

# Análisis de los productos de alteración y propuesta de intervención para la estatua El Mercurio de la Lonja del Comercio en la Habana

Ana Esther Cepero Acán\*

Los trabajos para la rehabilitación del edificio de la Lonja del Comercio, ubicado en uno de los ángulos privilegiados de la Plaza de San Francisco, una de las cinco más importantes del Centro Histórico de la Habana Vieja, y la segunda en antigüedad, incluían también la limpieza y conservación de la esbelta estatua del dios Mercurio, la cual descansa en lo más alto de su cúpula.

La pieza, realizada en bronce, presentaba signos evidentes de suciedad, polvo, hollín, deposiciones, así como incrustaciones y productos de corrosión de diferente coloración.

Este inmueble se encuentra en una zona de elevada contaminación, lo que indudablemente contribuyó a acelerar los procesos de corrosión.

Para hacer un diagnóstico correcto del deterioro, y a partir de esto efectuar una propuesta adecuada para su intervención, se llevó a cabo una observación visual minuciosa de la superficie de la estatua, y se realizó el análisis del metal base y de los productos de su alteración.

Se utilizó la microscopía óptica (MO), la difracción de rayos X (DRX), la espectroscopía infrarroja (IR), y la microscopía electrónica de barrido (MEB) acoplada a un microanalizador de fluorescencia de rayos X con dispersión en la energía (ADEX). Se determinaron las fases cristalinas y componentes fundamentales de los productos de corrosión. Se dieron las recomendaciones para la intervención y los mantenimientos.

*Palabras clave: rayos X, atacamita, bronce, corrosión, antlerita, conservación.*

## *ANALYSIS OF THE ALTERATION PRODUCTS AND A PROPOSAL FOR INTERVENTION ON THE 'EL MERCURIO' STATUE OF THE 'LONJA DEL COMERCIO' BUILDING IN HAVANA*

*The restoration of the Lonja del Comercio building, prominently located on a corner of Plaza de San Francisco, one of the five most important constructions of the Historic Centre of Old Havana and the second oldest, included cleaning and conservation work on the slender statue of the god Mercury, which is perched at the top of the dome.*

*The bronze statue displayed clear signs of dirt, dust, soot and deposits, as well as incrustations and corrosion products of various colourings.*

\* Dra. en Ciencias Químicas.  
Investigadora Titular del  
Centro Nacional de  
Conservación, Restauración,  
y Museología (CENCREM).

acepero@fq.uh.cu

Recibido: 15/11/2010  
Aceptado: 14/03/2011

*This building is located in a highly polluted area, which undoubtedly contributed to accelerating the corrosion processes.*

*To conduct a proper diagnosis of the deterioration, and to put forward a suitable intervention proposal on the basis of this, a meticulous visual inspection of the surface of the statue was carried out and the base metal and its alteration products were analysed.*

*The methods used were optical microscopy (OM), X-ray diffraction (XRD), infrared spectroscopy (IR) and scanning electron microscopy (SEM) coupled with energy-dispersive X-ray fluorescence (EDXRF) spectrometry.*

*The mineral phases and basic components of the corrosion products were determined. Recommendations for intervention and maintenance were proposed.*

*Key words: X-ray, atacamite, bronze, corrosion, antlerite, conservation.*

## Introducción

El edificio de la Lonja del Comercio está ubicado en la calle Lamparilla # 12, esquina a Oficios, Habana Vieja, en un ángulo privilegiado de la Plaza de San Francisco, una de las cinco más importantes del centro histórico y la segunda en antigüedad.

Se levanta entre los Muelles y la Aduana. En sus inicios tuvo cinco plantas, y su construcción se extendió desde el 26 de abril de 1907 hasta el 10 de febrero de 1909, siendo inaugurado el 23 de marzo de 1909, en cuya ceremonia estuvo presente el entonces presidente de la República de Cuba, el Mayor General José Miguel Gómez.

En su época representó una revolución en las construcciones de La Habana, por sus dimensiones, por el tiempo en que se realizó, y por la técnica utilizada en su fabricación, que fue llevada a cabo por la firma norteamericana Rody and Henderson.

En lo más alto de la cúpula del inmueble descansa Mercurio, el dios del comercio, según la mitología romana, una bella pieza elaborada con láminas de bronce. La sugestiva estatua es una magnífica copia del original hecho en el siglo XVI por uno de los grandes maestros del Renacimiento, el artista flamenco radicado en Florencia, Juan de Bolonia, discípulo aventajado y gran amigo de Miguel Ángel.

El paso del tiempo actuó sobre el edificio alterándolo por hallarse en una zona de elevada contaminación salina e industrial, provocada por su cercanía al mar, a una arteria de gran circulación como la Avenida del Puerto (Figura 1), y a una termoeléctrica, una refinería de petróleo y una fábrica de cemento, entre otras industrias. Las deposiciones de las palomas también ejercieron su acción degradante. Otro tanto ocurrió con el Mercurio.

Nueve meses y doce días duraron los trabajos de rehabilitación ejecutados a partir de un proyecto concebido por la Oficina del Historiador de la Ciudad de la Habana, al frente del cual estuvo el Profesor Doctor Arquitecto Orestes del Castillo, con estricto respeto a sus valores his-

Fig. 1. Vista del Malecón y de la Avenida del Puerto en la ciudad de La Habana.





**Izquierda.** Fig. 2. Vista del edificio de la Lonja del Comercio con Mercurio en la cúpula.

**Derecha.** Fig. 3. Toma de muestras *in situ*.



tóricos y culturales, que le devolvieron a ambos objetos de obra, todo lo majestuoso de los proyectos iniciales del arquitecto, poeta, escultor y dramaturgo español Tomás Muir, y del arquitecto cubano Pedro José Toraya.

En el presente trabajo se muestran los resultados obtenidos al analizar los productos de la degradación de la estatua del Mercurio, así como la propuesta de intervención que se elaboró sobre la base de los mismos.

### Intervenciones anteriores y estado de conservación

La estatua del Mercurio corona la cúpula del edificio de la Lonja del Comercio, que actualmente tiene siete plantas (Figura 2), el centro comercial por excelencia de La Habana colonial.

Se sabe que a principios de los años 90 fue desmontada y sometida a un proceso de limpieza para eliminar los productos de corrosión, aplicándose finalmente un recubrimiento protector del tipo *clear*; sin embargo, al cabo de los 5-6 años aparecieron nuevamente los signos de la corrosión.

Fig. 4. Vía de acceso a la cúpula del edificio.



En esta oportunidad, en el año 1995, a fin de comprobar exactamente el estado de conservación de la estatua, se realizó una visita al lugar y se llegó hasta la misma cúpula, a fin de observar en detalle todos los problemas, y para llevar a cabo la toma de muestras (Figuras 3 y 4).

La altura del Mercurio es de 4,5 metros aproximadamente, y éste se encuentra a su vez sobre una esfera de 1,5 metros de diámetro.

No se trata de una estatua maciza; por el contrario, es una pieza hueca, construida con gruesas chapas de bronce que se van armando con juntas fijadas por enormes remaches del mismo metal (Figura 5), o por gruesos puntos de soldadura (Figura 6). No obstante, se observan también, en determinadas zonas, otros remaches cubiertos de productos

de corrosión de color amarillo-naranja y rojo-marrón, lo que indica que, en algún momento, varios remaches originales fueron sustituidos por otros de hierro (Figura 7).

La pieza estaba cubierta de polvo, de hollín, y de gruesas capas de incrustaciones, de diversa coloración, en la que predominaban el verde-azuloso, el negro, y el rojo, aunque el verde-azuloso era el mayoritario.

En algunos lugares la capa negra es la más externa, por lo que no debe corresponder al óxido de cobre tenorita ( $\text{CuO}$ ), que normalmente, en el caso de los bronce colocados a la intemperie, se encuentra más cercana a la superficie, sobre la capa de cuprita ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), sino que debe tratarse de hollín, mezclado con alguno de los otros productos de corrosión que se forman en estas condiciones (cloruros, carbonatos, y sulfatos básicos de cobre).

En la pierna de sostén se detectó una abertura (Figura 8), a través de la cual se observó la presencia de una estructura de hormigón (cemento), cuya función pudo haber sido ayudar a la estabilidad de la estatua (Figura 9).

Se comprobó también que a todo lo largo de la pieza, en su interior, se encuentra un armazón de hierro, que ya presenta evidentes signos de corrosión (Figura 10), provocada por la filtración del agua de lluvia y de la humedad a través de las rajaduras que se encuentran sobre la superficie.

## Investigaciones realizadas

Se tomaron muestras in situ de los productos de corrosión y las incrustaciones para analizarlas por difracción de rayos X (DRX), espectroscopia infrarroja (IR), y microscopía electrónica de

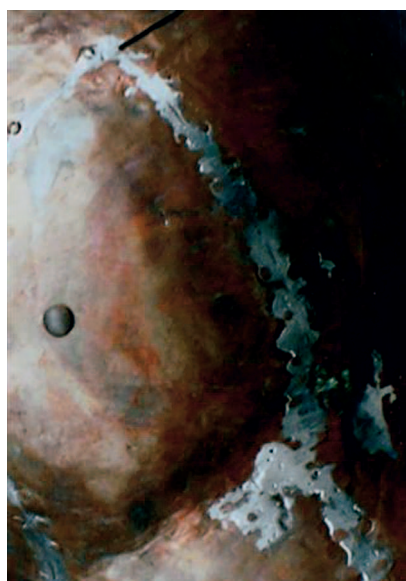


Fig. 5. Unión de las placas de bronce con remaches de la misma aleación.

**Izquierda.** Fig. 6. Unión de las placas de bronce con soldaduras.

**Centro.** Fig. 7. Remaches de hierro que sustituyeron a los originales de bronce.

**Derecha.** Fig. 8. Abertura en la pierna de sostén de la estatua del Mercurio.



**Izquierda.** Fig. 9. Presencia de hormigón en el interior de la estatua.

**Derecha.** Fig. 10. Armazón de hierro en el interior de la estatua con signos de corrosión.



barrido (MEB) acoplada a un microanalizador por fluorescencia de rayos X con dispersión de la energía (ADEX).

También se preparó una estratigrafía de los productos de corrosión superficiales, que se observó por microscopía óptica (MO), para determinar el grosor aproximado de las diferentes capas.

### Equipos y condiciones de trabajo

- Espectroscopia Infrarroja: Espectrofotómetro IR-80 (Carl Zeiss).  
Se utilizó la técnica de la tableta de bromuro de potasio (KBr espectroscópico); y los espectros se registraron desde  $200\text{ cm}^{-1}$  hasta  $4000\text{ cm}^{-1}$ .
- Difracción de rayos X: Difractómetro PHILIPS.  
Los difractogramas se obtuvieron a 35 kV y 25 A; el tiempo de exposición fue de 35 minutos; con detector proporcional; por el método goniométrico.
- Microscopía electrónica de barrido: Microscopio JSM T-200 de la JEOL.  
Portamuestras de carbono; recubrimiento de carbono; distancia de trabajo 20 mm; voltaje de aceleración 25 kV; filamento de tungsteno.
- Microanálisis por fluorescencia de rayos X con dispersión de energía: Microanalizador LINK AN 10000.  
Detector Li/Si; tiempo de adquisición 40 segundos.
- Análisis estratigráfico: Microscopio LEITZ METALUX.  
Las observaciones se hicieron a 125x y 250x

### Resultados de los análisis

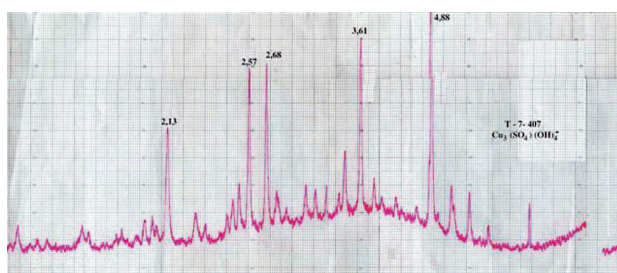
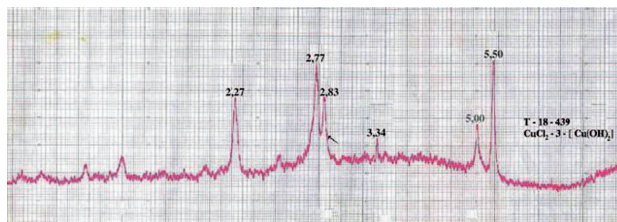
Se analizaron indistintamente tres polvos: de color negro, rojo-marrón, y verde-azuloso.

## Difracción de rayos X

En los difractogramas que se obtuvieron con el polvo de color verde-azuloso (Figura 11) y el de color negro más externo (Figura 12) aparecieron predominantemente las fases cristalinas correspondientes a:

- Cloruro básico de cobre (II):  $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$ , de acuerdo a  $T = 18 - 439$  (polvo negro).
- Sulfato básico de cobre (II):  $\text{Cu}_3(\text{SO}_4)(\text{OH})_4$ , según  $T = 7 - 407$  (polvo verde-azuloso).

En el caso del cloruro básico, la aparente coloración negra debió estar provocada por su contaminación con el polvo y el hollín presentes en la zona.



## Microscopía electrónica de barrido/microanálisis por fluorescencia de rayos X por dispersión de energía

En el espectro del polvo rojo-marrón (Figura 13) aparecen las señales correspondientes al cobre (Cu), lo que indica que debe tratarse de una mezcla de los óxidos de cobre, cuprita ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) y tenorita ( $\text{CuO}$ ).

En el polvo negro (Figura 14) se observan las señales del cloro (Cl) y del cobre (Cu), lo que coincide con lo encontrado en la difracción de rayos X, y corrobora que se trata del cloruro básico de cobre, cuya coloración verde está enmascarada por la contaminación con el polvo y el hollín presentes.

Las señales del azufre (S), y del cobre (Cu) que se encontraron en el caso del polvo verde azuloso (Figura 15), unido a los resultados de la difracción de rayos X, ponen de manifiesto que estamos en presencia fundamentalmente del sulfato básico de cobre.

## Espectroscopia Infrarroja

Las bandas principales (Figuras 16 y 17) aparecen a 340, 405, 440, 450, 470, 510, 520, 600, 620, 750, 800, 860, 890, 900, 920, 960, 1000, 1080, 1120, 1160, 1640, 2920, 3360, 3440  $\text{cm}^{-1}$ , que pueden ser asignadas a:

- $\text{Cu}_3(\text{SO}_4)(\text{OH})_4$  sulfato básico de cobre.
- $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$  cloruro básico de cobre.
- $\text{CuO}$  óxido de cobre (II), tenorita.
- $\text{Cu}_2\text{O}$  óxido de cobre (I), cuprita.
- $\text{CuCl}$  cloruro de cobre (I).
- $\text{CuClOH}$  cloruro básico de cobre (I).

También aparecen, en los dos espectros, el correspondiente al polvo negro y el correspondiente al polvo verde-azuloso, la banda del agua a los 1660-1800  $\text{cm}^{-1}$ .

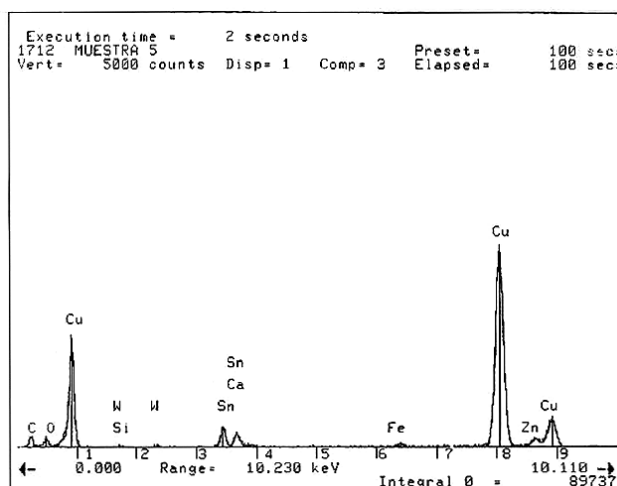
## Análisis estratigráfico

A pesar del tiempo en que se estuvo desarrollando el proceso de corrosión, y que pudo provocar la penetración de

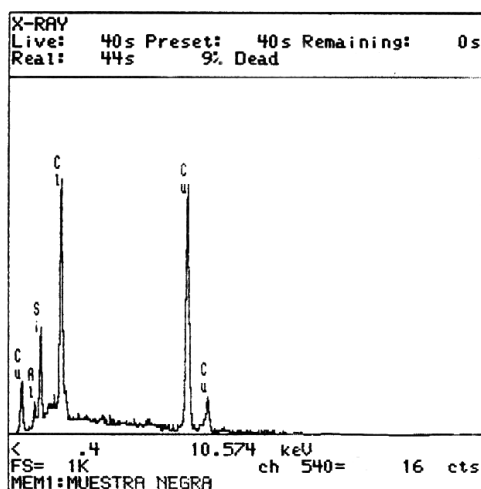
**Arriba.** Fig. 11. Difractograma del polvo verde-azuloso.

**Abajo.** Fig. 12. Difractograma del polvo de color negro más externo.

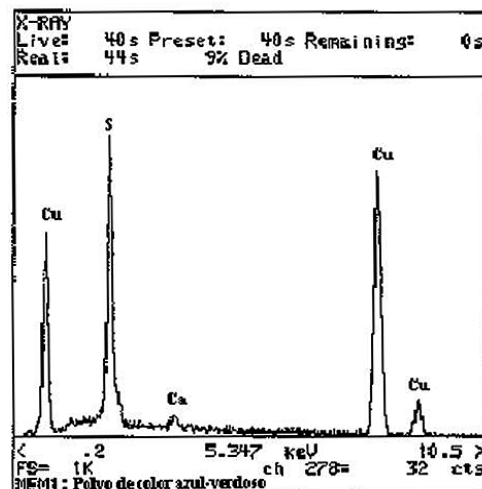
Fig. 13. Espectro ADEX del polvo rojo marrón oscuro.



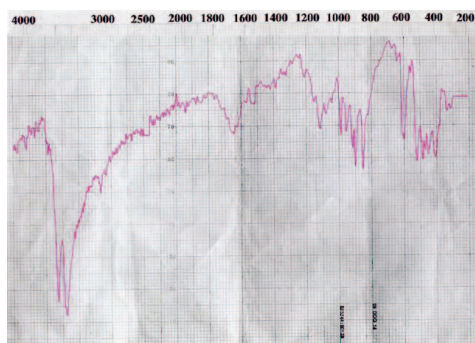
Izquierda. Fig. 14. Espectro ADEX del polvo negro.



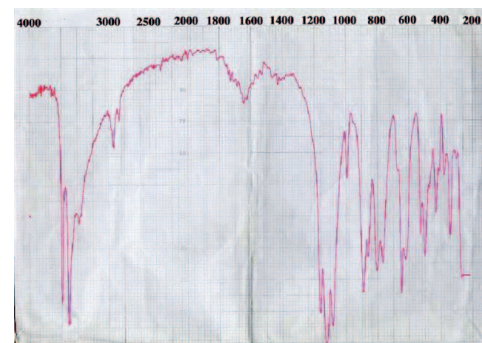
Derecha. Fig. 15. Espectro ADEX del polvo verde-azuloso.



Izquierda. Fig. 16. Espectro IR del polvo verde azuloso.



Derecha. Fig. 17. Espectro IR del polvo negro.



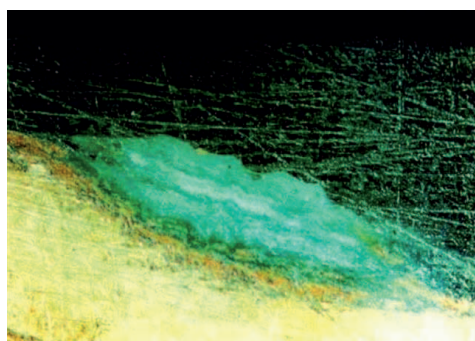
unas capas en otras, sobre la superficie del bronce se pudieron observar, con un nivel bastante aceptable de definición, tres estratos dispuestos en el siguiente orden a partir del metal base (Figura 18):

1. Capa de color rojo-marrón, correspondiente al óxido de cobre (I), cuprita.
2. Capa de color negro, correspondiente al óxido de cobre (II), tenorita.
3. Capa de color verde-azuloso, correspondiente al cloruro y al sulfato básico de cobre.

Se logró determinar el espesor aproximado de las mismas:

- Estrato rojo + negro: 32,4 micrómetros ( $\mu\text{m}$ )
- Estrato verde-azuloso: 16,5 micrómetros ( $\mu\text{m}$ )

Fig. 18. Estratigrafía de una partícula desprendida de la superficie metálica.

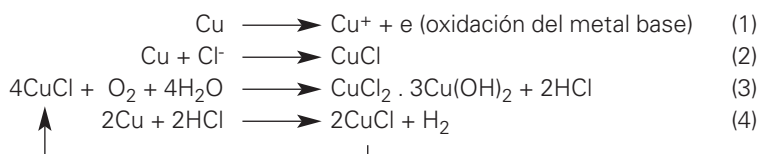


## Diagnóstico del deterioro

La presencia de sales, específicamente de los iones cloruro, presentes en la zona, unido a los valores de temperatura y humedad relativa promedios propios de la República de Cuba, 25,5°C y 75% respectivamente, son los responsables de que se haya producido un fenómeno conocido como «enfermedad del bronce», que no es más que la aparición de puntos de color verde azuloso

sobre la superficie metálica, que van creciendo en diámetro hasta llegar a cubrirla totalmente, otorgándole un aspecto desagradable desde el punto de vista estético y poniendo en peligro su integridad física.

Este es un proceso catalítico que se puede representar esquemáticamente de la siguiente forma:



Lo primero que ocurre es la oxidación del metal base para formar los iones de cobre (Cu<sup>+</sup>)(1). Estos iones, como resultado de la contaminación del medio con cloruros, son capaces de reaccionar, dando lugar al cloruro de cobre (CuCl) (2), compuesto inestable que, en presencia del oxígeno y de la humedad del aire, se transforma en el cloruro básico CuCl<sub>2</sub> · 3Cu(OH)<sub>2</sub> (3), produciéndose a la vez un ácido fuerte (ácido clorhídrico, HCl), que creará unas condiciones en las cuales el cobre volverá a reaccionar (4), y cerrándose un ciclo entre las reacciones (3) y (4), que continuará hasta que se haya consumido todo el metal base.

Para detener este proceso de deterioro es necesario hacer desaparecer totalmente el compuesto inestable CuCl, así como el cloruro básico CuCl<sub>2</sub> · 3Cu(OH)<sub>2</sub>, producto de su transformación.

Otros compuestos como los sulfatos básicos, que no tienen características protectoras, también pondrán en riesgo la estabilidad de la estatua.

De ahí que durante el proceso de intervención sea necesario incluir un paso de desalinización, en el que los mismos sean eliminados convenientemente.

## Propuesta de intervención

1. Resane de la pierna de sostén que presenta la rajadura; estabilización de la barra interior de hierro oxidada con un convertidor de óxidos; unión de la rajadura mediante una pasta metálica (resina epoxy con polvos o pigmentos metálicos). También puede considerarse la sustitución de la barra de hierro por otra de acero inoxidable.
2. Sustitución de todos los remaches y pernos de hierro por otros de bronce.
3. Limpieza de toda la suciedad depositada sobre la superficie con un cepillo de cerdas plásticas, detergente no iónico, alcohol y acetona (en ese orden).
4. Aplicación de compresas embebidas en una solución 4 A (amoníaco-alcohol-acetona-agua en iguales proporciones), y posterior cepillado o frotado con una esponja plástica hasta la completa eliminación de todos los productos de corrosión.
5. Enjuague con abundante agua corriente.
6. Desalinización a través de enjuagues con una solución de sesquicarbonato de sodio al 4% hasta comprobar una concentración de 50-100 ppm de iones cloruro o una conductividad de 10mS en las aguas de lavado.
7. Enjuague.
8. Secado.
9. Aplicación, con brocha, de una solución acuosa de benzotriazol al 4%, como inhibidor de corrosión.
10. Secado.
11. Patinado artificial, en caliente, con una solución de nitrato de cobre (II) al 10%.



12. Aplicación, con calentamiento de la superficie, usando una brocha de cerdas suaves, de un recubrimiento protector de cera de abejas/cera microcristalina, disuelto en xileno o aguarrás.
13. Secado durante 24 horas.
14. Cepillado con un cepillo de cerdas suaves, o frotado con un paño seco.

## Conclusiones

1. La corrosión que presentaba el Mercurio de la Lonja del Comercio de la Habana es del tipo la «enfermedad del bronce», provocada por la elevada contaminación de la zona, en específico por la presencia de los iones cloruros.
2. Los principales productos de corrosión encontrados fueron los óxidos cuprita y tenorita, el cloruro básico atacamita y el sulfato básico antlerita.
3. La propuesta de intervención incluye la limpieza mecánica de la suciedad superficial, la eliminación de los productos de corrosión con un tratamiento químico, la desalinización mediante un proceso de lavado, la aplicación de un inhibidor de la corrosión del bronce, la realización de un patinado artificial en caliente y por último la colocación de un recubrimiento protector.

## Recomendaciones para el mantenimiento

Dada la agresividad de la zona en que se encuentra ubicado el edificio, se recomienda una revisión del Mercurio, no menos de una vez cada dos-tres años.

## Anotaciones finales

Lamentablemente, los fuertes vientos que azotaron la Habana, provocados por el huracán Irene, en el año 2000, derrumbaron al Mercurio, y lo tiraron al piso de la terraza, creándole graves y considerables daños.

Pero del suelo, después de un nuevo, delicado y paciente proceso de restauración, fue alzado otra vez hasta el pináculo de la cúpula de la Lonja del Comercio, su puesto de siempre, para el disfrute de los habaneros y de todos los visitantes que a diario pasan por la bella Plaza de San Francisco.

## Bibliografía

- BERNARDI, E., CHIARI, C., LENZA, B., MARTÍN, C., MORSELLI, L., OSPITALI, F. y ROBBIOLO, L. (2009): «The atmospheric corrosion of quaternary bronzes». *Corrosion Science*, 51. 159-170.
- BIANCHI, C. (2001): «La Lonja». *Periódico Juventud Rebelde*, La Habana. ISSN: 0864-1412. [www.juventudrebelde.cu](http://www.juventudrebelde.cu).
- GIANGRANDE, C. (1987): «Identification of bronze corrosion products by infrared spectroscopy». En J. Black. (Comp.), *Recent advances in the conservation and analysis of artifacts* (135-147). London. Institute of Archaeology. Jubilee Conservation Conference.
- GRAEDEL, T.E. (1987): «Copper patinas formed in the atmosphere II.» *Corrosion Science*, 27. 721-40.
- GRAEDEL, T.E. (1987): Copper patinas formed in the atmosphere III. *Corrosion Science*, 27. 741-69.
- HERNÁNDEZ, L. (2001): «La mayor veleta de Cuba». *Periódico Juventud Rebelde*, La Habana. ISSN: 0864-1412. [www.juventudrebelde.cu](http://www.juventudrebelde.cu)
- MACLEOD, I.D. (1991): «Identification of corrosion products of nonferrous metal artifacts recovered from shipwrecks.» *Studies in Conservation*, 36. 222-234.
- MARABELLI, M. (1987): «Characterization and conservation problems of outdoor metallic monuments». En ICCROM (Ed.), *Symposium Conservation of Metal Statuary and Architectural Decoration in Open-air Exposure* (209-213). Rome.

NAUDÉ, V.N. y WHARTON, G. (1993): *Guide to the maintenance of outdoor sculpture*. Washington D.C. American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (AIC).

NASSAU, K., GALLAGHER, P.K., MILLER, T.E. y GRAEDEL, T.E. (1987): *The characterization of*

*patina componentes by X-ray diffraction and gas evolved analysis*. *Corrosion Science*, 27. 669.

STAMBOLOV, T. (1985): *The corrosion and conservation of metallic antiquities and works of art*. Amsterdam. CI Publication Central Research Laboratory for Objects of Art and Science.