

03-048

## FUNCTIONAL FEASIBILITY REVIEW OF THE TECHNICAL SYSTEMS DESIGNED BY LEONARDO DA VINCI

Cerveró Meliá, Ernesto<sup>(1)</sup>; Ferrer Gisbert, Pablo<sup>(1)</sup>; Capuz Rizo, Salvador<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Universitat Politècnica de València

A large number of the devices, machines and mechanisms designed by Leonardo Da Vinci, represented in their nearly 7000 preserved manuscript pages, only reached the level of conceptual design. Most of Leonardo's scientific-technical projects, due to the lack of technology, procedures and materials appropriate to their designs, never had real application, and none of them endures in our days. Therefore, there is a controversy about whether they could be put into practice with the right instruments and materials, that is, Leonardo must be considered an engineer ahead of his time, or a visionary thinker.

During the last decades, different researchers have tried to demonstrate its feasibility and level of benefits. This work demonstrates through different examples (parachute, mobile vehicle, elevator, hygrometer, automatic roasting spit, etc.) that a significant part of the designs of machines and devices of Leonardo, although in his day they were not realized, through the years, they have been feasible and suitable for the functions for which they were designed.

**Keywords:** *Leonardo Da Vinci; technical system; mechanisms; functionality*

## REVISIÓN DE LA FACTIBILIDAD FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS TÉCNICOS DISEÑADOS POR LEONARDO DA VINCI

Un gran número de los dispositivos, máquinas y mecanismos diseñados por Leonardo Da Vinci, representados en sus casi 7000 folios manuscritos conservados, sólo alcanzaron el nivel de diseño conceptual. La mayoría de los proyectos científico-técnicos de Leonardo, debido a la carencia en su época de tecnología, procedimientos y materiales adecuados a sus diseños, nunca llegaron a tener aplicación real, y ninguno de ellos perdura en nuestros días. Por ello existe una controversia sobre si ellos podrían ser llevados a la práctica con los instrumentos y materiales adecuados, es decir, Leonardo debe ser considerado un ingeniero adelantado a su tiempo, o un pensador visionario.

Durante las últimas décadas, diferentes investigadores han intentado demostrar su factibilidad y nivel de prestaciones. Este trabajo demuestra mediante diferentes ejemplos (paracaídas, vehículo móvil, ascensor, higrómetro, asador automático, etc.) que una parte significativa de los diseños de maquinas y dispositivos de Leonardo, si bien en su día no llegaran a realizarse, a través de los años, han sido realizables y aptos para las funciones para las que se habían diseñado.

**Palabras clave:** *Leonardo Da Vinci; sistema técnico; mecanismos; funcionalidad*

Correspondencia: Salvador Capuz Rizo; scapuz@dpi.upv.es



©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Introducción

Existe la creencia de que la mayoría de los proyectos científico-técnicos de Leonardo (Vinci 1452 - Amboise 1519), sólo fueron plasmados en diseños conceptuales fruto de su imaginación, y de difícil realización, en base a que prácticamente ninguna máquina, mecanismo o dispositivo diseñado en sus casi 7000 folios manuscritos han llegado a nuestros días. Abarcó tanto, que muchos no creen que pudiera ser excelente en todo y haber profundizado con seriedad y rigor en tantos campos de la ciencia, la técnica y el arte. Pero el historiador del arte suizo Jacob Burckhardt (Basilea 1818-Basilea 1897) ya en su obra "El Cicerón", Leipzig 1855 –Edición italiana, Florencia 1952-, manifestó sobre Leonardo: "No puede decirse de él que se haya dispersado, porque la actividad múltiple le era natural" (Orlando, Cinotti, Rizzati, 1974).

Aunque el siglo XIX fue el del redescubrimiento del Leonardo pintor, filósofo, imaginativo, andrógino, etc., durante el siglo XX y los inicios del presente, se ha reestudiado su obra científico-técnica, e intentado demostrar que los proyectos técnicos de Leonardo pueden ser llevados a la realidad, y podrían desempeñar adecuadamente las prestaciones para los que el hombre universal los había diseñado.

Así podemos afirmar, que su diseño pionero de "*paracaídas*", plasmado en 1485 en el folio 1058v del Códice Atlántico, ha sido probado con éxito por paracaidistas en la República Sudafricana el año 2000, y en Payerne (Suiza) en el 2005. Igualmente, su "*vehículo móvil o primer automóvil*", pionero al menos en planos, fue por fin montado y llevado a la práctica en 2004 en el Museo de la Historia de la Ciencia de Florencia, funcionando de manera autónoma y programada, con motores de muelles, tal como lo había diseñado Leonardo en el Códice Atlántico folio 812 r en el año 1478.

El artículo pretende demostrar, con algunos ejemplos, que gran parte de los diseños de máquinas y dispositivos de Leonardo, si bien en su día no se sabe con certeza si llegaron a materializarse, a través de los años han sido realizables y aptos para las funciones para las que el genio del Renacimiento los había diseñado, y no se trataba por tanto de meras entelequias imaginativas.

## 2. El ascensor manual o de manivela

Leonardo proyectó obras importantes. Algunas de ellas se iniciaron, como el desvío de 19 km del Río Arno para la ciudad de Florencia, y otras quedaron solo en planos, como la desecación de las Lagunas Pontinas para el pontífice León X (Juan de Médici, Florencia 1475-1521) en Roma. Ello requería realizar grandes movimientos de tierra y elevación de cargas, por lo que diseñó varias máquinas y herramientas que facilitaran esas tareas.

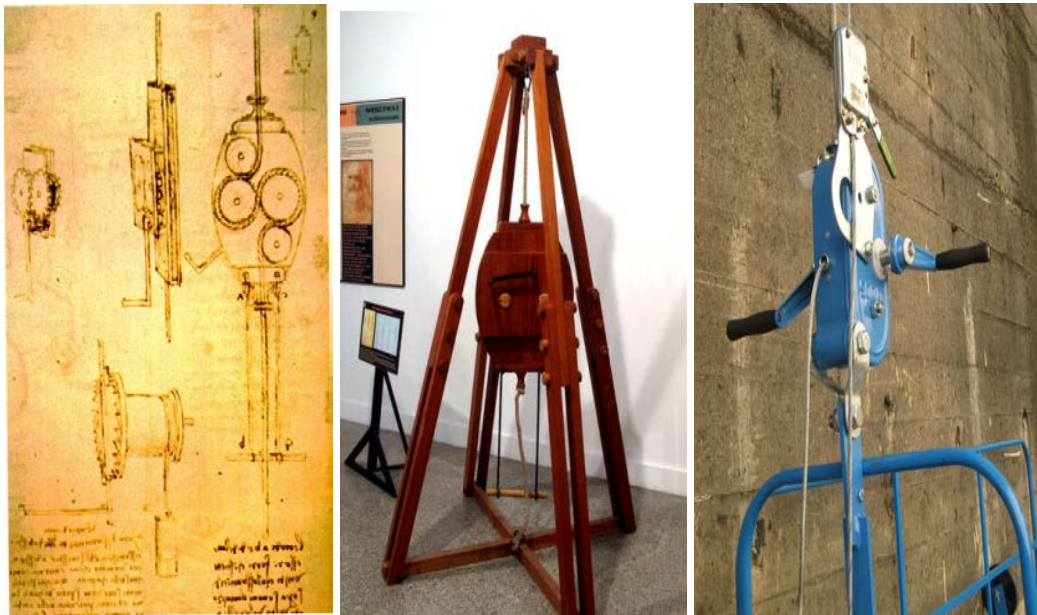
En el Códice I de Madrid, folio 9 r, de la Biblioteca Nacional de España (que en castellano lleva por título Tratado de Estática y de Mecánica, de 1493 y que el historiador Carlo Pedretti sostiene que Leonardo lo nombró como "*Tratatto sugli elementi macchinali*") (Laurenza, D., Taddei, M., Zanon, E., 2006), Leonardo diseña un dispositivo apto para actuar como un ascensor o elevador manual de cargas. El dispositivo actúa mediante una manivela, que mueve un tornillo sin fin que gira las coronas dentadas y tuercas interiores, por las que se desliza el cable o cuerda de "tiro". Al impedir el giro el tornillo elevador, en un sentido o en otro, permite que éste suba o baje con seguridad, y con una adecuada multiplicación, consigue el movimiento con muy poco esfuerzo.

Su dominio en elevación de pesos hizo que el pintor e historiador milanés Giovanni Paolo Lomazzo (Milán 1538-1600) en 1590 estableciera, al ver los libros de Leonardo en poder de su discípulo y heredero principal, el pintor Francesco Melzi, (Milán 1493-Vaprio d'Adda

1570): "Y mostró el arte de sacar pesos con facilidad [con sus libros] de los cuales toda Europa está llena y son tenidos en mucha estima entre los entendidos, porque consideran que no se puede hacer más de lo que él ha hecho" (Orlando, Cinotti, Rizzati, 1974).

En el mismo sentido se pronunció, el pintor e historiador de arte italiano Giorgio Vasari (Arezzo 1511- Florencia 1574): "Demostró cómo levantar y arrastrar grandes pesos por medio de palancas, cabrias y tornos" (Nicholl, 2005).

**Figura 1: A) Estudio para el dispositivo de un elevador manual (1495-97), Códice I de Madrid, f. 9r. B) Maqueta actual del ascensor de manivela de Leonardo, de la exposición "Leonardo da Vinci el Inventor" en el Palacio de Congresos de Salamanca en 2011. C) Elevador actual de la empresa de maquinaria industrial ALBA de Sondika (Vizcaya)**



El adecuado uso de esta máquina para elevar cargas o incluso personas de manera segura y cómoda, ha hecho que este diseño sea factible y se continúe utilizando hoy en día de manera muy similar en obras de la construcción para el ascenso de cargas o incluso de andamios porta personas en trabajos por fachadas.

### 3. El martinete para pilotajes

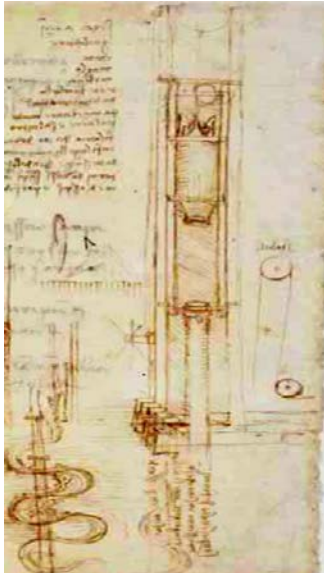
Las máquinas piloteadoras sirven para introducir elementos prefabricados en el suelo, en forma de poste o columna, bien de madera, hormigón o metálicos. Su función es permitir la realización de cimentaciones en terrenos poco aptos para ello. Dichos elementos, denominados "pilotes", suelen ser "hincados" en el suelo a base de golpes de "martinete", esto hace que el elemento descienda, penetrando el terreno, tarea que se prolonga hasta que se alcanza la profundidad de diseño.

En el Códice Atlántico, folio 785 (sobre 1500), Leonardo dibuja su máquina para hincar troncos en la profundidad del terreno. Pretendía usarlos en su proyecto de desvío del río Arno en Florencia y estaba compuesto de un órgano que elevaba el peso a través de poleas y manivelas, siendo guiado el peso en el interior para controlar la precisión de su caída, que al impactar sobre el tronco proporcionase la mayor fuerza posible. Con la relación polea manivela se facilitaba la repetición de la operación.

La forma de trabajo no ha cambiado a día de hoy con referencia al diseño de Leonardo, solamente la manera de introducir en la máquina la energía para la elevación de peso del

pilote se ha modificado con los adelantos tecnológicos. La idea o diseño inicial sigue siendo factible.

**Figura 2: A) Códice Atlántico, f 785, Biblioteca Ambrosiana de Milán. B) Maqueta de máquina para pilotes de Leonardo, del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Milán (Imagen de la Web de ese Museo). C) Máquina actual de pilotaje, en una obra de un puente.**



#### 4. Los “gatos mecánicos” de Leonardo

Leonardo establece en sus Cuadernos de Notas: *“La mecánica es el paraíso de las ciencias matemáticas, porque con ella se alcanza el fruto matemático”*.

Gran conocedor de la física, de la mecánica, de metalurgia, etc. de su tiempo y de los principios de funcionamiento de los elementos de máquinas, aprovecha este conocimiento para desarrollar varias máquinas que más tarde se conocerán como máquinas-herramienta. Entre ellas diseña, en varios de sus Códices, al menos tres gatos mecánicos con diferentes sistemas de funcionamiento.

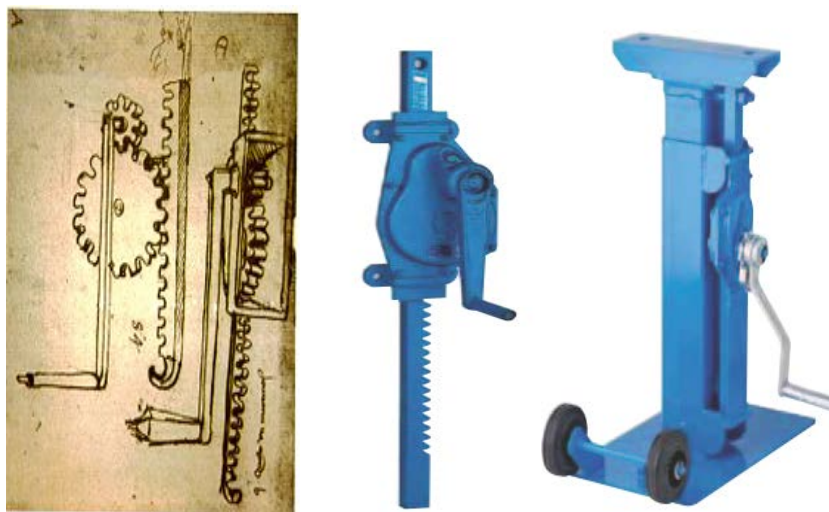
##### 4.1. El gato de cremallera

Su funcionamiento consiste en mantener fija la cremallera vertical (p. e. apoyada en el suelo) y haciendo girar la manivela, se consigue que el sistema de engranajes suba o baje, con el peso o pieza que éste sujeta al mismo. La adecuada relación de reducción entre rueda y piñón hará disminuir el esfuerzo necesario para elevar pesos. Leonardo lo diseña en su Códice Atlántico, f. 0998 r, de la Biblioteca Ambrosiana de Milán.

Tanto en talleres electromecánicos actuales, para elevar cargas, como en el cambio habitual de las ruedas pinchadas de un vehículo, hoy en día se sigue utilizando el mecanismo dibujado por Leonardo a finales del siglo XV.



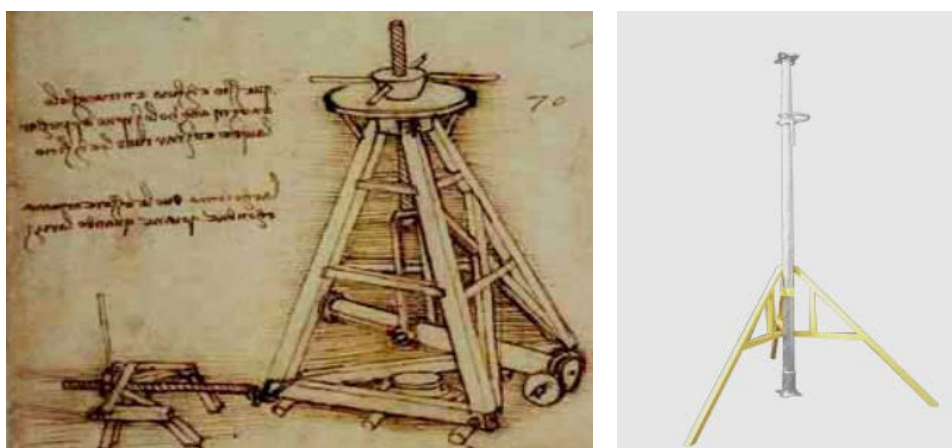
**Figura 3: A) Detalle del Códice Atlántico, f. 0998 r, Biblioteca Ambrosiana de Milán. B) y C) Gatos manuales de cremallera, modelos ZWW de tornillo sin fin, y HB-W de la compañía Columbus McKinnon Ibérica de Sevilla ([www.cmiberica.com/productos/elevacion/gatos-de-cremellera-y-husillo](http://www.cmiberica.com/productos/elevacion/gatos-de-cremellera-y-husillo))**



#### 4.2. El Gato de husillo (tornillo-tuerca tradicional)

El mecanismo constituido por el tornillo-tuerca permite, al efectuar un movimiento giratorio sobre el tornillo y mantener fija la tuerca, que el primero se desplace. De manera similar si fijamos el tornillo, el que se desplazará al girar será la tuerca. De esta manera se transforma un movimiento circular en uno rectilíneo. Es un sistema para levantar y arrastrar cargas sencillo y seguro, pero de accionamiento lento, ya que en una vuelta de tornillo solo se adelanta el “paso” del mismo. En el Códice Atlántico folio 0138 r, de la Biblioteca Ambrosiana de Milán, establece el diseño de un “gato mecánico” para levantar u arrastrar cañones, así como otro dispositivo similar para arrastre fijo de cargas, ambos mediante el sistema de “Husillo”.

**Figura 4: A) Detalle del Códice Atlántico f. 0138r de la Biblioteca Ambrosiana de Milán. B) Gato regulable con trípode de la empresa Chuzhou Jincheng Metalwork Co., Ltd. ([www.jincheng-scaffold.com](http://www.jincheng-scaffold.com)).**

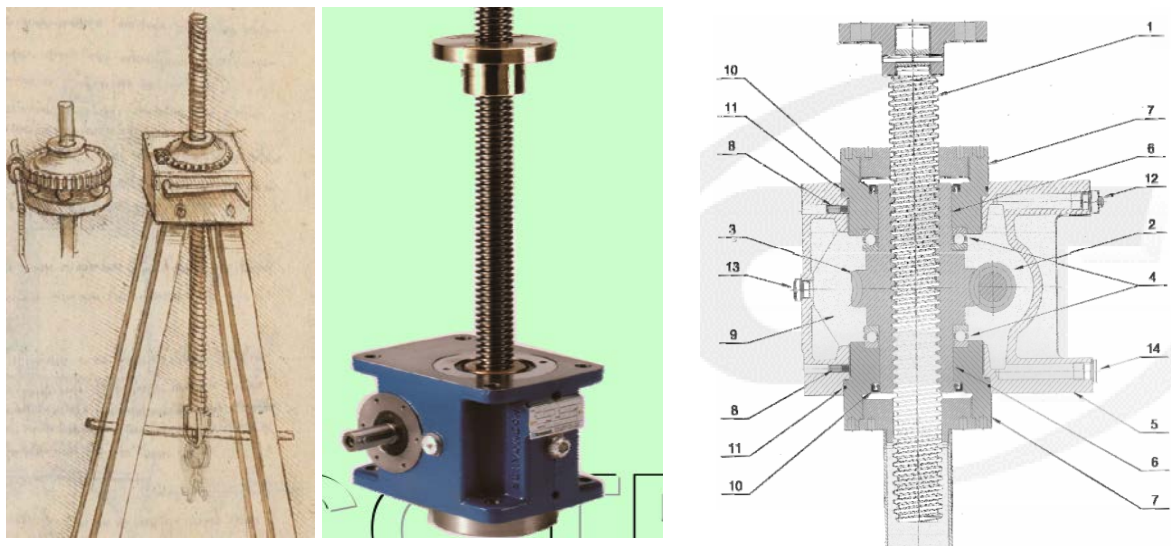


Tanto el sector metal-mecánico, como el de la construcción siguen utilizando hoy en día este sistema de sostén y elevación de cargas plasmado por Leonardo.

### 4.3. El gato de tornillo con rodamiento antifricción

Leonardo, innovador como siempre, va más allá de un simple gato de fuerza, y con el fin de disminuir el rozamiento y alargar la vida de la máquina, incorpora una especie de rodamiento dentado giratorio apoyado en bolas, entre la plataforma de apoyo fija y el disco superior dentado giratorio. Además, le incorpora la manivela en sentido lateral para producir el giro de manera más fácil. Gracias al rodamiento de bolas y a un engrane de dientes en su parte superior, el dispositivo funciona de manera más sencilla y con menos esfuerzo. Ello lo diseña en el Códice de Madrid I f. 0026 r de la Biblioteca Nacional de España (Madrid). Esta solución de Leonardo, se sigue utilizando hoy en día por las empresas de fabricación de utillaje para talleres mecánicos.

**Figura 5: A) Detalle del Códice de Madrid I, f. 0026 r, Biblioteca Nacional de España (Madrid). B) y C) Gato mecánico actual con rodamiento de bolas, SG12 serie MA, fabricado por la empresa COTRANSA y sección del mismo con vista de los rodamientos de bolas de apoyo (nº4) (www.cotransa.net).**



### 5. El torno de giro continuo

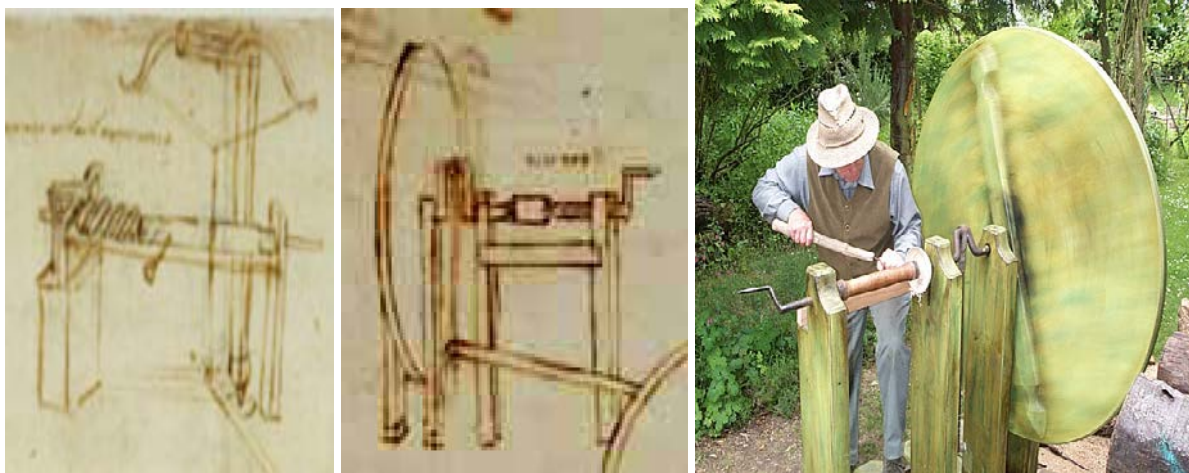
El torneado precisa de la acción rotatoria continua. Inicialmente, si una persona soportaba y guiaba la herramienta, otra debía hacer girar el eje soporte de la pieza a tornear ya que a finales del siglo XV no había una fuente de energía continua para hacerlo.

El instrumento de accionamiento giratorio alternativo más antiguo era el que utilizaba el denominado "pedal y pértiga elástica", consistente en colocar en la parte superior del torno una pértiga elástica y una cuerda, que servía para que el operario accionara el giro de la pieza actuando sobre ella con un pedal y una cuerda atada y enrollada a la misma, que recuperaba el movimiento contrario al del pedal por la elasticidad de la pértiga, atada y arrollada al otro extremo de la pieza, actuando de resorte. Así, la misma persona que soportaba la herramienta conseguía el giro del eje del torno. Con esta solución, la pieza solo era trabajada cuando el movimiento alternativo era hacia el filo de la herramienta. Leonardo, lo plasma en el Códice Atlántico de la Biblioteca Ambrosiana de Milán, hacia 1480.

Pero él va más allá, realizando el primer diseño de un nuevo torno, el de "giro continuo de rueda y pedal", con velocidad constante y de mayor rendimiento (la pieza ya era trabajada de manera continuada). Para ello combina un pedal con un vástago y una biela (conjunto biela-manivela), con un volante de inercia o rueda de balanceo, que permitía superar los puntos muertos del giro en su parte más alta y más baja. Un cabezal ajustable mediante

roscado fijaría a la máquina la pieza a torner. También se encuentra dibujado en el Códice Atlántico.

**Figura 6: A) Detalle del Códice Atlántico (1480), torno de giro por “pedal y doble pértiga”. B) Detalle del Códice Atlántico, torno de giro continuo por “volante de inercia”. C) Prototipo del torno de Leonardo realizado por Stuart King en la Exposición “Wizadry in Word” en el Pewterers´ Hall, London (Reino Unido) (Imagen del Blog de Stuart King)**



En 2004, el artista plástico portugués José Aurelio (Alcobaça 1938-) realizó un prototipo metálico de este torno en honor a Leonardo, para la Fundación cultural Armazén das Artes de Alcobaça (Portugal). También en 2004, se realizó una exposición sobre “Magia en Madera” en el Pewterers´ Hall de Londres, y el artesano inglés Stuart King construyó el prototipo de torno por pedal y volante, diseñado por Leonardo y lo puso a funcionar con un resultado de funcionamiento satisfactorio y sorprendente, probando la funcionalidad y factibilidad del mismo.

## 6. El anemómetro y el anemoscopio

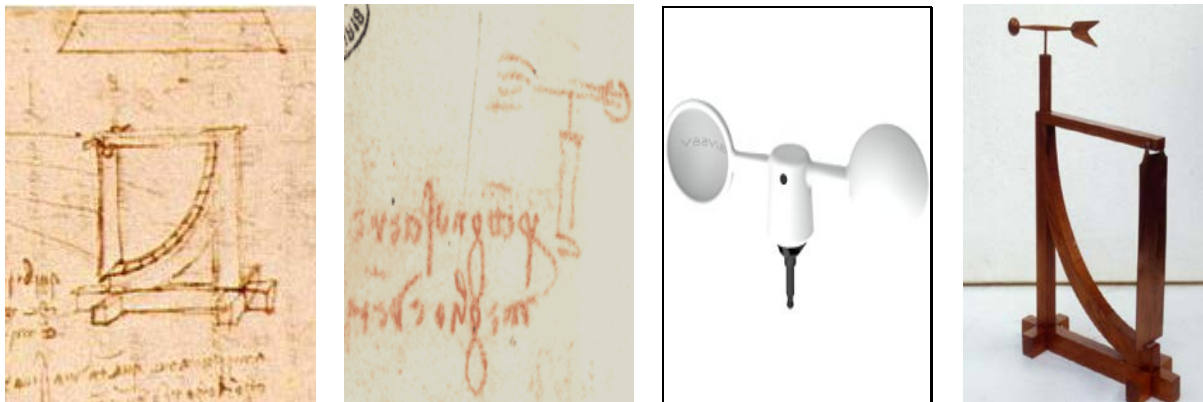
Para medir la velocidad del viento se utiliza un instrumento denominado anemómetro (del griego “*anemo*” = viento y “*metro*” = medida), mientras que para establecer su dirección se utiliza el anemoscopio, vulgarmente denominado “veleta”. Leonardo para sus “estudios sobre el vuelo” precisaba de datos sobre los fenómenos atmosféricos y por ello diseñó varios instrumentos de medida relacionados con ellos (anemómetros, anemoscopios, higrómetros, etc.), con el fin de establecer más seguridad a sus ensayos.

Aunque se conoce que el arquitecto italiano León Battista Alberti (Génova 1404 - Roma 1472) en 1450 ya generó un instrumento para medir la velocidad del viento mediante una placa que gira sobre un péndulo, y que con casi toda seguridad lo conoció Leonardo, este diseñó su propio anemómetro, utilizando una fina lámina unida mediante una bisagra a la parte superior de un semicírculo que dispone de una escala graduada.

Si el viento incide en la lámina, esta se alzará de su parte baja y, dependiendo de la altura de la escala graduada a la que llegue en su desplazamiento, podrá tenerse una idea de la velocidad del viento. Sobre 1480, en el folio 675 del Códice Atlántico existente en la Biblioteca Ambrosiana de Milán, lo dibuja, y en otro detalle del mismo diseña la veleta o anemoscopio para completar el conocimiento de la dirección del viento y de esta manera orientar el instrumento en esa dirección. Este último indicará también los cambios de dirección.



**Figura 7: A) y B) Detalles del anemómetro y anemoscopio del Códice Atlántico f. 675 de la Biblioteca Ambrosiana de Milán. C) Anemómetro actual. D) Maqueta del anemómetro y anemoscopio de Leonardo, del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Milán (<http://www.museoscienza.org>).**



## 7. El primer vehículo autopropulsado

Leonardo es el primero que diseña una máquina capaz de moverse por sí sola, sin aplicación de la fuerza humana o animal, que se va a convertir en el primer vehículo autopropulsado conocido de la historia. Conocedor a fondo de los elementos de máquinas (su Códice de Madrid I, titulado Tratado de Estática y de Mecánica, de 1493, puede considerarse como el más completo tratado de Mecánica del Renacimiento) piensa en aprovechar la fuerza de dos muelles de arrollamiento en espiral, encerrados en unos habitáculos en forma de tambor, que de manera similar a como se carga la cuerda de un reloj, serían previamente cargados, y al soltar a través de una anilla un resorte que los frena, trasladarían su potencia a dos ruedas.

En el Códice Atlántico, folio 812 r (1478-80) de la Biblioteca Ambrosiana de Milán, establece su proyecto con dos vistas, una en planta, grafiando muelles, engranajes, ballestas, etc., y otra en perspectiva donde añade la idea de un posible sistema de dirección. Formado por una pequeña rueda complementaria acoplada a su parte trasera y un vástago accesible desde arriba del vehículo, actuaría de volante para poder ser direccionado a conveniencia, o bien mediante una programación previa. Para esto último utilizaba “excéntricas” de distintas formas, incorporadas a los ejes rotatorios. En función de la forma de las “excéntricas” introducidas inicialmente cambiará la dirección del vehículo.

Incorpora además dos ballestas frontales, regulables, que pueden actuar de control de los engranajes que interrelacionan los muelles de potencia con las ruedas, ya que los muelles motores no tienen un impulso constante en todo el tiempo de su descarga y de esta manera se puede controlar la velocidad del vehículo.

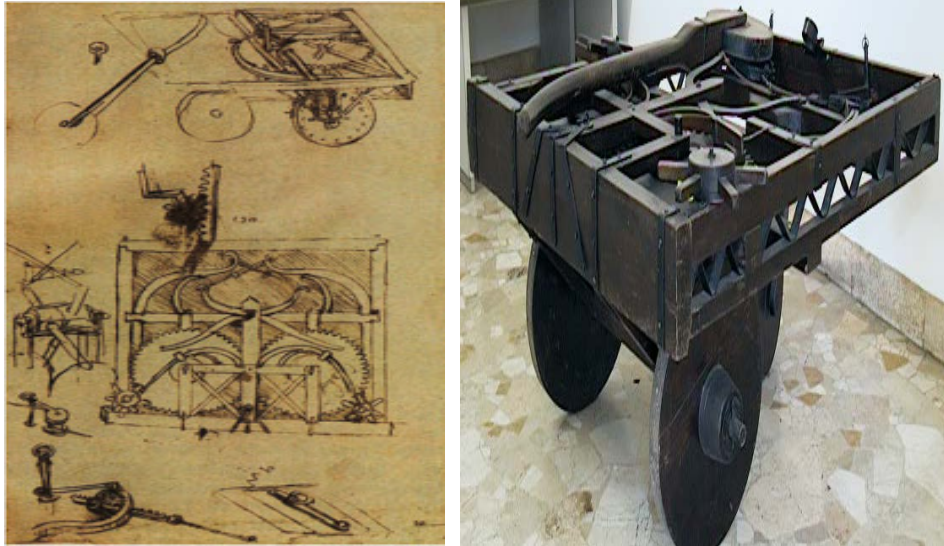
Finalmente incorpora un vástago de madera que actúa como freno general por control remoto, actuando sobre los dientes de los engranajes o ruedas horizontales impidiendo el movimiento hacia las ruedas verticales traseras, consiguiendo que no se transmita potencia a las ruedas aún en el caso de que los muelles estén cargados. Una anilla actuando sobre el vástago, y a través de una cuerda, lo retiraba a distancia y entraba en movimiento el vehículo. En la parte baja del manuscrito grafía la pieza complementaria que servía como freno inicial accionado desde la distancia mediante una cuerda.

Usado como máquina teatral que se movía por sí sola, tanto en dirección recta como curva, fue capaz de impresionar a todo ser humano que lo viera en las fiestas cortesanas del



Duque de Milán Ludovico Sforza (Vigevano 1452 - Loches 1508), y más tarde de la corte francesa del Rey Francisco I (Coñac, 1494 – Rambouillet, 1547), para los que trabajó Leonardo.

**Figura 8: A) Manuscrito del vehículo autopropulsado, Códice Atlántico, folio 812 r (1478-80), Biblioteca Ambrosiana de Milán. B) Maqueta del Museo Nacional de la Ciencia y la Tecnología de Milán de 1953, basada en el Modelo de Canestrini. (Imagen de la Web del Museo de Historia de la Ciencia de Florencia).**



Los dibujos no están acotados, pero como las funciones del vehículo eran para aparecer en espectáculos teatrales, se deduce que no debería tener dimensiones excesivamente grandes. Los prototipos realizados por el Museo de Historia de la Ciencia de Florencia a partir del 2004, fecha en la que por primera vez fue puesto en funcionamiento, oscilan entre unas dimensiones aproximadas de 1,70 m x 1,50 m el mayor, y otro de menor tamaño de alrededor de 0,60 m x 0,50 m.

La escasez de documentación técnica sobre el diseño generó durante siglos confusiones en su construcción, como por ejemplo que las ballestas podían ser la fuente de energía, e hizo que no se consiguiera hacer funcionar esta máquina. De hecho, el ingeniero e historiador italiano Giovanni Canestrini (Coredò 1893 – Milán 1975), publicó en 1939 el estudio *“Leonardo costruttore di macchine e di veicoli”* y fabricó el modelo hoy perdido, similar a los existentes Museo Nacional de la Ciencia y la Tecnología de Milán, que no llegó a moverse, manifestando que la máquina de Leonardo no podría funcionar.

La reaparición en 1967 de los Códices de Madrid I y II de la Biblioteca Nacional de España, con extensa información de los conocimientos de Leonardo sobre muelles, cadenas, engranajes, y elementos de máquinas en general, facilitó información sobre el vehículo complementaria a la que inicialmente existía en el Códice Atlántico, y pudo ser construido con éxito en 2004. En ese año, tras varios estudios realizados en el Museo de Historia de la Ciencia de Florencia, dirigidos por los historiadores e investigadores italianos Paolo Galluzzi (Florencia 1942-) y Carlo Pedretti (Bologna 1928 - Lamporecchio 2018), junto con las aportaciones aclaratorias del profesor estadounidense de robótica Mark Elling Rosheim, que digitalizó todo el conjunto de piezas necesarias, se consiguió poner de nuevo en funcionamiento el automóvil, dando factibilidad real a la solución que Leonardo proyectó hace más de 500 años.

## 8. Otros

Los ejemplos hasta aquí descritos están relacionados con el diseño de máquinas y mecanismos pero la inventiva de Leonardo se extendió a otros campos.

### 8.1. La escalera de doble hélice

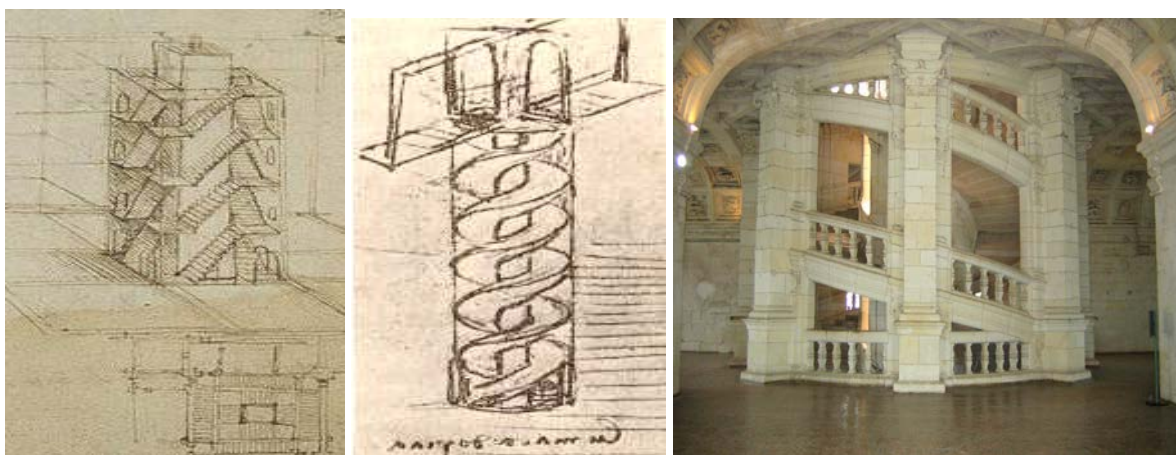
Los estudios de arquitectura de Leonardo no son tan prolíferos como los de ingeniería, pero también los hubo y en cantidad, ya que prácticamente no existían áreas de conocimiento científico y técnico de su época en las que no se atreviera a investigar.

Los tres últimos años de su vida (1516-1519), Leonardo los pasó en Francia, en la mansión de Cloux, cerca de Amboise, al servicio del Rey de Francia Francisco I que lo nombró *“pintor y arquitecto del rey”*... *“con una asignación anual de 1000 escudos”* (Nicholl, 2005).

El rey, que pasaba gran parte de su tiempo en el castillo de Amboise, le encargó entre otros proyectos, el de la Ciudad Geométrica de Romorantin, que incluía un Palacio Real y una nueva ciudad enlazada con canales fluviales desde el río Loira: *“El Proyecto de Leonardo es muy conceptual, el canal en el centro, en dos niveles, constituye el eje a cuyos lados se reparten las carreteras, los puentes, los edificios y las plazas. La perspectiva urbana culmina con el Palacio del Príncipe. Están también indicadas las fuentes, las cocinas y las caballerizas”* (Vezzosi, 2011). Realizó varios planos con posibles soluciones, aunque su repentina muerte, en 1519, dejó en el aire ese proyecto.

Para este proyecto Leonardo recuperó ideas y bocetos que años antes utilizó para realizar su Proyecto de Ciudad Ideal (1487-1490), en la corte milanesa de los Sforza, ciudad que por aquel entonces había sufrido un importante número de muertes por la peste. Es conocido que entre sus diseños había varios dibujos sobre escaleras, una de ellas de doble hélice, capaz de hacer bajar personas desde una planta a otra sin cruzarse. Ello consta en el Manuscrito M folio f. 69 r, (1490) del Instituto Francés de París. También existen en ese manuscrito, en el folio 47 r, (1487), dibujos más detallados de una escalera de cuatro entradas de soluciones parecidas, que da posibilidad para cuatro recorridos independientes entre plantas.

**Figura 9: A) detalle del Manuscrito M de Francia f. 47 r, (1487) con escalera de cuatro entradas para la Ciudad Ideal. B) Detalle del Manuscrito M de Francia f. 69 r, (1490) con escalera de doble hélice. C) Escalera de doble hélice del Castillo de Chambord (www.rinconesconencantofrancia.blogspot.com.es).**



Con Leonardo en vida nada de ello llegó a realizarse, pero en una zona cercana a la de su proyecto y el mismo año de su muerte, Francisco I encarga el proyecto de la construcción del Palacio de Chambord al arquitecto italiano Domenico Bernabei da Cortona (Cortona

1465 - Paris 1549). El castillo hoy tiene una longitud de 156 m y una altura de 56 m, y curiosamente en el centro del castillo aparece por primera vez una impresionante escalera interior de doble hélice de 9 m de diámetro, que con casi toda seguridad se hizo en honor a Leonardo (al que el rey tenía en gran estima), o al menos se inspiraron en los bocetos de este.

La escalera está dispuesta en el medio de una cruz griega, por donde se conectan los vestíbulos del castillo con la entrada y salida de las escaleras a cada nivel del edificio. Comunica los tres niveles del castillo, desde la planta baja hasta las terrazas superiores. Los soportes centrales consisten en la unión de ocho grandes columnas donde apoyan dos rampas escalonadas que giran en forma de hélice alrededor de un pequeño patio o linterna.

Todo lo relacionado con la escalera mantiene unas exactas simetrías y proporciones, como tanto le gustaba a Leonardo. La ubicación y el tamaño de las ventanas, las dimensiones de la escalera, la forma de la cruz, etc. así lo hacen. Con este diseño se aseguraba que el rey no se cruzara con la servidumbre en sus desplazamientos internos. No obstante, las ventanas intermedias que dan al pequeño patio central de la escalera, en los puntos de coincidencia, hacen que puedan verse las personas, y parezca que se está en una misma escalera.

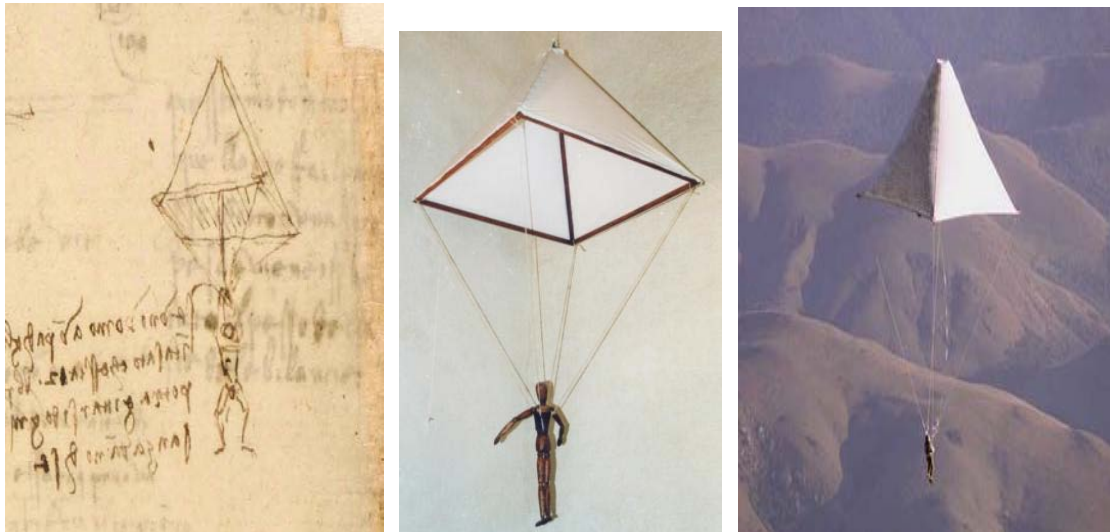
## 8.2. El primer paracaídas de la historia

Es conocido el interés de Leonardo por hacer volar al hombre. De hecho, durante años llevó a cabo estudios sobre el vuelo de los pájaros con el fin de conseguir diseñar una máquina que lo consiguiera. Por ello, sobre el 1485, en el Códice Atlántico, folio 1058 v, de la Biblioteca Ambrosiana de Milán (Italia), junto con otros dibujos sobre estudios para el vuelo de humanos, Leonardo establece su boceto de paracaídas como un instrumento para lanzarse desde grandes alturas. Y junto a él anota esta afirmación: *“Con una tienda del lino de forma piramidal, de tejidos tupidos y cuya base fuese tenida rígidamente abierta, con 12 braccias de lado y 12 de altura (un brazo toscano = 58 cm), un hombre puede lanzarse desde cualquier altura considerable sin ningún riesgo”*.

No existe constancia de que entonces se llegara a experimentar con este diseño de manera real, pero sí que después de 500 años, su diseño ha sido puesto en práctica con resultados adecuados, pudiendo considerarse este como pionero del *“paracaídas”*, ya que fue probado por el saltador e investigador británico Adrián Nicholas (1962-2005) en la República Sudafricana en el año 2000, y por el paracaidista suizo Olivier Vietti-Teppa (1971-), en el Aeropuerto militar de Payerne (Suiza) en el 2008, ambos con éxito.

Fue el 26 de junio de 2000, cuando Adrian Nicholas, un paracaidista inglés, lo probó desde una altura de 3.000 metros, en el Parque Kruger de Sudáfrica. El paracaídas respondía casi exactamente a la descripción de Leonardo, excepto que utilizó lona de algodón en lugar de lino. El casquete, amarrado a unos palos de madera de pino, pesaba casi 100 kilos, unas 40 veces más que un paracaídas moderno, pero aun así funcionó perfectamente. Nicholas descendió 2000 metros en cinco minutos: una caída lenta. Para la última parte del descenso utilizó un paracaídas normal: el fallo del modelo de Leonardo estaba en que no se plegaba, de forma que existía el peligro de que todo el artilugio aterrizara sobre él. *“Experimenté una sensación de júbilo -dijo Nicholas-. No pude resistirme a decir: Sr. Da Vinci, ha cumplido usted su promesa. Muchas gracias”* (Nicholl, 2005). De manera similar también lo anunció el diario londinense Daily Telegraph en su edición de 27 de junio de 2000.

**Figura 10: A) Detalle del Códice Atlántico f. 1058, Biblioteca Ambrosiana de Milán B) Maqueta del paracaídas de Leonardo, del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Milán (Imagen de la Web del Museo). C) Salto de Adrián Nicholas el 20/07/2000 en República Sudafricana (Fotografía de ANSA para el Daily Telegraph londinense)**



Mientras que el domingo 27 de abril de 2008, el suizo Oliver Vietti-Teppa con un paracaídas de las mismas medidas y forma que lo indicado por Leonardo pero con materiales más actuales, a base de tela mosquitera, para facilitar su desplegado. Se lanzó desde un helicóptero en Suiza, en el aeropuerto militar de la ciudad de Payerne, desde 650 m de altura, y aterrizó en el suelo de manera correcta, como los paracaídas actuales. *"He aterrizado a las 18H58 (16H58 GMT) en pleno centro de la pista del aeropuerto militar de Payerne. Ha sido impecable"*, manifestó el saltador a la Agencia France Presse ese día. Sin haber podido realizar la prueba previa veraz de que amortiguara la caída, Oliver consiguió hacer que funcionase adecuadamente y que el diseño de Leonardo resultara factible 500 años después de haber sido ideado. El único inconveniente encontrado por el paracaidista fue la falta de control frente al viento, y por ello se realizaron previamente ensayos con una maqueta a escala desde un helicóptero teledirigido.

## 9. Conclusiones

Al igual que los distintos proyectos de Leonardo aquí relacionados, en los que se ha justificado su factibilidad posterior, existen muchos otros como su diseño de escafandra, su salvavidas, su higrómetro, el sistema diferencial mecánico, el contador hidráulico, el asador automático, el barco de palas, el gran caballo "Sforza", etc., en los que también puede considerársele como el pionero, o al menos el que primero los plasmó gráficamente, y que con posterioridad han sido construidos y se ha comprobado su factibilidad real.

El estudio en mayor profundidad de sus códices y manuscritos, la mejora de los materiales con el paso del tiempo, la aparición de nuevas fuentes energéticas, etc. han ido dando la razón a Leonardo, y sus bocetos, dibujos o proyectos, que se creían irrealizables, han podido convertirse en artefactos y ser aptos para las funciones para las que él pensaba que podrían utilizarse.

Nótese que Leonardo manifestó en sus Cuadernos de Notas citas como: "la sabiduría es hija de la experiencia", o "son vanas y están plagadas de errores las ciencias que no han nacido del experimento, madre de toda certidumbre", lo que le llevó a no confiar en los escritos del pasado y a comprobar por sí mismo todo aquello que quería utilizar o diseñar. De hecho,



muchos de sus manuscritos de índole técnica los firma como “**Leonardo Vinci discepolo della sperientia**”. Ello ayuda a ratificar que buscaba la factibilidad de aquello que diseñaba.

El catedrático de Historia del Arte de la Universidad de Oxford, Martín Kemp (1942- ) manifestó “La inventiva práctica, los precedentes de la antigüedad y la inverosimilitud imaginativa se funden en él, en una mezcla sin fisuras”. (Nicholl, 2005)

## 10. Referencias

Da Vinci, L. (c. 1504). *Códice de Madrid*. Madrid. Biblioteca Nacional de España.

<http://leonardo.bne.es/index.html>

Da Vinci, L. (1478-1518). *Códice de Atlántico*. Milán. Biblioteca Ambrosiana.

<http://www.leonardo-ambrosiana.it/en/il-codice-atlantico/>

Da Vinci, L. (1478-1518). *Códice de Windsor*. Windsor. Royal Library of Windsor.

<https://www.royalcollection.org.uk/collection>

Da Vinci, L. (1487-1492). *Códice de París*. París. Institut de France.

<https://archive.org/details/lesmanuscritsdel00leonuoft>

Laurenza, D., Taddei, M., Zanon, E. (2006) *Las máquinas de Leonardo*. Susaeta Ediciones.

Nicholl, C. (2005). Leonardo el vuelo de la mente. Santillana Ed. Generales S.L. Págs. 168, 216, 229; 546 y 547.

Orlando, E., Cinotti, M., Rizzati, M.L. (1974). Leonardo. Colección de Grandes Maestros del Arte. Editorial Marín S.A.

Vezzosi, A. (2011). Leonardo Da Vinci, arte y ciencia del universo. Ed. Blume.

[www.cmiberica.com/productos/elevacion/gatos-de-cremallera-y-husillo](http://www.cmiberica.com/productos/elevacion/gatos-de-cremallera-y-husillo), obtenido el 13/03/18

[www.cotransa.net](http://www.cotransa.net), obtenido el 5/02/18

[www.dailymail.co.uk](http://www.dailymail.co.uk), obtenido el 13/03/18

[www.brunelleschi.imss.fi.it/automobile/html/digitale\\_00.htm](http://www.brunelleschi.imss.fi.it/automobile/html/digitale_00.htm) (imágenes de prototipos de vehículos), obtenido el 9/03/18

[www.jincheng-scaffold.com](http://www.jincheng-scaffold.com), obtenido el 8/03/18

<http://www.museoscienza.org>, obtenido el 5/02/18

[www.rinconesconencantofrancia.blogspot.com.es/2013/06/castillo-de-chambord.html](http://www.rinconesconencantofrancia.blogspot.com.es/2013/06/castillo-de-chambord.html), obtenido el 9/03/18

[www.stuartking.co.uk/index.php/how-i-built-leonardo-da-vincis-lathe/](http://www.stuartking.co.uk/index.php/how-i-built-leonardo-da-vincis-lathe/), obtenido el 09/03/18

*Nota: Las referencias “v” y “r” junto a la denominación de los folios de los manuscritos o códices se refieren a “verso” y “recto”.*