

Evaluación alterográfica y evolución del deterioro en monumentos por técnicas digitales de imágenes

M^º CARMEN ANGEL MARTÍNEZ (*); BIENVENIDO MARTÍNEZ FERNÁNDEZ (**); NICANOR PRENDES RUBIERA (***); FAUSTINO RODRÍGUEZ MATEOS (****); CRISTINA HIGUERA TOLEDANO (*)

RESUMEN Se identifican y clasifican morfológicamente, mediante técnicas digitales de imágenes, las diferentes formas de alteración desarrolladas sobre una fachada de la ermita de San Lorenzo en Gijón.

Asimismo, y digitizando fotografías de principios de siglo, se comparan algunas alteraciones y se estudia su evolución en estos últimos 100 años, definiendo, en algunos casos, el porcentaje de alteración sufrido por los sillares.

Se propone, de acuerdo con algoritmos propios de la morfología binaria, una serie de procesos para una correcta discriminación de algunas formas ampliamente desarrolladas sobre esta fachada como son la erosión alveolar, las arenizaciones, abrasiones, patinas oscuras, etc., que pueden integrarse en un S.I.G., como capas de información y gestionar aquella para obtener nuevos resultados.

GRAPHICAL ANALYSIS OF ALTERATIONS AND THE EVOLUTION OF THE DETERIORATION IN MONUMENTS USING DIGITAL IMAGE TECHNIQUES

ABSTRACT Using digital image techniques, the different alteration forms that have developed on a facade of the San Lorenzo chapel in Gijón are identified and classified morphologically.

In addition, by digitalizing photographs from the beginning of the century, certain alterations are compared and a study is made of their evolution over the last 100 years, defining, in some cases, the percentage of alteration suffered by the ashlars.

In accordance with binary morphology algorithms, a series of processes is proposed in order to ensure a correct discrimination of some highly developed forms on this facade, such as the alveolar erosion, decompositions, abrasions, dark patinas, etc. which can be integrated into the S.I.G. as layers of information and this information can then be processed in order to obtain new results.

Palabras clave: Morfología binaria; Alteración alveolar; Proceso digital de imágenes; Monumentos.

INTRODUCCIÓN

La realización, de forma manual y —por consiguiente— con un cierto grado de subjetividad, de cartografías temáticas en monumentos, para abordar problemas de restauración, rehabilitación y localización de patologías era el primer proceso en la planificación de cualquier proyecto, aunque esta fase suponía un excesivo coste, tanto desde el punto de vista del tiempo como en recursos.

La introducción de técnicas de proceso digital de imágenes, aplicadas a la conservación del patrimonio histórico-artístico, primeramente como medio de cuantificación de las características petrográficas de los materiales constituyentes, y después en el análisis textural, por técnicas de falso color, o en la cartografía de alteraciones por la distribución de los niveles de gris obtenidos a partir del histograma de frecuencias, constituyó un avance muy importante en este

campo, reduciendo considerablemente los costes de elaboración cartográfica.

En los años 90 se proponen diferentes metodologías para una mejor optimización de estos recursos informáticos en la cartografía monumental, con la posibilidad de cuantificar, de manera rápida, objetiva y fiable, determinados parámetros relacionados con la alterografía y patologías de monumentos.

Además, la digitización de registros fotográficos de los monumentos a estudiar a principios de siglo permitía, por comparación entre ellos, definir la evolución de las alteraciones y deterioros a través del tiempo. Desgraciadamente, las primeras fotografías tomadas datan de 1840 y su calidad no es buena. No es hasta 1880 cuando los sistemas de registro y definición permiten abordar este proceso con garantías de éxito.

Por otra parte, el desarrollo de los sistemas de tratamiento de información gráfica, así como la integración de las imágenes derivadas del tratamiento digital como capas que estos pueden asociar a bases de datos relacionales, ha posibilitado la combinación de la información gráfica (imágenes) y la numérica (propiedades), dando lugar a nuevos niveles o capas con las patologías de superficie del monumento y que, además, son capaces de incluir datos sobre las características petrográficas y petrofísicas (porosidad, capilaridad, etc.).

La aplicación de operadores lógicos (Álgebra de Boole) da lugar a nuevos mapas de intersección de propiedades, muy

(*) Licenciado en Ciencias Geológicas.

(**) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX (Ministerio de Fomento).

(***) Licenciado en Ciencias Geológicas. Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX (Ministerio de Fomento).

(****) Licenciado en Ciencias Geológicas. HUNOSA.



FOTO 1. Estado actual de la ermita de San Lorenzo, en la escalonera. Gijón (Asturias).

útiles a la hora de buscar relaciones causa-efecto entre las patologías existentes y los datos aportados por otras técnicas (microscopía, ensayos de resistencia, etc.). El resultado son nuevas imágenes, o planos, con información selectiva, de las actuaciones a realizar, o proponer, en el edificio.

DESCRIPCIÓN DEL MONUMENTO

De todos los edificios y monumentos de nuestro rico patrimonio histórico-artístico nos hemos decidido por la ermita de San Lorenzo, en la escalonera, próximo a la playa a la que da su nombre, en Gijón (Asturias). Las razones que nos han llevado a la elección de este edificio son varias: por una parte, habíamos conseguido fotografías antiguas, de 1890 y 1942, con una definición y calidad adecuada para este tipo de trabajos; por otra parte, esta iglesia tiene una espectacular alteración alveolar en toda su fachada, lo que la hacía muy atractiva para diseñar algoritmos propios de la morfología binaria y probarlos sobre la propia imagen. Por último, desde el punto de vista arquitectónico, repite un modelo muy pródigo en las edificaciones asturianas de los siglos XVI y XVII, que consiste en una capilla adosada a una torre, tal y como podemos constatar en el edificio de Palacio Valdés, de esa misma ciudad. En este sentido, podemos considerar que este edificio es un imitación del anterior, adaptado —lógicamente— a la disposición del terreno. Fue construida por la familia Jove-Hevia a mediados del siglo XVII y su fachada es neoplatonista. La espadaña tiene una campana en la que podemos leer la fecha de construcción y consagración de la ermita que data de 1668.

Aunque la torre no deja de ser un arcaísmo nostálgico, la fecha de su construcción, además, viene corroborada por algunos aspectos arquitectónicos tal y como son la presencia de los detalles decorativos, como el frontón curvo y partido



FOTO 2. Alteración alveolar en la torre de la capilla, dando lugar a estructuras en "panal de miel" o honeycomb weathering.

de la capilla, o las orejas quebradas sobre los vasos, así como los remates de las pirámides de la torre.

Podríamos asegurar que si bien esta edificación es de carácter anónimo, se puede enmarcar dentro de un etapa incipiente del barroco, donde este estilo, aquí, aún no ha alcanzado su auge.

MATERIALES

Esta capilla se ha construido con sillares de areniscas, al igual que las del conjunto histórico que bordea el cerro de Santa Catalina de Gijón (Palacio de Revillagigedo y de Jovellanos, entre otros). Proceden de las canteras de los afloramientos jurásico-detriticos, de la formación Lastres, en las proximidades de la costa. Los sillares, como los del resto de los edificios, pero mucho más acusadamente, presentan una espectacular alteración alveolar, desarrollada, principalmente en su torre, en estructuras en panal de miel, debido esto, entre otras cosas, a su orientación geográfica y a la continua exposición de esta fachada al mar.

Petrográficamente estos materiales están constituidos por cuarzo (71-82%), feldespatos (3-18%), feldespatos potásicos (1,3-8,4%) y plagioclasas (0,1-1,2%), además de óxidos e hidróxidos de hierro. Los filosilicatos, que integran la matriz arcillosa, son la caolinita e illita, predominando el primero.

De sus características petrofísicas, ya publicadas por Esbert et al. (1985), ha de reseñarse tanto su elevada porosidad y microfisuración (15-23%), como su porosidad comunicada, con valores muy elevadas (10,6-18,3%). La absorción capilar da coeficientes que varían entre 31 y 71 Kg/m² min^{0,5}.

PATOLOGÍAS

Tal y como se ilustra, los daños encontrados en la capilla y torre anexa de San Lorenzo son la alteraciones alveola-



FOTO 3. Patologías más características del edificio. Desarrollo de alvéolos, arenizaciones, abrasiones y pátinas oscuras.

res, con una amplia distribución, así como diferentes grados de arenización, abrasión y disgregación de algunos sillares, además de algunas zonas con pátinas oscuras. En la Torre se evidencia la evolución de los alvéolos a zonas de



FOTO 4. Procesos de arenización y alteraciones de carácter alveolar en la zona de la espaldaña.

arenización. En estos sillares, por otra parte, quedan de manifiesto sus estructuras internas (lineaciones y laminaciones), que van a condicionar las formas de alteración que posteriormente desarrollan los sillares.



FOTO 5. Zonas de arenización de sillares, producidas, en algunos casos, a consecuencia de los procesos de alveolización.



FOTO 6. Alteración alveolar, desarrollada sobre sillares de arenisca. En algunos casos, la arenización pone de manifiesto los morteros de unión.



FOTO 7. Imagen máscara o delineación de los sillares. Se ha conectado en un S.I.G., constituyendo el nivel 0 de información. Es el mismo área de la fotografía 6.

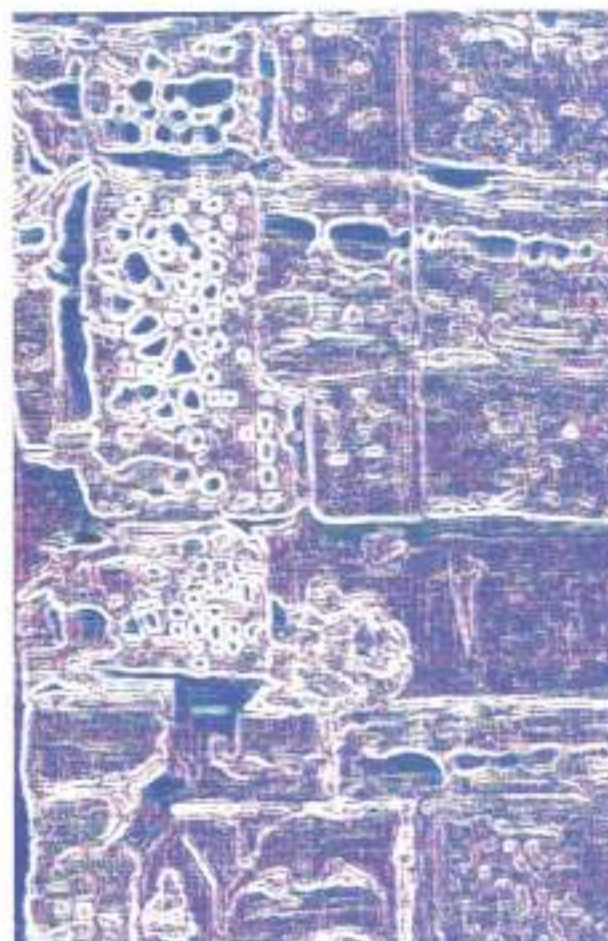


FOTO 8. Imagen textural, obtenida por aplicación de un filtro matricial tipo Sobel normalizado, para remarcar las estructuras internas.

De todas las patologías descritas vamos a centrarnos en las alveolizaciones, para obtener datos morfométricos que nos permitan clasificarla, desde el punto de vista del tratamiento digital de imágenes.

La alveolización se caracteriza por la formación y desarrollo de huecos o cavidades de diferentes tamaños y morfologías más o menos globulares. Esto comporta una disgregación superficial del material, grano a grano, y parece debido a una interacción entre factores intrínsecos y extrínsecos, propios del ambiente. Entre los primeros se ha de citar la composición de la roca y el tamaño de grano, favoreciendo este fenómeno la escasez de arcillas y las granulometrías más groseras.

Entre los factores extrínsecos, se acepta el fenómeno de cristalización de sales y los procesos de hidratación, facilitados por el aumento de humedad relativa del aire; además de la orientación de las estructuras internas del sillar respecto a la cara expuesta en la fachada. Así, si la laminación es perpendicular a la superficie externa del bloque, los alvéolos tienden a alinearse según sus planos de estratificación y a adquirir formas elongadas, paralelos a ellas. Si por el contrario la laminación es paralela a la superficie del bloque, su formación no encuentra planos de debilidad, limitándose su desarrollo y dando lugar a formas más irregulares que, por lo general, están asociadas a arenizaciones.

PROCESO DIGITAL DE IMÁGENES

Esta técnica se basa en la transformación de una imagen en una matriz numérica que pueda ser leída e interpretada por un ordenador. A este proceso se le denomina digitización. El resultado es una matriz de $(M \times N)$ puntos, donde cada uno de ellos (pixel) tiene un valor determinado de nivel de gris que se correlaciona con un nivel cromático en la imagen original. Sobre este proceso de digitización se ha de elaborar una imagen óptima (imagen restaurada), basándonos en el criterio de calidad que viene definido por el valor cuadrático medio de la diferencia entre las imágenes obtenidas y las que se podrían obtener en ausencia de esa degradación. Para conseguir esta imagen debemos analizar el histograma de frecuencia de niveles de gris y proponer los filtros matriciales que nos van a llevar a seleccionar la información que tengamos en ella para su posterior extracción.

A partir de la imagen óptima aplicamos el algoritmo de segmentación o umbralización (selección) de los niveles de gris que la componen, elaborando diferentes tipos de imágenes, con información complementaria, a partir de la original. Sobre ellas vamos a realizar los procesos de cuantificación y extracción de la información.

En el caso de esta capilla nos interesa obtener las siguientes imágenes clasificadas: **Posición de cada sillar o imagen máscara**; **Imagen textural**, que nos proporcionará información sobre los rasgos internos de cada sillar (lineaciones, anisotropías etc.) y **Patologías**, que nos dará las lesiones y su posición dentro del monumento.

La **Imagen Máscara** o delineación de los sillares se obtiene segmentando la imagen original en los rangos más bajos del histograma (0-19). Para garantizar unos mejores resultados hemos añadido a la imagen original el resultado de ejecutar, sobre ella misma, un filtro matricial de paso alto (refuerza las altas frecuencias). Del proceso de segmentación obtenemos la imagen binaria correspondiente. Para una mejor representación de los sillares se ha aplicado un algoritmo de "thinning" o adelgazamiento, seguido de una criba de objetos, para eliminar los ruidos de fondo de la imagen origi-



FOTO 9. Imagen litológica. En el S.I.G. le hemos asignado el nivel 1.

nal. La obtención de esta imagen binaria es fundamental, ya que constituye el recinto de memoria base para la identificación de las características numéricas y es la que servirá de armazón, para todos los niveles de capas que vamos a correlacionar, en los Sistemas de Información Gráfica.

La **Imagen Textural** la vamos a obtener por aplicación de un filtro matricial tipo Sobel que tiene la propiedad de remarcar las pequeñas variaciones en los niveles de gris (bordes, fisuras, lineaciones, etc.). En esta imagen ya podemos distinguir aquellos sillares cuya estructura interna es perpendicular a la fachada (marcadas como lineaciones en la misma fotografía, y subparalelas entre sí) de los otros, en los que no se revela este matiz.

La **Imagen de las litologías** aunque, en este caso, no es significativa debido a la uniformidad del material (areniscas) con el que se ha construido, la hemos incluido debido a la detección de zonas de mortero que afloraban en algunas partes del edificio. El proceso es el mismo que en los casos anteriores, se obtiene el histograma de frecuencia de niveles de gris y se acotan las zonas que se asignan tanto al color de los materiales como de los morteros. Este último da un pico en las proximidades del nivel de gris 236, mientras que las areniscas lo producen en la zona próxima al 134.

Para las **Patologías** hemos aplicado dos tipos diferentes de operaciones. Por una parte, y mediante perfiles de línea "line profile" hemos calculado el rango de niveles de gris de las alteraciones que afectan a esta propiedad (las pátinas oscuras, obviamente, desplazan el histograma de grises hacia el 0), realizándose una segmentación tomando como umbrales los valores máximos y mínimos deducidos. Para los procesos de arenización (entendiendo por tales aquellos que afectan a la morfología del material), hemos recurrido a la imagen textural, obteniendo, a partir de ella, la binaria correspondiente y procediendo, mediante morfología matemática, a un relleno de estructuras. El amarillo señala los sillares más afectados por procesos de alveolización, mientras



FOTO 10. Imagen de las patologías. Como en los casos anteriores, se le ha asignado, en el S.I.G. el nivel 2.

que el violeta se corresponde a los que tienen una mayor arenización. Las zonas en granate representan los sillares que, relativamente no están muy afectados, considerándose más o menos "sanos".

Si combinamos la imagen máscara (correspondiente al recinto de cada sillar), la imagen textural y la de las patologías, mediante un Sistema de Información Gráfica, y la representamos en un único recinto de memoria, obtenemos un mapa en el que detectamos una enorme correlación entre las laminaciones deducidas de la imagen textural y las zonas de

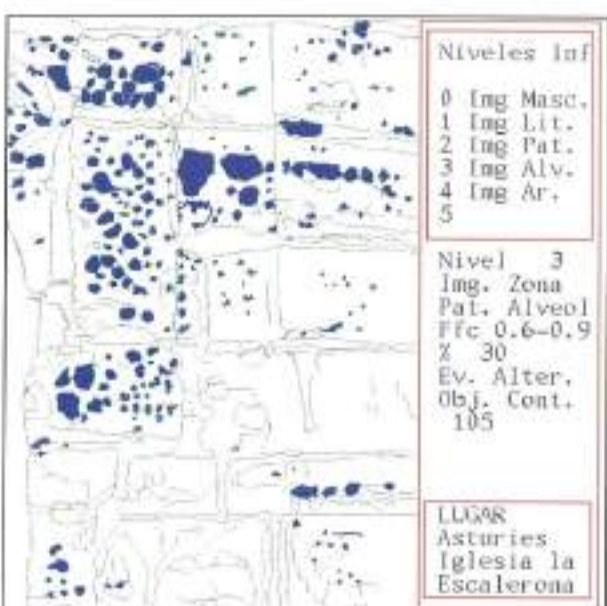


FOTO 11. Imagen con información de las alveolas, deducida por tratamiento digital e integrada en el S.I.G. como nivel 3.

FOTO 12. Fotografía de 1890 de la ermita de San Lorenzo. Ya en esa época la fachada presentaba una importante alteración.



alvéolos; no encontrándose este fenómeno en el caso de los sillares arenizados. Consecuentemente, podemos colegir que los sillares que se han puesto con la laminación interna paralela a la fachada van a ser más proclives a las alveolizaciones, mientras que si aquella es perpendicular desarrollan arenizaciones.

MORFOMETRÍA (OBTENCIÓN DE DATOS)

Partiendo de la imagen binaria de las patologías y aplicando el algoritmo de criba experta podemos generar una nueva subimagen, sólo con los alvéolos; para ello hemos definido el rango de eliminación entre los siguientes parámetros: **Factor de forma circular** (Ffc que relaciona el área obtenida con su circunferencia equivalente) y el **factor de rugosidad** (Fr , que relaciona el perímetro convexo con el real).

Para el primer parámetro el rango definido es $0,7 < Ffc < 1$, lo que nos da todos los objetos (alvéolos) que estén comprendidos entre estos dos valores (círculos y pseudocírculos). El factor de rugosidad, sin embargo, lo hemos definido entre $0,5 < Fr < 1$ lo que permite mantener aquellos objetos (alvéolos) ligeramente irregulares y de morfología elíptica (en los que, lógicamente, el $Fr = 1$). La imagen resultado la representamos en un recinto de memoria con la posición de cada sillar (imagen mástara). Hemos de indicar que, en este caso, el grado de acierto en la discriminación de los alvéolos ha sido del 91%, cometiendo errores, el procesador, en zonas en las que estos objetos no estaban bien definidos o tenían un alto grado de deterioro.

EVOLUCIÓN DEL DETERIORO

La comparación de las fotografías 1 y 13 permite constatar que entre 1942 y 1996, la ermita ha sido restaurada, aunque ello no ha afectado a los sillares, ya que aquella sólo se concentró en la limpieza de la torre. Esto nos ha llevado a desestimar la última fotografía; como anécdota



FOTO 13. Ermita de San Lorenzo, en 1942. El desarrollo de las pátinas de suciedad ha evolucionado espectacularmente.



FOTO 14. Imagen restaurada por procesos de corrección geométrica, para adaptarla a la tomada en 1942. A partir de ésta se obtiene información común a ambas.

hemos de reseñar que las pátinas oscuras, que entre 1890 y 1942 habían sufrido un espectacular desarrollo, en 1996 no aparecen.

El estudio, consecuentemente, ha de centrarse en la comparación de las dos fotografías anteriores. El proceso de restauración y homogeneización de imágenes consistió en aplicar reducciones y zooms selectivos para que la escala fuese idéntica; además se utilizó el algoritmo de corrección de imágenes por reasignación de coordenadas (x, y) para minimizar las distorsiones y diferencias de ángulo producidas durante el proceso de registro. La referencia la hemos tomado con respecto a la fotografía de 1942 que era la que mayor información podría proporcionarnos.

Hemos de reseñar, sin embargo, que la ejecución de estos algoritmos introduce errores en la imagen corregida, ya que al operar sobre el espacio (x, y) variamos los valores de distancias y áreas; obviamente, el resultado final se verá condicionado por estos procesos, aunque en este caso sea inevitable.

Una vez corregidas las imágenes hemos aplicado el operador booleano XOR (información no común a ambas imágenes), dando lugar al cartografiado de las zonas que desde 1890 han desaparecido, es decir se han alterado. La imagen resultante da una pérdida de material de un 12% (este valor, en este caso, debe tomarse con ciertas precauciones debido a los procesos de restauración de imágenes anteriormente aplicados).

Para el caso de las pátinas, el área de ocupación pasa de un 13,2% en 1890 hasta un 23,4% en 1942, lo que sugiere que, durante esta época, hubo un importante incremento en los factores contaminantes del entorno del edificio.

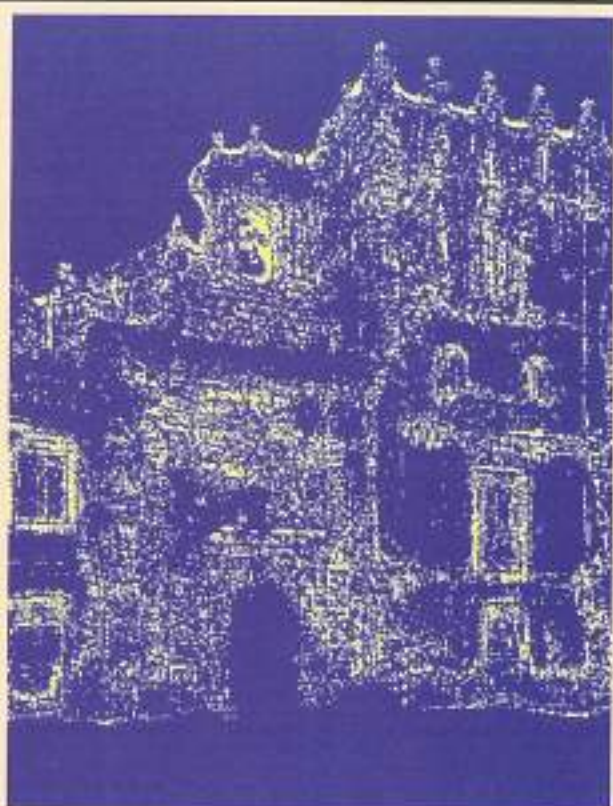


FOTO 15. Operador lógico XOR. Por selección de las zonas no comunes deducimos las variaciones en las fotografías, representadas en color amarillo.

CONCLUSIONES

Se han medido los alvéolos, caracterizándolos, morfológicamente hablando, tanto en sus parámetros clásicos (área, perímetro, etc.) como en aquellos otros para la extracción de sus características geométricas y estructurales (Fic y Fr). Desde este punto de vista, los alvéolos tienen un factor de forma comprendido entre 0,7 y 1, y un factor de rugosidad que varía entre 0,5 y 1.

Por otra parte, hemos constatado que existe una relación muy clara entre la imagen textural obtenida y el desarrollo de alvéolos, destacándose que estos se desarrollan mejor y en mayor grado en aquellos sillares que tienen su laminación interna normal a la cara expuesta del edificio, mientras que en aquellos que su laminación es paralela los procesos de alteración desarrollados son del tipo arenizaciones o desagregaciones.

La comparación de diferentes imágenes, de épocas distintas, ha permitido registrar los cambios evolutivos, desde el punto de vista del deterioro, cuantificando los daños y su extensión. En este sentido, esta técnica ha demostrado su utilidad pasando de la evaluación puramente cualitativa a proporcionar datos y mapas temáticos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores queremos expresar nuestro más sincero reconocimiento a D. Javier Burgos por su colaboración en la obtención de las imágenes digitales que ilustran este trabajo. Asimismo, expresar nuestro agradecimiento a D. Janel Cuesta, presidente del Real grupo de cultura Covadonga por las facilidades e interés mostrado al proporcionarnos las fotografías antiguas que sirvieron de base e ilustran este trabajo, además de su disposición y comentarios sobre la historia, cultura y temas de interés general sobre la ciudad de Gijón. Por último, mencionar las facilidades, apoyo y dedicación de las autoridades de Gijón. A sus ciudadanos por las molestias ocasionadas. Al ayuntamiento por el interés que, en todo momento, ha mostrado y por el esfuerzo que está haciendo para recuperar la "parte vieja" y darle la dignidad que esa ciudad se merece.

BIBLIOGRAFÍA

- ANGEL, M. C.; MARTÍNEZ, B.; RODRÍGUEZ, F. & PRENDES, N. (1996). Obtención de datos morfométricos de las alteraciones de la fachada principal de la Iglesia de San Lorenzo, en la Escalerona, Xixón, (Asturias). III Congreso de Rehabilitación y Restauración del Patrimonio Histórico-Artístico. pgs. 455-59.
- ANGEL, M. C.; MARTÍNEZ, B.; RODRÍGUEZ, F. & PRENDES, N. (1995). Monuments deterioration evaluation, using digitized images. A methodology. *Materiales de construcción*, n° 240, diciembre, pp. 47-57.
- ANGEL, M. C. & MARTÍNEZ, B. (1995). The evaluation, using digitized images, of the deterioration of the ashlar of the old bridge in Molina de Aragón (Guadalajara). pp. 22-33. VI Simpo. Nacion. de Rec. de formas y Anal. de imágenes. Tomo I.
- ANGEL, M. C. Y PRENDES, N. (1995). Consolidación e arenizaciones por aplicación de productos superficiales. *TRATMAT-95*. VI Congreso Nacional de Tratamientos Térmicos y de Superficie. pp. 207-212.
- BEL-LAN, A.; MONTOTO, L.; MONTOTO, M. (1981). Digital processing of microscope images; Quantification of petrographic parameters related to the quality of crystalline stones. 20 pp. Proceso digital de micrografías en petrología.

Departamento de petrología. Universidad de Oviedo y Centro de investigación UAM-IBM. Madrid.

- BEUCHER, S. (1993). Segmentation tools in mathematical morphology. Chp. 2.6. pp. 443-56. *Handbook of Pattern Recognition & Computer Vision*. Ed. Chen, Pau & Wang.
- CARRILLO, M. P. y FERRIN, J. R. (1996). Planimetría de las iglesias románicas de la provincia de la Coruña. *Actas del Iº Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. pgs. 115-120.
- CHELLAPPA, R.; KASHYAP, R. L. & MANJUNATH, B. S. (1993). Model-based texture segmentation and classification. Chp. 2.2. pp. 277-310. *Handbook of Pattern Recognition & Computer Vision*. Ed. Chen, Pau & Wang.
- COSTNER, M. & CHERMANT, J. L. (1985). *Précis d'analyse d'images*. Ed. du CNRS. 519 pp.
- DA SILVA, A. (1989). *Méthodes mathématiques du traitement numérique du signal*. Ed. Eyrolles. pp. 165. Paris.
- DE LA CASA, C. (1996). El plan de Restauración de Castilla-León. *Rev. de Restauración & Rehabilitación*. n° 1. pp. 50-53.
- DÍAZ PACHE, F. (1994). Formas de alteración y partículas sólidas de contaminación en la piedra de la capital de Burgos. Seminario de investigación de la universidad de Oviedo. Departamento de Geología. 38 pgs.
- DOMINGO, A. (1993). Tratamiento digital de imágenes. Guía monográfica. 245 pp. Ed. Anaya.
- 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, Oviedo.
- ESBERT, R. M. and MONTOTO, M. (1986). Digital Computing of microscope images petrographic investigation of stone. ICOMOS. Group petrography. Pavia Meeting. Sep. 1986. pp. 24.
- ESBERT, R. M.; GARCÍA-RAMOS, J. C.; NISTAL, A.; ORDAZ, J.; VALENZUELA, M.; ALONSO, F. J. y SUÁREZ DE CENTI, C. (1992). El proceso digital de imágenes aplicado a la conservación de la piedra monumental. Un ejemplo: Santa María del Naranco. *Rev. de Arqueología*. Sección Informe. pp. 7-11.
- ESBERT, R. M. (1996). Palacio del duque del parque (Oviedo). Estudios previos a la limpieza de la fachada. Informes Universidad de Oviedo. universidad de Oviedo. 41 pgs.
- FITZNER, B. (1990). Mapping of natural stone monuments. Documentation of lithotypes and weathering forms. *Advances workshop: "Analytical methodologies for the investigation of damaged stones"*. Pavia (Italia).
- FITZNER, B.; HEINRICHS K. and KOWNATZKI, R. (1995). Weathering forms- classification and mapping. 88pgs.
- JAIN, A. K. (1989). Fundamentals of digital image processing. University of California. Pr. Hall Inter. Ed. pp. 566.
- KANADE, T. (1980). "Region Segmentation: Signal VS Semantic". *Computer Graphics and Image Processing*, 13, págs. 279-297.
- MAESTRO, M. A. (1996). Métodos generales de caracterización de materiales. Iº Jornadas sobre patología en materiales de construcción. pgs. 3-5.
- MARTÍNEZ, A. (1985). Diseño y operatividad de un sistema interactivo para el proceso digital de micrografías petrográficas. Tesis de Lic. 96 pp. Universidad de Oviedo.
- MARTÍNEZ, A. (1993). Discriminación, cuantificación y cartografiado de componentes petrográficos mediante proceso digital de multi-imágenes microscópicas. Tesis Doctoral, 235 pp. Universidad de Oviedo.
- MILLER, M. (1995). Maya Masterpiece Revealed at Bonampak. pp. 50-69. *National Geographic. Of. Journ. of the Nat. Geogr. Society*. February. vol. 187, n° 2.

MINGARRO, F.; LÓPEZ DE AZCONA, M. C.; FORT, R. (1995): Alteración e materiales carbonáticos y graníticos en la fuente del marqués de Pontejos (Madrid). *Rev. Restauración & Rehabilitación*, nº 1, pp. 83-86.

MUSTOE, G. E. (1982): The origin of honeycomb weathering. *Geological Society of America Bulletin*, V. 93, pgs. 108-115.

NÚÑEZ, M. (1992): Los cuidadores de la Historia. *Revista MOPT*, octubre, pp. 80-85.

PAULY, J. P. (1975): Maladie alveolaire, conditions de formation et d'évolution. The conservation of stone, I. Bologna. ppgs. 55-88.

PICARDO, J. L. (1994): Sobre la teoría de la restauración. *Revista Restauración & Rehabilitación*, sept. oct. pp. 64-66.

PRENDES, N. (1995): Mapeo de materiales y daños. XIII Curso de Estudios Mayores de la Construcción. Módulo S-3. CEMCO-95, pp. 1-12.

PRENDES, N. (1995): Restauración, por proceso digital de imágenes, en patologías de monumentos. Conferencia en el Aula "Eduardo Torroja", pp. 1-34.

PROCOPIO, R. y MARTINEZ, M. (1996): Reconstrucción infográfica de la Iglesia de San Miguel de Lillo. *Revista de Arqueología*, nº187, pgs. 36-45.

SANZ, C. (1995): Patrimonio histórico-artístico. Documentos de Sensa, pp. 1-13.

SEGOVIA, F. (1995): Cartografía de monumentos por tratamiento digital de imágenes. Por el bien de la Piedra. *Revista del MOPTMA*, noviembre.

ROCA, X. et al (1991): Curso de tratamiento y análisis digital de imágenes. Facultat de Ciències. Depart. d'informàtica. Univ. Aut. de Barcelona. 198 pp.

ROSENFELD, A. & KAK, A. C. (1976): *Digital Picture Processing*. New York: Academic Press.

TUCERYAN, M. & JAIN, A. K. (1993): *Texture analysis*. Chp. 2.1, pp. 235-76. *Handbook of Pattern Recognition & Computer Vision*. Ed. Chen, Pau & Wang.

VALDEON, L., ESBERT, R. M. & MARCOS, R. M. (1985): La alveolización y otras formas de alteración desarrolladas sobre las areniscas del palacio de Revillagigedo de Gijón (Asturias). *Rev. Materiales de Construcción*, vol. 35, nº 200, pp. 41-48.

WESKA, J. S. (1978): A survey of Threshold Selection Techniques. *Comput. Graphic Image Proc.*, vol. 7, pp. 259-65.

ZEZZA, F. (1990): Computerized analysis of stone decay in monuments. Advanced workshop. Analytical methodologies for investigation of damaged stones. Pavia (Italy), pp. 163-84.



FERROATLANTICA, S.L.



MICROSILICE

**Pº DE LA CASTELLANA, 86, 7º
28046 MADRID
TEL. 590 32 44 - FAX 563 91 07**

*Fábrica de Sabón
Polígono Industrial de Sabón
15142 Arteixo
La Coruña
Tlf. (981) 60 06 75
Fax (981) 60 13 06*

✓ **BOMBEABLE**

✓ **PROYECTABLE**

✓ **RESISTENCIA** / MECANICAS / ABRASION

✓ **DURABILIDAD** / REACCION / ARIDO/ALCALIS / PROTECCION / ARMADURAS

✓ **DURABILIDAD** / ATAQUE / QUIMICOS / CICLOS / HIELO/DESHIELO

INGENIERIA CIVIL



INFORMES Y PROYECTOS, S.A.,
es una empresa de Ingeniería y Consultoría con más de 25 años
de experiencia en los campos de la Ingeniería Civil, Industrial,
de Recursos Naturales y de Tratamiento de Residuos.



General Díaz Porlier, 49 - 28001 MADRID Tel. (91) 402 55 04 - 402 50 12 Fax (91) 402 13 91
Plaza Fernando Lesseps, 33 - 08025 BARCELONA Tel. (93) 415 00 17 Fax (93) 218 65 35
DELEGACIONES EN: SEVILLA, ZARAGOZA, GIJÓN, GALICIA, MURCIA Y VALENCIA

