



LIMPIEZA LÁSER EN EL MÁRMOL

Pruebas de limpieza láser en el mármol de la Biblioteca Nacional y Museo Arqueológico Nacional (Madrid)

Texto: ARACELI ROJO*, ROSA M^a. ESBERT**, LUIS VALDEÓN*, FCO. JAVIER ALONSO**, FÉLIX MATEOS* Y JORGE ORDAZ**

Uno de los materiales constructivos presentes en la Biblioteca y Museo Arqueológico Nacional es el mármol (Fig. 1). Su uso aparece restringido a la mayoría de los elementos escultóricos de las fachadas principales (Figs. 1 y 2), aunque también aparecen labrados en mármol capiteles, basas de columnas y balaustres de los fron-

tones (Figs. 1 y 3). Aunque aparentemente estas piezas presentan un buen estado de conservación y algunas de ellas han sido restauradas en intervenciones anteriores, muestran determinadas patologías (pátinas diversas, costras negras, sales, disgregaciones granulares, fisuras, tinciones selectivas, etc. Figs. 4 y 7) que ponen en riesgo la con-

*GEA ASESORÍA GEOLÓGICA

**ÁREA DE PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA. DTO. DE GEOLOGÍA. FACULTAD DE GEOLOGÍA. UNIVERSIDAD DE OVIEDO

servación o bien modifican la percepción estética de estos elementos.

Durante la realización del “Estudio para determinar el estado de conservación de las fachadas de la Biblioteca Nacional y Museo Arqueológico Nacional”, promovido por la Subdirección General del Instituto del Patrimonio Cultural de España, Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales, Ministerio de Cultura, se han realizado una serie de pruebas, entre las que se incluye la limpieza láser del mármol. El principio básico de este tipo de limpieza consiste en la removilización de los depósitos de suciedad, localizados sobre el material pétreo, mediante la aplicación de impulsos de radiación electromagnética.

El equipo ART LÁSER de la casa comercial CTS, aportado por la empresa ARTYCO S.L.

2A

En todas las superficies marmóreas se observa una pátina de ennegrecimiento constituida esencialmente por yeso de neoformación

para realizar las pruebas, es un láser de Nd:YAG, que emite cerca de la región del infrarrojo. El láser se compone básicamente de tres elementos: fuente de energía (sistema de bombeo), medio activo y cavidad óptica o resonante. El sistema de bombeo suministra la energía al medio activo donde se va a producir la radiación y la cavidad óptica la amplifica mediante reflexiones sucesivas.

Para las pruebas de limpieza láser sobre mármol se ha seleccionado la escultura de Velázquez, localizada en la fachada del Museo Arqueológico (Fig. 7). En las catas realizadas se han variado algunos de los parámetros implicados en este tipo de limpieza (frecuencia del pulso y potencia del equipo). El aspecto de algunas de las catas puede observarse en la figura 8.

Se ha realizado el análisis morfoquímico de las superficies antes y después de la limpieza mediante microscopía electrónica de

barrido con microanálisis por energía dispersiva de rayos X (SEM – EDX). De los análisis químicos se deduce que sobre la superficie del mármol se ha desarrollado una capa de yeso. Además del yeso se detectan pequeñas cantidades de calcio (Ca), silicio (Si) y aluminio (Al). Estos elementos se combinan entre sí y con el oxígeno e hidrógeno para formar cuarzo, hidróxido cálcico y aluminosilicatos.

Los resultados obtenidos en las diferentes pruebas de limpieza láser permiten concluir lo siguiente:

En todas las superficies marmóreas se ha observado una pátina de ennegrecimiento constituida esencialmente por yeso de neoformación. Además, existen otros casos, asociados al desarrollo de costras negras, en los que por encima de esta capa de yeso se detecta un recubrimiento constituido por cuarzo, aluminosilicatos y óxidos de hierro con o sin yeso (Figs. 9 -10). Partiendo de estas premisas y en este caso concreto en el que el mármol subyacente está descohesionado, la limpieza láser debería restringirse a la eliminación de la capa de aluminosilicatos (en caso de que exista) y a la limpieza y adelgazamiento de la capa de yeso, pero no a su total eliminación. Esta superficie sulfatada constituye una capa coherente, compacta y fuertemente adherida al sustrato marmóreo que le sirve de protección.

Figura 1.- Aspecto general de la portada de la fachada de la Biblioteca Nacional (Paseo de Recoletos) (izquierda) y de la fachada del Museo Arqueológico Nacional (Calle de Serrano) (derecha) con numerosos elementos labrados en mármol.

Figura 2.- Esculturas marmóreas que rematan la fachada de la Biblioteca Nacional.

Figura 3.- Capiteles de la Biblioteca Nacional y Museo Arqueológico Nacional con pátinas de suciedad.

Figura 4.- Detalles del estado de conservación de algunos de los elementos escultóricos del frontón de la Biblioteca Nacional. Las pátinas de ennegrecimiento y roturas de material son algunas de las formas de alteración más frecuentes.

Figura 5.- Detalles de pátinas de diversa índole (suciedad y oxidación) y fisuras generadas por la oxidación de una grapa metálica.



Figura 6.- Escultura de D. Miguel de Cervantes (fachada de la Biblioteca Nacional). Huellas de lavado, pátinas de ennegrecimiento y roturas diversas.

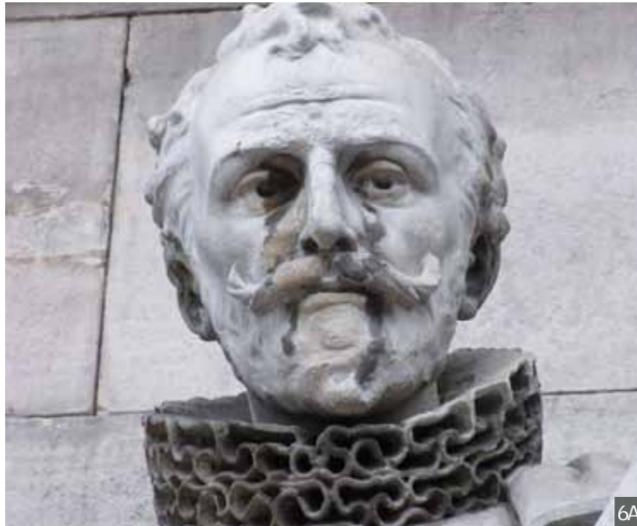


Figura 7.- Aspecto general y detalles del estado de deterioro de la escultura de Velázquez con costras negras, disgregación intergranular y desplazaciones.

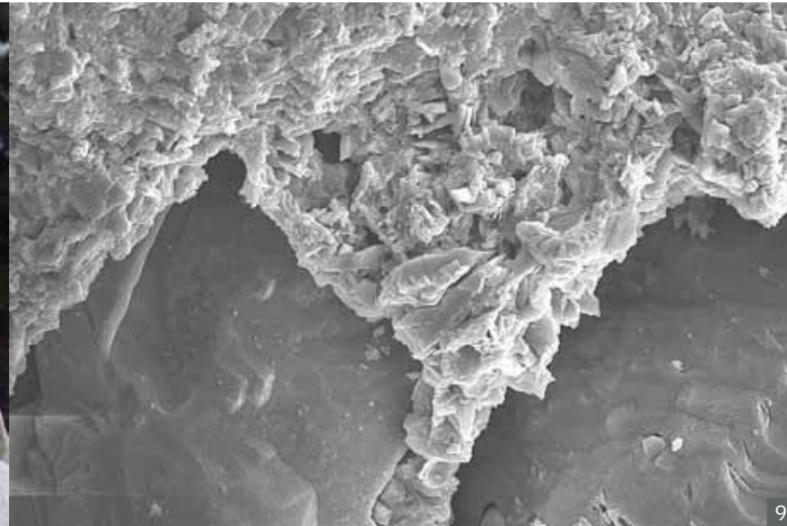


Figura 8.- Superior: Pruebas de limpieza con láser sobre el mármol y detalle de una de las catas realizadas en la empuñadura de la espada de la escultura de Velázquez.

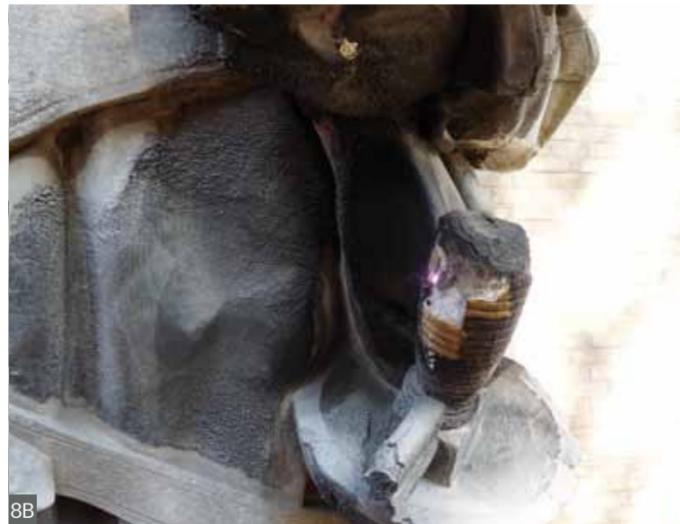


Figura 9.- Detalle al SEM de una sección superficial de mármol, limpiada con láser. La micrografía ha sido realizada a 750 aumentos. En aquellas zonas donde se ha insistido con la limpieza láser es posible apreciar los cristales de calcita constituyentes del sustrato. Por el contrario donde la limpieza ha sido más respetuosa se aprecia la costra superficial constituida, esencialmente, por cristales de yeso.

Respecto a la selección de parámetros del equipo láser se comprueba que sólo en un caso, a 250 mJ de potencia y 30 Hz de frecuencia, se han generado daños sobre los cristales de calcita del mármol con formación de microporos. Se atribuye a los recubrimientos superficiales de yeso la protección del mármol. También se ha observado que cuando se insiste en la limpieza, aunque sea a bajas densidades de energía, la capa protectora de yeso de neoformación se va adelgazando, generándose en ocasiones huecos que ponen al descubierto los cristales de calcita, constituyentes del mármol.

Es imprescindible acotar las variables instrumentales de este método de limpieza para garantizar la eficacia del mismo

Según estos resultados el límite máximo de energía y frecuencia para la limpieza del mármol de la Biblioteca Nacional y Museo Arqueológico Nacional es de 350 mJ y 30 Hz, respectivamente, siempre y cuando la limpieza se realice en una o dos pasadas, sin reparar insistentemente la superficie. No obstante se recomienda limpiar el mármol a 250

mJ y 25 Hz, ya que en estas condiciones es posible tener mayor control del proceso.

De todo ello se deduce que resulta imprescindible acotar las variables instrumentales implicadas en este método de limpieza para garantizar la eficacia del mismo y proteger al máximo las superficies históricas intervenidas. **R**

EXPERIMENTING LASER CLEANING AT THE NATIONAL LIBRARY AND NATIONAL ARCHAEOLOGICAL MUSEUM (MADRID)

While executing the analysis to establish the condition of the front walls of the National Library and National Archaeological museum (promoted by the Subdirección General del Instituto del Patrimonio Cultural de España, Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales, Ministerio de Cultura) some preliminary experiments such as the laser cleaning of marble have been carried out. The basis of this kind of cleaning consists of the removing of dirt deposits on the stone material by means of applying impulses of electromagnetic radiation.

The Nd:YAG laser equipment is a kind of laser which emits near the area of infrared. To try the laser cleaning on marble a sculpture of Velázquez at the front wall of the Archaeological museum was chosen.

According to the result the maximum of energy and frequency to the marble cleaning at the National Library and the Archaeological museum is 350 mJ and 30 Hz respectively, whenever the cleaning is done in one or two wipes, without insisting on the surface. Nevertheless a cleaning with 250 mJ and 25 Hz is recommended for marble to get the best of the process. The laser cleaning should remove only the silicate layer as well as clean and make the plaster layer thinner, but it could not be removed completely since it had become a kind of protection for the basis.

Of all this we can assume that it is really necessary to delimit the instrumental variables of this cleaning method to guarantee it is effective and protects the intervened surfaces as much as possible.

NOTAS

(1) F.J. Alonso, J. Odaz y R.M. Esbert. "Indicadores del deterioro de los materiales pétreos de edificación, clasificación, glosario y atlas". CIGOP (en prensa)
(2) Valdeón, L., Rojo, A., Mateos, F., Alonso, F.J., Ordaz, J., Esbert, R.M. "La limpieza con láser de la piedra del claustro de la catedral de Oviedo". Restauración & Rehabilitación Volumen 81, pp. 42-47(2003). América Ibérica (Madrid).

(3) Rodríguez-Navarro, C.; Elert, K.; Sebastián, E.; Esbert, R.M.; Grossi, C.M.; Rojo, A.; Montoto, M.; Ordaz, J.; Alonso, F.J.; Escudero, C.; Pérez de Andrés, M.C. "Q-switched Nd:YAG laser cleaning of white marble: Induced damage evaluation through combined use of XRD and SEM". Laser in the Conservation of Artworks. ICOMOS Francia pp. 49-52 (2001).
(4) Esbert, R.M. y Losada J.M. "Intervention criteria in masonry materials" Revista del Instituto de Patrimonio Histórico Español, nº 2, 2003, p.34.