

# TFG

---

## ESTUDIO Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DE LA ESCULTURA “EL PÓRTICO”.

MUSEO AL AIRE LIBRE DE LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE  
VALÈNCIA.

Presentado por Alicia Monreal Molina

Tutor: Xavier Mas Barberà

Facultat de Belles Arts de Sant Carles

Grado en Conservación y restauración de bienes culturales

Curso 2015-2016



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
FACULTAT DE BELLES ARTS DE SANT CARLES

## RESUMEN

En este trabajo se ha realizado un estudio de conservación y restauración de una escultura de hormigón situada en el campus de la Universidad Politécnica de Valencia, llamada "El Pórtico" y realizada por Emilio Luis Escobar Loret de Mola en 1994. Mediante un análisis organoléptico exhaustivo y una buena recopilación bibliográfica se ha realizado un estudio histórico-técnico, estado de conservación de la obra y causas que lo han determinado. Además se plantea una propuesta de intervención, donde se propone la conservación de la obra ante los aspectos más dañinos y la restauración de los daños ya producidos por el medio ambiente. También se describen las técnicas de realización de las estructuras de hormigón y cómo estas pueden afectar a la conservación de la obra de manera muy significativa. Se proponen así mismo algunas medidas preventivas. Este trabajo es un caso más de los pocos que existen sobre hormigón aplicado a la escultura.

## ABSTRACT

This research is a study of the conservation and restoration of "El pórtico", a concrete sculpture located in the campus of "Universidad Politécnica de Valencia". It was made by Emilio Luis Escobar Loret de Mola in 1994. A historical and technical study, the study of conservation of the sculpture and its causes have been carried out by means of an in-depth organoleptic analysis and a bibliographical research. It is also explained an intervention proposal that suggests the conservation of the main damages caused by the environment. As well it describes the techniques of making concrete structures and how they can affect the sculpture conservation. Some preventive measures are proposed too. This is one of the few studies on concrete focus on sculpture at present.

## PALABRAS CLAVE

Emilio Luis Escobar Loret de Mola, escultura de hormigón, corrosión de armaduras, hormigón en la intemperie.

Emilio Luis Escobar Loret de Mola, concrete sculpture, corrosion in reinforced, concrete in outdoors.

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN/JUSTIFICACIÓN.....	3
2. OBJETIVOS.....	4
3. METODOLOGÍA.....	4
4. MUSEO AL AIRE LIBRE. UPV.....	5
5. CASO DE ESTUDIO.....	6
5.1. INTRODUCCIÓN.....	6
5.2. AUTOR Y OBRA GENERAL.....	7
5.3. OBRA OBJETO DE ESTUDIO.....	8
5.3.1. Material y técnica.....	9
5.3.2. Estado de conservación.....	12
5.3.3. Propuesta de intervención.....	23
6. CONCLUSIONES.....	31
BIBLIOGRAFÍA.....	32
ANEXOS.....	34
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	36

# 1. INTRODUCCIÓN/JUSTIFICACIÓN

En este trabajo fin de grado se ha realizado el estudio de una escultura perteneciente al llamado “museo al aire libre” del campus de la Universidad Politécnica de Valencia (de ahora en adelante UPV).

En los numerosos jardines de la universidad se pueden encontrar gran variedad de obras realizadas con todo tipo de materiales y por artistas nacionales e internacionales importantes como Miquel Navarro, Jorge Oteiza, Michael Warren, entre otros. El fondo de esculturas de la UPV se encarga de reunir obras de artistas que han tenido algún vínculo con la universidad, aportando así a los jardines de la UPV un recorrido mucho más interesante.

La obra objeto de estudio pertenece a Emilio Escobar Loret de Mola, arquitecto y escultor que fue docente en la UPV.<sup>1</sup> (figura 1)

El problema más importante de las esculturas del campus en cuanto a conservación, es la exposición continua de éstas a la intemperie y al sistema de riego, de modo que se originan daños irreversibles en las piezas, además de influir en su deterioro la elevada humedad relativa de la ciudad de Valencia.

Aunque se intervengan las obras, si siguen expuestas a estos factores, no cabe duda de que los problemas seguirán siendo patentes.

Con este trabajo se ha pretendido conocer la técnica y el material del que está constituida, el estado de conservación, realizar una propuesta de intervención y proponer medidas preventivas que minimicen los agentes dañinos, todo ello para poder tener en cuenta en un futuro su realización y frenar así el deterioro.



Figura 1. El Pórtico (1994) Ubicada en el Campus Universitario Museo al Aire Libre UPV.

---

<sup>1</sup> ENCICLOPEDIA DE HISTORIA Y CULTURA DEL CARIBE. *Encaribe*

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo ha sido evaluar el estado de conservación de la obra objeto de estudio y realizar una propuesta de intervención.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Conocer al autor y las características formales de la obra, como su técnica de realización y los materiales empleados.
- Valorar las condiciones medioambientales y los errores técnicos en la elaboración de la obra.
- Seleccionar los materiales y la metodología de actuación acorde a las características de la pieza.
- Proponer un sistema de mantenimiento a largo plazo con el fin de minimizar y/o eliminar los agentes y mecanismos de deterioro.

## 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

En primer lugar se llevó a cabo una búsqueda de documentación relativa al autor y a la técnica utilizada para elaborar la obra.

En segundo lugar se realizaron varias visitas a la obra con las que se obtuvo una amplia documentación fotográfica para poder conformar el trabajo, lo que permitió realizar una valoración de su entorno y situación.

Estas visitas permitieron realizar un análisis organoléptico exhaustivo donde se estudiaron las condiciones físicas de la obra, como los materiales utilizados, la granulometría y los deterioros más evidentes.

Para el estudio del estado de conservación y la propuesta de intervención, se realizó además una detallada revisión bibliográfica y documental, por medio de monografías y trabajos científicos sobre ingeniería y arquitectura, estudios sobre el hormigón y su deterioro, físico, químico y biológico.

Por último, basándose en las fuentes consultadas y en el estado de la pieza se incluye unas medidas preventivas, que habría que realizar una vez que la intervención fuera concluida.

## 4. MUSEO AL AIRE LIBRE. UPV

“La idea de crear este museo de escultura al aire libre surgió a finales de los 80, siendo rector de la UPV Justo Nieto. El Campus Escultórico comenzó a dar sus primeros pasos como "una posibilidad de acercarse a la escultura y a sus autores para la gente que no está directamente relacionada con el arte.”<sup>2</sup>

El Museo al Aire Libre, también conocido como campus escultórico es coordinado por el Fondo de Arte y Patrimonio (FAP), forma parte de un área dependiente del Vicerrectorado de Alumnado y Extensión Universitaria de la Universitat Politècnica de València. Su principal misión es administrar los medios y recursos para la correcta gestión de las colecciones y Museos que lo integran. Sus encargadas son M<sup>a</sup> Victoria Vivancos-Ramón, que es la Vicerrectora responsable del Fondo de Arte y Patrimonio (FAP) y Susana Martín-Rey que actúa como Directora del área de la cual depende el FAP y ambas son profesoras adscritas al Dpto. de Conservación y Restauración de BBCC de la Universitat Politècnica de València.

“Se trata sin duda, de una de las colecciones escultóricas de carácter público más notable en el ámbito universitario español, en un entorno totalmente abierto expuesto al aire libre. Campus Escultoric UPV, aborda movimientos como abstracción, cinética, orgánica, geometría”.<sup>3</sup>

El campus cuenta con 73 esculturas de 65 artistas españoles e internacionales muy diferentes entre sí. Entre los más reconocidos se encuentra a, Miquel Navarro, Ángeles Marco, Jorge Oteiza, Eusebio Sempere, Manolo Valdés, Antoni Miró (figura 2), Xavier Mariscal entre otros y, artistas internacionales como, Stephen Daly (figura 3) de Texas o Toshiharu Miki de Tokio.<sup>4</sup>



Figura 2. Antoni Miró. Gades, La Dança.



Figura 3. Stephen Daly. Mentoring.

<sup>2</sup> UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. *Campus electrònic de la UPV.*

<sup>3</sup> GARCÍA FERNÁNDEZ, I., et al. (eds.). *Congreso internacional de museos universitarios. Tradición y futuro.* p. 356 a 360

<sup>4</sup> UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. *Campus electrònic de la UPV.*

## 5. CASO DE ESTUDIO

### 5.1. INTRODUCCIÓN

La escultura objeto de estudio se llama “El Pórtico” (figuras 4 y 5), fue realizada en 1994 por Emilio Luis Escobar Loret de Mola (Lima, Perú, 1934) se encuentra en el campus de la Universidad Politécnica de Valencia.<sup>5</sup>

En este apartado se exponen los aspectos más significativos de la obra objeto de estudio, su autoría, sus características generales, tipo de material y técnica, estado de conservación y, finalmente, la propuesta de intervención.

Un aspecto importante del trabajo ha sido la toma de contacto con el hormigón armado, su composición, y las técnicas de elaboración que se emplean, ya que es un material muy nuevo dentro del campo escultórico, pero que da infinidad de posibilidades para la escultura contemporánea. Se comenzó a utilizar como sustituto de la piedra natural, por ser más económico y fácil de trabajar. Pero con el tiempo se ha descubierto que la labra y el moldeado de este material pueden ser explotados por el escultor, llevando a cabo detalles muy delicados.<sup>6</sup>



Figura 4. El Pórtico (cara oeste)

<sup>5</sup> NIETO NIETO, J. *Escultura del Campus de la Universidad Politécnica de Valencia*, p. 69

<sup>6</sup> MIDGLEY, B. *Guía completa de escultura, modelado y cerámica. Técnicas y materiales*, p. 160





Figura 5. El Pórtico (diferentes perfiles)

## 5.2. AUTOR Y OBRA GENERAL

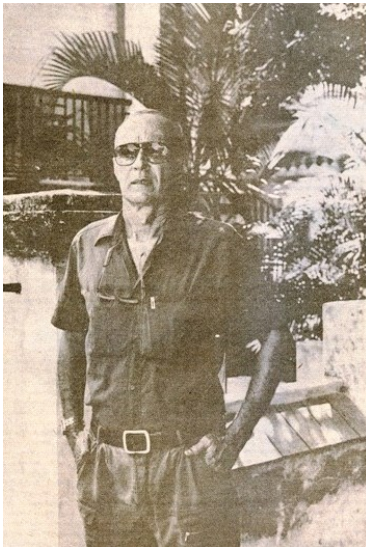


Figura 6. Emilio Luis Escobar Loret de Mola

El autor Emilio Escobar (figura 6) vivió la mayor parte de su vida en Cuba, obteniendo el título de arquitecto en 1961 por la Facultad de Arquitectura de la Universidad de La Habana. Entre sus trabajos de arquitectura destacan los siguientes: en 1963, fue miembro del equipo de proyectistas de la Ciudad Escolar “Camilo Cienfuegos” en Caney de las Mercedes, Escuela Secundaria Básica; en 1965 consiguió el primer premio por la participación en la construcción del parque de los Mártires Universitarios que se llevó a cabo en equipo, en La Habana; en 1968, fue el responsable del equipo de proyectistas del pabellón cubano, en Osaka, Japón; en 1970 se encargó del proyecto del Acuarium Nacional de La Habana. En 1980 alcanzó el título de Doctor en Ciencias Técnicas, especialidad de urbanismo, en Alemania. En 1985 realizó un proyecto de estructuras arquitectónicas para el auge de la cultura en la Cuba socialista.

Fue docente en varias universidades, incluso en la Universidad Politécnica de Valencia. También impartió varias conferencias en universidades de Méjico, Argentina e Inglaterra.

Con el triunfo de la revolución los artistas cubanos de más prestigio, como Sire o Lozano emigraron a Estados Unidos y a Puerto Rico, pero los más jóvenes, como Emilio Escobar, se quedaron en Cuba.

En este momento Emilio Escobar, junto a un grupo de jóvenes arquitectos, realiza en la Habana “El Monumento a los Mártires Universitarios” (figura 7) ya mencionada.<sup>7</sup> Esta obra es la más reconocida del artista debido a que con este proyecto puso de manifiesto su faceta como escultor, y obtuvo su primer premio. Ya en sus primeras esculturas aplicó la técnica del hormigón armado. Se realizó en honor a un grupo de universitarios asesinados durante la dictadura de Fulgencio Batista en 1956 en el Palacio Presidencial. Cuando el equipo de autores recibió el premio la obra se situó en la Necrópolis de Cristóbal Colón.

<sup>7</sup> VEIGAS ZAMORA, J. *Apuntes sobre la escultura en Cuba*, p. 3





Figura 7. Imagen del Monumento a los Mártires Universitarios.

En cuanto a la enseñanza, Escobar sostenía la opinión de que, “Tanto los factores formales como los elementos funcionales de los diseños deben apoyarse en correctas soluciones técnicas y que el deber de los profesores consiste en incentivar a los alumnos a la creación, pero con criterios objetivos, teniendo en cuenta el destino de una obra y las posibilidades reales para construirla.”<sup>8</sup>

El paso de la arquitectura a la escultura lo consideró como una liberación técnica y de acción, donde ya no había que realizar un estudio tan complejo de la estructura, donde hay más cabida a la improvisación, y además se puede trabajar a cualquier escala y ésta no condiciona la monumentalidad del objeto.

Rechaza la idea de las tendencias y los estilos de los artistas, defiende que estos términos te bloquean como artista. Pensaba que el arte es la innovación, el contribuir en algo a la cultura, si no lo llamaba simplemente reproducción.

Le interesa jugar con el volumen y el efecto que este crea en las sombras.

Aunque tenía una gran influencia de la Bauhaus no se le podía considerar un autor puramente racionalista, desarrolló la idea de “establecer volúmenes y espacios a partir de un plano por medio de cortes circulares”. Expresivo de algo más que formas puras e impregnadas de subjetividad.”<sup>9</sup>

### 5.3. OBRA OBJETO DE ESTUDIO: EL PÓRTICO

La obra se sitúa en el campus de la Universidad Politécnica de Valencia, en el jardín al N.O del rectorado.



Figura 8. Sector del campus donde se encuentra la escultura

<sup>8</sup> ENCICLOPEDIA DE HISTORIA Y CULTURA DEL CARIBE. *Encaribe*

<sup>9</sup> *Ibíd.*

Es una obra geométrica, con forma de arco, conformada por dos estructuras divididas en el eje central y, a su vez, formadas por bloques de hormigón armado y superficie texturizada a modo de trapeados y hojas de árboles. Las dimensiones de la obra son: 450 x 360 x 150 cm (alto x ancho x profundo)<sup>10</sup>.

En su obra escultórica se aprecia perfectamente su origen como arquitecto por los materiales y la técnica que utiliza, ya que el hormigón en esa época no era un material conocido en el campo del arte, se utilizaba principalmente en la construcción.

Así él, creando un pórtico, el cual siempre ha sido un elemento arquitectónico, transporta sus conocimientos técnicos, pero queriendo ir más allá y dándole un carácter artístico.

El escritor que habla sobre la obra en el libro del Museo al Aire Libre la describe como “ilusión cotidiana es la apertura simbólica del sendero en que se alza al paso del viandante.”<sup>11</sup>

En esta obra el autor emplea hormigón armado, y diversos materiales que aplica al encofrado consiguiendo texturizar la superficie.

### 5.3.1. Material y técnica

Para la realización de El Pórtico de hormigón armado, según la forma en que está planteado se ha podido deducir que se ha llevado a cabo mediante la técnica del encofrado, la más usada para este material.

El autor utilizó telas de saco, hojas, y realizó varias incisiones para crear en la escultura una superficie texturizada (figuras 9 y 10).

El encofrado debió ser realizado con estructuras de madera, en esa época era el material más utilizado para este tipo de estructuras.<sup>12</sup>

Se cree que realizó la escultura en su taller y luego se transportó al campus y se ancló el terreno, más adelante se explicará el tipo de anclaje que pudo haberse realizado.

El encofrado se realiza mediante la composición de una estructura colocando los tablonos bien adheridos entre sí, para que no haya pérdidas de hormigón, pudo haberlo realizado dividido en bloques. Esto se intuye por la forma de la escultura, construiría un bloque del encofrado de madera y vertería el hormigón, después colocaría sobre éste otro bloque otra pieza de encofrado y realizaría el vertido, así sucesivamente de manera ascendente. Este método lo aplicaría en las dos piezas de la escultura.

Respecto a los efectos de texturas, se ven claramente los materiales que intervinieron, como la tela de saco y las hojas de árbol, en gran parte de la superficie se aprecian perfectamente el tejido de la tela y en la parte superior



Figura 9. Detalle de textura



Figura 10. Detalle textura II

<sup>10</sup> NIETO NIETO, J. *Escultura del Campus de la Universidad Politécnica de Valencia*, p. 69

<sup>11</sup> ENCICLOPEDIA DE HISTORIA Y CULTURA DEL CARIBE. *Encaribe*

<sup>12</sup> GÓMEZ JARILLO, F. *Aplicaciones en la escultura de conglomerantes hidráulicos derivados del clínker puzolánico*.

las hojas. Además debió añadir al encofrado tablonés de madera colocados en diversas posiciones, creando volúmenes inclinados que enriquecen visualmente la estructura.

Adhirió estos materiales al encofrado para que quedaran reflejados en la obra, una vez endurecido el hormigón.

En cuanto al hormigón, en términos generales lo podemos definir como un material de construcción formado por una mezcla de cemento, grava, arena, agua y algunos aditivos en unas determinadas proporciones.<sup>13</sup> Se puede considerar una piedra artificial con acabado natural.<sup>14</sup>

Para la elaboración del hormigón, técnicamente, primero se mezclan los componentes en seco y luego se añade el agua lentamente hasta crear una pasta, que tras su fraguado y endurecimiento se convierte en una estructura sólida y resistente.<sup>15</sup> Las proporciones que se utilicen en la elaboración del hormigón son muy importantes, ya que condicionan la resistencia de la estructura.

En el hormigón las dosificaciones se miden con tres cifras, en vez de dos como en los morteros, para nombrar la cantidad de cemento, la de árido fino y la de grava. Como por ejemplo 1:1:2<sup>16</sup>

En este caso, al usar la técnica del vertido se emplearía una mezcla bastante fluida.

Las partículas de grava utilizadas para el hormigón de la pieza tienen una granulometría de aproximadamente 1-1,5 cm, y las de arena de aproximadamente 1 mm. Estos aspectos se observan gracias a las pérdidas de recubrimiento que presenta la pieza (figura 11).



Figura 11. Detalle de estructura interna

<sup>13</sup> GÓMEZ JARILLO, F. *Aplicaciones en la escultura de conglomerantes hidráulicos derivados del clinker puzolánico*. p. 20

<sup>14</sup> *Ibid.* p. 3

<sup>15</sup> MIDGLEY, B. *Guía completa de escultura, modelado y cerámica. Técnicas y materiales*. p. 160

<sup>16</sup> GÓMEZ JARILLO, F. *Aplicaciones en la escultura de conglomerantes hidráulicos derivados del clinker puzolánico*. p. 32

Una vez vertido el hormigón este debe ser humedecido continuamente hasta su endurecimiento para evitar la rápida evaporación del agua y con ella prevenir fisuras y grietas. Además el aglutinante de la pasta, que es el cemento, tiene un fraguado de tipo hidráulico, lo que significa que endurece en contacto con el agua. De modo que, si mantenemos húmedo el conjunto, mejoramos el endurecimiento de la pieza.

El hormigón armado en un tipo de hormigón que se complementa con barras de acero en el interior para reforzar la estructura, las barras se colocan de forma estratégica para evitar las fuertes tensiones. Éstas deben estar limpias, secas y sin grasa, tampoco deben tener oxidación, al menos que sea en poca cantidad y siempre controlando que no entren en contacto con el encofrado, ya que puede dejar manchas en la pieza, irreparables si no se quiere dañar la obra. Es así que, en la pieza objeto de estudio se han encontrado varias manchas puntuales de óxido que podrían haber sido debidas a esta causa (figura 24).<sup>17</sup>

En cuanto al anclaje de la pieza al terreno, se realiza excavando la superficie de apoyo donde se coloca la estructura y en esta cuenca se vierte hormigón, esta estructura se llama zapata<sup>18</sup>, los anclajes se pueden situar antes o después de su endurecimiento. La más común es la primera ya que su ejecución es más fácil y barata. En este caso se realizarían dos bases de hormigón, en cada punto de apoyo de la escultura, después hay varios tipos de anclajes.<sup>19</sup>

A partir de estos datos se intuye que la obra ha sido realizada mediante la colocación de barras salientes en forma de “L” introducidas en la zapata de hormigón y colocándolas para que sobresalgan de la superficie y así servir de anclaje con la siguiente armadura, simultáneamente se van colocando los encofrados y finalmente se vierte el hormigón. Los encofrados estarían realizados con madera, ya que era el método usado en la época. (Ver figura 12)

---

<sup>17</sup> GÓMEZ JARILLO, F. *Aplicaciones en la escultura de conglomerantes hidráulicos derivados del clinker puzolánico*. p. 12 y 28

<sup>18</sup> Zapata: Una zapata es un tipo de cimentación superficial que puede ser empleada en terrenos razonablemente homogéneos con el fin de soportar las cargas externas.

<sup>19</sup> GÓMEZ JARILLO, F. *Aplicaciones en la escultura de conglomerantes hidráulicos derivados del clinker puzolánico*. 109,110 y 111.

### ARRANQUE DEL SOPORTE DE HORMIGÓN ARMADO DE LA OBRA

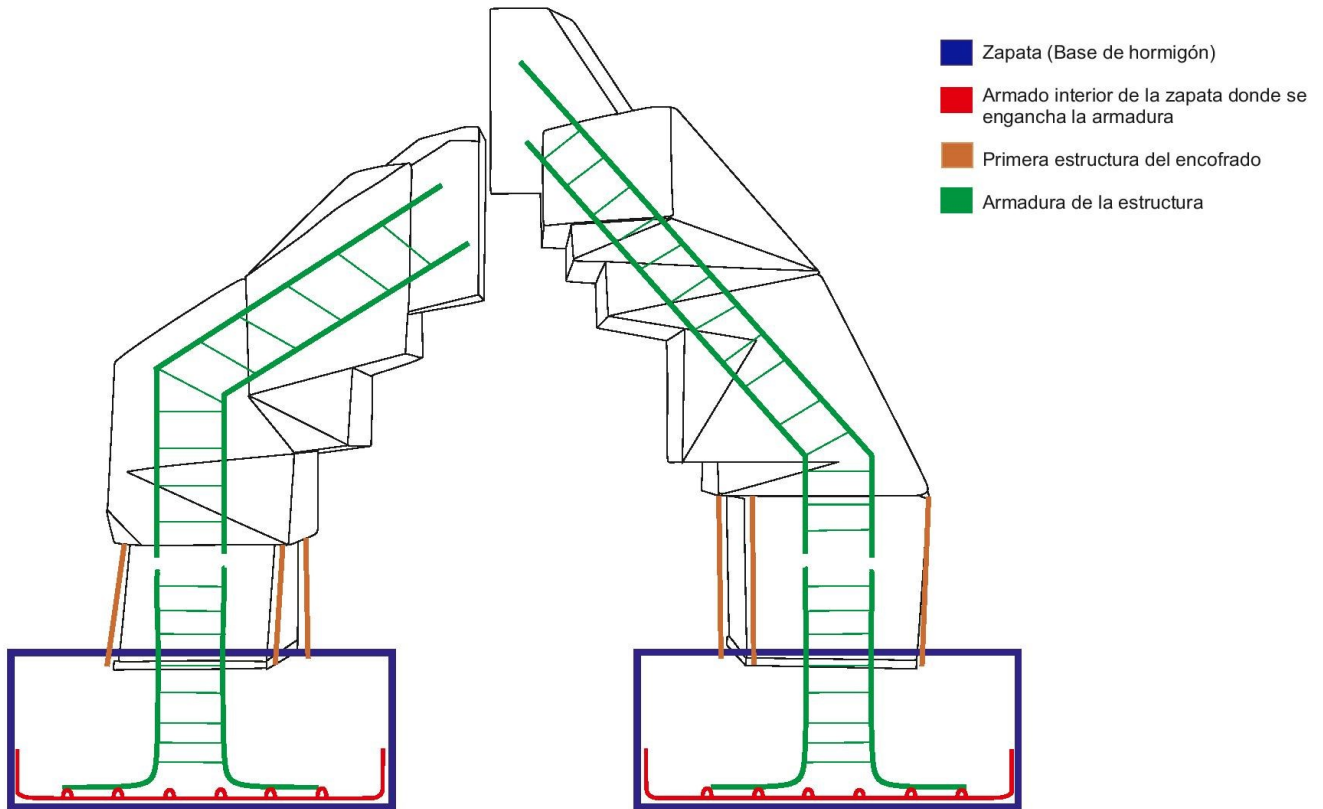


Figura 12. Esquema de hipotética estructura interna.

#### 5.3.2. Estado de conservación

El estado de conservación de la pieza dependerá sobre todo de la composición y estructura del material, proceso de fabricación y manejo, ubicación, orientación, inclinación y las condiciones ambientales a las que esté expuesto.<sup>20</sup>

El hormigón es un material macroscópicamente homogéneo y compacto, bastante resistente. Pero en realidad es heterogéneo y poroso, con lo cual está expuesto a todos los posibles daños al estar en contacto con el medio.<sup>21</sup>

Así pues, el mayor problema de la conservación de esta pieza, al igual que todas las del campus, es que es regada diariamente por los aspersores de mantenimiento del césped. Esto produce los daños más graves, como la aparición de sales, corrosión, disgregación, entre otros.

Además del medio, también influye en su deterioro el proceso de elaboración de los materiales y la puesta en obra, como la calidad de los

<sup>20</sup> VALGAÑÓN, V. *Biología aplicada a la conservación y restauración*. p. 143 y 144

<sup>21</sup> BELMUNT, R. et al. *Manual de diagnóstico e intervención en estructuras de hormigón armado*.



componentes, la trabajabilidad, el transporte y todos los procesos de fabricación, encofrado, vibrado<sup>22</sup>, vertido, etc.

De una buena conservación también dependerá el grado de porosidad, es decir, según las proporciones de áridos, agua y aglutinante y de la relación entre ellos. Una estructura menos porosa es más estable, pero siempre existen huecos entre los conjuntos de áridos e incluso la propia pasta de cemento.<sup>23</sup>

Otro posible factor que puede alterar el hormigón es que puede contener impurezas provenientes de cualquiera de los componentes como polvo, sales, o materias orgánicas, que luego puede crear problemas en la obra.<sup>24</sup>

Con todo esto podemos diferenciar alteraciones tanto de tipo físico, químico, biológico y antrópico que se explicarán a continuación.

- Alteraciones por causas físico-mecánicas

- Lesiones por el proceso de elaboración del hormigón y su endurecimiento.

Pueden producirse fisuras durante todo el proceso, por una evaporación rápida, o por malas proporciones de los componentes.

En nuestro caso se pueden apreciar sobretodo fisuras del momento de endurecimiento donde la evaporación debió ser demasiado lenta y el agua bajó a las zonas inferiores de los bloques donde tardó más en endurecer, provocando también la pérdida de material de algunas esquinas, como se puede observar en las figuras 11 y 13. Se ha podido deducir este proceso debido a los surcos formados en la zona como se aprecia en la imagen de la izquierda (figura 13).

La pieza consta además de una gran grieta (figura 14) en la parte inferior de una de las estructuras, posiblemente causada por errores de anclaje o armadura, por una mala elaboración de la pasta de hormigón, o porque ha estado sometida a fuertes tensiones, además puede ser punto de acceso de sustancias dañinas y agua.<sup>25</sup> Se puede apreciar una colocación de la armadura incorrecta debido a las zonas donde ha habido pérdidas de hormigón dejando ver la armadura, esto se produce cuando no ha sido bien compuesta la estructura de acero con el hormigón.

- Lesiones por los cambios térmicos.

Por el lugar en que se encuentra a veces está sometida a altísimas temperaturas y también a continuas bajadas, lo que provoca efecto de



Figura 13. Detalle de surcos.



Figura 14. Detalle de grieta.

<sup>22</sup> También el vibrado, proceso que consiste en realizar un pequeño movimiento del hormigón fresco para permitir que las burbujas de aire salgan a la superficie. GORISSE, F. *Ensayos y control de los hormigones*. Barcelona: Editores técnicos asociados.

<sup>23</sup> BELMUNT, R. et al. *Manual de diagnóstico e intervención en estructuras de hormigón armado*.

<sup>24</sup> GÓMEZ JARILLO, F. *Aplicaciones en la escultura de conglomerantes hidráulicos derivados del clinker puzolánico*. p. 9 y 10

<sup>25</sup> INSTITUTO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN DE CHILE (ICH). *Técnicas de reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado y albañilerías*.





Figura 15. Detalle base de la pieza afectada por capilaridad.



Figura 16. Detalle de depósitos superficiales.



Figura 17. Detalle de depósitos orgánicos.



Figura 18. Detalle de disgregación.

dilatación-contracción y pueden aparecer también fisuras internas en nuestra pieza. Además debido a las heladas el agua que se encuentra dentro de la estructura al congelar dilata y genera tensiones, en Valencia no es muy común, pues las temperaturas no alcanzan niveles muy bajos.

- Acción del agua y el viento.

La obra está sometida a riego diario, con lo cual éste es el mayor factor de deterioro, tanto por causas físicas, químicas como biológicas, respecto a las causas físicas se puede destacar la erosión directa del agua, la absorción de agua dentro del material, la higroscopicidad. También se puede identificar absorción de agua en la pieza por capilaridad como se muestra en la imagen 15, que se produce por el efecto de succión de agua por la red porosa del material de manera ascendente depende siempre del diámetro y la continuidad de los poros capilares. El grado de penetración depende del tamaño de los poros y de la evaporación que se produzca. Este fenómeno se debe a la tensión superficial de la interfase entre sustancias en contacto líquidas, sólidas y gaseosas.

Por la capilaridad, también entran sustancias nocivas para la pieza provenientes del terreno como sales solubles.<sup>26</sup>

Por la acción del viento y al encontrarse en la intemperie, se encuentran depósitos superficiales de polvo. Como la superficie de la obra tiene relieves debidos a las texturas realizadas por el artista, las sustancias se depositan más fácilmente en los recovecos de la obra (figura 16). También se encuentran acumulaciones de ramas de plantas secas y restos orgánicos en grietas o lugares más escondidos (figura 17).

La mayoría de esquinas y vértices de la obra se encuentra en mal estado, han perdido materia, y se encuentran en estado de disgregación como se ve en la figura 18, seguramente debido a la erosión del agua y el aire, además durante el proceso de elaboración de la pieza serían las zonas más sensibles, ya que es donde más tiempo se acumula el agua y los áridos finos hasta el proceso de endurecimiento.

- Alteraciones por causas químicas

El hormigón tiene un pH bastante básico, con lo cual está en desequilibrio con el medio exterior que puede generar reacciones químicas que afecten a la estabilidad de la pieza. La porosidad del material también permite el transporte de gases y líquido entre el medio y el hormigón, lo que origina la aparición de este tipo de alteraciones<sup>27</sup>:

<sup>26</sup> BELMUNT, R. et al. *Manual de diagnosis e intervención en estructuras de hormigón armado*. MAS I BARBERÀ, X. *Conservación y restauración de materiales pétreos. Diagnóstico y tratamiento*.

<sup>27</sup> BELMUNT, R. et al. *Manual de diagnosis e intervención en estructuras de hormigón armado*. p. 50.



Figura 19. Detalle sales solubles (eflorescencias).



Figura 20. Detalle sales solubles II (eflorescencias).

Por un lado las sales solubles, son compuestos iónicos que se disuelven en agua y cristalizan, aumentando de volumen al producirse la sobresaturación. Ejercen fuertes presiones mecánicas en el interior. Las más comunes son sulfatos, cloruros y carbonatos de sodio, potasio, calcio y magnesio, y los nitratos de sodio, potasio y calcio.

En la obra se encuentran efloras (figuras 19 y 20), así se manifiestan las sales cuando aparecen en la superficie, por evaporación regular del agua. Son velos blanquecinos y éstos solo afectan a la parte estética, pero no se descarta la presencia de subeflorescencias o criptoflorescencias, ya que la obra está en contacto continuo con el agua y con ella el posible arrastre de sustancias agresivas, aunque estos no se pueden identificar, ya que están en el interior.

En concreto las subeflorescencias pueden crear daños graves como: ampollas, escamas, alveolización o exfoliación.

En nuestro caso las efloras han aparecido debido a la capilaridad, cuando penetra el agua del suelo húmedo, de manera ascendente.

El agua de Valencia tiene en mayor medida sulfato, carbonatos y cloruros, este agua será la que expulsan los aspersores, con lo cual se puede deducir el tipo de sales que la pieza contiene.<sup>28</sup>

Además la obra está en contacto con la hierba del terreno, y seguramente a ésta se le aporte algún abono, los cuales contienen sustancias químicas que también pueden influir en su conservación.

Por otro lado, la contaminación atmosférica es el conjunto de sustancias que se encuentran en el aire que pueden dañar el material. La meteorología es un punto importante, ya que influye en el grado de contaminación, la humedad, las precipitaciones, la temperatura y las radiaciones solares.

Hay mecanismos que facilitan el acceso a los materiales pétreos y morteros como la lluvia, la gravedad, la fijación de los gases a la piedra, el viento, etc.

Los contaminantes atmosféricos más peligrosos para el deterioro son el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

Pueden encontrarse en estado líquido o gaseoso. El dióxido de azufre gaseoso en presencia de luz se convierte en trióxido de azufre. En estado líquido se da en las partículas de agua que están en contacto con la acción catalítica de sustancias como polvo, que transforman el dióxido de azufre en ácido sulfuroso, y con la oxidación de este se crea el ácido sulfúrico.

Todo esto también ayuda a la corrosión de las barras de acero internas, debido a las sustancias ácidas que produce la contaminación.<sup>29</sup>

<sup>28</sup> Anexo 1.

<sup>29</sup> MAS I BARBERÀ, X. *Conservación y restauración de materiales pétreos. Diagnóstico y tratamiento.*

Se hablará además, de las reacciones químicas que se producen por causa del acero que son provocadas por la contaminación y por la próxima colocación de las barras a la superficie.

El comportamiento del acero y el hormigón es compatible y adecuado. Tienen un grado de dilatación térmico y una elasticidad similar. Además, el hormigón actúa como protector de la corrosión del acero debido a su pH alcalino.<sup>30</sup>

Pero a raíz de estos posibles errores en la elaboración y las condiciones medioambientales se ha producido corrosión de la armadura y pérdida de hormigón. (figuras 21-24)



Figura 21. Corrosión de armadura y pérdida de hormigón.



Figura 22. Corrosión de armadura y pérdida de hormigón II.

En un hormigón correctamente bien dosificado, bien elaborado y con buen mantenimiento no tiene por qué producirse. Pero en este caso se ha producido por la mala colocación de las barras de acero, muy próximas a la superficie quedando poco estrato de hormigón entre el acero y el medio, el cual actúa como barrera de protección.<sup>31</sup>

La red porosa y las microfisuras de la estructura hacen posible el mayor acceso de sustancias agresivas para el acero.

En la interfase del hormigón y el acero se forma una capa pasivante protectora por un proceso electroquímico debido a la alta alcalinidad del hormigón.<sup>32</sup>

Cuando el hormigón entra en contacto con sustancias que disminuyen su pH comienza la oxidación del acero por la destrucción de la capa pasivante. Esto puede ocurrir por dos factores: la carbonatación del hormigón y la presencia de iones despasivantes.

La carbonatación se produce por la reacción del dióxido de carbono de la contaminación atmosférica con las sustancias alcalinas del hormigón. Por lo que se produce un descenso del pH y comienza la corrosión del acero.

<sup>30</sup> BELMUNT, R. et al. *Manual de diagnosis e intervención en estructuras de hormigón armado*.

<sup>31</sup> MIDGLEY, B. *Guía completa de escultura, modelado y cerámica. Técnicas y materiales*, p. 163

<sup>32</sup> MORENO FERNÁNDEZ, E. *Corrosión de armaduras en estructuras de hormigón*.





Figura 23. Corrosión de armadura y pérdida de hormigón III.



Figura 24. Manchas de corrosión en el hormigón.



Figura 25. Depósito biológico en un orificio de la pieza

Cuando la oxidación se produce por carbonatación se manifiesta de manera homogénea.

El otro mecanismo de oxidación se produce por la presencia de iones pasivantes, normalmente iones cloruro, cuando el número de iones es elevado se rompe la capa pasiva. Es más difícil frenar la corrosión de armaduras dañadas por cloruros que por carbonatación.<sup>33</sup>

En la pieza objeto de estudio, la armadura interna tiene una capa homogénea de óxido, con lo cual se puede valorar como causa la carbonatación del hormigón.

En varios puntos de la obra se encuentra este deterioro, ya que como se ha explicado antes, las barras de acero no se situaron correctamente y están demasiado cerca de la superficie, por lo que el acceso de sustancias agresivas es más fácil.

Una vez producida la oxidación del acero éste se expande, genera tensión y se producen pérdidas de hormigón, así la corrosión cada vez es mayor, debido a que la capa de hormigón deja de proteger el acero.<sup>34</sup>

Además con el aporte de agua diaria y las variaciones de humedad debidas a los aspersores, las sustancias corrosivas alcanzan mejor el interior de la escultura.

- Alteraciones por causas biológicas

Por las condiciones de alta humedad y temperatura, la pieza es vulnerable a todo tipo de ataque biológico. Los más comunes son bacterias, algas y cianobacterias, hongos, líquenes, musgos y plantas vasculares y animales.

Cuando llueve o se riega, el agua queda retenida en los recovecos de la pieza. Además en el acabado de la obra se pueden encontrar gran cantidad de burbujas de aire que aparecieron en el proceso de elaboración.

El agua queda retenida en estos orificios hasta que evapora, todo esto puede ser otro foco de atracción de microorganismos como se aprecia en la imagen 25.

En la pieza se han identificado:

Por un lado líquenes, que son una asociación entre un hongo y un alga o una cianobacteria. Soportan muy bien la desecación y temperaturas extremas. Muy comunes en materiales de construcción como el hormigón. También favorece la presencia de otros microorganismos. Pueden afectar al factor estético porque produce una variación cromática, mecánica y química. El menor de los problemas es el daño estético, pero sí afecta mecánicamente, ya que las hifas de los hongos penetran por los poros de la superficie y también químicamente por el metabolismo que producen

<sup>33</sup> HERNÁNDEZ LÓPEZ, Y. *Evaluación de microsílce en la reparación de vigas de hormigón armado contaminado con cloruros*

<sup>34</sup> MORENO FERNÁNDEZ, E. *Corrosión de armaduras en estructuras de hormigón*. p. 59

BELMUNT, R. et al. *Manual de diagnosis e intervención en estructuras de hormigón armado*.



Figura 26. Detalle de ataque biológico.



Figura 27. Detalle de ataque biológico. II



Figura 28. Detalle de ataque biológico. III

sustancias ácidas que afectan al pH del material. Se pueden intuir en la obra por las ligeras coloraciones amarillas en algunas zonas. Aparece en lugares donde la contaminación atmosférica es muy baja, en Valencia hay contaminación pero en este caso por la alta humedad y temperatura han llegado a habitar la pieza.

Por otro lado se han detectado musgos y hepáticas, pertenecen a los briofitos. Son casi siempre plantas muy pequeñas que requieren un esfuerzo importante para su detección. Algunos lugares pueden estar constituidos masivamente por briofitos como turberas, incrustaciones en fuentes, rocas húmedas, etc. Los musgos tienen tallos y hojas pero con importantes diferencias con las plantas superiores, los briofitos no tienen tejidos conductores leñosos, ni tejidos de sostén lignificados. También tienen algunas semejanzas con las algas y los helechos.<sup>35</sup>

Aparecen en ambientes con suficiente agua y luz, y sobre todo en superficies porosas y en morteros.

Los musgos producen daños físicos con la introducción de las raíces en el material. También desprenden sustancias químicas, además el crecimiento de las raíces en el interior facilita la penetración del agua en la piedra.

Cuando se dan buenas condiciones también pueden aparecer las plantas vasculares, que producen alteraciones mecánicas por el crecimiento de sus raíces y el agua que va junto a ellas. Producen alteraciones químicas cuando las raíces segregan sustancias capaces de disolver componentes de los materiales pétreos. Es el ataque biológico más extendido en nuestra pieza, presentándose como manchas negras y grisáceas, que son homogéneas, y es un indicador para poder deducir que son musgos. No tienen color verde porque están en estado latente, en esta época reciben muchos rayos del sol, con lo cual no tendrán suficiente humedad. Pero cuando reciben humedad de nuevo, vuelven a activarse y adquieren de nuevo colores verde amarillentos.

Como conclusión, en la obra objeto de estudio tras varias visitas se ha deducido la presencia de musgos y líquenes (figuras 26-28). En las diferentes visitas se pudo apreciar cómo los microorganismos variaban su color, según el grado de humedad del ambiente de ese día.<sup>36</sup>

También existe el problema de las aves, son las que producen más deterioro en los materiales pétreos, por sus movimientos, la acumulación de sustancias orgánicas y sobre todo por sus deyecciones, que contienen sustancias ácidas que corroen los materiales.

Otros animales que también intervienen en el deterioro de este material son insectos o arañas. Las especies de animales que pueden afectar a la piedra se clasifican según la alteración que producen.

<sup>35</sup> AUGIER, J. *Flore des bryophytes. Encyclopédie Biologique-LXIV*. París: Éditions Lechevalier

<sup>36</sup> VOLKMAR, W, et al. *Guía de campo de los musgos, líquenes y hepáticas*.





Figura 29. Detalle depósito de insectos.

En la obra se pueden identificar varias deyecciones de pájaros, telarañas y acumulaciones generadas por insectos (figura 29).<sup>37</sup>

- Alteraciones por causas antrópicas

También se podría incluir en este apartado el gran deterioro que produce el riego por aspersores, ya que depende del control humano y se podría evitar, pero dado que ya ha sido expuesto previamente, se incluyen las siguientes:

- Actos vandálicos.

Hay varias pintadas pequeñas en la escultura, por suerte todas están realizadas con lápiz de grafito (imagen 31) excepto una que parece pintura (imagen 30).

- Mantenimiento.

Se debería controlar también el podado del césped. Hay periodos en los que se encuentra demasiado alto y en contacto directo con la pieza (figura 32).



Figura 30. Mancha de pintura.



Figura 31. Mancha de grafito.



Figura 32. Césped en contacto con la obra.

<sup>37</sup> VALGAÑÓN, V. *Biología aplicada a la conservación y restauración*. p. 154



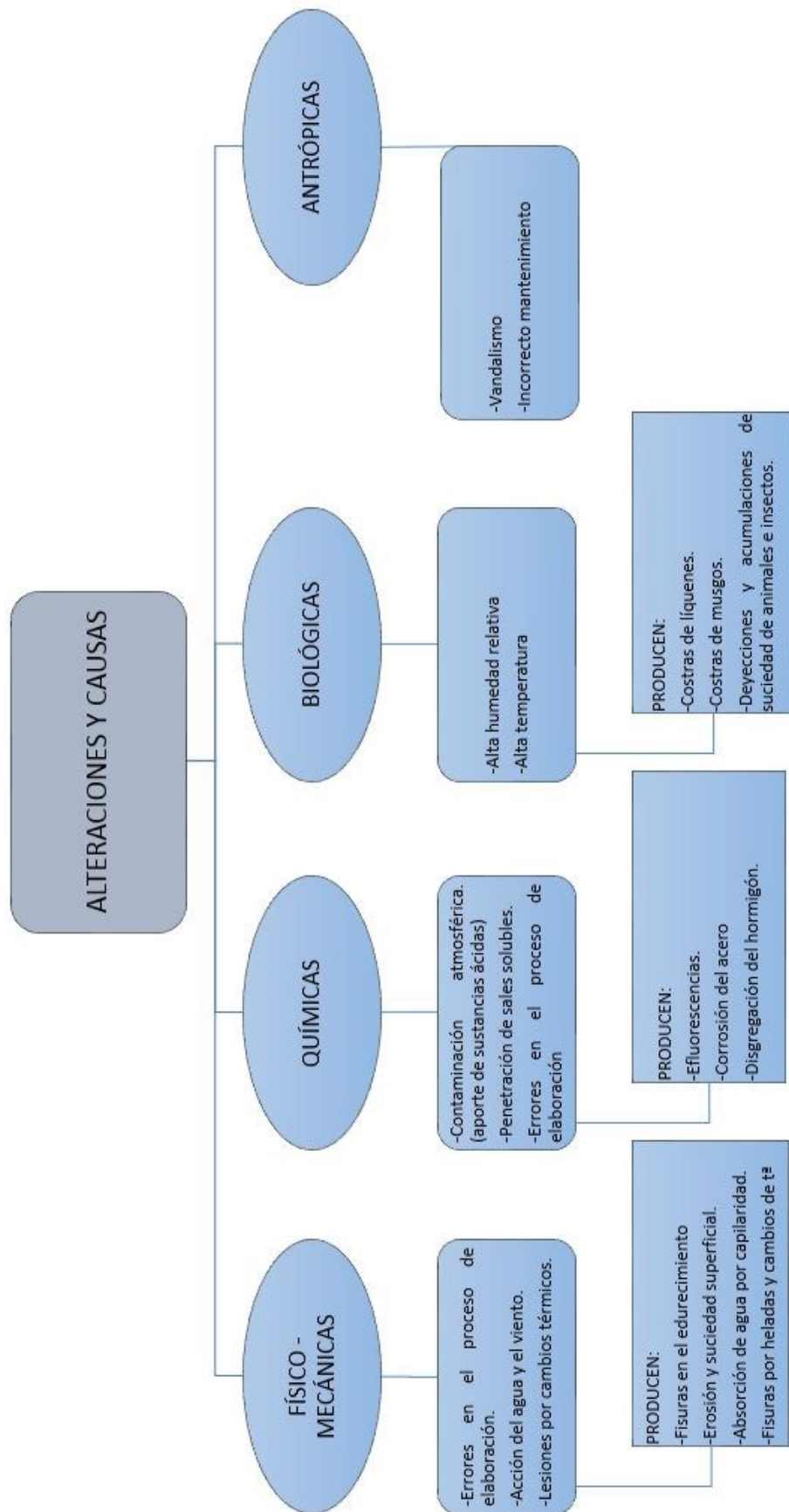
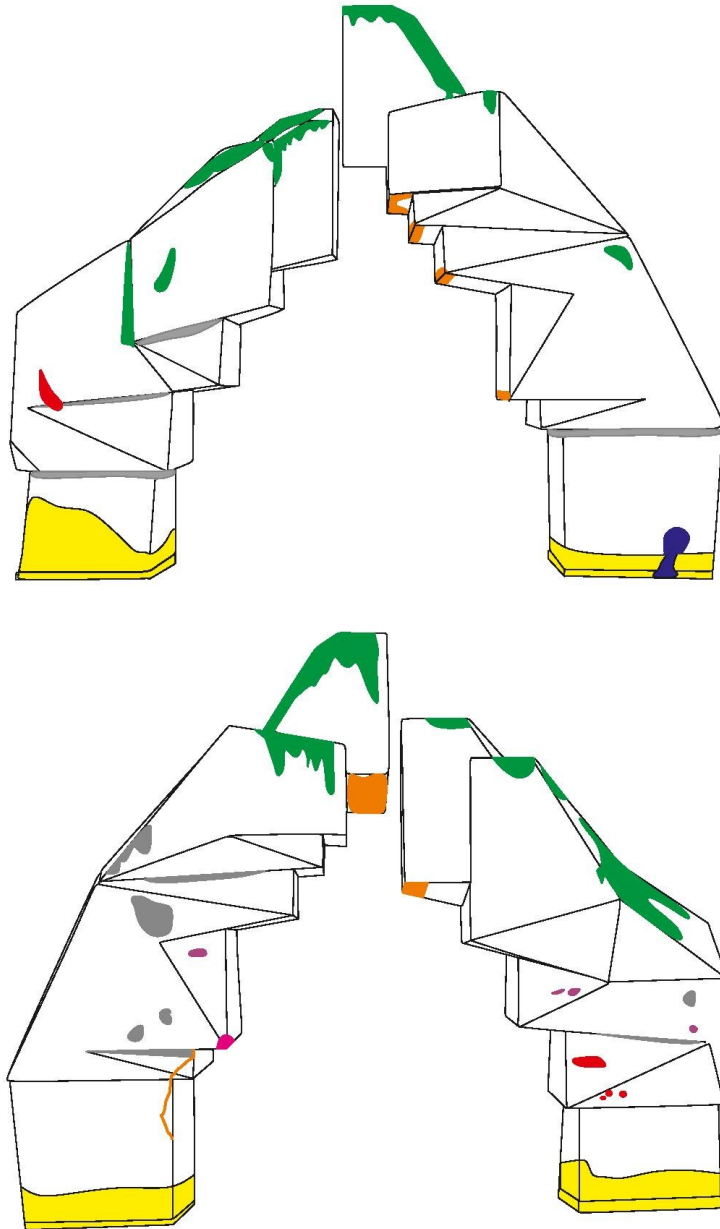


Figura 33. Esquema de causas y alteraciones

A continuación se muestran los diagramas de daños de las cuatro perspectivas.











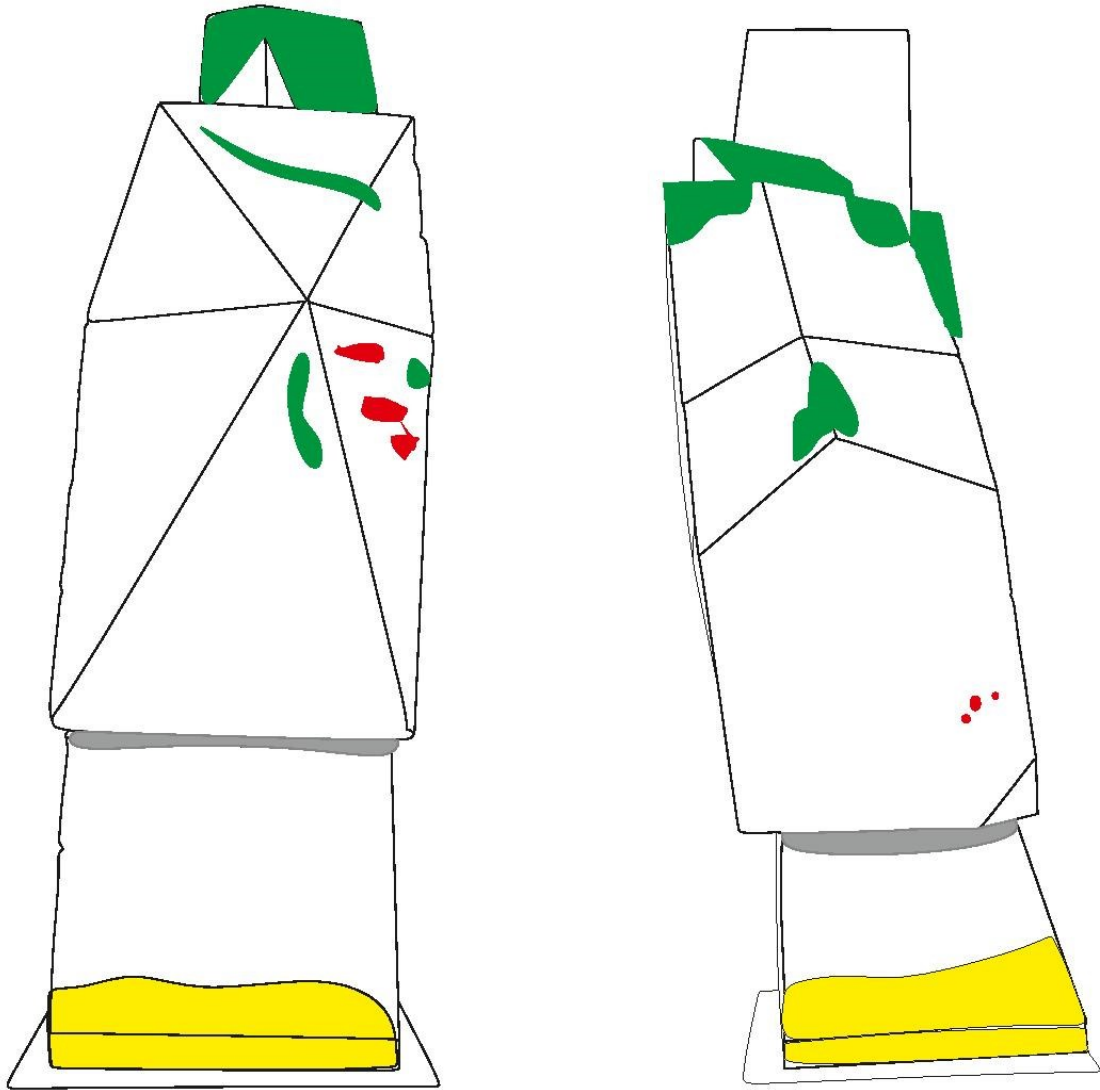
LEYENDA	
	Costras biológicas
	Fisuras y grietas
	Corrosión y pérdida de hormigón
	Manchas de absorción por capilaridad
	Concreciones y depósitos de suciedad
	Eflorescencias
	Desprendimiento
	Actos antrópicos

Figura 34. Diagramas de daños 1 y 2







LEYENDA	
	Costras biológicas
	Corrosión y pérdida de hormigón
	Manchas de absorción por capilaridad
	Concreciones y depósitos de suciedad

Figura 35. Diagramas de daños 3 y 4

### 5.3.3. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

En este apartado se plantea una posible intervención considerando todas las características estudiadas previamente, como el estudio exhaustivo de los materiales que constituyen la obra, las patologías, su grado de alteración, y la realización de los diagramas de daños. Siempre mediante el criterio de mínima intervención.

- Criterios de intervención

Para realizar la propuesta de intervención se ha tenido en cuenta siempre las condiciones ambientales a las que esté expuesta la obra, para valorar qué materiales son los más adecuados para intervenirla.

Además siempre contando con los puntos de reversibilidad y respeto.

En cuanto al aspecto de reconocimiento de las posibles intervenciones de reintegración volumétrica, se ha propuesto un método ilusionista ya que se habla de una obra contemporánea en la que tiene mucho peso el valor conceptual, por lo que se intentará retomar el acabado inicial de las partes dañadas dado que se piensa que es el aspecto más importante de la obra, pero siempre dejando documentadas todas las intervenciones.

- Pruebas analíticas

En primer lugar se realizarán varios ensayos analíticos sencillos que pueden completar la información en cuanto a la identificación de los mecanismos de alteración y también pueden servir de ayuda para conocer mejor las características de los materiales y así realizar una elección adecuada de los métodos de intervención. Como por ejemplo:

- Pipeta Karsten: con ella se conocerá el grado de absorción del material y así se podrá elegir las sustancias necesarias para la intervención.

- Tiras reactivas de pH: Miden el grado de alcalinidad. Se conoce que el pH del hormigón es alto, pero así se podrá averiguar su descenso en las zonas de corrosión del acero, o en las de ataque biológico.

- Prueba de tensión superficial. Necesario para saber el grado de humectación y mojabilidad del soporte.

- Carta Mussel: Sirve para identificar el color exacto de la obra. Ayudará en una posible coloración del hormigón de reparación.

- Catas de limpieza. Limpieza

Se llevará a cabo la limpieza, siempre asegurando:

- Que sea efectiva y gradual, comenzando con lo más inocuo para la obra.
- Que no se ocasionen daños mecánicos.

- El uso de materiales inocuos que no dañen a las propiedades originales de los materiales de la obra.

- Evitar la aportación de sales con los materiales empleados y que no dañen al hombre ni al medio ambiente.

Se comenzará con una limpieza mecánica en seco o combinado con agua de toda la superficie, eliminando la suciedad superficial general de la obra y después con las concreciones puntuales de origen diverso.

Para la primera limpieza se utilizará una brocha y una aspiradora eliminando la suciedad superficial menos adherida, después para las costras más adheridas, que son las interpretadas en los diagramas de daños en gris como concreciones y depósitos de suciedad de los que no se conoce su naturaleza, se emplearán, escalpelos, lápiz de fibra de vidrio y micromotores, ya que es un soporte de alta dureza. Se realizarán pequeñas pruebas para elegir el más eficaz, siempre de una manera muy gradual y meticulosa para no llegar a dañar la superficie original.

Para los daños antrópicos realizados con grafito, se emplearán gomas, se llevarán a cabo pruebas con los distintos tipos como por ejemplo goma Smoke sponge<sup>®38</sup>, goma Milán<sup>®39</sup>, se escogerá la que deje menos residuos y sea más efectiva.

Si las concreciones de suciedad todavía no hubieran sido eliminadas se emplearán métodos eléctricos o de aire comprimido siempre muy controlado, se realizarán pruebas con proyección de partículas, estudiando bien el tipo de abrasivo que le conviene a la obra en cuanto a dureza, ultrasonidos, microincisores, vibroincisores, etc. Se elegirá el que elimine la suciedad y sea menos dañino para la superficie. Para estos métodos siempre será necesario un aspirador que recoja las partículas que se van retirando. Como se trata de una pieza a la intemperie para las herramientas eléctricas utilizadas se necesitará alguna fuente de electricidad como baterías, o alargadores que lleguen al edificio más próximo.

Para complementar la limpieza de estas concreciones si todavía no se han podido eliminar se emplearán apósitos de pasta celulósica impregnados de agua y cubiertos con un film de polietileno para que no pierdan la humedad. Con éste método podemos evitar la profunda penetración de agua en el hormigón pero mantener húmeda la costra durante el tiempo que requiera para facilitar la eliminación mecánica. Habrá que realizar pruebas previas de todos estos procesos, pero se cree que con la proyección de partículas se conseguirán buenos resultados.

La limpieza química será esencial a la hora de eliminar las costras biológicas, en estos casos se cambia el orden normal de actuación. Primero se emplean métodos químicos para eliminar a los microorganismos y después mecánicos, puesto que si se comienza con métodos mecánicos los

---

<sup>38</sup> Anexo 2

<sup>39</sup> Anexo 3

microorganismos ejercen un mecanismo de defensa, quedan en estado latente, y si eliminamos las costras las raíces quedarían dentro del hormigón, permitiendo así su reparación en el futuro.

Para el caso de musgos y líquenes se empleará un biocida, y el método de aplicación podría ser mediante brocha o empacos de sepiolita o fibra celulósica, que lo retendrán durante más tiempo en la superficie a tratar. La elección del biocida se hará según su efectividad y toxicidad.<sup>40</sup> Habrá que realizar las pruebas necesarias para asegurarse, mediante la toma de muestras o pequeñas catas. Se propone un biocida de amplio espectro para una mayor seguridad de eliminación de todo tipo de microorganismos y uno donde no sea necesaria la remoción del producto, pues así, quedando residuo se evita la reaparición del ataque biológico. El Biotin R<sup>®41</sup> es bueno para aplicarlo en superficies que se encuentran al exterior debido a su baja solubilidad en agua, pero requiere realizar la remoción, así que también se realizará una prueba con el producto BFA<sup>®42</sup>, de la empresa Remmers, este no necesita remoción y es de amplio espectro, que como ya se ha mencionado previamente son los requisitos más importantes, tiene pH neutro factor muy importante sobre todo para la corrosión de las armaduras internas. Se aplicará con brocha intentando penetrar bien para eliminar las raíces, el periodo de actuación que requiere el BFA es de 6 horas. Se hará una primera aplicación y se observarán resultados, si no es suficiente se probará con otra aplicación. Una vez que el biocida haya hecho su efecto se retirará la costra biológica restante mecánicamente, sin dañar la superficie.<sup>43</sup>

- Consolidación

En cuanto a la elección de productos adhesivos, consolidantes y protectores, en el campo del hormigón es algo difícil porque el mercado ofrece productos indiferenciadamente para la industria de la construcción y el patrimonio artístico, pero estos productos deben cubrir unos requisitos como, no modificar las propiedades estéticas, compatibilidad con los materiales constitutivos, y larga estabilidad en el tiempo.

En esta fase del proceso se pasará a la consolidación de las zonas disgregadas, la mayoría de esquinas y vértices de la obra, se pueden apreciar los áridos, se ha perdido conglomerante. Se empleará una consolidación superficial y en las pequeñas fisuras una consolidación interna.

En estas zonas no se realizará una reintegración volumétrica, pues no ha perdido suficiente material, solamente en las pequeñas fisuras.

---

<sup>40</sup> MAS I BARBERÀ, X. *Conservación y restauración de materiales pétreos. Diagnóstico y tratamiento.*

<sup>41</sup> CTS. *Catálogo general CTS 2014.* p. 76 Anexo 4

<sup>42</sup> Anexo 5

<sup>43</sup> EL GRUPO ESPAÑOL DEL IIC (International institute for conservation of historic and artistic Works) . *Grupo español de conservación.*



Para la consolidación superficial se podría aplicar Estel 1000<sup>44</sup> en White Spirit, compuesto por silicato de etilo, que mejora las propiedades mecánicas del soporte disgregado y disminuye su porosidad, permeabilidad y no produce variedades cromáticas. Además es afín al hormigón por su naturaleza silícea.

El consolidante Tevakon V-100<sup>45</sup> también podría ser un buen producto para la consolidación superficial, tiene una elevada penetración, no crea manchas ni cambios cromáticos.

Con toda la información se realizarían pruebas en probetas de hormigón y se escogerá el que más se ajuste a un buen acabado y buenas propiedades mecánicas.

El método de aplicación para las zonas disgregadas se realizaría con brocha, según los resultados de la pipeta karsten se estudiará el grado de penetración del soporte y se aplicarán la capas necesarias, diluidas para conseguir una baja viscosidad hasta que se crea conveniente para evitar excesos y procurando que penetre bien por toda la zona dañada.

En cuanto a la consolidación de las pequeñas fisuras se realizará de manera interna, por el método de morteros de inyección. En este caso no se consolidan por un valor estético, sino porque estas fisuras permiten el paso del agua al interior de la escultura con lo cual es una manera de sellar estos orificios para frenar el ataque. Se utilizará un mortero de origen inorgánico por afinidad al material original. No se recurrirá a morteros predosificados, así se realizará con los componentes ideales para la obra.

Se realizará una mezcla de cemento blanco y arena fina para conseguir una pasta más fluida y manipulable para la inyección. El cemento para el caso de piedra natural no se aconseja por su excesiva dureza, pero al tratarse de una pieza de hormigón se acoplará bien a sus propiedades. Para ajustar el color se añadirá pigmento. Se elaborará con una dosificación 2:1 y 3:1 en diferentes probetas y se elegirá la más adecuada para las fisuras. Si se quisiera aumentar la adherencia del mortero al soporte se puede añadir una resina acrílica como Acril 33<sup>46</sup>. Antes de aplicar el mortero en las fisuras se limpiará su interior con proyección de aire comprimido.

- Reparación de grieta y faltante.

En este apartado se propone la reintegración del desprendimiento de una esquina de la obra, la consolidación y relleno de la grieta.

Para la reintegración volumétrica del desprendimiento, se plantea la elaboración de una especie de soporte que ayude a la aplicación del mortero, puesto que la laguna se encuentra en una esquina de la parte inferior de uno de los bloques. Para este soporte se plantea la colocación de una tabla de

---

<sup>44</sup> CTS. *Catálogo general CTS 2014*. p. 38. Anexo 6.

<sup>45</sup> Anexo 7

<sup>46</sup> CTS. *Catálogo general CTS 2014*. p. 19. Anexo 8

madera ligera, colocada con un gato, de manera que siga en línea recta el vértice de la esquina. La tabla habría que tratarla con algún desencofrante para evitar problemas en el momento de separarla del mortero añadido, como por ejemplo una parafina que es la que menos riesgo tiene de manchar la obra, se podría usar uno de marca SIKA<sup>®47</sup>, que se indica para superficies porosas como madera.<sup>48</sup>

Se realizarán pruebas de un mortero inorgánico por su reversibilidad y afinidad al material original y sus propiedades hidráulicas. La elección de áridos y conglomerante se hará con respecto a la mayor similitud posible al original, pero se utilizarán los áridos algo más finos, con el fin de no generar tensiones en la pieza. Por ejemplo al igual que se ha empleado para las fisuras se escogerá el cemento blanco que tiene un acabado más fino y como áridos, se empleará también una arena fina pero en este caso además, otro árido un poco más grueso para conseguir una estructura interna más resistente ya que en esta zona hay que reintegrar una mayor superficie.

Para escoger los áridos se tomarán muestras de los que componen la pieza, se analizarán y se emplearán los mismos pero de menos granulometría. La dosificación será 1:2:2 o 1:1:2 en el inorgánico.

Para la aplicación se comenzará realizando todas las probetas de mortero que sean necesarias, variando cromatismo, añadiendo pigmentos, valorando la resistencia y el acabado, buscando la similitud al original y unas buenas propiedades mecánicas.

Para la aplicación, como la grava del hormigón es de granulometría muy gruesa con el desprendimiento se han generado orificios profundos, con lo cual antes de aplicar el mortero con espátula se inyectará en estos con el mortero utilizado en la consolidación de fisuras.

Después se aplicarán con espátula en el inorgánico, primero habiendo humedecido con agua el soporte para que éste no absorba la humedad del mortero y se agriete. Si se realiza con el orgánico el soporte deberá encontrarse seco.

La primera capa se aplica presionando bien en la laguna para asegurar una buena fijación. Esta capa se compondrá de áridos más gruesos y después se podrá reducir.

Una vez que el mortero haya fraguado, los excesos se irán puliendo con micromotor y después con papeles abrasivos de diferente grosor. Cuando se haya conseguido el volumen correcto se procederá a la búsqueda del acabado más similar posible al original, en esta zona es bastante liso por lo que será fácil imitar el acabado textural realizado por el artista.

En cuanto a la reparación de la grieta primero se limpiará en su interior mediante proyección de aire comprimido para eliminar los residuos que pueda haber en el interior, como depósitos de insectos, polvo, etc. Se

<sup>47</sup> Anexo 9

<sup>48</sup> GÓMEZ JARILLO, F. *Aplicaciones en la escultura de conglomerantes hidráulicos derivados del clínker puzolánico*. p. 49

reintegrará mediante mortero de inyección, se buscará alguno elástico que soporte los futuros movimientos de la pieza. Se recomienda mortero de inyección inorgánico al igual que en reparación de fisuras, se tratará con pigmentos y alguna carga fina, se aplicará por capas, evitando que quede aire entre los estratos y finalmente los excesos se eliminarán con escalpelo, papeles abrasivos y micromotor, recogiendo los residuos mediante aspiración. El relleno de la grieta se realizará además de por el valor estético, por evitar que penetre agua y otras sustancias nocivas en el interior de la pieza, gran problema para la corrosión de la armadura interna.

- Reparación de los daños por corrosión de la armadura

Para la reparación de los desprendimientos de hormigón por corrosión normalmente se lleva a cabo la eliminación del hormigón deteriorado (mediante chorro de agua, medios mecánicos, etc.), saneado del acero, adición de nueva armadura si fuera necesario, en la pieza al ser en pequeñas partes no se añadirán, y finalmente la reconstrucción de la superficie, a menudo utilizando hormigones especiales.<sup>49</sup>

En cuanto a la corrosión de las barras de acero interno hay que limpiar muy bien el óxido existente.

Se eliminará el óxido mecánicamente y con ayuda de disolventes, como alcohol y acetona y empleando como herramientas, escalpelo, sonda de dentista o un cepillo e incluso herramientas mecánicas eléctricas como proyección de micropartículas o micromotor. La limpieza del acero se hará con gran detenimiento para no llegar al núcleo de la barra, se dejará una fina capa, que es una pátina estable y protege la pieza para evitar reaparición de corrosión. También habrá que eliminar las manchas de óxido del hormigón, si no se corre el riesgo de que reaparezca, todo esto mediante limpieza como ya se ha explicado, cumpliendo los criterios de intervención.

Una vez retirado el óxido, recurriendo a la norma UNE de reparación de armaduras, se aplicará el método de aislamiento de la armadura dañada que evite la reaparición de la corrosión, así se crea una capa que aumenta la resistencia contra la penetración de agentes externos.<sup>50</sup> Se pueden utilizar revestimientos de lechadas de cemento, inhibidores superficiales de corrosión o polímeros.<sup>51</sup> Las resinas epoxídicas también se utilizan mucho pero no son aconsejadas, pues han causado problemas en estructuras donde se había aplicado desintegrando lentamente la armadura<sup>52</sup>. Se utilizará un

<sup>49</sup> COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE CATALUÑA. *Recomendaciones para el análisis, conservación y restauración estructural del patrimonio arquitectónico*. p. 27

<sup>50</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN 1504-Parte III. *Métodos de reparación para los principios relacionados con la corrosión de las armaduras*

<sup>51</sup> BELMUNT, R. et al. *Manual de diagnosis e intervención en estructuras de hormigón armado*. p. 129

<sup>52</sup> BELMUNT, R. et al. *Manual de diagnosis e intervención en estructuras de hormigón armado*. p. 108

revestimiento cementoso, SikaTop<sup>®</sup> Armatec<sup>®</sup>-110 EpoCem<sup>®53</sup> por sus propiedades anticorrosión debido a que contiene inhibidores y a su buena adherencia al acero y al hormigón, contiene cemento Portland, resina epoxi, áridos seleccionados y aditivos. Se aplicará con brocha una vez que se hayan eliminado bien los productos de corrosión.<sup>54</sup>

Una vez seco el revestimiento se aplicará el mortero de reintegración de la laguna. Además de rellenar el volumen de la pérdida de hormigón se vuelve a generar la capa alcalina que protege a la armadura.<sup>55</sup> En este caso se utilizará un mortero inorgánico convencional donde se realizará la mezcla con los ingredientes y proporciones adecuadas, realizando pruebas y considerando lo más adecuado para la escultura, los componentes serán los mismos que se elijan para la reparación de la grieta.

Realizando el mortero inorgánico se consigue una estructura más similar al hormigón original, reversible y alcalino.

- Protección

Esta fase se realizará con fin conservativo, una vez se hayan realizado todos los procesos anteriores, la limpieza, consolidación y reintegración, puesto que si no corremos el riesgo de dejar adheridas en la superficie estas sustancias que son dañinas para la obra. La protección para este caso es de gran importancia ya que siempre se encuentra en contacto con el medio y recibe diariamente rayos ultravioleta, humedad, variaciones de temperatura, ataque biológico y CO<sub>2</sub> que corroe la armadura.

El método y material que utilicemos debe cumplir las siguientes características:

- No alterar el aspecto original de la pieza.
- Resistencia a rayos UV, que oxiden y amarillen el producto utilizado.
- Evitar el desarrollo de microorganismos.
- Poseer estabilidad química en relación con el hormigón. Evitando la aparición de eflorescencias o anomalías debidas al alto pH del hormigón.
- Que generen permeabilidad al vapor de agua para que este respire, e impermeabilidad al agua en estado líquido.
- Que el producto utilizado sea reversible.
- Fácil aplicación y buena penetración.

Cumpliendo en la medida de lo posible todos los parámetros anteriores se aplicará un producto hidrofugante que evite la absorción continua de agua de la pieza, pero escogiendo uno que deje que la pieza respire.<sup>56</sup>

---

<sup>53</sup> Anexo 10

<sup>54</sup> SIKA ESPAÑA. Building trust, Sika. Madrid: Sika Services AG, 2014.

<sup>55</sup> MORENO FERNÁNDEZ, E. *Corrosión de armaduras en estructuras de hormigón: estudio experimental de la variación de la ductilidad en armaduras corroidas aplicando el criterio de acero equivalente*

<sup>56</sup> BELMUNT, R. et al. *Manual de diagnosis e intervención en estructuras de hormigón armado*. p. 117.

Los protectores hidrofugantes de materiales pétreos normalmente están constituidos por compuestos organosilícicos, polímeros orgánicos sintéticos, o ceras.<sup>57</sup> Para la elección del protector recurrimos al catálogo de PdC (Productos de Conservación). Se han encontrado dos idóneos, Tegosivin HL 100<sup>®58</sup>, se trata de un silicato con lo cual, afín al hormigón, puede reducir a un 90 % la absorción de agua del soporte. Por otro lado se ha escogido el Waker 290<sup>59</sup>, compuesto de silicona a base de silanos/siloxanos, las siliconas también son muy utilizadas en el campo de la protección y son muy adecuadas para materiales de construcción. Con estos dos productos habría que realizar pruebas previas. En cuanto a la aplicación de los dos se aconseja su aplicación mediante pulverización. Así se distribuirá de manera homogénea por toda la superficie<sup>60</sup>.

- Medidas preventivas.

Puesto que la pieza se encuentra en un lugar donde se expone a numerosos factores de deterioro, en este apartado se proponen medidas para su conservación ya que si no, después de haber realizado esta intervención se volverán a producir los mismos daños en un periodo breve de tiempo.

Se plantea la posibilidad de aplicar un sistema de drenaje que evite que la pieza esté en continuo contacto con el terreno húmedo y el césped. La realización de este sistema se propone mediante el depósito de montones de grava alrededor de toda la superficie de apoyo de la obra, esto permitirá la entrada y salida de humedad y evitará la retención de agua en el hormigón, esta medida se debería realizar en la mayoría de esculturas del “museo al aire libre” de nuestro campus, pues se desea que resistan el paso del tiempo, ya que son un bien preciado de la UPV.

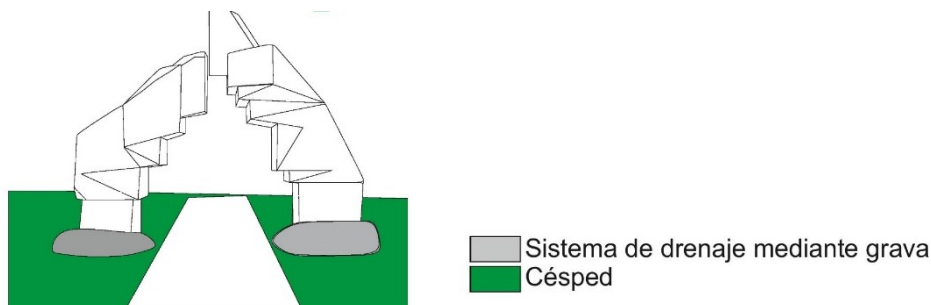


Figura 36. Esquema de sistema de drenaje

MAS I BARBERÀ, X. *Conservación y restauración de materiales pétreos. Diagnóstico y tratamiento*. p. 153

<sup>57</sup> MAS I BARBERÀ, X. *Conservación y restauración de materiales pétreos. Diagnóstico y tratamiento*. p. 153

<sup>58</sup> Anexo 11

<sup>59</sup> Anexo 12

<sup>60</sup> PRODUCTOS DE CONSERVACIÓN. *Productos de Conservación*.

## 5. CONCLUSIONES

Las conclusiones más significativas que se desprenden de este trabajo se enumeran a continuación:

- Se puede considerar al autor Luis Emilio Escobar Loret de Mola uno de los precursores en el uso del hormigón como material escultórico.
- Se ha puesto de manifiesto que el uso del hormigón como material escultórico está todavía por desarrollar en el campo de la conservación y restauración.
- Se ha comprobado que las condiciones ambientales a las que está expuesta la obra son en la mayoría de los casos el principal problema de deterioro (césped, riego, humedad ambiental, cambios térmicos, etc.).
- Se ha podido detectar que existieron algunos errores técnicos en la colocación del armado y algunos problemas en la fase de endurecimiento del hormigón.
- Que con los medios que se proponen para la intervención es posible mantener la estabilidad, resistencia y un buen aspecto de la obra gracias al estudio de conservación de la obra y la elaboración de la propuesta de intervención.
- Finalmente se concluye el método planteado de aislamiento de drenaje de la obra frente al terreno se podría disminuir el grado de alteración de la obra en el futuro.



## BIBLIOGRAFÍA

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE-EN 1504-Parte III. *Métodos de reparación para los principios relacionados con la corrosión de las armaduras*. España, 2013.

-AUGIER, J. *Flore des bryophytes. Encyclopedie Biologique-LXIV*. París: Éditions Lechevalier, 1966.

-BELMUNT, R. et al. *Manual de diagnosis e intervenció en estructures de hormigón armado*. Barcelona: Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona, 2000.

-COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE CATALUÑA. *Recomendaciones para el análisis, conservación y restauración estructural del patrimonio arquitectónico*. En: Cursillo de Intervención en el Patrimonio Arquitectónico del Colegio de Arquitectos de Cataluña del 16 al 19 de diciembre de 2004. Barcelona: ICOMOS, 2004.

-CTS. *Catálogo general CTS 2014*. Altavilla Vicentina, Italia: C.T.S., 2014.

-EL GRUPO ESPAÑOL DEL IIC (International institute for conservation of historic and artistic Works) . *Grupo español de conservación*. Madrid: GEIIC, 2009. [consulta: 2016-08-18]. Disponible en: <[http://ge-iic.com/index.php?option=com\\_fichast&Itemid=83&tasko=viewo&task=view2&id=100](http://ge-iic.com/index.php?option=com_fichast&Itemid=83&tasko=viewo&task=view2&id=100)>

-ENCICLOPEDIA DE HISTORIA Y CULTURA DEL CARIBE. *Encaribe*. La Habana: Fundación Global Democracia y Desarrollo (FUNGLODE). [consulta: 2016-07-16]. Disponible en: <http://www.encaribe.org/es/article/emilio-luis-escobar/1548>

-ESBERT, R.M., et al. Estudios experimentales sobre la consolidación y protección de los materiales calcáreos de la Catedral de Oviedo. 1ª parte. En: *Materiales de construcción*. Oviedo: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1987, num. 206, ISSN: 0465-2746. [consulta: 2013-08-3]. Disponible en: <<http://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/7804>>

-GARCÍA FERNÁNDEZ, I., et al. (eds.). *Congreso internacional de museos universitarios. Tradición y futuro*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 2014.

-GÓMEZ JARILLO, F. *Aplicaciones en la escultura de conglomerantes hidráulicos derivados del clinker puzolánico* [tesis doctoral]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 2015.

-GORISSE, F. *Ensayos y control de los hormigones*. Barcelona: Editores técnicos asociados. 1981.

-HERNÁNDEZ LÓPEZ, Y. *Evaluación de microsílíce en la reparación de vigas de hormigón armado contaminado con cloruros*. [tesis doctoral]. Granada: Universidad de Granada, 2009.

-INSTITUTO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN DE CHILE (ICH). *Técnicas de reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado y albañilerías: diagnóstico y soluciones, procedimientos constructivos, materiales de reparación*. Santiago de Chile: ICH, 2010.

-MAS I BARBERÀ, X. *Conservación y restauración de materiales pétreos. Diagnóstico y tratamiento*. Valencia: Universitat Politècnica de València, 2011.

-MIDGLEY, B. *Guía completa de escultura, modelado y cerámica. Técnicas y materiales*. Oxford: Tursen Hermann Blume Ediciones, 1982.

-MORENO FERNÁNDEZ, E. *Corrosión de armaduras en estructuras de hormigón: estudio experimental de la variación de la ductilidad en armaduras corroídas aplicando el criterio de acero equivalente*. [tesis doctoral]. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, 2008.

-NIETO NIETO, J. *Escultura del Campus de la Universidad Politècnica de Valencia*. Valencia: Universitat Politècnica de València, 2001.

-PRODUCTOS DE CONSERVACIÓN. *Productos de Conservación*. Madrid: PdC, 2006. [consulta: 2016-08-25]. Disponible en : <  
<http://www.productosdeconservacion.com/nueva/es/>>

-SEGRE, R. *América latina en su arquitectura*. Méjico: Unesco, 1982

-VALGAÑÓN, V. *Biología aplicada a la conservación y restauración*. Madrid: Síntesis, 2008.

-VEIGAS ZAMORA, J. Apuntes sobre la escultura en Cuba. En: *Espacio laical. Proyecto del centro cultural Padre Félix Varela*. La Habana: Consejo arquidiocesano de laicos, 2008, num. 22. [consulta: 2016-07-10]. Disponible en: <  
<http://www.espaciolaical.org/>>

-VOLKMAR, W, et al. *Guía de campo de los musgos, líquenes y hepáticas*. Barcelona: Omega, 2004.

-UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. *Campus electrònic de la UPV*. Valencia: Universitat Politècnica de València, 2012. [consulta: 2013-07-30]. Disponible en: <http://campusescultoric.cultura.webs.upv.es/esp/index.html>

- SIKA ESPAÑA. Building trust, Sika. Madrid: Sika Services AG, 2014. [consulta: 2016-08-30]. Disponible en: <file:///C:/Users/Alicia/Downloads/SikaTop%20Armatec-110%20EpoCem.pdf>

## ANEXOS

Anexo 1: Tabla de propiedades y componentes del agua de Valencia.

Temperatura	16,5	°C
pH	7,49	u/ pH
Conductividad (a 20 °C)	986	µS/cm
Cloruros	84	mg Cl/l
Sulfatos	258	mg SO <sub>4</sub> /l
Calcio	117	mg Ca/l
Magnesio	37	mg Mg/l
Sodio	49	mg Na/l
Potasio	2,5	mg K/l
Dureza total	354	mg CaCO <sub>3</sub> /l

Nitratos	—	mg NO <sub>3</sub> /l
Bicarbonatos	—	mg HCO <sub>3</sub> /l
Alcalinidad	154	mg CaCO <sub>3</sub> /l

Tabla disponible en: <http://naturatips.com/agua/agua-en-espana/>

Anexo 2. Información sobre Smoke Sponge<sup>®</sup>:

<http://www.preservationequipment.com/Catalogue/Cleaning-Products/Sponges-Cloths/Smoke-Sponges>

Anexo 3. Información sobre goma Milán<sup>®</sup>:

<http://www.aborei.com/catalogo/pdf/203030020.pdf>

Anexo 4. Información sobre Biotin R<sup>®</sup>:

<http://www.ctseurope.com/es/scheda-prodotto.php?id=604>

Anexo 5. Información sobre el biocida BFA<sup>®</sup>:

[http://www.remmers.es/fileadmin/dam/Productos/TM/E\\_0673\\_-10.07.pdf](http://www.remmers.es/fileadmin/dam/Productos/TM/E_0673_-10.07.pdf)

Anexo 6. Información sobre Estel 1000<sup>®</sup>:

[http://manuelriesgo.com/docstecnicas/tecnicas/FT\\_AV02001001.pdf](http://manuelriesgo.com/docstecnicas/tecnicas/FT_AV02001001.pdf)

Anexo 7. Información sobre Tevakon V100<sup>®</sup>:

[http://macoseco.pt/admin2/imgs/tegovakon\\_v100.pdf](http://macoseco.pt/admin2/imgs/tegovakon_v100.pdf)

Anexo 8. Información sobre Acril 33<sup>®</sup>:

<http://www.ctseurope.com/es/scheda-prodotto.php?id=4>

Anexo 9. Información sobre el desencofrante Sika<sup>®</sup>:

<http://esp.sika.com/es/concrete-redirect/sika-concrete-technology/02a001/02a001sa01/02a001sa01100/02a001sa01103.html>

Anexo 10. Información sobre SikaTop<sup>®</sup> Armatec<sup>®</sup>-110 EpoCem<sup>®</sup>:

<http://www.depinturas.com/Revestimiento-Anticorrosion-SikaTop-Armatec-110-EpoCem.html&osCsid=7hus4scpf96in1tiim79qf2491>

Anexo 11. Información sobre Tegosivin HL100<sup>®</sup>:

<http://www.productosdeconservacion.com/nueva/es/materiales-de-arqueologia-y-piedra/3069-tegosivin-hl100.html>

Anexo 12. Información sobre Wacker 290®:

<http://www.productosdeconservacion.com/nueva/es/materiales-de-arqueologia-y-piedra/1704-hidrofugante-wacker-290.html>

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1: El Pórtico. Imagen propia.

Figura 2: El Pórtico (cara oeste). Imagen propia.

Figura 3: El Pórtico (diferentes perfiles). Imagen propia.

Figura 4: Antoni Miró. Gades, La Dança. 2001. Disponible en:

<https://static1.squarespace.com/static/53c6e915e4b0e901a9b46a65/t/546bb275e4b0d3c189c97e08/1416344181682/SD-sculpture+as+witness.pdf>

Figura 5: Stephen Daly. Mentoring 2003. Disponible en:

[http://www.antonimiro.com/images/lilibres/2011/Gades\\_2000\\_p.pdf](http://www.antonimiro.com/images/lilibres/2011/Gades_2000_p.pdf)

Figura 6: Emilio Luis Escobar Loret de Mola. Disponible en:

<http://www.encaribe.org/es/article/emilio-luis-escobar/1548>

Figura 7: Imagen del Monumento a los Mártires Universitarios. Disponible en: <http://www.minube.com/rincon/parque-monumento-a-los-martires-universitarios-a983721>

Figura 8: Sector del campus donde se encuentra la escultura. Disponible en: <http://campusescultoric.cultura.webs.upv.es/>

Figura 9: Detalle de textura. Imagen propia.

Figura 10: Detalle de textura II. Imagen propia.

Figura 11: Detalle de estructura interna. Imagen propia.

Figura 12: Esquema de hipotética estructura interna. Esquema propio.

Figura 13: Detalle de surcos. Imagen propia.

Figura 14: Detalle de grieta. Imagen propia.

Figura 15: Detalle de base de la pieza afectada por capilaridad. Imagen propia.

Figura 16: Detalle de depósitos superficiales. Imagen propia.

Figura 17: Detalle de depósitos orgánicos. Imagen propia.

Figura 18: Detalle de disgregación. Imagen propia.

Figura 19: Detalle de sales solubles (eflorescencias). Imagen propia.

Figura 20: Detalle de sales solubles II (eflorescencias). Imagen propia.

Figura 21: Corrosión de armadura y pérdida de hormigón. Imagen propia.

Figura 22: Corrosión de armadura y pérdida de hormigón II. Imagen propia.

Figura 23: Corrosión de armadura y pérdida de hormigón III. Imagen propia.

Figura 24: Manchas de corrosión en el hormigón. Imagen propia.



Figura 25: Depósito biológico en un orificio de la pieza. Imagen propia.

Figura 26: Detalle de ataque biológico. Imagen propia.

Figura 27: Detalle de ataque biológico II. Imagen propia.

Figura 28: Detalle de ataque biológico III. Imagen propia.

Figura 29: Detalle de depósito de insectos. Imagen propia.

Figura 30: Mancha de pintura. Imagen propia.

Figura 31: Manchas de grafito. Imagen propia.

Figura 32: Césped en contacto con la obra. Imagen propia.

Figura 33: Esquema de causas y alteraciones. Esquema propio.

Figura 34: Diagrama de daños 1 y 2. Imagen propia.

Figura 35: Diagrama de daños 3 y 4. Imagen propia.

Figura 36: Esquema de sistema de drenaje. Imagen propia.