

LA LIMPIEZA CON LÁSER DE LA PIEDRA DEL CLAUSTRO DE LA CATEDRAL DE OVIEDO

Texto y Fotos: L. Valdeón, A. Rojo,
F. Mateos, F. J. Alonso, J. Ordáz y
R. M. Esbert.

[1] Ventanales ojivales del Claustro Bajo. La tracería, y los mármoles con sus capiteles labrados, están ennegrecidos. En el resto de elementos periféricos se observan diferentes grados de lavado (murele y contrafuertes).

[2] Aspecto general de la esquina sudeste de el Claustro, con sus partes baja y alta ennegrecidas.

[3] Capiteles ennegrecidos, resaltados por zonas donde se observa la piedra de color blanco.

[4] Ennegrecimiento de los elementos de un sepulcro del Claustro Bajo. También existen pérdidas de material.



La piedra del Claustro de la Catedral de Oviedo, antes de la intervención que en estos momentos se está llevando a cabo, estaba muy ennegrecida en las dos unidades que lo integran: el Claustro Bajo, de estilo gótico (siglos XIV-XV) y el Claustro Alto, barroco tardío (siglo XVIII) (De Caso *et al.*, 1999). Desde el punto de vista histórico-artístico este Claustro constituye un recinto singular y único dentro del gótico asturiano.

El ennegrecimiento más extremo lo presentaban los elementos arquitectónicos y decorativos del Claustro Bajo, entre los que destacan, como singulares, los capiteles de los ventanales y de los pilares, las ménsulas, los sepulcros y las epigrafías sobre el muro interior. El Claustro Alto, aun que se limpió a finales de los años 80, volvía a mostrar patinas negras de suciedad que en algunas zonas eran especialmente intensas.

Junto con esta patina de suciedad de color negro y espesor variable, se apreciaban otras formas de alteración, tales como: costras negras y ampollas, desplazaciones, pérdidas de material y descohesión, efflorescencias, etc. (Esbert y Marcos, 1983). En todas ellas se detectaba material neoformado, principalmente yeso, resultado de la interacción entre las piedras calcáreas, utilizadas para su construcción, el agua y los contaminantes presentes en el ambiente. En las zonas que presentaban una patina artificial, si el deterioro era avanzado, los componentes de dicha patina intervenían también en la formación de yeso.

Las condiciones ambientales a las que ha estado expuesta la piedra del Claustro a lo largo del tiempo han sido muy desfavorables (elevada humedad relativa, contacto con lluvia ácida en forma de aerosoles y presencia de partículas sólidas, relacionadas fundamentalmente con la combustión de carbón, gasolina y gasóleo) (Díaz-Pache *et al.* 1999). Este hecho, junto a las características arquitectónicas y de espacio semi-cerrado del Claustro, ha generado un microclima



favorable a la degradación progresiva de la piedra, que se ha acentuado en las últimas décadas debido al aumento de la contaminación atmosférica.

En la actualidad y antes de la intervención, se ha eliminado en lo posible, la humedad estructural así como el tráfico de vehículos por los alrededores de la Catedral.

**LA LIMPIEZA DEL CLAUSTRO:
CONSIDERACIONES PREVIAS**

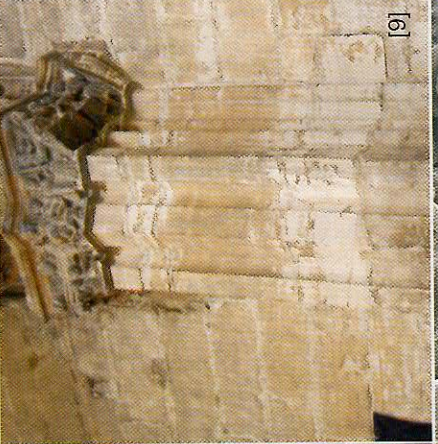
La limpieza de la piedra se planteó con el conocimiento previo de algunos aspectos, entre los que cabe destacar:

- Valor histórico-artístico de los elementos a limpiar: Paramentos, esculturas, etc.
- Tipos de suciedad: Naturaleza, grosor, uniformidad, coherencia y grado de adherencia al sustrato pétreo.
- Características petrográficas, físicas y químicas de la piedra.
- Presencia de pátinas o recubrimientos superficiales: Naturaleza y características.
- Estado de deterioro de la piedra y de las pátinas: Grado de cohesión.
- Composición del material alterado.
- Características generales del ambiente donde se halla ubicada la piedra y específicas del periodo en el que se va a realizar la intervención.

Hay que tener en cuenta que la piedra del Clausstro Bajo -dolomía de Laspra- (Esbert y Marcos, *ibid*, 1983), está recubierta de una pátina artificial de yeso, pigmentada con hierro, de color asalmonado (5YR 8/4-Rock Color Chart, 1991) y que a lo largo del tiempo ha actuado como capa de protección de la piedra subyacente.

Antes de la intervención esta pátina apenas era visible en algunas zonas resguardadas en las que el ennegrecimiento era moderado. No obstante, las agresivas condiciones ambientales han actuado sobre esta pátina de protección en muchas zonas del Clausstro Bajo, generando yeso de neoformación.

En algunos capiteles, lienzos y epigrafías del muro interior, se han observado restos de policromía, principalmente de color bermellón.



[5] Aspecto de una columna, capitel y tracería del Clausstro Bajo donde se aprecia la pátina de suciedad, costras negras, pequeñas ampollas y descamaciones.
[6] Detalle de costras y ampollas abiertas en un capitel.
[7] Pérdida de material por explosión de ampollas y caída de fragmentos en uno de los capiteles.
[8] Pátina artificial de color asalmonado sobre la que se ha superpuesto la pátina de ennegrecimiento.
[9] La limpieza desveló la presencia de esta pátina de tonos asalmonados.
[10] y [11] Micrografías al microscopio

electrónico de barrido de los cristales de yeso que lque forman la pátina (10) junto a partículas esféricas de contaminación, depositadas en su superficie (11).
[12] Restos de policromía de color bermellón, desvelados por la limpieza de los capiteles con técnica láser.
[13] Restauradora actuando sobre los capiteles del Clausstro, con el terminal láser.
[14] y [15] Pruebas preliminares de limpieza láser. Posteriormente se obtuvieron pequeñas muestras para su observación y análisis.

EN LA LIMPIEZA DEL CLAUSTRO:

¿QUÉ DEBE ELIMINARSE, QUÉ DEBE CONSERVARSE Y CON QUÉ MÉTODOS?

La limpieza de la piedra del Claustro se debe eliminar, en primer lugar, la capa de suciedad (pátina oscura) y el yeso de neoformación asociado a ella, así como las partículas sólidas de naturaleza diversa (Grossi *et al.*, 2001), porque su presencia resulta nociva para la piedra. A su vez, este yeso está ligado a una notable pérdida de cohesión del material pétreo, por lo que el sistema de limpieza a emplear no puede descohesionar más la piedra. También deberá respetar los restos de la pátina histórica y de las policromías, en aquellos elementos que las presenten. Estos criterios de actuación adquieren especial relevancia al tener que actuar sobre elementos de singular valor histórico-artístico, por lo que se propuso limpiar ciertas unidades con energía láser.

LIMPIEZA CON LÁSER:

PRUEBAS PRELIMINARES

Antes de la limpieza con láser, se recomendó especialmente para limpiar la piedra de los capiteles, esculturas, sepulcros, ménsulas, epigrafías, etc., se realizó una serie de pruebas *in-situ* en las que los parámetros a controlar fueron: longitud de onda del haz emitido, tipo de haz, diámetro del haz, energía, frecuencia y fluencia. Se utilizó un láser de Nd:YAG, concretamente el sistema Smart Clean I de Electronic Engineering, con brazo de

PARÁMETROS LÁSER

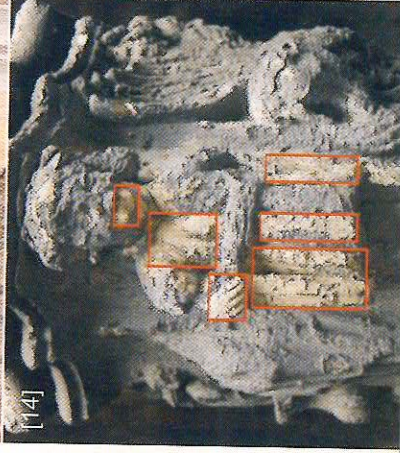
Longitud de Onda	1064nm
Duración del pulso	60-120/ls
Frecuencia del pulso	5, 10 ó 20 Hz
Energía del equipo	100mJ-2000mJ
Diámetro del haz (convergente)	Focalizado: 1,5 - 7mm.
Fluencia (energía/fluencia)	0,3 - 113,2 J/cm ²



[14]



[13]



[15]



EMBR

SY
UÉ

NL
AL

biológ
niclaci

omán
lo via
dos

deo de
ación,
n y
n del
ultural

no del
ultural
as-raic

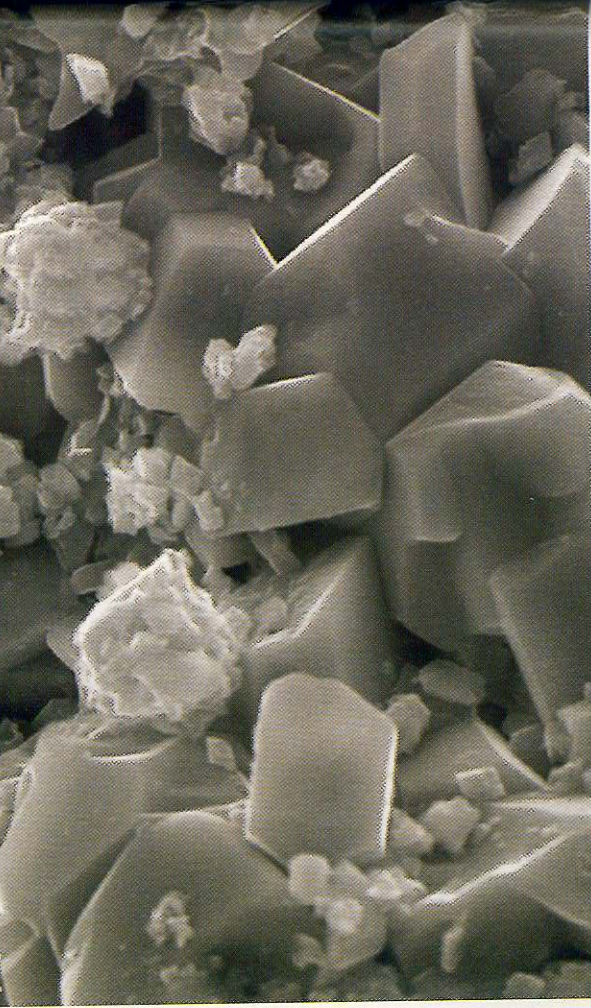
que le confiere una gran
terioridad al inicio de la
pieza se programó una
as aplicando el láser sobre
nnegrecida, variando las
de energía y manteniendo
o de los parámetros impli-
objetivo de estas pruebas
primera instancia, fijar el
s densidades de energía
den utilizar con esta técni-
ninar la suciedad sin dañar

ol de los posibles daños
así como de las posibles
composicionales, se reali-
a observación y microaná-
uperficie tratada, utilizando
a electrónica de barrido
spectrometría de Rayos X
dispersiva (EDX). Se tra-
diversas densidades de
e variaron entre 2,5 y 36,7
valores del resto de varia-
n: longitud de onda 1064
ón del pulso (60 ls) y fre-
al pulso (10 Hz). Previa-
umectó la piedra para con-
a mayor uniformidad y
la limpieza (Rojo, 2000 y
/, 2001).

meras catas se realizaron
dades de energía bajas,
e 6,4 J/cm². En ninguno de
se observaron cambios
os o químicos en la pátina
que recubre la piedra de
proceso de limpieza, aun-
nto, resultó efectivo y puso
sto la pátina histórica que
la dolomía de Laspra.
nente, y con objeto de opti-
ndimiento del equipo y agi-
ores de limpieza, se reali-
evas catas empleando
sucesivamente mayores
, 22,6, 32,6 y 36,7 J/cm²)
blecer el límite máximo de
lad. Para densidades de
uales o superiores a 36,7
observaron modificaciones
les por pérdida de material
mineral. Así pues, el límite
de fluencia láser permitido
pieza de la pátina negra de
depositada sobre la dolo-
spra del Claustro Bajo de la
utilizando el equipo Smart
s de 32,6 J/cm².

fnitiva se ha comprobado

[16]



[17]



labrada del Claustro Bajo de la
Catedral de Oviedo, sin dañar la pátina
artificial (pátina histórica) que la
recubre. Cuando la piedra está desco-
hesionada el procedimiento es tam-
bién eficaz y se consigue eliminar la
suciedad sin perder material. Estas
afirmaciones sólo son válidas si se
lleva un control riguroso de las densi-
dades de energía aplicadas, debién-
dose fijar, en cada caso, mediante
pruebas preliminares, el límite máximo
que se puede aplicar sin causar daños
irreversibles.

[16] Imagen al microscopio
electrónico de barrido (MEB),
de la superficie de la pátina
limpiada, en la que no se
observan daños morfológicos
aparentes. Densidad de
energía aplicada menor
de 6,4 J/cm².

[17] Superficie de la pátina
limpiada en donde el haz
aplicado ha ocasionado daños
visibles (huecos) Densidad de
energía aplicada 36,7 J/cm².
[18] y [19] Aspecto de un
capitel antes y después de la
limpieza. Se recupera la
lectura de la expresión
artística y no se pierde
material.

AGRADECIMIENTOS:

Los autores desean expresar su agradecimiento a la empresa Técnicas de Arquitectura Monumental S.A. (Artemón), por las facilidades mostradas para la utilización del equipo láser. También a los técnicos y restauradores que están participando en los trabajos de conservación, así como a los arquitectos del Plan Director; sus nombres quedan reflejados en la ficha técnica adjunta. Al Cabildo de la Catedral de Oviedo que, a lo largo de más de veinte años, nos ha dado toda clase de facilidades y apoyo para llevar a cabo nuestros estudios, así como a la Consejería de Cultura del Principado de Asturias que ha financiado los trabajos de conservación. A la Comisión Interministerial en Ciencia y Tecnología (CICYT) por la financiación del proyecto. 1FD-97-0331-CO3-01.

REFERENCIAS:

- DE CASO, F.; CUENCA, C.; GARCÍA DE CASTRO, C.; HEVIA, J.; DE LA MADRID, V. Y RAMALLO, G. (1999). *La Catedral de Oviedo. Tomo I: Historia y restauración*. Ediciones Nobel, 406 p.
- DÍAZ-PAGHE, F.; GROSSI, C.M. Y ESBERT, R.M. (1999). *Automated Characterisation of Solid Particles in Urban Environments using SEM and EDX. Microscopy and analysis*, pp. 19-21.
- ESBERT, R.M. Y MARCOS, R.M. (1983). *Las piedras de la catedral de Oviedo y su deterioración*. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Asturias. 147 p.
- ESBERT, R.M.; GROSSI, C.M.; ROJO, A.; ALONSO, F.J.; MONTOTO, M.; ORDÁZ, J.; PÉREZ DE ANDRÉS, M.C.; ESCUDERO, C.; SEBASTIÁN, E.; RODRÍGUEZ-NAVARRO, C.; ELERT, K. (2001). *The effect of laser radiation used for cleaning purposes on different building stones*. *Laconia IV: Lasers in the conservation of artworks*, pp 255-258.
- GROSSI, C.M.; ESBERT, R.M.; DÍAZ-PACHE, F. Y ALONSO, F.J. (2001). *Soiling of building stones in urban environments*. *Building and Environment*, 38 pp147-159. Elsevier Science Ltd.
- Rock-Color Chart (1991). *The Geological Society of America*.
- ROJO, A. (2000). *Estudio de los cambios inducidos en la superficie de la piedra por limpieza con energía láser*. Trabajo de investigación. Área de Petrología y Geoquímica. Universidad de Oviedo, 91p.

FICHA TÉCNICA

Dirección de obra:

Arquitectos:

Jorge Hevia y Cosme Cuenca.

Arquitecto técnico:

Manuel Fernández Fernández

Seguimiento técnico y control de calidad: **Rosa**

M^a Esbert, Javier Alonso,

Jorge Ordáz, Luis Valdeón, Araceli Rojo, Félix Mateos.

Empresa restauradora. Técnicas de Arquitectura

Monumental S.A. ; Jefes de Obra: **Carlos**

Gorbea y Luisa María Fernández Sánchez;

Encargado de obra: **Eduardo Soto Díaz;**

Restauradores: **Belén García Montoya, M^a**

Rosario Jiménez Fernández, África Salces

Valle, Raquel Granado Prieto y Pablo Klett

Fernández.



[18]

