CULTURA
SECRETARÍA DE CULTURA

INAH

Proyecto de conservación y restauración de la escultura ecuestre de Carlos IV y su pedestal

INFORME

Titular de Secretaría de Cultura
María Cristina García Cepeda

Dirección General del INAH
Diego Prieto Hernández

Titulares de proyecto
Liliana Giorguli Chávez CNCPC-INAH
Arturo Balandrano Campos CNMH-INAH

Junio, 2017

Directorio

SECRETARÍA DE CULTURA

María Cristina García Cepeda
Secretaria de Cultura

INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA
Diego Prieto Hernández
Director General

Aída Castilleja González
Secretaria Técnica

Maribel Núñez Mora Fernández
Secretaria Administrativa

María Liliana Giorguli Chávez
Coordinadora Nacional de
Conservación del Patrimonio Cultural

Irlanda S. Fragoso Calderas
Directora de Conservación e
Investigación

Dirección de Educación Social para la Conservación
Thalía Edith Velasco Castelán

Lucía de la Parra de la Lama
Encargada del Área de Conservación
de Patrimonio Histórico In Situ

Arturo Balandrano Campos
Coordinador Nacional de
Monumentos Históricos

Valeria Valero Pie
Directora de Apoyo Técnico

Antonio Mondragón Lugo
Subdirector de Supervisión de
Proyectos y Obras Externas

Participantes

Coordinación Operativa del Proyecto
M en C. Jannen Contreras Vargas
ENCRyM-INAH

Apoyo Logístico
Rest. Diego Arturo Jáuregui González
CNCPC-INAH

Restauración escultura
Coordinación
M en C. Jannen Contreras Vargas
ENCRyM-INAH

Restauradores
Rest. Diana Patricia Ruiz Portilla
Rest. José Ezequiel Romero Chávez
Rest. David Vega García
Rest. César Téllez Castro
Rest. Ilse Marcela López Arriaga
Rest. Adrián Pérez Ballesteros
Mtra. Magdalena Rojas Vences
Rest. Octavio Torres Sánchez
CNCPC-INAH

Restauración recubrimiento pétreo
Coordinación
Mtro. Juan Manuel Roca Reyes
CNCPC-INAH

Restauradores
Rest. Arcadio Marín Marín
Lic. Jesús Iván Gómez Murillo
Rest. Sulema Sánchez Cantú
Mtra. Tania Estrada Valadez
Lic. Patricia De la Garza Cabrera
Rest. Ana Dalila Terrazas Santillán
CNCPC-INAH

Apoyo Técnico
Ascención Muñoz Vázquez
Fernando Santamaría
Edwin Leonardo Soto
CNCPC-INAH

Apoyo químico en restauración de escultura y recubrimiento pétreo
Javier Vázquez Negrete
ENCRyM-INAH

Restauración Núcleo del Pedestal
Coordinación
Arq. Mariana López Mendoza
Mtra. Valeria Valero Pie
Mtro. Antonio Mondragón Lugo
CNMH-INAH

Residente de obra
Mtra. Silvia Ibáñez Bravo
CNCPC-INAH

Supervisión
Arq. Alfonso López Heredia
Arq. Saúl Mendo Muñoz
CNMH-INAH

Registro y documentación
Coordinación
Arq. Verónica Alejandra Romero Salinas
CNCPC-INAH

Arquitectos
Arq. Christian Alberto Chávez González
Arq. Claudia Ivette Jiménez Hernández
P. en Arq. David Zavala Cardiel
P. en Arq. Yasia Dinorah Peláez Geiger
CNCPC-INAH

Servicio Social
P. en Arq. Jocelyn Rubí Figueroa Nava
P. en Arq. César Eduardo Mejía Badillo
P. en Arq. Adriana Hernández López

Contratista
Espacios Arquitecto
Mtro. David Vázquez García

Residentes de obra
Mtro. Pablo Marfan Cabezas
Lic. Isis de las Nieves Juárez

Apoyo técnico
Eusebio Avilés Martínez
Ricardo Valdez Sánchez
Orlando Ezquivel González
Mario Ezquivel González
Aaron Godínez Felipe
Post producción video
David Isaac Quesada

Canteros
José Manuel Buendía Buendía
Ismael Rojas Alvarado
Hugo Ricardo Avalos Chavarría
Loreto Buendía Alfaro

Administración CNCPC
Subdirección Administrativa CNCPC
Jesica Vera Tamayo

Enlace Administrativo a proyecto
José Ángel Mojica Sosa
CNCPC-INAH

Apoyo Logístico a proyecto
Irlanda Lemoine Rodríguez
Juan Francisco López Ortiz
CNCPC-INAH

Área de Recursos Financieros
Dieter Ramírez Rubiera
CNCPC-INAH

Apoyo técnico general
Víctor Edgar Ponce Trejo
Guillermo Rafael Saldívar

Seguridad
Abel Carmona Cervantes
Alberto Oviedo Rosas
Rafael Lazcano Uribe

Registro fotográfico
Francisco Armando Kochen Beristaín
David Reyes González

Diseño y comunicación visual
L.D Mónica Paulina Badillo Leal
CNCPC-INAH

Apoyo restauración escultura
Seminario Taller de Restauración de Metales
ENCRyM-INAH

Profesoras
Mtra. Gabriela Peñuelas Guerrero
Mtra. Ingrid K. Jiménez Cosme
Estudiantes
Nayely Alonso Dominguez
Yamile Fernanda Contreras Garcia
Joel Hernandez Santos
Paola Limon Civera
Jaime Mejia Montaño
Juan Pablo Morales Sanchez
Rocio Mota Muñoz
Lourdes Ivette Navarrete Rodriguez Quiroz
Badillo Maria Fernanda
Reyes Rodriguez Luis Eduardo
Vivas Moreno Ana Elena

Restauración Placa de bronce
Joel Hernández Santos
Jaime Mejía Montaño
Luis Eduardo Reyes Rodríguez
ENCRyM-INAH

Colorimetría
Dr. Orlando Martínez Zapata
Quim. Karen Monserrat Ceballos Guzmán
P. en Quim. Alma Jimena Salcido Santacruz
ENCRyM-INAH

Escaneo láser 3D y fotogrametría, Laboratorio de Imagen y Análisis Dimensional, CNMH-INAH
Lic. Ángel Mora Flores
Arq. Juan Carlos García Villarruel
P. en Arq. Adriana E. Gómez Carrasco
P. en Arq. Alejandra Sinaí López Durand
P. en Arq. Carlos H. Rojas Paniagua
P. Top. Jorge Luis Alcalá Rosas
P. en Arq. Marisela González Quiroz
(fotogrametría)
CNMH-INAH

Metalografía y tratamiento de sales de cloruro
LCQ. Ángel E. García Abajo
ENCRyM-INAH

Investigación histórica
Mtro Enrique Esqueda Blas
CNCPC-INAH

Mtra. Eloisa Uribe Hernández
INAH

Mtro. Salvador Rueda Smithers
Museo Nacional de Historia

Instituto de Ingeniería, UNAM
Dr. Roberto Meli Piralla
Dr. Abraham Roberto Sánchez Ramírez
Arq. Sandra Luz Gutiérrez Feria
Arq. Navani Nayeli Cadena Martínez
Arq. Felipe de Jesús Martínez Vázquez
Ing. Perfecto Cigarro Salvador

Departamento de Ingeniería Metalúrgica Facultad de Química UNAM
Dr. Francisco Javier Rodríguez Gómez
M en C. Paola Roncagliolo Barrera
M. en C. José Fernando Flores Álvarez

Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC)

Coordinador LANCIC
Dr. José Luis Ruvalcaba Sil

Dr. Edgar Casanova González
Dr. Pieterjan Claes
C. Karim López Guzmán
Ing. Francisco Jaimes Beristaín
Dr. Alejandro Mitrani Viggiano
M. en C. Mayra Manrique Ortega
M. en C. María Angélica García Bucio.
M. en C. Valentina Aguilar Melo
M. en C. Miguel Ángel Maynez Rojas.
M. en C. Alma Angelina Delgado Robles.
M. en C. Malinalli Wong Rueda
Quím. Griselda Pérez Ireta,
Fís. Xareni Galindo Hernández,
Pas. Isaac Rangel Chávez
LANCIC-IF UNAM

M. en C. Jaqueline Cañetas Ortega
Lic. Dulce María Aguilar Téllez
IF UNAM

Dr. Tezozomoc Pérez López
M. en C. Yolanda Espinosa Morales,
LANCIC- CICORR, UAC

Percepción social del monumento
Soc. Lucero Chávez Pérez
Dr. Ciro Caraballo Perichi
Macedonio Corona Pérez
Rubén Barceinas Herrera

Apoyo producción de materiales de limpieza
Tec. Q. Luz Esperanza López Meneses
Quim. Ignacio Castillo González

Recubrimientos Escultura
El Nervión Pinturas
Director General
Hilario Ibarrola Álvarez

Gerente técnico
Alfonso Enriquez Rivera

Analista de Ingeniería y Diseño
Marisol Martínez Maldonado

Aplicadores
Bruno Adrián Larios Gutiérrez
José Alfredo Santos Piña
Israel Montañez Alva

Entonado y apoyo general
Geovannie Limas Martínez
Rey Eduardo Hernández Piña

Elaboración y colocación de reposiciones de la escultura
Adriana Vega Carrillo
Ernesto Contreras Ballesteros
Isaías Domínguez García

Consultores
Rest. Jaime Cama Villafranca
ENCRyM-INAH

M. en C. Diana Elizabeth Arano Recio
CINAH Campeche

M. en C. Rocío Carolusa González Tirado
CINAH Guanajuato

M. en C. María del Pilar Tapia López
ENCRyM-INAH

Asesores durante la etapa de diagnóstico
Dra. Nora Ariadna Pérez Castellanos
Ing. Luis Abel Jiménez Galindo
CNCPC- INAH

Jorge Luis González Velázquez
GAID-IPN

Participantes durante la etapa de diagnóstico

Recubrimiento pétreo
Rest Emmanuel Lara Barrera
Lic. Ana Jose Ruigómez Correa
CNCPC- INAH

Servicio Social
Gibran Armando Cano Gama
José Luis Razo Torres
Omar Martín Sánchez de Paz

Consultores

Consultores nacionales
Rest. Jaime Cama Villafranca
ENCRyM-INAH

M. en C. Diana Elizabeth Arano Recio
CINAH Campeche

M. en C. Rocío Carolusa González Tirado
CINAH Guanajuato

Lic. Rosa Martha Ramírez Fernández del Castillo
CINAH-San Luis Potosí

Lic. Montserrat Gómez Sepúlveda
Mtra. Mariana Sainz Navarro
ECRO

Lic. Ana Laura Camacho Puebla
Museo de las Artes de la Universidad de Guadalajara

M. en C. María del Pilar Tapia López
Mtra. Fanny Unikel Santoncini
Lic. Yolanda P. Madrid Alanís
ENCRyM-INAH

Consultores internacionales
Mtra Claudia Chemello
Coordinadora del Grupo de Trabajo de Metal, ICOM- CC

Dr. Regis Bertholon,
Haute Ecole Arc Conservation-Restauration, Neuchatel, Suiza.

Dr. Emilio Cano Díaz
Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, España

Dr. Joaquín Barrio Martin
Universidad Autónoma de Madrid

Mtra. Soledad Díaz Martínez
Instituto del Patrimonio Cultural de España, IPCE.

Contenido

1. Antecedentes 6

2. Planteamiento del Proyecto de Diagnóstico, Conservación y Restauración 7

3. ETAPA 1. Diagnóstico 8

3.1 Actividades realizadas y resultados obtenidos 9

3.1.1 Análisis y utilidad 10

3.2 Deterioros 20

3.3 Criterios de intervención 22

4. ETAPA 2: Ejecución del proyecto de restauración 23

4.1 Tratamientos realizados 25

Procesos realizados a la estructura del pedestal 25

4.1.2. Procesos realizados al recubrimiento pétreo 39

4.1.3 Procesos realizados a la escultura 45

4.1.4 Procesos realizados a la placa de bronce 64

4.1.5 Procesos generales 65

5. Financiamiento 66

6. Conclusiones 67

7. Fuentes consultadas 68

1. Antecedentes

En 2013 el gobierno de la Ciudad de México contrató a un particular para llevar a cabo un servicio de rehabilitación del monumento ecuestre de Carlos IV, mediante el proyecto "Servicio para la restauración y rehabilitación del monumento ecuestre de Carlos IV de España, conocido como el Caballito, limpieza y mantenimiento de la escultura ecuestre, incluye pedestal". Los trabajos dieron inicio el 18 de septiembre de 2013, sin contar con la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y fueron desarrollados de forma tal que generaron daños severos en la escultura y el pedestal; por lo que "El Instituto" suspendió las actividades apenas un día después al verificar que estas acciones tenían lugar.

El 25 de septiembre de 2013 una comisión conformada por restauradores y arquitectos restauradores adscritos a la ENCRyM, CNCPC y CNMH del INAH realizó una visita de inspección al monumento "El Caballito"; y el 7 de octubre de 2013 se emitió un dictamen en el que se señaló que la intervención realizada fue inadecuada y ocasionó serios daños en la escultura y el pedestal.

Condición de "El Caballito" días después de la intervención del 2013.

A raíz de lo anterior, a partir de octubre de ese mismo año, el Fideicomiso Centro Histórico (FCH) se dio a la

tarea de reunir un equipo de trabajo para producir el "Proyecto de Investigación Científica para la Conservación y Restauración de la Escultura Ecuestre de Carlos IV y su pedestal". El objetivo de este proyecto fue diagnosticar los daños generados por la intervención de 2013, en vías de realizar la restauración del monumento. Este equipo obtuvo la licencia del INAH en abril de 2014.para realizar esta investigación.

En abril de 2015 el Fideicomiso Centro Histórico entregó el documento "Diagnóstico general del estado que guarda la Escultura Ecuestre de Carlos IV, el Caballito y su pedestal". Sin embargo, esta investigación aún debía ser complementada para constituir un proyecto de conservación y restauración integral.

Para resolver este problema, y con el fin de definir y concretar las acciones encaminadas a la restauración del monumento, en octubre de 2015 la Secretaría de Cultura (entonces CONACULTA), el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), y el Fideicomiso Centro Histórico (FCH) firmaron un convenio de colaboración. En dicho convenio y su adenda de mayo de 2016, las entidades involucradas determinaron que el INAH sería la institución encargada de la conservación y restauración del monumento, y que contaría con el financiamiento del gobierno de la Ciudad de México a través del Fideicomiso Centro Histórico.

2. Planteamiento del Proyecto de Diagnóstico, Conservación y Restauración

En mayo de 2016 el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) atrajo el caso e inició el proyecto de "Diagnóstico e intervención, para la restauración y conservación de la estatua ecuestre de Carlos IV de Manuel Tolsá".

"El Caballito" en 2016 tras los daños producidos por la intervención del 2013.

El objetivo general del proyecto fue: restaurar y conservar el monumento de manera integral mediante la recuperación de su estabilidad material y unidad, para prolongar el uso y disfrute de la misma por parte de la sociedad.

Para abordar la problemática del monumento mediante una metodología adecuada, el proyecto se dividió en dos etapas:

- 1era etapa: Encaminada al desarrollo de investigación histórica y la realización de los estudios necesarios para lograr un diagnóstico integral del monumento, y generar el proyecto ejecutivo de conservación-restauración.
- 2da etapa: En la que se ejecutaron los trabajos de restauración y conservación.

En todo momento se buscó que las labores se desarrollaran de manera interdisciplinaria, interinstitucional, y colegiada, a través de la articulación del INAH, sus diferentes instancias y especialistas.

Los especialistas del Instituto Nacional de Antropología e Historia que han participado en el proyecto de restauración forman parte de:

- la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC)
- la Coordinación Nacional de Monumentos Históricos (CNMH) y
- la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRyM)

También se ha contado con la colaboración de instituciones como:

- la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y
- La Universidad Autónoma Metropolitana (UAM).

3. ETAPA 1. Diagnóstico

Mayo a octubre del 2016

La etapa 1 tuvo por objetivo generar el proyecto de intervención integral del monumento a partir de un diagnóstico que permita el entendimiento cabal de la obra y su problemática. Esto requirió de realizar los

estudios y análisis necesarios para identificar y entender los materiales y técnicas empleados para la creación del monumento, para producir un diagnóstico integral que permitiera entender los deterioros presentes, a partir de ello se establecieron los criterios y lineamientos de intervención, y la propuesta de los tratamientos más adecuados para recuperar la estabilidad material y la lectura del monumento, considerando la perspectiva de la sociedad y sus valores atribuidos.

3.1 Actividades realizadas y resultados obtenidos

Las labores directas sobre el monumento dieron inicio el 1 de julio de 2016, al contar ya con plan de acción y equipo de especialistas, y una vez que se adecuó el espacio de trabajo, incluyendo la instalación del andamio que permitiera seguridad tanto para el monumento como para el personal durante sus labores.

Andamio y tapial perimetral instalados en la Plaza Tolsá para el desarrollo del proyecto.

La inadecuada intervención de 2013 constituyó un error lamentable porque eliminó material e información importante e impidió que la sociedad pudiera gozar de su monumento, pero también generó la posibilidad de realizar un verdadero trabajo de restauración. Restaurar implica entender al bien que se va a restaurar, pues aun sólo reponer un material faltante requiere saber la composición, ubicación, extensión y función de aquello que falta, y todo esto sólo se puede saber mediante análisis.

El equipo del INAH realizó y encabezó una serie de procedimientos analíticos para complementar el diagnóstico, y así obtener conocimiento profundo de los materiales, técnicas de factura y constructivas de la escultura y el pedestal, así como de los daños en el monumento, considerando los resultados de los estudios hechos previamente por el Comité Científico organizado por el FCH.

Para la estructura del pedestal la investigación se enfocó en identificar su diseño (geometría y dimensiones) además de detalles constructivos. En esta primera etapa se obtuvo información que permitió un mayor conocimiento de la estructura y subestructura del pedestal, aunque para mas amplia y concisa información se requería de una intervención mayor en el monumento, la cual se daría durante la siguiente fase.

Durante esta primera etapa también se dio inicio a una investigación histórica y de los aspectos sociales del monumento, y se condujo una documentación sistemática de las características, labores, análisis y hallazgos a través de registros gráficos: levantamientos, planos y esquemas, y fotográficos, así mismo se realizó un registro del monumento mediante técnicas para lograr modelos digitales tridimensionales: Escaneo Láser 3D y fotogrametría digital, permitiendo su análisis geométrico, mediciones y una representación gráfica de alta precisión.

3.1.1 Análisis y utilidad

En el pedestal –núcleo y recubrimiento pétreo– los trabajos que se realizaron fueron:

- Espectrometría Infrarroja por transformada de Fourier (FTIR): permitió identificar materiales orgánicos procedentes de intervenciones previas.
- Análisis de documentos gráficos y escritos: constata que el nuevo pedestal respeta la composición arquitectónica de Lorenzo de la Hidalga, no así la altura, ni el despiece de los sillares. Asimismo, se obtiene un esquema de las intervenciones realizadas en el pedestal, anteriores a 1979, entre las que destaca la realizada entre los años 1972-1979, en la que se integraron nuevos sillares de piedra. De manera preliminar se identificaron los elementos estructurales que configuran el nuevo pedestal.

Vista cara oriente del monumento en 1962 en glorieta de Bucareli. Imagen tomada de "Escultura Ecuestre de México".

Vista cara oriente en Plaza Tolsá, durante el proceso de construcción. Imagen tomada de CARLOS_IV_CABALLITO_DF, E.XI-B-71. Fototeca CNCPC© INAH, 1979.

- Planteamiento hipotético del sistema constructivo del pedestal y su cimentación: núcleo (prisma rectangular hueco) de concreto reforzado con muros de 30 cm de espesor y sillares de piedra andesita colocados a hueso, con un espesor de entre 20 y 55 cm. Entre estos dos elementos se

colocó un entramado (60 cm x 60 cm) de varillas de acero y un relleno de concreto para unir núcleo y piedra. En cuanto a la cimentación, se determinó que consistía en un cajón de concreto reforzado (con una dimensión de tres veces el área que ocupa la planta del pedestal), con preparaciones para pilotes de control.

- Análisis estructural. A partir de estos datos, de manera preliminar, se estimó que la estabilidad del monumento no está comprometida.

En la escultura se realizaron:

- Análisis metalográfico: permitió conocer los procesos de factura y modificaciones a que se sometió al metal a través del conocimiento de su microestructura.
- Ventanas o calas de limpieza y análisis de muestras de capa de superficie: permitieron identificar los materiales en superficie y entender su secuencia.
- Espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR): logró una primera identificación de pigmentos, aglutinantes y materiales de intervenciones anteriores. La identificación más profunda se logra con cromatografía de líquidos de alta resolución.
- Evaluación electroquímica: determinó el comportamiento del metal ante la corrosión en diferentes puntos de su superficie.
- Espectrometría de fluorescencia de rayos X (FRX) y microscopía electrónica de barrido (MEB): análisis que permitieron identificar los elementos en la masa metálica, en los productos de corrosión y pigmentos en la capa de superficie.
- Colorimetría de la capa de superficie: para determinar con precisión las cualidades del color.

Entre los resultados fue sobresaliente el hallazgo de que la superficie de la escultura en un inicio estuvo recubierta con pintura verde-marrón –con una técnica al óleo– en lugar de una pátina, entendida como la formación de corrosión colorida en la superficie metálica, como era la creencia generalizada hasta ese momento.

Restauradores realizando levantamientos.

Especialistas realizando estudios en la escultura. De izquierda a derecha: Fluorescencia de Rayos X, mediciones electroquímicas y calas estratigráficas.

Capa de superficie de la escultura

Para los restauradores la pátina no es un material, es el efecto del tiempo en los materiales que los altera sin deformarlos[1], para los químicos la pátina de un metal es una capa de conversión del mismo, sin importar su aspecto, para los escultores y fundidores es una serie de minerales formados en el metal por reacción con diferentes sustancias químicas a las que frecuentemente les agregan ceras, resinas y otros materiales, que le dan un aspecto específico a sus obras.

La falta de acuerdo en la definición de pátina entre los especialistas ha creado una ambigüedad que dificulta el diálogo, así que aunque el concepto por supuesto sigue siendo válido en restauración, para permitir un mejor entendimiento de la obra, en este proyecto se adoptó la propuesta del término "capa de superficie" (desarrollado con base en argumentos de destacados restauradores de todo el mundo: González, France-Lanord, Bertholon y Robbiola), porque no involucra una valoración *a priori* de los materiales, permitiendo determinar con mayor facilidad la importancia y necesidad de preservación de sus constituyentes a partir del análisis de sus particularidades: su aporte a la apreciación de la obra, la protección ante la corrosión, y la información –estética, histórica, tecnológica– que proveen (Contreras y García, 2016: 48-51).

La adopción del término fue de gran utilidad, en particular cuando a través de los análisis –calas y cortes estratigráficos– fue evidente que el acabado de origen es una capa pictórica; la sucesión de aplicaciones se hizo directamente sobre la cuprita, es decir, el óxido de cobre de color rosa-marrón, el primer producto formado sobre la superficie del cobre y sus aleaciones por exposición ambiental (Scott 2002: 83).

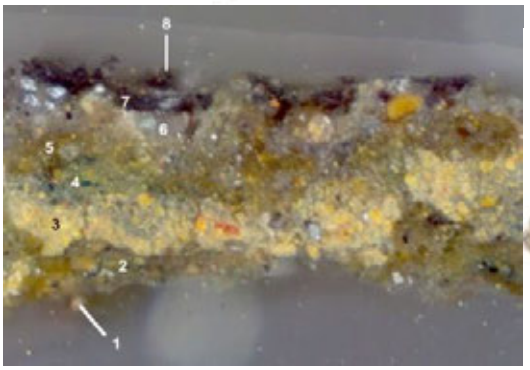
Los cortes transversales y los colores hallados también mostraron que este material pictórico tenía diferencias de tono y matiz según el punto en que fue aplicado, buscando así generar efectos de volumen y acentuar los detalles.

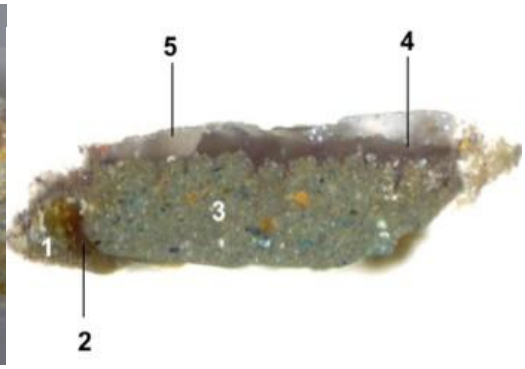
[1] * Paul Philippot ([1966]1996: 373), uno de los más mayores y más respetados conservadores del siglo XX, expresó respecto de la pátina: "La pátina es precisamente el efecto 'normal' que tiene el tiempo en los materiales. No es un concepto físico o químico, sino crítico. La pátina no es otra cosa que la combinación de estas alteraciones normales en tanto afectan la apariencia de la obra sin desfigurarla […] no es un asunto material sino que se erige sobre el dominio crítico y siempre implica un juicio estético."

Detalle de capa pictórica en la oreja de Carlos IV.

La metalografía mostró que la superficie no sufrió la aplicación de calor o sustancias químicas que hubieran modificado al metal o la capa de cuprita, y por lo tanto tampoco hubo aplicación de alguna pátina artificial bajo esta capa pictórica. Estos datos confirman que los trabajos de acabado realizados por el equipo de Tolsá fueron realizados en frío y con materiales típicamente pictóricos.

Los materiales encontrados son consistentes con los disponibles en el momento de fabricación de la escultura, y el color verde-marrón hallado coincide con la apariencia reportada por Alejandro de Humboldt, testigo de la inauguración del monumento en 1803: **"El artista tuvo el buen gusto de no dorar el caballo, que está simplemente revestido con un barniz olivo-pardusco"** (Humboldt, 1814: 51), coincide también con las diversas representaciones gráficas del siglo XIX en las que es la escultura es retratada con una coloración verde. Esta información confirma que la superficie de origen de esta obra fue lograda a través de una capa pictórica de color verde-marrón.





1. Cuprita
2. Capa café-amarillo con escasas partículas verdes
3. Capa amarilla con escasas partículas naranjas
4. Restos de capa verde
5. Capa café-amarillo
6. Capa gris con partículas amarillas
7. Capa negra

1. Capa verde
2. Capa café
3. Capa verde con partículas amarillas, blancas y cristales traslucidos azules
4. Capa negra
5. Capa de protección traslucida

Cortes transversales de dos muestras tomadas de la superficie de la escultura, en las que son visibles las capas de aplicación de pintura, su sucesión y características como color, forma y distribución de partículas.

A la izquierda, pintura al óleo de la Real y Pontificia Universidad, de Pedro Gualdi, quien en 1842 retrata a la escultura en color verde. A la derecha, litografía coloreada de México en Miniatura, que también muestra a la escultura verde ya en su ubicación en Bucareli. Imágenes tomadas de Uribe 2006.

La certeza sobre la coloración verde de la escultura se refuerza con lo mencionado en la nota del periódico *El Siglo XIX* del 30 de mayo de 1858, en la que se señala que con base en los dichos de una "persona respetable del Ayuntamiento", el verde procurado a la escultura había servido "para darle un color monumental" como se estilaba en Europa, a "las estatuas puestas a la intemperie", y con la finalidad de evitar su oxidación.

El equipo de restauración investigó sobre acabados pictóricos de estatuas monumentales, y consultó con los asesores internacionales del proyecto. Así se verificó que los acabados pictóricos eran comunes; recubrimientos formulados con aceites secantes, grasas quemadas, resinas y ceras mezclados con diversos pigmentos. A decir de Jean Pierre Rama las "pátinas al óleo" son reconocibles hoy debido a las craqueladuras formadas con el tiempo en la película de pintura endurecida y colorida (justo como se observaban en varios puntos de "El Caballito") y debería llamarse *barniz al óleo coloreado* en lugar de "pátina" o "pátina al óleo" (Rama 1988: 343).

Para muchos resultaría ilógico que una obra que se mantendría expuesta al exterior fuera recubierta con una capa orgánica. Sin embargo, como indicó el Dr. Joaquín Barrio en las discusiones que se mantuvieron con especialistas internacionales durante el mes de septiembre de 2016: para la época de producción de la escultura las condiciones de contaminación no eran las que padecemos hoy día, y se podría suponer que durante el gobierno virreinal se esperara dar mantenimiento constante a la escultura más importante de la Nueva España (Barrio, comunicación personal, 7 de septiembre de 2016). Además los materiales que han sido identificados en las capas primarias de la superficie de la escultura se mencionan en las diferentes fuentes francesas consultadas, como sugeridas para la coloración de estatuas de bronce (Dent, 1966: 413; Coignard, 1699; Michel, 1931; Pelouze, 1840: 203, 204; Magne, 1917).

Por su parte el Dr. Regis Bertholon y la Mtra. Soledad Díaz indicaron que la presencia de un acabado orgánico en una escultura al exterior es del todo consistente con la tecnología de la época, y que estos materiales se emplearon con frecuencia en las obras europeas (Barrio, Bertholon y Díaz, comunicación personal, 7 de septiembre de 2016).

Secuencia de materiales

Debido al deterioro sufrido por la capa de pintura, por efecto del el medioambiente o actividad humana, a la superficie de la escultura la escultura se le fueron añadiendo diferentes materiales para mejorar su aspecto, a través de acciones de mantenimiento urbano. Estas adiciones a veces implicaron la pérdida de los materiales previos, como el lijado hecho en el abdomen del caballo para mejorar la adherencia del bitumen o asfalto.

El orden de estos materiales, sus distintas coloraciones, y comportamiento fueron analizados por diversas técnicas.

Una de las acciones de mantenimiento consistió en la aplicación de una patinación artificial local de color verde-negro en las partes más expuestas a los elementos ambientales (se encontró en el *paludamentum*; las ancas del caballo, la parte alta de la cola, algunas áreas de las patas y la peana). Al hacer el diagnóstico se calculó que aproximadamente un 17% de la superficie de la obra contaba con este tratamiento (ver figura 4), tras la limpieza se observó que este porcentaje alcanza el 25%. Es posible asegurar que esta patinación se trata de una intervención y no del acabado de origen, pues se encuentra sólo en los lugares de pérdida de materiales orgánicos, e incluso en los recovecos de las áreas patinadas se encontraron restos de capa pictórica verde de origen, como dentro de las letras de la leyenda de la peana y las plumas del carcaj, y bajo la pintura verde sólo cuprita, en lugar de otros productos de corrosión coloridos.

La capa negra que brindó color a la escultura por años fue lograda también con otros materiales orgánicos, negros y transparentes, en otra operación de mantenimiento. Según los análisis reportados previamente se podría tratar de una pintura alquidálica, lo que ubicaría su aplicación después de 1936. Sin embargo, este material se comportó más como asfalto disuelto en trementina, un material que se ha usado desde la antigüedad griega pero se popularizó nuevamente en el siglo XIX como "pintura de bitumen" o "bitumen líquido" (Blackney, 2002), sus sustancias constitutivas fueron identificadas posteriormente por el equipo del Instituto de Química. El análisis de FTIR mostró también la presencia recurrente de cera candelilla en la capa de superficie, material que se aplicó en las intervenciones más recientes e impregnó los estratos pictóricos y las zonas con pátina artificial.

La complejidad y particularidades de la problemática de la escultura hizo necesarios los intercambios con especialistas nacionales e internacionales, de esta forma se contó con el apoyo de especialistas en restauración de metales, de escultura y capas pictóricas de:

- centros INAH Guanajuato, Campeche y San Luis Potosí,
- la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía
- la Escuela de Conservación y Restauración de Occidente,
- el Museo de las Artes de la Universidad de Guadalajara,
- del Grupo de Trabajo de Metales del ICOM-CC,
- de la *Haute Ecole Arc Conservation-Restauration*, Suiza,
- *Istituto di Scienze Marine, Consiglio Nazionale delle Ricerche*, Italia,
- de la Universidad Autónoma de Madrid, del Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, y del Instituto del Patrimonio Cultural de España, IPCE, España.

Los diálogos se dieron por videoconferencia durante dos días de septiembre de 2016, tras informarles los hallazgos. Cabe hacer mención de que ninguno de los especialistas recibió pago alguno por su colaboración.

Estos intercambios fueron muy útiles para tener visiones distintas del problema y de las posibilidades de resolución tanto desde los puntos de vista teórico y ético como del material, por su parte la participación de los especialistas europeos fue indispensable pues El Caballito la única escultura monumental en México de esa temporalidad, y por lo tanto el equipo de restauración no contaba con otras referencias materiales para verificar que el acabado pictórico fuera en efecto de origen. Las aportaciones de estos especialistas hicieron posible confirmar que las obras monumentales europeas contemporáneas a El Caballito contaban también con acabados pictóricos, así que fueron centrales para concebir y repensar la tecnología de factura de esta obra y su importancia, y orientar la intervención.

3.2 Deterioros

Se determinó que los principales efectos de deterioro eran:

Deterioros de la estructura del pedestal

- Filtración de agua y acumulación de humedad.
- Disgregación y desintegración del mortero en la separación (junta constructiva) entre el núcleo de concreto y el recubrimiento pétreo.
- Pérdida de horizontalidad de la cornisa.

Deterioros del recubrimiento pétreo

- Faltantes, grietas y fisuras en los sillares
- Acumulación de elementos no deseados en la superficie: manchado generalizado.
- Agrietado y desintegración de las pastas utilizadas en las juntas y pérdidas de material pétreos
- Pérdida generalizada de unidad visual.

Deterioros de la escultura

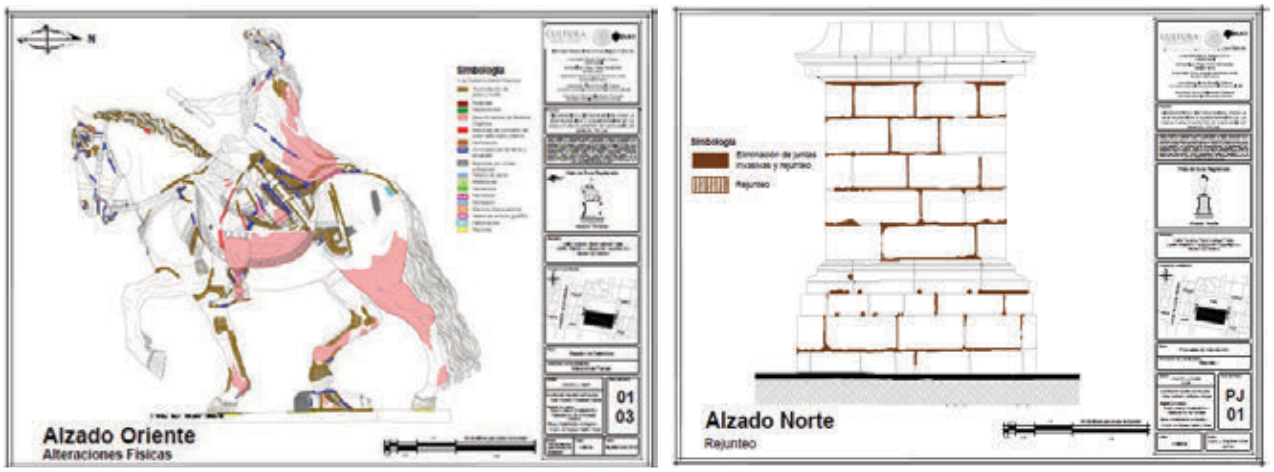
- Pérdida de información tecnológica e histórica por eliminación del 45% de materiales de la superficie.
- Comportamiento diferencial de la superficie por corrosión y eliminación de materiales.
- Pérdida de unidad visual, por heterogeneidad de la superficie y acumulación de elementos no deseados.

Deterioros de la placa de bronce

- Corrosión y pérdida de integridad de los elementos de anclaje.
- Grafiti.
- Corrosión de la superficie de las letras.
- Pérdida de capa pictórica.

Durante esta etapa también se realizó un lavado inicial de la superficie de la escultura.

Vista general del monumento al iniciar la intervención.



Ejemplos de esquemas de levantamientos gráficos de deterioro en la escultura y el pedestal.

3.3 Criterios de intervención

Los criterios y propuesta de restauración del monumento fueron resultado de diálogos y consensos entre los diversos miembros del equipo de trabajo.

Los lineamientos y criterios de conservación fundamentales considerados fueron:

- Mínima intervención necesaria. Sólo se hizo lo necesario para recuperar la lectura y estabilidad del monumento, respetando sus características y su antigüedad; es decir, ninguna decisión fue tomada para que el monumento "quedara como nuevo".
- Respeto a materiales constitutivos. Solamente se removieron los materiales que dañaban al monumento en su materia o su aspecto, o que impedían realizar otros tratamientos necesarios para su conservación.
- Compatibilidad entre materiales constitutivos y materiales de intervención. Todos los materiales usados en los tratamientos de conservación son compatibles con los del monumento.
- Retratabilidad de procesos y materiales de intervención. Todo lo que fue colocado sobre el monumento se podrá retirar, en la medida de lo necesario, para permitir nuevos procesos de conservación-restauración.
- Notoriedad contemporánea de la intervención. La apariencia lograda es resultado de una labor de

restauración que respeta los materiales e intenciones de origen y la vida del monumento.

- Exhaustivo y detallado registro y documentación de información material e intervenciones. Durante todas las etapas del proyecto se registró todo lo que se hizo al monumento.
- Ejercicio interdisciplinar. En este proyecto han participado especialistas de diferentes instituciones y áreas del conocimiento. El trabajo de todos fue necesario para entender el monumento, su problemática de restauración y cómo resolverla.
- Emisión de planes para la conservación preventiva[2]. Se establecieron las acciones necesarias para que el monumento se conserve a mediano y largo plazo. Estas acciones se construyen y serán ejecutadas por el Fideicomiso Centro Histórico en coordinación con el INAH.

A partir del diagnóstico y de las discusiones colegiadas se planteó el proyecto de restauración que atendería de manera integral los deterioros del monumento, para recuperar sus cualidades y devolverlo a la sociedad, ambos pueden consultarse con mayor amplitud en el documento intitulado "Diagnóstico y proyecto de intervención para la restauración y conservación de la escultura ecuestre de Carlos IV y su pedestal" cuya versión ejecutiva se encuentra disponible en: http://www.elcaballito.inah.gob.mx/?noticias

4. ETAPA 2: Ejecución del proyecto de restauración

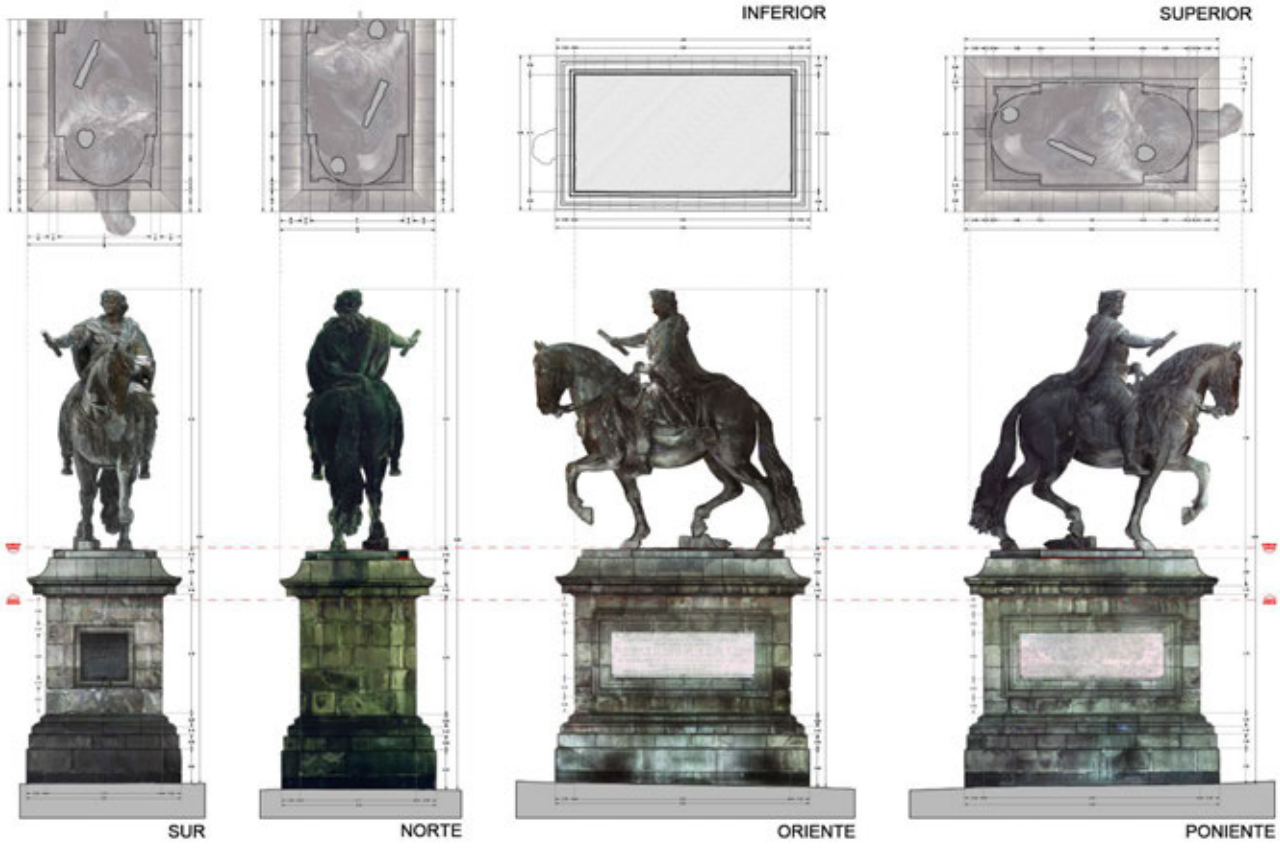
Noviembre de 2016 a junio de 2017

Desde el 1 de noviembre de 2016 se llevó a cabo la Etapa 2 que consistió en ejecutar el proyecto de conservación y restauración derivado de la primera etapa, mediante trabajo interdisciplinario de alta calidad. Así se desarrollaron una serie de trabajos de conservación y restauración, buscando la recuperación y preservación de sus cualidades en un marco de respeto a sus materiales y significados.

[2] Conservación preventiva. Son acciones que se toman para evitar o minimizar futuros daños y deterioros, pues aunque una restauración sea muy bien hecha, es indispensable dar seguimiento para promover la preservación a largo plazo. Es como cuando tú te lavas los dientes a diario.

Los ejes fundamentales de las acciones de conservación y restauración fueron los siguientes:

- Limpieza y eliminación de materiales no deseados en función de su efecto deteriorante de la imagen o de los materiales del monumento.
- Estabilización y protección del monumento en sus materiales constitutivos y estructura, para prevenir pérdidas de materiales o información, especialmente por exposición a su entorno.
- Integración del aspecto del monumento y acabado de las superficies.
- Determinar las condiciones estructurales del conjunto monumental que aseguren su integridad y estabilidad para la salvaguarda del bien escultórico.
- Documentación arquitectónica y estructural del monumento.



Reconstrucción tridimensional del monumento, resultado del levantamiento por escaneo láser 3D realizado en diciembre 2016.

4.1 Tratamientos realizados

Los trabajos realizados en cada una de las secciones del monumento fueron:

4.1.1 Procesos realizados a la estructura del pedestal

Es necesario subrayar que no habían planos ni información escrita que dieran cuenta de la estructura y dimensiones del núcleo y su cimiento, lo que hacía indispensable averiguar sus características.

- Elaboración de cinco calas estratigráficas para identificación de los elementos que conforman la estructura, su diseño (geometría y dimensiones).

  Las calas se realizaron como primera actividad para el reconocimiento de la subestructura, permitiendo identificar los niveles de la losa superior del cajón de la cimentación, los muros perimetrales y su estado de conservación, el nivel freático y las diferentes soluciones que se dieron al diseño, debido a la cercanía de la cara sur, con el cubo de ventilación del METRO.

  Aunado a lo anterior, se descubrió el nivel original del pedestal, el cual se ocultó con las modificaciones que se han realizado de los niveles de la plataforma.

  Las excavaciones tuvieron una profundidad de hasta 3.90 m, en donde se registró una alteración del terreno circundante a la cimentación, resultado de la construcción de 1979.

Calas estratigráficas en las esquinas suroriente y norponiente del pedestal.

- Análisis de resistencia mecánica del concreto: resistencia a la compresión, ensayo a

compresión simple y módulo elástico; detección de elementos de hierro para la configuración del armado; petrografía; grado de carbonatación; medición de resistividad, y determinación del tipo y cantidad de vibraciones provocadas por la cercanía con el cajón del METRO.

Con el objetivo de verificar la calidad constructiva de la estructura el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. (IMCYC) llevó a cabo diferentes análisis en el concreto para evaluar las propiedades físico-mecánicas del concreto. Se realizó la extracción de tres muestras de concreto endurecido, uno en la cimentación y dos en la cara norte y sur del núcleo (pedestal), que determinaron la buena calidad del material.

En cuanto al acero en la estructura, se determinó que son varillas del 4" y del 5" con estribos con separación variada, con un recubrimiento oscilante entre 1.5 y 7 cm, dependiendo del elemento estructural. Las extracciones permitieron dimensionar el espesor de los muros, tanto del núcleo como de la cimentación, siendo 20 cm la medida real, modificando el dato obtenido antes con el georadar.

Extracción de muestra de concreto en el muro norte del cajón de cimentación, y pruebas ferromagnéticas para identificación de configuración del armado con FERROSCAN PS 200.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM (II-UNAM) llevó a cabo la inspección del interior del núcleo y cimentación, a través de videoscopio, para reconocer de manera preliminar las

condiciones de la estructura. Con este primer paso se identificó la humedad en el interior del núcleo y se ubicó el acceso al cajón de la cimentación.

El videoscopio también se utilizó para observar el estado de conservación de la cara superior del núcleo y las condiciones de las espigas de la escultura y su empotre en la losa superior.

Inspección en cimentación y área superior de núcleo.

El II-UNAM igualmente realizó:

- Estudio con esclerómetro (240 golpes) para la determinación de la resistencia del concreto.
- Detección de armado por medio de Profometer PROCEQ
- Medición de las vibraciones y determinación del tipo de movimientos de la cimentación.

El Dr. Tezozomoc Pérez López, del Centro de Investigaciones en Corrosión (CICORR) de la Universidad Autónoma de Campeche, realizó pruebas de resistividad eléctrica en diferentes puntos del núcleo, incluyendo al interior, al nivel de la losa superior, .

Análisis de resistividad en trabe norte en interior de núcleo.

Los tratamientos de restauración fueron:

- Liberación de sillares de piedra.

  Consistió en la liberación de 79 sillares de piedra andesita de diferentes dimensiones. 28 piezas se sustituyeron debido a los deterioros que presentaban, y 51 piezas se liberaron para su restauración y recuperación, es decir, se desmontaron, registraron, documentaron y al término de los trabajos se restituyeron en su sitio.

Liberación de piezas de cornisa.

Liberación de sillares de piedra en dado y base del pedestal.

En cada una de las ventanas dejadas por los sillares removidos se colocó un apuntalamiento de madera para evitar deformaciones o asentamientos.

Como resultado de la liberación de sillares en diferentes puntos del pedestal, se pudo identificar el estado de conservación de los paramentos exteriores del núcleo y del entramado de varillas, el sistema de sujeción de las piezas de la cornisa, además de las condiciones del mortero colado en la junta entre el núcleo y el recubrimiento pétreo. Por ende, se constató la problemática de la filtración de agua, por no existir unión del mortero de la junta y el núcleo, y la falta de mortero en las juntas interiores de los sillares.

El entramado de varilla, presentó en algunas secciones, pérdida de material (disminución del diámetro) debido a la corrosión provocada por filtración de agua.

En los paramentos exteriores del núcleo se identificaron diferentes manchas, incluidas algunas de color verde encendido, producto de los escurrimientos de la disolución del metal por al ácido nítrico usado en 2013. Esto evidenció la separación entre el mortero de la junta y el núcleo de concreto.

- Evaluación y sustitución de los sillares de piedra más deteriorados para recuperar su integridad estructural y visual.

  La piedra andesita utilizada para los nuevos sillares se seleccionó desde taller, de acuerdo con sus características geológicas, color y textura. Se utilizaron las piedras conocidas como chiluca y púlpito.

Verificación de la dimensiones de los vanos para la elaboración de los nuevos sillares.

Antes de colocar las piezas, se realizó una limpieza del paramento exterior de núcleo. El entramado de varillas a la altura de la base y el dado presentaron buen estado de conservación, por lo que se limpió y se le aplicó una capa de esmalte epóxico anticorrosivo..

Colocación de los sillares repuestos.

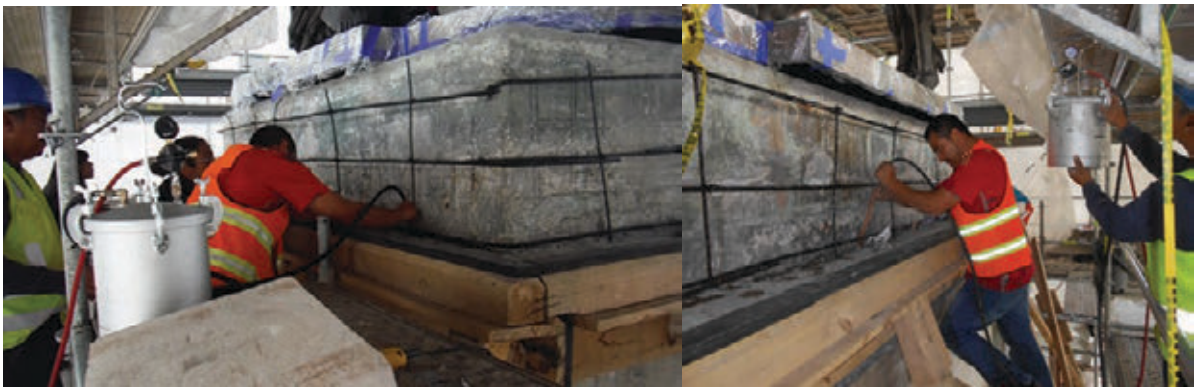
Entre los sillares que se sustituyeron se encontraba el que tenía la tapa labrada con el escudo de la Ciudad de México. El deterioro del relieve borró los motivos iconográficos, eliminando casi por completo el escudo y su significado como símbolo heráldico de la ciudad. En la nueva pieza, el escudo se labró directamente sobre la superficie para evitar filtraciones de agua por la unión.

Vista frontal, sillar con relieve de escudo de la Ciudad de México.

- Obturación de junta entre los sillares de piedra y el núcleo de concreto.

  Se realizó a través de la inyección de una lechada de alto desempeño, en la unión entre el mortero de la junta y el núcleo, a una presión de 3kg/cm². Para ello se realizaron perforaciones de ½", con una profundidad de hasta 10 cm, a cada 15 cm, en todo el perímetro del núcleo. La cantidad aproximada de lechada inyectada fue de 60 litros.

  Con el objetivo de asegurar la estabilidad de la estructura de recubrimiento durante la inyección, se colocaron dos eslingas en el perímetro del cuerpo central del pedestal, y testigos de yeso en los sillares para monitorear cualquier movimiento.



Proceso de obturación de la junta.

- Consolidación de cara superior del pedestal.

  Al desmontar la cornisa, se realizó una inspección puntual de la superficie de la cara superior de la losa del núcleo y de cada una de las espigas de la escultura. El diseño del

pedestal, específicamente en el área de contacto de la escultura y el núcleo, impide una observación directa y detallada de los empotres; sin embargo, con apoyo del videoscopio, cámaras fotográficas y video pudo realizarse la identificación de los deterioros y se pudo entender la sujeción de la escultura al núcleo del pedestal.

Vista del núcleo de concreto y peana.

En la cara superior del pedestal se identificó disgregación y desconchamiento de la capa superficial, es decir, desprendimiento de lajas de concreto en aproximadamente un 15% del área total de la losa. En los restos de concreto, se encontraron fragmentos de varilla con grado avanzado de corrosión.

En los empotres de las espigas, se observó un área rectangular delimitada y muy bien definida, por lo que se entiende que en 1979, se dejaron preparaciones para recibir las espigas y posteriormente se coló el mortero de cemento.

La inspección de estas áreas determinó el buen estado de conservación del mortero en el que se ahogaron las espigas, y por tanto de las espigas, como se pudo verificar con el equipo de restauración de la escultura, a partir del conocimiento de que el hierro se mantiene en excelente estado en un pH alcalino, superior a pH 9.

Detalles del estado de conservación de la cara superior y fragmentos de capa superficial del núcleo.

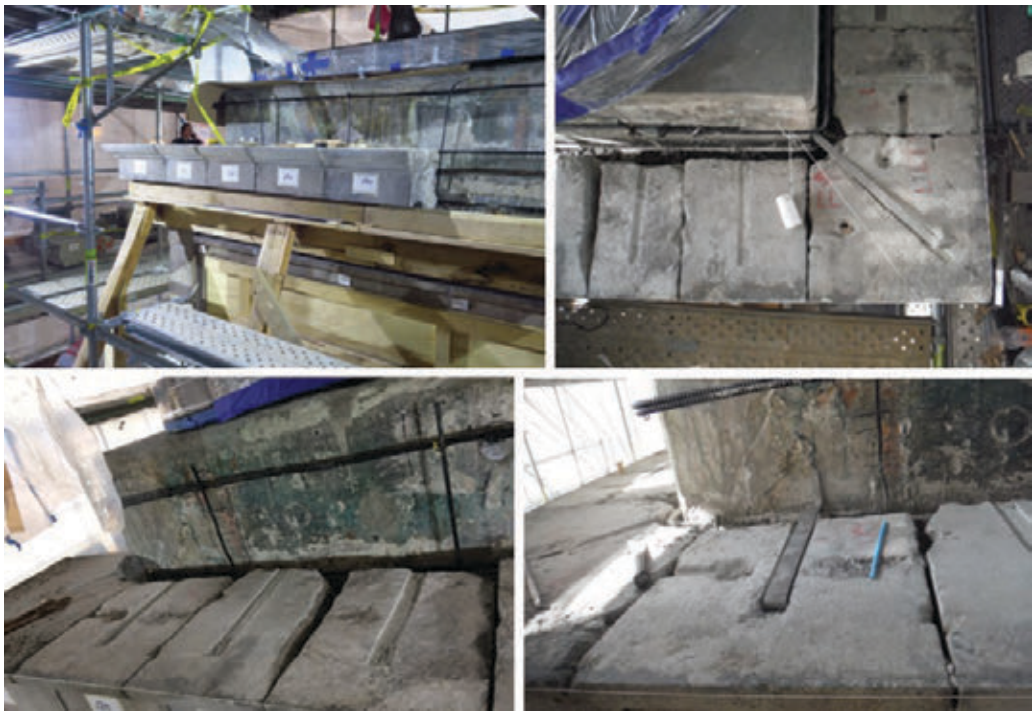
La intervención consistió en el retiro total del material desprendido mediante limpieza en seco y limpieza húmeda a presión para eliminar cualquier residuo. Posteriormente se aplicó un mortero estructural en toda la superficie..

Proceso de aplicación de mortero estructural.

- Integración del nuevo sistema de sujeción de sillares de cornisa.

Previo a la colocación de las piezas, se procedió a la limpieza del paramento exterior del núcleo y de las varillas del entramado, colocando refuerzos en las secciones de varilla deterioradas. Posteriormente se aplicó un esmalte epóxico anticorrosivo.

En los sillares que conforman la hilada inferior de la cornisa, se colocó una solera de acero inoxidable, adherida e inserta a la piedra y sujeta al entramado de varilla. En las piezas de las esquinas se aplicó mortero estructural entre las juntas contiguas a los sillares .



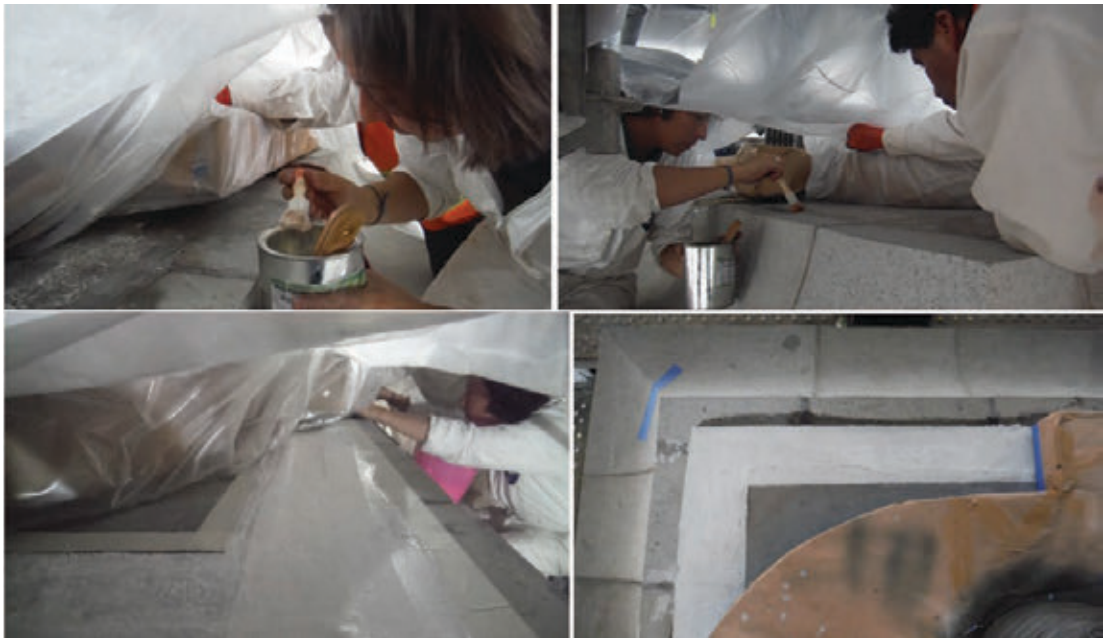
En cada pieza de piedra se labró un canal en el que se colocó la solera adherida con resina epóxica.

Al término de la colocación de los sillares se coló mortero a base de cemento tipo II.

Proceso de colado de mortero en la junta entre el núcleo y el recubrimiento pétreo.

- Impermeabilización y sellado de la junta entre el núcleo y el recubrimiento pétreo.

Aplicación de sistema de impermeabilización con producto base agua, consistente en un primario, geomembrana y poliuretano.



Proceso de impermeabilización de la junta entre el núcleo y el recubrimiento pétreo.

- Inyección de mortero de cal en juntas interiores de sillares de piedra, para mejorar unión y sellado.
- Protección de la cara superior del pedestal.

  En las áreas expuestas tanto de la cara superior del núcleo como del recubrimiento pétreo se colocó a presión una placa metálica de 3 mm con un acabado a base de poliuretano.

Factura y colocación del sellado y protección de la cara superior del pedestal.

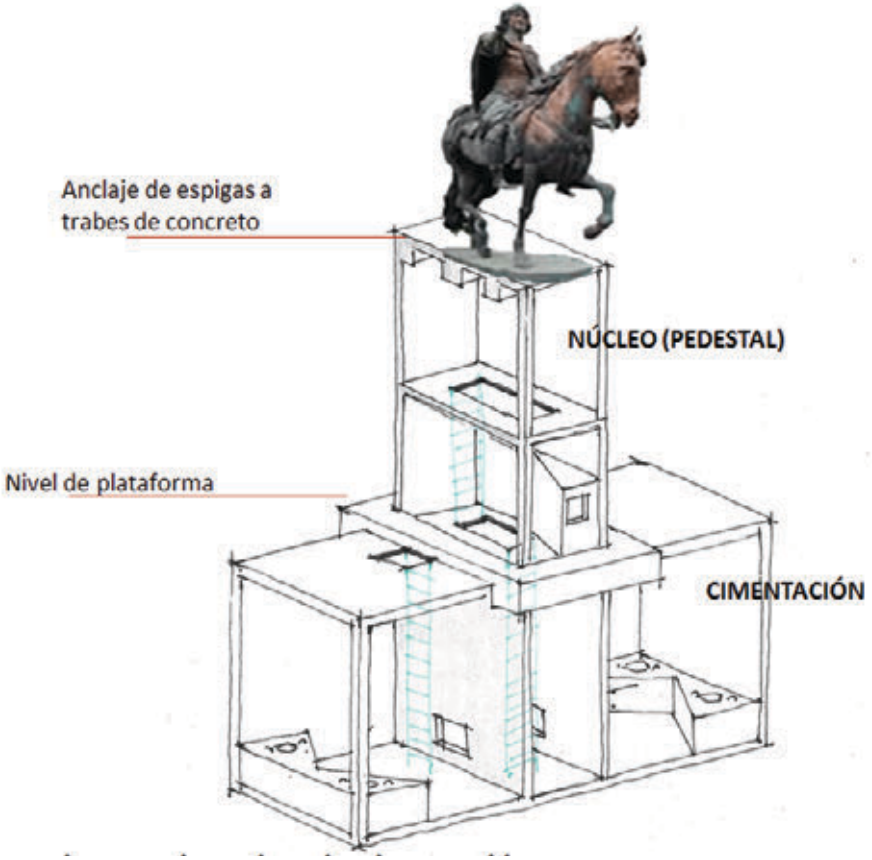
- Rehabilitación de la estructura interna del pedestal y la cimentación.

  El cajón de cimentación se encontraba anegado hasta una altura de 1.88 m, por lo que se tuvo que bombear el agua para tener acceso. Los deterioros que se registraron evidencian que después de la inauguración en 1979 no se dió seguimiento al mantenimiento de la subestructura. Se encontró tierra acumulada, restos de madera que se utilizó como cimbra, elementos metálicos (escaleras, varillas, alambres) con alto grado de corrosión, además de un nivel de humedad altísimo en el interior del cajón y del núcleo.

  Los trabajos de rehabilitación consistieron en eliminación de elementos metálicos, aplicación

de mortero estructural en oquedades de muros, limpieza fina, colocación de escaleras y rejillas para monitoreos futuros del interior de la estructura.

El acceso a la cimentación permitió identificar la configuración de la subestructura y el sistema de sujeción de las espigas de la escultura.



Estructura interna del pedestal y cimentación.

La cimentación consiste en un cajón de cimentación dividido en tres celdas, comunicadas entre sí. En la celda oriente y poniente, se encuentran dados para pilotes de control (los cuales no se construyeron). La celda central se comunica con el núcleo del concreto del pedestal, que se divide en dos secciones por medio de losas de concreto; en el primer nivel, se ubica la cámara que resguarda las cápsulas del tiempo. En el segundo nivel, la losa y las trabes de concreto en las que se empotran las tres espigas de la escultura.

El recubrimiento pétreo se soporta o apoya en un alero (trabe) perimetral, construido sobre la

losa superior de la cimentación en el lado oriente y poniente y en cantiliver al norte y al sur.

En el interior del cajón de cimentación se encuentran cinco cables, aparentemente de comunicaciones, que atraviesan la estructura de manera longitudinal. Por sus características y condiciones de ubicación, consta que desde 1979 se consideró dejarlos dentro del cajón.

4.1.2. Procesos realizados al recubrimiento pétreo

– Protección de placas conmemorativas de mármol.

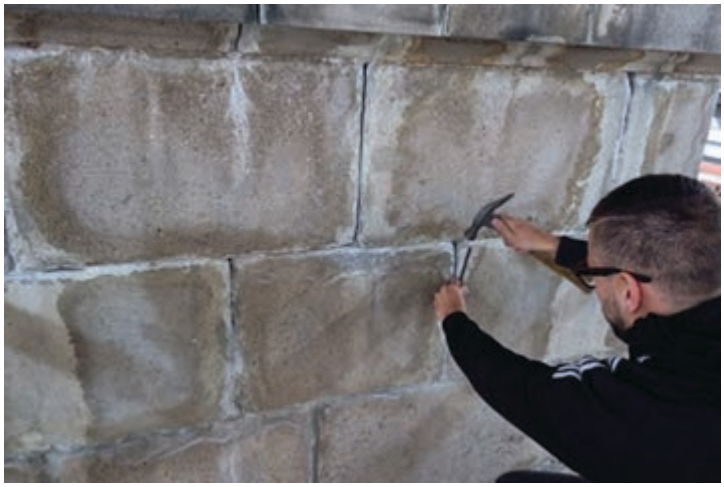
Esta protección se realizó como medida preventiva contra posibles daños, como impactos, escurrimientos y/o abrasiones durante la intervención de los elementos arquitectónicos estructurales y de la escultura.

Se aplicó un velado en ambas placas con papel japonés, adherido con engrudo de almidón purificado para facilitar su posterior remoción con agua. Para reforzar esta protección, sobre las placas se puso una lámina de ethafoam sostenida por un apuntalamiento de madera.

Proceso de velado de las placas de mármol.

- Liberación de juntas de los sillares.

  La liberación se realizó con cinceles de diversos tamaños, incidiendo en las juntas y resanes, se utilizaron mazos y martillos; en algunos casos requirió una eliminación más minuciosa con bisturís y agujas de disección.



A la izquierda, junta invasiva y en mal estado, a la derecha, proceso de remoción de juntas.

- Limpieza de la superficie pétrea.

  La limpieza de la superficie pétrea buscó eliminar los materiales que podrían afectar su estabilidad material e implicar interferencias en su percepción visual, y con esto el reconocimiento del monumento en su conjunto. Asimismo, este proceso constituyó un factor preparatorio para procesos posteriores, como la consolidación. Debido a la complejidad de la limpieza se efectuó una serie de pruebas de métodos y materiales para respetar al material original y no alterar su composición química.

Proceso de limpieza de la superficie, auxiliada con cepillo.

Para las pruebas de limpieza se contó con la ayuda del Profesor Javier Vázquez, de la ENCRyM, quien diseñó geles que sirvieron para la limpieza superficial de los sillares, además se probaron productos comerciales, algunos de los cuales funcionaron de manera correcta para la remoción de otras manchas y grafitis.

Pruebas de limpieza con geles.

Al terminar la limpieza se logró llegar a un nivel en el que se homogeneizó la superficie del pedestal. Aunque algunos puntos sigan llamando la atención hay que hacer notar que estos se deben a las diferentes coloraciones de las sillares, propias de su composición o procesos de degradación.

Homogeneidad de limpieza.

Después de la conclusión de los trabajos de reposición de sillares, se removió el velado de las placas de mármol y se les realizó una limpieza superficial.

Relleno, ribeteo y resanado.

Este proceso se realizó teniendo como objetivo llenar y sellar los huecos para dar una superficie homogénea a todas faltantes susceptibles de alojar materiales indeseados como agua y tierra, animales, microflora y/o microorganismos. Además, el resane fue determinante para la percepción estética de la superficie pétrea y para el reconocimiento general del monumento, ya que brindó unidad visual al conjunto de elementos pétreos. De acuerdo con los deterioros del pedestal, se resanaron las siguientes alteraciones:

- Fisuras;
- Fracturas;
- Daños por impacto;
- Incisiones;
- Perforaciones;
- Espacio entre sillares (juntas);
- Espacios resultantes de las reposiciones formales de material pétreo (injertos)

Para llevar a cabo este proceso se utilizaron dos morteros de cal arena: uno grueso para

rellenar los grandes faltantes y uno fino para cubrir el anterior y dar el terminado final. Ambos fueron coloreados con la intención de lograr la mayor homogeneidad posible.

Detalle de resane.

– Reintegración cromática.

La reintegración cromática se hizo con fines estéticos, para buscar la mejor apreciación visual del pedestal. Desde luego, bajo un absoluto respeto de sus características estructurales y formales. Fue un proceso crítico que se estableció de acuerdo con la apariencia del material original restante y perceptible de los sillares del pedestal, por lo tanto, la apariencia de la piedra que fue utilizada en las sustituciones, aun siendo similar a las originales, requirió de este proceso, evitando que su aspecto llamara demasiado la atención y afectará la apreciación total del pedestal. Además, las pastas utilizadas en el relleno, ribeteo y resanado, también fueron coloreadas para que se integraran convenientemente en la apariencia general del pedestal.

Reintegración de sillares nuevos.

Para la reintegración se utilizaron pigmentos minerales de distintas coloraciones y tonalidades, aglutinados con agua de cal y un consolidante comercial.

– Consolidación superficial.

Con este tratamiento se pretendió restituir, en la medida de lo posible, la cohesión mecánica superficial perdida del material pétreo, buscando la máxima penetración de producto consolidante, la adhesión entre la zona alterada y la que no lo está, así como la imposibilidad de que el producto forme películas superficiales que alteren la apariencia general del material. Las formas de deterioro del pedestal que fueron atendidas mediante consolidación fueron: exfoliación; descamación; disgregación y pulverulencia.

Se eligió un consolidante a base de un tetraalcoxisilano comercial, el cual es un producto que no altera las propiedades físicoquímicas de la piedra y tiene un coeficiente de dilatación térmica similar al material original; además de que no modifica significativamente su porosidad ni deja residuos que afecten la composición. Éste se aplicó con brocha por capas, de acuerdo con el nivel de alteración de la piedra, cumpliendo con los criterios básicos que se exigen de un consolidante de material pétreo.

Consolidación de sillar.

- Procesos hechos en la plataforma.

  Remoción de juntas. Se hicieron de la misma manera y con las mismas herramientas que en el pedestal.

  Limpieza con hidrolavado. Se contrató a una empresa que realizó el servicio con una máquina de hidrolavado a alta presión, con la cual se removieron manchas de cemento, pintura y otros agregados.

  Resane de juntas. Las juntas se resanaron con un mortero de cemento hidráulico elegido por su dureza y resistencia, también fue pigmentado para lograr su integración cromática.

4.1.3 Procesos realizados a la escultura

- Limpieza de capa de superficie**.** Eliminación de la suciedad y capas de asfalto, ceras y hollín para liberar, analizar y registrar el acabado pictórico de origen.

Uno de los más grandes desafíos éticos y técnicos del proceso de restauración de esta obra residió en la limpieza de la capa de superficie. Las labores diagnósticas permitieron conocer que la apariencia inicial de la escultura se logró mediante una capa pictórica verde-marrón, y que al paso del tiempo esta pintura se deterioró, tanto por la acción de medio como por actividad humana. El deterioro motivó diversas intervenciones en las que se añadieron y eliminaron materiales, generando una estratigrafía sumamente compleja.

Abordar el problema de conservación de la escultura requirió hacer precisiones y adecuaciones de índole conceptual. Como ya se señaló, el término "pátina" tiene, para la escultura metálica, una variedad de acepciones distintas según el área que la defina, por lo que llegar a un acuerdo con base en tal término era prácticamente imposible. Por ello se empleó el término "capa de superficie" en lugar de pátina, y se evaluaron sus componentes, en este caso: capa pictórica de origen, restos del barnices, asfalto, los muy pocos restos de Paraloid de las intervenciones de 1972 y 1979, el hollín, el polvo y la muy abundante cera.

La determinación del nivel de limpieza y la eliminación selectiva de los materiales que integran la de superficie fueron evaluados a partir de:

- su relevancia estética, histórica y tecnológica,
- su estabilidad material,
- la compatibilidad que podrían tener con los recubrimientos que debían aplicarse para restituir imagen y protección a la escultura.

A partir de estas evaluaciones el planteamiento de limpieza fue la eliminación controlada de los materiales con problemas de adherencia, que no favorecían la obtención de unidad visual, y que por tratarse del resultado de acciones de mantenimiento urbano en lugar de actos artísticos o de manifestaciones sociales, tenían una importancia limitada y jerarquía inferior a

la capa pictórica de la época de creación, y que por lo tanto su conservación no podía anteponerse a la recuperación de estabilidad de la superficie y de las cualidades estéticas de la escultura. iones del yelmo del rey) que sólo fueron visibles hasta remover la capa negra. Además las características grasas, apolares, de estos materiales impiden la adherencia de prácticamente todos los materiales formadores de película que pudieran ser aplicados como recubrimientos para recuperar unidad visual y proteger la superficie. Por lo tanto la determinación fue eliminar los materiales que constituían el estrato negro.

Detalle de la apariencia del estrato negro en la superficie de la escultura. Parte interior del paludamentum.

Se reconoció que los materiales formadores del estrato negro –asfalto, cera, polvo, hollín y restos de las resinas colocadas en las intervenciones de la década de los 70 del siglo XX–, formaban parte de la vida de la obra, proveyeron de su apariencia a la escultura por décadas, y que esta apariencia fue largamente reconocida, sin embargo también la desfiguraban reduciendo la apreciación de sus volúmenes y ocultando sus detalles; había secciones en las que su espesor superaba los 3 mm, cubriendo completamente las texturas logradas por cincelado (como el picado de lustre de la muserola, los *pteruges*, la vaina de la espada, o las ornamentaciones del yelmo del rey) que sólo fueron visibles hasta remover la capa negra. Además las características grasas, apolares, de estos materiales impiden la adherencia de

prácticamente todos los materiales formadores de película que pudieran ser aplicados como recubrimientos para recuperar unidad visual y proteger la superficie. Por lo tanto la determinación fue eliminar los materiales que constituían el estrato negro.

Para el diseño de los materiales de limpieza se contó inicialmente con el apoyo del profesor Richard Wolbers, de la Universidad de Delaware y del profesor Javier Vázquez, de la ENCRyM, quienes diseñaron geles de limpieza adecuados para llevar a cabo este proceso. Las técnicas de aplicación fueron desarrolladas por los restauradores complementando con bisturíes, pequeñas escobillas y cepillos de nylon e hisopos, procediendo con el mismo cuidado que durante la intervención de una pintura de caballete, evaluando constantemente la apariencia de la superficie y estabilidad de los materiales encontrados.

Pruebas de limpieza para determinar los materiales adecuados para la limpieza.

Detalle de la remoción del estrato negro, tras la aplicación de geles de limpieza y con ayuda de bisturí.

Imágenes del proceso de limpieza de capa de superficie y liberación de capa pictórica en la manta de montar.

Proceso de limpieza de capa de superficie, liberación de capa pictórica en el abdomen del caballo.

Limpieza de capa de superficie, liberación de capa pictórica en el abdomen del caballo. Mitad de proceso.

El proceso de limpieza no es en ningún sentido equiparable a lo realizado en 2013, porque la decisión sobre qué acciones tomar, los límites y los procedimientos, se tomó con base en una metodología sólida: a partir de evidencia física, investigación histórica y social, y discusión colegiada, en un marco de respeto a la obra, siguiendo criterios deontológicos de la conservación-restauración y acompañada de una documentación sistemática.

Con base en la nube de puntos resultado del escaneo digital 3D hecha por la CNMH se supo que el área total de la escultura es de aproximadamente 46.5m², el 45% de su superficie se perdió por efecto de los procedimientos aplicados en 2013, el resto fue limpiado con las técnicas y materiales descritos en un proceso que tomó de noviembre de 2016 a finales de abril de 2017.

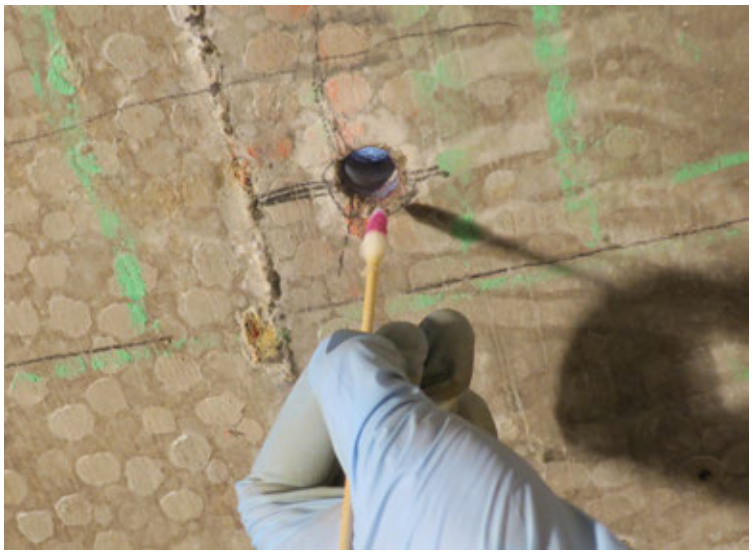
Con la limpieza fue posible conocer la extensión, estado de conservación y apariencia de todos los materiales en superficie:

- El área con pintura de origen recuperada superó los 13 m², es decir, alrededor del 30% de la superficie. Su estado es variado, en algunos puntos es casi una impronta, en otros son islas de material, y en otros se conserva en perfecto estado, coherente y con brillo. Además de contar con gran relevancia histórica y tecnológica, esta capa aún estando deteriorada, reviste a la obra enalteciendo sus volúmenes y haciendo énfasis en sus detalles, haciendo indudable también su relevancia estética.
- Los casi 21m² sometidos a la solución de ácido nítrico y las abrasión con cardas desarrolló óxidos y productos de corrosión. En áreas con recovecos como en la crin o el doblez frontal del paludamentum permitieron la preservación de restos de pintura, cuya extensión se consideró en el punto anterior.
- La patinación artificial de corrosión, producto de una intervención posterior, se encuentra en casi 12m², es decir, poco más del 25% de su superficie, y dado que era parte de la vida de la obra y no la afectaba negativamente, ni en su aspecto o en la

posibilidad de colocar materiales de protección, y por tanto fue conservada.

- Verificación de la estabilidad de las espigas de hierro forjado.

La escultura se sostiene por una estructura de hierro forjado que también la fija al núcleo de concreto. El que la estructura metálica esté embebida en concreto es positivo por la combinación de resistencia a la compresión y a la tensión, pero también porque el pH del mortero recién hecho provee al metal de un medio en el que se encuentra protegido frente a la corrosión (pH alrededor de 12.5), es decir pasivo. Las condiciones de alta humedad al interior del núcleo han favorecido que el mortero se mantenga alcalino durante estos casi 38 años impidiendo el acceso de oxígeno que favorezca la carbonatación, acidificación y por lo tanto la corrosión del hierro (Scott y Eggert 2009:121-122) que conforma las espigas. Estas condiciones se verificaron con las medidas de resistividad y la reacción de pH hechas con el Dr. Tezozomoc Pérez, del CICORR, UACAM.



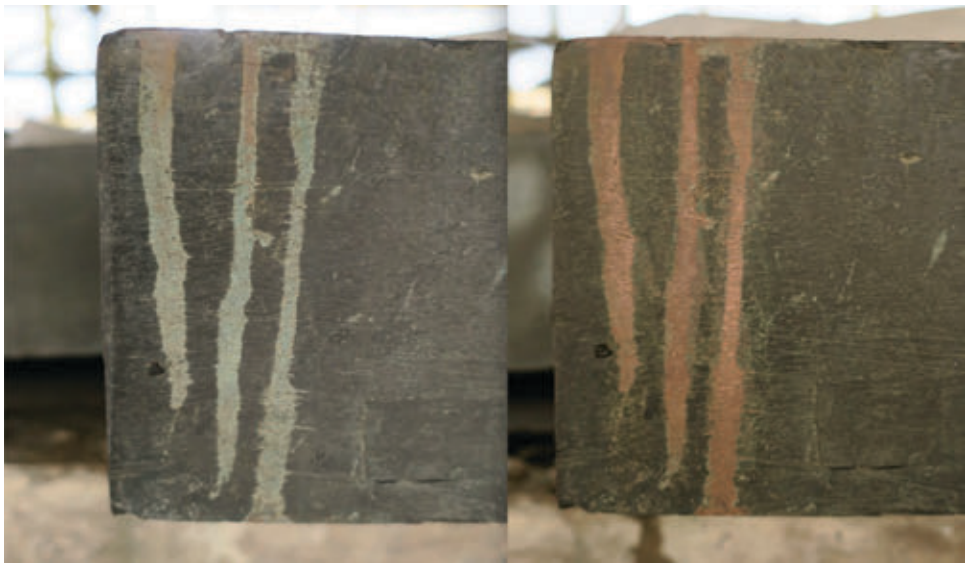
Resultado de la prueba de microquímica que muestra que el pH del concreto sigue en el rango alcalino, conveniente para la conservación del hierro.

- Limpieza y estabilización de productos de corrosión dañinos.

Durante algunas de las intervenciones anteriores se generaron productos de corrosión inestables

o incluso dañinos, estos fueron sometidos a tratamientos para su remoción o estabilización, empleando principalmente agentes quelantes en solución, aplicados con papetas y siendo removidos con acondicionadores de superficie suaves y algodón.

Los productos de corrosión estables se mantuvieron en la superficie..



Comparativa, antes y después de la limpieza de corrosión.

- Regeneración de los óxidos de cobre estables en la parte afectada por las acciones inadecuadas de 2013, y aplicación de inhibidor de corrosión en las superficies sin capa pictórica.

  Al remover los productos de corrosión menos estables algunos puntos de la superficie metálica quedaron desnudos, por esta razón se aplicó un procedimiento en frío de formación de óxidos de cobre, cuprita, que homogeneizara el comportamiento químico de la superficie. Para mejorar la resistencia a la corrosión se aplicó también un tratamiento de inhibición de corrosión. Ambos fueron obtenidos tras experimentación conjunta con el Departamento de Química Metalúrgica de la Facultad de Química, UNAM

Proceso de aplicación de inhibidor de corrosión.

Comparativa antes y después de la intervención: limpieza de corrosión, oxidación controlada e inhibición.

- Colocación de resanes y parches para unificar la superficie y evitar filtraciones de agua.

  Para unificar la superficie se hicieron procedimientos de toma de moldes en los puntos donde los parches colocados por el equipo de Tolsá se perdieron, a partir de estos se generaron positivos en cera, se hizo un vaciado en cobre a la cera perdida, y las reposiciones fueron fijadas con resinas epoxi y cargas de cobre en polvo.

  En zonas de unión de reparaciones hechas por el equipo de tolsá cuyas dimensiones podrían permitir el acceso de agua se hicieron resanes con la misma pasta de epoxi y cobre.

Parte del proceso para lograr la reposición del faltante de parche en la pata delantera sur-oriente, se muestra hasta la obtención del positivo de cera.

- Aplicación de un sistema de recubrimientos orgánicos para proteger la pintura recuperada y la superficie metálica, prevenir su deterioro y recuperar la imagen de la escultura.

  Resolver la integridad de imagen y la protección de una superficie con metal expuesto, pintura de origen y patinación artificial, producto de una intervención anterior, no fue sencillo. De acuerdo con los criterios establecidos, en definitiva los restos de capa pictórica no podían ser removidos, debido a su importancia histórica, tecnológica y estética, pero tampoco expuestos, pues correrían un serio riesgo de perderse. Se discutieron varias opciones.

  Una patinación artificial general por medios químicos simplemente no era una posibilidad viable pues incluso con una técnica en frío sería necesario remover la capa pictórica para permitir la reacción de la superficie, de usar una técnica en caliente el daño sería aún más claro, pues además causaría el movimiento de los numerosos parches y pernos colocados por el equipo de Tolsá, y por lo tanto daños a la superficie. Esto constituiría un atentado de proporciones descomunales a la obra, aún peor que el sufrido en 2013, pues sería hecho en conciencia de la presencia de la capa pictórica y las abundantes reparaciones, por parte de profesionales de la conservación-restauración y por tanto fuera de toda ética.

Por su parte, aplicar una patinación artificial sólo en las zonas sin capa pictórica tampoco resultaba una posibilidad viable pues hubiera resultado de nuevo en una superficie heterogénea que no ofrecería protección a la capa pictórica de origen, y las sustancias químicas y condiciones necesarias (sales ácidas) habrían dañado de forma importante el estrato pictórico. En ambos casos invariablemente el proceso de patinación artificial alteraría la superficie del metal brindando un dato tecnológico falso que en el futuro podría haber llevado a los menos informados y profesionales a errores graves de juicio y tomar decisiones equivocadas, porque la obra no estaba patinada de inicio, y en el segundo caso, podría llevar a causar la pérdida de los más de 13m^2 de capa pictórica de origen que con sumo cuidado fue recuperada en esta intervención.

Es necesario recalcar que son falsos los preceptos respecto de que el bronce no debe pintarse o que la patinación es un proceso de calidad en tanto que la aplicación de pintura sobre una escultura de aleación de cobre es una solución descuidada y carente de habilidad, tal como ha demostrado la investigación histórica, la tecnológica, y la misma evidencia material en la obra.

Para proteger la heterogénea superficie de la obra y lograr un aspecto integrador es necesario contar con un sistema de recubrimientos que al tiempo cumpla el requisito de reversibilidad de materiales para permitir su posterior remoción en el mediano o largo plazo, sin causar daños.

Las ceras coloreadas, naturales, artificiales, microcristalinas y las obtenidas por el método Fischer-Tropchs fueron de las primeras opciones consideradas, por ser materiales comúnmente empleados en restauración de escultura metálica, por ser eficientes, retratables, de fácil aplicación e incluso baratas, sin embargo son materiales que captan polvo con mucha facilidad, en especial cuando se someten a calor, y que tienen una duración bastante limitada. Además lograr una capa tan cubriente como para unificar el aspecto de la escultura hubiera requerido un espesor similar al de la capa negra que fue retirada, entre otras razones porque

no permitía apreciar los detalles de la obra.

Para elegir los materiales adecuados se solicitó la asesoría del Departamento de Química Metalúrgica de la Facultad de Química de la UNAM, y se contactó a una compañía nacional de pinturas, El Nervión, pues resultó evidente que los materiales empleados de manera común para la escultura al exterior, resultaban muy limitados para este caso *sui génereis*.

Los restauradores en conjunto con ingenieros químicos especialistas en pinturas, en corrosión, y en polímeros discutieron las opciones de recubrimientos, acrílicos, epóxidos e incluso alquidales y hasta óleos, fueron descartados rápidamente por sus variados contras: por su escasa resistencia y durabilidad, absorción de humedad, largo tiempo de secado, etc., y por tanto, por su desempeño inadecuado para las condiciones a las que se someterá *El Caballito*.

La opción del poliuretano acrílico alifático[3] (usado en selladores y revestimientos para exteriores) fue la que contó con más puntos a favor por su resistencia y duración, flexibilidad, aspecto, posibilidad de retoques y de remoción en caso necesario, y por tanto fue la elegida[4].

Para proteger a la pintura de origen y permitir la remoción del recubrimiento de poliuretano acrílico alifático sin causarle daño –en una intervención futura– se eligió además como capa intermedia un material policetónico que lleva décadas de uso en restauración, hay mucha información disponible acerca de su comportamiento, no absorbe agua como los acrílicos y es compatible con el óleo. La compatibilidad entre el poliuretano acrílico y la resina policetónica fue verificada por el Departamento de Química Metalúrgica de la Facultad de Química de la UNAM.

Se hicieron probetas en láminas y pruebas directas sobre la escultura, después de evaluar los diversos resultados, pros y contras, se planeó una sucesión de capas adecuada para las zonas

[3] Es un acabado catalizado de poliuretano formulado con pigmentos inhibidores de corrosión de última generación, libres de plomo y/o metales pesados.

[4] Según las pruebas a que la empresa la ha sometido, la pintura elegidaha soportado pruebas de impacto ASTM D2794: > 40 lb/in, de cámara salina ASTM B-117 > 500 hrs, de intemperismo acelerado ASTM D4587: 600 hrs, lo que la ubica como un material muy adecuado para la protección de superficies metálicas en exteriores.

con y sin pintura de origen y se hicieron las aplicaciones de pintura, matizados y aplicaciones de barniz mate necesarias.

Aplicación del sistema de recubrimientos en probetas.

Coloración y matizado

Como ya se ha mencionado, las labores diagnósticas realizadas por el INAH permitieron identificar no sólo que la obra tuvo originalmente un acabado pictórico verde-marrón.

La coloración que presenta la escultura tras la restauración es resultado de una interpretación contemporánea a partir de las evidencias materiales encontradas en la obra, de la investigación gráfica documental, tecnológica, de un investigación de carácter sociológico y de la evaluación plástica de la obra conforme se añadían colores y efectos, incluyendo el acabado mate que integra la apariencia final de la obra.

Colecta de medidas colorimétricas previa a la constitución de los recubrimientos coloridos.

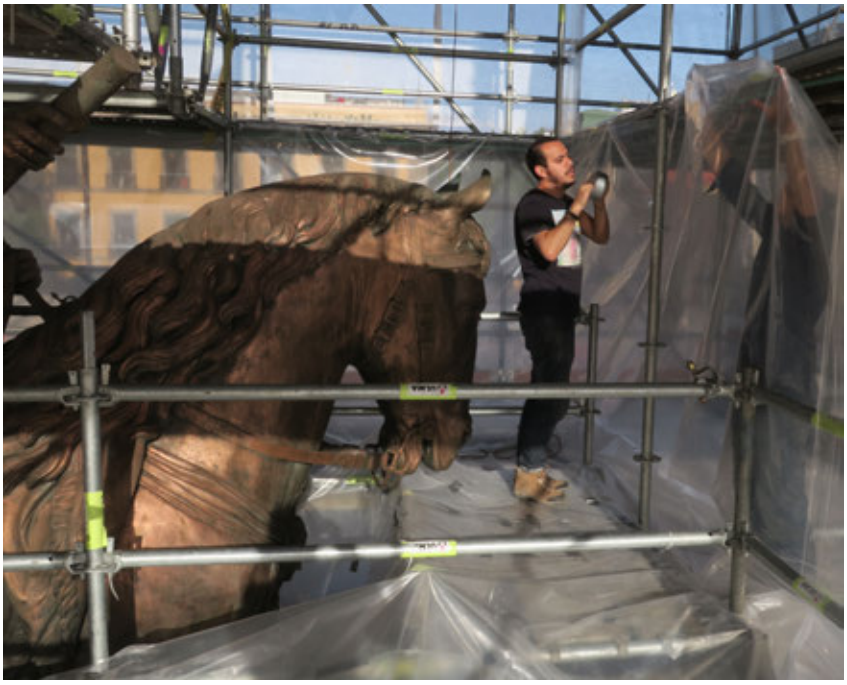
Para determinar la coloración se analizaron las evidencias materiales encontradas en la obra (a través de los análisis metalográficos, colorimétricos y cortes transversales principalmente), los resultados de la investigación gráfica documental, y tecnológica, se discutió en conjunto con los asesores nacionales e internacionales, además de considerar los resultados de la investigación de carácter sociológico.

Para esta investigación se diseñaron dos instrumentos de opinión, uno para todo público, que implicó 500 encuestas, y el otro dirigido a dos grupos de especialistas restauradores y especialistas en arte e historia, con enfoque diferenciado. En ambos casos se buscaba conocer su percepción sobre el color de la escultura.

Quienes respondieron la encuesta no contaron con otra información que la ofrecida en los medios respecto de la presencia de una capa pictórica de origen y la coloración verde de inicio, que se encontraba en la infografía del tapial perimetral, que pudieron o no leer, mientras que los especialistas recibieron un documento precisándolo. La coloración verde se ubicó como la segunda más elegida por el público en general (la primera fue el gris, aunque la escultura nunca tuvo tal coloración), por su parte, la gran mayoría de los especialista estuvo de acuerdo con el rescate del color de origen, refiriéndose a él como un acierto.

Alguno opinaron que aunque los tonos oscuros son los más consumidos por las generaciones

más recientes –por lo que habría sido probable que el público lo aceptara sin problemas– la recuperación del color verde era la mejor opción, y recalcaron que resulta muy importante la difusión para evitar malas interpretaciones y rechazo del público.



Adecuación del espacio para aplicación de recubrimientos.

Resultado de la aplicación de interfaz para la protección de la capa pictórica de origen.

Aplicación del nuevo recubrimiento de color verde.

Proceso de matizado.

Detalles del proceso de matizado.

Comparativa de la condición de la escultura mientras era sometido al proceso con ácido nítrico y al final de la intervención conducida por el INAH.

Aspecto final de la escultura tras aplicación del sistema de recubrimientos: protección de las áreas con pintura de origen, pintura verde, matizado y barniz mate.

4.1.4 Procesos realizados a la placa de bronce

- Remoción de la placa del pedestal, eliminación de elementos de anclaje deteriorados.

Remoción de la placa del pedestal para su tratamiento.

- Limpieza de capa de pintura, grafitis y corrosión.

Limpieza de la superficie.

- Aplicación de inhibidor de corrosión en la superficie metálica.
- Aplicación de nueva capa de pintura negra.
- Recolocación la placa en el pedestal y sustitución de elementos de anclaje.

Aspecto de la placa metálica tras concluir su tratamiento y recolocada en el pedestal.

4.1.5 Procesos generales

Como parte de la intervención integral, se llevó a cabo un levantamiento topográfico de la plaza Tolsá, a partir del nivel de 100 m ubicado en la Catedral Metropolitana de la Ciudad de México. Se colocaron puntos de referencia fijos en el pedestal y en la fachada del Museo Nacional de Arte, para futuros monitoreos de los

asentamientos diferenciales.

Los resultados obtenidos de cada uno de las fases de intervención se registraron y documentaron a detalle complementandose con levantamientos arquitectónicos y con escaneo en 3D y fotogrametría digital.

De esta manera durante poco más de un año se ha realizado el estudio, conservación y restauración integral del monumento con los más altos estándares éticos y de calidad, para que finalmente la el monumento sea devuelto a la sociedad, y procurar su permanencia.

5. Financiamiento

El proyecto, en sus dos etapas, contó con el financiamiento del gobierno de la Ciudad de México a través del Fideicomiso del Centro Histórico. El monto otorgado para el diagnóstico fue de $2,000,000.00 (dos millones de pesos 00/100 M.N.). El monto otorgado para la ejecución del proyecto de conservación y restauración fue de $5,576,995.00 (cinco millones quinientos setenta y seis mil novecientos noventa y cinco pesos 00/100 M.N.)

A las aportaciones para proyecto su sumó la empresa GUTSA, a través de la razón social EPCCOR S.A. de C.V., quien amablemente donó la cantidad de $350,000.00 (Trescientos cincuenta mil pesos 00/100 M.N.)

El propio Instituto Nacional de Antropología e Historia ha hecho una aportación significativa a través de personal especializado que ha desarrollado, supervisado e intervenido en el proyecto en todas sus fases. De un modo similar los especialistas de la UNAM también han trabajado, en su mayoría, de manera altruista en el proyecto.

El recurso financiero otorgado por terceros para realizar el proyecto fue administrado por el Instituto Nacional de Antropología e Historia, quien aplicó el mismo escrutinio y manejo rigurosos que con el resto de sus recursos económicos. Los rubros en los que se aplicó el financiamiento fueron los siguientes:

- Pago de nómina para personal con diversos perfiles, incluyendo: especialistas en conservación y restauración de bienes muebles y bienes inmuebles; arquitectos capacitados para la elaboración de

registros gráficos, investigadores de ciencias sociales para el estudio de las cualidades inmateriales del monumento; personal de apoyo logístico y administrativo para el ordenamiento de los recursos y las actividades; científicos dedicados al estudio de patrimonio cultural metálico.

- Compra de materiales y suministros que fueron utilizados principalmente en la ejecución de los procesos de conservación y restauración que devolvieron al monumento su aspecto y estabilidad material, esto incluyó reactivos químicos, disolventes, material de laboratorio, material de construcción y reparación, prendas de protección personal, herramientas diversas, entre otros.
- Pago de servicios generales, principalmente arrendamiento de infraestructura como andamiaje y casetas para trabajo en el sitio; así como pago de análisis y asesorías científicas. También se pagaron servicios generales como instalación de tapial perimetral, registro fotográfico profesional de alta calidad, impresiones de infografías de gran formato, intervención estructural del núcleo del pedestal, saneamiento de la cimentación, y aplicación de recubrimientos por aspersión en la escultura.
- Finalmente, se realizó compra de equipo especial para labores de investigación, así como maquinaria para llevar a cabo la intervención. También fue adquirido equipo fotográfico para documentar exhaustivamente el desarrollo del diagnóstico y la restauración.

6. Conclusiones

A través de las acciones presentadas, de junio del 2016 a junio del 2017, el Instituto Nacional de Antropología e Historia ha realizado el estudio, conservación y restauración integral de la escultura ecuestre de Carlos IV, incluyendo su pedestal. En todas estas acciones se han aplicado los más altos estándares éticos y de calidad en la materia, para que finalmente el monumento sea devuelto a la sociedad mexicana, procurando su permanencia en los años por venir.

7. Fuentes consultadas

Bertholon, R. (2000). *La limite de la surface d'origine des objets métalliques archéologiques: caractérisation, localisation et approche des mécanismes de conservation*, París: tesis de doctorado en arqueología, Universidad de París 1 Panthéon- Sorbonne.

Blackney, K. (2002). "Painting historic Ironwork", en *Historic Churches*, disponible en http://www.buildingconservation.com/articles/paintingiron/paintingiron.htm, consultado en enero de 2017.

Coignard, J. B. 1699; *Des principes de l'architecture, de la sculpture, de la peinture, et des autres arts qui en dépendent. Avec un dictionnaire des termes propres à chacun de ces arts*. Félibien, André, sieur des Avaux et de Javercy, 1619-1695; Schoonebeek, Adriaan, 1657 or 8-1705; Veuve & Jean Baptiste Coignard, fils: París. Disponible en https://archive.org/details/desprincipesdela00feli, consultado en septiembre 2016.

Contreras, J. y A. García. (2016). "La increíble y triste historia de la cándida escultura metálica y su 'pátina original' desalmada", en *Estudios sobre Conservación, Restauración y Museología*, Vol 3, p 43-55. INAH: México.

Dent, P. (1996). "A Review of the History and Practice of Patination", in Historical and Philosophical Issues In The Conservation Of Cultural Heritage", Stanley N., Kirby M., Melucco A. (eds.). *Los Angeles: The Getty Conservation Institute*, Originalmente publicado in National Bureau of Standards Special Publication 479, Gaithersburg (1977).

France-Lanord, A., (1996) Knowing how to question the object before restoring it. In: N. Stanley-Price, ed. Historical and Philosophical Issues in the conservation of cultural Heritage. Los Ángeles: Getty Conservation Institute, pp.244-247.

González C. (2009). "La pátina y la restauración de metales: entre la objetividad científica y la interpretación crítica". *En Memorias del Primer Encuentro entre Restauradores y Corrosionistas*, Campeche: UACAM.

Humboldt, A. V. (1814). *Researches, concerning the institutions & monuments of the ancient inhabitants of America: with descriptions & views of some of the most striking scenes in the Cordilleras!* (Vol. 1). Longman, Hurst, Rees, Orme and Brown, J. Murray and H. Colburn.

Magne, L. (1917). *L´art applique aux metiers, Decor du metal, le cuivre et le bronze*, Paris: H. Laurens.

Michel, J. (1931). *Coloration des Métaux*. (3ª. Ed.). París: SELD / éditions Jean-Cyrille Godefroy reimpresión de Librairie Centrale des Sciences.

Pelouze, E. (1840). *Secrets modernes des arts et métiers, ouvrage comprenant les decouvertes les plus recentes dans les arts industrieles, et leur applications*..., (Vol. 1). (3a. Ed.). Paris: Librairie de Maison, Successeur de M. Audin.

Philippot P. (1996 [1966]). "The Idea of Patina y the Cleaning of Paintings", en Stanley N., Kirby M., Melucco A. (eds.). Historical and Philosophical Issues In The Conservation Of Cultural Heritage (372-376) Los Angeles: The Getty Conservation Institute. Originalmente publicado en Bulletin de l´Institute Royal du Patrimoine Artistique, 9 (1966).

Rama, J. P. (1988). *Le bronze d'art et ses techniques*, París: Editions H. Vial.

Robbiola, L., Blengino, J.M. y Fiaud, C. (1998). "Morphology and mechanisms of formation of natural patinas on archaeological Cu–Sn alloys", en *Corrosion Science,* (Vol. 40). No. 12, 2083:2111. Amsterdam: Elsevier.

Scott D. y G. Eggert (2009). *Iron and Steel in art, corrosion, colorants, conservation*. Archetype Publications, Londres.