

# Proyecto COREMANS: «Criterios de intervención en materiales pétreos»

Ministerio de  
Educación, Cultura  
y Deporte

COREMANS Project: «Criteria for working in stone materials»





# Proyecto COREMANS: «Criterios de intervención en materiales pétreos»

## COREMANS Project: «Criteria for working in stone materials»

Catálogo de publicaciones del Ministerio: [www.mecd.gob.es](http://www.mecd.gob.es)  
Catálogo general de publicaciones oficiales: [publicacionesoficiales.boe.es](http://publicacionesoficiales.boe.es)

Edición 2013

Coordinación científica  
Ana Laborde Marqueze

Comisión científica  
Ana Laborde Marqueze, Concha Cirujano Gutiérrez,  
Francisco Javier Alonso Rodríguez, Manuel Blanco Domínguez,  
Rafael Fort González, Carlos Jiménez Cuenca, Juan Antonio Herráez Ferreiro,  
Juan Ignacio Lasagabaster Gómez, Irene Arroyo Marcos,  
Belén Rodríguez Nuere, Cristina Escudero Remírez, José Vicente Navarro Gascón,  
Diana Pardo San Gil, Esther Escartín Aizpurua, Elena García Martínez,  
Josep Gisbert Aguilar, Noelia Yanguas Jiménez, Ana Bouzas Abad, Isabel Adrover Bía,  
José Manuel Baltuille Martín, Roberto Amador Moscardó

Consejo editorial del IPCE  
Isabel Argerich, Félix Benito, Ana Carrassón, Soledad Díaz,  
María Domingo, Guillermo Enríquez de Salamanca, Adolfo García,  
Lorenzo Martín, Alfonso Muñoz, María Pía Timón

Corrección de textos  
Educación y Patrimonio

Maquetación  
Errata naturae



MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA  
Y DEPORTE

Edita:

© SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA  
Subdirección General  
de Documentación y Publicaciones

© De los textos e imágenes: sus autores

NIPO: 030-13-278-9  
ISBN: 978-84-8181-562-7  
Depósito legal: M-33413-2013  
Imprime: Artes Gráficas Palermo  
Papel reciclado

# ÍNDICE

	Pág.
<b>INTRODUCCIONES</b> .....	9
<b>INTRODUCTIONS</b> .....	9
<b>Proyecto COREMANS. Criterios, métodos y técnicas para la conservación, restauración y mantenimiento de los bienes culturales</b> .....	11
<b>COREMANS Project. Criteria, methods and techniques for the conservation, restoration and maintenance of cultural property</b> .....	12
Alfonso Muñoz Cosme	
<b>«Criterios de intervención en materiales pétreos»</b> .....	15
<b>«Criteria for working on stone materials»</b> .....	16
Ana Laborde Marqueze	
<b>LA FIGURA DE PAUL COREMANS</b> .....	19
<b>THE FIGURE OF PAUL COREMANS</b> .....	19
<b>Paul Coremans, figura precursora en la conservación del patrimonio cultural del siglo XX</b> .....	21
<b>Paul Coremans, precursor of conservation for 20th century cultural heritage</b> .....	22
Rocío Bruquetas Galán	
<b>«CRITERIOS DE INTERVENCIÓN EN MATERIALES PÉTREOS»</b> .....	37
<b>«CRITERIA FOR INTERVENING IN STONE MATERIALS»</b> .....	37
<b>«Criterios de intervención en materiales pétreos». Revisión 2013</b> .....	39
<b>«Criteria for intervening in stone materials». 2013 Review</b> .....	40
Ana Laborde Marqueze, Concha Cirujano Gutiérrez, Francisco Javier Alonso Rodríguez, Manuel Blanco Domínguez, Rafael Fort González, Carlos Jiménez Cuenca, Juan Antonio Herráez Ferreiro, Juan Ignacio Lasagabaster Gómez, Irene Arroyo Marcos, Belén Rodríguez Nuere, Cristina Escudero Remírez, José Vicente Navarro Gascón, Diana Pardo San Gil, Esther Escartín Aizpurua, Elena García Martínez, Josep Gisbert Aguilar, Noelia Yanguas Jiménez, Ana Bouzas Abad, Isabel Adrover Bías, José Manuel Baltuille Martín y Roberto Amador Moscardó	

<b>DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS INDICADORES DE DETERIORO</b> .....	109
<b>DESCRIPTION AND CLASSIFICATION OF DETERIORATION INDICATORS</b> .....	109
<b>Indicadores del deterioro en los materiales pétricos de edificación.</b>	
<b>Clasificación y análisis de los daños</b> .....	111
<b>Indicators of deterioration in stone building materials.</b>	
<b>Classification and analysis of damage</b> .....	112
Francisco Javier Alonso, Jorge Ordaz y Rosa M. <sup>a</sup> Esbert	
<b>Anexos</b> .....	143
<b>Annexes</b> .....	144
<b>Glosario</b> .....	187
<b>Glossary</b> .....	188







Introducciones  
Introductions



# Proyecto COREMANS

## **Criterios, métodos y técnicas para la conservación, restauración y mantenimiento de los bienes culturales**

El proyecto COREMANS nació en el año 2012 como un esfuerzo colectivo para actualizar y renovar los criterios y métodos de intervención sobre los bienes culturales. La iniciativa surgió del Instituto del Patrimonio Cultural de España y a la misma se unieron otros institutos integrados en la Red Técnica de Institutos de Patrimonio y Centros de Conservación de España, como el Instituto Andaluz de Patrimonio, el Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Castilla y León o el Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales.

El nombre del proyecto procede de la unión de las letras iniciales de las palabras conservación, restauración y mantenimiento, pero sobre todo es un homenaje a Paul Coremans, el gran científico y conservador belga, que fue en el año 1961 designado por la UNESCO para llevar a cabo la misión en España que dio lugar a la creación del primer instituto de conservación en nuestro país. Adoptar su nombre es una forma de mostrarle nuestro agradecimiento medio siglo después.

El objetivo del proyecto COREMANS es establecer documentos de criterios y métodos de actuación en los diversos campos de la conservación de los bienes culturales, que puedan servir de ayuda y referencia para el trabajo de otras instituciones, empresas y profesionales. Somos conscientes de que la elaboración de documentos de este tipo es una labor difícil, pero también de que es muy grande su utilidad y de que contribuyen en gran medida a elevar el nivel medio de calidad de las intervenciones.

El Instituto del Patrimonio Cultural de España viene haciendo en los últimos años un gran esfuerzo para revisar los Planes Nacionales de Patrimonio Cultural existentes y para crear otros nuevos. Esta es una labor en la que se formulan también criterios de actuación y métodos de intervención, pero con un carácter interdisciplinar y transversal. La realización de documentos más específicos y detallados por materiales o técnicas a través del proyecto COREMANS complementa en gran medida la labor desarrollada mediante los Planes Nacionales.

Para la elaboración de los documentos se ha convocado a técnicos de los diversos institutos de la red, así como a especialistas independientes. Los grupos de trabajo así formados revisan los documentos previamente existentes, formulan criterios de actuación, describen la metodología de intervención y evalúan las diferentes técnicas para indicar las más adecuadas en cada caso.

El primer resultado del proyecto COREMANS es este documento, que fue presentado y debatido en el marco de unas jornadas técnicas y que ahora se

# COREMANS Project

## Criteria, methods and techniques for the conservation, restoration and maintenance of cultural property

The COREMANS Project was set up in 2012 as a collective effort to update and renew the criteria and methods to be used in working on cultural property. The initiative was instigated by the Spanish Cultural Heritage Institute and was joined by other institutes forming part of the Technical Network of Spanish Cultural Heritage Institutes and Conservation Centres, such as the Instituto Andaluz de Patrimonio (Andalusian Heritage Institute), the Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Castilla y León (Institute for the Conservation and Restoration of Cultural Works of Castile and Leon) and the Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales (Valencian Institute for Conservation and Restoration of Cultural Heritage).

The name of the project originates from joining the first letters of the Spanish words for conservation, restoration and maintenance (*conservación, restauración and mantenimiento*), but above all it pays tribute to Paul Coremans, the great Belgian scientist and conservator, who, in 1961, was appointed by UNESCO to carry out the mission in Spain that led to the creation of the first conservation institute in our country. Adopting his name is a way of showing him our gratitude half a century on.

The aim of the COREMANS Project is to establish documents containing the criteria and methods of operation in various fields concerning the conservation of cultural property that may be of assistance and reference for the work of other institutions, companies and professionals. We are aware that drawing up documents of this kind is a difficult task, but also that it is extremely useful and contributes hugely to raising the average standard of quality of such interventions.

The Spanish Cultural Heritage Institute has been making a great effort in recent years to review existing National Cultural Heritage Plans and create new ones. This is a task that also involves formulating the performance criteria and methods of intervention, but in an inter and transdisciplinary manner. The drafting of more specific documents listing materials or techniques through the COREMANS Project complements, to a large extent, the work covered by the National Plans.

Technical officers from the various institutes forming part of the network have been invited to participate in preparing the documents, along with independent experts. The working groups thus constituted review the documents that already exist, formulate performance criteria, describe methods of intervention, and assess the different techniques in order to indicate the most appropriate ones for each case.

publica, con el fin de que pueda ser utilizado por todos los técnicos y profesionales interesados. Este primer documento corresponde a la conservación de la piedra, ha sido coordinado por la restauradora Ana Laborde Marqueze y elaborado con la participación de numerosos especialistas procedentes de diversas instituciones.

**Alfonso Muñoz Cosme**

Director del Instituto del Patrimonio Cultural de España

The initial result of the COREMANS Project is this document, which was presented and discussed within the framework of a technical conference and is published today for it to be used by all technical officers and experts with an interest in the field. This initial document corresponds to the conservation of stone. It was coordinated by the restorer Ana Laborde Marqueze and drawn up with the participation of a great many specialists from various institutions.

**Alfonso Muñoz Cosme**

Director of the Spanish Cultural Heritage Institute

# «Criterios de intervención en materiales pétreos»

Es una satisfacción personal tener la oportunidad de contribuir a esta especialidad profesional coordinando la actualización de un documento de estas características sobre «Criterios de intervención en materiales pétreos». A lo largo de mi trayectoria laboral he podido comprobar la utilidad de este tipo de herramientas. Contar con un documento marco de criterios y metodología de trabajo facilita considerablemente la labor del profesional que participa en un proyecto de intervención, tanto en las fases iniciales de diseño como en la ejecución y seguimiento de las actuaciones. Los materiales pétreos precisan aún más que otros de un marco teórico al estar en numerosas ocasiones asociados a los monumentos y participar en ellos equipos interdisciplinarios integrados por técnicos de muy diversas especialidades. Por otro lado, las entidades promotoras de los trabajos pueden ser también de distinta índole y colaborar instituciones con objetivos diferentes.

Con el paso de los años y vista la enorme utilidad del texto anteriormente publicado era necesario realizar una revisión y actualización del mismo, ampliando el concepto de patrimonio en piedra y el carácter cada vez más interdisciplinar de las intervenciones. El documento ha partido de una base muy elaborada que fue en su día redactada y discutida por un amplio grupo de profesionales procedentes de instituciones y empresas agrupados en tres mesas de trabajo temáticas en el entonces Instituto del Patrimonio Histórico Español. Once años después, la forma de trabajo ha sido similar, creando un equipo interdisciplinar con representación de diversas entidades que han redactado un primer borrador y celebrado una reunión final presencial para consensuar aquellos aspectos más debatidos. Como anexo al documento se ha incluido una descripción y clasificación de los indicadores de deterioro desarrollado por el equipo de petrología de la Universidad de Oviedo.

Esperamos que no sea ésta una iniciativa aislada, ya en 2002 los coordinadores anteriores, Rosa M.<sup>a</sup> Esbert y José M.<sup>a</sup> Losada, abogaban por la creación de una Comisión Técnica de carácter permanente, así como por promover programas formativos específicos para esta especialidad de la conservación. Ambas propuestas siguen hoy vigentes y son el reflejo de la capacidad profesional y el espíritu innovador que tuvieron ambos. A su memoria dedicamos esta publicación.

**Ana Laborde Markeze**

Restauradora del Instituto del Patrimonio Cultural de España

## «Criteria for working on stone materials»

It is my personal satisfaction to have the opportunity to contribute to this professional field of expertise by coordinating the review of a text of this nature. Throughout my career I have come to see how useful this kind of tool is. Having a template for criteria and working methodology makes life much easier for the expert involved in an intervention project, both during the early stages of design and during the implementation and monitoring of the activities carried out. Stone materials are even more in need of a theoretical framework than other types of material since they are often associated with monuments and are worked on by interdisciplinary teams involving technical experts specialising in a wide range of subjects. Furthermore, the institutions promoting the work may also be of various kinds, with institutions working together for different purposes.

16 With the passing of time and given the enormous use made of the text published previously, it was essential to review and update it, expanding the concept of heritage in stone and the ever greater interdisciplinary nature of the interventions involved. The starting point for the document was a text that had been developed after being drawn up and discussed by a broad team of experts from institutions and companies grouped together in three thematic working groups at what was then the Instituto del Patrimonio Histórico Español (the Spanish Historical Heritage Institute). Eleven years on, the approach is still much the same, creating an interdisciplinary team with representatives from various institutions that have put together an initial draft and held a final meeting with everyone attending to reach an agreement on those aspects most in contention. Attached to this document is a description and classification of the indicators of deterioration prepared by the petrology team from the University of Oviedo.

It is our hope that this will be a success and not an isolated project, as already, back in 2002, the previous coordinators Rosa M.<sup>a</sup> Esbert and José M.<sup>a</sup> Losada advocated the creation of a permanent Technical Committee, as well as encouraging specific training programmes for this type of conservation expertise. Both proposals are still valid today and reflect the professional capacity and innovative spirit displayed by both coordinators. It is to their memory that we dedicate this publication.

**Ana Laborde Marqueze**

Restorer of the Spanish Cultural Heritage Institute







La figura de Paul Coremans  
The figure of Paul Coremans



# Paul Coremans, figura precursora en la conservación del patrimonio cultural del siglo XX

Rocío Bruquetas Galán

Instituto del Patrimonio Cultural de España

En noviembre de 2013 se cumplen 50 años de la visita que realizó Paul Coremans a España para asesorar al recién creado Instituto Central de Conservación y Restauración (ICCR). Las conclusiones quedaron recogidas en un informe en el que Coremans, además de aconsejar sobre los medios materiales y humanos necesarios para organizar los laboratorios, revisaba el contenido completo del decreto de creación del ICCR (BOE de 7 de diciembre 1961), desde sus objetivos, organigrama y métodos de trabajo hasta las cuestiones relativas a la cualificación del personal técnico. El valor histórico de este texto se explica no solo por el innovador enfoque que el químico belga proponía para la teoría y la práctica de la conservación del patrimonio, difundido a lo largo y ancho del mundo por medio de sus misiones internacionales; también lo es por su atinado análisis sobre la situación del patrimonio histórico español y la de sus profesionales en aquellas fechas.

En 1963 Paul Coremans (Borgerhout, Bélgica, 1908-Bruselas, 1965) era ya una figura reconocida internacionalmente por su extraordinaria labor de promoción de la conservación del patrimonio cultural mundial. Doctorado en Química analítica por la Universidad Libre de Bruselas, su vinculación con el patrimonio histórico había comenzado en 1934 cuando el egiptólogo Jean Capart, conservador jefe de los *Musées Royaux d'Art et d'Histoire* de Bélgica, le nombra jefe de servicio de la documentación belga y le encarga la creación de un laboratorio de investigación físico-química. Este laboratorio se convertirá, catorce años más tarde, en una de las instituciones de rango nacional más importantes del mundo y pioneras en este campo, junto con el Instituto Centrale del Restauo de Roma, en este campo: el Instituto Real del Patrimonio Artístico (IRPA) de Bruselas.

En el laboratorio del Servicio de Documentación comenzó sus estudios técnicos de la pintura flamenca, en la que llegó a ser un gran especialista internacional junto

# Paul Coremans, precursor of conservation for 20th century cultural heritage

Rocío Bruquetas Galán

Spanish Cultural Heritage Institute

22 In November 2013 it will be 50 years since Paul Coremans visited Spain to advise the newly created *Instituto Central de Conservación y Restauración* (ICCR) (Central Institute of Conservation and Restoration). The findings were presented in a report in which Coremans, apart from offering advice on the material and human resources required for organising the laboratories, reviewed the entire content of the decree behind the creation of the ICCR (BOE (Spanish national gazette) of 7 December 1961), from its objectives, flowcharts and work methods to matters concerning the qualifications of the technical personnel. The historical value of this text can be appreciated not only by the innovative approach proposed by the Belgian chemist for the theory and practice of heritage conservation, disseminated all over the world through his international missions, but also because of his perfect analysis of the situation of Spanish historical heritage and that of its experts at that time.

In 1963 Paul Coremans (Borgerhout, Belgium, 1908-Brussels, 1965) was already an international celebrity on account of his outstanding work promoting the conservation of world cultural heritage. With a PhD in Analytical Chemistry from the *Université Libre de Bruxelles*, his association with historical heritage had already begun in 1934 when Egyptologist Jean Capart, Chief Curator of the Belgian *Musées Royaux d'Art et d'Histoire*, appointed him Head of the Belgian Department of Documentation and asked him to set up a Physics and Chemistry Research Laboratory. Fourteen years later, together with the *Instituto Centrale del Restauro* in Rome, this laboratory was to become one of the most important national institutions devoted to conservation and restoration in the world and a pioneer in the field, namely: the *Institut Royal du Patrimoine Artistique* (IRPA-KIK) (the Royal Institute of Cultural Heritage) in Brussels.

It was in the laboratory of the Department of Documentation that Coremans began his technical studies in Flemish painting, in which he became a key international

con su asiduo colaborador, el restaurador Albert Phillippot, padre del célebre teórico y también restaurador Paul. En 1946 trabajó en la llamada Comisión Coremans, organizada por el Gobierno belga para identificar, mediante exámenes científicos, una serie de pinturas robadas por los nazis durante la guerra, entre ellas los supuestos «Veermer» encontrados en la colección de Hermann Göring, que habían sido falsificados por Han van Meegeren (Coremans, 1949). Su interés por la pintura flamenca le lleva a fundar en 1949, con el historiador Jacques Lavalleye, el *Centre national de recherches «Primitifs flamands»*, cuyo fin era estudiar la pintura flamenca desde un prisma interdisciplinar. Uno de sus primeros trabajos fue el emblemático estudio del políptico del *Cordero Místico* de Van Eyck (iglesia de San Bavón de Gante), recuperado por la armada americana en las minas de sal de Alt Aussee (Austria) y restaurado por Albert Phillippot en el laboratorio de Bruselas. Este trabajo, publicado en 1953 bajo el título *L'Agneau mystique au laboratoire, Examen y traitement*, fue pionero al aplicar un nuevo enfoque metodológico que relacionaba los resultados obtenidos a partir de la investigación de la historia del arte, de las ciencias experimentales y de las observaciones de los restauradores (Coremans, 1953). Dos años antes Paul Coremans afirmaba:

«Les éléments d'appréciation d'ordre esthétique, historique, scientifique et technique, constituant autant d'aspects d'un même problème. Tous revêtent à nos yeux une importance égale et doivent contribuer, dans la même mesure, au succès final» (Coremans, 1951).

La decisión final de la comisión internacional de expertos que se convocó para tal fin –un recurso para la toma de decisiones sobre los tratamientos de restauración también innovador– fue limitar la intervención de restauración para respetar la integridad histórica y estética de la obra. En efecto, Coremans promovió la constitución de comisiones internacionales de expertos para abordar cuestiones importantes de conservación del patrimonio cultural. De una de estas reuniones surgió la idea de crear el *Comité International de l'Icom pour les Laboratoires de Musées*, origen del actual Comité de Conservación del ICOM (ICOM-CC) tras su fusión con la *Commission de l'ICOM pour le traitement des peintures*, del que Coremans fue su secretario entre 1955 y 1958.

Será también pilar fundamental en la creación de la mayor parte de las instituciones internacionales existentes hoy día dedicadas a la conservación del patrimonio cultural:



Ejemplar del libro *La protection scientifique des oeuvres d'Art en temps de guerre* (Bruselas, 1946), con dedicatoria del autor. Fotografía: Biblioteca del IPCE.

Copy of the book *La protection scientifique des oeuvres d'Art en temps de guerre* (The scientific protection of artworks during wartime) (Brussels, 1946), with a dedication by the author. Photograph: the IPCE Library.

expert together with his frequent collaborator, the restorer Albert Philippot, father of Paul Philippot, who was also a restorer and famous theoretician. In 1946 he worked on the so-called Coremans Commission, organised by the Belgian Government to identify, using scientific examination, a series of paintings which had been stolen by the Nazis during the War. These included the alleged «Vermeers» found in Hermann Göring's collection, which had been faked by Han van Meegeren (Coremans, 1949). His interest in Flemish painting led him to found the *Centre national de recherches «Primitifs flamands»* in 1949, with historian Jacques Lavalleye, in order to study Flemish painting from an interdisciplinary perspective. One of his early works was the landmark study of Van Eyck's polyptych of the *Mystic Lamb* (Church of St Bavo in Ghent), recovered by the US Navy in the salt mines of Alt Aussee (Austria) and restored by Albert Philippot in the laboratory in Brussels. This work, published in 1953 with the title of *L'Agneau mystique au laboratoire, Examen y traitement*, led the way for the application of a new methodological approach linking results obtained from research in the history of art, experimental science and the observations of the restorers (Coremans, 1953). Two years earlier, Paul Coremans declared:

«Les éléments d'appréciation d'ordre esthétique, historique, scientifique et technique, constituent autant d'aspects d'un même problème. Tous revêtent à nos yeux une importance égale et doivent contribuer, dans la même mesure, au succès final» (Coremans, 1951).

24

The final decision of the international board of experts convened for such purposes –another innovative resource for taking decisions concerning restoration treatments– was to limit restoration in order to respect the work's historic and aesthetic integrity. In fact, Coremans promoted the setting up of international committees of experts to address important issues concerning the conservation of cultural heritage. It was during one of these meetings that the idea arose for creating the International Committee for *l'Icom pour les Laboratoires de Musées*, the origin of the current ICOM Conservation Committee (ICOM-CC) after joining up with the *Commission de l'ICOM pour le traitement des peintures*, of which Coremans acted as secretary from 1955 to 1958.

He is no doubt also an important pillar in the creation of most of the international institutions that exist today devoted to the conservation of cultural heritage: a founding member of the IIC (*International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works*, created in 1950), he was also its chairman from 1955 to 1958 and vice-Chairman until his death in 1965; a permanent member of the Council of the ICCROM (*Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property*, created in 1959) and Chairman of its General Assembly in 1965, just a few months before he died; and a founding member of ICOMOS.

His hopes of institutionalising multidisciplinary work in his country came to fruition in 1957 with the creation of the *Institut royal du Patrimoine artistique* (IRPA), of which he would exercise the role of director until his death in 1965. This institution, which from then on was to provide a model for bodies of this nature, both from the point of view of architectural design as well as with respect to working methodology, was to be made up of art historians, chemists, photographers, physicists, and restorers with the common mission of drawing up inventories, studying, conserving and restoring Belgium's artistic heritage.

The contributions of Paul Coremans to the theory and practice of the conservation of cultural heritage enjoyed great impact through the teaching of the profession all over



miembro fundador del IIC (*International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works*, creado en 1950), fue también su presidente de 1955 a 1958 y vicepresidente hasta su muerte en 1965; miembro permanente del Consejo del ICCROM (*Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property*, creado en 1959) y presidente de su Asamblea General en 1965, meses antes de su muerte; y miembro fundador del ICOMOS.

Pero sus aspiraciones por institucionalizar el trabajo multidisciplinar en su país se hacen realidad en 1957 con la creación del *l'Institut royal du Patrimoine artistique* (IRPA), del que será su director hasta su muerte en 1965. En esta institución, que a partir de entonces será modelo en su género, tanto desde el punto de vista del diseño arquitectónico, como en la metodología de trabajo, se van a integrar historiadores del arte, químicos, fotógrafos, físicos y restauradores con la misión común de inventariar, estudiar, conservar y restaurar el patrimonio artístico belga.

Las aportaciones de Paul Coremans a la teoría y la práctica de la conservación del patrimonio cultural tuvieron una gran proyección en la enseñanza de la profesión en todo el mundo. En primer lugar, fue uno de los primeros en definir los conceptos de alteración, preservación, conservación y restauración (Coremans, 1961), definiciones que, con las revisiones pertinentes posteriores, se han venido utilizando hasta la actualidad. Partía del convencimiento de que sin este acotamiento conceptual que identifica los distintos tipos de acciones no se podía desarrollar un marco teórico y crítico para la intervención en el patrimonio cultural. Para él, el objetivo prioritario de todo tratamiento debe ser la conservación del objeto a partir del conocimiento razonado de su composición material y de su degradación, así como de su naturaleza documental y/o artística, recurriendo solo a la restauración cuando sea necesario para su presentación. La conservación y la restauración no son opuestas, sino complementarias.

Fue uno de los primeros, junto con Harold J. Plenderleith, en difundir la necesidad de basar los tratamientos en el conocimiento científico de la naturaleza de los materiales, de su estructura y de su alteración, en el que la química, la física y la biología jugarán un rol cada vez más importante. Coremans era un convencido de la importancia del diálogo y del trabajo en equipo de todos los especialistas implicados en la conservación: químicos, físicos, restauradores, arquitectos, historiadores del arte y arqueólogos. No puede concebirse ninguna solución sin tener en cuenta por igual el aspecto material, el histórico y el estético, todos ligados inseparablemente a los problemas de conservación de los objetos culturales, ni a las personas cualificadas para representar estos puntos de vista. Erwin Panofsky, colaborador suyo en el *Centre national de recherches «Primitifs flamands»*, decía que nadie como él entendía la complementariedad entre los métodos de las ciencias experimentales y los de las humanísticas, y la necesaria colaboración entre la crítica de estilo, las fuentes escritas y los trabajos de laboratorio de física y de química, «qui ne peuvent plus s'ignorer à l'heure actuelle» (Panowsky, 1965).

Entre 1956 y 1965, año de su fallecimiento, Coremans realizó una importante labor en más de 30 países como experto consultor de la UNESCO, de los cuales visitó 14 en vías de desarrollo, entre ellos España. El papel de la agencia internacional fue fundamental para impulsar la organización de servicios nacionales de conservación y restauración en muchos países. Mediante la concesión de créditos ayudaba a la instalación de laboratorios científicos, asesoraba *in situ* por medio de las misiones de expertos sobre la forma de abordar determinados aspectos, generales o globales, de las políticas de conservación de los países y brindaba la oportunidad de formar técnicos especialistas de la conservación.

the world. In the first place, he was a pioneer in defining the concepts of alteration, preservation, conservation and restoration (Coremans, 1961), definitions which, with the relevant subsequent revisions, have been used until now. He was of the opinion that without this conceptual limitation identifying the various types of action, it would be impossible to develop a theoretical and critical framework for intervening in cultural heritage. For him, the main aim of any treatment should be the conservation of the object based on the reasoned knowledge of its material composition and its deterioration, along with its documentary and/or artistic nature-only resorting to restoration when it was essential for its presentation. Conservation and restoration are not contradictory, but complementary concepts.

Together with Harold J. Plenderleith, Coremans was one of the first to spread the need to base treatments on the scientific knowledge of the nature of the materials, their structure and alteration, in which chemistry and physics would play an increasingly significant role. Coremans was convinced of the importance of dialogue and teamwork among all the specialists involved in the conservation project: chemists, physicists, restorers, architects, art historians and archaeologists. No solution can be conceived without also paying equal attention to the material, historical and aesthetic aspects, all inseparably tied to the conservation problems of cultural objects, or to the people qualified to reflect such points of view. Erwin Panofsky, one of his collaborators at the *Centre national de recherches «Primitifs flamands»*, said that nobody understood, as he did, the complementary nature between the methods of experimental sciences and those of the humanities and the essential collaboration between criticism of style, written sources and lab work in physics and chemistry, «qui ne peuvent plus s'ignorer à l'heure actuelle» (Panowsky, 1965).

26

Between 1956 and 1965, the year of his death, Coremans did some important work in more than 30 countries as an expert consultant for UNESCO, visiting 14 developing countries, including Spain. The role of the international agency was crucial for promoting the organisation of national conservation and restoration services in developing countries. Through the concession of credits, he helped install scientific laboratories, offered advice *in situ* through missions of experts on the way to tackle certain aspects, whether general or global, of the countries' conservation policies and provided the opportunity to train technicians specialising in conservation.

Thanks to his understanding of the situation of a considerable number of different countries he was able to verify the urgent need for the public authorities to take charge of training cadres of specialists. Therefore, in the final years of his life, he concerned himself primarily with one of the most complex and problematic aspects regarding most of the countries: the training of experts in the conservation and restoration of cultural assets was, for him, the responsibility of the national heritage services and should be subject to international collaboration. Shortly before dying, Coremans wrote a report on the training of restorers for the Seventh General Conference of ICOM, which was going to take place in September 1965. This important article, published posthumously in a special issue of the *Boletín del IRPA* devoted to his legacy (Coremans, 1965), was to be a model for future teaching on conservation and restoration because of the scientific and multidisciplinary nature of its curricular content and because of the firm vision espoused of restoration as teamwork.

The interest in offering scientific training for restorers had already been highlighted at the Conference in Rome in 1930, sponsored by the International Museums Office (IMO), the first result of which was the creation of the *Instituto Centrale del Restauro* in



Paul Coremans en su despacho del Institut Royal du Patrimoine Artistique (IRPA) de Bruselas. Fotografía: © IRPA-KIK, Bruselas.

Paul Coremans in his study at the Royal Institute for the Study and Conservation of Artistic Heritage (IRPA) in Brussels. Photograph: © IRPA-KIK, Brussels.

Su conocimiento sobre la situación de un amplio número de países hizo constatar la urgente necesidad de que los poderes públicos se hicieran cargo de formar cuadros de especialistas. Así, en los últimos años de su vida, se preocupó especialmente de uno de los aspectos más complejos y problemáticos: la formación de profesionales de la conservación y la restauración de bienes culturales, algo que para él era responsabilidad de los servicios nacionales de patrimonio y debía ser objeto de la colaboración internacional. Poco antes de morir, Coremans dejó escrito un informe sobre la formación de los restauradores para la Séptima Conferencia General del ICOM, que iba a tener lugar en septiembre de 1965. Este importante artículo, publicado póstumamente en un número especial del *Boletín del IRPA* dedicado a su legado (Coremans, 1965), será un modelo para la futura enseñanza de la conservación y restauración por el carácter científico y multidisciplinar de sus contenidos curriculares y por su firme visión de la restauración como un trabajo de equipo.

El interés por formar científicamente a los restauradores se había puesto de relieve ya en la Conferencia de Roma de 1930, promovida por la Oficina Internacional de Museo (OIM), cuyo primer resultado fue la creación en 1939 del Instituto Centrale del Restauro de Roma. Su revista *Museion* publicará regularmente artículos tratando los problemas de la formación del restaurador, así como otras publicaciones del ICOM, del IIC y del ICCROM de los años cuarenta y cincuenta, todas ellas antecedentes de las acciones emprendidas posteriormente por Coremans en sus asesorías y en el propio IRPA. Así, en 1962 organizará en el instituto belga, en colaboración con la Universidad

Rome in 1939. Its journal, entitled *Museion*, would publish articles dealing with the problems of training restorers on a regular basis, along with other publications by ICOM, IIC and ICCROM from the 1940s and 50s. These were all precursors of the actions subsequently taken by Coremans through his advisory services and at the IRPA itself. Hence, in 1962 at the Belgian institute, in collaboration with the University of Ghent, he would organise a theoretical and practical programme on scientific research and conservation for cultural heritage, targeting young chemists and restorers from different countries. These courses played an essential role in the international dissemination of his ideas on conservation and scientific and technological innovations in the field of conservation and restoration.

The Belgian chemist was also a key figure in strengthening preventive conservation as a discipline. His experiences during World War II as a collaborator of the MFAA (*Monuments, Fine Arts, and Archives section*)<sup>1</sup> for the repatriation of works of art stolen by the Nazis led him to publish *La protection scientifique des oeuvres d'art en temps de guerre* in 1946. *L'expérience européenne pendant les années 1939 à 1945* (Coremans, 1946). One of his most famous works in this field is «Le conditionnement de l'air dans les Musées» (Coremans, 1935). The influence of the different climatic conditions on the cultural assets of the countries he visited, whom he advised on basic methods for identifying the key risks of deterioration in the area, led him to write up a study on conservation issues in countries with tropical climates, strengthening his conviction for the need to prioritise prevention over intervention.

28

As mentioned above, the *Instituto Central de Restauración y Conservación de Obras y Objetos de Arte, Arqueología y Etnología* (ICCR) had been created in November 1961 in response to the need to organise an institution that could service the conservation and restoration needs of Spanish heritage more efficiently «with the necessary scientific and technical safeguards» (Decree, 1961). The goals of the new national centre would include conservation and restoration, the scientific study of the works, research into new techniques and materials, along with documentation and the training of technical experts. It would also have restoration workshops for the various specialities, with chemistry, physics and radiography laboratories, a photo lab, archive and specialised library, and a School of Restoration Procedures and Art and Museology. The visit by the IRPA director and his immediate report stimulated awareness-raising about the need to carry out preliminary studies before undertaking interventions, to present the results of the studies and work procedures in well-documented reports, foment interdisciplinary work and, most importantly, it focused attention on the need to put an end to Spain's isolation, to interact with other laboratories and research centres abroad and to open up to international trends in conservation and restoration.

With regard to the different workshops that needed to be set up at the ICCR (at that time the only ones up and running were for painting, sculpture and archaeology), Coremans referred specifically to a workshop for stone materials, which he considered a priority and should be separate from that of archaeological materials. He drew attention to the difference in treatment between stone objects stored in museums and architectural items exposed to the elements, and highlighted the competence of the members of the CSIC's Scientific and Technical Research Board «Juan de la Cierva» in this area, in

---

<sup>1</sup> Organisation created during the Second World War with volunteers from thirteen nations for the protection of monuments, works of art, archives and libraries from the destruction of war. Once it was over, they worked for a few more years to locate and return the works stolen by the Nazis.

de Gante, un programa teórico y práctico sobre investigación científica y conservación de patrimonio artístico, dirigido a jóvenes químicos y restauradores de diferentes países. Estos cursos jugaron un papel esencial en la propagación internacional de sus ideas sobre conservación y de las innovaciones científicas y tecnológicas en el campo de la conservación y restauración.

El químico belga fue también una figura eminente en el afianzamiento de la conservación preventiva como disciplina. Sus experiencias en la segunda guerra mundial como colaborador de la MFAA (*Monuments, Fine Arts, and Archives section*)<sup>1</sup> para la repatriación de obras robadas por los nazis le llevaron a publicar en 1946 *La protection scientifique des oeuvres d'art en temps de guerre. L'expérience européenne pendant les années 1939 à 1945* (Coremans, 1946). Uno de sus trabajos más conocidos en este campo es «Le conditionnement de l'air dans les Musées» (Coremans, 1935). La influencia de las diferentes condiciones climáticas sobre el patrimonio cultural de los países que visitó, a los que asesoraba en métodos básicos para identificar los principales riesgos de deterioro de la región, le empujó a redactar un estudio sobre los problemas de conservación en países de clima tropical que afianzó su convencimiento de priorizar la prevención sobre la intervención.

Como se ha dicho, el Instituto Central de Restauración y Conservación de Obras y Objetos de Arte, Arqueología y Etnología (ICCR) se había creado en noviembre de 1961 ante la necesidad de organizar una institución que diera mejor servicio a las necesidades del conservación y restauración del patrimonio español «con las garantías científicas y técnicas necesarias» (Decreto, 1961). Entre los fines del nuevo centro nacional estaría la conservación y restauración, el estudio científico de las obras, la investigación de nuevas técnicas y materiales, la documentación y la formación de técnicos. Contaría, además de los talleres de restauración de las diferentes especialidades, con laboratorios de química, física y radiografía, laboratorio fotográfico, archivo y biblioteca especializada y una Escuela de Procedimientos y Arte de Restauración y Museología. La visita del director del IRPA y su informe inmediato supuso un estímulo para la toma de conciencia sobre la necesidad de realizar estudios previos antes de acometer las intervenciones, de reflejar los resultados de los estudios y de los procesos de trabajo mediante informes fielmente documentados, de potenciar el trabajo interdisciplinar y, muy importante, de la necesidad de acabar con el aislamiento de España, relacionarse con otros laboratorios y centros de investigación extranjeros y abrirse a las tendencias internacionales en conservación y restauración.

En relación a los diferentes talleres que faltaban por implantarse en el ICCR (en esa fecha solo estaban funcionando los de pintura, escultura y arqueología), Coremans hace especial referencia al de materiales pétreos, que considera prioritario e independiente del de materiales arqueológicos. Pone de relieve la diferencia de tratamiento entre los objetos de piedra almacenados en museos y los elementos arquitectónicos expuestos a la intemperie, y llama la atención sobre la competencia de los miembros del Patronato de Investigación Científica y Técnica «Juan de la Cierva» del CSIC en este campo, en especial el doctor Fernando Burriel Martí, jefe del Departamento de Química Analítica de la Universidad de Madrid, una de las personas que más influyó en la creación del laboratorio científico del ICCR; o el doctor Jaime Iñiguez Herrero, profesor

<sup>1</sup> Organización creada durante la Segunda Guerra Mundial con voluntarios de trece naciones para la protección de monumentos, obras de arte, archivos y bibliotecas de la destrucción de la guerra. Una vez acabada la guerra trabajaron unos años más para localizar y retornar las obras robadas por los nazis.

particular Dr Fernando Burriel Martí, Head of the Department of Analytical Chemistry at the University of Madrid, one of the people that had most influence on the setting up of the ICCR's science laboratory; and Dr Jaime Iñiguez Herrero, professor of Soil Science at the University of Navarre, who he encouraged to take part, along with the other countries, in the studies on the subject being researched by the ICOM.

In fact, the alteration of the stone in monuments was one of the problems that received most attention from international organisations. In the late nineteen fifties, Coremans started to look at the mechanisms of alteration in stone materials and new cleaning, consolidation and protection systems. He asked the chemist René Sneyers to take responsibility for this speciality on behalf of the IRPA. Sneyers would eventually become a leading world expert on stone conservation. As Coremans' successor as director of the IRPA, he also promoted the training of specialists in this type of material via courses offered for years on this subject in the city of Venice. A participant in the *Charter of Venice* and the creation of ICOMOS, for several years Sneyers would be responsible for coordinating the work team for «Stone materials» for ICOM's *Comité des laboratoires de musées*. It was precisely in 1961 when a mixed assembly of this Committee was held in Barcelona with the *Commission de l'ICOM pour le traitement des peintures* (with both being precursors of the ICOM-CC, as mentioned above), which gathered together members of the workgroup mentioned earlier. The meeting was attended by some of the members of «Juan de la Cierva», such as the aforementioned Iñiguez Herrero, who had begun some research work in this area. His study on alterations in limestone, published in 1961, would be translated and re-published by the ICOM (Iñiguez, 1961; 1967).

30 Spanish participation in ICOM's stone materials group would contribute to improving the level of competence of the Spanish specialists in this sector, an aspect that Coremans looked at in his report, but it also meant that, amongst the most pressing issues requiring attention in the early years of the ICCR, one of the top priorities was the accelerated process of alteration of the stone in Spanish monuments. The first projects undertaken were the Platerías entrance to the Cathedral of Santiago de Compostela and that of the Monastery of Ripoll, whose treatments were published in the first issue of *Informes y trabajos del Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte, Arqueología y Etnología*, the newsletter whose publication by the Institute began shortly after it was set up (VV.AA., 1964). In fact, Coremans said that he had a better opinion of the level of the Spanish specialists working on the conservation of this type of material than in other areas.

This initial document from the COREMANS Project is the final step in a long path travelled by the *Instituto del Patrimonio Cultural de España* in the conservation of heritage in stone and in the training of specialists in this field. It has also been the desire of the project to use its name to recognise the essential legacy of which it was a worldwide promoter through an innovative methodological approach for the conservation and restoration of cultural heritage.

de Edafología de la Universidad de Navarra, a quienes anima a participar junto con los demás países en los estudios que sobre el tema viene efectuando el ICOM.

En efecto, la alteración de la piedra en los monumentos era uno de los problemas que más atención recibía por parte de organismos internacionales. A fines de los años cincuenta Coremans empieza a interesarse por los mecanismos de alteración de los materiales pétreos y los nuevos sistemas de limpieza, consolidación y protección. Encarga esta especialidad para el IRPA al químico René Sneyers, que llegará a convertirse en un destacado experto mundial en conservación de piedra. Como sucesor de Coremans en la dirección del IRPA, también promovió la formación de especialistas en este tipo de material con los cursos que se impartieron durante años en Venecia. Participante en la *Carta de Venecia* y en la creación de ICOMOS, Sneyers asumirá durante varios años la coordinación del grupo de trabajo de «Materiales pétreos» del *Comité des laboratoires de musées* de l'ICOM. Precisamente en 1961 se celebró en Barcelona una Reunión mixta de este Comité con la *Commission de l'ICOM pour le traitement des peintures* (como se ha dicho arriba, antecedentes ambos del ICOM-CC), en la que se concentraron los miembros del grupo de trabajo mencionado. En esta reunión participaron algunos miembros del Patronato «Juan de la Cierva», como el ya citado Iñíguez Herrero, que había iniciado algunos trabajos de investigación en este campo. Su estudio sobre alteraciones de piedras calcáreas, publicado en 1961, será traducido y nuevamente publicado por el ICOM (Iñíguez, 1961; 1967).

La participación española en el grupo de materiales pétreos del ICOM contribuiría a mejorar el nivel de competencia de los especialistas españoles en este campo, un aspecto que Coremans observó en su informe, pero también a que, entre los problemas más urgentes a tomar en cuenta en los primeros tiempos del ICCR, uno de los prioritarios fuera el proceso acelerado de alteración de la piedra en los monumentos españoles. Los primeros trabajos que se acometieron fueron la portada de Platerías de la catedral de Santiago de Compostela y la del Monasterio de Ripoll, cuyos tratamientos fueron publicados en el primer número de *Informes y trabajos del Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte, Arqueología y Etnología*, el boletín que empezó a publicar el Instituto al poco tiempo de crearse (VV.AA., 1964). En efecto, Coremans declaraba tener una mejor opinión sobre el nivel de los especialistas españoles en conservación de materiales pétreos que en el de otras áreas.

Este primer documento del proyecto COREMANS es el último paso de una larga trayectoria recorrida por el Instituto del Patrimonio Cultural de España en la conservación de patrimonio en piedra y en la formación de especialistas en el área. El proyecto ha querido reconocer en su denominación el imprescindible legado del que fue promotor mundial de un innovador enfoque metodológico para la conservación y la restauración de bienes culturales.

## Bibliografía / Bibliography

- COREMANS, P. (1935): «Le conditionnement de l'air dans les musées», en *Bulletin des Musées Royaux d'Art et d'Histoire*, 3.<sup>a</sup> serie, 7, pp. 146-148.
- (1946): *La protection scientifique des oeuvres d'art en temps de guerre. L'expérience européenne pendant les années 1939 à 1945*. Bruselas: Laboratoire central des Musées de Belgique.
- (1949): *Van Meegeren's faked Vermeers and the Hooghs: A Scientific Examination*, trans. Edición de A. Hardy y C. Hutt. London: Cassel.
- (1950): «Le Nettoyage et la restauration des peintures anciennes: le point de vue du laboratoire physico-chimique», en *Museum III*, n.º 3, pp. 227-232. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001274/127428fo.pdf#10033> [consulta realizada el 15 de octubre de 2011].
- (1951): *Guide du visiteur de l'exposition au Palais des Beaux-Arts de Bruxelles*. Disponible en: <http://www.kikirpa.be/FR/112/163/Historique.htm>
- (1953): «L'Agneau mystique au laboratoire. Examen y traitement», en *Les Primitifs flamands, III. Contributions à l'étude des Primitifs flamands*. Amberes: De Sikkel.
- (1961): «The Conservation of Paintings», en *Museums Journal*, vol. 61, n.º 2, septiembre.
- (1963): *L'Institut Central de Restauration. Mission Unesco e Espagne, 6-26 octobre 1963*. Inédito. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001594/159416fb.pdf>
- (1965): «La formation des restaurateurs», en *Hommage a Paul Coremans/Huldeaan Paul Coremans (1908-1965)*, *Bulletin IRPA*, vol. VIII. Bruselas, pp. 125-144.
- (1967): «Planning for Conservation: organization. A Service for the Preservation of Cultural Property», en *The Conservation of Cultural Property, with special reference to Tropical Conditions. A basic handbook* (Museums and Monuments, XI). París: UNESCO.
- DECRETO (1961): *Decreto 2415/1961, de 16 de noviembre, por el que se crea el Instituto Central de Restauración y Conservación de Obras y Objetos de Arte, Arqueología y Etnología* (BOE de 7 de diciembre de 1961).
- ÍÑIGUEZ HERRERO, J. (1961): *Alteración de calizas y areniscas como materiales de construcción*. Madrid: Dirección General de Bellas Artes.
- (1967): *Altération des calcaires et des grès utilisés dans la construction. Centre International d'études pour la conservation des biens culturels (ICCROM)*. Comité de l'ICOM pour les laboratoires de musée. Prefacio de R.V. Sneyers. Paris: Éditions Eyrolles.
- PANOWSKY, E. (1965): «The promoter of a new cooperation between the Natural Sciences and the History of Art», en *Hommage a Paul Coremans/Huldeaan Paul Coremans (1908-1965)*, *Bulletin IRPA*, vol. VIII. Bruselas, pp. 62-67.
- VANDEVIVERE, I. (1967): «La cathédrale de Palencia et l'église paroissiale de Cervera de Pisuerga», en *Les primitifs flamands I, Corpus de la peinture des anciens Pays-Bas méridionaux au quinzième siècle (1951-1991)*, vol. 10. Bruxelles: Centre National de Recherches «Primitifs flamands».
- VV.AA. (1964): «L'Institut royal du Patrimoine artistique et son nouveau bâtiment», en *Bulletin IRPA*, vol. VII, pp. 4-5.



VV.AA. (1964): «La Portada de Ripoll», en *Informes y trabajos del Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte, Arqueología y Etnología*, vol. 1. Madrid: Ministerio de Educación Nacional, Dirección General de Bellas Artes.

VV.AA. (1965): *Hommage a Paul Coremans/Huldeaan Paul Coremans (1908-1965)*, *Bulletin IRPA*, vol. VIII. Bruselas.







«Criterios de intervención  
en materiales pétreos»  
«Criteria for intervening  
in stone materials»



# «Criterios de intervención en materiales pétreos»

## Revisión 2013

### Ana Laborde Marqueze

Restauradora. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Concha Cirujano Gutiérrez

Restauradora. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Francisco Javier Alonso Rodríguez

Geólogo. Universidad de Oviedo

### Manuel Blanco Domínguez

Geólogo. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Rafael Fort González

Geólogo. CSIC-UCM

### Carlos Jiménez Cuenca

Arquitecto. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Juan Antonio Herráez Ferreiro

Conservador científico. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Juan Ignacio Lasagabaster Gómez

Arquitecto. Fundación Catedral Santa María de Vitoria

### Irene Arroyo Marcos

Bióloga. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Belén Rodríguez Nuere

Arqueóloga. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Cristina Escudero Remírez

Restauradora. Junta de Castilla y León

### José Vicente Navarro Gascón

Geólogo. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Diana Pardo San Gil

Restauradora. Diputación Foral de Álava

### Esther Escartín Aizpurua

Restauradora. Gobierno de Aragón

### Elena García Martínez

Restauradora. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Josep Gisbert Aguilar

Geólogo. Universidad de Zaragoza y Red CONSTRUROCK

### Noelia Yanguas Jiménez

Restauradora. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Ana Bouzas Abad

Restauradora. Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico. Junta de Andalucía

### Isabel Adrover Bía

Restauradora. Consell Insular de Mallorca

### José Manuel Baltuille Martín

Geólogo. Instituto Geológico y Minero de España y Red CONSTRUROCK

### Roberto Amador Moscardó

Restaurador. Colaborador externo Generalitat Valenciana

# «Criteria for intervening in stone materials»

## 2013 Review

### Ana Laborde Marqueze

Restorer. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Concha Cirujano Gutiérrez

Restorer. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Francisco Javier Alonso Rodríguez

Geologist. University of Oviedo

### Manuel Blanco Domínguez

Geologist. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Rafael Fort González

Geologist. CSIC-UCM

### Carlos Jiménez Cuenca

Architect. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Juan Antonio Herráez Ferreiro

Scientific conservator. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Juan Ignacio Lasagabaster Gómez

Architect. Fundación Catedral Santa María de Vitoria

### Irene Arroyo Marcos

Biologist. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Belén Rodríguez Nuere

Archaeologist. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Cristina Escudero Remírez

Restorer. Junta de Castilla y León (Regional Government of Castile-Leon)

### José Vicente Navarro Gascón

Geologist. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Diana Pardo San Gil

Restorer. Diputación Foral de Álava (Chartered Council of Alava)

### Esther Escartín Aizpurua

Restorer. Gobierno de Aragón (Regional Government of Aragon)

### Elena García Martínez

Restorer. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Josep Gisbert Aguilar

Geologist. University of Zaragoza and Red CONSTRUROCK

### Noelia Yanguas Jiménez

Restorer. Instituto del Patrimonio Cultural de España

### Ana Bouzas Abad

Restorer. Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico. Junta de Andalucía (Regional Government of Andalusia)

### Isabel Adrover Bía

Restorer. Consell Insular de Mallorca (Majorca Island Council)

### José Manuel Baltuille Martín

Geologist. Instituto Geológico y Minero de España and Red CONSTRUROCK

### Roberto Amador Moscardó

Restorer. Colaborador externo Generalitat Valenciana (Regional Government of Valencia)



## 1. Introducción

Con este documento se inicia el proyecto COREMANS promovido por el Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE), cuya finalidad es la redacción y publicación de una serie de cartas de recomendaciones y criterios de intervención para los distintos tipos de materiales que constituyen el patrimonio cultural.

Durante los diez años transcurridos desde la edición del texto anterior en la revista *Bienes Culturales* del Instituto del Patrimonio Histórico Español –actualmente IPCE– (VV.AA., 2003), se ha puesto de manifiesto la utilidad de este tipo de iniciativas institucionales para promover la unificación de criterios y metodologías en el campo de la conservación.

En este periodo de tiempo y con el mismo espíritu normalizador, CEN y AENOR<sup>1</sup> han editado una serie de normas (UNE-EN 15898, 2012), ICOMOS ha elaborado un glosario ilustrado de formas de deterioro (ICOMOS-ISCS, 2011) y ahora como anexo de esta publicación el equipo de la Universidad de Oviedo presenta un análisis de los diferentes tipos de daños (Alonso; Ordaz y Esbert, 2013). Por su parte, el Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE), ha impulsado en colaboración con las Comunidades Autónomas la revisión y desarrollo de los Planes Nacionales<sup>2</sup>.



41

**Figura 1.** Yacimiento arqueológico de Baelo Claudia, Tarifa (Cádiz).  
**Figure 1.** Archaeological site of Baelo Claudia, Tarifa (Cadiz).

<sup>1</sup> CEN *European Committee for Standardization*, AENOR *Asociación Española de Normalización y Certificación*.

<sup>2</sup> <http://ipce.mcu.es/conservacion/planesnacionales.html>



42

**Figura 2.** Monasterio de San Pedro de Arlanza (Burgos).

**Figure 2.** Monasterio de San Pedro de Arlanza (Monastery of St. Peter of Arlanza) (Burgos).

## 1. Introduction

This document is the starting point for the COREMANS Project promoted by the Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE) (the Spanish Cultural Heritage Institute), the aim of which is to draw up and publish a series of recommendations and intervention criteria for the various types of materials that make up the country's cultural heritage.

Over the ten years since the edition of the previous text in the Journal entitled *Bienes Culturales* published by the Instituto del Patrimonio Histórico Español (VV.AA., 2003), attention has been drawn to the use of this type of institutional initiative to promote the unification of criteria and methodologies in the conservation sector.

In this period of time and with the same spirit of standardisation, CEN and AENOR<sup>1</sup> have edited a series of standards (UNE-EN 15898, 2012), ICOMOS has drawn up an illustrated glossary of types of deterioration (ICOMOS-ISCS, 2011) and now, as an annex to this publication the team from the University of Oviedo are presenting an analysis of the different types of damage (Alonso, Ordaz & Esbert, 2013). For its part, the Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE), in collaboration with the Autonomous Communities, has urged the review and implementation of the National Plans<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> CEN *European Committee for Standardisation*, AENOR *Asociación Española de Normalización y Certificación*.

<sup>2</sup> <http://ipce.mcu.es/conservacion/planesnacionales.html>

Nuestro objetivo es redactar una Carta para la conservación del patrimonio en piedra, que pueda ser adoptada por cualquier profesional o responsable vinculado a esta especialidad, con el propósito de facilitar el control de calidad en las intervenciones. Con este fin, se ha partido del documento de «Criterios de intervención en materiales pétreos», revisado en el Centro Cultural de España en México D. F. en el año 2004 por un grupo interdisciplinar de técnicos de ambos países, que aportaron su experiencia y enriquecieron el texto con la perspectiva iberoamericana (Torres y Eibert, 2004). También se han tenido en cuenta las normas europeas, así como las cartas promovidas desde diversos organismos internacionales, que se relacionan en el apartado 2.

En estos años la cualidad de patrimonio se ha ampliado considerablemente, desde la concepción inicial histórico artística centrada en el propio objeto, hasta la del bien cultural asociado a su entorno. Además, las intervenciones se orientan cada vez más hacia la conservación y sobre todo hacia la conservación preventiva y el mantenimiento de los bienes culturales, con el objetivo de estabilizar los agentes que provocan el deterioro, como requisito previo necesario para la intervención directa sobre la obra. Los contenidos del documento se adaptan ahora a este nuevo enfoque, ampliando igualmente el ámbito de actuación no sólo al patrimonio arquitectónico en piedra, sino también a todos aquellos bienes culturales en cuya ejecución se haya empleado un material pétreo.

Para la revisión del documento se ha formado un equipo de trabajo integrado por técnicos del IPCE y de otras instituciones<sup>3</sup>, de las diferentes especialidades que intervienen en las actuaciones. El proceso se inició con la elaboración de un primer borrador



**Figura 3.** Claustro gótico de la catedral de Pamplona (Navarra).

**Figure 3.** Gothic cloister of Pamplona Cathedral (Navarre).

<sup>3</sup> La relación de profesionales e instituciones se detalla al inicio del artículo.



**Figura 4.** Acceso para visitantes en la fortaleza de Tedeja (Trespaderne, Burgos).

**Figure 4.** Visitors' entrance to Tedeja Fort (Trespaderne, Burgos).

Our goal is to draw up a Charter for the conservation of heritage wrought in stone and which can be adopted by any professional or person with responsibilities in this speciality in order to facilitate quality control in these interventions. To this end, we started with the document of «Criteria for intervening in stone materials», reviewed at the Centro Cultural de España in México D. F. in 2004 by an interdisciplinary group of experts from both countries, who brought their experience to the table and enriched the text with a Latin American perspective (Torres & Esbert, 2004). The European standards were taken into account, along with the charters developed by various international bodies, listed in Paragraph 2.

Over the past years the principle of Heritage has been expanded considerably from the initial historical and artistic concept, focusing on the object itself, to that of the cultural property associated with its environment. Furthermore, and as a necessary prerequisite for direct intervention on the work, interventions are increasingly oriented towards conservation, especially towards preventive conservation and the maintenance of cultural properties in order to stabilise the agents that cause deterioration. The contents of this document have now been adapted to this new approach, while also extending the scope of action, not only to architectural heritage in stone but also to all cultural property in which stone has been used as a building material.

For the review of the document, a working group was put together made up of experts from the IPCE and other institutions<sup>3</sup> from the various specialities involved in the interventions. The process was started with the development of an initial draft by the

---

<sup>3</sup> The list of professionals and institutions is provided at the beginning of the document.



**Figura 5.** Mancha producida por el efecto de la humedad y las sales, iglesia de la Trinidad (Úbeda, Jaén).

**Figure 5.** Stain caused by the effect of moisture and salts, Iglesia de la Trinidad (Church of the Trinity) (Ubeda, Jaen).

por parte del grupo del IPCE que fue modificándose con las aportaciones del resto de profesionales. Finalmente, se mantuvo una reunión de puesta de común para cerrar el documento y consensuar aquellos aspectos más polémicos del texto.

## 2. Marco normativo

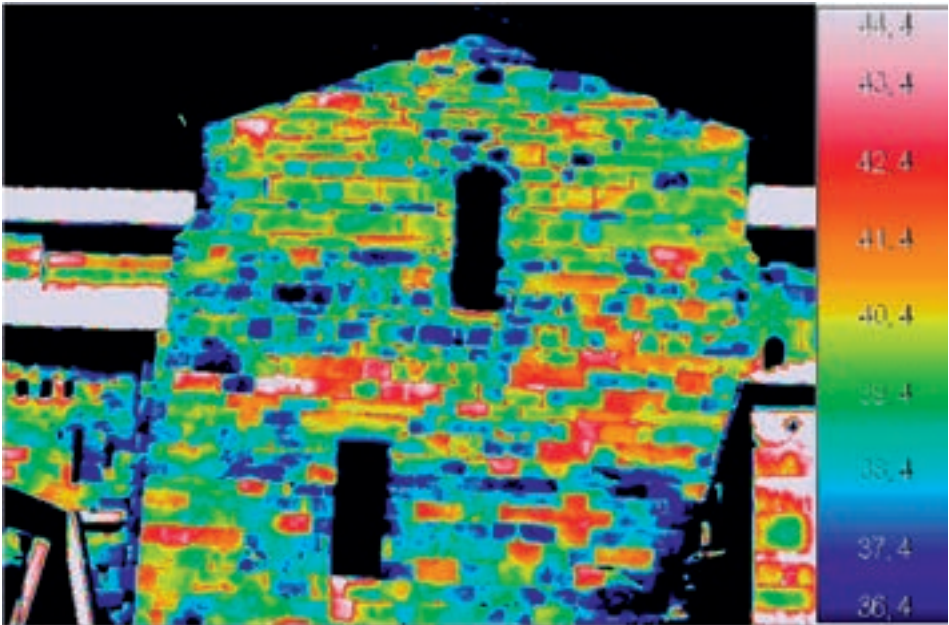
Los documentos de criterios y metodología en el ámbito de la conservación y restauración de bienes culturales han surgido en el seno de organizaciones internacionales, coincidiendo con la celebración de conferencias y mediante reuniones de grupos de trabajo interdisciplinares, estando en continua revisión y puesta al día. En este sentido, las directrices profesionales de la Confederación Europea de Organizaciones de Conservadores-Restauradores (ECCO, 2004) recomiendan mantener «una constante actualización respecto a los últimos descubrimientos y criterios éticos».

Hasta finales del siglo XIX las intervenciones respondían fundamentalmente a cambios de gusto o uso, lo que suponía someter a los bienes culturales a severas transformaciones que dañaban y alteraban sus características originales.

La *Carta de Atenas* en 1931 es el primer documento que recoge unos criterios reconocidos a nivel internacional. En ella se denuncian prácticas hasta ese momento habituales como son las restituciones integrales. Se priorizan ahora las acciones de conservación mediante obras de mantenimiento regular y permanente, o «la ocupación de los monumentos siempre y cuando el destino moderno respete el carácter histórico y artístico» y se manifiesta una preocupación por el entorno de los monumentos antiguos, ampliando el objeto de estudio a «las plantas y las ornamentaciones vegetales».



46



**Figuras 6a y 6b.** Imagen termográfica tomada en el monasterio de San Martín de Castañeda (Zamora).  
**Figures 6a and 6b.** Thermographic image taken in the monasterio de San Martín de Castañeda (Monastery of St. Martin of Castañeda) (Zamora).

Recomienda la anástilosis en el caso de que sea posible conservar las ruinas y, en caso contrario, aboga por volver a enterrarlas. El documento concede ya gran importancia a la investigación y la multidisciplinariedad.

La *Carta de Venecia* de 1964 dedicada también a bienes inmuebles, amplía el concepto de monumento histórico al «ambiente urbano o paisajístico que constituya el testimonio de una civilización particular, de una evolución significativa o de un acontecimiento histórico» y «a las obras modestas que hayan adquirido un significado cultural». Define conservación y restauración, dando a ésta última un carácter excepcional con la finalidad de salvaguardar tanto la obra de arte como el testimonio histórico. Manifiesta el respeto por las aportaciones de todas las épocas y la conservación de elementos *in situ* y da prioridad al uso de técnicas tradicionales, si bien propone la posibilidad de utilizar técnicas modernas cuando su eficacia esté probada. Con respecto a la reintegración defiende los conceptos de reversibilidad y legibilidad. Refleja, asimismo, la necesidad de documentar todo el proceso de intervención.

En las conocidas como *Cartas del Restauo*<sup>4</sup> redactadas en la ciudad de Roma, se definen los términos de conservación, prevención, salvaguarda y mantenimiento. Todas ellas otorgan una mayor importancia al contexto del objeto, a la planificación de las actuaciones de conservación-restauración, a la necesidad de que se sustenten en una base científica y a que exista una continuidad de las medidas de conservación con posterioridad a la actuación. Siguen la teoría científico-filológica del restauo crítico de Cesare Brandi y manifiestan su preocupación por el mantenimiento de las pátinas y por la restitución de la lectura de la imagen mediante una interpretación crítica de la laguna. Propugnan la utilización de materiales reversibles, estables y compatibles con el original y la definición de una metodología de trabajo que contemple la diagnosis, la recogida de datos del ambiente, el estudio del material y de las técnicas, con una exhaustiva documentación gráfica y escrita de todos los procesos. La formación de personal cualificado se plantea como un requisito imprescindible para garantizar estas premisas.

Otros documentos a destacar son la *Convención para la Salvaguarda del Patrimonio Arquitectónico de Europa* (Granada, 1985) y el *Convenio Europeo sobre la Protección del Patrimonio Arqueológico* (La Valeta, 1992). En el primero se amplía la definición de patrimonio arquitectónico que incluye los monumentos, los conjuntos arquitectónicos y los sitios como «obras combinadas del hombre y la naturaleza», animando a los gobiernos a promover políticas de conservación integrada. En el segundo, el objetivo fundamental es proteger el patrimonio arqueológico por su carácter de fuente de la memoria colectiva europea e instrumento para el estudio histórico y científico.

Unos años más tarde, la UNESCO redacta los *Principios para la Conservación y Restauración del Patrimonio Construido* –Cracovia, 2000–, que partiendo de la *Carta de Venecia*, vincula los conceptos de diversidad y pluralidad al patrimonio, considerándolo portador de valores de la memoria colectiva de una comunidad. En el documento se afirma que «la conservación del patrimonio cultural debe ser una parte integral de los procesos de planificación y gestión de una comunidad, pudiendo contribuir al desarrollo sostenible, cualitativo, económico y social de la misma». Se insiste también en el mantenimiento y la reparación como parte fundamental del proceso de conservación, al igual que la formación y la educación.

<sup>4</sup> *Carta del Restauo* de 1932, *Carta Italiana del Restauo* de 1972, *Carta de Conservación y Restauración de Objetos de Arte y Cultura* de 1987.



**Figura 7.** Sondeos piezométricos, claustro de San Juan de Duero (Soria).

**Figure 7.** Piezometric probes, claustro de San Juan de Duero (Cloister of St. John of Duero) (Soria).

48

group from the IPCE which was modified with input from the other experts. Finally, a meeting was held to exchange ideas and finalise the document, and reach agreement on the most controversial aspects of the text.

## 2. Regulatory framework

Documents on the criteria and methodology concerning the conservation and restoration of cultural property emerged within international organisations, coinciding with conferences held and through meetings of interdisciplinary working groups, and are constantly being reviewed and updated. In this respect, the professional guidelines issued by the European Confederation of Conservator-Restorers' Organisations (ECCO, 2004) recommend «constantly updating with respect to the latest discoveries and ethical criteria».

Until the late 19th century, interventions responded primarily to changes in taste or use, which involved subjecting cultural property to severe transformations that damaged and altered their original features.

The Athens Charter of 1931 is the first document that reports internationally recognised criteria. Practices such as comprehensive restoration work, previously regarded as normal, are denounced. Priority is now given to conservation activities involving regular and permanent maintenance work, or «the occupation of monuments whenever their modern use respects their historic and artistic character» and a concern is shown for the surroundings of ancient monuments, extending the object of study to «floral and plant ornamentation». It recommends anastylosis if it is possible to conserve the ruins;





49

**Figura 8.** Construcción de drenaje perimetral, claustro del monasterio de Santa M.<sup>a</sup> la Real (Nájera, Logroño).

**Figure 8.** Perimetral drainage construction, cloister of the monasterio de Santa M.<sup>a</sup> la Real (Royal St. Mary's Monastery) (Nájera, Logroño).

Más adelante, ICOMOS publica otros dos documentos. En los *Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del Patrimonio Arquitectónico* –Zimbabwe, 2003–, se promueve la investigación y el diagnóstico por parte de un equipo pluridisciplinar, la solución del origen de los problemas, las medidas de mantenimiento de índole preventivo y los programas de control posteriores a la intervención. En la *Declaración sobre la Conservación del entorno de las estructuras, sitios y áreas patrimoniales* (Xian, 2005) se reconoce la contribución del entorno al significado de los monumentos, los sitios y las áreas patrimoniales, además de la necesidad de implicar a las comunidades en la conservación y fomentar la capacitación profesional, la interpretación, la educación y la sensibilización de la población.

El ICOM-CC edita después la *Terminología para definir la conservación del Patrimonio Cultural Tangible* –Nueva Delhi, 2008– que define *conservación* como todas las medidas que tengan por objeto la salvaguarda del patrimonio cultural tangible. En este texto se defiende la necesidad de implantar la conservación preventiva<sup>5</sup> sobre la conservación curativa y la restauración, entendiendo como «conservación curativa» to-

<sup>5</sup> Conservación preventiva: aquellas medidas o acciones destinadas a evitar o minimizar futuros deterioros, y que se realizan sobre el contexto o área circundante.

otherwise, it advocates burying them again. The document now gives huge importance to research and multidisciplinary.

The 1964 Charter of Venice, also devoted to architectural heritage, expands the concept of historical monument to the «urban space or landscape, which constitutes evidence of a particular civilisation, a significant development, or a historic event» and «to modest works that have taken on a cultural significance». It defines conservation and restoration, giving the latter an exceptional character designed to safeguard both the work of art and the historical evidence. It shows respect for the contributions of all eras and the conservation of elements *in situ* and gives priority to the use of traditional techniques, while also offering the possibility of using modern techniques when they have proved to be effective. With regard to reintegration, it defends the concepts of reversibility and legibility. Likewise, it also reflects the need to document the whole intervention process.

The papers known as the Charter for Restoration<sup>4</sup> drawn up in the city of Rome, define the terms of conservation, prevention, safeguarding and maintenance. These all attach greater importance to the context of the object, to conservation and restoration programmes, the need for these to be sustained with scientific support, and to ensure conservation measures will be continued after the intervention. They follow the scientific and philological theory of Cesare Brandi's critical restoration and demonstrate their concern for the maintenance of patinas and restitution of the reading of the image by offering a critical interpretation of the gap in knowledge. They advocate the use of reversible, stable materials that are compatible with the original, as well as the definition of a working methodology that includes diagnosis, environmental data collection, and the study of materials and techniques with a comprehensive graphic and written documentation of all the processes. The training of qualified personnel is seen as a prerequisite to guarantee such premises.

50

Other documents to highlight are the 1985 Convention for the Protection of the Architectural Heritage of Europe (Granada) and the 1992 Convention for the Protection of the Archaeological Heritage of Europe (Valletta). The first of these conventions expanded the definition of architectural heritage to include monuments, groups of buildings and sites «combining man-made works with those of nature», encouraging governments to promote comprehensive conservation policies. In the second case, the main purpose is to protect archaeological heritage because of its condition as a source of European collective memory and as an instrument for historical and scientific study.

A few years later, UNESCO drew up the Principles for the *Conservation and Restoration of the Built Heritage* (Krakow, 2000), which, taking the Venice Charter as its starting point, links the concepts of diversity and plurality with heritage, since it is thought to encompass the values of a community's collective memory. The document states that «conservation of cultural heritage should be an integral part of a community's planning and management processes, possibly contributing to their sustainable, qualitative, economic and social development». There is also an insistence on maintenance and repairs as a fundamental part of the conservation process, as well as education and training.

ICOMOS subsequently published another two documents. The *Principles for the Analysis, Conservation and Restoration of Architectural Heritage* (Zimbabwe, 2003)

---

<sup>4</sup> 1932 Restoration Charter, the 1972 Italian Restoration Charter, the 1987 Charter of Conservation and Restoration of Artistic and Cultural Objects.



**Figura 9.** Estudios interdisciplinarios, Pórtico de la Gloria, catedral de Santiago de Compostela (La Coruña). Fotografía: Fundación Pedro Barrié de la Maza.

**Figure 9.** Interdisciplinary studies, Door of Glory, Cathedral of Santiago de Compostela (La Coruña). Photography: Fundación Pedro Barrié de la Maza.

das aquellas acciones dirigidas a detener los procesos dañinos o reforzar la estructura, mientras que se entiende como «restauración» todas aquellas acciones que tienen como objetivo facilitar la apreciación, comprensión y uso de la obra.

Entre las últimas aportaciones de ICOMOS se debe destacar, en primer lugar, la *Declaración para la Gestión de Riesgo del Patrimonio Cultural* –Lima, 2010– que promueve un enfoque multidisciplinar para una protección sostenible del patrimonio y la conservación o restauración de todos los restos culturales, de acuerdo con los criterios de integridad y autenticidad. En segundo lugar, los *Principios para la salvaguardia y gestión de las poblaciones y áreas urbanas históricas* –La Valeta, 2011–, cuyo principal objetivo es proponer estrategias para las intervenciones en poblaciones y áreas urbanas históricas, garantizando en todo momento el respeto al patrimonio material e inmaterial, así como la calidad de vida de sus habitantes. Se recalca la importancia de considerar el patrimonio como un recurso constitutivo del ecosistema urbano, por lo que es necesario fomentar su conservación sostenible.



**Figura 10.** Análisis FRX, Dama de Elche, Museo Arqueológico Nacional (Madrid).

**Figure 10.** XRF Analysis, The Lady of Elche, Museo Arqueológico Nacional (National Archeological Museum) (Madrid).

### 3. Consideraciones y recomendaciones generales

Cualquier intervención debe enmarcarse en un proyecto de conservación que tendrá como eje prioritario la estabilización de los procesos de alteración y la aplicación de una estrategia de conservación preventiva fundamentada en la actuación sobre el origen del deterioro y en los factores externos al propio bien cultural.

En aquellos bienes culturales cuya complejidad así lo requiera, será necesaria la elaboración de un Plan Director que considere todos los aspectos relativos a la conservación del bien cultural.

De forma previa a la intervención sobre los materiales pétreos, especialmente en el caso de inmuebles, se deberán solucionar los problemas relacionados con la estabilidad y estanqueidad del bien, de forma que el conjunto se encuentre en adecuadas condiciones en cuanto a su comportamiento estructural y a los posibles aportes de humedad.

Los equipos técnicos estarán integrados por personal cualificado con titulación oficial especializada competente en cada una de las materias aplicables a dicha conservación.

En el transcurso de las intervenciones se aplicarán los sistemas de control de calidad que se consideren más adecuados para cada caso, tanto en los procesos como en los tratamientos y materiales utilizados<sup>6</sup>.

Asimismo, se recomienda el empleo de técnicas y materiales tradicionales<sup>7</sup>, así como promover los estudios e investigaciones sobre nuevos materiales<sup>8</sup> que deben ser compatibles con los del bien cultural, estar científicamente contrastados y tener en consideración el criterio de reversibilidad.

Se considerarán las condiciones climáticas específicas del lugar para la elección de los materiales adecuados en cada caso.

Los productos industriales han de estar debidamente etiquetados e ir acompañados de su correspondiente ficha técnica en la que se especifique la composición, fecha de fabricación y caducidad. Se seguirán las recomendaciones de uso indicadas por el fabricante, así como las derivadas de los ensayos científicos realizados.

Es necesario advertir que, como principio general, no existen tratamientos universales, sino problemas concretos con soluciones adecuadas para cada caso.

Se recomienda fomentar las acciones de formación y difusión asociadas a las intervenciones, con el fin de favorecer la sensibilización e implicación de la sociedad en la conservación del patrimonio cultural.

53

### 4. Documentación, investigación y diagnóstico

La planificación de los estudios temáticos o específicos se realizará a partir de un examen visual preliminar del estado del bien cultural y del análisis de la información existente, teniendo en cuenta que el proceso de documentación e investigación no debe limitarse a una fase previa, sino que debe ser un proceso continuo a desarrollar

---

<sup>6</sup> «Cualquier propuesta de intervención debe ir acompañada de un programa de control que, en la medida de lo posible, deberá llevarse a cabo mientras se ejecuta la obra» (ICOMOS, 2003).

<sup>7</sup> «Fomenten, por ser indispensable para el futuro del patrimonio arquitectónico, la aplicación y el desarrollo de técnicas y materiales tradicionales» (Consejo de Europa, 1985).

<sup>8</sup> «Cualquier material y tecnología nuevos deben ser probados rigurosamente, comparados y adecuados a la necesidad real de la conservación» (UNESCO, 2000).

promote research and diagnosis by a multidisciplinary team, the solution of problems at source, maintenance measures of a preventive nature, and subsequent follow-up programmes. The *Declaration on the Conservation of the Environment of Heritage Structures, Sites and Areas* (Xian, 2005) recognises the contribution of surroundings to the significance of monuments, heritage sites and areas, as well as the need to involve communities in conservation and foster professional training, interpretation, education and public awareness.

The ICOM-CC then published *Terminology for Defining Conservation of Tangible Cultural Heritage* (New Delhi, 2008), which defines *conservation* as measures whose goal is the safeguarding of tangible cultural heritage. This text defends the need to impose preventive conservation<sup>5</sup> over remedial conservation and restoration, with «remedial conservation» being understood as all those actions designed to halt harmful processes or to strengthen the structure, whereas «restoration» is taken to mean all those actions whose purpose is to facilitate the appreciation, understanding and use of the building.

Among the latest contributions by ICOMOS worth noting is, first and foremost, the *Declaration for Disaster Risk Management of Cultural Heritage* (Lima, 2010), which promotes a multidisciplinary approach for sustainable heritage protection and the conservation or restoration of all cultural remains, in accordance with the criteria of integrity and authenticity. Secondly, the *Principles for the protection and management of towns and historic urban areas* (Valletta, 2011), whose main aim is to propose strategies for interventions in towns and historic urban areas, while guaranteeing respect at all times for tangible and intangible heritage, along with the quality of life of their inhabitants. It is essential to stress the importance of considering heritage as a resource formed by the urban ecosystem, making it necessary to foster sustainable conservation.

54

### 3. General considerations and recommendations

Any intervention should be carried out within the context of a conservation project which prioritises the stabilisation of alteration processes and the application of a preventive conservation strategy based on acting on the source of the deterioration and on factors that are external to the cultural property itself.

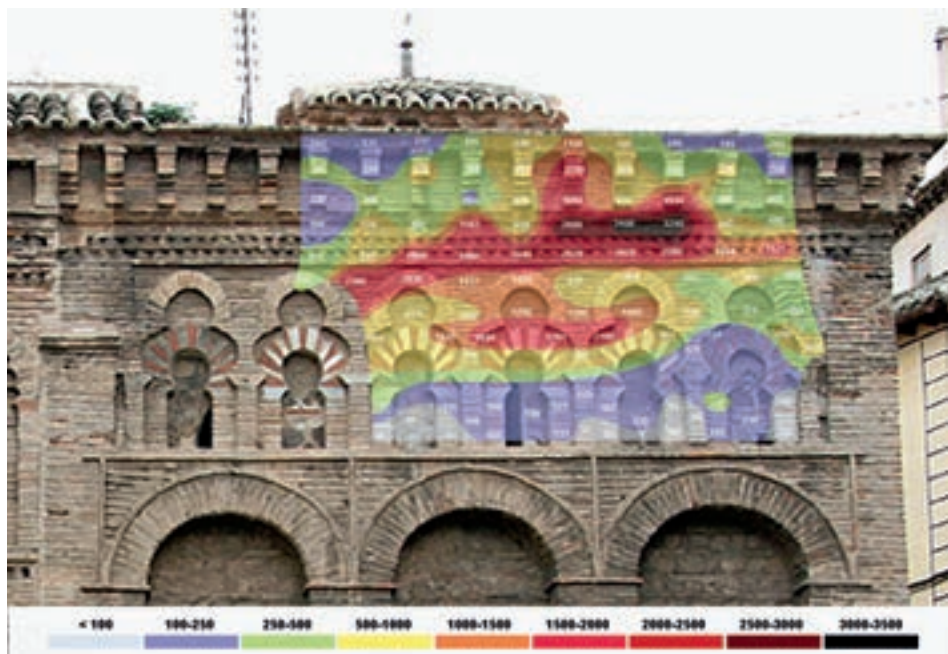
Where necessary, a Master Plan should be developed for cultural properties with a level of complexity that considers all aspects relating to the conservation of the cultural property.

Prior to any intervention on stone materials, especially in the case of buildings, solutions should be found for problems associated with the work's stability and water tightness in order to ensure that the whole site is in adequate condition with respect to its structural behaviour and the possible effects of dampness.

Members of the technical teams should be qualified personnel with official qualifications in the appropriate specialities for each of the fields applicable to such conservation.

---

<sup>5</sup> Preventive conservation: those measures or actions designed to prevent or minimise future deterioration, which are performed on the surrounding area or environment.



**Figura 11.** Mapa de salinidad, mezquita del Cristo de la Luz (Toledo).

**Figure 11.** Salinity map, Mezquita de Cristo de la Luz (Mosque of Christ of the Light) (Toledo).

55

antes, durante y con posterioridad a la intervención (EN 16095 y EN 16096, 2010; UNE 41805, 2009).

Se constata la frecuencia con que los estudios se realizan como hechos aislados o independientes frente a una problemática común. Por ello, y dada la complejidad que habitualmente presenta la conservación de un bien cultural, es preciso señalar la necesidad de que los estudios se aborden desde una perspectiva interdisciplinar y los técnicos se vinculen a la intervención a lo largo de su desarrollo en el tiempo, siendo misión del director del proyecto favorecer el diálogo y la comunicación entre ellos. Por la misma razón, es conveniente que desde el inicio se definan las pautas para el diseño e implantación de un protocolo de conservación sostenible, integrado en un plan de conservación preventiva del bien cultural que contemple el seguimiento y control posterior.

Dada la rápida dinámica temporal de algunos procesos de deterioro y con el objetivo de que el diagnóstico sea válido y el proyecto vigente, la proximidad temporal entre los estudios y la intervención debe ser máxima. En el supuesto de que no fuera así, se deben revisar y actualizar los resultados obtenidos.

Se señalan a continuación las áreas globales de posible investigación<sup>9</sup>, entendiendo que no procede una enumeración exhaustiva de técnicas o ensayos, ya que su realiza-

<sup>9</sup> «La conservación y restauración de los monumentos constituyen una disciplina que se sirve de todas las ciencias y técnicas que puedan contribuir al estudio y a la salvaguardia del patrimonio monumental» (*Carta de Venecia*, 1964: artículo 2).

During the interventions, the quality control systems considered most appropriate should be applied in each case, both during processes and also in the treatments and materials used<sup>6</sup>.

Likewise, the use of traditional techniques and materials is recommended<sup>7</sup>, along with promoting studies and research on new materials<sup>8</sup>. These should be compatible with those of the cultural property, scientifically proven and take the criterion of reversibility into consideration.

The specific climatic conditions of the area are taken into account for the purpose of selecting the most suitable materials in each case.

Industrial products have to be properly labelled and accompanied by their relevant specifications sheet indicating their composition, manufacture and expiry dates. The manufacturer's recommendations for use should be followed as indicated, along with those deriving from the scientific tests conducted.

It should be pointed out that, as a general rule, there are no universal treatments, but rather specific problems with appropriate solutions for each case.

It is recommended that activities concerning training and dissemination associated with the interventions should be encouraged in order to help raise the awareness and involvement of the general public in the conservation of cultural heritage.

#### 4. Documentation, research and diagnosis

56

The scheduling of thematic or specific studies should be carried out through a preliminary visual examination of the state of the cultural property and the analysis of existing information, bearing in mind that the documentation and research process should not be restricted merely to a preliminary stage, but should be an ongoing process that is carried out before, during and after the intervention (EN 16095 and EN16096, 2010; UNE 41805, 2009).

The frequency with which the studies are conducted should be recorded as isolated or independent facts addressing a common problem. For this reason, and given the complexity normally associated with the conservation of cultural property, it is of paramount importance to point out the need for the studies to be addressed from an interdisciplinary perspective and for the technical experts to be linked with the intervention throughout the course of its implementation, with the project manager's mission being to foment dialogue and encourage them to communicate with one another. For the same reason, it is advisable for guidelines to be set out from the start for the design and implementation of a sustainable conservation protocol, integrated in a preventive conservation scheme for the cultural asset that take into account its follow-up and subsequent control.

Given the rapid temporal dynamics for some deterioration processes and so that the diagnosis remains valid and the project current, the proximity in terms of time between

---

<sup>6</sup> «Any intervention proposal should be accompanied by a quality control programme which should, as far as possible, be implemented while the work is being carried out» (ICOMOS, 2003).

<sup>7</sup> «They foster, as being essential to the future of the architectural heritage, the application and development of traditional skills and materials» (Council of Europe, 1985).

<sup>8</sup> «Any new materials and technology should be rigorously tested, compared and adjusted to meet the real needs of conservation» (UNESCO, 2000).





**Figura 12.** Claustro románico del monasterio de Santo Domingo de Silos (Burgos). Imagen: Archivo MAS.  
**Figure 12.** Romanesque cloister in the monastery of Santo Domingo de Silos (Burgos). Image: Archivo MAS.



**Figura 13.** Marcas de cantero, iglesia de Pineda de la Sierra (Burgos).

**Figure 13.** Quarry marks, Iglesia de Pineda de la Sierra (Burgos).

the studies made and the intervention to be conducted should be as close as possible. Were this found not to be the case, the results obtained should be revised and updated.

The global areas for possible research are outlined below<sup>9</sup>, it being understood that an exhaustive list of techniques or tests is not in order, since its preparation depends both on previous knowledge of the cultural asset and the issues to be addressed:

58

1. Legal framework and benchmark standards.
2. Use and management.
3. Graphic and metric documentation with the most suitable techniques.
4. Historic research, in all its aspects and diversity of documentary sources: epigraphs, graphic and historical documents, building records, photographs, reports of previous interventions, etc.
5. Study of the cultural property:
  - Significance.
  - Archaeological study.
  - Construction systems and stages.
  - Structural analysis.
  - Identification and monitoring of potential movement.
  - Implementation processes and techniques.
  - Characterisation of materials.
  - Location of historic quarries.

---

<sup>9</sup> «The conservation and restoration of monuments is a discipline that draws from all the sciences and techniques that can contribute to the study and safeguarding of the architectural heritage» (*Charter of Venice*, 1964: Article 2).

ción depende tanto del conocimiento previo del bien cultural como de la problemática a abordar:

1. Marco legal y normativa de referencia.
2. Uso y gestión.
3. Documentación gráfica y métrica con las técnicas más adecuadas.
4. Investigación histórica, en todos sus aspectos y diversidad de fuentes documentales: epigrafías, documentos gráficos, históricos, libros de fábrica, fotografías, memorias de intervenciones anteriores, etc.
5. Estudio del bien cultural:
  - Significancia.
  - Estudio arqueológico.
  - Sistemas y etapas constructivas.
  - Análisis estructural.
  - Identificación y seguimiento de posibles movimientos.
  - Técnicas y procesos de ejecución.
  - Caracterización de materiales.
  - Localización de canteras históricas.
6. Estudio del medio:
  - Geotecnia.
  - Hidrogeología.
  - Condiciones ambientales.
  - Entorno natural y antrópico.
7. Estudio del estado de conservación:
  - Examen preliminar.
  - Caracterización de la degradación de los materiales.
  - Patología estructural.
  - Humedades y sales.
  - Biodeterioro.
8. Diagnóstico:
  - Identificación y localización de indicadores de deterioro<sup>10</sup>.
  - Valoración del deterioro.
  - Evaluación de los riesgos de deterioro<sup>11</sup>.

Los estudios cuyos resultados estén ligados a variables estacionales y los de niveles piezométricos deben tener una duración mínima de un año para que sean representativos, aunque se recomienda prolongarlos más allá de este período para una mejor estimación de su evolución.

---

<sup>10</sup> Deterioro: «proceso que conduce a una disminución o depreciación de la calidad, valor, carácter, etc» (ICOMOS-ISCS, 2011).

<sup>11</sup> «Son las amenazas que podrían alterar el interés patrimonial, y la probabilidad de que se den» (UNE EN 15898, 2012).

6. Environmental study:
  - Geotechnical work.
  - Hydrogeology.
  - Environmental conditions.
  - Natural and anthropogenic surroundings.
7. Study of the state of conservation:
  - Subsequent examination.
  - Characterisation of the deterioration of materials.
  - Structural pathology.
  - Moisture and salts.
  - Biodeterioration.
8. Diagnosis:
  - Identification and location of deterioration indicators<sup>10</sup>.
  - Assessment of deterioration.
  - Risk assessment of deterioration<sup>11</sup>.

Studies with findings tied to seasonal variables and piezometric levels should last at least one year to be representative, although it is recommended that they be continued for a longer period in order to better assess their evolution.

The extraction of materials to carry out the petrophysical characterisation of the cultural property, and deterioration, feasibility and durability studies of treatments should be the minimum required. The direct extraction of samples by obtaining controls is considered to be an exceptional operation, and should only be done when there is no other way of obtaining original stone or it is impossible to obtain the necessary data using other techniques. The taking of samples should always be done in inconspicuous areas, devoid of any carving, decoration or epigraphic inscription, and should be selected with the consent of those responsible for the intervention (EN 16085, 2011).

Where it is not possible to obtain the appropriate volumes of stone to carry out the tests, stone material originating from the same geological formation should be used, preferably from the same quarry used for its construction.

The samples extracted, plus associated scientific equipment, should be stored and inventoried to enable complementary studies to be conducted in the future, thereby keeping sample extraction to a minimum.

During the research process, all quarry marks, cuts, tool marks, old anchorage points and any data that might shed light leading to a greater understanding of the work should be recorded.

## 5. Intervention proposal

Based on the diagnosis of the deterioration and the assessment of the various options considered, a decision will be taken on the final intervention proposal to be put forward.

---

<sup>10</sup> Deterioration: «process leading to a reduction or depreciation of quality, value, nature, etc» (ICOMOS-ISCS, 2011).

<sup>11</sup> «The threats that might alter heritage interest and the probability of their occurrence» (UNE EN 15898, 2012).

La extracción de materiales para proceder a la caracterización petrofísica del bien cultural, estudio del deterioro, viabilidad y durabilidad de tratamientos, debe ser la mínima necesaria. La extracción directa de muestras mediante la obtención de testigos se considera una operación excepcional, que solo se realizará cuando no exista otra forma de conseguir piedra original o no puedan obtenerse los datos necesarios por otras técnicas. La toma de muestras se efectuará siempre en zonas poco visibles, carentes de talla, decoración o inscripciones epigráficas, seleccionándolas de acuerdo con los responsables de la intervención (EN 16085, 2011).

Si no se pudieran obtener volúmenes de piedra apropiados para la realización de los ensayos, se utilizará material pétreo procedente de la misma formación geológica, preferiblemente de la cantera que se empleó para su ejecución.

Las muestras extraídas y el material científico asociado se deben almacenar e inventariar con el fin de que en el futuro se puedan realizar estudios complementarios, minimizando así la extracción de muestras.

Durante el proceso de investigación se recogerán todas las marcas de cantero, incisiones, huellas de herramientas, anclajes antiguos y todos aquellos datos que aporten información a un mayor conocimiento de la obra.

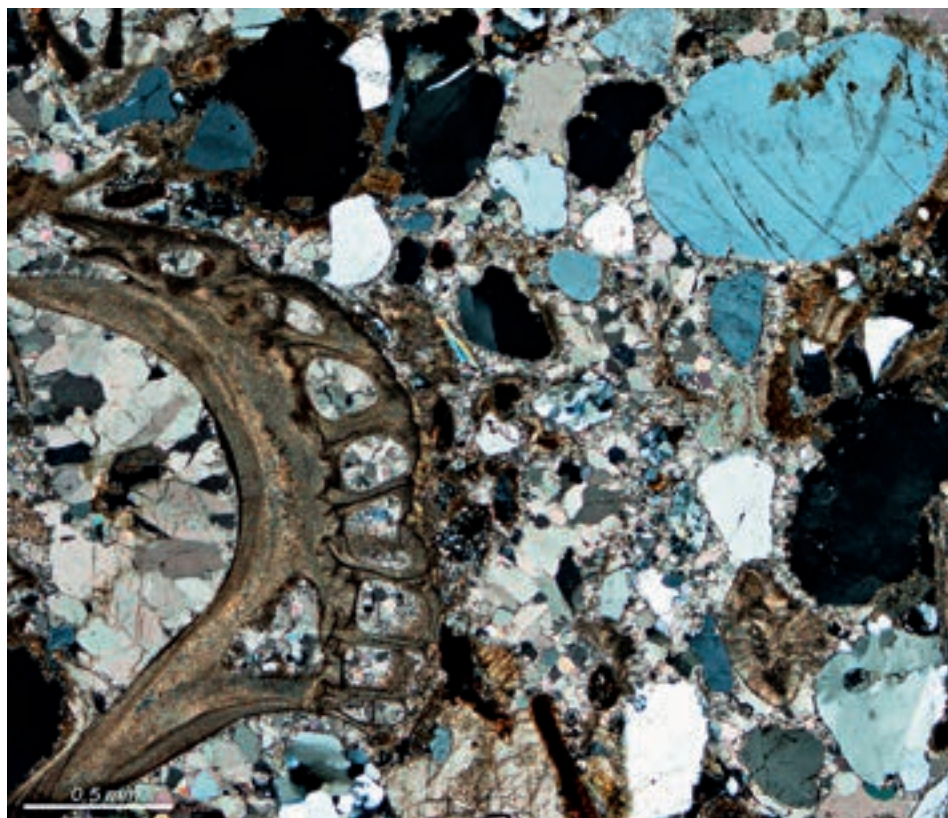


Figura 14. Sección petrográfica de piedra ostionera, Doñana (Huelva).  
Figure 14. Petrographic section of ostonera stone in Doñana (Huelva).

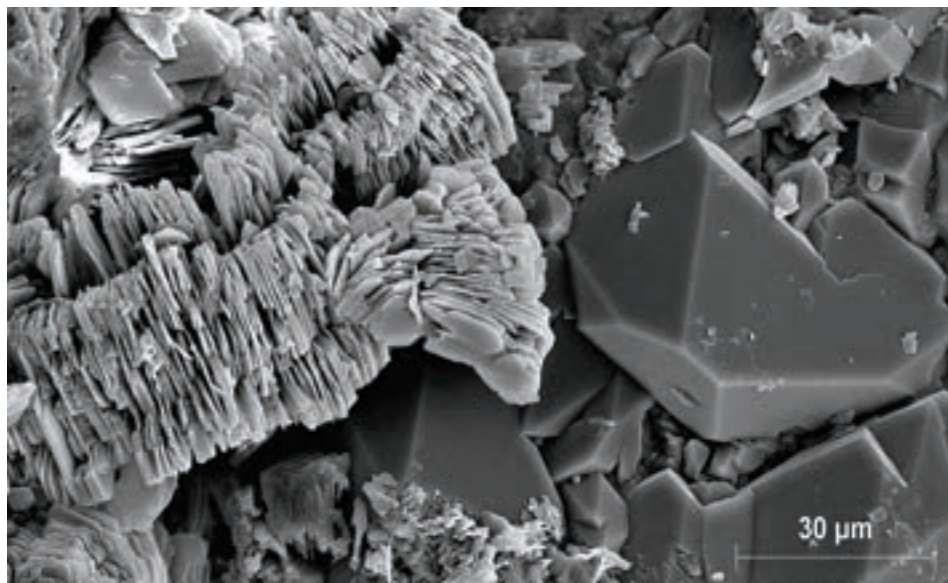
The general criteria that should govern an intervention proposal are as follows:

- Maintenance of the interdisciplinary nature of the solutions proposed.
- Respect for tangible and intangible values.
- Preferably solve problems at source.
- Guarantee of use that is compatible with conservation.
- Minimum intervention provided the property's stability and water tightness are ensured.
- Compatibility of materials and reversibility of structures.
- The solutions adopted should facilitate maintenance and preventive conservation practices.
- The action carried out should favour environmental, economic, human and social sustainability.
- The intervention process should in turn work as a teaching tool, disseminated through informative discourse, and should facilitate understanding and assimilation by the general public, thereby making cultural heritage more accessible.
- The intervention process should be properly documented.

## 6. Stages of intervention

The various stages of the intervention process are not always implemented following the same sequence, but will be determined by the characteristics of each cultural property and by its state of conservation. The order in which they are presented in this document is merely for orientation purposes.

62



**Figura 15.** Arenisca de Salas de los Infantes (Burgos), microscopía electrónica de barrido SEM.

**Figure 15.** Sandstone, Salas de los Infantes (Burgos), scanning electron microscopy (SEM).

## 5. Propuesta de intervención

Del diagnóstico del deterioro y de la evaluación de las diferentes opciones planteadas se derivará la propuesta de intervención definitiva.

Los criterios generales que deben regir una propuesta de intervención son:

- Mantenimiento del carácter interdisciplinar de las soluciones.
- Respeto a los valores materiales e inmateriales.
- Tendencia a solucionar los problemas en origen.
- Garantía de un uso compatible con la conservación.
- Mínima intervención siempre que esté garantizada la estabilidad y la estanqueidad.
- Compatibilidad de materiales y reversibilidad de estructuras.
- Las soluciones adoptadas deben favorecer el mantenimiento y la conservación preventiva.
- Las actuaciones deben favorecer la sostenibilidad ambiental, económica, humana y social.
- El proceso de actuación deberá ser a su vez una herramienta didáctica que, a través de un discurso divulgativo, facilite la comprensión y asimilación por parte de la sociedad favoreciendo así la accesibilidad al patrimonio cultural.
- El proceso de intervención debe quedar debidamente documentado.

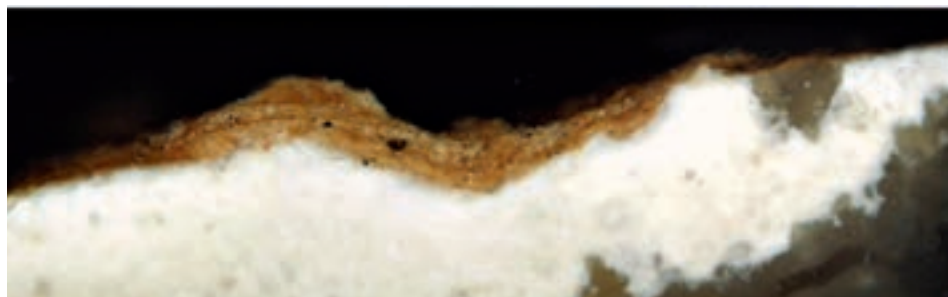
## 6. Fases de intervención

Las distintas fases del proceso de intervención no se llevan a cabo en todos los casos siguiendo la misma secuencia, sino que ésta vendrá determinada por las características de cada bien cultural y por su estado de conservación. El orden en el que figuran en este documento es meramente orientativo.

63

### 6.1. Limpieza

El objetivo de la limpieza es la conservación y preservación del bien cultural mediante la eliminación de la suciedad y de todos aquellos productos y elementos ajenos al



**Figura 16.** Pátina de yeso y oxalato sobre piedra de Campaspero, Museo Nacional de Escultura (Valladolid).

**Figure 16.** Oxalate and plaster patina on Campaspero stone, Museo Nacional de Escultura (National Sculpture Museum) (Valladolid).



**Figura 17.** Reintegración histórica en madera, claustro de la catedral de Pamplona (Navarra).

**Figure 17.** Historical wood reconstruction, cloister of Pamplona Cathedral (Navarre).

## 6.1. Cleaning

64 The purpose of cleaning is to conserve and preserve the cultural property by removing the dirt and all products and elements that are foreign to the basic structure<sup>12</sup> capable of causing damage and / or preventing the object from being recognised, facilitating its preparation for subsequent treatment whenever necessary.

### *Requirements and recommendations*

Cleaning is an irreversible process that should be performed with all possible guarantees and interrupted whenever there is a risk of deterioration in the materials, chromatic alteration, or loss of patina or facings.

The selection of the cleaning method and application procedure should be based on knowledge of the cultural property, the nature and state of conservation of the basic structure, the compounds and deposits to be removed, the environmental conditions plus the interaction of all these factors.

It is imperative to carry out a preliminary stratigraphic study in order to ascertain the thickness, extent, degree of adhesion, cohesion and morphology of the layers. The surfaces with patinas<sup>13</sup>, facings or layers of paint should be documented by means of specific studies to determine the succession of strata, features, size, location and date.

<sup>12</sup> We understand basic structure to be the set of materials forming part of the cultural property.

<sup>13</sup> «Natural patinas are considered to be chromatic transformations of the material, due to natural causes that leave a mark showing the passage of time, and artificial patinas are those layers that were applied intentionally in the past, for protective or aesthetic purposes...» (VV.AA., 2003).





**Figura 18.** Revestimientos polícromos sobre una escultura, Pórtico de la Gloria, catedral de Santiago de Compostela (La Coruña). Fotografía: Fundación Pedro Barrié de la Maza.

**Figure 18.** Polychrome coatings on a sculpture, Door of Glory, Cathedral of Santiago de Compostela (La Coruña). Photography: Fundación Pedro Barrié de la Maza.



66

**Figura 19.** Evaluación de tratamientos de limpieza mediante videomicroscopía. Fotografía: Fundación Pedro Barrié de la Maza.

**Figure 19.** Evaluation of cleaning treatments using videomicroscopy. Photography: Fundación Pedro Barrié de la Maza.

Preliminary cleaning tests should be carried out to evaluate the results both in the laboratory and also *in situ*<sup>14</sup>, studying the potential variations in composition and texture, and controlling the effect on the properties of the basic structure: colour, brightness, roughness, ... The results will determine the feasibility and appropriateness of the methods and application procedures to be used and to establish the working ranges of each of the parameters involved in the cleaning operation.

It should be borne in mind that both the methods and the parameters can be re-defined during the intervention, since the state of conservation of the main structure, along with the nature and morphology of the deposits, are usually heterogeneous. In each case, the benefit of leaving samples as controls of each initial state should be considered.

The cleaning should be carried out and monitored continuously by qualified technicians with specific academic training. The instruments used should be very precise so as to enable the conservator-restorer to control the process at all times. In this respect it is essential to check the devices are working properly to ensure there are no deviations in the operating parameters.

---

<sup>14</sup> The dimension of the test areas should be small and fairly inconspicuous.



**Figura 20.** Limpieza con microproyección en una escultura del Museo del Prado (Madrid).

**Figure 20.** Microprojection cleaning on a sculpture at the Museo del Prado (Prado Museum) (Madrid).

67

soporte<sup>12</sup>, capaces de generar un daño y/o impedir el reconocimiento del objeto, facilitando su preparación para posteriores tratamientos, cuando éstos sean necesarios.

### *Requisitos y recomendaciones*

La limpieza es un proceso irreversible que debe realizarse con todas las garantías posibles y detenerse cuando se pueda producir un deterioro en los materiales, una alteración cromática o existiera riesgo de pérdida de pátinas o revestimientos.

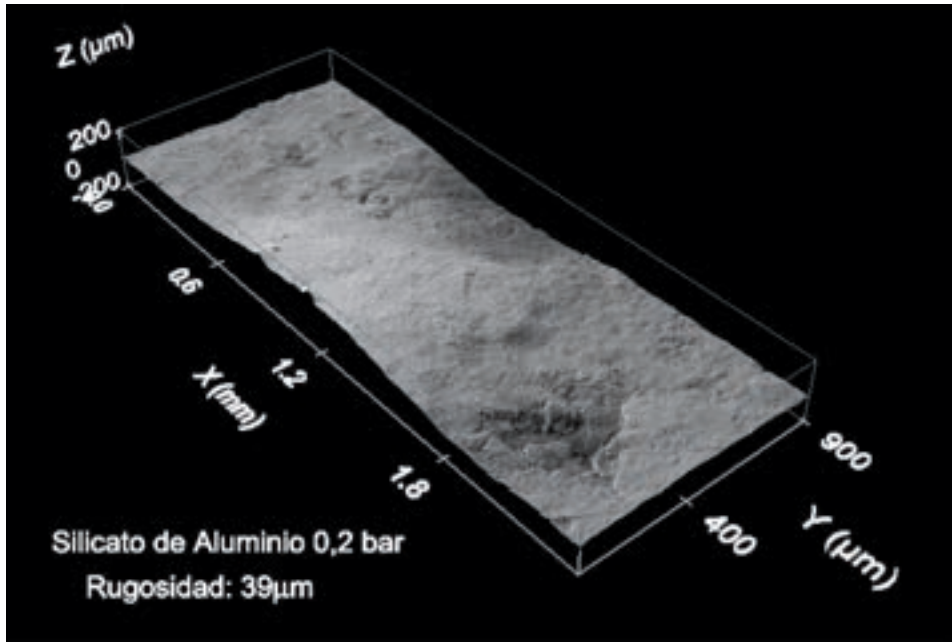
La selección del método de limpieza y del procedimiento de aplicación se basará en el conocimiento del bien cultural, de la naturaleza y estado de conservación del soporte, de los compuestos y depósitos a eliminar, de las condiciones ambientales y de la interacción de todos estos factores.

Es necesario contar con un estudio estratigráfico previo con objeto de conocer el espesor, extensión, grado de adhesión, cohesión y morfología de las capas. Las superficies con pátinas<sup>13</sup>, revestimientos o capas pictóricas deben documentarse mediante estudios específicos para determinar la sucesión de estratos, características, extensión, localización y datación.

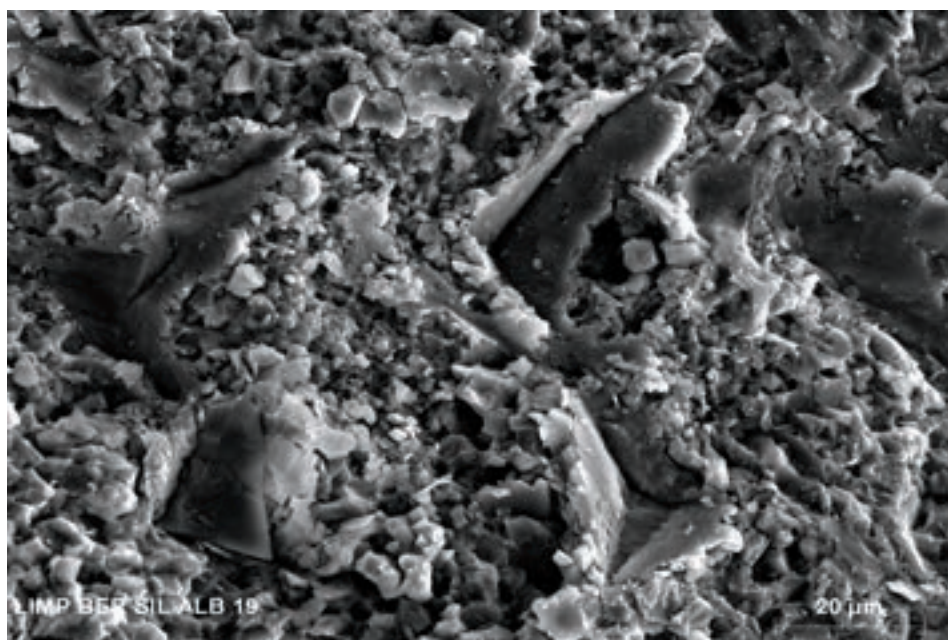
<sup>12</sup> Entendemos como soporte el conjunto de materiales constitutivos del bien cultural.

<sup>13</sup> «Se consideran pátinas naturales aquellas transformaciones cromáticas del material, producidas por causas naturales que aportan la huella del paso del tiempo, y pátinas artificiales aquellas capas aplicadas intencionadamente en el pasado, con fines protectores o estéticos...» (VV.AA., 2003).

68



**Figura 21a.** Evaluación de limpieza con microproyección mediante microscopía confocal.  
**Figure 21a.** Evaluation of microprojection cleaning using confocal microscopy.



**Figura 21b.** Huellas del impacto producido por proyección con silicato de aluminio, microscopía electrónica de barrido SEM.

**Figure 21b.** Impact marks left by projection with aluminium silicate using an SEM (scanning electron microscope).



**Figura 22.** Prueba de limpieza mediante atomización de agua. Museo Arqueológico Nacional (Madrid).

**Figure 22.** Cleaning test using water atomisation. Museo Arqueológico Nacional (National Archeological Museum) (Madrid).

70 Cleaning should be homogeneous, without re-interpreting the cultural property or giving rise to historical fakes.

Patinas and coatings should be preserved since the intervention is not intended to restore the cultural property to its theoretical initial state. In exceptional cases, they may be removed if keeping them implies a risk for the building's conservation. The decision to remove these layers should be taken in a collegiate fashion, with the participation of the interdisciplinary team in charge of the intervention. The process should be fully documented<sup>15</sup>.

### *Cleaning methods*

The Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) (Spanish Association of Standardisation and Certification) published a series of reference standards in 2009 for the conservation of properties with a classification and general description of the methods used to clean buildings, which included the considerations to be taken into account when cleaning buildings of historical or artistic value (UNE 41806, 2009). These considerations cover those included earlier in the document entitled *Criterios de intervención en materiales pétreos* («Criteria for intervening in stone materials») (VV.AA., 2003).

---

<sup>15</sup> «The restoration of properties referred to in this article should respect the contributions from all existing periods. The removal of any of these will only be authorised in exceptional cases and providing the elements to be removed constitute a clear deterioration of the property and their removal is necessary to enhance its historical interpretation. The eliminated parts should be duly documented». Art. 39. Paragraph 3. Law 16/1985, of 25 June, concerning Spanish Historical Heritage (BOE (Spanish Official Gazette) of 29 June 1985).

Se realizarán pruebas previas de limpieza para evaluar los resultados tanto en el laboratorio como *in situ*<sup>14</sup>, estudiando las posibles variaciones de composición y textura, y controlando el efecto sobre las propiedades del soporte: color, brillo, rugosidad... Los resultados permitirán determinar la viabilidad e idoneidad de los métodos a utilizar, los procedimientos de aplicación y establecer los rangos de trabajo de cada uno de los parámetros implicados en la limpieza.

Hay que tener en cuenta que tanto los métodos, como los parámetros pueden redefinirse durante la intervención, ya que el estado de conservación del soporte, así como la naturaleza y morfología de los depósitos, son habitualmente heterogéneos. En cada caso se valorará la conveniencia de dejar testigos del estado inicial.

La ejecución y la evaluación continua de la limpieza se acometerán por técnicos cualificados con formación académica específica. El instrumental será muy preciso con el fin de que el conservador-restaurador pueda controlar el proceso en todo momento. En este sentido será necesario verificar durante la intervención el correcto funcionamiento de los dispositivos para que no sufran desviaciones los parámetros de trabajo.

La limpieza debe ser homogénea, sin reinterpretar el bien cultural ni dar lugar a falsos históricos.



**Figura 23.** Limpieza con equipo láser de fibra óptica en la portada de la Almoína, catedral de Palma de Mallorca (Balears).

**Figure 23.** Cleaning with fibre optic laser equipment on the Almoína entrance, Palma Cathedral, Palma de Mallorca (Balearic Islands).

<sup>14</sup> La dimensión de las áreas de ensayo será reducida y su localización en zonas poco visibles.



72

**Figura 24.** Biodeterioro en la Puerta de las Granadas (Granada).

**Figure 24.** Biodeterioration of the Puerta de las Granadas (Gate of the Pomegranates) (Granada).

In turn, the specific regulations for each of the cleaning methods used for building construction components stress the need to control the parameters for using the various pieces of equipment, the methodology and working conditions so as to avoid causing surface damage and to guarantee the safety of people as well as the surrounding area.

For its part, Working Group 3 of the European Committee for Standardisation (CEN) is developing new recommendations concerning evaluation systems for the various cleaning methods for porous inorganic materials<sup>16</sup>.

The methods that can currently be used to clean surfaces that have a cultural value are listed and described below in succinct fashion, with attention being paid to the risk that such an operation might entail if the recommendations contained in these regulations and this document are not adhered to.

---

<sup>16</sup> CEN TC346/WG3 prEN 16581: 2013 *Conservation of Cultural Heritage-Cleaning of porous inorganic materials-Methodology for evaluation (in laboratory and in situ) of methods and materials used to clean porous inorganic materials*. CEN TC346/WG3 N.157 *Laser cleaning techniques for cultural heritage*.



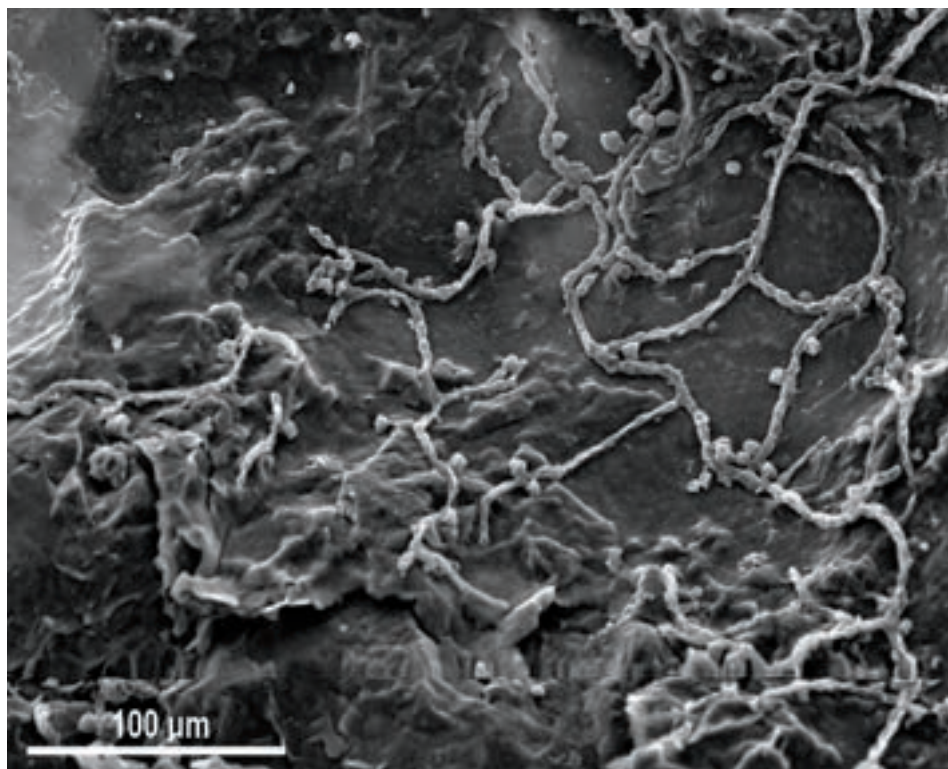


Figura 25. Desarrollo de bacterias sobre consolidante, microscopía electrónica de barrido SEM.

Figure 25. Development of bacteria on hardener, seen using scanning electron microscope (SEM).

Las pátinas y revestimientos deben conservarse ya que no es objetivo de la intervención restituir el bien cultural a un teórico estado inicial; de manera excepcional podrán eliminarse si su permanencia supone un riesgo para la conservación del mismo. La decisión de retirar estas capas se tomará de manera colegiada, participando en ella el equipo interdisciplinar responsable de la intervención. El proceso se documentará exhaustivamente<sup>15</sup>.

### *Métodos de limpieza*

La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) publica en el año 2009 una serie de normas de consulta para la conservación de edificios con una clasificación y descripción general de los métodos de limpieza utilizados en edificación, que contemplan las consideraciones a tener en cuenta en la limpieza de los edificios

<sup>15</sup> «Las restauraciones de los bienes a que se refiere el presente artículo respetarán las aportaciones de todas las épocas existentes. La eliminación de alguna de ellas sólo se autorizará con carácter excepcional y siempre que los elementos que traten de suprimirse supongan una evidente degradación del bien y su eliminación fuere necesaria para permitir una mejor interpretación histórica del mismo. Las partes suprimidas quedarán debidamente documentadas». Art. 39. Párrafo 3. Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español (BOE de 29 de junio de 1985).

The same classification and order of presentation in the standards established by AENOR have been maintained although the aqueous methods could be included in the section on chemicals.

- Aqueous methods<sup>17</sup>

These are based on the use of water as a solvent for the removal of dirt. If soluble salts are present, special care should be taken since there is a high risk of their equilibrium being affected by moisture.

Its application can be carried out in various ways:

- Curtain of water.
- Low pressure water jet.
- Vaporised water.
- Atomised water.
- Salt-free absorbent dressings.
- Gels.

Before beginning the cleaning process using aqueous media, all cracks and fissures should be sealed to prevent water seeping in.

De-ionised water with a pH of about 7.5 is recommended, with attention being paid to the amount used.

It is advisable to use atomisation and vaporisation systems, beginning the process at the top, with suitable protection shielding the lower part from the runoff of water over the surface.

74 Cleaning with aqueous media should not be used during seasons in which temperatures drop below 0° C or rise above 35° C. It is advisable to take readings both of the surface of the stone material that is to be treated and also of the atmosphere and to take daily fluctuations in temperature into account (UNE-EN 15758, 2011).

The parameters to be controlled are specified in standard UNE 41806-2 IN, although pressure, the diameter of the atomisation orifices, the distance to the object and the application time should be defined in each case.

- Mechanical methods<sup>18</sup>

These use mechanical energy to remove surface deposits and elements that are foreign to the cultural property.

There are several different systems:

- Manual tools.
- Motorised equipment.
- Pneumatic equipment.
- Low-pressure micro-abrasive blasting.
- Ultrasound.

While the parameters to be controlled are specified in UNE 41806-3 IN, it is essential to determine the pressure and intensity suitable for each case, taking into account that these systems can be particularly aggressive for carved and cladded surfaces.

---

<sup>17</sup> UNE 41806-2 IN (2009).

<sup>18</sup> UNE 41806-3 IN (2009).



Figura 26. Mapa de salinidad en una escultura del Museo del Prado (Madrid).  
Figure 26. Salinity map on a sculpture at the Museo del Prado (Prado Museum) (Madrid).



**Figura 27.** Eliminación de cementos con micropercutor.

**Figure 27.** Removal of cement with micro sandblaster / micro-drill.

76

When blasting, it is important to consider the nature (composition, hardness, etc.), grain size and morphology of the abrasive element to guard against any surface damage. Likewise, it should also be possible to adjust the blasting pressure, product flow, nozzle shape, spraying distance, work angle and application time.

These can be used in conjunction with aqueous methods.

- Laser method<sup>19</sup>

This uses photon energy to remove the deposits and is based on the interaction of these plus their support element with pulses of laser light. When the fluence or energy density<sup>20</sup> during the laser pulse exceeds a certain value, the material is eliminated through a process known as ablation.

The suitability and effectiveness of the method basically depend on the difference in the absorption of light energy between the deposit (maximum) and the support element (minimum). Those normally used to clean stone materials are pulsed lasers emitting on the basic wavelength of 1,064 nm (infrared), with some equipment being capable of generating its second harmonic at 532 nm (green), third at 355 nm (longwave UV) and fourth at 266 nm (shortwave UV). The laser-material interaction is defined

---

<sup>19</sup> UNE 41806-4 IN (2009).

<sup>20</sup> Energy per surface unit.



**Figura 28.** Sellado de fisuras con mortero de cal.  
**Figure 28.** Sealing cracks with lime-based mortar.

con valor histórico-artístico (UNE 41806, 2009). Dichas consideraciones recogen las incluidas con anterioridad en el documento de «Criterios de intervención en materiales pétreos» (VV.AA., 2003).

A su vez, las normas específicas para cada uno de los métodos de limpieza de elementos constructivos en edificación, hacen hincapié en la necesidad de controlar los parámetros de uso de los distintos equipos, la metodología y las condiciones de trabajo con el fin de no generar daños en las superficies y garantizar la seguridad de las personas y el entorno.

Por su parte, el grupo de trabajo 3 del *European Committee for Standardization* (CEN) está elaborando unas nuevas recomendaciones sobre los sistemas de evaluación de los diferentes métodos de limpieza para los materiales inorgánicos porosos<sup>16</sup>.

A continuación se enumeran y describen, de manera sucinta, los métodos que en la actualidad pueden emplearse para la limpieza de superficies con valor cultural, teniendo siempre en cuenta el riesgo que esta operación puede entrañar si no se observan las recomendaciones contenidas en dichas normas y en este documento.

<sup>16</sup> CEN TC346/WG3 prEN 16581:2013 *Conservation of Cultural Heritage—Cleaning of porous inorganic materials—Methodology for evaluation (in laboratory and in situ) of methods and materials used to clean porous inorganic materials*. CEN TC346/WG3 N.157 *Laser cleaning techniques for cultural heritage* (ambos documentos en fase de redacción).



**Figura 29.** Canteras en Jávea (Alicante).  
**Figure 29.** Quarries in Javea (Alicante).

78



**Figura 30.** Tratamiento superficial de consolidación en piedra caliza.  
**Figure 30.** Surface consolidation treatment on limestone.

Se ha mantenido la misma clasificación y orden de presentación establecida por las normas de AENOR, si bien los métodos acuosos podrían incluirse en el apartado de los químicos.

- Métodos acuosos<sup>17</sup>

Se basan en el uso del agua como disolvente para la eliminación de la suciedad. En presencia de sales solubles debe tenerse especial cuidado ya que existe un elevado riesgo de que éstas se movilizan debido al aporte de humedad.

Su aplicación puede hacerse de diversas formas:

- Cortina de agua.
- Agua a baja presión.
- Agua vaporizada.
- Agua atomizada.
- Apósitos de materiales absorbentes libres de sales.
- Geles.

Antes de iniciar el proceso de limpieza por medios acuosos deben sellarse todas las grietas y fisuras para evitar la entrada de agua por estas vías.

Se recomienda utilizar agua desionizada con un pH en torno a 7,5, controlando la cantidad aportada.

Se aconseja optar por los sistemas de atomización y vaporización, comenzando el proceso por la zona superior y protegiendo convenientemente la inferior para evitar las escorrentías de agua por la superficie.

La limpieza por medios acuosos no debe utilizarse en periodos estacionales en los que se alcancen temperaturas inferiores a 0° C o superiores a 35° C. Se recomienda realizar las mediciones tanto en la superficie del material pétreo a intervenir como en el ambiente y tener en cuenta las oscilaciones térmicas diarias (UNE-EN 15758, 2011).

Los parámetros a controlar se especifican en la norma UNE 41806-2 IN, aunque la presión, el diámetro de los orificios de atomización, la distancia al objeto y el tiempo de aplicación se deben definir en cada caso.

- Métodos mecánicos<sup>18</sup>

Utilizan la energía mecánica para retirar los depósitos superficiales y los elementos ajenos al bien cultural.

Hay varios sistemas:

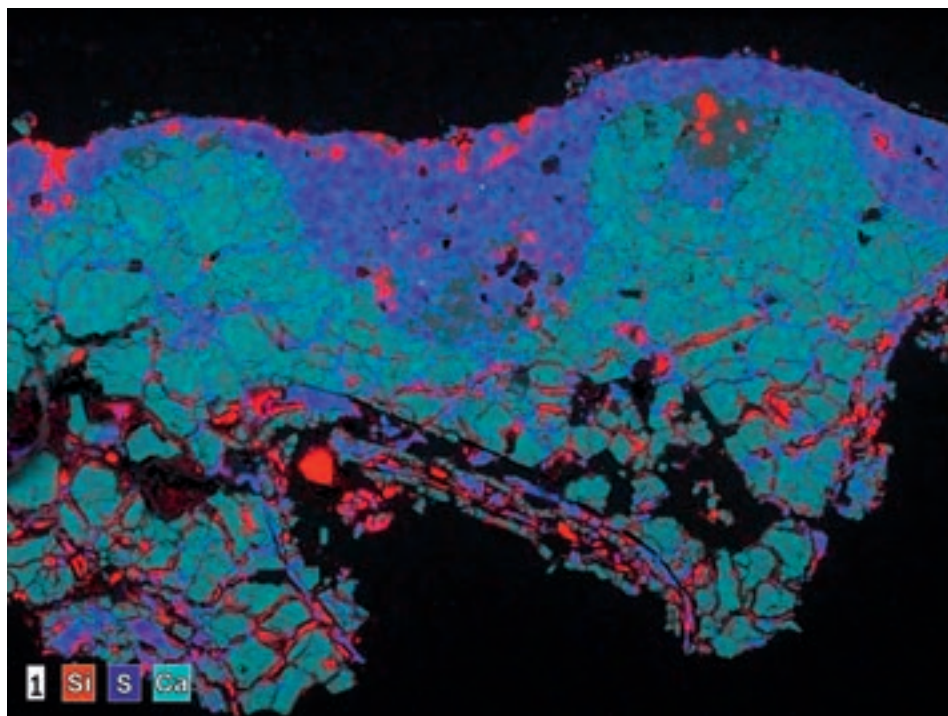
- Herramientas manuales.
- Equipos a motor.
- Equipos neumáticos.
- Proyección de microabrasivos a baja presión.
- Ultrasonidos.

---

<sup>17</sup> UNE 41806-2 IN (2009).

<sup>18</sup> UNE 41806-3 IN (2009).

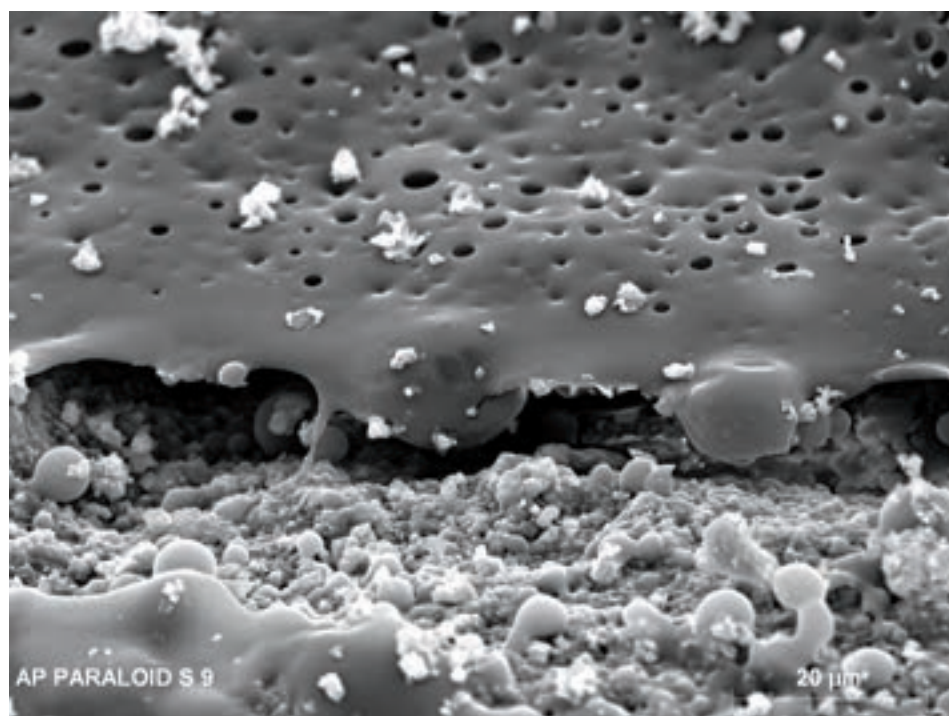
80



**Figura 31a.** Mapa de elementos que refleja la penetración de una consolidación con silicato de etilo sobre piedra de Santanyi, microscopía electrónica de barrido SEM.

**Figure 31a.** Map of elements reflecting the penetration of a consolidation with ethyl silicate on Santanyi stone, using scanning electron microscopy (SEM).





**Figura 31b.** Película superficial impermeable producida por una consolidación incorrecta con un copolímero acrílico, microscopía electrónica de barrido SEM.

**Figure 31b.** Impermeable superficial film caused by incorrect consolidation with an acrylic copolymer, using scanning electron microscopy (SEM).



82

**Figura 32.** Evaluación *in situ* de la eficacia de un hidrofugante mediante el ensayo de la pipeta.

**Figure 32.** *In situ* evaluation of the effectiveness of a water repellent using pipette leak test.

by the wavelength, pulse duration and fluence. The firing frequency (number of pulses per second) and the sweep speed should be controlled in all cases by an expert conservator-restorer, since they determine the outcome of the cleaning process.

During the cleaning process special attention should be paid to the effects on the surface. The selective removal of components or their physical or chemical alteration can lead to colour variation. In this respect, special attention should be paid to chromatic changes in some white marbles, alabasters, ferruginous patinas and certain pigments.

- Chemical methods<sup>21</sup>

Chemical products are used to dissolve and remove dirt. They can be used in various ways, either in solution, dispersion, emulsion, gels or salt-free absorbent dressings.

In some cases it is advisable to use an interlayer between the applied product and the support element to buffer against the effect of cleaning and to facilitate dirt removal.

It is a method that requires thorough control throughout the entire application process as newly formed products may be generated that are harmful to the support element and may cause significant damage to the materials in the short or medium term. It is therefore imperative to control the application system, the contact time, the pH of the solution, as well as rinsing and neutralising once the operation is complete.

The use of strong bases and acids is contraindicated.

## 6.2. Elimination of agents causing biodeterioration

The aim is to eliminate contamination generated from a biological source that may be affecting cultural property.

A warning is issued about the general lack of studies on biodeterioration and the indiscriminate application of biocidal treatments without assessing their scope and impact, both with respect to their effects on cultural property and on people and surrounding areas. The selection of a treatment with these characteristics and its application should be carried out and controlled by a qualified technician.

<sup>21</sup> UNE 41806-5-1 IN (2009) and UNE 41806-5-2 IN (2009).

Si bien los parámetros a controlar vienen especificados en la norma UNE 41806-3 IN, resulta fundamental determinar la presión e intensidad adecuada para cada caso, teniendo en cuenta que estos sistemas pueden ser especialmente agresivos para superficies labradas y con recubrimientos.

Para la proyección se debe tener en cuenta la naturaleza (composición, dureza...), granulometría y morfología del abrasivo de manera que no se produzcan daños superficiales. Asimismo, se debe poder regular la presión de proyección, el caudal de producto, la forma de la boquilla, la distancia de disparo, el ángulo de trabajo y el tiempo de aplicación.

Estos métodos pueden utilizarse en combinación con los acuosos.

- Método láser<sup>19</sup>

Utiliza la energía fotónica para la eliminación de los depósitos y se basa en la interacción de éstos y del soporte con los pulsos de luz láser. Cuando la fluencia o densidad de energía<sup>20</sup> durante el pulso láser sobrepasa un cierto valor se produce una eliminación de material a través de un proceso llamado ablación.

La idoneidad y eficacia del método se fundamenta esencialmente en la diferencia de absorción de la energía luminosa entre el depósito (máxima) y el soporte (mínima). Los que habitualmente se utilizan para la limpieza de materiales pétreos son láseres pulsados que emiten en la longitud de onda fundamental de 1.064 nm (infrarrojo), siendo algunos equipos capaces de generar su segundo armónico de 532 nm (verde), tercero de 355 nm (ultravioleta onda larga) y cuarto de 266 nm (ultravioleta de onda corta). La interacción láser-materia vendrá definida por la longitud de onda, la duración del pulso y la fluencia. La frecuencia de disparo (n.º de pulsos por segundo) y la velocidad de barrido deben estar en todos los casos controladas por el conservador-restaurador especializado, ya que determinan el resultado final de la limpieza.

Durante el proceso de limpieza se debe prestar especial atención a los efectos sobre la superficie. La eliminación selectiva de componentes o modificaciones físico-químicas en los mismos puede inducir a variaciones de color. En este sentido, merecen especial atención las alteraciones cromáticas de algunos mármoles blancos, de los alabastros, de las pátinas ferruginosas y de determinados pigmentos.

- Métodos químicos<sup>21</sup>

Se utilizan productos químicos para disolver y eliminar la suciedad. Pueden aplicarse de diversas formas, bien en solución, dispersión, emulsión, geles o apósitos de materiales absorbentes libres de sales.

En algunos casos es recomendable la utilización de una capa intermedia entre el producto aplicado y el soporte para amortiguar el efecto limpiador y facilitar su retirada.

Es un método que requiere un exhaustivo control durante todo el proceso de aplicación, ya que se pueden generar productos de neoformación nocivos para el soporte

<sup>19</sup> UNE 41806-4 IN (2009).

<sup>20</sup> Energía por unidad de superficie.

<sup>21</sup> UNE 41806-5-1 IN (2009) y UNE 41806-5-2 IN (2009).



84

**Figura 33.** Cosido de fragmentos con varilla de fibra de vidrio y resina epoxi.

**Figure 33.** Fragment stitching with glass fibre rod and epoxy resin.

y provocar, a corto o a medio plazo, importantes deterioros en los materiales. Por este motivo es necesario controlar el sistema de aplicación, el tiempo de contacto, el pH de la solución, así como aclarar y neutralizar una vez finalizada la operación.

Está contraindicado el empleo de ácidos y bases fuertes.

## 6.2. Eliminación de los agentes causantes del biodeterioro

El objetivo es eliminar la contaminación de origen biológico que pueda estar afectando a un bien cultural.

Se advierte sobre la carencia generalizada de estudios de biodeterioro y la aplicación indiscriminada de tratamientos biocidas sin una evaluación del alcance y repercusión de los mismos, tanto desde el punto de vista de sus efectos sobre el bien cultural, como sobre las personas y el ambiente. La selección de un tratamiento de estas características y su aplicación debe ser realizada y controlada por un técnico cualificado.

### *Requisitos y recomendaciones*

Es necesario identificar y caracterizar el tipo de alteración biológica así como los agentes de deterioro para seleccionar y definir tanto el tipo de tratamiento como el sistema más adecuado de control, teniendo en cuenta las características del soporte.

La actuación más inocua es la que se consigue mediante el control de los factores limitantes (luz, humedad, nutrientes, etc.), si bien esto no siempre es posible en el caso de los bienes ubicados en el exterior.

En todos los casos, el tratamiento debe ser compatible con los métodos de limpieza que vayan a utilizarse y con sus criterios de aplicación, para evitar someter al bien a un estrés innecesario utilizando métodos muy diferentes. Se emplearán con preferencia sistemas mecánicos frente a los compuestos químicos o los biocidas. Se harán pruebas en zonas poco visibles, que servirán como testigo, con el fin de evaluar los posibles cambios de color y otras consecuencias imprevisibles.

En el caso de utilizar biocidas los productos deben cumplir unos requisitos mínimos, principalmente tener el máximo espectro de eficacia con la mínima toxicidad para el manipulador, las personas y el ambiente. Se deben seguir escrupulosamente las indicaciones del fabricante, en cuanto a su aplicación y sistemas de protección. En el exterior se seleccionarán preferentemente productos insolubles en agua y se utilizarán en épocas secas.

En cuanto a los nuevos sistemas que se están desarrollando, como las biolimpiezas y las microondas, hay que recalcar la necesidad de que dichos procedimientos sean objeto de estudio e investigación por parte de equipos interdisciplinares. Su utilización se aprobará una vez determinada su idoneidad, así como las características, parámetros y limitaciones de cada método.

Las biolimpiezas se basan en el uso de algunos microorganismos altamente especializados que utilizan ciertas sustancias para su metabolismo, como por ejemplo las sales. La garantía de control del tratamiento depende de su grado de especialización y de su capacidad para metabolizar otro tipo de nutrientes.

Por su parte, la radiación microondas provoca el calentamiento de las moléculas de agua presentes en los seres vivos, pudiendo llegar a desactivarlos, resultando un método eficaz para la eliminación de líquenes y hongos.

### *Requirements and recommendations*

It is essential to identify and characterise the type of biological alteration along with the agents of deterioration in order to select and define both the type of treatment and the most suitable form of control, bearing in mind the characteristics of the support element.

The most innocuous action is the one achieved by means of controlling the limiting factors (light, moisture, nutrients, etc.), even though this is not always possible in the case of properties located outdoors.

In any event, the treatment should be compatible with the cleaning methods that are to be used and with their application criteria so as to avoid subjecting the property to unnecessary stress using very different methods. Mechanical systems should preferably be used over chemical compounds or biocides. Tests should be conducted in inconspicuous areas, which can be used as a sample for assessing any potential colour changes and other unforeseeable outcomes.

Where biocides are used, the products should meet minimum requirements, i.e. maximum effectiveness and minimum amount of toxicity for the handler, people and the surrounding area. The manufacturer's instructions should be followed scrupulously, regarding application and protection systems. Outdoors, products that are insoluble in water are preferred and should be used during dry seasons.

With respect to new systems that are being developed, such as biocleaning processes and microwaves, it is important to stress the need for these procedures to be studied and researched by interdisciplinary teams. Their use should only be approved once their suitability has been determined, along with the characteristics, parameters and limitations of each method.

Biocleaning processes are based on the use of particular highly specialised microorganisms that use certain substances for their metabolism, such as salts for instance. The guarantee for controlling the treatment depends on its degree of specialisation and its capacity to metabolise other types of nutrients.

For its part, microwave radiation causes the water molecules present in living organisms to heat, even being capable of de-activating them, and is therefore an effective method for removing lichen and fungi.

Action should be taken to protect against agents that might be a significant threat for the cultural property, such as insects, birds, bats, etc., assessing in each case the effectiveness, impact and risks of the different systems that could be installed to keep them at bay.

### **6.3. Salt treatment**

The aim of this treatment is to remove the soluble salts deposited on the surface and to stabilise those contained inside the materials. Soluble salts are one of the most harmful alteration agents since they generate hair cracks, granular disintegration and the loss of cohesion in the components, and are even capable of compromising the success of the subsequent treatments for consolidation and/or water repellence.

Variations in moisture and temperature in the stone and the environment favour the processes of dissolution and hydration during the different saline phases, which can give rise to their migration and precipitation in the porous system of the rock or to a transformation to more hydrated phases implying an increase in volume and further damage.



**Figura 34.** Inserción de una varilla para ensamblado de fragmentos.  
**Figure 34.** Insertion of a rod to assemble fragments.

Deben efectuarse acciones encaminadas a la protección contra agentes que pueden ser una importante amenaza para el bien cultural, tales como insectos, aves, murciélagos, etc., evaluando en cada caso la eficacia, el impacto y los riesgos de los diferentes sistemas que pudieran instalarse para alejarlos.

### **6.3. Tratamiento de sales**

Su objetivo es la retirada de las sales solubles depositadas sobre la superficie y la estabilización de las contenidas en el interior de los materiales. Las sales solubles son uno de los agentes de alteración más nocivos ya que generan microfisuración, disgregación granular y pérdida de cohesión de los componentes, pudiendo comprometer el éxito de los tratamientos posteriores de consolidación y/o hidrofugación.

Las variaciones de humedad y temperatura de la piedra y del medio ambiente favorecen los procesos de disolución y de hidratación de las diferentes fases salinas, lo que puede dar lugar a su migración y precipitación en el sistema poroso de la roca o a una transformación a fases más hidratadas que implican un incremento de volumen y mayores daños.



88

**Figura 35.** Reposición de un elemento en piedra natural.

**Figure 35.** Replacement of an element in natural stone.

### *Requirements and recommendations*

Experience shows that it is impossible to entirely remove the salts contained within stone. They can only be stabilised if the environmental conditions can be brought permanently under control, thereby ensuring that no more moisture will be generated.

The potential for deterioration varies for each type of salt compound due to its different solubility, hydration capacity and concentration. Therefore, before beginning with a desalination process, it is imperative to carry out a study of the nature of the salts to be extracted, their distribution and the characteristics of the porous system of the support element to determine the composition of the dressings that need to be applied and the optimum times for wetting so as not to cause any further damage (prEN 16455, 2012; prEN 16515, 2012).

In this regard, it is advisable to map the surface distribution of salts; in certain cases, their distribution in depth may also be important, although this second case will only be for special instances, since it involves the use of aggressive methods.

During the desalination process the concentration of the salts, both on the support element and those extracted using dressings, should be monitored on a regular basis until a situation is reached where the values have been stabilised and the process is no longer seen to be effective.



### *Requisitos y recomendaciones*

La experiencia demuestra la imposibilidad de eliminar en su totalidad las sales contenidas en el interior de la piedra. Tan sólo es posible su estabilización en el caso de lograr un control permanente de las condiciones ambientales y de esta forma garantizar que no se producen nuevos aportes de humedad.

El potencial de deterioro varía para cada tipo de compuesto salino, debido a su diferente solubilidad, capacidad de hidratación y concentración. Por tanto, antes de iniciar un proceso de desalación es necesario realizar un estudio de la naturaleza de las sales a extraer, de su distribución y de las características del sistema poroso del soporte para determinar la composición de los apósitos a aplicar y los tiempos óptimos de humectación con el fin de no provocar mayores deterioros (prEN 16455, 2012; prEN 16515, 2012).

En este sentido, es aconsejable realizar una cartografía de la distribución superficial de sales; en casos concretos puede ser importante también su distribución en profundidad, aunque este segundo supuesto tendrá un carácter extraordinario, ya que comporta el empleo de metodologías agresivas.

Durante el proceso de desalación se debe controlar periódicamente la concentración de las sales, tanto las del soporte como las extraídas por los apósitos, hasta llegar a una estabilización de los valores y verificar que el proceso deja de ser eficaz.

### *Métodos*

Para eliminar las sales superficiales se pueden utilizar los siguientes métodos:

- Aspirado y cepillado superficial.
- Materiales absorbentes con agua desionizada<sup>22</sup>.
- Biolimpiezas (en fase de experimentación).

89

Se desaconseja la utilización de formulaciones cuyo objetivo es transformar las sales solubles en insolubles y de los inhibidores de cristalización, cuya evolución a largo plazo es incierta. Estos procedimientos suelen facilitar la formación de productos secundarios que pueden ser nocivos para la conservación de la piedra.

## **6.4. Consolidación**

### *6.4.1. Consolidación del soporte*

Tiene como objetivo la restitución de la cohesión mecánica del soporte, buscando la máxima penetración del producto y la adhesión entre la zona alterada y sana, evitando la formación de películas que impidan la capacidad de transferencia de humedad hacia el exterior. La penetración de los consolidantes es limitada y está en función de las características del soporte y del producto.

- Requisitos y recomendaciones

La aplicación de un consolidante no puede ser considerada como una operación rutinaria sino excepcional, ya que modifica las características del soporte de un modo irreversible.

---

<sup>22</sup>Diferentes tipos de arcillas absorbentes y materiales celulósicos.

## *Methods*

To remove surface salts the following methods can be used:

- Suction and surface brushing.
- Absorbent materials with de-ionised water<sup>22</sup>.
- Biocleaning processes (in experimental phase).

The use of formulations designed to transform soluble salts into insoluble salts is not recommended; neither are crystallisation inhibitors whose long-term evolution is uncertain. These procedures tend to facilitate the formation of by-products that may be harmful for the conservation of the stone.

## **6.4. Consolidation**

### *6.4.1. Consolidation of the support element*

This is intended to restore the mechanical cohesion of the support element, seeking maximum product penetration and adhesion between the modified and healthy areas, preventing the formation of films that hamper the ability to transfer moisture to the outside. The penetration of hardeners is limited and depends on the characteristics of the support element and the product.

90

- Requirements and recommendations

The application of a hardener cannot be considered to be a routine operation but an exceptional one since it modifies the characteristics of the support element irreversibly.

The products should only be applied when there are guarantees that the problems of moisture have been eradicated and the movement of soluble salts has been stabilised.

The application should not be done indiscriminately but should conform to the principle of minimal intervention. It should be limited to those elements or zones which require it due to their state of alteration, and only if it does not put their conservation at risk, without forgetting that the surface of the stone material is not a sacrificial layer.

Consolidation should be carried out with products and methods that disturb the physical and chemical properties of the stone material as little as possible, and that do not form films on the surface, leave residue that might damage the support element, or lead to the formation of harmful products. Their thermal expansion coefficient should be similar to that of the materials that are to be treated. Neither should the aesthetic or chromatic features of the cultural property (appearance, brightness, colour) be altered.

To select the product and application system standardised tests need to be performed to determine the variations that the petrophysical properties of the treated stone will undergo with respect to untreated stone (permeability to water vapour, capillary suction, weight gain, etc.). The environmental conditions of the tests should be adjusted in line with those suffered by the property itself.

---

<sup>22</sup>Different types of absorbent clays and cellulosic materials.

Los productos deben aplicarse tan sólo cuando existan garantías de que se han erradicado los problemas de humedad y se han estabilizado los movimientos de sales solubles.

La aplicación no debe hacerse de forma indiscriminada, sino ajustarse al principio de la mínima intervención, reduciéndose a aquellos elementos o zonas que por su estado de alteración lo requieran y siempre que no suponga un riesgo para su conservación, sin olvidar que la superficie del material pétreo no es una capa de sacrificio.

La consolidación debe realizarse con productos y métodos que alteren lo menos posible las propiedades físico-químicas del material pétreo, que no formen películas superficiales, no dejen residuos que puedan dañar el soporte, ni den lugar a la formación de productos nocivos. Su coeficiente de dilatación térmica debe ser similar al de los materiales a tratar. Tampoco deben alterar las características estéticas ni cromáticas del bien cultural (aspecto, brillo, color).

Para seleccionar el producto y el sistema de aplicación se deben realizar ensayos normalizados y determinar las variaciones que sufren las propiedades petrofísicas de la piedra tratada respecto a la piedra sin tratar (permeabilidad al vapor de agua, succión capilar, incremento de peso...). Las condiciones ambientales de los ensayos se ajustarán a las que esté sometido el bien.

Es necesario garantizar que las condiciones de temperatura y humedad, tanto ambientales como del soporte, sean las adecuadas en el momento de la aplicación y en el proceso de curado del producto.

Se deben efectuar controles de eficacia y de durabilidad del tratamiento durante y con posterioridad al desarrollo de las operaciones de consolidación.

La utilización de nuevas tecnologías de consolidación que se están desarrollando requiere de estudios que avalen su idoneidad y compatibilidad.

#### *6.4.2. Adhesión y cosido de fragmentos*

El objetivo de estas operaciones es garantizar la integridad del elemento, evitando desprendimientos y pérdidas de material.

- Requisitos y recomendaciones

Para la adhesión de fragmentos se emplearán productos estables, eliminando los residuos en superficie para evitar las alteraciones cromáticas que puedan ocasionarse en el futuro. Se recomienda acabar con un mortero de cal entonado.

Para los cosidos se recomiendan las espigas o varillas de acero inoxidable, titanio o fibra de vidrio, variando su sección y longitud en función de la magnitud y posición de los fragmentos a unir. Son preferibles las varillas corrugadas o roscadas frente a las lisas, ya que al presentar mayor superficie específica aumenta la adherencia. En cada caso se decidirá la metodología de aplicación en función de las características del bien cultural.

#### *6.4.3. Relleno de fisuras y grietas*

El objetivo de esta intervención es evitar la propagación de las fisuras y grietas, las filtraciones de agua, la deposición de suciedad, de microorganismos, el crecimiento de plantas superiores y la acción de otros seres vivos.

It is essential to ensure that the temperature and moisture conditions, both for the environment and for the support element, are the right ones at the time of application and during the product curing process.

Controls should be carried out for the treatment's efficiency and durability during and after performing the consolidation operations.

The use of new consolidation technologies that are being developed requires studies that will guarantee their suitability and compatibility.

#### *6.4.2. Adhesion and stitching of fragments*

The aim of these operations is to guarantee the integrity of the element, preventing detachments and loss of material.

- Requirements and recommendations

For the adhesion of fragments stable products should be used, removing residue from the surface to prevent chromatic alterations that might occur in the future. A matching lime mortar finish is recommended.

For the stitching, dowels or rebars of stainless steel, titanium or fibreglass are recommended, with their cross section and length being varied in keeping with the size and position of the fragments to be joined together. Corrugated or threaded rebars are preferable to the smooth versions, since their larger specific surface area increases their adherence possibilities. In each case, the application method should be determined in keeping with the characteristics of the cultural property.

92

#### *6.4.3. Filling cracks and crevices*

The aim of this intervention is to prevent the spread of cracks and crevices, water seepage, deposits of dirt and micro-organisms, high plant growth and the action of other living organisms.

- Requirements and recommendations

Maximum penetration should be aimed for, preventing the material used from remaining on the surface of the stone.

The composition of the fillers should be known, compatible with the support element, salt-free and with the appropriate characteristics of porosity, hardness and adherence. The use of natural hydraulic lime mortars is recommended or else aerial lime-based mortars that have been slaked for at least six months.

The addition of acrylic emulsions should be limited to mixtures to respect the porosity that is appropriate in each case along with the stability and compatibility requirements. Matching should be done with mineral pigments, preferably in paste form, adjusting the characteristics of texture and colour to the support element.

#### *6.4.4. Filling in walls*

The aim is to stabilise the fillings between the stone fabrics that have disintegrated due to the dissolving effect of water on the binders.



**Figura 36.** Colocación de protecciones en un pináculo de la catedral de Pamplona (Navarra).

**Figure 36.** Placement of protective elements on a pinnacle on Pamplona Cathedral (Navarre).

- Requisitos y recomendaciones

Se procurará la máxima penetración, evitando que el material empleado se superponga a la superficie de la piedra.

Los materiales de relleno deben ser de composición conocida, compatibles con el soporte, libres de sales y con las adecuadas características de porosidad, resistencia y adherencia. Es recomendable la utilización de morteros de cal hidráulica natural o cal aérea que lleve apagada un periodo mínimo de seis meses.

Debe limitarse la adición de emulsiones acrílicas a las mezclas para respetar la porosidad idónea en cada caso y los requisitos de estabilidad y compatibilidad. El entonado debe realizarse con pigmentos minerales, preferiblemente en masa, ajustando las características de textura y color al soporte.

#### 6.4.4. Relleno de muros

Su objetivo es estabilizar los rellenos entre fábricas que estén disgregados por el efecto disolvente del agua sobre los aglomerantes.

- Requirements and recommendations

The filling should be made in keeping with the existing degree of disintegration, with slurries or microslurries of lime, preferably by means of gravity, or by low-pressure injection.

It is important to study the injection method, always carrying it out from the bottom up with it being necessary to join the stone fabric together again beforehand.

## 6.5. Grouting

The aim of conservation involving grouting is to guarantee the stability of the stone fabrics and prevent water seepage. Therefore, the application of grouting mortars is always justified for conservation and protection purposes.

### *Requirements and recommendations*

The original mortars should be considered a significant element in shaping the cultural value and conserved whenever they are in good condition, still continue to fulfil their role, and are not harmful to the support element.

Before intervening, the original and replacement mortars should be characterised studying their composition, dosage, grain size, etc. (UNE 41807, 2012 and prEN 16572, 2013).

94 In the event of it being necessary to replace the mortar, composition, morphology, the colours and texture of the material should be taken into account.

Grouting mortars should not be placed on top of the original material, except in cases where it is known that the original grouting also had a decorative function. The original finish should be respected at all times.

The mortars should be compatible with the originals regarding the nature of binder, dosage and type of aggregate. It is recommended that restoration mortars be used with similar or greater porosity than those of the cultural property concerned and that their mechanical behaviour is compatible with that of the stone material.

The mortars recommended are those with aerial lime that has been slaked for at least six months or natural hydraulic lime, mixed with a standard aggregate (UNE-EN 459-1, 2011 and UNE-EN 13139, 2003). When commercial preparations are used, their composition should be known, and they should be compatible with the support element, salt-free and have the appropriate characteristics of porosity, hardness and adherence to ensure durability.

Matching the base colouring of the mortars should be conducted in paste form with mineral pigments (UNE-EN 12878, 2007), adjusting the characteristics of texture and colour to the support element or else using coloured sands that have greater stability in exposed locations.

## 6.6. Reconstructions and substitutions

The aim of this intervention is to improve the stability, functionality and formal recognition of the cultural property by adding new materials.

### *Requisitos y recomendaciones:*

El relleno debe hacerse, en función del grado de disgregación existente, con lechadas o microlechadas de cal, preferiblemente por gravedad o por inyección a baja presión.

Es preciso estudiar la metodología de inyección, realizándose en cualquier caso de abajo hacia arriba y siendo necesario rejuntar previamente la fábrica.

## **6.5. Rejuntados**

El objetivo de la conservación de los rejuntados es garantizar la estabilidad de las fábricas y evitar las vías de penetración de agua. Por tanto, la aplicación de los morteros de junta está siempre justificada por razones de conservación y protección.

### *Requisitos y recomendaciones*

Es necesario considerar los morteros originales como un elemento significativo en la configuración del valor cultural y conservarse siempre que se encuentren en buen estado, sigan cumpliendo su función y no sean perjudiciales para el soporte.

Antes de la intervención, se deben caracterizar los morteros originales y de reposición estudiando su composición, dosificación, granulometría, etc. (UNE 41807, 2012 y prEN 16572, 2013).

En el caso de que fuera necesario sustituir los morteros se tendrá en cuenta la composición, la morfología, el cromatismo y la textura del material.

Los morteros de rejuntado no deben superponerse al material original, salvo en los casos en que se tuviera constancia de que la junta tenía en origen también una función decorativa. Hay que respetar siempre el acabado original.

Los morteros deben ser compatibles con los originales en lo que se refiere a la naturaleza del aglomerante, dosificación y tipo de árido. Se recomienda el uso de morteros de restauración con similar o superior porosidad a los del bien cultural y que tengan un comportamiento mecánico compatible con el del material pétreo.

Los morteros aconsejados son los de cal aérea que lleve apagada un periodo mínimo de seis meses o cal hidráulica natural, mezcladas con un árido normalizado (UNE-EN 459-1, 2011 y UNE-EN 13139, 2003). Si se utilizan preparaciones comerciales serán de composición conocida, compatibles con el soporte, libres de sales y con las adecuadas características de porosidad, resistencia y adherencia para garantizar su durabilidad.

El entonado de base de los morteros se debe realizar en masa con pigmentos minerales (UNE-EN 12878, 2007), ajustando las características de textura y color al soporte o bien con arenas de color que resultan más estables en el exterior.

## **6.6. Reintegraciones y sustituciones**

El objetivo de esta intervención es mejorar la estabilidad, la funcionalidad y el reconocimiento formal del bien cultural mediante la adición de nuevos materiales.

Se debe recurrir a la reintegración cuando sea necesaria para la conservación del elemento. En aquellos casos en que concurren circunstancias especiales se determinará su alcance de acuerdo con los informes y recomendaciones del equipo interdisciplinar.

Reconstruction should be resorted to when this is required for the conservation of the element. In cases involving special circumstances, their scope should be determined in accordance with the reports and recommendations of the interdisciplinary team.

#### *Requirements and recommendations:*

Before commencing with the intervention, the criterion to be followed should be decided upon in accordance with the terms established by applicable law and the recommendations of the International Charters. In any case, it is essential to respect the features of the cultural property regarding structure and shape, as well as any historical additions, when these do not pose a risk for its conservation.

Reconstructions are not necessary when the lack or loss of material form an integral part of the chromatic and aesthetic effect of the building as a whole, and do not affect its conservation or its recognition as a cultural property. They should be discernible but at the same time should be integrated in the building, with mimetic additions and ideal reconstructions of form being avoided<sup>23</sup>.

Reconstructions using mortar should be considered when the area or volume to be rebuilt is small in relation to the size of the element or object being worked on and if this does not lessen its mechanical strength. It is advisable to use mixtures with hydro-mechanical behaviours that are compatible with those of the original materials (UNE 41807, 2012 and prEN 16572, 2013).

When it is a question of restoring structural functions, natural stone that is similar to the original should be used as a replacement. Selection of the stone should be based on criteria regarding its discernibility, suitability, compatibility and durability, as far as possible using material from the cultural property's own geological environment.

Only those elements that no longer fulfil their structural or protective function, on account of their advanced state of deterioration, can justifiably be replaced, along with other exceptional cases whose conservation *in situ* is clearly out of the question.

The placement of a prosthesis or of any type of element that is not part of the stone fabric, designed to improve the conditions regarding load or equilibrium, should consider the criterion of minimum intervention on the original material and be compatible with the building system, so as not to cause any further damage. It is essential in each case to assess the potential mechanical damage that may arise during the process.

With respect to polychromes and finishes, reconstructions are justified if they do not detract from the shape of the property. If the gaps in colour do not distort the unity of the property, no more colours should be incorporated.

Colour matchings applied directly to the original surface should be avoided if the aim is to achieve a chromatic unity of the building as a whole.

## **6.7. Protection and water repellence**

The aim of these treatments is to facilitate the conservation of the materials by preventing or delaying the action of environmental and/or anthropogenic agents of deterioration.

---

<sup>23</sup> «If materials or parts were to be added that were indispensable for its stability or maintenance, the additions should be recognisable and avoid any mimetic confusion». Art. 39. Paragraph 2. Law 16/1985, of 25 June, concerning Spanish Historical Heritage (BOE (Spanish Official Gazette) of 29 June 1985).





**Figura 37.** Aplicación de hidrofugante en la portada principal de la catedral de Huesca.  
**Figure 37.** Application of waterproofing on the main entrance to Huesca Cathedral.

97

### *Requisitos y recomendaciones*

Antes de iniciar la intervención se determinará el criterio a seguir, acorde con los términos marcados por la legislación aplicable y las recomendaciones de las Cartas Internacionales. En cualquier caso, es necesario respetar las características estructurales y formales, así como las adiciones históricas, cuando éstas no supongan un riesgo para la conservación del bien cultural.

Las reintegraciones no son necesarias cuando las faltas o pérdidas de materia queden integradas en el efecto cromático y estético del conjunto y no afecten a la conservación, ni al reconocimiento del bien cultural. Deben ser discernibles pero quedar a su vez integradas, evitándose las adiciones miméticas y las reintegraciones formales ideales<sup>23</sup>.

Las reintegraciones con mortero deben plantearse cuando el área o volumen a reponer sea de pequeña extensión en relación al tamaño del elemento u objeto sobre el que se interviene y si ello no supone una merma en la resistencia mecánica del mismo. Se recomienda el uso de mezclas de comportamiento mecánico e hídrico compatible con el de los materiales originales (UNE 41807, 2012 y prEN 16572, 2013).

---

<sup>23</sup> «Si se añadiesen materiales o partes indispensables para su estabilidad o mantenimiento, las adiciones deberán ser reconocibles y evitar las confusiones miméticas». Art. 39. Párrafo 2. Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español (BOE de 29 de junio de 1985).

*Requirements and recommendations:*

These products should only be applied when solutions have been found to the influx of water due to problems involving capillary ascension or poorly functioning rainwater collection and drainage systems.

The protection of façades should be accompanied by a study in which modifications to the surface runoff should be considered, in order to prevent the emergence of any further damage.

As a preliminary step before protective and water-repelling products are utilised, care should be taken to ensure the support element is dry, clean and free of salts.

Stable, compatible products and methods should be used to reduce the liquid water absorption of the material. There should be no substantial modification of the properties of permeability to water vapour, or residue capable of damaging the original materials or of forming harmful substances as they age. They also need to remain stable when subjected to UV radiation and not alter the aesthetic and/or chromatic features of the cultural property (appearance, brightness, colour).

Selection should take place after a number of standardised tests, it being advisable to control basic parameters such as absorption/desorption capacity, permeability to water vapour, contact angle, colour and brightness. Controls should also be conducted for effectiveness, durability and quality while the work is being done and once the intervention is complete (prEN 16302, 2011; prEN 16322, 2011; prEN 16581, 2013; UNE-EN 15801, 2010; UNE-EN 15802, 2010; UNE-EN 15803, 2010 and UNE-EN 15886, 2011).

98



**Figura 38.** Inspección de mantenimiento en la catedral de Sevilla.

**Figure 38.** Maintenance inspection in Seville Cathedral.

Cuando se trate de restituir funciones estructurales, se realizará la sustitución con piedra natural de características petrofísicas similares a la original. La selección de la misma se basará en criterios de discernibilidad, idoneidad, compatibilidad y durabilidad, utilizándose en la medida de lo posible material del entorno geológico del bien cultural.

Únicamente es justificable la sustitución de aquellos elementos que por su avanzado estado de deterioro hayan dejado de cumplir su función estructural o de protección y, en casos excepcionales, de aquellos otros cuya conservación *in situ* resulte probadamente imposible.

La colocación de prótesis o de cualquier otro tipo de elementos ajenos a las fábricas, destinados a mejorar las condiciones de carga o equilibrio, deben tener en cuenta el criterio de mínima intervención sobre el material original y ser compatibles con el sistema constructivo, para no provocar nuevas lesiones. Es necesario valorar en cada caso los posibles daños mecánicos que se puedan generar durante el proceso.

En lo referente a las policromías y acabados, las reintegraciones se justificarán por el reconocimiento formal de las mismas. Si las lagunas de color no distorsionan la unidad del conjunto, no será necesario efectuar reintegraciones cromáticas.

Se deben evitar los entonados aplicados directamente sobre la superficie original cuya finalidad sea conseguir una unidad cromática del conjunto.

## 6.7. Protección e hidrofugación

El objetivo de estos tratamientos es favorecer la conservación de los materiales, evitando o retardando la acción de los agentes ambientales y/o antrópicos de deterioro.

99

### *Requisitos y recomendaciones:*

Estos productos tan sólo deben aplicarse cuando se hayan solucionado los aportes de agua por problemas de ascensión capilar o por un deficiente funcionamiento de los sistemas de recogida y evacuación de pluviales.

La protección de las fachadas irá acompañada de un estudio en el que se contemplen las modificaciones que sufrirán las escorrentías superficiales, con el fin de evitar la posible aparición de nuevos deterioros.

Como paso previo al empleo de productos protectores e hidrofugantes el soporte debe estar seco, limpio y libre de sales.

Se emplearán productos y métodos estables y compatibles que reduzcan la absorción de agua líquida en el material. No deben modificar sustancialmente las propiedades de permeabilidad al vapor de agua, ni producir residuos capaces de dañar los materiales originales o formar sustancias nocivas al envejecer. También ser estables frente a la radiación ultravioleta y no alterar las características estéticas o cromáticas del bien cultural (aspecto, brillo, color).

La selección debe realizarse tras una serie de ensayos normalizados, recomendándose controlar parámetros fundamentales como el ángulo de contacto, la permeabilidad al vapor de agua, la capacidad de absorción/desorción, el color y el brillo. Se efectuarán asimismo controles de eficacia, durabilidad y calidad, durante el desarrollo de los trabajos y con posterioridad a la intervención (UNE-EN 15801, 2010; UNE-EN 15802, 2010; UNE-EN 15803, 2010 y UNE-EN 15886, 2011; prEN 16302, 2011; prEN 16322, 2011; prEN 16581, 2013).



Figura 39. Curso de formación especializada en el IPCE.

Figure 39. Specialised training course at the IPCE (the Spanish Cultural Heritage Institute).

100

Anti-graffiti treatments should meet the same requirements as those specified above for hardeners and water repellents.

It is recommended that the protective products used are made by the same manufacturer as those utilised for consolidation in order to avoid any incompatibilities deriving from their formulation.

## 7. Preventive conservation and maintenance

Just as deterioration processes in cultural properties do not occur spontaneously but are triggered by causes generally associated with environmental factors or with the way these properties are used and managed, likewise their conservation does not end with the stabilisation of such processes at the time of intervention.

As mentioned in the general recommendations (Section 3), any proposed intervention should be included in a conservation process for the cultural property managed via a Preventive Conservation Plan.

This Preventive Conservation Plan should develop the procedures to be implemented for monitoring and controlling the factors that determine the risks of deterioration, the protocols for programmed maintenance<sup>24</sup> and the precautions to be taken in case

---

<sup>24</sup> The 1987 *Restoration Charter* defines Maintenance as «the set of repeated programmed activities, designed to maintain cultural assets in optimum condition with respect to integrity and functionality, particularly after they have undergone exceptional conservation and/or restoration work». The scheduling and execution of regular cycles of maintenance and monitoring the state of conservation of a monument is the sole guarantee that such preventive measures are timely and appropriate for the work with respect to the nature of the interventions and their frequency.

Los tratamientos antigrafiti deben cumplir las mismas exigencias que las ya especificadas para los consolidantes e hidrofugantes.

Se recomienda la utilización de productos de protección del mismo fabricante que los empleados en la consolidación, con el fin de evitar incompatibilidades derivadas de su formulación.

## 7. Conservación preventiva y mantenimiento

De la misma manera que los procesos de deterioro no se producen de forma espontánea, sino que obedecen a unas causas que generalmente están relacionadas con factores del medio o con el modo de uso y gestión de los bienes culturales, su conservación no acaba con la estabilización de estos procesos en el momento de la intervención.

Según se mencionaba en las recomendaciones generales (apartado 3), todo proyecto de intervención debe incluirse en un proceso de conservación del bien cultural gestionado a través de un Plan de Conservación Preventiva.

Este Plan de Conservación Preventiva debe desarrollar los procedimientos de seguimiento y control de los factores que determinan los riesgos de deterioro, los protocolos de mantenimiento programado<sup>24</sup> y las medidas de actuación en caso de emergencias. En cada uno de estos apartados, se diseñarán e integrarán las rutinas adecuadas para permitir el seguimiento de la intervención realizada.

En la memoria final se describirán estos procedimientos, detallando las tareas necesarias, la periodicidad de las mismas, y los técnicos competentes para su ejecución, con el objetivo de supervisar la eficacia de la actuación y permitir un seguimiento posterior y específico de los factores que han influido en los procesos de deterioro que determinaron la necesidad de la misma.

Los procedimientos de seguimiento y control pueden generar acciones de conservación preventiva, conservación curativa o de restauración<sup>25</sup> que deben incorporarse al Plan de Conservación Preventiva del bien cultural. Las intervenciones servirán además para extraer conclusiones acerca de la idoneidad de los tratamientos o de las medidas adoptadas para la estabilización de un determinado proceso de deterioro, así como de los posibles problemas derivados de una inadecuada aplicación.

## 8. Memoria

Una vez finalizada la intervención se debe reunir toda la documentación generada durante cada una de las fases en una memoria detallada.

Esta memoria recogerá los diferentes estudios e investigaciones realizados, así como una descripción pormenorizada de los criterios y metodología, de los productos

---

<sup>24</sup> La *Carta del Restauro* de 1987 define mantenimiento como «el conjunto de actuaciones programáticamente recurrentes, encaminadas a mantener los objetos de interés cultural en condiciones óptimas de integridad y funcionalidad, especialmente después de que hayan sufrido intervenciones excepcionales de conservación y/o restauración». La programación y ejecución de ciclos regulares de mantenimiento y de control del estado de conservación de un monumento es la única garantía de que la prevención sea oportuna y apropiada a la obra en lo que se refiere al carácter de las intervenciones y a su frecuencia».

<sup>25</sup> ICOM-CC en 2008 actualiza la terminología descrita a este respecto en las *Cartas del Restauro*, definiendo los términos conservación, conservación preventiva, conservación curativa y restauración. También se incluyen en la norma UNE EN 15898, 2012.

of emergency. In each of these sections, appropriate routines should be designed and incorporated to enable the intervention to be monitored and followed up.

The final report should contain a description of these procedures, with details of the tasks involved, their frequency, and the technical experts required for their implementation in order to oversee the efficiency of the intervention and allow for subsequent, specific monitoring of the factors influencing the processes of deterioration that gave rise to such need.

The monitoring and follow-up procedures can lead to action involving preventive conservation, remedial conservation or restoration<sup>25</sup> which should be incorporated in the cultural property's Preventive Conservation Plan. Interventions should also be used to reach conclusions concerning the suitability of the treatments or measures adopted for the stabilisation of a given deterioration process, along with any potential problems arising from an inappropriate application.

## 8. Report

Once the intervention is complete, all the documents generated during each of the phases should be gathered together in a detailed report.

This report should reflect the various studies and research conducted along with a detailed description of the criteria and methodology used, the products (concentrations, scientific and commercial names), equipment and methods employed, and the working conditions in which they were utilised. The specifications for each of these items should be attached.

The different interventions should be located with precision on a graphic support (mapping system), clearly illustrating the whole process with photographic documentation. The format should be uniform, with fixed codes which, as in the case of the map of alterations, should be established beforehand.

Likewise, recommendations concerning the overseeing of the suitability and the evolution of the intervention should be presented in detail, along with the procedures for monitoring and controlling the risks of deterioration in accordance with the provisions set out in Section 7 on preventive conservation.

Such information should be made available at a minimum of two public documentation centres for consultation for future interventions.

---

<sup>25</sup>In 2008 ICOM-CC updated the relevant terminology in the Restoration Charters, defining the terms conservation, preventive conservation, remedial conservation and restoration. They are also included in UNE EN 15898, 2012.

(concentraciones, nombre científico y comercial), equipos y métodos empleados, así como de las condiciones de trabajo en las que se han utilizado. Deben adjuntarse las fichas técnicas correspondientes a cada uno de ellos.

Las distintas intervenciones se localizarán exactamente sobre un soporte gráfico (cartografías), ilustrando claramente con documentación fotográfica todo el proceso. El formato debe ser uniforme, con códigos fijos que, al igual que en el mapa de alteraciones, deben establecerse con anterioridad.

Asimismo, se detallarán las recomendaciones relativas a la supervisión de la idoneidad y evolución de la intervención, así como a los procedimientos de seguimiento y control de los riesgos de deterioro, de acuerdo con lo mencionado en el apartado 7 sobre conservación preventiva.

Esta información debe quedar depositada en al menos dos centros de documentación de carácter público, para su consulta en futuras intervenciones.

## Bibliografía / Bibliography

ALONSO, F. J.; ORDAZ, J., y ESBERT, R. M.<sup>a</sup> (2013): *Indicadores del deterioro en los materiales pétreos de edificación. Clasificación y análisis de los daños*. Departamento de Geología, Universidad de Oviedo. Instituto del Patrimonio Cultural de España.

CONSEJO DE EUROPA (1985): *Convenio para la Salvaguarda del Patrimonio Arquitectónico de Europa*, n.º 121. Granada (BOE n.º 155/1989, artículo 10.5).

103

CORROTO, M.; SABADOR, E.; MEDINA, C.; FRÍAS, M., y SÁNCHEZ DE ROJAS, M. I. (2012): «Reparación de revocos de morteros. Nuevos documentos normativos de AENOR», en *Informes de la Construcción*, vol. 64, n.º extra, pp.141-151.

ECCO (2004): *La profesión y su código ético*.

EN 16095 (2010): *Conservation of cultural property. Condition recording for movable heritage (Conservación del patrimonio cultural. Informe de estado del patrimonio cultural mueble)*.

EN 16096 (2010): *Conservation of cultural property. Condition survey and report of built cultural heritage (Conservación de patrimonio cultural. Inspección e informe sobre el estado de conservación del patrimonio cultural construido)*.

EN16085 (2012): *Conservation of cultural property. Methodology for sampling from materials of cultural property-General rules (Conservación del patrimonio cultural. Metodología para la toma de muestras del patrimonio cultural. Directrices generales)*.

ICOMOS (2003): *Medidas Correctoras y de Control de los Principios para el Análisis, Conservación y Restauración de las Estructuras del Patrimonio Arquitectónico*. Zimbabwe.

ICOMOS-ISCS (2011): *Glosario ilustrado de formas de deterioro de la piedra*. Monumentos y Sitios XV.

prEN 16302 (2012): *Conservation of cultural property. Test methods. Measurement of water absorption by pipe method (Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Medición de la absorción de agua por el método de la pipeta).*

prEN 16322 (2013): *Conservation of cultural property. Test methods. Determination of drying properties (Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Determinación de las propiedades de secado).*

prEN 16455 (2012): *Conservation of cultural heritage. Determination of soluble salts in natural stone and related artificial materials used in cultural heritage.*

prEN 16515 (2012): *Conservation of cultural heritage. Guidelines to characterize natural stone used in cultural heritage.*

prEN 16572 (2013): *Conservation of cultural heritage. Glossary of technical terms concerning mortars for masonry, renders and plasters used in cultural heritage. (Glosario de términos técnicos sobre morteros de mampostería, revocos y enlucidos usados en el patrimonio cultural).*

prEN 16581 (2013): *Conservation of cultural heritage-Surface protection for porous inorganic materials. Laboratory test methods for the evaluation of the performance of water repellent products (Conservación del patrimonio cultural. Protección de la superficie de materiales inorgánicos porosos. Métodos de ensayo de laboratorio para la evaluación del comportamiento de productos hidrofugantes).*

104

TORRES, L., y ESBERT, R. M.<sup>a</sup> (2004): *Jornadas sobre criterios de intervención en materiales pétreos* (inédito). Coordinadores científicos: Luis Torres, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México y Rosa M.<sup>a</sup> Esbert, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad de Oviedo. México D. F.: Centro Cultural de España.

UNE-EN 459-1 (2011): *Cales para la construcción. Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad.*

UNE-EN 12878 (2007) (ERRATUM: 2008): *Pigmentos para la coloración de materiales de construcción fabricados a partir de cemento y/o cal. Especificaciones y métodos de ensayo.*

UNE-EN 13139 (2003) (AC: 2004): *Áridos para morteros.*

UNE-EN 15758 (2011): *Conservación del patrimonio cultural. Procedimientos e instrumentos para la medición de las temperaturas del aire y de las superficies de los objetos.*

UNE-EN 15759-1 (2012): *Conservación del patrimonio cultural. Clima interior. Parte 1: Recomendaciones para la calefacción de iglesias, capillas y otros lugares de culto.*

UNE-EN 15801 (2010): *Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Determinación de la absorción de agua por capilaridad.*

UNE-EN 15802 (2010): *Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Determinación del ángulo de contacto estático.*

UNE-EN 15803 (2010): *Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Determinación de la permeabilidad al vapor de agua.*



- UNE-EN 15886 (2011): *Conservación del Patrimonio Cultural. Métodos de ensayo. Medición del color de superficies.*
- UNE-EN 15898 (2012): *Conservación del patrimonio cultural. Principales términos generales y definiciones.*
- UNE 41805-1 (2009): *Diagnóstico de edificios. Parte 1: Generalidades.*
- UNE 41805-2 (2009): *Diagnóstico de edificios. Parte 2: Estudios históricos.*
- UNE 41805-3 (2009): *Diagnóstico de edificios. Parte 3. Estudios constructivos y patológicos.*
- UNE 41805-4 (2009): *Diagnóstico de edificios. Parte 4. Estudio patológico de la estructura del edificio. Terreno y cimentación.*
- UNE 41805-5 (2009): *Diagnóstico de edificios. Parte 5. Estudio patológico de la estructura del edificio. Estructuras de fábrica.*
- UNE 41805-6 (2009): *Diagnóstico de edificios. Parte 6: Estudio patológico de la estructura del edificio. Estructuras de hormigón.*
- UNE 41805-7 (2009): *Diagnóstico de edificios. Parte 7: Estudio patológico de la estructura del edificio. Estructuras metálicas.*
- UNE 41805-8 (2009): *Diagnóstico de edificios. Parte 8: Estudio patológico de la estructura del edificio. Estructuras de madera.*
- UNE 41805-9 (2009): *Diagnóstico de edificios. Parte 9: Estudio patológico del edificio. Cubiertas.*
- UNE 41805-10 (2009): *Diagnóstico de edificios. Parte 10: Estudio patológico del edificio. Fachadas no estructurales.*
- UNE 41805-11 (2009): *Diagnóstico de edificios. Parte 11: Estudio patológico del edificio. Carpintería de ventanas y cerrajería.*
- UNE 41805-12 (2009): *Diagnóstico de edificios. Parte 12: Estudio patológico del edificio. Particiones interiores y acabados.*
- UNE 41805-13 (2010): *Diagnóstico de edificios. Parte 13: Estudio patológico del edificio. Instalaciones.*
- UNE 41805-14 (2010): *Diagnóstico de edificios. Parte 14: Informe del diagnóstico.*
- UNE 41806-1 (2009): *Conservación de edificios. Limpieza de elementos constructivos. Parte 1: Clasificación de los métodos de limpieza.*
- UNE 41806-2 IN (2009): *Conservación de edificios. Limpieza de elementos constructivos. Parte 2: Técnicas de limpieza con agua.*
- UNE 41806-3 IN (2009): *Conservación de edificios. Limpieza de elementos constructivos. Parte 3: Técnicas de limpieza mecánica.*

UNE 41806-4 IN (2009): *Conservación de edificios. Limpieza de elementos constructivos. Parte 4: Técnicas de limpieza con láser.*

UNE 41806-5-1 IN (2009): *Conservación de edificios. Limpieza de elementos constructivos. Parte 5-1: Técnicas de limpieza química. Aplicación en forma de solución.*

UNE 41806-5-2 IN (2009): *Conservación de edificios. Limpieza de elementos constructivos. Parte 5-2: Técnicas de limpieza química. Aplicación en forma de apósitos.*

UNE 41807 IN (2012): *Reparación de revocos de morteros.*

UNESCO (2000): *Principios para la Conservación y Restauración del Patrimonio Construido.* Cracovia.

VV.AA. (2003): «Criterios de intervención en materiales pétreos», en *Bienes Culturales*, n.º 2 Anexo. Madrid: Instituto del Patrimonio Histórico Español. Disponible en: <http://www.calameo.com/read/0000753350004e02484ad>





Descripción y clasificación  
de los indicadores de deterioro  
Description and classification  
of deterioration indicators



# Indicadores del deterioro en los materiales pétreos de edificación. Clasificación y análisis de los daños

**Francisco Javier Alonso**

Departamento de Geología. Universidad de Oviedo  
jalonso@geol.uniovi.es

**Jorge Ordaz**

Departamento de Geología. Universidad de Oviedo

**Rosa M.<sup>a</sup> Esbert<sup>†</sup>**

Departamento de Geología. Universidad de Oviedo

111

Los procesos de alteración que afectan a los materiales pétreos provocan cambios en el aspecto y naturaleza de los mismos, así como en sus propiedades y comportamiento. El grado de modificación es variable y depende de la interacción entre las características intrínsecas del material y las condiciones ambientales. El resultado es la aparición de formas de alteración, conocidas también como daños o lesiones. Estas formas adquieren una especial relevancia cuando se detectan en los materiales de edificación, ya que además de constituir indicadores del deterioro, en la mayoría de casos, y dependiendo de su intensidad, llevan asociada una percepción estética del edificio o monumento distinta de la original.

En este sentido y fruto de la experiencia adquirida a lo largo de más de treinta años en el ámbito de la edificación monumental, el grupo de «Caracterización Petrofísica, Durabilidad y Conservación de Materiales Pétreos», del Departamento de Geología de la Universidad de Oviedo, presenta este trabajo, cuyo antecedente es el glosario publicado hace más de dos décadas (Ordaz y Esbert, 1988). Dado el tiempo transcurrido nos pareció conveniente llevar a cabo su actualización y ampliación, a la luz de las últimas aportaciones de otros autores y organismos internacionales.

El objetivo es agrupar los distintos términos relacionados con los daños que afectan a los materiales pétreos, estableciendo entre ellos relaciones de orden y de equivalencia, consecuencia del análisis de los conceptos involucrados en el tema. A diferencia de las clasificaciones al uso que toman criterios genéticos –daños de origen físico, químico y biológico– en este caso se ha empleado un criterio descriptivo, más fácil de establecer a priori, como es la pérdida o ganancia de materia en la superficie de la piedra. Este nuevo criterio, además de ser útil para identificar las lesiones, presenta gran interés a la hora de plantear las labores de intervención.

# Indicators of deterioration in stone building materials. Classification and analysis of damage

Francisco Javier Alonso

Department of Geology  
University of Oviedo [jalonso@geol.uniovi.es](mailto:jalonso@geol.uniovi.es)

Jorge Ordaz

Department of Geology. University of Oviedo

Rosa M.<sup>a</sup> Esbert<sup>†</sup>

Department of Geology. University of Oviedo

112

The alteration processes affecting stone materials cause changes in their nature and appearance as well as in their properties and behaviour. The degree of modification is variable and depends on the interaction between the intrinsic features of the material and environmental conditions. The outcome is the emergence of different types of alterations, which are also known as damage or decay. These forms acquire a particular relevance when detected in building materials because, apart from being indicators of deterioration, in most cases, and depending on their intensity, they are associated with the perceived aesthetics of the building or monument and differ from the original.

In this regard, as a result of experience acquired over more than thirty years in the field of the monument construction sector, the group «Petrophysical Characterisation, Durability and Conservation of Stone Materials», from the Department of Geology at the University of Oviedo has written this article, the precursor of which is the glossary published over two decades ago (Ordaz & Esbert, 1988). Given the time that has transpired we thought it advisable to update and extend that work, in light of recent contributions from other authors and international institutions.

Our aim, as a result of the analysis of the concepts concerned with this issue, is to group together the various terms related to damage that can affect stone materials, establishing superordinate and equivalent relationships between them. Unlike the usual classifications, which are based on genetic criteria –damage caused by physical, chemical and biological agents– in this case, a descriptive criterion has been used making it easier to establish, a priori, the material loss or gain of the stone's surface. Apart from being useful for identifying decay, this new criterion is extremely interesting when it comes to deciding on what tasks to include in the intervention.

While this work was being carried out, the *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns* was published by ICOMOS-ISCS in several languages (English, French and



Mientras se estaba elaborando este trabajo se editó el *Glosario ilustrado de formas de deterioro de la piedra* por ICOMOS-ISCS en varios idiomas (inglés, francés y español). Su planteamiento es parecido, por lo que en cuanto a la definición de los términos y sus correspondientes ilustraciones remitimos a dicha publicación.

De acuerdo con el objetivo inicial, el análisis de las lesiones presentado incluye una clasificación descriptiva y jerarquizada de los daños, unas tablas con los términos en español y sus equivalentes en inglés, francés e italiano, un atlas con imágenes de las formas de alteración más relevantes y un glosario. Para los términos italianos se ha tenido en cuenta el glosario perteneciente a la colección de normas del CNR-ICR, editado con anterioridad e igualmente ilustrado.

La principal finalidad de este trabajo es proporcionar un léxico común en el ámbito de la conservación de los materiales pétreos, para un mejor entendimiento entre los distintos especialistas implicados en el tema. Los autores desean señalar que la elaboración final del texto se ha visto enriquecida con las aportaciones de otros colegas y expertos en la materia, a los que desde aquí agradecemos su colaboración.

## 1. Clasificación y análisis de los daños

Los procesos de alteración llevan asociados cambios en el aspecto y en la naturaleza de los materiales, y también en sus propiedades y comportamiento. El grado de modificación varía, de forma más o menos gradual, desde la superficie expuesta hacia el interior del material. El resultado de estos procesos son los daños o lesiones que presentan las superficies alteradas. En este sentido es conocida la importancia que tiene el estado de los materiales en los edificios, tanto por su función arquitectónica, como por la percepción estética que confieren al conjunto.

El objetivo del análisis del deterioro de los materiales pétreos usados en edificación es establecer su estado de alteración actual, conocer los procesos implicados en su desarrollo y, en la medida de lo posible, predecir su evolución. En ese análisis hay que distinguir entre el tipo, la distribución y la intensidad de las lesiones, y con esa información determinar el grado de deterioro. El tipo de lesión se establece a partir de la morfología, el estado de agregación de la superficie y, si ha lugar, la naturaleza de los productos de alteración. La gravedad de una lesión guarda relación con su desarrollo en extensión y en profundidad, consecuencia de las modificaciones que experimenta la superficie del material. A partir de esos datos es preciso deducir los principales factores implicados en su desarrollo y los procesos de alteración generados. Todo ello tiene un interés práctico, y condiciona las actuaciones a realizar en las intervenciones de conservación, ya que es necesario conocer primero las causas para actuar sobre ellas –eliminar o minimizar los agentes de deterioro– y después adoptar las medidas de restauración más apropiadas.

113

## 2. Tipos de daños

Existe abundante información relativa a los tipos de lesiones: diccionarios, glosarios, normas, páginas electrónicas, textos generales o trabajos específicos (ver bibliografía). Los primeros presentan las lesiones ordenadas alfabéticamente, mientras que en los textos con frecuencia se clasifican y se toma para ello criterios genéticos (lesiones de origen físico, mecánico, químico, biológico...), lo cual no siempre es fácil de establecer

Spanish). Its approach is similar, and therefore, regarding the definition of terms and their relevant illustrations we refer to said publication.

In keeping with the original purpose, the analysis of the decay submitted includes a hierarchised descriptive classification of the damage, tables with the terms in Spanish and their equivalents in English, French and Italian, an atlas with images of the most relevant types of alterations and a glossary. For the Italian terms, reference was made to the glossary from the collection of standards established by CNR-ICR, published at an earlier date and which also included illustrations.

The main purpose of this work is to provide a common lexicon within the field of the conservation of stone materials and provide a better understanding, for and between, the various specialists concerned with this topic. The authors wish to point out that the final draft of the text was enriched by contributions from other colleagues and experts on the subject to whom we would like to take the opportunity here to thank for their help.

## 1. Classification and analysis of damage

Alteration processes are associated with changes in the appearance and in the nature of the materials, and also in their properties and behaviour. The degree of modification varies, in a more or less gradual fashion, from the exposed surface to the inside of the material. These processes lead to the damage or decay presented by the altered surfaces. In this regard, the importance of the state of the materials of the buildings, both on account of their architectural role and also because of the perceived aesthetics conferred on the property as a whole.

114

The purpose of analysing the deterioration of the stone materials used in building is to establish their current state of alteration, find out the processes involved in their development, and, to all extents possible, predict their evolution. In this analysis we distinguish between the type, distribution and severity of decay, and use this information to determine the degree of deterioration. The type of decay is established by the morphology, the state of aggregation of the surface and, where applicable, the nature of the products of alteration. The severity of the decay is linked to how deep or extensive it is as a result of the modifications on the surface of the material. Based on this information, we need to determine the key factors involved in its development and the alteration processes generated. This is all very interesting on a practical level as it determines the action that needs to be taken in conservation interventions. It is therefore imperative, first of all, to know the causes to be able to deal with them –by removing or minimising the deterioration agents– and then to adopt the most appropriate restoration measures.

## 2. Types of damage

There is a wealth of information concerning types of decay: Dictionaries, glossaries, standards, websites, general texts, and specific articles (see bibliography). The former present types of decay in alphabetical order, whereas in texts these are often classified using genetic criteria as the starting point (for example, physical, mechanical, chemical, biological decay), which is not always so easy to establish *a priori*. In the initial diagnosis, when the damage has to be described and named in preliminary inspections, the

*a priori*. En el diagnóstico inicial, cuando en las inspecciones preliminares hay que describir y nombrar los daños, no siempre son bien conocidos los procesos que los generan, por lo cual es conveniente utilizar términos que en primera acepción sean descriptivos.

A veces una determinada lesión puede generarse por distintas causas o también puede ser consecuencia de varios procesos que actúan simultáneamente. Por ejemplo, una disgregación puede tener distintos orígenes, dependiendo de las características del material y de las condiciones del ambiente. Así, en una arenisca con arcillas el agua puede producir expansión en determinados minerales arcillosos (proceso físico) y los granos pierden cohesión y se disgregan. En una arenisca con cemento calcáreo, el agua disuelve el cemento (proceso químico) y el resultado también es la pérdida de cohesión. Si la arenisca es porosa y el agua contiene sales solubles, la cristalización periódica de esas sales genera tensiones (proceso físico) y puede conducir igualmente a la disgregación del material.

Las clasificaciones descriptivas siempre son más objetivas y sencillas de utilizar que las genéticas. Un criterio descriptivo de primer orden para clasificar las lesiones es observar si suponen pérdida o ganancia de materia respecto a la superficie original. Este criterio, además, es útil desde el punto de vista aplicado, puesto que la intervención que requieren esos dos géneros de daños va a ser distinta. Otro criterio subordinado al anterior –también descriptivo y eminentemente práctico– es considerar las características de la superficie del material alterado en cuanto a si es coherente o está descohesionada. Por otra parte, una buena clasificación debe seleccionar los términos, definirlos y establecer entre ellos relaciones de orden (términos genéricos y específicos), de equivalencia (sinónimos) y de parentesco (relacionados).

115

De acuerdo con estos criterios se han establecido en primer lugar cuatro grupos de lesiones, desde este punto de vista descriptivo:

1. Lesiones que comportan pérdida de materia (erosiones, desprendimientos...).
2. Lesiones que implican aporte de materia (depósitos y productos de alteración).
3. Lesiones que sólo afectan al color o brillo de la superficie (cambios cromáticos...).
4. Lesiones relacionadas con la deformación y rotura del material.

En los dos últimos casos, a diferencia de los primeros, no se producen pérdidas ni aportes significativos de materia en la superficie pétreo. Dentro de cada uno de esos grupos se establecen y describen los distintos tipos de lesiones, se valora su importancia y se consideran sus aspectos genéticos.

Las lesiones que se describen a continuación pueden considerarse tipos básicos. En los edificios o monumentos los materiales pétreos suelen presentar lesiones más complejas, que responden a tipos intermedios o compuestos respecto de los elementales o básicos. Esto es debido a la existencia de diferentes procesos que pueden darse de forma simultánea o consecutiva. Sucede también que al cambiar las condiciones ambientales a las que están sometidos los materiales –sobre todo en edificaciones antiguas– pueden darse formas de alteración fósiles; es decir que no son activas en el momento actual y cuya conservación debe ser objeto de estudio.

Así, por ejemplo, en edificaciones monumentales pueden verse ampollas y costras en zonas donde no se dan condiciones para ello, pero que probablemente en el pasado estuvieron expuestas a variaciones de humedad, con depósitos y sales, generándose dichas lesiones; esto puede observarse en algunos capiteles del monasterio de Silos.

processes that generate such damage are not always known. Hence, it is advisable to use terms that in the first instance are descriptive.

Sometimes a specific type of decay can be due to various causes or it can also be the outcome of several processes all occurring at the same time. For example, disintegration may be due to various reasons, depending on the characteristics of the material and the environmental conditions. Thus, in clayey sandstone, water might cause expansion in certain clay minerals (physical process) and the grains lose cohesion and break up. In a sandstone with calcareous cement, water dissolves the cement (chemical process) and the result is also a loss of cohesion. If the sandstone is porous and the water contains soluble salts, the periodic crystallisation of these salts generates tensions (physical process) and can also lead to the disintegration of the material.

Descriptive classifications are always more objective and simpler to use than their genetic equivalents. One key descriptive criterion for classifying decay is observing whether material loss or gain is suspected with respect to the original surface. Furthermore, this criterion is also useful with respect to its application, since the intervention required by these two types of decay will be different. Another lesser criterion –also descriptive and eminently practical– is to consider the characteristics of the surface of the altered material to see whether it has, or lacks, cohesion. Moreover, good classification should select the terms, define them and establish relationships between them concerning order (generic and specific terms), equivalence (synonyms) and family (relatedness).

In keeping with these criteria and first of all, four groups of decay have been established from a descriptive point of view:

116

1. Types of decay that involve loss of material (erosions, detachments, etc.).
2. Types of decay involving additional material (deposits and alteration products).
3. Decay that only affects the colour or brightness of the surface (changes in colour, etc.).
4. Decay related to the deformation and breakage of the material.

In the last two cases, unlike the first ones, there are no significant material losses or gains in the stone surface. Within each of these groups the various types of decay are established and described, their importance is evaluated, and their genetic aspects are considered.

The types of decay that are described below can be taken as basic. In buildings or monuments, stone materials usually manifest more complex forms of decay which respond to intermediate or composite as opposed to elementary or basic types of damage. This is due to the existence of various processes that may occur either simultaneously or consecutively. It also happens when there is a change in the environmental conditions to which the materials are subjected –in particular, in older buildings– leading to the possible occurrence of types of fossil alteration. That is to say, they are not active at present and their conservation should be analysed.

Thus, for example, in monuments, blistering and crusting may be seen in areas that are not pre-disposed to this type of decay, but which were in all likelihood exposed in the past to changes in humidity with deposits and salts, thereby generating such damage. This can be observed in some of the capitals in the Monasterio de Silos. In other cases, such as on the dome of Burgos Cathedral, there are black deposits with a similar development on healthy parts and adjacent areas showing alterations. The altered areas

En otros casos, como en el cimborrio de la catedral de Burgos, hay depósitos negros con similar desarrollo sobre zonas sanas y alteradas adyacentes. Las zonas alteradas muestran aspecto de haber sufrido disgregación, sin embargo actualmente aparecen negras, por lo que se trata de un proceso pasado. Junto a ellas se observan otras zonas igualmente alteradas pero blancas, con procesos de disgregación activos.

Finalmente, cabe señalar que los términos utilizados para designar las lesiones, con frecuencia tienen un doble significado: de acción (proceso) y de efecto (resultado del proceso). Esta doble acepción puede observarse en términos como: erosión, abrasión, disgregación, disolución, corrosión, etc. Sin embargo, otros términos –sobre todo los que indican aporte de materia– sólo se utilizan en el sentido de efecto: depósito, pátina, costra, eflorescencia, etc. Por ello, para referirse sólo a los efectos se habla de indicadores de deterioro, formas de alteración, daños o lesiones.

En la tabla 1 se muestra la denominación que reciben los términos generales relacionados con la alteración y los daños, y en tablas 2, 3, 4 y 5 se agrupan y relacionan los términos específicos de cada grupo de lesiones. En ellas figura en primer lugar el término en español que se consideran más apropiado –el más sencillo normalmente– y su equivalente en inglés, francés e italiano. Seguidamente y teniendo en cuenta su uso, se indican otros términos que pueden considerarse sinónimos dentro del correspondiente idioma.

## 2.1. Pérdida de materia

Distintas lesiones tienen como resultado la pérdida de materia, produciendo un retroceso de la superficie expuesta y una disminución de volumen, así como la pérdida de detalles en las superficies labradas (tabla 2). Este hecho también se conoce como erosión, en el sentido descriptivo y más amplio del término. Dentro de esta clase de daños se pueden distinguir varios tipos de lesiones, de acuerdo con la morfología y el estado de agregación de la superficie alterada. Dichos tipos pueden estar más o menos condicionados por las características del material y los agentes de alteración.

117

### 2.1.1. Erosiones

En sentido más restringido y preciso, la erosión se refiere a la abrasión, a las distintas erosiones diferenciales y a los daños mecánicos. El término abrasión se aplica a un tipo específico de erosión de origen natural, donde la pérdida de materia es básicamente uniforme y la superficie del material erosionado se mantiene coherente. La acción abrasiva se atribuye a los agentes externos, sobre todo al viento cargado de partículas y a la lluvia, los cuales producen desgaste por fricción y arrastre del material erosionado.

A veces la pérdida de materia no es uniforme y la superficie alterada presenta erosión diferencial o erosión selectiva. Esto ocurre cuando la erosión está controlada por las características petrográficas del material y algunos componentes normalmente propios de rocas sedimentarias (granos, fósiles, nódulos, matriz, cemento...) son más o son menos resistentes a la erosión que el resto, dando lugar a pequeños relieves o, por el contrario, a pequeñas oquedades respecto al nivel medio de la superficie. En estas rocas se puede hablar de pérdida de componentes, y distinguir entre pérdida de granos y pérdida de matriz, lo que implica en ambos casos que la superficie del material sufre un aumento de rugosidad. En edificación también se habla de erosión diferencial cuando varía el grado de erosión de unos elementos a otros –por ejemplo en sillares

manifest an appearance of having undergone a process of disintegration. Nevertheless, they now look black and therefore the process is one that took place in the past. Along with these, other equally altered, but this time white areas, can be seen, with active processes of disintegration.

Finally, we should point out that the terms used to designate decay, often have a double meaning: of action (process) and effect (result of the process). This double meaning can be observed in terms such as: erosion, abrasion, disintegration, dissolution, corrosion, etc. However, other terms –particularly those that indicate additional material– are only used in the sense of effect: deposit, patina, crust, efflorescence, etc. For this reason, to refer merely to effects, we use indicators of deterioration, types of alteration, damage or decay.

Table 1 shows the name received by the general terms related to alteration and damage, and Tables 2, 3, 4 and 5 are grouped together and relate to specific terms for each group of decay. In the first place, these tables show the Spanish term considered to be most appropriate –normally this is the simplest one– along with its equivalent in English, French and Italian. Then, depending on their use, other terms are indicated that might be considered synonymous within the relevant language.

## 2.1. Material loss

Different types of decay lead to loss of material causing the exposed surface to recede and volume to decrease, along with a loss of detail on carved surfaces (Table 2). This situation is also known as erosion, in the descriptive and broadest sense of the term. In this class, various types of decay can be distinguished in keeping with the morphology and the state of aggregation of the altered surface. Such types of decay can be more or less determined by the characteristics of the material and the agents of alteration.

118

### 2.1.1. Erosions

In a more restricted and precise sense, erosion refers to abrasion, to the different types of differential erosions and to mechanical damage. The term abrasion applies to a specific type of natural erosion, where the loss of material is quite uniform and the surface of the eroded material remains coherent. Abrasive action is attributed to external agents –particularly the wind loaded with particles– and rain, both of which cause wear as a result of the friction and drag on the eroded material.

Sometimes, the loss of material is uneven and the altered surface manifests differential erosion or selective erosion. This happens when the erosion is controlled by the material's petrographic features and some components that are normally typical in sedimentary rocks (grains, fossils, nodes, matrix, cement, etc.) are more or less resistant to erosion than the others, giving rise to low relief, or else to small cavities with respect to the average level of the surface. In these rocks we can speak of the loss of components, and distinguish between loss of grain and loss of matrix, which in both cases means that the material's surface increases in roughness. In construction we also talk about differential erosion when there is a varying degree of erosion between the different elements, for instance, in ashlar exposed to the same conditions, due to the fact that they come from materials with significant lithological differences, which cannot always be seen beforehand by the naked eye.

expuestos a las mismas condiciones—, debido a que proceden de materiales con diferencias litológicas importantes, no siempre apreciables previamente a simple vista.

Otras veces la erosión diferencial genera formas de alteración singulares como alveolización, acanaladura, estriadura y picado. La alveolización o erosión alveolar se distingue por la presencia de pequeñas cavidades redondeadas en la superficie del material, de forma y tamaño variable —de varios milímetros a varios centímetros—, escasa profundidad, a veces intercomunicadas y con aspecto de panal, presentando en su interior material disgregado (alveolos). Las rocas granulares, porosas y con algo de arcilla son favorables a la alveolización, si bien puede aparecer en muchos otros materiales. El correspondiente proceso se atribuye a la acción de las sales solubles y aerosoles marinos reforzada por el viento, presentándose con frecuencia en zonas próximas a la costa. También puede observarse en la parte inferior de algunos edificios, debido al ascenso capilar de agua rica en sales solubles (nitratos o fosfatos). Las acanaladuras se caracterizan por mostrar surcos anchos y poco profundos, paralelos entre sí y con disposición lineal, que dan a la superficie un aspecto más o menos ondulado. Cuando los surcos son más estrechos, similares a estriás, se denominan estriaduras o estriaciones. Ambas formas se deben a la anisotropía de los materiales, como ocurre en algunas rocas estratificadas en las que alternan capas con distinta resistencia a la erosión. Las acanaladuras a veces pueden formarse en procesos avanzados de alveolización cuando se unen varios alveolos situados en un mismo plano horizontal. El picado es una erosión puntiforme que se manifiesta por la presencia de pequeños orificios de tamaño milimétrico sobre una superficie esencialmente plana y coherente. Estas depresiones son debidas a la pérdida puntual de materia, consecuencia de distintos procesos, como el desprendimiento de granos por cristalización de sales solubles, la microperforación por organismos o la disolución selectiva de algún componente minoritario.

Además, los materiales pétreos pueden mostrar otro tipo de erosión diferencial si se utilizan en edificación en forma de sillares, normalmente unidos por un mortero. Cuando éste es poco resistente y se retrae, o si falta, la alteración de la piedra se ve favorecida en los bordes del sillar y éstos tienden a perder sus aristas y mostrar la superficie convexa por disgregación, produciéndose su redondeamiento. En sentido contrario, cuando el mortero de juntas es más resistente que la piedra, protege los bordes del sillar y su superficie presenta una morfología cóncava, resultado del vaciado o craterización del sillar. Este hecho puede deberse al uso de morteros incompatibles con los materiales pétreos, por sus características petrofísicas (baja porosidad, alta dureza...). A veces, el vaciado es consecuencia del avance de los procesos de alveolización y acanaladura en los sillares.

En otras ocasiones la pérdida de materia es más local y su origen es la actividad humana. En este caso se utilizan los términos excoiación o daño mecánico para agrupar distintos tipos de erosiones antrópicas, como las que pueden sufrir los edificios por actos vandálicos, accidentes, rozamientos o usos indebidos. De acuerdo con sus características se puede distinguir entre marca de impacto cuando las lesiones son provocadas por golpes violentos como los debidos a proyectiles; rayaduras, cuando son rozaduras realizadas con objetos punzantes como las causadas por el tráfico rodado; e incisiones, cuando son cortes profundos con herramientas como los producidos por el afilado de metales, las marcas de clavos o los grafitis realizados por incisión. La perforación se presenta como un hueco relativamente grande, de varios milímetros a centímetros, y sobre todo profundo. Normalmente en materiales de construcción su

At other times, differential erosion generates unique types of alteration such as alveolisation, grooving, striation and pitting. Alveolisation or alveolar erosion is distinguished by the presence of small rounded cavities on the material's surface, of variable shape and size (from several millimetres to several centimetres), shallow depth, sometimes interconnected and with a honeycombed appearance, with disintegrated material inside (alveoles). Granular, porous rocks, with some clay, are prone to alveolisation, even though it can appear in many other materials. The relevant process is attributed to the action of soluble salts and marine aerosols and intensified by the wind, and is often seen in areas near the coast. It can also be observed at the base of some buildings, due to the capillary ascension of water rich in soluble salts (nitrates or phosphates). Grooves are characterised by their wide, shallow furrows, running parallel in a linear arrangement, which lend the surface a sort of corrugated appearance. When the furrows are narrower, similar to striae, they are known as striations. Both shapes are due to the anisotropy of the materials, as found in some stratified rock formations with alternating layers of varying erosion resistance. Grooves can sometimes form in advanced alveolisation processes when several alveoles located on the same horizontal plane come together. Pitting is a point-like erosion created by the presence of small millimetric-sized holes on a surface that is essentially flat and coherent. These depressions are due to the specific loss of material, a result of various processes such as the detachment of grains due to the crystallisation of soluble salts, microperforation by organisms or the selective dissolution of some lesser component.

120

In addition, stone materials may display another type of differential erosion if they are used in building in the form of ashlar, normally held together by mortar. When this is not very resistant and retracts, or if there is a lack of it, the stone is more likely to be altered at the edges of the blocks, which tend to lose their sharpness and become rounded, displaying a convex surface as they disintegrate. Conversely, when the mortar is more resistant than the stone, it protects the edges of the masonry and its surface displays a concave morphology, which is the result of the coving or cratering of the ashlar. This fact may be due to the use of mortars that are incompatible with the stone materials on account of their petrophysical characteristics (low porosity, high degree of hardness, etc.). Sometimes, coving is a consequence of the advanced stage of the alveolisation and grooving processes on the masonry.

On other occasions, the loss of material is more local, being caused by human activity. In this case, the terms excoriation and mechanical damage are used to group together various types of anthropogenic erosion, such as those that may be inflicted on building by acts of vandalism, accidents, abrasion or inappropriate use. In keeping with its characteristics, a distinction can be made between the impact mark created when the damage is caused by violent blows such as those from projectiles; scratches, when they are the result of friction with sharp objects such as those caused by road traffic; and cuts, when they are deep incisions made with tools, such as those caused by the sharp edge of metals; the marks left by nails or graffiti done by making incisions. Perforation is understood as a relatively large hole, measuring several millimetres or centimetres across, and, more importantly, quite deep. Normally in building materials the origin is anthropogenic, although occasionally –in underwater environments or very soft rocks– they may be caused by the activity of living organisms.

Also in relation to human activity, the surface may appear to be bright or polished due to the changes in the material's reflectivity. Brightness is due to wear and rubbing, which is a consequence of smooth, constant abrasion suffered by the surface in highly



origen es antrópico, aunque ocasionalmente –en ambientes subacuáticos o rocas muy blandas– pueden deberse a la actividad de organismos.

En relación también con la actividad humana la superficie puede presentar brillo o pulido que se manifiesta por cambios en la reflectividad del material. El brillo es debido al desgaste y pulido, consecuencia del roce suave y continuo que sufre la superficie, en zonas muy transitadas en los edificios. El brillo también puede deberse a la existencia de una película superficial aplicada con fines protectores, en este caso hay un aporte de materia.

El repicado o apiconado se refiere al conjunto de marcas o entalladuras resultado de golpear el material con una herramienta puntiaguda. Con frecuencia este hecho está asociado a la preparación de la superficie para recibir una capa de mortero. Aunque ambos términos significan lo mismo, repicado se utiliza más en ámbito de la restauración y apiconado en cantería, para denominar a un acabado de la piedra natural. Diferentes en cuanto a su origen y significado son las marcas de labra de los sillares y las marcas de cantería, las cuales en ningún caso se consideran daños y debe procurarse su conservación.

### 2.1.2. *Disoluciones*

En algunos materiales la pérdida de materia y la consiguiente recesión de la superficie puede deberse a un proceso químico, como es la disolución o erosión química. Dicho proceso y los consiguientes daños asociados, suele darse en materiales carbonatados (calizas, mármoles, dolomías...) y de forma más acusada en yesos. En edificación normalmente la disolución se produce cuando el agua de lluvia circula de forma frecuente y uniforme, separando y transportando los componentes químicos de los minerales, sin que en general la superficie experimente una pérdida de coherencia.

Cuando el proceso de disolución se mantiene en el tiempo pueden aparecer formas características de disolución diferencial o disolución selectiva. Las calizas y los yesos de grano fino tienden a presentar la superficie lisa y ondulada, cortada por surcos que imitan canales interconectados, aspecto conocido como microkarstificación. En las calizas granulares los distintos componentes sufren disolución diferencial y –como en la erosión diferencial– se produce un aumento de rugosidad. Las dolomías muestran la superficie cuarteada, debido a la mayor disolución que tiene lugar en las vetas y fisuras. En todos esos casos la superficie del material se mantiene perfectamente coherente. Contrariamente, en los mármoles la disolución avanza por el borde de los cristales, mostrando aspecto granular rugoso, y al progresar el proceso puede soltarse algún grano.

La disolución diferencial puede afectar a un determinado componente o a un reducido número de ellos, como ocurre en la descementación o en la lixiviación. En la descementación únicamente se disuelve el cemento, este hecho es propio de materiales granulares (areniscas, morteros...) con cemento carbonatado como fase de unión, y puede llevar asociada otras formas de alteración como la disgregación. En la lixiviación se disuelve algún componente minoritario del material (como algunos minerales ricos en hierro) y los mayoritarios no se ven afectados. En ambos casos la disolución aumenta la porosidad en zonas próximas a la superficie, y favorece el desarrollo de otros procesos y formas de alteración.

Excepcionalmente y de forma localizada, la disolución puede ser muy destacada y heterogénea, con tendencia a mostrar aspecto cavernoso, simulando alveolos, en este

frequented areas inside a building. Brightness can also be due to the existence of a superficial film that has been applied for protective purposes, in which case there is additional material present.

Keying or pointing refers to the set of marks or carvings made by hitting the material with a pointed tool. This fact is often associated with the preparation of the surface before receiving a layer of mortar. Although both terms mean the same thing, keying is used more in the restoration sector and pointing in stonework to refer to a natural stone finish. Different in terms of origin and meaning are the carved marks made on masonry, and quarry marks, which can in no circumstances be considered as damage and efforts should be made for their conservation.

### *2.1.2. Dissolutions*

In some materials, the loss of material and the subsequent contraction of the surface may be due to a chemical process such as dissolution or chemical erosion. This process and subsequent associated damage usually occurs in carbonate materials (limestones, marbles, dolomites, etc.) and is more pronounced in plasters. In building, dissolution typically occurs when rainwater is frequent and flows evenly, separating and transferring the chemical components of minerals without the surface generally losing any coherence.

When the dissolution process is maintained over time, shapes can appear that are characteristic of differential or selective dissolution. Fine-grained plasters and limestones tend to display a smooth, corrugated surface, separated into furrows that imitate interconnected channels, a feature known as microkarst. In granular limestones the various components undergo differential dissolution and, as in the case of differential erosion, there is an increase in roughness. Dolomites display surface crazing due to the increased dissolution that takes place in their streaks and fissures. In all of these cases the surface of the material remains perfectly coherent. Conversely, in marbles, dissolution advances along the edge of the crystals with a rough granular appearance, and as the process progresses, the occasional grain can be released.

122

Differential dissolution can affect a certain component or a limited number of them, as happens with the phenomena of decementation or lixiviation. With decementation, only the cement is dissolved. This fact is typical of granular materials (sandstones, mortars, etc.) with carbonate cement as a binding phase, and can be linked to other types of alteration such as disintegration. With lixiviation, a minor component in the material is dissolved (like some iron-rich minerals) while major components are not affected. In both cases, dissolution increases porosity in the areas closest to the surface, and favours the development of other processes and types of alteration.

Exceptionally, dissolution may be very pronounced and heterogeneous in specific areas, often with a cavernous appearance, simulating alveoles, in which case we talk about corrosion of the stone. This type of decay is attributed to the action of heavily contaminated water (containing excrement, fertilisers, urine, etc.). The term corrosion is mostly applied to the deterioration of metal materials due to chemical attack.

### *2.1.3. Disintegration*

Material loss can also be caused by disintegration, i.e. the separation and gradual falling off of grains or particles that make up the material, whether due to natural causes or the effect of small amounts of stress. In this case the surface of the stone is seen to be incoherent, with coherence increasing towards the interior.

caso se habla de corrosión de la piedra. Este tipo de deterioro se atribuye a la acción de aguas fuertemente contaminadas (por excrementos, abonos, orines...). El término corrosión se aplica con mayor frecuencia al deterioro de materiales metálicos por ataque químico.

### 2.1.3. *Disgregaciones*

La pérdida de materia también puede tener lugar por disgregación, es decir, separación y caída progresiva de los granos o partículas que componen el material, ya sea de forma natural o bajo esfuerzos livianos. En este caso la superficie de la piedra se muestra descohesionada, aumentando el grado de coherencia hacia su interior.

Términos específicos en relación con este hecho son: arenización, pulverización y desmenuzamiento. En la arenización o disgregación granular se desprenden granos de tamaño arena (alrededor de un milímetro), por tanto es propia de materiales granulares (areniscas, granitos, morteros ricos en áridos...) y se ve favorecida si además éstos son porosos. En algunos materiales (mármoles, dolomías...) los granos desprendidos son angulosos, entonces se habla de disgregación sacaroidea para referirse a este tipo de arenización.

En la pulverización o disgregación pulverulenta la piedra se reduce a partículas de polvo (inferiores a una décima de milímetro) y es propia de materiales de grano muy fino (arcillitas, ladrillos, adobes...). A veces se utiliza el término pulverización cretosa cuando afecta a materiales carbonatados de grano muy fino (calizas micríticas, cretas...), pero esto no siempre es fácil de determinar a priori por lo que esta distinción tiene poca relevancia. En el desmenuzamiento el tamaño del material desprendido es mayor, ya que son agregados de granos.

El proceso de disgregación puede producirse por distintas causas, como se ha comentado inicialmente, en las que siempre tiene un papel destacado la humedad. Así, el agua puede actuar disolviendo las fases de unión (acción química) o generando presiones entre los granos al cambiar de estado (acción física). Si además el agua contiene sales solubles se acelera el proceso.

123

### 2.1.4. *Desprendimientos*

La pérdida de materia también puede deberse a la separación y caída de fragmentos de forma característica (láminas, escamas, placas, lascas, esquirlas...), dando lugar a varias lesiones agrupadas bajo el término genérico de desprendimiento, donde se incluyen: exfoliaciones, descamaciones, desplacaciones y desconchaduras, astillado, etc. Se suelen utilizar los términos genéricos disyunción y deslaminación para referirse a la rotura y separación, de forma paralela a la superficie, de láminas o placas de espesor pequeño (milímetros) y constante. Ambos términos no deben considerarse sinónimos, puesto que la disyunción no precisa de una orientación preexistente en el material para su desarrollo, mientras que la deslaminación sí la requiere.

La exfoliación indica el desprendimiento de láminas de espesor muy pequeño (en torno a un milímetro) y constante, en relación con planos estructurales de debilidad. Este hecho es característico de rocas anisótropas como las pizarras, cuyos planos de debilidad las hacen más o menos fítiles.

En la descamación o escamación los fragmentos desprendidos se caracterizan por su forma de escama –lámina o placa con tendencia a disminuir de espesor hacia los bordes–

Specific terms relating to this fact are: sanding, powdering and crumbling. With sanding or granular disintegration, sand-sized grains (measuring about one millimetre) come off. This is typical of granular materials (sandstones, granites, mortars rich in aggregates, etc.) and is even more common if these materials are also porous. In some materials (marbles, dolomites, etc.) the grains that become detached are irregular, in which case this type of sanding is referred to as sugaring.

In powdering or powdery disintegration, the stone is reduced to particles of dust (less than one tenth of a millimetre) and is typical of very fine-grained materials (claystone, bricks, adobe, etc.). Sometimes the term chalking is used when it affects very fine-grained carbonate materials (micritic limestones, chalks, etc.), but this is not always simple to determine a priori and for this reason this distinction is not very relevant. With crumbling, the size of the detached material is greater since they are granular aggregates.

The process of disintegration may occur for several reasons, as mentioned at the beginning, but dampness always has a prominent role to play. Thus, water can act by dissolving the bonding phases (chemical action) or by generating pressure among the grains when it changes state (physical action). If the water also contains soluble salts, the process is accelerated.

#### 2.1.4. *Detachments*

Material loss can also be caused by fragments typically coming loose and falling off (laminae, flakes, slabs, chips, splinters, etc.), giving rise to various types of damage grouped together under the generic term of detachment, which includes: exfoliation, scaling, spalling, chipping, and splintering, etc. The generic term for referring to laminae or slabs of a constant reduced thickness (millimetres) breaking and coming loose parallel to the surface is normally layering or delamination. These two terms should not be taken to be synonymous, since layering does not require a pre-existing orientation in the material in order to develop, whereas delamination does.

Exfoliation indicates a detachment of laminae that are constant and very fine (around one millimetre thick), in relation to the structural planes of weakness. This fact is characteristic of anisotropic rocks such as slates, whose planes of weakness make them more or less fissile.

With desquamation or scaling the detached fragments are characterised by their scale-like shape –a lamina that tends to thin out towards the edges– and their size, which is relatively large (centimetres). When the scales are small (millimetres) and are arranged like the scales of a fish, flaking is the term used. If the bedding of the material is curved and the scales follow the same contour, then the term used is contour scaling. Scaling can be related to the existence of anisotropy in the material, the presence of soluble salts, the loss of adhesion of certain surface finishes (renders, artificial patinas, etc.) or the existence of conservation treatments that become detached as a result of impeding the permeability of the stone material.

Spalling refers to the detachment of plaques or slabs of a constant and considerable thickness (of about one centimetre) and are parallel to the flat surface of facings and ashlar. Likewise, if the slabs are small (millimetres thick) we can talk of microspalling and when the detached slab follows the contour of the material, it is called contour scaling. The separation of slabs usually occurs in massive rocks –homogeneous and unstructured– and is attributable to the stress generated in the layers close to the surface

y su tamaño relativamente grande (centímetros). Cuando las escamas son pequeñas (milímetros) y se disponen como escamas de pescado se utiliza el término microdescamación. Si la superficie del material es curva y las escamas mantienen esa misma curvatura se habla de descamación perimetral. La descamación puede estar relacionada con la existencia de anisotropía del material, la presencia de sales solubles, la pérdida de adherencia de ciertos acabados superficiales (revocos, pátinas artificiales...) o la existencia de tratamientos de conservación que se desprenden al dificultar la permeabilidad del material pétreo.

En la desplacación se desprenden placas de espesor constante y notable, en torno a un centímetro, paralelas a la superficie plana de paramentos y sillares. Igualmente, si las placas son pequeñas (milímetros) se puede hablar de microdesplacación y, cuando la placa desprendida sigue la curvatura del material, de desplacación perimetral. La separación de placas suele darse en rocas masivas –homogéneas, sin estructuras– y se atribuye a las tensiones generadas en las capas próximas a la superficie por ciclos térmicos, asociados normalmente a procesos de humedad-sequedad, en los que además puede jugar un papel importante la formación de hielo o la removilización de sales solubles.

En determinadas circunstancias los desprendimientos se caracterizan por presentar fragmentos con forma próximas a lascas o esquirlas. Esto puede producirse de forma natural en determinados materiales por tensiones físicas (acción del hielo, choque térmico o sales solubles), también por esfuerzos mecánicos de sobrecarga (como a veces ocurre en el borde de los sillares), o por tensiones más locales como las generadas por elementos metálicos corroídos. En la desconchadura o desconchado los trozos desprendidos tienen forma de lasca –forma lenticular, con aristas agudas y superficies curvas– y son de tamaño notable (varios centímetros). Los materiales más favorables a este tipo de desprendimiento son los masivos, de grano muy fino y homogéneo (calizas micríticas, morteros ricos en cal o yeso, ladrillos...). En la fragmentación en esquirlas o astillado los trozos desprendidos son más alargados, con aristas y vértices agudos, y afecta con mayor frecuencia a los materiales que presentan lineaciones, como algunas rocas metamórficas.

Cuando el material presenta en superficie aportes de materia como son las películas o las costras, dichas capas pueden evolucionar y despegarse del sustrato, produciéndose la disyunción de películas, o en el caso de las costras formarse ampollas que acaban rompiéndose y generando la eclosión de ampollas. También puede producirse la disyunción de la superficie pétreo en forma de capas más o menos planas, muy finas y extensas, en este caso es mejor hablar de microdesplacación que de disyunción de películas.

Otras veces y sin apenas deterioro, lo que se observa es falta de material y puede distinguirse entre pérdida de elemento y pérdida de volumen. La pérdida de elemento, faltante según ICOMOS o laguna en NORMAL, se refiere a la pérdida de partes o elementos de cierta entidad, preferentemente en relación con relieves y zonas prominentes. El desprendimiento puede deberse a la presencia de discontinuidades en el material que han influido y condicionado su rotura. El término laguna se utiliza más para describir la pérdida de capas superficiales, especialmente cuando presentan policromía o enlucidos. Finalmente, la pérdida de volumen se refiere a una falta de material localizada, normalmente de tamaño apreciable (varios decímetros), que da lugar a un hueco o cavidad en la superficie de la piedra. La presencia de estos huecos es excepcional y su origen desconocido, dado que los procesos que han intervenido en su formación

by thermal cycles, normally associated with wet/dry processes, in which an important role can also be played by the formation of ice or the re-mobilisation of soluble salts.

In certain circumstances, detachments are characterised by the presence of fragments in shapes that look something like chips or splinters. This may happen naturally in certain materials because of physical stress (due to the action of ice, thermal shock or soluble salts), also due to mechanical overload (as sometimes happens on the edges of blocks of stone), or because of more local stress such as that generated by corroded metal elements. With chipping the detached pieces have a chip-shape –a lenticular form, with sharp edges and curved surfaces– and are of significant size (several centimetres thick). The materials most prone to this type of detachment are homogeneous, fine-grained massive rocks (micritic limestones, lime or gypsum-rich mortars, bricks, etc.). With splintering, the detached pieces are more tapered, with sharp edges and points, mainly affecting materials with lineations, such as some metamorphic rocks.

When the material has additions on the surface such as films or crusts, these layers can evolve and come loose from the substrate, leading to peeling off, or in the case of crusts, form blisters, which eventually break up and result in the break out of blisters or blistering. Layering can also occur with respect to the stone surface in more or less flat layers that are very thin and large, in which case it is more appropriate to talk about microspalling than the layering of films.

In other instances, and with scarcely any decay, what can be seen is the lack of material, which can be observed between the gap and the missing part. The missing part, as defined by ICOMOS, or lacuna as defined by NORMAL, refers to the loss of parts or elements of a certain entity, usually in relation to reliefs or protruding areas. The detachment can be caused by the presence of discontinuities in the material that have influenced and determined the break. The term lacuna is used more to describe the loss of surface layers, particularly when they display polychromy or a stucco finishing. Finally, gap refers to a lack of localised material, normally of a significant size (several decimetres thick), which gives rise to a hole or cavity in the surface of the stone. The presence of these holes is exceptional and their source unknown given that the processes that have intervened in their formation are different from the coving of an ashlar due to erosion (cratering) or a piece dropping off due to natural or anthropogenic processes (missing part).

126

## 2.2. Additional material

Another set of damage features has the accumulation of material on the stone surface in common (Table 3). In this case the characterisation of damage should also include the nature of the material added or transformed as well as its morphology or type of alteration. The characterisation of this material includes its composition, its textural arrangement, –which has an impact on its compactness and consistency– and its adhesion to the substrate. All these factors are very useful for determining the causes of the damage, particularly the origins of the material and the processes involved in its transformation. It can also be used to establish the methods and procedures of intervention.

This type of damage includes the group of surface deposits and alteration products, all of which are foreign to the stone and often harmful for its conservation. The deposits are formed by material that has accumulated on the surface which can be of diverse origin, variable thickness, and often with low consistency and poor adhesion to the

son diferentes al vaciado de un sillar por erosión (vaciado) o a la caída de un trozo por procesos naturales o antrópicos (pérdida de elemento).

## 2.2. Aporte de materia

Otro conjunto de lesiones tiene en común la acumulación de materia sobre la superficie pétreo (tabla 3). En este caso la caracterización de las lesiones debe contemplar, además de su morfología o forma de alteración, la naturaleza del material aportado o transformado. La caracterización de este material incluye su composición, su disposición textural –que influye en su compacidad y coherencia– y su adherencia al sustrato. Todo ello tiene interés para determinar las causas de las lesiones, en especial las fuentes del material y los procesos implicados en su transformación, y también es útil para establecer los métodos y procedimientos de intervención.

Esta clase de lesiones incluyen el conjunto de depósitos superficiales y productos de alteración, todos ellos ajenos a la piedra y con frecuencia nocivos para su conservación. Los depósitos están formados por la materia acumulada en la superficie, que puede ser de origen diverso, espesor variable y, con frecuencia, de baja cohesión y escasa adhesión al sustrato pétreo. Los productos de alteración son el resultado de reacciones entre los agentes exógenos y el material pétreo subyacente. Todos estos aportes de materia comportan, además de cambios morfológicos, la alteración cromática de la superficie.

### 2.2.1. Depósitos

El término depósito se considera genérico y, si se analiza la naturaleza del material, puede precisarse el correspondiente tipo de depósito: de polvo, de excrementos, etc. El depósito de polvo es el resultado de la sedimentación de materia diversa en cuanto a su origen y naturaleza: partículas terrígenas (arcillas, cuarzo, calcita...), procedentes de la combustión (cenizas, hollines, humo...) y partículas de origen orgánico (esporas, polen...), todas ellas de granulometría muy fina. Este depósito se caracteriza por presentar baja cohesión y débil adhesión al sustrato. El depósito de excrementos está formado por materia orgánica excretada (especialmente de aves y murciélagos) y se distingue por presentar espesor, cohesión y adhesión mucho más variable. El lavado periódico de los excrementos transporta los productos solubles a otras zonas, a la vez que concentra y cohesiona los insolubles, siendo siempre una fuente importante de sales nocivas (fosfatos, nitratos...) y causa de otras lesiones (costras, eflorescencias...).

Un tipo especial de depósito, muy importante por los daños asociados, son las eflorescencias. Se entiende por eflorescencia la capa externa blanquecina, más o menos pulverulenta o finamente cristalina, poco coherente, débilmente adherida al sustrato, compuesta por sales solubles. Normalmente son fáciles de identificar por el color y el aspecto, y también por las modificaciones que sufren con la humedad. Las eflorescencias se producen cuando el agua contenida en el seno del material migra hacia la superficie y evapora, precipitando las sales que lleva disueltas. Dichas sales pueden tener distinto origen (contaminación atmosférica, aerosoles marinos, morteros, relleno de muros, aguas freáticas...) y tienden a concentrarse en determinadas zonas de los edificios, donde van acumulándose con el paso del tiempo. Cuando

stone substrate. The alteration products are the result of reactions between exogenous agents and the underlying stone material. All these additions of material entail the chromatic alteration of the surface as well as morphological changes.

### 2.2.1. Deposits

Deposit is considered to be a generic term and, if the nature of the material is analysed, it is possible to determine the actual type of deposit: dust, excrement, etc. A dust deposit is the result of sedimentation of a diversity of material regarding its origin and nature: terrigenous particles (clays, quartz, calcite, etc.), from combustion sources (ash, soot, smoke, etc.) and particles of organic origin (spores, pollen, etc.), all of which are very fine-grained. This deposit is characterised by the fact that it displays low cohesion and poor adhesion to the substrate. A deposit of excrement is formed by excreted organic material (in particular by birds and bats) and is distinguished by the fact that it has a thickness, cohesion and adhesion that is much more variable. The periodic flushing out of excrement carries the soluble products to other areas, while concentrating and rendering the insoluble products coherent. Furthermore, it still remains an serious source of harmful salts (phosphates, nitrates, etc.) and the cause of further damage (crusts, efflorescence, etc.).

128

One special type of deposit that is very important with regard to the damage associated with it is efflorescence. Efflorescence is understood to be an external whitish layer, which is of a powdery or finely crystalline consistency that is not very coherent, has poor adhesion to the substrate, and is composed of soluble salts. They are normally easy to identify thanks to their colour and appearance, and also because of the modifications they suffer in wet conditions. Efflorescence occurs when the water contained inside the material migrates to the surface and evaporates, precipitating the salts that have dissolved within. These salts can have various origins (air pollution, marine aerosols, mortars, wall filling, groundwater, etc.) and tend to concentrate in certain parts of a building where they accumulate over time. When the salts precipitate on the surface of the material, it is known as efflorescence. If it occurs immediately beneath the surface it is called subflorescence, and when it is deeper down, it is termed cryptoflorescence, with all of them normally being linked. Subflorescence and cryptoflorescence are hard to detect with the naked eye unless some of the material has become detached; however, it can be deduced by its effects –disintegration– and its existence can be proved by analysing a soluble piece of the disintegrated material. In all cases it is essential to know the degree of salinity of the stone materials to predict this type of damage.

### 2.2.2. Patinas

Patina is a relevant term in the conservation of cultural heritage materials that is not always applied with the same meaning. Generically speaking, with respect to its common aspects, patina is understood to be the outermost layer of the materials, varying in origin and thickness, but always extremely thin, attached to the substrate and responsible for its chromatic alteration. Given the differences that exist concerning its origin and meaning, it is important to distinguish different types of patina, qualifying this fact with the corresponding adjective, albeit descriptive (black, ochre, yellow, etc.) or generic (natural or from ageing, iron-rich, biological, artificial, etc.).



las sales precipitan sobre la superficie del material se habla de eflorescencia, si esto ocurre inmediatamente por debajo de la superficie subeflorescencia, y cuando son más profundas criptoflorescencia, estando todas ellas normalmente asociadas. Las subeflorescencias y criptoflorescencias son difíciles de detectar a simple vista, a menos que haya desprendimientos de material; no obstante, pueden intuirse por sus efectos –disgregación– y probar su existencia analizando la fracción soluble del material disgregado. En todos los casos es esencial conocer el grado de salinidad de los materiales pétreos para prever este tipo de lesiones.

### 2.2.2. *Pátinas*

Pátina es un término relevante en la conservación de los materiales del patrimonio cultural que no siempre se aplica con el mismo significado. Genéricamente, atendiendo a sus aspectos comunes, se entiende por pátina la capa más externa de los materiales, variable en cuanto a origen y espesor, aunque siempre muy delgada, adherida al sustrato y que supone su alteración cromática. Dadas las diferencias existentes en relación con su origen y significado, es preciso distinguir distintos tipos de pátinas, señalando este hecho con el correspondiente calificativo, ya sea descriptivo (negra, ocre, amarilla...) o genético (natural o de envejecimiento, de oxidación, biológica, artificial...).

El término pátina sin adjetivo se asocia a la pátina natural y por sus características debe de incluirse en el grupo de las alteraciones cromáticas. Existen distintas definiciones más o menos próximas que tomadas en conjunto caracterizan mejor dicho término. Así, se considera pátina natural el tono sentado y suave, la modificación superficial o la capa externa sumamente delgada –de micrómetros de espesor–, que adquiere un material por envejecimiento en ambientes naturales, y que no necesariamente significa deterioro.

Otro tipo diferente de pátina es la pátina artificial, también se utilizan con similar significado los términos pátina histórica, patinadura y veladura. Esta pátina está constituida por una capa más o menos delgada, con frecuencia rica en cal o yeso, y que ha sido aplicada por el hombre con distintos fines: estéticos, protectores o como base de policromías. Frecuentemente resulta difícil distinguir entre pátinas naturales y ciertas pátinas artificiales de carácter histórico, y sólo una analítica precisa puede ayudar a discriminarlas. Los criterios de intervención actuales siempre insisten en la necesidad de preservar ambos tipos de pátinas, las naturales y las artificiales. Estas últimas, además de ser un elemento protector, tienen un valor histórico-documental.

Tanto encima de las pátinas naturales, como sobre las artificiales o bien directamente sobre el sustrato pétreo, en muchos edificios históricos situados en ambientes urbanos se fija la suciedad. Esta capa o pátina de suciedad –que va incrementándose con el paso del tiempo– es debida principalmente a la contaminación atmosférica, aunque los microorganismos también pueden haber intervenido en su formación, siendo difícil establecer la importancia de ambos factores. En consecuencia, en ambientes contaminados, los materiales desarrollan en superficie una capa muy delgada, perfectamente adherida al sustrato (pátina de suciedad), que da lugar al aspecto oscuro y sucio con frecuencia mostrado. Tanto por sus implicaciones estéticas, como por su posible evolución hacia alteraciones más desarrolladas, esta capa de suciedad debería eliminarse en las intervenciones de limpieza.

The term patina without an adjective is associated with natural patinas and, owing to its features, should be included in the group of chromatic alterations. There are several definitions that are very similar and taken together these give us a better understanding of this term. Thus, natural patina is considered to be the smooth, set tone, the surface transformation or the extremely fine outer layer –with a thickness measured in micrometres– which a material acquires through ageing in natural environments, and does not necessarily mean deterioration.

Another different type of patina is artificial patina and the terms historical patina, glaze and artificial patina are also used with a similar meaning. This patina consists of a thinnish layer, –often rich in limestone or gypsum– that has been applied by humans for different purposes: aesthetic, protective, or as a polychromatic base. It is often hard to distinguish between natural patinas and some historical artificial patinas and only precise analysis can help discriminate between them. Current intervention criteria always insist on the need to preserve both types of patina –natural and artificial. The latter, apart from being a protective element, also has a historical or documentary value.

Dirt settles on many historic buildings located in urban settings, on both natural and artificial patinas, or else directly on top of the stonework. This layer or patina of dirt (which gradually increases as the years go by) is mainly due to air pollution, although micro-organisms may also have intervened in its formation, with it being difficult to establish the exact importance of the two factors. As a result, in polluted atmospheres, the materials develop a very thin layer, perfectly attached to the substrate (soiling patina), which gives rise to the dirty, dark appearance often seen. Both for its aesthetic implications, and also for its potential evolution towards more serious alterations, this layer of dirt should be removed in cleaning operations.

130

### *2.2.3. Alteration products*

Some the most frequent alteration products are dirt and crusts. Within the various types of dirt, soiling is characterised by the fact that it displays surfaces with shades ranging from grey to brown that are duller than the material itself. Blackening is a common type of dirt which is distinguished by its extremely black appearance. Apart from the blackness, sometimes the surface can have a greasy appearance (from grime) and is referred to as soiling. This type of dirt is due to the use of not very refined fossil fuels, such as those used in decades past and whose contaminating components have gradually accumulated on the stonework. These layers take time to build up, and hence this type of severe soiling can be considered an extreme case. Different with regard to its origin, and sometimes hard to distinguish from the layers of inorganic dirt, is a biological patina or biopatina, which is generated by lower living organisms (bacteria, fungi and algae).

The alteration products that have evolved and become most serious in terms of decay are crusts. Crust is understood to mean the layer or outer shell, with an appreciable thickness, which can be more or less hard, coherent and fragile, and attached to the substrate but whose nature and characteristics are different. They are generally black and made of gypsum, and are therefore known as black crust. This type of crust signifies a notable transformation in the material's surface since it is generated by a reaction in the stone to exogenous pollutants. Another less frequent type is salt crust. This is composed of soluble salts, and is easy to distinguish due to its whitish appearance, and also because it is not as hard or consistent. This crust is typical in saline environments, with frequent phases of evaporation and precipitation of salts. Very different in terms

### 2.2.3. *Productos de alteración*

Entre los productos de alteración más frecuentes se incluye la suciedad y las costras. Dentro de los distintos tipos de suciedad, el ensuciamiento se caracteriza por mostrar superficies de tonos grises a pardos, más apagados que el propio del material. El ennegrecimiento es un tipo frecuente de suciedad que se distingue por su color intensamente negro. Además de negro, a veces la superficie presenta un aspecto grasiento (de mugre) y se habla de enmugrecimiento. Este tipo de suciedad es debido al uso de combustibles fósiles poco refinados, como los utilizados en décadas pasadas, cuyos productos contaminantes se han ido acumulando sobre los materiales pétreos. Entre todas esas capas el paso es gradual, así el enmugrecimiento puede considerarse un caso extremo de ensuciamiento. Diferente en cuanto a su origen, y en ocasiones difícil de distinguir de las capas de suciedad inorgánica, se desarrolla la pátina biológica o biopátina, generada por organismos inferiores (bacterias, hongos y algas).

Los productos de alteración más evolucionados e importantes como lesiones son las costras. Se entiende por costra la capa o corteza externa de espesor apreciable, más o menos dura, coherente y frágil, adherida al sustrato y de distinta naturaleza y características que éste. Generalmente son negras y están constituidas por yeso, siendo conocidas en este caso como costra negra. Este tipo de costras implican una notable transformación de la superficie del material, ya que se generan por reacción de la piedra con productos exógenos de contaminación. Otra clase menos frecuente es la costra salina, compuesta por sales solubles, y fácil de distinguir por su aspecto blanquecino, así como por su menor dureza y coherencia. Esta costra es propia de entornos salinos, con frecuentes etapas de evaporación y precipitación de sales. Muy diferente en cuanto a su origen y también fácil de distinguir por su composición y morfología es la costra biológica o biocostra, que mayoritariamente está generada por líquenes. Igualmente se puede hablar de costra artificial para designar capas de espesor apreciable debidas a intervenciones antrópicas, como la concentración en superficie de productos de restauración.

Otro tipo de costras de naturaleza carbonatada son las incrustaciones y las concreciones. La incrustación está compuesta por carbonato cálcico y se presenta en capas lenticulares y estratiformes, blanquecinas, duras, compactas, coherentes y fuertemente adheridas al sustrato. Se forma a partir de la precipitación del carbonato cálcico que previamente ha disuelto el agua, cuando ésta aflora a la superficie y evapora. El carbonato cálcico puede proceder de la propia roca –como en calizas y mármoles– o, con frecuencia, de la cal de los morteros de juntas. La concreción es parecida, ya que responde a los mismos procesos de formación, pero se distingue por la forma más irregular (nodular, botroidal o estalactítica) del carbonato cálcico precipitado. Las concreciones suelen aparecer en construcciones donde el agua corre en superficie de forma más o menos constante, como en fuentes o en puentes.

El término película se utiliza cuando el estrato superficial se presenta como un recubrimiento continuo, homogéneo, delgado (en torno a un milímetro), en general transparente y de naturaleza orgánica, y que puede desprenderse en finas láminas. Las películas alteran la textura, el brillo o la luminosidad del sustrato. En los materiales pétreos la formación de películas normalmente se debe a la existencia de acabados superficiales (tratamientos de conservación, capa de barniz, colas...). Otro tipo menos frecuente es la película biológica o biopelícula, en este caso el estrato susceptible de levantarse está formado o transformado por colonización biológica.

of origin and also easy to distinguish on account of its composition and morphology is biological crust, which is mainly generated by lichens. We can also speak about artificial crust to designate layers of appreciable thickness generated by anthropogenic interventions such as the concentration on the surface of restoration products.

Other types of crust with carbonate features are incrustations and concretions. An incrustation is composed of calcium carbonate and is seen in lenticular and stratiform layers that are whitish in colour, hard, compact, consistent, and adhere firmly to the substrate. They are formed by the precipitation of calcium carbonate, which has been dissolved by water when it emerges on the surface and proceeds to evaporate. Calcium carbonate can originate in the rock itself, as in the case of limestones and marbles, for instance, or frequently from the lime in mortars. Concretion is similar, since it passes through the same formation processes, but is distinguished by its more irregular shape (nodular, botryoidal or stalactitic) of the precipitated calcium carbonate. Concretions usually appear in constructions where there is a more or less constant flow of water over the surface, such as fountains or bridges.

The term film is used when the surface stratum is seen as a coating that is continuous, homogeneous, thin (about one millimetre thick), generally transparent and organic in nature, and that can become detached in fine laminae. Films alter the texture, brightness or luminosity of the substrate. In stone materials the formation of films is normally due to the existence of surface finishes (conservation treatments, layers of varnish, glues, etc.). Another, less frequent type, is biological film or biofilm, in which case the stratum that is susceptible to being dislodged is formed or transformed by biological colonisation.

132

#### *2.2.4. Biological colonisation*

Another type of additional material is that related to biological colonisation. In general, the activity of organisms, in this case basically plant life, produce additions, although occasionally they can also generate losses of material. The first to develop are micro-organisms, which include bacteria and, in part, fungi and algae as well. Bacteria can generate patinas or black crusts and also whitish patinas. At other times they can also lead to powdering or scaling. Fungi, which are normally less common and associated with bacteria, can cause dark stains and also scaling and pitting as well. They are sometimes distinguished by their filamentous or cottony appearance. Algae are typical of shady, damp areas, and are easy to distinguish since they develop patinas ranging from green to dark grey, and sometimes red or brown, and can also be recognised by their gelatinous appearance. They are normally firmly attached to the substrate. Lichens are characteristic of natural non-contaminated environments and develop crusts in the form of roundish stains, sometimes in striking colours and with a cork-like appearance. Moss tends to appear on horizontal areas or with a very slight incline, and are also easy to identify thanks to their green colour, greater thickness and the soft consistency of their thalli. Beneath them, the stonework retains a certain degree of moisture and starts to become the fertile substrate where the thalli take root. If colonisation continues, this early soil generated by the moss can attract higher orders of plants, with grasses and shrubs starting to emerge. Plants can also root directly in cracks and joints between blocks of stone, in such cases exerting a mechanical impact on the materials. The growth of grasses and plants is usually described as the presence of vegetation. Occasionally, other types of deposits can originate from certain animals, such as spider's webs or the nests of insects.

#### 2.2.4. Colonización biológica

Otros aportes están relacionados con la colonización biológica. En general, la actividad de los organismos, básicamente los vegetales, produce aportes; aunque a veces también provoca pérdidas de materia. Los primeros en desarrollarse son los microorganismos, donde se incluyen las bacterias y, en parte, los hongos y las algas. Las bacterias pueden generar pátinas o costras negras y también pátinas blanquecinas, otras veces producen pulverización y descamación. Los hongos, normalmente menos frecuentes y asociados a las bacterias, pueden originar manchas oscuras y también descamación y picado; en ocasiones se distinguen por su aspecto filamentosos o algodonoso. Las algas son propias de las zonas umbrías y húmedas, siendo fáciles de distinguir por desarrollar pátinas de color verde a gris oscuro, a veces rojizo o pardo, y también por su aspecto gelatinoso; normalmente están bien adheridas al sustrato. Los líquenes son característicos de ambientes naturales no contaminados y desarrollan costras a modo de manchas más o menos redondeadas, a veces de llamativos colores y aspecto acorchado. Los musgos tienden a presentarse en zonas horizontales o con escasa inclinación, y también son fáciles de identificar por su color verde, su mayor espesor y la consistencia blanda de sus talos. Debajo de ellos el material pétreo mantiene cierto grado de humedad y empieza a transformarse en un sustrato fértil donde enraízan los talos. Si continúa la colonización, sobre ese inicio de suelo generado por los musgos, pueden desarrollarse plantas superiores, comenzando a aparecer hierbas y arbustos. Las plantas también pueden enraizar directamente en grietas y en juntas entre sillares, ejerciendo en este caso un efecto mecánico sobre los materiales. El desarrollo de hierbas y plantas se suele describir como presencia de vegetación. Excepcionalmente existen otros tipos de depósitos procedentes de ciertos animales, como son las telas de araña o los nidos de insectos.

133

### 2.3. Alteración cromática

El término genérico alteración cromática se refiere a las variaciones de color y brillo que presenta el material con el paso del tiempo (tabla 4). El cambio de color puede afectar a uno o más parámetros cromáticos: a) la claridad o luminosidad; b) el tono o matiz, y c) el croma, pureza o grado de saturación del color. En la alteración cromática, el cambio que sufre la superficie del material se refiere exclusivamente al color o al brillo, y no se aprecian o se consideran irrelevantes las pérdidas o aportes de materia. De acuerdo con esto, dentro de las variaciones cromáticas se incluye en primer lugar la pátina natural, previamente descrita (apartado 2.2.2.), la cual cabe recordar que no implica deterioro.

Se considera que son pátinas naturales la de envejecimiento, la ferruginosa y la de oxalatos. La patina de envejecimiento comporta un ligero cambio de color pero no significa deterioro, y se produce por evolución natural de la superficie en ambientes naturales. La pátina ferruginosa o pátina de oxidación es de espesor inapreciable y se distingue por un cambio de color uniforme de la superficie hacia tonos entre amarillentos y rojizos. Suele presentarse en algunos granitos y areniscas, debido a la oxidación que sufren minerales ricos en hierro en ambientes naturales con el paso el tiempo. La pátina de oxalatos es delgada y se distingue por sus colores anaranjados, debidos a la presencia de oxalatos de calcio (wedellita y whewellita). Se forma frecuentemente sobre sustratos calcáreos (calizas y mármoles), también en ambientes naturales, por la

### 2.3. Discolouration

The generic term discolouration refers to the variations in colour and brightness displayed by the material over the years (table 4). A change in colour can affect one or more chromatic parameters: a) clarity or luminosity; b) hue or shade; and c) chroma, purity or degree of colour saturation. With discolouration, the change suffered by the material's surface refers exclusively to the colour or brightness, with losses or gains in material either not being noted or else considered to be irrelevant. Accordingly, chromatic variations in this respect include primarily natural patinas (described above in paragraph 2.2.2.), which, it should be remembered, do not entail any deterioration.

Ageing, as well as iron-rich and oxalate patinas are considered to be natural patinas. Patinas from ageing entail a slight change in colour but do not indicate decay. It is produced by the natural evolution of the surface in natural environments. Iron-rich patinas, whose thickness are negligible, are distinguished by an even change in colour all over the surface and are of yellowish and reddish hues. They are normally seen on some kinds of granite and sandstone, due to the rust suffered by minerals rich in iron in natural environments over the years. Oxalate patinas are thin and are distinguished by their orangey colours, due to the presence of calcium oxalates (weddellite and whewellite). They often forms on calcareous substrates (limestones and marbles), and also in natural environments, due to the action of micro-organisms or the oxidation of organic components present in historical patinas.

134

Their colouring is due to a change in hue or in their intensity, normally with an increase in chroma. Within this class of chromatic alterations we find reddening and yellowing, which represent specific changes in colour and occur in known circumstances. Reddening is distinguished by a reddish colour on the surface of the materials which penetrates down to a depth of several millimetres or even more than one centimetre. This fact is relatively common in sandstones and limestones, and is attributed to the rusting of the iron contained in the minerals when they are subjected to high temperatures. In some buildings it is easy to see their relationship with areas affected by fire, normally as a result of fires or bonfires lit at the base of the walls. Yellowing is typical of materials that were initially white, such as marbles, which take on a pale yellow hue after being cleaned. Such behaviour can be attributed to natural causes and also to the interaction of a specific type of dirt –accumulated in times gone by– with some cleaning methods, such as laser photoablation or chemical cleaning.

Bleaching refers to the weakening or loss of intensity in colour and is usually associated with increased clarity. This phenomenon occurs in leaching or lixiviation processes involving rainwater. Hence, the term washing out is also used with the sense of rinsing or whitening the colour. Flushing out with the runoff from rainwater, which can normally be observed on a large scale on building façades, generates a very striking type of chromatic alteration known as differential washing. Surfaces exposed to the direct impact of rainwater are subjected to washing (washed areas) and display clean material, which is occasionally bleached due to the periodic flow of water. Alongside these areas are others that are shielded from runoff and which become dirtier and dirtier over the course of time (unwashed areas). This alternation between light and dark areas, which display a linear tendency and vertical development, represent a common form of deterioration and are serious because of their aesthetic effect on buildings. In addition, runoff and damp laterally associated with such water produces greater damage than just chromatic alterations since it can generate material loss (dissolution)

acción de microorganismos o la oxidación de los componentes orgánicos presentes en las pátinas históricas.

La coloración se manifiesta por un cambio en el tono o en la intensidad del color, normalmente un incremento en el croma. Dentro de esta clase de alteraciones cromáticas se incluye la rubefacción y el amarilleo, que constituyen cambios específicos de color producidos en circunstancias conocidas. La rubefacción se distingue por un enrojecimiento en la superficie de los materiales que se mantiene en profundidad a lo largo de varios milímetros o más de un centímetro. Este hecho es relativamente frecuente en areniscas y en calizas, y se atribuye a la oxidación del hierro contenido en los minerales cuando se someten a elevada temperatura. En algunos edificios es fácil observar su relación con zonas afectadas por el fuego, consecuencia normalmente de incendios o de hogueras en el zócalo. El amarilleo es propio de materiales inicialmente blancos, como los mármoles, que tras la limpieza pasan a tener color amarillo pálido. Este comportamiento se puede atribuir a causas naturales y también a la interacción de determinada suciedad –acumulada en épocas pasadas– con algunos métodos de limpieza, como la fotoablación láser o la limpieza química.

La decoloración se refiere al debilitamiento o pérdida de la intensidad del color y suele estar asociada a un aumento de la claridad. Este hecho tiene lugar en los procesos de lavado o lixiviación por el agua de lluvia, por ello se utiliza también el término lavado en el sentido de aclarar o blanquear el color. El lavado por escorrentía de agua de lluvia, que normalmente puede observarse a gran escala en las fachadas de los edificios, genera un tipo muy llamativo de alteración cromática conocida como lavado diferencial. Las superficies expuestas a la lluvia directa sufren lavado (zonas de lavado) y muestran el material limpio, a veces ligeramente decolorado, debido a la circulación periódica de agua. Junto a esas zonas existen otras protegidas de la escorrentía y cada vez más sucias con el paso del tiempo (zonas no lavadas). Esa alternancia de zonas claras y oscuras, de tendencia lineal y desarrollo vertical, constituye una lesión habitual e importante por el efecto estético que produce en los edificios. Además, el agua de escorrentía y la humedad asociada lateralmente a la escorrentía, producen daños mayores que los cromáticos, ya que puede causar pérdidas de materia (disolución) o aportes (costras). Actualmente los materiales pétreos pueden mostrar otro tipo de decoloración, con presencia de tonos blanquecinos o lechosos poco uniformes, debido al mal comportamiento de algún tratamiento de conservación previamente aplicado.

Otros términos relacionados con las alteraciones cromáticas son los distintos tipos de manchas. Se entiende por mancha un cambio de color accidental y localizado en la superficie del material que normalmente supone oscurecimiento. Las manchas pueden deberse a distintas causas: humedad, contacto con metales, con sustancias orgánicas, compuestos aplicados a la superficie (tratamientos de conservación), etc. Un tipo frecuente de manchas son las debidas a la humedad, las cuales siempre suponen un oscurecimiento del material. Cuando la humedad permanece en la superficie se puede hablar de zona húmeda, y si se mantiene el cambio de color en ausencia de humedad es mejor utilizar mancha de humedad. El término tinción también se refiere a un cambio de color accidental y localizado, pero en este caso se trata de una pigmentación (cambio de tono) producida por el contacto de la piedra con materiales ajenos a ella, que, al alterarse, generan productos coloreados (compuestos de hierro que tiñen de rojo, de cobre que tiñen de verde...). Un tipo frecuente de tinción es la herrumbre debida a la oxidación de elementos de hierro, asociados a los materiales pétreos en muchas edificaciones (rejas, barandillas, vástagos...). El moteado se aplica

or gain (crusts). At present, stone materials can also display another form of bleaching with the presence of whitish or uneven milky hues, due to the poor behaviour of a particular conservation treatment that was applied at an earlier date.

Other terms related to chromatic alterations are various types of stains. Stain is understood to mean an accidental change in colour located on the surface of the material, which normally amounts to it becoming darker. Stains can be due to various reasons: moisture, contact with metals, with organic substances, composite materials applied to the surface (conservation treatments), etc. A common type of stain is that resulting from moisture, which always makes the material darker. When the moisture remains on the surface, we refer to it as a moist area, and if the change of colour is retained without the presence of any damp, it is better to use the term damp stain. The term staining can also refer to accidental colour in a specific place, but in this case it means a pigmentation (change of hue) caused by the stonework coming into contact with materials that are foreign to it, which, when disturbed, generate coloured products (iron compounds that produce a red stain, and copper compounds that produce green stains, etc.). A common type of stain is rust, created by the oxidation of iron elements associated with stone materials in many buildings (grilles, railings, rods, etc.). Mottling refers to specific variations in colour and may be due, amongst other things, to the existence of lesser components in the material which are altered or also to the growth of organisms (fungi, lichens, etc.).

136

Within the chromatic alterations caused by anthropogenic phenomena are some kinds of graffiti and painted slogans. Certain graffiti that are historically irrelevant and painted slogans are included in damage to be removed. In this regard, special care should be taken so as not to alter the material's surface while cleaning, given that the pigments used are difficult to eliminate. There is another type of graffiti, typical in places of worship and pilgrimage, executed with greasy paints from the period, or by making cuts in the stone, which, on account of their historic nature, are considered to be relevant where conservation is concerned.

## 2.4. Deformation and fracture

From a mechanical point of view, materials may display different behaviours. In stone materials elastic behaviour is predominant and hence they are basically fragile. Consequently, when they are subjected to increasing stress they fracture without showing much sign of deformation. Nevertheless, depending on their nature, their geometric characteristics and their orientation in relation to the stress, they can display a certain amount of deformation, while still registering very low levels (table 5).

### 2.4.1. Deformation

Deformation can occur without a relevant change in volume. This occurs when the materials have shapes that are flat (flagstones, slabs, etc.) or linear (columns, lintels, etc.). Terms such as bowing, buckling, warping and twisting are used to refer to these deformations, which in essence respond to a similar kind of behaviour: the first can be considered generic while the others are more specific. Thus, bowing or bending indicates the contour of the surface of a piece of the material which initially starts out flat; buckling refers to the curving sustained when the piece suffers compressive stress, which is always present if it is arranged vertically; warping designates the curving



a variaciones puntuales de color y puede deberse, entre otras causas, a la existencia de componentes minoritarios en el material que se alteran o también al desarrollo de organismos (hongos, líquenes...).

Dentro de las alteraciones cromáticas de origen antrópico se encuentran algunos grafitis y las pintadas. Determinados grafitis sin relevancia histórica y las pintadas se incluyen entre los daños a eliminar. En este sentido, debe tenerse especial cuidado de no alterar la superficie del material durante la limpieza, dado que los pigmentos utilizados normalmente son difíciles de retirar. Existen otro género de grafitis, propios de lugares de culto y de peregrinación, realizados con pinturas grasas de la época o mediante incisiones en la piedra, que debido a su carácter histórico constituyen relevantes elementos a conservar.

## **2.4. Deformación y rotura**

Desde el punto de vista mecánico los materiales pueden presentar distintos comportamientos. En los materiales pétreos predomina el comportamiento elástico y, por tanto, son esencialmente frágiles. En consecuencia, cuando se someten a esfuerzos crecientes llegan a fracturarse sin apenas manifestar deformación. No obstante, dependiendo de su naturaleza, de sus características geométricas y de su orientación frente a los esfuerzos, pueden mostrar cierto grado de deformación, siempre dentro de niveles bajos (tabla 5).

### *2.4.1. Deformación*

Puede producirse deformación sin cambio de volumen relevante, esto ocurre cuando los materiales presentan formas planas (placas, losas...) o lineares (columnas, dinteles...). Para designar estas deformaciones se usan términos como combadura, pandeo, alabeo y torsión, que en esencia responden a similar comportamiento; el primero puede considerarse genérico y los otros más específicos. Así, combadura o combamiento indica curvatura de la superficie inicialmente plana de una pieza del material, pandeo se refiere a la flexión sufrida cuando la pieza se somete a esfuerzos de compresión –siempre presentes si su disposición es vertical–, alabeo designa la flexión producida por su propio peso cuando se dispone horizontal sobre puntos de apoyos y torsión cuando la pieza se curva de forma helicoidal. En este comportamiento, además de las características geométricas de la pieza, influye el grado de deformación plástica que admite el material antes de romper; en este sentido, algunas rocas como los mármoles destacan por su mayor plasticidad.

Ciertos materiales también pueden experimentar otro tipo de deformación, que se manifiesta por un incremento de volumen. Tanto la lesión, como el correspondiente proceso, se denominan hinchamiento. El hinchamiento se caracteriza por un abombamiento o levantamiento de la superficie y termina con el desprendimiento de pequeños fragmentos de la capa superficial, seguido de la disgregación del material subyacente. Los materiales que contienen minerales arcillosos, si están con frecuencia en contacto con el agua o en ambientes con elevada humedad, sufren hinchamiento; su intensidad depende de la cantidad y también del tipo de arcillas. Este comportamiento es un indicador de su baja calidad como material de construcción, y puede predecirse antes de que se manifieste la lesión a partir del análisis de la fracción arcillosa.

caused by the piece's own weight when it is arranged horizontally on support brackets; and twisting when the piece curves into a helicoidal shape. With this type of behaviour, apart from the piece's geometric characteristics, the amount of plastic deformation allowed by the material before breaking also has an impact. In this regard, some stones such as marbles are notable for their greater plasticity.

Some materials can also experience another type of deformation, which can be seen in its increased volume. Both the deterioration and the resulting process are known as swelling. Swelling is characterised by a ballooning or rising of the surface and ends with the detachment of small fragments of the surface layer, followed by the disintegration of the material underneath. Materials that contain clayey minerals experience swelling if they are often in contact with water or in environments with a high level of humidity; its intensity depends on the quantity and also on the type of clay involved. This behaviour is an indicator of its poor quality as a building material, and can be predicted before the deterioration is visible by analysing the clay.

#### *2.4.2. Blisters*

138

In areas with a high degree of alteration, decay can evolve and pass from one type to another. Blisters are one of these composite types, which are relatively common and serious because of the damage they cause. Initially, they resemble additional material, but during the course of their development they are considered to be deformations and end up generating material loss when they burst. A blister is the outcome of a crust or the altered surface layer coming off. It is characterised by the fact that it has a more or less convex shape which is hollow inside, with a tendency to burst with the disintegrated material of the substrate in its interior.

In certain areas that are periodically damp and prone to retaining dust, deposits and black patinas can develop rapidly into black crusts, making the material's surface more impermeable. The forces that proceed to act on this intermediary stage (hydrothermal dilations, precipitation of salts, etc.) start to release the crust from the substrate and convert it into a blister. As the detached surface swells, the blister ends up breaking and, when it bursts, the underlying stonework is seen to have more or less disintegrated. This loss of coherence inside is also due to the action of damp and soluble salts existing underneath the crust.

Certain materials can likewise show similar types of alteration without necessarily developing the typical plaster crust on their surface. Nevertheless, for blisters to form there needs to be a certain differentiation in the surface layer, making it possible for this to balloon or lift itself up without immediately breaking. This type of blister, which has very few holes between the outer part –which is more consistent– and the inner one, is initiated by swelling processes as indicated above.

#### *2.4.3. Fracture*

The tensions generated within stone materials, whether because of natural causes or structural loads, can lead to fracture. In this case the fracture surface is perpendicular or subperpendicular to the exposed surface, unlike in layering, where the fracture runs parallel and causes the detachment of material. Breakage occurs in consonance with weaknesses in the material, either taking advantage of discontinuities that already exist or else creating new ones. The orientation of textural components (grains, pores,

### 2.4.2. Ampollas

En zonas con alto grado de alteración las lesiones pueden evolucionar y pasar de unos tipos a otros. Las ampollas son uno de esos tipos compuestos, relativamente frecuentes e importantes por los daños generados. En su origen guardan relación con aportes de material, durante su desarrollo constituyen una deformación y terminan produciendo pérdidas de material cuando eclosionan. Una ampolla es el resultado del despegue de una costra o de la capa superficial alterada. Se caracteriza por presentar aspecto más o menos abombado e internamente ahuecado, con tendencia a eclosionar y contener en su interior el material del sustrato disgregado.

En determinadas zonas –periódicamente húmedas y favorables a la retención de polvo– los depósitos y las pátinas negras pueden evolucionar rápidamente a costras negras, haciendo más impermeable la superficie del material. Las tensiones que entonces actúan en esa interfase (dilataciones termohídricas, precipitación de sales...) comienzan a despegar la costra del sustrato y a convertirla en ampolla. Al aumentar la superficie despegada, la ampolla acaba rompiendo y, cuando eclosiona, aparece el material pétreo subyacente más o menos disgregado. Esta pérdida de coherencia en la zona interna es debida igualmente a la acción de humedad y de las sales solubles existentes bajo la costra.

Ciertos materiales también pueden mostrar formas de alteración análogas, sin necesidad de que hayan desarrollado la típica costra de yeso en su superficie. No obstante, para que se formen ampollas es necesario que exista cierta diferenciación de la capa superficial, de forma que ésta sea capaz de abombarse o levantarse inicialmente sin romper. Este tipo de ampollas, que apenas presentan huecos entra la parte externa –más coherente– y la interna, se originan por procesos hinchamiento como los indicados.

139

### 2.4.3. Rotura

Las tensiones generadas en el seno de los materiales pétreos, ya sea por causas naturales o por cargas estructurales, pueden conducir a la rotura. En este caso el plano de rotura es perpendicular o subperpendicular a la superficie expuesta, a diferencia de la disyunción, donde la rotura es paralela y favorece el desprendimiento de material. La rotura se produce según direcciones de debilidad en el material, aprovechando discontinuidades ya existentes o creando otras nuevas. La orientación de componentes texturales (granos, poros, fisuras...) tiende a condicionar los planos de rotura. Además, en los edificios, la dirección de rotura depende de los esfuerzos que afectan a la estructura y que soportan los materiales (asentamientos, sobrecargas...).

En todos los casos la rotura se manifiesta por discontinuidades planares y, dependiendo de su tamaño, se distinguen distintos términos: fisura, fractura y grieta. Las fisuras son discontinuidades de pequeño tamaño (apertura menor de un milímetro), de trazado corto y rectilíneo, y sin desplazamiento entre ambas superficies. Cuando son muy pequeñas, imperceptibles a simple vista (décimas de milímetro), se denominan microfisuras. Las grietas son de tamaño grande (varios milímetro de apertura), visiblemente abiertas, de trazado más largo y a veces complejo, y pueden mostrar desplazamiento entre ambas caras. Las fracturas, en principio, corresponden al tamaño intermedio, aunque este término también se utiliza genéricamente para designar todas estas discontinuidades.

fissures, etc.) tends to determine the fracture surfaces. Furthermore, in buildings, the fracture direction depends on the stresses affecting the structure and which support the material (subsidence, overloads, etc.).

In all cases fractures appear due to discontinuities in the surface and, depending on their size, are distinguished by different terms: fissures or cracks, fractures and crevice. Cracks are small discontinuities (an opening of less than one millimetre), seen as a short straight line, and without moving between the two surfaces. When they are very small, and invisible to the naked eye (tenths of a millimetre), they are referred to as hair cracks. Crevice are large cracks (whith openings measuring several millimetres), and visibly open, with a longer and sometimes complex shape, and can display movement between the two sides. Fractures, in principle, correspond to an intermediate size, although this term is also used generically to designate all discontinuities of this kind.

Discontinuities can appear individually or be associated, forming sets of networks that appear on different scales. Thus, with respect to the size of the fissures, we normally talk about craquele to designate sets of hair cracks and crazing for networks of fractures. When the fracture of the material is more irregular the terms cracking and fragmentation are used indiscriminately, although this order also indicates an increase in the intensity of the material's breaking process.

Fissures can display other types of association such as in the case of star cracks and splitting. Star cracks are the result of local tensions (corrosion of metals in contact with the stone, impacts of projectiles, etc.). Splitting is due to vertical fissures appearing because of overload in structural elements, fissures normally determined by the textural characteristics of the material (orientation in line with planes of discontinuity).

140 Another type of fracture, with loss of fragments of varying size and irregular shape, is bursting or breakout. In this case, the fracture is explosive and is solely due to overloading, being located at points where tension is concentrated. As the deterioration processes advance and the fissures grow, detachment commences and fragments start to fall off, the size of which may vary from small pieces to enormous blocks and finally the material collapses.

## Acknowledgements

To everyone that helped with their contributions and suggestions to improve this project and to establish correspondence between the terms used in the various languages. In particular, our thanks go out to José Delgado Rodrigues, Giuseppe Cultrone, Carlota Grossi, Beatriz Menéndez, Patricia Vázquez and Timea Kovacs. Thanks also to the members of the Stone Group of the IIC-GE, especially to Ana Laborde, Concha Cirujano, Luis Valdeón and Araceli Rojo, who met together in Oviedo to contribute to the final result.

This work has also benefitted from the group's various projects funded by the Ministry of Education, Culture and Sports over the past twenty years. In particular, its preparation coincided in time with projects MAT-2004-06804-C02-01 and MAT-2008-06799-C03-01 and also with project IB09-080 led by the FICYT in Asturias.

Las discontinuidades pueden presentarse de forma individual o estar asociadas, formando redes conjugadas que se manifiestan a distintas escalas. Así, en relación con el tamaño de las fisuras, se suele hablar de craquelado para designar redes conjugadas de microfisuras y de cuarteado para redes conjugadas de fracturas. Cuando la rotura del material es más irregular se utilizan indistintamente los términos fisuración, fracturación, agrietamiento y fragmentación, aunque ese orden también indica un aumento en la intensidad del proceso de rotura del material.

Las fisuras pueden mostrar otros tipos de asociación, como en la fisuración radial y en el lajamiento. La fisuración radial o fisuración en estrella es consecuencia de las tensiones locales (corrosión de metales en contacto con la piedra, impactos de proyectiles...). El lajamiento o disyunción en lajas es debido al desarrollo de fisuras verticales por sobrecarga en elementos estructurales, fisuras normalmente condicionadas por las características texturales del material (orientación con planos de discontinuidad).

Otro tipo de rotura, con pérdida de fragmentos de tamaño variable y forma irregular, es el estallido o reventón. En este caso la rotura es explosiva y se debe exclusivamente a sobrecargas, localizándose en los puntos donde se concentran las tensiones. Al avanzar los procesos de deterioro y crecer las fisuras comienza el desprendimiento y caída de fragmentos, cuyo tamaño puede variar desde pequeños trozos a grandes bloques y, finalmente, se produce el desmoronamiento del material.

## Agradecimientos

A todos los que con sus aportaciones y sugerencias han colaborado a mejorar el trabajo y a establecer correspondencias entre los términos utilizados en los distintos idiomas. En particular a José Delgado Rodríguez, Giuseppe Cultrone, Carlota Grossi, Beatriz Menéndez, Patricia Vázquez y Tímea Kovacs. A los miembros del Grupo Piedra del IIC-GE, en especial a Ana Laborde, Concha Cirujano, Luis Valdeón y Araceli Rojo, que reunidos en Oviedo contribuyeron al resultado final.

141

Este trabajo se ha beneficiado de los distintos proyectos financiados por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte durante los últimos veinte años al grupo. En particular su elaboración ha coincidido en el tiempo con los proyectos MAT-2004-06804-C02-01 y MAT-2008-06799-C03-01 y también con el proyecto IB09-080 de la FICYT de Asturias.

## Bibliografía / [Bibliography](#)

- ALCALDE, M., y VILLEGAS, R. (2003): «Indicadores de alteración de los materiales pétreos», en *Metodología de diagnóstico y evaluación de tratamientos para la conservación de los edificios históricos*. Granada: Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, pp. 58-71.
- ALCARAZ, E.; HUGHES, B.; MATEO, J.; VARGAS CH., y GÓMEZ, A. (2005): *Diccionario de términos de la piedra natural e industrias afines*. Barcelona: Ariel.
- ALONSO, F. J.; ESBERT, R. M.; ORDAZ, J., y VÁZQUEZ, P. (2006): «Análisis del deterioro de los materiales pétreos de edificación», en *ReCoPaR* (revista electrónica) n.º 3, pp. 23-32.
- ASHURST, J., y DIMES, F. G. (eds.) (1990): *Conservation of Building & Decorative Stone*, vol. 1 y 2. Butterworth-Heinemann.

ASTM C-119-87a. *Standard Definitions of Terms Relating to Natural Building Stones*.

BANTE (2001): *Diccionario de arquitectura y construcción*. Madrid: Munilla-Lería.

BRUNO, R.; MONTOTO, M., y PASPALIARIS, I. (2004): *Finisher product characteristics and uses: a guide*. Bologna: OSNET Editions.

CANEVA, G.; NUGARI, M. P., y SALVADORI, O. (2000): *La biología en la restauración*. NEREA, Junta de Andalucía, IAPH, 274 p.

DICCIONARIOS OXFORD-COMPLUTENSE (2000): *Diccionario de Ciencias de la Tierra*. Madrid: Editorial Complutense.

DICCIONARIOS RIODUERO (1985): *Geología y Mineralogía*. Madrid: Rioduero.

ESBERT R. M.; ORDAZ J.; ALONSO F. J.; MONTOTO M.; GONZÁLEZ LIMÓN T., y ÁLVAREZ DE BUERGO, M. (1997): *Manual de diagnosis y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos*. Barcelona: Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Barcelona.

FITZNER, B., y HEINRICH, K. (1996): «Diagnóstico de daños en monumentos pétreos: Documentación, mapeo y registro», en *Técnicas de diagnóstico aplicadas a la conservación de los materiales de construcción en los edificios*. Granada: Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, pp.123-141.

FOUCAULT, A., y RAOULT, J. F. (1985): *Diccionario de Geología*. Barcelona: Masson.

142

ICOMOS-ISCS (2008): *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patters. Glossaire illustré dur les formes d'altération de la Pierre*. Paris: Monuments and Sites XV. ICOMOS.

— (2011): *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patters*. Paris: Monuments and Sites XV. ICOMOS.

NORMAL1/88 (1990): *Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei: Lassicco*, CNR-ICR, Roma.

ORDAZ, J., y ESBERT, R. M. (1988): «Glosario de términos relacionados con el deterioro de las piedras de construcción», en *Materiales de Construcción*, n.º 209, pp. 39-45.

PANIAGUA, J. R. (1988): *Vocabulario básico de arquitectura*. Madrid: Cátedra.

RAE (2001): *Diccionario de la lengua española*, 22.ª edición. Madrid: Espasa Calpe.

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES (1996): *Vocabulario científico y técnico*, 3.ª edición. Madrid: Espasa Calpe.

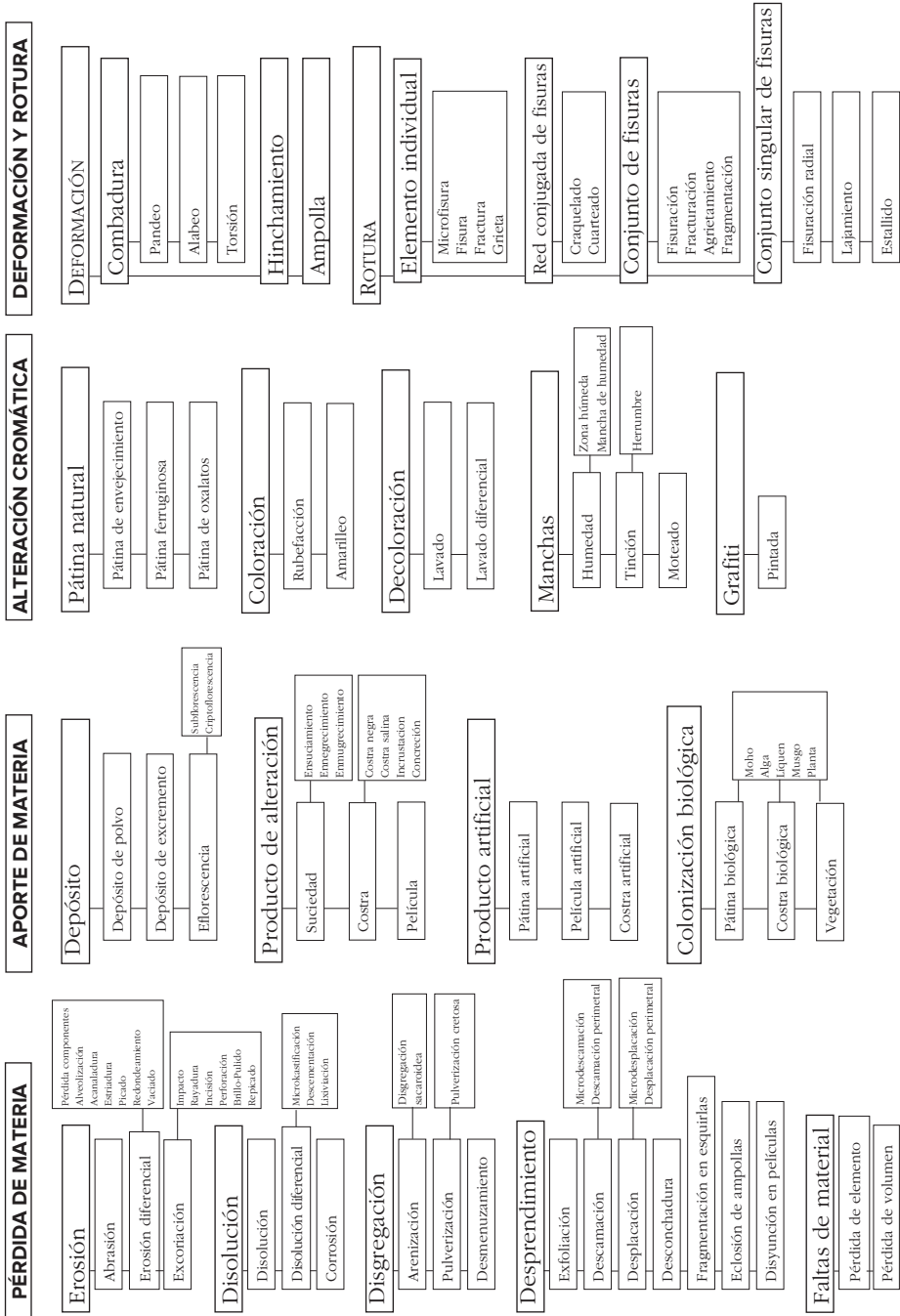
SCHAFFER, R. J. (1932): *The Weathering of Natural Building Stones*. London: Publ. His Majesty's Stationery Office, 149 p.

UNE-EN 12670 (2003): *Piedra natural. Terminología*.

WORKING GROUP «NATURAL STONES AND WEATHERING» (1998): Disponible en: <http://www.stone.rwth-aachen.de/index.php>

# Anexos

Cuadro 1



# Annexes

Graphic 1

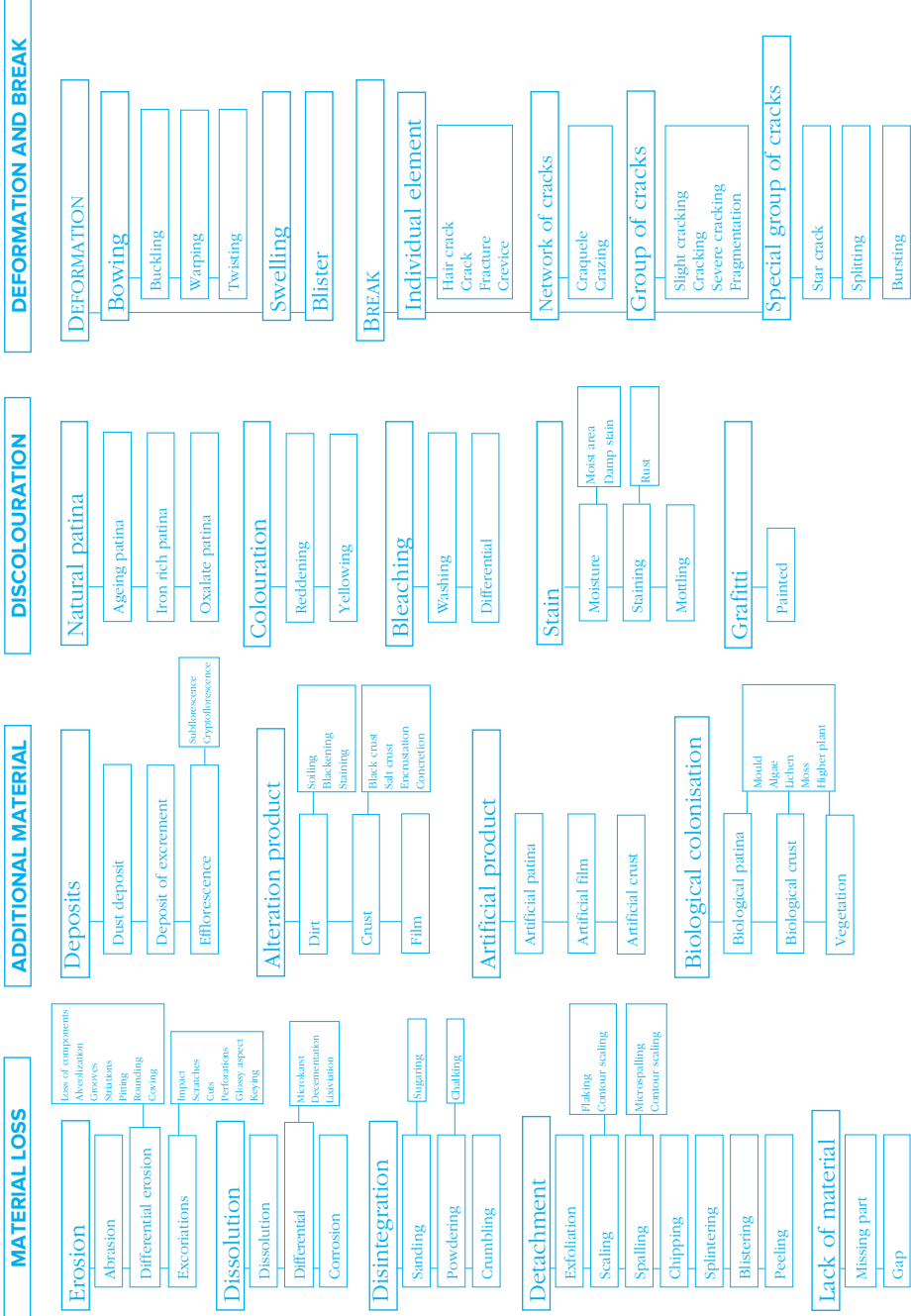




Tabla 1. Denominación de los daños: términos generales

Español	Inglés	Francés	Italiano	A	B	C
Alteración*	Alteration*	Altération*	Alterazione**	9		
Alteración diferencial	Differential alteration	Altération différentielle	Degradazione differenziale***			7
Meteorización*	Weathering*	Altération météorique*	Meteorizzazione	9		
Meteorización diferencial	Differential weathering	Altération météorique différentielle	Meteorizzazione differenziale			
Degradación* = Deterioro	Degradation*	Dégradation*	Degradazione**	9	9	
Deterioro*	Decay* = Deterioration*	Dégradation*	Deterioramento	9	9	
Biodeterioro = Bioalteración	Biodeterioration	Biodégradation	Biodegradazione			
Desintegración = Alteración física	Physical alteration	Désintégration	Disintegrazione			
Descomposición = Alteración química	Decomposition = Chemical alteration	Décomposition	Decomposizione			
Daño* = Lesión	Damage*	Damage	Danno = Lesione	9		
Indicador de deterioro	Decay indicator	Indicateur de dégradation	Indicatore di deterioramento			
Forma de alteración	Deterioration pattern	Figures d'altération	Forma d'alterazione			
Producto de alteración	Alteration product	Produit d'altération	Prodotto d'alterazione			

\*Ciudad en ICOMOS-ISCS, *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns*, Paris, 2008, 2011.\*\*Ciudad en CNR-ICR, NORMALI/88, *Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei: Lessico*, Roma. **A**: n.º de página con imagen en el texto de NORMAL;**C**: n.º de imagen en el ANEXO del presente texto.

Table 1. Designation of damage: general terms

Spanish	English	French	Italian	A	B	C
Alteración*	Alteration*	Altération*	Alterazione**			9
Alteración diferencial	Differential alteration	Altération différentielle	Degradazione differenziale**			7
Meteorización*	Weathering*	Altération météorique*	Meteorizzazione			9
Meteorización diferencial	Differential weathering	Altération météorique différentielle	Meteorizzazione differenziale			
Degradación* = Deterioro	Degradation*	Dégradation*	Degradazione**			9 9
Deterioro*	Decay* = Deterioration*	Dégradation*	Deterioramento			9
Biodeterioro = Bioalteración	Biodeterioration	Biodégradation	Biodegradazione			
Desintegración = Alteración física	Physical alteration	Désintégration	Disintegrazione			
Descomposición = Alteración química	Decomposition = Chemical alteration	Décomposition	Decomposizione			
Daño* = Lesión	Damage*	Damage	Danno = Lesione			9
Indicador de deterioro	Decay indicator	Indicateur de dégradation	Indicatore di deterioramento			
Forma de alteración	Deterioration pattern	Figures d'altération	Forma d'alterazione			
Producto de alteración	Alteration product	Produit d'altération	Prodotto d'alterazione			

\*Cited in ICOMOS-ICSC, *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns*, París, 2008, 2011.\*\*Cited in CNR-ICR, *NORMALI/88, Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei. Lessico*, Rome. **A**, Page n.º with images in ICOMOS; **B**, Page n.º with images in NORMAL; **C**, n.º of image in Annex.

Tabla 2. Denominación de los daños: términos relacionados con la pérdida de materia

<b>Español</b>	<b>Inglés</b>	<b>Francés</b>	<b>Italiano</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Pérdida de materia	Material loss*	Perte de matière*	Perdita di materiale			
Erosión*	Erosion*	Érosion*	Erosione**	12		
Abrasión*	Abrasion*	Abrasion*	Abrasion	33	1.1	
Erosión diferencial* = Erosión selectiva	Differential erosion* = Selective erosion	Érosion différentielle* = Érosion sélective	Erosione differenziale = Erosione selettiva	31	1.2	
Pérdida de componentes*	Loss of components*	Perte de constituants*	Perdita di elementi	31		
Pérdida de granos / matriz*	Loss of grain / matrix*	Perte de graine / matrice*	Perdita di granuli / matrice	31		
Aumento de rugosidad*	Roughening*	Augmentation de rugosité*	Aumento della rugosità	31	1.3/4	
Alveolización* = Erosión alveolar	Alveolization* = Alveolar erosion	Alvéolisation*	Alveolizzazione**	29	3	1.5
Alveolo	Alveole	Alvéole	Alveolo			
Acanaladura	Groove	Cannelure	Scanalatura			1.6
Estriadura = Estriación	Striation	Striure	Striatura			1.7
Estría	Stria	Strie	Stria			
Picado = Picadura = Pitting*	Pitting*	Pitting* = Piquûre	Pitting**	41	22	1.8
Redondeamiento* (de un sillar)	Rounding*	Erosion en boule*	Arrotondamento			1.9
Vaciado (de un sillar) = Craterización*	Coving* = Cratering	Creusement*	Craterizzazione	29		1.10
Daño mecánico*	Mechanical damage*	Dégât mécanique = Arrachement	Danno meccanico			
Excoriación*	Excoriation	Écorchure	Escoriazione	33		
Impacto* (daño por)	Impact damage*	Trace d'impact*	Danno da impatto	33		1.11
Rayadura*	Scratch*	Rayure*	Graffio	33		1.12
Incisión*	Cut*	Incision*	Incisione	33		1.13
Perforación*	Perforation* = Drill hole	Perforation* = Percement	Perforazione	39		1.14

Table 2. Designation of damage: terms related to material loss

Spanish	English	French	Italian	A	B	C
Pérdida de materia	Material loss*	Perte de matière*	Perdita di materiale			
Erosión*	Erosion*	Érosion*	Erosione**		12	
Abrasión*	Abrasion*	Abrasion*	Abrasion	33		1.1
Erosión diferencial* = Erosión selectiva	Differential erosion* = Selective erosion	Érosion différentielle* = Érosion sélective	Erosione differenziale = Erosione selettiva	31		1.2
Pérdida de componentes*	Loss of components*	Perte de constituants*	Perdita di elementi	31		
Pérdida de granos / matriz*	Loss of grain / matrix*	Perte de graine / matrice*	Perdita di granuli / matrice	31		
Aumento de rugosidad*	Roughening*	Augmentation de rugosité*	Aumento della rugosità	31		1.3/4
Alveolización* = Erosión alveolar	Alveolization* = Alveolar erosion	Alvéolisation*	Alveolizzazione**	29	3	1.5
Alveolo	Alveole	Alvéole	Alveolo			
Acanaladura	Groove	Cannelure	Scanalatura			1.6
Estriadura = Estriación	Striation	Striure	Striatura			1.7
Estría	Stria	Strie	Stria			
Picado = Picadura = Pitting*	Pitting*	Pitting* = Piqure	Pitting**	41	22	1.8
Redondeamiento* (de un sillar)	Rounding*	Erosion en boule*	Arrotondamento			1.9
Vaciado (de un sillar) = Craterización*	Coving* = Gratering	Creusement*	Craterizzazione	29		1.10
Daño mecánico*	Mechanical damage*	Dégât mécanique = Arrachement	Danno meccanico			
Excoriación*	Excoriation	Écorchure	Escoriazione	33		
Impacto* (daño por)	Impact damage*	Trace d'impact*	Danno da impatto	33		1.11
Rayadura*	Scratch*	Rayure*	Graffio	33		1.12
Incisión*	Cut*	Incision*	Incisione	33		1.13
Perforación*	Perforation* = Drill hole	Perforation* = Percement	Perforazione	39		1.14

<b>Español</b>	<b>Inglés</b>	<b>Francés</b>	<b>Italiano</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Brillo* = Pulido (aspecto)	Glossy aspect* = Polished surface	Aspect luisant*	Aspetto lucido (da usura)	55		1.15
Repicado* = Apicomado	Keying* = Pointing	Bûchage*	Scalfito	33		1.16
Disolución	Dissolution	Dissolution	Dissoluzione			1.17
Disolución diferencial = Disolución selectiva	Differential dissolution = Selective dissolution	Dissolution différentielle = Dissolution sélective	Dissoluzione differenziale = Dissoluzione selettiva			1.18
Microkarstificación*	Microkarst*	Microkarst*	Microfessure	35		1.19
Decementación	Decementation = Dimenting	Déciment	Perdita di cemento			1.20
Lixiviación	Leaching = Lixiviation	Lixiviation	Liscivazione			1.21
Corrosión	Corrosion	Corrosion	Corrosione			1.22
Disgregación*	Disintegration* = Disaggregation	Désagrégation*	Disgregazione**	21	9	1.28
Arenización* = Disgregación granular*	Sanding* = Granular disintegration*	Désagrégation granulaire* = Désagrégation sableuse *	Arenizzazione	21		1.23
Disgregación sacaroida*	Sugaring*	Désagrégation saccharoïde*	Disgregazione saccaroïde	21		1.24
Pulverización* = Disgregación pulverulenta	Powdering*	Pulvérulence* = Poudroiement	Polverizzazione**	21	23	1.25
Pulverización cretosa*	Chalking*	Farinage*	Polverizzazione**			1.26
Desmenuzamiento*	Crumbing*	Emiettement*	Mancanza**	21	18	1.27
Desprendimiento*	Detachment*	Détachement*	Distacco**			
Deslaminación*	Delamination* = Layering	Déltage* = Délitement	Delaminazione**	19	10	
Disyunción	Delamination* = Layering	Déltage* = Délitement	Delaminazione** = Disgiunzione	19	10	
Exfoliación*	Exfoliation*	Exfoliation*	Esfoliazione**	19	13	1.29
Lámina	Lamina	Lame	Lamina			
Descamación* = Escamación	Scaling* = Desquamation	Desquamation*	Scagliatura**	27	26	1.30
Microdescamación*	Flaking*	Ecaillage*	Microscagliatura	27		1.31

Spanish	English	French	Italian	A	B	C
Brillo* = Pulido (aspecto)	Glossy aspect* = Polished surface	Aspect luisant*	Aspetto lucido (da usura)	55		1.15
Repicado* = Apiconado	Keying* = Pointing	Bûchage*	Scalfito	33		1.16
Disolución	Dissolution	Dissolution	Dissoluzione			1.17
Disolución diferencial = Disolución selectiva	Differential dissolution = Selective dissolution	Dissolution différentielle = Dissolution sélective	Dissoluzione differenziale = Dissoluzione selettiva			1.18
Microkarstificación*	Microkarst*	Microkarst*	Microfessure	35		1.19
Descementación	Decementation = Dicementing	Déciment	Perdita di cemento			1.20
Lixiviación	Leaching = Lixiviation	Lixiviation	Liscivazione			1.21
Corrosión	Corrosion	Corrosion	Corrosione			1.22
Disgregación*	Disintegration* = Disaggregation	Désagrégation*	Disgregazione**	21	9	1.28
Arenización* = Disgregación granular*	Sanding* = Granular disintegration*	Désagrégation granulaire* = Désagrégation sableuse *	Arenizzazione	21		1.23
Disgregación sacaroidea*	Sugaring*	Désagrégation saccharoïde*	Disgregazione saccaroide	21		1.24
Pulverización* = Disgregación pulverulenta	Powdering*	Pulvéulence* = Poudrolement	Polverizzazione**	21	23	1.25
Pulverización cretosa*	Chalking*	Farinage*	Polverizzazione**			1.26
Desmenuzamiento*	Crumbling*	Emiettement*	Mancanza**	21	18	1.27
Desprendimiento*	Detachment*	Détachement*	Distacco**			
Deslaminación*	Delamination* = Layering	Délitage* = Délitement	Delaminazione**	19	10	
Disyunción	Delamination* = Layering	Délitage* = Délitement	Delaminazione** = Disgiunzione	19	10	
Exfoliación*	Exfoliation*	Exfoliation*	Esfoliazione**	19	13	1.29
Lámina	Lamina	Lame	Lamina			
Descamación* = Escamación	Scaling* = Desquamation	Desquamation*	Scagliatura**	27	26	1.30
Microdescamación*	Flaking*	Ecailage*	Microscagliatura	27		1.31

<b>Español</b>	<b>Inglés</b>	<b>Francés</b>	<b>Italiano</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Descamación perimetral*	Contour scaling*	Contour scaling*	Scagliatura perimetrale	27		1.32
Escama	Scale=Flake	Flake	Scaglia			
Desplacación*	Spalling*	Desquamation en plaques*	Frantumazione	27		1.33
Microdesplacación	Microspalling	Desquamation en microplaques	Microfrantumazione			1.34
Desplacación perimetral*	Contour scaling*	Contour scaling*	Frantumazione perimetrale	27		1.35
Placa	Plaques=Slab	Plaque	Placca			
Desconchadura* = Desconchado	Chipping*	Epaufreure*	Scheggiatura = Scheggiato	23		1.36
Lasca	Chip	Puce	Frammento			
Fragmentación en esquirlas* = Astillado	Splintering*	Fragmentation en esquilles*	Scheggiatura	23		1.37
Esquiria	Splinter	Esquille	Scheggia			
Eclósion de ampollas	Blistering*	Boursoufflure* = Cloque	Rottura di vesciche	15		1.38
Disyunción de películas*	Peeling* = Peeling off	Pelage* = Écaillage	Separazione di pellicole	25		1.39
Falta de material	Lack of material	Matériel manquant	Lacuna**		16	
Pérdida de elemento = Faltante* = Laguna	Missing part* = Lacuna	Partie manquante* = Manque	Lacuna**	37	16	1.40
Pérdida de volumen = Hueco*	Gap*	Trou*	Cavità = Foro	37		1.41

\*Citado en ICOMOS-ISCS, *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns*, Paris, 2008, 2011.\*\*Citado en CNR-ICR, NORMALI/88, *Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei. Lessico*, Roma. **A.**: n.º de página con imagen en el texto de ICOMOS; **B.**: n.º de página con imagen en el texto de NORMALI; **C.**: n.º de imagen en el ANEXO del presente texto.

Spanish	English	French	Italian	A	B	C
Descamación perimetral*	Contour scaling*	Contour scaling*	Scagliatura perimetrale	27		1.32
Escama	Scale ≈ Flake	Flake	Scaglia			
Desplacación*	Spalling*	Desquamation en plaques*	Frantumazione	27		1.33
Microdesplacación	Microspalling	Desquamation en microplaques	Microfrantumazione			1.34
Desplacación perimetral*	Contour scaling*	Contour scaling*	Frantumazione perimetrale	27		1.35
Placa	Plaque=Slab	Plaque	Placca			
Desconchadura* = Desconchado	Chipping*	Epaufreure*	Scheggiatura = Scheggiato	23		1.36
Lasca	Chip	Puce	Frammento			
Fragmentación en esquirlas* = Astillado	Splintering*	Fragmentation en esquilles*	Scheggiatura	23		1.37
Esquiria	Splinter	Esquille	Scheggia			
Eclósion de ampollas	Blistering*	Boursouffure* = Cloque	Rottura di vesciche	15		1.38
Disyunción de películas*	Peeling* = Peeling off	Pelage* = Écaillage	Separazione di pellicole	25		1.39
Falta de material	Lack of material	Matériel manquant	Lacuna**		16	
Pérdida de elemento = Faltante* = Laguna	Missing part* = Lacuna	Partie manquante* = Manque	Lacuna**	37	16	1.40
Pérdida de volumen = Hueco*	Gap*	Trou*	Cavità = Foro	37		1.41

\*Cited in ICOMOS-IGCS, *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns*, Paris, 2008, 2011.\*\*Cited in CNR-ICR, *NORMALI/88, Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei. Lessico*, Rome. **A.**: Page n.º with images in ICOMOS; **B.**: Page n.º with images in NORMALI; **C.**: n.º of image in Annex.



Tabla 3. Denominación de los daños: términos relacionados con el aporte de materia

<b>Español</b>	<b>Inglés</b>	<b>Francés</b>	<b>Italiano</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Depósito* = Depósito superficial	Deposit* = Surface deposit	Dépôt* = Dépôt superficiel	Deposito superficiale**	45	8	
Depósito de polvo	Dust deposit	Dépôt de poussière	Deposito di polvere			2.1
Deposito de excrementos	Deposit of excrement	Dépôt d'excrément	Deposito di escrementi			2.2
Eflorescencia*	Efflorescence*	Efflorescence*	Efflorescenza**	49	11	2.3
Subflorescencia*	Subflorescence*	Subefflorescence*	Subefflorescenza	63		
Criptoflorescencia	Cryptoflorescence	Cryptoefflorescence	Criptoefflorescenza			
Producto de alteración	Alteration product	Produit d'altération	Prodotto d'alterazione			
Suciedad	Dirt	Salissure	Sporcizia			
Ensuciamiento = Pátina de suciedad	Soiling* = Dirt patina	Encrassement* = Patine de salissure	Sporcizia = Patina di sporcizia	61		2.4
Ennegrecimiento = Pátina negra	Blackening = Black patina	Noircissement = Patine noire	Annerimento = Patina nera	61		2.5
Enmugrecimiento*	Severe soiling*	Sévère encrassement*	Grave sporcizia			2.6
Costra*	Crust*	Croûte*	Crosta**		5	
Costra negra*	Black crust*	Croûte noire*	Crosta nera	43		2.7
Costra salina*	Salt crust*	Croûte saline*	Crosta salina	43		2.8
Incrustación*	Encrustation* = Incrustation	Encroûtement*	Incrostazione**	51	15	2.9
Concreción*	Concretion*	Concrétion*	Concrezione**	51	4	2.10
Película*	Film* = Pellicle	Film* = Pellicule	Pellicola**			
Pátina artificial = Patinadura = Veladura	Patination = Artificial patina	Patine artificielle	Patina artificiale**			2.11
Película artificial	Artificial film	Film artificielle	Pellicola artificiale	53	21	2.12
Costra artificial	Artificial crust	Croûte artificielle	Crosta artificiale			
Patina biológica = Biopátina	Biological patina	Patine biologique	Patina biologica**		20	2.13
Película biológica* = Biopelícula	Biofilm*	Biofilm*	Pellicola biologica			

Table 3. Designation of damage: terms related to additional material

Spanish	English	French	Italian	A	B	C
Depósito* = Depósito superficial	Deposit* = Surface deposit	Dépôt* = Dépôt superficiel	Deposito superficiale**	45	8	
Depósito de polvo	Dust deposit	Dépôt de poussière	Deposito di polvere			2.1
Deposito de excrementos	Deposit of excrement	Dépôt d'excrément	Deposito di escrementi			2.2
Eflorescencia*	Efflorescence*	Efflorescence*	Efflorescenza**	49	11	2.3
Subflorescencia*	Subflorescence*	Subflorescence*	Subefflorescenza	63		
Criptoflorescencia	Cryptoflorescence	Cryptoflorescence	Criptoefflorescenza			
Producto de alteración	Alteration product	Produit d'altération	Prodotto d'alterazione			
Suciedad	Dirt	Salissure	Sporcizia			
Ensuciamiento = Pátina de suciedad	Soiling* = Dirt patina	Encrassement* = Patine de salissure	Sporcizia = Patina di sporcizia	61		2.4
Ennegrecimiento = Pátina negra	Blackening = Black patina	Noircissement = Patine noire	Annerimento = Patina nera	61		2.5
Enmugrecimiento*	Severe soiling	Sévère encrassement*	Grave sporcizia			2.6
Costra*	Crust*	Croûte*	Crosta**	5		
Costra negra*	Black crust*	Croûte noire*	Crosta nera	43		2.7
Costra salina*	Salt crust*	Croûte saline*	Crosta salina	43		2.8
Incrustación*	Encrustation* = Incrustation	Encroûtement*	Incrustazione**	51	15	2.9
Concreción*	Concretion*	Concrétion*	Concrezione**	51	4	2.10
Película*	Film* = Pellicle	Film* = Pellicule	Pellicola**			
Pátina artificial = Patinadura = Veladura	Patination = Artificial patina	Patine artificielle	Patina artificiale**			2.11
Película artificial	Artificial film	Film artificielle	Pellicola artificiale	53	21	2.12
Costra artificial	Artificial crust	Croûte artificielle	Crosta artificiale			
Patina biológica = Biopátina	Biological patina	Patine biologique	Patina biologica**			2.13
Película biológica* = Biopelícula	Biofilm*	Biofilm*	Pellicola biologica			

<b>Español</b>	<b>Inglés</b>	<b>Francés</b>	<b>Italiano</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Costra biológica = Biocostra	Biological crust	Crôte biologique	Costra biologica			2.14
Colonización biológica*	Biological colonization*	Colonisation biologique*	Colonizzazione biologica	65		
Moho ≈ Hongo*	Mould*	Moissure*	Muffa ≈ Fungo	73		2.15
Alga*	Alga*	Algue*	Alga	67		2.16
Líquén*	Lichen*	Lichen*	Lichene	69		2.17
Musgo*	Moss*	Mousse*	Muschio	71		2.18
Planta superior = Vegetación	Plant* = Higher plant = Vegetation	Plante* = Plante supérieur = Végétation	Pianta = Pianta superiore = Presenza di vegetazione**	75	24	2.19

\*Citado en ICOMOS-ISCS, *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns*, Paris, 2008, 2011.

\*\*Citado en CNR-ICR, NORMALI/88, *Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei. Lessico*, Roma. **A.** n.º de página con imagen en el texto de ICOMOS; **B.** n.º de página con imagen en el texto de NORMAL; **C.** n.º de imagen en el ANEXO del presente texto.

Spanish	English	French	Italian	A	B	C
Costra biológica = Biocostra	Biological crust	Croûte biologique	Crosta biologica			2.14
Colonización biológica*	Biological colonization*	Colonisation biologique*	Colonizzazione biologica	65		
Moho ≈ Hongo*	Mould*	Moississure*	Muffa ≈ Fungo	73		2.15
Alga*	Alga*	Algue*	Alga	67		2.16
Liquen*	Lichen*	Lichen*	Lichene	69		2.17
Musgo*	Moss*	Mousse*	Muschio	71		2.18
Planta superior = Vegetación	Plant* = Higher plant = Vegetation	Plante* = Plante supérieure = Végétation	Pianta = Pianta superiore = Presenza di vegetazione**	75	24	2.19

\*Cited in ICOMOS-ISC, *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns*, Paris, 2008, 2011.\*\*Cited in CNR-ICR, *NORMALE/88, Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei. Lessico*, Rome. **A**: Page n.º with images in ICOMOS; **B**: Page n.º with images in NORMAL; **C**: n.º of image in Annex.

Tabla 4. Denominación de los daños: términos relacionados con la alteración cromática

<b>Español</b>	<b>Inglés</b>	<b>Francés</b>	<b>Italiano</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Alteración cromática	Discolouration* = Chromatic alteration	Altération chromatique*	Alterazione cromatica**	2		
Pátina*	Patina*	Patine	Patina**	19		
Pátina natural = Pátina de envejecimiento	Natural patina* = Ageing patina	Patine naturelle = Patine vieillissement	Patina naturale = Patina d'invecchiamento	3.1		3.1
Pátina ferruginosa = Pátina de oxidación	Iron rich patina*	Patine ferrugineuse*	Patina ferruginosa	59		3.2
Pátina de oxalato	Oxalate patina*	Patine d'oxalate*	Patina d'ossalato	59		
Coloración*	Colouration* = Colouring	Coloration*	Colorazione	47		
Rubefacción	Reddening = Rubefaction	Rougisement	Arrossamento	3.3		3.3
Amarilleo	Yellowing = Yellow coloration	Jaunissement	Ingiallimento	3.4		3.4
Decoloración*	Bleaching* = Fading	Décoloration* ≈ Blanchiment	Decolorazione	47		3.5
Lavado	Washing out = Leaching	Lessivage	Dilavamento			
Lavado diferencial	Differential washing	Ravinement	Dilavamento differenziale	3.6		3.6
Mancha	Stain	Tâche*	Macchia**	17		
Humedad	Moisture	Humidité	Umidità			
Zona húmeda	Moist area*	Zone humide	Zona umida	47		3.7
Mancha de humedad*	Damp stain = Humidity stain	Assombrissement du à l'humidité*	Macchia d'umidità	3.8		3.8
Tinción*	Staining*	Teinture	Colorazione	47		3.9
Herrumbre	Rust	Rouille	Ruggine	3.10		3.10

Table 4. Designation of damage: terms related to discolouration

Spanish	English	French	Italian	A	B	C
Alteración cromática	Discolouration* = Chromatic alteration	Altération chromatique*	Alterazione cromatica**	2		
Patina*	Patina*	Patine	Patina**	19		
Patina natural = Patina de envejecimiento	Natural patina* = Ageing patina	Patine naturelle = Patine vieillissement	Patina naturale = Patina d'invecchiamento			3.1
Patina ferruginosa = Patina de oxidación	Iron rich patina*	Patine ferrugineuse*	Patina ferruginosa	59		3.2
Patina de oxalato	Oxalate patina*	Patine d'oxalate*	Patina d'ossalato	59		
Coloración*	Colouration* = Colouring	Coloration*	Colorazione	47		
Rubefacción	Reddening = Rubefaction	Rougisement	Arrossamento			3.3
Amarilleo	Yellowing = Yellow coloration	Jaunissement	Ingiallimento			3.4
Decoloración*	Bleaching* = Fading	Décoloration* ≈ Blanchiment	Decolorazione	47		3.5
Lavado	Washing out = Leaching	Lessivage	Dilavamento			
Lavado diferencial	Differential washing	Ravinement	Dilavamento differenziale			3.6
Mancha	Stain	Tâche*	Macchia**	17		
Humedad	Moisture	Humidité	Umidità			
Zona húmeda	Moist area*	Zone humide	Zona umida	47		3.7
Mancha de humedad*	Damp stain = Humidity stain	Assombrissement du à l'humidité*	Macchia d'umidità			3.8
Tinción*	Staining*	Teinture	Colorazione	47		3.9
Herrumbre	Rust	Rouille	Ruggine			3.10

<b>Español</b>	<b>Inglés</b>	<b>Francés</b>	<b>Italiano</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Moteado	Mottled	Moucheté	Chiazato			3.11
Grafiti*	Graffiti*	Graffiti*	Graffiti			3.12
Pintada	Painted	Peinte	Imbrattato	57		

\*Ciado en ICOMOS-ISCS, *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns*, Paris, 2008, 2011.

\*\*Ciado en GNR-ICR, NORMALI/88, *Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei. Lessico*, Roma. **A.**: n.º de página con imagen en el texto de ICOMOS; **B.**: n.º de página con imagen en el texto de NORMALI; **C.**: n.º de imagen en el ANEXO del presente texto.

<b>Spanish</b>	<b>English</b>	<b>French</b>	<b>Italian</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Moteado	Mottled	Moucheté	Chiazzato			3.11
Graffiti*	Graffiti*	Graffiti*	Graffiti			3.12
Pintada	Painted	Peinte	Imbrattato			57

\*Cited in ICOMOS-IGCS, *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns*, Paris, 2008, 2011.

\*\*Cited in CNR-ICR, *NORMAL/88, Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei. Lessico*, Rome. **A**: Page n.º with images in ICOMOS; **B**: Page n.º with images in NORMAL; **C**: n.º of image in Annex..



Tabla 5. Denominación de los daños: términos relacionados con la deformación y rotura del material

<b>Español</b>	<b>Inglés</b>	<b>Francés</b>	<b>Italiano</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Deformación*	Deformation*	Déformation*	Deformazione**	13	6	
Deformación plástica	Plastic deformation	Déformation plastique*	Deformazione plastica			
Combadura = Combamiento	Bowing = Bending	Courbure	Curvatura			4.1
Pandeo	Buckling	Flambage	Instabilità			
Alabeo	Warping	Flexure	Flessione			
Torsión	Twisting	Torsion	Torsione			
Hinchamiento = Abombamiento	Swelling	Gonflement	Rigonfiamento**	25	4.2	
Ampolla*	B blister	Cloque	Vescica			4.3
Rotura	Break	Cassure	Rottura			
Microfisura	Hair crack* = Microcrack	Microfissure*	Microfessura	11		4.4
Fisura*	Crack* = Fissure	Fissure* = Craquelure	Fessura			4.5
Fractura*	Fracture*	Fracture*	Frattura	11		4.6
Grieta*	Crevice	Craquelure	Crepa			4.7
Craquelado* = Red de microfisuras	Craquele* = Minor crack network	Craquellement*	Microfessurazione	11		4.8
Cuarateado = Red de fracturas	Crazing	Fissuration*	Fratturazione**			4.9
Fisuración	Slight cracking = Fissuration	Légère fissuration	Lieve fessurazione			14
Fracturación	Cracking*	Fissuration*	Fratturazione**			14
Agrietamiento	Severe cracking	Sévère fissuration	Grave fratturazione			14
Fragmentación*	Fragmentation*	Fragmentation*	Frammentazione	23		
Fragmento	Fragment	Fragment	Frammento			
Fisuración radial* = Fisuración en estrella	Star crack*	Fissuration en étoile*	Fessurazione radiale	11		4.10
Lajamiento = Disyunción en lájias*	Splitting*	Clivage*	Separazione in lastre	11		4.11

Table 5. Designation of damage: terms related to the deformation and breakage of the material

Spanish	English	French	Italian	A	B	C
Deformación*	Deformation*	Déformation*	Deformazione**	13	6	
Deformación plástica	Plastic deformation	Déformation plastique*	Deformazione plastica			
Combadura = Combamiento	Bowing = Bending	Courbure	Curvatura			4.1
Pandeo	Buckling	Flambage	Instabilità			
Alabeo	Warping	Flexure	Flessione			
Torsión	Twisting	Torsion	Torsione			
Hinchamiento = Abombamiento	Swelling	Gonflement	Rigonfiamento**	25	4.2	
Ampolla*	Blister	Cloque	Vescica			4.3
Rotura	Break	Cassure	Rottura			
Microfisura	Hair crack* = Microcrack	Microfissure*	Microfessura	11		4.4
Fisura*	Crack* = Fissure	Fissure* = Craquelure	Fessura			4.5
Fractura*	Fracture*	Fracture*	Frattura	11		4.6
Grieta*	Crevice	Craquelure	Crepa			4.7
Craquelado* = Red de microfisuras	Craquele* = Minor crack network	Craquellement*	Microfessurazione	11		4.8
Cuardeado = Red de fracturas	Crazing	Fissuration*	Fratturazione**	14		4.9
Fisuración	Slight cracking = Fissuration	Légère fissuration	Lieve fessurazione	14		
Fracturación	Cracking*	Fissuration*	Fratturazione**	14		
Agrietamiento	Severe cracking	Sévère fissuration	Grave fratturazione	14		
Fragmentación*	Fragmentation*	Fragmentation*	Frammentazione	23		
Fragmento	Fragment	Fragment	Frammento			
Fisuración radial* = Fisuración en estrella	Star crack*	Fissuration en étoile*	Fessurazione radiale	11		4.10
Lajamiento = Disyunción en lájas*	Splitting*	Clivage*	Separazione in lastre	11		4.11

<b>Español</b>	<b>Inglés</b>	<b>Francés</b>	<b>Italiano</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Laja	Flag = Slab	Plaque	Lastra			
Estallido* = Reventón	Bursting* = Blowout	Eclatement*	Frantumazione	17		4.12
Desmoronamiento = Colapso	Crumbling = Collapse	Effondrement	Sbriciolamento = Collasso			

\*Citado en ICOMOS-ISCS, *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns*, Paris, 2008, 2011.

\*\*Citado en CNR-ICR, NORMALI/88, *Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei. Lessico*, Roma. **A.** n.º de página con imagen en el texto de ICOMOS; **B.** n.º de página con imagen en el texto de NORMAL; **C.** n.º de imagen en el ANEXO del presente texto.

Spanish	English	French	Italian	A	B	C
Laja	Flag = Slab	Plaque	Lastra			
Estallido* = Reventón	Bursting* = Blowout	Eclatement*	Frantumazione	17		4.12
Desmoronamiento = Colapso	Crumbling = Collapse	Effondrement	Sbriciolamento = Collasso			

\*Cited in ICOMOS-IFCS, *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns*, Paris, 2008, 2011.

\*\*Cited in CNR-ICR, *NORMAL/88, Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei. Lessico*, Rome. **A**: Page n.º with images in ICOMOS; **B**: Page n.º with images in NORMAL; **C**: n.º of image in Annex..

## 1. Pérdida de materia: erosiones, erosiones diferenciales

### 1. Material loss: erosion, differential erosion



1.1. Abrasión en una arenisca. Fachada de la iglesia de San Andrés, Villamanrique de la Condesa (Ciudad Real), 2010.  
1.1. Abrasion on sandstone. Façade of the Iglesia de San Andrés (St. Andrew's Church), Villamanrique de la Condesa (Ciudad Real). 2010.



1.2. Erosión diferencial entre la caliza bioclástica de Piedramuelle y la dolomía micrítica de Laspra. Portada de la catedral de Oviedo (Asturias), 2010.  
1.2. Differential erosion between the bioclastic limestone from Piedramuelle and the micritic dolomite from Laspra. Main entrance to Oviedo Cathedral (Asturias). 2010.



1.3. Pérdida de granos blandos en una arenisca. Arco de Carlos III en La Cavada, Riotuerto (Cantabria), 2007.  
1.3. Loss of soft grain on sandstone. Carlos III Arch in La Cavada, Riotuerto (Cantabria). 2007.



1.4. Pérdida de matriz en una caliza nodulosa. Fachada lateral en el santuario de Covadonga (Asturias), 2011.  
1.4. Loss of matrix on nodular limestone. Lateral façade of the sanctuary of Covadonga (Asturias). 2011.



15. Alveolización muy acusada en una arenisca. Fachada norte del palacio de Sobrellano, Comillas (Cantabria), 2007.

15. Very pronounced alveolisation on sandstone. North façade of the palace of Sobrellano, Comillas (Cantabria), 2007.



16. Acanaladuras en la dolomía micrítica de Laspra. Ábside en la iglesia de San Juan de Prioro, Las Caldas (Asturias), 2008.

16. Grooves on micritic dolomite from Laspra. Apse in the Iglesia de San Juan de Prioro (Church of St. John of Prioro), Las Caldas (Asturias). 2008.

166



17. Estriaduras en la caliza rojiza de La Granda. Iglesia de San Isidoro, Oviedo (Asturias), 2013.

17. Striation on the reddish limestone from La Granda. Iglesia de San Isidoro (Church of St. Isidore), Oviedo (Asturias). 2010.



18. Picado en la dolomía de Silos. Claustro del monasterio de Santo Domingo de Silos (Burgos), 1990.

18. Pitting on dolomite from Silos. Cloister in the monastery of Santo Domingo de Silos (Burgos). 1990.



1.9. Redondeamiento de sillares en un granito. Anfiteatro romano de Mérida (Badajoz), 2009.

1.9. Rounding of granite ashlars. Roman amphitheatre in Merida (Badajoz), 2009.



1.10. Vaciado de sillares en una arenisca arcillosa. Fachada en Santo Domingo de la Calzada (La Rioja), 2009.

1.10. Coving of ashlars in a clayey sandstone. Façade in Santo Domingo de la Calzada (La Rioja), 2009.

## **Pérdida de materia: excoりaciones** **Material loss: excoりations**



1.11. Marcas de impacto en un granito (cubiertas con mortero las de mayor tamaño). Parte baja de un edificio en Paseo del Rey (Madrid), 2012.

1.11. Impact marks on granite (the largest of which are covered with mortar). Lower part of a building in Paseo del Rey (Madrid), 2012.



1.12. Incisiones en una arenisca. Iglesia de Santa Elena, Calzada de Valdunciel (Salamanca), 2009.

1.12. Cuts in sandstone. Iglesia de Santa Elena (Church of St. Helena), Calzada de Valdunciel (Salamanca), 2009.



1.13. Rayaduras en la arenisca de Montjüic. Fachada del Palau de la Música Catalana (Barcelona), 2006.

1.13. Scratches on sandstone from Montjüic. Façade of the Palau de la Música Catalana (Barcelona). 2006.



1.14. Perforaciones en un sillar de granito reutilizado. Iglesia de Santa Lucía del Trampal, Alcuéscar (Cáceres), 2006.

1.14. Perforations in re-used granite ashlar. Iglesia de Santa Lucía del Trampal (Church of St. Lucy of the Marsh), Alcuéscar (Caceres). 2006.

168



1.15. Pulido en una caliza cristalina. Losas del pavimento en la catedral de Oviedo (Asturias), 2008.

1.15. Glossy aspect on crystalline limestone. Paving stones in Oviedo Cathedral (Asturias). 2008.



1.16. Repicado de sillares y marcas de cantería en la arenisca de Uncastillo. Fachada lateral de la iglesia de San Juan, Uncastillo (Zaragoza), 2008.

1.16. Keying of ashlars and quarry marks on sandstone from Uncastillo. Lateral façade of the Iglesia de San Juan (Church of St. John), Uncastillo (Zaragoza). 2008.



**Pérdida de materia: disoluciones**  
**Material loss: dissolution**



1.17. Disolución de la dolomía de Boñar. Escultura de la basílica de San Isidoro (León), 2011.  
1.17. Dissolution on Boñar dolomite. Sculpture of basilica of St. Isidore (Leon). 2011.



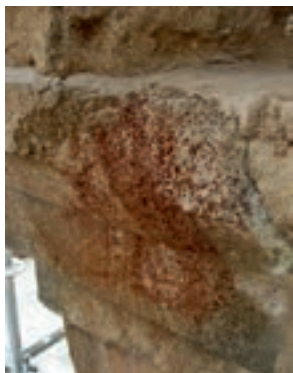
1.18. Disolución diferencial en una dolomía, con núcleos cristalinos resaltados y vetas disueltas. Balastrada de la Biblioteca Nacional (Madrid), 2010.  
1.18. Differential dissolution on dolomite, with prominent crystal nuclei and dissolved streaks. Balustrade in the Biblioteca Nacional (National Library) (Madrid). 2010.



1.19. Microkarstificación en dos sillares de caliza. Muro oeste de la iglesia de Santa María del Naranco, Oviedo (Asturias), 2010.  
1.19. Microkarst on two limestone ashlars. Western wall of the Iglesia de Santa María del Naranco (Church of St. Mary at Mount Naranco), Oviedo (Asturias). 2010.



1.20. Descementación en la caliza de Gerona, por disolución de la matriz que une los granos (nummulites). Fachada de la catedral (Gerona), 2000.  
1.20. Decementation of limestone from Girona, due to the dissolution of the matrix binding the granules (nummulites). Façade of the cathedral (Burgos). 2000.



1.21. Lixiviación en una arenisca, por disolución selectiva de minerales ferruginosos. Cornisa en la torre sur de la catedral de Astorga (León), 2009.

1.21. Lixiviation of sandstone, due to the selective dissolution of ferruginous minerals. Cornice of the southern tower of the cathedral of Astorga (León). 2009.



1.22. Corrosión en la dolomía micrítica de Laspra, asociada a un mingitorio. Claustro bajo de la catedral de Oviedo (Asturias), 2004.

1.22. Corrosion of micritic dolomitic limestone (Laspra), associated with a urinal. Lower cloister of Oviedo Cathedral (Asturias). 2004.

170

## **Pérdida de materia: disgregaciones**

### **Material loss: disintegrations**



1.23. Arenización en la arenisca de Igueldo. Parte baja en la fachada norte del teatro Victoria Eugenia, San Sebastián (Guipúzcoa), 1998.

1.23. Sanding on sandstone from Igueldo. Bottom of the north façade of the Victoria Eugenia theatre, San Sebastián (Guipúzcoa). 1998.



1.24. Disgregación sacaroidea en el mármol de Macael. Columna del patio de Los Leones en la Alhambra (Granada), 2009.

1.24. Sugaring on Macael marble. Column in the Patio de Los Leones (Courtyard of the Lions) in the Alhambra (Granada). 2009.



1.25. Pulverización de una arenisca arcillosa. Claustro del monasterio de Santa María la Real de Nájera (La Rioja), 2009.

1.25. Powdering of a clayey sandstone. Cloister inside monasterio de Santa María la Real (Royal St. Mary's Monastery) in Nájera (La Rioja). 2009.



1.26. Pulverización cretosa en la dolomía micrítica de Laspra. Claustro de la catedral de Oviedo (Asturias), 2002.

1.26. Chalking on micritic dolomitic limestone (Laspra). Cloister in Oviedo Cathedral (Asturias). 2002.



1.27. Desmenuzamiento en la caliza nummulítica de Gerona. Fachada de la catedral (Gerona), 2000.

1.27. Crumbling of nummulitic limestone (Girona stone). Façade of the cathedral (Girona). 2000.



1.28. Digregación actual (blanco) y digregación fósil (oscura) en la caliza de Hontoria. Címborio de la Catedral (Burgos), 1993.

1.28. Current disintegration (white) and fossil disintegration (dark) of Hontoria limestone. Dome of the cathedral (Burgos). 1993.

**Pérdida de materia: desprendimientos**  
**Material loss: detachments**



1.29. Exfoliación en una arenisca. Monasterio de Santa María la Real de Nájera (La Rioja), 2009.

1.29. Exfoliation of sandstone. Monasterio de Santa María la Real (Royal St. Mary's Monastery) in Nájera (La Rioja). 2009.



1.30. Descamación en una arenisca arcillosa. Iglesia de Santa María la Real, Sangüesa (Navarra), 2005.

1.30. Scaling on a clayey sandstone. Iglesia de Santa María la Real (Church of Royal St. Mary), Sangüesa (Navarre). 2005.

172



1.31. Microdescamación en la caliza de Piedramuelle. Fachada del monasterio de San Pelayo, Oviedo (Asturias), 1999.

1.31. Flaking on Piedramuelle limestone. Façade of San Pelayo Monastery, Oviedo (Asturias). 1999.



1.32. Descamación perimetral en elementos ornamentales de granito y arenización posterior. Iglesia de San Juan de los Reyes (Toledo), 2006.

1.32. Contour scaling, and subsequent sanding, on ornamental elements made of granite. Iglesia de San Juan de los Reyes (Church of St. John of the Kings) (Toledo). 2006.



1.33. Desplacación en arenisca. Santuario de los Mártires de Valdecuana (Asturias), 2007.  
1.33. Spalling of sandstone. Church sanctuary of Mártires de Valdecuana (Asturias). 2007.



1.34. Microdesplacación en sillares de granito. Fachada de la Biblioteca Nacional (Madrid), 2004.  
1.34. Microspalling on granite ashlars. Façade of the Biblioteca Nacional (National Library) (Madrid). 2004.



1.35. Desplacación perimetral en la caliza rojiza de La Granda. Claustro del monasterio de San Pelayo, Oviedo (Asturias), 2010.  
1.35. Contour scaling on reddish limestone from La Granda. Cloister of San Pelayo Monastery, Oviedo (Asturias). 2010.



1.36. Desconchadura en la caliza micrítica de Brivesca. Trasaltar de la catedral (Burgos), 2009.  
1.36. Chipping on micritic limestone (Brivesca). Retrochoir of the cathedral (Burgos). 2009.



1.37. Fragmentación en esquirlas en una arenisca orientada y con lineación. Monasterio de Santa María de Moreuela (Zamora), 2004.

1.37. Splintering on oriented sandstone with lineation. Monastery of St Mary of Moreuela (Zamora), 2004.



1.38. Eclósión de ampollas en la dolomía de Boñar. Portada de la basílica de San Isidoro (León), 2008.

1.38. Blistering on Boñar dolomite. Main front of the basilica of St Isidore (León), 2008.



1.39. Disyunción de películas sobre una arenisca. Edificio en Sos del Rey Católico (Zaragoza), 2009.

1.39. Peeling of limestone over sandstone. Building of Sos del Rey Católico (Zaragoza), 2009.



1.40. Pérdida de elementos en la caliza del Páramo. Escultura en la fachada de la Universidad (Valladolid), 2013.

1.40. Loss of elements on Páramo limestone. Sculpture on the façade of the University (Valladolid), 2013.

174



1.41. Pérdida de volumen en sillares de arenisca. Fachada de la iglesia de Santa María, Castro Urdiales (Cantabria), 2006.

1.41. Loss of volume of sandstone ashlars. Façade of Iglesia de Santa María (Church of St. Mary), Castro Urdiales (Cantabria), 2006.

## 2. Aporte de materia: depósitos

### 2. Additional material: deposits



2.1. Depósito de polvo sobre un elemento escultórico labrado en una dolomía. Fachada del Museo Arqueológico Nacional (Madrid), 2010.

2.1. Dust deposit on a sculpture carved in dolomite. Façade of the Biblioteca Nacional (National Library) (Madrid), 2010.



2.2 Depósito de excrementos sobre una figura labrada en la caliza de Hontoria. Fachada de la iglesia de San Pablo (Valladolid), 2007.

2.2. Deposit of excrement on a figure carved in Hontoria limestone. Façade of Iglesia de San Pablo (Church of St. Paul) (Valladolid), 2007.

175



2.3. Eflorescencias en ladrillos. Terraza en la fachada lateral del Palau de la Música Catalana (Barcelona), 2006.

2.3. Efflorescence on bricks. Terrace on the lateral façade of the Palau de la Música Catalana (Barcelona), 2006.

## Aporte de materia: productos de alteración

### Additional material: alteration products



2.4. Ensuciamiento en un granito. Fachada de la Biblioteca Nacional (Madrid), 2010.

2.4. Soiling of granite. Façade of the Biblioteca Nacional (National Library) (Madrid). 2010.



2.5. Ennegrecimiento en la dolomía de Silos. Claustro del monasterio de Santo Domingo de Silos (Burgos), 1990.

2.5. Blackening of Silos dolomite stone. Cloister in the monastery of Santo Domingo de Silos (Burgos). 1990.

176



2.6. Enmugrecimiento en una caliza micrítica blanca. Fachada norte de catedral de Palma de Mallorca (Islas Baleares), 1992.

2.6. Soiling of white micritic limestone. North façade of the Cathedral of Palma de Mallorca (Balearic Islands). 1992.



2.7. Costra negra sobre el mármol de Macael. Detalle de una escultura en el Museo Arqueológico Nacional (Madrid), 2010.

2.7. Black crust on Macael marble. Detail of a sculpture in the Museo Arqueológico Nacional (National Archaeological Museum) (Madrid). 2010.





2.8. Costra salina sobre una caliza. Iglesia de la Asunción del monasterio de Yuso (La Rioja), 2006.

2.8. Salt crust on limestone. Iglesia de la Asunción (Church of the Assumption) in Yuso Monastery (La Rioja). 2006



2.9. Incrustación sobre una arenisca, debida a la precipitación de carbonato cálcico. Santuario de la Peña de Francia (Salamanca), 2005.

2.9. Encrustation on sandstone, due to the precipitation of calcium carbonate. Church sanctuary in Peña de Francia (Salamanca). 2005.



2.10. Concreción con forma de estalactita, crecida a partir de las juntas de los sillares. Acueducto de los Pilares, Oviedo (Asturias), 2006.

2.10. Stalactite-form concretion, rising out of the joints in the ashlar. Los Pilares aqueduct, Oviedo (Asturias). 2006.



2.11. Pátina artificial sobre la caliza de Hontoria, cubierta por una capa de líquenes. Monasterio de San Pedro de Arlanza (Burgos), 2005.

2.11. Artificial patina on Hontoria limestone, covered by a layer of lichen. Monastery of San Pedro de Arlanza (Burgos). 2005.



2.12. Película sobre la caliza de Hontoria, originada por un tratamiento. Edificio en la plaza de Alfonso II de Oviedo (Asturias), 2009.

2.12. Film on Hontoria limestone, caused by treatment. Building in Plaza de Alfonso II in Oviedo (Asturias). 2009.



2.13. Pátina biológica (verdín) sobre la arenisca de Villaviciosa. Sillares orientados al norte en el patio de la Universidad Laboral, Gijón (Asturias), 2007.

2.13. Biological patina (green scum) on Villaviciosa sandstone. North-facing ashlars in the courtyard of the Universidad Laboral, Gijon (Asturias). 2007.

178



2.14. Costra biológica formada por líquenes sobre una arenisca. Balcón en la fachada norte del palacio de Sobrellano, Comillas (Cantabria), 2007.

2.14. Biological crust formed by lichen on sandstone. Balcony on the north façade of the palace of Sobrellano, Comillas (Cantabria). 2007.



2.15. Moho (parte lateral derecha) en un granito alterado. Base de una columna en el claustro de la Catedral (Ávila), 2008.

2.15. Mould (right-hand side) on altered granite. Base of a column in the cloister of the Cathedral (Ávila). 2008.



2.16. Algas verdes en la dolomía micrítica de Laspra. Parte baja del claustro de la catedral de Oviedo (Asturias), 2004.  
2.16. Green algae in micritic dolomite (Laspra). Lower part of the cloister of Oviedo Cathedral (Asturias), 2004.



2.17. Líquenes sobre un granito. Paramento en San Juan de los Reyes (Toledo), 2008.  
2.17. Lichen on granite. Facing on San Juan de los Reyes (St. John of the Kings) (Toledo), 2008.



2.18. Musgo sobre líquenes en una arenisca. Zócalo en la capilla-panteón del palacio de Sobrellano, Comillas (Cantabria), 2007.  
2.18. Moss on top of lichen on sandstone. Skirting in chapel-pantheon of the palace of Sobrellano, Comillas (Cantabria), 2007.



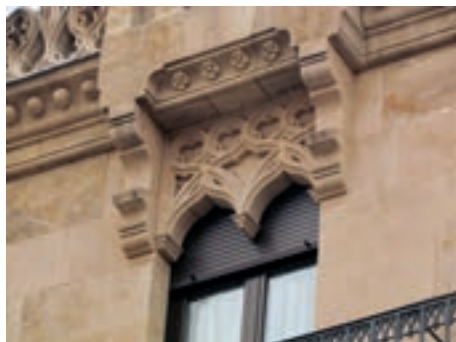
2.19. Vegetación desarrollada sobre una arenisca. Fachada norte de la iglesia de Santa María, Castro Urdiales (Cantabria), 2005.  
2.19. Vegetation growing on sandstone. North façade of Iglesia de Santa María (Church of St. Mary), Castro Urdiales (Cantabria), 2005.

### 3. Alteración cromática

#### 3. Discolouration



3.1. Pátina natural en una cuarcita. Portada del perdón en la iglesia de Santiago, Villafranca del Bierzo (León), 2005.  
3.1. Natural patina on quartzite. Door of Forgiveness in the Iglesia de Santiago (Church of St. James), Villafranca del Bierzo (Leon). 2005.



3.2. Pátina ferruginosa en la arenisca de Villamayor. Edificio nuevo (Salamanca), 2013.  
3.2. Iron-rich patina on Villamayor sandstone. New building (Salamanca). 2013.

180



3.3. Rubefacción en la arenisca de Uncastillo. Local de cocinas en el monasterio de la Oliva, Carcastillo (Navarra), 2003.  
3.3. Reddening of sandstone from Uncastillo. Kitchen area in the monastery of La Oliva, Carcastillo (Navarre). 2003.



3.4. Amarilleo en un capitel de mármol reutilizado. Iglesia de San Miguel de la Escalada (León), 2010.  
3.4. Yellowing on a capital made of re-used marble. Iglesia de San Miguel de la Escalada (St. Michael of Escalada) (Leon). 2010.



3.5. Decoloración debida a la mala evolución de un tratamiento. Fachada sur de la catedral de Astorga (León), 2009.

3.5. Discolouration due to the poor outcome of the treatment used. Southern façade of the cathedral of Astorga (Leon). 2009.



3.6. Lavado diferencial bajo la imposta en la caliza de Piedramuelle. Lado este del claustro de la catedral de Oviedo (Asturias), 2003.

3.6. Differential washing underneath the impost on the Piedramuelle limestone. Eastern side of the cloister of Oviedo Cathedral (Asturias). 2003.



3.7. Zona húmeda en un paramento de granito. Puerta del Perdón en la fachada este de la catedral de Santiago de Compostela (Galicia), 2010.

3.7. Moist area on granite facing. Door of Forgiveness in the eastern façade of the Cathedral of Santiago de Compostela (Galicia). 2010.



3.8. Mancha de humedad en la arenisca de Uncastillo. Fachada oeste de la iglesia de Santa María, Uncastillo (Zaragoza), 2006.

3.8. Damp stain on Uncastillo sandstone. Western façade of the Iglesia de Santa María (Church of St. Mary), Uncastillo (Zaragoza), 2006.



3.9. Tinción debida a compuestos de cobre procedentes de las campanas. Iglesia de San Julián de los Prados, Oviedo (Asturias), 2010.

3.9. Staining due to copper compounds from the bells. Iglesia de San Julián de los Prados (Church of St. Julian of the Meadows), Oviedo (Asturias). 2010.



3.10. Herrumbre afectando a una arenisca. Pórtico de la iglesia de San Salvador de Valdedios (Asturias), 2001.

3.10. Rust affecting sandstone. Portico of the Iglesia de San Salvador de Valdedios (Church of St. Saviour of Valdedios) (Asturias). 2001.

182



3.11. Moteado de origen antrópico en una arenisca. Pórtico de la iglesia de Santa Elena, Calzada de Valdunciel (Salamanca), 2009.

3.11. Mottling from anthropogenic sources on sandstone. Portico of the Iglesia de Santa Elena (Church of St. Helena), Calzada de Valdunciel (Salamanca). 2009.



3.12. Graffiti histórico en la arenisca de Villamayor. Iglesia de la Clerecía (Salamanca), 2013.

3.12. Historic graffiti on Villamayor sandstone. Iglesia de la Clerecía (Church of the Clergy) (Salamanca). 2013.

## 4. Deformación y rotura

### 4. Deformation and break



4.1. Combadura en una placa de mármol. Calle Cimadevilla, Oviedo (Asturias), 2009.

4.1. Bowing on a marble plaque. Cimadevilla Street, Oviedo (Asturias). 2009.



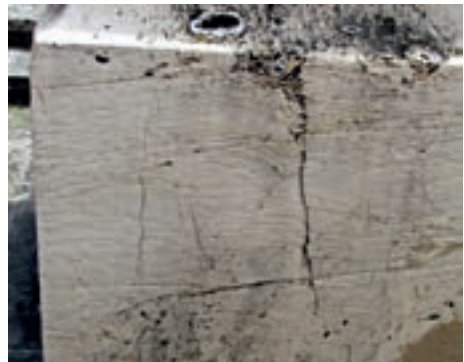
4.2. Hinchamiento en una arenisca arcillosa. Iglesia de Santo Tomás, Haro (La Rioja), 2007.

4.2. Swelling on a clayey sandstone. Iglesia de Santo Tomás (Church of St. Thomas), Haro (La Rioja). 2007.



4.3. Ampollas sobre la dolomía de Boñar. Escultura tratada en la fachada principal de la catedral (León), 2007.

4.3. Blistering on dolomite from Boñar. Treated sculpture on the main façade of the cathedral (León). 2007.



4.4. Microfisuras y fisuras en una dolomía. Biblioteca Nacional (Madrid), 2004.

4.4. Hair cracks and cracks on dolomite limestone. Biblioteca Nacional (National Library) (Madrid). 2004.



4.5. Fisuras en la caliza del Páramo. Ábside de la iglesia de Santa María la Real, Sasamón (Burgos), 2009.

4.5. Cracks in Paramo limestone. Apse of the Iglesia de Santa María la Real (Royal St. Mary's church), Sasamon (Burgos), 2009.



4.6. Fracturas en una arenisca. Cornisa en la torre sur de la catedral de Astorga (León), 2009.

4.6. Cracks in sandstone. Cornice of the southern tower of the cathedral of Astorga (León), 2009.

184



4.7. Grieta en una arenisca, rompiendo y desplazando sillares. Ábside de la iglesia de San Pedro de Arrojo, Quirós (Asturias), 2007

4.7. Crack in sandstone, breaking up and shifting ashlar. Apse of the Iglesia de San Pedro de Arrojo (Church of St. Peter of Arrojo), Quiros (Asturias), 2007



4.8. Craquelado en la caliza de Hontoria, afectando a elementos ornamentales. Fachada de la iglesia de San Pablo (Valladolid), 2007.

4.8. Craquele in Hontoria limestone, affecting ornamental elements. Façade of Iglesia de San Pablo (Church of St. Paul) (Valladolid), 2007.





4.9. Cuarteado en una caliza margosa. Terraza en el convento de Santa Clara, Tordesillas (Valladolid), 2007.  
4.9. [Crazing in marly limestone. Terrace in the convent of StClaire, Tordesillas \(Valladolid\). 2007.](#)



4.10. Fisuración radial en una arenisca. Fachada norte del palacio de Sobrellano, Comillas (Cantabria), 2007.  
4.10. [Star crack in sandstone. North façade of the palace of Sobrellano, Comillas \(Cantabria\). 2007.](#)



4.11. Lajamiento en una arenisca. Cornisa en la torre sur de la catedral de Astorga (León), 2009.  
4.11. [Splitting in sandstone. Cornice in the southern tower of the cathedral of Astorga \(León\). 2009.](#)



4.12. Estallido en la caliza de Hontoria, causado por elementos metálicos ubicados en su interior. Hastial sur de la Catedral (León), 2007.  
4.12. [Bursting in Hontoria limestone, caused by metal elements located inside. South-facing gable in the Cathedral \(León\). 2007.](#)



# Glosario

**Abombamiento:** Ver hinchamiento

**Abrasión** (*abrasion*): Pérdida de materia debida a fricción o impacto de partículas transportadas por el viento, sin pérdida de coherencia en la superficie del material. Sinónimo: desgaste.

**Acanaladura** (*groove*): Erosión diferencial que produce surcos anchos y poco profundos en la superficie del material, dándole aspecto ondulado o acanalado.

**Agrietamiento** (*severe cracking*): Formación de grietas. Sinónimo: fracturación.

**Alabeo** (*warping*): Deformación por flexión en elementos esbeltos, como dinteles o losas, cuando están en posición horizontal.

**Alga** (*alga*): Organismo vegetal microscópico que se presenta en forma de pátina o película adherida al sustrato, con frecuencia de color verde y aspecto gelatinoso. Es propia de materiales calizos y ambientes húmedos.

**Alteración** (*alteration*): Modificación de las características de los materiales, de su composición o de sus propiedades.

**Alteración cromática** (*discolouration*): Término genérico aplicado a la variación de color en la superficie del material, pudiendo afectar a uno o más parámetros del color –claridad, tono o croma–.

# Glossary

188

**Abrasion:** Material loss due to friction or the impact of particles transported by the wind, without losing consistency on the material's surface. Synonym: wear.

**Ageing patina:** See natural patina.

**Alga:** Microscopic plant organism that is often green and gelatinous and appears in the form of a patina or film attached to the substrate. It is typically associated with limestone materials and damp environments.

**Alteration product:** Generic term applied to the material appearing on the surface, generated by the reaction between the material deposited originating in the environment and the material typically found in the substrate.

**Alteration:** Modification of the characteristics of materials, of their composition or their properties.

**Alveolar erosion:** See alveolisation.

**Alveole:** Rounded cavity of a small size and shallow depth (cm), which when associated with other similar cavities acquires a honeycombed appearance. Related term: alveolisation.

**Alveolisation:** Differential erosion that produces cavities, which are sometimes interconnected on the material's surface, known as alveoles. Synonym: alveolar erosion.

**Anthropogenic erosion:** See excoriation.

**Alteración diferencial** (*differential alteration*): Alteración que varía de unas zonas a otras del material.

**Alteración física:** Ver desintegración.

**Alteración química:** Ver descomposición.

**Alveolización** (*alveolization*): Erosión diferencial que produce cavidades, a veces interconectadas en la superficie del material, denominadas alveolos. Sinónimo: erosión alveolar.

**Alveolo** (*alveole*): Cavidad redondeada de tamaño reducido y escasa profundidad (cm), que asociada a otras similares toma aspecto de panal. Término relacionado: alveolización.

**Aumento de rugosidad** (*roughening*): Incremento de crestas y valles en la superficie del material, debido normalmente a procesos de erosión o disolución diferencial.

**Amarilleo** (*yellowing*): Alteración cromática propia de materiales blancos, como el mármol, que tras determinados procesos muestran en superficie color amarillento.

**Ampolla** (*blister*): Protuberancia superficial, de aspecto más o menos abombado e internamente hueca, que presenta debajo el material del sustrato disgregado. Término relacionado: eclosión de ampollas.

**Apiconado:** Ver repicado.

**Arenización** (*sanding*): Disgregación por reducción de un material a granos de tamaño arena (en torno a 1 mm). Sinónimo: disgregación granular.

**Astillado:** Ver fragmentación en esquirlas.

**Bacteria** (*bacteria*): Organismo microscópico que utiliza materiales del sustrato como nutrientes, los metaboliza y los altera. Participa en la formación de yeso, oxida los compuestos de hierro y libera ácidos y álcalis.

**Biodeterioro** (*Biodeterioration*): Deterioro producido por la actividad de organismos vivos.

**Biocostra:** Ver costra biológica.

**Biopátina:** Ver pátina biológica.

**Biopelícula:** Ver película biológica.

**Brillo:** Ver pulido.

**Burilado:** Ver pulido.

**Cavidad:** Ver pérdida de volumen.

**Colonización biológica** (*biological colonization*): Término genérico que indica la presencia de organismos vivos y los productos relacionados con ellos.

**Artificial crust:** Layer generated by applying a treatment on the material generally for hardening purposes.

**Artificial patina:** Fairly thin outer layer provided by humans for aesthetic reasons, for protection or as an undercoat for polychrome surfaces. Synonym: historical patina, glaze.

**Natural patina:** Patina due to passage of time in natural environments, involving chromatic alteration but no deterioration. Synonym: Patination.

**Bacteria:** Microscopic organism that uses materials from the substrate like nutrients, and metabolises and alters them. It participates in the formation of plaster, oxidises iron compounds and liberates acids and alkalis.

**Bending:** See bowing.

**Biocrust:** See biological crust.

**Biodeterioration:** Deterioration caused by the activity of living organisms.

**Biofilm:** See biological film.

**Biological colonisation:** Generic term that indicates the presence of living organisms and products related to them.

190

**Biological crust:** Crust of varying colour and organic origin, normally formed by lichen. Synonym: biogenic crust, biocrust.

**Biological film:** Film formed by biological colonisation. Synonym: biofilm.

**Biological patina:** Patina formed by micro-organisms, often in colours ranging from green to black. Synonym: biopatina, biogenic patina.

**Biopatina:** See biological patina.

**Black crust:** Black crust mainly consisting of gypsum crystals, which also incorporates contaminating particles.

**Black patina:** See blackening.

**Blackening:** Very fine outer layer ( $\mu\text{m}$ ) in a very strong black, generated in contaminated soot-filled environments.

**Bleaching:** Chromatic alteration perceived as a loss in colour intensity and increased value, normally resulting from washing processes.

**Blister:** Surface protrusion, with an appearance that is more or less convex and hollow inside, which emerges beneath the material of the disintegrated substrate. Related term: blistering.

**Blistering:** Breaking and falling of pieces of crust with blisters.

**Coloración** (*colouration*): Aumento de la intensidad del color.

**Combadura** (*bowing, bending*): Deformación que curva una superficie inicialmente plana. Sinónimo: combamiento.

**Combamiento**: Ver combadura.

**Concreción** (*concretion*): Incrustación de espesor irregular y forma nodular, globulosa o estalactítica, formada sobre la superficie del material.

**Colapso**: Ver desmoronamiento.

**Corrosión** (*corrosion*): Disolución muy acusada y heterogénea del material, por aguas fuertemente contaminadas, que produce superficies de aspecto cavernoso.

**Costra** (*crust*): Capa o corteza externa de espesor apreciable, coherente y frágil, adherida al material del sustrato y generalmente de distinta naturaleza, resultado de la reacción de éste con productos exógenos de contaminación.

**Costra artificial** (*artificial crust*): Capa generada por la aplicación de un tratamiento sobre el material con fines normalmente consolidantes.

**Costra biológica** (*biological crust*): Costra de color variable y origen orgánico, formada normalmente por líquenes. Sinónimo: costra biogénica, biocostra.

**Costra negra** (*black crust*): Costra de color negro, compuesta mayoritariamente por cristales de yeso que presentan inclusiones de partículas contaminantes.

**Costra salina** (*salt crust*): Costra blanquecina compuesta por sales solubles, propia de ambientes fuertemente salinos, sometidos a frecuentes ciclos de humedad-sequedad.

**Craquelado** (*craquele*): Daño que se manifiesta por una red de microfisuras en la superficie del material. Sinónimo: red de microfisuras.

**Craterización**: Ver vaciado (de un sillar).

**Criptoflorescencia** (*criptoflorescence*): Agregado blanquecino y pulverulento compuesto por sales solubles que precipita en zonas internas del material.

**Cuarteado** (*crazing*): Rotura de un material que se manifiesta por una red de fracturas o grietas en su superficie. Sinónimo: red de fracturas.

**Daño** (*damage*): Lesión que implica un determinado tipo de deterioro y conlleva una pérdida de valor del objeto. Sinónimo: lesión, indicador de deterioro.

**Daño mecánico** (*mechanical damage*): Ver excoiación.

**Decoloración** (*bleaching*): Alteración cromática percibida como una pérdida de la intensidad del color y un aumento de la claridad, resultado normalmente de procesos de lavado.

**Blowout:** See bursting.

**Bowing:** Deformation that curves an initially flat surface. Synonym: bending

**Break:** Generic term applied to the formation of small cracks within the material leading it to split into parts. Synonym: rupture.

**Buckling:** Deformation due to the compression of elements such as pillars or flagstones when they are in an upright position.

**Bursting:** Detachment of explosive-like fragments, generated by internal tension. Synonym: explosive break, blowout.

**Cavity:** See gap.

**Chalking:** Powdering typical of extremely fine-grained limestones (micritic limestones).

**Chemical alteration:** See decomposition.

**Chemical erosion:** See dissolution.

**Chip:** Long, broad, thin piece, with sharp edges and curved surface, detached from the material. Related term: chipping.

**Chipping:** Serious cracking and detachment of more or less lenticular curved lumps of considerable size (cm).

192

**Collapse:** See crumbling.

**Colouration:** Increase in colour intensity.

**Concretion:** Incrustation with uneven thickness and nodular, globular or stalactitic shape, formed on the material's surface.

**Contour scaling:** Detachment of scales or curved slabs, of quite a large size (from mm to cm), parallel to one of the material's curved surfaces.

**Corrosion:** Very pronounced and heterogeneous dissolution of the material by heavily contaminated water, which produces surfaces with a cavernous appearance.

**Coving:** Differential erosion typical of ashlars, that is observable when it appears on a surface exposed to a concave setting.

**Crack:** Discontinuity of the surface that is visible to the naked eye, with a small opening (less than 1 mm). Synonym: Fissure.

**Crevice:** Large-scale fracture (opening greater than 1 mm).

**Cracking:** Break in a material that appears in the form of fractures or crevice on its surface.

**Craquele:** Damage which appears in the form of a network of hair cracks on the material's surface. Synonym: network of hair cracks.



**Deformación** (*deformation*): Término genérico aplicado a variaciones en el tamaño o en la forma de un material.

**Deformación plástica** (*plastic deformation*): Variación permanente o irreversible en el tamaño o en la forma de un material.

**Degradación** (*degradation*): Ver deterioro.

**Depósito** (*deposit*): Término genérico aplicado a la capa externa depositada sobre la superficie del material, constituida por acumulación de materia exógena de origen diverso, espesor variable, escasa cohesión y baja adherencia al sustrato. Sinónimo: depósito superficial.

**Depósito de excrementos** (*deposit of excrement*): Depósito generado por acumulación de materia orgánica excretada, normalmente por aves u otros animales.

**Depósito de polvo** (*dust deposit*): Depósito formado por sedimentación de partículas diversas en cuanto a su origen y naturaleza (polvo, hollín, polen...) de tamaño polvo (0,1 mm).

**Depósito superficial**: Ver depósito.

**Desagregación**: Ver disgregación.

**Descamación** (*scaling*): Desprendimiento de escamas de tamaño centimétrico, paralelas a una superficie plana del material. Sinónimo: escamación.

193

**Descamación perimetral** (*contour scaling*): Desprendimiento de escamas, de tamaño más o menos grande (mm a cm), paralelas a una superficie curva del material.

**Descementación** (*decementation*): Pérdida de cemento por disolución selectiva, propia de materiales granulares cementados.

**Descomposición** (*decomposition*): Alteración química de un material que conduce a cambios en su composición. Sinónimo: alteración química.

**Desconchado**: Ver desconchadura.

**Desconchadura** (*chipping*): Fracturación y desprendimiento de trozos curvos, más o menos lenticulares, de tamaño notable (cm). Sinónimo: desconchado.

**Desintegración** (*physic alteration*): Alteración física de un material que conduce a la separación de sus componentes. Sinónimo: alteración física.

**Deslaminación** (*delamination*): Separación en capas de forma paralela a la superficie del material, siguiendo una orientación preexistente. Término relacionado: disyunción.

**Desmenuzamiento** (*crumbling*): Disgregación de un material en agregados formados por varios granos.

**Cratering:** See coving (of an ashlar).

**Crazing:** Break in a material that appears in the form of a network of fractures or cracks on its surface. Synonym: network of fractures.

**Crumbling:** Disintegration of the material in aggregates formed by various grains.

**Crumbling:** Widespread fragmentation of the material and falling fragments. Synonym: collapse.

**Crust:** Layer or outer shell with an appreciable thickness, which is coherent and fragile. It is attached to the material of the substrate but its nature is generally different and is the result of its reaction with exogenous pollutants.

**Cryptoflorescence:** Whitish powdery aggregate composed of soluble salts that precipitates in areas inside the material.

**Cut:** Scratch made with a sharp tool.

**Damage:** Decay involving a certain type of deterioration leading to the object losing a certain amount of value. Synonym: deterioration indicator.

**Damp stain:** Chromatic alteration entailing a darkening of the material due to the presence of water in times gone by. Synonym: humidity stain.

194 **Decay indicator:** Decay as a single or collective phenomenon showing a certain type of deterioration in the material. Synonym: damage, decay.

**Decay:** Alteration of material that is harmful for the conservation of its characteristics, quality and value. Synonym: deterioration.

**Decementation:** Loss of cement due to selective dissolution, typical in cemented granular materials.

**Decomposition:** Chemical alteration of a material leading to changes in its composition. Synonym: chemical alteration.

**Deformation:** Generic term applied to variations in a material's size or shape.

**Degradation:** See decay.

**Delamination:** Separation in layers running parallel to the surface of the material, following a pre-existent orientation. Related term: layering.

**Deposit:** Generic term applied to an outer layer deposited on the material's surface resulting from the accumulation of exogenous material of diverse origin, variable thickness, low cohesion and poor adhesion to the substrate. Synonym: surface deposit.

**Detachment:** Generic term applied to the separation and falling of fragments of material (flakes, chips, splinters, etc.).

**Deterioration:** See decay.

**Desmoronamiento** (*crumbling*): Fragmentación generalizada del material y caída de fragmentos. Sinónimo: colapso.

**Desplacación** (*spalling*): Desprendimiento de capas más o menos planas y de espesor apreciable (mm a cm), paralelas a una superficie plana del material.

**Desplacación perimetral** (*contour scaling*): Desprendimiento de placas curvas de espesor apreciable (mm a cm), paralelas a una superficie curva del material.

**Desprendimiento** (*detachment*): Término genérico aplicado a la separación y caída de fragmentos de material (escamas, lascas, esquirlas...).

**Deterioro** (*decay, deterioration*): Alteración del material perjudicial respecto a la conservación de sus características, calidad y valor. Sinónimo: degradación.

**Disgregación** (*disintegration*): Separación y caída de los componentes de un material (agregados, granos, partículas) de forma natural o bajo esfuerzos muy pequeños, con pérdida progresiva de coherencia en la superficie. Sinónimo: desagregación.

**Disgregación granular**: Ver arenización.

**Disgregación pulverulenta**: Ver pulverización.

**Disgregación sacaroidea** (*sugaring*): Disgregación en granos más o menos angulosos, propia de materiales con textura sacaroidea, como mármoles y dolomías.

195

**Disolución** (*dissolution*): Acción y efecto de disolverse un material por la acción del agua, sin pérdida de coherencia en su superficie. Sinónimo: erosión química.

**Disolución diferencial** (*differential dissolution*): Disolución que sólo afecta a determinados componentes del material, o que genera formas singulares en su superficie, como la microkarstificación. Sinónimo: disolución selectiva.

**Disolución selectiva**: Ver disolución diferencial.

**Disyunción** (*delamination*): Separación en capas de forma paralela a la superficie del material. Término relacionado: deslaminación.

**Disyunción de películas** (*peeling*): Separación y caída de películas.

**Disyunción en lajas**: Ver lajamiento.

**Eclosión de ampollas** (*blistering*): Rotura y caída de trozos de la costra o capa externa que presentan las ampollas.

**Eflorescencia** (*efflorescence*): Capa externa blanquecina, pulverulenta o finamente cristalina, poco coherente y débilmente adherida al material del sustrato, compuesta por sales solubles precipitadas al evaporarse el agua de disolución.

**Enmugrecimiento** (*severe soiling*): Capa externa delgada ( $\mu\text{m}$ ) de color negro y aspecto grasiento (mugre), generada en ambientes contaminados ricos en hidrocarburos.

**Deterioration pattern:** Appearance or characteristic mode of presenting decay or a type of deterioration.

**Differential alteration:** Alteration that varies from some areas of the material to others.

**Differential dissolution:** Dissolution which only affects certain of the material's components, or those that generate unique shapes on its surface, such as those resulting from the microkarst process. Synonym: selective dissolution.

**Differential erosion:** Erosion that varies from area to area or from one element to another and that can generate unique shapes on the surface of the material, such as alveolisation. Synonym: selective erosion.

**Differential washing:** Alternation between clear vertical bands (washed) and dark bands (unwashed) due to disparities in the flow of rainwater.

**Dirt:** Very thin layer ( $\mu\text{m}$ ), seamlessly attached to the substrate, in shades of colours ranging from grey to black, and sometimes greasy, generated in contaminated environments.

**Dirt patina:** See soiling.

**Disaggregation:** See disintegration.

196 **Discolouration:** Generic term applied to the variation in colour on the material's surface, possibly affecting one or more of the colour parameters (lightness, hue or chroma).

**Disintegration:** Separation and falling of a material's components (aggregates, grains, particles) either naturally or due to very small amounts of stress, with the gradual loss of coherence of the surface. Disaggregation.

**Dissolution:** Action and effect of a material dissolving due to the action of water, without losing any consistency of its surface. Synonym: chemical erosion.

**Dust deposit:** Deposit formed by sedimentation of particles of diverse origin and nature (dust, soot, pollen, etc.) the size of dust (0.1 mm).

**Efflorescence:** Whitish outer layer, which is powdery or made of fine crystals, not very consistent and poorly adhered to the material of the substrate, composed of soluble salts that precipitate when the dissolution water evaporates.

**Encrustation:** Lenticular or stratiform outer layer, frequently of a whitish colour, compact and firmly adhered to the material's surface. Synonym: incrustation.

**Erosion:** Generic term applied to material loss due to physical, chemical or biological processes.

**Excoriation:** Generic term applied to anthropogenic-type erosions. Synonym: mechanical damage.

**Ennegrecimiento** (*blackening*): Capa externa muy delgada ( $\mu\text{m}$ ) de color intensamente negro, generada en ambientes contaminados ricos en hollines.

**Ensuciamiento** (*soiling*): Capa externa sumamente delgada ( $\mu\text{m}$ ) de tonos oscuros (grises a pardos), generada en ambientes contaminados.

**Erosión** (*erosion*): Término genérico aplicado a la pérdida de materia por procesos físicos, químicos o biológicos.

**Erosión alveolar**: Ver alveolización.

**Erosión antrópica**: Ver excoiación.

**Erosión diferencial** (*differential erosion*): Erosión que varía de unas zonas a otras o de unos elementos a otros y que puede genera formas singulares en la superficie del material, como la alveolización. Sinónimo: erosión selectiva.

**Erosión química**: Ver disolución.

**Erosión selectiva**: Ver erosión diferencial.

**Escama** (*scale, flake*): Lámina o placa de espesor pequeño (mm) y variable, tendiendo a disminuir hacia los bordes. Término relacionado: descamación.

**Escamación**: Ver descamación.

197

**Esquirla** (*splinter*): Fragmento alargado, con aristas y vértices agudos, desprendido del material. Término relacionado: astillado.

**Estallido** (*bursting*): Desprendimiento de fragmentos de tipo explosivo, generado por tensiones internas. Sinónimo: rotura explosiva, reventón.

**Estría** (*stria*): Surco estrecho en la superficie de un material. Término relacionado: estriadura.

**Estriación**: Ver estriadura.

**Estriadura** (*striation*): Erosión diferencial que produce estrías estrechas en la superficie del material, dándole aspecto ondulado o acanalado. Sinónimo: estriación.

**Excoiación** (*excoriation*): Término genérico aplicado a erosiones de origen antrópico. Sinónimo: daño mecánico.

**Exfoliación** (*exfoliation*): Desprendimiento de láminas paralelas entre sí, de espesor uniforme, en relación con planos estructurales de debilidad del material.

**Falta de material** (*lack of material*): Término genérico que indica una pérdida notable de material, dando lugar a una laguna o a un espacio vacío.

**Faltante**: Ver pérdida de elemento.

**Excrement deposit:** Deposit generated by an accumulation of excreted organic material, normally left by birds or other animals.

**Exfoliation:** Detachment of parallel laminas of the same thickness, in relation to the material's structural planes of weakness.

**Explosive break:** See bursting.

**Film:** Continuous, homogeneous covering, which is thin (mm), generally transparent and of an organic nature, which can become detached from the substrate like a lamina. Related term: layering of film.

**Fissure:** See crack.

**Flag:** Rather large fragment that is flat and smooth and not very thick. Related term: slab, splitting.

**Flake:** Lamina or small plate with a reduced thickness (mm), tending to become thinner at the edges. Related term: scale, flaking.

**Flaking:** Detachment of flake or small scales (thickness less than 1 mm), arranged like the scales of a fish.

198

**Fracture:** Discontinuity of a surface of a size between that of a fissure and a serious crack, which crosses through the material, produced by mechanical break. Related term: cracking.

**Fragment:** Uneven shaped piece that may become detached from the material. Related term: fragmentation.

**Fragmentation:** Break in a material and breakup into smaller fragments before falling off.

**Gap:** Empty space or hole of considerable size in the material's surface. Synonym: hole, cavity.

**Glossy aspect:** Erosion that produces a shiny, mirror effect on the material's surface as a consequence of its wear due to soft and continuous friction. Synonym: brightness, polished.

**Graffiti:** Inscription or drawing, done by incision or by painting on a material's surface.

**Granular disintegration:** See sanding.

**Grime:** Greasy dirt.

**Groove:** Differential erosion that produces broad, shallow furrows on the material's surface, lending it a wavy or corrugated appearance.

**Hair crack:** Small-scale discontinuity on the surface (opening less than 0.1 mm), not always visible to the naked eye.

**Fisura** (*crack*): Discontinuidad planar visible a simple vista, de pequeña apertura (inferior a 1 mm).

**Fisuración** (*slight cracking*): Conjunto de fisuras que con frecuencia se disponen formando una red.

**Fisuración radial** (*star crack*): Fisuras que parten radialmente de un punto, tomando forma de estrella. Sinónimo: fisuración en estrella.

**Fisuración en estrella:** Ver fisuración radial.

**Forma de alteración** (*deterioration pattern*): Aspecto o modo característico de presentarse una lesión o un tipo de deterioro.

**Fractura** (*fracture*): Discontinuidad planar de tamaño entre una fisura y una grieta, que atraviesa el material, producida por la rotura mecánica. Término relacionado: fracturación.

**Fracturación** (*cracking*): Rotura de un material que se manifiesta por fracturas o grietas en su superficie.

**Fragmentación** (*fragmentation*): Rotura de una material y reducción a fragmentos, previamente a su caída.

**Fragmentación en esquirlas** (*splintering*): Fracturación y desprendimiento de esquirlas de tamaño apreciable (cm), dependiente de la textura del material o de sobrecargas en el borde de los sillares.

199

**Fragmento** (*fragment*): Trozo de forma irregular que puede desprenderse del material. Término relacionado: fragmentación.

**Grafiti** (*graffiti*): Inscripción o dibujo, realizado por incisión o con pintura en la superficie de un material.

**Grieta** (*crevice*): Fractura de gran tamaño (apertura mayor de 1 mm).

**Hinchamiento** (*swelling*): Deformación con incremento de volumen, debida a absorción de agua, que se manifiesta por una hinchazón en la superficie del material. Sinónimo: abombamiento.

**Herrumbre** (*rust*): Tinción por óxidos de hierro.

**Hueco:** Ver cavidad.

**Humedad** (*moisture*): Alteración cromática asociada al agua que contiene o ha contenido el material. Término relacionado: zona húmeda, mancha de humedad.

**Impacto** (*impact*): Excoriación debida a la acción de golpes o impactos de origen antrópico. Sinónimo: daño por impacto, marca de impacto.

**Incisión** (*cut*): Excoriación realizada con una herramienta de corte.

**Historical patina:** Patina due to passage of time in natural environments, involving chromatic alteration but no deterioration. See artificial patina.

**Hole:** See gap.

**Humidity stain:** See damp stain.

**Impact:** Scratch due to the action of blows or impacts of anthropogenic origin. Synonym: impact damage, impact mark.

**Incrustation:** See encrustation.

**Iron-rich patina:** Reddish-yellow natural patina, generated due to oxidation in natural environments with minerals rich in iron typically forming an inherent part of the material (sandstones, granites).

**Keying:** Set of carving marks that look similar to the effect created by hitting the material's surface with a pointed tool, like a chisel.

**Lack of material:** Generic term indicating a considerable loss of material, giving rise to a lacuna or an empty space.

**Lacuna:** See missing part.

200

**Lamina:** Thin, flat piece stone with a very small thickness (less than 1 mm), which remains constant. Related term: exfoliation.

**Layering:** Separation in layers running parallel to the material's surface. Related term: delamination.

**Lichen:** Organism resulting from the symbiosis of a fungus and an alga, with a leathery appearance, rounded forms and varying colours, embedded in the surface of the materials. Common in light, well-ventilated areas.

**Lixiviation:** Selective dissolution and washing of soluble components.

**Loss of components:** Differential erosion having various effects on the material's different petrographic components (grains, matrix, etc.) and resulting in increased roughness.

**Material loss:** Generic term applied to a lack of material, receding surfaces, and reduced volume evident in the material.

**Mechanical damage:** See excoriation.

**Microkarst:** Dissolution observable because the material's surface appears to be smooth, and sometimes wavy, cut into furrows that look like interconnecting channels.

**Microspalling:** Detachment of small flakes (about 1 mm thick).

**Missing part:** Loss of isolated pieces generally associated with reliefs or protruding parts of architectural elements. Synonyms: lacuna.



**Incrustación** (*encrustation*): Capa externa lenticular o estratiforme, frecuentemente blanquecina, compacta, coherente y fuertemente adherida a la superficie del material.

**Indicador de deterioro** (*decay indicator*): Lesión o conjunto de lesiones que evidencian algún tipo de deterioro en el material. Sinónimo: daño, lesión.

**Laguna**: Ver pérdida de elemento.

**Laja** (*flag*): Fragmento más bien grande, liso, plano y de pequeño espesor. Término relacionado: lajamiento

**Lajamiento** (*splitting*): Desarrollo de fracturas en relación con planos de debilidad del material, que da lugar a la formación de lajas normalmente paralelas a su superficie. Sinónimo: disyunción en lajas, partición en lajas.

**Lámina** (*lamina*): Placa de espesor muy pequeño (inferior a 1 mm) y constante. Término relacionado: exfoliación.

**Lasca** (*chip*): Trozo largo, ancho y delgado, con aristas agudas y superficies curvas, desprendido del material. Término relacionado: desconchadura.

**Lavado** (*washing*): Zona limpia y a veces decolorada por circulación de agua de lluvia.

**Lavado diferencial** (*differential washing*): Alternancia de bandas verticales claras (lavadas) y oscuras (sucias) por diferencias en la circulación del agua de lluvia.

201

**Lesión**: Ver daño.

**Liquen** (*lichen*): Organismo resultado de la simbiosis de un hongo y un alga, de aspecto coriáceo, formas redondeadas y colores variados, que se incrusta en la superficie de los materiales. Son frecuentes en zonas iluminadas y bien ventiladas.

**Lixiviación** (*lixiviation*): Disolución selectiva y lavado de los componentes solubles.

**Mancha** (*stain*): Alteración cromática percibida como un cambio de color accidental y localizado, que generalmente supone un oscurecimiento o un cambio en el tono.

**Macha de humedad** (*damp stain, humidity stain*): Alteración cromática que conlleva un oscurecimiento del material, debido a la presencia de agua en épocas pasadas.

**Meteorización** (*weathering*): Alteración natural de los materiales rocosos por agentes atmosféricos a escala de tiempo geológico, que implica procesos físicos, químicos y biológicos.

**Microdescamación** (*flaking*): Desprendimiento de escamas de pequeño tamaño (espesor inferior a 1 mm), organizadas como escamas de pescado.

**Microdesplacación** (*microspalling*): Desprendimiento de placas de pequeño tamaño (espesor en torno a 1 mm).

**Moist area:** Chromatic alteration entailing the darkening of the material due to the water content present.

**Moisture:** Chromatic alteration associated with water that is, or was, contained in the material. Related term: damp area, damp stain.

**Moss:** Plant formed by green thalli generating soft deposits of varying thickness (from mm to cm), with a tapestry-like appearance, typical of damp, dark areas.

**Mottled:** Chromatic alteration perceived as spotty variations in colour due to the alteration of certain components or the development of organisms.

**Mould:** Microscopic fungi that appear as soft, filamentous aggregates, typical of damp areas with poor ventilation.

**Network of fractures:** See crazing.

**Network of hair cracks:** See craquele.

**Oxalate patina:** Natural orangey-yellow patina, rich in calcium oxalates, typical of calcareous substrates (limestones and marbles).

**Painting:** Inscription or drawing, done by painting on a material's surface.

202 **Patina:** Surface modification of the outer part of a material that is extremely thin and generated by the interaction of the material with the environment.

**Patination:** See artificial patina.

**Peeling:** Separation and peeling off of film from surface.

**Perforation:** Hole or orifice that is normally large and, more importantly, quite deep (from mm to cm), generated by a tool or organism.

**Physical alteration:** Physical alteration of a material leading to the separation of its components.

**Pitting:** Erosion composed of miniscule-sized holes appearing on the material's surface, with little depth and cylindrical or conical forms.

**Plant:** Flora with roots, stalks and leaves, that grows in cracks and fissures in the material or in the grouting. Related term: higher order of plant, vegetation.

**Plaque:** Lamina of relatively large thickness (cm) and uniform consistency. Related term: slab, spalling.

**Plastic deformation:** Permanent or irreversible variation in a material's size or shape.

**Pointing:** See keying.

**Polished surface:** See glossy aspect.

**Microfisura** (*bair crack*): Discontinuidad planar de pequeño tamaño (apertura inferior a 0,1 mm), no siempre visible a simple vista.

**Microkarstificación** (*microkarst*): Disolución que se manifiesta por presentar la superficie del material lisa, a veces ondulada, y cortada por surcos que imitan canales interconectados.

**Mugre:** Suciedad grasienta.

**Moho** (*mould*): Hongo microscópico que se presenta como agregados blandos, filamentosos, propio de zonas húmedas y poco ventiladas.

**Moteado** (*mottled*): Alteración cromática percibida como variaciones puntuales de color debida a la alteración de ciertos componentes o al desarrollo de organismos.

**Musgo** (*moss*): Vegetal formado por talos verdes que generan depósitos más o menos espesos (mm a cm), blandos, con aspecto de tapiz, propio de zonas húmedas y umbrías.

**Pandeo** (*buckling*): Deformación por compresión de elementos como pilares o losas cuando están en posición vertical.

**Partición en lajas:** Ver lajamiento.

**Pátina** (*patina*): Modificación superficial de la parte externa de un material, sumamente delgada, generada por interacción del material con el ambiente.

203

**Pátina artificial** (*artificial patina*): Capa externa más o menos delgada, dada por el hombre con fines estéticos, de protección o como base de policromías. Sinónimo: pátina histórica, patinadura, veladura.

**Pátina biológica** (*biological patina*): Pátina formada por microorganismos, con frecuencia de tonos verdes a negros. Sinónimo: biopátina, pátina biogénica.

**Pátina de envejecimiento** (*ageing patina*): Ver pátina natural.

**Pátina de oxalatos** (*oxalate patina*): Pátina natural de color amarillo-naranja, rica en oxalatos de calcio, propia de sustratos calcáreos (calizas y mármoles).

**Pátina de oxidación:** Ver pátina ferruginosa.

**Pátina de suciedad:** Ver ensuciamiento.

**Pátina ferruginosa** (*iron rich patina*): Pátina natural de color amarillo rojizo, generada por oxidación en ambientes naturales de los minerales ricos en hierro propios del material (areniscas, granitos). Sinónimo: pátina de oxidación.

**Pátina histórica:** Ver pátina artificial.

**Pátina natural** (*natural patina*): Pátina debida al paso del tiempo en ambientes naturales, que conlleva alteración cromática pero no implica deterioro.

**Powdering:** Disintegration due to the reduction of a material to particles the size of dust (less than 0.1 mm thick). Synonym: powdery disintegration.

**Powdery disintegration:** See powdering.

**Reddening:** Reddening process that affects the outer part of the material, is of considerable size (cm) and is caused by the oxidation of the iron compounds contained in the stone as a result of high temperature (fire).

**Roughening:** Increase of peaks and valleys on the material's surface normally due to processes of erosion or differential dissolution.

**Rounding:** Differential erosion typical of ashlars, which is observable when the exposed surface appears to be convex with rounded edges on the masonry.

**Rust:** Staining from iron oxides.

**Salt crust:** Whitish crust consisting of soluble salts, typical of heavily saline environments, subjected to frequent wet/dry cycles.

**Sanding:** Disintegration due to the reduction of a material to grains the size of sand (about 1 mm thick). Synonym: granular disintegration.

**Scale:** Lamina or small plate of variable thickness (cm), tending to become thinner at the edges. Related term: flake, scaling.

204

**Scaling:** Detachment of centimetre-sized scales parallel to one of the material's flat surfaces. Synonym: desquamation.

**Scratch:** Linear scratch made by hand using a pointed object, which may appear on its own or as a set of associated elements.

**Selective dissolution:** See differential dissolution.

**Selective erosion:** See differential erosion.

**Severe cracking:** Formation of cracks of large crack or crevice.

**Slight cracking:** Set of cracks that are often arranged into a network.

**Soiling:** Extremely thin outer layer ( $\mu\text{m}$ ) in dark hues (greys and browns), generated in contaminated environments.

**Severe soiling:** Thin layer ( $\mu\text{m}$ ) black and greasy (grime), generated in polluted environments rich in hydrocarbons.

**Spalling:** Detachment of more or less flat layers, of considerable size (from mm to cm), running parallel to one of the material's flat surfaces.

**Splinter:** Tapering fragment, with sharp edges and points, detached from the material.

**Splintering:** Fracturing and detachment of splinters of considerable size (cm), depending on the material's texture or overloads on the edge of the masonry.

**Pátina negra:** Ver ennegrecimiento.

**Patinadura:** Ver pátina artificial.

**Película** (*film*): Recubrimiento continuo, homogéneo y delgado (mm), en general transparente y de naturaleza orgánica, que puede desprenderse del sustrato como una lámina. Término relacionado: disyunción de películas.

**Película biológica** (*biofilm*): Película formada por colonización biológica. Sinónimo: biopelícula.

**Pérdida de materia** (*material loss*): Término genérico aplicado a falta de materia, retroceso de la superficie y disminución de volumen en el material.

**Pérdida de componentes** (*loss of components*): Erosión diferencial que afecta de distinta forma a los diferentes componentes petrográficos del material (granos, matriz...) y produce un aumento de rugosidad.

**Pérdida de elemento** (*missing part*): Pérdida de trozos aislados relacionados generalmente con relieves, resaltes o zonas prominentes de elementos arquitectónicos. Sinónimos: faltante, laguna.

**Pérdida de volumen** (*gap*): Espacio vacío o agujero de tamaño notable en la superficie del material. Sinónimo: hueco, cavidad.

205

**Perforación** (*perforation*): Hueco u orificio relativamente grande y sobre todo profundo (mm a cm), generado por una herramienta o un organismo.

**Picado** (*pitting*): Erosión puntiforme que se manifiesta por pequeños orificios en la superficie del material, de poca profundidad y formas cilíndricas o cónicas. Sinónimo: picadura.

**Picadura:** Ver picado.

**Pintada** (*painted*): Inscripción o dibujo realizado con pintura en la superficie de un material.

**Placa** (*plaque*): Lámina de espesor relativamente grande (cm) y uniforme. Término relacionado: desplazación.

**Planta** (*plant*): Vegetal con raíces, tallos y hojas, que crece en grietas y fisuras del material o en las juntas. Término relacionado: planta superior, vegetación.

**Producto de alteración** (*alteration product*): Término genérico que se aplica al material presente en superficie, generado por reacción entre la materia depositada del ambiente y el material propio del sustrato.

**Pulido** (*glossy aspect*): Erosión que produce en la superficie del material aspecto brillante y especular, consecuencia de su desgaste por rozamiento suave y continuo. Sinónimo: brillo, burilado.

**Splitting:** Development of fractures in relation to the material's structural planes of weakness, giving rise to the formation of slabs of stone normally running parallel to its surface. Synonym: layering in slabs, dividing into slabs.

**Stain:** Chromatic alteration perceived as an accidental colour change in a specific area, which generally means a darker shade or hue is generated.

**Staining:** Chromatic alteration perceived as an accidental pigmentation in a specific area, normally due to metal objects (iron, copper, etc.) in contact with, or close to, the stone material.

**Star crack:** Cracks that start from a radial point, adopting the shape of a star.

**Stria:** Narrow furrow on a material's surface. Related term: striation.

**Striation:** Differential erosion that produces broad, shallow furrows on the material's surface, lending it a wavy or corrugated appearance.

**Subflorescence:** Whitish powdery aggregate composed of soluble salts that precipitates in areas near the material's surface.

**Sugaring:** Disintegration in more or less irregular grains, typical of materials with a sugary texture, such as marbles and dolomites.

206

**Surface deposit:** See deposit.

**Swelling:** Deformation with increased volume, due to the absorption of water, which can be observed because of the swelling on the material's surface. Synonym: ballooning.

**Twisting:** Deformation that curves an initially flat surface into a helicoidal shape.

**Vegetation:** Generic term indicating the presence of plants.

**Warping:** Deformation due to curving of slender elements, such as lintels or slabs, when they are in a horizontal position.

**Washing:** Clean area sometimes bleached by the flow of rainwater.

**Weathering:** Natural alteration of rock-based materials by atmospheric agents on a geological time scale, implying physical, chemical and biological processes.

**Yellowing:** Chromatic alteration typical of white materials such as marble, which, after certain processes, appears to have a yellowish surface.

**Pulverización** (*powdering*): Disgregación por reducción de un material a partículas de de tamaño polvo (inferiores a 0,1 mm). Sinónimo: disgregación pulverulenta.

**Pulverización cretosa** (*chalking*): Pulverización propia de calizas de grano sumamente fino (calizas micríticas).

**Rayadura** (*scratch*): Excoriación lineal realizada manualmente por un objeto punzante, que puede presentarse aislada o asociada en series.

**Red de fracturas:** Ver cuarteado.

**Red de microfisuras:** Ver craquelado.

**Redondeamiento** (*rounding*): Erosión diferencial propia de sillares, que se manifiesta por presentar la superficie expuesta convexa y los bordes del sillar redondeados.

**Repicado** (*keying*): Conjunto de entalladuras semejante al resultado de golpear la superficie del material con una herramienta puntiaguda, como un cincel.

**Reventón:** Ver estallido.

**Rotura** (*break*): Término genérico aplicado a la formación de fisuras en el seno del material que conducen a la separación en partes. Sinónimo: ruptura.

**Rotura explosiva:** Ver estallido.

207

**Rubefacción** (*reddening*): Enrojecimiento que afecta a la parte externa del material, de espesor apreciable (cm), resultado de la oxidación de los compuestos de hierro contenidos en la piedra, por acción de elevadas temperaturas (fuego).

**Subflorescencia** (*subfflorescence*): Agregado blanquecino y pulverulento compuesto por sales solubles que precipita próximo a la superficie del material.

**Suciedad** (*soiling*): Capa muy delgada ( $\mu\text{m}$ ), perfectamente adherida al sustrato, de tonos grises a negros, a veces grasienta, generada en ambientes contaminados.

**Tinción** (*staining*): Alteración cromática percibida como una pigmentación accidental y localizada, normalmente debida a objetos metálicos (hierro, cobre...) en contacto o próximos al material pétreo.

**Torsión** (*twisting*): Deformación que curva de forma helicoidal una superficie inicialmente plana.

**Vaciado** (*coving*): Erosión diferencial propia de sillares, que se manifiesta por presentar la superficie expuesta al ambiente cóncava.

**Vegetación** (*vegetation*): Término genérico que indica la presencia de plantas.

**Veladura:** Ver pátina artificial.

**Zona húmeda** (*moist area*): Alteración cromática que conlleva un oscurecimiento del material, debido al contenido en agua que presenta.





ISBN: 978-84-8181-562-7



9 788481 815627

