

## REAL INGÉNIO DE LA MONEDA DE SEGOVIA

# Construcción de una rueda hidráulica prototipo

La Casa de Moneda de Segovia, también conocida como Real Ingenio de la Moneda, fue una de las más importantes fábricas de acuñar moneda de España. Fue construida entre 1583 y 1588 por mandato del rey Felipe II a orillas del río Eresma, y estuvo en funcionamiento como fábrica de moneda hasta 1869, actualmente se encuentra en fase de rehabilitación.

El Rey encargó el proyecto a su arquitecto Juan de Herrera, quien diseñó un edificio industrial específicamente concebido para realizar en él todo el proceso de acuñación, desde el control de la llegada del metal en bruto hasta el producto final, la moneda.

La nueva fábrica fue un modelo de organización interna con un proceso de fabricación en serie, precursor de las nuevas formas de producción industrial que surgirían más de doscientos años después durante la Revolución Industrial. Una de las características más relevantes, fue su elevada mecanización en el proceso de acuñación, aprovechando la energía hidráulica del río Eresma por medio de

ruedas hidráulicas que se daba movimiento a diferentes máquinas. El Real Ingenio de la Moneda está constituido por dos grupos de edificios bien diferenciados:

-Los situados en la parte superior, donde se ubicaba la fundición, los almacenes y la administración, entre otras oficinas.

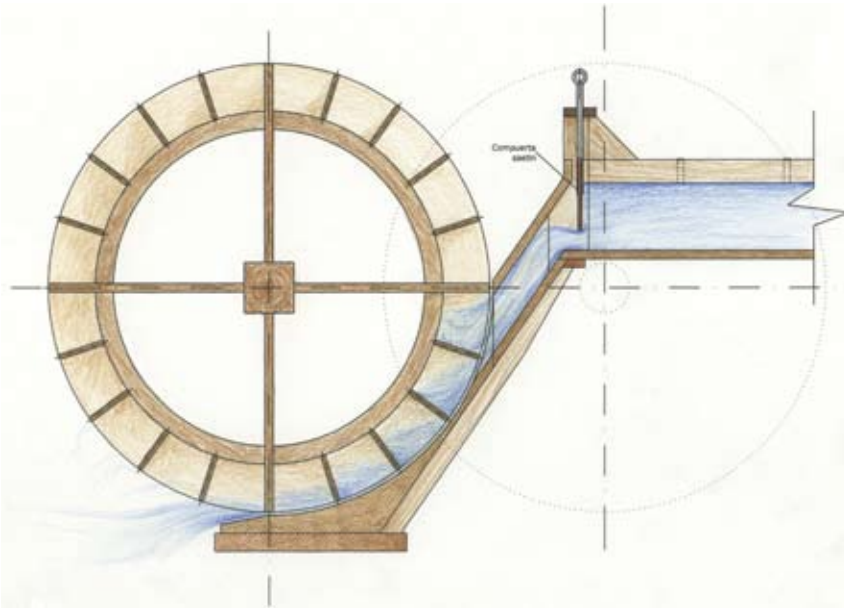
-Los situados junto al río Eresma, donde se emplazaban los ingenios movidos hidráulicamente. En esta parte el proyecto original contaba con una herrería en donde se construían partes de los útiles que servían en el proceso de acuñación de moneda. La herrería estaba compuesta por una fragua con su fuelle accionado por una pequeña rueda hidráulica, un martinete o pequeño martillo pilón también movido por el impulso del agua y un torno que como los anteriores aprovechaba la energía del agua. Seguidamente la fábrica disponía de unos «ingenios» para laminar el metal y darles el grosor adecuado antes de la acuñación y con otros «ingenios» destinados a la acuñación o estampación de la moneda. Tanto los laminadores como los acuñadores eran accio-

nados por grandes ruedas hidráulicas de 3,75 metros de diámetro. El sistema de los laminadores y acuñadores cilíndricos era una tecnología vanguardista en aquel momento. Esta nueva tecnología llegaría a España en 1585 dadas las buenas relaciones del rey Felipe II y su primo, el Archiduque Fernando de Tirol.

El transporte de estos ingenios construidos en la Casa de Moneda de Hall en el Tirol hasta España supuso todo un reto diplomático y técnico. Con ellos venían 8 expertos monederos que fueron los encargados de su puesta en marcha, además de otros acompañantes y guardas.

Actualmente no se conserva nada de las ruedas ni de la maquinaria utilizada. El reto de construir las ruedas hidráulicas, sin duda elementos importantes en la rehabilitación del conjunto, nos planteó la idea de estudiar, proyectar y construir una primera rueda experimental. La idea fue presentada a la FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO, que tiene como fines el fomento de la investigación histórica, y en especial el estudio





de la historia de las técnicas y de las ciencias, así como de las materias que con ellas pudieran estar conectadas.

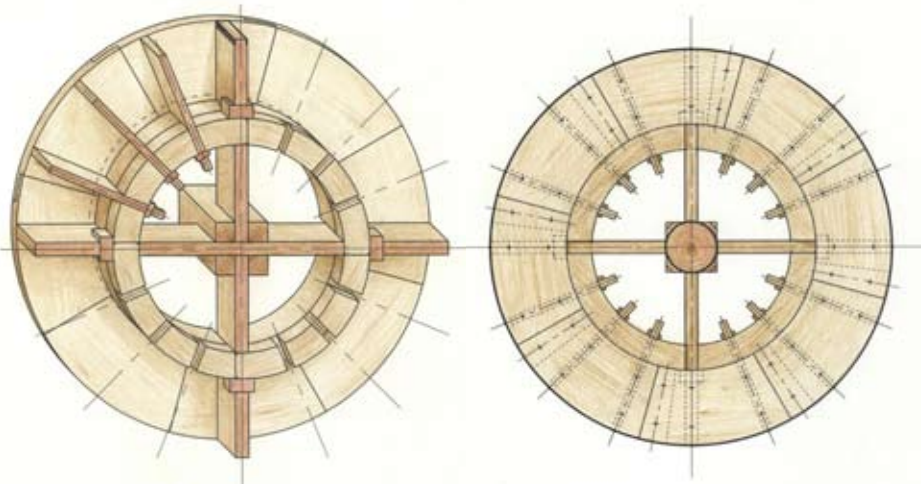
El proyecto fue muy bien acogido por esta Fundación, que decidió encargarnos el estudio histórico, el diseño constructivo y la realización material de una rueda de madera prototipo, asumiendo los gastos para seguidamente cederla a los responsables de la Casa de la Moneda.

#### DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA RUEDA HIDRÁULICA

Fuentes documentales

Se han utilizado las siguientes fuentes para obtener información de las características de las ruedas e ingenios:

- Los documentos escritos, principalmente informes y memorias redactados cuando fue necesaria la renovación o reparo de las instalaciones de Segovia. De las ruedas de nuestra ceca no se dispone de ningún plano u otro tipo de imagen que las definan pero si que contamos con los huecos en el muro por donde pasaban los árboles de las ruedas que nos





informan sobre niveles y diámetros máximos.

- Otros documentos textuales referentes a la Ceca de Cuenca, que como sabemos fue construida en 1661 tomando como modelo la de Segovia. De esta ceca sí se dispone de un magnífico plano de su planta, elaborado con gran nivel de detalle, a escala conocida y en él aparecen claramente dibujados el sistema de canales, las ruedas hidráulicas con sus saetines, los ingenios de laminar y acuñar y los de la herrería. Las características y dimensiones que se observan en él, son coincidentes con las informaciones sobre el Ingenio de Segovia, por lo que podemos considerar este plano como una buena fuente de información sobre las instalaciones segovianas.

Todas las ruedas eran de eje horizontal. Las ruedas de los laminadores y acuñadores eran de gran diámetro, 13 ½ pies castellanos (3,75 metros) y tenían 20 palas. Las ruedas de la herrería eran de menor diámetro, sobre los 8 pies castellanos (2,22 metros) la más grande y 4 pies castellanos (1,10 metros) la más pequeña y contaban con 16 palas.

Nos las describe un informe que hizo el maestro carretero para su reparación en 1770, la rueda del torno tenía «...16 alaves, su árbol con sus gorriones y aros de 9 pies de largo y 1 pie en cuadrado». Mas adelante: «El saetín por donde baja el agua a la rueda de tornear tiene de diámetro con sus cruces de un pie de tabla y cuatro dedos de grueso...».

Refiriéndose a las ruedas de los ingenios de laminar y acuñar, dice: «Las cinco ruedas eran cada una de 13 ½ pies de diámetro, con la guarnición, con sus cruces de 1 pie de tabla y cuatro dedos de

grueso, con 20 alaves cada una». Los cinco árboles eran de «...madera de alamo negro», con sus aros y gorriones y medían 22 pies de largo».

Las cinco ruedas tenían sus «...saetines por donde baja el agua a las alaves de las ruedas desde el remate de las canales», y sus «...compuertas que sirven de dar y quitar el agua a las ruedas, con sus astiles de madera de pino de 18 pies de largo cada uno, con sus pies derechos y travesaños para el gobierno y sujeción de las compuertas».

Decidimos que para la primera rueda prototipo era mejor experimentar con una de las pequeñas de la herrería. La rueda del torno, la más grande de las tres fue la elegida.

La rueda se ha construido utilizando los datos conocidos por la documentación. Sabemos que tenía 16 palas, dos cruces sujetaban su estructura al árbol, contaba con camones, el ancho era de un pie castellano y los laterales eran cerrados por gualderas.

Le hemos dado un diámetro de 2,20 metros (8 pies castellanos). La construcción la ha realizado Miguel Ángel Moreno Asenjo en su taller de Navafría, Segovia, un taller convencional en donde ha trabajado en solitario, con ayudas puntuales de un colaborador para mover y colocar piezas grandes. La elección del tipo de madera ha sido muy meditada. Las primitivas ruedas del Ingenio de la Moneda estaban construidas con madera de pino Valsain, pino albar y álamo negro (olmo). Respecto al pino Valsain no era problema encontrar las maderas necesarias, sin embargo no se encontró madera albar en las escuadrías necesarias, y el olmo, debido a la grafiosis, solo se localizó en madera vieja, muy seca y con agrietamientos que no recomendaban su utilización.

Entre los siglos XVI y XVIII los carpinteros que construyeron y repararon las ruedas hidráulicas seleccionaron las más adecuadas para las condiciones de trabajo, resistencia y durabilidad al agua, pero siempre limitados a las especies próximas y por las dificultades de transporte de otras de origen lejano. Actualmente se dispone de más posibilidades de elegir la madera más adecuada al uso destinado.

Para elegir el tipo de madera para la nueva rueda se ha tenido en cuenta que esta va estar permanentemente mojada, en un lugar sombrío y sometida a duras condiciones climáticas con fuertes heladas. Además se desea reducir los trabajos de mantenimiento y reposición de piezas en el futuro museo.

Esto nos a llevado a buscar otra madera, habiéndose elegido el Pino Melis o Pino Tea, una conífera con gran contenido de resina lo que la hace resistente al agua, con poca deformación, fácil de trabajar, clavar y atornillar, y utilizada en construcción naval, de armar, postes y traviesas de ferrocarril. Se han hecho ensayos de deformación introduciéndola en agua durante tres meses resultando una expansión en sentido transversal a la fibra del 3,5 % y longitudinal de entre 0,5% y 1,00 %.

El diseño se ha realizado con un programa de CAD. A partir de ello se han impreso las plantillas en papel a tamaño real y una vez recortadas, se han elaborado plantillas de madera contrachapada de 4 mm. Con ellas se han cortado las piezas de madera en sierra de cinta. También se dibujó la rueda a tamaño real sobre un gran tablero de madera para el montaje previo.

Este método de trabajo ha dado buenos resultados. Cuando se ha realizado el montaje del conjunto





*Camón y estructura de rueda al fondo*



*Comprobando gualderas*



*Montando las palas en taller*



*Preparando plantillas*





**DETECCION DE DAÑOS Y TRATAMIENTOS DE ESTRUCTURAS DE MADERA**

- Informes técnicos
- Cebos antitermitas
- Protección de obras de arte

**Tlf. 946155966**  
**www.tecmasa.com**

**Tecma**  
a Rentokil Company

de la rueda, las piezas han encajado unas con otras requiriendo pocos ajustes en el armado final. Sin embargo la experiencia adquirida recomienda construir la rueda sobre sí misma, es decir elaborar cada pieza con la plantilla pero seguidamente comprobarla en relación y sobre las piezas anteriores en las que se apoya y sobre las que se va montando.

La maquinaria y herramientas utilizadas han sido: sierra de cinta, cepilladora, regruesadora, tupí y torno mecánico. En cuanto a herramientas manuales, las tradicionales del carpintero, además del taladro provisto de barrenos largos, y la lijadora eléctrica. El árbol o eje de la rueda se recibió en sección cuadrada de 30 x 30 cm, sus dos extremos se han cilindrado en un gran torno mecánico para metales. Este árbol dispone de dos ejes o gorriones de hierro que se hallan introducidos en el centro del árbol 30 centímetros en caja de sección cuadrada de 7 cm. de lado. Especial dificultad ha tenido la elaboración de estos agujeros que deben ser perfectamente concéntricos para evitar la oscilación de la rueda al girar. Para la realización de la caja primero se ha taladrado un agujero circular de 7 cm. de diámetro en cada extremo del árbol, realizado con el mismo torno que el cilindrado. Seguidamente se ha pasado la sección circular a cuadrada trabajando a mano con un formón especial de 300 mm. construido a partir de una lima. El proceso se ha ido comprobando continuamente con una plantilla.

La habilidad y experiencia del artífice ha sido fundamental para conseguir que los dos agujeros opuestos, de sección cuadrada, hayan quedado perfectamente concéntricos y a la medida justa. Una vez terminada la rueda, al hacerla girar apenas se aprecia excentricidad, lo que será importante para que ajuste correctamente con el saetín del canal. Los gorriones de hierro se han introducido a presión y seguidamente se han colocado los aros de hierro o cellos que se han apretado por medio de un tornillo.

Con la hinchazón que tendrá la madera al estar permanentemente mojada se garantiza la firme sujeción de estas dos piezas de hierro.

Cada uno de los cuatro camones se ha construido con dos piezas curvas exteriores y cuatro menores entre ellas. Para unirlos se analizaron dos soluciones, el hacerlo por métodos tradicionales es decir clavos, o utilizar uno actual. En base a los criterios adoptados se ha utilizado una resina tipo epoxi resistente a la acción del agua. Se espera con esta unión un resultado más duradero y reducir gastos y problemas de mantenimiento futuro. A pesar de ello, también se han utilizado pasadores metálicos con tuercas para unir las diversas piezas. El mismo sistema y método se han utilizado para elaborar las gualderas.

Finalmente, con la rueda montada, se ha dado a todo el conjunto un fondo impregnador contra hongos y xilofagos al agua e incoloro.

El montaje o desmontaje del conjunto de la rueda es relativamente sencillo, dos personas pueden hacerlo en unas seis horas, lo que en el futuro permitirá efectuar las reparaciones y ajustes necesarios con facilidad y rapidez.

Criterios utilizados para la construcción de la rueda:

- Se han seguido fielmente las informaciones que han aportado los documentos históricos conocidos.
- En los aspectos no aclarados por los documentos, se ha optado por los modelos y la tecnología de los siglos XVI y XVII.
- Ha sido diseñada teniendo en cuenta que debe funcionar realmente, siendo capaz de mover correctamente los ingenios.
- Respetando los criterios precedentes, se ha completado el diseño a la luz de los conocimientos técnicos actuales buscando el mejor funcionamiento y rendimiento, y que precise un mantenimiento lo mas sencillo posible y una fácil sustitución de las partes que puedan deteriorarse en el futuro.
- En ningún momento se ha intentado construir una rueda que el visitante intérprete como original, sino que se ha tratado de conseguir una rueda que se aproxime lo más posible a las construidas en el siglo XVI, dejando clara constancia de ser una obra actual.

Se han encargado del estudio histórico y de la realización del diseño de la rueda José María Izaga y Jorge Miguel Soler.

El artífice que ha realizado la construcción de la rueda de madera ha sido Miguel Ángel Moreno

JORGE MIGUEL SOLER