

# Estado de conservación y proceso de restauración de la rueda elevadora de agua

Pedro E. Manzano Beltrán, Centro de Intervención del IAPH. Taller de escultura

Abordamos en este capítulo los aspectos descriptivos del estado de conservación de la rueda en el momento de iniciar un pormenorizado estudio interdisciplinar que nos ha permitido conocer el bien para intervenir sobre él de manera singular y personalizada. A continuación y siguiendo la metodología de trabajo del IAPH, se expone el tratamiento crítico-operativo de restauración aplicado conforme a los resultados de los estudios y análisis previos realizados teniendo en cuenta tres preceptos básicos: mínima intervención, reversibilidad de las actuaciones y criterios empleados, así como la utilización de materiales afines a la obra y entre sí, descartando aquellos que no hayan sido testados.

## State of conservation and process of restoration of the Waterwheel

This chapter describes the condition of the waterwheel at the beginning of the detailed inter-disciplinary study, which has enabled us to learn about the wheel in order to study it through a unique and personalised approach. Then, and in accordance with the work methodology of the IAPH (Andalusian Historical Heritage Institute), we will explain the critical-operative restoration work carried out in line with the results obtained from prior analyses and studies, taking into account three basic rules - minimum intervention, reversibility of actions, and criteria used -, as well as the use of inter-related and work-related materials, and eliminating those that have not been tested.

## Introducción

El primer contacto que tuvimos con la rueda fue tras su traslado desde el Museo Provincial de Huelva a las dependencias del Centro de Intervención en el IAPH. Las distintas piezas desmontadas venían perfectamente numeradas y etiquetadas; los gráficos, fotografías y esquemas que la acompañaban nos permitieron disponer todas las piezas, a modo de gran puzzle, sobre el suelo, con ello tuvimos una primera visión de conjunto de la complejidad de la pieza y del reto que suponía conferirle cohesión estructural a fin de exponerla en su posición primigenia (figura 1).

Muy numerosas fueron las piezas de madera y clavos metálicos utilizados para unir las diversas partes que la componían, algunas de ellas fracturadas posiblemente por los desplomes de la galería a lo largo del tiempo y otras muchas serradas para poder extraerlas del yacimiento en el momento del hallazgo. Esta circunstancia nos hizo plantearnos la necesidad de diseñar y construir una estructura de sustentación que nos permitiese disponer las piezas de la rueda en su lugar correcto, sin que estuviesen sometidas a esfuerzos ni cargas. Para ello fue necesario ampliar el equipo de trabajo con la colaboración de AICIA<sup>1</sup>.

Cuando se desmontó la rueda en el Museo Provincial de Huelva<sup>2</sup>, se etiquetaron cada una de sus piezas, confiéndoles un nombre y un número de posición; mantuve durante todo el trabajo dicha nomenclatura e incluso la trasladé a las piezas de acero inoxidable y fibra de carbono que conforman la nueva estructura de sustentación, por considerarlas de gran utilidad, ya que ello facilitó el montaje en la misma posición en la que se encontraba expuesta en el museo, así cuando hacemos referencia en una pieza a “delantero” o “trasero” aludimos a la posición o cara que se encontraba visible para el espectador en el Museo, en el primer caso, y a las piezas que quedaban cara a la pared, en el segundo de los casos, ya que las dimensiones de la rueda y la falta de un espacio expositivo adecuado obligaron a exponerla para ser contemplada con un solo punto de vista. Así pues, las piezas se denominaron de la siguiente forma:

# Los discos dentados y sus tapas: DD (Disco Delantero) y DT (Disco Trasero)

# Los radios que se insertan en cada uno de dichos discos se denominan RD (Radios Delanteros) y RT (Radios Traseros); en ambos casos numerados del 1 al 25 en el

sentido de las agujas del reloj, correspondiendo al cangilón que ocupa la posición más elevada el número 3.

# En el caso de los cangilones fue necesario dotar de un nombre a cada una de las ocho piezas que los componen, teniendo en cuenta que la pieza F no existía físicamente y tan sólo aparecía referenciada en la documentación gráfica realizada en el momento de los hallazgos:

Pieza A = Tabica

Piezas B ( $B_1$  -  $B_2$ ) = Tablas laterales de entrada y salida de agua

Piezas C ( $C_i$  -  $C_e$ ) = Tablas de contorno interior y exterior

Pieza D = Travesaño de refuerzo interior de la tabla de contorno exterior

Pieza E = Travesía exterior

Pieza F = Travesía de refuerzo exterior de la tabla de contorno interior

## Descripción de la rueda

El estudio de la construcción técnica de la rueda ha sido desglosado según las diferentes partes que la constituyen, estableciendo para ello una descripción pormenorizada de cada uno de estos elementos desde el interior de la rueda hacia el exterior.

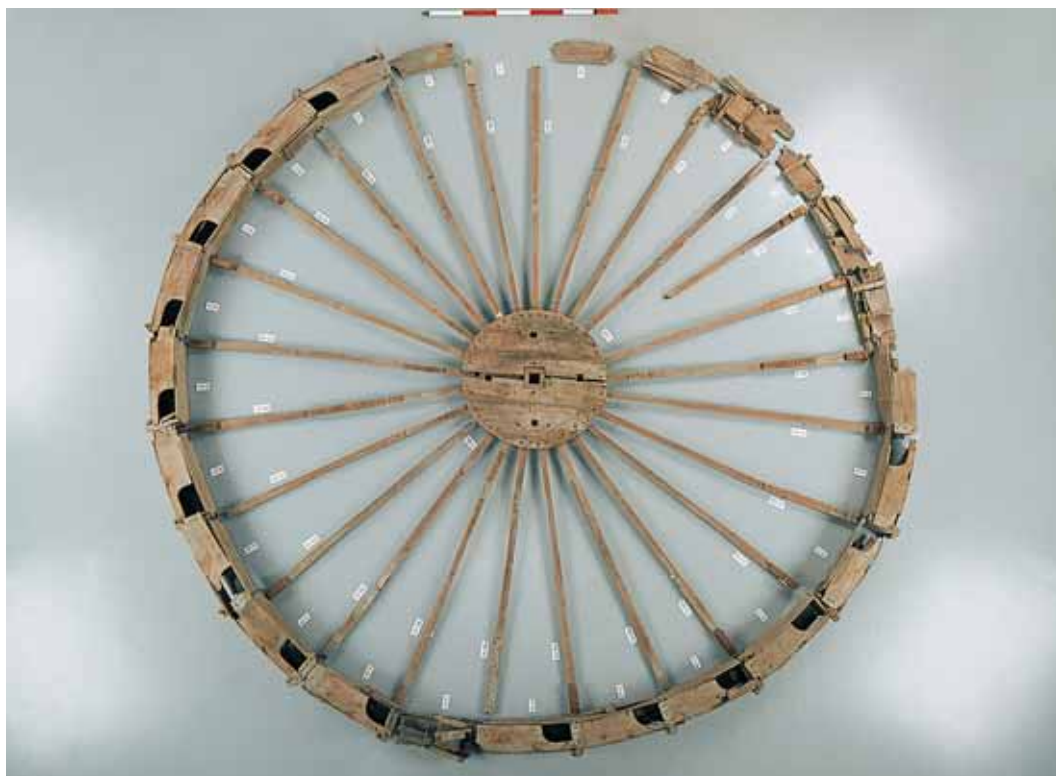
Las dimensiones totales de la rueda son de 4 m y 30 cm de diámetro, y una anchura de 29 cm y 5 mm, en su zona central correspondiente a la separación entre las caras externas de las tapas de los discos dentados, sin tener en cuenta el eje de bronce, y de 21 cm y 5 mm, entre los dos puntos más alejados del eje central, correspondiendo al extremo del radio que sobresale de la tabla de contorno exterior (figura 2).

La anchura total de la rueda, considerando su eje de bronce, se sitúa en los 79 cm; en la actualidad, presenta un peso total de 147 kg y 400 g, desglosados de la siguiente forma: soporte del eje de bronce (800 g), eje de bronce (17, 800 g), discos centrales (34, 400 g), radios (37, 600 g), cangilones (56, 800 g).

Elementos centrales de sujeción y giro

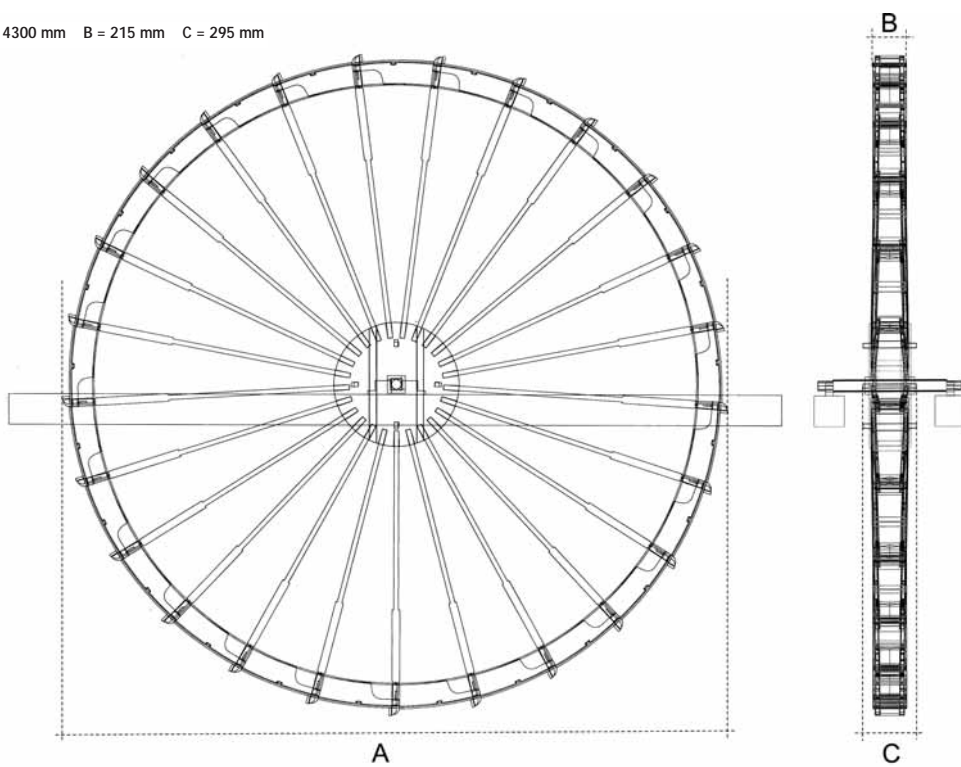
# Soporte del eje

El soporte del eje está fabricado con un pequeño tronco o rama, de forma cilíndrica, tallado mediante

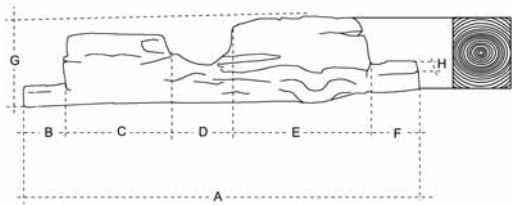


1. Al inicio de los estudios previos se colocaron las piezas que conforman la rueda en el suelo

A = 4300 mm B = 215 mm C = 295 mm

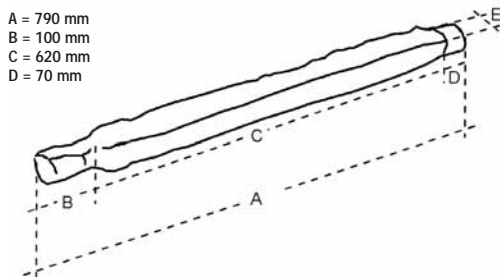


2. Dimensiones generales de la rueda



A = 375 mm B = 50 mm C = 100 mm D = 70 mm  
E = 130 mm F = 50 mm G = 90 mm H = 50 mm

3. Dimensiones del soporte del eje de bronce. Orientación de los anillos de crecimiento en la madera



A = 790 mm  
B = 100 mm  
C = 620 mm  
D = 70 mm

4. Dimensiones generales del eje de bronce

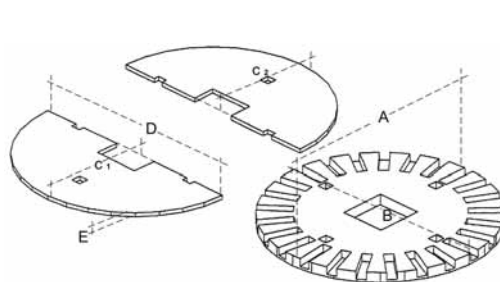
grandes cortes, pues se aprecian claramente las marcas de hachas o formones que pudieron haberse utilizado, tan sólo tenemos uno de los dos que lógicamente sujetarían el eje de bronce. Se ha extraído del centro de la madera o duramen. Esta pieza pesa 800 g (figura 3).

## # Eje

El eje es de bronce. Es una pieza maciza de forma rectangular, que en sus extremos se estrecha y redondea. La pieza está hecha con molde. Posiblemente esta pieza estuviera embutida en una pieza de madera que lo recubría y encajaba en el cuadrado central de los discos. Tenemos noticias de ella a través de dibujos de diversas publicaciones, pero actualmente la pieza no se halla entre el resto de los elementos que componen la rueda hidráulica. El peso del eje es de 17.800 g (figura 4).

## # Discos

La rueda tiene dos discos donde se ensamblan los cincuenta radios que sujetan a los cangilones. Son de forma ovalada y cada uno está compuesto por dos piezas de diferentes escuadrias. Las tablas para la manufactura del disco han sido extraídas mediante un corte radial.



## DISCO DENTADO DELANTERO

## DISCO DENTADO TRASERO

A = 785 mm

A = 780 mm

B = 810 mm

B = 825 mm

C<sub>1</sub> = 387 mm

C<sub>1</sub> = 380 mm

D = 825 mm

D = 820 mm

E = 21 mm

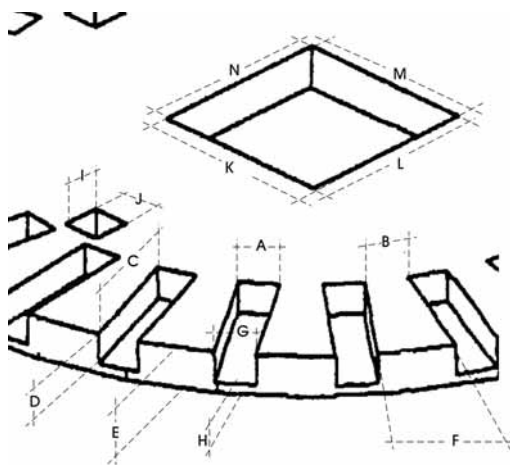
E = 19 mm

5. Dimensiones generales de los discos dentados y sus tapas

En el centro del disco hay un orificio de forma cuadrangular para alojar el eje de bronce. En torno a éste observamos cuatro orificios de espigas que atraviesan la pieza de madera, uno por cada lado del cuadrado; dos de los orificios se encuentran alineados con otros dos orificios cercanos a los alojamientos de los extremos de los radios. Estos tres orificios, por cada una de las mitades de los discos dentados, tienen su correspondencia con las tapas y servían para sujetar, mediante dos travesaños externos actualmente desaparecidos, las tapas de los discos a los discos dentados. Equidistantes al orificio central se encuentran otros cuatro orificios cuadrangulares para alojar los travesaños de separación de ambos discos (figura 5). Las dos piezas que conforman cada disco están ensambladas mediante unión viva, al hilo de la madera e interiormente, por un ensamblaje que consiste en un sistema de caja y espiga, en el que a su vez la espiga se encuentra anclada por espigas de madera que la atraviesan perpendicularmente. Este dato fue revelado tras el estudio radiográfico realizado en dicha pieza.

Cada disco presenta, en una de sus caras, veinticinco huecos donde se alojan los extremos de los radios (figura 6). Estos huecos están tallados en la propia madera y tienen un orificio cuadrangular que permite el anclaje de una espiga de madera para sujetar el extremo del radio;





A = 30 mm	F = 65 mm	K = 120 mm
B = 40 mm	G = 35 mm	L = 110 mm
C = 100 mm	H = 10 mm	M = 120 mm
D = 35 mm	I = 35 mm	N = 115 mm
E = 45 mm	J = 35 mm	

6. Dimensiones particulares de los discos dentados

otros veinticinco agujeros cuadrangulares se distribuyen en los puntos más externos de los dientes de cada disco, con el fin de sujetar las tapas de cada uno de ellos, así las tapas presentan estos mismos veinticinco agujeros cuadrangulares.

El reverso de los discos presenta dos travesaños cada uno no originales, sujetos mediante cinco espigas de madera cada travesaño; están colocados perpendicularmente y refuerzan las piezas ensambladas. Los taladros dados a las piezas de madera las han atravesado de tal forma que podemos ver la espiga de madera introducida para sujetar estos travesaños por ambos lados.

Los discos y sus respectivas tapas fueron marcados mediante un golpe de formón para no confundirlos al montarlos, así el disco que venía denominado DD (disco delantero), por ser la posición que ocupaba en el conjunto de la rueda en el Museo Provincial de Huelva, presenta en su cara dentada una de sus tablas marcada con dos líneas en forma de V, así como cuatro de sus dientes marcados como I, II, III y IV en el sentido de marcha de las agujas del reloj y un aspa en forma de X y la otra mitad con dos aspás XX. Esta misma circunstancia concurre en la tapa de dicho disco. El otro disco dentado, denominado DT (disco trasero), posee una de las tablas marcadas con una línea del tamaño de la

boca del formón que la originó en forma de I y la otra tabla con dos líneas II. Al igual que en el caso anterior, estas marcas se repiten en su tapa (figuras 7 y 8).

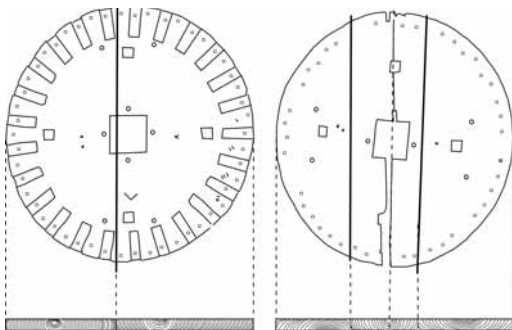
Las caras dentadas de los discos se completan con unas tapas de forma ovalada que tienen por función cubrir y proteger los extremos de los radios. Las tapas están compuestas por cuatro tablas de distintas escuadrias y divididas en dos mitades, con la particularidad de que la tapa del disco dentado delantero (DD) presenta la tabla central de una sola pieza, dividida en dos mitades. Las tablas de la tapa han sido extraídas mediante corte tangencial. Presenta en el centro el mismo orificio cuadrangular que tiene la misma dimensión que la del disco dentado, así como los cuatro orificios cuadrangulares y equidistantes del centro para permitir el paso de los travesaños de separación de ambos discos y tres orificios más por tabla para permitir el paso de las espigas de sujeción de los desaparecidos travesaños externos.

La disposición actual de las tapas respecto a sus discos no era la original, ya que fueron girados para hacerles coincidir con los cuatro orificios cuadrangulares de paso de los travesaños de separación de los discos. Por esta circunstancia tampoco coincidían exactamente los veinticinco agujeros de sujeción a los discos dentados distribuidos por el contorno de dichas tablas ni los otros tres orificios por tapa de sujeción de los desaparecidos travesaños.

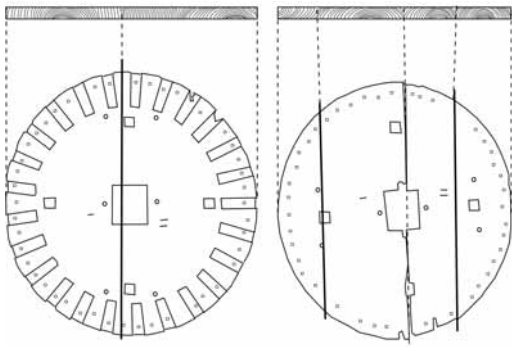
Al intentar llevar las tapas a su posición correcta comprobamos que los orificios descritos encontraban correspondencia con los del disco dentado pero desplazados, imposibilitando su montaje. Esta circunstancia, aunada al resultado de los estudios dendrocronológicos de dichas tapas, nos llevaron a la conclusión de que habían sido reaprovechadas de otras ruedas, por tanto las marcas en forma de X y de I que presentaban los discos dentados y sus tapas fueron llevadas a cabo en la época de montaje de la rueda en las dependencias de la compañía minera.

El peso de las diferentes piezas que conforman los discos es el siguiente:

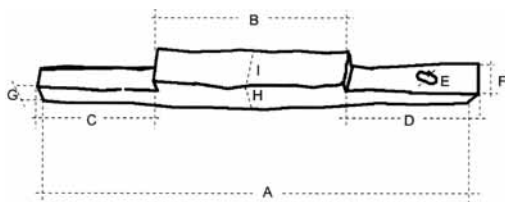
Tapa del disco delantero: 4.000 g  
Disco delantero: 12.600 g  
Tapa del disco trasero: 3.800 g  
Disco trasero: 13.400 g



7. Disco dentado delantero y su tapa: líneas de ensamblaje. Disposición de las maderas



8. Disco dentado trasero y su tapa: líneas de ensamblaje. Disposición de las maderas



DISPOSICIÓN DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO EN LOS TRAVESAÑOS.



A	350 mm	400 mm	355 mm	355 mm
B	175 mm	175 mm	175 mm	175 mm
C	110 mm	120 mm	115 mm	115 mm
D	65 mm	105 mm	65 mm	65 mm
E	15 mm	10 mm	15 mm	15 mm
F	27 mm	28 mm	28 mm	27 mm
G	27 mm	29 mm	29 mm	29 mm
H	47 mm	46 mm	39 mm	40 mm
I	25 mm	31 mm	30 mm	37 mm

9. Medidas generales de los cuatro travesaños

## #Travesaños de separación de los discos

Existen cuatro travesaños de separación de los discos que sirven para fijar la distancia a la que han de estar dispuestos el uno del otro y sujetar las tapas de los discos. Son de forma rectangular y están extraídos de la madera mediante un corte radial.

Los extremos están trabajados, y por lo tanto, son más estrechos que el resto de la pieza para que se inserten en los cuatro orificios de los discos y sus respectivas tapas.

Actualmente cada travesaño presenta en uno de sus extremos un orificio que permite el paso de una espiga de sección cuadrangular para anclar dicha pieza y ninguna de ellas es original. Suponemos que cada travesaño en el extremo opuesto tendría otro orificio con la misma función, pero dado el mal estado de conservación de dichas piezas no podemos constatar su existencia. Estas piezas pesan 600 g (figura 9).

## Radios

Los radios están contruidos de una sola pieza. La madera que han utilizado para su fabricación está cortada radialmente, de una longitud aproximada de 185 cm. Presentan un estrechamiento a 68,5 cm del extremo de unión con el cangilón, manteniéndolo hasta su inserción en el disco central. Su peso medio es de 800 g. El peso total de los radios delanteros y traseros es de 37.600 g aproximadamente (figura 10).

Los radios presentan un extremo terminado en forma de paralelepípedo para encajar en el disco central, con un orificio de anclaje en donde iría una espiga de madera de sección cuadrangular (0,7 x 0,7 cm).

En el otro extremo, los radios se unen con los cangilones mediante cajeados y espigas de madera (figura 11). El tramo final de radio que queda al exterior, una vez que se encontraba ensamblado en su sitio, se construía redondeado para ofrecer la menor resistencia posible a la fricción con el agua. Esta misma zona posee un orificio de paso de espiga para sujetar la travesía exterior (pieza E).

Se encontró una perforación de forma "circular", en la zona más ancha del radio, que serviría para reforzar la tabla de contorno interior. Esta pieza no ha aparecido en

ninguno de los cangilones estudiados; deducimos su existencia por dichos orificios y por los planos de las Ruedas levantados tras su aparición.

## Cangilones

Los cangilones (figura 12) están formados por ocho piezas:

# Tabica (pieza A). Esta pieza funcionalmente separa los cangilones entre sí, y a su vez permite la sujeción de los radios. Todas han sido extraídas del árbol mediante un corte radial. La tabica tiene en sus extremos dos espigas de forma rectangular situadas en el corte transversal de la madera, que forman parte de la misma pieza. Estas espigas se ensamblan en los extremos de unión de los radios a los cangilones mediante el sistema de caja y espiga.

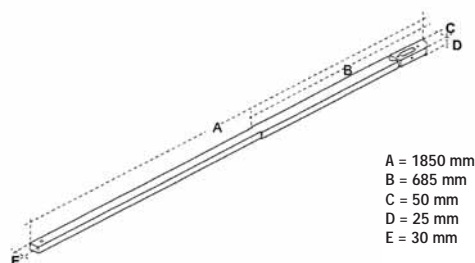
Para reforzar la unión se utilizan tres espigas de sección cuadrangular. Una atraviesa el radio y la espiga rectangular de la tabica, y las otras dos se insertan directamente sobre ella en sentido longitudinal a sus fibras.

La tabica tiene dos caras, la que se corresponde con la entrada del agua es plana y la que se orienta en la zona interna del otro cangilón presenta una elevación en el centro, cuya funcionalidad suponemos debe ser hidráulica, para una mejor circulación del agua en el interior del cangilón (figura 13).

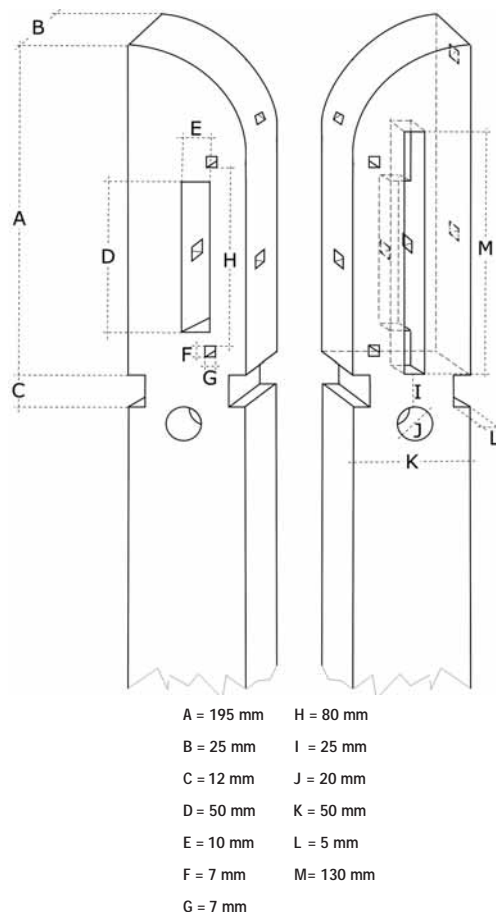
# Tablas laterales de entrada y salida de agua (pieza B). Las piezas son de forma rectangular, han sido extraídas mediante un corte radial al tronco y son de una sola tabla para cada dos cangilones.

Uno de los extremos presenta un corte semicircular para permitir la entrada y la salida del agua en cada una de las posiciones que adopta la rueda al recoger agua en el depósito a nivel del suelo y soltarla en su punto más alto en la canaleta de desagüe. El extremo que presenta la abertura está biselado para permitir su ensamblaje con la tabla de entrada y salida de agua del siguiente cangilón. Esta misma circunstancia se repite en el extremo opuesto pero quedando hacia el interior del cangilón.

Las dos tablas presentan unas muescas en la zona media, donde va ensamblado el travesaño que refuerza interiormente la tabla de contención de agua exterior.



10. Medidas generales de los radios



11. Dimensiones generales de los extremos de los radios que se unen a los cangilones

Quedan sujetas a las piezas denominadas "C" mediante tres espigas cuadrangulares situadas en su parte externa y otras tres en su parte interna (figura 14).

# Tablas de contorno interior y exterior (pieza C). Tienen estas piezas forma rectangular y han sido extraídas del tronco mediante un corte tangencial. Están formadas



por una sola pieza para cada tres o cuatro cangilones. Las tablas de contorno interior tienen en sus cantos cortes rectangulares en ángulo de 90°, para permitir el asentamiento de los radios, mientras que las tablas de contorno exterior presentan cajeados cuadrangulares por los que introducir el extremo saliente de los radios. Uno de los lados de estos cajeados está cortado en bisel, desconociendo su función.

Quedan sujetas a las piezas denominadas “B” mediante tres espigas cuadrangulares situadas en su parte externa y otras tres en su parte interna (figura 15).

# Travesaño de refuerzo interior de la tabla de contorno exterior (pieza D). Esta pieza tiene forma rectangular y está extraída mediante corte radial. La pieza termina en espiga rectangular para poder insertarse en las tablas de contorno. Está situada en la zona media del cangilón. Queda sujeta a las piezas “B” mediante una espiga de sección cuadrangular en cada uno de sus extremos (figura 16).

# Traviesa exterior (pieza E). Esta pieza en forma de cuarto de cilindro tiene como función ajustarse a los extremos de los radios, sujetar y afianzar la tabla de contorno exterior. Tiene dos espigas de forma cuadrangular que cose esta pieza al extremo del radio. La pieza está extraída mediante un corte radial (figura 17).

# Traviesa de refuerzo exterior de la tabla de contorno interior (pieza F). Estaría situada en la cara exterior de la tabla de contorno interior e insertada en los orificios de los radios. Esta pieza no ha sido hallada; sólo hemos podido deducir su existencia por los estudios realizados sobre la rueda y por los planos existentes en el Museo de la Fundación Minera de Ríotinto de ruedas elevadoras de agua similares.

Todas estas piezas se encuentran espigadas entre sí con el fin de afianzar las uniones. Se utilizaron al menos 20 espigas por cangilón (figura 18).

## Estado de conservación

El mal estado de conservación general que la rueda presentaba en el Museo de Huelva hizo necesaria una intervención preventiva con el fin de desmontar los distintos elementos que la conforman y evitar su desplome. Esta

circunstancia puso en evidencia la necesidad de atender los múltiples problemas de conservación que el bien demandaba, justificando una intervención inmediata.

Si imaginamos en un mapa conceptual la vida material de la rueda, podemos ver cómo a lo largo del tiempo se han ido sucediendo y alternando los dos principales agentes de deterioro que han mermado sus propiedades: en sus orígenes, podemos considerar como principal agente el deterioro de tipo antrópico, esto es, el producido por el hombre al hacer uso de la herramienta en un constante y posiblemente continuo girar elevando agua a los niveles superiores. Una vez abandonada la actividad minera en la zona, las galerías se desplomaron sobre estos ingenios mecánicos dando lugar al deterioro de tipo abiótico, es decir, el aporte continuo de agua, los cambios de humedad que producen decoloraciones, fendas, merma de las propiedades físico-mecánicas, el uso mecánico que hizo que la madera perdiera su resistencia, así como el peso de toneladas de tierra produciendo deformaciones. También son importantes las condiciones en que ha estado la rueda durante su enterramiento, puesto que las alteraciones que ha sufrido son consecuencia de las condiciones ambientales, temperatura, humedad relativa, tipo de suelo, etc. La madera, al estar enterrada y con aporte de humedad, siendo un material higroscópico que reacciona con el medio, cediendo o absorbiendo agua hasta llegar al equilibrio con respecto a las condiciones de humedad del entorno, sufre una serie de tensiones mecánicas, que se reflejan en cambios de volumen que dan lugar a las fendas (figura 19).

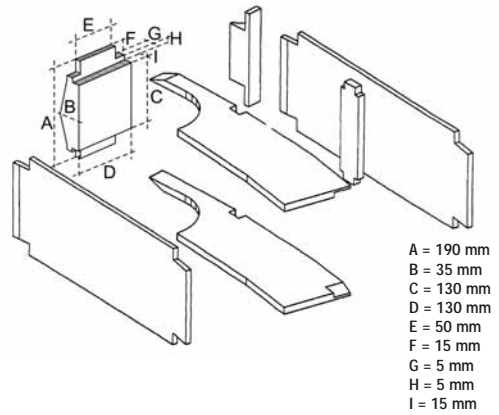
En épocas más recientes el descubrimiento y extracción de la rueda del yacimiento nos trae nuevamente a la inadecuada mano del hombre como el principal responsable de su deterioro aunado a unas posteriores pésimas condiciones expositivas.

Cuando se produjo el hallazgo de la rueda, ésta se extrajo desmontándola pieza a pieza. Los elementos no fueron numerados para su posterior montaje, por lo que debido a este sistema de extracción, nos encontramos con piezas cambiadas de orientación, tablas que conformaban los cangilones que no correspondían a su lugar de origen, etc. (figuras 20 y 21 y 22).

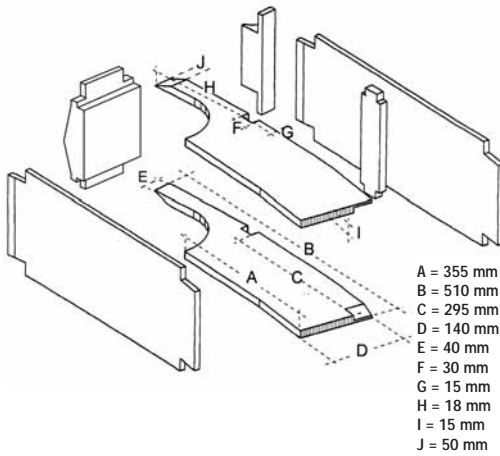
También hallamos piezas fracturadas a causa del sistema de extracción: los extremos de los radios que se unen a



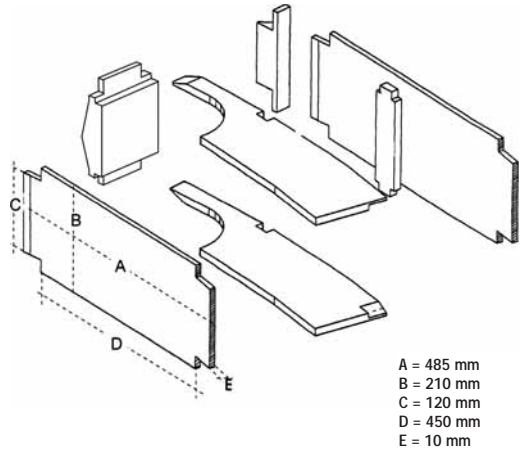
12. Perspectiva estallada de uno de los cangilones



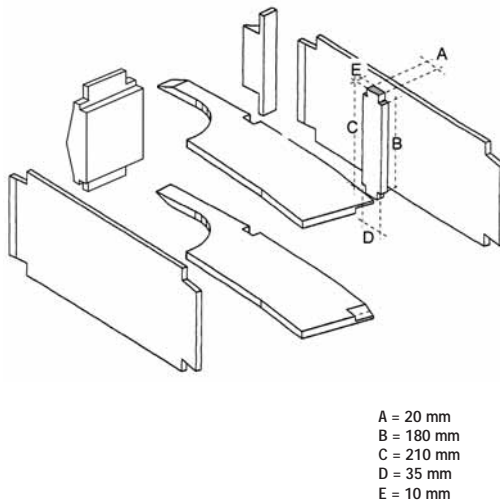
13. Dimensiones generales de la tabica: (pieza A). Orientación de los anillos de crecimiento



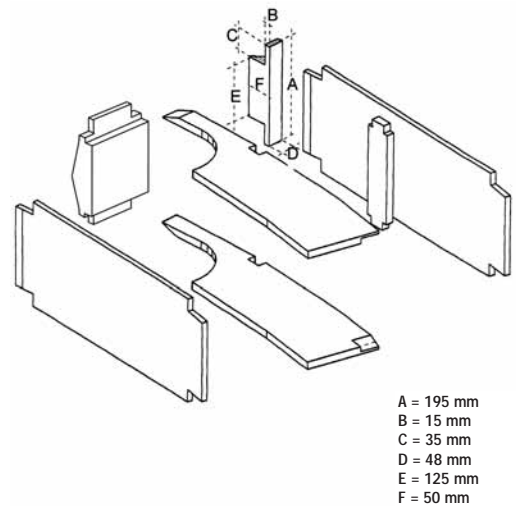
14. Dimensiones generales de las tablas laterales de entrada y salida de agua: (pieza B). Orientación de los anillos de crecimiento



15. Dimensiones generales de las tablas de contorno interior y exterior. (pieza C). Orientación de los anillos de crecimiento



16. Dimensiones generales del travesaño de refuerzo interior de la tabla de contorno exterior (pieza D). Orientación de los anillos de crecimiento



17. Dimensiones generales de la travesía exterior (pieza E). Orientación de los anillos de crecimiento

los cangilones estaban todos fracturados o serrados (figura 23). Había cangilones que habían perdido parte del soporte, con grietas y fisuras en las tapas de los discos.

Una vez extraídos todos los elementos que componen la rueda, utilizaron clavos de hierro para su remontaje, lo que produjo a través del tiempo numerosas grietas, fisuras y desgarros.

Es probable que después de su extracción y posterior montaje hubiera sufrido una desecación lenta, puesto que las piezas en general no presentaban alteraciones debidas a cambios violentos de la humedad, lo que hubiese producido contracciones desiguales.

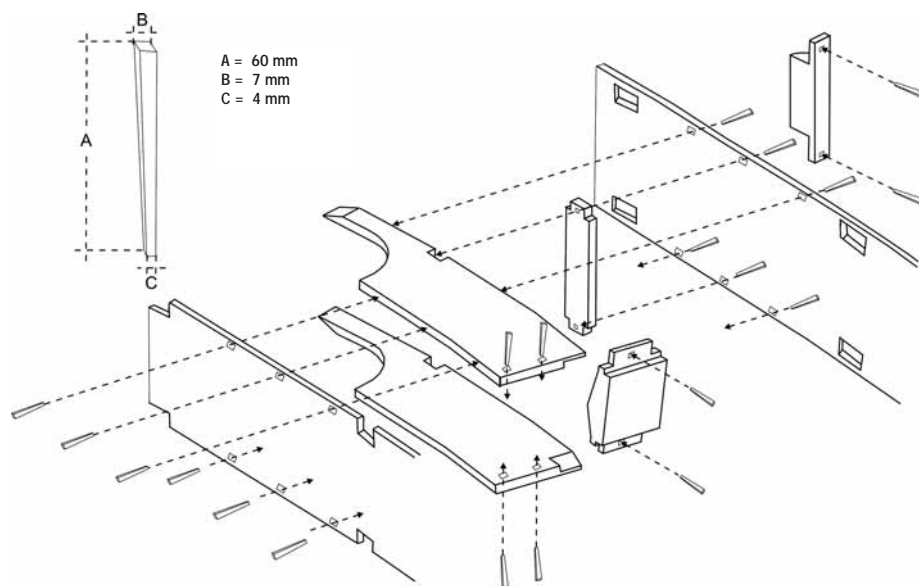
Tenía deterioros causados por acciones mecánicas. Las piezas en su mayoría estaban fracturadas e incompletas. Presentaban depósitos superficiales en forma de polvo, un velo blanquecino, manchas, diversos materiales adheridos y restos de concreciones.

En particular las piezas que componen la rueda habían llegado a nosotros en un relativo estado de buena conservación, debido especialmente a los particulares cambios que sufrió la madera en su composición. El tipo de alteración que pudimos constatar, a través de las radiografías y del examen microscópico de muestras del material de composición de la rueda, daba una imagen en la que pudimos apreciar la estructura de sostén completamente colmatada de mineral.

Podemos decir que la madera que nos ocupa estaba en parte mineralizada. La estructura anatómica de la madera (los vasos, las fibras, las células) estaba impregnada por diversos compuestos minerales, entre los que podemos hallar sulfuros, carbonatos y óxidos de cobre, minerales de hierro, pirita, antimonio, etc. Pudimos observar, en un muestreo preliminar, que las piezas estaban saturadas de mineral absorbido del entorno donde se hallaban enterradas, lo que permitió que, en cierto modo, se conservase la rueda y, de este modo, pudiese llegar hasta nosotros.

Otro dato importante para evaluar el grado de conservación de la madera es la coloración, ya que la acción de hongos, bacterias e insectos xilófagos provocan una serie de matizaciones características. No es nuestro caso, pues la madera, al haber estado enterrada y en condiciones anaerobias, se había defendido de este tipo de agresión. Sin embargo, la pieza tenía un ataque de microorganismos, hongos denominados comúnmente “podrición parda”, identificados en el laboratorio en estado latente, no activo, que podían haber atacado a la rueda después de su extracción, ya que, como hemos dicho anteriormente, la rueda se había montado en un almacén donde no se llevaría a cabo un control medioambiental.

También es posible que la rueda se protegiera del ataque de hongos, bacterias o insectos xilófagos por la absorción de minerales ricos en sulfuros y óxidos de



18. Situación de las espigas en el cangilón

cobre del entorno, puesto que este tipo de compuestos son muy eficaces como fungicidas.

Las diferentes alteraciones que sufrían las piezas de madera de la rueda podemos englobarlas en dos grupos: el primero, los discos y radios; el segundo, los cangilones. Todos estos elementos poseían depositada, por falta de mantenimiento, una espesa capa de suciedad superficial en forma de polvo.

Los discos tenían fisuras y grietas, pero no presentaban deformaciones muy alarmantes (figuras 24 y 25).

Los radios mostraban fracturas, grietas, fisuras y algunos alabeos. Sus extremos de inserción en el disco central estaban en general prácticamente perdidos, agrietados, agujereados por clavos de factura moderna, algunos incluso estaban serrados. Igualmente los extremos de unión con los cangilones estaban fracturados presentando el mismo cuadro de alteración.

Los cangilones eran los elementos más deteriorados. Tanto las alteraciones estructurales como mecánicas eran evidentes en estas piezas. Se hallaban en su mayoría fracturados e incompletos. Presentaban deformaciones del soporte, alabamientos, fracturas, grietas, fisuras, etc. La presencia de nudos era característica común en los cangilones. También pudimos apreciar en algunos de los elementos huellas de elaboración (figura 26).

La mayoría de las espigas de madera que unen las piezas se hallaban fracturadas o se habían perdido por manipulaciones inadecuadas.

El eje de la rueda es el único elemento metálico y se trata de una pieza de bronce que estaba muy bien conservada.

La pieza de madera que recubría el eje había desaparecido, así como otras veinticinco piezas de forma cilíndrica que estaban situadas por debajo de las tablas interiores de contención de aguas, entre los extremos de los radios, y cuya misión consistiría en ayudar a mantener en su sitio a esta pieza de madera. Tampoco se conservaban los travesaños de sujeción de las tapas de los discos dentados.

Diversas alteraciones de carácter antrópico en forma de arañazos, golpes de martillo, agujeros de clavos, desgaste, etc. venían a completar el cuadro de alteraciones presentes en la superficie de la madera.

No existía constancia documental de las intervenciones a las que había sido sometida la rueda. No obstante, según los datos recopilados, parece ser que tras su extracción quedó montada en un almacén en Riotinto. La inadecuada extracción de la rueda, unido al delicado estado de conservación que debía presentar, obligó a una primera intervención "in situ", carente de toda fidelidad, ya que encontramos piezas reaprovechadas de



19. Fracturas en las fendas del soporte del eje de bronce



20. Cangilón nº 23



21. Cangilón nº 6



22. Cangilones nº 9 y 21



23. Aserrado de un radio al cangilón

otras Ruedas similares, piezas colocadas con diferente orientación o inconexas y sujetas con clavos metálicos, puesto que durante la extracción las espigas que unían las piezas se fracturaron.

El resto de las piezas rotas o fracturadas se unieron de forma poco ortodoxa. En general la rueda presentaba numerosas piezas añadidas, sobre todo listones de diferentes medidas, para dar fortaleza a los radios y para unirlos a lo cangilones (figura 27). Los listones también estaban sujetos mediante clavos de hierro (puntillas) totalmente oxidados.

Posteriormente, en la década de los años setenta, fue trasladada al Museo de Huelva, lo cual debió suponer una nueva intervención para su traslado y otra más tarde para su montaje expositivo en el museo.

De esta época deben ser los injertos de madera observados en algunas piezas, la reducción de los orificios centrales de los discos donde se aloja el eje, mediante cuatro piezas de madera pegadas para adaptarse al mismo, y las reintegraciones parciales del soporte con resinas epoxidicas (HV y SV 427), sobre todo en los discos y sus tapas. También nos encontramos orificios obturados con tapones de madera.

En el año 1997 se volvió a desmontar por encargo expreso del citado museo, pues la pieza parecía que iba a desplomarse, ya que el sistema de sustentación que tenía era un caballete de madera apoyado sobre una base de aglomerado que fue puesto de manera provisional cuando se expuso por primera vez en el museo.

En esta última actuación se han utilizado grapas metálicas para sujetar piezas fracturadas, como por ejemplo los extremos de los radios que estaban bastante debilitados.

## Soporte del eje

Es una de las piezas que peor había soportado el continuo aporte de humedad y los continuos cambios en la temperatura y la humedad relativa y que por tanto peor estado de conservación presentaba. Numerosas eran las fendas y partes integrantes que se encontraban sueltas, algunos trozos se habían sujetado con pequeñas grapas metálicas para evitar su pérdida durante el desmontaje total de la rueda



en el Museo de Huelva; no obstante, pudimos apreciar la ausencia de pequeños trozos de madera en uno de los extremos.

La pieza se encontraba fracturada levemente en el centro, en sentido transversal, sin riesgo de separación o segregación.

Una pequeña puntilla había sido clavada para intentar sujetar una de las fendas.

Al igual que otras piezas las concreciones de minerales depositadas sobre la pieza e incrustadas en las aberturas y oquedades eran cuantiosas.

La estructura celular se encontraba muy compactada, confiriéndole un peso elevado en relación con el tamaño. La madera seleccionada para elaborar la pieza debía reunir una serie de características específicas de dureza y durabilidad suficientes como para resistir el continuo roce del eje de bronce; unido al continuo aporte de











minerales absorbidos por la madera, hacían de esta pieza una de las más pesadas y duras a pesar de su aparente fragilidad.

Eje

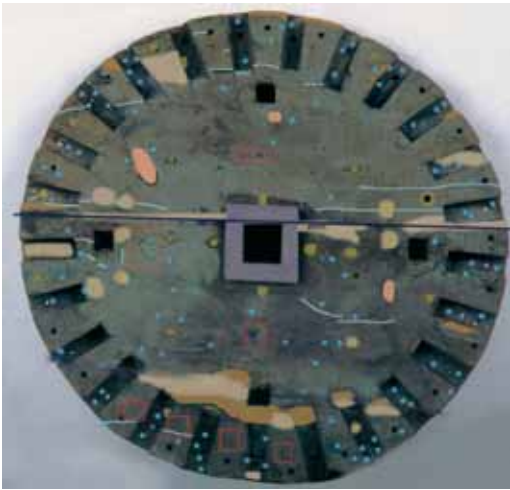
De toda la estructura, este elemento estaba elaborado en bronce de plomo con gran cantidad de agregados de plomo por el exterior<sup>3</sup>.











Se trataba de una pieza funcional sin concesiones a detalles de acabados, probablemente producto de una elaboración rutinaria y casi de momento, incluso vemos que posiblemente reaprovechada en base a la huella de su fractura rectificada; dejaba ver una superficie irregular llena de huellas estriadas del soporte que había servido de molde, afectada por numerosos cráteres debidos a la falta de una colada fluida. La pieza se encontraba con fractura antigua en dos porciones desiguales unidas por un vástago interno y rematada por el exterior con un cordón de plomo fundido que se adaptaba par-



 PÉRDIDA DE SOPORTE	 PRESENCIA DE ESPIGAS DE MADERA
 RELLENOS DE RESINA EPOXICA	 AUSENCIA DE ESPIGAS DE MADERA
 NUDOS	 AGUJEROS POR CLAVOS METALICOS
 GRIETAS	 PIEZAS DE MADERA NO ORIGINALES
 LÍNEAS DE ENSAMBLE	 LÍNEA DE FRACTURA

24. Anverso de la tapa del disco dentado *delantero*



 PÉRDIDA DE SOPORTE	 PRESENCIA DE ESPIGAS DE MADERA
 RELLENOS DE RESINA EPOXICA	 AUSENCIA DE ESPIGAS DE MADERA
 NUDOS	 AGUJEROS POR CLAVOS METALICOS
 GRIETAS	 PIEZAS DE MADERA NO ORIGINALES
 LÍNEAS DE ENSAMBLE	 INSCRIPCIONES

25. Cara interna del disco dentado *delantero*

cialmente a los bordes de fractura. La unión parecía ser suficientemente fuerte.

En lo que se refiere al estado de conservación, el objeto presentaba:

- \* Denso recubrimiento de suciedad generalizada del contexto procedente de residuos minerales, muy incrustada en la casi totalidad de la pieza ocultando no sólo el aspecto original de la superficie del metal sino evitando la formación de productos de corrosión envolventes en dichas zonas, que sólo presentaban una ligera oxidación; por tanto no se puede hablar de una completa y uniforme corrosión superficial, habiéndose generado paralelamente costras de carbonato más densas junto a corrosión uniforme.

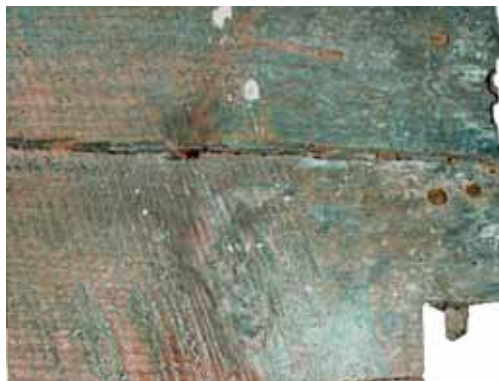
- \* Manchas de pintura roja de tipo sintético.

- \* Formaciones localizadas de sulfuro de cobre, carbonato básico de cobre así como otros productos hidratados de cobre; algunos focos superficiales de cloruro de cobre. En cuanto a los productos derivados del plomo, el más usual es el carbonato de plomo.

## Discos

Los discos y sus tapas presentaban fisuras y grietas, tanto por rotura de las piezas en la dirección de la veta como de aquellas otras ensambladas. No se observaban deformaciones alarmantes. Habían sido reforzados mediante resina epoxi (Araldite SV y HV 427), en ocasiones obturando más de lo necesario y cubriendo la madera innecesariamente; en este sentido pudimos observar algunos agujeros cuadrangulares de paso de espigas de madera cegados por la resina epóxica en los discos dentados sobre todo. En el caso de sus respectivas tapas, éstos habían sido obturados con trozos de madera que intentaban simular la espiga original. En algún momento dado estas tapas debieron sujetarse a los discos dentados mediante puntillas, ya que es la única explicación razonable al número elevado de agujeros producidos por clavos que presentaban y que en la actualidad tan sólo habían quedado éstos.

En los espacios donde se alojan los radios, se apreciaban agujeros producidos por clavos de diferentes intervenciones. Los daños producidos por esta práctica eran cuantiosos dejando la madera desfibrada y rota.



26. Huellas de la herramienta de corte



27. Sistema de sujeción de los radios a los cangilones

Las escasas pérdidas de madera original habían sido repuestas en algunas zonas mediante piezas injertadas, intentado confundirlas con las piezas originales. Otras zonas no habían sido repuestas. Los orificios centrales de los discos donde se aloja el eje habían sido reducidos mediante cuatro piezas de madera pegadas para adaptarse al eje y así suplir las piezas de madera original que ocupaban esta posición y realizaban esta función. Para reforzar las grandes piezas de madera que conforman los discos dentados, se habían colocado dos travesaños sujetos por espigas de madera que habían atravesado ambas caras de los discos.

Las zonas afectadas por el ataque de hongos se encontraban en la cara interna del disco dentado denominado DT y en la cara externa de la tapa del disco dentado denominado DD, así como en la cara no dentada del disco denominado DD.

En la cara dentada del disco DD observamos una línea de fractura, reparada con posterioridad, junto a un desfibramiento y deformación de la superficie como conse-

cuencia de haber sido arroyado por alguna otra pieza de madera y permanecer en esa posición durante un largo periodo de tiempo.

Todo el conjunto presentaba una importante acumulación de tierras depositadas en superficie, grietas, fisuras y oquedades junto a una espesa capa superficial de polvo.

#### # Travesaños de separación de los discos

Estas cuatro piezas estaban en peor estado de conservación, de ello nos daban cuenta las pérdidas de madera de los travesaños número 1 y 2, en los que, y en otra intervención anterior, había sido necesario reponer un amplio trozo de los mismos en sus extremos hasta alcanzar el tamaño necesario para separar los discos. Los otros dos travesaños presentaban sus extremos erosionados, con algún pequeño porcentaje de pérdidas.

En las cuatro piezas pudimos observar pequeñas grietas longitudinales y agujeros de los clavos utilizados en los distintos montajes que tuvo la rueda.

En una de las caras de los travesaños 3 y 4 se observaron las huellas de las herramientas utilizadas en su fabricación. Superficialmente tenían las mismas acumulaciones que los discos.

#### Radios

Los radios (figura 28) eran elementos obtenidos de una sola pieza de madera y cortados en el despiece del tronco en sentido radial. En todos ellos apreciamos diversas alteraciones de carácter antrópico en forma de arañazos, golpes de martillo, agujeros de clavos y desgaste.

De los 50 radios que disponía la rueda tan sólo se conservaban 48, es decir, la cara “delantera” presentaba 25 radios y la cara “trasera” 23. Ocupaban la posición RT 2 y RT 3. Estos dos radios habían sido repuestos mediante unos listones de madera de la misma entidad que los cortados para unir radios separados.

En general tenían depósitos superficiales en forma de polvo, un velo blanquecino, manchas, concreciones verdosas debidas posiblemente al “gossam” y otros materiales adheridos. La madera se encontraba bastante

seca, lo que había dado lugar a fisuras y microfisuras en la superficie.

#### Radio nº RD-1

##### Medidas

Largo: 164,5 cm

Ancho inserción disco: 3 cm

Ancho unión cangilón: 4,5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. Se hallaba partido en su mitad. Para reforzar la zona se había empleado un listón de 47,5 x 4 x 1,5 cm sujeto a la madera con seis clavos de hierro.

Las fisuras se manifestaban principalmente en el extremo del radio que se inserta en el disco central, el cual se encontraba astillado con pérdida de unos 6 cm de madera y con marcas de agujeros realizados por clavos de diversa entidad. Esto es debido a causas de uso y a las diferentes intervenciones que había sufrido la pieza a causa de montajes y desmontajes. El extremo de unión con el cangilón estaba roto en su base. El radio no se encontraba alabeado.

Había una marca incisa con números romanos (II). Posiblemente fuese una antigua numeración dada para el montaje o desmontaje de la rueda. Las muescas de estrechamiento del radio se hallaban a 43,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RD-2

##### Medidas

Largo: 164, 5 cm

Ancho inserción disco: 3 cm

Ancho unión cangilón: 4,5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio presentaba depósitos superficiales en forma de polvo, restos de concreciones del mineral “gossam”, sobre todo en el extremo que se inserta en el disco central, manchas de óxidos de hierro, un ligero velo blanquecino y otros materiales adheridos. La madera estaba muy seca, lo que había dado lugar a fisuras, grietas, que se hacían más patentes en el extremo que se inserta en el disco central. Éste presentaba un orificio donde se insertaría la espiga de madera que lo sujetaría a dicho disco. Ahora presentaba agujeros de clavos que lo



28. Vista general de los radios de la cara *delantera* antes de la intervención

habían sujetado al disco central.

El radio se hallaba fracturado e incompleto. El extremo de unión con el cangilón estaba roto en su base. En esta zona quedaba un resto de madera de refuerzo que se puso para unir el radio al cangilón, y que se serró en el desmontaje. Mide la pieza 15 x 5 x 1,5. Se apreciaban tres clavos. En la zona central del radio observamos un golpe con pérdida de volumen.

Encontramos una marca incisa con números romanos (I). Las muescas de estrechamiento se hallaban a 46,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RD-3

##### Medidas

Largo: 156,5 cm

Ancho inserción disco: 3,2 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

La madera presentaba depósitos superficiales en forma de polvo, manchas de óxidos de hierro y un ligero velo blanquecino. Estaba muy seca, lo que había provocado fisuras, grietas, que se hacían más notables en el extremo que se inserta en el disco central, que había perdido parte de su volumen. Tampoco se conservaba el orificio de anclaje al disco central que estaría perforando dicha zona. La zona presentaba agujeros de diversa entidad debidos a su sujeción al disco central mediante clavos.

El radio se hallaba fracturado e incompleto. El extremo de unión con el cangilón estaba roto en su base. Se apreciaban marcas de tres clavos en la mitad

superior del radio. En la zona central observamos un agujero con pérdida de volumen. El radio no estaba alabeado.

Se observó una marca incisa con números romanos (XXV). Las muescas de estrechamiento se hallaban a 46 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RD-4

##### Medidas

Largo: 166,5 cm

Ancho inserción disco: 3,2 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

La madera presentaba depósitos superficiales en forma de polvo, manchas de óxidos, restos de concreciones de mineral "gossam" y un ligero velo blanquecino. La madera en general se encontraba muy seca, pero en esta pieza no se apreciaban fisuras longitudinales preocupantes.

El radio estaba fracturado e incompleto. Se hallaba fragmentado en cuatro partes. Una de las fracturas se encontraba a 66 cm de la base de la cabeza de unión con el cangilón, la siguiente a 24 cm de ésta. Para reforzar esta zona habían utilizado un fragmento de madera de 64,5 x 4 x 1,5, que estaba claveteado al radio. La siguiente grieta se hallaba a 57 cm. En este caso habían realizado una especie de injerto para acoplar la madera de sustentación.

Este radio no conservaba el orificio de anclaje al disco central. El extremo de unión con el cangilón estaba roto en su base. El radio no estaba alabeado.

Había una marca incisa con números romanos (XXIV). Las muescas de estrechamiento se hallan a 45,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RD-5

##### Medidas

Largo: 164 cm

Ancho inserción disco: 3,2 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

La madera tenía depósitos superficiales en forma de polvo, manchas de óxidos de hierro y un ligero velo

blanquecino. Se encontraba muy seca, lo que había dado lugar a fisuras, grietas, que se hacían más notables en el extremo que se inserta en el disco central. Se conservaba el orificio de anclaje al disco central.

El radio se hallaba fracturado e incompleto. El extremo de unión con el cangilón estaba roto en su base y la cabeza que se inserta en el disco central estaba muy deteriorada.

Se apreciaban marcas de tres clavos en la zona próxima al extremo de unión al cangilón, debidas a la pieza que se había añadido para reforzar esta zona y anclar el radio al cangilón. En el desmontaje la pieza fue serrada y el fragmento que quedó claveteado al radio medía 14 x 3 x 1,5. También se apreciaban otras marcas de antiguos anclajes de diversas entidades. No estaba alabeado.

Se observó una marca incisa con números romanos (XXIII). Las muescas de estrechamiento se hallan a 44,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

Radio nº RD-6

Medidas

Largo: 159 cm

Ancho inserción disco: 3 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

Las fisuras más patentes estaban en el extremo del radio más estrecho que se inserta en el disco central. Esta zona se encontraba astillada, con pérdida de unos 6 cm de madera y con marcas de agujeros realizados por clavos de diversa entidad, debido a causas de uso y a las diferentes intervenciones que había sufrido la pieza a causa de montajes y desmontajes. El radio se hallaba fracturado e incompleto. El extremo de unión con el cangilón estaba roto en su base.

El radio estaba fracturado en su mitad. Para reforzar la zona se había empleado un listón de 37,5 x 3,5 x 1,5 cm sujeto a la madera con seis clavos. El radio estaba alabeado.

Había una marca incisa con números romanos (XXII). Las muescas de estrechamiento se hallan a 46,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

Radio nº RD-7

Medidas

Largo: 100 cm

Ancho inserción disco: Inexistente

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto, perdiendo la parte que se inserta en el disco central, unos 60 cm. Sólo conservaba la zona de unión con el cangilón, que estaba rota por su base. En esta zona había unos listones clavados al radio que se habrían utilizado para unir éste al cangilón. Estaban serrados y medían 16 x 4,5 x 1,5 cm y 7,5 x 3,5 x 1,5 cm ya que estaban superpuestos.

Este radio sólo presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 45,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

Radio nº RD-8

Medidas

Largo: 155,5 cm

Ancho inserción disco: Inexistente

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba completo, salvo por la pérdida del extremo que se inserta en el disco central y la zona que forma parte del cangilón, donde había un listón clavado al radio que se utilizó para unir éste al cangilón. Estaba serrado y medía 15 x 5 x 1,5.

Se observó una marca incisa con números romanos (XX). Este radio sólo presenta una muesca en la zona en que se estrecha a 45,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

Radio nº RD-9

Medidas

Largo: 159 cm

Ancho inserción disco: 3 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba completo, pero fracturado, había perdido parte del extremo que se inserta en el disco central. Se apreciaba en esta zona un injerto con madera diferente





Ancho unión cangilón: 5 cm  
Extremo unión cangilón: 19,5 cm  
Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. Había perdido parte del extremo que se inserta en el disco central, pero conservaba el orificio de anclaje. Había marcas de agujeros realizados por clavos de diversa entidad, debido a causas de uso y a las diferentes intervenciones que había sufrido la pieza a causa de montajes y desmontajes. Estaba fracturado en la unión con el cangilón y parecía que esta zona había sido serrada. En esta zona había unos listones superpuestos clavados al radio que se habrían usado para unir éste al cangilón. Estaban serrados y median 12 x 4,5 x 1,5. La fractura que presentaba a 50 cm del extremo de inserción en el disco central estaba reforzada mediante un listón de 51 x 4,5 x 1,5 cm y sujeto mediante varios clavos. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 43,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RD-15

##### Medidas

Largo: 157 cm  
Ancho inserción disco: 3 cm  
Ancho unión cangilón: 5 cm  
Extremo unión cangilón: 19,5 cm  
Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. Había perdido parte del extremo que se inserta en el disco central, y no conservaba el orificio de anclaje. Había marcas de agujeros realizados por clavos de diversa entidad, debido a causas de uso y a las diferentes intervenciones que había sufrido la pieza a causa de montajes y desmontajes. Estaba fracturado en la unión con el cangilón y parecía que esta zona había sido serrada. En esta zona había unos listones superpuestos clavados al radio que se habrían utilizado para unir éste al cangilón. Estaban serrados y median 12 x 4,5 x 1,5 cm.

Había una marca incisa con números romanos (XV). Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 45 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RD-16

##### Medidas

Largo: 154 cm

Ancho inserción disco: 3 cm  
Ancho unión cangilón: 5 cm  
Extremo unión cangilón: 19,5 cm  
Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. Había perdido parte del extremo que se inserta en el disco central, y no conservaba el orificio de anclaje. Había marcas de agujeros realizados por clavos de diversa entidad, debido a causas de uso y a las diferentes intervenciones que había sufrido la pieza a causa de montajes y desmontajes. Estaba fracturado en la unión con el cangilón y parecía que esta zona había sido serrada. En esta zona había unos listones superpuestos clavados al radio que se habrían utilizado para unir éste al cangilón. Estaban serrados y median 12 x 4,5 x 1,5. La fractura que presentaba a 42 cm de la cabeza de unión con el disco central estaba reforzada con un listón de 24 x 3 x 1 cm y varios clavos.

Tenía una marca incisa con números romanos (XII). Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 45,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RD-17

##### Medidas

Largo: 167,5 cm  
Ancho inserción disco: 3 cm  
Ancho unión cangilón: 5 cm  
Extremo unión cangilón: 19,5 cm  
Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. Había perdido parte del extremo que se inserta en el disco central, y no conservaba el orificio de anclaje. Había marcas de agujeros realizados por clavos de diversa entidad, debido a causas de uso y a las diferentes intervenciones que había sufrido la pieza a causa de montajes y desmontajes. Estaba fracturado en la unión con el cangilón. En esta zona había unos listones superpuestos clavados al radio que se habrían utilizado para unir éste al cangilón. Estaban serrados y median 12 x 4,5 x 1,5. Las fracturas que presentaba a 18 y 35 cm de la cabeza de unión con el disco central estaban reforzadas con un listón de 48 x 3,9 x 1,4 cm y varios clavos, aunque no llegaba a reforzar ambas fracturas, ya que la más cercana a la cabeza no estaba cubierta por el listón. Se aseguró esta zona también con clavos.

Había una marca incisa con números romanos (XI). Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 45 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RD-18

##### Medidas

Largo: 165 cm

Ancho inserción disco: 3 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. Había perdido parte del extremo que se inserta en el disco central, y conservaba el orificio de anclaje. Estaba fracturado en la unión con el cangilón. En esta zona había unos listones superpuestos clavados al radio que habrían usado para unir éste al cangilón. Las fracturas que presentaba a 38 y 77 cm de la cabeza de unión con el disco central estaban reforzadas con unos listones de 22 x 4 x 1 cm y 21,5 x 4 1 cm. Varios clavos sujetaban ambos listones. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 47 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RD-19

##### Medidas

Largo: 160 cm

Ancho inserción disco: 3 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. Había perdido parte del extremo que se inserta en el disco central, y conservaba el orificio de anclaje. Se encontraba bastante agrietado y con muchos agujeros de clavos de diversa entidad. Estaba fracturado en la unión con el cangilón. En esta zona había unos listones superpuestos clavados al radio que se habrían usado para unir éste al cangilón. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 44,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RD-20

##### Medidas

Largo: 153,5 cm

Ancho inserción disco: 3 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. Había perdido parte del extremo que se inserta en el disco central, pero conservaba el orificio de anclaje. Se encontraba bastante agrietado y con muchos agujeros de clavos de diversa entidad. El radio tenía una pieza que no correspondía al mismo de unos 20 cm. La zona estaba asegurada mediante un listón clavado al radio de 61,5 x 3,5 x 1,5 cm y varios clavos. El extremo del radio que se une con el cangilón estaba fracturado, y había unos listones claveteados en esta zona que se habrían utilizado para unir éste al cangilón.

Había una marca incisa con números romanos (VIII). Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 46 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RD-21

##### Medidas

Largo: 163 cm

Ancho inserción disco: 2,2 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. Había perdido parte del extremo que se inserta en el disco central, pero conservaba el orificio de anclaje. Se encontraba bastante agrietado y con muchos agujeros de clavos de diversa entidad. A 65 cm de la cabeza de unión con el disco central se observaron dos fracturas con pérdida de volumen, que se había suplido con un fragmento de otro radio de 12,5 x 3,5 x 2,5 cm, que a su vez se había suplementado con un listón clavado al radio de 52 x 3 x 1,5 cm. El extremo del radio que se une con el cangilón estaba fracturado, y había unos listones claveteados en esta zona que se habrían utilizado para unir éste al cangilón que medían 12,5 x 4,2 x 3 cm.

Tenía una marca incisa con números romanos (VII). Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 46 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RD-22

##### Medidas

Largo: 163,5 cm

Ancho inserción disco: 3,3 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. Había perdido parte del extremo que se inserta en el disco central, pero conservaba el orificio de anclaje. Se encontraba bastante agrietado y con muchos agujeros de clavos de diversa entidad. A 29 cm del extremo de unión con el disco central se observó una fractura que se había reforzado con un listón de 23 x 3 x 1 cm. El extremo del radio que se une con el cangilón estaba fracturado, y había unos listones claveteados en esta zona que se habrían usado para unir éste al cangilón que medían 13,5 x 5 x 5 cm. Habían sido serrados para el desmontaje.

Había una marca incisa con números romanos (VI). Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 45 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RD-23

##### Medidas

Largo: 162,5 cm

Ancho inserción disco: 3,2 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. Había perdido parte del extremo que se inserta en el disco central, pero conservaba el orificio de anclaje. Se encontraba bastante agrietado y con muchos agujeros de clavos de diversa entidad. Había unos listones claveteados en la zona de inserción del radio con el cangilón, que servían para unir ambos, y que medían 14,5 x 5 x 1,4 cm. Habían sido serrados para el desmontaje.

Presentaba una marca incisa con números romanos (V). Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 44,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RD-24

##### Medidas

Largo: 159 cm

Ancho inserción disco: 5 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. Presentaba dos grietas a unos 15 cm del extremo de unión con el disco

central y otra hacia mitad del radio. Había perdido parte del extremo que se inserta en el disco central, pero conservaba el orificio de anclaje. Se encontraba bastante agrietado y con muchos agujeros de clavos de diversa entidad. Había unos listones claveteados en la zona de inserción del radio con el cangilón, que servían para unir ambos, y que medían 14,5 x 5 x 1,5 cm. Habían sido clavados con tres clavos. Estas piezas se habían serrado para el desmontaje.

Había una marca incisa con números romanos (IV). Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 44,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RD-25

##### Medidas

Largo: 161,3 cm

Ancho inserción disco: 3,2 cm

Ancho unión cangilón: 4,7 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. Presentaba una fractura a 87 cm del extremo de unión con el disco central. Había perdido parte de la misma, pero conservaba el orificio de anclaje. Se encontraba bastante agrietado y con muchos agujeros de clavos de diversa entidad. En la zona de inserción del radio con el cangilón, había unos listones claveteados y que habían sido serrados para el desmontaje, que medían 12,5 x 5 x 1,5 cm. Habían sido clavados con tres clavos. La fractura del radio estaba reforzada mediante un listón de 49,5 x 5 x 1,5 cm y estaba sujeto mediante 15 clavos.

Tenía una marca incisa con números romanos (III). Este radio presenta una muesca en la zona en que se estrecha a 44,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RT-1

##### Medidas

Largo: 156,5 cm

Ancho inserción disco: 3,5 cm

Ancho unión cangilón: 5,5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio (figura 29) estaba fracturado e incompleto. Presentaba dos fracturas, una a 50 cm del extremo de

unión con el disco central y otra a 18 cm del estrechamiento del radio. Había perdido parte del extremo de inserción en el disco, pero conservaba el orificio de anclaje de forma cuadrangular. Se encontraba bastante agrietado y con muchos agujeros de clavos de diversa entidad. En la zona de inserción del radio con el cangilón, había unos listones claveteados que habían sido serrados para el desmontaje, median 12,5 x 5 x 1,5 cm y habían sido clavados con tres clavos.

Las fracturas del radio estaban reforzadas mediante unos listones de 28 x 31,5 cm y de 31 x 4 x 1,5 cm. Estaban sujetos mediante clavos. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 45 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RT-2

No se conserva.

#### Radio nº RT-3

No se conserva.

#### Radio nº RT-4

Medidas

Largo: 151,5 cm

Ancho inserción disco: 3,5 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. Había perdido parte del extremo de inserción en el disco, pero conservaba el orificio de anclaje de forma cuadrangular.

Presentaba dos fracturas: una a 30,5 cm del extremo de unión al disco y otra a 47,5 cm. Este espacio había sido ocupado por otra pieza que no pertenecía al radio. Además, era un extremo de unión con un cangilón que habían reaprovechado de otros radios de ruedas similares. Estas dos fracturas estaban sujetas por medio de un listón de 90,5 x 3,5 x 1,5 cm asegurado mediante clavos al soporte original. El extremo del radio que iría unido al cangilón presentaba otro listón de similares características. Se apreciaban seis agujeros y tres clavos de hierro. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 45 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RT-5

Medidas

Largo: 160,5 cm

Ancho inserción disco: 3,5 cm

Ancho unión cangilón: 5,5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. Había perdido parte del extremo de inserción en el disco, pero conservaba el orificio de anclaje de forma cuadrangular.

Presentaba tres fracturas, una a 20 cm, otra a 55 cm del extremo de unión al disco, y otra a 101 cm de la cabeza de unión con el cangilón. Este espacio entre 55 y 101 cm había sido ocupado por otra pieza que no pertenecía al radio. Todo el radio estaba reforzado por un listón de 160,5 x 3,7 x 1,5 cm de longitud. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 51 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RT-6

Medidas

Largo: 163 cm

Ancho inserción disco: 3,5 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. Había perdido parte del extremo de inserción en



29. Vista general de los radios de la cara trasera antes de la intervención



el disco, y no conservaba el orificio de anclaje de forma cuadrangular.

Presentaba una fractura a 37 cm de la cabeza de unión con el disco central. Para reforzarla se había utilizado un listón de 71 x 3 x 1,5 cm de longitud, sujeto con clavos con las cabezas remachadas. En la zona media presentaba una grieta producida por un gran clavo. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 45,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

Radio nº RT-7

Medidas

Largo: 153 cm

Ancho inserción disco: 3,5 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón y presentaba una gran grieta. Había perdido parte del extremo de inserción en el disco, y no conservaba el orificio de anclaje de forma cuadrangular.

Presentaba una fractura astillada a 59 cm de la cabeza de unión con el disco central. Para reforzarla se había utilizado un listón de 44,5 x 3,5 x 1,5 cm de longitud sujeto con ocho clavos. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 43,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

Radio nº RT-8

Medidas

Largo: 156 cm

Ancho inserción disco: 3,5 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. Había perdido parte del extremo de inserción en el disco, se encontraba astillado y no conservaba el orificio de anclaje de forma cuadrangular.

Presentaba una fractura astillada a 110,5 cm de la cabeza de unión con el disco central en la zona donde

se ensancha el radio. Para reforzarla se había utilizado un listón de 41,5 x 3 x 1,5 cm de longitud sujeto con seis clavos. En la zona media del radio se observaban de siete a ocho agujeros. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 44,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

Radio nº RT-9

Medidas

Largo: 155 cm

Ancho inserción disco: 3,5 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. Había perdido parte del extremo de inserción en el disco, se encontraba astillado y no conservaba el orificio de anclaje de forma cuadrangular.

Presentaba una fractura, hecha por una sierra, a 80 cm de la cabeza de unión con el disco central. Para reforzarla se había utilizado un listón de 37 x 3,5 x 1,5 cm de longitud sujeto con clavos para asegurarlo. En la zona media del radio se encontraba la madera astillada y fuera de lugar. Una gran fisura presentaba la zona más ancha del radio. Este radio tenía una muesca en la zona en que se estrecha a 46,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

Radio nº RT-10

Medidas

Largo: 167 cm

Ancho inserción disco: 3 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. Había perdido parte del extremo de inserción en el disco porque había sido serrado y, por tanto, no conservaba el orificio de anclaje de forma cuadrangular.

Presentaba una fractura hecha por una sierra, a 42 cm de la cabeza de unión con el disco central. Para reforzarla se había utilizado un listón de 24,5 x 4,5 x 1,5 cm de longitud sujeto por seis clavos para asegurarlo. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se

estrecha a 45,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RT-11

##### Medidas

Largo: 168 cm

Ancho inserción disco: 3 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. Había perdido parte del extremo de inserción en el disco donde se apreciaban marcas de clavos, astillado, etc., no conservando el orificio de anclaje de forma cuadrangular.

Presentaba una fractura hecha por una sierra, a 47 cm de la cabeza de unión con el disco central. Para reforzarla se había utilizado un listón de 21 x 3 x 1,5 cm de longitud sujeto por cuatro clavos para asegurarlo. También había otra fractura a la altura del ensanchamiento del radio, que estaba reforzada con un listón de 32 x 4 x 1,5 cm y sujeto con cuatro clavos. El extremo de unión con el cangilón también tenía clavado otro resto de listón que había sido serrado durante el desmontaje. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 46 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RT-12

##### Medidas

Largo: 154 cm

Ancho inserción disco: 3 cm

Ancho unión cangilón: 4,5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. Había perdido parte del extremo de inserción en el disco donde se aprecia la marca de la sierra. También estaba astillado con marcas de clavos. No conservaba el orificio de anclaje de forma cuadrangular.

Presentaba una fractura a 75 cm del extremo de unión con el disco central. Para reforzarla se había utilizado un listón de 44,5 x 4,5 x 1,5 cm de longitud sujeto por ocho clavos para asegurarlo. El extremo de unión con el can-

gilón también tenía clavado otro resto de los listones que había sido serrado durante el desmontaje. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 44 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RT-13

##### Medidas

Largo: 153 cm

Ancho inserción disco: 3 cm

Ancho unión cangilón: 4,5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. Había perdido parte del extremo de inserción en el disco donde se aprecia la marca de la sierra. También estaba astillado con marcas de clavos. Conservaba el orificio de anclaje de forma cuadrangular. Esta zona presentaba una gran grieta.

El extremo de unión con el cangilón también tenía clavado un resto de listón que había sido serrado durante el desmontaje. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 44,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RT-14

##### Medidas

Largo: 154 cm

Ancho inserción disco: 3 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. Había perdido parte del extremo de inserción en el disco. Zona astillada y con marcas de clavos, no conservaba el orificio de anclaje de forma cuadrangular. Esta zona presentaba una gran grieta.

El extremo de unión con el cangilón también tenía clavado un resto de listón que había sido serrado durante el desmontaje. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 46,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

#### Radio nº RT-15

##### Medidas

Largo: 154 cm  
Ancho inserción disco: 3 cm  
Ancho unión cangilón: 5 cm  
Extremo unión cangilón: 19,5 cm  
Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. Había perdido parte del extremo de inserción en el disco. Zona astillada y con marcas de clavos, no conservaba el orificio de anclaje de forma cuadrangular. A 25 cm del extremo observamos el radio con la madera reventada por un clavo. El extremo de unión con el cangilón también tenía clavado un resto de listón que había sido serrado durante el desmontaje. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 45,5 cm del extremo de inserción con los cangilones.

Radio nº RT-16  
Medidas  
Largo: 156 cm  
Ancho inserción disco: 3 cm  
Ancho unión cangilón: 5 cm  
Extremo unión cangilón: 19,5 cm  
Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. Había perdido parte del extremo de inserción en el disco. Zona astillada y con marcas de clavos, no conservaba el orificio de anclaje de forma cuadrangular. A 28 cm del extremo observamos el radio fracturado y sujeto con grapas. El extremo de unión con el cangilón también tenía clavado un resto de listón que había sido serrado durante el desmontaje.

Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 45,5 cm del extremo de unión con el cangilón.

Radio nº RT-17  
Medidas  
Largo: 165 cm  
Ancho inserción disco: 3 cm  
Ancho unión cangilón: 5 cm  
Extremo unión cangilón: 19,5 cm  
Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón.

Había perdido parte del extremo de inserción en el disco. Zona astillada y con marcas de clavos, no conservaba el orificio de anclaje de forma cuadrangular. A 23 cm del extremo el radio estaba fracturado y sujeto con grapas. Tenía una marca de sierra a 43 cm del extremo de unión al disco. Estaban unidas las piezas mediante un listón de 38 x 3 x 1,5 cm y sujetas por ocho clavos. El extremo de unión con el cangilón también tenía clavado un resto de listón que había sido serrado durante el desmontaje. Este radio estaba compuesto de dos piezas de diferentes radios y presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 45,5 cm del extremo de unión con el cangilón.

Radio nº RT-18  
Medidas  
Largo: 166 cm  
Ancho inserción disco: 3 cm  
Ancho unión cangilón: 5 cm  
Extremo unión cangilón: 19,5 cm  
Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. Había perdido parte del extremo de inserción en el disco. Zona astillada y con marcas de clavos, no conservaba el orificio de anclaje de forma cuadrangular. Presentaba una grieta longitudinal en el extremo de unión con el cangilón. También tenía clavado un resto de listón que había sido serrado durante el desmontaje. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 45,5 cm del extremo de unión con el cangilón.

Radio nº RT-19  
Medidas  
Largo: 153 cm  
Ancho inserción disco: 3 cm  
Ancho unión cangilón: 5 cm  
Extremo unión cangilón: 19,5 cm  
Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. Había perdido parte del extremo de inserción en el disco. Zona astillada y con marcas de clavos, no conservaba el orificio de anclaje de forma cuadrangular. El extremo de unión con el cangilón también tenía clavado un resto de listón que había sido serrado durante el desmontaje. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 44 cm del extremo de unión con el cangilón.

#### Radio nº RT-20

##### Medidas

Largo: 154 cm

Ancho inserción disco: 3 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. Había perdido parte del extremo de inserción en el disco. Zona astillada y con marcas de clavos, no conservaba el orificio de anclaje de forma cuadrangular. El extremo de unión con el cangilón también tenía clavado un resto de listón que había sido serrado durante el desmontaje.

En la mitad del radio se apreciaba una grieta y una zona con marcas de clavos de diferente grosor. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 45 cm del extremo de unión con el cangilón.

#### Radio nº RT-21

##### Medidas

Largo: 163 cm

Ancho inserción disco: 3 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. Había perdido parte del extremo de inserción en el disco. Zona astillada y con marcas de clavos, no conservaba el orificio de anclaje de forma cuadrangular. El extremo de unión con el cangilón también tenía clavado un resto de listón que había sido serrado durante el desmontaje.

En la mitad del radio se apreciaba una grieta y una zona con marcas de clavos de diferente grosor. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 44,5 cm del extremo de unión con el cangilón.

#### Radio nº RT-22

##### Medidas

Largo: 156 cm

Ancho inserción disco: 3 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. Había perdido parte del extremo de inserción en el disco. Zona astillada y con marcas de clavos, no conservaba el orificio de anclaje de forma cuadrangular. El extremo de unión con el cangilón también tenía clavado un resto de listón que ha sido serrado durante el desmontaje.

En la mitad del radio se apreciaban marcas que había dejado un martillo, una grieta en la zona del ensanchamiento del radio. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 45 cm del extremo de unión con el cangilón.

#### Radio nº RT-23

##### Medidas

Largo: 161 cm

Ancho inserción disco: 3 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. El extremo de inserción en el disco estaba serrado, pero conservaba el orificio de anclaje. El extremo de unión con el cangilón también tenía clavado un resto de listón que había sido serrado durante el desmontaje. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 45 cm del extremo de unión con el cangilón.

#### Radio nº RT-24

##### Medidas

Largo: 158,5 cm

Ancho inserción disco: 3 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. El extremo de inserción en el disco estaba serrado, pero conserva el orificio de anclaje. El extremo de unión con el cangilón también tenía clavado un resto de listón que había sido serrado durante el desmontaje. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 46 cm del extremo de unión con el cangilón.

Radio nº: RT-25

Medidas

Largo: 160,5 cm

Ancho inserción disco: 3 cm

Ancho unión cangilón: 5 cm

Extremo unión cangilón: 19,5 cm

Grosor: 2,5 cm

El radio estaba fracturado e incompleto. El extremo del radio estaba fracturado donde se une con el cangilón. El extremo de inserción en el disco estaba serrado, pero conservaba el orificio de anclaje. El extremo de unión con el cangilón también tenía clavado un resto de listón que había sido serrado durante el desmontaje. Este radio presentaba una muesca en la zona en que se estrecha a 45 cm del extremo de unión con el cangilón.

## Cangilones

### Cangilón nº C-1

Este elemento de la rueda no estaba completo, sólo conservaba el extremo de un radio que se mantenía unido al cangilón mediante espigas y clavos. También se habían utilizado tablas de refuerzo para asegurar dicho extremo y para reforzar el lugar donde iría insertado el otro.

La pieza E, que denominamos travesía exterior, había desaparecido. La tabla de contorno interior, denominada C-interior, continuaba en el cangilón Nº 25, formando una sola pieza. El peso de estos cuatro cangilones (1, 23, 24 y 25), que formaban una sola pieza, era de 12.600 g. El peso de este cangilón desmontado es de 1.260 g.

### Cangilón nº C-2

Este elemento se hallaba incompleto. Como el extremo de los radios no se conservaba, se habían utilizado tablas de refuerzo para unir el radio al cangilón.

Sólo se conservaban las dos tablas laterales de entrada y salida de agua, denominadas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>. El peso de este cangilón es de 600 g.

### Cangilón nº C-3

Este cangilón no se conserva.

### Cangilón nº C-4

Este elemento de la rueda se hallaba incompleto. No se conservaban los extremos de los radios. Sólo se conservaba una tabla lateral de entrada y salida de agua, la denominada B<sub>1</sub>. El peso de este cangilón es de 200 g.

### Cangilón nº C-5

Estaba incompleto. No conservaba los extremos de los radios, los cuales se hallaban unidos al cangilón mediante tabloncillos claveteados a la tabica y al propio radio. Sólo conservaba las tablas laterales de entrada y salida de agua, piezas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>, la tabica denominada pieza A, la travesía exterior, pieza E, y de la pieza C<sub>i</sub>, tabla de contorno interior, sólo conservaba la mitad.

Tenía una pieza numerada anteriormente como la C-5, que es una pieza inconexa, que posiblemente formaba parte de la tabla lateral de entrada y salida de agua. El cangilón pesa 1.400 g.

### Cangilón nº C-6

Este elemento de la rueda se hallaba incompleto. Sólo conservaba un extremo del radio unido mediante clavos a la tabica. Esta pieza original y el listón de madera usado como extremo del radio se unían al cangilón mediante tabloncillos claveteados a la tabica y al radio original.

Este cangilón está formado por dos tabicas, una original y la otra de lugar desconocido, puesto que los cangilones anterior y posterior, el 5 y el 7, poseen su propia tabica.

La pieza B<sub>1</sub> no correspondía a este cangilón ya que presentaba la misma morfología que la B<sub>2</sub>. Debía ser una tabla reaprovechada de otro cangilón puesto que los biseles contrapuestos no estaban.

Este cangilón iba acompañado de tres fragmentos de tablas inconexas. El peso de este cangilón es de 2.400 g.

### Cangilón nº C-7

Se hallaba incompleto. Sólo conservaba el extremo de un radio, unido mediante clavos a la tabica, denominada pieza A. Esta pieza original y el listón de madera usado como extremo del radio se unían al cangilón



mediante tabloncillos claveteados a la tabica. El cangilón y el radio original se unían mediante listones claveteados en ambas piezas.

Habían desaparecido las tablas de contorno interior y exterior (Ci, Ce) y el travesaño de refuerzo interior de la tabla de contorno interior (pieza D). El peso de este cangilón es de 1.000 g.

#### Cangilón nº C-8

Este elemento de la rueda se hallaba completo. Poseía los dos extremos de los radios unidos a las tabicas mediante las espigas originales y clavos de época actual. Un listón unía y reforzaba el vástago del radio y el extremo que se hallaba fracturado a la altura del cangilón. A su vez estaba claveteado a la tabica. Actualmente está serrado. El peso de este cangilón es de 2.400 g.

#### Cangilón nº C-9

Se hallaba incompleto. Había desaparecido el travesaño interior de refuerzo (pieza D). Conservaba los extremos de los radios unidos a las tabicas mediante las espigas originales y clavos de época actual. Para unir éstas al radio y al cangilón se habían utilizado listones claveteados a la tabica y al propio radio.

La tabica, pieza denominada A, estaba montada al revés. La tabla lateral de entrada y salida de agua, pieza B<sub>2</sub>, formaba una pieza entera con la otra pieza B<sub>2</sub> que se encontraba en el cangilón nº 10 y que actualmente son dos elementos diferentes ya que la pieza original ha sido serrada. El peso de este cangilón es de 2.600 g.

#### Cangilón nº C-10

Este elemento de la rueda se hallaba incompleto. Había desaparecido la traviesa exterior, pieza denominada E. Conservaba los extremos de los radios unidos a la tabica por su espiga. Se hallaban en un estado de conservación bastante malo, estaban prácticamente destrozados.

Un listón unía y reforzaba el vástago del radio y el extremo que se hallaba fracturado a la altura del cangilón. A su vez estaba claveteado a la tabica. Actualmente está serrado. También junto al resto de las piezas se hallaba un fragmento de tabla inconexa. El peso de este cangilón es de 2.200 g.

#### Cangilón nº C-11

Se encontraba incompleto. El travesaño de refuerzo interior, pieza denominada D, había desaparecido. Conservaba los extremos de los radios unidos mediante sus espigas a la tabica, aunque se hallaban bastante deterioradas. Un listón unía y reforzaba el vástago del radio y el extremo que se hallaba fracturado a la altura del cangilón. A su vez estaba claveteado a la tabica. Actualmente está serrado.

La pieza Ci, tabla de contorno interior, formaba una sola pieza con la misma pieza del cangilón nº 10. Actualmente se hallan separadas por una fractura. El peso de este cangilón es de 2.600 g.

#### Cangilón nº C-12

Este elemento de la rueda estaba incompleto. Habían desaparecido las piezas denominadas A (tabica) y E (traviesa exterior). Conservaba los extremos de los radios unidos a la tabica mediante sus espigas y clavos. Un listón unía y reforzaba el vástago del radio y el extremo, que se hallaba fracturado a la altura del cangilón. A su vez estaba claveteado a la tabica. Actualmente está serrado.

Había un elemento suelto que se uniría con el cangilón nº 11 y otras dos tablas inconexas. El peso de este cangilón es de 2.400 g.

#### Cangilón nº C-13

Se hallaba incompleto. Había desaparecido la traviesa exterior (pieza E). Conservaba los extremos de los radios fracturados y unidos a la tabica en muy mal estado. Un listón unía y reforzaba el vástago del radio y el extremo que se halla fracturado a la altura del cangilón. A su vez estaba claveteado a la tabica. Actualmente está serrado.

La tabla de contorno interior, pieza denominada Ci, estaba colocada al revés, porque los agujeros de las espigas no coincidían con la actual posición. El peso de este cangilón es de 2.000 g.

#### Cangilón nº C-14 (figura 30)

Este elemento se hallaba completo. Sólo conservaba un extremo de radio unido a la tabica, puesto que el otro era una antigua intervención.

Un listón unía y reforzaba el vástago del radio y el extremo que se hallaba fracturado a la altura del cangilón. A su vez estaba claveteado a la tabica. Actualmente está serrado.

En la zona interna de la tabica se habían claveteado dos piezas para reforzar los extremos de los radios. La tabla de contorno interior, denominada Ci, y la B<sub>2</sub>, tabla lateral de entrada y salida de agua, continuaban en el cangilón nº 15. Este elemento, junto con el nº 15 y 16, dan un peso de 8.200 g.

#### Cangilón nº C-15

Este elemento se hallaba completo. Conservaba los dos extremos de los radios unidos a la tabica mediante sus espigas de madera.

Un listón unía el vástago del radio con su extremo. A su vez estaba claveteado a la tabica para unirse con el cangilón. Actualmente está serrado.

La pieza Ci, tabla de contorno interior, continuaba en el cangilón nº 16. Tenía un listón de refuerzo claveteado perpendicularmente a ella, ya que presentaba una gran fisura. Este elemento, junto con el nº 14 y 16, dan un peso de 8.200 g.

#### Cangilón nº C-16

Este elemento estaba completo. Formaba conjunto con los cangilones 14 y 15. Conservaba los dos extremos de los radios. Un listón unía el vástago del radio con su extremo. A su vez estaba claveteado a la tabica para unirse con el cangilón. Actualmente está serrado. Los cangilones 14, 15 y 16 estaban unidos por una misma pieza común; la tabla de contorno interior, denominada Ci, estaba mal recolocada ya que los agujeros de las espigas de madera que la unirían con las tablas laterales de entrada y salida de agua ahora coincidían con lo que sería la entrada del agua.

La tabla de contorno interior, pieza Ci, tenía continuidad en el cangilón nº 17, actualmente está serrada. El peso de estos tres cangilones 14, 15 y 16 es de 8.200 g.

#### Cangilón nº C-17

Este elemento de la rueda se hallaba completo. Conservaba los dos extremos de los radios unidos a las

tabicas, aunque se encontraban en muy mal estado. Unos listones unían el vástago del radio con su extremo. A su vez estaban claveteados a la tabica para unirse con el cangilón. Actualmente están serrados. El peso de este cangilón es de 2.800 g.

#### Cangilón nº C-18

Estaba completo. Conservaba los dos extremos de los radios unidos a las tabicas mediante las espigas de madera originales, pero se encontraban en muy mal estado de conservación.

Unos listones unían el vástago del radio con su extremo. A su vez estaban claveteados a la tabica para unirse con el cangilón. Actualmente están serrados. El peso de este cangilón es de 3.000 g.

#### Cangilón nº C-19

Este elemento se hallaba incompleto. Había perdido la pieza D, el travesaño de refuerzo interior de la tabla de contorno exterior. Conservaba los dos extremos de los radios igualmente fragmentados como en el resto de los cangilones y anclados al mismo con unos listones de madera que unían dichos extremos con el vástago



30. Estado de conservación del cangilón nº 14

del radio. Estos listones se hallan actualmente serrados. El peso de este cangilón es de 2.400 g.

#### Cangilón nº C-20

Se hallaba completo, pero sólo conservaba el extremo de un radio, que estaba unido al vástago del mismo mediante un listón que actualmente se encontraba serrado. El peso de este elemento es de 2.400 g.

#### Cangilón nº C-21

Se hallaba completo y conservaba los dos extremos de los radios aunque estaban en mal estado de conservación. El peso es de 2.800 g.

#### Cangilón nº C-22

Este elemento de la rueda se hallaba completo. Venía completamente desmontado. La pieza E, travesía exterior, estaba duplicada. No sabíamos a qué cangilón podía pertenecer. Conservaba los dos extremos de los radios que estaban unidos a los vástagos de los mismos mediante listones claveteados a la madera original y que actualmente se hallaban serrados. El peso del cangilón es de 2.800 g.

#### Cangilón nº C-23

Este cangilón y el nº 24 forman una sola pieza. La tabla lateral de entrada y salida de agua B<sub>1</sub> no presentaba, en su extremo de unión con el cangilón nº 22, el bisel para acoplarse al mismo, lo cual nos hizo suponer que posiblemente podría formar una sola pieza con éste y que fue cortada en algún momento. Se conservaba sólo la mitad de uno de los extremos fragmentados de los radios.

El peso de estos cuatro cangilones (23, 24, 25 y 1), que forman una sola pieza, es de 12.600 g.

#### Cangilón nº C-24

Este cangilón se hallaba completo, presentando las siguientes particularidades. Las tablas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>, tablas laterales de entrada y salida de agua, y la tabla de contorno exterior, denominada Ce, continuaban en el cangilón nº 25. La tabla Ci, tabla de contorno interior, por su extremo de unión al cangilón nº 25, quedaba alojada en el mismo superponiéndose a la tabla de contorno interior de dicho cangilón unos 10 cm aproximadamente.

Conservaba ambos extremos de los radios, que estaban unidos a los vástagos de los mismos mediante listones claveteados a la madera original y que actualmente se hallaban serrados.

El peso de estos cuatro cangilones (23, 24, 25 y 1), que van formando una sola pieza, es de 12.600 g.

#### Cangilón nº C-25

Se hallaba completo. Conservaba los dos extremos de radio, que estaban unidos a los vástagos de los mismos mediante listones claveteados a la madera original y que actualmente se hallaban serrados.

Presentaba una gran tabla de refuerzo perpendicular al ancho de la tabla lateral de entrada y salida de agua. Las piezas denominadas B<sub>2</sub>, tabla lateral de entrada y salida de agua, y Ci y Ce, tablas de contorno interior y exterior, tenían continuidad en el cangilón nº 1. El peso de estos cuatro cangilones (23, 24, 25 y 1), que van formando una sola pieza, es de 12.600 g.

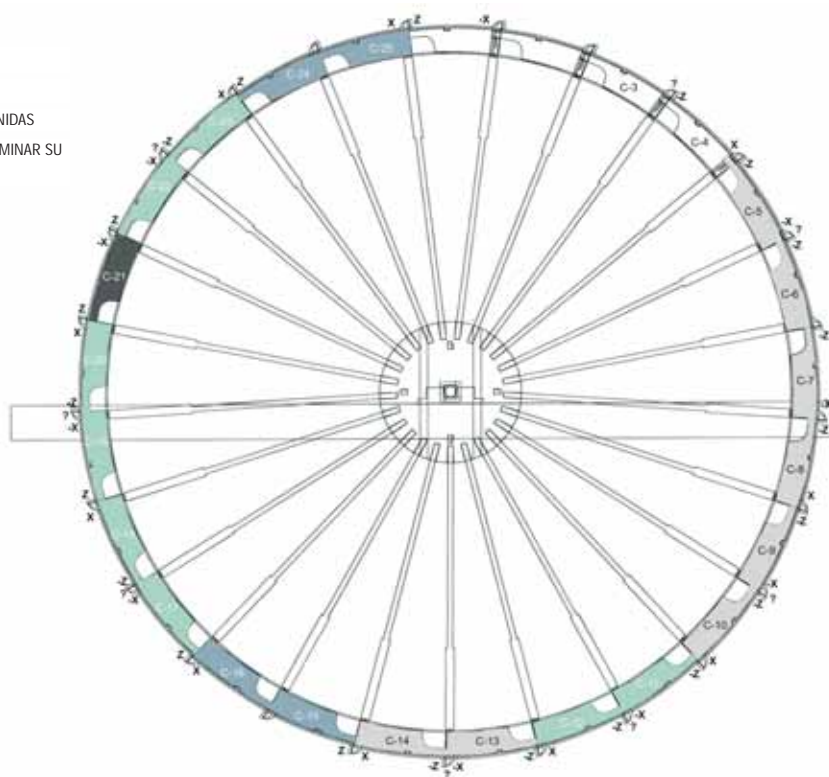
#### # Estudio de correspondencia entre los cangilones

Atendiendo a su morfología y disposición en la rueda, se llevó a cabo este estudio de correspondencia entre los cangilones (figuras 31 y 32), con el fin de determinar el porcentaje de tablas laterales de entrada y salida de agua (pieza B) así como de tablas de contorno interior y exterior (pieza C) que formaban una sola pieza.

Como ya he apuntado, los cangilones numerados como 1, 25, 24 y 23 formaban un grupo que nunca antes había sido desmontado. Gracias a ellos pudimos comprender mejor la complejidad constructiva de dichas piezas y encontramos en su interior restos de la espesa capa de protección que sus constructores le aplicaron para protegerla del agua mediante brea.

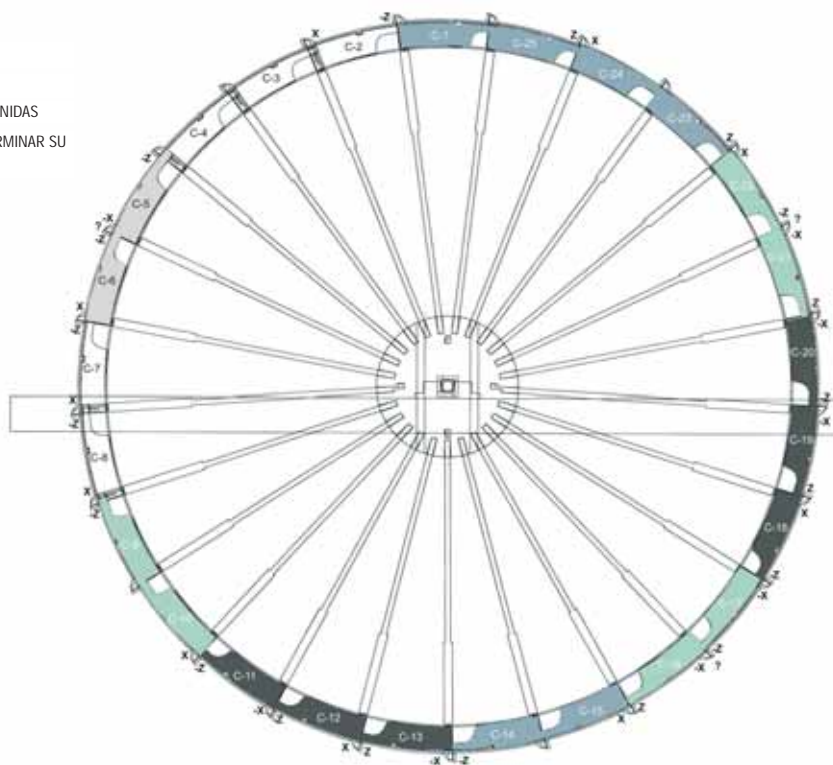
En el desarrollo del estudio haré frecuentes referencias a los dos tipos de ensamble que las tablas laterales de entrada y salida de agua presentan en sus extremos; así la zona correspondiente a la abertura presenta un corte en forma de bisel que he denominado ensamble tipo Z, y el extremo opuesto de la tabla presenta este mismo tipo de corte pero rebajado en la madera, de tal forma que el extremo de la tabla de entrada y salida de agua del cangilón siguiente encaja en su interior. A este corte en la madera le he denominado ensamble tipo X. La

- TABLA INCONEXA
- TABLAS UNIDAS
- TABLAS PROBABLEMENTE UNIDAS
- TABLAS IMPOSIBLE DE DETERMINAR SU
- CORRESPONDENCIA



31. Estudio de correspondencia entre los cangilones de la cara delantera

- TABLA INCONEXA
- TABLAS UNIDAS
- TABLAS PROBABLEMENTE UNIDAS
- TABLAS IMPOSIBLE DE DETERMINAR SU
- CORRESPONDENCIA



32. Estudio de correspondencia entre los cangilones de la cara trasera

secuencia de montaje de estas tablas, por tanto, sería: Z, X, Z, X... La ausencia de este tipo de ensambles en las piezas será consignada como -Z o -X.

En primer lugar vamos a considerar las tablas que quedan en la posición que hemos denominado “delantera”, así la tabla lateral de entrada y salida de agua en C-25 y C-24 es una sola pieza. En C-24 tenemos un ensamble tipo Z engarzado en el ensamble tipo X del C-23.

El C-22 y el C-23 pudieron ser una sola pieza. La zona de unión de ambas tablas se encontraba fracturada y no se pudo determinar si estuvieron unidas o ensambladas. No obstante, en los extremos opuestos de estas tablas sí encontramos estos tipos de ensambles; así el C-22 presentaba ensamble del tipo Z, para unirse al X del C-21, y el C-23 del tipo X, para unirse al Z del C-24, como así ocurría, por lo que dedujimos que la secuencia se cumplía y por tanto debieron ser una sola tabla.

El C-21 presentaba pérdida total de la zona donde se ubicaba el ensamble tipo X; si tenía el ensamble tipo Z.

El C-20 presentaba ensamble tipo X y pérdida de la zona en donde se ubica el ensamble tipo Z. El C-19 presentaba perdida la zona donde se ubica el ensamble tipo X y tenía ensamble tipo Z; con esta disposición, y a pesar de las pérdidas, habrían podido ser una sola pieza.

El C-18 tenía ensamble tipo X, que encajaba con el tipo Z del C-19. La zona del C-18, donde se ubica el ensamble tipo Z, se encontraba fracturada, pero su aspecto invitaba a pensar que no tuvo este tipo de ensamble ya que el C-17 no presentaba ensamble tipo X y sí del tipo Z, por lo que pudimos pensar que formaban una sola pieza.

La tabla de entrada y salida de agua delantera en los cangilones C-16 y C-15 formaban una sola pieza. El C-16, con ensamble tipo X, correspondía al ensamble del tipo Z del C-17; y el C-15 presentaba ensamble tipo Z para corresponder al ensamble del tipo X del C-14.

El C-14 presentaba pérdida en la zona de ensamble tipo Z; y el C-13, igualmente, en la zona de ensamble tipo X y Z. En este caso eran muy escasos los indicios que nos permitiesen determinar la unión de ambas tablas.

El C-12 aparecía con ensamble tipo X y pérdida del ensamble tipo Z. El C-11, a pesar de la pérdida de madera en la zona de ubicación del ensamble tipo X, podemos afirmar que nunca tuvo este tipo de ensamble y que pudo estar unido al C-12. El C-11 no presentaba ensamble tipo Z por pérdida de madera en la zona.

El C-10 tenía ensamble tipo X, quizás para alojar el tipo Z del C-11, que está desaparecido. No presentaba ensamble tipo Z por pérdida de madera en la zona.

El C-9 no presentaba ensamble tipo X por la misma causa expuesta anteriormente, no obstante su aspecto da lugar a pensar que nunca lo tuvo y que pudo estar unido al C-10. La zona donde se ubica el ensamble tipo Z en C-9 está desaparecida.

El C-8 aparecía con ensamble tipo X, quizás para alojar el ensamble tipo Z del C-9. La zona del ensamble tipo Z del C-8 está desaparecida, lo mismo ocurre en C-7 cuya zona de ensambles, tipo Z y X, han desaparecido, por lo tanto no sabemos si continuaba con C-8.

El C-6 presentaba ensamble tipo X en la posición opuesta a la correcta, por tanto es una tabla reaprovechada o de otro cangilón mal colocada.

El C-5 presentaba la pérdida de las zonas de ambos tipos de ensambles. No obstante, y a pesar de no existir una evidencia clara, la zona del ensamble tipo X invitaba a pensar que estaba unido a su antecesor el C-6.

El C-4 tenía ensamble tipo X y desaparecida la zona donde se ubicaría el ensamble tipo Z.

El C-3 no se conserva.

El C-2 presentaba ensamble tipo X colocado de forma errónea, como sucedía en C-6, por lo que en esta tabla no pudimos establecer una correspondencia con la siguiente.

El C-1, con ensamble tipo Z, va unido perfectamente al ensamble tipo X del C-25; la zona de ensamble del tipo X ha desaparecido.

Veamos ahora cómo estaban dispuestas estas tablas en la cara que hemos convenido en denominar “trasera”.

Formaban una sola pieza las tablas laterales de entrada y salida de agua de los cangilones C-1 y C-25. Este últi-

mo, respecto al C-24, se encontraba perfectamente unido mediante el tipo de ensamble descrito. El C-25 presentaba perfectamente conservado su extremo tipo Z y el C-24 se encontraba en igualdad de condiciones respecto a su extremo tipo X.

Así mismo, formaban una sola pieza las tablas laterales de entrada y salida de agua de los cangilones 24 y 23. En este último aparecía perfectamente definido su ensamble tipo Z.

El C-22 conservaba perfectamente su ensamble tipo X; la fractura que tenía en la zona opuesta no nos permitió identificar si existía ensamble tipo Z. Lo mismo ocurrió en el C-21; la fractura no nos permitió ver si existía ensamble tipo X. No obstante, y dado que el C-21 tiene un ensamble tipo Z definido, se puede pensar que estas tablas del C-21 y del C-22 estaban unidas y se fracturaron en dos, por lo que ambas tablas han podido ser una sola pieza.

En el C-20 no se conservaban ninguno de los ensambles. El aspecto del X daba la sensación de haber estado unido a otra tabla. En el C-19 nunca existió ensamble tipo X; en cambio, sí presentaba ensamble tipo Z, por tanto la no existencia del ensamble tipo Z en C-20 y la no existencia del ensamble tipo X en C-19 podía indicarnos que formaban una sola pieza. No obstante, para cumplir el requisito de continuidad, el C-20 necesitaría tener un ensamble tipo X del que carecía, por eso estimo que no tienen continuidad y no formaban una sola pieza.

El C-18 presentaba ensamble tipo X y pérdida de madera en el ensamble tipo Z. El C-17 no tenía ensamble tipo X, tampoco del tipo Z, ambos habían podido estar unidos, pero la falta del ensamble tipo Z en C-17 no permitía afirmarlo. La ausencia de continuidad entre las tablas de entrada y salida de agua en C-20, C-19 y C-18 era signifi-

cativa e indicaba con toda probabilidad que estaban ocupando una posición errónea. El que parecía haber estado unido al C-17 fue el C-16 ya que su forma así nos lo indicaba. En este último pudimos observar la existencia de un ensamble tipo Z, coincidente con el tipo X del C-15.

Las tablas de entrada y salida de agua de los cangilones C-14 y C-15 estaban unidas; por un extremo, el C-15 presentaba ensamble tipo X y en el extremo del C-14 tenía perdido el ensamble tipo Z.

El C-13 presentaba ensamble tipo Z y pérdida la zona donde debía tener el ensamble tipo X. La falta de correspondencia con C-14 y C-12 indicaba que su problema de continuidad pudo ser debido a ocupar una posición incorrecta.

El C-12 presentaba ensamble tipo X y pérdida de materia en el ensamble tipo Z. El C-11 presentaba pérdida la zona del ensamble tipo X y no tenía ensamble tipo Z, por tanto las pérdidas no permitieron determinar si estuvieron unidos. Además tampoco se cumplía la secuencia de continuidad (...Z, X, Z, X,...), ya que el C-12 tenía ensamble tipo X y el C-11 tenía pérdida la zona del tipo Z. Los restos indicaban que por su forma y longitud debió estar unido a otra tabla de entrada y salida de agua de otro cangilón.

El C-10 aparecía con ensamble tipo X; a pesar de las pérdidas en la zona, aún se pudieron identificar restos del ensamble tipo Z. Esta tabla tampoco seguía la secuencia ya que el ensamble tipo X no encontraba correspondencia con el tipo Z del C-11.

El C-9 debió de estar unido al C-10 ya que el resto que conservaba en la zona de ensamble tipo X así lo confirmaba. La pérdida de la zona en donde se encontraba el ensamble tipo Z no nos permitió definir su correspondencia con el C-8.

Las tablas laterales de admisión de agua de los cangilones C-8, C-7 y C-6 presentaban ensambles tipo X y pérdida en la zona del ensamble tipo Z, por lo que no podíamos saber cómo iban.

El C-5 presentaba pérdida la zona del ensamble tipo X, por mutilación, y la del tipo Z; no obstante, su forma parecía indicar que se unía al C-6.

El C-4 no conservaba la tabla lateral de entrada y salida de agua de este lado. El C-3 no se conservaba.



33. Soporte del eje de bronce



El C-2 presentaba ensamble tipo X y pérdida en la zona del ensamble tipo Z, por lo que no se podía saber su correspondencia.

En conclusión, se puede afirmar que la pauta que nos marcaba el grupo de cangilones 1 a 23, extraídos del yacimiento sin desmontar y perfectamente unidos, no se mantuvo en la extracción del resto ni en el montaje posterior, quedando dispuestos de forma aleatoria, dejando las mejores piezas para colocarlas en la cara vista, o “delantera”.

También se puede afirmar que las tablas laterales de entrada y salida de agua fueron extraídas de una sola pieza de madera para cada dos cangilones y fueron colocadas coincidiendo la unión de dos tablas en una cara con ensambles del tipo Z, X con una tabla continua sin ensambles en la cara opuesta, es decir, al parecer no existía una colocación simétrica sino que más bien se alternaban. Con esta secuencia tendríamos cubiertos a veinticuatro cangilones, así el último de ellos debería tener una sola tabla con una abertura o que hubiese un grupo de tres cangilones con una sola tabla y tres aberturas. En este sentido no se encontraron indicios de esta hipótesis.

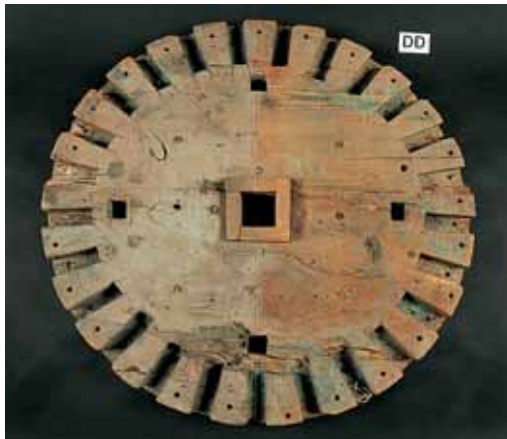
Las tablas de contorno interior y exterior (pieza C) tan sólo se encontraban unidas formando una sola pieza en unos pocos cangilones. En el resto es muy difícil determinar si se encontraban unidos debido al mal estado de conservación general de estas piezas.

Tan sólo pudimos afirmar que la tabla interior de contención de agua de los cangilones 14, 15 y 16 era una sola pieza de madera.

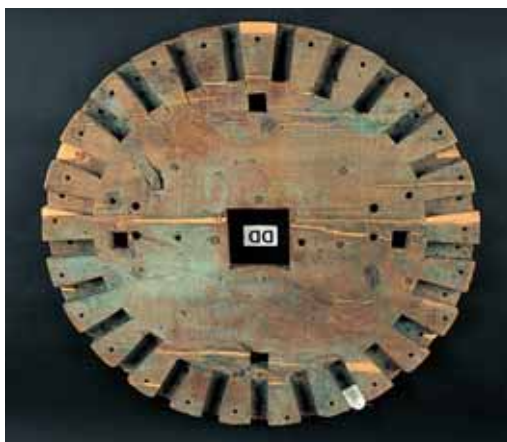
## Metodología de trabajo y criterios de intervención

El método de trabajo se ajustó a las directrices que en materia de conservación y restauración de bienes muebles tiene establecidas el IAPH. En este sentido era preceptivo conocer el bien previamente mediante estudios e investigaciones históricas y la aplicación de técnicas de análisis científicas que nos permitieran identificar la naturaleza de la obra. Para ello, el estudio analítico de la rueda comprendió:

- \* Estudio radiográfico
- \* Análisis químico de compuestos orgánicos e inorgánicos



34. Testigo de limpieza en el disco dentado *delantero*



35. Injertos de madera en el disco dentado *delantero*

- \* Análisis microbiológico
- \* Estudio dendrocronológico
- \* Evaluación del efecto de los productos consolidantes: interacción con las características físico-mecánicas de la madera; interacción con las características estructurales de la madera y los productos de alteración

Estos estudios previos permitieron configurar el proyecto de conservación de la rueda, cuyos principales objetivos han sido determinar mediante un exhaustivo diagnóstico el estado de conservación del objeto y elaborar una propuesta de tratamiento ajustada a las patologías observadas.

El criterio de intervención establecido para la restauración del objeto engloba aspectos genéricos de respeto no sólo hacia la significación conceptual y constructiva de la rueda sino también material. El mal estado de conservación general evaluado hacía necesario intervenir la obra para poder transmitirla



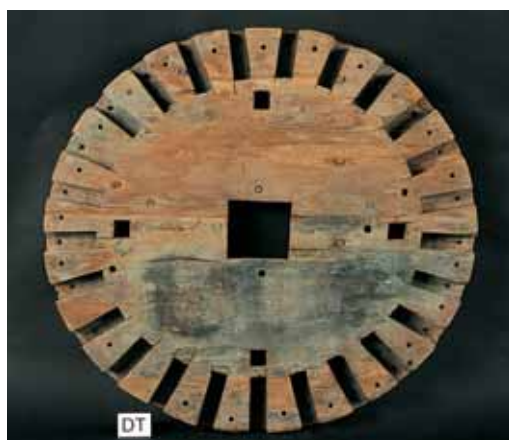
36. Estado de conservación de la tapa del disco dentado *delantero*



37. Tapa del disco dentado *delantero* tras la intervención



38. Estado de conservación del disco dentado *trasero*



39. El disco dentado *trasero* tras la intervención

a las generaciones futuras. Esta circunstancia, aunada a una inexistente capacidad de solidez estructural, hizo necesario dotarla de elementos ajenos a la misma, claramente diferenciados de los originales, con el fin de que recuperase su correcta lectura formal y pudiera ser nuevamente expuesta. Para ello el criterio de intervención en lo particular pasó por:

# Tratamiento biocida, ya que se determinó un ataque biológico, aunque en estado latente, sin embargo era adecuado aplicarle este tipo de tratamiento. El laboratorio de análisis proporcionó el biocida más adecuado.

# Eliminación de antiguas intervenciones: piezas añadidas, de refuerzo y de unión de las diferentes piezas, de sustitución de piezas originales, de elementos metálicos, de antiguos adhesivos (resinas epoxídicas utilizadas en

los discos dentados y tapas de dichos discos). Se entiende que se eliminarían las resinas siempre y cuando no afectara a la integridad de la obra.

# Desmontaje de los elementos que componen la rueda. Este proceso debía realizarse principalmente en los cangilones, ya que en su interior presentaban depósitos, adherencias, etc. que hubiesen sido imposibles de eliminar si no se procedía a su desensamblaje. Por otra parte, era aconsejable realizar este proceso, ya que algunas piezas, como ya se ha señalado, se encontraban cambiadas de posición o lugar.

# Limpieza superficial mecánica (para eliminación de concreciones, depósitos, manchas) mediante brochas o cepillos de cerdas de diferente dureza y aspiradora.

# Se volverían a unir aquellas piezas de madera que se encontraran separadas debido a grietas, fisuras o fractu-

ras siempre que existiese una clara continuidad entre las fibras de los trozos de madera a unir, con ello evitaríamos unir piezas que no se correspondiesen.

# Consolidación. Se consideró necesario dar a la rueda un tratamiento consolidante con el fin de alcanzar un mayor grado de cohesión y de protección de la madera. El producto más indicado sería seleccionado a través de los resultados obtenidos, una vez realizados los estudios entre los diferentes tipos de consolidantes que fueron testados, eligiendo el más adecuado por sus características, ya que debía cumplir la doble función de proteger la madera y los materiales inorgánicos que habían sido absorbidos por la misma (óxidos, sulfuros y carbonatos de cobre, cerusita, etc.).

# Se propuso realizar un estudio para la confección de pequeñas piezas que posibilitaran la estabilidad del montaje de los elementos que conforman el cangilón, ya que mediante su propio sistema de ensamblaje, algunos quedarían en una situación ciertamente inestable. Este estudio se extendería a los fragmentos de cangilón que se encontraban aislados o que no se tocaban con el resto de las piezas que lo componen. En ningún caso se abrirían nuevos agujeros para la inclusión de espigas o sistemas de sujeción.

# Se reubicarían aquellas piezas que se encontraban clara y manifiestamente cambiadas de sitio o posición; aquellas otras que no pudieran serlo, se mantendrían en el lugar que estaban ocupando.

# Se repondrían o reconstruirían partes faltantes de las piezas de madera siempre que fuese imposible de sujetar al resto o que su sujeción implicase un alto grado de complejidad constructiva. Estas pequeñas piezas de madera debían ser del mismo tipo y con la suficiente antigüedad y estabilidad para no producir un menoscabo sobre la pieza colocada, se mantendría su color natural como criterio de diferenciación de la madera original.

# Estructura de sustentación. Una vez realizado el tratamiento de conservación y restauración de la rueda fue necesario pensar en un montaje que fuese el más adecuado a las especiales características que presentaba.

Dado que había perdido parte de su resistencia mecánica, su estabilidad material y su funcionalidad, propusimos desarrollar una estructura en acero inoxidable y fibra de carbono donde pudieran sostenerse los dife-

rentes elementos que la conforman. Las propiedades de los materiales a utilizar debían ser idóneas respecto al material con el que estábamos tratando.

Una vez estudiado el proyecto de ejecución del montaje, basado en las ideas arriba mencionadas, tuvimos que tener en cuenta los siguientes puntos:

- \* Dado el estado de conservación que presentaba la pieza y la particularidad de sus problemas no debíamos recuperar en ningún caso su funcionalidad.

- \* Debíamos reunificar sus elementos de composición para darle una correcta lectura formal.

- \* Eliminación de cuantos elementos ajenos al conjunto pudiesen desvirtuar de alguna manera sus características constructivas.

- \* Para mantener en todo momento la entidad de la obra y dado que existía un número muy alto de elementos en buen estado de conservación, que nos aportaba datos suficientes para la correcta lectura de la pieza, no consideramos necesario reconstruir los elementos faltantes.

- \* La estructura debía ser diseñada desde un punto de vista multidisciplinar, donde se conjugasen soluciones técnicas con las necesidades de montaje que exigían el conjunto y la presentación estética.

- \* En los test de limpieza no se propusieron métodos acuosos debido a las alteraciones de tipo microbiológico y a la presencia de sales de cobre absorbidas por la madera, ya que la utilización de un medio acuoso habría podido activar el hongo latente y por otra parte podía reactivar la reprecipitación de estas sales provocando daños a la madera.

- \* Era conveniente informar, en el zona donde se expusiese la rueda de su historia material (datos históricos, uso a través del tiempo...), procesos de conservación-restauración aplicados para su tratamiento y criterios empleados.

## Proceso de restauración

La fase que ha comprendido la intervención de restauración ha supuesto la puesta en práctica de todos los contenidos teóricos y estudios llevados a cabo en las fases

previas, con la suficiente flexibilidad como para ir adaptándose a las exigencias que el desarrollo del trabajo venía imponiendo. Así, se han eliminado las patologías presentes y se han llevado a cabo las actuaciones necesarias para su puesta en valor, garantizando su conservación en el lugar de procedencia.

Durante este tiempo y de forma conjunta se ha ido desarrollando y modelando el actual sistema de sujeción estructural de la rueda. Las piezas en acero inoxidable y fibra de carbono se han ido adaptando y ajustando a las distintas piezas de madera, rehaciendo en mínimos casos algunas de ellas hasta conseguir el propósito para el que fueron diseñadas.

El tratamiento genérico aplicado al material lı́gneo que conforma la rueda para la eliminación del biodeterioro que venía padeciendo, por causa del ataque de los microorganismos (hongos), ha consistido en exponerla a radiación gamma durante doce horas; con ello nos aseguramos de que no sólo los hongos en estado latente sean eliminados, sino que además sus esporas también lo fuesen en el mismo acto. Una vez aplicado este tratamiento, se volvió a realizar un cultivo de los hongos para comprobar que ya no existía actividad alguna de los mismos por lo que el tratamiento no sólo resulta eficaz, sino que además es inocuo al no dejar residuos de la radiación.

La limpieza de todo el conjunto lı́gneo se ha realizado en seco, mediante cepillos de cerdas de diferente dureza, naturales o sintéticos, y aspiradora, con el fin de eliminar los mayores depósitos superficiales de costras de alteración de calcosina (sulfuro de cobre), silicatos y polvo, y recuperar el color y la textura natural de la madera. Las zonas en donde el mineral se encontraba concentrado y conferían una tonalidad verdosa a la zona, por la formación de cristales de sulfuros y sulfato de cobre entre las fibras de la madera, se han mantenido por formar parte ya de la propia estructura lignaria, confiriéndole un aspecto muy significativo del continente de la rueda.

Los injertos de madera se han llevado a cabo bajo el criterio siguiente: se ha restringido a las zonas en donde la pérdida de materia impedía la sujeción de la pieza a la estructura o para consolidar una zona específica a la que se había aplicado resina epoxi en exceso. La madera utilizada en los injertos es del mismo tipo que la empleada para construir la rueda.



40. Injertos de madera en una de las cajas de alojamiento de los radios en el disco dentado trasero



41. Fractura en el radio trasero nº 9



42. Consolidación de la fractura en el radio trasero nº 9





43. Conjunto de radios *delanteros* después de los tratamientos



44. Conjunto de radios *traseros* después de los tratamientos



45. Estado de conservación de los cangilones nº 14, 15 y 16



46. Unión de piezas en la tabla de contorno interior del cangilón nº 14



47. El cangilón nº 18 antes de la intervención



48. El cangilón nº 18 después de la intervención

Como ya ha sido referido, los trabajos de restauración se iniciaron con las distintas piezas que conforman la rueda desmontadas, pudiendo por tanto abordar la problemática de cada una de ellas por grupo; en este sentido, describimos los tratamientos aplicados a cada grupo desglosando en cada caso las piezas que los componen.

### Soporte del eje

El tratamiento aplicado al soporte del eje ha consistido en una exhaustiva limpieza de polvo y concreciones depositadas en superficie y en el interior de las fendas y pequeñas grietas, mediante cepillos de cerdas sintéticas de diferentes durezas (figura 33).

Se extrajo un pequeño clavo colocado en una fisura a fin de mantener la pieza sujeta. Las pequeñas grietas se consolidaron mediante Paraloid B-72 disuelto en Tolueno en la proporción 25:75.

La fractura de la pieza por su parte central fue consolidada con Acetato de Polivinilo, así como un gran trozo que se desgajó durante la limpieza y otros pequeños que tenía rotos en uno de sus extremos.

Se aplicó una fina capa de Paraloid B-72 disuelto en Tolueno al 5% para proteger superficialmente la pieza.

### Eje

Cinco son los procesos de intervención de restauración sobre el eje<sup>4</sup>:

- \* Limpieza mecánica
- \* Lavado y enjuagado: manual y vapor de agua desmineralizada a presión
- \* Secado
- \* Inhibición
- \* Protección

La limpieza se llevó a cabo de forma mecánica hasta conseguir desincrustar la mayor parte de la costra. Después del lavado, se volvió a insistir con una segunda limpieza para aquellas zonas que quedaron con acumulaciones de suciedad<sup>5</sup>.

El lavado se realizó en dos fases. La primera mediante agua corriente, con detergente neutro y frotamiento con cepillo sintético, para favorecer la retirada de la suciedad

desincrustada. Proceso rápido. Se enjuaga varias veces con agua desmineralizada y cepillados. Se seca con paño de celulosa.

Se llevó a cabo un segundo lavado mediante vapor de agua desmineralizada a presión para incidir en los numerosos poros que la pieza presentaba en su superficie. Secado con paños de celulosa y ambiente natural.

Inhibición mediante Benzotriazol al 3% en Etanol, impregnando mediante brocha toda la superficie, se aplicó por dos veces. Se dejó secar durante varios días.

Protección mediante disolución de Paraloid B-72 en Tricloroetileno al 3%, impregnando mediante brocha la superficie con dos aplicaciones, previamente secada la primera antes de aplicar la segunda y definitiva. Secado total durante varios días.

### Discos

El tratamiento específico aplicado a los dos discos dentados, sus respectivas tapas y a los cuatro travesaños de unión, además del genérico ya expuesto, consistió en la eliminación de los cuatro trozos de madera cuadrangulares, colocados en el centro de los dos discos dentados para reducir la abertura y sujetar el eje de bronce a su paso, así como la obturación de todos los agujeros producidos por las puntillas mediante la utilización de serrín y pigmentos aglutinados con acetato de polivinilo y algunas gotas de agua (figura 34).

Se han mantenido algunas piezas añadidas en una intervención anterior por considerar que habían sido colocadas correctamente, tanto en su disposición como orientación, reforzando las zonas tratadas como es el caso de las zonas de acogida de los radios numerados 1, 2, 3, 4, 11 y 12 en la cara interna del disco DT (figura 35).

Otras piezas añadidas que se han mantenido en su lugar fueron los travesaños colocados en las caras externas o no dentadas de ambos discos, con el fin de reforzar las uniones entre las tablas. Su extracción habría podido provocar tensiones entre los diferentes elementos que entran en juego, produciendo un mayor perjuicio que beneficio al estado de conservación de éstos.



PH CUADERNOS | La rueda elevadora de agua de las minas romanas de Riotinto: memoria de intervención

C-7

ginales a los que se encontraban unidos mediante puntillas y porque desvirtuaban y confundían la correcta lectura del objeto.

Se extrajeron un total de 376 puntillas al conjunto formado por los radios, principalmente de las piezas rectangulares de madera añadidas para mantenerlos unidos entre sí, a los cangilones y a los discos dentados.

Los radios fracturados, en donde las fibras de los trozos tenían continuidad, fueron unidos mediante Acetato de Polivinilo y presión ejercida por sargentos, recuperando su longitud.

En estos casos se originan uniones de tipo transversal o comúnmente denominada por “cabeza”, en las que no se ha utilizado ningún elemento de refuerzo interno o intermedio, entiéndase espiga o toledana, por contar con que el radio de fibra de carbono, al que van sujetos, aporta la solidez requerida. Los radios que se han podido unir han sido los siguientes: RD-1, RD-4, RD-11, RD-16, RD-18, RD-19, RD-20, RD-22, RD-25, RT-1, RT-6, RT-11, RT-12 y RT-17.

Los radios fracturados o rotos, cuyas fibras tenían continuidad y que inexplicablemente fueron mutilados, originándoles un corte plano de unión por la acción de la sierra, no fueron unidos por faltar madera, originando en todos los casos escalones en su unión. Los radios que no se pudieron unir por este motivo son los siguientes: RD-4, RD-6, RD-9, RD-14, RD-17, RD-20, RD-21, RT-7, RT-9.

Los radios formados por varios trozos y que no se pudieron unir por el criterio anterior, al resultar inconexos, se mantuvieron en el mismo lugar que ocupaban. Éstos fueron: extremo de inserción en el disco dentado del RD-4 y RD-17, RT-4, RT-5, RT-6, RT-7, RT-8 y RT-9.

En el radio RT-12 fue necesario injertar un pequeño trozo de madera en el extremo de unión del radio al disco dentado para mejorar el ajuste.

En los radios RT-4 y RT-5 se encontraron dos piezas sueltas inconexas y repetidas, es decir el RT-4 disponía de dos trozos iguales correspondientes al extremo de unión con el disco dentado, para completar su longitud. Este mismo caso se repetía en el radio RT-5 pero con el otro extremo. En ambos casos una de las dos piezas se encontraba sumamente debilitada y deteriorada.

Estas dos piezas fueron consolidadas con Paraloid B-72 disuelto al 5% en Tolueno, aplicado en varias manos. Posteriormente fueron retiradas del lugar que ocupaban por desvirtuar y confundir la construcción del radio.

Se consolidaron fisuras y separación de trozos en la dirección de la veta de la madera o comúnmente denominada al “hilo”, mediante Acetato de Polivinilo y presión en los siguientes radios: RD-3, RD-6, RD-9, RD-22, RT-1, RT-7, RT-9 (figuras 41 y 42).

Mediante presión mantenida por sargentos se mitigaron los alabeos de los radios RT-15 y RT-16.

Para finalizar se aplicó una fina capa de Paraloid B-72 disuelto en Tolueno al 5% para proteger superficialmente las piezas (figuras 43 y 44).

## Cangilones

El tratamiento específico aplicado a los veinticuatro cangilones conservados, además del genérico ya expuesto, consistió en la eliminación de los trozos de madera rectangulares colocados para sujetar piezas separadas o inconexas entre ellos, así como la obturación de todos los agujeros producidos por las puntillas mediante la utilización de serrín y pigmentos aglutinados con acetato de polivinilo y algunas gotas de agua.

No se mantuvo ninguna de las piezas añadidas en una intervención anterior por considerar que su uso había producido considerables daños sobre los elementos originales a los que se encontraban unidos mediante puntillas y porque desvirtuaban y confundían la correcta lectura del objeto, como es el caso del cangilón número 15, con una pieza añadida a la tabla de contorno interior (pieza Ci) para mantenerla unida por encontrarse fracturada, o la pieza de madera con la forma del extremo del radio y otras dos piezas colocadas junto a esta última para sujetar la fractura que presentaba la tabica (pieza A) y un travesaño de madera colocado junto a la travesía exterior (pieza E) del cangilón número 14 (figura 45).

Se extrajo un total de 187 puntillas al conjunto formado por los cangilones, usadas principalmente para mantener sujetas entre sí a las piezas que le dan forma.

Del conjunto formado por los veinticuatro cangilones, fue necesario desmontar por completo a dieciséis de

ellos, ya que el resto procedía del Museo Provincial de Huelva, ya desmontados, a excepción del cangilón numerado como 3 que no se conservaba.

Algunas de las piezas que conformaban los cangilones de forma individual nos llegaron repetidas, así es el caso del cangilón número 6 que poseía dos tabicas (pieza A) o las dos traviesas exteriores (pieza E) de los cangilones números 7 y 22. Estas piezas duplicadas fueron distribuidas entre aquellos cangilones que no las poseían de la siguiente forma: la tabica (pieza A) del cangilón número 6 se colocó en el cangilón número 12, este mismo cangilón recibió el travesaño exterior (pieza E) del cangilón número 22. Por último, el cangilón número 13 tomó la traviesa exterior (pieza E) duplicada en el cangilón número 7.

La consolidación de fracturas, grietas y astillamientos de la madera, por la acción de las puntillas utilizadas, fue otro de los principales tratamientos aplicados para estos problemas. Para ello se utilizó una mesa de ensamblado de tablas, que permitió unir piezas de difícil sujeción, aunado a la presión controlada de los sargentos. El adhesivo empleado fue Acetato de Polivinilo.

El criterio seguido para unir los fragmentos de las piezas fue el mismo utilizado en la unión de radios, es decir, sólo se unieron aquellos trozos cuyas fibras coincidían con exactitud; los trozos que no pudieron unirse con este criterio se mantuvieron en su posición mediante la estructura interna de sujeción de los cangilones (figura 46).

Las tablas laterales de entrada y salida de agua (pieza B) del cangilón número 15 fueron unidas por encontrarse fracturadas utilizando el método y el criterio anteriormente expuesto, así como los dos fragmentos del radio de los cangilones 14 y 15 y la tabica (pieza A) de los cangilones 13, 14 y 15, por encontrarse astillados.

La tabla de contorno interior de los cangilones 14, 15 y 16 era de una sola pieza de madera. La fractura y deformación de la madera que presentaba fueron corregidas, con ello recuperamos una de las piezas de mayor longitud en los cangilones. La tabla de contorno exterior del cangilón número 15, formada por tres trozos, pudo ser unida por dos de ellos. Las caras de unión del tercero no presentaban correspondencia con

los otros dos al existir una pérdida considerable de madera.

En esta misma línea se intervino sobre el cangilón número 18, uniendo la tabla lateral de entrada y salida de agua delantera en su extremo semicircular, los astillamientos provocados por las puntillas en los fragmentos de ambos radios unidos a la tabica (pieza A), así como las tablas de contorno interior y exterior (pieza C), por encontrarse fracturadas longitudinalmente o al *hilo* de la madera, a excepción de un fragmento de la tabla de contorno exterior, por no cumplir el criterio genérico marcado. Este fragmento se sujetó al cangilón con la estructura interna diseñada para los cangilones, manteniendo la separación entre ambos trozos (figuras 47 y 48).

En el cangilón número 9 se unieron nuevamente las fracturas que presentaban las tablas de contorno interior y exterior (pieza C), así como los astillamientos en la tabica (pieza A), por la acción de las puntillas. Idéntico tratamiento fue realizado en los cangilones números 20, 19, 17, 10, 11, 8, 6 y 5. El cangilón número 12 necesitó además volver a unir los fragmentos de la tabla lateral de entrada y salida de agua (pieza B) situada en la cara delantera de la rueda.

En el cangilón número 2 sólo fue necesario volver a unir algunos fragmentos que se encontraban fisurados en las tablas laterales de entrada y salida de agua (pieza B).

El tratamiento aplicado al grupo de cangilones formado por los números 1, 25, 24 y 23 siguió las mismas directrices que en los otros, con la particularidad y complejidad que supuso intervenir sobre éstos de forma agrupada, teniendo que desmontar todo el grupo para poder acceder al interior y a aquellas piezas que requerían un tratamiento individualizado. En este sentido, el desmontaje se realizó volviendo a dotar a cada pieza de una nomenclatura identificativa del cangilón al que pertenecía y a la posición que ocupaba dentro del mismo, incluyendo a las espigas de madera cuadrangulares que aún se mantenían en sus lugares de origen.

Se volvieron a unir las tablas de contorno interiores (pieza Ci) de los cangilones números 25 y 1, que se encontraban fracturadas por el centro, a la altura de los cortes cuadrangulares de paso de las cabezas o extremos de los



51. Secuencia de montaje del cantón nº 18 en su estructura de sustentación interna. Imagen: Pedro E. Manzano Beltrán (IAPH)

radios en su inserción con los cangilones a través de la tabica (pieza A), así como un fragmento de la misma tabla correspondiente al cantón número 25.

En la tabla de contorno exterior (pieza Ce) de los cangilones números 23 y 24 fue necesario volver a unir pequeños trozos fisurados y con una cierta deformación en los filos de las tablas, sobretodo en los huecos cuadrangulares de paso de las cabezas o extremos de los radios, así como injertar un pequeño trozo de madera en la fenda observada en la zona correspondiente al

cantón número 23 para consolidar la zona y evitar que se siguiera abriendo.

Los cangilones en los que fue necesario injertar pequeñas piezas de madera para conseguir sujetar la pieza al resto o a la estructura de sujeción interna fueron los siguientes: extremo de la traviesa exterior (pieza E) para completar el orificio de paso de la espiga de madera que lo mantenía unido al extremo del radio en el cantón número 6. Esta misma circunstancia concurrió en los dos extremos de dicha pieza en el cantón número 7,



52. Montaje de los discos centrales

además de en una de las espigas cuadrangulares de la tabica (pieza A) (figuras 49 y 50).

En los cangilones números 8, 9 y 10 se colocó una pequeña pieza de madera en una de las espigas cuadrangulares para completar el orificio de sujeción de la tabica (pieza A) al radio.

En el cangilón número 11, se colocaron pequeñas piezas de madera en los extremos de la traviesa exterior (pieza E), para completar los orificios de paso de las espigas de madera de sujeción al extremo del radio.

En el cangilón número 12 fue necesario reponer las dos espigas cuadrangulares de la tabica (pieza A) para sujetarla a los dos extremos del radio, así como los extremos de la traviesa exterior (pieza E). En el cangilón número 13, sólo fue necesario reponer las dos espigas cuadrangulares de la tabica (pieza A).

En los cangilones numerados como 17, 18, 19 y 22 fue necesario reponer pequeñas piezas de madera en las



53. Colocación de las piezas metálicas que sujetaran los radios de fibra de carbono en el disco dentado trasero



54. El disco dentado delantero con su refuerzo interno

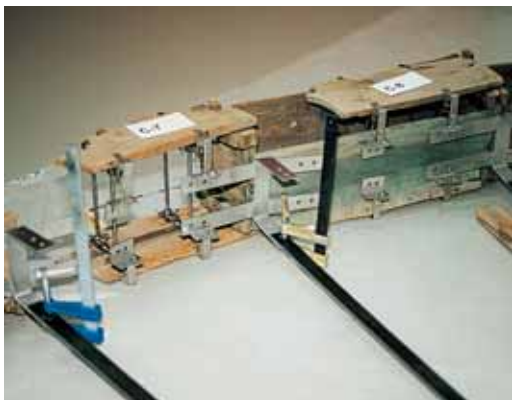
espigas cuadrangulares de la tabica (Pieza A), para completar el orificio de paso de la espiga de madera que les sujetaba a los extremos de los radios.

Para finalizar, se aplicó una fina capa de Paraloid B-72 disuelto en Tolueno al 5% para proteger superficialmente las piezas.

## Montaje y exposición

El proceso de montaje de los diversos elementos que conforman la rueda en la estructura diseñada "ex profeso" para ella fue muy laborioso y complejo. En primer lugar se montaron las piezas de madera que conformaban los cangilones en la estructura en acero inoxidable situada en su interior. Para ello, se pudo comprobar mediante diversos ensayos que la mejor forma de hacerlo, de manera genérica, era colocando en primer lugar una de las tablas laterales de entrada y salida de agua (pieza B) en su posición, con los sistemas de anclaje sin fijar y ligeramente apretados; seguidamente se llevó a





55. Inicio del montaje de la rueda



56. Finalización en el montaje horizontal de la rueda

cabo la colocación de la otra tabla de entrada y salida de agua en el lado opuesto, sujetándola de igual forma.

Previamente habíamos unido la tabica (pieza A) con los extremos de los radios, mediante el ensamble de caja y espiga que ambos elementos poseían, dejando libres y perfectamente alineados los orificios cuadrangulares de paso de la espiga de madera que los mantenía unidos, para hacer pasar por éstos un perno roscado en acero inoxidable con tuercas y arandelas en sus extremos, en métrico 4, que mantendría unido el conjunto a la estructura.

Moviendo las dos tablas laterales de entrada y salida de agua (pieza B), hicimos coincidir los dos orificios cuadrangulares que presentaban en su parte posterior con los orificios de los extremos de los radios unidos a la tabica (pieza A), fijándolos con las propias espigas de madera que poseían, en aquellos casos que éstas se conservaban completas, y con pernos roscados, tuercas y arandelas en acero inoxidable, también en métrico 4, en los

casos en los que las espigas se encontraban incompletas o habían desaparecido. Para ayudarnos en la correcta colocación de estos elementos, se fabricaron espigas de madera para introducirlas en los orificios cuadrangulares de las piezas; posteriormente fueron retirados y sustituidos por los pernos, tuercas y arandelas descritos.

La posición de estas piezas determina con bastante exactitud la forma real del cangilón, sobre todo en aquellos casos cuyos elementos no se encuentran completos. Esta circunstancia pudo ser constatada durante el desmontaje y posterior montaje de los cangilones numerados 1, 25, 24 y 23 que venían unidos desde que fueron sacados del yacimiento y que nos sirvieron de referencia y guía para volver a montar aquellos otros cangilones en peor estado de conservación. Al volver a unirlos a través de su estructura interna mediante el sistema expuesto, las piezas coincidieron con exactitud.

A continuación se colocó el travesaño de refuerzo interior de la tabla exterior de contención de agua (pieza D), sujeto en su posición por una pletina de acero inoxidable. Tan sólo quedaba colocar las tablas de contorno interior y exterior (pieza C) para tener el cangilón montado en su totalidad; el acceso que estas dos tablas ofrecía al interior del mismo, antes de colocarlas, fue aprovechado para apretar los tornillos y palometas de las piezas cuadrangulares que sustentaban a las pletinas, que a su vez sujetaban las piezas de madera en sus lugares correspondientes, definitivamente. La fijación, por último, de las tablas de contorno interior y exterior (pieza C) se realizó introduciendo la mano por el hueco que deja la tabica (pieza A) del cangilón siguiente en el extremo correspondiente a la abertura en las tablas laterales de entrada y salida de agua (pieza B) (figura 51).

En el montaje de los cangilones numerados como 1, 25, 24 y 23 fue necesario construir una estructura independiente a la que sujetar las cogidas de unión de los cangilones con los radios para mantener la curvatura que originaban en su unión y también para poder manipularlos con garantías de que no iban sufrir ningún daño durante el siguiente proceso de adaptación al resto de la estructura de sustentación.

Los discos dentados alojaban en su interior una pieza metálica circular cada uno, que servirían de apoyo y sus-



tentación a los radios, tanto de fibra de carbono como a los de madera (figuras 52, 53 y 54).

El montaje definitivo de la rueda se realizó sobre el suelo. Para ello acotamos una amplia zona de trabajo en el taller y colocamos en toda la superficie de trabajo un plástico transparente grueso sobre el que dibujamos un círculo con el mismo diámetro de la rueda, es decir 4 metros y 30 centímetros. En el centro se colocaron los dos discos dentados paralelos al suelo, posteriormente se equilibraron también con respecto a éste, con sus discos internos en acero inoxidable ya fijados y unidos por la pieza en forma de U solidaria a los discos metálicos y que pasaba por los dos grandes orificios cuadrangulares que ambos discos dentados de madera poseían en su centro y el que, por último, nos serviría para alojar el eje de bronce.

La cara vista del disco dentado se correspondía con la cara denominada “exterior” en el desmontaje que de la rueda se hizo en el Museo Provincial de Huelva, y la cara que nos quedaba debajo y apoyada sobre el suelo se correspondía con la cara “interna”. Con ello mantuvimos en todo momento la misma posición en la que se encontraba expuesta en dicho Museo.

Los primeros cangilones en ocupar su sitio fueron el grupo formado por los cuatro que se encontraban unidos en origen (1, 25, 24 y 23), así como el grupo de tres (14, 15 y 16) que también se encontraban unidos y a partir de los cuales pudimos establecer la separación entre los demás para que cada uno de ellos ocupase la posición que les correspondía, quedando equidistantes unos de otros.

A excepción de las piezas en acero inoxidable, las pletinas de fibra de carbono (50 pletinas para sustentar los radios y otras 50 pletinas más pequeñas para sujetar los cangilones a los radios) fueron colocadas con exactitud, marcados los puntos de encuentro con las piezas en acero inoxidable y taladradas para unir las mediante tuercas, tornillos y arandelas. Así pues, una vez unidos todos los cangilones mediante las pletinas de fibra de carbono, quedaron dispuestos en la posición definitiva con respecto a los discos dentados; tan sólo restaba unirlos mediante las pletinas de fibra de carbono que sujetaban a los radios (figura 55).

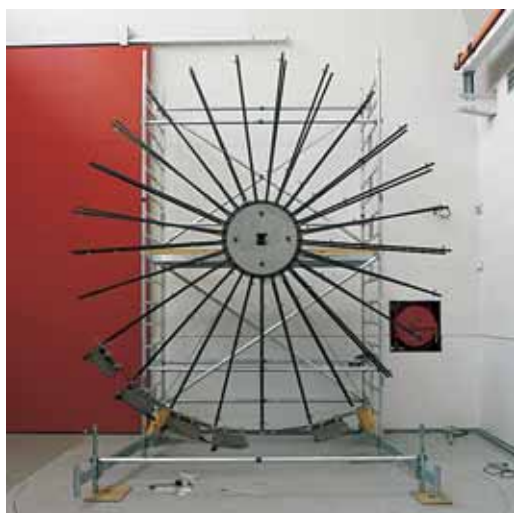
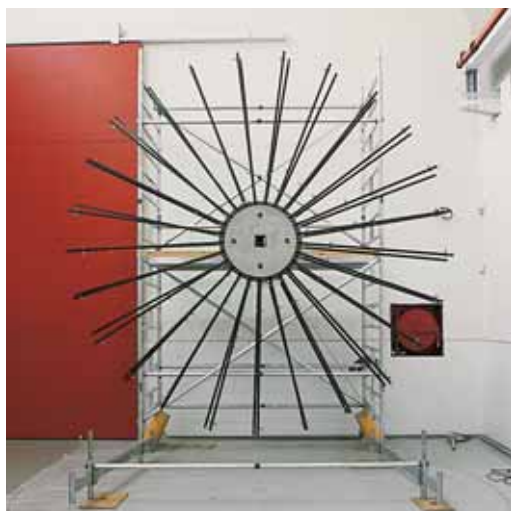
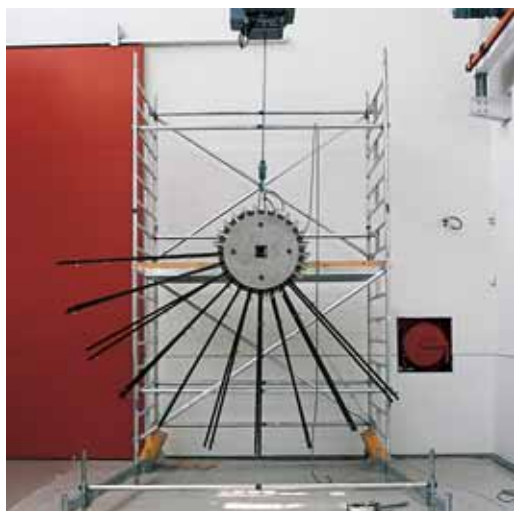
Llegados a este punto tuvimos la rueda totalmente montada sobre el suelo. A continuación se desmontó

nuevamente para ser montada en posición vertical sobre un andamio, al que se le adosó en su centro un tubo cuadrangular en acero, para que nos sirviera de eje y sobre el que sustentar toda la estructura y la rueda. En esta posición permaneció durante dos meses aproximadamente para realizar un seguimiento y control del comportamiento de la estructura y de las piezas de madera adosadas a ella. El resultado final fue totalmente satisfactorio, el equilibrio conseguido con el montaje en el suelo mantuvo al conjunto perfectamente vertical, sin deformaciones o alabes, con un aspecto sólido pero a la vez liviano y sobre todo sin que las partes vistas de la estructura restasen protagonismo a las piezas de madera adosadas a ella (figura 56).

Para el desmontaje definitivo en el IAPH y posterior embalaje y traslado al Museo Provincial de Huelva, los cangilones se agruparon formando tríos, con ello facilitamos su posterior montaje o desmontaje ya que se reduce el tiempo de trabajo y pueden ser fácilmente manipulados por dos personas (las únicas necesarias para llevarlos a cabo) ya que su peso no es excesivo; a excepción del grupo formado por 4 cangilones (1, 25, 24 y 23), que al venir en origen unidos, se les mantuvo así. Dispusimos, por tanto, de 7 grupos de 3 cangilones cada uno y 1 grupo de 4 cangilones, es decir: (2, 3 y 4) - (5, 6 y 7) - (8, 9 y 10) - (11, 12 y 13) - (14, 15 y 16) - (17, 18 y 19) - (20, 21 y 22) - (23, 24, 25 y 1).

La estructura diseñada para sustentar la rueda permite que se pueda exponer en un entorno diáfano, libre de elementos arquitectónicos (paredes, columnas, etc.) o recreaciones de su lugar de hallazgo. Las colosales dimensiones de la misma requieren un entorno amplio, bien iluminado, en donde el espectador pueda observarla desde diferentes puntos de vista. Para ello podría ser suspendida del techo mediante tirantes de acero o colocada sobre dos travesaños paralelos, al igual que era sustentada en el interior de la mina, sin más elementos que puedan distraer o confundir la visión de la misma. En torno a la rueda se han de colocar paneles explicativos o maquetas que complementen el desarrollo expositivo.

Así mismo, la estructura permite desmontar y trasladar la rueda al sitio que se requiera para que participe en exposiciones u otros eventos fuera del Museo Provincial de Huelva.



57. Secuencia de montaje en vertical de la rueda

Este tipo de colocación facilita las labores de mantenimiento de la rueda, ya que podemos acercarla un andamio para revisarla anualmente o eliminar el polvo. La sala ha de estar dotada de una temperatura y humedad relativa controladas para que los materiales que componen la rueda, la madera y los compuestos metálicos no se vean alterados.

Si tenemos en cuenta que la pieza es actualmente un material compuesto, deberemos tender a la estabilidad de los elementos más delicados, en este caso, los compuestos metálicos absorbidos por la madera, evitando igualmente la dilatación y contracción de los materiales de composición, ya que al ser de diferentes naturalezas reaccionan de formas diversas.

Podemos anotar entonces como recomendación una temperatura entre 15°C-18°C de máxima y una humedad relativa de un 40 o 45% como máximo.

La iluminación, si va a ser natural, ha de llegar filtrada a la pieza eliminando los rayos infrarrojos y suprimiendo totalmente las radiaciones ultravioleta. Se recomienda controlar los lux que reciba, en este sentido deberá estar expuesta a no más de 180 lux en servicio.

La rueda y su estructura de sustentación han de ser revisada anualmente por personal cualificado (figura 57).

## Conclusiones

Este trabajo ha supuesto la puesta en valor de una pieza singular de nuestro patrimonio histórico y ha aumentado el conocimiento que de ella teníamos, haciendo que nuestro presente se vea enriquecido por este testimonio de nuestro pasado.

La intervención realizada ha permitido nuevamente demostrar la eficacia de la metodología de trabajo multidisciplinar que el IAPH desarrolla en su seno. Es pues éste el mejor y único camino en la actualidad para conservar nuestro rico y abundante patrimonio con eficacia y garantía.

No existen referencias documentales de intervenciones sobre este tipo de obras. Este es, por tanto, el primer estudio científico y técnico que afronta decididamente la problemática única y compleja de recuperar y preservar en el tiempo una herramienta de trabajo que debió resul-

tar útil y eficaz, a tenor del cuantioso número de ruedas encontradas entre finales del siglo XIX y principios del XX, con unas dimensiones colosales pero a la vez gráciles y livianas, cuyo conocimiento y diseño nos ha asombrado por su perfección y estética constructiva.

Desafortunadamente la forma de extracción de la rueda del yacimiento así como su posterior montaje estuvieron muy alejados de respetar los valiosos restos encontrados, más bien fueron entendidos como algo anecdótico a los trabajos mineros que se venían desarrollando. Sin embargo tanto la documentación gráfica y los estudios que prestigiosos arqueólogos del momento generaron sobre el hallazgo fue detallada y cuantiosa, hecho que contrasta con el trato, carente de respeto, que recibieron las ruedas encontradas.

Afortunadamente, y a pesar de los avatares por los que ha pasado la rueda hasta nuestros días, contamos con un alto porcentaje de los elementos que la conforman, con seguridad la que en mayor medida se conserva de las ruedas existentes en el mundo.

La estrecha colaboración entre técnicos (restaurador-ingeniero-fabricante) ha conseguido depurar el diseño hasta hacerlo válido a los fines perseguidos, satisfaciendo el trabajo de cada uno. La ingeniería del diseño cumple perfectamente con los requisitos impuestos por el restaurador en el sentido de conseguir el máximo respeto hacia la rueda, haciendo que su conservación en el tiempo quede asegurada y permitiendo, al mismo tiempo, su desmontaje para futuras actuaciones o traslados. La fabricación ha sido posible también gracias al diseño simple y sencillo de las mismas, rehuendo en todo momento de complejas soluciones se han reducido los costes de fabricación.

A pesar de la imposibilidad de autosustentarse y de los numerosos daños de tipo antrópico padecidos, las propiedades físico-mecánicas de las maderas no se han visto excesivamente mermadas. Pensemos que hasta el día antes de su desmontaje en el Museo Provincial de Huelva, la rueda permanecía expuesta por sí misma, auxiliada de trozos de madera y puntillas. Esta circunstancia ha permitido una mínima intervención de restauración y consolidación de las distintas piezas que conforman la rueda gracias a que el estado de conservación de las maderas, debido a una cuidada selección y combinación de diversos tipos y a un despiece no menos cuidado junto a unas óptimas condiciones mineralógi-

cas del material que la mantenía sepultada, de temperatura y humedad relativa, ha jugado a su favor durante los mil ochocientos años que estuvo bajo tierra.

La intervención realizada a esta obra, tan particular y espectacular, ha sido todo un reto profesional pleno de satisfacciones por los resultados obtenidos, así como por el hecho de haber podido contribuir con mi trabajo, junto al de otros destacados profesionales, a conservar y transmitir nuestro legado. En ello puse todo mi esfuerzo y empeño, como hacemos a diario los que nos dedicamos vocacionalmente a la conservación y restauración de bienes muebles, por todo ello quiero agradecer al IAPH el haberme confiado esta interesante e importante intervención sobre la rueda elevadora de agua procedente del Museo Provincial de Huelva.

## Notas

<sup>1</sup> Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía a través del Departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras de la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla.

<sup>2</sup> El desmontaje de la rueda, clasificación y almacenaje de las piezas en el Museo de Huelva fue efectuado por la empresa Resser S.L.

<sup>3</sup> Extraído del informe realizado por Leonor Medina Romera del proceso de restauración llevado a cabo sobre dicha pieza, la única metálica de origen.

<sup>4</sup> Extraído del informe de la restauración del eje de bronce llevado a cabo por Leonor Medina Romera.

<sup>5</sup> Notas adicionales:

En la propuesta previa de intervención de la pieza se estimaron varias actuaciones que no fueron llevadas a cabo en base a la siguiente justificación:

- No fue necesaria la intervención de tratamiento químico.
- No fue necesaria la decoloración del objeto porque los focos aislados y superficiales detectados eran aportados esencialmente por la suciedad del contexto y fueron eliminados con los correspondientes lavados y especialmente con la acción del vapor de agua desmineralizada a presión que se aplicó con idea de eliminar todos los residuos de los poros e irregularidades de la superficie del objeto.

#No fue necesario el secado en estufa porque el tratamiento de lavado con vapor favoreció posteriormente el secado debido al calor de la superficie; en segundo lugar porque las condiciones climáticas y ambientales en los días que coincidieron con este proceso fueron secas, por lo que no se consideró representase un problema añadido a la estabilidad de la pieza. Además no se dispuso de una estufa cuyo ancho abarcase el tamaño del eje. Por último el secado de la pieza a una temperatura de 105°C podía acarrear problemas al reblandecerse el plomo externo.

- La inhibición se realizó con una disolución de BTA al 3% en etanol como es usual en todo este tipo de procesos, en este caso una diferencia de concentración entre el 1% y el 3% de este producto no fue significativo más que en el caso de crear una película ligeramente más densa en la superficie del objeto, bastante rugosa e irregular que la aísla mayormente.

## Imágenes

Todas las fotografías que aparecen en este capítulo, excepto las firmadas, han sido realizadas por Eugenio Fernández Ruiz (IAPH)

## Bibliografía

A.A.V.V (1984) *L'arte del restauro*. Milano: Editore Ulrico Hoepli

AMATO, RENZO OSCAR (1981) *Nuove tecniche di consolidamento di travi in legno*. Roma: Kappa, cop.

BALDINI, UMBERTO (1997) *Teoría de la restauración y unidad de metodología*. Volumen Primero. Madrid: Editores Nerea/Nardini

BRANDI, CESARE (1988) *Teoría de la restauración*. Madrid: Ed. Alianza Forma

BURGESS, DAVID (1990) *Chemical science and conservation*. London: MacMillan

CARRERAS RIVERY, RAQUEL (1998) *Cómo conocer la estructura de la madera: manual teórico-práctico*. Valencia: Conselleria de Cultura, Eucació i Ciència, Direcció General de Patrimoni Artístic, D.L.

COLES, J.M. (1990) *Waterlogged wood: Guidelines on the recording, sampling, conserva-*

*tion, and curation of structural wood*. London: English Heritage

GARCÍA ESTEBAN, LUIS (1996) *Maderas de coníferas: anatomía de géneros* / Luis García Esteban, Antonio Guindeo Casasús, Paloma de Palacios [Madrid] : Fundación Conde del Valle Salazar

GÓMEZ GONZÁLEZ, M<sup>a</sup> LUISA (1994) *Examen científico aplicado a la conservación de obras de arte*. Madrid: Instituto de conservación y Restauración de Bienes Culturales

GONZÁLEZ-VARAS IBÁÑEZ, IGNACIO (1999) *Conservación de bienes culturales: teoría, historia, principios y normas*. Madrid: Cátedra, D.L.

GRAUBNER, WOLFRAM (1999) *Ensamblajes en madera*. Barcelona: Ceac, D.L.

JACKSON, ALBERT (1993) *Manual completo de la madera, la carpintería y la ebanistería*. Madrid: Del Prado, D.L.

LOCTITE (1998) *Worldwide design handbook*. 2<sup>a</sup> Edición. Rev. Munich. Loctite European Group;

Connecticut: Loctite North America, cop.

LOURUSSO, SALVATORE (1995) *Le méthodologie scientifique appliquée à l'étude des biens culturels: diagnostic and evaluation technico-economique*. Salvatore Lorusso, Bruno Schippa ; traduit de l'italien par Marcel Stefanaggi. [Paris]: Erec, D.L.

MUÑOZ VIÑAS, SALVADOR (2003) *Teoría contemporánea de la restauración*. Madrid: Síntesis

PALAIÁ PÉREZ, LILIANA (1995) *Técnicas de intervención en elementos estructurales de madera*. Valencia: II Máster en Técnicas de Intervención en el Patrimonio Arquitectónico, U.P.V.

PLENDERLEITH, H. J. (1989) *The conservation of antiquities and works of art: treatment, repair, and restoration* / H. J. Plenderleith and A. E. A. Werner. — 2nd ed. repr. — Oxford : University Press

TAMPONE, GENNARO (1989) *Il restauro del legno* : [atti del 2° Congresso Nazionale Restauro del Legno, Firenze, 8-11 novembre 1989] / Firenze : Nardini, cop., 2 v.