



UNIVERSIDAD DE LA CORUÑA

GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA



ESTUDIO DE PATOLOGÍAS, TÉCNICAS DE DIAGNOSIS, RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS MANUAL DE PROCEDIMIENTOS



TRABAJO DE FIN DE GRADO

Autor: Manuel Sanjuán Carracedo

Tutor: Ramón Vázquez Fernández

Convocatoria de Julio 2013

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

En esta parte del trabajo sintetizaremos todo lo visto anteriormente y elaboraremos un manual de procedimientos para afrontar situaciones de patologías o alteraciones en materiales de naturaleza pétreo asociados a la edificación, prestándole especial atención a construcciones de carácter histórico o artístico.

El programa a seguir a la hora de estudiar un edificio o construcción alterada podría establecerse de la siguiente manera:

1. Examen y descripción de las alteraciones.
2. Investigación de las causas
3. Determinación de las medidas correctoras.

1. EXAMEN Y DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERACIONES.

A. Se tiene que realizar una observación detallada del edificio, hay que identificar todas y cada una de las alteraciones y patologías que afectan a la construcción. A continuación disponemos de un cuadro identificativo donde relacionamos la patología con una imagen a modo de ejemplo.

PATOLOGÍAS Y ALTERACIONES

<p>PÁTINAS</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Envejecimiento▪ Decoloración▪ Cromáticas▪ Bióticas▪ Tinción▪ Suciedad	
<p>EFLORESCENCIAS</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Criptoeflorescencias▪ Subeflorescencias	
<p>DEPÓSITOS SUPERFICIALES</p>	



ALVEOLIZACIÓN



DESCAMACIONES Y
DESPLACACIONES



COSTRAS

- Negras
- Bióticas





AMPOLLAS



DISGREGACIÓN

- Arenización
- Pulverización



PICADURAS





ACANALADURAS



FISURAS



EROSIÓN



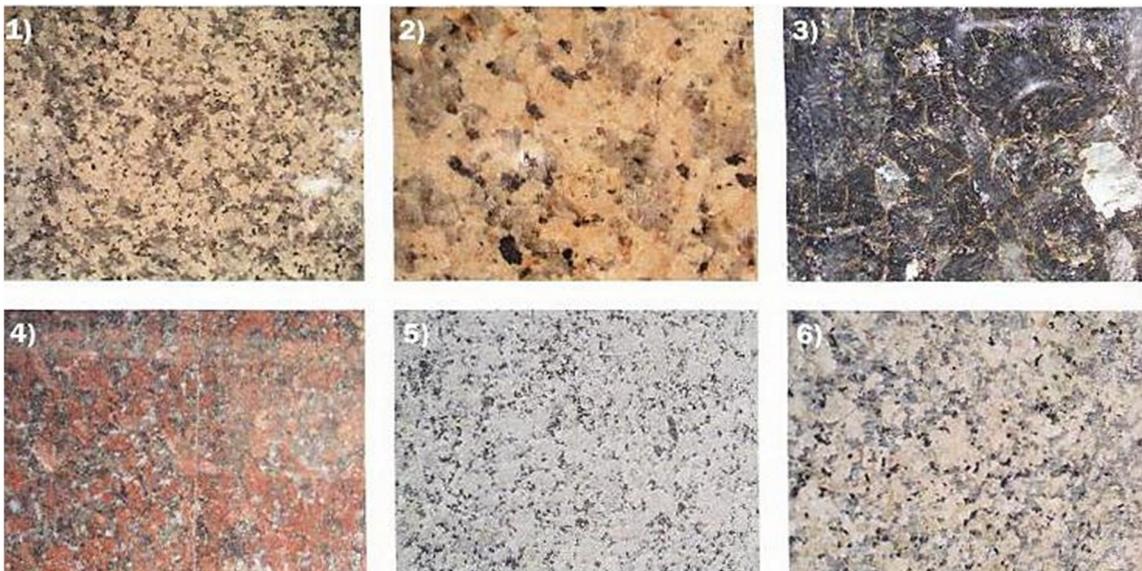
B. Una vez realizada una memoria fotográfica de todos los desperfectos, deberemos asociarlos a los materiales pétreos que han sido afectados, habrá que identificarlos y estudiar lo que denominamos FACTORES INTRINSECOS.

Como ya hemos visto existen tres grandes familias de rocas, cada una con una mineralogía distinta y más o menos proclive a determinadas patologías, propiciadas por esa composición o estructura interna. Es fundamental conocer esa estructura para poder determinar algunas causas de determinadas patologías.

- ROCAS ÍGNEAS
- ROCAS SEDIMENTARIAS
- ROCAS METAMÓRFICAS

ROCAS ÍGNEAS

Las rocas ígneas por excelencia son los granitos, posiblemente el material pétreo más usado en la comunidad Gallega y que más probabilidades tenemos de encontrarnos afectado por algún tipo de patología.

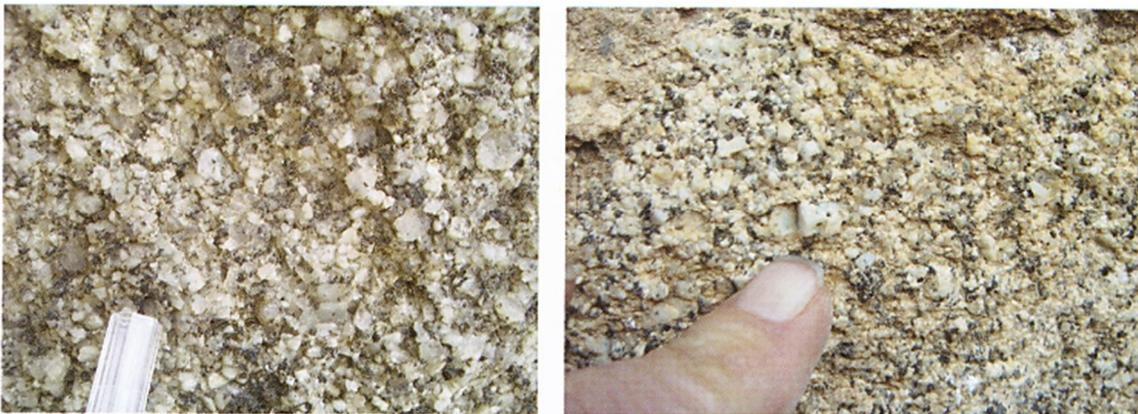


Distintos tipo de granito. Los tonos rojizos (1, 2,4, 6) se deben al tinte natural del feldespato debido a pequeñas inclusiones de hematitas. El negro (3) es en realidad una labradorita (gabro). El gris (5) constituye el tono más frecuente.

Como ya se sabe el granito está compuesto mayoritariamente por cuarzo, feldespato y mica. Siendo el cuarzo muy resistente a la alteración, mientras que los feldespatos se descomponen por efecto del agua. Por ellos es a partir de los feldespatos por donde suele empezar el proceso de degradación. Las micas mantienen una posición intermedia entre el cuarzo y los feldespatos en lo que a alterabilidad se refiere.

Un ambiente ácido y contaminado con presencia de anhídrido carbónico favorece esta descomposición. Tanto en muestra, como en obra, en esta alteración se aprecia un desprendimiento de granos revelando un proceso de **ARENIZACIÓN**.

Si no existe una limpieza en la base de los paramentos es posible notar la presencia de sustancias arenosas procedentes de la descomposición de los feldespatos.



En estas imágenes se observa una superficie rugosa provocada por la descomposición de los feldespatos.

Como se ha dicho la degradación suele iniciarse por alteración química de feldespatos, más adelante se acompaña de **DEGRADACIÓN MECÁNICA**, a medida que el agua va encontrando vías de acceso al interior. Una vez que el agua ha logrado penetrar, la degradación mecánica se produce a través del **ATAQUE POR SALES Y HELADAS**, que abren, aún más, las vías primitivas y facilitan el incremento

de descomposición por efecto del agua. Esto produce una pérdida importante de resistencia mecánica en la pieza.

Otro punto importante es la característica de algunos granitos con presencia de minerales de hierro capaces de oxidarse. Hay que presentar especial atención a granitos con presencias de marcasitas, piritas y pirrotinas. Estos sulfuros pueden pasar desapercibidos en la masa del granito.

- Marcasitas y piritas- Presentan un tono marrón
- Pirrotinas- Presentan un tono bronce

Al oxidarse forman un halo de herrumbre alrededor de cada grano de sulfuro, provocando **PÁTINAS** en la piedra. Esto puede ser muy perjudicial en obra nueva, por ejemplo en fachadas que han sido recientemente colocadas.

La presencia de sulfuros en la piedra la podemos determinar mediante ENSAYOS DE CHOQUE TÉRMICO (Pág.106), ANÁLISIS MINERALÓGICOS Y ENSAYOS DE ATMÓSFERA ÁCIDA CONCENTRADA.

Por último, también nos podemos encontrar con **FRAGMENTACIONES O FRACTURACIONES**, dado que son rocas generadas a altas temperaturas, pueden poseer tensiones internas residuales que pueden salir a la luz en determinadas condiciones ambientales del edificio.

ROCAS SEDIMENTARIAS

Independientemente de la composición química, la naturaleza estratificada de estas rocas hace que los fenómenos superficiales de alteración (agua de lluvia, viento, etc.) actúen de forma diferenciada según los planos de sedimentación, por lo que tanto la corrosión como la **EROSIÓN** aparecen asociados a los estrados, y la **ALVEOLIZACIÓN** a las **VERMICUIACIONES**. La acción mecánica de la lluvia puede conducir, igualmente a **ACANALADURA**.

La porosidad y porosimetría están ligadas a los mecanismos relacionados con la circulación del agua y soluciones salinas por ascensión capilar, es decir, con la disolución de los carbonatos y de la calcita secundaria, **DESDOLOMITIZACIÓN**, cristalización, etc. En las piedras más compactas esta alteración será más superficial y en las más porosas más interior. Así pueden aparecer **COSTRAS**, **INCRUSTACIONES, CONCRECIONES Y EFLORESCENCIAS**, sobre todo en zonas protegidas, y descohesiones en sus diversos grados, en las zonas expuestas al exterior.

Dentro de las rocas sedimentarias las más usadas son las areniscas y las calizas.

ARENISCAS.

La primera consideración que ha de hacerse es acerca de la naturaleza química del cemento, que puede ser calizo, silíceo y arcilloso. Este último no merece consideración puesto que las rocas con cemento arcilloso no se emplean en construcción; en cualquier caso, cuando existen lechos arcillosos el indicador indiscutible es la exfoliación.



Tenemos diferentes tipos de areniscas, que variaran en función de los clastos, la matriz y el cemento por el que están compuestas, así como su proceso de sedimentación.



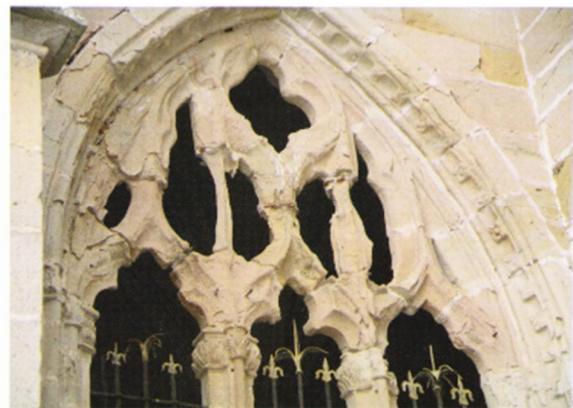
Las areniscas con cemento silíceo, sobre todo las compactas de tipo granítico, son las más estables; dan lugar a **DESAGREGACIONES Y DESCAMACIONES**, y a una típica disyunción de placas, paralela a la superficie del motivo ornamental, independiente de la orientación de los estratos.

Las de cemento calizo son las más abundantes; la propiedad más estrechamente relacionada con la alteración es la porosidad, que puede variar entre amplísimos márgenes. Así mismo, el grado de cementación, el carácter cristalino o amorfo del cemento, y la presencia de minerales accesorios como feldespato y féreos, determinarán la alterabilidad de la piedra. La meteorización se hace presente en forma de **PÁTINA, CROMATIZACIONES Y TINCIONES**; la primera por el aumento de cohesión por depósitos minerales, y las otras por oxidaciones, principalmente de hierro.

Por el contrario, la descementación conduce a decohesiones, desde **DESAGREGACIONES** superficiales hasta pulverizaciones, o a la disyunción desde películas hasta gruesas placas, en función del espesor del depósito o de la costra debajo de la cual se localizan los procesos de ataque químico, de cristalización o de, incluso, carácter biológico. La colaboración del viento y la humedad conduce a **ALVEOLIZACIÓN**, aunque se ha ligado la presencia de estos indicadores, en los afloramientos naturales, con la existencia de sulfato magnésico.



Basílica de Santa María (Alicante.) Este templo está construido con arenisca calcárea y presenta un proceso de descamación y alveolización, debido en gran parte a su proximidad al mar. Diminutas gotas de agua entran en la piedra y al evaporarse cristalizan y la erosionan. .



Celosías en arenisca del Bunter en el claustro de la Catedral de Sigüenza. Las dos fotografías de la parte superior muestran el resultado del ataque salino y heladas derivadas de humedades por la escorrentía. En la parte interior, la celosía en zona abrigada aparece exenta de lesiones.

CALIZAS Y DOLOMIÁS

La composición química de las calizas, en las que al menos un cincuenta por ciento es de naturaleza carbonatada, va a determinar que uno de los mecanismos principales de alteración sea la disolución de sus componentes. La presencia de carbonato magnésico en las calizas dolomíticas es favorable a la conservación, y la de compuestos hidrolizables como los de hierro y las arcillas es desfavorable. La morfología que adopten las alteraciones en los indicadores va a venir en gran medida determinada por la textura y estructura del material.

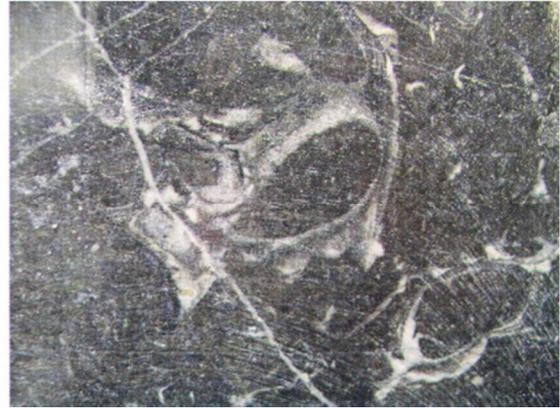
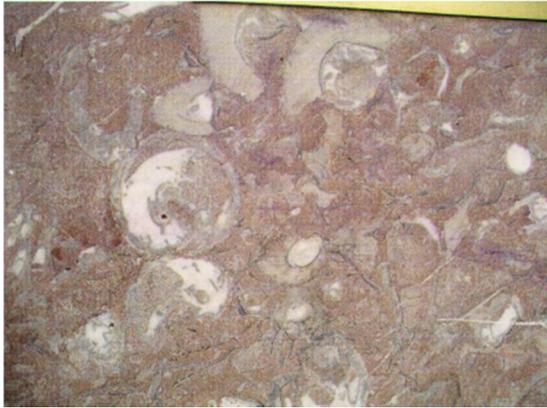
Así, las calizas porosas presentan en gran medida sintomatología similar a las areniscas con cemento calizo, pudiendo resaltarse las concreciones, ALVEOLIZACIONES Y EFLORESCENCIAS. Cabe señalar, sin embargo, que en ambiente urbano, en que es típica la formación de COSTRAS de sulfato cálcico, sulfín, en el caso de las dolomíticas, el sulfato magnésico, más soluble, forma eflorescencias blancas.

Las calizas compactas, por su pequeña permeabilidad, presentan indicadores más superficiales lo que, unido a la poca capacidad de absorción de los incrementos de volumen por su matriz, toman a menudo la forma de disunciones, desde **DESCAMACIONES** a **EXFOLIACIONES** y **SEPARACIONES** de placas más bien delgadas. Al igual que en las areniscas compactas de cemento silíceo, también aquí es la separación de placas adopta a veces la forma de la talla de la piedra, sin referencia a los planos de estratificación. Los factores térmicos pueden producir rupturas, desde simples fracturas a fragmentaciones.

Dentro de las calizas tenemos variedades que cabe la pena estudiar.

Calizas compactas

Son calizas compactas o marmóreas aquellas calizas en las que los distintos elementos constitutivos forman un continuo de carbonato cálcico sin que se aprecien a primera vista los elementos texturales.



Calizas compactas marmóreas pulidas.

La alteración más común se suele producir por disolución del carbonato cálcico. Algunas de estas piezas presentan microfisuras ocupadas por material arcilloso. Estas microfisuras constituyen zonas de discontinuidad por donde al gua puede acceder a la más de la piedra.

Calizas bioclásticas

Son calizas constituidas por acumulación de fragmentos fosilíferos, muchas veces escasamente cementados

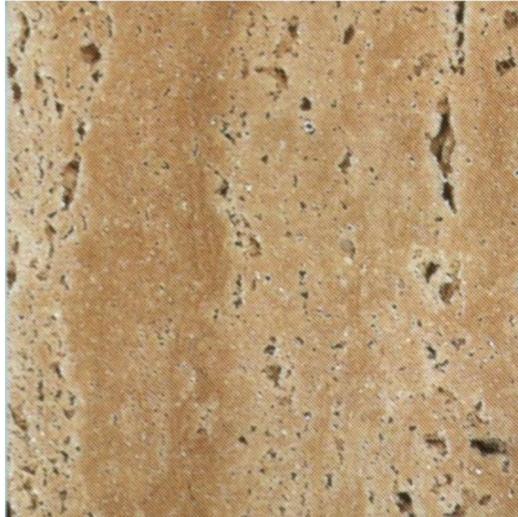


Izquierda caliza conchífera, derecha lumaquela.

Las alteraciones suelen aparecer por ataques de SALES Y HELADAS provocando la disolución del conglomerante.

Travertinos

Son calizas extraordinariamente porosas abundantemente utilizadas en patrimonio histórico.



Travertino Romano.

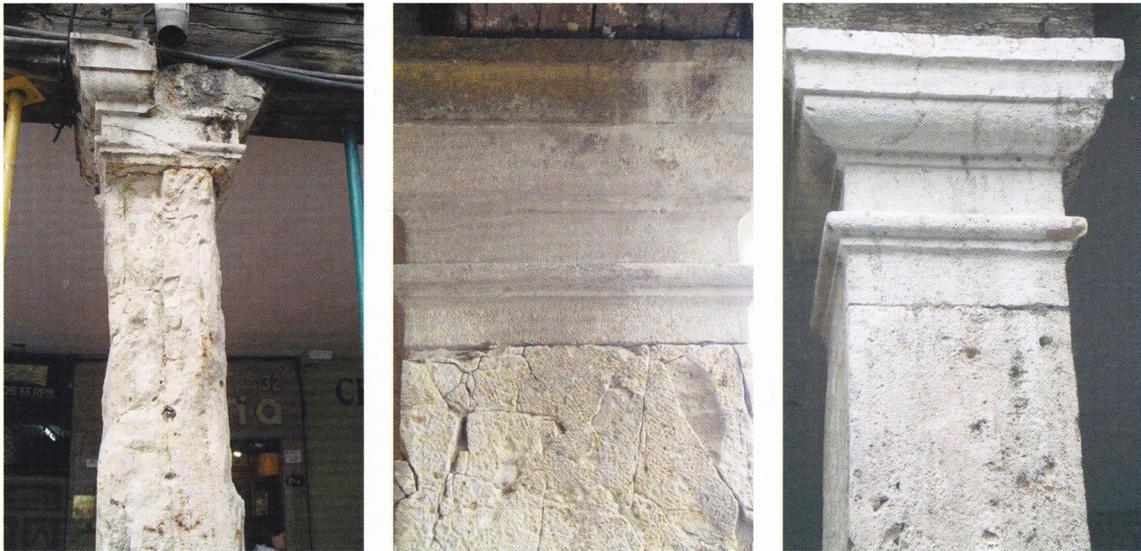
Son muy poco sensibles a los ataques por sales y heladas, debido a su elevada porosidad. Esta elevada porosidad posibilita que la sales puedan crecer libremente sin producir lesiones, del mismo modo el agua es tan rápidamente absorbida como eliminada. Eso sí poseen una baja resistencia a la **ABRASIÓN**.

Dolomías

Son calizas formadas por carbonato cálcico magnésico, siendo menos solubles y alterables que las calizas, presentando una baja sensibilidad al ataque ácido. Se distinguen de las calizas por no producir una reacción efervescente al echar una gota de ácido clorhídrico.

Margas

Son rocas mixtas entre calizas y arcillas, conteniendo alrededor del 50 % de estos componentes. En la antigüedad no había una selección meticulosa del material lo que hacía frecuente encontrar piezas con altos contenidos de arcilla y por lo tanto una degradación diferencial.



Lesiones en la caliza de páramo microfisurada en las columnas de la plaza de Cervantes en Alcalá de Henares. Izquierda, importantes pérdidas debidas a la cristalización de sales en las fisuras, derivadas del desagüe de la bajante. Centro, detalle de la microfisuración ya algo abierta por las sales. Derecha, columna en caliza de páramo exenta de fisuras. Se aprecian las características coqueras, porosidad móldica de tallos de algas.

ROCAS METAMÓRFICAS

De las rocas metamórficas sólo se considerarán los mármoles, por ser las más utilizadas como elementos de construcción, estos han sido utilizados mucho menos como material de fábrica que las areniscas, calizas y granitos. Su aplicación fundamental ha sido en elementos ornamentales, esculturas y revestimientos.

Puesto que proceden de recristalizaciones de calizas, poseen una porosidad muy pequeña, originada por las microgrietas y fracturas existentes entre los granos de calcita, donde suelen quedar pocos cristales de calcita secundaria y a veces láminas de mica. Asimismo, las consideraciones químicas que pueden deducirse de su naturaleza carbonatada son las mismas que para las calizas.

Aquí tenemos una recopilación de las patologías que pueden sufrir:

- LA EROSIÓN por lavado meteórico, con disolución de los menores cristales de calcita y deposición de carbonato cálcico.
- FRACTURAS Y FISURAS provocadas por heladicidad, cristalización y expansión térmica diferencial.
- HINCHAMIENTOS Y AMPOLLAS que al estallar se convierten en descamaciones y exfoliaciones.
- COSTRAS NEGRAS formadas por depósitos, cuya separación mecánica conduce a la exposición de nuevas superficies.
- DECOHESIONES debidas a descementaciones por alteración química de la matriz, cristalizaciones, corrosiones, agentes biológicos, etc.
- CROMATIZACIONES, por limonitización de pigmentos con hierro, o en forma de decoloraciones por la oxidación de pigmentos de grafito.
- DISYUNCIONES, en forma de DESCAMACIONES y separaciones de placas, ligadas a lechos micáceos odónticos, entre los que destacan los típicos "deshojamientos" de los mármoles cipolinos.



Columna. Fuente de Neptuno, sometida al lavado permanente por el agua, en un ambiente contaminado. Se trata de mármol dolomítico más resistente a la disolución que el calcítico, lo que lleva a que únicamente se manifiesten incipientes procesos de disolución que destacan en la textura de la piedra.

- C. Una vez que hemos identificado que tipo de piedra tenemos y sus patologías, tenemos que conocer su origen, que vendrá determinado por los FACTORES DE ALTERACIÓN (pag.112), en función de un factor u otro tendremos una determinada patología o alteración. A continuación se relacionan los factores con sus patologías.

FACTORES INTRÍNSECOS (Pag.113)

Estos factores son los primeros que tenemos que conocer a la hora de analizar nuestras patologías, una vez que los conozcamos podemos asociarlos a otros factores externos.

Dependen de las características petrográficas de las piedras. Mineralogía, textura y composición química. En el apartado anterior ya han sido recapitulados estos factores.

FACTORES QUÍMICO AMBIENTALES (Pág.116-129)

- ÓXIDOS DE AZUFRE
 - Descamaciones y desplazaciones
 - Ampollas
 - Exfoliación superficial
 - Escamas
 - Costras
- ÓXIDOS DE CARBONO
 - Caolinización
- ÓXIDOS DE NITRÓGENO Y DE COMPUESTOS DE NITRÓGENO
- CLORUROS Y FLUORUROS
 - ALVEOLIZACIÓN
 - DISGREGACIÓN ARENOSA
- COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES
 - COSTRAS Y PÁTINAS NEGRAS
- PARTÍCULAS SÓLIDA
 - ENSUCIAMIENTO
- CRISTALIZACIÓN/HIDRATACIÓN DE SALES SOLUBLES *
 - EFLORESCENCIAS
 - COSTRAS
 - PÁTINAS
 - SUBEFLORESCENCIAS
 - ALVEOLIZACIÓN
 - ARENIZACIÓN

FACTORES AMBIENTALES (Pág.129-136)

- ACCIONES PRODUCIDAS POR LOS CICLOS DEL HIELO
 - MICROFISURAS Y DESCOHESIÓN
- ACCIONES PRODUCIDAS POR TENSIONES DEBIDAS A CAMBIOS TÉRMICOS
 - MICROFISURAS Y DESCOHESIÓN
- ACCIONES DE EROSIÓN DEBIDAS A PARTÍCULAS LLEVADAS POR EL VIENTO
 - EROSIÓN ,ABRASIÓN Y DESGASTE
 - ALVEOLIZACIÓN
- ACCIÓN DE LAS VIBRACIONES
 - MICROFISURAS

FACTORES BIOLÓGICOS (Pág.136-140)

- MICROORGANISMOS (HONGOS Y BACTERIAS)
 - COSTRAS NEGRAS
- ALGAS Y MUSGOS
 - COSTRAS
 - PÁTINAS BIOGÉNICAS
- LÍQUENES
 - COSTRAS
 - PÁTINAS BIOGÉNICAS
- ÁRBOLES Y PLANTAS SUPERIORES
 - FISURACIÓN
- ANIMALES
 - SUCIEDAD

Existen otros factores como el uso y la incompatibilidad que son estudiados en la Pag.141 del trabajo.

2. INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS

Para asociar estos factores con sus patologías tenemos una serie de herramientas de diagnóstico que son de conocimiento imprescindible. Divididas en dos grupos, Diagnóstico in situ y Diagnóstico de laboratorio.

DIAGNOSIS IN SITU (Pág.187-191)

- ANÁLISIS DEL ENTORNO
Implica el conocimiento de:
 - ORIENTACIÓN
 - CLIMA
 - Humedades
 - Oscilaciones térmicas
 - Intensidad de los vientos
 - CONOCIMIENTO GEOLÓGICO
 - Movimientos freáticos
 - Sismicidad de la zona
 - CONTAMINACIÓN AMBIENTAL
 - Origen de los contaminantes
 - Modo de transporte de los contaminantes
 - Nivel de exposición
 - ENTORNO ANTRÓPICO
 - Influencia del hombre en el deterioro de las construcciones

Toda la información referente a datos climáticos se puede obtener mediante las consejerías de medio ambiente.

- ANÁLISIS DE LA CONSTRUCCIÓN
 - CANTERAS DE PROCEDENCIA
 - MÉTODOS DE LABRADO
 - RESTAURACIONES PREVIAS
 - DEFECTOS ORIGINALES DE LA CONSTRUCCIÓN
 - HUMEDADES INTERIORES
 - ESCORRENTÍA DE LAS AGUAS
 - EXISTENCIA DE REJUNTADOS CON CEMENTOS PORTLAND
 - EXISTENCIA DE TRATAMIENTOS PREVIOS CON RESINAS

- TÉCNICAS INSTRUMENTALES

- FOTOGRAMETRÍA

Sirven para conocer las formas, las dimensiones y la posición en el espacio de un objeto. Se obtienen mediante cámaras fotogramétricas.



- TERMOGRAFÍAS

Sirven para facilitar la distinción de elementos constructivos. Localización de zonas de humedad, capilaridad, discontinuidades constructivas. Se obtienen mediante cámaras termográficas.



- T. INFRARROJAS
- ESPECTRORADIOMETRÍA

- ULTRASONIDOS

Determinan la existencia de anisotropías, porosidades, fisuraciones internas.

- EMISIÓN ACÚSTICA

Determinan las posibles inestabilidades mecánicas de la piedra.

- TOMOGRAFÍAS

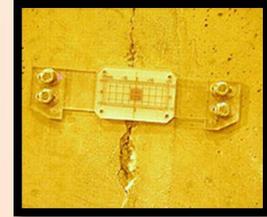
Determinan zonas de fisuración y fracturación interna imperceptibles a simple vista. Se obtienen mediante el tomógrafo sónico.



- PLANIMETRÍAS

Registran el relieve gráfico, métrico y geométrico de la estructura de la construcción.

- FISURÓMETRO



- DEFORMÓMETRO



- CALIBRE ACÚSTICO

- TEODOLITO



- PERMEABILIDAD

Determinar la permeabilidad es de vital importancia, las infiltraciones acuosas, además de los daños que produce por la congelación de agua, puede producir otros efectos como disoluciones, sulfataciones y formaciones bacterianas deteriorantes.

- TUBO DE ABSORCIÓN



- CAJA DE PRESIÓN

DIAGNOSIS DE LABORATORIO (Pág.208-214)

Sirven para investigar cómo responden los materiales pétreos bajo análisis a la agresión del medio y cómo podrían responder ante un tratamiento. Se necesita tener una caracterización de los mismos muy precisa, comprendiendo el trabajo de laboratorio distintos objetivos:

- ENSAYOS HÍDRICOS
 - ENSAYO ABSORCIÓN Y EVAPORACIÓN POR INMERSIÓN TOTAL
 - ENSAYO POR ABSORCIÓN CAPILAR
 - ENSAYO DE ABSORCIÓN POR EL MÉTODO DE “LA PIPA”
 - PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA
- ENSAYOS MECÁNICOS
 - RESISTENCIA MECÁNICA A COMPRESIÓN
 - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DESPUÉS DE LA HELADICIDAD
 - RESISTENCIA MECÁNICA A FLEXIÓN
 - COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA
 - RESISTENCIA AL DESGASTE POR ROZAMIENTO
 - RESISTENCIA AL IMPACTO
 - MICRODUREZA DE KNOOP
 - LÁPICES DE MOHS
 - RESISTENCIA AL ANCLAJE
 - RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

En la pág.96 están estos ensayos asociados a sus normas UNE.

- MICROSCOPIA
 - Con este método estudiamos, la textura, la porosidad y la composición química.
 - MICROSCOPIA ÓPTICA DE POLARIZACIÓN CON LUZ TRANSMITIDA
 - MICROSCOPIA DE FLUORESCENCIA
 - MICROSCOPIA ÓPTICA DE BARRIDO
 - MICROSCOPIA LÁSER CONFOCAL

- TÉCNICAS DE CUANTIFICACIÓN
Con estas técnicas lo que intentamos es cuantificar el volumen de ocupación de los minerales y de los poros en las rocas.
 - PROCEDIMIENTOS ESTEREOLÓGICOS
 - PROCESO DIGITAL DE IMÁGENES

- TÉCNICAS INSTRUMENTALES DE ANÁLISIS QUÍMICO Y MINERAL
 - FLUORESCENCIA DE RAYOS X
 - DIFRACCIÓN DE RAYOS X
 - MICROSONDA ELECTRÓNICA
 - MICROANÁLISIS POR ENERGÍA DISPERSIVA DE RAYOS X

- CARTOGRAFÍAS

Con todos estos datos se realizan unos mapeos en los alzados de las fachadas en los cuales se refleja el tipo de piedra y sus patologías.

- CARTOGRAFÍA DE LOS TIPOS DE PIEDRA:

Se debe incluir:

- los registros gráficos de distintos tipos de piedras que se utilizaron en la construcción.
 - los muestreos del material no alterado, o sano. Este muestreo puede ser en forma de polvo o de escamas.
 - pequeños trozos de roca (lámina delgada).

- CARTOGRAFÍA DE LESIONES:

Se incluyen:

Registro de lesiones estructurales.

- fisuras y grietas que se encuentren en la construcción. Estas fisuras y grietas deben relevarse en relación con la fábrica y en relación con el subsuelo.
 - grado de estabilidad mecánica de las fisuras.

Registro de humedades de edificación.

Aquí hay que analizar y registrar:

- cómo se distribuye la humedad en los distintos muros del edificio y en las distintas partes de cada uno de ellos.
 - cuál es la relación entre la orientación de los paramentos y su contenido en humedad.
 - cuál es la relación entre la humedad y el diseño arquitectónico.
 - cuáles son las fuentes que generan la humedad.

3. DETERMINACIÓN DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS

A. Una vez conocidas las patologías o alteraciones, así como su origen, tenemos que establecer una serie de tratamientos para solucionarlas.

Dividiremos los tratamientos de restauración o rehabilitación en cuatro procesos, ordenados de forma cronológica. No necesariamente hay que pasar por todos ellos, si no que cada caso tendrá unas determinadas necesidades.

PRECONSOLIDACIÓN Pag.218

En caso de superficies de alto valor histórico o artístico, que presenten un deterioro serio, es necesaria una consolidación de la superficie antes de comenzar a limpiarla, de este modo nos aseguramos que la limpieza no provoque más daños. Las técnicas son análogas a las de una consolidación, pero de forma ligera.

DESALINIZACIÓN Pag.218-222

La presencia de sales constituye uno de los puntos fundamentales en la alteración de las piedras. Y pueden venir principalmente del agua procedente del suelo o de las lluvias, de la contaminación ambiental y de los morteros.

- PROCEDIMIENTOS DE DESALINIZACIÓN

Consiste en la aplicación sobre la superficie de la piedra de un material absorbente. Este material puede ser **pasta de celulosa**. El material absorbente debe estar embebido en agua destilada. En vez de pasta de celulosa podemos utilizar **SEPIOLITA O ATAPULGITA**.

En caso de costras duras con sales, emplear aditivos, **EDTA, bicarbonato de sodio, bicarbonato de amonio o el carbonato de amonio**.

LIMPIEZA Pág.217-247

En la limpieza es importante tener en cuenta tres requisitos.

- LA ACCIÓN DEL LIMPIADOR DEBE SER LENTA.
- EL MÉTODO ELEGIDO NO DEBE GENERAR PRODUCTOS DAÑINOS
- EL MÉTODO ELEGIDO NO DEBE PRODUCIR ABRASIONES FUERTES

Disponemos de 4 métodos de limpieza:

- MÉTODOS HÚMEDOS Pág 223-231

Eliminación de sustancias solubles en agua, eliminación de las partículas carbonosas o bituminosas adheridas a la superficie rocosa.

- CHORRO DE AGUA A PRESIÓN

Eliminación de suciedad y de **costras con sales solubles**. Muy efectivo en calizas. No se debe aplicar en materiales descohesionados.

- LLUVIA DE AGUA

Eliminación de depósitos superficiales de **suciedad**.

- AGUA NEBULIZADA

Especialmente aplicado en la limpieza de **costras negras** y cierto tipo de **pátinas**.

- VAPOR DE AGUA

Solo se debe aplicar en construcciones que no tengan valor artístico.

- AGUA APLICADA CON APÓSITOS

Muy baja agresión, utilizada en relieves frescos, estatuas, etc. Aplicada en la limpieza de costras de pequeño espesor.

- AGUA ATOMIZADA

Utilizado en zonas donde no llega el agua de lluvia.

- MÉTODOS MECÁNICOS Pág. 232-236

Se utiliza energía mecánica para la limpieza. Métodos utilizados cuando no queremos introducir humedad adicional en las piedras.

- MÉTODO SIMPLE

Limpieza artesanal, efectuada con instrumentos sencillos como bisturís, papel de lija, piedra pómez, raspones y espátulas. Método utilizado para **eliminar líquenes, excrementos de animales, polvo, morteros viejos, hierros oxidados, etc.**

- CHORRO DE ARENA

Especialmente efectivo para la **eliminación de incrustaciones gruesas y duras, costras finas o depósitos y costras negras que cubren la piedra con policromía.**

- MÉTODOS QUÍMICOS Pág. 236-242

Son los métodos que más daño causan a la piedra.

- AGENTES ÁCIDOS

Los ácidos y las sales ácidas reaccionan con las **costras negras** y las disuelven. Los productos existentes en el mercado se basan en el ácido fluorhídrico, es el único agente no productor de sales solubles, aunque es muy corrosivo y peligroso.

- AGENTES ALCALINOS O BÁSICOS

El agente básico más utilizado es la sosa cáustica. Se recomienda especialmente para la limpieza de **suciedades** de las piedras calizas y de **eflorescencias** en las piedras arcillosas, en las tejas y en los ladrillos. Además, en calizas, mármoles y morteros, es muy útil para eliminar las **costras de yeso**. También es muy útil para eliminar las **manchas verdes** de las superficies de las piedras.

- **DISOLVENTES ORGÁNICOS** Pág. 241
Los químicos orgánicos más utilizados en este tipo de limpieza son el tricloroetano y los hidrocarburos alifáticos (aminas) o aromáticos (tolueno). Se utilizan para eliminar **manchas grasas**, es decir, restos de aceites y otros lípidos de la superficie de las piedras.

- **BIOCIDAS** Pág 242
Los productos biocidas más usados son la ESTREPTOMICINA y la KANAMICINA. Su finalidad es eliminar o paliar los efectos de los diferentes agentes biológicos de alteración.

- **OTROS MÉTODOS** Pág 243-246
 - **RAYOS LÁSER Y ULTRASONIDOS**
Ambos se utilizan para la eliminación de **costras**, principalmente negras. Destacar la importancia del rayo láser en piedras descohesionadas.

CONSOLIDACIÓN Pág. 253- 261

La consolidación engloba a los procedimientos que están destinados a restablecer la firmeza de los elementos pétreos que debido a los procesos de alteración y degradación se han convertido en una masa de partículas pulverulentas con poca aglutinación.

La consolidación hace frente, principalmente, a tres clases de problemas. Los problemas son la **ARENIZACIÓN**, **EXFOLIACIÓN**, la **FISURACIÓN** y los **PROBLEMAS ESTRUCTURALES**.

- **COMPUESTOS INORGÁNICOS**

Poseen una naturaleza similar a la de los componentes minerales de los materiales pétreos. No logran una mejora en las propiedades mecánicas de las rocas.

- HIDRÓXIDO CÁLCICO
- HIDRÓXIDO DE BARIO
- BICARBONATO DE CALCIO.
- ALUMINATO DE POTASIO
- SILICATOS.

- **COMPUESTOS ORGÁNICOS**

Poseen una naturaleza diferente a la de la piedra. Actúan formando una película adhesiva hidrofugante que cubre la superficie. Tienen una dilación térmica diferente a las piedras. El efecto de estos consolidantes no es muy duradero.

- RESINAS TERMOPLÁSTICAS.
- ACETATO DE POLIVINILO
- RESINA ACRÍLICA

- **COMPUESTOS MIXTOS O SILICO-ORGÁNICOS.**

Son utilizados tanto para la consolidación de los materiales pétreos como para su protección, ya que tienen efecto de hidrofugado. No colman los poros o fisuras de la piedra y no impiden la difusión del vapor de agua. No suelen modificar el color y el brillo de la piedra.

B. Cabe la posibilidad de que dentro de nuestras alteraciones tengamos que realizar alguna técnica de reconstrucción o reintegración.

REINTEGRACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN Pág. 270-273

La finalidad de este proceso consiste en recuperar volúmenes o formas que se hayan perdido de las construcciones de piedra.

Para llevar adelante la reconstitución se utilizan:

- **MORTEROS**

Se moldean y se tallan in situ. Esto permite pequeñas recuperaciones sobre las piezas. Pero simultáneamente se logra respetar las partes de los originales que permanecen inalteradas. Este tipo de reconstrucción se apoya por trabajos de moldeado de caucho natural látex que se refuerza con fibra de vidrio y resinas poliestéricas.

- **CALES HIDRÁULICAS**
- **CEMENTO PÓRTLAND**

Contraindicado numerosas veces para los trabajos de restauración. Esto se debe a que transmite las tensiones hacia la piedra por ser más rígido y resistente que ella, lo que produce tensiones. Además, favorece la aparición de humedades por condensación y aporta sales solubles dañinas.

- **TÉCNICAS TRADICIONALES DE CANTERÍA Y TALLADO DE PIEDRA**
El problema de estas técnicas reside en la dificultad para encontrar una piedra de la misma clase, teniendo en cuenta que la mayoría de canteras originales están agotadas.

C. Por último solo nos queda hablar del manteniendo y prevención.

MANTENIMIENTO Y PREVENCIÓN Pág. 274

Una vez hayamos restaurado o rehabilitado nuestras piezas o construcciones, trataremos de evitar el deterioro provocado por el paso del tiempo.

Para ello tendremos que:

- Analizar las construcciones pétreas.
- Observar la aparición de nuevas patologías
- Mantener controlados los factores de alteración, humedad, control de sales, etc.
- Vigilar el drenaje de las cornisas, gárgolas, etc.

Cada construcción pétreas de tener un programa de mantenimiento específico.