



**MEMORIA FINAL DE INTERVENCIÓN
EN UN YAMUR ISLÁMICO DE LA
IGLESIA DE LAS CONCEPCIONISTAS
DE PEDROCHE (CÓRDOBA)**

ENERO 2010

INSTITUTO ANDALUZ DEL PATRIMONIO HISTÓRICO
Centro de Intervención en el Patrimonio Histórico

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: DIAGNOSIS Y TRATAMIENTO

1. Criterios y metodología de intervención
2. Datos técnicos y estado de conservación
3. Tratamiento
4. Mantenimiento

Anexo: Documentación gráfica

CAPÍTULO II: ESTUDIO CIENTÍFICO-TÉCNICO

1. Técnicas analíticas utilizadas
2. Descripción de muestras
3. Metodología
4. Resultados
5. Conclusiones

Anexo: Documentación gráfica

CAPÍTULO III: RECOMENDACIONES

ANEXO: DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

ANEXO: DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

EQUIPO TÉCNICO

INTRODUCCIÓN

Dada la singularidad de esta pieza el Ayuntamiento de los Pedroches solicitó a la Delegación de Cultura, en agosto del año 2007, el asesoramiento y luego la restauración de este "Yamur", que se encontraba desmontado por la rehabilitación del Convento de las Concepcionista, y que ha sido incoado como Bien de Interés Cultural. Los trabajos comenzaron en marzo de 2008 cuando esta pieza llegó a los talleres del IAPH para su tratamiento de conservación-restauración.

CAPÍTULO I: DIAGNOSIS Y TRATAMIENTO.

1. Criterios y metodología de intervención

Para la conservación-restauración de materiales metálicos se deben abordar las siguientes cuestiones: la intervención que se va a realizar, los estudios previos, los productos que han de utilizar para su tratamiento, y el mantenimiento del objeto una vez finalizada la restauración.

En esta pieza se ha mantenido el criterio de mínima intervención respetando las deformaciones que presentaban algunas manzanas en su superficie. Se han realizado adiciones con materiales debidamente ensayados y probados para la reintegración volumétrica y estética de la obra, y para darle estabilidad. Estos materiales permiten que en el futuro se pueda efectuar una actuación conservativa o de restauración.

Se han respetado las pátinas presentes en todas las zonas del "Yamur", y solo se ha eliminado las alteraciones que suponían un riesgo de corrosión activa.

La intervención se ha realizado tras efectuar diversas pruebas que han permitido definir: el nivel de actuación que se debía alcanzar en la fase de

limpieza, los productos y los materiales más adecuados y compatibles con este bien.

2. Datos técnicos y estado de conservación

2.1. Datos técnicos

El objeto que se presenta "El *Yamur*", está compuesto por cinco piezas realizadas con dos metales diferentes. El eje es una barra vertical de hierro forjado en la que van ensartadas las tres esferas latón, de tamaño decreciente de arriba a abajo. Este vástago de hierro esta rematado por un banderín y una cruz del mismo material de época indeterminada. (Figura II.1, figura II.2 y figura II.3)

El objeto tiene un tamaño de 2,20 m. de alto y 0,70 m. de ancho, incluida la cruz. Las tres esferas de tamaño decreciente miden de mayor a menor: 1,32 m, 0,90 m, y 0,65 m de perímetro circular. El número de las esferas responde a la importancia de la mezquita. Se sabe que se conservó algún "Yamur", colocándolo sobre cúpulas o torres.

Para determinar el estado de conservación de la pieza se realizó una inspección visual con luz normal y luz rasante. También se han realizado fotografías con iluminación ultravioleta (UV), y una documentación fotográfica general y de detalle (Figura II.4 y figura II.5) Para el tratamiento de restauración se evaluaron y pusieron a punto de técnicas y productos de tratamiento: para la eliminación de intervenciones anteriores, limpieza química y limpieza mecánico-manual, eliminación de sales solubles, protectivos, etc. También se ha elaborado una cartografía temática de: datos técnicos, intervenciones precedentes, alteraciones, agresiones antrópicas, etc.

2.2. Intervenciones anteriores

El "Yamur" que suele estar terminado por la media luna, en este caso esta rematado por una cruz. Por ello se considera que esta pieza ha podido ser reutilizada, modificando o sustituyendo el eje central. Dado la singularidad de

La obra se considera necesario mantener este eje central ya que su estado de conservación lo permite (Figura II.6)

2.3. Alteraciones

Esta pieza esta realizada en dos materiales diferentes, hierro y latón, por tanto las alteraciones que presenta son diferentes en cada metal.

El hierro.

El hierro, material de composición del eje central que soporta los tres cuerpos esféricos presentaba muestras de oxidación superficial. Para soportar las tres manzanas y mantenerlas en su adecuada posición debajo de la esfera de mayor tamaño hay una pieza de hierro que estaba unida al eje por la propia oxidación del hierro y por una soldadura de época indeterminada. Además el vástago presentaba depósitos y concreciones de diversa índole, carbonatos, restos de mortero, depósitos orgánicos, etc. (Figura II.7)

El latón.

Las patologías que presenta el latón que conforma las tres esferas son: depósitos superficiales generalizados, tinciones del hierro y deposiciones de aves. También presenta deformaciones del material de las esferas con elementos doblados, pérdidas volumétricas, productos de oxidación del cobre, piezas desplazadas, grietas, fisuras y micro fisuras, perforaciones, y presencia de sales en la superficie de las esferas. En el interior de las manzanas había una gran acumulación de diversos materiales, tierras y productos orgánicos (Figura II.8, figura II.9 y figura II.10).

2.4. Agresiones antrópicas.

Esta pieza presenta numerosas agresiones antrópicas en toda la superficie de las manzanas como si fueran disparos con balines (Figura II.11)

2.4. Conclusiones

Cuando se finalizó el informe visual de la pieza se consideró necesaria la intervención de conservación-restauración, ya que las patologías que presentaba podrían afectar la futura conservación de este ornamento islámico. La actuación se ha realizado con los criterios de mínima intervención.

3. TRATAMIENTO.

3.1. Criterios de limpieza.

El objetivo del tratamiento de limpieza es la eliminación de los productos que deterioran o dificultan la lectura de la superficie del objeto. Hay que ser cuidadoso a la hora de plantear un tratamiento de limpieza, ya que este proceso es irreversible. Se realiza progresivamente conservando testigos de los diferentes niveles de limpieza alcanzados durante el tratamiento. También tendremos en cuenta que el fin de la limpieza no es devolver el aspecto original, sino recuperar su legibilidad. Se deberán poner a punto los métodos más adecuados e idóneos para el material que se va a tratar. La elección de un sistema de limpieza debe basarse en el conocimiento de: el material de composición, la naturaleza de los productos a eliminar, su estado de conservación, etc.

Ya que la limpieza es un proceso irreversible, debe realizarse con todas las garantías con respecto al bien cultural. Una buena limpieza debe ser:

- Efectiva, lenta y controlable.
- No eliminar materia original y no ocasionar daños mecánicos.
- La limpieza debe ser homogénea y no reinterpretar el objeto.
- No provocará reacciones químicas y no introducirá sales solubles.
- No provocará choques térmicos.
- No perjudicará al hombre ni al medio ambiente.

3.2. Tratamiento de limpieza.

3.2.1. Desmontaje y limpieza mecánico-manual.

Para poder realizar correctamente el tratamiento de limpieza de esta pieza se tuvieron que desmontar las piezas que componen el *Yamur*, las esferas y el eje central de hierro forjado. Se han tratado tanto el hierro como el latón por medio de una limpieza mecánico-manual para así eliminar los depósitos que tenía tanto en la superficie del vástago de hierro, como en el exterior e interior de las manzanas o esferas de latón. Se realizó la limpieza mecánica utilizando un Micro-motor, aparato que realiza una acción abrasiva por medio de fresas de diferentes durezas, y que es regulable en revoluciones por minuto para la limpieza de las diferentes patologías (Figuras 12, 13 14 y 15).

3.2.2. Limpieza química.

Para completar la fase anterior se ha realizada una limpieza química. El principio de la limpieza química es el empleo de un reactivo selectivo que permite disolver o modificar los productos de corrosión externos sin perjuicio para el material de composición. Su elección depende de la naturaleza química de los productos que haya que eliminar. Esta fase ha ayudado a completar la eliminación de: depósitos, concreciones, incrustaciones, etc., en las esferas de latón. En este caso se ha utilizado ácido cítrico al 3% para la eliminación de las tinciones del hierro.

3.2.3. Neutralización de los productos químicos.

Es necesario después de cada intervención neutralizar los productos químicos empleados. Los productos de alteración de un objeto, se transforman químicamente cuando se realiza su limpieza con uno o varios reactivos químicos. Los factores que influyen en la velocidad y potencia de actuación de los métodos de limpieza con reactivos son: la concentración de la disolución, el volumen, la temperatura, las características intrínsecas del material, etc.

Por lo tanto es necesario realizar estas operaciones una vez finalizada la limpieza química: neutralización y lavado de los reactivos. Así se eliminará

cualquier resto, para que la conservación de la pieza no se vea alterada, y se pueda continuar con otros tratamientos, si fuera necesario, después de la fase de limpieza.

3.2.4. Eliminación de sales solubles.

Los cloruros, sales solubles que se encuentran en casi todas los objetos, pueden generarse por diferentes causas: por constituyentes del metal, por aporte de otros materiales, por productos de contaminación atmosférica, por alteración biológica, metabolismo de organismos, etc.

Una vez terminadas las fases de limpieza mecánica y química, la superficie del latón se lavó con una solución perteneciente a un derivado del óxido de etileno, Tween 20. Después se sumergió en un depósito de plástico de agua desmineralizada para proceder a la eliminación de las sales solubles. Esta operación se realizó para eliminar los cloruros activos que son compuestos químicos muy activos e inestables. Esta eliminación se consiguió renovando el agua periódicamente y tomando muestras con el fin de medir su concentración de iones Cl^- . Estos valores se expresan en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (conductividad específica), hasta que se llegue a una concentración de 50 ppm o 24 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura II.16)

3.3. Secado de las piezas de latón.

Se efectuó por medio de baños sucesivos de las manzanas en alcohol-acetona para deshidratarlas y así obtener el secado completo.

3.4. Estabilización del hierro y latón.

Para la estabilización de ambos metales se empleo un tratamiento específico para cada uno de ellos. Se aplicó sobre el hierro ácido tánico al 5% en alcohol. Sobre el latón de las esferas se aplicó una patina química (Sulfuro de potasio (K_2S) al 7% en agua). Esta pátina aplicada en frío servirá como medida de protección, y por supuesto para su integración estética. Además se ha aplicado un inhibidor en el latón para frenar o impedir la corrosión,

benzotriazol al 3% en alcohol etílico, que provoca una reacción química en la superficie del bronce formando una película protectora estable que hace de barrera entre los agentes corrosivos y el metal original (Figura II.17)

3.5. Reintegración estructural y cromática.

Se han realizado dos reintegraciones, una en la cruz y otra en la manzana pequeña que se encontraba fragmentada. En la cruz se ha tenido que soldar uno de sus brazos ya que estaba completamente suelto.

La intervención que se ha realizado en la esfera pequeña ha sido para darle una lectura más clara y estabilidad. Para ello se ha realizado una pieza metálica de latón que une los dos fragmentos de esta manzana. Este nuevo elemento, de forma circular y con cuatro extremidades de 4 cm, se ha unido al fragmento superior de la esfera en su zona interna por medio de una resina epoxi. Luego estos 4 apoyos se han unido así mismo con la misma resina. Externamente solo se ven dos de estos apoyos, por lo cual se ha realizado una reintegración cromática para integrar estas zonas con la tonalidad de la esfera (Figuras 18, 19 y 20)

3.6. Remontaje de la pieza.

Una vez finalizadas todas las fases las tres esferas se han vuelto a insertar en el vástago de hierro, se ha colocado la pieza de hierro que las soporta uniéndola al vástago de hierro con resina epoxi bicomponente.

3.7. Montaje del Yamur.

Para poder mantener en pie y transportar el Yamur se ha realizado una peana de madera provisional. Para ello se ha tenido que realizar una perforación en el vástago de hierro de 10 Mm, donde se aloja una varilla roscada que atraviesa la peana de madera, y que esta asegurada en la base de la peana con una tuerca (Figura II.21)

3.8. Protección final.

Como última etapa se ha aplicado una capa de protección, que sirve para interponer una barrera entre el metal y el medio ambiente que le rodea, con

La finalidad de frenar las agresiones de los agentes corrosivos que se encuentran en la atmósfera. Para ello se ha utilizado una resina acrílica Incralac 44 y Reswax WH. El primer tratamiento tiene aditivos antioxidantes y el segundo es una mezcla de ceras naturales microcristalinas y polietilénicas soluble en aguarrás natural (White spirit D40), y que en solución con el Benzotriazol permite una acción protectora más eficaz y duradera. Estos dos productos combinados dan excelentes resultados y son especialmente adecuados para la protección de latones u otros metales (Figuras 21, 22,23 y 24).

4. Montaje expositivo provisional

Para poder exponer la cabeza se ha considerado necesario realizar un montaje que consiste en una barra de acero y una peana de metacrilato mate. Se ha pensado en esta solución por ser muy sencilla, y para poner de manifiesto la belleza de la cabeza.

El montaje se ha realizado insertando en la cabeza diez centímetros de una barra de acero. Esta misma barra se ha introducido en el metacrilato otros diez centímetros. Para la unión piedra-acero y acero-metacrilato se ha utilizado una resina epoxi bicomponente de secado rápido que da suficiente estabilidad a la pieza (Figura II.25.)

CAPÍTULO III: RECOMENDACIONES

1. MANTENIMIENTO.

Los elementos metálicos presentan una gran problemática en cuanto a su mantenimiento. Se deben observar ciertas condiciones para su adecuada conservación y exposición. La humedad relativa a la que deben conservarse estas piezas no superará el 40% de humedad relativa. Aunque un material inorgánico como el metal no se altera por la acción de la luz, se deben en cualquiera de los casos realizar una iluminación controlada. Si se añadiesen productos para su consolidación y protección, se conservarán mejor si la luz

Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche. Córdoba.

tiene una irradiación vigilada. La iluminación para un objeto metálico no debe sobrepasar los 300 lux.

EQUIPO TÉCNICO

EQUIPO TÉCNICO

Ana Bouzas Abad. Restauradora. Centro de Intervención.

Análisis científicos: Auxiliadora Gómez Morón. Química. Centro de Investigación y Análisis.

Eugenio Fernández Ruiz. Fotógrafo. Laboratorio de técnicas de examen.

Sevilla, 10 de enero de 2010

Vº Bº EL JEFE DEL CENTRO DE INTERVENCIÓN
EN EL PATRIMONIO HISTÓRICO



Fdo: Lorenzo Pérez del Campo

*Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche.
Córdoba.*

ANEXO: DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche. Córdoba.



Figura II.1. y Figura II.2. El Yamur antes de la intervención.

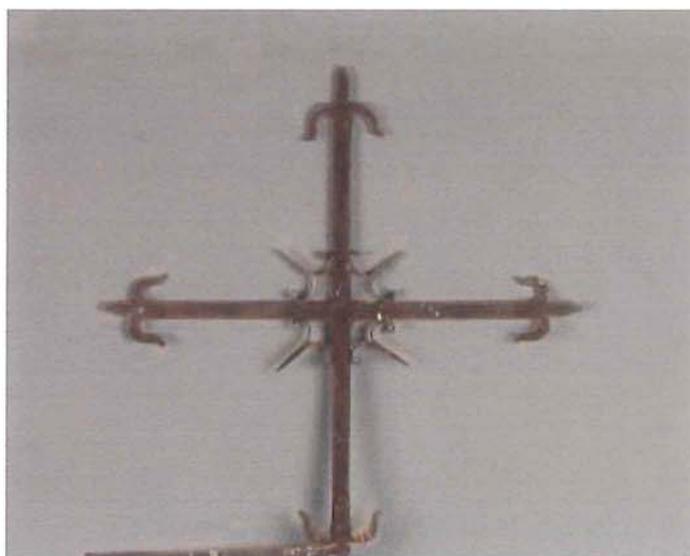


Figura II.3. Remate del Yamur en forma de cruz.

Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche. Córdoba.



Figura II.4. Manzanas fotografiadas con luz ultravioleta.



Figura II.5. Interior de una de la manzana nº. Se puede observar la cinta metálica que une las dos semiesferas.

Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche. Córdoba.

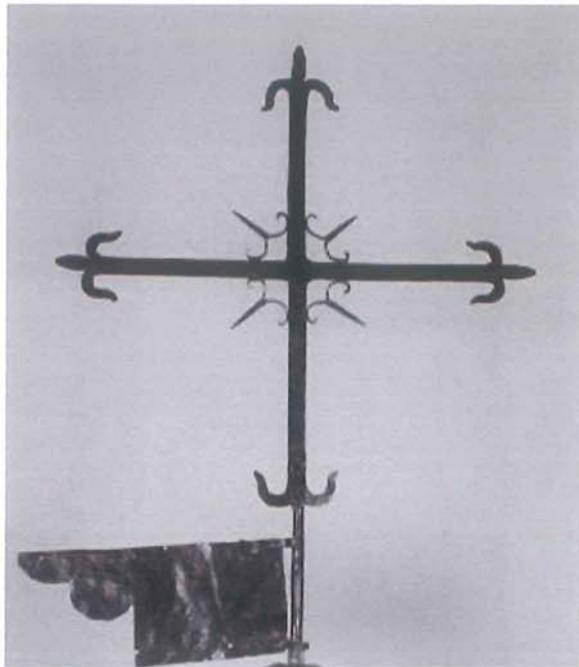


Figura II.6. Intervenciones anteriores de época indeterminada (la cruz y el banderín)



Figura II.7. Banderín antes de la intervención.

Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche. Córdoba.

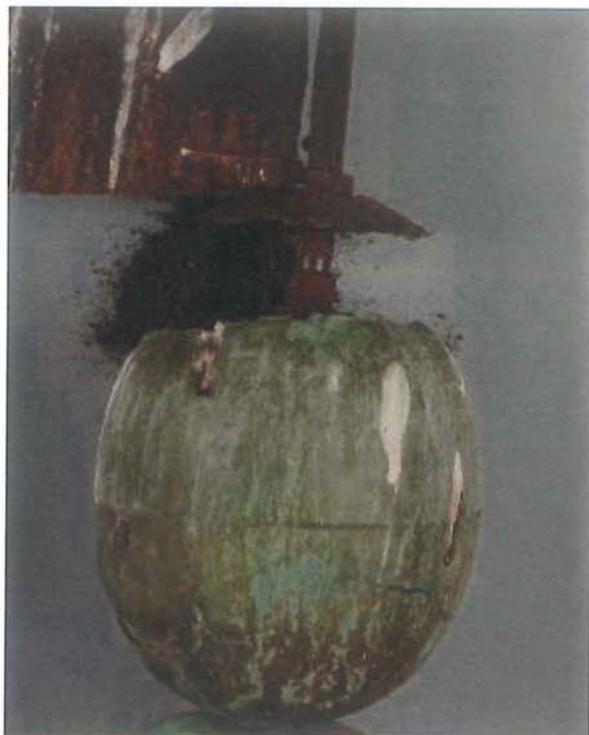


Figura II.8. Manzana nº 3.

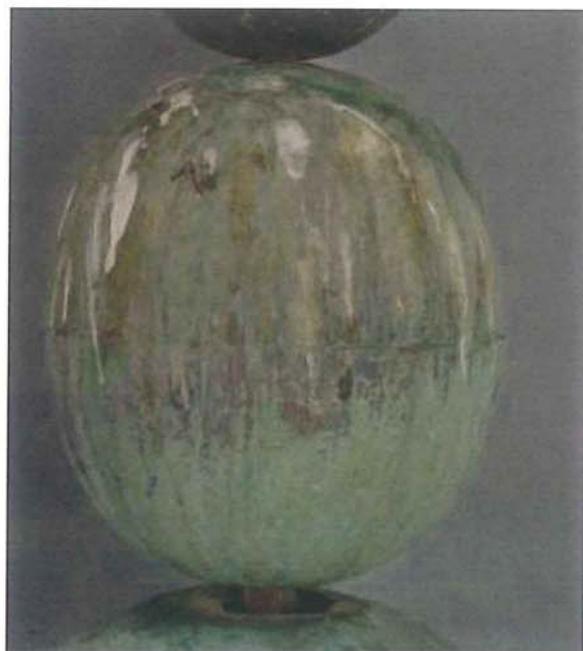


Figura II.9. Manzana nº 2.

Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche. Córdoba.



Figura II.10. Manzana nº 1.



Figura II.11. Agresiones antrópicas en una de las manzanas.

Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche. Córdoba.



Figuras II.12 y 13. Limpieza mecánica de los elementos de hierro.



Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche. Córdoba.



Figura II.14. Desmontaje y limpieza de las manzanas.



Figura II.15. Manzana una vez finalizada la limpieza.

Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche. Córdoba.



Figura II.16. Eliminación de las sales solubles por inmersión en agua desmineralizada.



Figura II.17. Estabilización del hierro.

Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche, Córdoba.



Figura II.18 y 19. Reintegración cromática de las manzanas.



Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche. Córdoba.

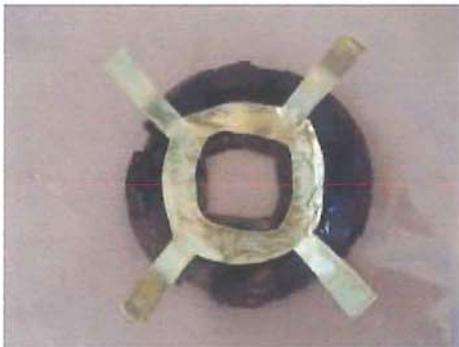


Figura II.20. Reintegración estructural y cromática de la manzana nº 3.

Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche. Córdoba.



Figuras 21, 22, 23 y 24. Manzanas y banderín con la protección final (Incralac 44 y Reswax WH)



Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche. Córdoba.



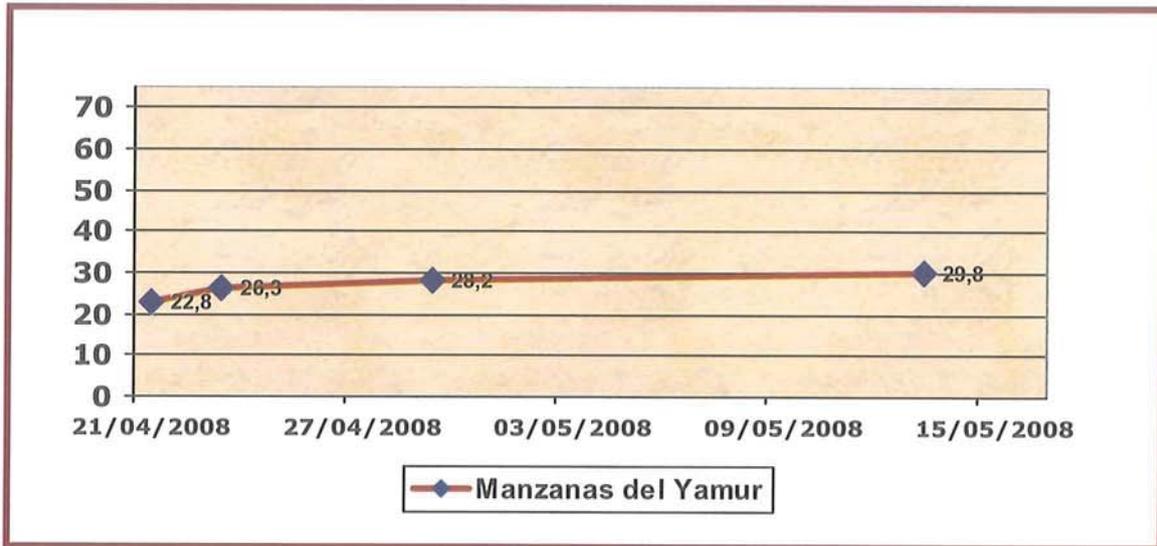
Figura II.25. Montaje expositivo provisional una vez finalizada su restauración

Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche. Córdoba.

ANEXO: DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche. Córdoba.

GRÁFICO DE ELIMINACIÓN DE SALES SOLUBLES DEL YAMUR DE LA IGLESIA DE LAS CONCEPCIONISTAS DE PEDROCHE, CÓRDOBA.



MANZANAS DEL YAMUR					
Fecha	21/4/2008	24/4/2008	29/4/2008	13/5/2008	15/5/2008
ppm	22.8	26.3	28.2	29.8	20.8
µS/cm	44.6	50.6	54.6	54.0	43.6
Temperatura	20,2° C	20,4° C	24.2°C	23.8°C	22,7° C

"YAMUR" DEL CONVENTO DE LOS CONCEPCIONISTAS DE PÉDROCHE (CÓRDOBA)

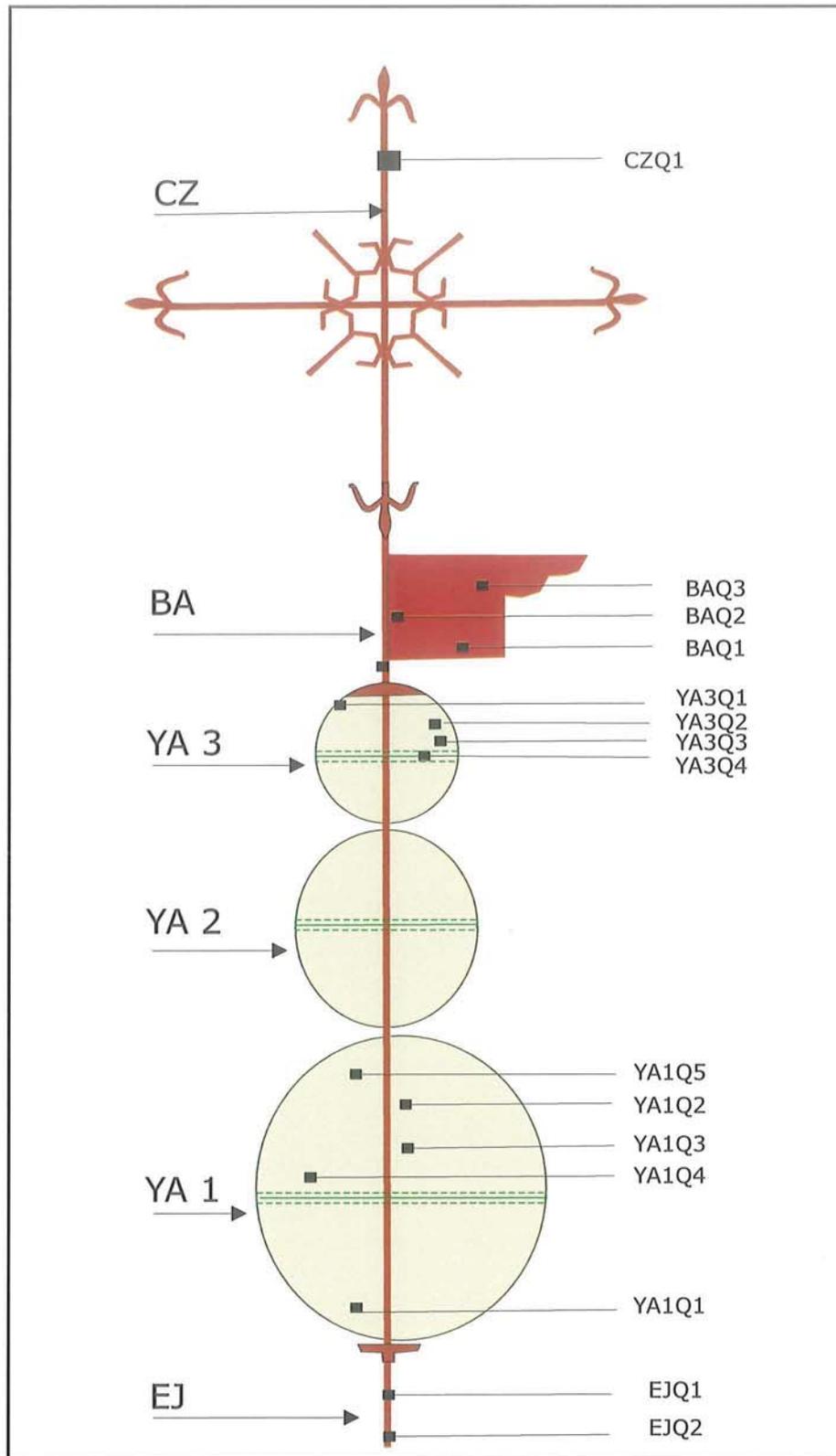


Gráfico 1A(Delante)
Extracción de muestras

CZ= Cruz
BA= Banderín
YA 3= Esfera pequeña
YA 2= Esfera mediana
YA 1= Esfera mayor
EJ= Eje

 Línea de unión entre las dos semiesferas
 Placa longitudinal que une las dos semiesferas

"YAMUR" DEL CONVENTO DE LOS CONCEPCIONISTAS DE PEDROCHE (CÓRDOBA)

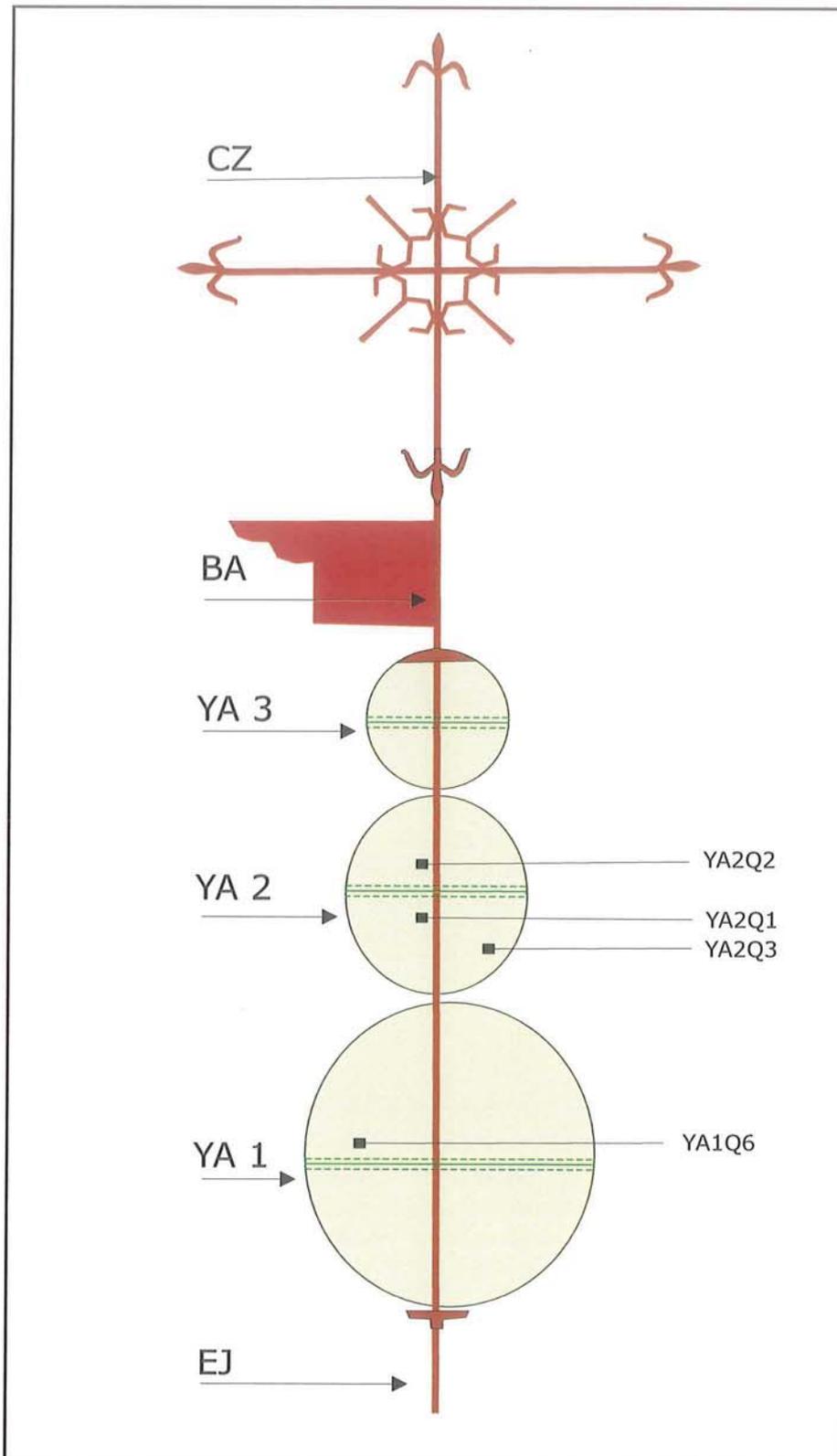


Gráfico 1B(Detrás)
Extracción de muestras

CZ= Cruz
BA= Banderín
YA 3= Esfera pequeña
YA 2= Esfera mediana
YA 1= Esfera mayor
EJ= Eje

Linea de unión entre las dos semiesferas
Placa longitudinal que une las dos semiesferas

"YAMUR" DEL CONVENTO DE LOS CONCEPCIONISTAS DE PEDROCHE (CÓRDOBA)

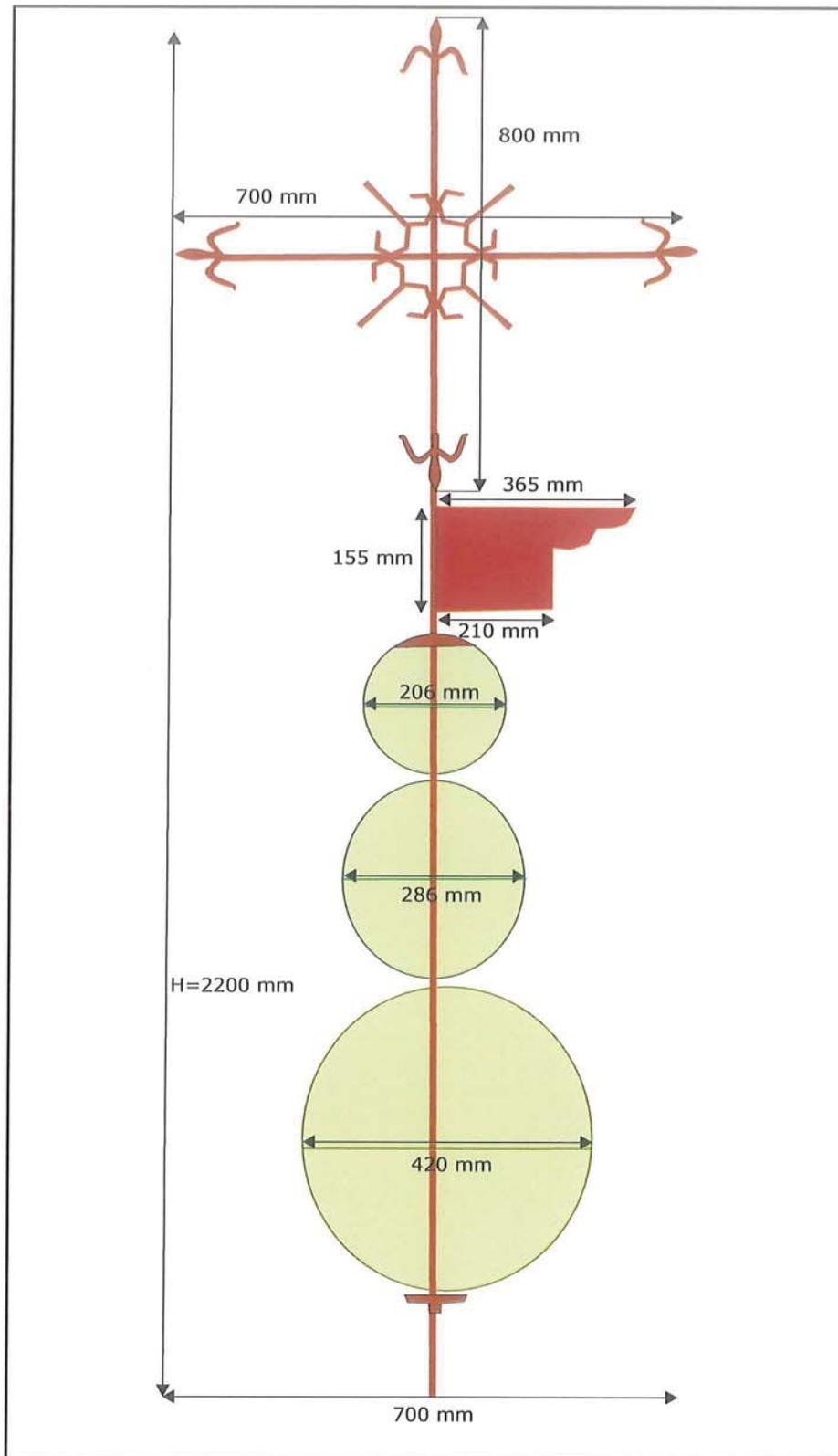


Gráfico 2
Datos técnicos. Hierro y bronce.



"YAMUR" DEL CONVENTO DE LOS CONCEPCIONISTAS DE PEDROCHE (CÓRDOBA)



Gráfico 3A (Delante)
Datos técnicos. Hierro y bronce



Orificios originales



Lagunas



Huellas de
herramientas

"YAMUR" DEL CONVENTO DE LOS CONCEPCIONISTAS DE PEDROCHE (CÓRDOBA)

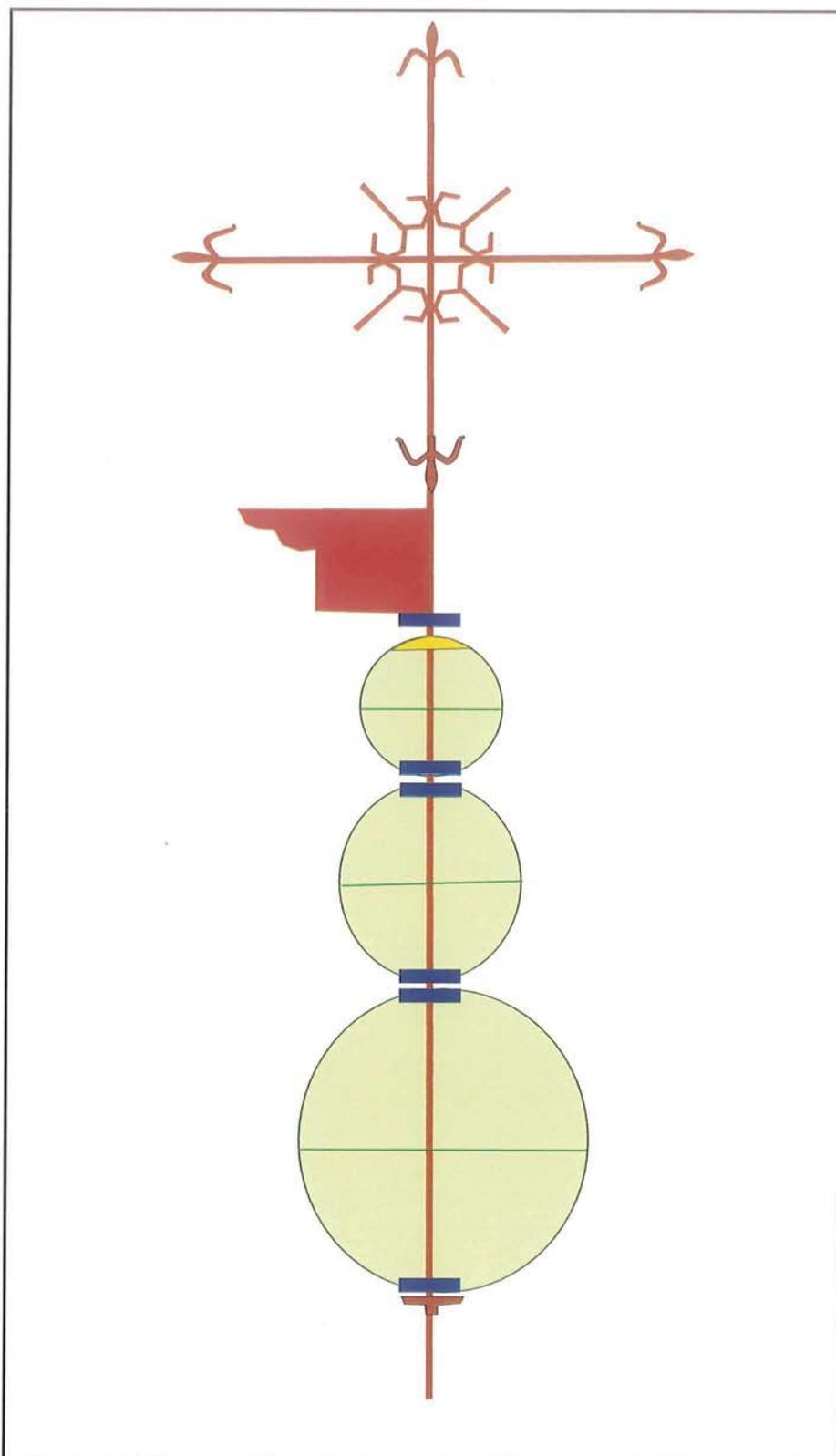


Gráfico 3B (Detrás)
Datos técnicos. Hierro y bronce



"YAMUR" DEL CONVENTO DE LOS CONCEPCIONISTAS DE PEDROCHE (CÓRDOBA)

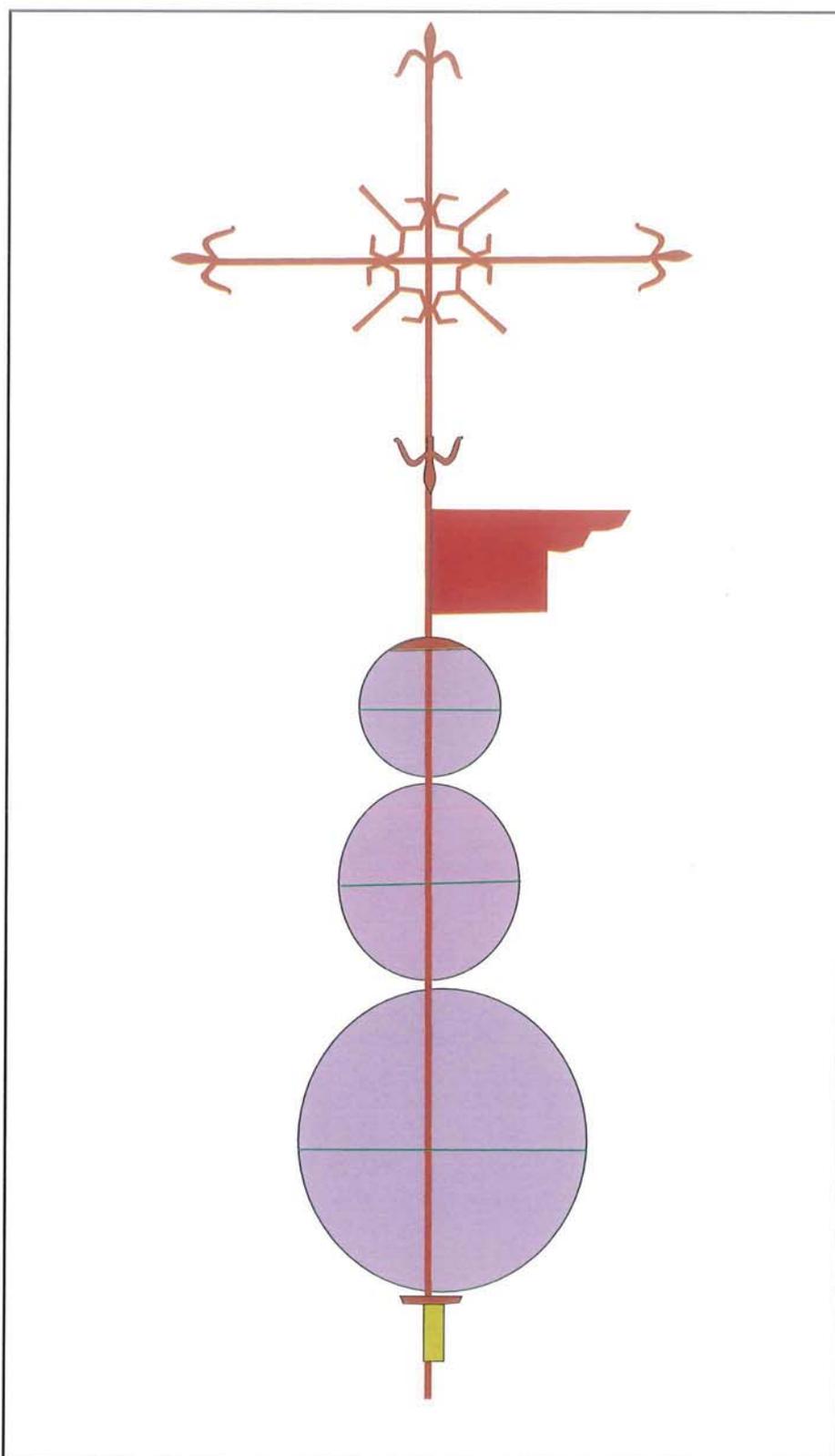


Gráfico 4A (Delante)
Intervenciones anteriores
Elementos metálicos



Adhesivos



Anclajes externos e internos



Agresiones antrópicas

"YAMUR" DEL CONVENTO DE LOS CONCEPCIONISTAS DE PEDROCHE (CÓRDOBA)

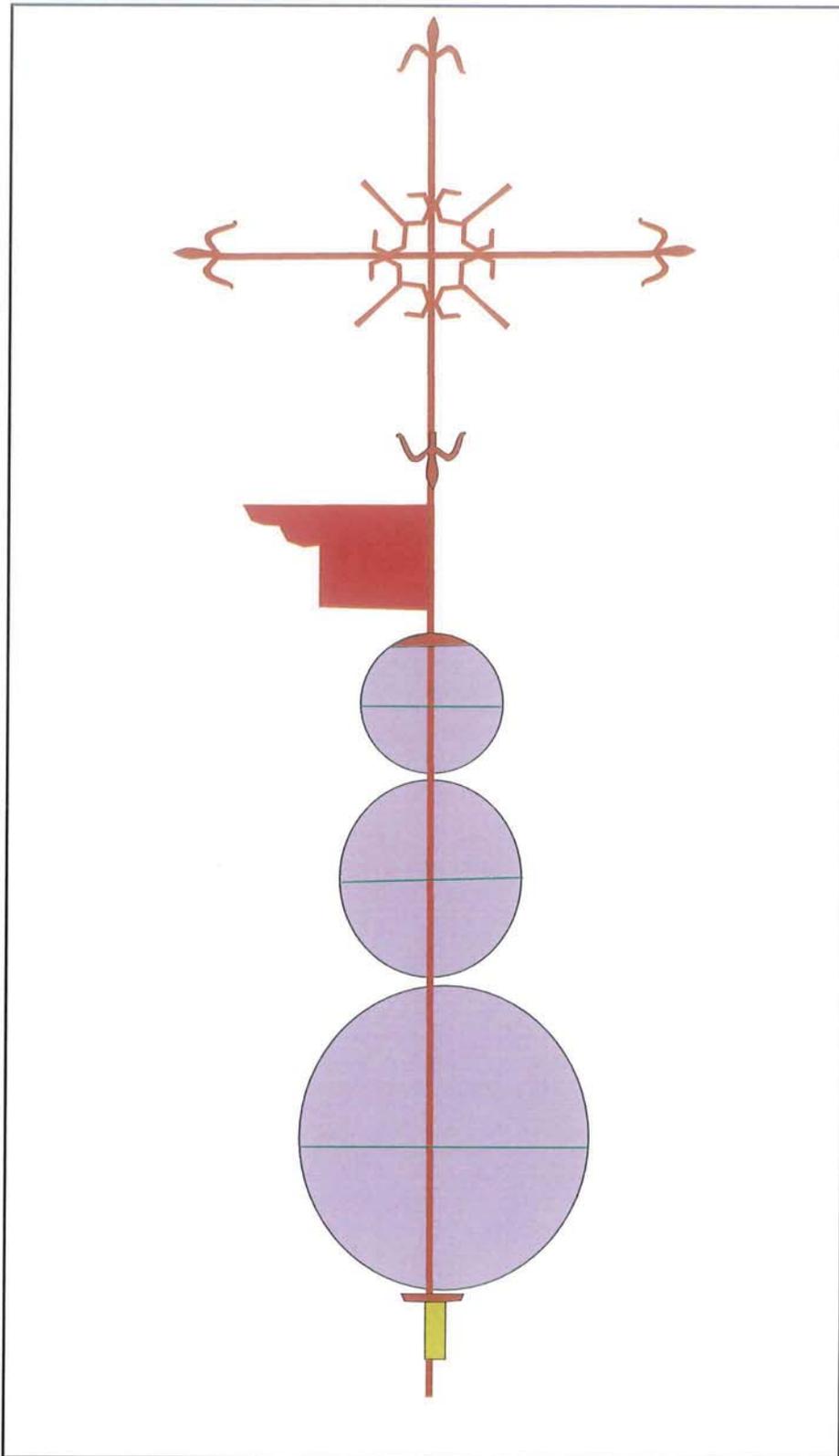


Gráfico 4B (Detrás)
Intervenciones anteriores
Elementos metálicos



Adhesivos



Anclajes externos e internos



Agresiones antrópicas

"YAMUR" DEL CONVENTO DE LOS CONCEPCIONISTAS DE PEDROCHE (CÓRDOBA)

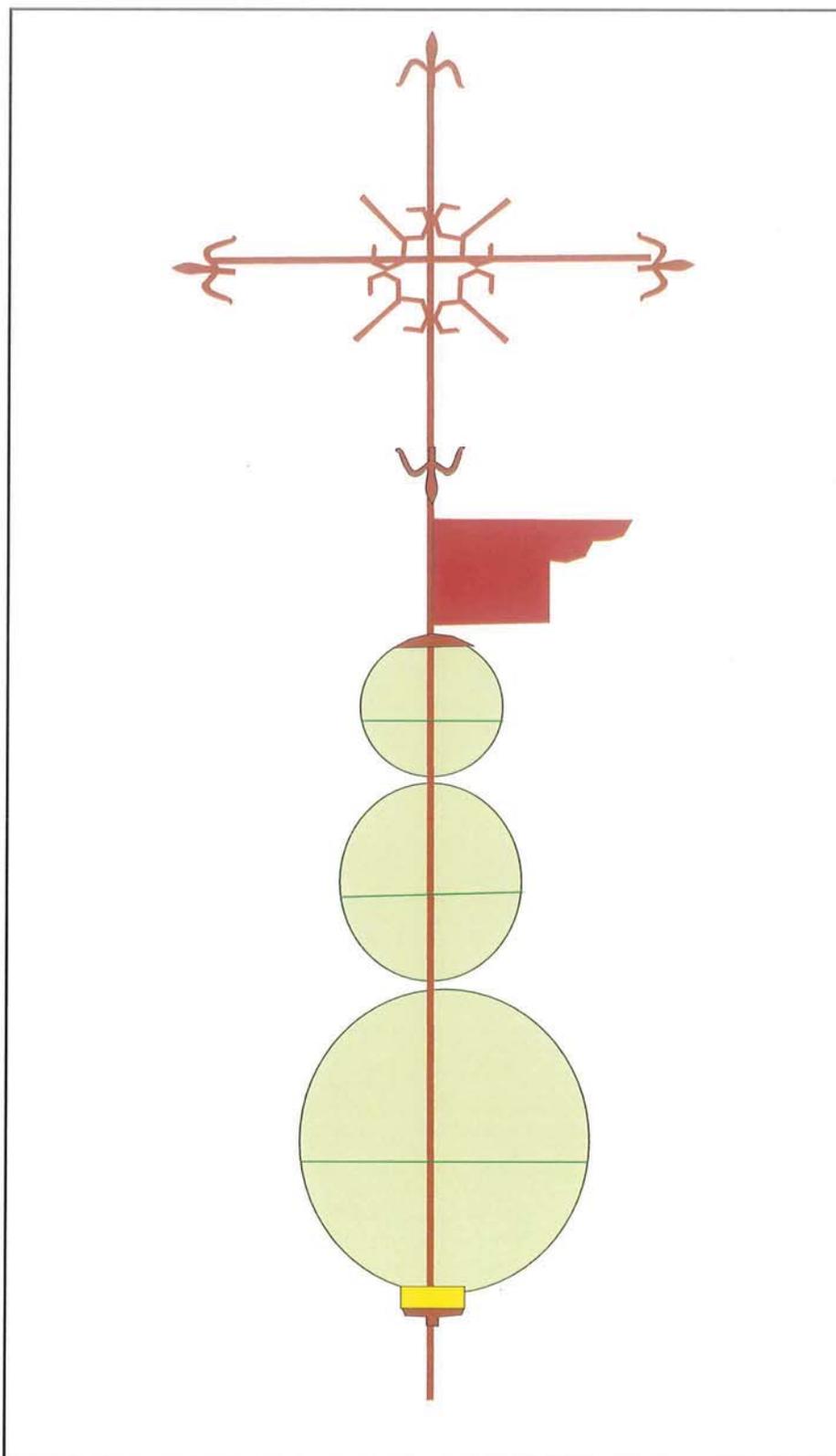


Gráfico 5A (Delante)
Intervenciones anteriores
Elementos metálicos



Soldaduras

"YAMUR" DEL CONVENTO DE LOS CONCEPCIONISTAS DE PEDROCHE (CÓRDOBA)

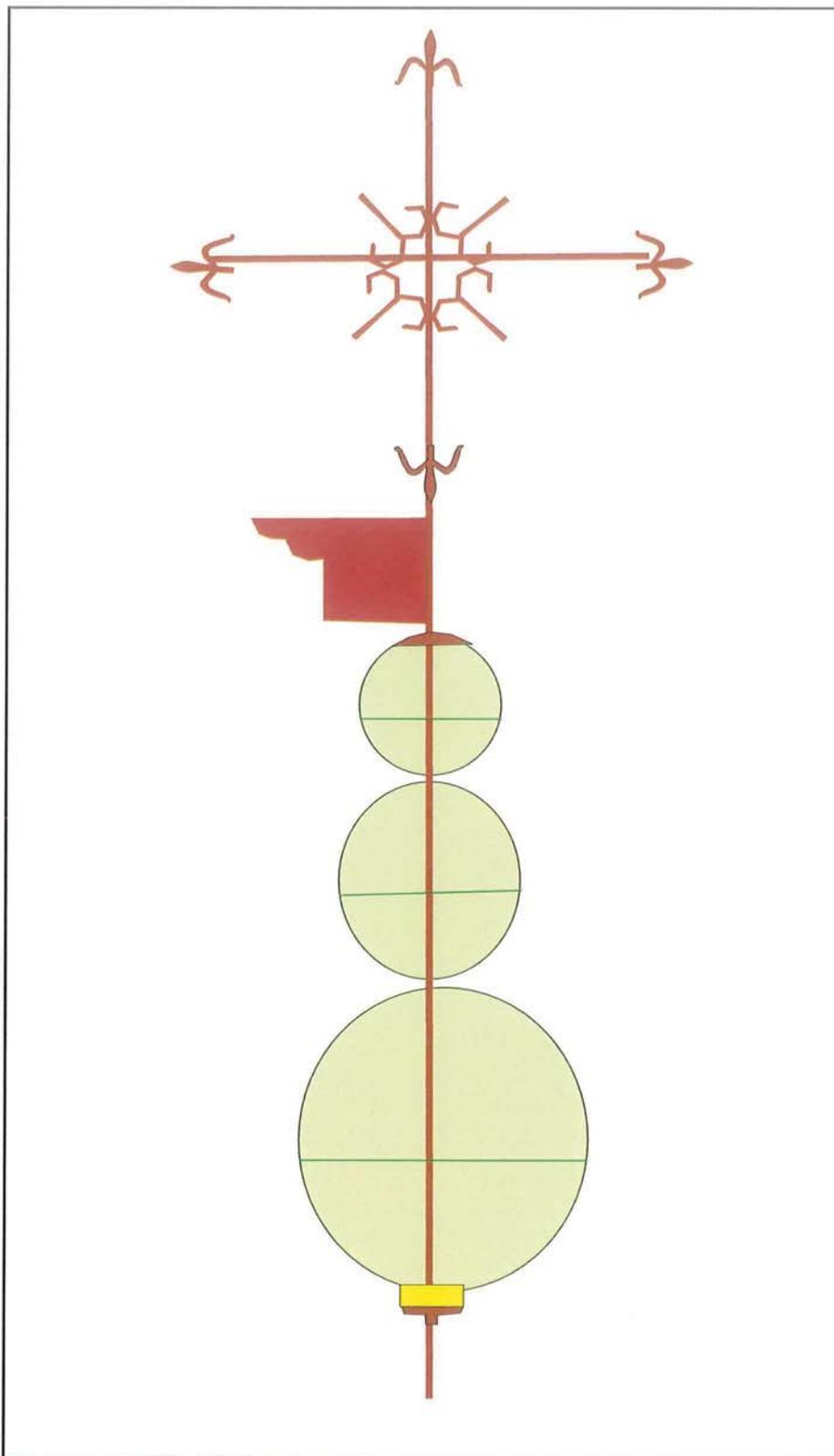


Gráfico 5A (Detrás)
Intervenciones anteriores
Elementos metálicos



Soldaduras

"YAMUR" DEL CONVENTO DE LOS CONCEPCIONISTAS DE PEDROCHE (CÓRDOBA)

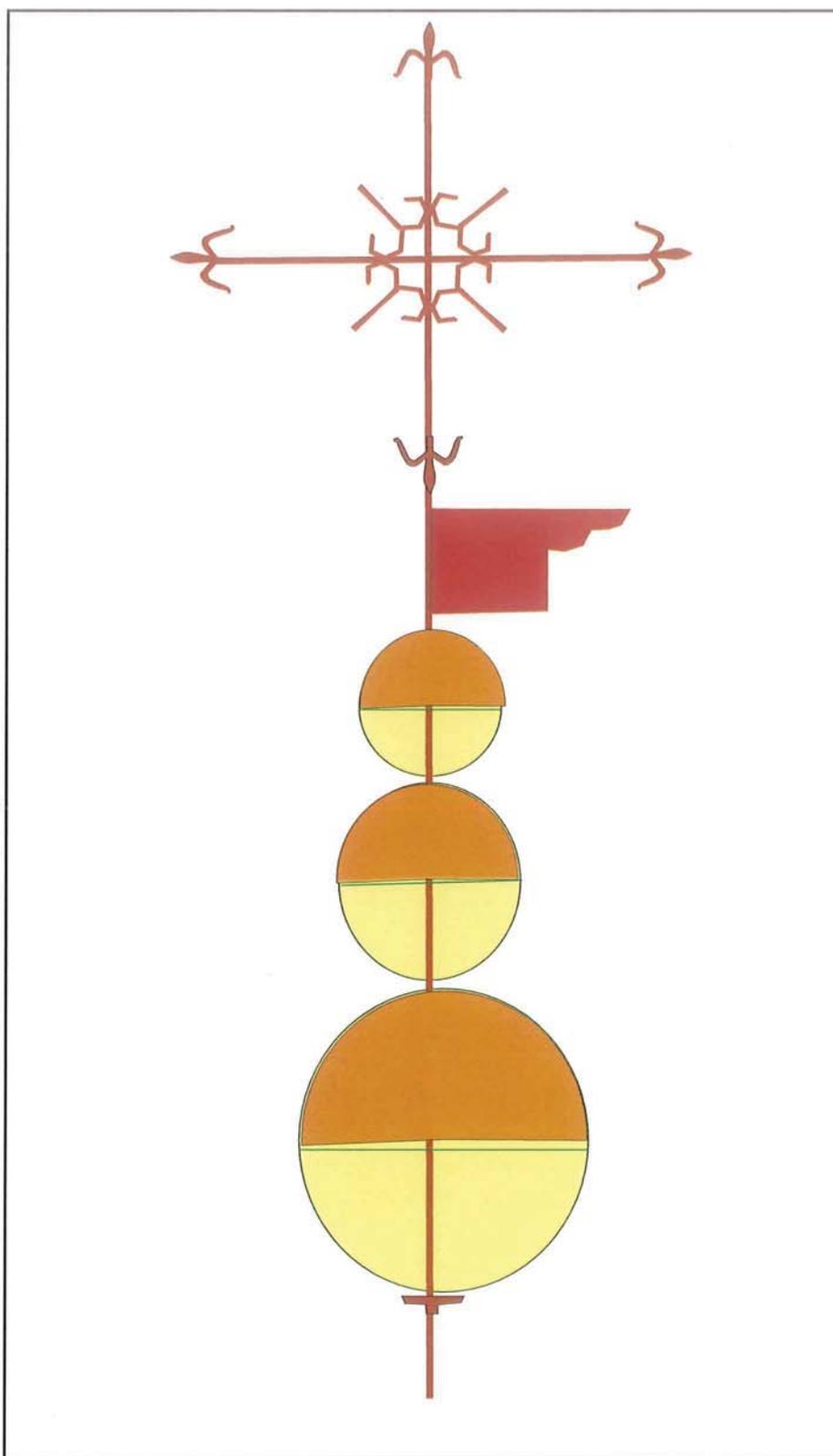
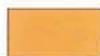


Gráfico 6A (Delante)
Estado de conservación.

Alteraciones del soporte(Bronce)



Fracturas, grieta, fisuras
y deformaciones



Oxido de elementos
metálicos

"YAMUR" DEL CONVENTO DE LOS CONCEPCIONISTAS DE PEDROCHE (CÓRDOBA)

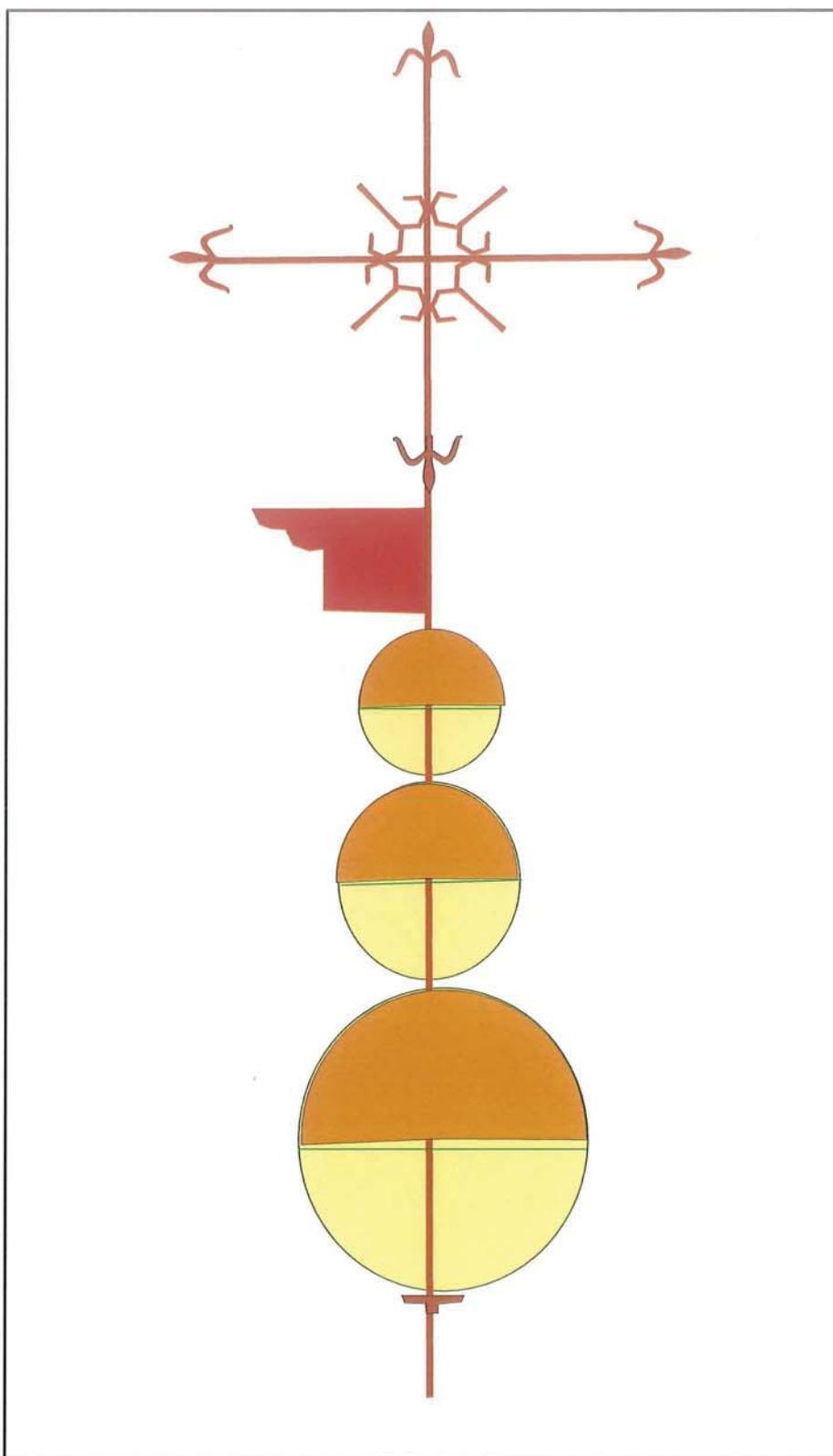


Gráfico 6B (Detrás)
Estado de conservación.

Alteraciones del soporte(Bronce)



Fracturas, grieta, fisuras
y deformaciones



Oxido de elementos
metálicos

"YAMUR" DEL CONVENTO DE LOS CONCEPCIONISTAS DE PEDROCHE (CÓRDOBA)

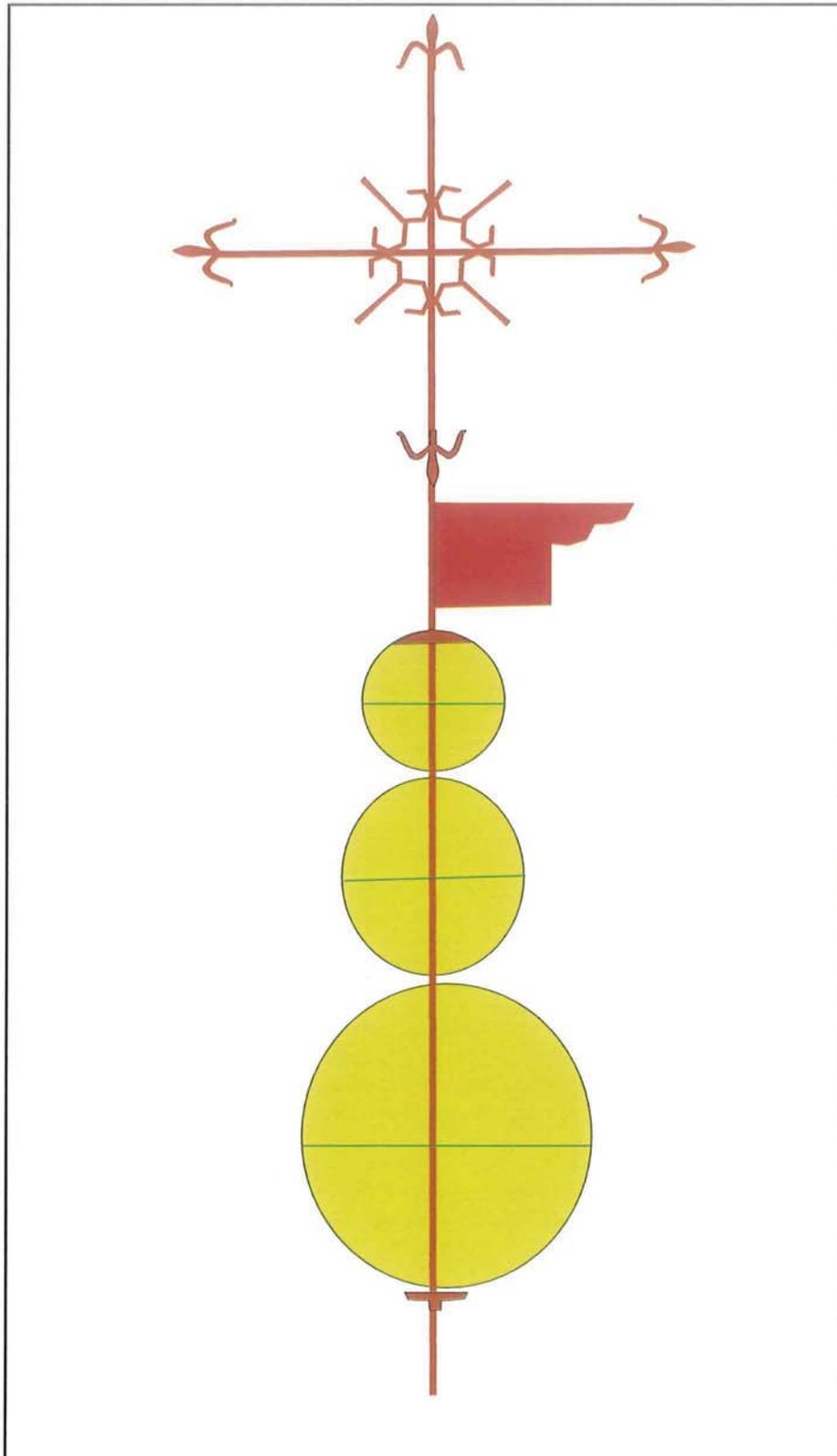


Gráfico 8A (Delante)
Estado de conservación
Alteraciones del soporte (Bronce)



Tinciones y depósitos biológicos

"YAMUR" DEL CONVENTO DE LOS CONCEPCIONISTAS DE PEDROCHE (CÓRDOBA)

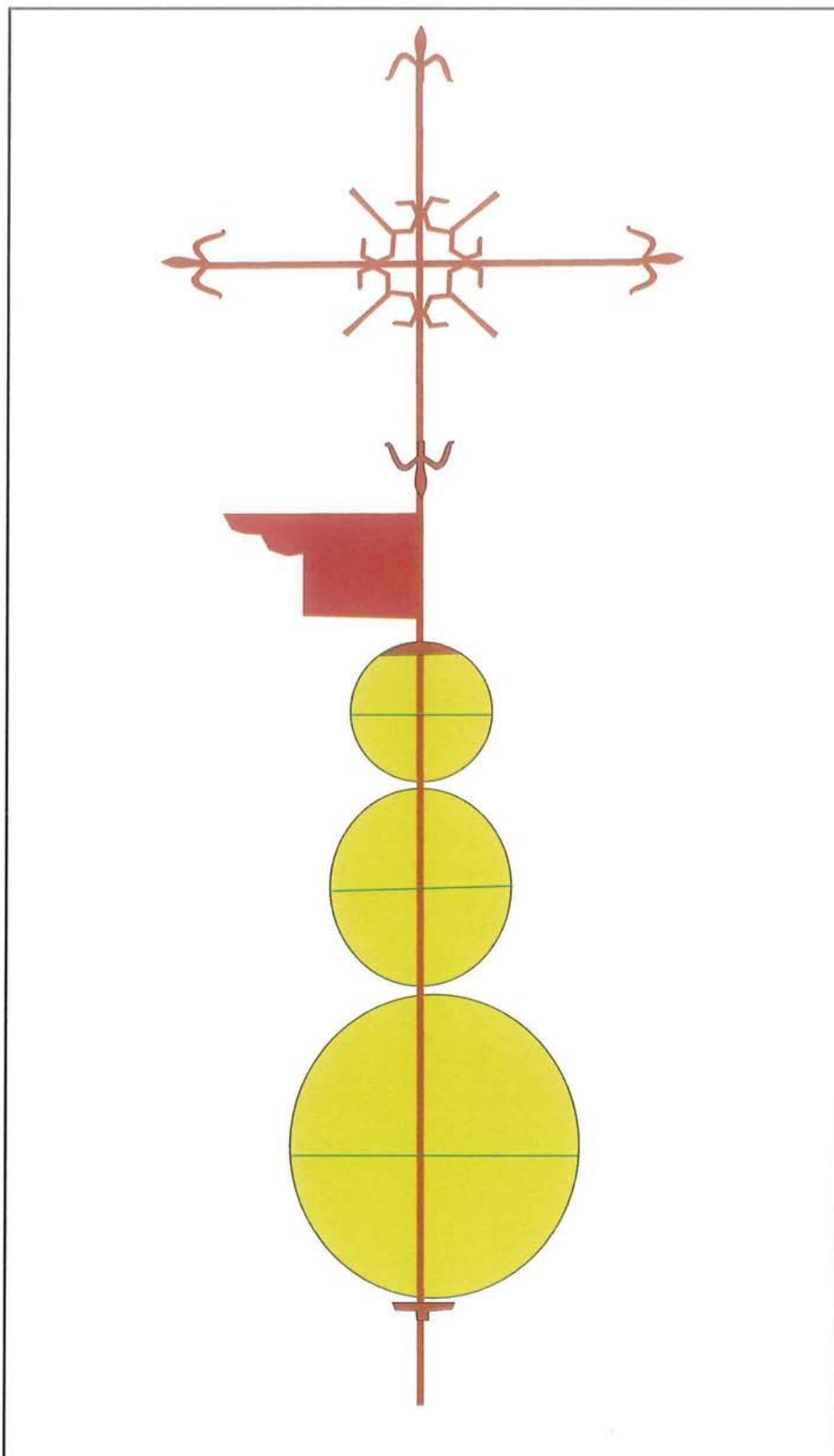


Gráfico 8B (Detrás)
Estado de conservación
Alteraciones del soporte (Bronce)



Tinciones y depósitos biológicos

"YAMUR" DEL CONVENTO DE LOS CONCEPCIONISTAS DE PEDROCHE (CÓRDOBA)

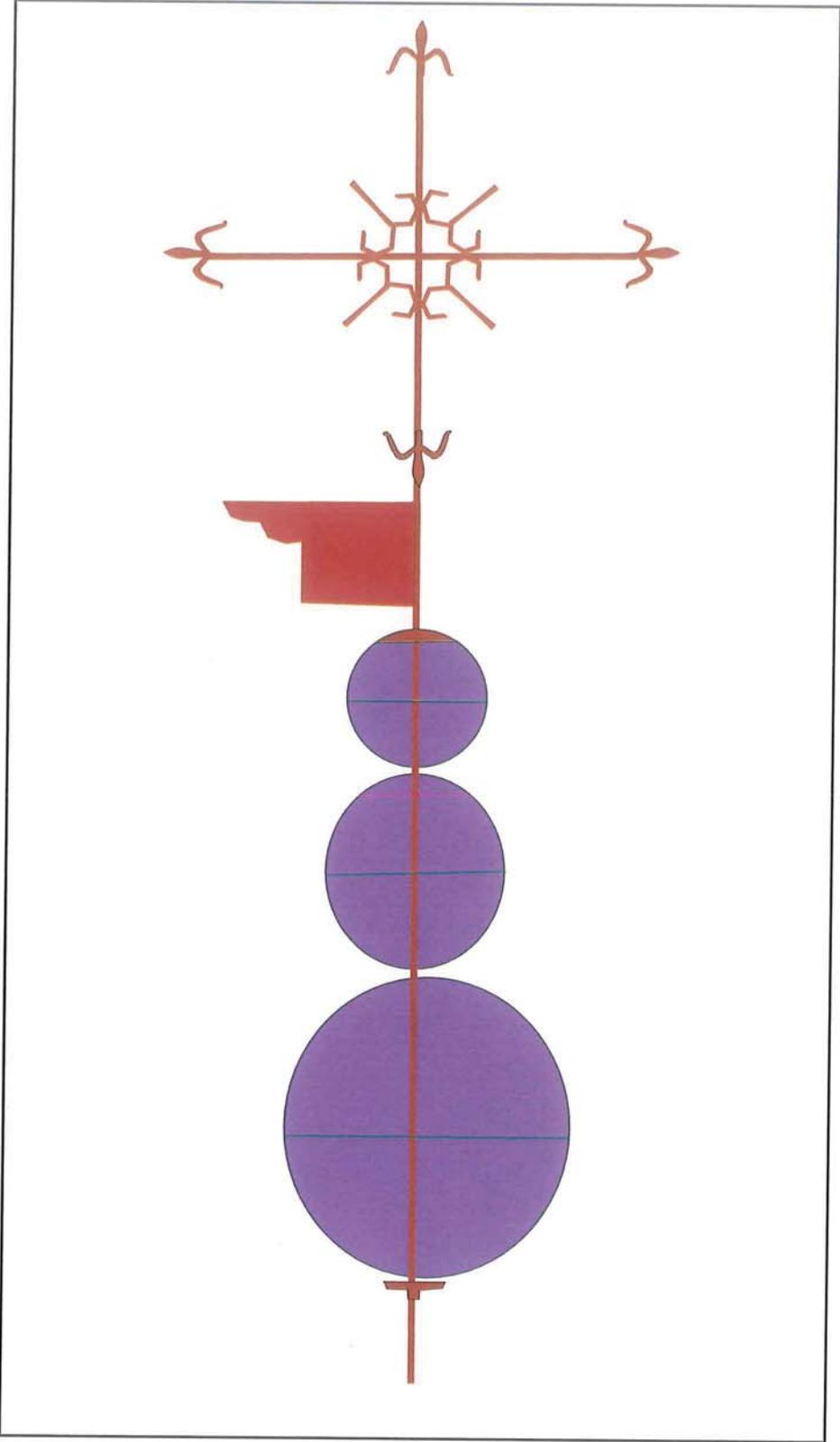


Gráfico 9B (Delante)
Tratamiento

 Protección final todos los
elementos metálicos

"YAMUR" DEL CONVENTO DE LOS CONCEPCIONISTAS DE PEDROCHE (CÓRDOBA)

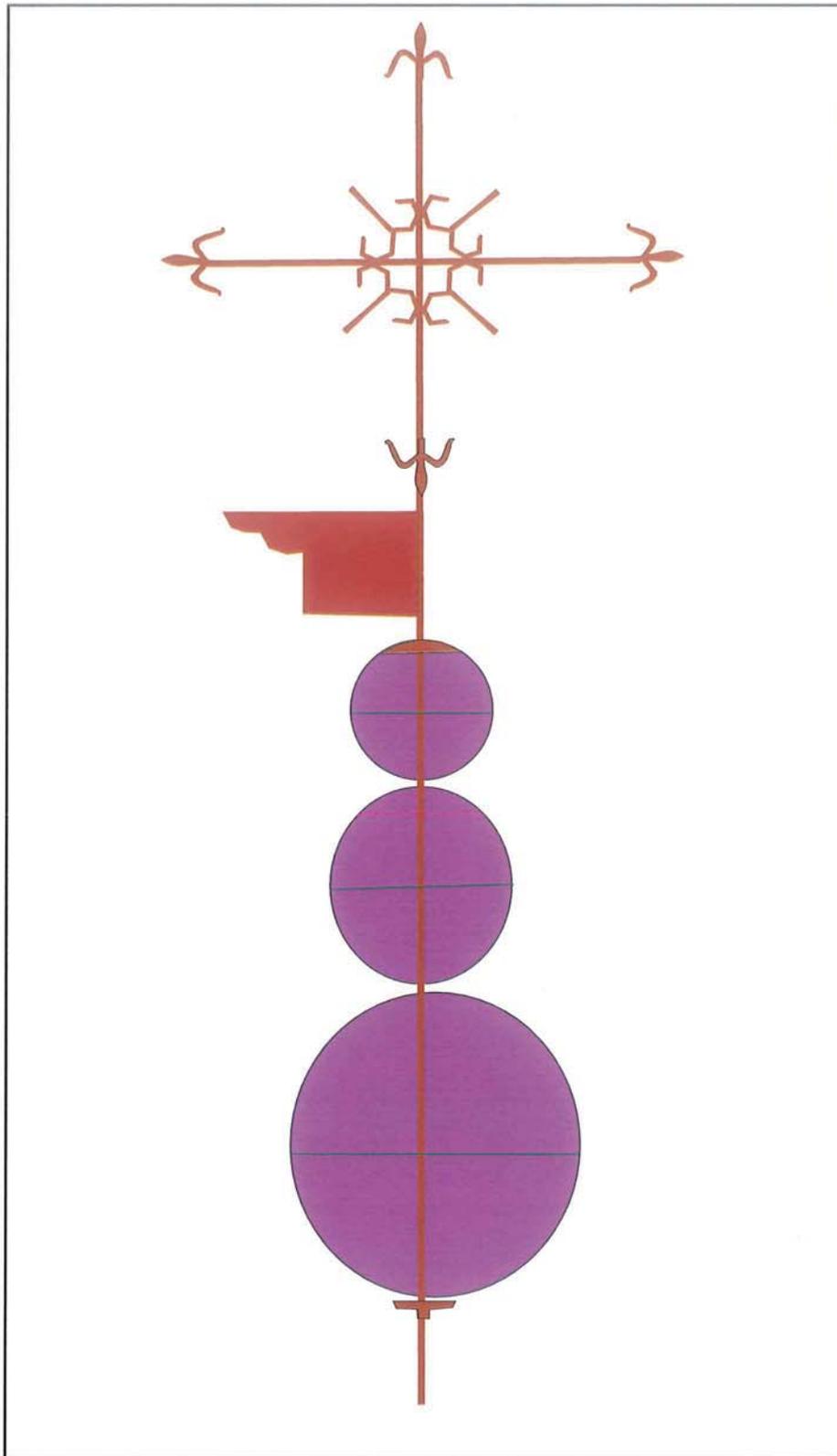


Gráfico 9B (Detrás)
Tratamiento

 Protección final todos los
elementos metálicos

Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche. Córdoba.

CAPÍTULO III: ESTUDIO CIENTÍFICO-TÉCNICO

1. Técnicas analíticas utilizadas

- Lupa binocular.
- Microscopía electrónica de barrido-microanálisis mediante espectrometría de dispersión de energías de rayos X.
- Microscopía óptica de luz reflejada.
- Espectrometría de Emisión Atómica por Plasma Inducido (ICP)
- Difracción de rayos X (XRD) de los compuestos cristalinos presentes en muestras de la pátina tomadas por raspado.

2. Descripción de muestras

En la selección de muestras se han tomado dos fragmentos representativos del metal de la esfera superior YA3, ya que es la que presentaba peor estado de conservación y de la única que existían fragmentos metálicos desprendidos, con la finalidad de realizar un estudio analítico-estructural del material.

También se tomaron muestras de las pátinas de las tres esferas, banderín, del eje y de la cruz añadida en el remate del eje.

En la siguiente tabla se relacionan las muestras tomadas y en las figuras 1 y 2 se localizan.

Registro	Observaciones
-----------------	----------------------

muestra

ESFERA INFERIOR YAMUR (YA1)

-
- YA1Q1** Pátina verde azulado de la parte inferior de la esfera inferior del Yamur (YA1)
- YA1Q2** Excreción de volátil depositada sobre la esfera inferior YA1
- YA1Q3** Pátina amarillenta verdosa que parece que procede de la reacción de los excrementos de volátiles con el metal.
- YA1Q4** Pátina de color grisáceo-negrucza que aparece en la parte de la soldadura.
- YA1Q5** Pátina verde oscura de la parte superior de la esfera inferior del Yamur (YA1).
- YA1Q6** Pátina verde oscura de la parte posterior de la esfera inferior del Yamur (YA1).

ESFERA INTERMEDIA YAMUR (YA2)

- YA2Q1** Escorrientías de color azul claro de la parte inferior-posterior de la esfera intermedia (YA2).
- YA2Q2** Pátina verde oscura de la parte superior de la esfera intermedia (YA2).
- YA2Q3** Pátina verde claro azulada de la esfera intermedia (YA2). Presenta morfología tipo picadura.

ESFERA SUPERIOR YAMUR (YA3)

- YA3Q1** Fragmento metálico de la esfera superior.
- YA3Q2** Pátina de color marrón verdosa y debajo aparece pátina de color azul clara.
- YA3Q3** Pátina de color marrón oscura y debajo aparece pátina de color verde oscura y bajo ésta otra de color azul clara.
- YA3Q4** Pátina de color verde oscura y debajo aparece pátina de color azul clara.
- YA3Q5** Fragmento metálico del aro interior de la esfera que une los dos hemisferios.

BANDERÍN (BA)

- BAQ1** Pátina de color amarillo claro.
- BAQ2** Pátina de color marrón oscuro.
- BAQ3** Pátina de color anaranjado desarrollada en una zona con abundantes deyecciones de volátiles.

CRUZ (CZ)

- CZQ1** Pátina de color marrón oscuro localizada en el añadido cristiano del eje en forma de cruz.

EJE (EJ)

- EJQ1** Pátina de color negruzco de la parte inferior del eje de hierro.
- EJQ2** Pátina de color blanquecino localizada sobre el eje de hierro y con apariencia de concreciones de carbonatos.
-

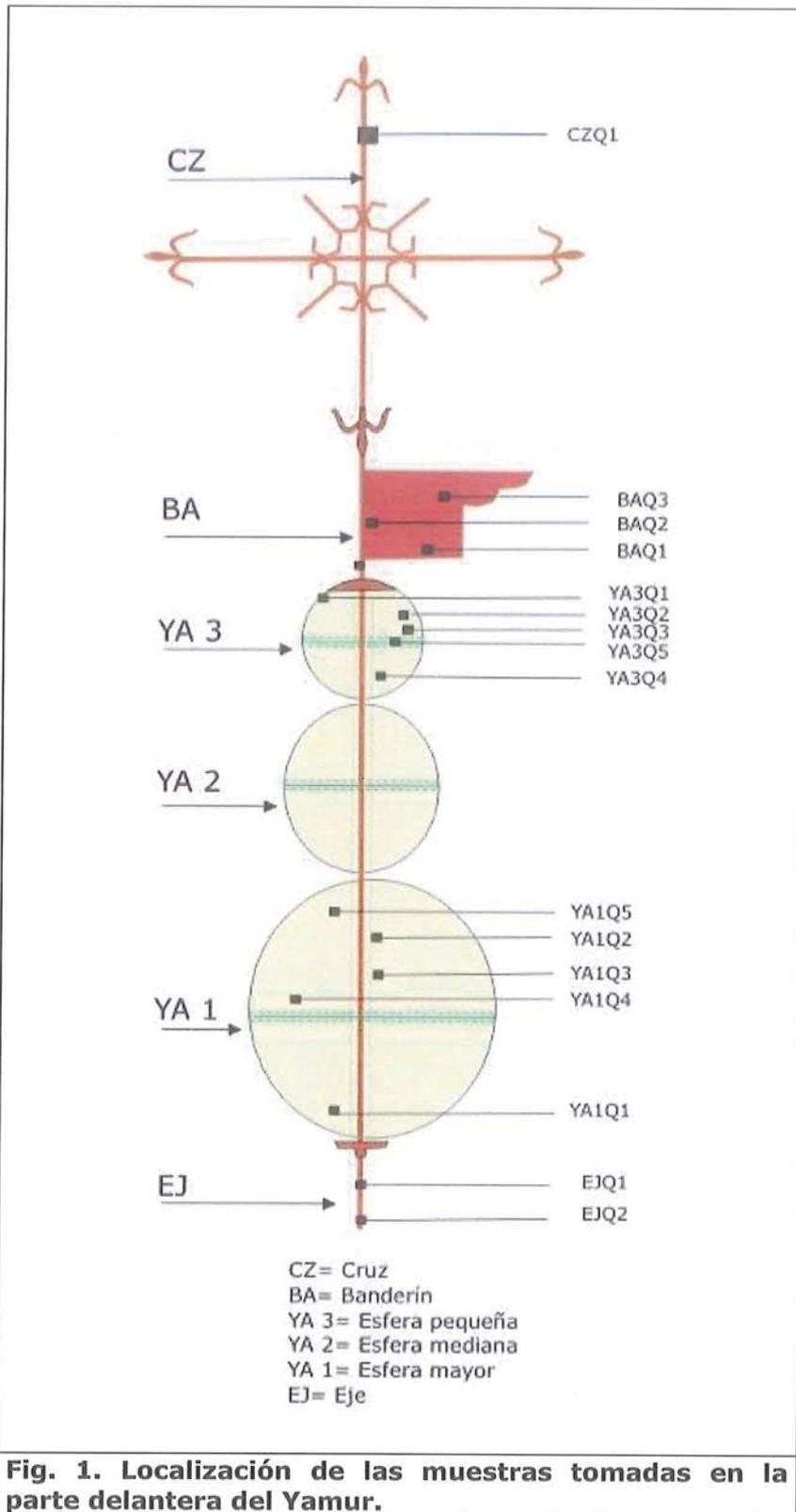
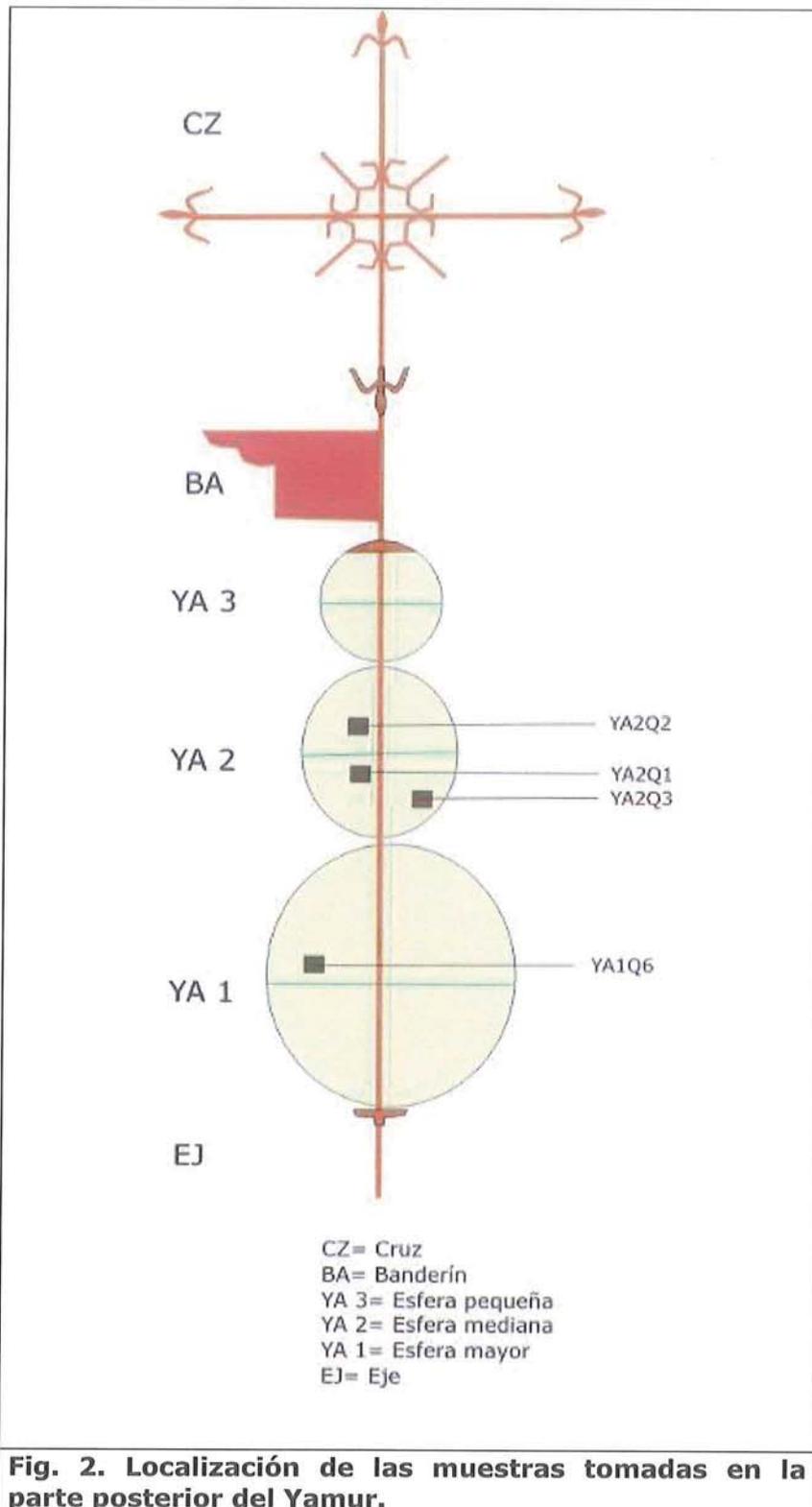


Fig. 1. Localización de las muestras tomadas en la parte delantera del Yamur.

Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche. Córdoba.



3. Metodología

Las muestras de los fragmentos metálicos se han estudiado en primer lugar el microscopio electrónico sin incluir en resina. Una vez finalizado el estudio preliminar, para la observación al microscopio óptico se tomó un pequeño fragmento incluido en resina y pulido. Para revelar la estructura metalográfica de la muestra se ha atacado con cloruro férrico en disolución alcohólica¹.

Las muestras de pátinas se han estudiado mediante difracción de rayos X para determinar su composición mineralógica.

4. Resultados

ESFERA INFERIOR YAMUR (YA1)

YA1Q1

La muestra YA1 Q1 es una pátina de color verde azulado tomada de la parte inferior de la esfera inferior del Yamur (YA1).

El análisis composicional mediante difracción de rayos X revela la presencia de abundante cuprita acompañada de un compuesto orgánico de baja cristalinidad que no puede ser identificado y que se ha identificado visualmente como un recubrimiento superficial.

YA1Q2

Esta muestra corresponde a restos de excreción de volátil localizada sobre la esfera inferior YA1. El análisis por difracción de rayos X no ha identificado ningún compuesto cristalino, exceptuando algunos granos de cuarzo correspondientes a terrígenos.

YA1Q3

Corresponde a una muestra de pátina amarillenta verdosa que parece que procede de la reacción de los excrementos de volátiles con el metal. Los

¹ FeCl₃; C₂H₅OH;

resultados de difracción de rayos X identifican cuprita como componente mayoritario, cuarzo que probablemente preceda del polvo arrastrado por el viento y un compuesto orgánico sin identificar similar al detectado en la muestra YA1Q1.

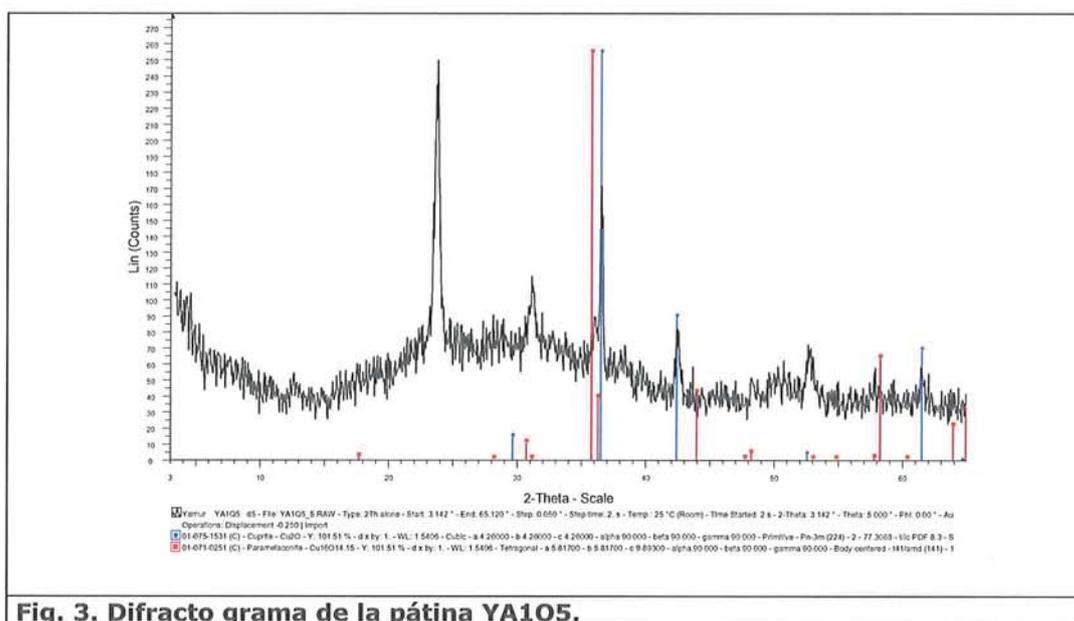
YA1Q4

La muestra YA1Q4 corresponde a una pátina de color grisáceo-negrucza que aparece en la parte de la soldadura. Se identifica por difracción de rayos X un sulfato de cobre.

YA1Q5

Es una muestra de pátina verde oscura de la parte superior de la esfera inferior del Yamur.

Se identifica como componentes mayoritario cuprita (Cu_2O) y paramelaconita (Cu_4O_3), en menor cantidad.



YA1Q6

Pátina verde oscura de la parte posterior de la esfera inferior del Yamur compuesta por cuprita y compuesto de naturaleza orgánica no cristalino.

ESFERA INTERMEDIA YAMUR (YA2)

YA2Q1

Esta muestra corresponde a escorrentías de color azul claro de la parte inferior-posterior de la esfera intermedia (YA2). Los resultados **de difracción de rayos X indican la presencia de abundante cuprita.**

YA2Q2

Muestra correspondiente a pátina verde oscura de la parte superior de la esfera intermedia. Su composición mineralógica es idéntica a la YA2Q1.

YA2Q3

Muestra de pátina verde claro azulada de la esfera intermedia. Tiene la misma composición mineralógica que la YA2Q1.

ESFERA SUPERIOR YAMUR (YA3)

YA3Q1

Descripción:

Fragmento metálico de la esfera superior. Se ha realizado un montaje en resina de metil metacrilato en sección transversal.

Se distingue en la figura 4 una capa externa correspondiente a la pátina del metal, tanto en la zona externa de la esfera como en la zona interna.

Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche. Córdoba.

La capa de pátina está compuesta por dos estratos, el inferior de color rojizo que se encuentra en contacto íntimo con el metal base y el superior de color verdoso.



Fig. 4. Fotografía de microscopía óptica de la sección transversal de la lámina que conforma la esfera YA3 (X20).



Fig. 5. Fotografía de microscopía óptica de la sección transversal de la lámina que conforma la esfera YA3. Detalle de la pátina exterior (X20).

La estructura metalográfica de la lámina una vez atacada con tricloruro férrico revela una estructura monofásica alfa de granos equiaxiales con bandas provocadas por el trabajo en frío del latón (Fig.7-9).



Fig. 7 Fotografía de microscopía óptica de la sección transversal de la lámina que conforma la esfera YA3 atacada con FeCl₃ en etanol (X5).



Fig. 8. Fotografía de microscopía óptica de la sección transversal de la lámina que conforma la esfera YA3 atacada con FeCl₃ en etanol (X10).

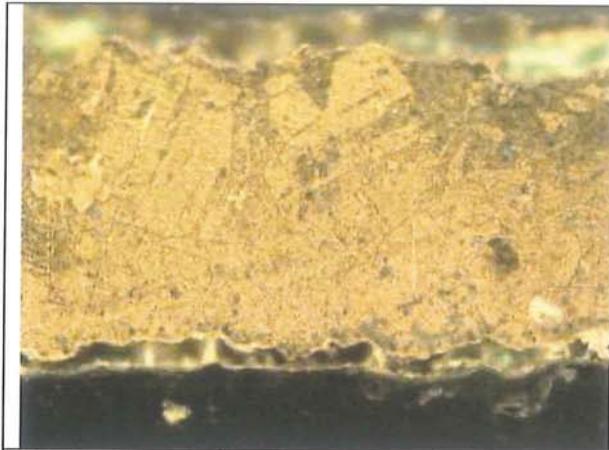


Fig. 9. Fotografía de microscopía óptica de la sección transversal de la lámina que conforma la esfera YA3 atacada con FeCl_3 en etanol (X20).

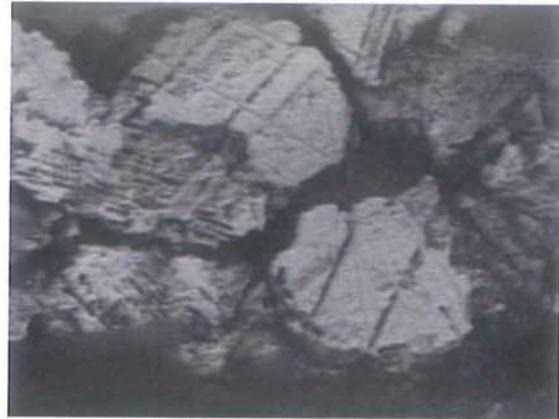


Fig. 10. Fotografía de microscopía electrónica en modo BSE de la muestra YA3Q1

Estos resultados se corroboran mediante la observación de la estructura al microscopio electrónico de barrido (Fig. 10-12).



Fig. 11. Fotografía de microscopía electrónica en modo BSE de la muestra YA3Q1

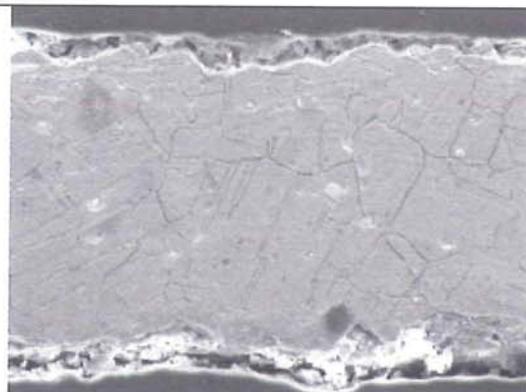


Fig. 12. Fotografía de microscopía electrónica en modo BSE de la muestra YA3Q1

Se ha analizado la composición química elemental de la aleación mediante Espectrometría de Emisión Atómica por Plasma Inducido (ICP). El resultado se presenta en la siguiente tabla. Se trata de una aleación binaria de cobre y cinc, es decir un latón, en el que se han identificado además otros elementos minoritarios entre los que destaca el plomo que llega a alcanzar el 2%.

MUESTRA	% Zn	% Fe	% Cu	% Pb	% Sn	% Sb	% Ag
METAL YA3Q1	30.420	0.700	64.830	2.810	0.120	0.022	0.067

Fig. 13. Análisis químico elemental realizado mediante Espectrometría de Emisión Atómica por Plasma Inducido (ICP)

YA3Q2

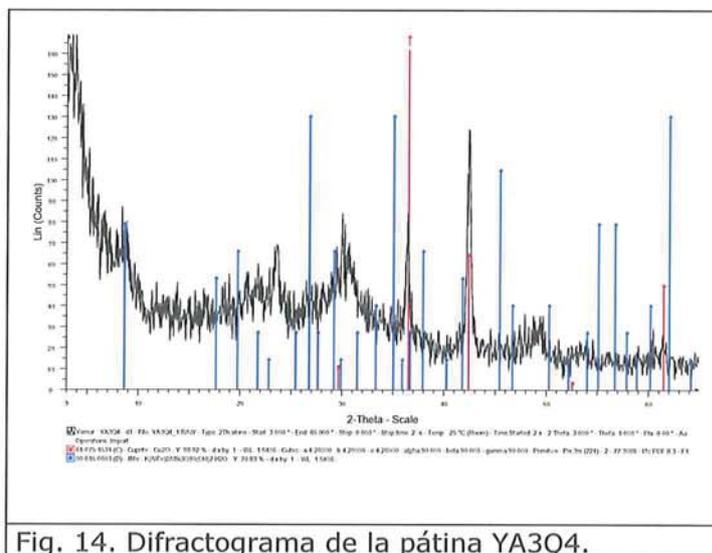
Pátina de color marrón verdosa y debajo aparece pátina de color azul clara. Mediante difracción de rayos X se identifica como componente mayoritario cuprita (Cu_2O) y en menor cantidad cuarzo.

YA3Q3

Pátina de color marrón oscura y debajo aparece pátina de color verde oscura y bajo ésta otra de color azul clara. Se identifica una mezcla de cuprita, tenorita, cuarzo y se detecta la presencia de un compuesto orgánico no identificado y de baja cristalinidad.

YA3Q4

Pátina de color verde oscura y debajo aparece pátina de color azul clara. El difractograma evidencia la presencia en la mezcla de cuprita en mayor proporción e ilita, procedente probablemente de la tierra que recubre la esfera.



YA3Q5

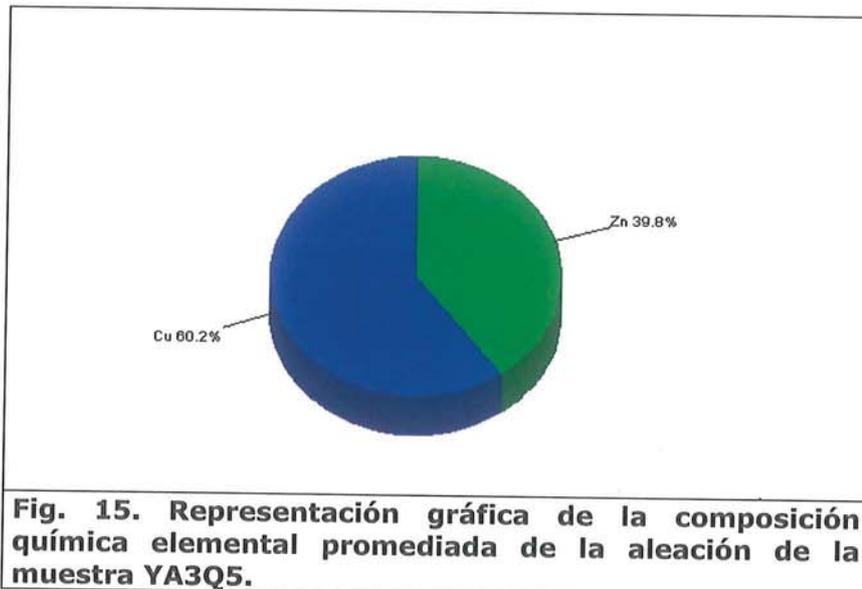
Fragmento metálico del aro interior de la esfera que une los dos hemisferios.

Se ha realizado el análisis químico elemental en áreas distintas de la sección transversal de la muestra YA3Q5 mediante la microsonda de rayos X acoplada al microscopio electrónico y a continuación se presentan los resultados en la tabla 1.

	Cu	Zn	Total
Spectrum 1	60.19	39.81	100.00
Spectrum 3	57.30	42.70	100.00
Spectrum 4	66.59	33.41	100.00

Tabla 2. Resultados de los análisis químicos elementales por EDX realizados en tres áreas distintas de la muestra YA3Q5.

El promedio de los análisis se representan a continuación en la siguiente figura.



BANDERÍN YAMUR (BA)

BAQ1

Pátina de color amarillo claro localizada en el banderín del Yamur. Se han analizado mediante difracción de rayos X y se ha identificado una mezcla de cerusita e hidrocerusita, carbonatos de plomo, junto con restos de yeso y calcita.

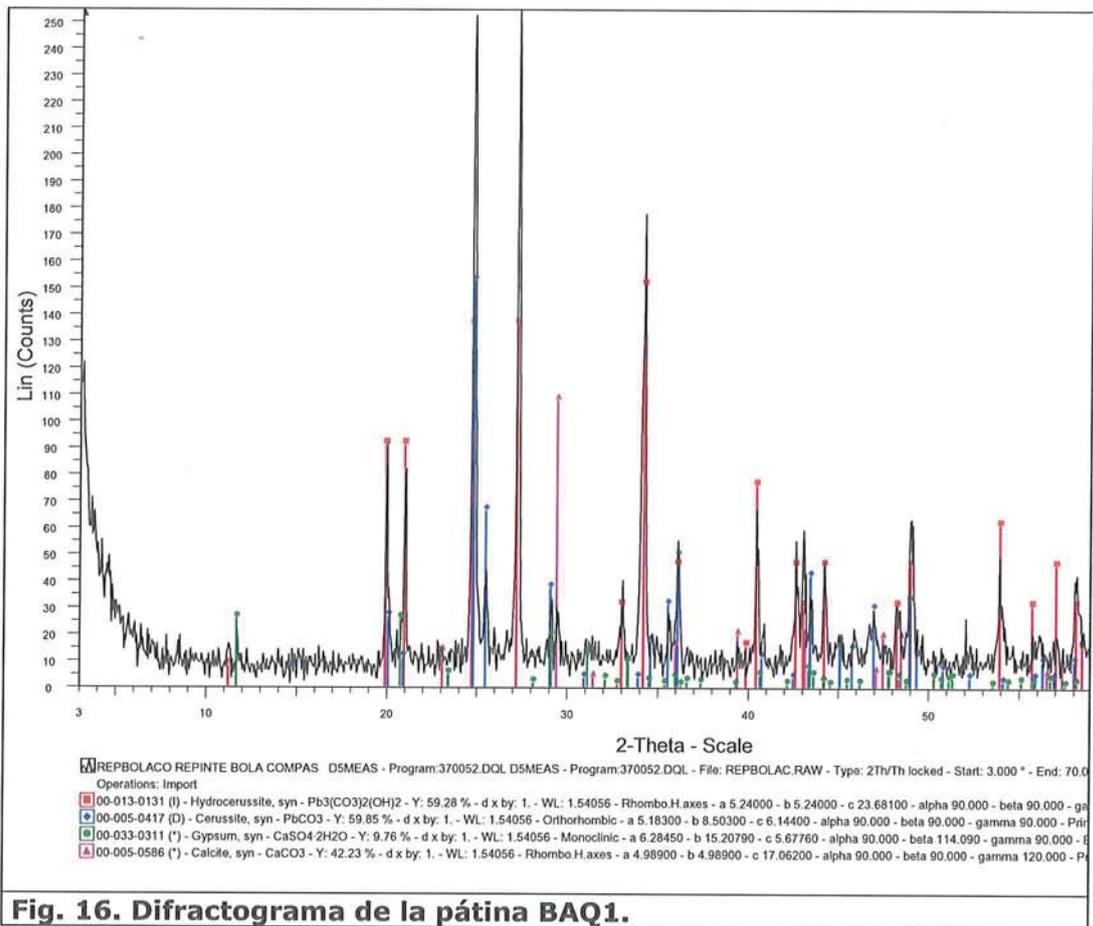
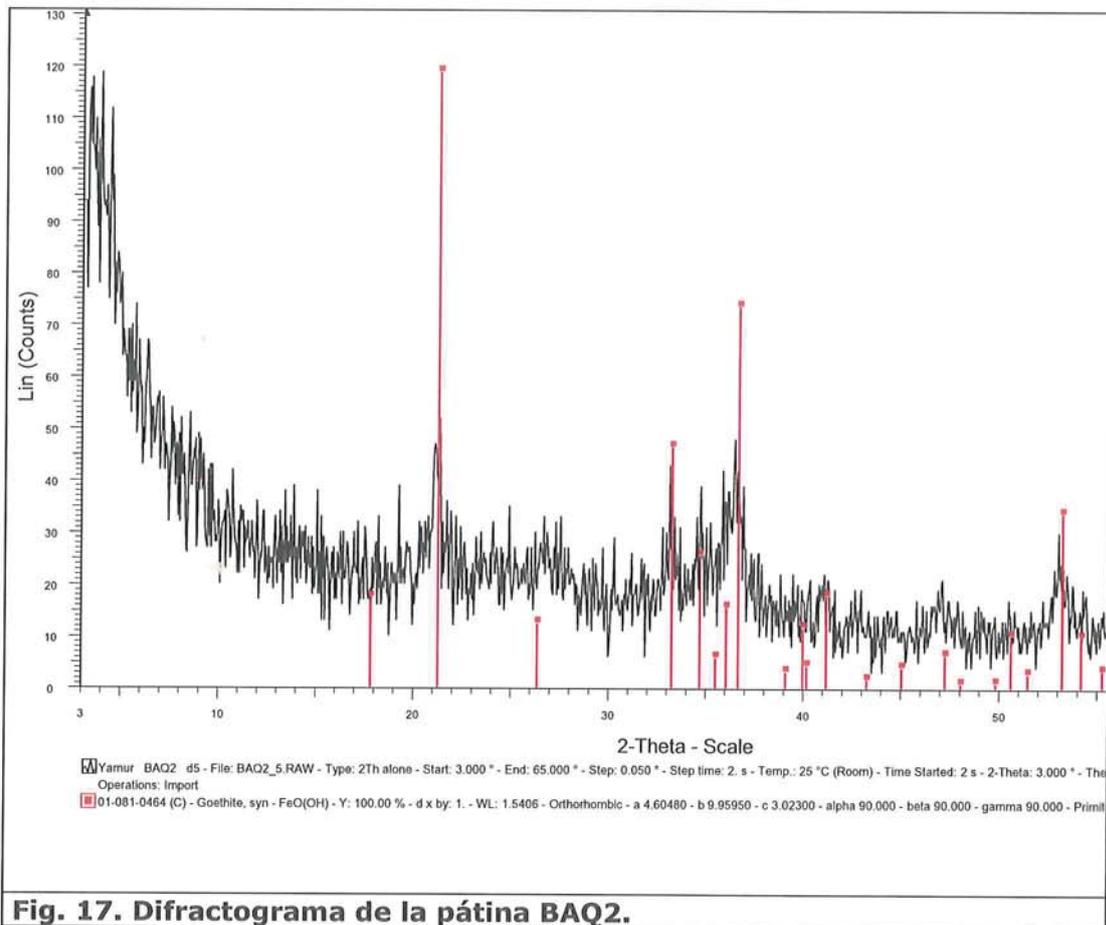


Fig. 16. Difractograma de la pátina BAQ1.

BAQ2

Pátina de color marrón oscuro localizada en el banderín. Se identifica goetita como componente mayoritario.



BAQ3

Pátina de color anaranjado localizada en el banderín. Tiene idéntica composición de la muestra BAQ2.

CRUZ YAMUR (CZ)

CZQ1

Pátina de color marrón oscuro localizada en el añadido cristiano del eje en forma de cruz. Está formada por lepidocrita y goetita, dos oxihidróxidos de hierro.

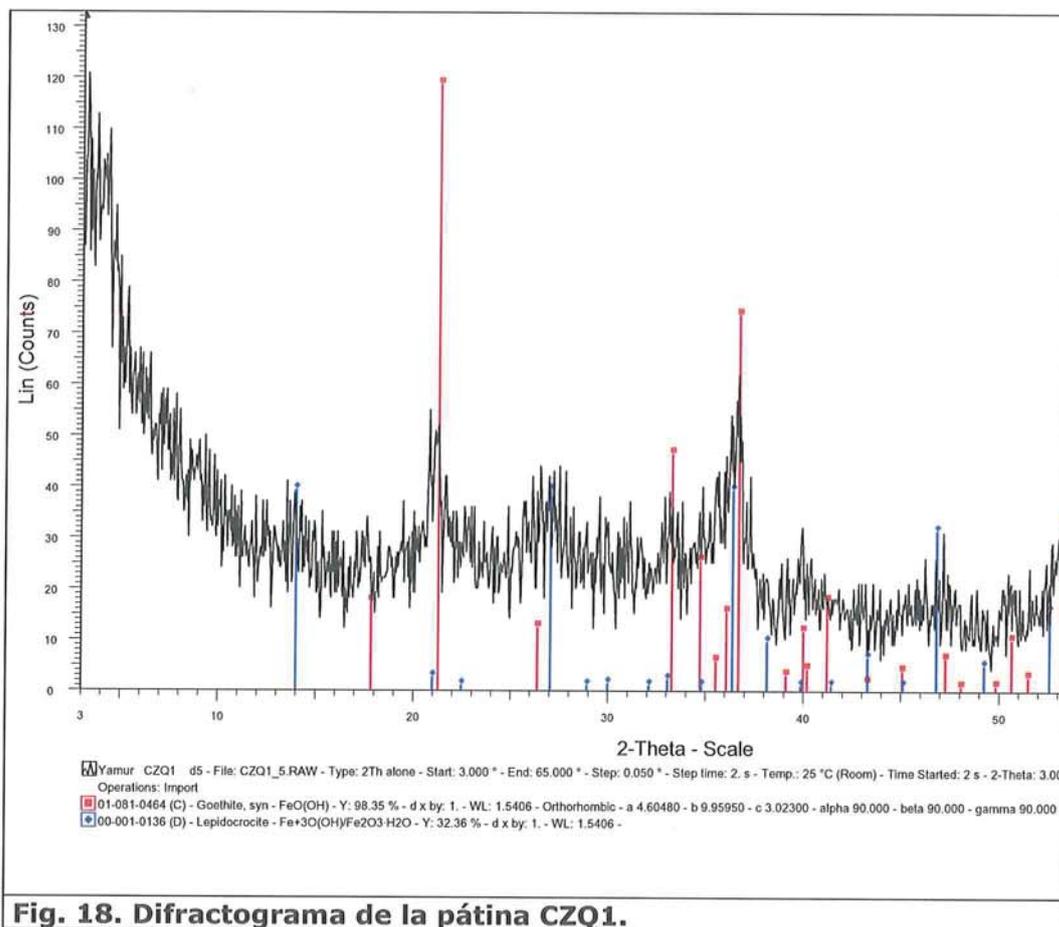


Fig. 18. Difractograma de la pátina CZQ1.

EJE YAMUR (EJ)

EJQ1

Pátina de color negruzco de la parte inferior del eje de hierro. Su composición mineralógica es de lepidocrita y goetita.

EJQ2

Pátina de color blanquecino localizada sobre el eje de hierro y con apariencia de concreciones de carbonatos. Su análisis mineralógico por difracción de rayos X, identificó la presencia de goetita, lepidocrita y calcita.

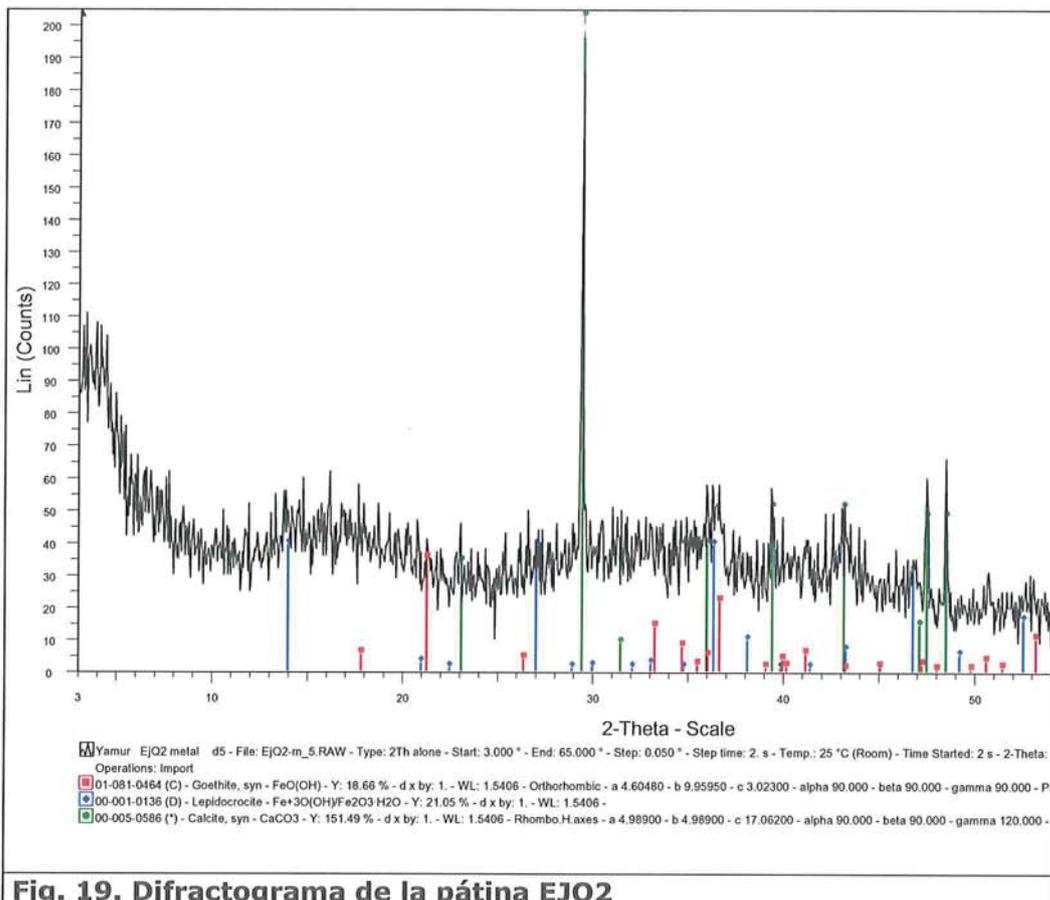


Fig. 19. Difractograma de la pátina EJQ2

Memoria final de Intervención de un "Yamur". Convento de las concepcionistas de Pedroche. Córdoba.

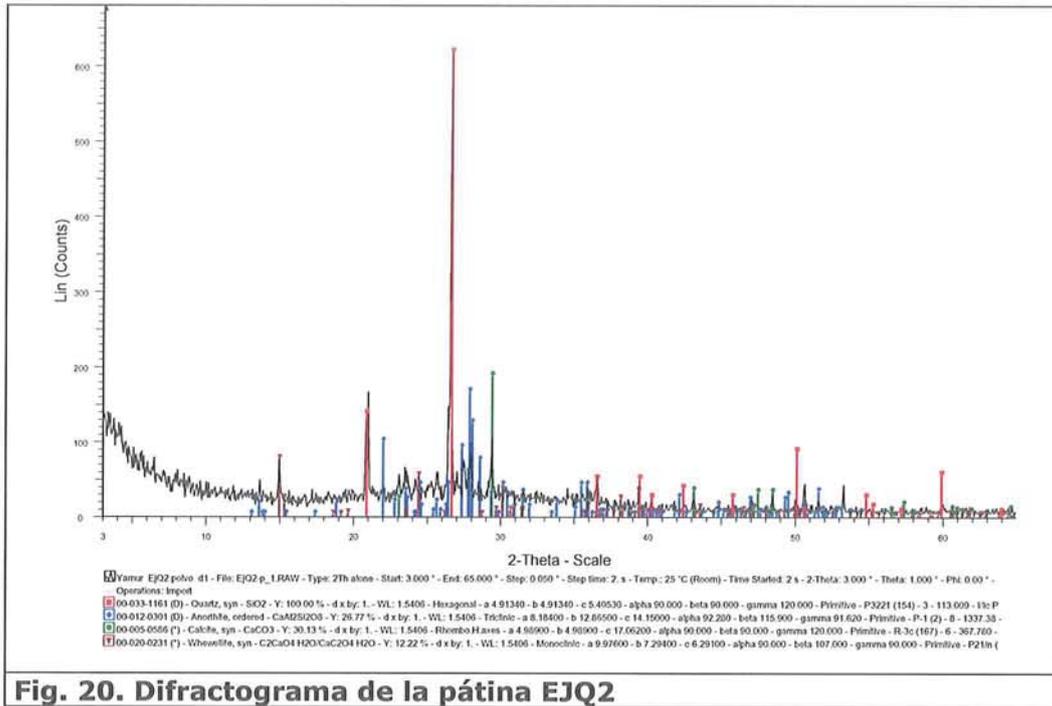


Fig. 20. Difractograma de la pátina EJQ2

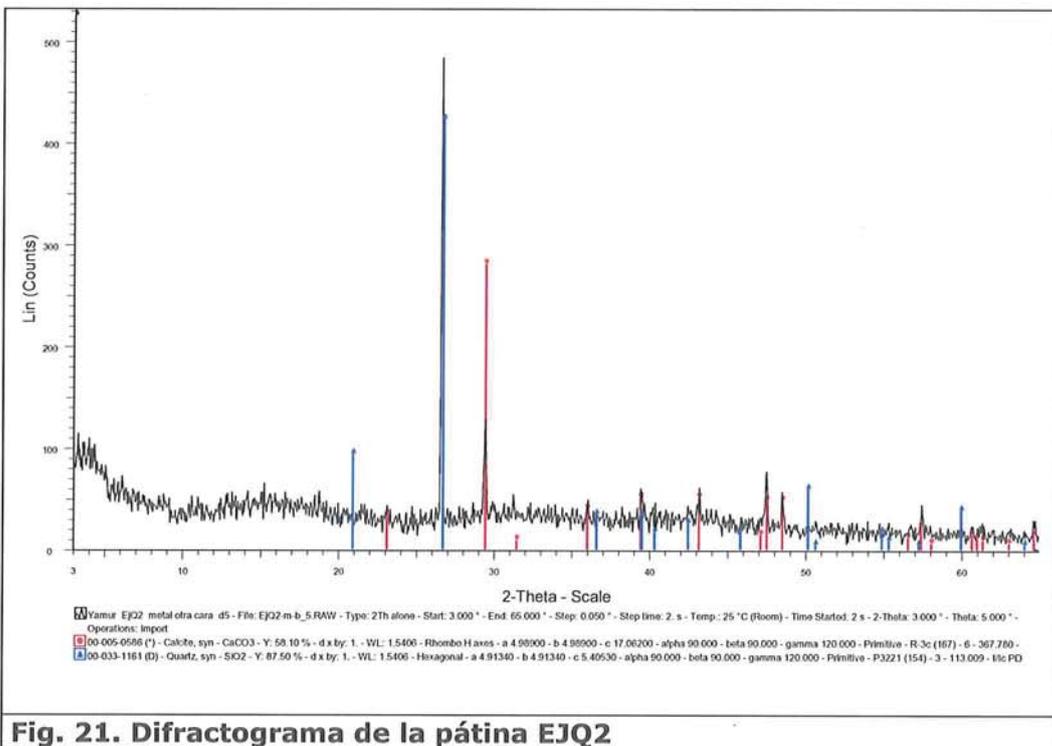


Fig. 21. Difractograma de la pátina EJQ2

5. Conclusiones

1. Las pátinas identificadas sobre las esferas **YA1 y YA2** están compuestas por cuprita abundante y en menor cantidad se detecta la presencia de un compuesto orgánico tipo cera.
2. Las esferas están compuestas por latón, aleación de cobre y cinc, en una proporción de 65: 30, con un 2% de plomo. La adición de plomo en la aleación disminuye el punto de fusión y facilita su trabajado.
3. El eje, el banderín y la cruz están recubierto por una pátina de oxihidróxidos de hierro.
4. Bajo la capa de protección del puñal se detectan restos de yeso, posibles restos adheridos sobre el puñal. También se detectan algunos cloruros de cobre como productos de corrosión del puñal, aunque son escasos y muy localizados.

EQUIPO TÉCNICO

Ana Bouzas Abad. Restauradora. Taller de Inmuebles del Centro de Intervención.

Raniero Baglioni. Restaurador. Área de Conservación preventiva. Taller de Inmuebles del Centro de Intervención.

Auxiliadora Gómez morón. Química. Departamento de Análisis. Centro de Investigación y análisis.

Eugenio Fernández Ruiz. Fotógrafo. Laboratorio de técnicas de examen.

Sevilla, 12 de noviembre de 2008

Vº Bº EL JEFE DEL CENTRO DE INTERVENCIÓN
EN EL PATRIMONIO HISTÓRICO
Fdo: Lorenzo Pérez del Campo

CONSEJERÍA DE CULTURA

Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico

Camino de los Descubrimientos, s/n, 41920 Sevilla

Tel 955 037 000, 955 037 181

Fax 955 037 001

www.laph.junta-andalucia.es

Correo electrónico: secretaria.interv.laph@juntadeandalucia.es

