

Ingenios de madera

La aplicación de técnicas mecánicas, se encuentra en todas las culturas y épocas, pero sobre todo durante la Edad Media y el siglo XVI. Estos ingenios aportan una carpintería donde la función prevalece sobre el diseño y el acabado, dando prioridad a la madera por sus propiedades mecánicas de resistencia, tensión, elasticidad y flexión. La reciente exposición 'Felipe II: los ingenios y las máquinas' los ha devuelto a la actualidad.

EVA HERMOSO PRIETO



La Madera

La madera fue el material más utilizado en la fabricación de ingenios. Una materia prima que por sus infinitas posibilidades de transformación produjo abusos que condujeron a la deforestación de muchos bosques. Era muy importante su forma de obtención: de una tala adecuada dependía la durabilidad y resistencia de la madera. Los documentos antiguos especificaban que no debía cortarse el árbol cuando estuviese lleno de savia y fruta, porque su madera sería débil. Se abatía preferentemente a la luna llena entre el solsticio de invierno y el equinocio de primavera, o se realizaba un corte circular hasta el duramen para destilar el jugo y una vez seco, derribarlo del todo.

Las maderas más empleadas fueron el Roble, el Castaño, la Encina, el Haya, el Fresno, el Carpe, el Manzano. Otras menos comunes fueron el Cerezo, el Peral y el Nogal.

Pero el puesto de honor lo ocupa el Roble: aunque en verde tiene una densidad similar a otras, seco produce una madera compacta por la gran contracción de sus fibras. Aunque la experiencia demostraba la conveniencia de utilizar otras especies para piezas con otros requerimientos. Por ejemplo el Roble se emplea en las piezas dentadas de gran tamaño pero en engranajes pequeños es mejor el Carpe o el Manzano. Las ruedas de carruajes se construían con Fresno, por su gran resistencia a las cargas dinámicas. Para los ingenios hidráulicos el Roble es el más adecuado, debido a que mejora su resistencia y duración con la humedad. La Encina se conserva y no se desgasta dentro del agua.

El Nogal soporta bien la presión y la torsión que producen los giros: la elasticidad de su fibra ofrece una buena recuperación y su estructura compacta evita el desmoché de las aristas en las tuercas. En condiciones de humedad, su fibra se deforma escasamente y tampoco dificulta el giro dentro de las tuercas.

Ensamblajes y uniones

Todos los ingenios buscaban facilitar el trabajo, disminuyendo las fuerzas aplicadas. Eran desmontables y favorecían la intercambiabilidad de las piezas,

sin afectar a la robustez de la estructura. Los acoplamientos carecían de clavazones y sujeciones rígidas, empleándose sólo clavijas de madera, ensamblables de caja y espiga y encajes a presión con cuñas.

Carpintería mecánica o de lo prieto

El término “de lo prieto” define las técnicas de presión para conseguir movimientos solidarios derivados de las fuerzas motrices aplicadas.

Prensas

Se utilizaban en procesos de elaboración de vinos y sidras. Su característica fundamental era la aplicación del husillo o tórculo, de madera, que ejerce presión continua o discontinua. Esta presión puede ser directa sobre el pie o la pulpa o indirecta desde puntos alejados del pie, a través de órganos intermedios.

Las prensas de presión directa eran simples y las indirectas complejas; se han encontrado ingenios con vigas de hasta 15 metros.

Ambas precisaban un huso muy resistente de madera dura, con fibras flexibles, de alta densidad y suficientemente rígida para resistir las frecuentes sacudidas y desplazamientos. La madera más indicada era el Nogal.

Por las posibles holguras producidas en la tuerca por el husillo, se trasladaba ésta a un órgano receptor exterior, de madera, sobre la viga que inicialmente albergaba la tuerca. El uso de esta técnica permitía cambiar fácilmente la pieza.

Se evitaba la colocación de clavos en el mecanismo, por razones de limpieza (el agua dilata la madera) y para evitar elementos

rígidos que impidieran su juego. El agua por otra parte tenía un efecto beneficioso sobre el mecanismo, porque al hincharse las maderas, comprimían entre sí las piezas, impidiendo la pérdida de producto por sus holguras. La ausencia de clavos evitaba la formación de sales dañinas y la corrosión en el metal producida por el mosto.

Molinos Hidráulicos

Para derivar agua a los molinos se construían *azudes* (una estructura canalizadora del agua hasta la rueda del molino), que se disponían oblicuos al río por motivos constructivos. Los azudes solían ser de piedra pero también podían ser más económicos con estructura de madera y ramaje. Lo construían los carpinteros o *fusteros* y los denominaban *azudes de selva*.

Tahonas o Molinos Harineros

Existen molinos de rueda vertical (rueda de carro) u horizontal (rodezno).

Los más famosos en España fueron los rodezno de agua, compuestos por una serie de *álabes*, a modo de turbina, que transformaban en fuerza motriz rotativa la energía cinética del agua. Además, eran los de construcción más sencilla ya que funcionaban sin engranajes e incluso con poca agua si se les incorporaban cubos de acumulación de agua a presión.

Una modalidad especial era el *molino de canal* donde una balsa acumulaba agua para luego repartirla entre varias rampas, que a su vez la conducían hasta los rodezno. Otros eran los *molinos de regolfo*, gran novedad del siglo XVI: el rodezno giraba en el interior de una cámara de piedra llamada “cubete” y es un antecedente de las actuales turbinas de presión. Una muela accionada por este tipo de rodets, podía duplicar la molienda habitual, con el inconveniente de su complejidad

por el tallado de una pieza única y requerir grandes cantidades de agua.

También se empleaban molinos de rodezno accionados por mareas, que utilizaban grandes caudales en tiempos cortos.

Los molinos de rueda vertical, muy frecuentes, se colocaban en ríos caudalosos y se denominaban *aveñas*. También los había accionados por energía de sangre, consistentes en un manubrio receptor de energía, un mecanismo de transmisión de rueda dentada y linterna (tambor de barras entre las cuales se incrustan los resaltes de la rueda dentada, para transmitir e invertir el movimiento) cuyo eje da movimiento a la muela.

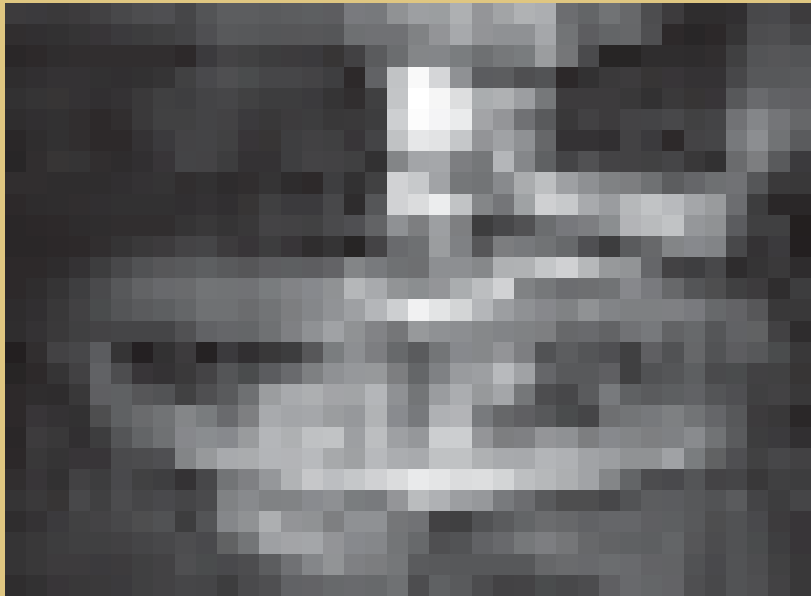
Este último suplía al de rodezno en lugares faltos de corrientes de agua, o como auxiliar del molino de rodezno para preparar granos vastos antes de su paso a muelas de tallado fino.

Los molinos harineros de eje vertical, hacían girar la muela superior, apoyando su parte inferior en el “gorrón” o clavo de acero y rematado en su parte superior por una barra metálica empotrada en la madera. La *tabona* o tolva recibía el grano que alimentaba el molino.

Las *almazaras* utilizaban un sistema muy similar: se tritura la aceituna entre una muela-solera fija y otra móvil, cilíndrica, que gira sobre ella. También podían moverse por rodezno o aceñas; más empleadas las segundas, sobre todo con cangilones, que aprovechan mejor el agua disponible, tienen mayor rendimiento y es lenta, adaptándose así mejor a las condiciones de molienda.

Sierras Hidráulicas

La primera serrería conocida producía movimientos alternativos de la hoja de sierra dentro de unos raíles mediante un sistema de levas situadas en el eje de la rueda hidráulica vertical, combinada con una vara, funcionando a modo de resorte que recupera la



Rueda de maniobra, todavía en uso, que produce una presión de 1 Tn/cm²

posición inicial.

A partir de este sistema básico se desarrollaron diversos tipos de cigüeñales y ruedas dentadas. Fueron famosas las sierras de Trillo, movidas por el río Cifuentes, que contaban con un dispositivo para cortar y otro para hacer avanzar los troncos. También la de Aranjuez cortaba troncos llegados desde los pinares de Cuenca por el río Tajo. Las sierras se especializaron en dos líneas, una accionada por una aceña que cortaba los costeros y otra sierra múltiple que obtenía los tablones, accionada también con otra rueda vertical independiente de la anterior.

Batanes

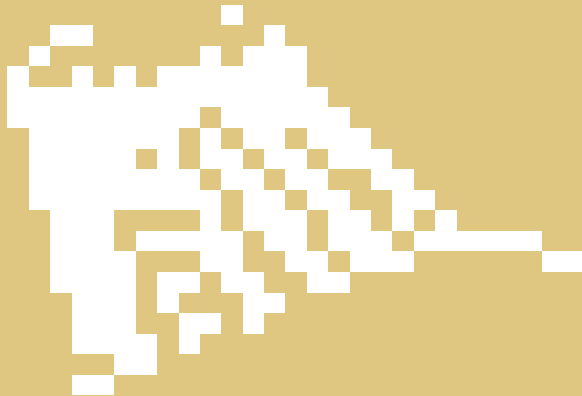
Para facilitar el hilado de los paños se añadía aceite, siendo necesario eliminarlo posteriormente a base de golpes. Para ello se usaba una aceña movida por agua llegada a través de un sistema de canalización. Junto a una mayor racionalización de la energía se obtenía la fuerza precisa, al choque de la corriente sobre las paletas de la rueda.

En el eje de la rueda se colocaban unas levas de madera que desplazaban alternativamente los mazos, también de madera, que se dejan caer sobre los paños. El movimiento de los mazos descansaba sobre una especie de cojinete trabado y acoplado en las vigas superiores, permitiendo su fácil reemplazamiento sin afectar a la estructura de los mangos.

Ferrerías y Mazos

A partir del siglo XVI se abandonan las ferrerías movidas a mano, y los fuelles y mazos se mueven por ruedas hidráulicas verticales. Requerían un azud para canalizar el agua hacia las paletas o cangilones de la rueda.

Los mazos de forja eran accionados por unas levas empotradas fuertemente en el eje de la rueda motriz. Cuando la cabeza del mazo era pesada, se colocaban



Arriba azudes de contención y canalización de aguas, tal como se construían en el siglo XVI y como se siguen haciendo actualmente. (foto cortesía de Le Journal du Bois)



Molino harinero vertical

pocas levas, pero de golpes contundentes. Para forjar piezas más delicadas, el número de levas se aumentaba y el mazo se aligeraba, con ritmos de 60-120 golpes por minuto.

Era fundamental considerar los movimientos de la madera para aplicarlas de forma que se lograra un cuerpo compacto capaz de resistir movimientos continuados y fuertes, vibraciones, tensiones e impactos. Normalmente se almacenaba agua en grandes depósitos de madera, para obtener la energía necesaria.

Los fuelles o *barquineras* se accionaban con un sistema de levas en el eje de la rueda pero llevaban además un contrapeso que facilitaba el llenado de aire.

Un sistema especial consistía en instalar en el eje de la aceña una barra acodada, unida por su extremo superior a una barra horizontal, de modo que la transición del movimiento produce su desplazamiento alternativo el cual a su vez mueve los fuelles. Con el tiempo se incorporó en las ferrierías una *trompa de soplar* como la que se conserva actualmente en la ferretería de Compludo, León. Su funcionamiento se basa en el teorema de Bernouilli; al disminuir la sección baja la presión, produciéndose la aspiración de aire que, mediante una espita, permitía su salida o no sobre la fragua.

El sistema de ruedas hidráulicas también fue utilizado en las fanderías, donde se transformaba el hierro bruto de la forja en chapas delgadas de gran longitud, usando para ello unos cilindros que aplastaban al hierro o lo cortaban en tiras.

Molinos Papeleros

En la época de Felipe II tuvo mucha importancia el molino de papel del Monasterio del Paular (Rascafría).

La fabricación comenzaba por la recogida de trapos de lino o algodón que se separaban por

colores y calidad. Tras trocearlos, pasaban a un torno sacudidor para eliminar el polvo. Se introducían en un depósito con agua llamado “pudridero” durante una o dos semanas, donde se maceraban y blanqueaban con cal o cenizas.

Posteriormente se llevaban a tinas de trituración desgarrándose con grandes mazos de madera provistos de clavos y accionados mediante ruedas hidráulicas, produciendo una masa gruesa. Aún se les sometía a una molienda más, con mazos que convertían la masa en una pasta fina y homogénea.

Las hojas se obtenían una a una, tomando la pasta con una malla metálica denominada “forma”.

Para eliminar el exceso de agua se introducían las hojas, entre capas de lana, en una prensa de madera, y para impermeabilizarlas, en una caldera con cola.

El satinado del papel seco, se hacía con un gran mazo movido por una rueda hidráulica, que eliminaba las irregularidades.

Molinos de Pólvora y Almadenetas

La fabricación de pólvora por la vía seca hacía muy peligroso el uso de mecanismos, debido al riesgo de chispas y explosiones. La vida de la pólvora era muy corta por lo difícil que resultaba aislarla de la humedad.

Al desarrollar un procedimiento por vía húmeda, se introdujo el método mecánico, consistente en batir durante horas la mezcla con unos mazos llamados “calvas”.

Éstos estaban movidos por ruedas hidráulicas, que incorporaban levas en su eje, produciendo una masa espesa y homogénea que luego se cribaba y secaba.

Para su construcción se empleaba principalmente madera de Encina. Basándose en el procedimiento anterior, se proyectaron molinos de pólvora en ríos de diversas provincias con una estructura mayor para aumentar la producción. Para ello las levas no se

situaban directamente en la rueda hidráulica, sino en otras dos receptoras del movimiento de ésta, duplicando las líneas de producción a partir del mismo mecanismo. Al colocar una rueda hidráulica a ambos lados del río, las líneas podían duplicarse de nuevo.

Los molinos de almadenetas se utilizaban para reducir el mineral a tamaño pequeño con potentes ruedas hidráulicas verticales con levas en su eje, las cuales elevaban unas garras o almadenetas de hierro que dejaban caer sobre el mineral situado debajo.

A diferencia de las anteriores las ruedas solían ser de cangilones.

Acuñaación de moneda

En el siglo XVI se necesitaba la acuñación rápida de monedas para estabilizar la economía. Se imitó el modelo alemán de aceñas que accionaban laminadores que producían una plancha metálica sobre la que se acuña el haz y el envés a ravés de dos cilindros.

Los recortes sobrantes se fundían de nuevo para reciclado.

La fábrica en Segovia en el río Eresma, obra de Juan de Herrera funcionó hasta 1861.

Ingenios elevadores de Agua

Juanelo Turriano, un ingeniero italiano, recibió de Felipe II el encargo de construir una máquina que hiciese llegar el agua desde el Tajo hasta el pie del Alcázar de Toledo, con un desnivel de 90 metros, para su posterior distribución en la ciudad.

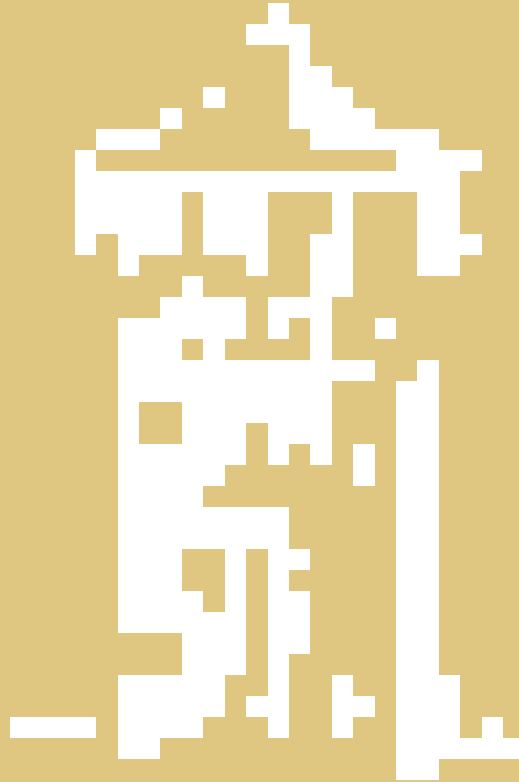
Se requerían 400 cargas de agua cada 24 horas, es decir unos 12.400 litros diarios.

La subida del agua en tuberías de presión era arriesgada porque podían reventar, razón por la que el proyecto se acometió desde el punto de vista mecánico, subiendo el agua a la presión atmosférica. Mediante un azud se conducía el agua a dos aceñas de paletas; una de 42 cangilones subía las

MAQUINAS



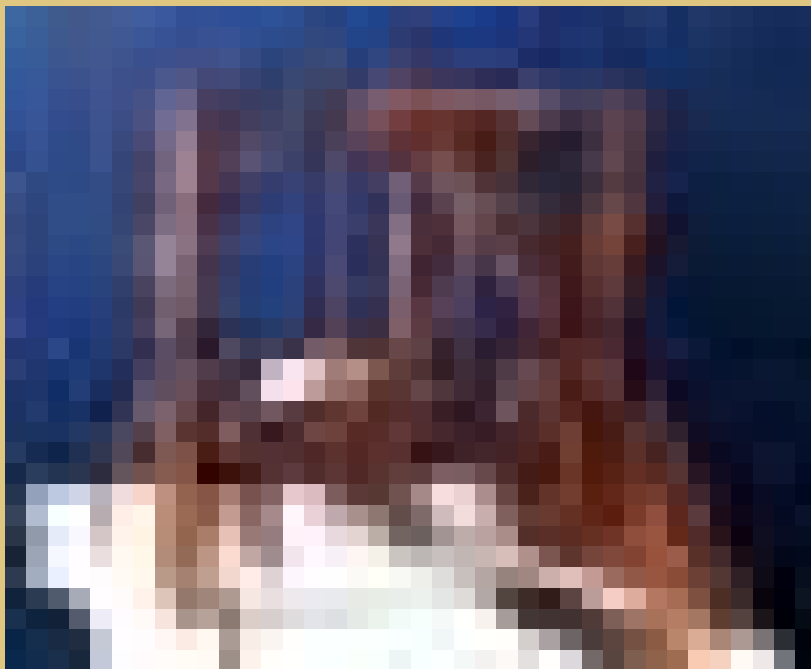
Ferrería de Compludo



*Molino de viento de finales del siglo XVI.
Fausto Veranzio. Biblioteca Nacional.
Madrid*



*Carro transportando un
bloque de piedra*



Maqueta de un batán de paños realizada por Guillermo Garjo para la exposición 'Felipe II: los ingenios y las máquinas'.

aguas 14 metros hasta un depósito intermedio. De cada cangilón salía un tubo acodado que actuaba como sifón para facilitar la salida del aire cuando entraba en el agua. La segunda rueda movía, a través de unos tirantes de madera, otras torres formadas por cucharones de latón que vertían el agua de uno a otro gracias a movimientos alternativos. Los caños de los cucharones estaban colocados a modo de tijera de tal forma que el final del caño contactase con el cucharón del siguiente, superpuesto; así el primer cucharón que toma, al bajar, agua, al subir la vierte por su caño al segundo cucharón donde desemboca. De esta forma iba subiéndose el agua sucesivamente.

Esta disposición permitía adaptarse a las irregularidades del terreno, colocándose las torres según la topografía, subiéndose el agua desde 14 metros hasta los 90. Se instalaron alrededor de 24 torres con ruedas y linternas transmisoras del movimiento, cada una con unos 8 cucharones, y un recorrido de 300 metros.

Cócleas

Este ingenio permitía subir agua en pequeños desniveles a través de un canal sin fin, practicado en un tronco de madera, de forma que su giro provocara la subida del agua hasta un depósito superior; desde éste se volvía a coger agua con otro cilindro de Arquímedes y así sucesivamente hasta la altura necesaria.

El movimiento giratorio del cilindro llegaba a través de un complicado mecanismo de engranajes, cigüeñales y linternas, invirtiendo el giro con ruedas de clavijas que a su vez transmitían el movimiento a una rueda solidaria al eje del tronco que subía el agua, haciéndolo girar. Funcionaban con dificultad cuando el eje de inclinación superaba los 30°.

MAQUINAS

Carros

Para el transporte de mercancías, los vehículos más utilizados han sido las carretas y los carros, siendo estos últimos de mayor capacidad de carga. Ambos tenían las ruedas ferradas con el fin de agarrarse mejor al terreno, pero dañaban más los pavimentos de los caminos.

No contaban con ningún tipo de suspensión, por eso la parte de ejecución más delicada eran las ruedas, realizadas generalmente en Encina o Carrasca, para resistir los empujes laterales perpendiculares al plano de rodadura.

Los carpinteros eran los mismos de las ruedas de las máquinas industriales, rodeznos, aceñas y batanes.

Carpintería de armar

Puentes

Durante la Edad Media eran frecuentes los *puentes flotantes* formados con barcas ancladas entre sí sobre las que se tendían tableros de madera. Se realizaban en lugares difíciles por la importancia del río o por la falta de consistencia de los terrenos.

Un famoso puente flotante fue el que unía Sevilla con Triana que permaneció en uso hasta el siglo XIX. Debido a su poca durabilidad, han quedado muy pocos, ya que fueron arrastrados por las riadas y sustituidos por otros de cantería. Algunos como el puente Real de Valencia, han mantenido el antiguo nombre. Otro puente notable fue el de la Alhóndiga de Aranjuez de diez tramos de 30 pies de luz. Se perdió en 1569 pero fue reconstruido utilizando para las cimentaciones una potente máquina de hinca que clavaba los pilotes de cinco en cinco. Cada pila se cimentaba sobre cuatro pares de pilotes, más uno suple-

Martinete para clavar pilotes

Ingenio escalonado para subir agua del río Tajo al Alcázar de Toledo. 1561

Noria

Cóclea (o Tornillo de Arquímedes)

mentario como tajar, y un tablero. Éste, formado por vigas de madera apoyadas en los extremos de los voladizos que se asientan sobre las pilas, tenía en los estribos una cimentación directa.

También se conoce un proyecto de un puente de madera cubierto, de 1575, que unía el Palacio del Alcázar de Madrid con la Casa de Campo, cruzando el Manzanares. Constaba de tres vanos de luces iguales, con arcos y pilas de madera.

Otra tipología interesante es la de los puentes colgantes, especialmente contruidos en las zonas Andinas de América. Constaban de gruesas sogas que podían llegar a tener dos palmos de diámetro que se clavaban en unos estribos. Carecían de tablero rígido y estaban contruidos por cinco maromas vegetales, asentándose el piso del puente sobre tres de ellas, formado por tablas o tallos de flor de pita. Las otras dos sogas, dispuestas a una altura superior, soportaban el peso y actuaban de pasamanos. Se completaba con tirantes laterales para evitar el movimiento fuertes de vientos.

En España fueron imitados pero se dejaron de construir por la poca resistencia de las sogas vegetales y porque no entraban los carros, pero se transformaron en puentes colgantes con cadenas de *eslabones de madera*.

La construcción tenía la misma base, pero se utilizaban cadenas, tres que constituían el piso y dos que soportaban el peso y servían de pasamanos. Eran mucho más duraderos que los de sogas y la construcción de las cadenas era fácil de realizar ya que contaban con las buenas maderas americanas de gran durabilidad.

Ingenios para la construcción de puentes
Para la cimentación de los puentes se preparaba una *ataguía*, o recinto cerrado de estacas o pilotes que aislaba el terreno de cimentación,

siempre que no se podía desviar el río con un azud.

Las estacas o pilotes requerían una perfecta unión entre ellos para asegurar la impermeabilidad. Otras veces se formaba un recinto doble de pilotes con un espacio interior que posteriormente se rellenaba con tierra arcillosa y compactada con pistones. Este procedimiento suponía mayor gasto de madera, pero permitía no tener que mecanizar las estacas con precisión.

Los pilotes podían ser de sección circular, difíciles de hincar sin desviaciones, o formados con piezas separadas y ranuradas que se cuajaban con tablones horizontales.

Para clavar las estacas de la ataguía se empleaban martinetes de hínca, un mecanismo que tenía una torre de madera con guías para asegurar el impacto de la maza. La maza se elevaba con tracción humana. Los martinetes podían instalarse sobre barcazas planas.

Una vez terminada la ataguía, se procedía a su vaciado interior con grandes ruedas de pisar a tracción humana, *cócleas* o *tornillos de Arquímedes* cuando no existía mucha profundidad, o con bombas de encañados si el agua no era fangosa.

Después se eliminaban los fangos del fondo, se clavaban pilotes de madera hasta el rechazo y sobre ellos, se construían la *cepa*, emparillado de maderas longitudinales y transversales, sobre la que se asentaba el pilar o estribo del puente.

El Arco

Las bóvedas de un puente se hacían de una en una, aprovechando la misma cimbra cuando tenían arcos iguales. Cuando el puente tenía un arco central grande, éste era el último en construirse, porque los laterales soportaban los empujes de éste. Los carpinteros montaban las cimbras apoyadas en ménsulas de piedra llamadas *canes*. Su ancho era

inferior a la bóveda del puente, realizándose en varias fases, desde los laterales hacia el centro y simétricamente.

El viento lateral constituía un peligro sobre la cimbra, porque podía derribarla. Para evitarlo se arriostraba con gruesas maromas de cáñamo.

La superficie de contacto de la cimbra con las dovelas se formaba con medios troncos que presentan la cara curva y para facilitar el asiento se vertía una capa de yeso.

Las Grúas

Las grúas se introdujeron para facilitar la movilidad de los materiales en obra.

Juan de Herrera proyectó una grúa que fue ampliamente utilizada en la construcción de El Escorial, donde las piezas llegaban ya talladas y listas para colocar. Estaba formada por dos ruedas de pisar, con un eje central vertical alrededor del cual podía girar la larga pluma de madera y orientarla convenientemente. Eran movidas por uno o más hombres y permitían levantar pesos elevados con poco esfuerzo. Las dos ruedas permitían la sustitución de uno de los operarios, sin perder el control de la máquina.

Los materiales se sujetaban con tenazas de hierro, garfios o la *bolivela*, formado por tres pinzas de hierro que dejaban el objeto en el hueco interior sin dañarlo.

Carpintería naval

Los astilleros se ubicaban próximos a bosques de buena madera como el Roble, como la costa cantábrica; otras eran más abundantes en pino, madera adecuada para galeras, pero no para embarcaciones que hacían viajes a ultramar.

Para no esquilmar los robledales

del Cantábrico, en 1563 se ordenó realizar plantaciones en una franja costera de dos leguas de anchura. Cuando durante el siglo XVI comenzaron a construirse naves de gran tamaño, como los galeones, se pasó de la construcción bajo cubierta al aire libre. Los astilleros se formaban con gradas cimentadas sobre arenales con pilotes de madera sobre la que se instalaba una plataforma de madera, adecuada para botar el barco. Sobre esta grada se preparaba en primer lugar la quilla, rematada en curva hacia la proa y la popa. Después se montaban las vértebras del barco, clavando al final las tablas que cierran el casco. Se impermeabilizaban las juntas con brea y estopa, quedando la colocación de los palos, castillos y carpintería interior con el barco botado. Los puertos importantes también contaban con grúas de pluma accionada por hombres en una rueda de gran diámetro. Los *carpinteros de ribera* tenían también a su cargo las reparaciones de las maderas dañadas, lo que se realizaba acostando el barco sobre el arenal primero de un lado y luego de otro.

Carpintería militar

Estas armas pesadas se construían generalmente 'in situ'. Se empleaba sobre todo el Roble para la carpintería de armar mientras el Castaño se usaba en la zapata que contactaba con el suelo. Las clavijas (no se empleaban clavos) eran de Fresno o de Acacia (que se introduce más tarde). El Tejo y el Boj, materiales muy resistentes, se emplean para piezas sometidas a esfuerzos muy intensos, como los ejes. El sistema de medida para las dimensiones de secciones era el duodecimal. Para medir se utiliza el compás, la

escuadra y el nivel. Para trabajar la madera se usaba la azuela y las sierras de fendar o tronzar. Los agujeros se realizaban con taladros manuales, y las entalladuras con formón. Era raro reforzar los ensambles con herrajes a causa de su elevado precio. Se hacían sobre todo ensambles de cola de milano o con llaves de madera, cuñas y pasadores. Las colas y las ligaduras con cordaje completaban el refuerzo. Los señores de la guerra de la época, las utilizaban, por una parte, como lanzaderas de toda suerte de proyectiles y para el asalto con ingenios que permitían aproximarse a las defensas enemigas. Las armas lanzaderas comprendían ingenios de resorte y de contrapeso. Los primeros son esencialmente ballestas de gran calibre, capaces de enviar los venablos o jabalinas hasta 300 m con tal fuerza que permitían atravesar fácilmente varios hombres de un solo golpe. Para tensar el arco, el arquero disponía de un torno de trinquete. Las máquinas más perfectas se componían de varios arcos sobre el mismo puesto o de un arco que disparaba diferentes flechas a la vez. Estas flechas a menudo eran incendiarías para hacer arder los matacanes de madera que remataban las torres de los castillos. Hasta el siglo XV los arcos de estas ballestas se componían ensamblando maderas diferentes lo que aumentaba la potencia del disparador o gatillo; la cuerda se realizaba a base de materias animales, nervios o tendones. Pero en el tiempo húmedo, estos materiales perdían mucha eficacia. Fueron entonces reemplazados por hierro. Podían llegar hasta los 2 cm de espesor y se precisaba la fuerza de dos hombres para accionar la máquina. Los ingenios de contrapeso son más variados: hondas, percutores, maganeles o almajeneques (máquinas que servían para batir

murallas), etc. Su principio es simple: el ingenio se forma con un balancín; en un extremo existe un bolso destinado a mantener el proyectil y en el otro, un contrapeso importante que hace bascular bruscamente el balancín que lanza el proyectil. Para que fueran eficaces era precisa una ligereza compatible con una resistencia que prolongara la fuerza cinética del contrapeso. Para aumentar el efecto, el proyectil se coloca en un bolsillo de cuero en la punta de una sólida correa doble de cuero. En el momento del disparo, el bolsillo al tope de su cuerda describe un gran arco de círculo que envía la bala bastante alto. Hacía falta ajustar finalmente un sistema de desenganche de las correas en el momento preciso en el que la bala llega al cénit de su recorrido.

Balas de 100 kilos

El maganel es como una honda accionada con un contrapeso fijado a un balancín. Como ese contrapeso es de varias toneladas, para armar el ingenio se precisaba un trinquete accionado por 'rodillos de sangre'. A pesar de lo rústico del sistema el maganel era capaz de enviar balas de 100-150 kg a 150 metros. Su mayor inconveniente era la complejidad de la carga que limitaba su eficacia a 2 tiros a la hora así como las piedras encerradas en la hucha de contrapeso. El trabuco que evoca en su forma las balanzas de la época elimina este inconveniente porque su contrapeso es móvil alrededor de un eje. Es de una precisión increíble: coloca las balas de 50-100 kg en el centro de una diana a 200 metros. Destinado a destruir murallas necesitaba 10 hombres para accionarla y disparaba 2 balas a la hora. Existía un trabuco con dos contrapesos pequeños, lo que simplificaba su construcción y transporte; menos preciso que el trabuco podía disparar en cambio 10 balas de 50 kg a la hora a una distancia de 180 metros.

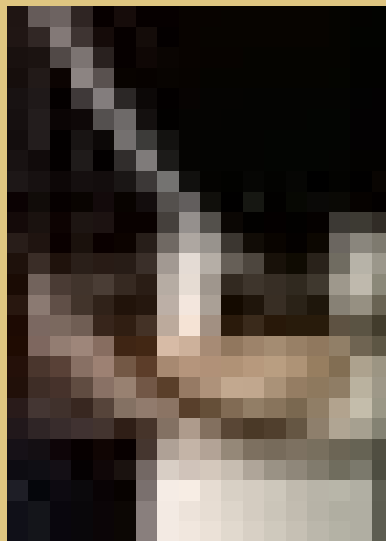


MAQUINAS

MAQUINAS



Ataguía



Puente colgante de eslabones de madera

Cimbra de puente



Máquina de guerra

Torres de asalto

Permitían gracias a una escala interior la subida vertiginosa de una tropilla de asaltantes hasta la altura de las troneras enemigas, a menudo a 20-30 metros de altura. Los soldados que llegaban arriba se encontraban protegidos por un techo y una puerta basculante. En el momento elegido podían bascular por encima de la fortificación y saltar a la plaza. Mientras tanto, más abajo, se intentaba desfondar el graderío y las hojas de las puertas con un ariete, normalmente grande y montado sobre un carro de guerra. Acorazado y montado sobre numerosas ruedas, era empujado por decenas de hombres tanto desde el exterior como el interior del ingenio, hacia las aberturas para resquebrajarlas y colarse en la plaza. Otros asaltantes se colocaban en una especie de plataforma sobre ruedas, que incluía una naveta soportada por un brazo articulado. Un torno podía elevar esta naveta por encima de las murallas enemigas, con ventaja táctica importante. Los hombres del tonelón podían así atacar directamente a los defensores.

Mientras tanto, pequeños grupos de 3 ó 4 infantes se aproximaban a la fortaleza protegiéndose de los tiros con pequeñas empalizadas rodantes. Estos escudos estaban taladrados y fendados para disparar flechas ■

BIBLIOGRAFÍA:

FELIPE II: LOS INGENIOS Y LAS MÁQUINAS (1998). CATÁLOGO. SOCIEDAD ESTATAL PARA LA CONMEMORACIÓN DE LOS CENTENARIOS DE FELIPE II Y CARLOS V.
INGENIOS DE MADERA (1991). CAJA DE AHORROS DE ASTURIAS Y MAPA.
LE JOURNAL DU BOIS N° 28 (1995) 'LES ÉTONNANTES MACHINES DE GUERRE DU MOYEN ÂGE' DE MARC HUNZIKER, QUE RESUME EL LIBRO «LES MACHINES DE SIÈGE AU MOYEN ÂGE» QUE SE PUEDE SOLICITAR EN LA SIGUIENTE DIRECCIÓN RENAUD BEFFEYTE, ROUTE DE FONGRAVE, 47260 CASTELMORON-SUR-LOT (FRANCIA). VIDEO DISPONIBLE EN HÉLÈNE CUVÉLIER, 160 RUE DE BELLEVILLE, 750202 PARIS.
LE JOURNAL DU BOIS N° 27 (1995) 'UN PRESSOIR DU MOYEN ÂGE' DE MARC HUNZIKER