MECHANE

Hombres, Máquinas y Grandes Piedras.

HOMBRES, MÁQUINAS Y GRANDES PIEDRAS.

Disponiendo apenas de la fuerza muscular como única fuerza motriz, el Hombre muy pronto tomó conciencia de sus limitaciones siempre que intentaba transportar cualquier objeto de peso apreciable.

MECHANE - Hombres, Máquinas y Grandes Piedras nos revela el ingenio y la astucia usados por el Hombre, desde el neolítico hasta la era pre-industrial, para sobrepasar los desafíos inherentes al transporte y montaje de las Grandes Piedras utilizadas en sus construcciones.

En un ambiente dominado por la fuerza de la gravedad y por el rozamiento, disponiendo solo de materiales con una resistencia limitada, fascinado por la idea de erigir construcciones cuya grandeza pudiese despertar el respeto de sus semejantes y la benevolencia de sus dioses, extrañamente atraído por el desafío de transportar y exhibir Grandes Piedras, el Hombre halló en la técnica, ella misma sinónimo de astucia y maña, la respuesta a los problemas que encontró.

De acuerdo con la mitología griega, los dioses encargaron a Prometeo y Epimeteo de distribuir equitativamente las facultades naturales entre las estirpes mortales, antes de que estas vieran la luz. Debido a que Epimeteo no fue lo suficientemente hábil en la tarea, distribuyeron las facultades naturales entre los seres irracionales, dejando al género humano, desnudo, sin abrigo y sin armas.

Llegado el día en que el Hombre también debía ver la luz, Prometeo, que llegaba para verificar la distribución, al comprobar que no quedaban más facultades naturales que pudiesen ser entregadas al Hombre, decidiría robar el saber técnico y el fuego a Hefaistos y a Atenea, dándoselos al Hombre, permitiendo así que este practicara las artes. El Hombre pasó a disponer de esta manera de la capacidad de imaginar mecanismos – que los griegos denominaban ***mechanai***, pudiendo así crear las máquinas.

La utilización de dispositivos mecánicos multiplicadores de fuerza, capaces de auxiliar al Hombre en la realización de sus tareas, aportaba al mundo la utilización de la máquina, primero en sus formas más simples como el plano inclinado y la palanca, y después en un crescendo de complejidad como resultado de la combinación de estas dos formas básicas.

Las artes y las técnicas: la ***techné*** griega, el ***ars*** romana, o más tarde los ***ingenia***, emergen así como expresiones de la voluntad de la Humanidad en diferentes épocas, para imponerse a la Naturaleza a través de su ingenio.

Las Grandes Piedras pudieron así ser recogidas del paisaje o extraídas de las canteras, desbastándolas para darles la forma deseada, transportadas hasta los lugares seleccionados y erigidas para ser finalmente admiradas por las generaciones sucesivas, muchas veces incrédulas sobre si efectivamente habría sido posible realizar tales proezas.

La exposición **Mechane – Hombres, Máquinas y Grandes Piedras,** que incluye 15 modelos de máquinas y 8 dioramas, todos construidos como fieles reproducciones de las máquinas y las escenas de trabajo usadas en cada época, ayuda a comprender cómo fueron posibles tales proezas.

AQUILINO RAIMUNDO. EL INGENIO Y EL ARTE

¿Cómo habrá sido erigida esa construcción?

A lo largo del ejercicio de mi actividad de ingeniero dedicado a los procesos constructivos, me he visto continuamente obligado a imaginar, día tras día, maneras simples y económicas para erigir las construcciones.

Imaginar y establecer un principio, un medio y un fin para colocar en pie cualquier construcción, teniendo el cuidado de hacerlo de la forma más simple, por ejemplo, escogiendo el camino más corto. Es esta una tarea fascinante que coloca a los constructores de hoy delante de los mismos desafíos básicos de otros del pasado.

Al observar las realizaciones de épocas antiguas, en especial las que utilizaban en su construcción Grandes Piedras, algunas muy por encima de las 1000 toneladas de peso, y al intentar responder a esa pregunta clave: "¿Cómo habrán erigido esa construcción?", fui interiorizando el hecho de que la habilidad humana para transportar Grandes Piedras es un fenómeno que se viene produciendo desde épocas muy remotas, siendo testimonio de ello los numerosos ejemplos encontrados en diferentes lugares del planeta.

Algunas representaciones egipcias y asirias que han sobrevivido hasta nuestros días nos muestran el transporte de estatuas colosales, montadas en trineos arrastrados sobre rollos de madera o directamente sobre el suelo siendo la fuerza motriz facilitada por la fuerza muscular de verdaderos ejércitos de "tiradores" de cuerdas, con poca más ayuda que los más simples mecanismos, como palancas, pastas lubrificantes, rodillos, rampas, cuerdas y trineos. Las grandes lajas, los dólmenes, los menhires, los crómlech y otras construcciones megalíticas atribuidas a las sociedades neolíticas esparcidas por todo el planeta son también un buen ejemplo de la habilidad humana para efectuar este tipo de transporte.

Los obeliscos egipcios fueron una de las Grandes Piedras, tal vez la más famosa de todas ellas, que desde la primera vez en que fueron extraídos de las canteras hace cerca de 4500 años en el Antiguo Egipto nunca han dejado de ser transportados de un sitio a otro por diferentes sociedades, en distintas épocas, atravesando mares y océanos para ser exhibidas hoy en día en el centro de plazas famosas de ciudades como Roma o París. Tal es la carga simbólica de esa columna de piedra vertical y rematada por una pirámide, en otra época un importante elemento egipcio de culto al Sol.

Los griegos, desprovistos de verdaderos ejércitos de "tiradores" de cuerdas, impulsaron el diseño de dispositivos mecánicos multiplicadores de la fuerza, es a ellos a los que se atribuye la utilización de cabestrantes.

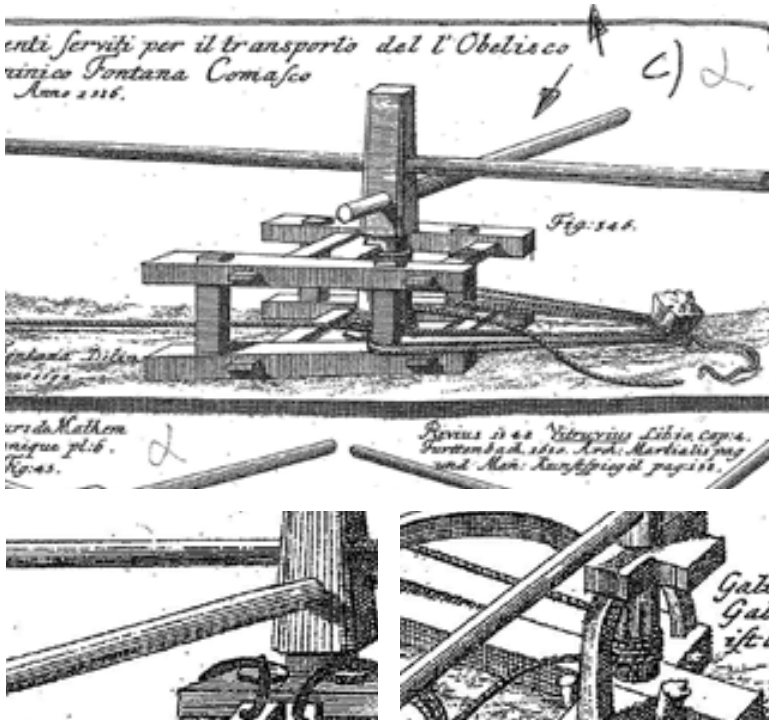
A los romanos, herederos del mundo griego y poseedores de un espíritu práctico, se les atribuye la utilización generalizada de grúas equipadas con ruedas motrices, poleas y diferenciales, entre otros.

Después de la caída del Imperio Romano y hasta el siglo XIII asistimos a una reducción del ritmo de creaciones mecánicas aplicadas a las tareas de construcción, siendo posible más tarde, a partir del siglo XVI, identificar un arsenal de equipamientos mecánicos incluyendo ya grúas de gran complejidad, precursoras de la verdadera revolución mecánica que cambiará el mundo.

En cualquiera de estos casos es evidente que la concretización de tan gigantescas realizaciones presupone una organización social capaz de administrar centenas o hasta miles de hombres manteniendo la disciplina en la ejecución de diferentes tareas.

Una vez transportadas las Grandes Piedras a los lugares escogidos por el Hombre, en gran parte perdidos los registros detallados de las tareas acometidas y de los equipamientos auxiliares empleados en esas tareas, hoy solo nos queda imaginar cómo lo hicieron aquellos hombres.

CABESTRANTE DE TAMBOR VERTICAL



El cabestrante para arrastrar cargas de mayor uso en la antigüedad fue ciertamente el de tambor vertical. En la actualidad también se llama cabestrante y es muy usado en el mar, la cuerda no se almacena en el tambor limitándose a enrollar unas pocas vueltas en él.

Este tipo de cabestrantes era especialmente adecuado para mover piedras u objetos similares en las obras.

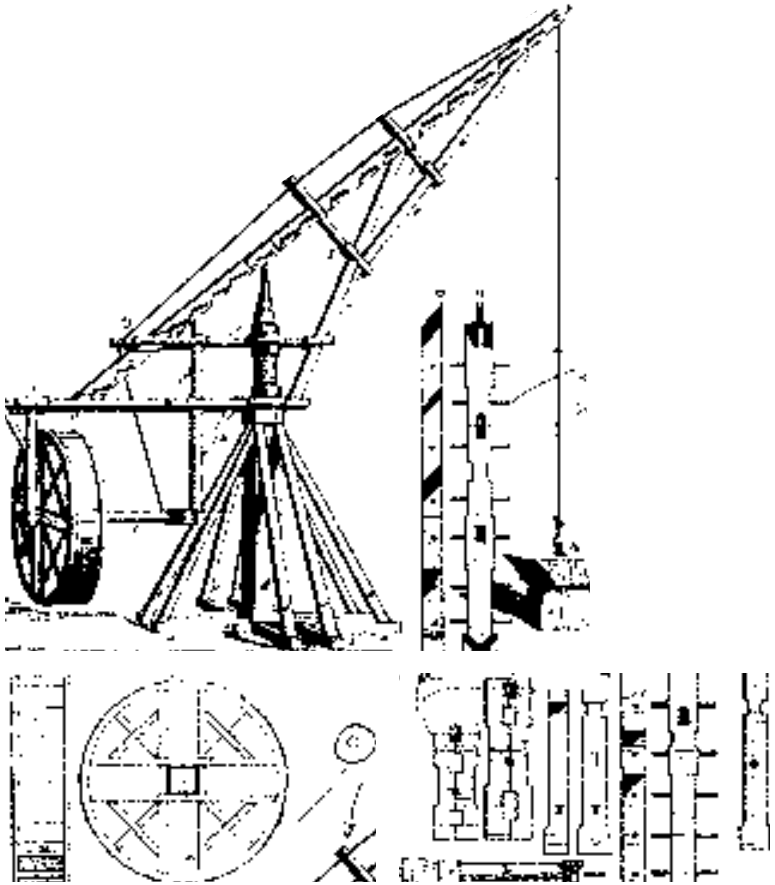
En términos generales el cabestrante de tambor vertical está constituido por un elemento de forma cilíndrica que hace de eje, en torno al cual se enrolla una cuerda dando unas pocas vueltas, apoyado en una estructura de madera que hace de caballete. La fuerza para hacer rodar el tambor se ejerce en un conjunto de barras horizontales, llamadas palancas.

Dependiendo de la fuerza que se pretendía que ejerciera el cabestrante, podía ser accionado por un número mayor o menor de hombres o animales, siendo normal utilizar de 4 a 30 hombres por cabestrante.

Una pequeña fuerza de sustentación ejercida en el extremo de una cuerda puede soportar una fuerza mucho mayor en el otro extremo, este el principio con el que funciona el cabestrante.

Los hombres y los animales podían ejercer así toda su fuerza en las palancas del cabestrante haciendo rodar el tambor y sacando todo el provecho del efecto multiplicador de la fuerza que el cabestrante les proporcionaba, sin la preocupación de que la cuerda se desenrollara del tambor. La relación entre las fuerzas de los dos extremos de la cuerda varía exponencialmente con el coeficiente de rozamiento entre la cuerda y el tambor y con el número de vueltas enrolladas en este. Por ejemplo, un leve aumento en el coeficiente de rozamiento así como en el número de vueltas hacen aumentar muchísimo la fuerza que un hombre puede ejercer.

GRÚA TORRE DE TIPO FRANCÉS



La historia occidental de la grúa propulsada por la energía muscular humana, se remonta a los tiempos de la Grecia Clásica de donde nos llegan relatos de su utilización en obras desde el siglo V a.C.

La búsqueda de soluciones más eficaces que utilizaran el peso de los hombres, en vez de la fuerza transmitida por sus brazos, para accionar los dispositivos mecánicos que propulsaban la grúas, condujo al descubrimiento de la rueda de pisar, sobre la que tenemos referencias de su funcionamiento desde el siglo III a.C., en Bizancio. La rueda de pisar se popularizó durante el Imperio Romano y fue durante cerca de 18 siglos la más importante mejora introducida en los dispositivos de elevación.

La grúa torre cuya rueda de pisar gira en conjunto con un brazo, fue muy utilizada en Francia en los siglos XVII y XVIII en las construcciones, siendo considerada por muchos como una invención francesa que permitió, con relativa facilidad, no solo elevar y acarrear cargas, sino también desplazarlas horizontalmente, posicionándolas en el lugar adecuado dentro del alcance de la máquina.

Claude Perrault (1613-1688), arquitecto francés, puede que fuera el primero en concebir esta máquina, que más tarde es descrita por otros especialistas entre los que destacan el ingeniero alemán Jacob Leupold (1674-1727). Jean-Rodolphe Perronet (1708-1794), arquitecto e ingeniero francés, vuelve a emplear esta grúa en el año 1750 como apoyo en la construcción del puente de piedra de Orleans sobre el río Loira, en Francia.

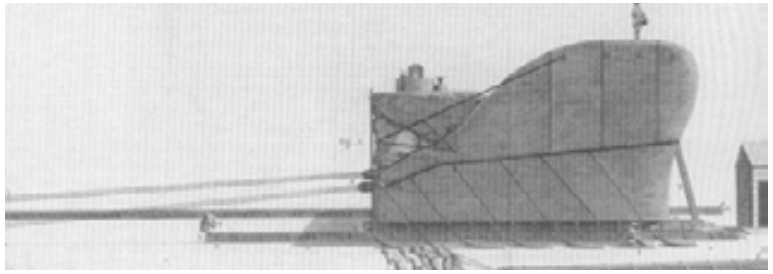
Este tipo de grúa conocida como “de tipo francés”, estaba genéricamente formada por una rueda de pisar acoplada a un tambor, funcionando el conjunto como contrapeso acoplado a un brazo inclinado que giraba de forma solidaria apoyado sobre un caballete a modo de base de madera. Alrededor del tambor se enrollaba una cuerda cuyo cabo llegaba hasta el extremo del brazo donde, a través de una roldana, llegaba hasta el suelo para sujetar la carga.

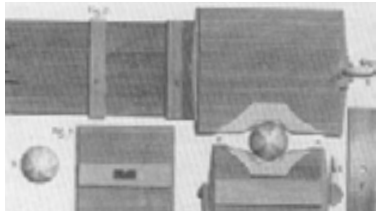
Dentro de la rueda de pisar se colocaban uno o dos hombres, que al caminar hacían girar la rueda por el efecto de su peso.

Una grúa de este tipo levantaba normalmente pesos del orden de una tonelada no debiendo sobrepasar la velocidad de 2 metros por minuto en la subida y bajada de la carga.

Las grúas representadas a lo largo de los tiempos en manuscritos, grabados, pinturas y esculturas, parecen desempeñar un importante papel en el desarrollo de las sociedades respectivas y funcionando como verdaderos símbolos de riqueza y poder tecnológico como demuestra la inclusión de su descripción en la célebre Enciclopedia Francesa.

EL CABALLERO DE BRONCE Y LA PIEDRA DEL TRUENO





El pedestal de la estatua ecuestre de Pedro el Grande en San Petersburgo, inaugurada en 1782, bajo la dirección de Étienne-Maurice Falconet, es una piedra gigantesca de granito, denominada por la leyendas locales como la Piedra del Trueno, se considera en muchas ocasiones la piedra más grande jamás transportada por el ser humano y cuyo peso se estima en cerca de 1800 toneladas.

La piedra fue encontrada en Rusia en el año 1768, en las tierras pantanosas de la región de Lehka, a unos 6 kilómetros de la costa del Golfo de Finlandia, teniendo que ser transportada por tierra y mar cerca de dos decenas de kilómetros hasta su emplazamiento final.

El dispositivo de transporte en tierra ideado por el teniente-coronel Marin Carburi, consistió básicamente en una robusta plataforma sobre la que se asentaba la enorme piedra, trasladándose el conjunto sobre unas esferas, de unos 14 centímetros de diámetro, que rodaban sobre unos canales apoyados a su vez en el suelo helado.

Fue esta la primera aplicación práctica del rodamiento de esferas aplicado a grandes cargas.

La fuerza para desplazar la gigantesca piedra y su plataforma sobre las esferas era ejercida por una serie de cabestrantes, entre dos y seis dependiendo de la fuerza necesaria para vencer la inclinación del camino.

Hacían falta 32 hombres para hacer girar el tambor de cada uno de los cabestrantes en torno al cual se enrollaba la cuerda, de unos 4 cm de diámetro.

TRANSPORTE DE LA PIEDRA PARA LA FACHADA ORIENTAL DEL LOUVRE

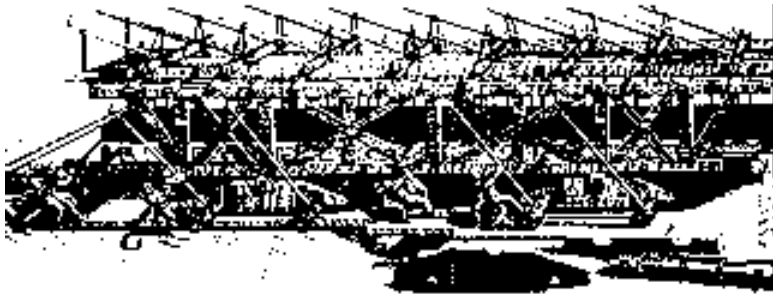
Considerada en la actualidad como la mejor muestra de la arquitectura clasicista francesa, concebida por el arquitecto francés Claude Perrault (1613-1688), y construida esencialmente durante la segunda mitad del siglo XVII, la fachada oriental del Louvre se divide en cinco partes con un cuerpo central rematado por un frontón para cuya coronación se emplearon grandes piedras transportadas desde las canteras de Meudon, a más de diez kilómetros del Louvre.

Claude Perrault, traductor de la obra clásica de Vitruvio, el gran arquitecto e ingeniero romano, fue también el inventor de las máquinas que permitieron transportar las enormes piedras empleadas en la construcción del frontón.

Con unas dimensiones aproximadas de dieciséis metros de longitud por dos y medio de ancho y medio metro de espesor, y con un peso de cerca de 50 toneladas, las piedras eran muy frágiles. Era muy fácil que se quebraran en el caso de no ser elevadas simultáneamente por todos los cabestrantes que equipaban las máquinas.

El encargado de la operación de elevación vigilaba constantemente las cuerdas que suspendían la piedra escuchando el sonido que emitían al ser estiradas, como las cuerdas de una guitarra, verificando que todas ellas recibían cargas equivalentes. Cuando pretendía que alguna cuerda fuera cargada más o menos daba instrucciones a los hombres que accionaban el cabestrante correspondiente.

Para evitar errores de comunicación, los cabestrantes estaban numerados.



En términos generales, la máquina usada en el transporte de las piedras era constituida por dos celosías longitudinales de madera sobre las que se asentaba una plataforma donde se ubicaban los cabestrantes que efectuaban la elevación de la piedra que quedaba suspendida en el interior de la máquina.

Las piedras asentaban sobre una plataforma de madera con dos vigas longitudinales donde estaban montadas las poleas inferiores de reenvío de las cuerdas de elevación.

Las dos celosías longitudinales se apoyaban sobre dispositivos equipados con rodillos y accionados por palancas, desplazándose sobre un camino preparado con vigas de madera.

Todo este conjunto así también se desplazaba mediante cabestrantes amarrados a estacas de madera clavados en el suelo a lo largo del camino.

Los dispositivos multiplicadores de fuerza empleados en la construcción de la máquina fueron palancas de accionamiento de los tambores de los cabestrantes, rodillo y poleas montadas en grupo formando polipastos.

Para la elevación de la piedra podían llegar a ser usados 32 hombres, cuya fuerza multiplicada por los mencionados dispositivos, equivalía a cerca de 160 toneladas, que quedaban reducidas a la mitad debido al elevado rozamiento existente entre las partes móviles de la máquina, resultando en una fuerza disponible de 80 toneladas para elevar la piedra de 50 toneladas.

Para el movimiento de la máquina cargada con la piedras a lo largo del camino se empleaban 24 hombres accionando los rodillos de la base y 16 hombres en dos cabestrantes que ayudaban a desplazar el conjunto. La fuerza de 40 hombres multiplicada por las palancas y polipastos equivalía a unas 100 toneladas que reducidas a la mitad por el rozamiento, equivalían al peso de la piedra.

LISTA DE MODELOS

1. Máquinas Simples
   - Palanca, polea, rueda y eje, plano inclinado, cuña y tornillo.
2. Máquinas de fuerza
   - Cabestrante ligero de tambor horizontal
   - Cabestrante de tambor horizontal
   - Cabestrante de Filippo Brunelleschi
   - Cabestrante de tambor vertical con rodillos de apoyo
   - Cabestrante de tambor vertical
3. Máquinas de estacas
   - Martinete equipado con cabestrante
   - Martinete equipado con embrague
   - Martinete de mástil regulable
   - Extractor de estacas
4. Máquinas de elevación
   - Máquina para montar pequeños obeliscos
   - Grúa torre de tipo francés
   - Grúa trípode de Vitruvio
   - Grúa “castillo” de Filippo Brunelleschi
   - Grúa de Rondelet
5. Máquinas de excavación
   - Pala mecánica de Bélidor

Escalas de 1:2 a 1:10

1. MÁQUINAS SIMPLES

PALANCA, POLEA, RUEDA Y EJE, PLANO INCLINADO, CUÑA Y TORNILLO

Las máquinas simples, llamadas palanca y plano inclinado, son empleadas por el ser humano desde tiempos inmemoriales como dispositivos multiplicadores de fuerza ayudándoles en el movimiento de grandes cargas.

La combinación de estas dos formas fundamentales de máquinas simples y de sus derivadas: poleas, rueda y eje, cuña y tornillo, permitió obtener máquinas cada vez más sofisticadas, siendo hoy en día los componentes fundamentales de todas las máquinas modernas.

Estos dispositivos funcionan como prolongación del cuerpo humano, regido también él mismo por leyes físicas.

2. MÁQUINAS DE FUERZA

CABESTRANTE LIGERO DE TAMBOR VERTICAL

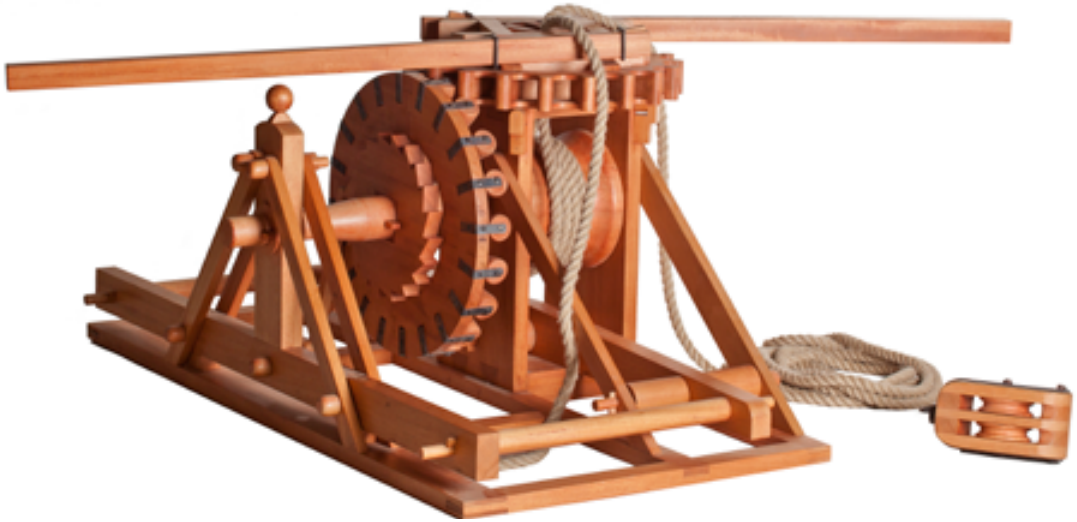
El cabestrante ligero de tambor vertical era normalmente utilizado para elevar pequeñas cargas en pozos y construcciones semejantes.

CABESTRANTE DE TAMBOR HORIZONTAL

El cabestrante de tambor horizontal era utilizado para elevar cargas considerables en trabajos de construcción y minas. El accionamiento de este tipo de cabestrantes podía ser hecho por 4 hombres, pudiendo elevar cargas superiores a 500 kilos.

La cuerda podía ser pasada por un agujero existente en el tambor, quedando fijada en él, o podía ser enrollada varias vueltas en torno del tambor permitiendo colgar un recipiente en cada extremo.

CABESTRANTE LIGERO DE FILIPPO BRUNELLESCHI



Cabestrante accionado por cuatro hombres mediante dos palancas, concebido por Brunelleschi (1377-1446) y usado en el transporte de materiales durante la construcción de la linterna de la famosa cúpula de la Catedral de Florencia, en la primera mitad del siglo XV.

La rueda de engranaje vertical estaba equipada con los típicos rodillos desarrollados por Brunelleschi con el objetivo de reducir el rozamiento. El cabestrante poseía aún otro sistema innovador de frenado que permitía inmovilizar la carga suspendida, permitiendo a los hombres descansar si era necesario. Este cabestrante podía elevar cargas de hasta 2 toneladas.

CABESTRANTE DE TAMBOR VERTICAL CON RODILLOS DE APOYO

Cabestrante equipado con rodillos de apoyo montados entre el tambor y el respectivo caballete de apoyo con el objetivo de reducir el rozamiento entre ambos.

CABESTRANTE DE TAMBOR VERTICAL

Cabestrante común de cuatro palancas, normalmente accionado por ocho hombres, es capaz de ejercer una fuerza de cerca de 4 toneladas, pudiendo arrastrar en una superficie plana un objeto de más de 10 toneladas de peso.

El cabestrante de tambor vertical se viene utilizando desde la antigüedad más remota siendo ya objeto de discusión en los problemas de mecánica del sabio griego Aristóteles (384 – 322 a.C.).

3. MÁQUINAS DE ESTACAS

MARTINETE EQUIPADO CON CABESTRANTE

Martinete empleado en el año 1714 en las antiguas esclusas de Mardick y descrito por el ingeniero francés Bernard Forest de Bélidor (1697-1761) en su famosa obra "Arquitectura hidráulica".

La masa de cerca de 700 kilos podía percutir la cabeza de la estaca cerca de 40 veces por hora, siendo elevada mediante un cabestrante de tambor vertical accionado por cuatro hombres.

Para hacer descender el gancho de sujeción de la masa era necesario rodar el tambor del cabestrante en sentido inverso.

MARTINETE EQUIPADO CON EMBRAGUE

Martinete equipado con embrague para el descenso rápido del gancho de sustentación de la masa sin tener que invertir el sentido de rotación del tambor del cabestrante. El gancho se abre de forma automática para soltar la masa sin intervención humana. Con la introducción del embrague, pasó a ser posible usar caballos para accionar el cabestrante por no ser necesario invertir el sentido de rotación. El número de percusiones por hora también aumentó sustancialmente.

Este tipo de martinete podría haber sido inventado por el relojero londinense Vauloué, y fue empleado en la construcción del puente de Westminster, donde fue montado sobre una barcaza y accionado por caballos.

El ingeniero francés Bernard Forest de Bélidor (1697-1761) lo describe, en una versión accionada por hombres, en su famosa obra “Arquitectura Hidráulica”.

MARTINETE DE MÁSTIL REGULABLE

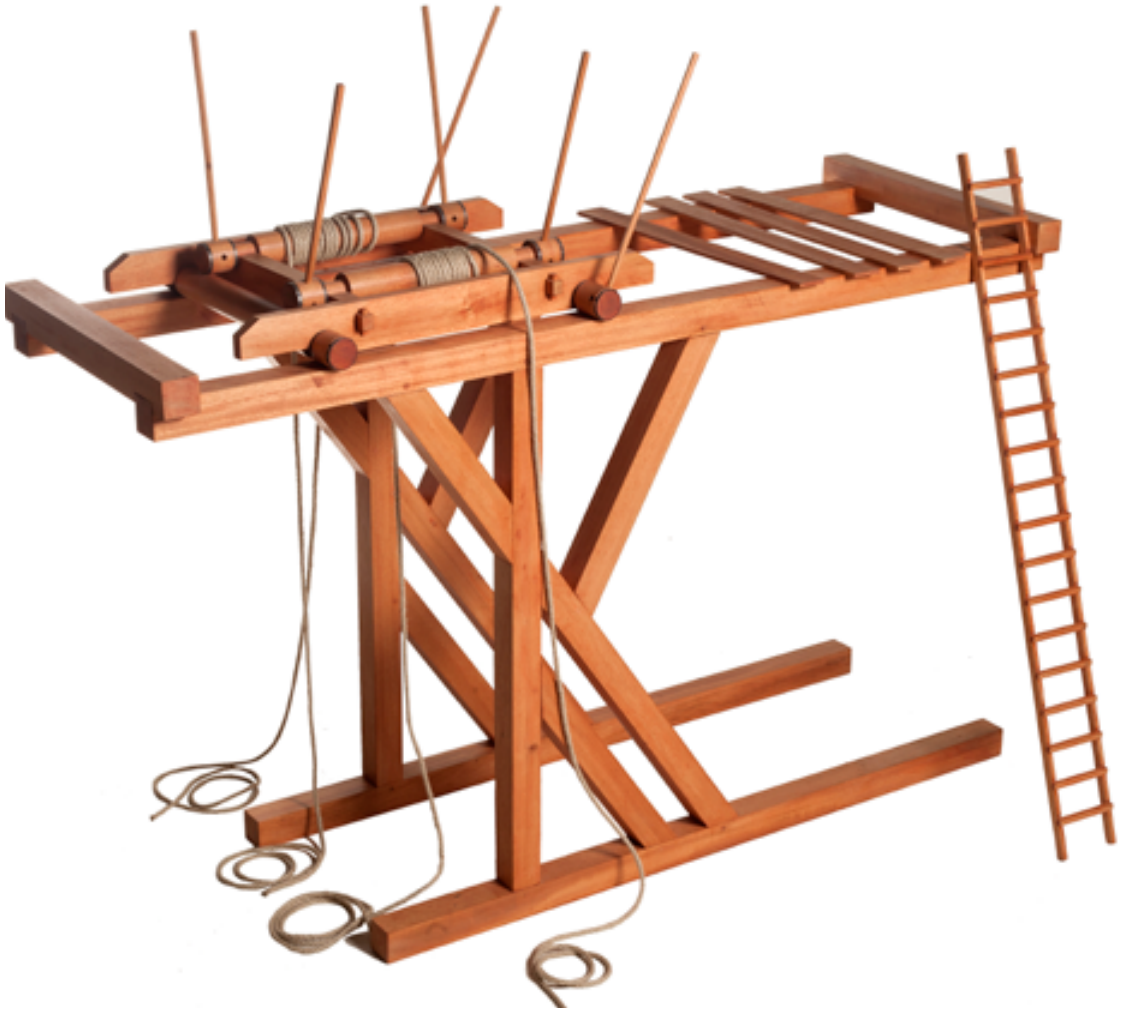
Martinete propuesto por el ingeniero francés Bernard Forest de Bélidor (1697-1761), capaz de clavar pilotes inclinados. El sistema de rueda doble que monta el cabestrante permite bajar o subir el gancho de sustentación de la masa de cerca de 500 kilos. La subida de esta masa era realizada por seis hombres.

EXTRACTOR DE ESTACAS

El extractor de estacas descrito por Bernard Forest de Bélidor está formado fundamentalmente por una robusta palanca de madera de roble con una sección cuadrada de treinta centímetros de lado y una longitud de cerca de cinco metros y medio. Uno de sus extremos está amarrado a la cabeza de la estaca mientras la otra es empujada para abajo mediante la acción del cabestrante de tambor horizontal y del polipasto.

La fuerza resultante permitía arrancar las estacas que estuviesen clavadas en el suelo.

4. MÁQUINAS DE ELEVACIÓN



MÁQUINA PARA MONTAR PEQUEÑOS OBELISCOS

Máquina usada en el montaje de los dos obeliscos que adornan el Puente del Emperador Carlos VI en Nuremberg, sobre el río Pegnitz, terminado en 1728.

Esta máquina descrita por el matemático y arquitecto alemán Johann Jacob Schubler, fallecido en 1741, estaba formada por una estructura de madera sobre la que apoyaba un sistema de rodillos accionados por una estructura de madera, sobre la cual apoyaba un sistema de rodillos accionados por palancas, en torno a los cuales se enrollaban cuatro o cinco vueltas de las cuerdas y que sujetaban el obelisco. Las cuerdas pasaban por los polipastos de cinco canales permitiendo mover la carga suspendida tanto vertical como horizontalmente.

GRÚA TORRE DE TIPO FRANCÉS

La grúa torre generalmente llamada “de tipo francés”, fue probablemente concebida por el arquitecto francés Claude Perrault (1613-1688), siendo posteriormente recreada y mejorada entre otros por Jean-Rodolphe Perronet (1708-1794) y, en pleno siglo XIX, por Jean-Batiste Rondelet (1743-1829).

Su característica principal residía en el hecho de que su rueda de pisar girara solidariamente con el brazo, permitiendo no solo mover las cargas en la dirección vertical, sino también en el plano horizontal, colocándolas en la posición deseada dentro de su radio de acción.

El funcionamiento de la rueda de pisar podía realizarse generalmente por uno o dos hombres elevando fácilmente una carga de una tonelada.

GRÚA TRÍPODE DE VITRUVIO

La grúa descrita por el arquitecto e ingeniero romano Vitruvio que vivió en el siglo I a.C, en su célebre obra "Tratado de Arquitectura" es una simple grúa formada por un robusto trípode de madera, equipado con un cabestrante de tambor horizontal y con un sistema de polipasto que permitían en conjunto multiplicar sustancialmente la fuerza aplicada por los hombres en las palancas del tambor del cabestrante.

Este tipo de grúa no permitía desplazar la carga horizontalmente, pero tenía la ventaja de poder montarse a sí misma sin ayuda de otros dispositivos.

GRÚA DE RONDELET

Grúa concebida por el arquitecto francés Jean- Batiste Rondelet (1743-1829), para los trabajos de construcción de la cúpula de la iglesia neoclásica de Santa Genoveva (1790), en París. Actualmente es conocida como el Panteón.

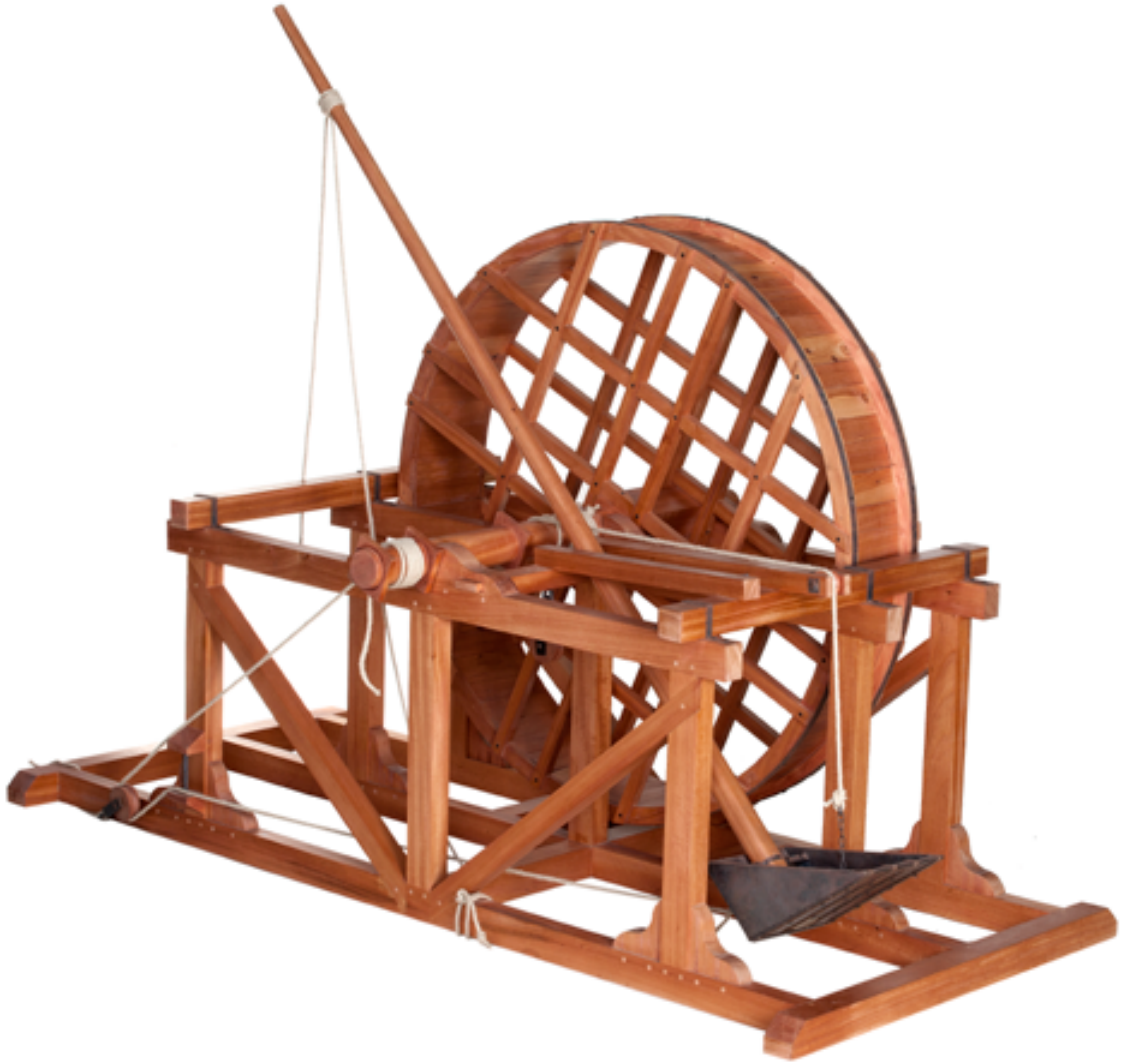
La grúa en cuestión tenía una altura total de cerca de 11 metros siendo accionada por una rueda con un diámetro aproximado de unos 5 metros, equipada con empuñaduras. El brazo de la grúa era ajustable permitiendo colocar la carga a diferentes distancias del eje de rotación de la grúa.

GRÚA "CASTILLO" DE FILIPPO BRUNELLESCHI

Grúa concebida y fabricada en el año 1423 por Brunelleschi (1377-1446) para elevar las piedras que conformaban el refuerzo estructural de la cúpula de ladrillo de la catedral de Florencia. Esta grúa, construida con madera de pino, nogal y olmo, estaba equipada con un dispositivo de ajuste de precisión que permitía regular la posición de la piedra durante su asentamiento. El brazo, además de rodar en el plano horizontal, poseía un dispositivo de ajuste con un tornillo que desplazaba la carga de unos 500 kilos aproximándolo o alejándolo del mástil. Un sistema de contrapeso también ajustable en el plano horizontal mediante otro tornillo permitía equilibrar la carga suspendida.

En el año 1460, después de la muerte de Brunelleschi, la grúa se mantenía en funcionamiento en las obras de la catedral y, al parecer, en particular en el montaje de la esfera de bronce de ocho pies de altura que culminaba la cúpula, realizada por el escultor Andrea Verrocchio, en cuyo taller trabajaba un joven aprendiz llamado Leonardo da Vinci, quien fascinado por las máquinas de Brunelleschi decidió dibujarlas en sus famosos cuadernos.

5. MÁQUINAS DE EXCAVACIÓN



PALA MECÁNICA DE BÉLIDOR

Pala mecánica accionada por una rueda de pisar, descrita por Bernard Forest de Bélidor (1697-1761) como especialmente indicada para efectuar excavaciones entre dos paredes paralelas de estacas de planchas clavadas en terrenos sumergidos.

Esta máquina podía dragar hasta cerca de siete metros de profundidad desde la superficie.

6. DIORAMAS

1. Neolítico
   - Gran menhir quebrado de Carnac
   - Gran dolmen de Zambujeiro
2. Roma
   - Columna de Trajano
   - Gran muro de Heliópolis
3. Siglo de las luces
   - Montaje de pequeño obelisco
   - La Piedra del Trueno
   - Transporte de la piedra para la fachada del Louvre

Escala 1:32

DATOS ÚTILES

Tamaño de la pieza mayor: 1,80 x 1,80 metros en planta y 2,4 metros de altura.

Dimensiones mínimas de la sala: 400 m2 y 3 m de altura.

La exposición incluye maquetas y dioramas con sus paneles de información correspondiente además de puestos interactivos con animaciones en 3D.

No está incluida la iluminación.

Opcionalmente pueden ser incluidas guías didácticas, catálogo y folletos impresos.

En colaboración:

Astecil Lda
Rua José Ribeiro da Costa, 219 Loja D
2070-099 Cartaxo - Portugal
tel. +351 243 701 460 y +351 243 709 197
telm. +351 932 255 374
fax. +351 243 770 864
mail: aquilino@astecil.com

Cultura Entretenida S.L.
C/ Fernando el Católico, 13.
Despacho nº 7
28015 Madrid - España
+34 914 440 348
fax: +34 914 775 278
www.culturaentretenida.com
pmolina@culturaentretenida.com