua sobre los materiales

- **DESCOMPOSICION** del material mediante la aliteración de sus condiciones químicas, como puede ser en el caso del hormigón su carbonatacion median-te la mezcla del agua y el CO₂.
- **FISURACION** principalmente en los materiales pétreos, en los que la presencia de agua facilita, debido a sus propiedades, el transporte y disolución de sales que cristalizan al producirse la evaporación en el interior de los poros de los mismos.
- **FRACTURACION** que se puede producir en el límite del proceso anterior, pero sobre todo en los ciclos de hielo y deshielo que produce la fragmentación en materiales cerámicos y pétreos.
- **DEFORMACION** que se produce en determinados elementos por los sucesivos ciclos de humedad y secado, como pueden ser el caso de las soleras y cimentaciones en terrenos con arcillas expansivas.
- **METEORIZACIÓN** principalmente de materiales de cubiertas y cerramiento debido al agua en colaboración con otros elementos meteorológicos como el viento, como son los casos de los revocos, fábricas vistas y piedras blandas, como las areniscas.
- **BIODEGRADACION** que se produce en los supuestos en los que el agua humedece elementos leñosos donde pueden generarse la existencia de seres vivos, como los hongos, pudriciones de la madera, xilófagos, etc.

1.5 PROCEDIMIENTOS DE SECADO ARTIFICIAL

Es preciso decir, aunque pueda parecer una obviedad, que en la medida de lo posible hay que evitar estos métodos de secado rápido y respetar los tiempos del secado natural. La razón es sencilla, con los secados rápidos por medios artificiales es complicado lograr el secado completo de elementos muy mojados, sobre todo si estos son, o están recubiertos de yeso y sus derivados, pues aunque aparentemente quedan secos por la capa más superficial, la humedad subsiste en zonas más profundas. Esto es especialmente más difícil si se trata de tabiques de escayola macizos.

No obstante cuando razones de calendario lo impongan y haya que recurrir a secados artificiales deben tenerse en cuenta los siguientes extremos.

1.5.1 Sistemas de secado.

Se emplean habitualmente algunos de los siguientes de forma individual o mezclando varios de ellos en función de la superficie a secar y de las características del local, material a secar, etc:

- a) Producción de calor por radiación estableciendo el foco del calor mediante estufas de gas butano o propano.

- b)** Producción de aire caliente por convección mediante la creación del flujo de aire con “cañones” de gasoleo o calefactores eléctricos.
- c)** Ventiladores, generalmente eléctricos para la aportación de aire renovado al local.

1.5.2 Normas de actuación.

- ✓ Debe introducirse siempre aire renovado en el local donde esté funcionando el sistema de secado y extraer el aire húmedo para que el sistema sea efectivo.
- ✓ En el caso de aparatos de gas o gasoleo la ventilación del local con aportación de aire es imprescindible para evitar atmósferas contaminadas y peligrosas para las vías respiratorias de los trabajadores.
- ✓ No debe aplicarse ninguno de los sistemas de una forma interrumpida porque así no se secan las capas más profundas del material, deben aplicarse los tiempos de funcionamiento de los aparatos alternándolo con periodos de descanso para facilitar el aflore de las humedades interiores.
- ✓ Es más eficaz el secado colocando el aparato a una cierta distancia del paramento a secar, siempre que sea posible en el entorno de los dos metros.
- ✓ Es conveniente encomendar estos trabajos a empresas especializadas.

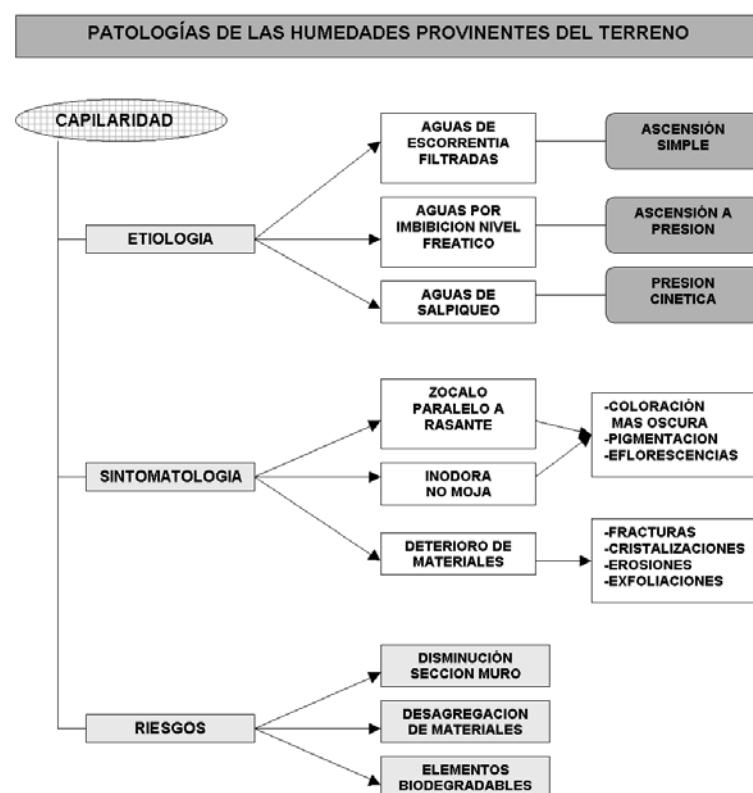
2. PATOLOGIAS POR AGUAS PROVINENTES DEL TERRENO

En el capítulo anterior se vio que una de las formas de las que hemos denominado aguas exteriores son las subterráneas, que provinientes de la atmósfera, en forma de lluvia o nieve se filtran en el terreno creando vías subterráneas o estancándose, en el supuesto de encontrar una capa impermeable que permite su embolsamiento, creando lo que se conoce como nivel freático.

Estas aguas pueden penetrar en los sótanos y zonas inferiores del edificio por alguno de los siguientes procedimientos que se estudian a continuación:

- a) Capilaridad ascendiendo desde los cimientos por los muros.
- b) Condensaciones en el interior de los paramentos de sótanos.
- c) Filtraciones debidas a presión de agua por gravedad, presión hidrostática o presión cinética.

2.1 HUMEDADES POR CAPILARIDAD



En las formas de penetración del agua en los materiales ya se vio que la capilaridad se produce por la succión de agua que producen los materiales en su contacto, debido a la pequeña tensión superficial del agua y su facilidad para “mojar”, que permite la ascensión de la misma por los capilares de los materiales. Este fenómeno se favorece además con la evaporación que se va realizando por las capas más superiores lo que permite retroalimentar el proceso de la ascensión.

Esquema n ° 5 : Patologías por aguas subterráneas

La capilaridad tiene su expresión matemática en la ley de Jurin en la que se establece que la altura que puede alcanzar un líquido en el interior de un tubo (un capilar), es directamente proporcional a su tensión superficial y al ángulo α de capilaridad e inversamente proporcional al radio r del tubo y la densidad γ del fluido (figura 5).

Así pues podemos definir también capilaridad como la propiedad que tienen los fluidos de alcanzar alturas variables cuando se sitúan en el interior de tubos de

reducido diámetro, más altura cuanta más pequeña es la tensión superficial y más pequeño el radio del tubo.

$$h = \frac{2T_s \times \cos \alpha}{r \times \gamma}$$

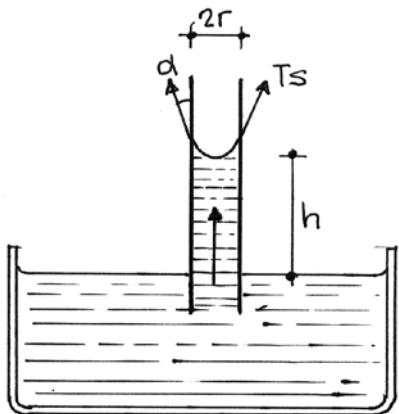


figura n ° 5 : fenómeno de la capilaridad

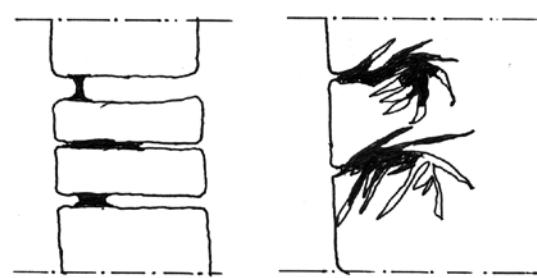


figura n ° 6 : vías de la capilaridad

Este fenómeno de laboratorio llevado a la práctica de los materiales de construcción se torna muy complejo pues la superficie interior de los capilares de cada material es muy variable en función de su compacidad y además la geometría porosas es muy compleja, por lo que podemos establecer los siguientes principios de aplicación: (figura 6)

- ✓ Cuanto más fino es el poro del material más altura alcanza el agua, aunque asciende más lentamente, por ello el tamaño óptimo para evitar la penetración capilar es de fisuras y poros grandes, ya que no se produce la succión a partir de determinado diámetro del poro. Claro ejemplo de esto es el encachado que se coloca bajo las soleras para evitar precisamente la ascensión del agua.

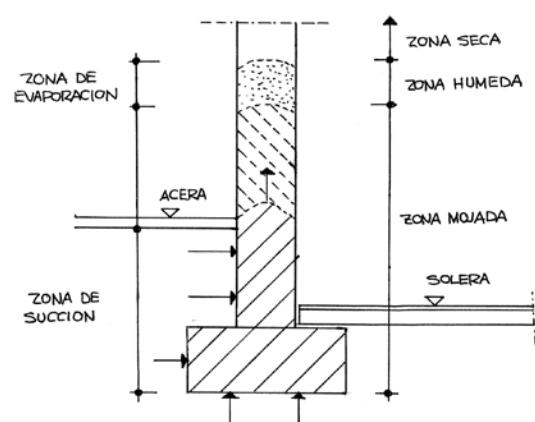


Figura n° 7: Grados de capilaridad

- ✓ En principio, un material es más susceptible de tener humedades de capilaridad cuanto más poroso sea, aunque también influyen la superficie específica interna y su tensión superficial.

- ✓ En un muro sometidos a capilaridad y debido al gradiente de humedad y el contenido de agua máximo (saturación), se da en las partes más próximas al foco de humedad y va disminuyendo con la altura, pues el peso de la columna y la evaporación van equilibrando la fuerza de succión, hasta que se detiene la capilaridad (figura n º 7).
- ✓ En este proceso influye también la temperatura ya que puede hacer variar la viscosidad del líquido ascendente sobre todo porque no se trata solo de agua sino que esta arrastra sales minerales del terreno.

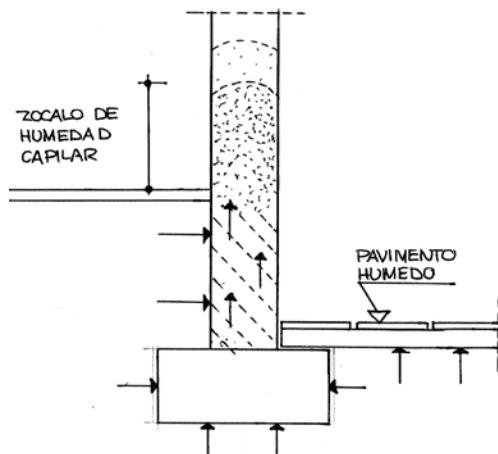


Figura n º 8 : Capilaridad ascendente simple

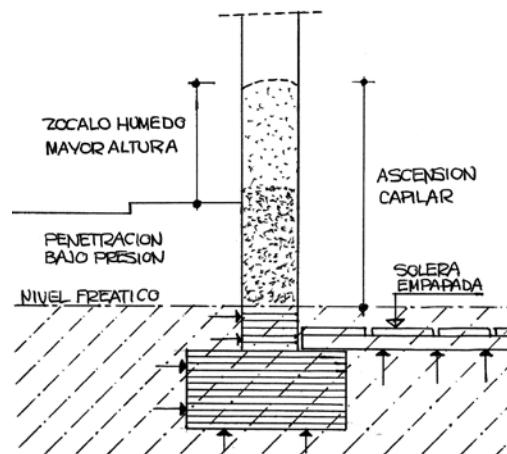


Figura n º 9 : Capilaridad por nivel freático

2.1.1 Etiología de las humedades por capilaridad.

Se ha visto que el origen de la capilaridad es siempre el agua contenida en el terreno que es succionada por la capilaridad del material en contacto con el terreno desde donde asciende el agua a través de cimientos, muros de contención, muros, soleras, etc. Así estas humedades se manifiestan en sótanos y plantas bajas tanto en muros exteriores, principalmente, como en los interiores en contacto con soleras, cimientos y el terreno. El origen del agua puede encontrarse en:

- a) **AGUAS SUBTERRANEAS FILTRADAS** que dan lugar a la capilaridad ascendente simple que es la situación más generalizada, el agua se succiona sin presión por su parte ya que las aguas discurren por el terreno y lo humedecen, tal como se representa gráficamente en el figura 8.
- b) **AGUAS DE NIVEL FREÁTICO**, cuando está más alto que la solera la humectación se produce bajo presión de agua y la altura de capilaridad que se alcanza es superior a la anterior (figura 9).
- c) **AGUAS DE SALPIQUEO** que humedecen los muros aparentando capilaridad, pero que realmente provienen de la energía cinética del agua salpicada por la lluvia al impactar con los pavimentos próximos al edificio (figura 10).



Figura n º 10: Aguas de salpiqueo

2.1.2 Sintomatología y diagnóstico.

- ✓ La generalidad de estas humedades adoptan la forma de un zócalo en las zonas bajas de los muros del edificio de una altura uniforme aproximada de un metro, pero pudiendo alcanzar, sobre todo en edificios muy antiguos, alturas más considerables (en la Basílica del Pilar en Zaragoza se llegaron a alcanzar humedades de 12 mts de altura). Tiene una coloración más oscura que el resto del paramento no humedecido. En las calles con mucha pendiente o escalinatas la altura de este zócalo se mantiene paralela a la pendiente de la calle.
- ✓ La humedad suele ser mayor en el interior del muro y se extiende a lo largo de toda su longitud así como de toda la solera, si existe, siendo los muros de orientación norte o que permanecen en umbría los más afectados.
- ✓ Los paramentos aparecen visualmente húmedos pero no se moja la mano al contacto y normalmente, salvo saturación de humedad en un local cerrado, siempre se está evaporando con lo que la altura se mantiene casi constante, siendo esta una de las características que las distingue de las humedades por salpiqueo de aguas de lluvia.
- ✓ En épocas estivales puede parecer que desaparece la humedad, pero vuelve en invierno cuando la evaporación es menor y se favorece la ascensión.
- ✓ Otra característica que las diferencia de otro tipo de humedades en sótanos es la ausencia de olor y la presencia cristalizada de sales solubles presentes en el terreno, lo que en función de sus características pueden dar coloración a los muros afectados lo que también se da por la presencia de seres vegetales como líquenes, musgos, algas, etc, sobre todo en las zonas de umbría (Figura nº 11)
- ✓ La presencia de sales se puede tornar peligrosa, cuando se trata de sulfatos, sean de magnesio, sodio o calcio, pues son muy higroscópicos y solubles y al

cristalizar aumentan hasta un 40% su volumen, por lo que generan tensiones internas en los materiales que pueden desagregar los componentes de los muros produciendo fracturas superficiales de fábricas o el abolsamiento de revoco. Estas fracturas suelen redondear los sillares y sillarejos de piedra, desagregar las arcillas de adobes y tápiales, exfoliar los ladrillos y fracturar las piedras blandas, síntomas todos ellos clásicos de este tipo de humedades (Figura nº 12).



Figura nº 11: Muro afectado por capilaridad



Figura nº 12: Eflorescencias por capilaridad

Para las posteriores reparaciones es muy importante hacer un diagnóstico correcto de las lesiones con la amplitud y profundidad de las mismas, para conocer la distribución de la humedad. Para ello se efectúa un plano con los niveles de intensidad y extensión de la humedad introduciendo electrodos para su medición en el paramento afectado geométricamente distribuidos en forma de malla y anotando los valores de diferencia de potencial de cada punto.

2.1.3 Niveles de riesgo.

Las humedades de capilaridad son un fenómeno que se da con más frecuencia en edificios antiguos, que en los de reciente construcción (a partir de los años setenta) en los que normalmente se han empleado medios de aislamiento de los muros y cimentaciones respecto de los terrenos. Los riesgos de que este tipo de humedades puedan afectar a la estabilidad del edificio son remotos salvo un abandono total del problema a lo largo del tiempo que en condiciones de aguas agresivas pueden provocar la pérdida de la capacidad portante de los muros.

Hemos visto que los efectos más peligrosos son la **pérdida de sección del muro**, sobre todo en los exteriores, por la disagregación creada por la presencia de sulfatos, unido a la meteorización causada por otros fenómenos meteorológicos.

Otro riesgo de la presencia constante de humedad es la **desagregación de los materiales componentes de los morteros** en general, con el consiguiente “lavado” de cales y cementos y por lo tanto la pérdida del poder aglutinante respecto de piedras o ladrillos. Un punto de mayor riesgo se da cuando se trata de estructuras de entramados de madera en las que este tipo de humedad puede afectar a las bases de apoyo de los pies derechos por la **presencia de elementos biodegradables** en forma de hongos o diferentes tipo de pudriciones de la madera.

Para evitar estos riesgos y en general para contener los efectos físicos y estéticos, además de los higiénicos en el interior de los edificios, que representan esta humedad. Existen en la actualidad una serie de técnicas y sistemas para evitarlas en la obra nueva y corregirlas en los edificios ya construidos.

2.1.4 Terapéutica preventiva de las humedades de capilaridad.

En este caso como en tantos otros casos de patología en la edificación la terapéutica preventiva es más barata y fácil de realizar que la curativa para solucionar el problema una vez presentado. Este principio debe aplicarse en la obra nueva para prever en el proyecto este tipo de humedades que eviten la succión de agua por parte de los materiales y sistemas constructivos desde el terreno. Para ello debemos proyectar cuantos sistemas de drenaje sean precisos para “alejar” el agua de las zonas bajas del edificio:

- En el caso de existir nivel freático debemos convertir las zonas enterradas en auténticos **vasos impermeables** que eviten la penetración del agua mediante ataguías alejadas o redes drenantes perimetrales y bajo la solera.
- Si solo son aguas de escorrentía debemos **proyectar drenajes** bien mediante cuñas drenantes o cámaras bufas y drenajes superficiales bajotas soleras. (estos sistemas se describen en las humedades por filtraciones).
- Barreras impermeables** que son las que se describen a continuación.

La solución es sencilla, pasa por colocar una barrera impermeable que impida la corriente capilar, lo que puede conseguirse con láminas metálicas de plomo, aluminio, cobre, etc o más frecuente con láminas plásticas de P.V.C o elastómeras. Esta barrera debe colocarse “cortando” el apoyo de las fábricas en los cimientos por encima del nivel enterrado (figura 13). El tratamiento de las zonas enterradas se verá en el estudio de otros tipos de filtraciones

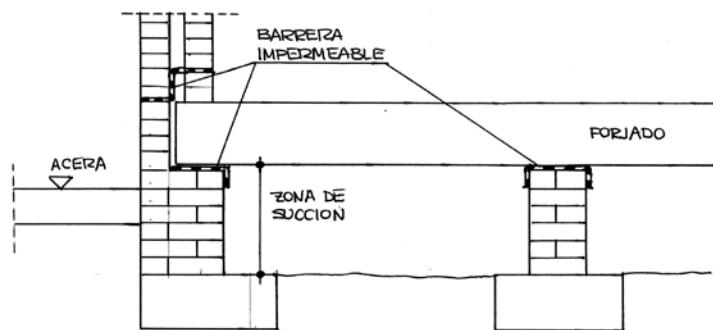
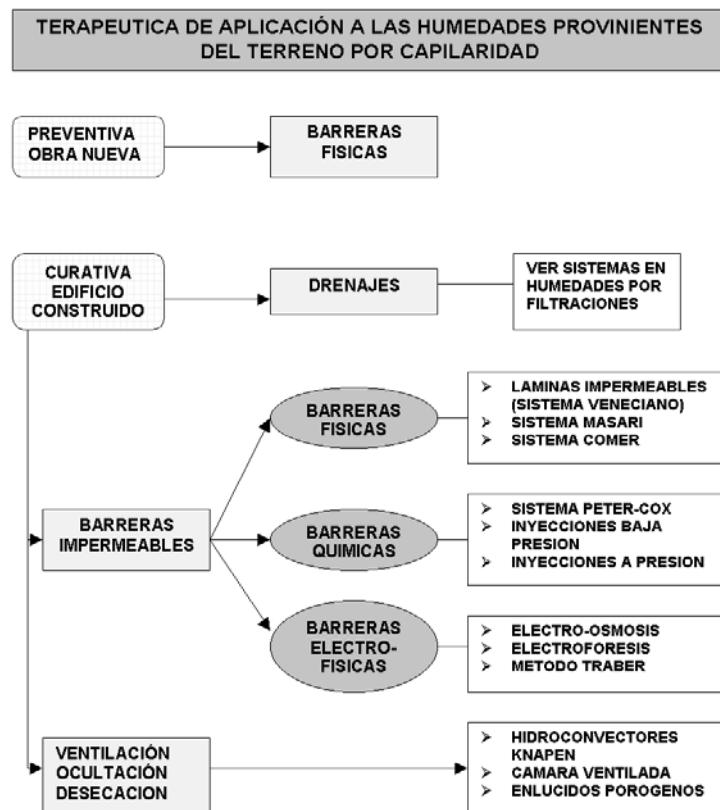


Figura nº 13 : Barreras para impedir la capilaridad

2.1.5 Soluciones para eliminar humedades de capilaridad.

Es sin duda una de las tipologías de humedades más difíciles de eliminar ya que por una parte hay que intentar colocar la barrera anterior para evitar la succión de agua por parte del material, pero por otra hay que terminar de desecar los muros afectados y en los casos más graves restaurar el muro de los daños causados en forma de fracturas, exfoliaciones, etc.

Las diferentes soluciones y sistemas para reparar estas humedades se pueden agrupar en tres tipologías (esquema n º 6)



Esquema n º 6 : terapéuticas de aplicación a las humedades por capilaridad

- a) **DRENAJE** que aleje el agua del contacto con cimentaciones y muros evitando de esta manera la succión.
 - b) **BARRERAS IMPERMEABLES** para evitar el contacto directo entre la base del muro y la vía de ascensión del agua, tal como se han descrito para la obra nueva.
 - c) **VENTILACIÓN, OCULTACIÓN Y DESECACIÓN** que permite “disimular” los efectos pero sin solucionar la causa que provoca la humedad, siendo por lo tanto soluciones que palian el problema pero no lo resuelven, es decir el agua sigue siendo succionada y se elimina del muro a posteriori.
- a) **DRENAJE.** Este tipo de soluciones son de aplicación para evitar que las aguas filtradas al terreno tomen contacto con los muros y cimientos y por lo tanto aunque resuelven los problemas de capilaridad son soluciones típicas para aguas de filtración en general para sótanos y construcciones enterradas y se estudiarán en el apartado correspondiente, más adelante.

La solución más específica aplicable a las humedades de capilaridad es la interposición de barreras impermeables que evitan la succión del agua y de las cuales vamos a estudiar diferentes variedades. En cualquiera de ellas se trata de interponer una barrera entre el agua ascendente y el material que la va a succionar y por lo tanto ha de hacerse sobre el propio elemento constructivo afectado, muro o

cerramiento "rompiéndolo" para poder introducir la barrera. Lo que resultaba muy sencillo en obra nueva se torna complejo y costoso en edificios construidos.

- **BARRERAS IMPERMEABLES FISICAS.** Se comenzaron a utilizar en la ciudad de Venecia para evitar las importantes ascensiones de agua que, por razones obvias, se daban en casi todos los edificios de la ciudad.

- **SISTEMA VENECIANO.** Consiste en introducir en las zonas inferiores de los muros, por encima de las rasantes exteriores láminas metálicas, generalmente de plomo, extrayendo piedra a piedra o ladrillo a ladrillo de los muros. En la actualidad se emplean otros tipos de metales, como el cobre o el aluminio y láminas de plástico de P.V.C y elastómeras, incluso bituminosas con algún tipo de armadura.

El sistema, en cualquier caso es el mismo, hay que hacer bataches en las zonas inferiores de los muros procurando solapar las láminas de los diferentes tramos y retacando posteriormente las quedadas practicadas con morteros sin retracción o epoxídicos. La dimensión del batache depende de las características del material del muro y de su compromiso estructural. Después de retacado debe evitarse la vista de la lámina interpuesta, tanto por el interior como por el exterior del edificio (figura 14).

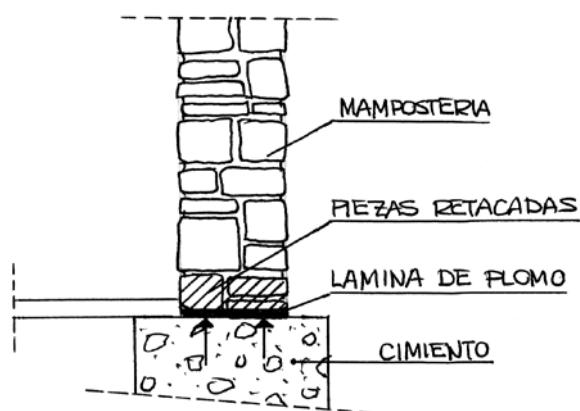


Figura n ° 14: Barreras tipo Venecia

- **SISTEMA MASARI** (de taladros). Basado en la técnica anterior la perforación del muro se realiza con una maquina perforadora de broca cilíndrica con punta de diamante de diámetro 30 a 35 mm. que efectúa el corte del muro en bataches de unos 50 cms. de largos y rellenando el hueco con una mezcla de mortero de resinas de poliéster, lo que garantiza la estabilidad del muro y crea la barrera impermeable al tiempo.
- **SISTEMA COMER** (de corte). El corte del muro lo efectúa una máquina patentada por el sistema que corta la base del muro con un espesor de entre 8 a 13 mm. Y con una capacidad de profundidad de hasta 1,30 mts, posteriormente va insertando en el hueco una lámina de polietileno o resinas de 2mm. de espesor e inyecta un mortero sin retracción a baja presión para terminar de colmatar la hendidura.

- **BARRERAS QUIMICAS.** Con estos sistemas lo que se pretende es eliminar o al menos reducir la porosidad del material a base de llenar los poros con elementos repelentes al agua para impedir la succión pero permitiendo el paso del vapor de agua para su difusión. Los más frecuentes son los compuestos a

base de siliconas que lo que hacen es disminuir el menisco de la tensión superficial y evitar la ascensión.

Otra posibilidad es intentar el taponamiento de los poros a base de productos mineralizadores (silicatos o silicanatos). En el primer caso se crea una "franja repelente" al agua y en el segundo una auténtica "barrera" que impide su paso.

- **SISTEMA PETER COX.** Es una variante de la barrera química por difusión y consiste en crear en el interior del muro una barrera capaz de rechazar la humedad ascensional, para lo que se utiliza una sustancia inodora, exenta de disolventes y sustancias inflamables, rica en siliconas que en contacto con el CO₂ de la atmósfera genera siliconas "in situ" que rellenan la red capilar del muro o pared con este producto hidrorepelente.

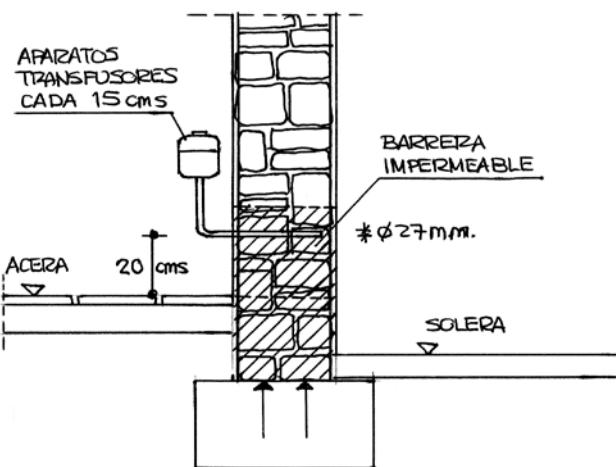
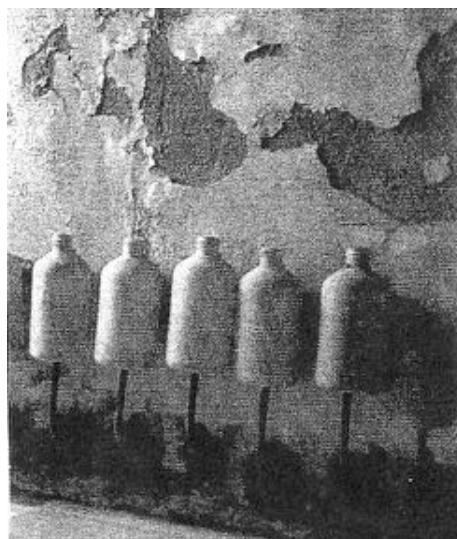


Figura n ° 15 : sistema Peter-Cox

Al ser la presión hidrostática de la sustancia transfundida mayor que la presión hidrostática del agua ascendente, expulsa el agua aunque ya se haya infiltrado en los poros y de esta manera la barrera generada afecta a la estructura interna del muro colmatándose sus capilares que son los conductos de subida. El sistema es permanente en el tiempo y resiste bien los cambios de temperatura y al envejecimiento.

La aplicación se realiza efectuando perforaciones de 27 mm. de diámetro equidistantes unos 15 cms. y a una altura del suelo de 20 cms. siendo la profundidad función del espesor del muro (figura 15). En cada taladro se instala el aparato transfusor, que contiene los silicanatos, permaneciendo conectado el tiempo preciso para que rebose por los orificios que se han dejado como testigos o hasta que se produzca el rechazo y no se admita más producto por el muro. Terminado el proceso se retiran los aparatos y se sellan los orificios (figura 15).

El inicio de la barrera impermeable se produce de forma definitiva tras la extracción de los difusores y debe continuarse con lecturas periódicas del grado de humedad del muro para verificar la idoneidad del sistema. Las

ventajas que tiene el sistema es que es irreversible en el tiempo, no es de coste excesivo y no afecta a la estabilidad del muro.

- **INYECCIONES A BAJA PRESION.** Se realizan en el muro taladros de 15 mm. de diámetro a tresbolillo y a un altura de unos 30 cms. sobre el nivel exterior y a distancias de de entre 15 y 30 cms, en función del grado de humedad y de las características de los materiales del muro, y con una inclinación hacia el interior de entre 15 y 20°, alcanzando una profundidad de 2/3 del espesor del muro (figura 16).

El depósito de la mezcla de siliconas se coloca unos 60 cms. por encima de la línea de taladros y se conecta con cada uno de ellos mediante tubos de goma. El proceso se da por terminado cuando aparece mancha de líquido por el lado opuesto al de la inyección.

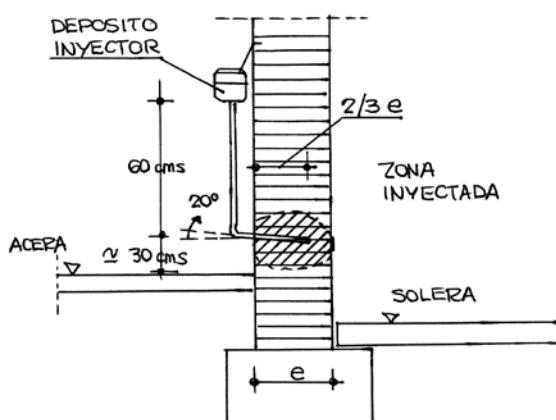


Figura n° 16 : Inyecciones a baja presion

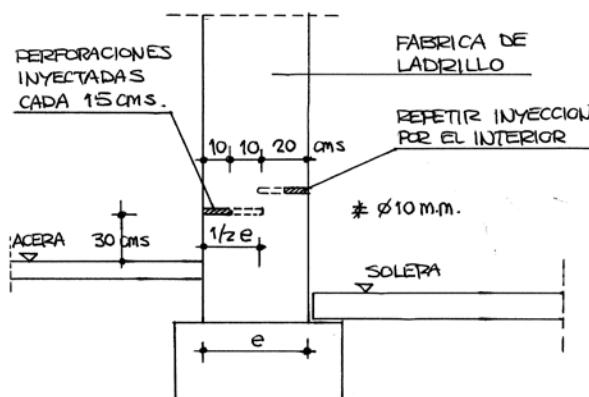


Figura n° 17 : Inyecciones a presion

- **INYECCIONES A PRESIÓN.** El hecho de efectuar la inyección a presión facilita la expulsión de agua de los capilares, pero debe hacerse en fábricas de ladrillo macizos o mamposterías que no presenten oquedades significativas para evitar rellenos inútiles.

En el caso de fábricas de ladrillo el procedimiento es de la siguiente forma: Entre 30 y 40 cms. del suelo se realizan perforaciones de 10 mm. de diámetro y 10 cms. de profundidad, cada 15 cms. en línea horizontal y se inyecta a continuación el líquido hasta la saturación. Posteriormente se tapona cada orificio y se vuelve a taladrar hasta la profundidad de 20 cms, volviendo a inyectar y así sucesivamente hasta alcanzar el espesor medio del muro. A partir de aquí se repite el mismo procedimiento por el lado opuesto del muro. En el caso de tratarse de muros de piedra las perforaciones son cada 20 cms. y en dos líneas horizontales paralelas separadas a su vez entre 15 y 20 cms. (figura 17).

- **BARRERAS ELECTRO-FISICAS.** Se utiliza el fenómeno de la ósmosis para invertir el camino del agua haciendo que sea el terreno el que succione la que proviene del muro y no al revés. Este fenómeno se basa en la diferencia de polaridad eléctrica existente entre el suelo y el muro, creado por las sales que lleva disueltas el agua de modo que el muro actúa como polo positivo y el terreno

como negativo. Si se crea una diferencia de potencial entre ambos lados de esta "pila" natural se puede invertir el sentido de la migración del agua en función de la polaridad eléctrica, que es lo que se conoce como electro-ósmosis.

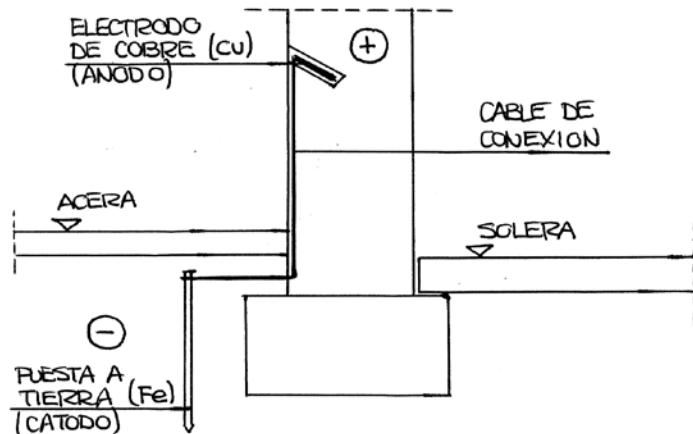


Figura n ° 15 : Electro – osmosis

Puede ser electro-ósmosis activa si se interpone un generador eléctrico y pasiva cuando el campo eléctrico se produce de una forma física natural y el movimiento de partículas en suspensión dentro del agua, que provoca el campo eléctrico, se produce desde el ánodo (polo positivo), que es el paramento o muro, hacia el cátodo (polo negativo), que es el terreno. En ambos casos los iones son los elementos motores (figura 18).

La otra forma de electro-ósmosis dentro del mismo fenómeno es la electro-fóresis que es el movimiento de una partícula sólida a través de un líquido con la ayuda de un campo eléctrico, lo que permite el relleno de poros con material sólido como la "forerita" que es una arcilla coloidal.

- **METODO TRABER** de electro-ósmosis-fóresis. Es un método comercial patentado por Jacob Traber (1969) que perfecciona una anterior experiencia de Erns en 1940 y que combina los dos fenómenos descritos. El método consiste en lo siguiente:

Se elimina mediante picado el revestimiento exterior del muro hasta un nivel 50 cms. por encima de la mancha de humedad y se realizan perforaciones de 35 mm. de diámetro con una inclinación de 45° en línea horizontal, separados entre si y a una altura del suelo que es variable en función del espesor del muro y del material que lo componga.

Se rellenan los huecos con productos de fóresis, que son sustancias ionizables sensibles a la corriente eléctrica y solubles en el agua capilar, y se introducen los electrodos en cada orificio conexionándolos entre si y alas cajas de conexión. Se hincan las puestas a tierra en cantidad variable conforme a las características del terreno y también se conectan a las cajas (figura 19).

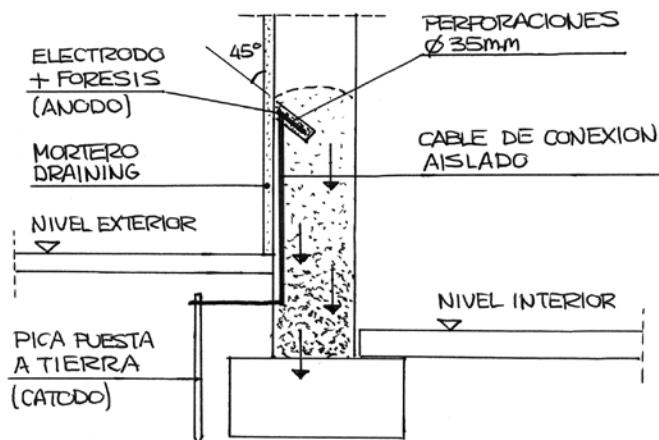


Figura n° 16 : metodo traber

Al cerrar el circuito es cuando se produce un cambio en el sentido ascensional del agua ya que la tierra actuando como ánodo y los electrones pasando del cable de cobre a la placa de acero galvanizado de la puesta a tierra hacen que se produzca el descenso de moléculas del agua hacia el terreno y la cimentación. El ciclo se completa con el relleno de poros por los productos de la fóresis que posteriormente endurecen.

Las ventajas del sistema es que combina los dos fenómenos de la ósmosis y la fóresis y además no precisa de energía, siendo de duración ilimitada si se termina correctamente el ciclo, lo que debe verificarse midiendo la diferencia de potencial a principio y al final del proceso. Como inconveniente cabe resaltar que el sistema no evita la causa de la humedad ya que no corta la presencia de la misma sobre el muro y por lo tanto el muro se estará secando en tanto en cuanto apliquemos el sistema, lo que ocurre es que el progresivo taponamiento de los poros va haciendo cada vez al material más impermeable al paso del agua.

- **VENTILACION Y OCULTACION.** Se ha visto que los sistemas de barreras son costosos y complejos de utilizar, por lo que a veces, si la humedad no es muy importante, puede recurirse a estos sistemas que no cortan la succión sino, que a base de ventilación de los paramentos afectados, facilitan la evaporación del agua y por difusión su trasferencia a la atmósfera. De esta forma se logra que la humedad no esté presente y por lo tanto que los paramentos sufran un menor deterioro, no se corta la ascensión del agua pero se facilita su pronta salida disminuyendo los efectos de mojado.
- **HIDROCONVECTORES KNAPER.** Con este sistema se pretende ventilar el interior de la masa del muro afectado para efectuar por evaporación y difusión la salida del agua introducida en los poros del material. El procedimiento consiste en introducir transversalmente unos tubos cerámicos porosos de profundidad variable en función del espesor y características del paramento a desecar, con una ligera inclinación hacia el exterior. El tubo permite, por sus características, la captación del agua por ósmosis y condensación interna en un entorno de unos 25 cms. y además facilitan la salida de gases migratorios presentes en el agua (Figura n° 20).

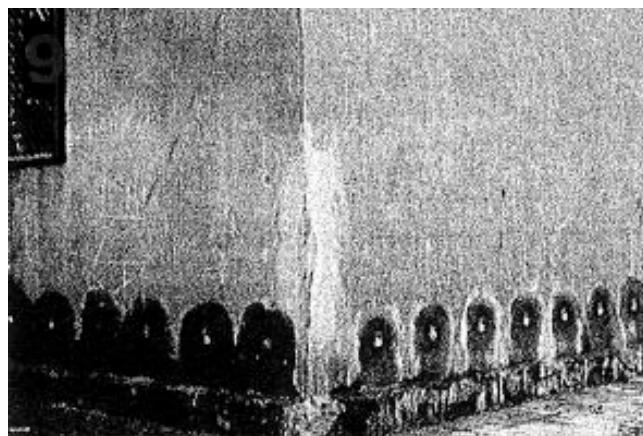


Figura nº 20: Hidroconvectores Knaper

- **CAMARA VENTILADA POR EL INTRADOS.** Es una variante de la clásica cámara bufa (que se vera en la humedades por filtración), resuelta con menor pérdida de espacio interior y aun coste más reducido.

El sistema consiste en una pantalla drenante de láminas rígidas gofradas de PV.C de pequeño espesor de los tetones (2 cms.) que se clava con anclajes especiales sobre el interior del paramento afectado, en una cuadricula de 30 x 30 cms. Se dejan aberturas en la parte inferior y superior de la lámina en su encuentro con los paramentos, para permitir la ventilación y difusión del vapor de agua y posteriormente se guarnecen de mortero de yeso para su posterior pintado (figura 21)

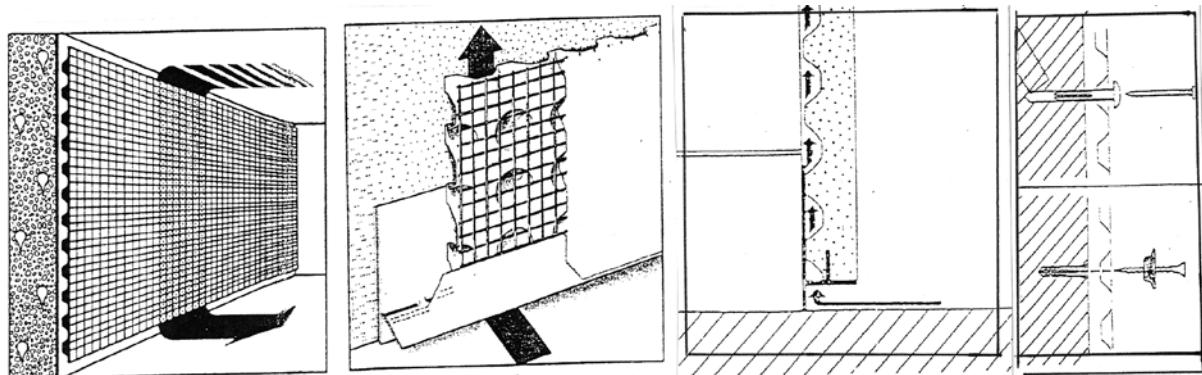


Figura n º 21 : sistema "delta-pt" de cámara ventilada

Las láminas deben ser cuidadosamente clavadas y solapadas entre si colocando en la zona inferior de apoyo una regleta que garantiza la separación del suelo.

Este sistema se puede utilizar cuando el grado de humedad no es muy importante, ya que en caso contrario condensaría y gotearía el agua por el interior de la cámara.

- **ENLUCIDOS POROGENOS.** El tapar las humedades de capilaridad con zócalos de revestimientos impermeables, no solo no solucionan el problema sino que lo empeoran, al provocar el aumento de la ascensión del agua, que necesita buscar su evaporación para su difusión a la atmósfera, con lo que se

alcanzan cotas más altas de mancha de humedad en el muro, tal como se representa en un caso real de la figura nº 22. Para facilitar la evaporación, pudiendo al mismo tiempo "tapar" la humedad deben usarse guarneidos con productos porosos que permitan la ventilación del muro afectado y su deshumidificación.

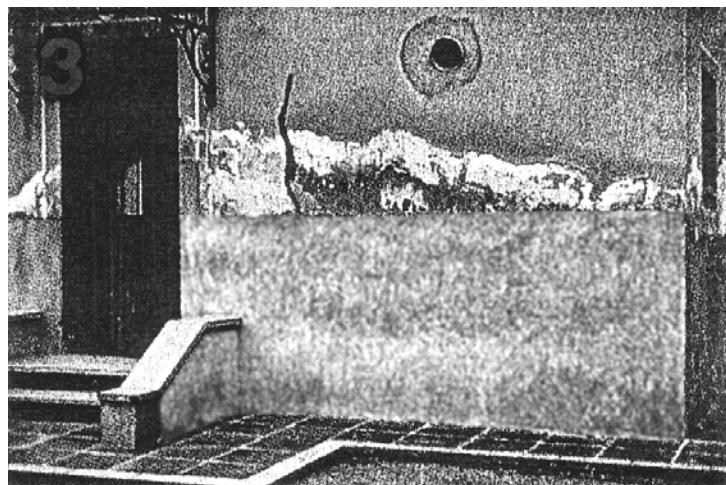


Figura nº 22: Soluciones erróneas para capilaridad

Son morteros de estructura macroporosa que tienen la propiedad de mantener el contacto del muro con el espacio exterior aumentando la velocidad de evaporación, por encima de la humidificación, con lo que se consigue, a veces, hasta su total desecación en virtud del espesor y grado de humedad del mismo y son conocidos como morteros Dryning.

Se debe eliminar previamente el revoco o revestimiento exterior del muro dejando airearse la cara exterior, para proceder a su aplicación posterior, lo que se hace con una capa previa de imprimación y después el mortero aplicado como un guarnecido. El acabado se hace con pintura al temple y no plástica, es decir pintura con poro abierto que permita la ventilación del mortero.

En realidad el fenómeno de la desecación se produce porque el mortero succiona el agua almacenada en el muro y a través de sus microporos la va transmitiendo a la atmósfera en forma de vapor. La porosidad viene determinada por los áridos empleados, generalmente arenas silíceas, y la relación agua/cemento, que deben ser resistentes a los sulfatos y cloruros.

2.2 HUMEDADES DE CONDENSACION EN ZONAS ENTERRADAS.

En el punto 1.2.2 del capítulo anterior ya se definió el fenómeno de la condensación en general y no son estas precisamente el tipo de humedades más frecuentes en las plantas enterradas de los edificios ya que habitualmente su temperatura interior no es muy superior a la exterior, salvo que sean zonas habitadas, lo que es cada día menos frecuente, y en ese caso su estudio será el mismo que se hará en el capítulo de cerramientos.

2.2.1 Etiología y sintomatología de las condensaciones en sótanos.

En la figura 23 se representan las fuentes de las condensaciones en los locales enterrados y sus manifestaciones más frecuentes son las siguientes (esquema 7):

- a) Difusión del vapor de agua a través de los muros enterrados, produciéndose la transferencia entre el terreno y el interior del local y depositándose la condensación en el intradós del muro en forma de manchas de humedad por hongos, eflorescencias y el perlado con gotas de agua sobre guarnecidos, cuando se da con mayor intensidad.

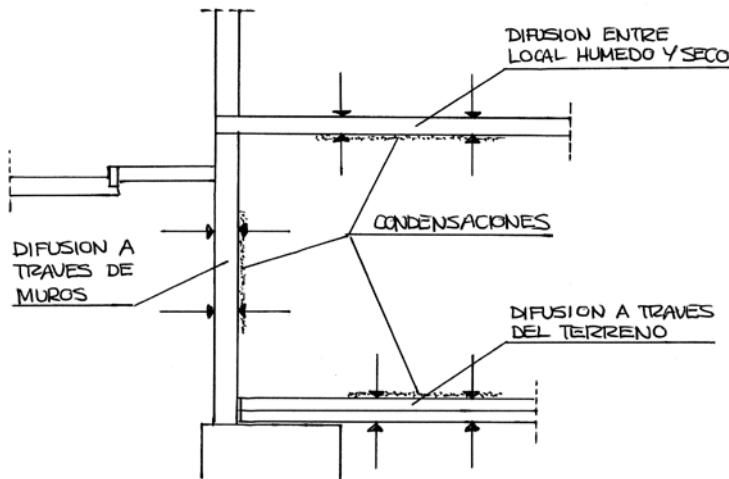


Figura n ° 23 : Condensaciones en sótanos

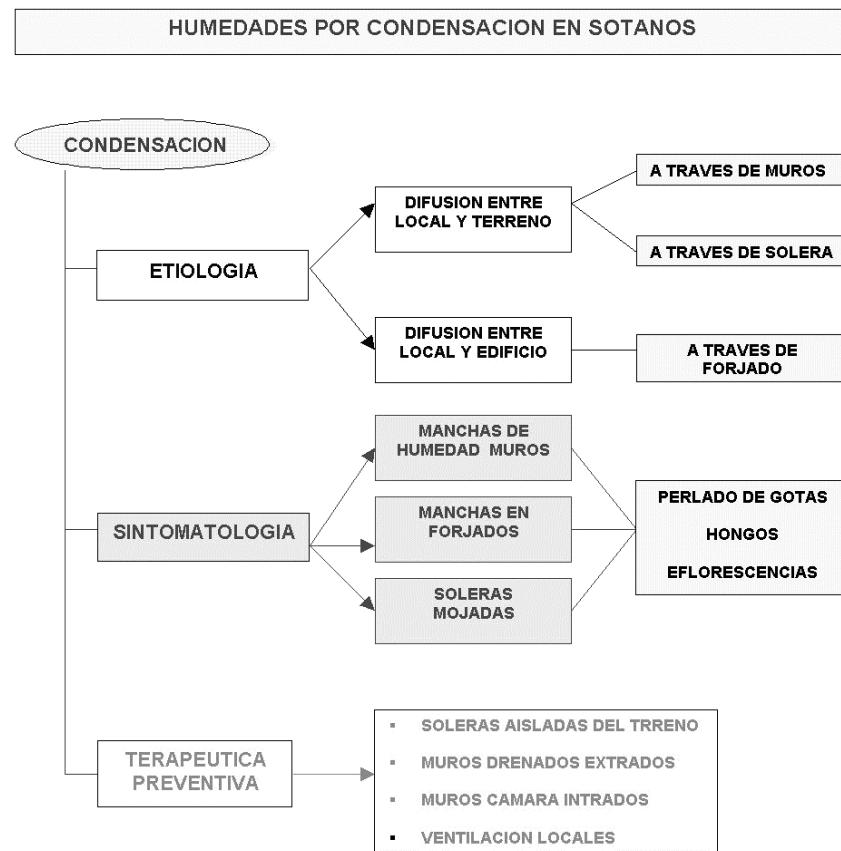
- b) Difusión del vapor a través de la solera depositándose la humedad sobre el pavimento. En este caso es la humedad del terreno, si no se aislado la solera correctamente, la que se transfiere por difusión al interior del edificio. El acabado pulimentado o solado de la solera presenta una superficie que facilita el depósito de este vapor en forma de manchas de humedad.
- c) De forma menos frecuente, puede también producirse condensaciones en el techo de los sótanos, que solo se dan si el local sobre el sótano tiene un grado de humedad superior al del sótano, lo que ocurre cuando se trata de porches abiertos. En estos casos la difusión del vapor se produce del exterior al interior del sótano y la condensación se manifiesta en forma de gotas de agua en el techo del sótano.

2.2.2 Terapéutica preventiva para las condensaciones en los sótanos.

Aunque el tratamiento de las humedades de condensación se verán en el próximo capítulo, pueden indicarse una serie de recomendaciones específicas para efectuar en las obras nuevas en las platas de sótano para evitarlas:

- a) Aún en ausencia de nivel freático, que precisa otro tipo de tratamientos, las soleras deben aislarse del terreno al menos con un encachado de grava, que evite la ascensión del agua y una lámina de plástico polietileno, para evitar su difusión.

- b) Los muros perimetrales enterrados, si son de hormigón, deben ser impermeabilizados y drenados por su extradós y si esto no es posible, hacer una cámara bufa por su intradós y conducir el agua mediante canaletas internas.

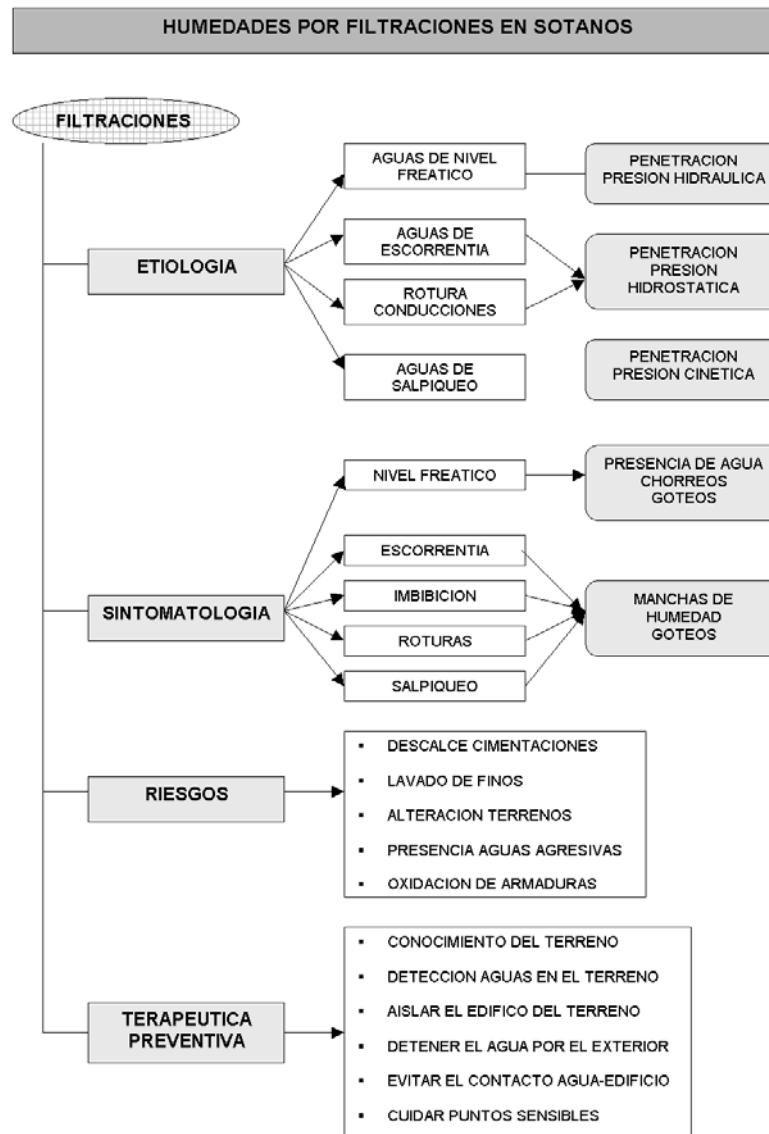


Esquema n ° 7 : Humedades por condensación en sótanos

- c) Los locales que se encuentren en plantas sótanos, principalmente si van ser utilizados para alguna forma vividera, como pueden ser locales comerciales, almacenes, etc, deben estar correctamente ventilados, si no es posible de forma natural mediante ventilación forzada, que garantice no solo la renovación del aire sino sobre todo, a estos efectos, la deshumidificación del local.

2.3 HUMEDADES POR FILTRACIONES EN LOS SOTANOS.

Sin duda son las más abundantes de las humedades en las zonas enterradas de los edificios y las que causan, junto a las de las cubiertas, el mayor número de las lesiones en los edificios por penetraciones de agua. Por razones evidentes de la procedencia del agua, que es el terreno circundante a la zona enterrada, la reparación de este tipo de patologías es muy compleja y costosa en edificios ya existentes, por lo que una vez más la correcta construcción a partir de un proyecto completo de las obras de nueva planta es la prevención más adecuada para evitar este tipo de humedades (esquema 8).



Esquema nº 8: *Humedades por filtración*

2.3.1 Etiología de las filtraciones en los sótanos.

Hay una primera clasificación en cuanto a la procedencia de las aguas, aunque su origen sea siempre el terreno, y se define por la forma en que el agua se encuentra en el mismo:

A. AGUAS DE NIVEL FREATICO. El agua se encuentra en el terreno estancada a un determinado nivel variable, en función de los regímenes de lluvias y de la tipología del terreno, porque ha encontrado una capa impermeable que impide su filtración por gravedad. Por lo tanto su penetración en el edificio, por la zona inferior, se produce por la presión hidráulica de este nivel, tanto por los paramentos de cerramiento del sótano como por las soleras (figura 23).

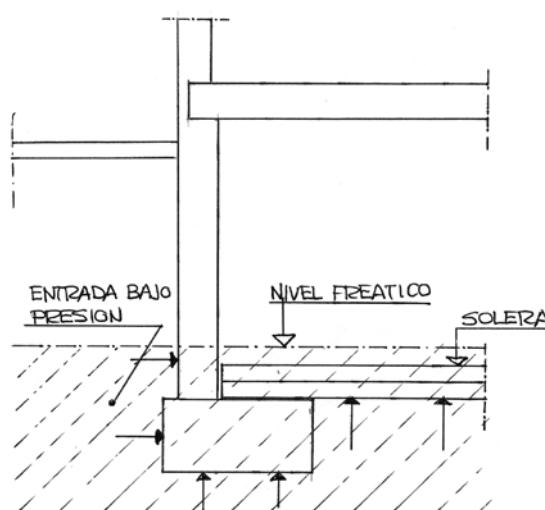


Figura n ° 23 : nivel freático

B. AGUAS DE ESCORRENTIA. Son las que periódicamente y en cada estación húmeda penetran en el terreno, lo empapan y por presión hidrostática pueden penetrar a través de los muros de los sótanos por fallos de construcción que dejan zonas sensibles que facilitan su penetración. En una menor medida esta misma fuente puede constituirla las aguas de riego en zonas ajardinadas próximas al edificio en la época estival (figura 24).

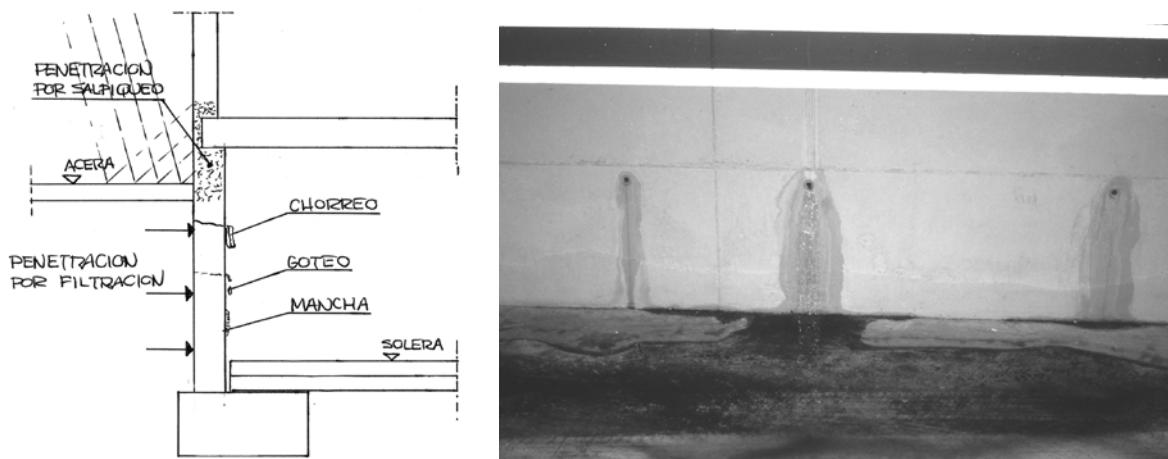


Figura n ° 24 : escorrentia y salpiqueo

C. AGUAS DE SALPIQUEO. También tienen como origen el agua de lluvia que en contacto con terrenos pavimentados perimetrales al edificio y por energía cinética acumulada en el "salpiqueo" de la lluvia acaban "mojando" las zonas inferiores de los edificios y los sótanos cuando estos emergen en parte sobre las rasantes (figura 24).

D. AGUAS POR ROTURA DE CONDUCCIONES. Pueden darse tanto en construcciones recientes, como en edificios antiguos. Las aguas imbiben el terreno circundante por una rotura o fallo en una conducción enterrada, bien del exterior o bien del propio edificio. Las exteriores pueden ser conducciones de agua próximas al edificio o la propia acometida de este o bien colectores de

aguas fecales y las interiores, habitualmente son fugas de la red de saneamiento horizontal, en los colectores o las arquetas (figura 25).

E. AGUAS POR CUBIERTA DE SOTANO.

Son las que se filtran a los techos de los sótanos cuando estos tienen directamente encima una cubierta y no el edificio. Es lo más frecuente en aparcamientos externos de los edificios en los que los sótanos se cubren con zonas ajardinadas, paseos, aparcamientos de superficie o terrazas pertenecientes a las viviendas e las planta bajas cuando se trata de construcciones en bloque abiertos rodeados de urbanizaciones interiores. Este tipo de humedades no se estudian como pertenecientes a los sótanos se verán en el estudio de la patología de las cubiertas, ya que su etiología viene determinada por alguno de los componentes de las mismas.

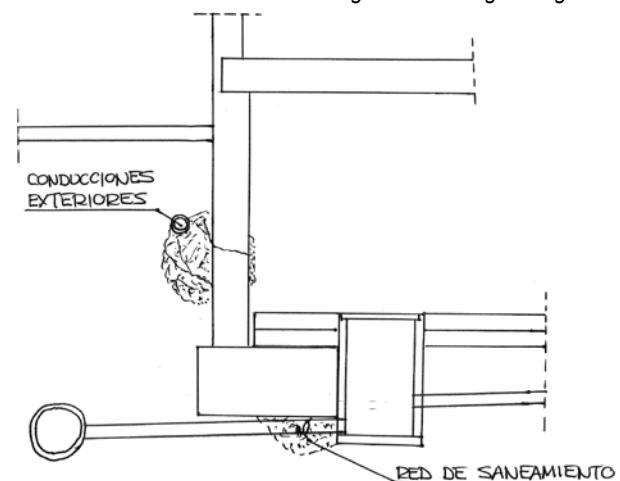


Figura n ° 25 : aguas fugadas

2.3.2 Influencia de los terrenos en la penetración del agua y datos previos.

Siendo el terreno el vehículo de transporte del agua y el punto de contacto con el edificio merece unos breves comentarios sobre la influencia que tiene para facilitar o dificultar el camino del agua. En la tabla nº 3 se describen para los principales tipos de terrenos sus características de comportamiento respecto de este tema.

COMPORTAMIENTO DE LOS TERRENOS RESPECTO DEL AGUA			
CARACTERISTICAS	TIPOS DE TERRENO		
	ARENAS	ARCILLAS	ROCAS
• Indice de huecos.	• Grandes poros	• Pequeños poros	• Sin poros
• Permeabilidad	• Permeables	• Impermeables	• Impermeable
• Velocidad de imbibición.	• Rápida	• Lenta	• Nula circula por grietas.
• Profundidad de penetración del agua.	• Grande	• Pequeña	• En función de grietas.
• Escorrentía superficial.	• Pequeña	• Grande	• Total
• Drenaje	• Fácil	• Complicado retiene agua	• Perfecto
• Evaporación.	• Rápida	• Difícil	• Rápida
• Volumen del terreno humedecido	• Uniforme sin bolsas	• Formación de bolsas	• Casi nulo

Tabla n ° 3: Los terrenos y su comportamiento frente a l agua

Siendo el terreno el vehículo de transporte del agua y el punto de contacto con el edificio merece unos breves comentarios sobre la influencia que tiene para facilitar o dificultar el camino del agua. En la tabla anterior se describen para los principales tipos de terrenos sus características de comportamiento respecto de este tema.

Datos previos del terreno que deben inspeccionarse.

Antes de comenzar la construcción en un solar deben efectuarse los reglamentarios ensayos geotécnicos y de ellos podemos obtener la mayoría de los datos que figuran a continuación:

- ✓ Detectar existencia de nivel freático, su posición y oscilaciones estacionales.
- ✓ Detectar la posible existencia de bolsas de agua o aguas colgadas.
- ✓ Conocimiento de los estratos afectados por la cimentación del edificio y la permeabilidad de los mismos.
- ✓ Localización de viajes de agua, antiguas conducciones y canalizaciones.
- ✓ Existencia de pozos, galerías y otras captaciones de agua.

2.3.3 Sintomatología y efectos de las humedades por filtraciones en sótanos.

FILTRACIONES POR ELEVACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO

La filtración se produce porque la cimentación o zonas enteradas del edificio se construyen en la zona de variabilidad del nivel freático. Si este nivel se limita a "mojar" la base del edificio sin alcanzar el nivel de la solera los efectos son los descritos en las humedades de capilaridad de la ascensión del agua.

En el supuesto que el nivel del agua suba por encima de la cimentación y solera del edificio los efectos son la penetración del agua por filtraciones de diversos tipos. El agua penetra por presión hidráulica por los puntos más débiles del cerramiento inferior como son (ver figura n° 27):

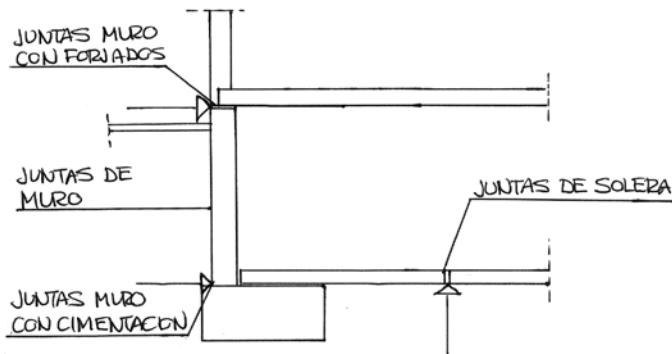


Figura n° 27: Juntas de penetración de filtraciones

- ✓ Juntas de dilatación y trabajo de la solera.
- ✓ Juntas de las soleras con los muros y pilares.
- ✓ Juntas entre forjados y sus muros sustentantes.
- ✓ Juntas de dilatación y de trabajo de muros perimetrales.
- ✓ Juntas de trabajo de pantallas, continuas o entre pilotes.

Los efectos de la penetración de esta agua pueden ir desde meras manchas e humedad en muros o soleras ligeramente empañadas hasta la penetración en chorro o por goteo, en función de la altura del nivel freático.

FILTRACIONES POR AGUAS DE ESCORRENTÍA O RIEGO.

La sintomatología puede ser en muchas ocasiones similares a las anteriores, pero salvo excepciones puntuales, no se dará la entrada en forma de chorro dado que ya no hay presión hidráulica y solo en función de la imbibición del terreno o de la presencia de bolsas o corrientes de agua, se producirá mayor o menor presión hidrostática. Normalmente no habrá penetraciones por soleras, las manchas de humedad no serán tan uniformes y salvo sitios puntuales de menor intensidad.

FILTRACIONES POR AGUAS DE SALPIQUEO.

Estas humedades solo se manifiestan en las zonas de sótano del edificio, si la rasante de la calle está por debajo del forjado de planta baja, es decir se trata realmente de semisótanos. Parte de los efectos que producen son de capilaridad, pero cuando el salpiqueo es muy constante en temporadas de lluvias continuas o el edificio no tiene sistema de recogida de aguas por el alero, pueden convertirse en filtraciones.

En estos casos la humedad penetra en el interior por saturación del paramento y los síntomas son la aparición de un zócalo uniforme en toda la longitud del muro afectado más húmedo en la zona pegada a la acera exterior que va disminuyendo con la altura.

FILTRACION DE AGUAS POR ROTURAS.

Se manifiestan por manchas puntuales y con forma radial por el interior de los muros en la zona de contacto con la que se ha producido la fuga o rotura, independientemente de la estación del año y que crece rápidamente hasta que se repara la rotura.

Las que provienen de rotura o fugas de la red de saneamiento no suelen visualizarse, salvo por capilaridad en algún muro interior o en la solera y se distinguen porque van acompañadas de malos olores. Si la fuga o rotura tarda en detectarse o en repararse puede producirse embolsamientos de aguas y posibles lavados de finos, con el riesgo de arrastre de terrenos.

2.3.4 Niveles de riesgo.

Las filtraciones por nivel freático pueden ser peligrosas para el edificio en función del terreno principalmente si son arcillas con algún grado de expansividad, por lo que la cimentación debe proyectarse aislada de la influencia de las aguas y por debajo de las zonas de expansividad (ver capítulo de cimentaciones). En líneas generales, si no se tienen "captadas" y "conducidas" las aguas pueden producir lavado de finos, sobre todo en terrenos arenosos, creando oquedades que en períodos de baja pluviometría pudieran crear asientos en la cimentación.

En los supuestos de rotura de saneamiento se trata de aguas agresivas en cuanto a sus contenidos de residuos de todo tipo, principalmente detergentes y restos orgánicos, que en contacto prolongado con las cimentaciones pueden derivar en ataques al hormigón.

La presencia de agua persistente, en cualquier caso en zonas enterradas con posibilidad de contacto con el exterior, puede ocasionar en los hormigones armados oxidación de las armaduras, iniciando el proceso degenerativo que supone la oxidación del hierro con el aumento de volumen de las armaduras, rotura del hormigón con el consiguiente descubrimiento de mayor parte de las armaduras, etc. Por todas estas razones la presencia de agua en las zonas enterradas de la edificación en nada benefician a la misma y a largo plazo casi siempre la perjudican, en ocasiones de forma que puede poner en peligro la estabilidad de algún elemento con compromiso estructural, por lo que la reparación de este tipo de patologías cuando se presentan debe hacerse a la mayor brevedad posible, una vez realizado un diagnóstico certero de las mismas.

2.3.5 Terapéutica preventiva en obras nuevas.

Como se viene repitiendo para otro tipo de humedades por aguas subterráneas, partir de un buen proyecto y haber realizado correctamente la construcción, es básico para evitar costosas reparaciones y obras complicadas en el edificio terminado y que a veces no consiguen solucionar de una forma definitiva el problema. Para evitar esto hay una serie de premisas básicas para evitar este tipo de humedades que deben aplicarse como la mejor terapéutica preventiva en obras nuevas:

- ✓ Conocimiento del terreno y su comportamiento respecto de la presencia de agua, tal como se apuntó en el epígrafe 2.3.2.
- ✓ Detección fiable del nivel freático y su posible variabilidad estacional.
- ✓ Proyectar y construir adecuadamente las soluciones para evitar la penetración de aguas con arreglo al siguiente esquema de principios:
 - a. Debe aislarse el edificio del terreno, que es el punto de procedencia del agua, y debe hacerse tanto por los muros como por las soleras y en su caso si existen por las zonas descubiertas superiores.
 - b. Las aguas es preferible detenerlas por el exterior que recogerlas por el interior, siempre que esto sea posible en función de la ubicación del edificio y del sistema constructivo de la cimentación.
 - c. Además de impermeabilizar los muros, siempre es conveniente, establecer sistemas de drenajes que “alejen” las aguas del contacto con el edificio.
 - d. Hay que cuidar los puntos sensibles que suponen todas las juntas de la edificación por donde pueden producirse las filtraciones (figura 27).

- e. Determinar la cota de asiento de la cimentación en virtud de la presencia del agua y de las características del terreno.
- f. Establecer el sistema de impermeabilización y de drenaje conforme a la posibilidad de construcción de los muros perimetrales y en función de tratarse de pantallas, encofrados a una cara o a dos caras, ya que el tratamiento de las soluciones serán diferentes.

2.3.6 Soluciones constructivas para evitar las humedades por filtraciones en sótanos.

- **NIVEL FREATICO.** En este supuesto hay que evitar que las aguas penetren en el edificio y además establecer un sistema combinado que no permita elevarse el nivel por encima de la zona drenada, salvo que pueda establecerse un vaso totalmente estanco y por lo tanto que no permita la penetración del agua. Se pueden barajar las siguientes soluciones:
 - **Paneles de bentonita de sodio.** Es un tratamiento integral para evitar de una forma estanca la penetración de agua en el edificio aún en presencia de presión hidráulica, como es el caso del nivel freático (figura 28).

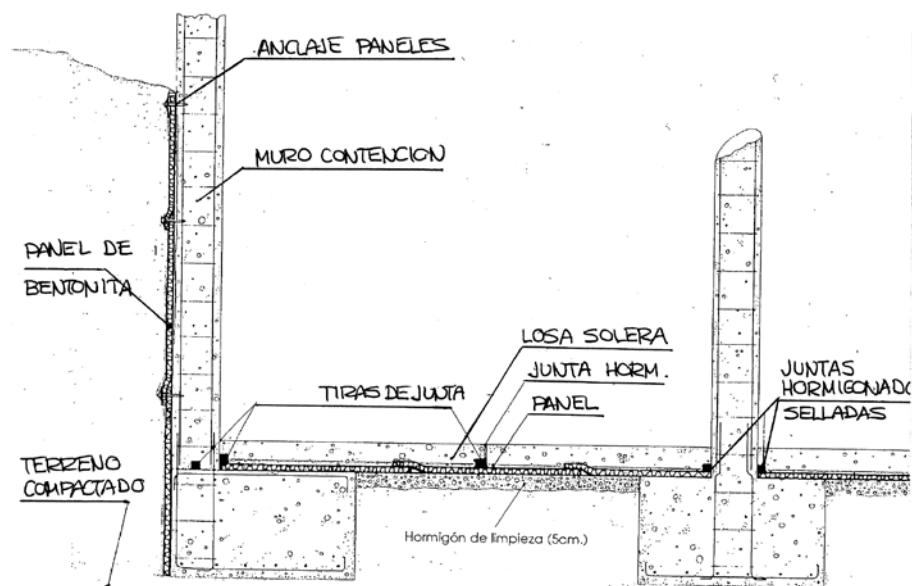


Figura nº 28: Paneles de bentonita de sodio

Se trata de un recubrimiento exterior, tanto de muros como de soleras, basado en la bentonita de sodio, que es un tipo de mineral inerte en forma de arcilla de alta expansividad, que en contacto con el agua se convierte en un gel capaz de expandirse entre 12 y 16 veces su volumen taponando cualquier posibilidad del paso del agua en muros y soleras. El sistema patentado se basa en dos tipos de tratamiento:

- a. **Juntas de hormigonado.** Se trata de un cordón de bentonita de sodio con un 75% y un 25% de caucho - butilo, con diferentes tipos de

sección, de dimensiones medias de 20x30 mm, que se coloca en todas las juntas de hormigonado conforme se indica en la figura.

- b. Paneles de cartón biodegradable tipo kraft, con el alma ondulada que en su interior contiene la bentonita de sodio, de un espesor de 5 mm y de dimensiones 1,22x 1,22 mts y un peso de 8 kgs, que se colocan por debajo de las soleras sobre una capa de mortero de limpieza y en los extradós de los muros perimetrales.
 - **TABLESTACADOS y ATAGUIAS.** Se han de colocar separadas de la edificación, que se pretende proteger y funcionan como una barrera exterior que evita la presencia de agua por presión. Pueden ser tablestacas de madera o las más actuales planchas metálicas conformadas con perfiles grecados que se solapan entre si. Con este sistema se hace descender el nivel freático a base de contener y conducir el agua mediante bombeo y se ha de hacer en todo el perímetro de la edificación.
 - **DRENAJES.** Estos sistemas de tratamiento por el extradós de los muros tienen efectividad tanto para aguas de nivel freático, como para aguas de escorrentía o de imbibición en general del terreno. El uso de unos u otros sistemas será en función de la cantidad de agua presente y de su presión hidrostática, así como de las características del edificio y del sistema constructivo de cimentación y muros de contención.
- Otros condicionantes serán la existencia o no de uno o varios sótanos, o cámaras de aire, la posibilidad de edificio exento o adosado a otros, el entorno urbano con la existencia o no de aceras y la proximidad de calzadas, ya que solo se puede actuar por el exterior del edificio, porque se trata de crear un “obstáculo” al paso de las aguas de filtración. Dentro de esta solución pueden utilizarse las siguientes técnicas:
- **POZOS FILTRANTEs.** Se trata de pozos de profundidad variable repartidos secuencialmente a lo largo del muro afectado por las filtraciones. Este sistema es apropiado cuando bajo el estrato impermeable se encuentra otro permeable, con lo que los pozos lo que consiguen es forzar el descenso del nivel freático ya que el agua se filtra por los pozos, haciendo las veces de sumidero. El sistema puede realizarse también por el interior del edificio.
 - **LAMINAS DRENANTES.** Se adosan al muro afectado por debajo del nivel que emerge sobre la rasante y son especialmente aplicables en muros de sótanos encofrados a dos caras.

El sistema más antiguo, son las típicas cuñas drenantes con un tubo poroso en la base inferior, por debajo de la zona de apoyo del muro, y relleno de grava de diferente granulometría, ascendente de la de menos tamaño a al de mayor dimensión.

En la actualidad se van imponiendo las láminas drenantes, vulgarmente conocidos en la jerga profesional como “hueveras”, que son láminas de polietileno reforzado de 1 mm de espesor y de 1 o 2 mts de ancho, y unos

tetones termo-conformados uniformemente repartidos en toda la superficie de diferentes altura de entre 10 y 30 mm, con una capa geotextil exterior de tejido no tejido, que sirve de pantalla para evita el paso de finos. Si se colocan correctamente con un buen anclaje superior, para evitar deslizamientos, y solapes suficientes entre las láminas garantizan la impermeabilidad de los muros por su extradós.

El agua drenada proveniente de las filtraciones del terreno se recoge en un tubo de drenaje de P.V.C perforado colocado sobre una cama de mortero de cemento efectuada por debajo del nivel de la solera interior o de la cimentación que la conduce a la red de saneamiento (figura 29).

El funcionamiento mecánico de este tipo de láminas es como una “mini cámara bufa” ya que el agua no llega a contactar con el muro o solera, que también se pueden colocar, dado que los tetones o gránulos conformados en la lámina hacen de escorrentía de las aguas por gravedad hasta la zona inferior donde se sitúa el tubo de drenaje.

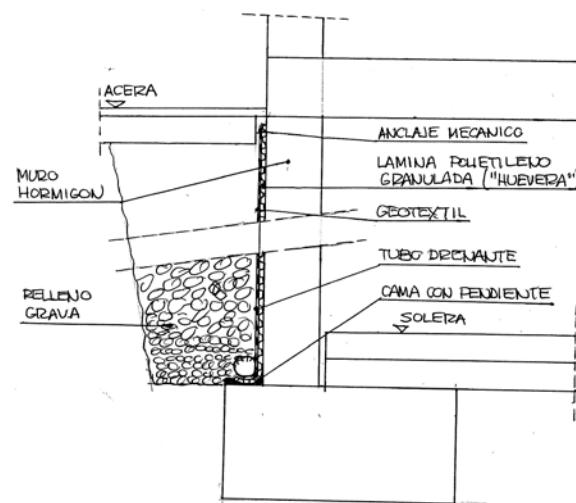


Figura n ° 29: Láminas drenantes

- **MURO DRENANTE.** Se trata de adosar al extradós del muro de contención del sótano un muro efectuado con bloques de hormigón poroso que permiten la penetración del agua imbibida en el terreno por su cara exterior y su bajada por gravedad hasta un tubo drenante colocado en el arranque del muro que lo evacua al saneamiento. Entre el muro drenante y el muro del sótano es conveniente intercalar un film de polietileno y los bloques deben colocarse en seco cuidando que no penetren restos de obra por su parte superior y tapando esta al finalizar.
- **CAMARAS BUFA.** Sin duda el sistema más antiguo para evitar la llegada de las aguas provenientes del terreno, pero también el más costoso de efectuar y sin posibilidad de ejecución salvo en edificios aislados, por lo que en la actualidad apenas se emplea, salvo en monumentos aislados con graves problemas de capilaridad o filtraciones.

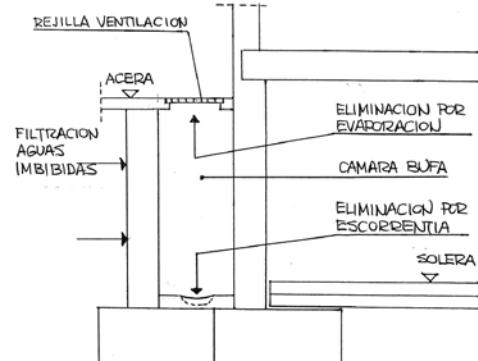


Figura n ° 30: Cámara bufa

No obstante el principio constructivo sigue siendo válido y empleado bajo otras condiciones que se verán más adelante. El sistema consiste en crear

una cámara ventilada entre los muros enterrados y la cimentación del edificio en todo su perímetro exterior, creando un desagüe mediante albañal en su zona inferior y colocando una rejilla de ventilación en la parte superior. (figura 30).

- **DRENAJE DE SOLERAS.** Pueden efectuarse con el sistema de las láminas drenantes descritas para los muros, colocándolas sobre el encachado de la solera y antes de su hormigonado (figura 31), con lo que se refuerza la acción del encachado que evita la succión por capilaridad, con la acción impermeable de la lámina.

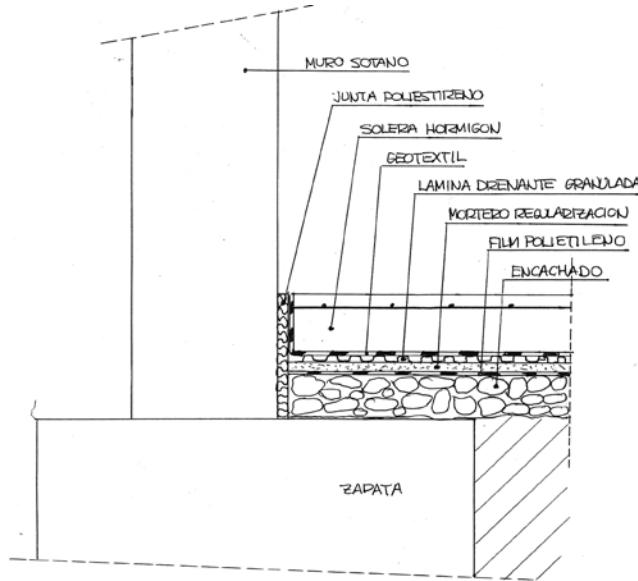


Figura nº 31: Drenaje solera lámina drenante

Este sistema no garantiza la estanqueidad en el supuesto de presencia de nivel freático por encima del nivel de la solera y en este caso debe reforzarse el sistema con la creación de una red de tubos de drenaje colocados en forma de espina de pez bajo toda la superficie de la solera (figura 32) conducidos a un pozo desde el que se pueda bombear el agua filtrada (si fuese preciso) para su evacuación a la red exterior de saneamiento.

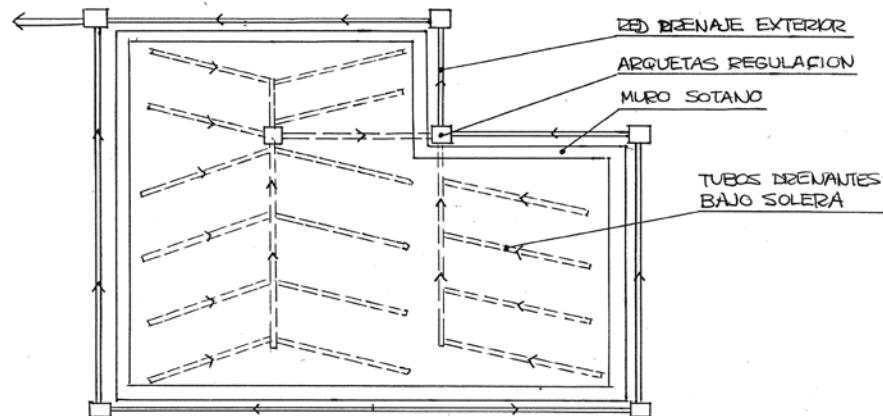


Figura nº 32: Drenaje de solera con tubos porosos

Otra posibilidad para el drenaje de soleras que crea una cámara aislante con el terreno lo constituyen unas piezas de polipropileno en forma de casetones que se colocan con la parte cóncava sobre el terreno apoyados

en unas piezas a forma de “patas” de altura variable y que conforman en realidad un encofrado perdido sobre el cual se puede construir una solera armada o forjado sanitario. Las piezas de unas dimensiones de 50x50 cms. van machihembradas en sus bordes lo que permite el correcto engarce entre ellas (Figura 33).



Figura n ° 33: Drenaje de soleras con casetones plásticos.

- **IMPERMEABILIZACIONES.** Los sistemas descritos hasta aquí pretenden el “alejamiento” del agua de la edificación, en tanto que la impermeabilización de los muros lo que garantiza es que aunque se produzca el contacto del muro con el terreno embebido de agua no va a existir filtración al interior. Es evidente que los sistemas más idóneos son los que suman las dos cosas, siempre que no se tenga la garantía de que los anteriores van a resolver el problema del contacto.
 - **IMPERMEABILIZACION POR EL EXTRADOS.** Puede efectuarse con varios tipos de láminas y diferentes sistemas de colocación, en virtud de las características de la obra, pudiendo utilizar alguno de los siguientes sistemas.
 - ✓ Láminas de betún modificado (LBM, SBS)
 - ✓ Láminas de materiales plásticos (P.V.C. PEC)
 - ✓ Láminas de cauchos sintéticos (Butilo, EPDM)
 - ✓ Paneles de bentonita de sodio.
 - ✓ Membranas hechas “in situ” como los SIL (sistemas de impermeabilización líquida).

A su vez cada una de estas láminas pueden colocarse:

- ✓ Adheridas al muro como las bituminosas

- ✓ Flotantes con fijaciones mecánicas, como pueden ser las de plástico, caucho o minerales.
- **IMPERMEABILIZACION DE DOBLE VASO.** Es un sistema empleado para la impermeabilización por el intradós de las pantallas de cimentación, sean continuas o de pilotes. En estos supuestos la colocación de la lámina por el exterior casi nunca es factible y por lo tanto la impermeabilización debe hacerse por el interior, con los siguientes sistemas:

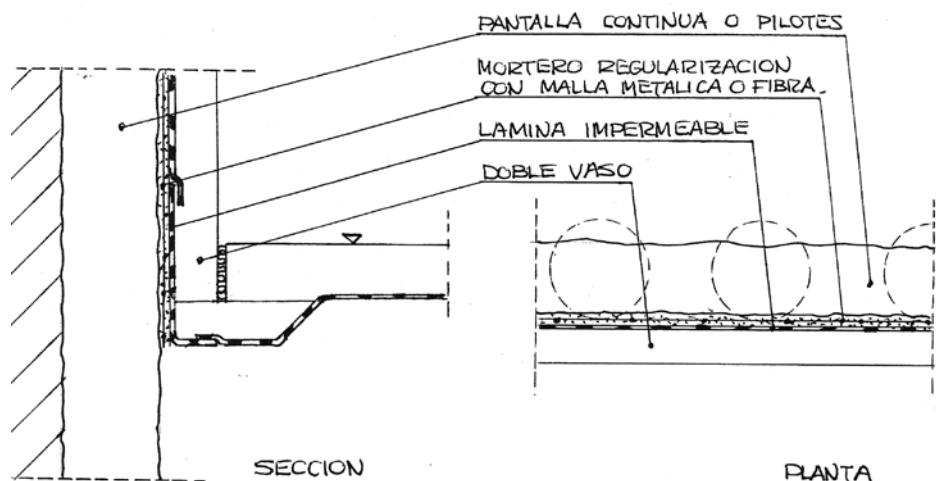


Figura nº 34: Impermeabilización de pantallas por doble vaso

- a. En pantallas continuas se adosa la lámina al intradós de la pantalla previo limpieza de restos de tierra y preparación de la base con la colocación de una malla de fibra de vidrio, alambre o metal desplegable ("nervometal") y capa de mortero de cemento que facilite la colocación regularizando la cara de la pantalla.
- b. En pantallas discontinuas de pilotes el sistema es similar pudiendo gunitar previamente el terreno entre pilotes, con motero de cemento. Ambas soluciones se representan en la figura 34.

2.3.7 Soluciones para reparar las humedades por filtraciones en sótanos.

Es evidente que las patologías que se describieron en el punto 2.3.3 se producen porque no se han efectuado las soluciones constructivas apuntadas en el epígrafe anterior o porque no se han efectuado correctamente, o porque el edificio es muy antiguo y tenga o no construido algún sistema, este ha dejado de funcionar.

El realizar en un edificio construido cualquiera de las soluciones apuntadas anteriormente pasa por unos costos elevados y por la ejecución de obras muy traumáticas para el entorno del edificio que no siempre son posibles realizar. Por esta razón se han arbitrado algunas soluciones, en ocasiones no tan efectivas, pero que se pueden realizar por el interior del edificio y que se ven a continuación.

- **CAMARAS BUFAS INTERIORES.** El principio de funcionamiento es el mismo que se ha expuesto para las cámaras "clásicas" exteriores, pero en este caso el agua ya ha "penetrado" en el interior del edificio a través de los muros y lo que se

hace es recogerla. Existen dos sistemas en función de la cantidad de agua que penetre:

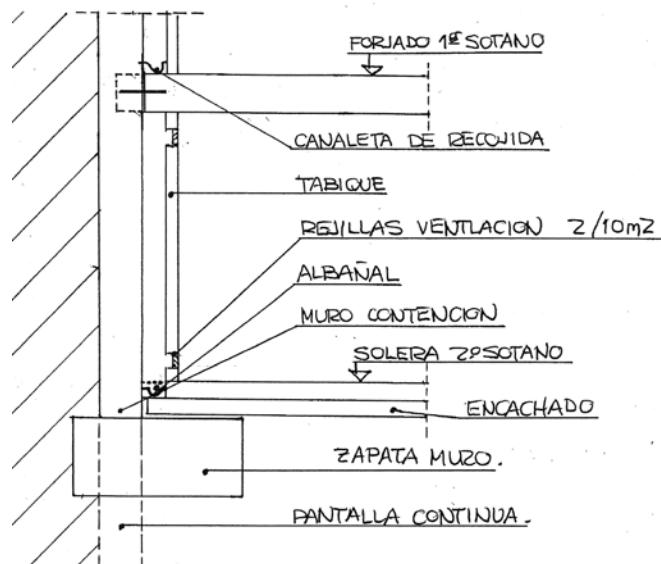


Figura nº 35: Atarjea bufa interior

- **ATARJEA BUFA.** Se trata de crear una cámara ventilada en el intradós del muro afectado y una canaleta inferior que recoja el agua filtrada y que se conducirá a una bajante o a una arqueta directamente, mediante un sifón para evitar la emanación de olores (figura 35). Como cerramiento se puede colocar cualquier tipo de tabique siempre que se instale en la zona inferior y en la superior de cada planta de sótano dos rejillas de 100 cm.2 por cada 10 m.2 de paramento a ventilar.
- **CAMARA VENTILADA.** Este sistema se emplea en el supuesto de que se trate de humedades de poca intensidad, y desde luego que no lleguen a provocar el goteo del agua, simplemente para enmascarar manchas de humedad y facilitar su evaporación al interior del propio local. El sistema quedó descrito en el punto 2.1.5 como sistema de ventilación y ocultación de humedades por capilaridad (ver figura 20).
- **IMPERMEABILIZACION.** La técnica consiste en “frenar” la penetración del agua al interior del local aunque haya penetrado a través del muro:
 - **LAMINAS IMPERMEABLES.** Pueden emplearse como sistema de reparación, aunque lo más correcto es hacerlo en el transcurso de la obra y son los sistemas de impermeabilización de doble vaso descritos en el punto anterior (ver figura 34).
 - **MICROMORTEROS DE CAPA FINA.** Se emplean preferentemente para taponar y evitar penetraciones puntuales de agua por zonas concretas de muros perimetrales. Son micromorteros que pueden ser preparados a partir de cemento Pórtland, arena silícea tratada y otros aditivos químicos activos o utilizando resinas como aglomerante de cargas de sílice y caliza.

Actúan sobre los muros de hormigón mediante la creación de cristales no solubles en los poros del hormigón quedando estos sellados contra la penetración del agua.

- **INYECCIONES DE POLIURETANO.** Esta técnica se emplea con profusión para taponar vías de agua en obras de túneles, presas, depósitos, etc, pero también se puede utilizar en edificación para reparaciones puntuales como las anteriores. Consiste en la inyección de morteros artificiales compuestos a base de resinas de poliuretano en las fisuras por donde se producen las penetraciones de agua, previo saneado y ampliación de las juntas.

A modo de resumen en la tabla n º 4 se registran cada una de las soluciones estudiadas y su aplicación más concreta.

SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA EVITAR FILTRACIONES		
ORIGEN DE LA HUMEDAD	SOLUCION CONSTRUCTIVA	ACTUACION
PROTECCIONES POR EL EXTRADOS DE MUROS Y SOLERAS		
NIVEL FREATICO	▪ TABLESTACADOS	IMPIDEN EL CONTACTO
	▪ ATAGUIAS	
DRENAJES	▪ PANELES DE BENTONITA DE SODIO	IMPIDEN LA PENETRACION
	▪ POZOS FILTRANTE	REGULAN EL NIVEL FREATICO
IMPERMEABILIZACIONES	▪ LAMINAS DRENANTES	IMPIDEN EL CONTACTO
	▪ MURO DRENANTE	
IMPERMEABILIZACIONES	▪ CAMARAS BUFAS	
	▪ DRENAJE DE SOLERAS	
REPARACIONES POR EL INTRADOS DE LOS MUROS		
CAMARAS BUFAS INTERIORES	▪ ATARJEA BUFA	RECOGEN EL AGUA
	▪ CAMARA VENTILADA	ENMASCARA LA MANCHA Y EVAPORA LA HUMEDAD
IMPERMEABILIZACIONES	▪ LAMINAS IMPERMEABLES	TAPONAN LA ENTRADA
	▪ MICROMORTEROS DE CAPA FINA	IMPIDEN EL PASO AL INTERIOR
	▪ INYECCIONES POLIURETANO	

Tabla n º 4: Terapéuticas para las humedades de filtración.

3. PATOLOGÍAS POR HUMEDADES EN FACHADAS Y CERRAMIENTOS

Los cerramientos son sin duda la parte más representativa de los edificios por el exterior y por lo tanto en los que se emplean habitualmente los materiales más nobles, singularmente en los edificios con una cierta antigüedad, pero también es la parte por la que “respira” el edificio, es decir se comunica con el espacio exterior a través de sus huecos. Por una parte las fachadas deben proteger al interior del edificio de las inclemencias meteorológicas y por lo tanto procurarle la protección térmica, acústica e impermeable, pero por otra el edificio debe “asomarse” al exterior y ventilarse a través de sus huecos.

A lo largo de la historia de la construcción las primeras de las condiciones se han intentado cumplir a base de dotar de una gran inercia térmica a los paramentos conseguida a base de grandes espesores de materiales en los muros y la segunda abriendo pequeñas aberturas, pero con el transcurso del tiempo se han ido disminuyendo de espesor los primeros y aumentando las dimensiones de los segundos.

El agua, mezclada en ocasiones con otros meteoros como el viento, ha sido el gran enemigo de los cerramientos y la causa de muchos de sus deterioros y lesiones de todo tipo. En este punto se estudian los diferentes procesos patológicos que la presencia del agua en todas sus formas puede causar en las fachadas y cerramientos, sus causas y las terapéuticas para reparar sus efectos negativos, y lo que es más importante las prevenciones para evitarlos.

3.1 TIPOLOGIAS Y EFECTOS DE LAS HUMEDADES EN LAS FACHADAS

En una primera clasificación se distingue entre las humedades que sólo afectan a las fachadas en su capa exterior de aquellas otras que atraviesan las diferentes capas que conforman el cerramiento y afloran hacia el interior y finalmente las que solo aparecen por la cara interior del edificio sin afección exterior. En la tabla nº 5 que se inserta a continuación se recoge la clasificación de unas y otras.

3.1.1. Humedades de absorción

DEFINICION: Son debidas a la transferencia de las moléculas de agua contenidas en el vapor de la atmósfera a los poros del material de los cerramientos, de forma que se mantenga el equilibrio higrométrico entre ambos. Esto se da con más intensidad en los días en los que la humedad relativa exterior es alta. Podría decirse que las fachadas se “empapan” de vapor de agua de la atmósfera en los días más húmedos de la época invernal, singularmente en las orientadas al norte, y trasfieren ese vapor desde los poros de los materiales a la atmósfera nuevamente con humedades relativas bajas y en épocas estivales, sobre todo las de orientación mediodía.

Evidentemente que este tipo de humedades de absorción son directamente proporcionales a la humedad relativa de cada zona geográfica y a la higroscopia de los materiales que conformen el cerramiento.

CLASIFICACION DE LAS HUMEDADES EN FACHADAS

TIPO DE HUMEDAD	UBICACION	ETIOLOGIA	EFFECTOS
ABSORCION	EXTERIOR	<ul style="list-style-type: none"> EFLORESCENCIAS SULFATOS CRYPTOFLORESCENCIAS CALICHES HELADICIDAD DILATACION RASANTE SUCIEDAD Y OXIDOS VEGETACION 	<ul style="list-style-type: none"> Manchas blanquecinas Fisuraciones en piedras y ladrillos Desprendimientos en revocos. Disgregaciones de material Abombamientos y desprendimientos de revocos Erosiones y grietas Desprendimientos de plaquetas y chapados Manchas, decoloraciones, churretes Presencia plantas y fisuraciones.
FILTRACIONES	EXTERIOR INTERIOR	<ul style="list-style-type: none"> PENETRACION DEL AGUA DE BATEO Y ESCORRENTIA POR GRIETAS Y FISURAS DE PUNTOS SENSIBLES 	<ul style="list-style-type: none"> Humedades en el exterior e interior del edificio. Goteras en casos graves.
CONDENSACION	INTERIOR	<ul style="list-style-type: none"> DEPOSITO DE VAPOR DE AGUA EN PARAMENTOS INTERIORES POR DIFERENCIA DE TEMPERATURAS Y HUMEDAD RELATIVA ENTRE PARAMENTOS 	<ul style="list-style-type: none"> Manchas negruzcas formadas por hongos. Gotas suspendidas en zonas más pulidas y lisas. Veladuras mates.
PENETRACION	INTERIOR	<ul style="list-style-type: none"> ENTRADA LIBRE DEL AGUA POR HUECOS ABIERTOS. 	<ul style="list-style-type: none"> Inundaciones puntuales.
ACCIDENTALES	INTERIOR EXTERIOR	<ul style="list-style-type: none"> CONDUCTOS EVACUACION INSTALACIONES APARATOS EXTERIORES 	<ul style="list-style-type: none"> Manchas de humedad Eflorescencias

Tabla n ° 5: Humedades en fachadas

HIGROSCOPIA: Es la propiedad que tiene cada material de revestimiento para absorber agua del exterior y su capacidad para retenerla, evitando o facilitando la evaporación de la misma, a los efectos de mantener el equilibrio higrométrico. Una derivación de la higroscopia de los materiales es su heladidad, los materiales más higroscópicos lógicamente son más heladizos en presencia de bajas temperaturas que los menos higroscópicos.

EFFECTOS Y LESIONES QUE PRODUCEN: Las humedades de absorción son, las que por definición, solo deben afectar a la capa exterior de los cerramientos y

normalmente si la fachada es de doble hoja y se han resuelto bien los puentes higroscópicos, no deben penetrar en el interior del edificio. Si la fachada es de una sola hoja y el material que la constituye es de alta porosidad, como ocurre con los mampuestos o sillares de arenisca o piedras de sedimentación marina o ciertas fábricas de ladrillo con morteros de cemento, si pueden producirse puntuamente humedades en el trasdós de los muros. Las lesiones causadas en la cara exterior del cerramiento son las siguientes:

- a) **EFLORESCENCIAS:** Son manchas, habitualmente blanquecinas, que se producen por la cristalización de las sales solubles contenidas en los materiales de cerramiento: ladrillos, piedras, revestimientos continuos, en los morteros de agarre de esos materiales y en la propia atmósfera. El agua absorbida del vapor existente en el ámbito exterior al penetrar en los poros disuelve estas sales y las precipita hacia el exterior quedando retenidas en forma de manchas al evaporarse nuevamente el agua. Estas sales suelen ser sulfatos alcalinos y carbonatos, principalmente, aunque también pueden aparecer cloruros y otros compuestos, con menos frecuencia (Figura 36).
- b) **FISURACIONES POR SULFATOS:** La presencia de sulfatos en algunos materiales pétreos, en los ladrillos y a veces en aguas agresivas de los morteros, al reaccionar con los aluminatos de las cales y de los cementos, en presencia de agua, dan lugar a nuevos compuestos en forma de sales, que hacen aumentar el volumen en los poros de estos materiales produciendo fisuraciones y agrietamientos en piedras y ladrillos y desprendimientos en chapados y revocos.
- c) **DISGREGACIONES POR CRIPTOFLORESCENCIAS Y CALICHES:** Las criptoflorescencias son una variante de las eflorescencias que se diferencian de estas en que la cristalización de las sales se produce en el interior de los poros de los materiales en lugar de en la superficie externa de los mismos. Esto crea unas tensiones en el interior de la masa de los materiales que provoca su desgregación en los mampuestos sillares y ladrillos y el abombamiento y posterior desprendimiento, de formas puntuales, en los revocos (Figura 37)



Figura n º 36: Eflorescencias



Figura n º 37: Criptoflorescencias

Los “caliches” constituyen una variante de los anteriores y son producidos por nódulos de cal que han quedado en el interior de la masa, principalmente de los ladrillos, como defecto de molituración de las arcillas, y que en el proceso de la cocción se convierten en cal viva. Cuando debido a procesos de humedades por absorción las fábricas se empapa, estos nódulos toman contacto con el agua y se convierten en cal apagada con el consiguiente aumento de volumen, lo que

provoca la disgregación de la masa de arcilla cocida más próxima y rompe la superficie del ladrillo.

- d) **EROSIONES POR HELADICIDAD:** Los materiales muy porosos y por lo tanto, generalmente con alto coeficiente higroscópico, que sufren humedades por absorción y en las horas inmediatas se producen heladas, el agua retenida en sus poros aumenta de volumen y los erosiona en forma de pequeños desprendimientos de su capa más superficial. Pero el proceso, sino se protegen adecuadamente, no se frena y se repite cada ciclo climático produciendo el paulatino desprendimiento, lo que a veces en determinadas materiales crea graves problemas de perdida de masa, amén del consiguiente deterioro estético.
- e) **DESPRENDIMIENTOS POR DILATACION:** Los desprendimientos de materiales, principalmente chapados, que se producen como consecuencia de las humedades de absorción tienen su origen en las diferencias de coeficientes de dilatación rasante entre el soporte que constituye el muro portante y la capa que forma el chapado o revestimiento. Este fenómeno se da con frecuencia en los alicatados de azulejos y piezas cerámicas, muy frecuentes en climas de intensos regímenes de lluvias, como en la zona norte de España, y en algunos chapados de piedras, cuando no están anclados sino recibidos con mortero al muro de soporte. La diferencia de coeficiente de dilatación superficial entre la fábrica, el mortero de agarre y la capa de revestimiento puede crear tensiones que deriven en el desprendimiento de los últimos (Figura 38).



Figura nº 38: Alicatados desprendidos.

- f) **SUCIEDAD Y OXIDACIONES:** Las manchas de suciedad son provocadas por las diferentes vías de escorrentía de aguas que se produce en las fachadas en función de su diseño y las soluciones constructivas adoptadas para la correcta evacuación de las aguas en cada punto conflictivo de las mismas. En cuanto a la oxidación se produce, facilitada por la presencia de humedad, en aquellos puntos en los que elementos metálicos tiene contacto con los muros de cerramiento y no se han adoptado las correctas medidas de aislamiento entre unos y otros (Figura 39).

- g) PRESENCIA DE VEGETACIÓN:** La permanente presencia de humedad, sobre todo en zonas de climatología con alto grado de humedad relativa, puede favorecer el enraizamiento y crecimiento en las fachadas de líquenes y plantas en los intersticios que las pequeñas fisuras o grietas, que principalmente entre sillares, se dan en los cerramientos (Figura 40).



Figura n º 39: Oxidaciones



Figura n º 40: Vegetación

3.1.2. Humedades de infiltración o filtraciones.

Se producen en los cerramientos por la acción de la lluvia y en mayor medida cuando se combina con viento y a diferencia de las anteriores, de absorción, estas si penetran hasta el interior el edificio manifestándose en forma de manchas de humedad y en los casos más graves en forma de goteras. La penetración se produce a través de las fisuras y grietas producidas en los materiales de cerramiento y por los puntos más sensibles de las fachadas.

Es evidente que la filtración se produce por el intersticio por donde pueda penetrar directamente el agua, pero también es razón directa de la porosidad del material, de su coeficiente higroscópico y de que el sistema constructivo del cerramiento favorezca (caso de muros de una sola hoja) o dificulte la penetración (caso de muros de dos o más hojas).

Los efectos producidos por las humedades de infiltración son siempre manchas de humedad por el exterior, pero sobre todo por el interior del cerramiento, de diferentes características y gravedad en función del lugar del cerramiento donde se produzcan como se analiza más adelante (ver punto 3.3).

3.1.3 Humedades de condensación

En el próximo epígrafe de este capítulo se hace un estudio detallado de esta tipología de humedades y por lo tanto aquí solo nos referiremos a sus características generales. En su definición más simplificada las humedades de condensación se producen por la licuación del vapor de agua, cuando este alcanza el “punto de rocío” en el interior de los paramentos. El vapor de agua se genera por diferentes fuentes que lo producen como son la cocción de los alimentos, las duchas y baños, los aparatos electrodomésticos y el propio cuerpo humano, y se deposita en forma de humedad al licuarse el agua en la parte interior de los paramentos cuya temperatura exterior es inferior a la interior del edificio y no se han practicado los puentes

higrotérmicos oportunos. Son pues humedades que solo afectan habitualmente a las partes interiores de los paramentos y no suelen tener repercusión en su exterior.



Figura nº 41: Condensaciones

La causa inmediata hay que buscarla, por lo tanto, en el fenómeno de la “pared fría” que se produce en muros de una sola hoja, o de dos con puentes térmicos, por la diferencia de temperaturas y grados de humedad relativa entre las caras exterior e interior y por la falta de ventilación de las dependencias interiores que lo favorecen.

Las manifestaciones patológicas de este tipo de humedades son:

- Manchas negruzcas producidas por colonias de hongos que se concentran en esas paredes frías y que generan una sensación de presencia de humedad y ambiente maloliente (Figura 41)
- Gotas que se generan en los paramentos con acabados más lisos o pulidos como pueden ser los cristales de huecos, las superficies frías con acabados satinados, pinturas plásticas, etc.
- Aparición de veladuras más imperceptibles a la vista pero detectables al tacto en los paramentos con acabados menos satinados.

3.1.4 Humedades de penetración

En alguna medida podrían considerarse también humedades accidentales, pues realmente responden, en circunstancias normales de mantenimiento del edificio, a descuidos, ya que se trata de las humedades producidas por la penetración al interior de forma directa del agua de lluvia a través de los huecos abiertos de puertas o ventanas. Es un tipo de accidente que se da con bastante frecuencia en las fases de acabado de la construcción de los edificios en épocas estivales cuando se producen tormentas imprevistas con altas precipitaciones y presencia de viento.

Los efectos pueden llegar a ser muy graves ya que lo que se produce es la inundación de las zonas cercanas al hueco abierto y por lo tanto el deterioro del pavimento y goteras en la planta o plantas inferiores a la de la penetración.

3.1.5 Humedades accidentales

Los procesos patológicos producidos por este tipo de humedades se estudian de forma monográfica en el epígrafe 5 de este mismo capítulo, por lo que aquí solo se hace una referencia general por lo que pueden afectar a las humedades en fachadas.



Fig. nº 42: humedades accidentales

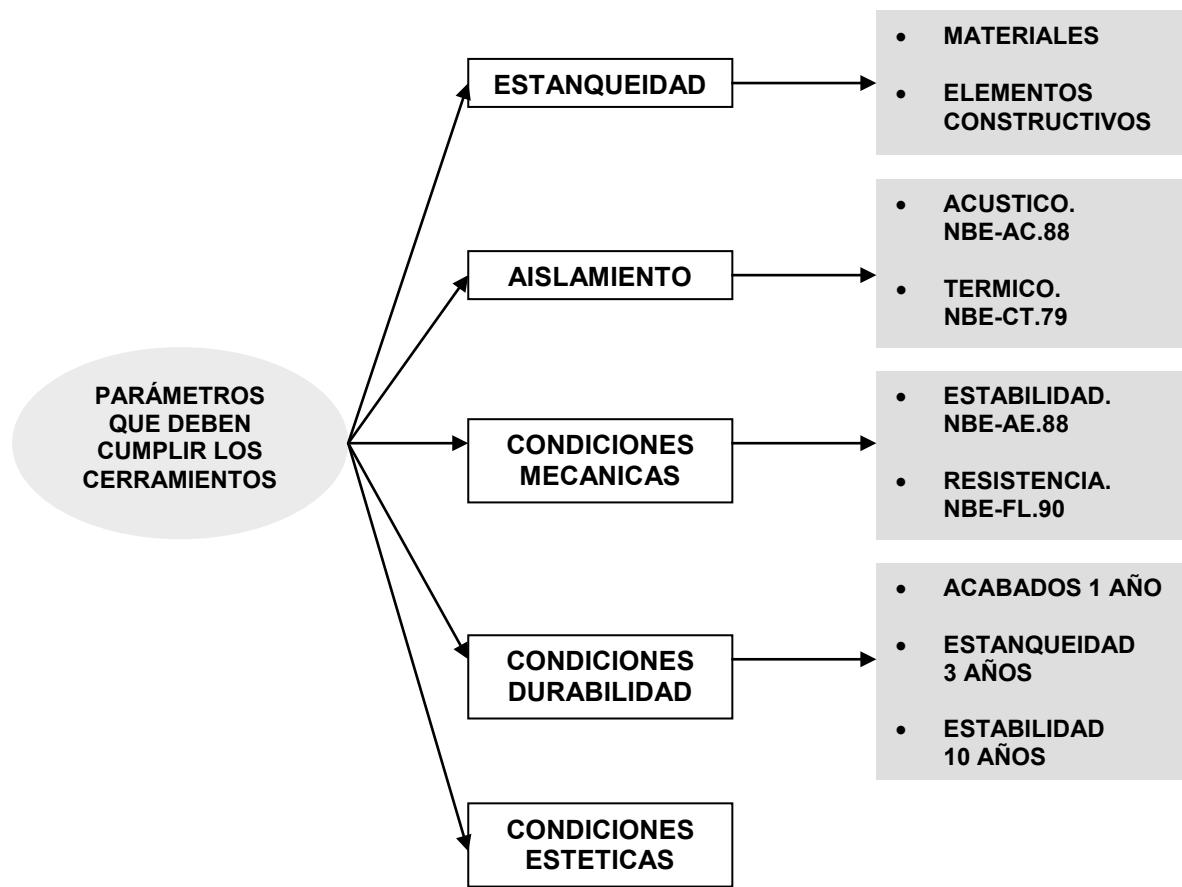
A diferencia de los otros tipos de humedades antes relacionados, estas no están generadas por factores meteorológicos exteriores sino que son producidas por el propio edificio y por lo tanto se manifiestan desde el interior hacia el exterior del mismo. Se producen por la rotura de los elementos constructivos que conducen el agua, bien sean redes de distribución de calefacción, fontanería, climatización o la rede de saneamiento y desagües, con la consiguiente precipitación del agua hacia el exterior. En ocasiones y cuando estas conducciones discurren próximas a las fachadas como son el caso de las bajantes empotradas o vistas por el exterior, canalones, etc, los vertidos accidentales afectan de forma directa a los cerramientos en forma de manchas con los correspondientes efectos secundarios que generan las humedades de absorción ya estudiadas en el punto 3.1.1 (Figura 42)

3.2 FACTORES DE RIESGO EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS CERRAMIENTOS.

Como se viene repitiendo a lo largo de este y otros capítulos de este Manual los procesos patológicos en la edificación tiene sus dos grandes fuentes en la fase de diseño y proyecto, en cuanto al determinar las soluciones constructivas y la elección de los materiales más adecuados para llevarlas a efecto y en el proceso de la construcción en cuanto a la recepción de dichos materiales y su puesta en obra. Existe una tercera fuente general también de creciente importancia que es mal uso que se haga de los edificios y de su grado de conservación y plan de mantenimiento.

En ese sentido parece oportuno sentar las bases de las características que deben reunir los cerramientos para evitar que su concepción o construcción se conviertan en fuente directa de procesos patológicos.

3.2.1 Exigencias constructivas que deben cumplir los cerramientos.



Esquema n º 9: Exigencias constructivas de los paramentos

Sin duda son las que ya vienen definidas en las diferentes normativas que los afecta y que por otra parte coinciden con las prácticas de la buena construcción, especialmente las relacionadas con las humedades (Esquema 9):

- ESTANQUEIDAD.** Que ha de exigirse a los materiales y los sistemas constructivos para que no se produzcan las humedades por filtraciones y por absorción, especialmente en los puntos más conflictivos como son a través de los huecos.
- AISLAMIENTO.** Cumplimiento de las condiciones de aislamiento acústico conforme se recogen en la NBE-CA.88, pero sobre todo las térmicas e higrotérmicas, conforme la NBE-CT.79, por lo que se refiere a las humedades en evitar los puentes térmicos.
- MECANICAS.** Cumplir las condiciones de estabilidad y resistencia como se recoge en la NBE-AE.88 y NBE-FL.90 por lo que se refiere a evitar las fisuras y grietas, causantes de las filtraciones y los problemas de las dilataciones de los diferentes materiales.
- DURABILIDAD.** Condición esta que viene determinada por la L.O.E, con diferentes periodos para cada función: un año para los acabados, tres para la estanqueidad y diez para la estabilidad.

- e) **ESTETICAS.** Condiciones no recogidas en ninguna norma pero que se desprende de la propia esencia de una fachada, la necesidad de un buen mantenimiento que mantenga la representatividad del edificio.

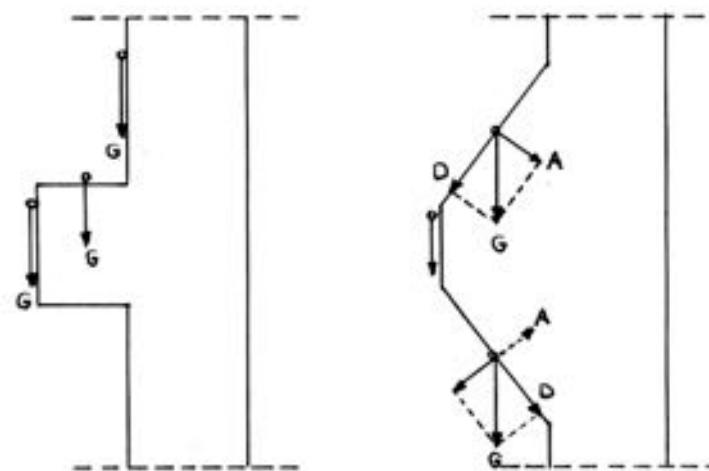
3.2.2 Factores que pueden favorecer las humedades.

En el próximo apartado veremos una serie de puntos sensibles de las fachadas por los que se producen los procesos patológicos con más frecuencia, pero hay una serie de características generales de los cerramientos que también pueden ser agentes causantes directos de las etiologías de las humedades.

- a) **GEOMETRÍA COMPOSITIVA Y ORIENTACIÓN.** Sin duda son factores sobre los que poco se puede actuar bajo el punto de vista preventivo de procesos patológicos, pues la ubicación de los edificios, salvo algunas construcciones aisladas en la periferia de las ciudades o en medios rurales, viene condicionada por las normativas urbanísticas de cada ciudad. En general las fachadas sufren los efectos directos del viento y la presión dinámica de las aguas a barlovento y los efectos de succión en las fachadas a sotavento. En cuanto a las líneas generales de los diseños de sus elementos compositivos caben las siguientes consideraciones.

a.1) Respeto de la componente horizontal (Figura 43)

- En los planos horizontales como terrazas y voladizos el agua accederá con facilidad a los paramentos de las fachadas situadas a barlovento con facilidades para la infiltración, salvo que estén bien protegidas.
- En los planos inclinados entre 90° y 180° , respecto de la vertical son más accesibles las lluvias batientes accionadas por el viento.



D = Capacidad de deslizamiento vencido el rozamiento
 G = Peso de la gota de agua
 A = Capacidad de adherencia en función del material

Figura n º 43: Comportamiento del agua respecto de la geometría compositiva de las fachadas

- Los planos verticales por el contrario favorecen la escorrentía de las aguas y disminuyen la tensión de adherencia superficial del agua.

- Los planos con pendientes hacia el interior de la fachada con ángulos entre 0º y 90º negativos son sin duda los más protegidos respecto de la acción de las aguas.

a.2) Respeto de la componente vertical.

- El diedro cóncavo es el que proporciona la zona rehundida y protegida de difícil penetración por el viento y la lluvia, cuando se forma en un plano más interior de la fachada, como es el caso habitual del recibido de la carpintería de huecos (efecto rincón) de poca escorrentía por no llegarle al agua.
- El diedro convexo por el contrario es el más expuesto a la lluvia y se produce el efecto arista o efecto esquina.

b) **TEXTURA DE LOS MATERIALES.**

b.1) RUGOSA. Es característica de las fabricas de sillares, mamposterías y algunas de ladrillos así como de algunos revocos con este acabado como las tirolesas, martillinas o los morteros monocapa. Este tipo de acabado facilita las humedades por absorción, máxime si además del acabado, el material es de alta porosidad capilar, porque dificulta la escorrentía de las aguas.

b.2) LISA. Se consideran aquellas superficies en las que la separación de las asperezas esta entre 10 y 1000 micras y es la textura de la mayoría de los materiales fabricados con moldes, bien sean de cerámica, de hormigón o prefabricados y los revocos continuos lisos. Suelen comportarse bien frente al agua batiente, aun en fachadas expuestas a barlovento y en cuanto a la escorrentía va en función directa de la porosidad superficial del material.

b.3) PULIMENTADA. Son los acabados de las piedras naturales y/o artificiales que reciben este tipo de tratamiento superficial antes de su puesta en obra, también las cerámicas esmaltadas, revocos pulidos y evidentemente los materiales que por si mismos presentan este acabado como los plásticos, metales y vidrios. Este tipo de acabado tiene un excelente comportamiento frente a las aguas tanto de escorrentía como de bateo y la absorción del agua suele ser nula.

b.4) FABRICAS DE LADRILLO VISTO. En realidad no es ninguna de las texturas anteriores la que caracteriza a las fábricas de ladrillo visto, una de las soluciones actuales más usadas como material de los cerramientos, por lo que pueden encuadrarse en un acabado independiente, aunque las haya de textura rugosa, lisa y hasta pulimentada. La porosidad sin embargo es muy variada pues presentan coeficientes de succión entre 0,05 y 0,30 grs/cm² x minuto y coeficientes de absorción entre el 9% y el 25%. En general el comportamiento de las fábricas de ladrillo visto ante la escorrentía de las aguas es casi siempre correcto en paños verticales y también lo son a los efectos de la lluvia batiente siempre que el ladrillo haya sido correctamente humectado antes de su colocación.

c) **POROSIDAD DE LOS MATERIALES.** El tamaño, forma, cantidad y distribución superficial de los poros de los materiales de los cerramientos, afectan de forma directa en su comportamiento respecto de la presencia de agua tanto para los fenómenos de absorción como los de infiltración y

el comportamiento ante la heladidad. La mayor o menor capacidad de captación de agua depende también de otros factores como son el tipo de lluvia que incida en la fachada y la presencia o no del viento:

- Si la lluvia es fina (gotas de pequeño diámetro) y hay viento, la penetración será causada por la presión cinética y será fácil en poros mayores de 1mm. de Ø.
- Con lluvia abundante (gotas de tamaño grueso o medio), aunque estén impulsadas por el viento, resbalan en el paramento, sobre todo si este ya ha formado su propia película líquida de escorrentía.

Mejor penetración por la primera causa se da en piedras porosas como losas calcáreas sedimentarias o areniscas. Y la segunda causa es típica de revestimientos continuos o en fábricas de ladrillo de poros medios.

- d) **LA DUREZA DE LOS MATERIALES.** Las gotas de agua de bateo impulsadas por el viento rebotan sobre la superficie de materiales duros, pues resultan blandas respecto de ellos y parte de la energía cinética la pierden en su deformación superficial al impactar contra la superficie dura, lo cual evita su adherencia al soporte.

3.3 ETIOLOGÍA DE LAS LESIONES EN LOS ELEMENTOS COMPOSITIVOS DE LAS FACHADAS.

En este epígrafe se analizan para cada uno de los puntos que componen los cerramientos aquellos tipos de humedades más frecuentes por las que se ven afectados y las lesiones que se generan en cada uno de ellos. En la tabla n ° 6 se recogen en forma de resumen y gráficamente se representan en la figura 44.

3.3.1 Arranques de muros y zócalos.

Por su proximidad y contacto con el terreno pueden darse humedades de los siguientes tipos:

- Capilaridad que ya han sido analizadas en el punto 2,1 de este capítulo.
- Salpiqueo provocadas por la energía cinética que impulsa las gotas al rebotar la lluvia sobre la acera (Ver figura n ° 10).
- Filtraciones producidas por la escorrentía horizontal de las aguas a través de las aceras o por la acumulación de nieve, principalmente en rincones formados por quiebros o salientes de las fachadas en sus zócalos (Figura 45)

LESIONES POR HUMEDADES EN LOS ELEMENTOS COMPOSITIVOS DE LAS FACHADAS		
ZONA DEL CERRAMIENTO	TIPO DE HUMEDAD	ZONA DEL EDIFICIO
ARRANQUES DE MUROS Y ZOCALOS	<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> CAPILARIDAD <input type="radio"/> SALPIQUEO <input type="radio"/> INFILTRACIONES 	EXTERIOR DEL MURO “ “ “ “ INTERIOR SÓTANO
PAÑOS CIEGOS	<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> INFILTRACIONES <input type="radio"/> CONDENSACIONES <input type="radio"/> ABSORCIÓN 	INTERIOR “ EXTERIOR
RESALTOS	<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> MICROCAPILARIDAD 	EXTERIOR
HUECOS	<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> INFILTRACIONES <input type="radio"/> ABSORCIÓN <input type="radio"/> CONDENSACIÓN 	INTERIOR EXTERIOR INTERIOR
TERRAZAS Y BALCONES	<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> ABSORCIÓN <input type="radio"/> MICROCAPILARIDAD 	EXTERIOR “
CORONACIONES Y CORNISAS	<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> ABSORCIÓN <input type="radio"/> INFILTRACIONES 	EXTERIOR INTERIOR
BAJANTES Y CANALONES	<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> ACCIDENTALES <input type="radio"/> ABSORCIÓN <input type="radio"/> INFILTRACIONES 	EXTERIOR
ELEMENTOS SINGULARES	<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> ABSORCION 	EXTERIOR

Tabla n º 6: Lesiones por humedades en fachadas.

3.3.2 Paños ciegos.

Las aguas que afectan a estas zonas de las fachadas son tanto las de bateo, principalmente en las ubicadas a barlovento, como las de escorrentía y los efectos causados por unas y otras suelen ser acumulativos, en forma de:

- Infiltraciones a través de las fisuras y grietas de los cerramientos favorecidas por la porosidad de los materiales y que suelen producir humedades en el interior.
- Condensaciones en el interior favorecidas por la existencia de puentes térmicos principalmente en las zonas próximas a los pasos de las fábricas por forjados y pilares.
- Absorciones que se generan principalmente por las aguas de escorrentía o por la suma de las aguas de bateo, con los efectos patológicos que ya han sido tratados en el punto 3.1.1 y que serán de diferente gravedad en función de las características del material del cerramiento y de las soluciones constructivas adoptadas para cada uno.

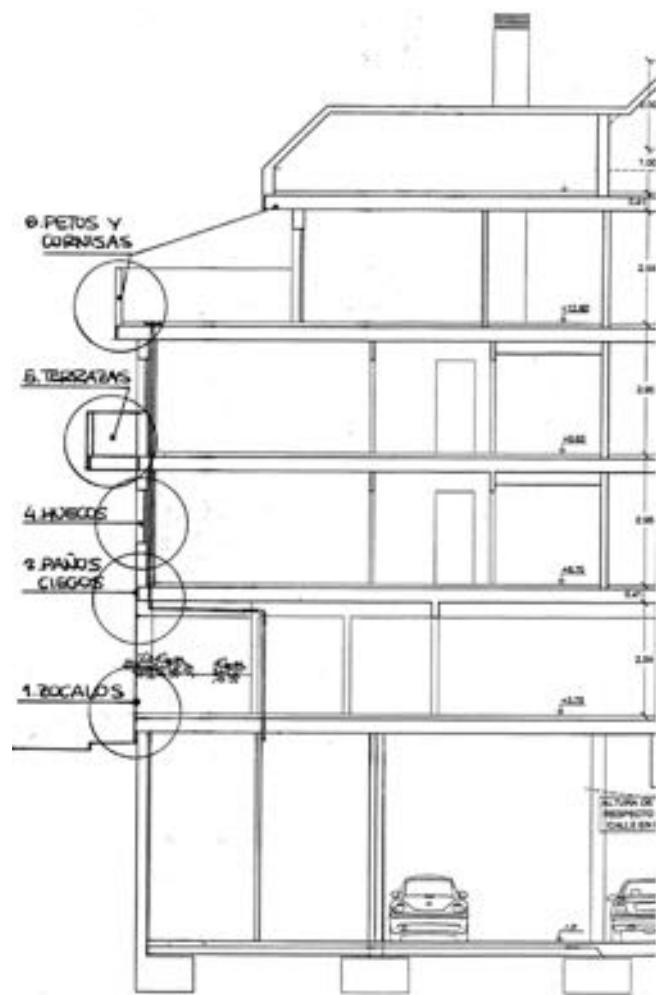


Figura n º 44: Puntos sensibles de los cerramientos.

3.3.3 Plataformas salientes y resaltos.

Se dan sobre todo en edificios del s. XIX y primera mitad del s. XX, en los que se forman abultados de remate o decoración marcando impostas, cornisas, recercados, etc. Como hemos visto en el punto 3.2.2 apartado a) la geometría de estos elementos en cuanto a su horizontalidad crean puntos conflictivos para la generación de lesiones en forma de microcapilaridades en las fachadas por la acumulación de aguas en el diedro horizontal del encuentro con la fábrica.



Figura n º 45: Humedades de escorrentía en zonas inferiores.



Figura n º 46: Filtraciones por la carpintería

3.3.4 Huecos.

Sin duda los puntos más delicados a la hora de analizar las repercusiones que el agua puede causar en estos elementos de los cerramientos, pues son por los que el interior del edificio toma contacto con el exterior para su iluminación y ventilación. En ellos se dan una serie de factores negativos respecto de la penetración de las aguas y de las consiguientes efectos patológicos como son:

- Infiltraciones a través de las grietas y juntas, sin cerrar o proteger, que se generan en las uniones entre carpinterías y fábricas y que producen diferentes puntos de encuentro, como los siguientes:
 - Dinteles superiores, sobre todo si no está bien resuelto el goterón para las aguas de escorrentía que bajan por el paño superior.
 - Umbrales y cercos inferiores de las carpinterías en su encuentro con los alfeizares de los huecos, principalmente si aquellos carecen o tienen mal resuelto el vierteaguas (Figura n º 46).
 - Diedros verticales creados en las juntas entre largueros de las carpinterías y las jambas de los huecos, aunque esta es la zona menos conflictiva.
 - La propia carpintería en general sino tiene bien resuelto el desagüe de los cercos por la parte inferior pueden generar filtraciones al no evacuar correctamente las aguas de lluvia o las condensaciones creadas en los cristales.
- Absorciones producidas generalmente en los alfeizares de los huecos sino tienen bien resuelta la pendiente de evacuación o está realizado con materiales porosos sin proteger con algún tipo de vierteaguas de otro material que no lo sea, como la clásica solución de sardineles de fabrica vista.
- Condensaciones que se generan en los cristales de las carpinterías que escurren por ellos hasta los perfiles inferiores de los cercos, en los que en caso de no tener bien resuelta su evacuación pueden transmitir humedades por absorción a los alfeizares de los huecos por el interior.

3.3.5 Terrazas y balcones.

Si están cerrados con peto de fábrica de ladrillo (solución bastante común en la construcción actual), la acumulación de agua en el interior de la balconada o terraza y su desagüe pueden causar humedades en las fachadas de los siguientes tipos:

- Absorción producida por la imbibición de las aguas de lluvia sobre los petos y por las gárgolas del desagüe de la cubeta cuando esta ha sido la solución efectuada (Figura n º 47).
- Microcapilaridad sobre las fábricas en los encuentros entre el suelo de la balconada o terraza y el muro de cerramiento.



Figura n º 47: Humedades de absorción por desagües.



Figura n º 48: Humedad de absorción en peto.

3.3.6 Petos de cubiertas, cornisas y remates superiores.

Tanto en las edificaciones más antiguas, donde el remate de las fachadas, en las cubiertas planas, se resolvía con cornisas salientes y petos metálicos o balaustreadas, como en las construcciones más recientes, donde el remate de la fachada suele ser su propia prolongación en forma de peto del mismo material; son en cualquier caso los puntos más expuestos al agua de lluvia tanto la de bateo como la de escorrentía. Las humedades que se generan, si no está bien protegido el peto por la parte superior, son de absorción por imbibición del peto con las consecuencias de manchas, eflorescencias, abombamientos de los revocos, etc (Figura n º 48).

3.3.7 Elementos de evacuación.

Son los elementos destinados a recoger y canalizar el agua y pueden ir empotrados en las fábricas, por su exterior visto o por el interior del edificio en el trasdós de las cerramientos. En el punto 5 de este capítulo se tratan de forma monográfica las humedades provocadas por las aguas fugadas, por lo que aquí simplemente se reseñan las consecuencias que tienen sobre las fachadas.

En el caso de discurrir por el exterior del cerramiento como son los canalones y bajantes vistas suelen producir humedades por absorción y en los casos más graves infiltraciones al interior del edificio. Cuando van empotradas en el muro o por su trasdós las humedades afloran al exterior de la fachada por filtración desde el interior.

3.3.8 Elementos singulares.

Pueden considerarse en este apartado cualquiera de los elementos adosados, recibidos o anclados a las fachadas principalmente de materiales metálicos, que por la presencia de la humedad y si no están bien protegidos van a causar problemas de ensuciamiento por oxidaciones:

- Albardillas de remate o coronación de petos y cornisas.
- Balcones y antepechos.
- Vierteaguas metálicos.
- Elementos decorativos y de iluminación.

Otros elementos causantes de lesiones en los cerramientos son aquellos que se superponen o apoyan en los mismos aunque no forman parte de su sistema constructivo (Figura n ° 49):

- Jardineras y sus desagües correspondientes.
- Macetas colocadas en ventanas o sobre petos de terrazas.
- Aparatos de aire acondicionado.
- Toldos y marquesinas.



Figura n ° 49: Humedad por elementos sobrepuertos.

3.4

3.5

3.6 TERAPÉUTICAS PREVENTIVAS EN OBRA NUEVA PARA EVITAR LAS HUMEDADES EN FACHADAS.

Analizados los diferentes elementos compositivos de las fachadas y las tipologías de humedades que pueden aparecer en cada uno de ellos, en este epígrafe se proponen una serie de soluciones constructivas para evitar la aparición de los procesos patológicos descritos. Estas soluciones son para su aplicación en obras de nueva planta y para tenerlas en cuenta en sus proyectos. Para edificios ya construidos se prescriben una serie de soluciones de reparación en el próximo epígrafe 3.5.

3.4.1 En arranques de muros y zócalos.

- Respecto de las humedades de capilaridad ya quedaron descritas las medidas a adoptar para evitarlas en el punto 2.1.4 y que consisten en la interposición de barreras físicas que eviten la ascensión del agua. La existencia de la acera evitará el contacto directo del terreno con la fachada y por lo tanto es una medida obligada de prevención.



Figura n º 50: Chapado de zócalo.

- Para las humedades de absorción y filtraciones provocadas por el agua de salpiqueo y de escorrentía horizontal por la acera la mejor prevención consiste en “chapar” las zonas inferiores de las fachadas con zócalos de materiales cerámicos o pétreos (Figura 50). Si esta solución no puede contemplarse por motivos estéticos o formales y debemos arrancar la fábrica desde el suelo con materiales más porosos se deberán impermeabilizar por alguno de los métodos que se analizan en el punto 3.5.

3.4.2 En los paños ciegos.

- Las *humedades de condensación* tienen su tratamiento específico en el epígrafe siguiente, pero como norma general para que no aparezcan es imprescindible el evitar los puentes térmicos.
- Las *humedades de absorción* si se eligen materiales con la correcta porosidad no deben producirse porque la escorrentía de las aguas funciona bien en esas zonas de las fachadas (ver punto 3.2.2). La impermeabilidad ante esta escorrentía debe lograrse teniendo en cuenta tres factores:
 - Nivel de exposición de la fachada por su ubicación y orientación.
 - Características climáticas, principalmente régimen de lluvias.
 - Características físicas de los materiales del cerramiento, singularmente su porosidad.
- Las que si deben preocupar son *las infiltraciones* que puedan producirse a través de las fisuras y grietas de las fábricas debiendo hacer algunas distinciones en función del tipo de material, por lo que se analizan los tres tipos más frecuentes de materiales de acabados:

FABRICAS DE LADRILLO VISTO. - Deben ejecutarse con morteros hidrófugos y de consistencia plástica, para evitar en lo posible las retracciones y con una resistencia a la compresión intermedia entre la de la fábrica completa y su mitad:

$$\sigma(\text{fabrica}) > \sigma(\text{mortero}) > \sigma(\text{fabrica})/2$$

- Emplear en lo posible para mejorar su plasticidad morteros bastardos con cal y arenas con finos entre el 0% y el 15% y aguas de amasado exentas de sulfatos y cloruros.

- Los ladrillos deberán cumplir el pliego de recepción de ladrillos RL.88 en todo lo referente a su no heladidad, condiciones de porosidad y resistencia, no ser eflorescentes y estar exentos de caliches.

- Cuidar especialmente el relleno de tendeles y llagas, con soluciones que no favorezcan la penetración de las aguas y faciliten su escorrentía (Figura n ° 51)

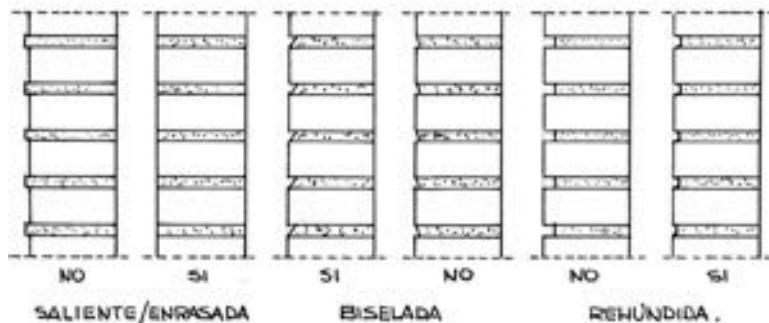


Figura n ° 51: Soluciones de tendeles y llagas.

- Deben asimismo evitarse los puentes térmicos en el paso de las fábricas por delante de forjados y pilares con soluciones que, a ser posible, no disminuyan el espesor las fábricas en esos puntos.

- Realizar correctamente cubriendo toda la superficie del cerramiento el enfoscado del trasdós y hacerlo en cualquier caso aunque se vaya a aplicar como aislamiento espuma de poliuretano proyectada.

- En los casos en que durante la ejecución de las fábricas se prevean lluvias deben taparse al terminar la jornada para evitar la acumulación de agua durante la construcción.

- Deben también recogerse los restos de mortero del trasdós de las fachadas.

ALICATADOS Y CHAPADOS. Este tipo de acabados suelen utilizarse en zonas donde la climatología por su régimen de lluvias ataca de forma especial a las fachadas con aguas tanto de bateo como de escorrentía. También se emplea esta solución constructiva para proteger zócalos y en las medianerías orientadas a barlovento.

Las filtraciones en estos casos se producen por el fallo del chapado respecto de la base donde se recibe, motivado por una defectuosa colocación del material por una mala concepción constructiva en la forma de recibir las piezas (Figura 38).

La costumbre, sin duda equivocada, es recibir las piezas cerámicas con mortero tal como se representa en la figura 52.a, quedando de esta forma libres de mortero las esquinas y zonas colindantes entre piezas, lo que favorece que ante los movimientos rasantes por los diferentes coeficientes de dilatación entre el material del muro y el del chapado, se produzcan desprendimientos de las piezas, ayudadas también por la facilidad de penetración del agua por las juntas no llenas entre las piezas.

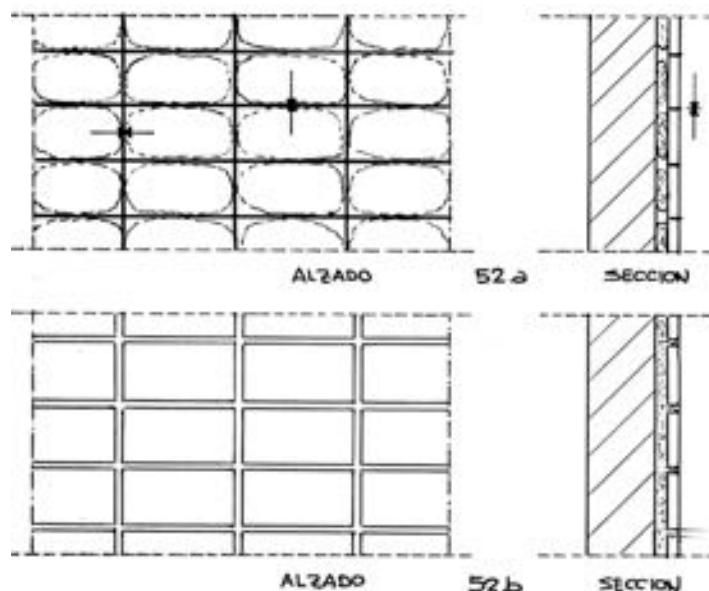


Figura n º 52: Recibidos de alicatados y chapados

La solución preventiva consiste en recibir correctamente el material de chapado y para ello se debe adoptar el sistema representado en la figura 52.b, cuajando de mortero toda la superficie del muro portante y recibiendo las piezas con junta de forma que el mortero rodee totalmente la pieza y cubra toda su superficie de contacto con el muro.

REVOCOS. Debe evitarse la fisuración que es el principal vehículo de posible penetración de las aguas dado que si el revoco está bien realizado las aguas de escorrentía deslizan correctamente, siempre que empleemos revocos con bajo nivel de porosidad y por lo tanto con poca capacidad de absorción. Esto es fácil de conseguir con la aplicación previa sobre el muro de soporte de mallas de poliestireno o de fibra de vidrio que cohesionan mejor los revocos y enfoscados.

En el empleo de morteros monocapa hay que tener en cuenta que no dejan “respirar” bien el soporte por el aporte de resinas que llevan en su composición y que no son impermeables en planos inclinados y menos horizontales, por lo que su empleo debe limitarse a planos verticales. Deben observarse además algunas recomendaciones básicas:

- Mantener al menos un espesor superior a 1 cm en toda la superficie del cerramiento y en cualquier caso con un espesor regular, por lo que es recomendable aplicar estos morteros sobre una capa previa de enfoscado.
- Realizar correctamente la planeidad del paramento y no sobrepasar espesores de 2 cms. que podrían facilitar la aparición de fisuraciones en la masa del revoco que facilitarían la penetración de filtraciones.

Por el contrario los revocos realizados con la técnicas clásicas a base de morteros de cal por su mejor plasticidad y su mayor capacidad de impermeabilización. Si se utilizan como acabados pinturas de revestimiento deben ser permeables al vapor de agua para dejar “respirar” correctamente al muro.

3.4.3 En las plataformas salientes y abultados.

Las humedades de microcapilaridad se evitan no permitiendo la acumulación de las aguas en el diedro de encuentro de estas plataformas y resaltos con el paramento vertical del muro. Para ello la mejor receta es dar pendiente suficiente hacia el exterior de la fachada y crear un goterón suficiente que facilite la escorrentía del agua y su correcto vertido hacia el exterior.

No debemos emplear materiales porosos para este remate por su parte superior sino crear albardillas de materiales metálicos o cerámicos vidriados que penetren en el paramento vertical. Además es conveniente sellar el encuentro entre la plataforma y el paramento vertical con una masilla elastómera (Figura 53).

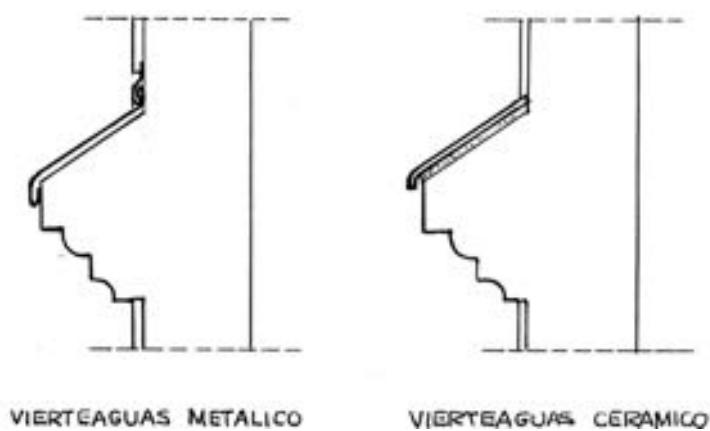


Figura n º 53: Remates correctos de plataformas y abultados.

3.4.4 En los huecos.

Auténtica asignatura pendiente de la construcción pocas veces bien resuelta. Se perfeccionan y enriquecen los acabados y aislamientos de las fábricas de cerramiento y se mejoran las características de funcionamiento de las carpinterías, pero el punto clave está en la unión entre unas y otras y en estos puntos es donde se cometen los mayores fallos que derivan en juntas por donde se da la filtración de las aguas, principalmente las de bateo. Algunas recomendaciones para evitarlas:

- **ALFEIZARES DE LOS HUECOS.** Procurar evitar las peanas de fabrica de ladrillo a sardinel (solución bastante utilizada) sin proteger por algún tipo de vierteaguas. Si esto no es posible, por exigencia del proyecto emplear ladrillos vidriados y morteros hidrofugados de consistencia plástica y rico de aglomerante a ser posible bastardo, para evitar las fisuras y crear goterón con el propio sardinel (Figura 54)

Siempre que sea posible es mejor solución utilizar como peana materiales de piedra o metálicos saliendo de la rasante del hueco con aletones laterales y goterón. Sellar en todos los casos los encuentros de diedros horizontales entre peana y carpinterías y con las jambas del hueco, con masillas acrílicas.

- **CARPINTERÍAS.** Deben traer incorporado al perfil vierteaguas suficiente que pase por encima de la peana con la rigidez necesaria para no crear juntas. La

perfilería tanto las de madera como las metálicas deben tener resuelto los puentes térmicos y garantizada la cámara de descompresión con el desagüe del perfil inferior para evacuar las aguas tanto las de condensación de los cristales, por el interior, como las de bateo, por el exterior. Deben sellarse todos los encuentros en los siguientes puntos para evitar las infiltraciones:

- Encuentro entre el vierteaguas y la peana con masilla elastómera.
 - Los ingletes de unión entre perfiles de las jambas y el umbral de cada hueco en los casos de carpinterías metálicas.
 - El encuentro entre carpintería y premarco por el interior, con espuma de poliuretano (Figura 55).
- DINTELES. Resueltos habitualmente con angulares apoyados en los hombros de los huecos sobre los que se adosan las carpinterías, no suelen plantear especiales problemas de humedades pero aún así es conveniente que tengan resuelto el goterón en el plano rasante con el muro exterior y el sellado entre la carpintería y el angular.

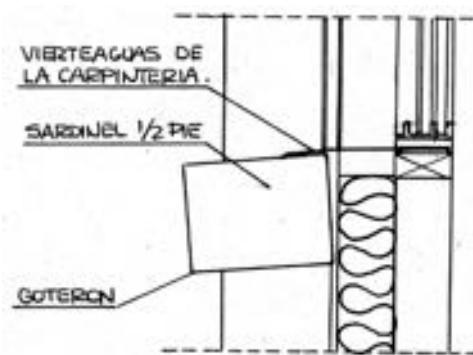


Figura n° 54: Solución de peana de sardinel de ladrillo

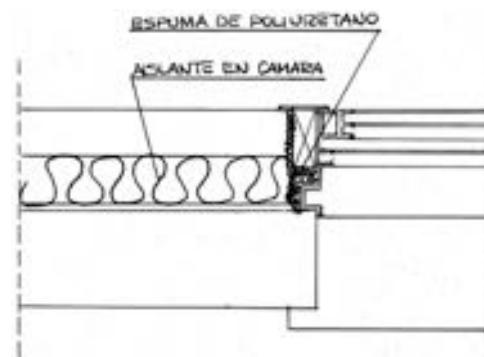


Figura n° 55: Sellado de carpintería.

3.4.5 En las terrazas y balcones.

En estos elementos bajo el punto de vista de las soluciones preventivas hay que considerar dos partes diferenciadas:

- PETOS Y ANTEPECHOS. Si el peto es de fábrica de ladrillo conviene evitar las humedades por absorción principalmente por su parte superior y para ello caben las mismas consideraciones que las enunciadas para los alfeizares de los huecos y además evitar los sardineles de ladrillo visto continuados en todo el peto pues ello suele favorecer la aparición de fisuras verticales, por las que penetrará el agua, debidas a los movimientos diferenciales entre el canto del forjado y la fábrica vista. Por la parte superior es recomendable protegerlos con algún tipo de albardilla cerámica, pétreo o metálica.
- BALCONADA O TERRAZA. Cuando está cerrada por peto ciego de fábrica se convierte en una cubeta que hay que tratar como una cubierta y como tal impermeabilizar y crear su sistema de desagüe. Para ello es recomendable huir de las gárgolas como solución que siempre acaban en problemas de ensuciamiento de fachada cuando no en fuente de humedades de absorción, progresivas con el paso del tiempo y realizar en su lugar una caldereta conectada

a su correspondiente bajante. La unión entre el plano horizontal de la terraza y el vertical del paramento debe tratarse como una unión con peto de cubierta y por lo tanto volver la impermeabilización sobre escocia, poner rodapié y sellar correctamente (Figura 56). Si lo que cierra la terraza o balcón es un antepecho abierto metálico hay que formar goterón en el encuentro entre la imposta del frente del vuelo y el solado del balcón.

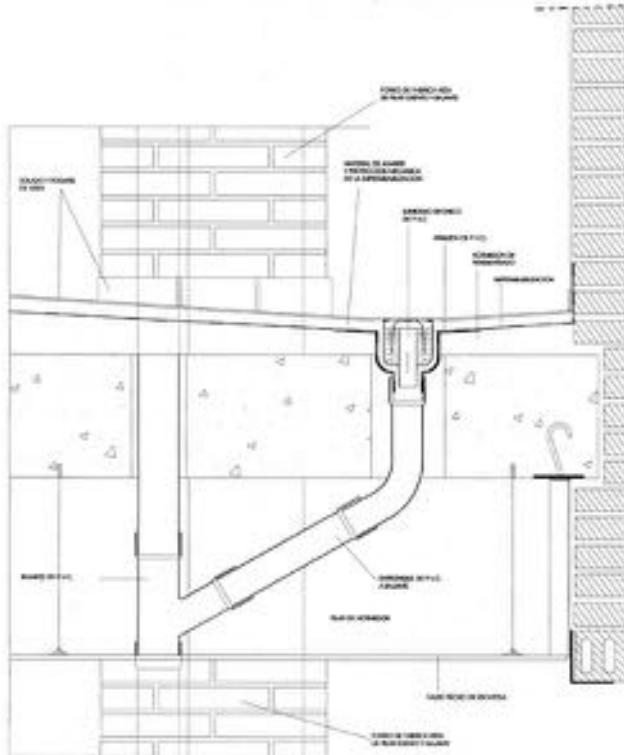


Figura n ° 56:: Soluciones correctas de terrazas y balcones.

3.4.6 En los petos y remates superiores de las fachadas.

Los petos de cerramiento de las cubiertas cuando son prolongación de las fachadas y sobre todo si estas son de fábrica de ladrillo visto se convierten sin duda en puntos de los más expuestos a las aguas de bateo y que por lo tanto deben protegerse por su parte superior con albardillas (Figura 57). Estas pueden ser metálicas, pétreas o metálicas pero en cualquiera de los casos deben reunir algunas condiciones para ser efectivas (Figura 58):

- Si son cerámicas o de piedra tratar correctamente sus juntas entre piezas con el empleo de morteros plásticos con poca retracción y cubriendo toda la junta. En caso de ser preciso sellar las uniones.
- Si son metálicas, principalmente de chapa de acero tener en cuenta las dilataciones y crear juntas tratadas con cubrejuntas engatilladas.
- En todos los casos la solución más eficaz es que tengan aletas y goterones a ambos lados del peto.



Figura n ° 57: Fallo de la albardilla.

3.4.7 En los elementos de evacuación.

Las claves para evitar las lesiones provocadas por estos elementos en las fachadas están en garantizar el correcto funcionamiento de los siguientes parámetros:

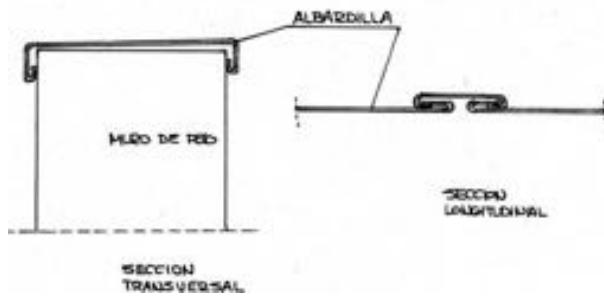


Figura n ° 58: Soluciones para albardillas metálicas

- Calcular correctamente la sección de los canalones para el aforo de agua que les corresponda recoger de cada paño de la cubierta.
- Diseñar y realizar con los anclajes suficientes el recibido de estos elementos sobre las fachadas.
- Recibir las bajantes tanto por el exterior como por el interior con abrazaderas cada 2,50 mts. como máximo recibidas a puntos firmes de la estructura o de la fachada y con juntas elásticas en el contacto entre abrazadera y bajante.
- En el caso de bajantes interiores que tienen que atravesar forjados aislar el paso por el hueco para evitar el contacto con los movimientos estructurales.
- Cuidar con buenas soldaduras o uniones las juntas entre tramos de bajantes.
- En el caso de canalones y bajantes metálicas tener en cuenta las dilataciones y realizar las uniones entre tramos con engatillados, baberos y buzones que garanticen la independencia de movimientos entre los elementos de evacuación y leal edificio.

3.4.8 En los elementos singulares.

Los problemas de ensuciamiento de las fachadas y las oxidaciones que suelen causar estos elementos suelen producirse en los puntos de encuentro entre ellos y los cerramientos por la diferencia de coeficientes de dilatación entre materiales que hace que estos anclajes y recibidos tengan movimientos diferenciales. Como solución genérica, aunque estéticamente menos agradable es realizar preferentemente anclajes superficiales en lugar de recibidos en la masa del muro, mediante placas y tornillos. Cuando esto no sea posible recibir los antepechos y otros elementos metálicos a los cerramientos con escudos de remate sobre las fachadas y sellar correctamente la unión.

3.5 SOLUCIONES DE REPARACIÓN EN OBRAS TERMINADAS Y REHABILITACIÓN.

En este epígrafe se proponen una serie de soluciones genéricas para las diferentes tipologías de humedades cuyas etiologías y efectos se han estudiado en los puntos anteriores y siempre que no se hayan podido adoptar las soluciones de terapéutica preventiva recomendadas, o se trate de edificios ya construidos.

Independientemente de la zona de los cerramientos donde se produzcan los problemas hemos visto que el agua tiene sus puntos concretos de penetración o adherencia a un paramento en virtud de que se trate de humedades de infiltración, de absorción y es en esos puntos donde deberemos aplicar estas otras terapéuticas curativas que a continuación se proponen.

3.5.1 Sellado de grietas y fisuras

Lo más importante es detectar la totalidad de las fisuras presentes en la fachada y aplicar tratamientos puntuales en función de su extensión y profundidad de afectación del muro de soporte. En las mamposterías y fábricas de ladrillo la identificación puntual y el diagnóstico suelen ser más sencillos que en los revocos, ya que, en los primeros supuestos, las grietas y fisuras aparecen en el propio muro y no en su revestimiento como es el caso de los revocos y ahí es donde hay que aplicar las reparaciones que se proponen a continuación, ya que se trata de sellar la grieta en el muro de soporte y no en sus posibles revestimientos.

A su vez en el momento de emitir el diagnóstico hay que diferenciar si las grietas y fisuras están, activas, es decir siguen un proceso de apertura que aun no se ha detenido, o si por el contrario se trata de grietas "muertas" o estabilizadas, ya que los tratamientos a aplicar serán diferentes.

A) GRIETAS Y FISURAS ESTABILIZADAS

En estos casos hay que mantener la transmisión de esfuerzos mecánicos en el seno del muro y por lo tanto deben rellenarse las grietas con morteros de inyección si trabajamos a compresión, como los cementos elásticos de *KRUGER* o el mortero *PREMHOR* de *Satecma* y con resinas si el elemento trabaja a flexión. Si la grieta no tiene que transmitir esfuerzos entonces basta con realizar un enmascaramiento con

una malla o venda que “cosa” los bordes de la grieta y aplicar después un revestimiento impermeable.

Soluciones de inyección de resinas epoxídicas que actúan como adhesivos pueden ser las *SIKADUR b41 o 53 de SIKA S.A* y para el enmascaramiento las vendas y mallas de *MALLATEX* y las bandas de juntas de *PLADUR*.

B) GRIETAS Y FISURAS QUE SE MANTIENEN ACTIVAS

Para este tipo de grietas lo importante es aplicar productos capaces de seguir los movimientos de la base y mantener la adherencia entre los labios de la grieta. Para ello se utilizan selladores plásticos, como los acrílicos que son capaces de comprimirse y expandirse con la junta. Para ello si la abertura es muy profunda conviene previamente llenar el “fondo de junta” y que la profundidad del sellado sea la mitad de la abertura de la junta. Los productos elastoméricos, como las siliconas y poliuretanos tienen el problema de volver a su forma inicial, por lo que si el material de base se retrae o abre de forma importante puede no sellar la junta en sus movimientos. Como productos pueden utilizarse *EXPANDITE, SIKAFLEX, SIKACRIL O SIKADUR ROUNDEX de Intecnia S.A o RUBSON*.

En cualquiera de los casos deben seguirse una serie de pautas de actuación para la aplicación de estos productos que vienen reflejadas en sus condiciones técnicas de sus catálogos comerciales pero que reúnen características comunes:

- Limpiar con cepillo de raíces metálicas la junta y picarla con tanta profundidad sea posible con el fin de dejar bien preparados sus bordes.
- Aplicar el producto correspondiente en toda la longitud de la grieta.
- En los casos de mamposterías eliminar los mampuestos afectados de forma importante por la grieta y que presenten degradación.
- En las fábricas de ladrillo sanear igualmente todos aquellos ladrillos rotos afectados por la grieta.

3.5.2 Juntas en huecos entre fábricas y carpinterías

Ya se han visto en las terapéuticas preventivas los puntos más sensibles para las filtraciones en los huecos de las fachadas y por lo tanto que requieren de especiales cuidados a la hora de su construcción. Para la reparación de estos puntos distinguiremos entre las uniones de las fábricas con las carpinterías y las propias carpinterías:

A) JUNTAS EN CARPINTERIAS

En las carpinterías actuales, sustancialmente en las de perfiles de P.V.C o mixtos de aluminio o Acero y P.V.C, no deben presentarse puntos susceptibles de filtraciones, pero el problema se suele presentar en carpinterías de una cierta antigüedad fabricadas con madera, perfiles laminados especiales y de chapa

plegada o algunos perfiles iniciales de carpinterías de aluminio, todos ellos empleados de forma masiva en las construcciones de los años sesenta y setenta.

Para remediar carencias de todo tipo podemos emplear burletes, como los de las firmas *APERSA* y *REHAU* y selladores para garantizar la estanqueidad de estas carpinterías.

B) JUNTAS ENTRE FABRICAS Y CARPINTERIAS

Para la reparación y relleno de estas juntas tanto en dinteles como en vierteaguas o jambas podemos utilizar las juntas *ADEKA ULTRA SEAL* de la firma *Bettor S.A* y los selladores masticos acrílicos y de siliconas de las firmas conocidas del mercado como *Expandite*, *Krafft*, *Sika*, *3M*, etc.

3.5.3 Tratamientos para el exterior de los paramentos

En estos tratamientos se trata de evitar que las humedades de absorción, en primer lugar, dañen la superficie exterior de los cerramientos y en segundo que puedan llegar a producir filtraciones interiores por acumulación y saturación de aquellas. Se pretende por lo tanto “impermeabilizar” la superficie del revestimiento cuando por defectos del material o de su colocación no se cumple correctamente esta misión.

Para ello se emplean dos grandes sistemas, en función de la gravedad de la patología que presente la fachada:

A) TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Se aplican por el exterior del cerramiento para defenderlo de la penetración de la lluvia facilitando la escorrentía y pueden ser desde simples pinturas hasta morteros preparados que incluso pueden llegar a ser aislantes, como es el caso del poliuretano proyectado que cumple las dos funciones y es la solución clásica en las fachadas de doble hoja. Cualquiera de los productos deben cumplir tres requisitos básicos:

- Garantizar la adherencia del producto a la base aún en estado húmedo.
- Permitir la transpiración del paramento siendo permeables al vapor de agua.
- Seguir a la base en sus movimientos sin fisuras ni desprendimientos.

El problema de una gran parte de estos productos es su prematuro envejecimiento por la acción de los rayos solares por lo que debemos requerir del fabricante la garantía de durabilidad correspondiente.

Dentro de este sistema se puede hacer una nueva subdivisión de productos desde los que suponen un simple revestimiento superficial hasta los que proporcionan auténtica estanqueidad:

- REVESTIMIENTOS SIMPLES. Proporcionan una protección parcial y no siempre siguen a la base en sus movimientos y pueden ser:

- Revocos tradicionales de mortero de cal que son más plásticos que los de cemento y más permeables al paso de la transpiración del muro.
 - Morteros hidrófugos que recubren la superficie tapando los poros repeliendo el agua pero sin obturarlos del todo y pueden ser a base de acrílicos, siliconas o silanos, siloxanos y siliconatos.
 - Pinturas también a base de siliconas, acrílicas o de silicatos.
 - Revestimientos con plaquetas cerámicas o de vidrio recibidas con junta para evitar los desprendimientos por diferencia de dilataciones superficiales.
- REVESTIMIENTOS SEMIPLÁSTICOS. Tienen un moderado coeficiente de dilatación y por lo tanto no soportan muy bien los movimientos de la base si estos son importantes:
- Revocos monocapa preparados a base de conglomerantes hidráulicos con fuerte cargas de aditivos como *CEMPRAL* de *Cemarksa* o *COTEGRAN* de *COTEXA*.
 - Revestimientos sintéticos a base de ligantes poliméricos con cargas minerales como el *PROCOTEX* de *Procolor*.
 - *Mineralizadores consolidantes, bien aplicados en superficie o inyectados, como el IMLAR DUPONT de Cotexa.*
- SISTEMAS DE ESTANQUEIDAD. Son capaces de mantener una película protectora impermeable aunque se fisure el soporte. Para mejorar esta situación es una buena práctica colocar previamente a su aplicación alguna malla de tejido a base de fibras de vidrio o poliméricas. En cualquier caso deben siempre permitir la transpiración de la base

B) FORROS DE DOBLADO

Cuando la gravedad de la patología es importante o las condiciones climatológicas son severas las soluciones anteriores no siempre funcionan. En éos supuestos hay que tratar el problema a base de establecer una barrera exterior que evite el contacto del cerramiento con la atmósfera, lo que puede conseguirse a su vez mediante dos sistemas:

- COLOCACIÓN DE UN FORRO. Realizado con material impermeable, como pueden ser placas de fibrocemento, tejas, pizarras o cualquier otro material que facilite la escorrentía del agua e impida su contacto con la fachada. Esta es una solución típica en algunas medianerías orientadas a barlovento en regiones del norte de España.
- DOBLADO DEL PARAMENTO. Lo que conocemos como “fachada invertida”. El aislamiento se coloca por el exterior del cerramiento a base normalmente de poliuretano proyectado, y después se “chapa” con una lámina impermeable al agua generalmente de piedra o chapas metálicas

4. HUMEDADES DE CONDENSACION

Las humedades que se conocen como “condensación” tienen dos protagonistas principales: el edificio, singularmente sus cerramientos y el uso que se haga del mismo a través de la actitud de los usuarios. Ambos protagonistas además actúan en un escenario, la atmósfera, que se convierte realmente en el tercer agente interviniente en este tipo de humedades. En este capítulo se describirán los conceptos básicos sobre humedad, temperatura y sus formas de transferencia a través de los muros, es decir el escenario y la contribución que ambos protagonistas aportan a esta problemática.

4.1 CONCEPTOS Y DEFINICIONES GENERALES.

Se puede definir al condensación como aquel fenómeno mediante el cual el vapor de agua presente en el ambiente interior de una edificación se licua sobre el interior de los paramentos.

4.1.1 Relación entre temperatura y humedad.

El anterior fenómeno hay que estudiarlo a partir de las leyes de la física en la Transferencia del calor y la Difusión del vapor de agua. En el anexo 4 de la NBE.CT.79 se encuentran algunas definiciones a partir del ábaco psicométrico que relaciona la temperatura “seca” en ° C con la presión del vapor de agua en milibares o lo que es lo mismo la masa de vapor de agua en gramos por Kg de aire seco, creándose las llamadas curvas de humedad (Figura n ° 59).

Observando este ábaco vemos que para una determinada temperatura (eje de las abcisas), dentro de una habitación o recinto determinado le puede corresponder diferentes cantidades de vapor de agua (eje de ordenadas). Para esa misma temperatura conforme va aumentando el contenido de vapor de agua llega un momento en que se alcanza el punto de saturación.

En el mismo ábaco se sigue observando que para una determinada presión de vapor de agua en milibares (eje de ordenadas) equivalente a un contenido de humedad en grs/Kg de aire seco, le corresponde una humedad relativa en % para cada temperatura húmeda.

Al contenido de humedad, o sea a la cantidad de vapor de agua en grs. por Kg. de aire seco se conoce como *humedad absoluta* o *específica*, lo que ocurre que este es un concepto sin ningún contenido por si mismo ya que en función de la temperatura seca le va a corresponder un *humedad relativa* diferente. En el ejemplo representado en el ábaco para 3,3 grs/Kg de aire seco a 20 °C le corresponde una humedad relativa del 24% (punto B) y sin embargo a esa misma cantidad de aire seco a 0 °C le corresponde una humedad relativa del 90% (punto A).

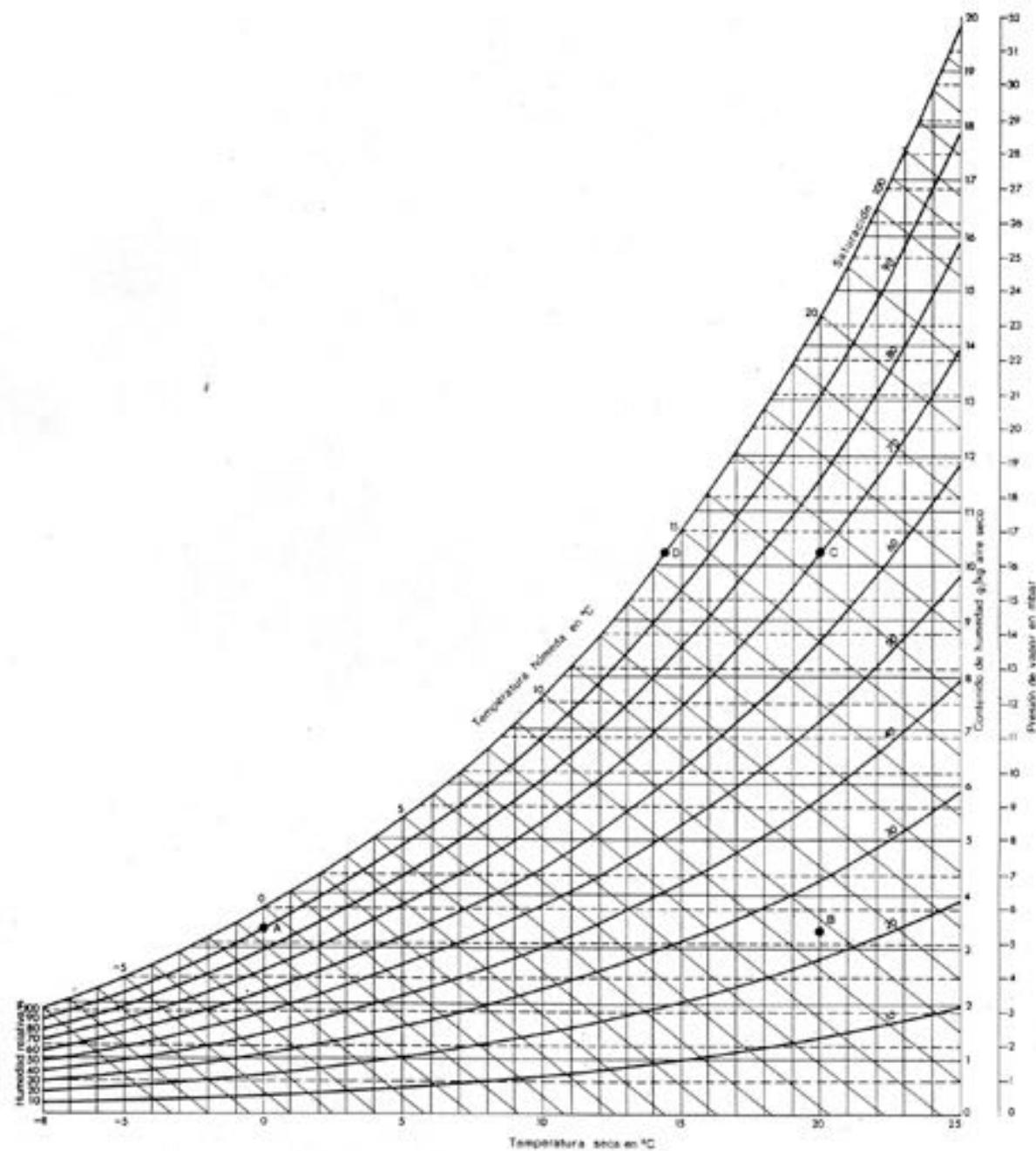


Figura n ° 59: Ábaco psicométrico

Sin embargo si aumentamos la cantidad de humedad absoluta a 10,3 grs/Kg de aire seco se observa que para una temperatura seca de 20 ° C tendremos 70% de humedad relativa y a 14 ° C alcanzamos el grado de saturación el 100%.

De la lectura de estos datos puede deducirse que el concepto de *humedad relativa*, que es para una determinada temperatura y presión ambiental, la relación entre la presión parcial de la mezcla de aire y agua y esa misma presión cuando se encuentra saturada de agua por cien.

$$H_R = \frac{P_P}{P_S} \times 100 \quad H_R = \frac{5,5}{23} \times 100 = 24 \%$$

Volviendo al punto B del ejemplo en el ábaco psicométrico para una temperatura de 20 ° C y una presión de vapor de agua de 5,5 milibares la humedad relativa es del 24% siendo 23 la presión de saturación.

Por último se conoce como *temperatura de rocío* o *punto de rocío*, en unas determinadas condiciones de presión de vapor de agua y de humedad relativa, aquella temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua, es decir aquella en la que se alcanza la humedad de saturación. En el ejemplo del ábaco en el punto D para una presión de 16,40 milibares el punto de rocío se alcanza a los 14.4% de humedad relativa.

4.1.2 Los flujos de calor y humedad a través de los paramentos.

El calor por condensación siempre se transmite desde la cara del paramento con temperatura más elevada a la cara con temperatura menos elevada, en el fenómeno que se conoce como *salto térmico* y el vapor de agua se difunde desde el punto con mayor presión de vapor al de menor presión. Por ello el agua líquida tiende a buscar la superficie relativamente más seca donde poder evaporarse por lo que circula del lugar con mayor humedad relativa al lugar con menor humedad relativa (Figura 60).

Los conceptos anteriores definen los principios de la transmisión del calor y a los efectos que aquí nos interesan en definitiva el *salto térmico* entre el interior de una dependencia y su exterior es la diferencia entre la temperatura interior de esa dependencia T_i y la exterior T_e y es el móvil que origina el desplazamiento del calor como forma de energía entre esos dos puntos de temperatura diferente creando el flujo de calor Q .

Existe otro parámetro de suma importancia para esta transmisión del flujo de calor que es el *coeficiente de transmisión térmica* del propio paramento, elemento complejo resultado de la suma de los coeficientes de transmisión de cada uno de los

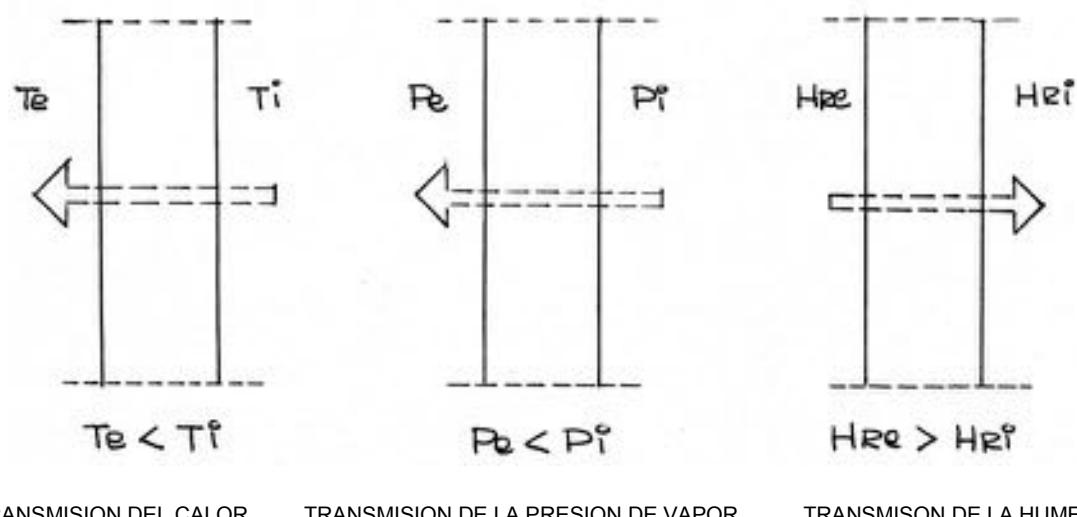


Figura n ° 60: Proceso de la transmisión del calor, el vapor de agua y la humedad relativa

materiales y espesores que componen el muro de cerramiento. Es evidente que cuanto más pequeño sea ese coeficiente también será menor la energía necesaria

para mantener el nivel térmico interior del edificio. La fórmula analítica de este proceso y su representación gráfica más elemental se representan en la figura 61.

$$\Delta T = T_i - T_e = Q/K$$

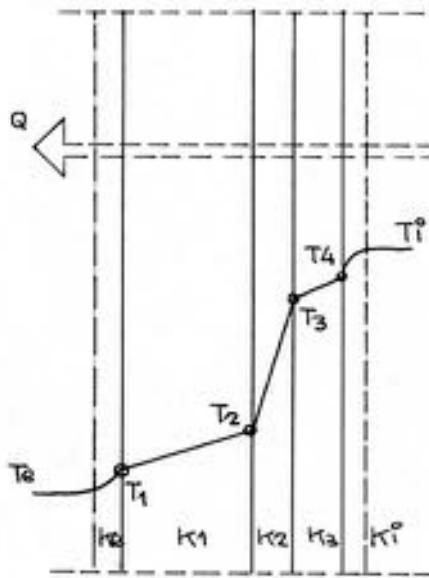


Figura n ° 61: Salto térmico a través de los cerramientos

4.2 CONDICIONES DE HABITABILIDAD DE UNA DEPENDENCIA

Visto todo lo anterior resulta evidente la compleja interrelación entre temperatura del ambiente interior, en sus diferentes acepciones de seca y en punto de saturación, la presión del vapor de agua existente o humedad absoluta y la humedad relativa así como las sensaciones calor – frío que en función de esas relaciones podemos percibir. Por ello se hace necesario establecer unos parámetros mínimos de exigencias para nuestras viviendas y edificios para poder cumplir unos parámetros de salubridad y confort tal como vienen determinados en la L.O.E:

- A los efectos de mantener unas buenas condiciones higiénicas la temperatura interior de un local debe mantenerse entre 22 y 24 ° C en verano y entre 20 y 22 ° C en invierno y la humedad relativa entre el 40 y el 75 %. Por debajo del 35% de Hr el ambiente reseca las mucosas y se hace dificultosa la respiración y por encima del 80% se pueden producir enfermedades de las vías respiratorias por exceso de humedad en las mucosas.
- Los paramentos deben permanecer secos, salvo aquellos en los que puntualmente pueden admitirse condensaciones, como los cristales o azulejos de baños y cocinas, siempre que las cantidades no dañen estos paramentos.
- El aire debe permanecer en condiciones de pureza tanto desde el punto de vista biológico con la ausencia de mohos, como desde la percepción olfativa.
- Es preciso conocer y controlar las fuentes que producen el vapor de agua y en qué cantidades en el interior de las viviendas, ya que de ello depende el alcanzar

más fácilmente ese punto de saturación causante, entre otros, de las humedades de condensación. En la tabla siguiente se reflejan las cantidades de vapor de agua que se generan habitualmente en condiciones medias en una vivienda en un periodo de 24 horas y por las fuentes más habituales.

○ 2 personas en actitudes normales de convivencia	3 a 3,5 lts
○ Uso de cada baño o aseo	0,5 a 1 lts
○ Cocina	2 a 4 lts
○ Lavado de ropa	0,5 a 1 lts
○ Calefacción por bombona de gas	1 a 2 lts

4.3 LOS PUENTES TERMICOS

4.3.1 Principios teóricos

Son aquellas zonas de los cerramientos en los que se dan los mayores riesgos de producirse humedades de condensación, debido a que la temperatura superficial de un punto intermedio del cerramiento el salto térmico logra situarse por debajo de la temperatura de rocío del espacio exterior. En definitiva son puntos débilmente tratados desde el punto de vista térmico, bien por ausencia de aislamiento o por contacto directo entre la superficie exterior del cerramiento y la interior y que por lo tanto mantiene su temperatura superficial por debajo de la del resto de la superficie del paramento.

Cuando la temperatura superficial de estos puntos es inferior a la temperatura de condensación o punto de rocío del aire de la habitación se producirá la condensación del vapor de agua sobre los mismos. Para evitar estos riesgos debe cuidarse:

- La caída de temperatura superficial en el puente térmico no debe ser mayor que $\frac{1}{4}$ del valor del salto térmico entre el interior y el exterior.
- La caída de temperatura superficial en el puente térmico no debe ser mayor que una vez y media la caída térmica entre la temperatura interior y la temperatura superficial de otro punto del paramento que esté correctamente resuelto bajo el punto de vista térmico.

4.3.2 Zonas donde se producen los puentes térmicos.

En este punto vamos a describir aquellos puntos en las obras de nueva planta en las que por mal diseño o defectos e construcción se producen puentes térmicos y que por lo tanto con una sencilla terapia preventiva pueden evitarse. En los caso de edificios ya construidos las reparaciones veremos que son más complejas y variadas en función de las peculiaridades de cada cerramiento.

En general los puntos más frecuentes donde se producen los puentes térmicos pueden encuadrarse en dos grandes grupos (Figura n ° 62):

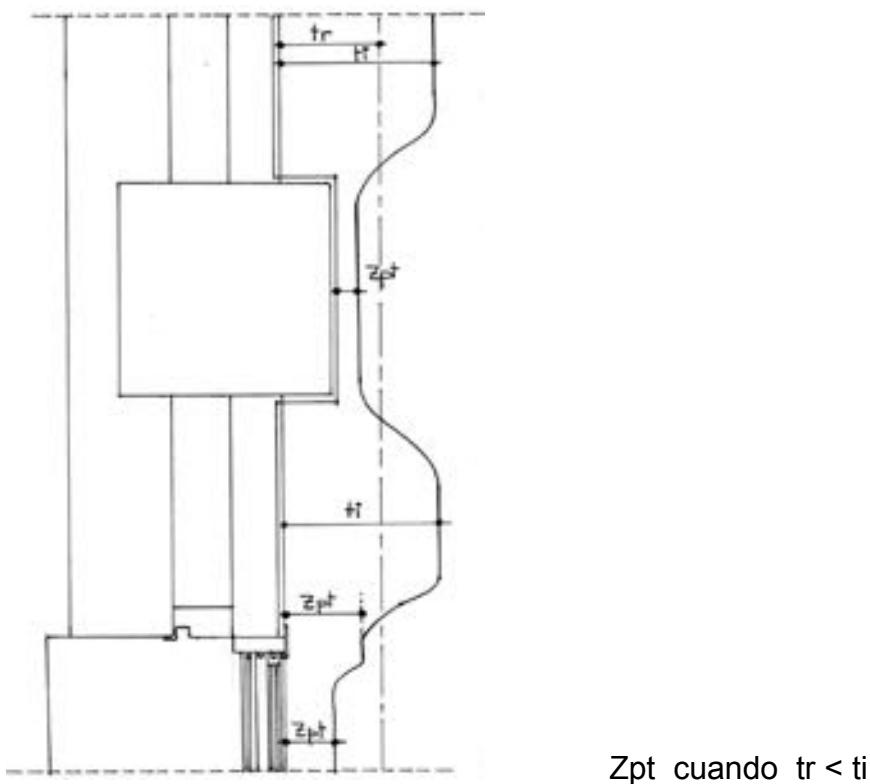


Figura n º 62: Principio de los puentes térmicos

A) ENCUENTRO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON CERRAMIENTOS.

Son los puntos en los que la estructura toma “contacto” con el interior del cerramiento sin que exista ningún tipo de separación o aislamiento fehaciente entre ellos, por lo que se crean zonas de muy baja resistencia térmica propicias a las humedades de condensación:

- Esquinas de las estructuras donde los pilares se ven recubiertos por el exterior con poco espesor de la fábrica de ladrillo y por dentro son simplemente guarnecidos sin ningún tipo de aislamiento.
- Misma situación en paños intermedios principalmente en fachadas orientadas a norte.
- Cantos de forjados recubiertos simplemente con poco espesor de fábrica de ladrillo y sin ningún aislamiento.
- Zonas de petos de cubiertas y voladizos de forjados con las mismas características anteriores.

B) FALLOS DE CONSTRUCCIÓN EN EL INTERIOR DEL TRASDÓS DE LOS CERRAMIENTOS.

Son puntos en los que por diferentes motivos queda interrumpido el aislamiento del trasdós de los cerramientos y se establece contacto entre las hojas exterior e interior de los cerramientos creándose una única masa a efectos térmicos:

- Llaves de unión de fábrica exterior de cerramiento con los tabiques interiores de cerramiento de las cámaras.
- Pegotes de mortero o rebabas por el trasdós de las fábricas exteriores que contactan con el tabique interior.
- Uniones en las jambas o alfeizares de los huecos entre las fábricas y los tabiques de trasdós.

4.4 ETIOLOGÍA DE LAS HUMEDADES DE CONDENSACIÓN Y LESIONES QUE PRODUCEN.

En el punto 4.2 se han visto las condiciones óptimas de temperatura y humedad a las que deben mantenerse las dependencias para evitar este tipo de humedades, por lo que cuando estemos superando humedades relativas del 80% o no lleguemos al 35% estaremos creando ambientes poco higiénicos y corriendo el riesgo de la aparición de estas humedades principalmente además en los puntos antes analizados más sensibles y peor resueltos de los cerramientos.

Su sintomatología general es la aparición de manchas de carácter superficial de un color pardo oscuro que si no se ventila correctamente el local pasan rápidamente a tomar un color negruzco con la formación de colonias de hongos y la aparición de un mal olor característico de humedad.

Estas manchas se localizan principalmente en los puntos donde se establecen los puentes térmicos antes descritos es decir por el interior en:

- Rincones de encuentro de techos y paramentos exteriores.
- Entorno de los huecos de ventanas por el interior de jambas y alfeizares.
- Por encima de los rodapiés en los encuentros de los forjados con el cerramiento.
- Rincones verticales por el interior de los pilares de hormigón en los encuentros con los tabiques de trasdós de las cámaras.
- Paramentos en general, principalmente si están alicatados con materiales cerámicos o revestidos con materiales de textura muy lisa, en dependencias donde se produce gran cantidad de vapor de agua como las cocinas, baños y aseos.
- Puntos del interior de los paramentos en general donde se encuentre un puente térmico de los descritos en el epígrafe anterior.

En todos los casos se trata de manchas superficiales y por lo tanto fáciles de eliminar con un trapo seco, lo que ocurre es que al poco tiempo vuelven a aparecer y además siempre queda una veladura difícil de eliminar totalmente, en tanto no se resuelva el problema de una forma definitiva.

4.5 SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA EVITAR LAS HUMEDADES DE CONDENSACIÓN

Debe quedar claro que el evitar las humedades de condensación es un problema térmico y que por lo tanto no las solucionaremos en tanto en cuanto no restablezcamos el equilibrio higrotérmico necesario. Para ello se hace preciso un diagnóstico efectivo pues en algunas ocasiones la aparición de estas humedades puede ir asociado a otros problemas de filtraciones del exterior.

Los parámetros a tratar para evitarlas son los siguientes:

- Controlar la humedad relativa, la producción del vapor de agua, la circulación del mismo dentro del local y su ventilación.
- Control de la temperatura de las paredes, especialmente la superficial mediante la instalación de la climatización adecuada.
- Adecuación del coeficiente de transmisión térmica de los elementos del cerramiento con sus posibles puentes térmicos.

4.5.1 Terapéutica preventiva en obras de nueva planta.

Todo lo anterior se traduce en términos constructivos en un buen diseño de los elementos de cerramiento y una cuidada construcción que evite los puentes térmicos

- Aislarse correctamente los cerramientos en las cámaras de aire evitando todo contacto de la hoja exterior y la interior, por lo que se cuidará limpiar las rebabas del mortero y recoger los sobrantes del suelo de las cámaras.
- Si se colocan llaves de atado entre fábricas y cerramientos del trasdos de las cámaras colocarlas con inclinación hacia el exterior.
- Evitar los cascotes o restos de mortero en el interior de las cámaras.
- Aislarse cualquier elemento estructural que penetre en el interior del cerramiento interior de la fachada con paneles de cartón yeso con lana de vidrio o poliestireno adosado o con cámara de aire aislada, por cualquier otro procedimiento, que evite la masa térmica en contacto directo con el exterior.
- Cuidar los encuentros de los bordes de los huecos no contactando la fábrica exterior con el tabique interior de cerramiento de la cámara.
- Calcular adecuadamente el espesor y características del aislamiento a instalar en el interior de la cámara de aire y colocarlo correctamente evitando deslizamientos de las planchas o mantas.

Además de estas normas de buena construcción, el propio funcionamiento del edificio también requiere una serie de medidas a tomar por parte del usuario de las viviendas, si se quiere no favorecer las condensaciones:

- Evitar las calefacciones por gas de bombona o de calentadores instalados en el interior de las viviendas.
- Colocar en las cocinas sistemas de evacuación forzada de humos y gases que facilite la eliminación rápida del vapor de agua evitando su acumulación y mantener cerradas las puertas en los momentos e máxima creación de dicho vapor, durante la cocción de las comidas.
- Ventilar los baños, con ventilación forzada o mediante ventilación natural abriendo las ventanas, si las tiene, tras la utilización con producción de gran cantidad de vapor de agua.
- Mantener correctamente ventiladas todas las dependencias de la casa

4.5.2 Reparaciones en edificios construidos.

En estos edificios lo primero que hay que hacer es un examen de las características de los cerramientos, en el sentido de la afección exterior que puedan tener a las humedades y de la existencia o no de cámaras de aire y por lo tanto de posibles aislamientos. Si no existe cámara de aire las soluciones se vuelven algo complejas porque hay que buscar la forma de poder incorporar dicho aislamiento.

A) INCORPORACIÓN DE AISLAMIENTO A LA CAMARA.

En el supuesto de existir cámara de aire pero no tener aislamiento (situación clásica en edificios de los años sesenta y setenta del pasado siglo) o tenerlo deteriorado, la solución pasa por introducir un nuevo aislamiento a base de inyecciones de espumas de poliuretano, procurando llenar todo el trasdós del cerramiento, tarea nada fácil de conseguir en muchas ocasiones.

B) INCORPORACION DEL AISLAMIENTO POR EL INTERIOR

Será el tipo de solución que se adoptará cuando no exista cámara intermedia y para ello se adosaban paneles de poliestireno extruido de alta densidad que con pequeños espesores permite unos correctos coeficientes de aislamiento y se les puede guarnecer directamente por su interior con morteros de yeso.

5. PATOLOGÍA DE LAS AGUAS FUGADAS ACCIDENTALMENTE.

En este último capítulo nos ocuparemos de las humedades generadas por las aguas que transcurren por dentro de cada edificio y que por o tanto son ajenas al comportamiento de los agentes atmosféricos. Como se decía al principio de este tema el hombre a lo largo de la historia de la construcción a intentado permanentemente “meter al enemigo en casa”, es decir dotar de agua a su interior para los usos de higiene y alimentación. Esto se consiguió de forma plena a partir de la llegada del agua corriente a las ciudades a mediados del s. XIX y desde entonces cada vez son mayores las cantidades de agua que circulan por el interior de nuestros edificios.

5.1 TIPOLOGÍAS DE LAS AGUAS FUGADAS EN LOS EDIFICIOS.

Cabe una primera gran subdivisión para distinguir las aguas que corren por el interior del edificio de las que lo hacen por su exterior, ya que los procesos patológicos que producen son muy diferentes y como consecuencia también deben serlo las terapéuticas a aplicar en cada caso.

5.1.1 Aguas exteriores.

Aunque corresponden al funcionamiento del edificio las tuberías o conductos por los que circula el agua discurren por la piel exterior de la edificación por sus fachadas o cubiertas que en algunos casos conducen aguas provenientes de la lluvia y en otros aguas propias del interior del edificio:

- Canalones y bajantes de recogida de agua exteriores.
- Aparatos de climatización colocados en fachadas y cubiertas.
- Redes de suministro de agua exteriores al edificio.
- Redes de saneamiento de conducción por el exterior del edificio.

5.1.2 Aguas interiores.

Son las que transportan el agua de las instalaciones termo hidráulicas de las edificaciones que en la mayoría de los casos, en las construcciones actuales, circulan por tuberías y conductos empotrados en diferentes elementos constructivos y solo en algunas construcciones muy antiguas pueden aparecer todavía por el exterior de los paramentos:

- Canalones y bajantes de recogida de agua interiores.
- Instalaciones de fontanería:
 - Redes de tuberías
 - Conexiones de aparatos sanitarios
 - Llaves de cortes y derivaciones
 - Acometidas y redes generales de distribución
- Instalaciones de calefacción:
 - Redes de tuberías
 - Conexiones de radiadores
 - Conexiones de calderas

- Instalaciones de desagüe y saneamiento:
 - Conexiones con aparatos sanitarios especialmente manguetas
 - Conductos de evacuación y entronques con bajantes
 - Arquetas y registros subterráneos
 - Redes colgadas de techos de sótanos y garajes
- Instalaciones de climatización:
 - Aparatos instalados en cubiertas para producción de las aguas de circulación, calderas o torres de refrigeración, depósitos, etc.
 - Aparatos instalados en fachadas.
 - Redes de distribución interiores
 - Redes de desagües de aparatos
- Instalaciones de protección contra incendios.
 - Columnas secas
 - Redes de distribución de bocas equipadas
 - Redes de splinquers

5.2 PROCESOS PATOLOGICOS GENERADOS POR LAS AGUAS FUGADAS

Es evidente que en todos los casos los procesos patológicos se generan por la “fuga de agua” de cualquiera de estas conducciones, por lo que alguna forma podría decirse que aunque la causante de los mismos será en definitiva el agua no es ella la “culpable” directa de ellos sino el fallo en las tuberías y conducciones que la transportan. En cualquier caso se analizan para cada uno de las tipologías antes enunciadas los tipos de humedades que se generan, excepto las de las cubiertas que se ven en otro tema de este manual.

5.2.1 Bajantes y canalones exteriores.

Producen humedades de absorción en los paramentos e cerramiento que pueden llegar a convertirse en filtraciones en los supuestos de que la rotura no sea reparada a tiempo y se producen por alguno de estos problemas:

- Desbordamiento de las aguas de los canalones por mal diseño de su capacidad para el aforo de aguas que recogen de la cubierta o por atascos por acumulación de suciedad en sus buzones y bajantes.
- Perdidas puntuales a lo largo del recorrido del canalón por fallos en los engatillamientos o soldaduras entre tramos de los mismos o de sus bajantes.
- Rotura de conductos por sobretensiones mecánicas en los anclajes a la fachada o por oxidaciones en los caos de la bajantes de fundición.
- Desprendimientos de canalones o bajantes por roturas de los anclajes (Figura n ° 63)



Figura n º 63: Desprendimiento de bajante



Figura n: 64 Humedades generadas por aparatos superpuestos

5.2.2 Aparatos adosados a fachadas.

Solución cada vez más empleada para solucionar la climatización de las viviendas ya construidas es instalar en el exterior los aparatos compresores de los sistemas partidos, que necesitan conducir adecuadamente el agua que generan en la evaporación de los aparatos colocados en el interior de la vivienda. Cuando esta agua no se canaliza hacia desagües en el interior de la vivienda, lo que casi nunca es posible con la obra terminada, y se llevan a la fachada pueden producir humedades de absorción en las fábricas si no se canalizan adecuadamente (Figura n º 64)

5.2.3 Conductos de agua y saneamiento.

En el caso de conducciones exteriores este tipo de servicios van enterrados por el exterior de nuestros edificios y la propiedad y responsabilidad de los mismos depende de la compañía suministradora del agua o de los servicios municipales de saneamiento y alcantarillado, pero cuando discurren cercanos a los cerramientos de nuestro edificio y se produce su rotura suelen crear problemas de filtraciones en los sótanos, que ya se estudiaron en el capítulo correspondiente.

5.2.4 Bajantes por el interior de los edificios.

Es la solución más habitual en los edificios de nueva construcción y su rotura o fallo produce en todas las ocasiones humedades de filtraciones en el interior y normalmente de cierta gravedad y las causas hay que buscarlas en:

- Movimientos forzados en las bajantes por sobretensiones mecánicas por no estar correctamente recibidas mediante sus abrazaderas o no tener convenientemente aislado su paso por los forjados, lo que puede forzar las uniones pegadas en el caso de bajantes de P.V.C o hacer saltar las soldaduras en el caso de bajantes de plomo en edificios antiguos.

- Diferentes coeficientes de dilatación y movimientos forzados en el caso de las bajantes empotradas por los muros exteriores en construcciones antiguas, si no han sido convenientemente aisladas en su construcción y son de plomo o fundición.

5.2.5 Instalaciones termo hidráulicas y redes de saneamiento.

La complejidad de redes que discurren a través de los suelos falsos techos y paramentos interiores de nuestros edificios hacen muy probable la aparición más o menos esporádica de fugas accidentales de agua sobre todo si no se respetan unos principios básicos en la construcción y las elementales normas de un buen uso y mantenimiento del edificio a lo largo de su vida útil. Los efectos son siempre filtraciones importantes a veces atravesando varias plantas.

5.3 TERAPEUTICAS PREVENTIVAS PARA EVITAR LAS FUGAS.

Como se anticipaba en el párrafo anterior las prevenciones para evitar las aguas fugadas se pueden dividir en dos fases diferentes: Durante el periodo de construcción con unas normas mínimas de buena construcción y durante la vida útil del edificio con un buen mantenimiento y un uso correcto de las instalaciones.

En cuanto a las normas durante la construcción se debe tener en cuenta:

A) EN CANALONES Y BAJANTES EXTERIORES

- Recibir los canalones y bajantes con los anclajes adecuados recibidos a puntos sólidos de las fachadas o mejor de la estructura.
- Si los canalones son metálicos, especialmente de zinc, permitir el libre movimiento del canalón sobre sus apoyos de anclaje y entre los diversos tramos mediante el engatillado y no soldado de sus piezas.
- Cuidar el entronque de canalones y bajantes con los buzones correspondientes y teniendo en cuenta lo anterior.
- Comprobar la pendiente correcta en la colocación del canalón o limas hacia las bajadas correspondientes, para evitar la acumulación de aguas por contra pendiente.

B) EN BAJANTES INTERIORES

- En las bajadas interiores colocar las abrazaderas cada 2,50 mts máximo recibidas a puntos firmes de la estructura o fachada y con juntas elásticas en el contacto entre abrazadera y bajante.
- Cuidar el paso de las bajantes a través de os forjados haciendo los huecos de paso durante la construcción de la estructura y de diámetro ligeramente superior al de la bajante, para evitar ningún tipo de contacto.
- Revisar antes de su tapado las uniones entre tramos de bajantes.

C) EN REDES DE FOTANERIA Y CALEFACCION

- Las tuberías de fontanería deben ir envainadas en tubos de P.V.C rizado y mejor encoquilladas con espuma de poliuretano, principalmente las de agua fría cuando discurren por techos de locales sin calefactor como garajes o sótanos.
- En el supuesto de las tuberías de calefacción que discurren por el suelo deben ir igualmente encoquilladas y deben ser protegidas con mortero antes de colocar la solera y tan pronto haya sido probada la estanqueidad de la instalación.
- Probar a presión siempre todas las instalaciones antes de proceder a su tapado u ocultación y dejarlas cargadas durante todo el transcurso de la obra.

D) EN REDES DE SANEAMIENTO.

- Construir arquetas de paso y de registro estancas a los escapes de agua, por lo que es recomendable usar sistema de saneamiento de arquetas secas, si la red enterrada es de P.V.C.
- Probar la red de evacuación antes de la puesta en marcha del edificio.
- Si la red es colgada del techo del sótano o plantas bajas, instalar registros de limpieza en los terminales de las líneas de colectores.