

# Intervención

Revista Internacional de Conservación, Restauración y Museología

Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía-INAH  
Año 5. Núm. 10 • Julio-diciembre de 2014

ISSN 2007-249X



# Intervención

Revista Internacional  
de Conservación, Restauración  
y Museología

Consejo Nacional para la Cultura y las Artes

Presidente

Rafael Tovar y de Teresa

Instituto Nacional de Antropología e Historia

Directora General

María Teresa Franco

Secretario Técnico

César Moheño

Secretario Administrativo

José Francisco Lujano

Coordinadora Nacional de Difusión

Leticia Perlasca Núñez

Subdirector de Publicaciones Periódicas

Benigno Casas

Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía

Directora

Liliana Giorguli Chávez

Secretaria Académica y de Investigación

Guadalupe de la Torre Villalpando

Subdirector de Planeación y Servicios Educativos

Juan Carlos Cortés Ruíz

Jefa Académica de la Licenciatura en Restauración

Ma. de Lourdes González Jiménez

Jefe Académico de la Maestría en Conservación y Restauración  
de Bienes Culturales Inmuebles

Ilan Vit Suzan

Jefe Académico de la Maestría en Museología

Andrés Triana Moreno

Coordinador de la Maestría en Conservación de Acervos Documentales

Germán Frausto Nadal

Jefa del Departamento de Educación Continua y Descentralización

*Intervención*, Revista Internacional de Conservación, Restauración y Museología, año 5, número 10, julio-diciembre 2014, es una publicación semestral editada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia, Córdoba núm. 45, col. Roma, C.P. 06700, Deleg. Cuauhtémoc, México, D.F. Editor responsable: Benigno Casas de la Torre. Reservas de derechos al uso exclusivo: 04-2012-081511001900-102, ISSN: 2007-249X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Número de Certificado de Licitud de Título y Contenido: 16121, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Domicilio de la publicación: Av. Insurgentes Sur, núm. 421, séptimo piso, col. Hipódromo, Deleg. Cuauhtémoc, C.P. 06100, México, D.F. Imprenta: Impresos Publicitarios y Comerciales S.A. de C.V. Delfín Mz. 130, Lte. 14, Col. Del Mar, C.P. 13270, Delegación Tláhuac, México, D.F. Distribuidor: Coordinación Nacional de Difusión del INAH, Av. Insurgentes Sur, núm. 421, séptimo piso, col. Hipódromo, Deleg. Cuauhtémoc, C.P. 06100, México, D.F. Este número se terminó de imprimir el 14 de noviembre de 2014 con un tiraje de 1000 ejemplares.

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede reproducirse, almacenarse o transmitirse de ninguna forma, ni por ningún medio, sea éste electrónico, químico, mecánico, óptico, de grabación o por fotocopia sin previa autorización por parte del editor. El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores y no representa necesariamente la opinión del Comité Editorial de la Revista *Intervención*, de la ENCR y M o del INAH.

La reproducción, uso y aprovechamiento por cualquier medio de las imágenes pertenecientes al patrimonio cultural de la nación mexicana, contenidas en esta obra, está limitada conforme a la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, y la Ley Federal del Derecho de Autor, su reproducción debe ser aprobada previamente por el INAH y el editor. No se devuelven originales.

Versiones electrónicas: [www.encrym.edu.mx](http://www.encrym.edu.mx), [www.bibliotecavirtual.inah.gob.mx](http://www.bibliotecavirtual.inah.gob.mx), <http://www.encrym.edu.mx/intervencion> y [www.revistas.inah.gob.mx/index.php/intervencion](http://www.revistas.inah.gob.mx/index.php/intervencion). Esta revista está indexada en Latindex y Conacyt.

Correo electrónico: [revistaencriym@gmail.com](mailto:revistaencriym@gmail.com)

Año 5. Número 10

Julio-diciembre de 2014

Editora Isabel Medina-González

Coordinación del número Ilse Cimadevilla Cervera  
María de los Desamparados Alonso Gamallo

Comité editorial Ilse Cimadevilla Cervera  
Manuel Gándara Vázquez  
Ana Garduño Ortega  
Liliana Giorguli Chávez  
Carolusa González Tirado  
María Estíbaliz Guzmán Solano  
Isabel Medina-González  
María Concepción Obregón Rodríguez  
Valeria Valero Pié  
Sandra Zetina Ocaña

Asistente editorial Paula Rosales-Alanís

Asistente administrativo Andrea Mayagoitia Rodríguez

Difusión Keila Betsabé Merodio Guerrero

Producción editorial Benigno Casas

Diseño original Gonzalo Becerra Prado

Diseño y formación Rebeca Ramírez Pérez  
Jorge Alejandro Bautista Ramírez

Corrección de estilo Alejandro Olmedo  
Judith Bosnak  
Horacio Jiménez

Portada: Vista frontal del estudio radiográfico del *Desollado* (Fotografía: José Madrid García 2011; cortesía: Laboratorio de Documentación y Registro, IRP-UPV).

# ÍNDICE

# Intervención

Revista Internacional de Conservación, Restauración y Museología

Año 5. Núm. 10 • Julio-diciembre 2014

EDITORIAL	2
SECCIÓN ESPECIAL: QUINTO ANIVERSARIO DE <i>INTERVENCIÓN</i> Dos frentes de vanguardia en el ámbito de las publicaciones periódicas del sector patrimonial ibérico	6
<i>ECR-Estudos de Conservação e Restauro</i> (Portugal) Eduarda Silva Vieira	8
<i>Ge-Conservación</i> (España) Rocío Bruquetas Galán	11
ENSAYO La dimensión material del arte novohispano Sandra Zetina Ocaña, Elsa Minerva Arroyo Lemus, Tatiana Falcón Álvarez, Eumelia Hernández Vázquez	17
INVESTIGACIÓN La vivienda obrera de la fábrica de papel Loreto. Patrimonio industrial de la ciudad de México en peligro de extinción María Elizabeth Muñoz Gómez	30
ESCAPARATE Recuperación del <i>Cristo divino preso</i> de Lomas de Bracho en Zacatecas, Zacatecas (México) Diana Ugalde Romo	47
INFORME Los libros de coro copiados por fray Miguel de Aguilar: un primer acercamiento al estudio de su encuadernación en la Nueva España Tania Estrada Valadez, Patricia de la Garza Cabrera, Thalía Edith Velasco Castelán	54
El patrimonio gnomónico de México: los cuadrantes solares coloniales del estado de Yucatán Antonio Rodríguez Alcalá	67
SEMBLANZA La conservación del patrimonio cultural en el INAH, México: la labor de la CNCPC a un año de su reestructuración CNCPC-INAH	78
INNOVACIONES Dos décadas de inspección radiográfica en España: retrospectiva y horizontes futuros en un contexto de cambio tecnológico José Madrid García	85
RESEÑA DE LIBRO <i>Museum Making</i> : pensando el quehacer museográfico Michael Andrés Forero Parra	94
Investigación y conservación arqueológica en el norte de México: <i>A 100 años de su descubrimiento, Alta Vista</i> Enrique García García	98
Colaboradores	102

## Dos décadas de inspección radiográfica en España: retrospectiva y horizontes futuros en un contexto de cambio tecnológico

José Madrid García

El pasado mes de diciembre del 2013 se realizaron unas jornadas con el nombre *Diálogo con la Politécnica de Valencia*, organizadas por la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRyM), del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México, a las que fuimos invitados, gracias a lo cual, tras la preparación del material que expondríamos, pudimos reflexionar sobre la evolución de la técnica de inspección radiográfica aplicada al área de la conservación y restauración de bienes culturales en estos últimos años, premisa con la que está elaborado este artículo.

Han pasado dos decenios desde que se constituyó oficialmente el Laboratorio de Inspección Radiográfica (LIR), perteneciente al Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, hasta su incorporación al Laboratorio de Documentación y Registro inscrito en el Instituto Universitario para la Restauración del Patrimonio (IRP) —todo ello dentro del ámbito de la Universitat Politècnica de València (UPV), España—, a lo largo de los cuales hemos asistido tanto a los cambios que ha experimentado esta técnica analítica (con la progresiva desaparición del registro convencional y el surgimiento de los sistemas digitales de obtención de radiografías) como a los de índole metodológica que acompañan este hecho.

En el punto de inflexión que significó, en el 2010, la incorporación de la radiografía digital a nuestro laboratorio, se superaron ciertas limitaciones, principalmente en cuanto a resultados de imagen y formas de proceder, de la técnica analógica tradicional: la inmediatez en la obtención del registro y el bajo costo de los materiales requeridos posibilitaron una nueva forma de trabajo e investigación.

El LIR comenzó a operar en 1994 con un equipamiento modesto —no obstante lo cual alcanzó una gran carga de trabajo y experiencia en investigación—, gracias al Proyecto de Recuperación Integral de la Real Basílica de la Virgen de los Desamparados de Valencia (1993-2004), en el que se dieron los primeros pasos en la obtención de registros radiográficos en pintura de caballete y escultura, fundamentalmente. Desde ese año a la fecha, hemos ampliado el catálogo radiográfico con la incorporación de radiografías de piezas en soporte textil, objetos arqueológicos y una considerable sección de “otros”, donde, asimismo, tenemos ejemplos recientes de patrimonio industrial.



## Retos en la obtención de radiografías mediante el registro analógico

La instalación cuenta con un equipo Tranxportix 50®, de la empresa General Electric, con un tubo de rayos X de 3 kV y un foco de 2.3 m con sólo una filtración total de 2 mm de aluminio, características que le permiten trabajar en voltajes muy bajos, con un rango de 20 a 110 kV; mientras que el de intensidad de corriente también es adecuado para este tipo de estudios gracias a sus valores fijos de 10 y 20 mA. El sistema de centrado y localización del área irradiada se consigue a través de un colimador por luz, al cual se le ha adaptado un sistema de marcas que asegura la zona eficaz de irradiación.

El reto que afrontamos durante los primeros años de procesamiento fue el de optimizar el protocolo de trabajo que se practicaba para la obtención de un registro radiográfico, conscientes, como estábamos, de que no había una documentación específica. Nuestras referencias esenciales eran los trabajos realizados por María del Carmen Garrido (1984:1, 7-9) en el Museo del Prado y la obra de Arturo Gilardoni *et al.* (1994), que sirvieron como guía en las investigaciones abordadas en el LIR, cuyo resultado se tradujo en la *Metodología para la mejora del contraste en el análisis radiográfico aplicado a la conservación y restauración de obras de arte* (Madrid 2000), la cual, además de tener como objeto principal la eliminación de la parte de subjetividad en la decisión de los parámetros de disparo que se aplicaban en el registro analógico (Madrid 2000:209-224), alcanzaba varios propósitos, como mejorar el contraste y la fiabilidad en la obtención del registro y ejecutar radiografías de gran formato.

Parte importante de este trabajo se basaba, asimismo, en el tipo de registro que se empleaba, placa de tipo Structurix D7 de Agfa, una película de grano fino, con alto contraste y alta velocidad, especialmente diseñada para la exposición directa o con

pantallas de plomo, cuya presentación en formato *roll pack* además daba la posibilidad de cubrir el área total, por ejemplo, de una pintura. De esta forma, se obtenía un único registro del área y nos alejábamos de los sistemas tradicionales que ofrecían esa misma radiografía a través del montaje, elaborado a modo de mosaico con placas radiográficas de toda la superficie de la obra.

El equipamiento empleado lo completaba un monitor de radiación dotado con un detector de cámara de ionización y sistema de autorrango Ram Ion®, de la empresa Rotem, que facilitaba las medidas de dosis integrada que se registraban en un punto de la parte posterior de la obra durante la ejecución de la radiografía.

La secuencia de trabajo se planteaba lo más simple posible, de forma que asegurábamos tanto su adaptabilidad a cualquier tipo de objeto como la reproducibilidad de éste. El primer paso en tal protocolo consistía en la realización de una secuencia de exposiciones de radiación con una duración de 10", 30" y 60", para la cual se establecían el voltaje y la intensidad más adecuados. El siguiente paso era la medición de la dosis de radiación emergente, o dosis equivalente, en cada una de las exposiciones de la secuencia. En la relación asignada entre ellas, por tratarse de dosis equivalente, el kilovoltaje y la intensidad configuraban una recta, cuya pendiente tenía una clara correspondencia no sólo con el nivel de ennegrecimiento que se alcanzaba sino también con la calidad de contraste que ofrecía la placa radiográfica. De esta manera determinamos, por lo tanto, que el mejor contraste en la radiografía se daba con pendientes próximas a uno en esta relación.

A su vez, experimentalmente se determinó que la dosis máxima que podía recibir el tipo de película Structurix D7 era de 1 500 microSv,<sup>1</sup>

<sup>1</sup> El microsievert (microSv) es una unidad derivada del SI que mide la dosis de radiación absorbida por un punto determinado.

no sin dejar de observar que por encima de ella el nivel de ennegrecimiento ya no era apreciable. Esta observación daba entrada al siguiente paso: la obtención de un registro radiográfico de pequeñas dimensiones, con el fin de verificar el grado de calidad logrado, para lo cual se mantenían los parámetros de voltaje e intensidad derivados de la recta antes citada, pero ahora se realizaban exposiciones sucesivas hasta alcanzar la dosis máxima de ennegrecimiento. Una vez comprobada la calidad, tras el revelado de la placa testigo, se procedía a efectuar nuevamente este proceso, cubriendo con placa toda la zona por irradiar.

Lo más interesante de todo este trabajo con el equipo es que, aparte de su fácil adaptabilidad a todo tipo de piezas, ofreció la posibilidad de desplazar el foco o fuente de rayos X a una distancia suficiente como para cubrir toda el área de la pieza por estudiar, de modo que, colocando el foco, por ejemplo, a 500 cm, se han radiografiado áreas de 4 m<sup>2</sup> con un alto grado de fiabilidad en el procedimiento.

## Nuevas expectativas en el formato digital

Con la incorporación del sistema digital para la obtención de radiografías hemos presenciado durante los años recientes una pequeña revolución en el terreno de la producción de imágenes. Si bien el mercado presenta varias posibilidades o alternativas, el LIR se ha inclinado por una de las más extendidas en otros ámbitos, como es el uso de los sistemas de radiografía indirecta (IP) que, además de ser los que mayor nivel de adaptación presentan en nuestro campo profesional, no exigen ningún cambio dentro de la instalación del laboratorio.

Nuestro laboratorio incorporó una estación de trabajo de radiografía indirecta en el 2010, en concreto, un digitalizador CR 30-X, de la empresa Agfa®, el cual se combina con el programa de identificación de imá-

genes y control de calidad Agfa® NX. La estación procesa las imágenes digitales obtenidas a través de los chasis CR MDT4.0T, también de Agfa®, con un formato de 35 X 43 cm y un tamaño de matriz de pixel de 3 480 X 4 248.

Las ventajas de la inmediatez en la ejecución de un registro radiográfico y su bajo costo —pues no implica el consumo o desgaste de material, como es el caso de la placa o los productos químicos empleados en el sistema tradicional— representan una nueva forma de considerar este tipo de trabajos. Dentro de nuestra experiencia, hemos constatado que la radiación necesaria para formar la imagen en el caso del registro digital ha descendido en torno de 1000%, lo que añade una mejora en la seguridad del operador, al no tener que someterse a largos tiempos de exposición (Madrid 2012a).

#### *Sobre los cambios de protocolo de trabajo o la rentabilidad de la técnica*

El tema de la rentabilidad y optimización de los medios implicados en los estudios de inspección radiográfica es uno de los factores que se han de tomar en cuenta de cara al futuro. Anteriormente, acostumbrábamos a decidir previa y, en ocasiones, penosamente, qué piezas podían o debían inspeccionarse por medio de la radiografía, pero al reducirse el costo de esta operación, se facilita examinar un gran número de éstas. Prueba de ello es el estudio llevado a cabo sobre un conjunto de objetos cerámicos del Museo Arqueológico Burriana (MAB), ubicado en Castellón, España, en el que se han inspeccionado treinta piezas de distintas épocas de producción que van del Neolítico a la época musulmana, haciendo un primer barrido de resultados de esta selección y ampliando la muestra con alguna pieza más que en aquel momento presentaba mayor interés (Madrid y Ramírez 2011:153-172).

En el sentido de la inmediatez, también hemos constatado que el

conocer el interior de la pieza es determinante en la decisión de si se debe o no intervenir para su conservación y restauración. Esto nos lo planteamos ante un conjunto de restos arqueológicos que llegaron al laboratorio directamente de la excavación de la villa romana de Sant Gregori en Burriana: se examinaron aproximadamente trescientos restos de materiales féreos extraídos durante las temporadas de excavación arqueológica de los años 2010 al 2012 en la citada villa; gracias a las radiografías, se seleccionaron trece de estas piezas, atendiendo a la singularidad en su tipología o el estado físico que presentaban debajo de incrustaciones y capas de óxido (Díaz 2013:38-45).

#### *Sobre las radiografías de gran formato*

Con la adquisición de la estación de trabajo descrita resolvimos un problema que parecía superado con el sistema de registro analógico de rayos X, que era el de obtener una radiografía de gran formato. La técnica radiográfica digital sólo comercializa las medidas estándares de los chasis tradicionales, siendo la ya referida de 35 X 43 cm la de mayor tamaño. Para subsanar este inconveniente, se ha diseñado y desarrollado un dispositivo consistente en una estructura que, al permitir el desplazamiento del sistema de radiografía telemétrica, —o en su nombre comercial CR Easylift®— en el plano vertical, se obtienen distintas radiografías de toda la superficie que se desea irradiar. La combinación del sistema y el dispositivo hace posible montar, en un mismo plano vertical, tres chasis, cuya área de radiografía efectiva, por medio de un software para tratamiento de imagen, es de 126 X 33 centímetros.

El desplazamiento se hace a lo largo de rieles de 300 cm de longitud, medida delimitada por el eje en el que se ubica la fuente de rayos X, tangencial al plano de la pared. Constatando con los dos movimientos: el

del plano horizontal, de 300 cm, y el del plano vertical, que va desde la cota 0 a 230 cm de altura, se construye una placa de aproximadamente 7 m<sup>2</sup>. Al sistema de rieles se le han adaptado unas piezas que ayudan a posicionar el conjunto a lo largo del recorrido que se hace para obtener la placa. La estructura se ha tenido que separar del soporte 70 cm aproximadamente, con el fin de asegurar la accesibilidad del operador para la carga y descarga de cada chasis.

Para sujetar las obras pictóricas se construyó un bastidor móvil que las ancla en la parte superior e inferior, con sujeciones de espuma de poliuretano de alta densidad, que es transparente a la radiación. De esta forma, no es necesario mover la fuente o foco de rayos X ni el objeto radiografiado, con lo que la imagen se produce en el mismo plano, como ya se había conseguido con la radiografía analógica de tipo industrial (Madrid 2013).

#### Catálogo radiográfico

En esta parte de la contribución que-remos ofrecer una pequeña muestra de algunos de los estudios que el laboratorio ha afrontado, los cuales han sumado conocimiento para ir mejorando los subsecuentes. Con esta selección hemos querido acercar aquellos trabajos que, por su formato, materiales constitutivos o interés para su conservación, han supuesto un reto en su obtención, conscientes de la limitación de espacio.

##### *Pintura de caballete*

En el caso de la pintura de caballete, la aplicación de la estrategia para la obtención de radiografías de gran formato ha sido una constante en el trabajo del laboratorio. Uno de los primeros estudios donde se aplicó este método fue un óleo sobre lienzo de Miguel March, la *Degollación de los inocentes* (160 X 203 cm), obra datada en la segunda mitad del siglo XVII, procedente de los fondos pictóricos de la Real Basílica de la Virgen



FIGURA 1. *Degollación de los inocentes*, de Miguel March (Fotografía: J. A. Madrid 1999; cortesía: Laboratorio de Documentación y Registro, IRP-UPV).



FIGURA 2. Radiografía de la obra *Degollación de los inocentes*, de Miguel March (Fotografía: J. A. Madrid 1999; cortesía: Laboratorio de Documentación y Registro, IRP-UPV).

de los Desamparados de Valencia (Bosch Reig 2001:116-119) (Figuras 1 y 2).

Después de una secuencia de exposiciones de prueba para ajustar los parámetros finales, la radiografía en soporte analógico se realizó en una sola exposición, dando una calidad homogénea en la escala de grises de todo el registro (Figura 1). Los parámetros empleados para el disparo fueron 45 kV, 20 mA y una exposición de 6' 35". Para abarcar toda el área de la pintura, la fuente se situó a 400 cm respecto del plano donde estaba la placa, alcanzando una dosis de 1560 microSv.

El estudio radiográfico de esta pintura permitió certificar, entre otros datos, la existencia de un repinte de pudor en dos de los personajes femeninos, situado en la parte inferior de la composición, cuya remoción no planteó ningún problema, ya que la pintura original mostraba un buen estado y el repinte constituía una capa exenta y, por lo tanto, fácilmente eliminable.

Dentro de los estudios en sistema digital y en radiografías de gran formato resaltamos el del acrílico sobre lienzo de Rosa Martínez titulado *Equinoccio*, obra del siglo XX que presenta un doble reto: su dimensión (200 X 200 cm) y su técnica de manufactura. A diferencia de la calidad que hemos conseguido en este estudio, en la radiografía convencional la técnica con pintura acrílica siempre ha ofrecido un bajo nivel de contraste (Madrid 2013:101-109).

Para alcanzar el área por cubrir, el foco de rayos X se situó a 500 cm de distancia de la pieza, asegurando así un área de irradiación 25% superior a la medida de la obra (Figura 3), margen del que es importante disponer en este tipo de estudios, pues, como se ha visto en algunos otros realizados en este laboratorio, el tubo no irradia de forma homogénea en todo su perímetro.

Mediante el sistema móvil de desplazamiento de los chasis, se planteó un mosaico de treinta y cinco radiografías telemétricas, compues-

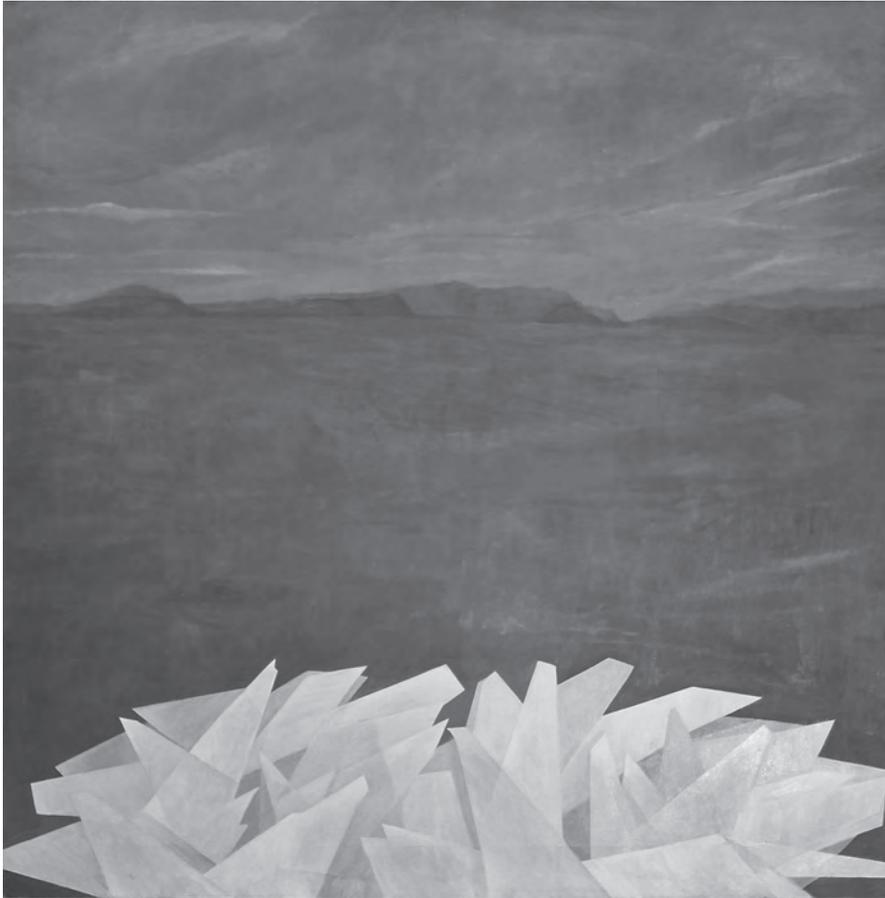


FIGURA 3. *Equinoccio*, de Rosa Martínez (Fotografía: J. A. Madrid 2011; cortesía: Laboratorio de Documentación y Registro, IRP-UPV).

to por siete columnas y cinco filas, obteniendo una zona de solape entre ellas de 5 cm en su lateral y 10 cm en su dimensión vertical.

La secuencia de exposiciones se efectuó con los parámetros de 62 kV, 20 mA y 5" para todas ellas. Las lecturas de dosis integradas obtuvieron un valor medio de 19.12 microSv y una desviación estándar de 2.69 microSv. Las treinta y cinco radiografías murales se procesaron posteriormente por medio de un programa comercial de tratamiento digital de imágenes capaz de leer los archivos Dicom, como es el Adobe Photoshop®.

El estudio presentó la imagen que subyacía bajo la capa visible, lo que certificó un dato que se había puesto en evidencia con la fotografía ultravioleta. El obtener nuevamente un registro lo más homogéneo posible de gama de grises y contraste da

una imagen clara de lo que las obras de estas características pueden esconder (Figura 4).

#### *Escultura*

En el caso de los estudios radiográficos realizados a piezas escultóricas, además de enfrentarnos al mismo problema que en el de las pinturas de caballete, la radiografía de gran formato, debemos añadir la complejidad estructural y, principalmente, la gran variedad de materiales presentes, lo que siempre ha significado un desafío en este tipo de objetos, ya que la diferencia en la radiorresistencia de aquéllos obliga a un ajuste más preciso en los parámetros de voltaje e intensidad.

El sistema diseñado en el LIR que permite el desplazamiento de las placas radiográficas volvió a demostrar su utilidad en el análisis de una

pieza muy singular, una figura de cera de un *Desollado* que data del siglo XVIII, estudio que, adicionalmente, corroboró que la técnica digital de radiografía muestra un excelente resultado en materiales considerados radiotransparentes, como es el caso de la cera (Madrid 2012b:10-17).

De esta figura de cera, de 60 X 170 X 60 cm, se obtuvieron las radiografías frontal, construida por un mosaico de imágenes conformadas por nueve radiografías de tipo telemétrico, y lateral, mediante el ensamble de otras tantas radiografías de la misma naturaleza. Las características de todas las exposiciones realizadas fueron de 60 kV, 20 mA y tiempos de 3". Para conseguir irradiar toda el área que ocupaba la pieza, el foco se colocó a 480 cm de distancia.

La radiografía permitió trazar una estrategia de intervención de la pieza para solucionar uno de sus problemas más acuciantes: el paso del tiempo y la falta de mantenimiento estaban provocando que se partiera en dos a la altura de su cintura, punto de unión de dos de las tres piezas que la conforman. La imagen mostró el grado de profundidad de la fractura, agravada por el peso de la cabeza y el torso de la figura y por la simpleza de su sistema de sujeción. El conocimiento del interior vuelve a ser, por lo tanto, una herramienta fundamental para diseñar una correcta intervención (Figura 5).

#### *Material arqueológico*

Algo muy significativo en algunos objetos arqueológicos es la variedad de materiales que suelen presentarse en una sola pieza. En busca de un ejemplo dentro de los estudios realizados en formato analógico que presentara el reto de la mezcla de cerámica y metal, hallamos el de una vasija de enterramiento de época ibérica, de 15 X 7 X 15 cm, perteneciente al yacimiento de la Torre la Sal en Ribera de Cabanes, Castellón.

Después de la labor de ajuste, los parámetros finales fueron 47 kV, 20 mA, 100 cm de distancia entre la

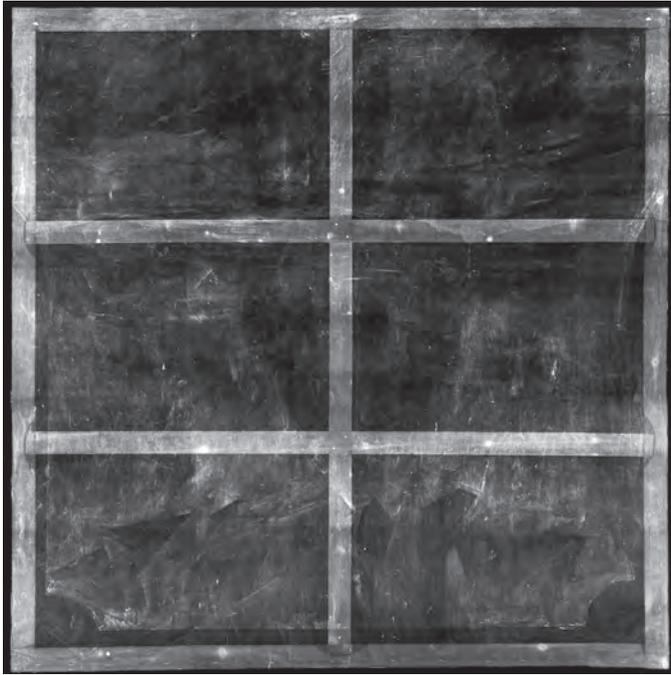


FIGURA 4. Radiografía de la obra *Equinoccio*, de Rosa Martínez (Fotografía: J. A. Madrid 2011; cortesía: Laboratorio de Documentación y Registro, IRP-UPV).



FIGURA 5. Vistas frontal y lateral del estudio radiográfico del *Desollado* (Fotografía: J. A. Madrid 2011; cortesía: Laboratorio de Documentación y Registro, IRP-UPV).

fuente y el objeto, con una exposición de 3' 15". La finalidad del estudio fue determinar si en esta pieza se encontraba algún objeto metálico inserto en los restos de la vasija, así como su disposición. La información que aportó la radiografía respecto del estado del artefacto y sus características facilitó la labor del restaurador tanto en la elección del tratamiento como a la hora de extraer las piezas metálicas descubiertas (Flors 2010:391) (Figuras 6 y 7).

En el apartado de objetos arqueológicos es donde fundamentalmente hemos comprobado la benéfica influencia del registro digital, no sólo por la capacidad de éste para ofrecer una mayor calidad en el registro sino, primordialmente, como hemos indicado antes, por la inmediatez de su obtención.

En este sentido, tenemos el estudio realizado, en colaboración con el MAB, a un conjunto de piezas de las que destacamos una jarra de cuello alto de la época musulmana, inspirada en formas de los siglos VIII y IX. Su radiografía no aporta grandes



FIGURA 6. Vasija de enterramiento íbera (Fotografía: J. A. Madrid 2007; cortesía: Laboratorio de Documentación y Registro, IRP-UPV).

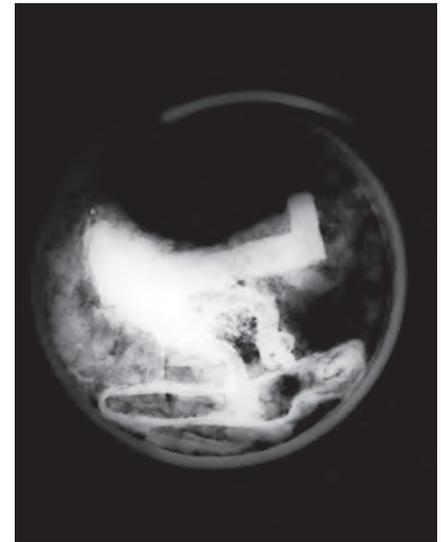


FIGURA 7. Radiografía de la vasija de enterramiento íbera (Fotografía: J. A. Madrid 2007; cortesía: Laboratorio de Documentación y Registro, IRP-UPV).

contrastes significativos y muestra, así como pocas diferencias en la granulometría de las inclusiones, una textura de porosidad media. Se evidencian de manera sutil las estrías del torneado en el cuerpo de la pieza, que en este caso no hay que con-

fundir con el registro que dejan las acanaladuras del cuello. El espesor de las paredes es variable, siendo mayor en la zona de la panza. Gracias a la radiografía se advierte que la pieza está completa y en perfecto estado de conservación, puesto que no se

registra ningún tipo de fisura ni fragmentación (Figuras 8 y 9).

De los estudios sobre piezas metálicas con radiografía digital distinguimos los que se han realizado para un trabajo de colaboración con el Departamento de Ingeniería Nuclear de nuestra universidad. Para ello se radiografió una serie de hebillas procedentes de una necrópolis merovingia (siglos V a VIII d. C.), piezas que, sujetas a un alto grado de oxidación, mantenían, casi de forma intacta, su decoración.

De ellas la más representativa fue la referenciada como Hebillas nº 8, con unas características de disparo que fueron de 70 kV, 20 mA, con 3" de exposición, y una distancia entre el objeto y la fuente de rayos X de 100 cm. La radiografía dio la localización de los puntos de muestreo para poner en práctica un ensayo con equipo de fluorescencia de rayos X. De esta manera intentamos no sólo combinar la imagen del interior sino también aportar información cualitativa y cuantitativa del material usado para la decoración (Figura 10).

#### Otros

A lo largo de estos veinte años de operación del laboratorio, en la integración de este catálogo radiográfico hemos sumado una sección de "otros" objetos que, por su manufactura, composición o significación, podían suscitar interés (cabe aclarar que en cada estudio siempre buscamos las posibles limitaciones que ofrecían estas piezas). Esta sección la conforman juguetes metálicos, piezas textiles, obras en papel y un acervo de patrimonio industrial. De este último nos gustaría poner de relieve un estudio que pertenece a una serie de radiografías que se están efectuando para un museo de nueva creación que, dentro de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de las Telecomunicaciones de la UPV, albergará la colección Vicente García Miralles.

Nos referimos al aparato portátil de rayos X que patentó el español Mónico Sánchez Moreno en 1913,



FIGURA 8. Jarra de cuello alto musulmana (Fotografía: J. A. Madrid 2011; cortesía: Laboratorio de Documentación y Registro, IRP-UPV).



FIGURA 9. Radiografía frontal de la jarra de cuello alto de la época musulmana (Fotografía: J. A. Madrid 2011; cortesía: Laboratorio de Documentación y Registro, IRP-UPV).

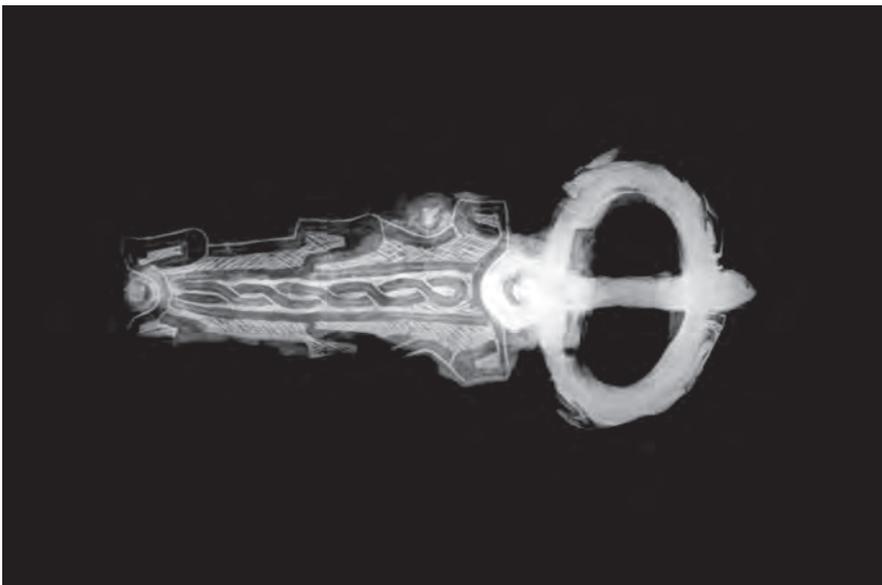


FIGURA 10. Radiografía de la Hebillas nº 8 (Fotografía: J. A. Madrid 2012; cortesía: Laboratorio de Documentación y Registro, IRP-UPV).

equipo que él mismo presentó en el Madison Square Garden de Nueva York en octubre de 1909, en el marco de la III Exhibición de la Electricidad (Figuras 11 y 12).

Las características de la obtención de la radiografía fueron de 89 kV, 20 mA, con una exposición de 3" y una distancia entre el objeto y la fuente de rayos X de 100 cm. El estudio de la radiografía de este objeto, dentro de la labor de su conservación y

restauración, brindó información detallada de su interior que será útil no sólo para su mejor comprensión sino para su mantenimiento o reparación.

#### Consideraciones finales

Tenemos trazadas las líneas de futuras investigaciones, conscientes, por un lado, de que nos queda mucho trabajo por hacer, y, por el otro, de que encaramos dos retos: el primero,



FIGURA 11. Equipo portátil de radiografías Sánchez (Fotografía: J. A. Madrid 2013; cortesía: Laboratorio de Documentación y Registro, IRP-UPV).

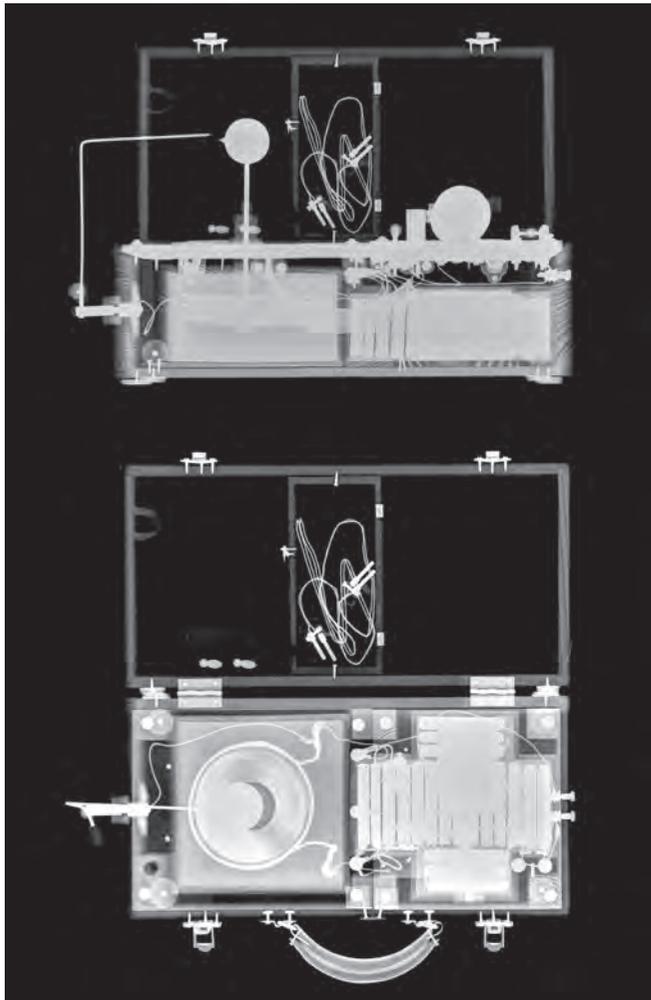


FIGURA 12. Radiografía del equipo portátil de radiografías Sánchez (Fotografía: J. A. Madrid 2013; cortesía: Laboratorio de Documentación y Registro, IRP-UPV).

mejorar gradualmente el sistema de obtención de radiografías de gran formato, ajustando poco a poco de una forma más precisa los parámetros relacionados con la obtención de la radiografía final, lo que, sin la menor duda, facilitará el logro del segundo, que es la mejora en el desarrollo de un software propio de aplicación a estas imágenes.

Gracias a este empeño, queremos seguir trabajando en esa elaboración de un vasto catálogo de estudio de piezas radiografiadas que puedan estar disponibles a través de sistemas de difusión, como es el sitio web del propio laboratorio.

## Agradecimientos

En primer lugar, agradecemos a Lilliana Giorguli Chávez, directora de la ENCRyM-INAH (México), el apoyo brindado a las jornadas que establecieron lazos de unión entre esta escuela y nuestra universidad; a Josefina Bautista, por su ilusión, sin la cual esta aventura no habría sido posible, y a Yolanda Madrid (ambas, de la ENCRyM-INAH), por su empeño y saber hacer, gracias al cual las jornadas fueron un hecho, así como a todo el profesorado de esa institución implicado en el intercambio académico entre las dos instituciones mencionadas. También damos las gracias a Pilar Roig, de la UPV (España), por todos sus desvelos para que el laboratorio sea lo que hoy es.

## Referencias

- Bosch Reig, Ignacio (ed.)  
 2001 *Real Basílica de la Virgen de los Desamparados de Valencia: restauración de los fondos pictóricos y escultóricos, 1998-2001*, Valencia, Universidad Politécnica de Valencia.
- Díaz, Tatiana  
 2013 "Propuesta metodológica en el estudio previo de los materiales féreos de la villa romana de Sant Gregori (Burriana, Castellón)", tesis de máster en conservación y restauración de bienes culturales, Valencia, Universidad Politécnica de Valencia.

- Flors, Enric (ed.)  
2010 *Torre la Sal (Ribera de Cabanes, Castellón): evolución del paisaje antropológico desde la Prehistoria hasta el Medioevo*, Castellón, Servicio de Publicaciones de la Diputación Provincial de Castellón.
- Garrido Pérez, María del Carmen  
1984 "Technique radiographique grand format applicable in-situ sur les tableaux exposés actuellement au Musée du Prado", Anon. (ed.) *Proceedings del ICOM 7<sup>th</sup> Triennial Meeting, Copenhagen*, París, ICOM: 1, 7-9.
- Gilardoni, Arturo, Marco Taccani Gilardoni, Silvia Taccani, Andrea Ascani Orsini y Luca Ascani Orsini  
1994 *X-Ray in Art*, Lecco, Gilardoni SpA.
- Madrid, José A.  
2000 *Metodología para la mejora del contraste en el análisis radiográfico aplicado a la conservación y restauración de obras de arte*, Valencia, Universidad Politécnica de Valencia.  
2006 *Aplicación de la técnica radiográfica en la conservación y restauración de bienes culturales*, Valencia, Universidad Politécnica de Valencia.  
2012a "Radiographic Analysis of Two Automata Works by the Artist Francisco Sanz and Baldoví", ponencia presentada en 2<sup>nd</sup> International Workshop Physical and Chemical Analytical Techniques in Cultural Heritage, 4-5 de junio, Lisboa, Portugal, Universidad de Lisboa.  
2012b "Aplicación de la técnica radiográfica digital en el estudio de bienes culturales. Caso de estudio de un desollado", *Revista Asociación Española de Ensayos no Destructivos*, 61:10-17.  
2013 "Use of Telemetry X-Ray Techniques in Large-size Pictorial Works", *Ge-conservación* 5:101-109.
- Madrid, José A. y Ana Ramírez  
2011 "Radiografía digital en el estudio de piezas cerámicas. Estudio e interpretación de cerámica medieval procedente del Museo Arqueológico de Burriana", en V.V. A.A. (coord.), *La arqueología de la Buriyyana islámica a la Burriana cristiana*, Castellón, Conselleria de Governació de la Generalitat Valenciana/Magnífico Ayuntamiento de Burriana: 153-172.

## Resumen

Con motivo del cumplimiento de dos decenios de trabajo del Laboratorio de Inspección Radiográfica del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio (IRP), perteneciente a la Universitat Politècnica de València (UPV), esta contribución analiza tanto la aportación documental de la técnica de la radiografía al campo de la conservación-restauración como el reto de su utilización en el contexto de la innovación tecnológica experimentada en los últimos años, específicamente en su tránsito de lo analógico tradicional a lo digital.

Con testimonios de esta evolución, a la par de la exposición que forma parte de un catálogo de estudios radiológicos sobre una diversidad de bienes culturales, se apuntan algunas consideraciones acerca del promisorio horizonte de la aplicación de esta técnica en el campo patrimonial.

## Palabras clave

rayos X; formato digital; conservación-restauración; bienes culturales; España

Título en inglés: Two Decades of Radiographic Inspection in Spain: Retrospective and Future Perspectives in a Context of Technological Change

Postulado/Submitted 16.04.2014

Aceptado/Accepted 24.07.2014

## Abstract

This contribution, written on the occasion of the fulfilment of two decades of work at the Laboratorio de Inspección Radiográfica del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio (Laboratory of Radiographic Inspection of the University of Heritage Restoration, IRP) of the Universitat Politècnica de València (Polytechnic University of Valencia, UPV), analyzes documentary input of the techniques of radiography in the field of conservation-restoration. Furthermore it studies the challenge of use of radiography in the context of technological innovation experienced in the last years, specifically during its transition from the traditional analogue format to the digital one.

With testimonies of this evolution, alongside the exhibition that forms part of a catalogue of radiologic studies on a diversity of cultural goods, some considerations are outlined on the promising future of the implementation of this technique in the field of heritage.

## Key words

X-ray; digital format; conservation-restoration; cultural property; Spain