



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



# ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Departamento de Expresión Gráfica, diseño y  
proyectos

## TRABAJO FIN DE GRADO

**ESTUDIO Y MODELIZADO 3D DE LA MÁQUINA DE MOVIMIENTO  
ALTERNO QUE LEONARDO DA VINCI DISEÑÓ EN EL FOLIO 30 VERSO DEL  
CÓDICE ATLÁNTICO.**

Grado en

Ingeniería en Diseño Industrial y D.P.

Autor/es: José Antonio Jiménez Aguilar

Tutor: Miguel Ángel Contreras López

Málaga, octubre de 2022

# ESTUDIO Y MODELIZACIÓN 3D DE LA MÁQUINA DE MOVIMIENTO ALTERNO QUE LEONARDO DA VINCI DISEÑÓ EN EL FOLIO 30 VERSO DEL CÓDICE ATLÁNTICO

José Antonio Jiménez Aguilar y Miguel Ángel Contreras López | Profesor

Ingeniería en Diseño Industrial y D.P.

Trabajo Fin de Grado

Palabras Clave | Leonardo, Vinci, transmisión, máquina, rediseño, 3D, modelo, modelado, mecánica

Leonardo Da Vinci:

El ideal del “*Homo Universalis*”

El polímata, el hombre capaz de aplicar y desarrollar todos los campos del saber, principal ideal del hombre del renacimiento y que Leonardo da Vinci consiguió representar en su máxima expresión. Interesado en Arte, matemáticas, óptica, acústica, mecánica, dinámica de fluidos, la geología, la botánica, la fisiología y la anatomía nos deja un gran legado histórico con gran interés de estudio.

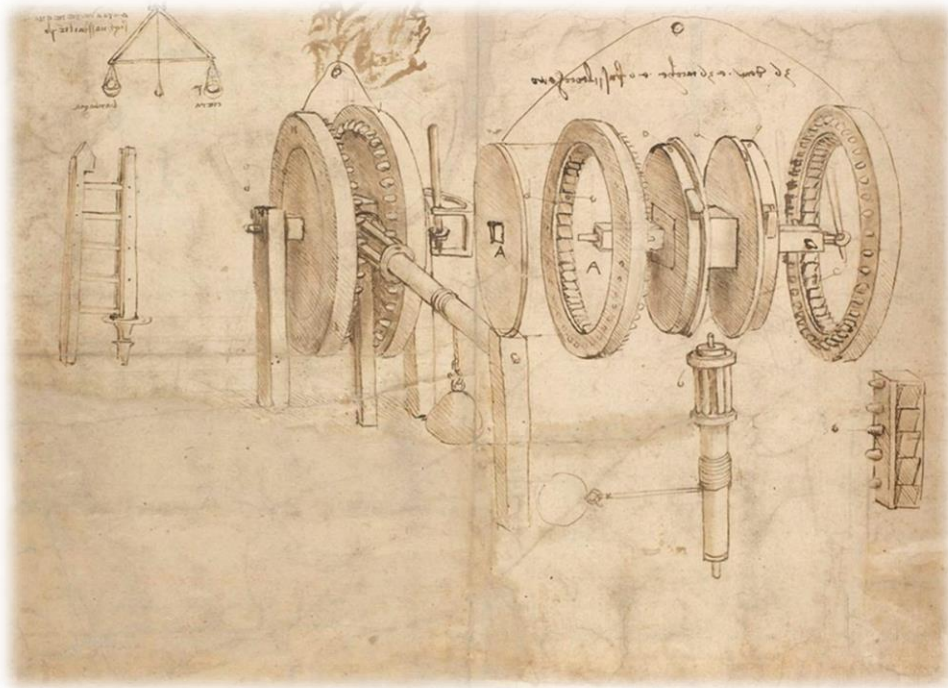
Sin embargo en este archivo nos interesa otra faceta de su persona, la de ingeniero, en la cual también destacó en los ámbitos civiles, mecánico y militar dejándonos grandes contribuciones, algunas adelantadas a su época cuyos principios son usados en la actualidad.

Se ha realizado una investigación sobre el contexto en el que se concibe la máquina de movimiento alterno, dejando una pequeña recopilación de maquinarias y estudios que Leonardo realizó en relación con la transmisión del movimiento y la elevación vertical de cargas pesadas.

Esta máquina de movimiento alterno será la base de estudio en la que nos centraremos, realizando un análisis funcional en el que llegaremos a conclusiones de nivel constructivo para proponer cambios o mejoras a la invención para perfeccionar el mecanismo.

A nivel de interés general destacaremos el sistema de representación de vista explosionada que Leonardo aplica en este folio, convirtiendo este boceto en pionero histórico en usar este tipo de representación.

Una vez aclarado el funcionamiento, nos apoyaremos en el software SolidWorks para realizar un modelo 3D que nos permita realizar renderizados, vistas explosionadas y simulaciones de movimiento que nos ayudará a mostrar al mundo de manera clara cómo funciona la máquina de movimiento alterno diseñada por Leonardo Da Vinci en el folio 0030 verso del Código Atlántico.



Manuscrito original de la máquina de movimiento alterno del Códice Atlántico f.0030v

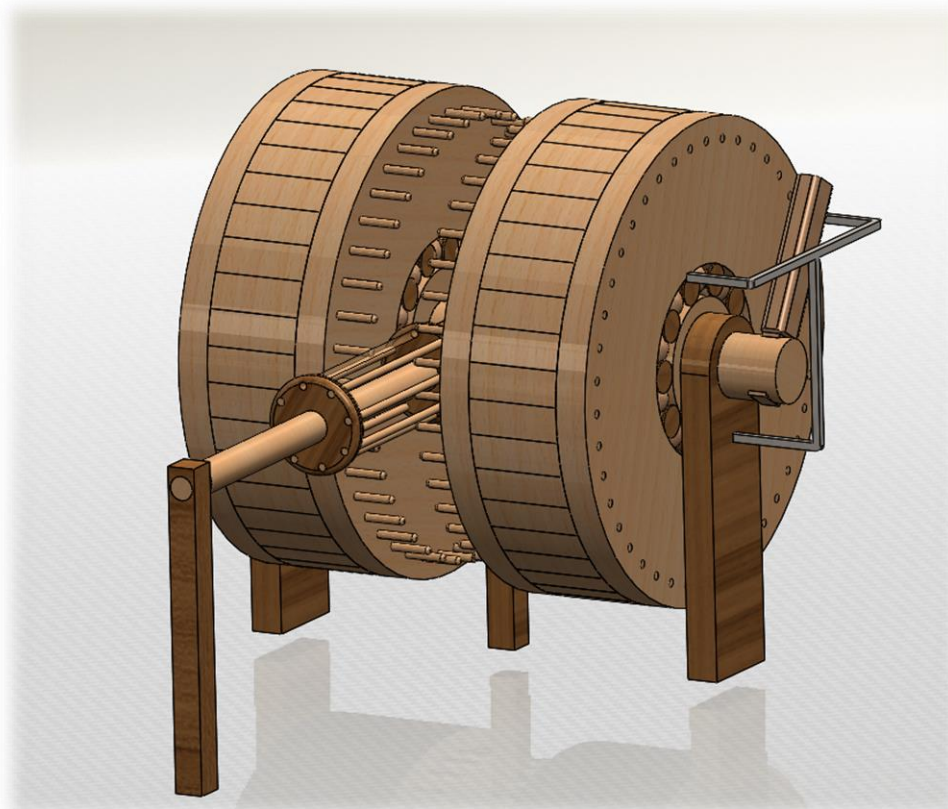


Imagen digital del rediseño de la máquina de movimiento alterno de Leonardo da Vinci

# STUDY AND 3D MODELING OF THE ALTERNATIVE MOVEMENT MACHINE THAT LEONARDO DA VINCI DESIGNED IN FF. 30V OF THE CODEX ATLANTICUS

Jose Antonio Jiménez Aguilar y Miguel Ángel Contreras López | Profesor

Ingeniería en Diseño Industrial y D.P.

Trabajo Fin de Grado

Palabras Clave | Leonardo, Vinci, transmission, machine, wheel, 3D, model, redesign, mechanical

Leonardo Da Vinci:

Ideal of "*Homo Universalis*"

---

The polymath, the man capable of applying and developing all fields of knowledge, the main ideal of Renaissance man and that Leonardo da Vinci managed to represent at its best. Interested in art, mathematics, optics, acoustics, mechanics, fluid dynamics, geology, botany, physiology and anatomy, he leaves us a great historical legacy with great study interest.

However, now we are interested in another facet of his person, that of an engineer, in which he also stood out in the civil, mechanical and military spheres, leaving us great contributions, some ahead of his time whose principles are used today.

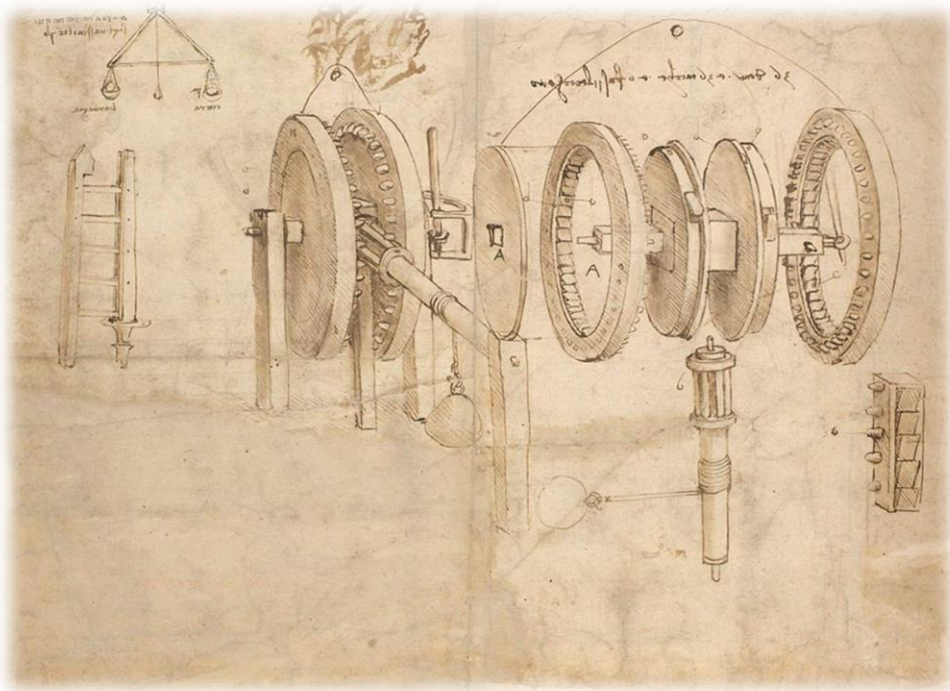
An investigation has been carried out about the context in which the alternative movement machine was conceived, leaving a small compilation of machinery and studies that Leonardo left us in relation to the transmission of movement and the vertical lifting of heavy weights.

This alternative movement machine will be the study base on which we will focus, performing a functional analysis in which we will reach constructive level conclusions to

propose changes or improvements to the invention to perfect the mechanism.

At a general interest level, we will highlight the exploded representation view system that Leonardo applies to this sheet, making this sketch a historical pioneer in using this type of representation.

Once the operation is clarified, we will rely on the SolidWorks software to make a 3D model that allows us to make renderings, exploded views and movement simulations that will help us clearly show the world how the reciprocating motion machine designed by Leonardo Da Vinci works. Vinci on ff. 0030v of the Codex Atlanticus.



Manuscrito original de la máquina de movimiento alterno del Códice Atlántico f.0030v

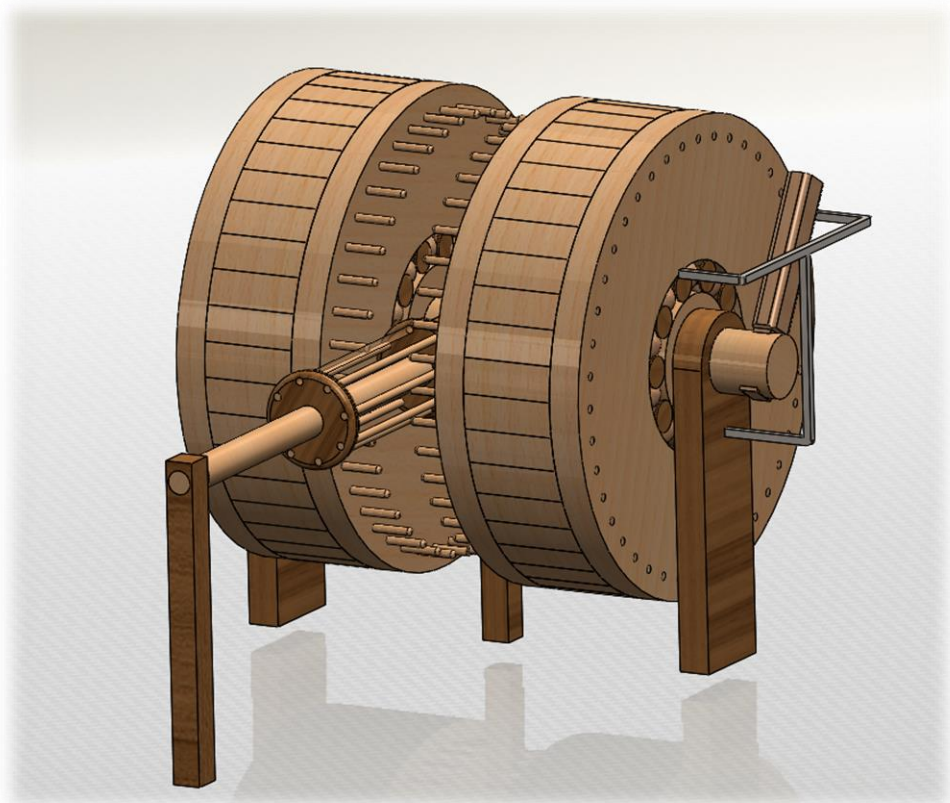


Imagen digital del rediseño de la máquina de movimiento alterno de Leonardo da Vinci

# Índice general

Índice de figuras .....	1
<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Objetivos. ....</b>	<b>3</b>
<b>3. Metodología. ....</b>	<b>5</b>
<b>4. Contexto histórico sobre la transmisión de movimiento y máquinas-grúa.....</b>	<b>7</b>
4.1 Introducción .....	7
4.2 Evolución histórica de la máquina-grúa.....	7
4.3 Evolución histórica de la transmisión de movimiento mediante engranajes.....	9
4.4 Aportación de Leonardo da Vinci.....	10
4.4.1 Máquinas grúa.....	10
4.4.2 Transmisión de movimiento.....	13
<b>5. Estudio de la máquina de movimiento alterno del Códice Atlántico, folio 30 verso..</b>	<b>17</b>
5.1 Introducción.....	17
5.2 Generalidades del folio 30v del Códice Atlántico.....	17
5.3 Funcionamiento de la máquina.....	20
5.3.1 Transmisión palanca-rueda dentada. Funcionamiento y relación con otras máquinas de Leonardo da Vinci.....	20
5.3.2 Transmisión ruedas-eje perpendicular. Funcionamiento y relación con otras máquinas de Leonardo.....	24
5.3.3 Información adicional sobre la máquina.....	26
<b>6. Estudio dimensional y Modelado 3D .....</b>	<b>29</b>
6.1 Introducción .....	29
6.2 Problemas a abordar y soluciones propuestas .....	29
6.3 Dimensionamiento .....	33
6.4 Modelado y Despiece. Comparativa pieza a pieza.....	36
6.4.1 Cálculos previos.....	36
6.4.2 Diseño y despiece del modelado 3D.....	40
6.5 Montaje. Vista explosionada.....	47
<b>7. Conclusiones .....</b>	<b>49</b>
<b>8. Presupuesto del Trabajo Fin de Grado.....</b>	<b>51</b>
<b>9. Bibliografía .....</b>	<b>53</b>
<b>10. Índice de planos .....</b>	<b>55</b>

# Índice de figuras

<b>Figura 3.1</b> Flujo de Trabajo (Elaboración propia).....	5
<b>Figura 4.1</b> "La garra de Arquímedes".....	8
<b>Figura 4.2.</b> Pentapasto Romano.....	8
<b>Figura 4.3</b> Carro que apunta hacia el sur .....	9

<b>Figura 4.4</b> Grúa excavadora de canal.....	10
<b>Figura 4.5</b> Grúa excavadora de canal.....	11
<b>Figura 4.6</b> Máquinas Elevadoras .....	12
<b>Figura 4.7</b> Grúa rotativa. ....	12
<b>Figura 4.8</b> Máquina de fabricar limas .....	13
<b>Figura 4.9</b> Estudio de la geometría de engranajes.....	14
<b>Figura 4.10</b> Tornillo sin fin, rueda dentada y trinquete. ....	14
<b>Figura 4.11</b> Transmisión por medio de barras y cuerdas.....	15
<b>Figura 5.1</b> Máquina de movimiento alterno. ....	17
<b>Figura 5.2</b> Higrómetro.....	18
<b>Figura 5.3</b> Transcripción Parte superior izquierda Códice Atlántico f.30v.....	18
<b>Figura 5.4</b> Escala del Códice Atlántico f.30v .....	19
<b>Figura 5.5</b> Detalle de la Máquina de movimiento alterno.....	19
<b>Figura 5.6</b> Transcripción superior de la Máquina de movimiento alterno .....	19
<b>Figura 5.7</b> Ruedas engranando interiormente.....	21
<b>Figura 5.8</b> Transcripción de Ruedas engranando interiormente del Códice Madrid I, f15v).....	21
<b>Figura 5.9</b> Funcionamiento de Trinquete con resorte. ....	21
<b>Figura 5.10</b> Funcionamiento inverso del trinquete. ....	22
<b>Figura 5.11</b> Sentido de engrane de las ruedas interiores. ....	22
<b>Figura 5.12.</b> Resorte transmitiendo movimiento.....	23
<b>Figura 5.13</b> Resorte no transmite el movimiento.....	23
<b>Figura 5.14</b> Transmisión por ejes perpendiculares.....	24
<b>Figura 5.15</b> Tornillo sin fin.....	25
<b>Figura 5.16</b> Tornillo sin fin (Códice Atlántico).....	25
<b>Figura 5.17</b> Sentido de giro en modelado 3D .....	26
<b>Figura 5.18</b> Sentido de giro en la página del código. ....	26
<b>Figura 5.19</b> Leonardo sobre el trinquete. Transcripción del código de Madrid I. f.0116v.....	27
<b>Figura 5.20.</b> Ruedas con dientes de sierra. ....	27
<b>Figura 5.21</b> Transformadora de movimiento continuo a alterno .....	28
<b>Figura 6.1.</b> Elementos que friccionan en la máquina de movimiento alterno original. ....	30
<b>Figura 6.2</b> Rodamiento/Cojinete de bolas .....	31
<b>Figura 6.3</b> Modelado del Rodamiento/Cojinete de bolas.....	31
<b>Figura 6.4</b> Secciones críticas en las espigas del modelado (vista seccionada).....	31
<b>Figura 6.5</b> Resorte de Leonardo en la máquina de movimiento alterno. ....	32
<b>Figura 6.6</b> Resorte de fleje usado como inspiración.....	32
<b>Figura 6.7</b> Resorte modelado.....	32
<b>Figura 6.8.</b> Dimensiones funcionales del cuerpo humano.....	33
<b>Figura 6.9</b> Dimensiones estructurales del cuerpo humano. ....	34
<b>Figura 6.10</b> Rango de activación de una palanca en un humano. ....	34
<b>Figura 6.11</b> Arco de accionamiento .....	35
<b>Figura 6.12</b> Altura de trabajo .....	36
<b>Figura 6.13</b> Dimensiones de la rueda grande. ....	37
<b>Figura 6.14</b> Dimensiones de la rueda pequeña. ....	38
<b>Figura 6.15</b> Estudio sobre las transmisiones de Leonardo .....	39
<b>Figura 6.16</b> Detalle de la rueda dentada.....	40
<b>Figura 6.17</b> Proceso de diseño de la rueda dentada.....	40
<b>Figura 6.18</b> Extrusión de diente con su matriz.....	41

---

<b>Figura 6.19</b> Modelado 3D de la rueda dentada .....	41
<b>Figura 6.20</b> Modelado 3D de la tapadera. ....	42
<b>Figura 6.21</b> Sección del modelado del eje mayor. ....	42
<b>Figura 6.22</b> Modelado 3D del Eje mayor.....	43
<b>Figura 6.23</b> Modelado 3D de la Rueda interna .....	43
<b>Figura 6.24</b> Modelado 3D del Fleje Metálico .....	43
<b>Figura 6.25</b> Modelado del eje menor, bastidor y piñón pequeño .....	44
<b>Figura 6.26</b> Despiece del modelado del eje menor, bastidor, y piñón pequeño.....	44
<b>Figura 6.27</b> Modelado 3D de Espigas, rodamientos, palanca y abrazadera .....	45
<b>Figura 6.28.</b> Patas laterales.....	46
<b>Figura 6.29.</b> Comparativa de vista explosionada con el diseño original .....	47
<b>Figura 6.30</b> Vista explosionada del eje mayor del modelado 3D.....	47
<b>Figura 6.31</b> Vista explosionada del eje menor del modelado 3D .....	48
<b>Figura 6.32</b> Modelado 3D de la máquina de movimiento alterno.....	48
<b>Figura 8.1</b> Desglose del presupuesto .....	51





# 1. Introducción.

Leonardo di ser Piero da Vinci (Vinci, 1452-Amboise, 1529), o más comúnmente conocido como Leonardo da Vinci fue un artista y polímata italiano del renacimiento interesado por áreas como matemáticas, óptica, acústica, mecánica, dinámica de fluidos, la geología, la botánica, la fisiología y la anatomía. Es por ello por lo que es comúnmente considerado como el arquetipo del hombre renacentista, un hombre de curiosidad insaciable y de imaginación ilimitada.

Aunque es considerado el gran artista del renacimiento gracias a su exquisita obra pictórica, su faceta científica y experimentadora es igualmente notable y nos deja miles de páginas, actualmente recopiladas en sus diferentes códices donde deja plasmada una gran cantidad de notas, pensamientos, bocetos y máquinas de diferentes ámbitos del conocimiento donde en muchos casos encontramos anticipaciones de muchos desarrollos posteriores de la ciencia moderna.

Sin embargo, existen autores como Bertrand Gille que en su libro “Los ingenieros del Renacimiento” considera que, a pesar de que Leonardo Da Vinci nos deja un gran legado en forma de dibujos, su aporte a nivel de innovaciones técnicas fue mínimo, puesto que brindaba pocas soluciones prácticas viables acordes a las realidades científicas de los materiales e industria de la época. Aún así es evidente el deseo de observación y experimentación que Leonardo aplicó a su estudio, rompiendo con la tradición subyacente de la época, ayudando a la creación de un nuevo paradigma donde se establece un método de investigación más sólido sustentado en una mayor sistemización del que las siguientes generaciones de científicos e ingenieros se beneficiarán.

Cabe destacar la habilidad de Leonardo para plasmar sus bocetos con suma precisión haciendo uso maestro de técnicas de perspectiva y de representación tales como la vista en corte y la vista explosionada, técnicas novedosas que fueron introducidas en los cuadernos de Marino Taccola (1382-1453) y fueron perfeccionados a posteriori por Francesco di Giorgio (1439-1502) y el propio Leonardo.

Realizar diseños o desarrollar soluciones tecnológicas a necesidades sociales, industriales o económicas, identificando y comprendiendo los obstáculos más importantes para realizar un buen diseño es la labor de un ingeniero, y bajo esta definición Leonardo posee un gran bagaje de obras. En el ámbito de la ingeniería civil se centró mayormente en los sistemas hidráulicos y las canalizaciones de las ciudades, en la ingeniería militar destacó en el diseño de fortificaciones.

Como ingeniero mecánico además de la creación de diferente maquinaria industrial como máquinas de hilar o laminadoras de metal Leonardo Da Vinci trabajó la transformación del movimiento haciendo uso de diferentes elementos tales como el plano inclinado, la rueda, la polea, cremalleras, tornillos y tuercas, levas, palancas, excéntricas, manivelas, bielas, y cigüeñales, además de un análisis de transmisiones por ruedas dentadas, engranajes y piñones. Además del estudio de estos elementos en sí mismos, comúnmente eran combinados para crear máquinas como el gato mecánico (Códice Atlántico, 0998r) o la máquina transformadora de movimiento alterno a continuo (Códice Atlántico, 0030v), objeto de estudio de este trabajo.

## 2. Objetivos.

Nos enfrentamos a una máquina de estudio del movimiento, Leonardo plantea una solución a la pregunta ¿Cómo puedo transformar el movimiento alterno de un operador moviendo una palanca en movimiento continuo de una rueda? Y en el proceso nos deja un boceto para la historia, usado como el ejemplo más claro del uso de las primeras vistas explosionadas de la historia, siendo el que mejor la implementa dada la época.

Pero en el presente proyecto nos planteamos las siguientes dudas, ¿Cómo funciona la máquina? ¿Era realmente funcional la máquina tal y como la dibujó Leonardo? ¿Qué cambios o mejoras podrían plantearse? Para ello realizaremos un estudio en profundidad de la página 30 verso del Códice Atlántico, haremos un breve análisis de la maquinaria similar de la época y nos apoyaremos en el Software SolidWorks para realizar un modelo 3D que nos ayude a visualizar el funcionamiento de la máquina de movimiento alterno.



## 3. Metodología.

El proceso metodológico para la elaboración del presente Trabajo Fin de grado ha constado de 4 procesos: Investigación, Estudio, Modelado y Recopilación de conclusiones.

1. Investigación. En este primer paso, se ha recopilado información sobre el contexto histórico de la época, biografía de Leonardo, se han repasado los diferentes Códices que Leonardo dejó en búsqueda de maquinaria similar o elementos más sencillos que pudieran haber sido inspiración de Leonardo para la máquina de Movimiento Alterno y que nos sirven para poder entender mejor la misma.

2. Estudio. Haciendo uso de la información recopilada planteamos las siguientes cuestiones: ¿Cómo funciona realmente la máquina? ¿Qué cambios habría que realizar si no funcionara correctamente? ¿Podemos usar elementos diseñados por Leonardo para “arreglar” la máquina? Además, realizamos un predimensionamiento teniendo en cuenta medidas ergonómicas, además de ciertos cálculos como relaciones de transmisión y engranajes.

3. Modelado. Haciendo uso del estudio, nos apoyamos en el Software SolidWorks para realizar un modelado 3D, que nos ayudará a deslumbrar la solución propuesta y realizar una serie de videos y renders que servirán de apoyo visual sobre la máquina.

Tanto el proceso 2 como el 3 han sido retro compatibles entre ellos, puesto una vez iniciado el proceso de modelado, se producen ciertos problemas e inconvenientes que hacen necesario la revisión y vuelta atrás hacia el estudio para dar otra solución, esta vez que sí sea viable.

4. Recopilación de conclusiones. Se elabora un texto de carácter recopilatorio donde se plasma el proceso de estudio llevado a cabo durante el Trabajo fin de grado.

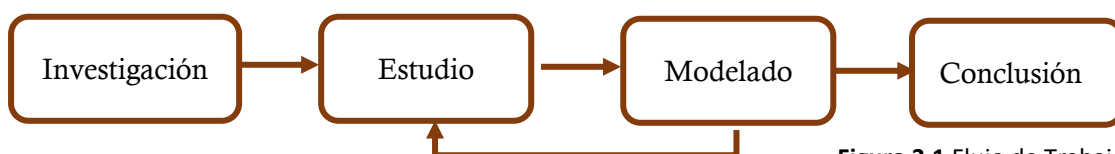


Figura 3.1 Flujo de Trabajo  
(Elaboración propia)



## 4. Contexto histórico sobre la transmisión de movimiento y máquinas-grúa.

### 4.1 Introducción

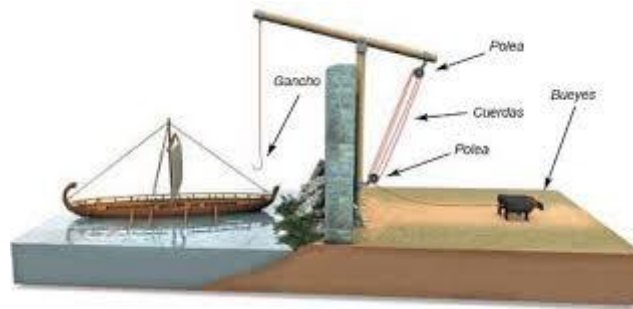
En la búsqueda de entender la máquina de movimiento alterno de una forma global se hace necesario conocer el contexto en la que esta fue concebida, para ello se hace un breve repaso histórico de diferentes elementos esenciales que se presentan en la máquina, tales como pueden ser engranajes, trinquetes, palancas y diferente maquinaria de elevación de peso, puesto que Leonardo propone usar esta máquina de movimiento alterno como una máquina-grúa capaz de elevar peso.

### 4.2 Evolución histórica de la máquina-grúa.

Ya en la antigua Mesopotamia (3.500 a.C.), hay vestigios de conocimiento sobre 5 máquinas elementales conocidas como “las cinco grandes”, estas son: la cuña, el plano inclinado, el tornillo, la rueda y la palanca. Estas máquinas elementales eran usadas en su manera elemental, no fue hasta aproximadamente el año 250 a.C., que estas máquinas empezaron a ser usadas no solo de manera más eficiente en sí mismas, sino como componentes de máquinas mucho más complejas gracias a los descubrimientos que Arquímedes hizo públicos sobre ellas.

Así, la primera evidencia literaria que nos habla de la existencia de la primera grúa se le atribuye al mismo Aristóteles en sus ejercicios mecánicos, la cual consiste en un aparejo de poleas que se dice que usó para desencallar barcos de guerra. Otros inventos relacionados con ella, como la manivela son nombradas en su obra *Mechanica*.





**Figura 4.1** "La garra de Arquímedes".

**Fuente:** <https://leyendasmirdalirs.com/2014/12/05/la-garra-de-arquimedes/>

Las primeras grúas que se tiene constancia que usaron poleas acaneladas constan del siglo VI, inventadas y usadas en la antigua Grecia para la construcción de edificios y templos, el torno y la polea sustituyeron a la rampa como elemento principal de elevación vertical de cargas puesto que gracias a estos inventos se hacía más eficaz elevar mayor cantidad de piedras de menor peso que a la inversa. Estas grúas podían levantar entre 15 y 20 toneladas, aunque posteriormente aumentaron su capacidad haciendo uso de mayor número de poleas.

El relevo de los griegos lo tomaron los Romanos los cuales desarrollaron más esta idea ya que la construcción de edificios más grande lo requería. De esta manera desarrollaron varios tipos de grúa, el trispasto (tres poleas), el pentapasto (cinco poleas) y el polypasto (3 cuerdas, 5 poleas y 4 hombres).



**Figura 4.2.** Pentapasto Romano

**Fuente:** <https://viajes.elpais.com.uy/2020/12/24/no-necesitaban-magia-para-mover-enormes-pesos/>

Los ingenieros medievales reemplazaron elementos del mecanismo antiguo, como la disposición de la cabria, por un poste vertical de madera sobre un soporte que actuaba de armazón, Además, esta grúa tenía la capacidad de girar a los lados en un ángulo considerable.

En este contexto es donde Leonardo bocetea y crea diferentes elementos de elevación vertical, los cuales señalaremos más adelante

### 4.3 Evolución histórica de la transmisión de movimiento mediante engranajes.

Desde épocas muy remotas se han utilizado cuerdas y elementos fabricados en madera para solucionar los problemas de transporte, impulsión, elevación y movimiento. Nadie sabe a ciencia cierta dónde ni cuándo se inventaron los engranajes. La literatura de la antigua China, Grecia, Turquía y Damasco mencionan engranajes, pero no aportan muchos detalles de estos.

El mecanismo de engranajes más antiguo de cuyos restos disponemos es el mecanismo de Antikythera. Se trata de una calculadora astronómica datada entre el 150 y el 100 a. C. y compuesta por al menos 30 engranajes de bronce con dientes triangulares. Presenta características tecnológicas avanzadas como por ejemplo trenes de engranajes epicicloidales que, hasta el descubrimiento de este mecanismo, se creían inventados en el siglo XIX. Por citas de Cicerón se sabe que no fue un ejemplo aislado, sino que existieron al menos otros dos mecanismos similares en esa época, construidos por Arquímedes y por Posidonio. Por otro lado, a Arquímedes se le suele considerar uno de los inventores de los engranajes porque diseñó un tornillo sin fin.

En China también se han conservado ejemplos muy antiguos de máquinas con engranajes. Un ejemplo es el llamado "carro que apunta hacia el Sur" (120-250 d. C.), un ingenioso mecanismo que mantenía el brazo de una figura humana apuntando siempre hacia el Sur gracias al uso de engranajes diferenciales epicicloidales. Algo anteriores, de en torno a 50 d. C., son los engranajes helicoidales tallados en madera y hallados en una tumba real en la ciudad china de Shensi.



**Figura 4.3** Carro que apunta hacia el sur

Fuente: <http://www.cabovolo.com/2008/05/el-carro-que-apunta-hacia-el-sur-el.html>

No está claro cómo se transmitió la tecnología de los engranajes en los siglos siguientes. Es posible que el conocimiento de la época sobreviviese y contribuyese al florecimiento de la ciencia y la tecnología en el mundo islámico de los siglos IX al XIII. Por ejemplo, un manuscrito andalusí del siglo XI menciona por vez primera el uso en relojes mecánicos tanto de engranajes epicíclicos como de engranajes segmentados. En los inicios del Renacimiento esta tecnología se utilizó en Europa para el desarrollo de sofisticados relojes, en la mayoría de los casos destinados a edificios públicos como catedrales.

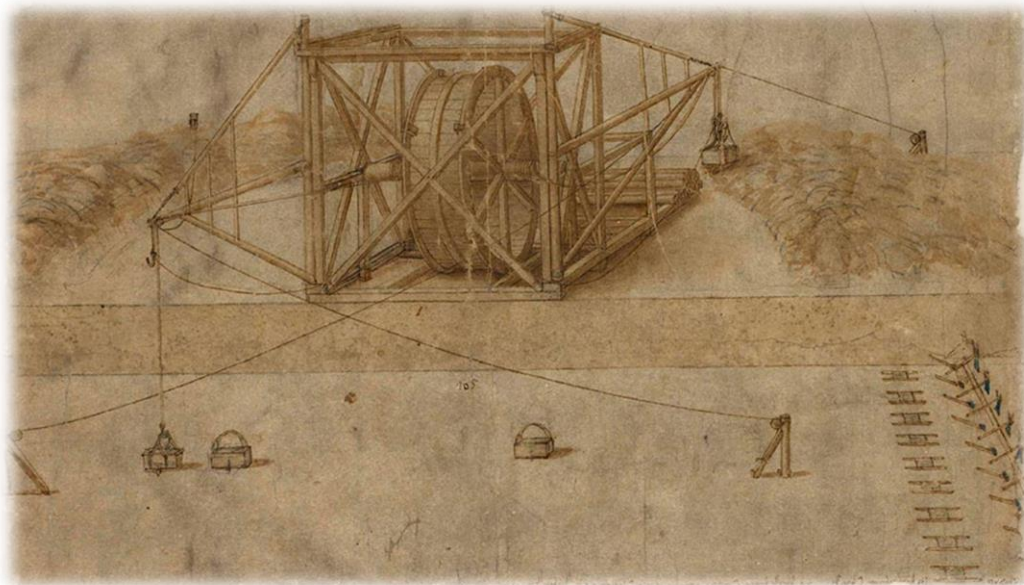
En este contexto, Leonardo da Vinci dejó numerosos dibujos y esquemas de algunos de los mecanismos utilizados hoy diariamente, incluyendo varios tipos de engranajes de tipo helicoidal.

## 4.4 Aportación de Leonardo da Vinci.

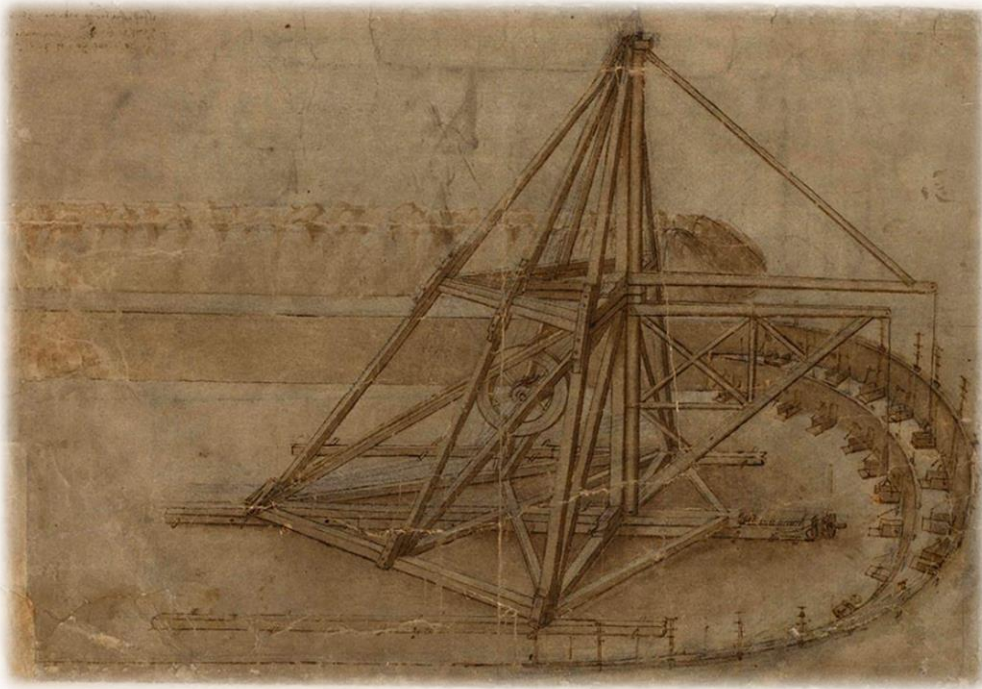
Leonardo nos dejó en sus códices diferentes aportaciones sobre la transmisión de movimiento y elevación de pesos de forma vertical, muchos de ellos avanzados para su época, otros perduran hasta la actualidad. Hacemos una pequeña recopilación de máquinas interesantes para el estudio de la máquina de movimiento alterno.

### 4.4.1 Máquinas grúa.

En los trabajos de desviación del curso de ríos, se necesitaba realizar grandes cantidades de excavaciones y movimiento de tierras, es por ello por lo que se cree que Leonardo diseñó varias máquinas grúa para levantar y transportar el material de la excavación.



**Figura 4.4** Grúa excavadora de canal.  
(Códice Atlántico, f. 0003r)

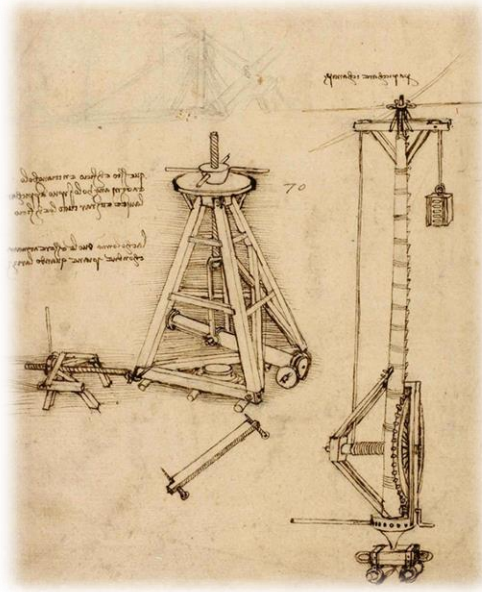


**Figura 4.5** Grúa excavadora de canal.  
(Códice Atlántico, f. 0004r)

Sobre estas máquinas cabe destacar la capacidad de trabajo sobre varios niveles de excavación, además los brazos, de diferente longitud pueden rotar 180 grados.

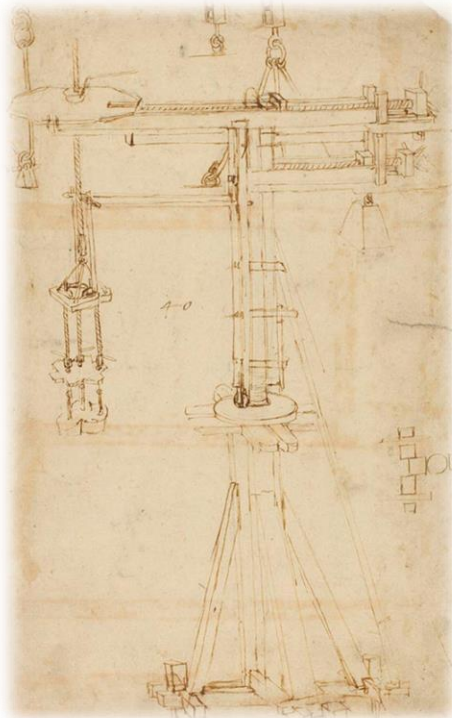
En la siguiente página vemos la idea de una grúa móvil con capacidad de rotar 360 grados, para que esta máquina pueda funcionar sin que se caiga, es obvia la necesidad de fijarla mediante tensores para que el contrapeso del elemento que se desea levantar no vuelque la propia grúa.

A la izquierda de la grúa observamos una máquina ideada para levantar y enderezar columnas monolíticas.



**Figura 4.6** Máquinas Elevadoras  
(Códice Atlántico, f. 0138r)

La siguiente grúa se cree que tomó inspiración en las que se emplearon en la construcción de *Santa María de Fiore*, de Brunellechi. Pensada para elevar grandes pesos gracias a un sistema de contrapesos regulables que permitía a la grúa mantener un equilibrio perfecto, también presenta una plataforma giratoria que permite rotar la máquina.

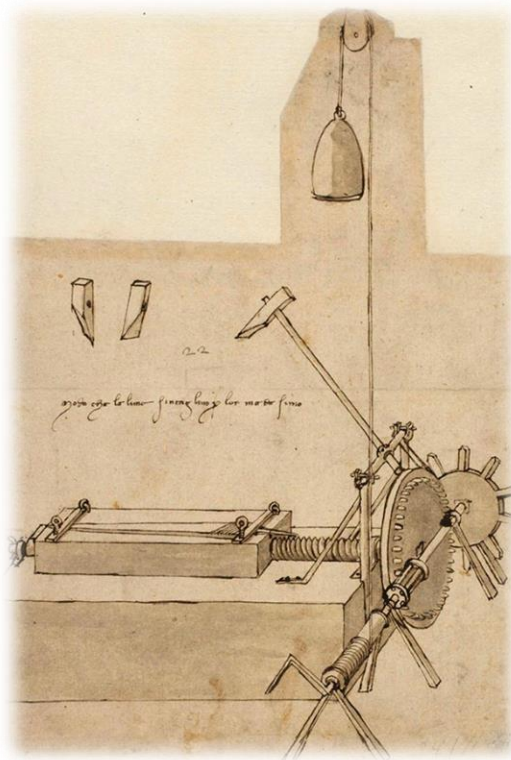


**Figura 4.7** Grúa rotativa.  
(Códice Atlántico, f. 0965r)

Además de estas máquinas grúa, Leonardo sigue abordando en diferentes páginas el problema de levantar materiales de forma rápida y segura haciendo uso de trinquetes, cabrestantes y otros sistemas. Como por ejemplo la propia máquina de movimiento alterno.

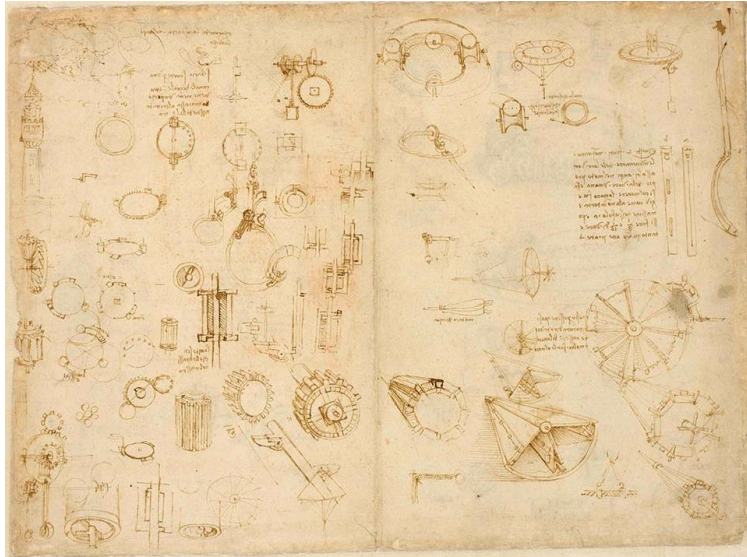
#### 4.4.2 Transmisión de movimiento.

En sus estudios sobre la ingeniería mecánica Leonardo prestó especial atención a la transmisión del movimiento. Entre su aportación podemos encontrar desde diferentes tipos de engranajes, hasta la transmisión por cadena usada en su famoso diseño de la bicicleta, pasando por trinquetes, palancas, correas y resortes. El completo estudio de todos los mecanismos queda fuera de la aplicación de este trabajo, sin embargo, se realiza una recopilación de máquinas interesantes por la similitud al principio de funcionamiento que tienen sobre la máquina de movimiento alterno.



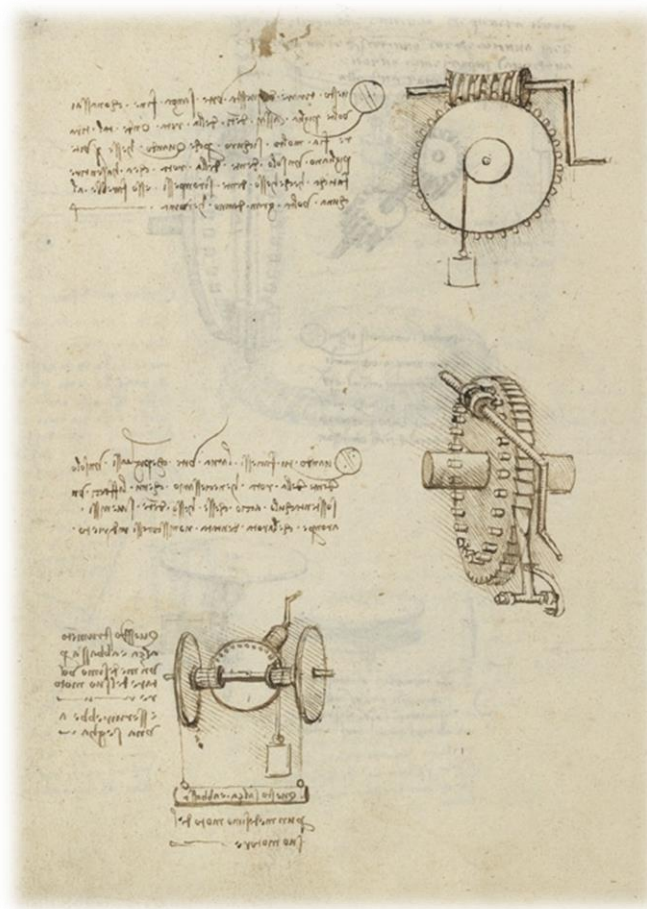
**Figura 4.8** Máquina de fabricar limas  
(Códice Atlántico, f. 0024r)

Se observa una transmisión de movimiento con ejes perpendiculares entre sí.

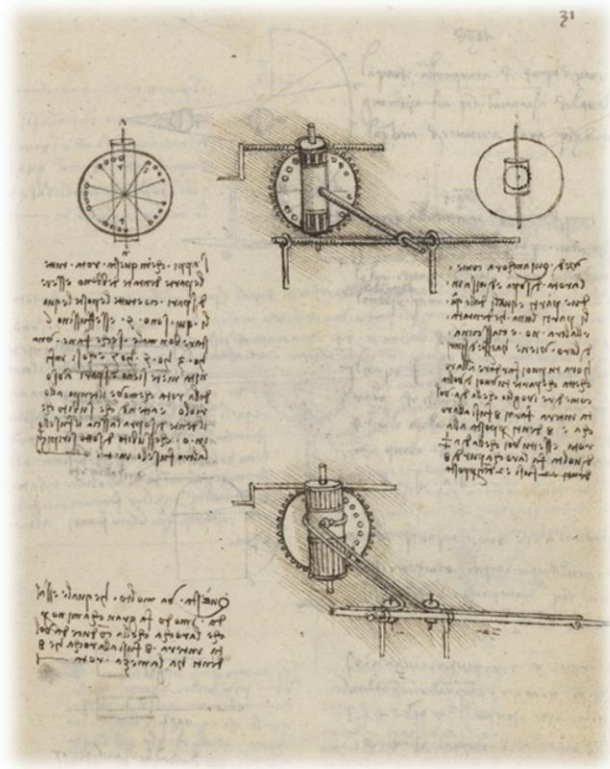


**Figura 4.9** Estudio de la geometría de engranajes  
(Códice Atlántico, f. 1106r)

Se observa diferentes bocetos y versiones de engranajes, transmisiones y ruedas dentadas, además de algunas anotaciones y observaciones sobre el funcionamiento de estas.



**Figura 4.10** Tornillo sin fin, rueda dentada y trinquete.  
(Códice Madrid I, f. 0017v)



**Figura 4.11** Transmisión por medio de barras y cuerdas  
(Códice de Madrid I, f. 0031r)



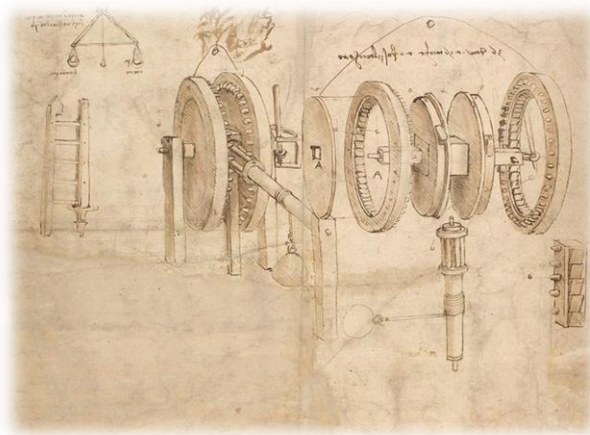


## 5. Estudio de la máquina de movimiento alternativo del Códice Atlántico, folio 30 verso

### 5.1 Introducción.

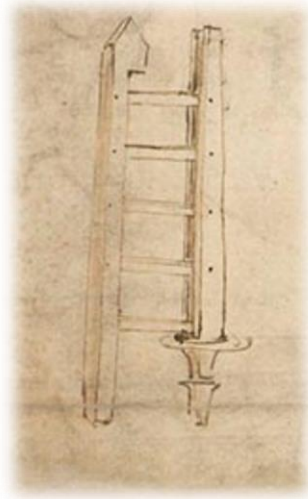
Conocido el contexto histórico sobre la industria y maquinaria, es hora de adentrarse en el estudio del folio 30 verso del código atlántico donde se encuentra esbozada la máquina de movimiento alternativo. En los siguientes epígrafes se tratará de diseminar la máquina en sus partes buscando similitudes en otros mecanismos del propio Leonardo que nos ayude a entender la máquina.

### 5.2 Generalidades del folio 30v del Códice Atlántico.



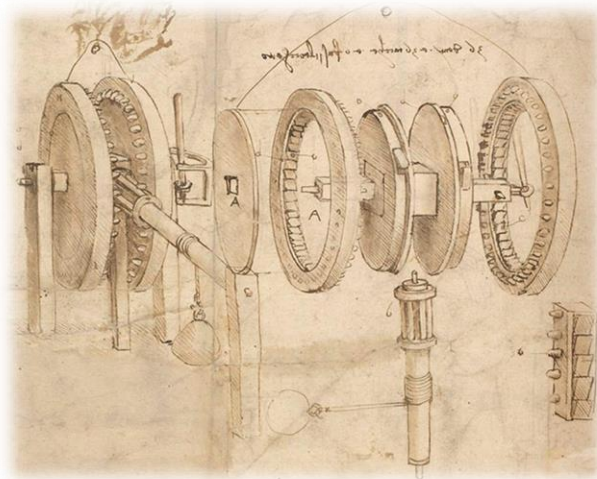
**Figura 5.1** Máquina de movimiento alternativo.  
(Códice Atlántico, f. 0030v)





**Figura 5.4** Escala del Códice Atlántico f.30v  
(Códice Atlántico, f. 0030v)

En la parte central del folio, se representa la máquina de movimiento alternativo de forma duplicada, al lado izquierdo se encuentra representado completo, ensamblado, a su derecha se representa una vista en detalle. En la esquina inferior derecha se representa una vista del árbol de engrane y un detalle de la rueda girados y aumentados. Un sistema de letras indica los puntos principales de ensamblaje de los diferentes elementos. En la parte superior de la máquina un texto que nos habla sobre la cantidad de dientes del engrane. El lenguaje visual y la iconografía hace innecesario mayor cantidad de texto.



**Figura 5.5** Detalle de la Máquina de movimiento alternativo.  
(Códice Atlántico, f. 0030v)

*A destra:*

**36 denti e 36 tacche e 6 fusi il rocchetto.**

**Figura 5.6** Transcripción superior de la Máquina de movimiento alternativo  
Fuente: <https://www.leonardodigitale.com/en/browse/codex-atlanticus/0030-v/>

### Traducción.

*“A la derecha: 36 dientes y 36 muescas y 6 husillos al carrete”*

## **5.3 Funcionamiento de la máquina.**

El objetivo final es convertir movimiento alterno de una palanca siendo activada por un operario en movimiento continuo. Para ello Leonardo idea un mecanismo consistente en dos ruedas de engranajes concéntricos que se “activan” intermitentemente en función de la dirección de avance de la palanca. Es decir, cuando la palanca avanza en sentido de las agujas del reloj, una de las dos ruedas interiores engrana con su homónima, mientras que la otra “resbala”, y cuando la palanca gira en sentido contrario la máquina funciona a la inversa, de esta manera para cada impulso de la palanca, siempre hay una de las dos ruedas que está siendo arrastrada, transmitiendo fuerza.

Esto se consigue gracias a lo que podemos llamar un trinquete a la inversa, puesto que el vástago o resorte que generalmente se encargaría de impedir el retorno de la rueda en un trinquete convencional, en este caso es el encargado de transmitir el movimiento.

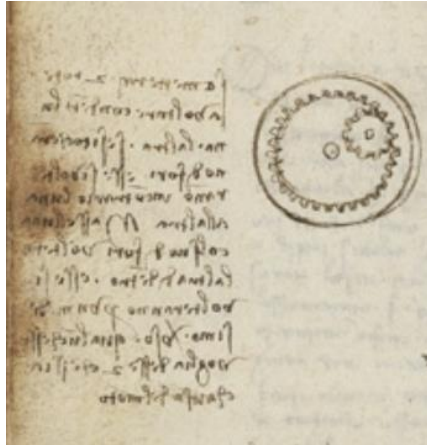
Una vez conseguido que ambas ruedas giren en sentido contrario, una cada vez por cada impulso de palanca, solo queda unir una transmisión por ejes perpendiculares, que termine de completar el movimiento circular completo. Leonardo diseñó varias ideas para conseguir este propósito que trataremos a continuación.

Para entender la máquina de manera clara, la vamos a seccionar en dos partes:

- 1) Transmisión palanca-rueda dentada.
- 2) Transmisión ruedas – Eje perpendicular.

### **5.3.1 Transmisión palanca-rueda dentada. Funcionamiento y relación con otras máquinas de Leonardo da Vinci.**

Para empezar a entender la máquina es de ayuda leer lo que Leonardo escribió sobre ruedas concéntricas que engranan entre sí:



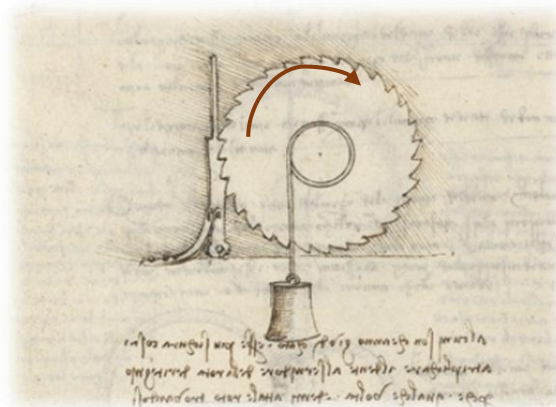
**Figura 5.7** Ruedas engranando interiormente.  
(Código Madrid I, f. 0015v (detalle))

Si pones dos ruedas que den vueltas una a la otra con sus dientes, si están en contacto por fuera, las ruedas girarán en dirección contraria. Pero si una de las ruedas con sus dientes externos da vueltas a la otra por la parte interna, las ruedas girarán en la misma dirección, sea cualquiera de las dos la rueda motriz.

**Figura 5.8** Transcripción de Ruedas engranando interiormente del Código Madrid I, f15v)  
Fuente: <http://leonardo.bne.es/index.html>

Entonces, uniendo la palanca mediante un eje a la rueda interior, tenemos mitad del trabajo realizado, puesto que ya podemos transmitir el movimiento de una palanca, en movimiento giratorio. Esto también conlleva un problema puesto que cuando la palanca realice su movimiento de retorno este también arrastrará a la rueda mayor, realizando un constante ida y vuelta que no lleva a ningún sitio. Esto nos lleva a la conclusión de que necesitamos que la rueda interior, que a partir de ahora llamaremos rueda motora, conduzca a su par sólo en un sentido y no en el contrario. Para solucionar esta situación, a Leonardo se le ocurre invertir el funcionamiento de un trinquete convencional, ¿Y si en vez de “atracar” el movimiento en un sentido, hacemos que sólo lo transmita en un sentido? Esta brillante idea es la base del funcionamiento de la máquina.

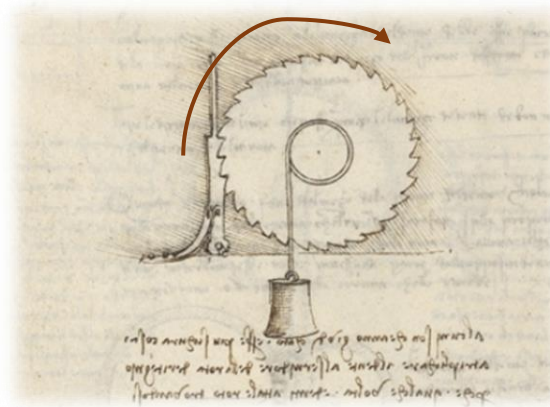
Para ilustrarnos nos ayudamos del trinquete que diseñó Leonardo y que queda plasmado en el Código de Madrid I, folio 0116v.



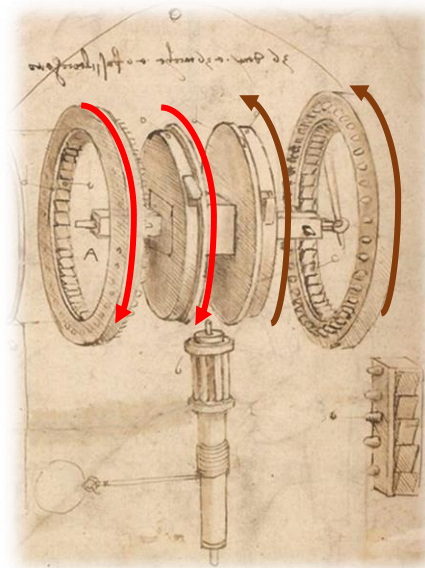
**Figura 5.9** Funcionamiento de Trinquete con resorte.  
(Código Madrid I, f. 0116v (detalle)). Diagrama de elaboración propia.

En el funcionamiento normal del trinquete, la rueda giraría en el sentido horario, haciendo que en un posible retroceso de la rueda el resorte que aprieta a la misma impida ese movimiento.

Pero imaginemos lo siguiente, ¿Y si conseguimos que el resorte consiga girar alrededor de la rueda dentada? En este caso el resorte transmitiría movimiento si gira en sentido horario mientras que “resbalaría” si lo hace en el sentido antihorario, haciendo un característico sonido de clic-clac puesto que el resorte estaría apretándose a sí mismo contra la rueda.



**Figura 5.10** Funcionamiento inverso del trinquete.  
(Códice Madrid I, f. 0116v (detalle)). Diagrama de elaboración propia.

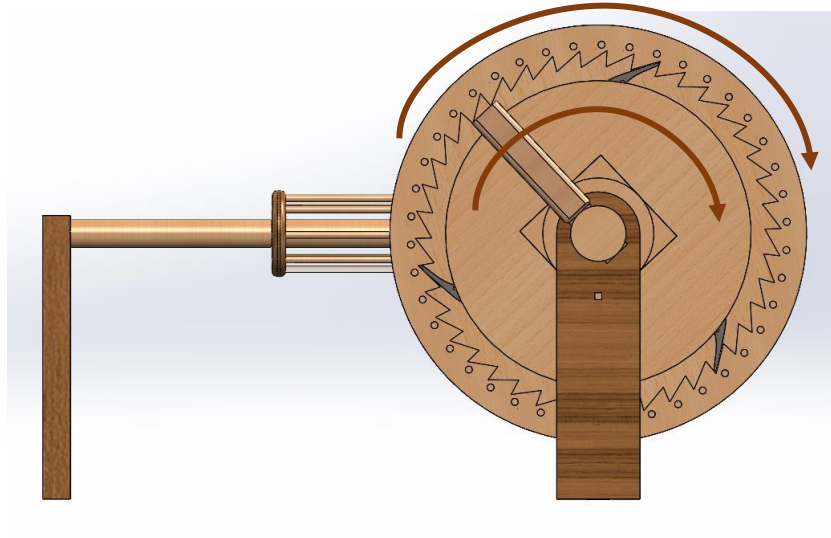


**Figura 5.11** Sentido de engrane de las ruedas interiores.  
(Códice Atlántico, f. 0030v (Detalle)) Diagrama de elaboración propia

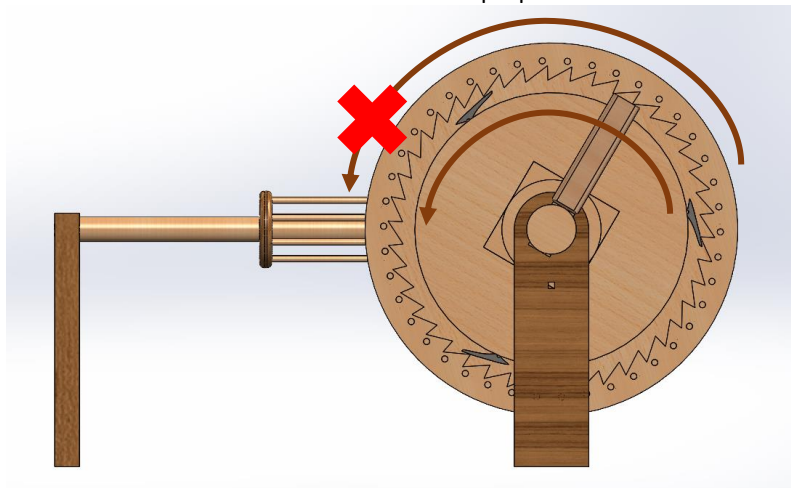
Siguiendo con el símil anterior, las ruedas internas son las que realizan la función del resorte del trinquete que hacíamos girar en la figura 5.10, estas, están unidas mediante un eje a la palanca que es la que las hace girar. Una vez resuelto el problema de transmitir la fuerza únicamente en un sentido de accionamiento de la palanca, para que el movimiento sea continuo y se transmita en ambos sentidos de movimiento basta con colocar otra rueda similar, en el mismo eje, pero que engrane en el sentido contrario, es decir, colocada de forma

inversa, de esta forma, una de dos ruedas siempre estará transmitiendo fuerza y la otra estaría “resbalando”.

En los siguientes renders se muestra el funcionamiento



**Figura 5.12.** Resorte transmitiendo movimiento.  
Fuente: Elaboración propia



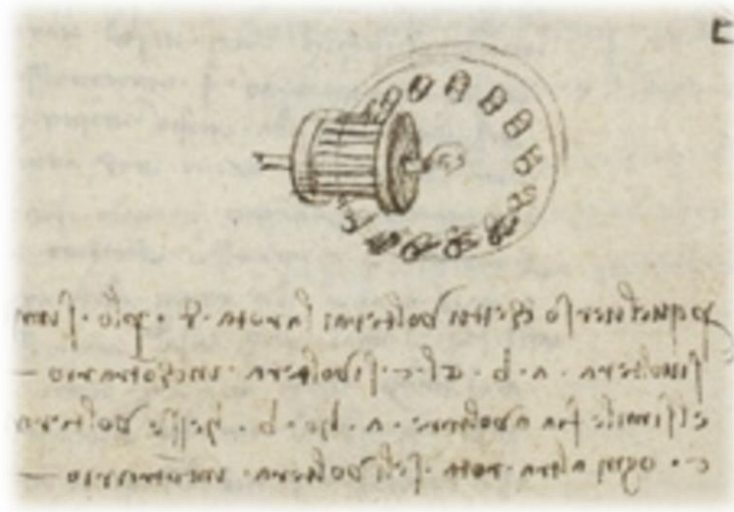
**Figura 5.13** Resorte no transmite el movimiento.  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 5.12 observamos el sentido de transmisión del movimiento, en la figura 5.13 observamos como resbala el resorte en el sentido contrario, nótese que mientras una de las ruedas se encuentra en el estado de la figura 5.12, la otra por contraposición siempre estará en el estado de la figura 5.13.



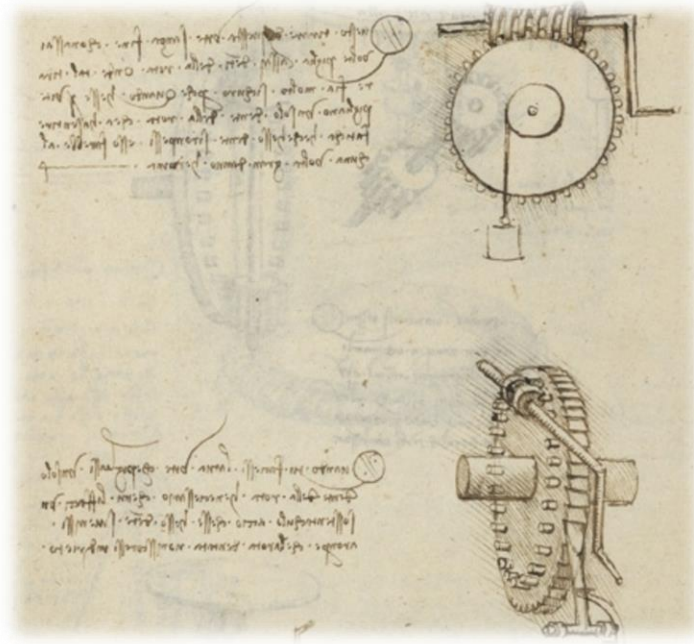
### 5.3.2 Transmisión ruedas-eje perpendicular. Funcionamiento y relación con otras máquinas de Leonardo.

Ahora nos enfrentamos a una transmisión de ejes perpendiculares entre sí, Leonardo dejó esbozada la solución planteada en un estudio previo que se encuentra recopilado en el Códice de Madrid, I f. 0015v.



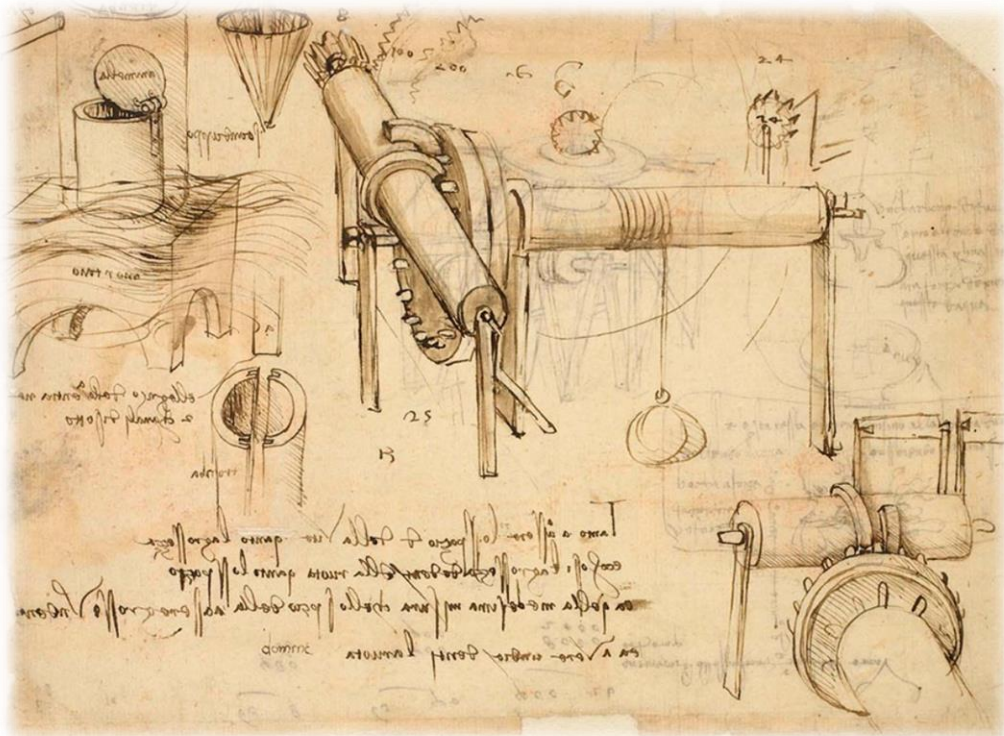
**Figura 5.14** Transmisión por ejes perpendiculares  
(Códice Madrid I, f. 0015v (detalle))

Otras soluciones para resolver la transmisión en ejes perpendiculares podrían ser la del tornillo sin fin, la cual aplica en varias máquinas:



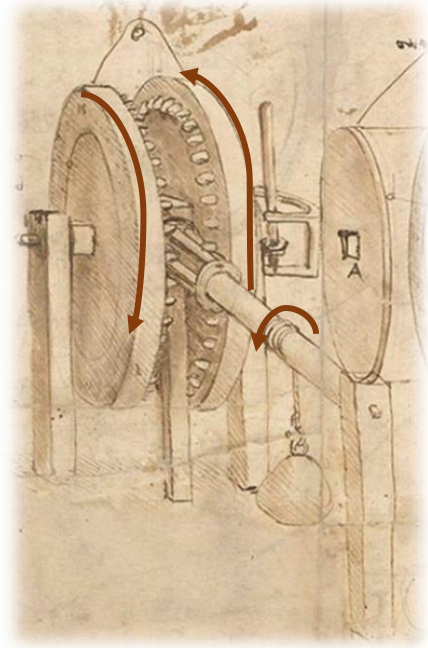
**Figura 5.15** Tornillo sin fin  
(Códice Madrid I, f. 0017v (detalle))

Más curiosa es la siguiente es el siguiente folio donde Leonardo especula sobre el espesor del husillo y la relación con los dientes.

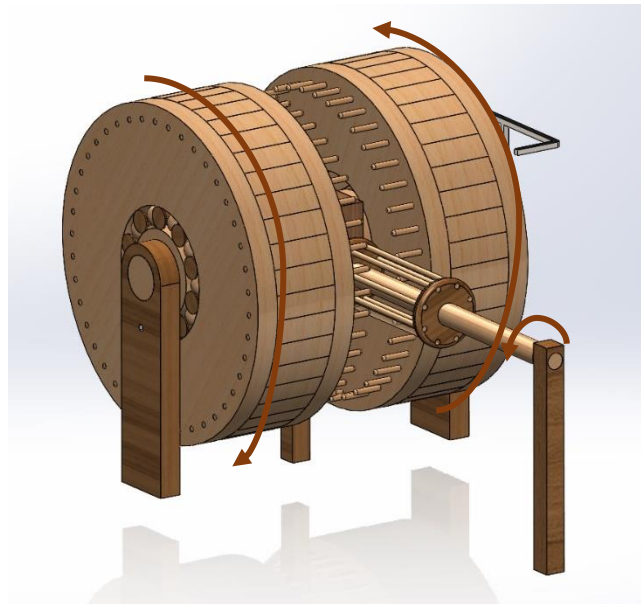


**Figura 5.16** Tornillo sin fin (Códice Atlántico)  
(Códice Atlántico, f. 1112r)

Una vez aclarado el funcionamiento de la transmisión, sólo quedaría cuidar la relación de transmisión, y el sentido de giro de ambas ruedas grandes para que ambas ayuden al piñón pequeño a girar en su adecuado sentido.



**Figura 5.18** Sentido de giro en la página del códice.  
(Códice Atlántico, f.0030v ((Detalle)))



**Figura 5.17** Sentido de giro en modelado 3D  
Fuente: Elaboración propia

### 5.3.3 Información adicional sobre la máquina

No habría que de dejar pasar la oportunidad de comentar ciertas curiosidades o características sobre la máquina de movimiento alterno:

I) La máquina es de carácter autoblocante, es decir en caso de que el operario suelte la palanca, la máquina se atrancaría debido a los trinquetes internos que solo permiten el movimiento en una dirección, esto solventa un problema de seguridad que es de importancia según letra del propio Leonardo:

Algunos juzgan más seguro triplicar el diente del trinquete de la rueda de retención porque, a veces, el diente puede romperse. Un diente único, que se encuentre por un lado o por el otro de la armadura de madera, puede no resistir el exceso del peso, especialmente si la rueda es de un diámetro reducido. Para evitar este riesgo, han hecho que el trinquete se engrane con tres de los dientes de la rueda. Personalmente no soy contrario a este razonamiento porque, cuando hay que mover grandes pesos, conviene evitar riesgos lo más que se pueda. Y, al colocar el trinquete en línea perpendicular, es necesario aplicarle detrás un resorte que lo mantenga y que lo empuje contra los dientes de su rueda; de lo contrario, se correría el riesgo de que el trinquete se cayera para atrás y la rueda se deslizará violentamente en sentido inverso, lo cual provocaría una catástrofe, a causa de los muchos engranajes que hay en el mecanismo que tira, o bien un gran estrépito.

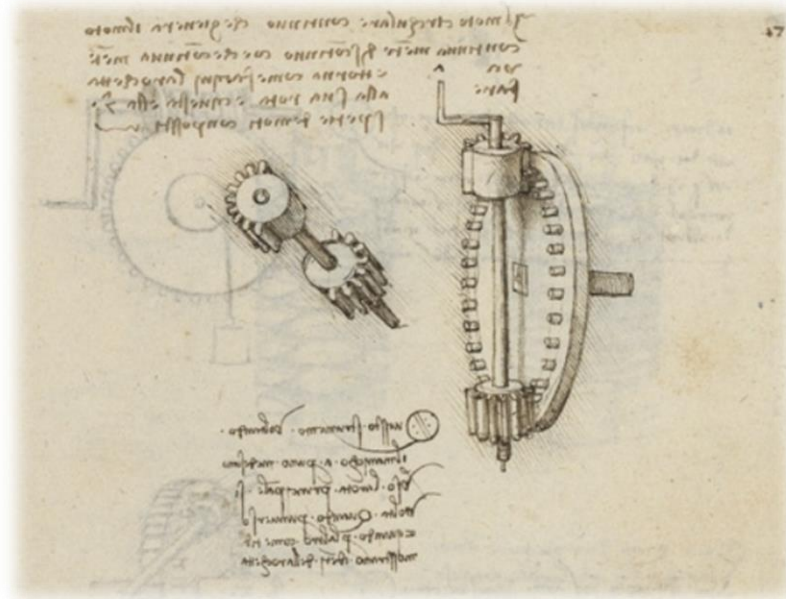
**Figura 5.19** Leonardo sobre el trinquete. Transcripción del código de Madrid I. f.0116v  
Fuente: <http://leonardo.bne.es/index.html>

II) Leonardo hace énfasis en el uso de los dientes de sierra, en una nota del folio 5r del Códice de Madrid comenta: “Estos son dientes muy duraderos, más que los otros”, por lo que podemos intuir que no es casualidad su uso en este tipo de máquinas-grúa ideadas para levantar peso.



**Figura 5.20.** Ruedas con dientes de sierra.  
(Códice de Madrid I, f. 0005r)

III) Leonardo también diseñó una máquina que podemos llamar la “anti-máquina” de la máquina de movimiento alterno, puesto que se encarga de transformar movimiento continuo accionado por una manivela en movimiento alterno de salida en una rueda, justo lo contrario que nuestra máquina realiza. Esto lo logra haciendo uso de dos medios piñones conductores o motrices que engranan de forma complementaria en la rueda conducida, provocando este movimiento alterno. Esto quiere decir que podemos usar el mismo principio para elaborar nuestra máquina de movimiento alterno de una forma diferente, simplemente invirtiendo el orden de accionamiento motriz.



**Figura 5.21** Transformadora de movimiento continuo a alterno  
(Códice de Madrid I, f. 0017r (Detalle))

## 6. Estudio dimensional y Modelado 3D

### 6.1 Introducción

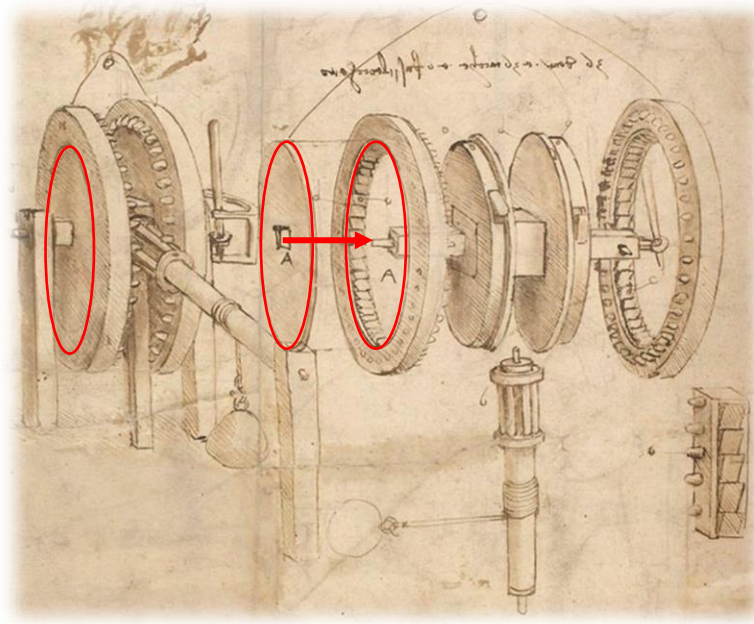
Una vez entendido el concepto teórico de la máquina, nos disponemos a abordar el problema constructivo y realización del modelado 3D de la máquina, tratando los diferentes problemas que se han encontrado en el modelo original y proponiendo una solución alternativa.

Se abordan los siguientes puntos:

- Dimensionamiento de la máquina.
- Problemas conceptuales y soluciones.
- Proceso de Modelado.
- Despiece y comparativa con la máquina original.
- Ensamblaje y modelado 3D.

### 6.2 Problemas a abordar y soluciones propuestas

En primer lugar, cabe destacar la falta de elementos de rodadura entre la rueda conducida (la rueda dentada interiormente), y la rueda motriz que activa la palanca, ya, que como hemos visto en el estudio funcional de la máquina, se hace necesaria que la rueda motriz sólo transmita movimiento en un sentido. Tal y como la dibujó Leonardo, la tapadera que centra la rueda interna con la externa, gira también con el impulso de la palanca, haciendo que la rueda externa también gire con el movimiento de la palanca, impidiendo un correcto engrane o transmisión del movimiento.



**Figura 6.1.** Elementos que friccionan en la máquina de movimiento alterno original.  
(Códice Atlántico, f.0030v ((Detalle)))

En la imagen se ve señalada la sección crítica de la que hablamos, en resumidas cuentas, la palanca activa el eje, que en el diseño de Leonardo mueve tanto la rueda interna como la tapadera que sustenta a la rueda externa, esta tapadera se encuentra anclada por apriete a la rueda externa, por lo que esta se arrastraría por fricción, este es el problema del que hablamos.

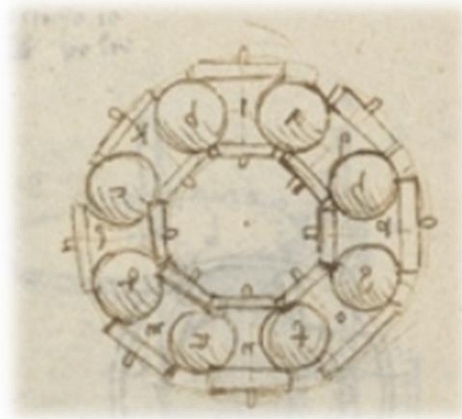
Para solucionar este problema se tuvieron en cuenta dos alternativas:

1. Mantener totalmente el diseño, aumentando la sección de la tapadera para así colocar un cojinete por toda la circunferencia de esta, de esta forma no se transmitiría movimiento por la fricción.

Esta solución se descartó debido a las ventajas que presentan la segunda alternativa con respecto a la primera.

2. Colocar la tapadera en paralelo con la rueda dentada, sujetándose entre sí con las espigas que transmiten el movimiento al piñón pequeño y colocando en el eje un cojinete del tamaño del eje. Esta solución presenta varias ventajas:

- El tamaño del cojinete es mucho menor y más realista, además usamos de inspiración un elemento también diseñado por el propio Leonardo ajustado a las necesidades de nuestra máquina.

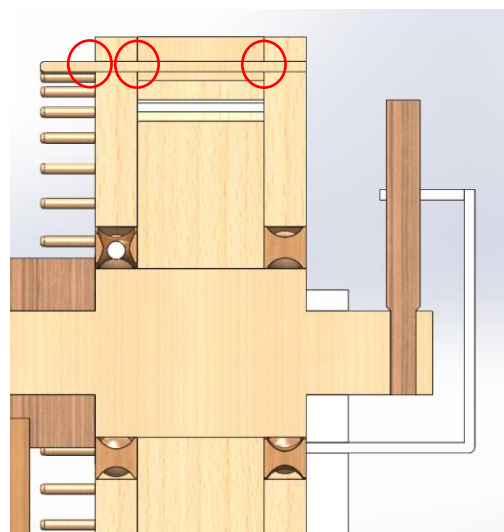


**Figura 6.2** Rodamiento/Cojinete de bolas (Códice de Madrid I, f.0020v (detalle))



**Figura 6.3** Modelado del Rodamiento/Cojinete de bolas  
Fuente: Elaboración propia

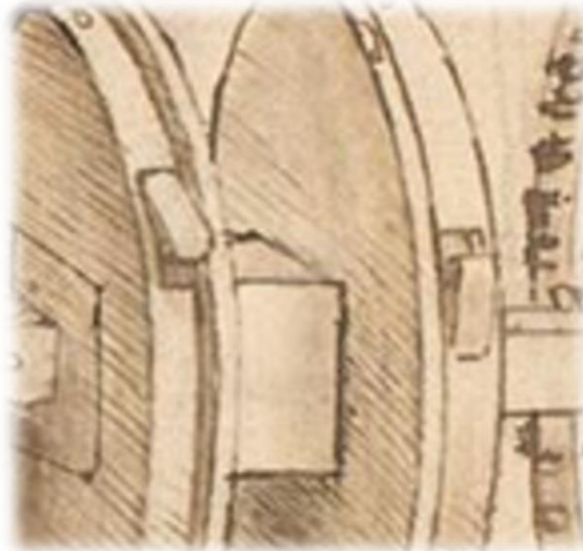
- En relación con la resistencia de las espigas, este diseño es mucho más favorable puesto que cuenta con tres secciones dispuestas a ayudar a disipar el esfuerzo cortante que se transmite.



**Figura 6.4** Secciones críticas en las espigas del modelado (vista seccionada).  
Fuente: Elaboración propia



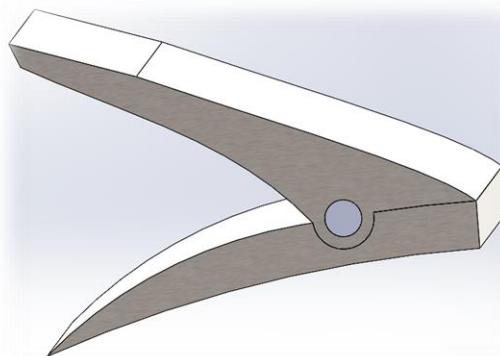
El siguiente problema para tratar consiste en el funcionamiento del resorte, puesto que Leonardo simplemente esboza una especie de taco o bisagra, de la cual intuimos su forma de funcionar, pero no detalla cómo es que este presiona a la rueda superior. Nosotros colocamos un resorte de fleje inspirado en unos que encontramos en un catálogo de una armería.



**Figura 6.5** Resorte de Leonardo en la máquina de movimiento alterno.  
(Códice Atlántico, f.0030v ((Detalle)))



**Figura 6.6** Resorte de fleje usado como inspiración.  
Fuente: <https://www.armeriatrelles.com/tienda/es/2047-muelles-y-flejes>



**Figura 6.7** Resorte modelado  
Fuente: Elaboración propia

En modelado del fleje como resorte, se ha tenido que realizar la concesión de articular el movimiento de este debido a la limitación del software para crear elementos elásticos, de esta forma, aunque en la imagen se diferencien 3 piezas, realmente sería una única sola con la capacidad elástica de doblarse en un sentido y bloquearse en el contrario.

### 6.3 Dimensionamiento

Sobre el dimensionamiento de la máquina Leonardo solo nos deja dos pistas. La primera una anotación sobre el número de dientes que tienen ambas ruedas, 36 y 6, y que se trata de una máquina para elevar peso y que debe ser accionada por un operador.

Hemos utilizado información sobre dimensiones antropomórficas de diferentes estudios de ergonomía sobre el cuerpo humano en el trabajo entre ellos un documento oficial del ministerio de trabajo y asuntos sociales de España:

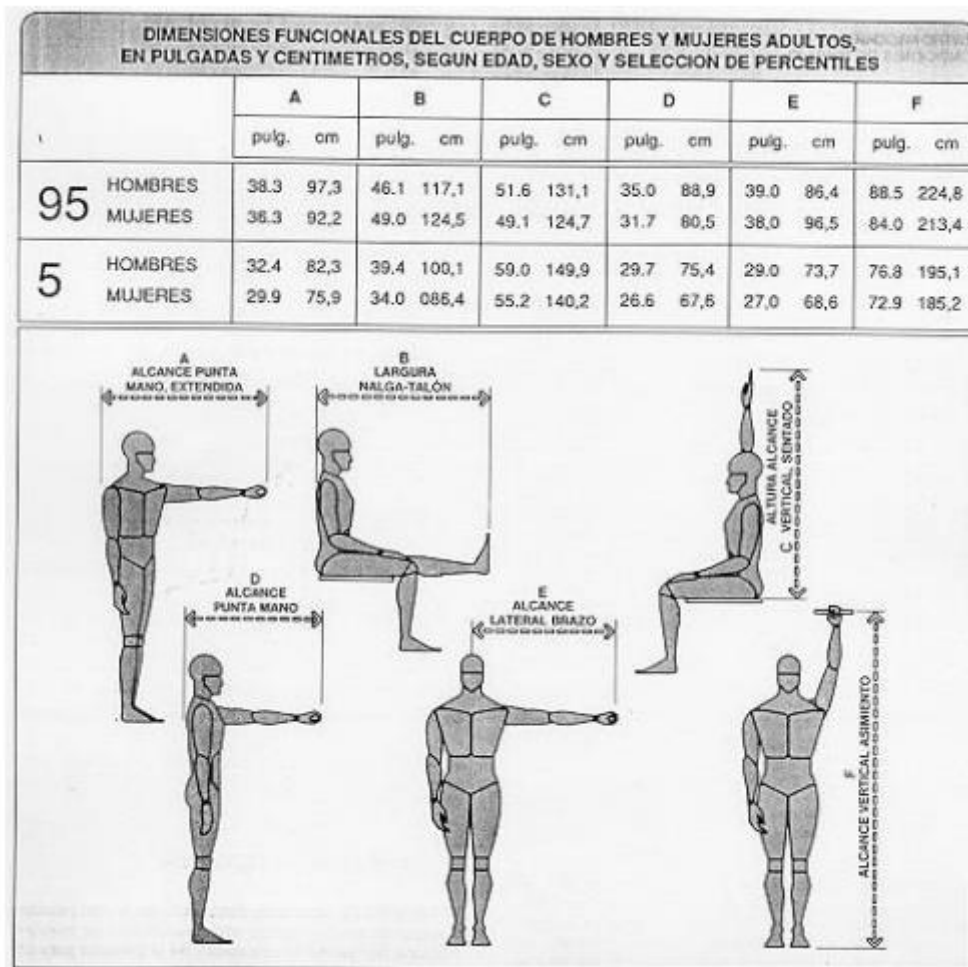


Figura 6.8. Dimensiones funcionales del cuerpo humano.

Fuente: [https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp\\_226.pdf/b762a795-e5d7-4eaa-9b7f-ad23f2f187cb?version=1.0&t=1614698421331](https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_226.pdf/b762a795-e5d7-4eaa-9b7f-ad23f2f187cb?version=1.0&t=1614698421331)

DIMENSIONES ESTRUCTURALES DEL CUERPO DE HOMBRES Y MUJERES ADULTOS, EN PULGADAS Y CENTIMETROS, SEGUN EDAD, SEXO Y SELECCION DE PERCENTILES															
		A		B		C		D		E		F		G	
		pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm
95	HOMBRES	36,2	91,9	47,3	120,1	68,6	174,2	20,7	52,6	27,3	69,3	37,0	94,0	33,9	86,1
	MUJERES	32,0	81,3	43,6	110,7	64,1	162,8	17,0	43,2	24,6	62,5	37,0	94,0	31,7	80,5
5	HOMBRES	30,8	78,2	41,3	104,9	60,8	154,4	17,4	42,2	23,7	60,2	32,0	81,3	30,0	76,2
	MUJERES	26,8	68,1	38,6	98,0	56,3	143,0	14,9	37,8	21,2	53,8	27,0	68,6	28,1	71,4

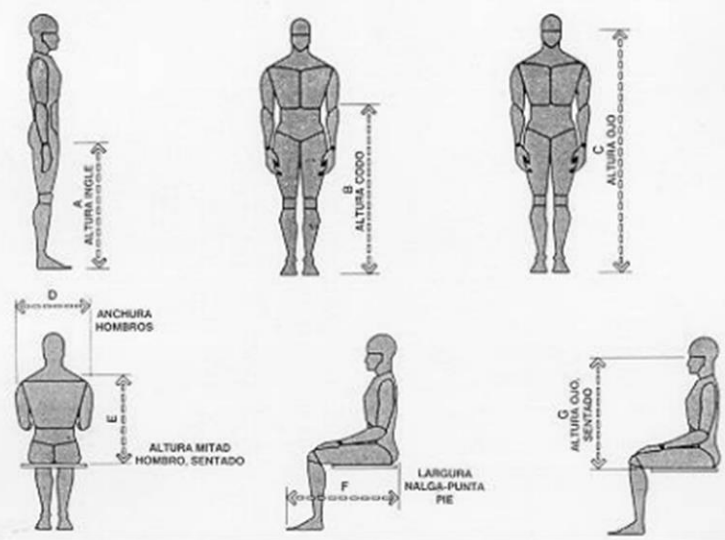


Figura 6.9 Dimensiones estructurales del cuerpo humano.

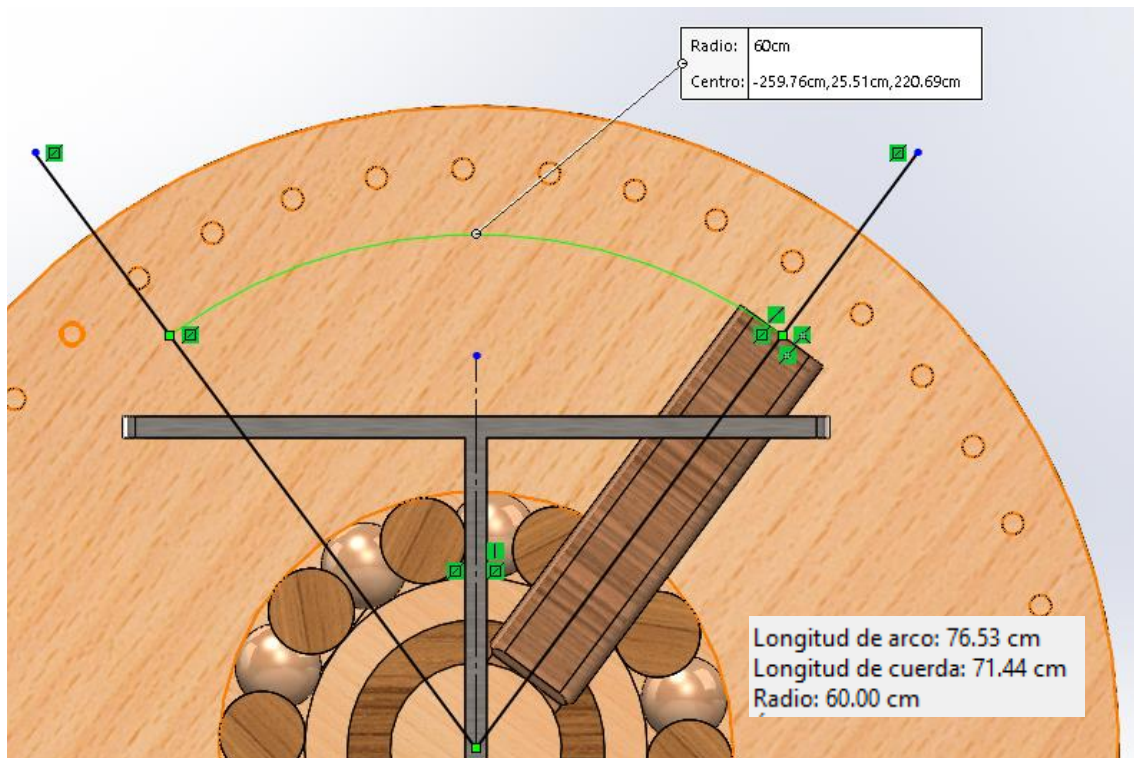
Fuente: [https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp\\_226.pdf/b762a795-e5d7-4eaa-9b7f-ad23f2f187cb?version=1.0&t=1614698421331](https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_226.pdf/b762a795-e5d7-4eaa-9b7f-ad23f2f187cb?version=1.0&t=1614698421331)



Figura 6.10 Rango de activación de una palanca en un humano.

Fuente: <https://www.tch.es/mesa-de-trabajo-de-almacen-ergonomia/>

De esta forma tenemos datos suficientes para hacernos a una idea de los rangos de movimiento. Los datos más interesantes son los del alcance de las manos con los brazos extendidos, que es de un máximo de 97cm en hombres y de 92cm en mujeres, esto junto a la recomendación del rango de activación de una palanca en un humano nos permite hacer una aproximación del rango de movimiento de la máquina de movimiento alterno. Hay que tener en cuenta que en la figura 6.10, mantiene el torso totalmente erguido, cuando necesitamos hacer fuerza lo normal es extender el hombro y la espalda tal y como se muestra en la imagen A de la figura 6.8

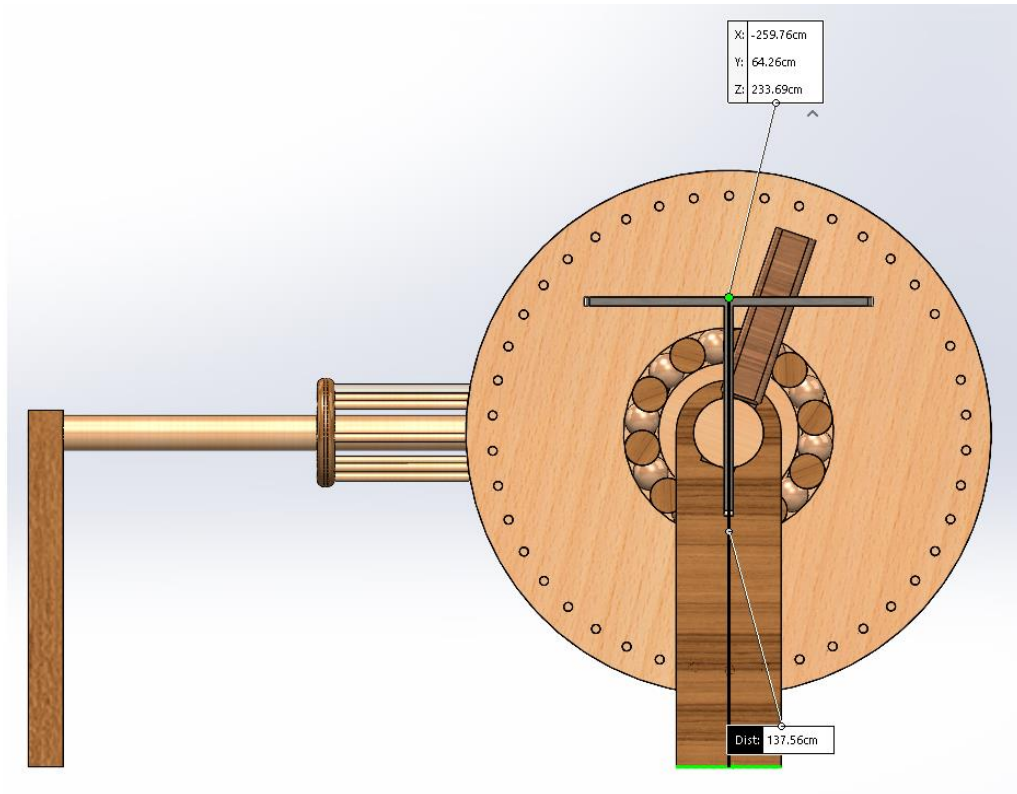


**Figura 6.11** Arco de accionamiento

Fuente: elaboración propia

La longitud del arco es de 76,53 cm por lo que estaríamos dentro del rango de activación y de movimiento de forma sobrada.

Para situar la altura nos interesa conocer la altura del codo que nos aporta la figura 6.9 en su sección B, 120cm en el caso de los hombres y 110 cm en el caso de las mujeres, como trabajamos con el brazo levantado hemos subido la máquina un margen de unos 15-20 cm de altura dejando la altura de activación a unos 137 cm de altura



**Figura 6.12** Altura de trabajo  
Fuente: Elaboración propia

## 6.4 Modelado y Despiece. Comparativa pieza a pieza.

### 6.4.1 Cálculos previos

En primer lugar, hemos realizado unos pequeños cálculos con el objetivo de diseñar la transmisión de ejes perpendiculares. Como datos de partida tenemos:

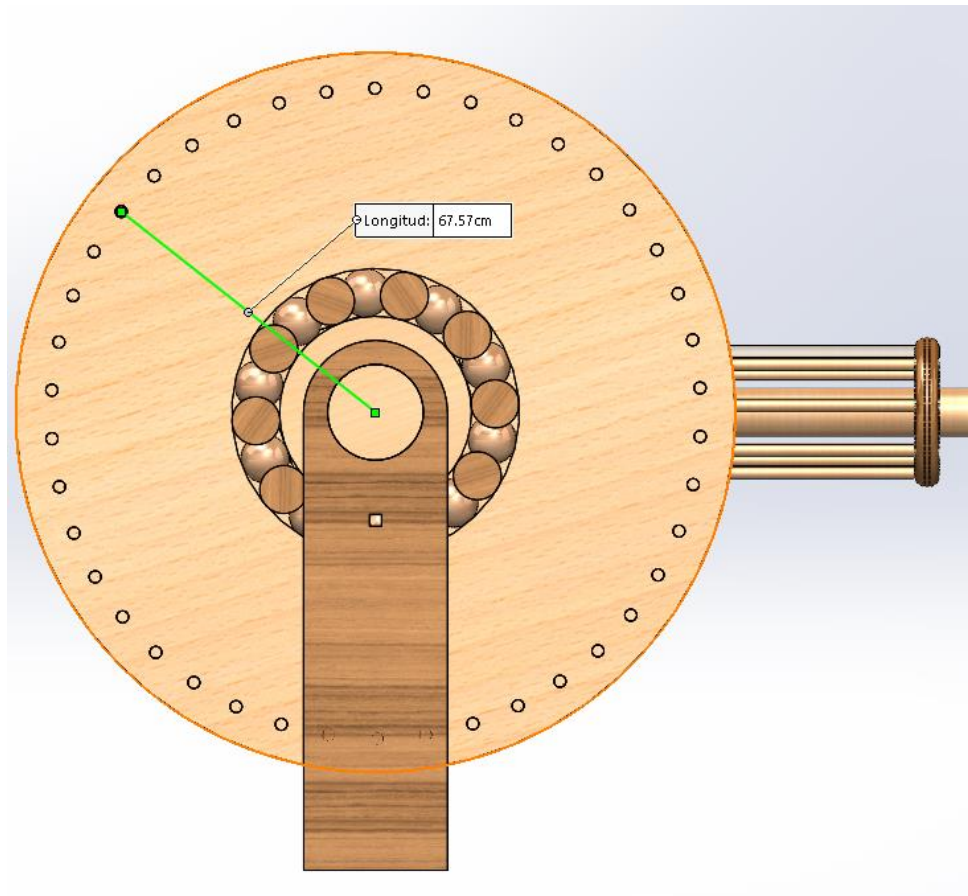
- El número de dientes de ambas ruedas, es decir, la relación de transmisión.
- El diámetro deseado de la rueda grande, obtenido en la fase de dimensionamiento.
- El ángulo de accionamiento deseado, obtenido de la misma manera.

Aunque Leonardo dejó escrito una relación de dientes ( $z_1-z_2$ ) de 36-6, se decide aumentar un poco el número de dientes en la rueda mayor, para así obtener una transmisión más corta que pueda activarse con menor rango de movimiento de manera segura. Por lo que nosotros obtenemos una relación  $z_1-z_2$  de 42-8, esto significa que para un ángulo de giro de la palanca de  $60^\circ$ , se necesitarían 3 movimientos de palanca para cada sentido de giro para que la rueda grande completara 1 vuelta, en este tiempo la pequeña habrá completado 5,25 vueltas.

Una rueda dentada puede fabricarse con mayor o menor densidad de dientes, esta particularidad necesita un parámetro que indique correctamente dicho tamaño. El módulo.

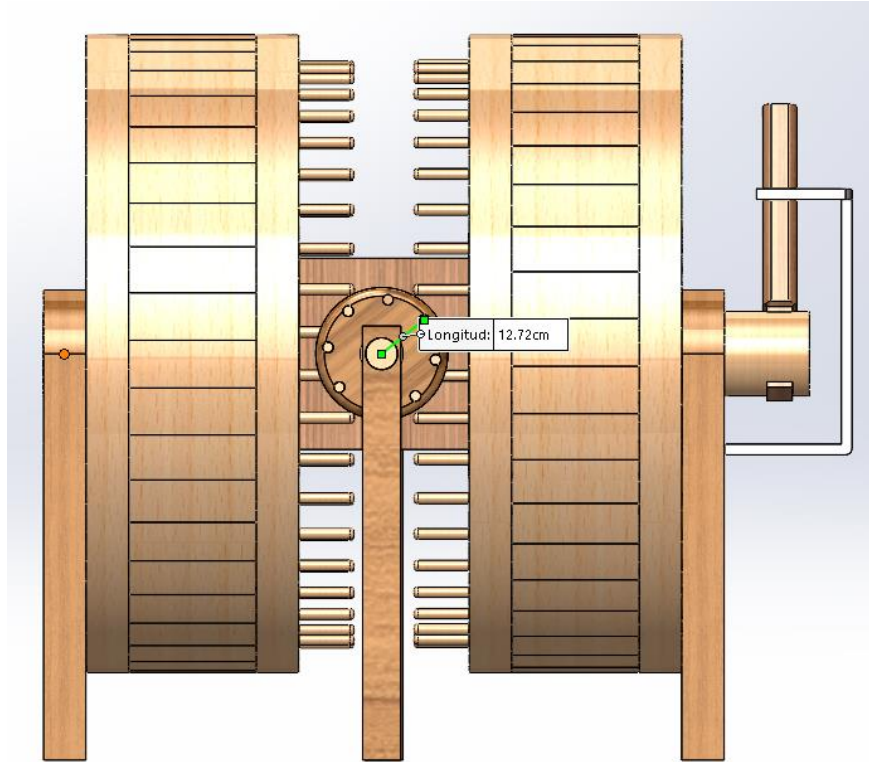
El módulo es la relación entre la circunferencia primitiva y el número de dientes, siendo vital para que dos ruedas puedan engranar. Por tanto, para enlazar dos ruedas dentadas deben tener el mismo módulo.

En nuestro caso:



**Figura 6.13** Dimensiones de la rueda grande.  
Fuente: Elaboración propia

Diámetro primitivo:  $67,57 \cdot 2 = 135,14$  cm;  $Z_1=42$ dientes;  $m= 3,217$



**Figura 6.14** Dimensiones de la rueda pequeña.

Diámetro primitivo:  $12,72 \cdot 2 = 25,44$  cm;  $Z_2 = 8$  dientes;  $m = 3,18$

Ambos módulos son similares lo que significa, tal y como el modelado intuye que la máquina engrana.

Otro detalle que es interesante es ver que Leonardo abordó científicamente el estudio de transmisiones por engranajes dentados en la hoja 5r del Códice de Madrid I, enunciando algunas reglas geométricas sobre ellos.

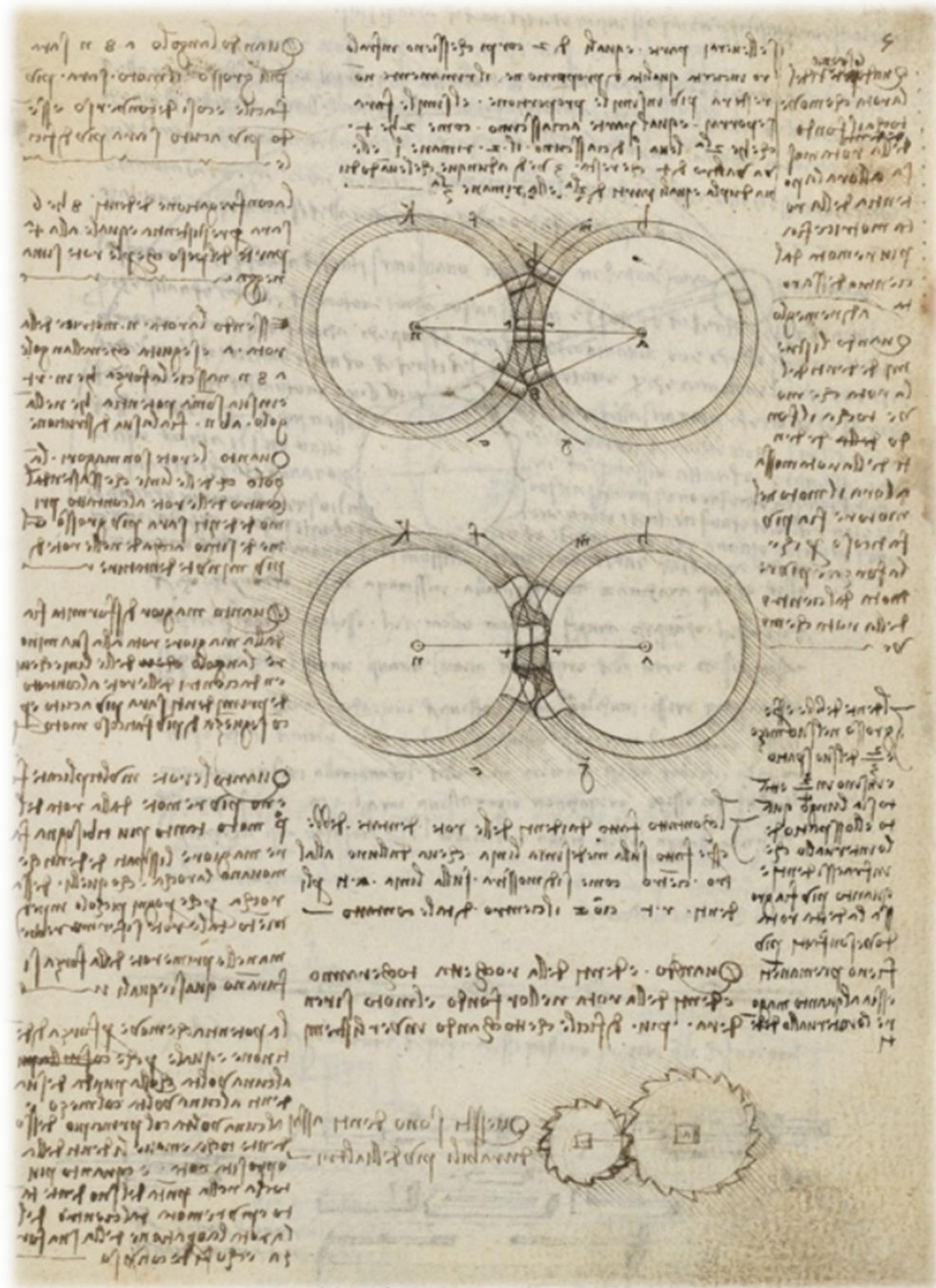


Figura 6.15 Estudio sobre las transmisiones de Leonardo (Código de Madrid I, f. 0116r)

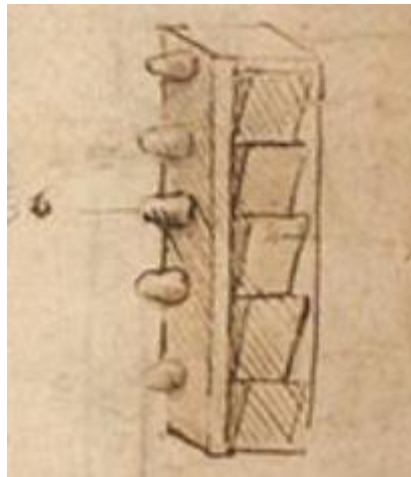
En el texto Leonardo habla sobre las relaciones geométricas, transmisión de potencia y cómo estas varían en función de la cantidad de superficie de diente en contacto unos con otros.



## 6.4.2 Diseño y despiece del modelado 3D.

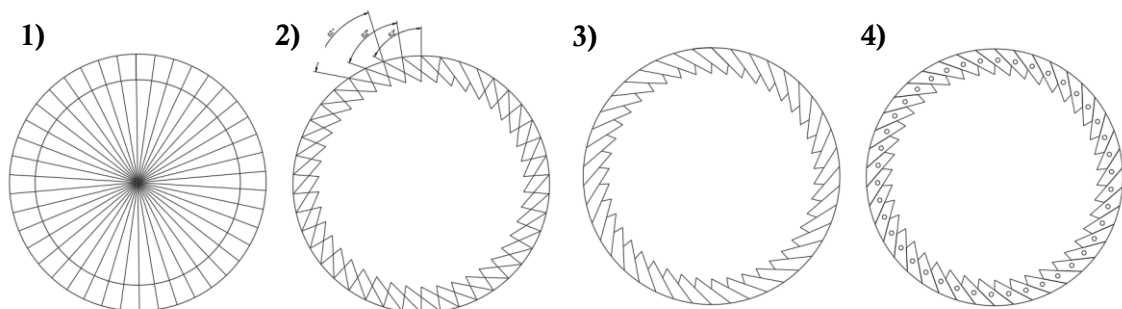
### 6.4.2.1 Rueda dentada y tapadera.

En la parte inferior derecha del folio, Leonardo deja un pequeño detalle sobre la rueda dentada.



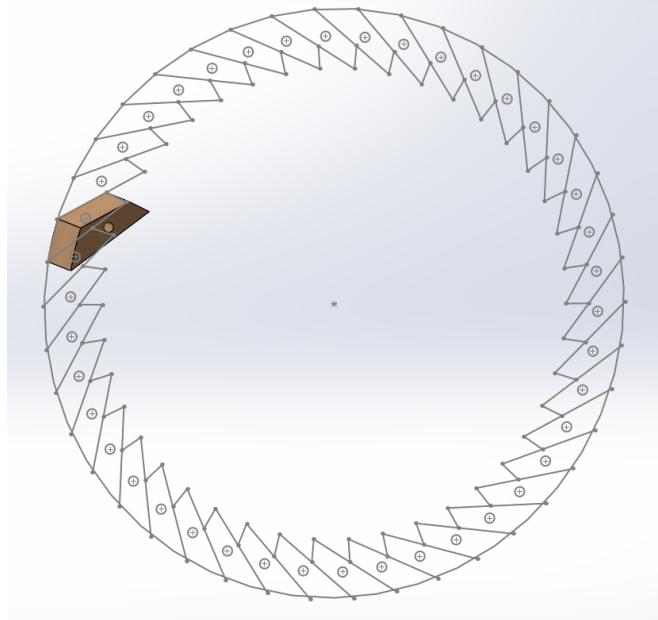
**Figura 6.16** Detalle de la rueda dentada.  
(Códice Atlántico, f.0030v ((Detalle))

Como observamos, la rueda se ha formado mediante la unión de tacos trapezoidales, que encajan entre sí formando la rueda, y sujetos mediante una espiga por taco, que a su vez funciona como diente que engrana con el piñón pequeño. En nuestro modelado hemos respetado el mismo espíritu en el diseño y se ha llevado a cabo de la siguiente forma:

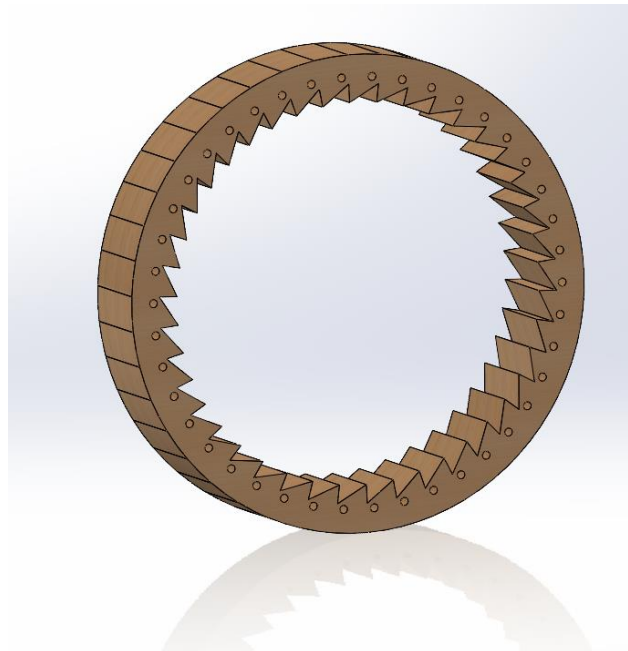


**Figura 6.17** Proceso de diseño de la rueda dentada.  
Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, dividimos una circunferencia con el diámetro dimensionado anteriormente en 42 partes iguales, una parte por diente, también marcamos el espesor deseado del taco, marcamos el ángulo que deseamos que presente cada diente y eliminamos las líneas sobrantes, finalmente añadimos los agujeros por el que pasamos las espigas.

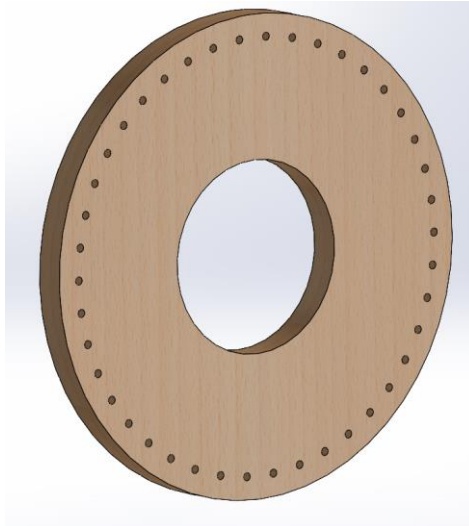


**Figura 6.18** Extrusión de diente con su matriz.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 6.19** Modelado 3D de la rueda dentada.  
Fuente: Elaboración propia

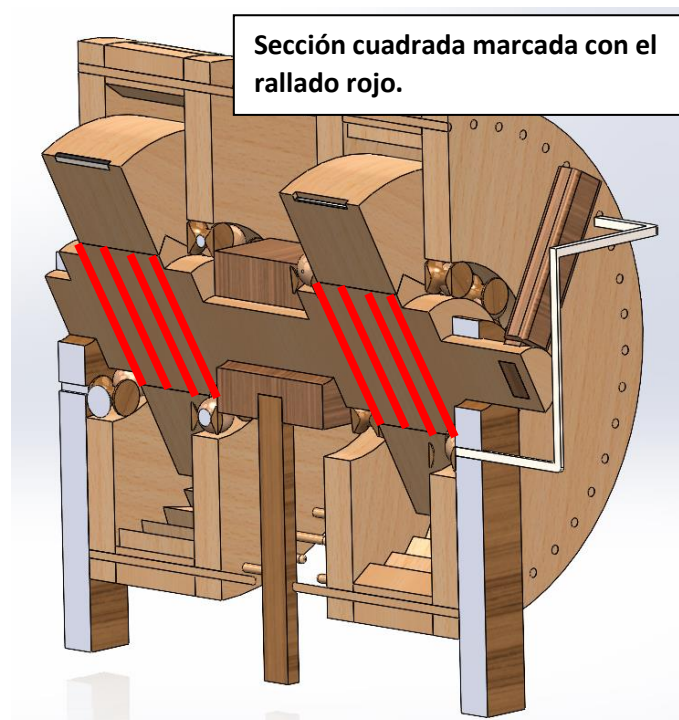
Las tapaderas únicamente son ruedas del mismo diámetro, con los mismos agujeros coincidentes para las espigas y con un agujero con diámetro igual a la del eje más dos veces el espesor del cojinete.



**Figura 6.20** Modelado 3D de la tapadera.  
Fuente: Elaboración propia

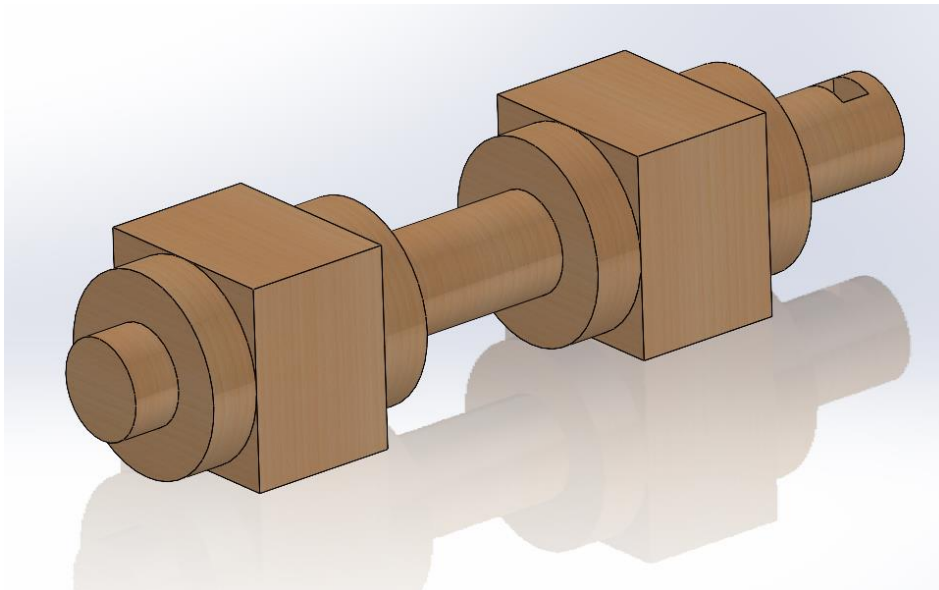
#### 6.4.2.2 Eje mayor y rueda motriz.

El eje tiene dos tipos de secciones, una circular y otra cuadrada, las secciones circulares tienen el objetivo de sostener los cojinetes y estos a su vez la rueda dentada, las secciones cuadradas tienen la función de fijar las ruedas pequeñas y transmitir el movimiento de la palanca. Además, al eje se le sujetan los diferentes anclajes al suelo y el propio bastidor.

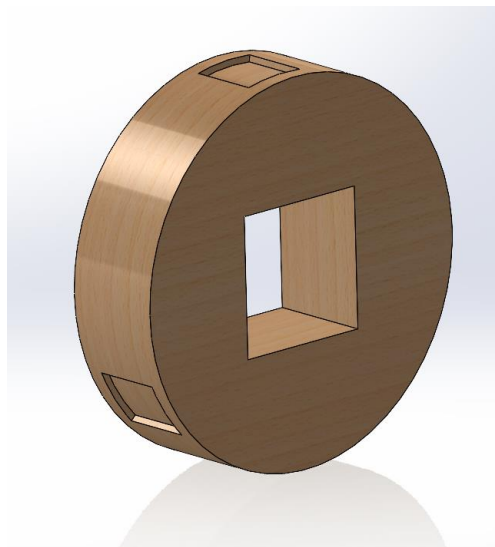


**Figura 6.21** Sección del modelado del eje mayor.  
Fuente: Elaboración propia

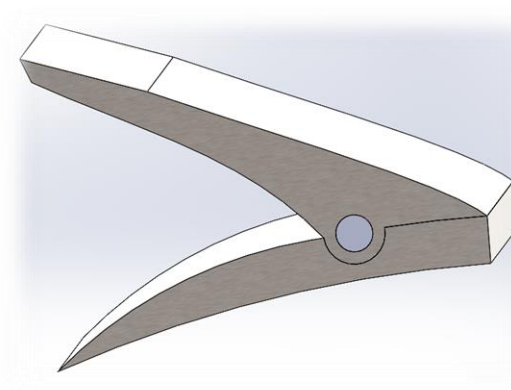
La rueda interna tiene en su exterior 3 muescas donde encajan los resortes de flejes metálicos.



**Figura 6.22** Modelado 3D del Eje mayor.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 6.23** Modelado 3D de la Rueda interna  
Fuente: elaboración propia



**Figura 6.24** Modelado 3D del Fleje Metálico  
Fuente: Elaboración propia.

La dimensión de la rueda interna viene dada por el diámetro interior de la rueda dentada, dejando el suficiente espacio para que el fleje metálico pueda actuar correctamente.

### 6.4.2.3 Eje menor, bastidor y piñón pequeño.

El bastidor es un elemento estructural que ayuda a fijar ambos ejes y que permite el giro en su interior. El eje menor es el que soporta el piñón pequeño y es al que se le transmite el movimiento de la rueda dentada, sujeta al piñón pequeño mediante chaveteros.

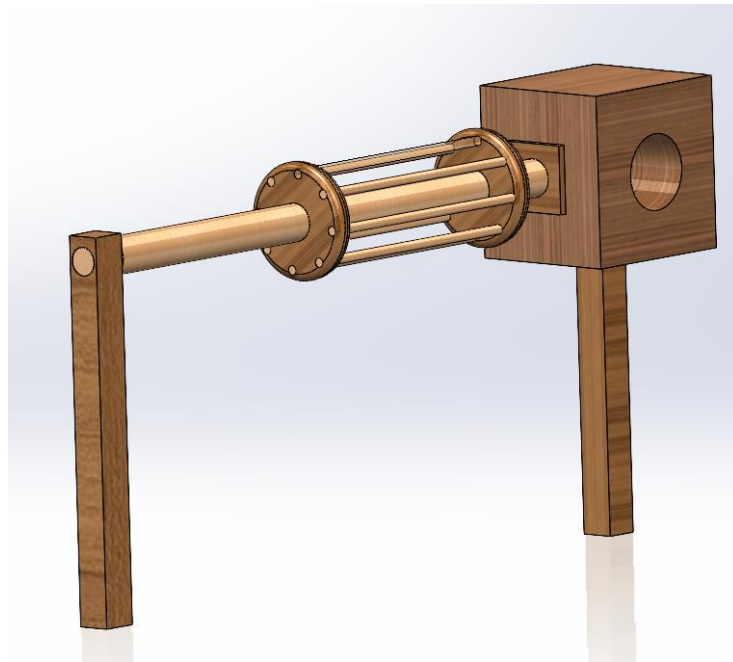


Figura 6.25 Modelado del eje menor, bastidor y piñón pequeño  
Fuente: Elaboración propia

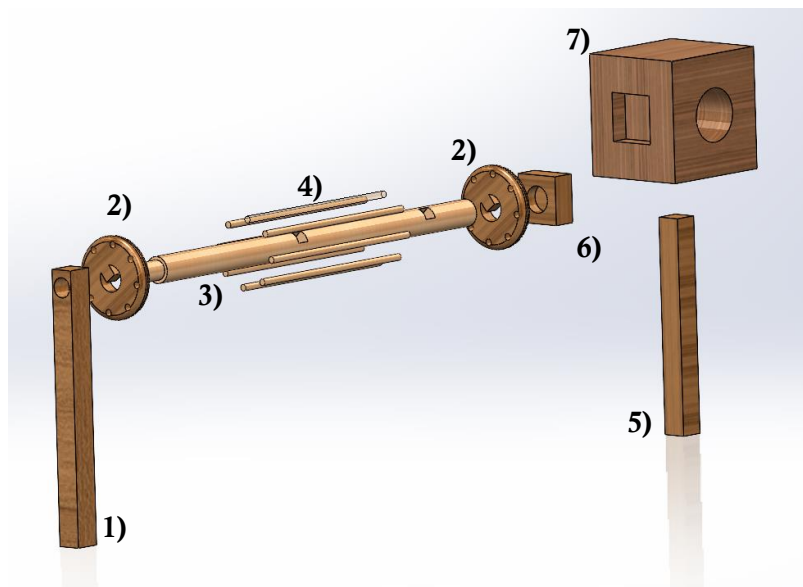


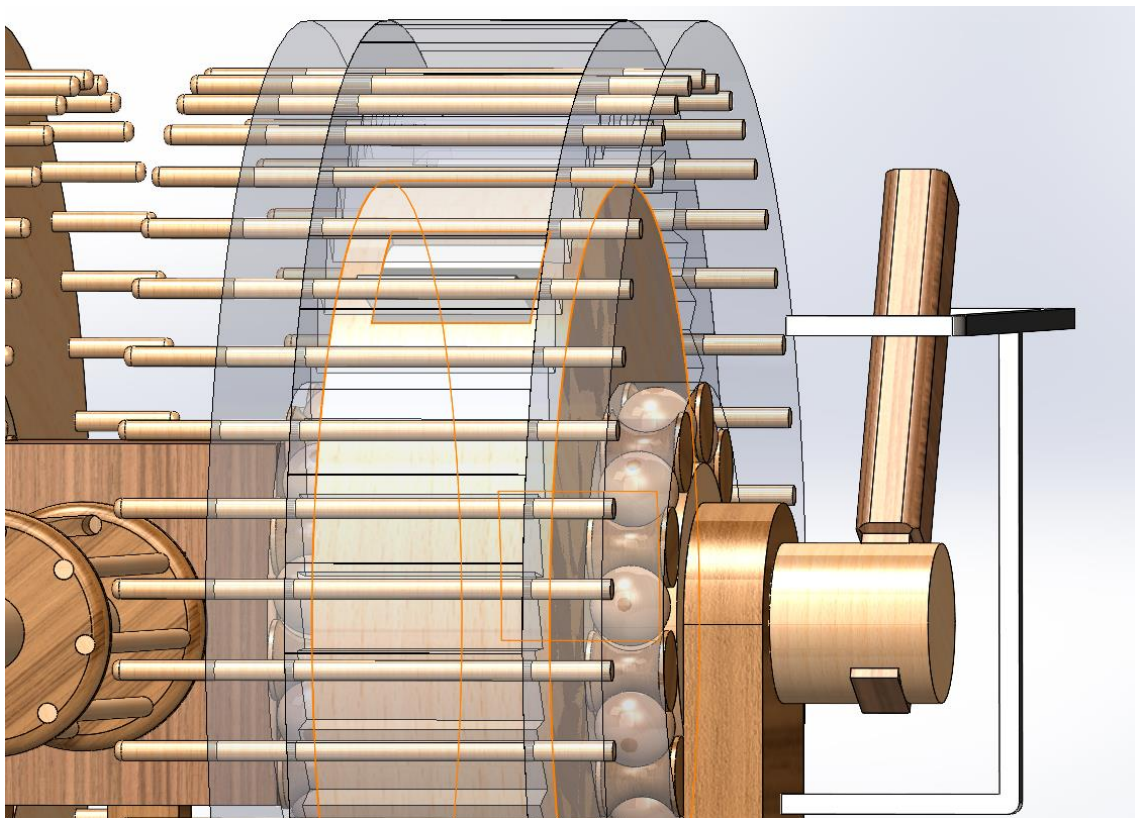
Figura 6.26 Despiece del modelado del eje menor, bastidor, y piñón pequeño  
Fuente: Elaboración propia

En la imagen se pueden observar las siguientes piezas numeradas:

- 1) Pata del eje pequeño.
- 2) Rueda del piñón pequeño.
- 3) Eje pequeño.
- 4) Espigas del piñón pequeño.
- 5) Pata del bastidor.
- 6) Soporte del eje pequeño en el bastidor.
- 7) Bastidor.

#### 6.4.2.4 Resto de piezas menores y complementos.

La palanca se encuentra incrustada en el eje y la misma ve su rango de movimiento impedido por una abrazadera, también observamos las espigas y los rodamientos.



**Figura 6.27** Modelado 3D de Espigas, rodamientos, palanca y abrazadera  
Fuente: Elaboración propia

Las patas de los extremos son iguales exceptuando el agujero para la abrazadera. Encajan en el eje mediante apriete holgado.



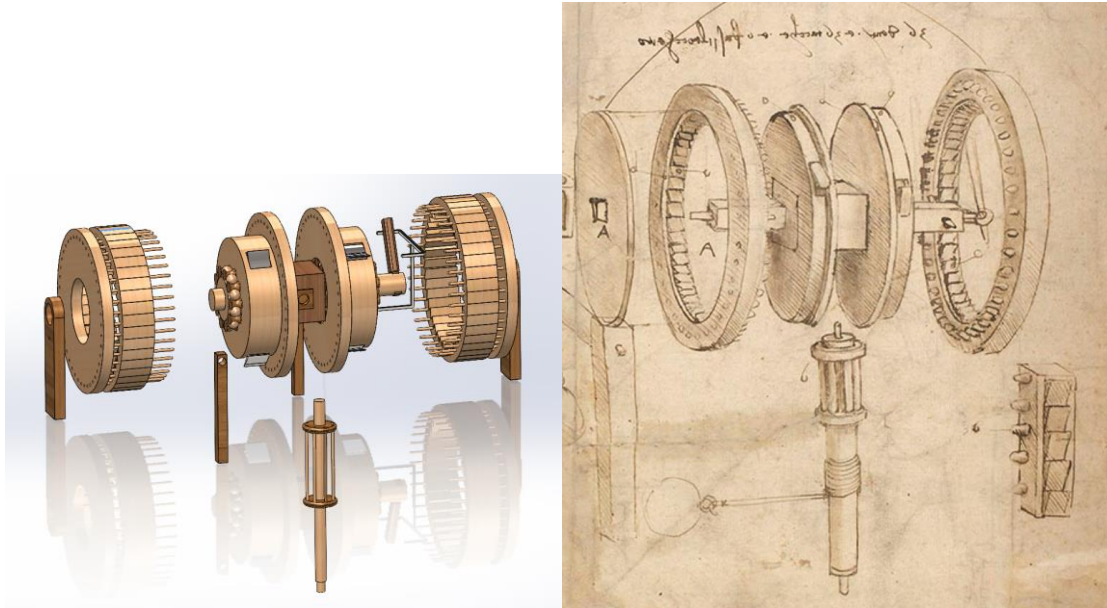
**Figura 6.28.** Patas laterales  
Fuente: Elaboración propia

Para más detalle geométrico en el modelado acudir al documento de planos.

## 6.5 Montaje. Vista explosionada

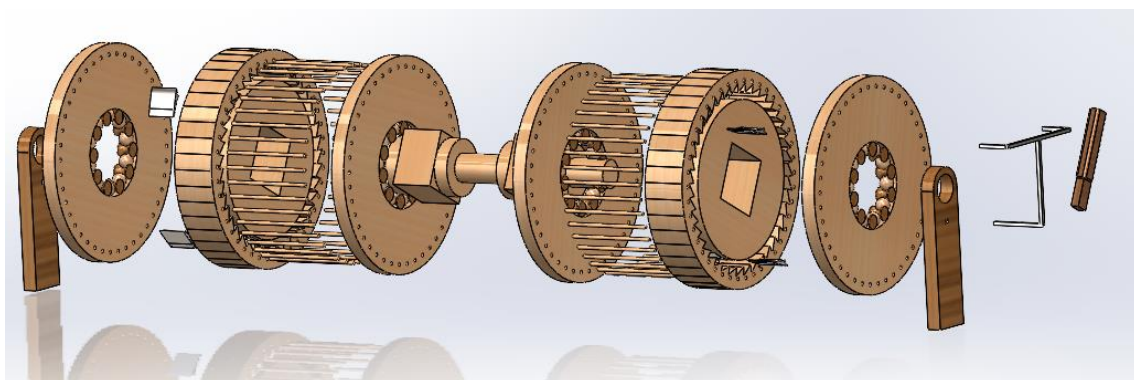
Para la gran parte del montaje contamos con un apriete adecuado, el estudio detallado dimensional del mismo queda fuera del alcance de este estudio. Podría plantearse remachar el lado externo de las espigas que mantienen unidas las ruedas dentadas.

En primer lugar, se muestra una comparativa de la vista en detalle del dibujo original con la del modelado 3D realizado.



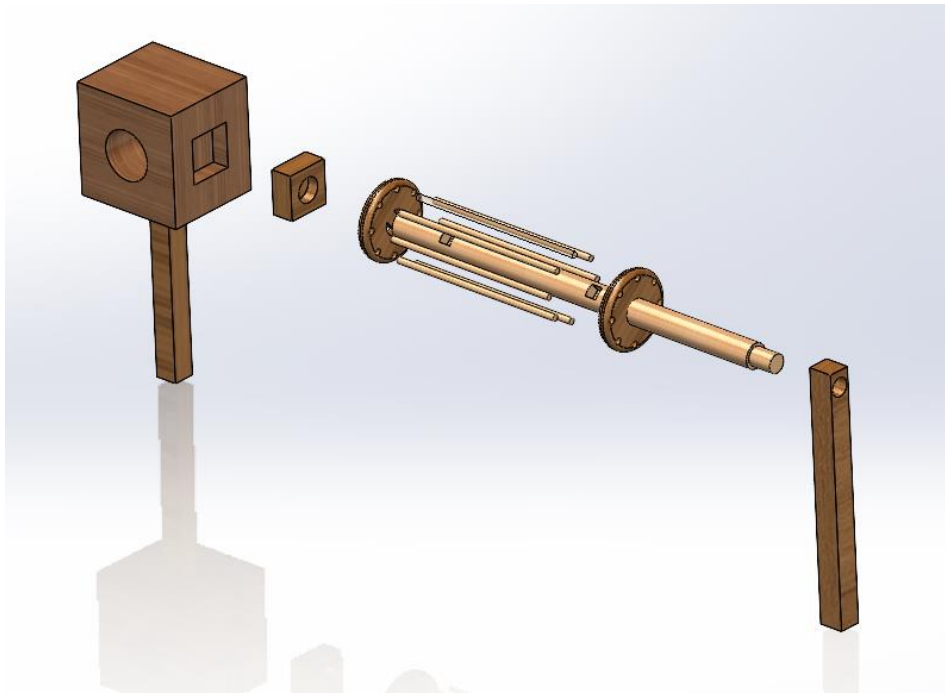
**Figura 6.29.** Comparativa de vista explosionada con el diseño original  
Fuente: Elaboración propia y Códice Atlántico f.0030v

A continuación, mostramos diferentes explosiones del ensamblaje para entender cómo sería la unión dentro del y un renderizado el montaje completo.

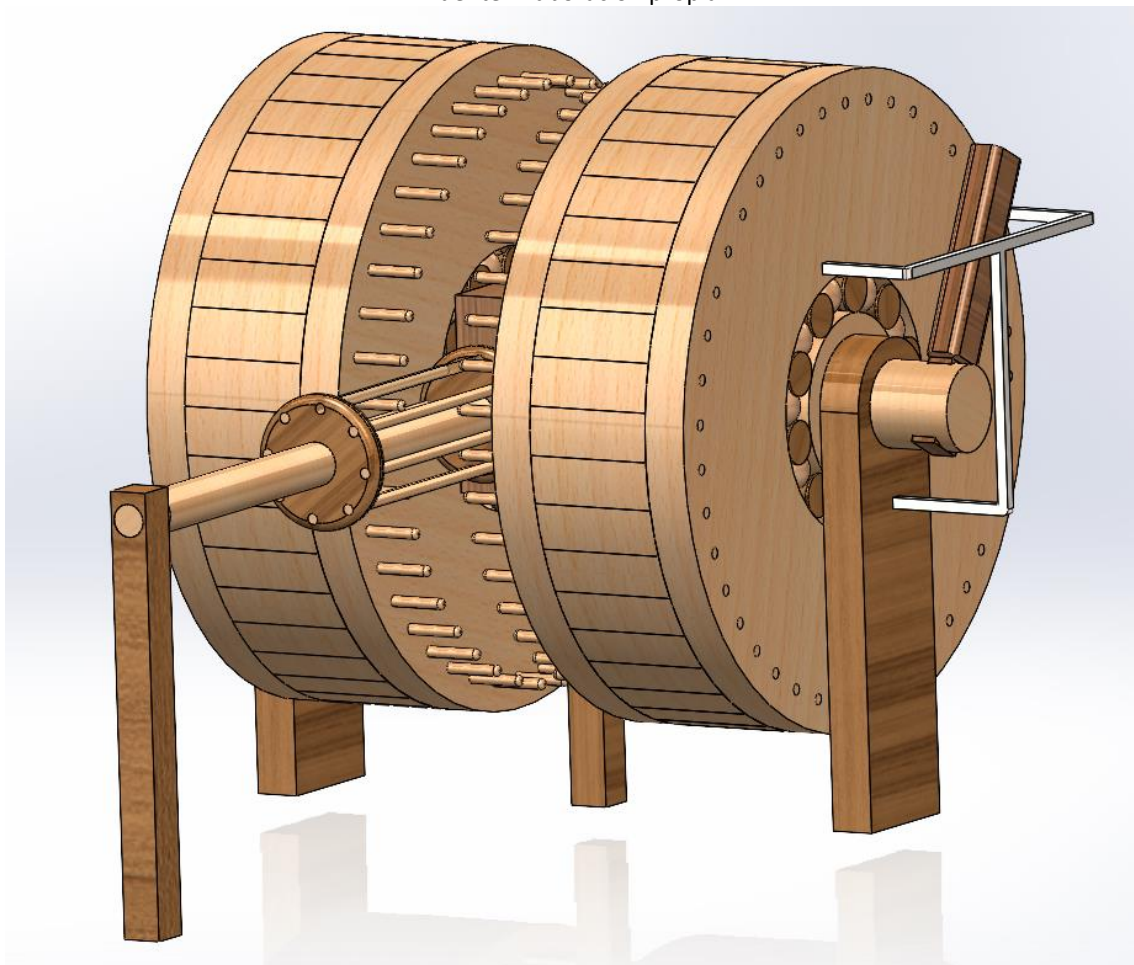


**Figura 6.30** Vista explosionada del eje mayor del modelado 3D  
Fuente: Elaboración propia





**Figura 6.31** Vista explosionada del eje menor del modelado 3D  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 6.32** Modelado 3D de la máquina de movimiento alterno.

## 7. Conclusiones

Una vez concluido el proceso de investigación y desarrollo del presente trabajo, queda clara una cosa, la capacidad de Leonardo para ser un genio en tantísimas facetas es simplemente fascinante, las personas conocen a Leonardo da Vinci generalmente por sus aportaciones artísticas y por algunas de sus máquinas más extravagantes, como pudiera ser su máquina voladora. Sin embargo, tras el análisis realizado en este estudio, sale a relucir el Leonardo ingeniero, científico, experimentador y social. Un Leonardo capaz de esbozar con suma precisión bocetos sobre maquinaria totalmente innovadora para la época, en muchas ocasiones incluso precoz, una persona reivindicadora en el método y la técnica que sirve de inspiración para las siguientes generaciones de científicos e ingenieros.

Sobre la máquina de movimiento alterno encontramos que se trata de una más de tantas máquinas de estudio del teórico que Leonardo crea, en este mismo trabajo se han mostrado varios ejemplos más y es curioso, como siempre que tiene oportunidad de usar una soga para elevar un peso atándola en un eje lo deja reflejado en el dibujo, esto puede decir que aunque la máquina de movimiento alterno pareciera una máquina-grúa, esto no tiene por qué tener mayor importancia que cuando aparece el elemento de elevación vertical atado en un tornillo sin fin, palanca, trinquete o cualquiera de los ejemplos que se ven en el trabajo.

La máquina, con pocos cambios mencionados pensados para perfeccionar la misma, cumpliría su función perfectamente de transformar el movimiento alterno de un operario accionando una palanca, en movimiento continuo giratorio. Sin embargo, se hace difícil creer que en el ámbito civil pueda usarse de grúa puesto que la resistencia de los resortes-flejes metálicos son los encargados de soportar el peso del material, y no parece ser desde luego el elemento adecuado para soportar grandes esfuerzos de carga.

El elemento más característico y que hace de esta máquina una de interés general es el sistema de representación usado, la cual es innovadora para la época y permite entender el ensamblaje perfectamente sin necesidad de ningún tipo de texto explicativo.

Durante el proceso de modelado se ha hecho necesaria en varias ocasiones dar un paso atrás, puesto que el montaje no funcionaba tal y como había idealizado y se ha corregido. El ensamblaje consta de 24 piezas únicas pero un total de 205 piezas en el ensamblaje lo que ha sido un reto para el software y para el procesamiento de colisiones que comúnmente provocaban caídas y pérdidas de información.

También se hizo imposible modelar elementos elásticos a pesar del interés en conseguirlo tras una profunda investigación.

La elaboración de este trabajo ha sido sin duda una experiencia enriquecedora, tanto a nivel personal como estudiantil, conocer más profundamente una figura como la de Leonardo es ciertamente inspirador, esto, sumado a diferentes conocimientos de análisis y modelado que se han tenido que adquirir para realizar la tarea requerida han provocado que el proceso de trabajo se haya sentido ciertamente enriquecedor.

Agradecer a compañeros y amigos de titulación, que han sido constante apoyo y fuente de ánimo, a la familia por estar siempre donde y cuando necesitaba y a toda aquella persona que ha dedicado parte de su vida en trabajar para que el legado de Leonardo di ser Piero da Vinci perdure hasta nuestros días y ha permitido que podamos disfrutarlo hoy de manera libre.

## 8. Presupuesto del Trabajo Fin de Grado

El tiempo empleado se ha valorado en 45 €/h y el desglose de dichas horas es:

Desglose	Operadores	Cantidades
Formación externa		30 h
Investigación		65 h
Diseño conceptual		20 h
Diseño definitivo		40 h
Análisis y simulaciones		50 h
Trazado de planos		15 h
Redacción y maquetación		25 h
Tutorías		15 h
	Horas totales	245 h
	Total (sin IVA)	11.025 €
	IVA (21%)	+2.315,25 €
	Total (con IVA)	13.340,25 €

**Figura 8.1** Desglose del presupuesto

Fuente: Elaboración propia

El presente presupuesto asciende a la cantidad de trece mil trescientos cuarenta con y veinticinco céntimos de euro.

**Nombre**

**DNI/NIF**

**Fdo.**

José Antonio Jiménez Aguilar.

76876655Y





## 9. Bibliografía

### Páginas Web

- [1] Almudena Grandes (s.f) Leonardo da Vinci | BIBLIOTECA de LA RIOJA. Recuperado 29 de octubre de 2022, <http://www.blr.larioja.org/tem%C3%A1tica/leonardo-da-vinci>
- [2] Anónimo, (2015, 8 mayo). *Piñón libre y trinquete*. electricbricks. Recuperado 20 de octubre de 2022, <http://blog.electricbricks.com/2011/10/pinon-libre-y-trinquete/>
- [3] Biblioteca Leonardiana. (s. f.). *Leonardo digitale*. Recuperado 6 de junio de 2022, <https://www.leonardodigitale.com/en/browse/codex-atlanticus/1106-r/>
- [4] Bovolo (2008) El carro que apunta hacia el Sur, el antecedente mecánico de la brújula. (s. f.). Recuperado 20 de octubre de 2022, <http://www.cabovolo.com/2008/05/el-carro-que-apunta-hacia-el-sur-el.html>
- [5] BNE (s.f.) Leonardo - Códices de Madrid. Recuperado 20 de junio de 2022, <http://leonardo.bne.es/index.html>
- [6] Constant, I. (2020, 3 noviembre). ¿Qué es el dibujo exploded view? Domestika. Recuperado 27 de octubre de 2022 <https://www.domestika.org/es/blog/4125-que-es-el-dibujo-exploded-view>
- [7] CurioSfera Historia. (2022, 17 julio). La historia de las grúas tiene unos dos mil años de antigüedad. Recuperado 30 de octubre de 2022, <https://curiosfera-historia.com/historia-de-la-grua-origen-inventor/>
- [8] Duato, A. (2014, 23 mayo). Antecedentes del Alfabeto Mecánico. Recuperado 20 de octubre de 2022, <https://www.seas.es/blog/disen%C3%B3-mecanico/antecedentes-del-alfabeto-mecanico/>
- [9] Giraldo, A. V. (2004). El ingeniero Leonardo da Vinci. Recuperado 6 de septiembre de 2022, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43003211>
- [10] Jose Ramon Etxeberria (2001) Entorno a un invento de Leonardo da Vinci. Recuperado 29 de octubre de 2022, <https://www.euskonews.eus/0134zbnk/gaia13401es.html>
- [11] Lifting Solutions. (s. f.). Historia evolutiva de las grúas. UNITEC. Recuperado 14 de septiembre de 2022, <https://www.unitecls.com/wp-content/uploads/2016/05/HISTORIA-EVOLUTIVA-DE-LAS-GR%C3%AAS-1.pdf>

- [12] Nogareda Cuixart, C. (1980). NTP 226: Mandos: ergonomía de diseño y accesibilidad. Recuperado el 6 de junio de 2022, [https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp\\_226.pdf/b762a795-e5d7-4eaa-9b7f-ad23f2f187cb?version=1.0&t=1614698421331](https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_226.pdf/b762a795-e5d7-4eaa-9b7f-ad23f2f187cb?version=1.0&t=1614698421331)
- [13] Pigem, J. (2021, 25 mayo). Leonardo da Vinci, un visionario de la ciencia, un hombre adelantado a su tiempo. Recuperado 20 de octubre de 2022, [https://historia.nationalgeographic.com.es/a/leonardo-da-vinci-hombre-adelantado-a-su-tiempo\\_7277](https://historia.nationalgeographic.com.es/a/leonardo-da-vinci-hombre-adelantado-a-su-tiempo_7277)
- [14] TCH. (2015, 12 octubre). TCH - Formación, asesoramiento, suministro e instalación de productos auxiliares para la industria. Recuperado 16 de octubre de 2022 <https://www.tch.es/mesa-de-trabajo-de-almacen-ergonomia/>
- [15] Tema Fantástico S.A. (s.f) HISTORIA DE LOS ENGRANAJES. Recuperado 20 de octubre de 2022, <http://palaciosytocarruncho.blogspot.com/p/historia-de-los-engranajes.html>
- [16] The Visual Agency. (s. f.). *Codex Atlanticus*. Recuperado 3 de febrero de 2022, <https://codex-atlanticus.ambrosiana.it/>
- [17] Tok.wiki. (s. f.). Dibujo de vista despiezada Descripción general y Historia. Recuperado 30 de octubre de 2022, [https://hmong.es/wiki/Exploded\\_view](https://hmong.es/wiki/Exploded_view)

### **Libros**

- [18] Laurenza, D. (2012). Las maquinas de Leonardo / The machines of Leonardo (III ed.). Susaeta.

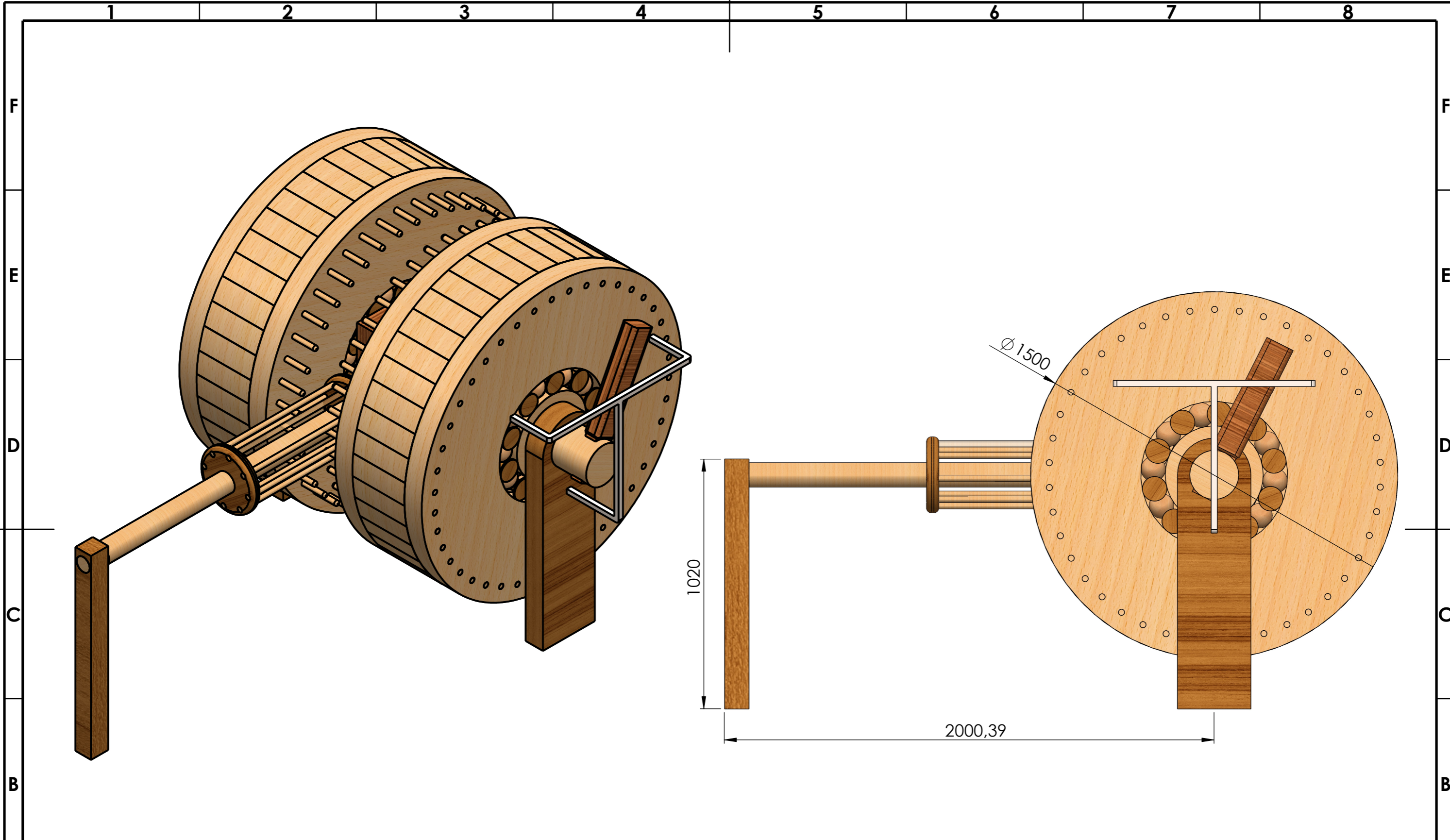
### **Doctorados**




- [19] Contreras López, Miguel Ángel. Tesis doctoral: “Leonardo da Vinci INGENIERO”. Málaga, 2015

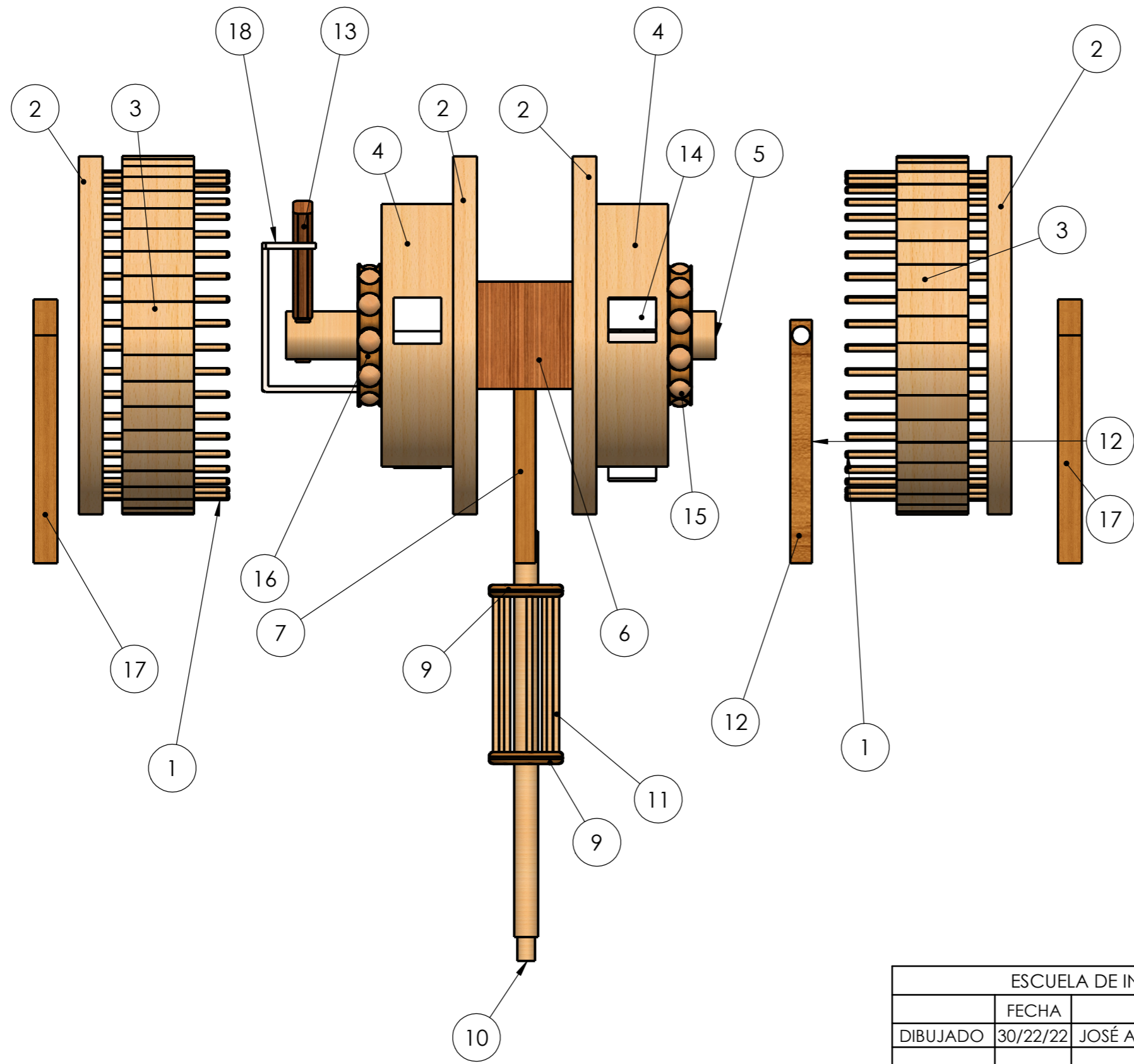
## 10. Índice de planos

Nombre del plano	Número de plano
Vista General	1
Vista explosionada y despiece	1.1
Espiga de rueda grande, Tapadera y Rueda dentada	2
Pieza interior y Eje mayor	3
Bastidor, pata central y Soporte del eje en el bastidor	4
Rueda pequeña, Eje pequeño, Espiga de la rueda pequeña y pata del eje pequeño	5
Palanca y resorte metálico	6
Bola de rodamiento, Cojinete de rodamiento y patas laterales	7
Soporte límite de la palanca	8








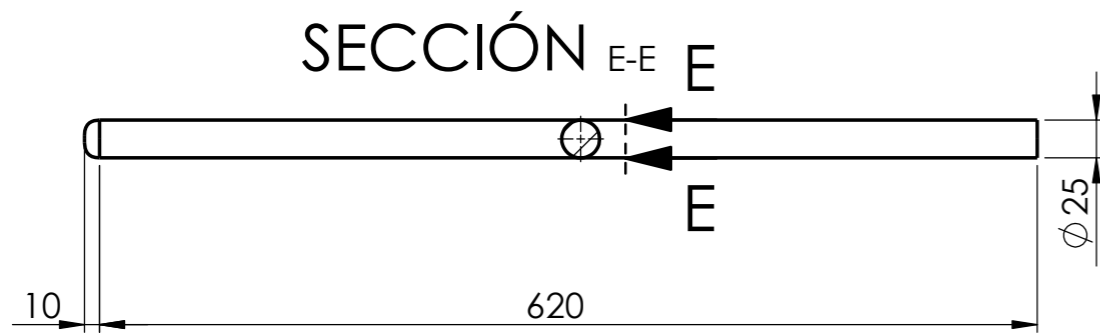
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO	30/22/22	JOSÉ ANTONIO JIMÉNEZ AGUILAR		
ESCALA:	TÍTULO DEL PROYECTO: ESTUDIO Y MODELIZADO 3D DE LA MÁQUINA DE MOVIMIENTO ALTERNO QUE LEONARDO DA VINCI DISEÑÓ EN EL FOLIO 30 VERSO DEL CÓDICE ATLÁNTICO			Nº PLANO:
1:15				1
	DESIGNACIÓN: VISTA GENERAL			CURSO:
				2022 - 2023



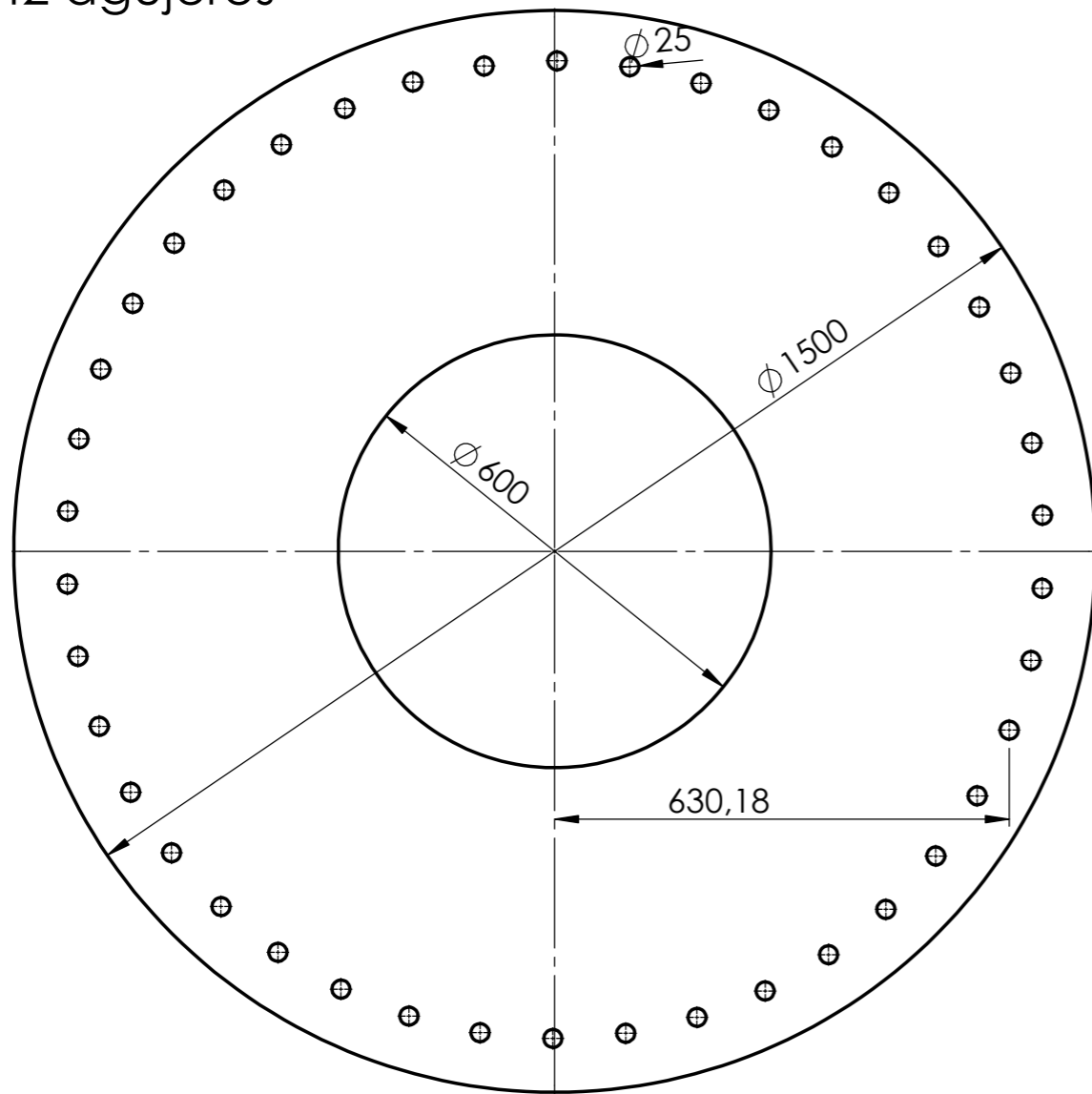
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Espiga de las ruedas grandes	84
2	Tapadera	4
3	Rueda dentada	2
4	Pieza interior	2
5	Eje mayor	1
6	Bastidor	1
7	Pata central	1
8	Soporte del eje en el bastidor	1
9	Rueda pequeña	2
10	Eje pequeño	1
11	Espiga de la rueda pequeña	8
12	Pata del eje pequeño	1
13	Palanca	1
14	Resorte metálico	6
15	Bola de rodamiento	40
16	Cojinete de rodamiento	40
17	Patas laterales	2
18	Soporte límite de la palanca	1

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos	
DIBUJADO 30/22/22	JOSÉ ANTONIO JIMÉNEZ AGUILAR			
ESCALA: 1:20	TÍTULO DEL PROYECTO: ESTUDIO Y MODELIZADO 3D DE LA MÁQUINA DE MOVIMIENTO ALTERNO QUE LEONARDO DA VINCI DISEÑÓ EN EL FOLIO 30 VERSO DEL CÓDICE ATLÁNTICO	Nº PLANO: 1.1		
	DESIGNACIÓN: Vista explosionada y despiece	CURSO: 2022 - 2023		

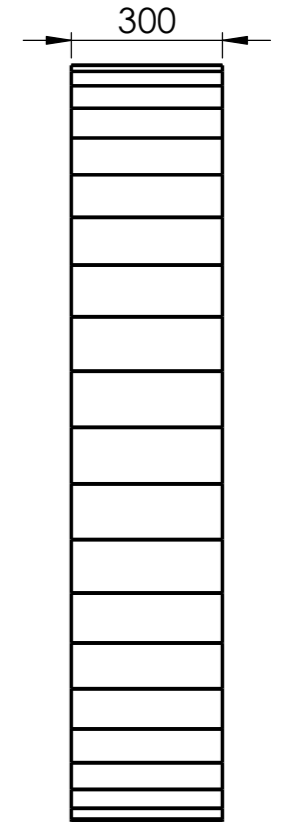
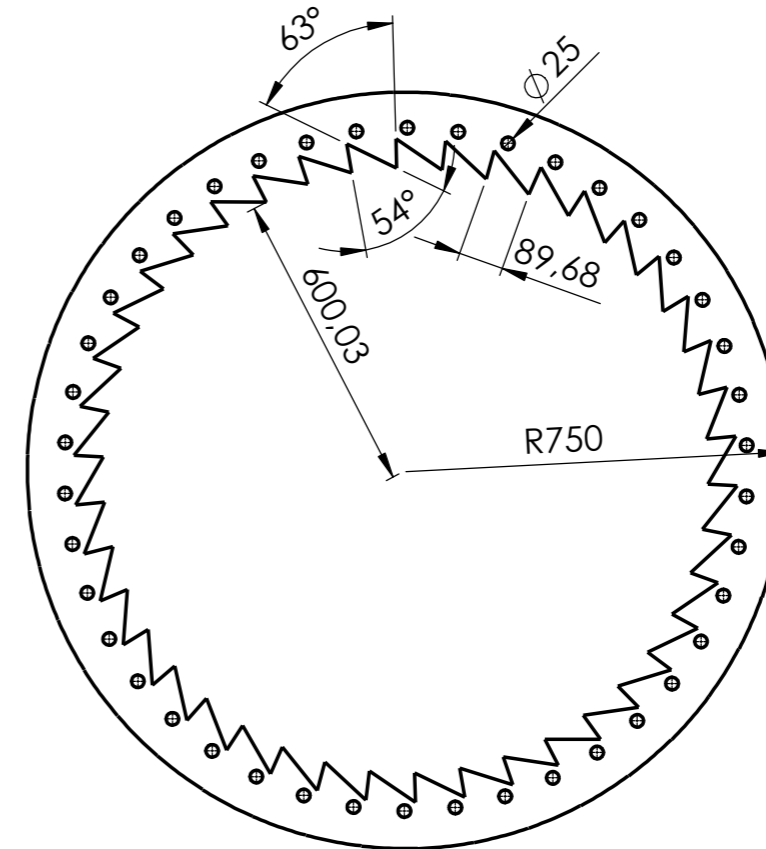
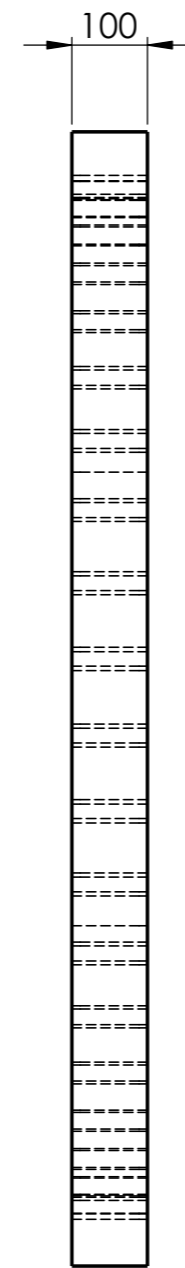
1. Espiga de las ruelas grandes. E 1:5






2. Tapadera E 1:10  
x42 agujeros

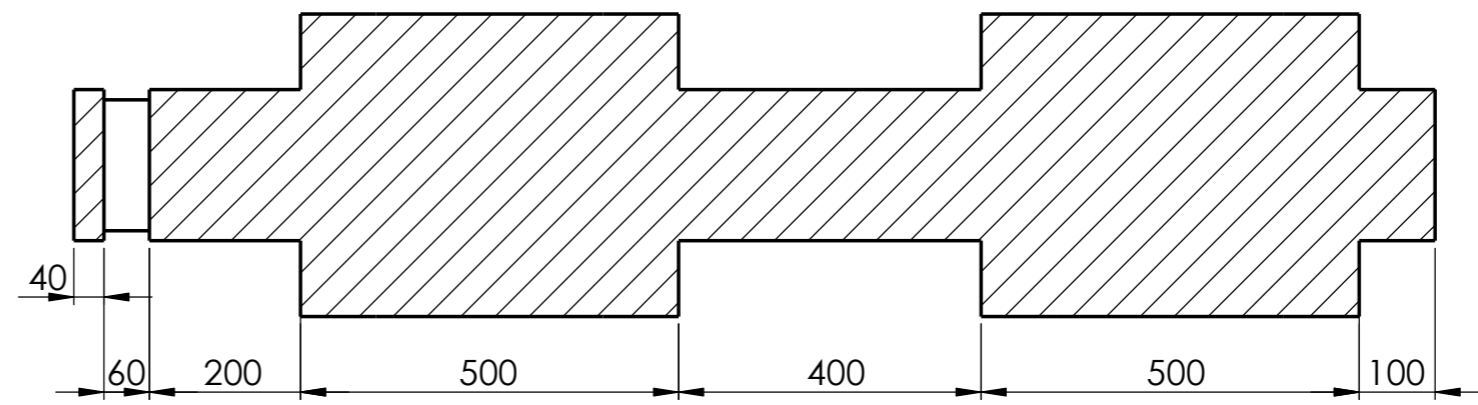
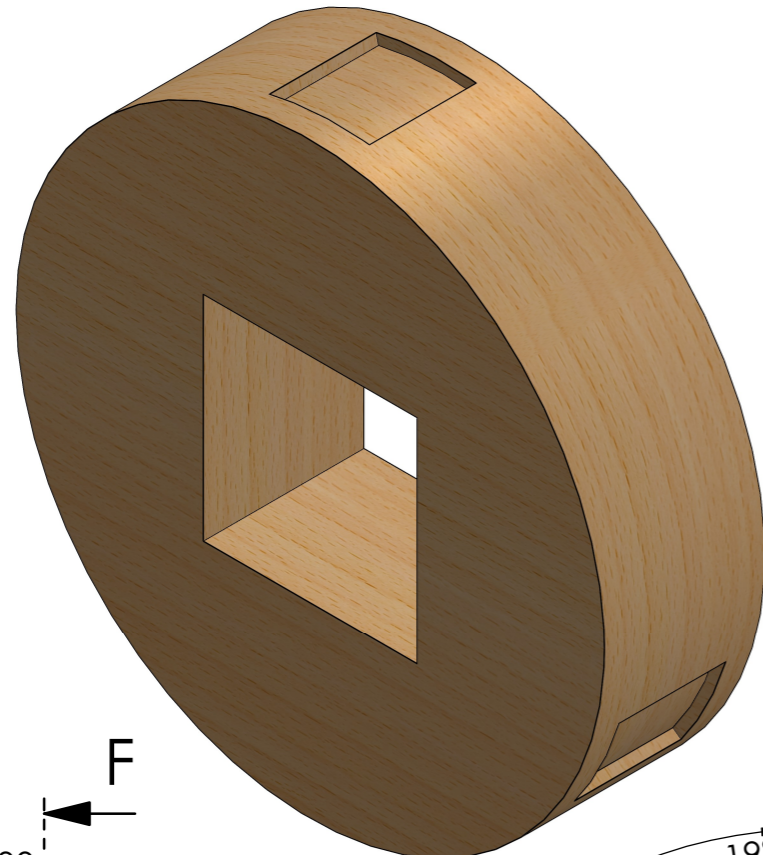


3. Rueda dentada E 1:15  
x42 unidades de dientes

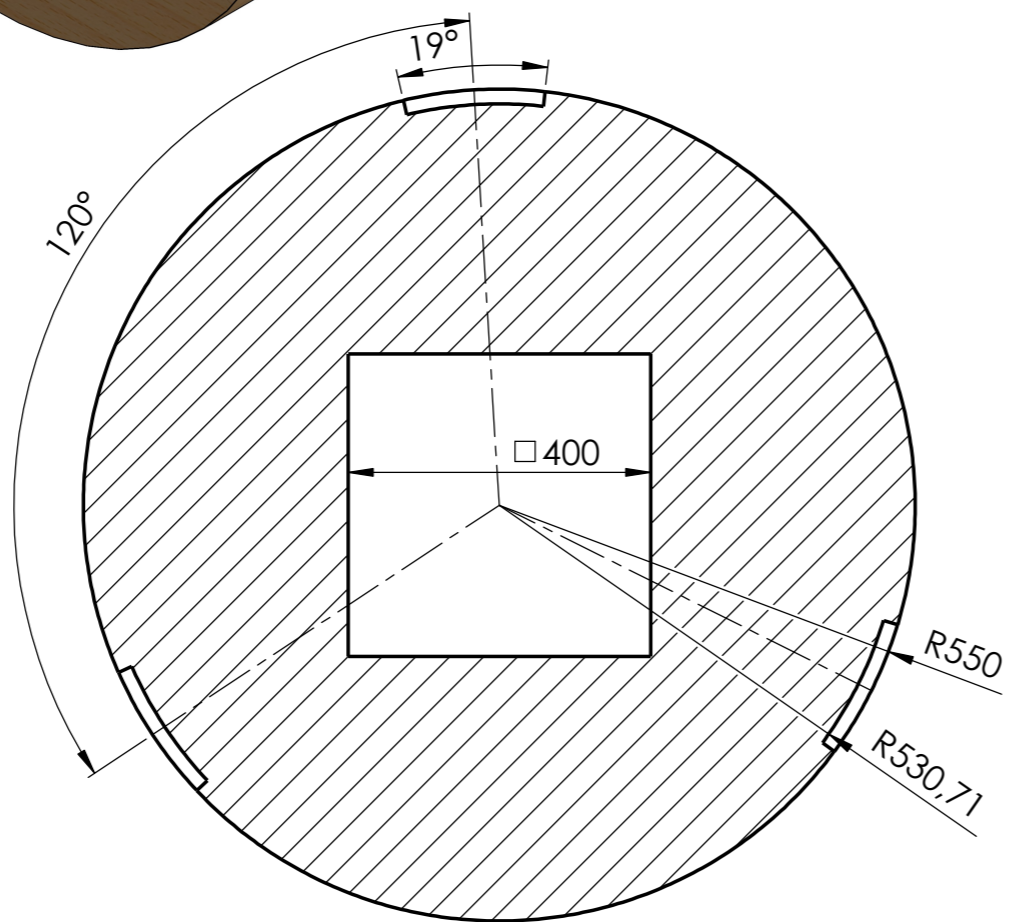
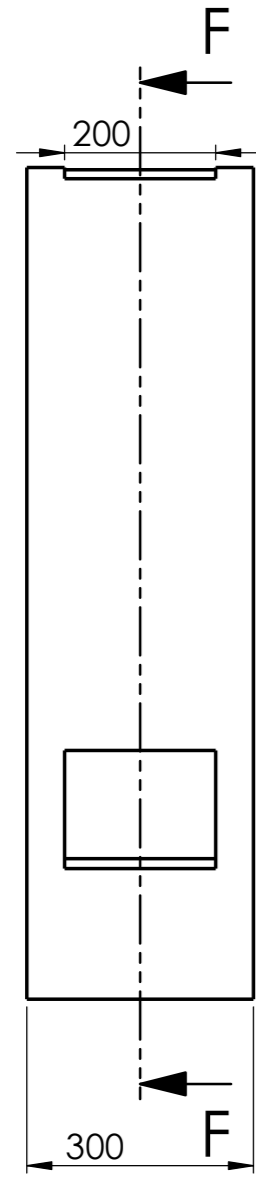
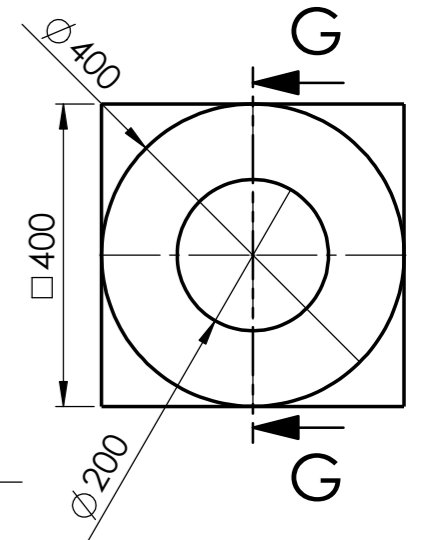


ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos	
DIBUJADO 30/22/22	JOSÉ ANTONIO JIMÉNEZ AGUILAR			
ESCALA: Varias	TÍTULO DEL PROYECTO: ESTUDIO Y MODELIZADO 3D DE LA MÁQUINA DE MOVIMIENTO ALTERNO QUE LEONARDO DA VINCI DISEÑÓ EN EL FOLIO 30 VERSO DEL CÓDICE ATLÁNTICO	Nº PLANO: 2	CURSO: 2022 - 2023	
	DESIGNACIÓN: Espiga de rueda grande, Tapadera y Rueda dentada			

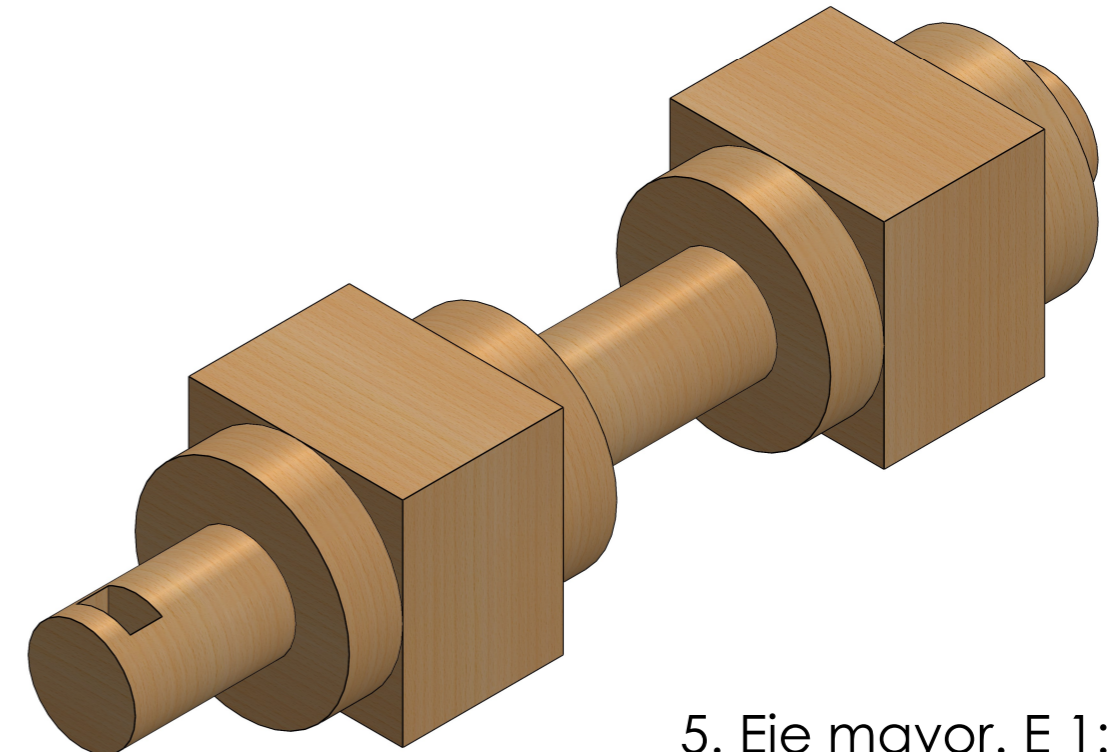
4. Pieza interior. E 1:10



SECCIÓN G-G



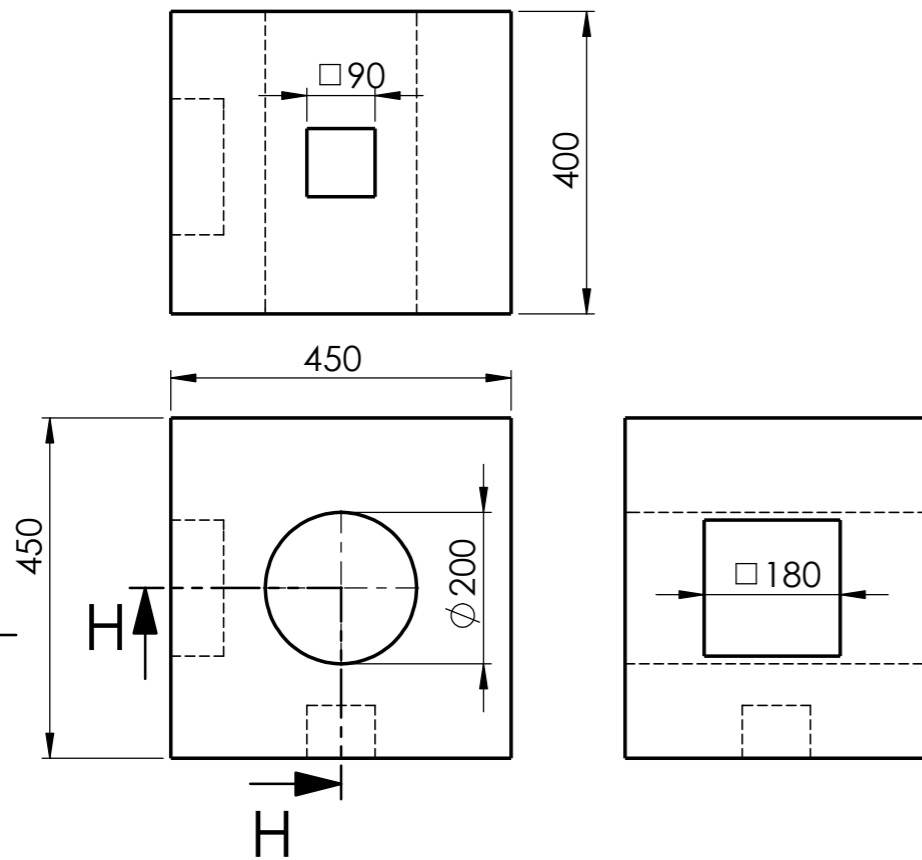
SECCIÓN F-F



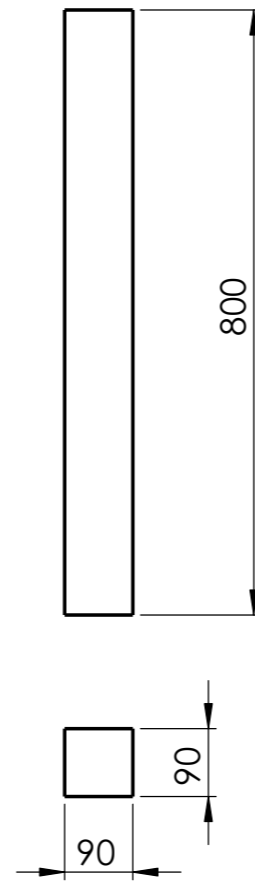
5. Eje mayor. E 1:10

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
FECHA	NOMBRE		FIRMA	Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO 30/22/22	JOSÉ ANTONIO JIMÉNEZ AGUILAR			
ESCALA: 1:10	TÍTULO DEL PROYECTO: ESTUDIO Y MODELIZADO 3D DE LA MÁQUINA DE MOVIMIENTO ALTERNO QUE LEONARDO DA VINCI DISEÑÓ EN EL FOLIO 30 VERSO DEL CÓDICE ATLÁNTICO			Nº PLANO: 3
	DESIGNACIÓN: Pieza interior y Eje mayor			CURSO: 2022 - 2023

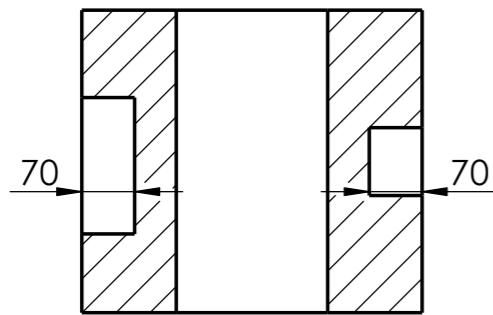
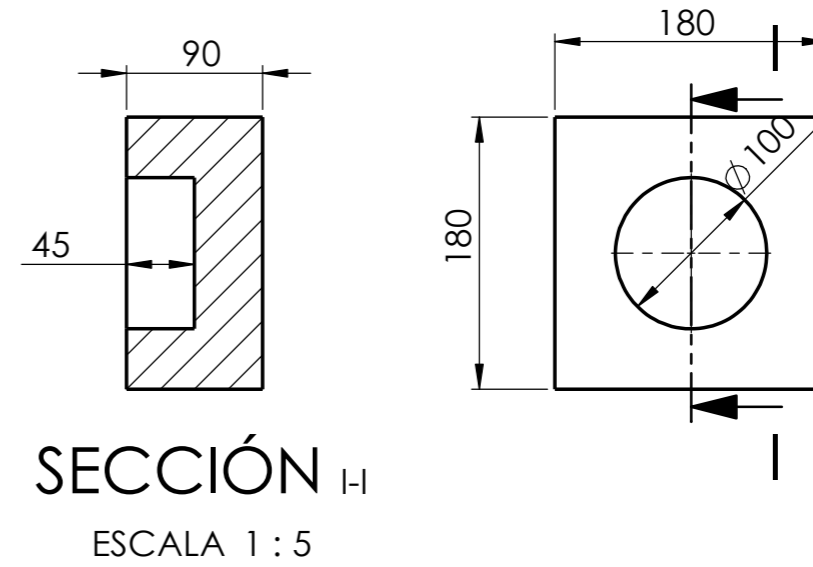
6. Bastidor . E 1:10



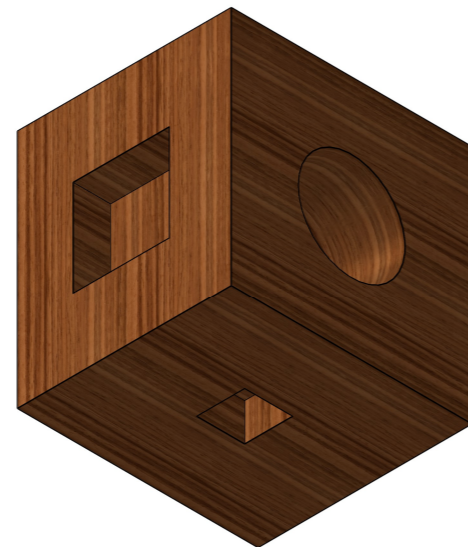
7. Pata central. E 1:10






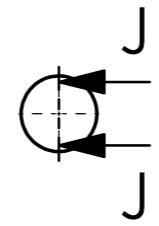
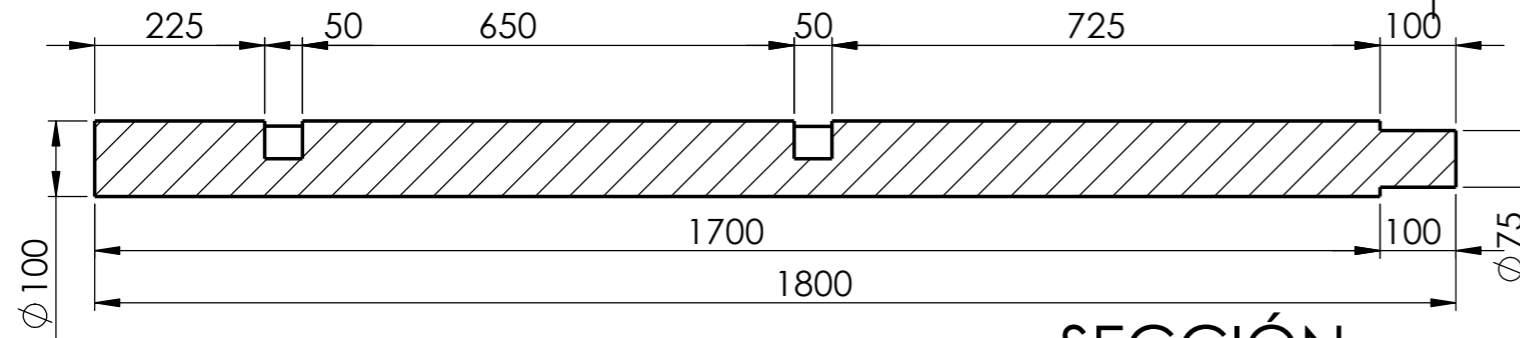
8. Soporte del eje en el bastidor. E 1:5



SECCIÓN H-H



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO	30/22/22	JOSÉ ANTONIO JIMÉNEZ AGUILAR		
ESCALA:	TÍTULO DEL PROYECTO: ESTUDIO Y MODELIZADO 3D DE LA MÁQUINA DE MOVIMIENTO ALTERNO QUE LEONARDO DA VINCI DISEÑÓ EN EL FOLIO 30 VERSO DEL CÓDICE ATLÁNTICO			Nº PLANO: 4
 Varias	DESIGNACIÓN: Bastidor, pata central y Soporte del eje en el bastidor			CURSO: 2022 - 2023



10. Eje pequeño E 1:10

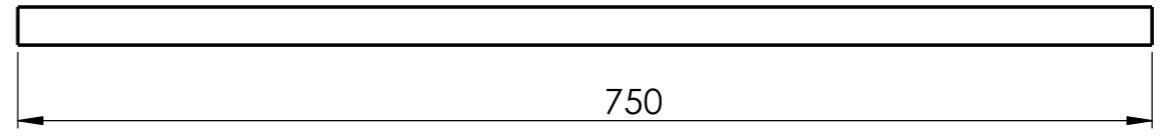
SECCIÓN J-J

ESCALA 1 : 10

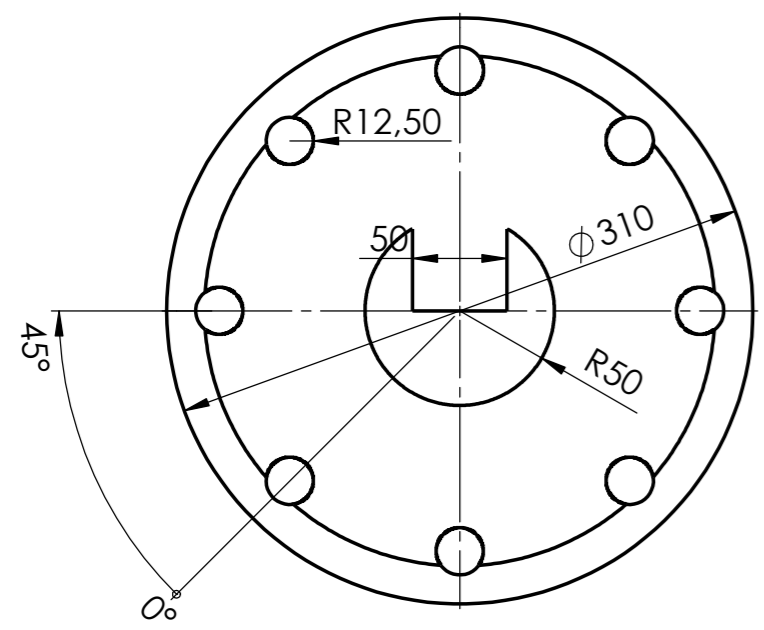
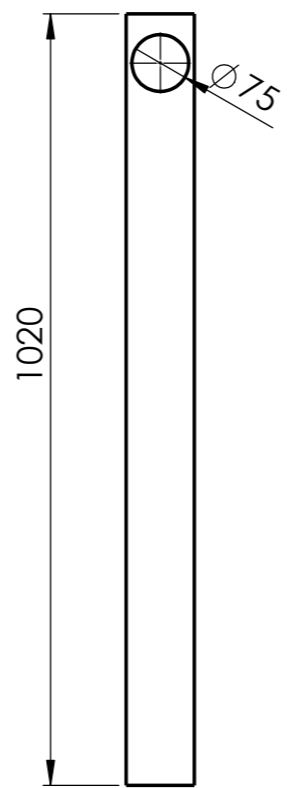
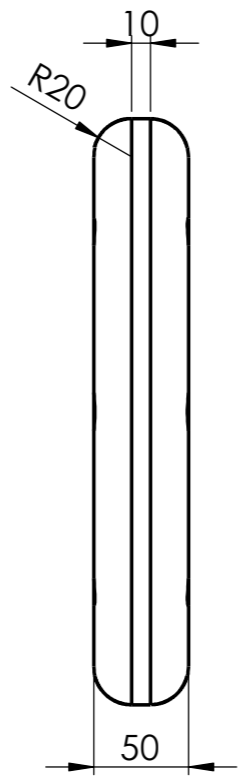
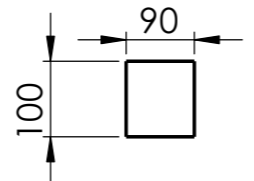
9. Rueda pequeña E: 1:4



11. Espiga de la rueda pequeña E 1:5

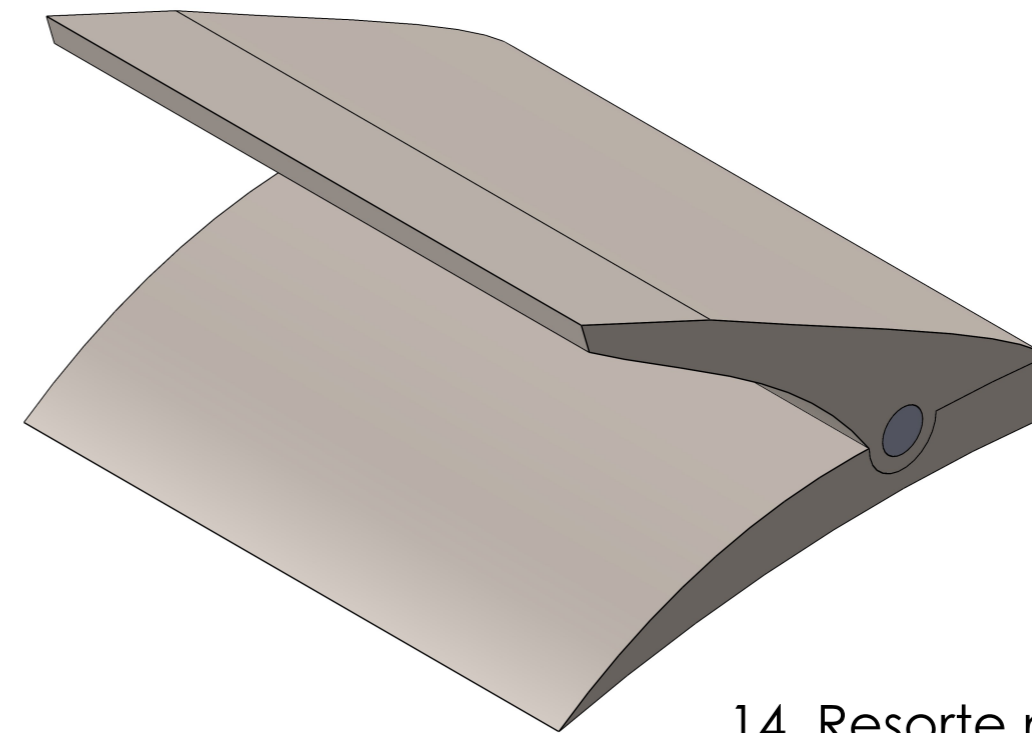
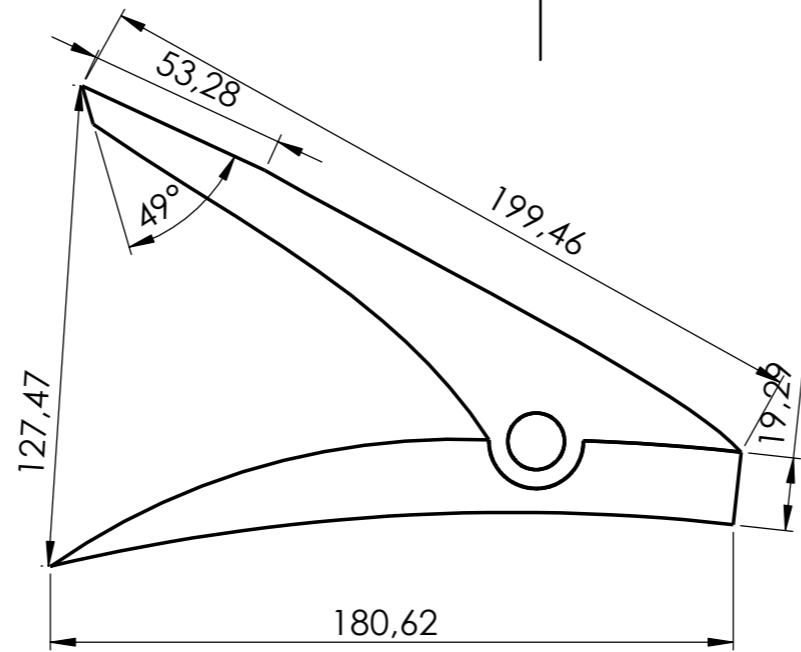
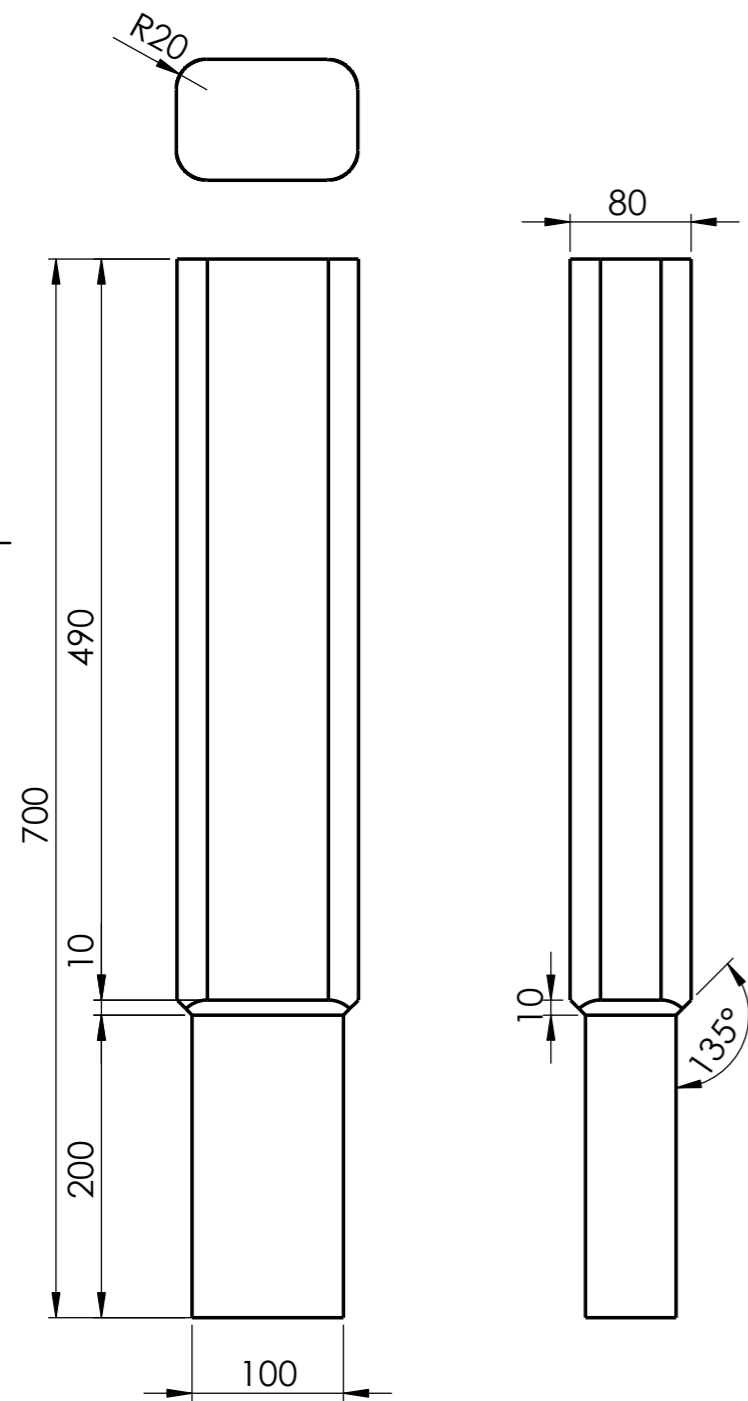


12. Pata del eje pequeño E 1:10






ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
FECHA	NOMBRE	FIRMA	Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos	
DIBUJADO 30/22/22	JOSÉ ANTONIO JIMÉNEZ AGUILAR			
ESCALA: Varias	TÍTULO DEL PROYECTO: ESTUDIO Y MODELIZADO 3D DE LA MÁQUINA DE MOVIMIENTO ALTERNO QUE LEONARDO DA VINCI DISEÑÓ EN EL FOLIO 30 VERSO DEL CÓDICE ATLÁNTICO	Nº PLANO: 5		
	DESIGNACIÓN: Rueda pequeña, Eje pequeño, Espiga de la rueda pequeña y pata del eje pequeño	CURSO: 2022 - 2023		

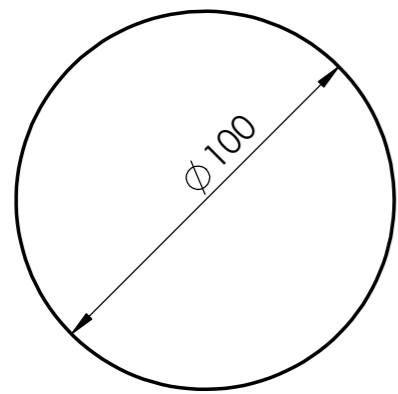
13. Palanca E: 1:5



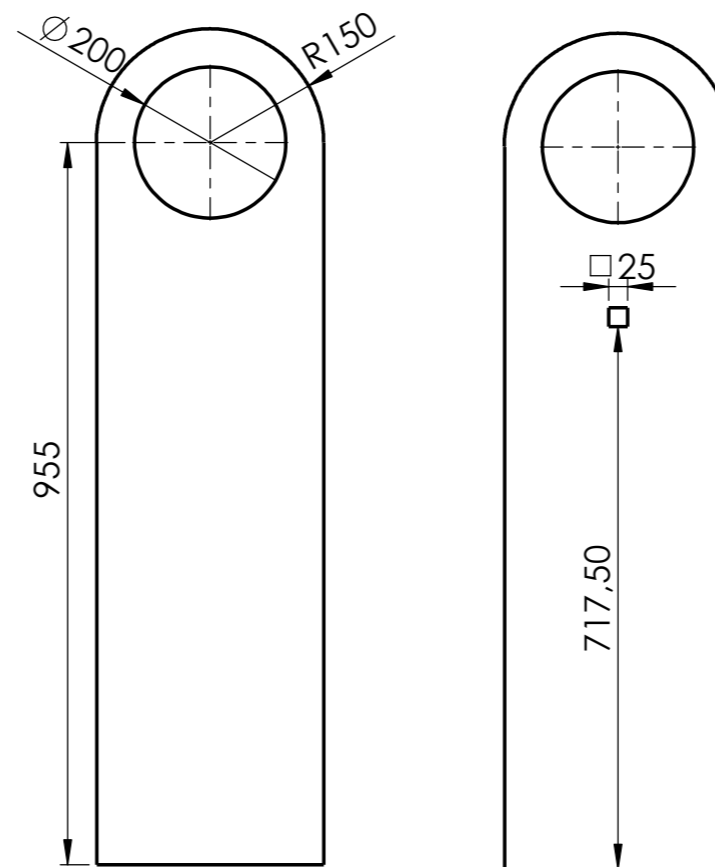
14. Resorte metálico E 1:2

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos	
DIBUJADO 30/22/22	JOSÉ ANTONIO JIMÉNEZ AGUILAR			
ESCALA: Varias	TÍTULO DEL PROYECTO: ESTUDIO Y MODELIZADO 3D DE LA MÁQUINA DE MOVIMIENTO ALTERNO QUE LEONARDO DA VINCI DISEÑÓ EN EL FOLIO 30 VERSO DEL CÓDICE ATLÁNTICO	Nº PLANO: 6		
	DESIGNACIÓN: Palanca y resorte metálico	CURSO: 2022 - 2023		

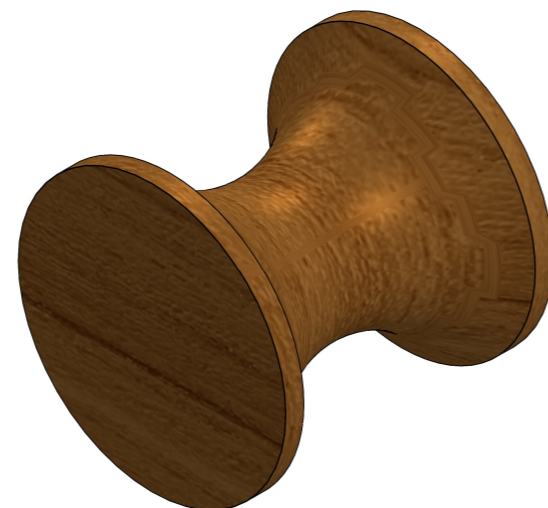
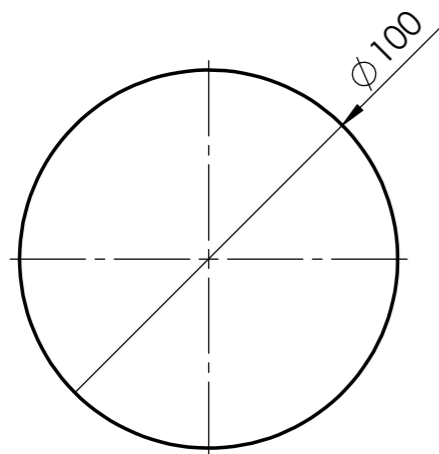
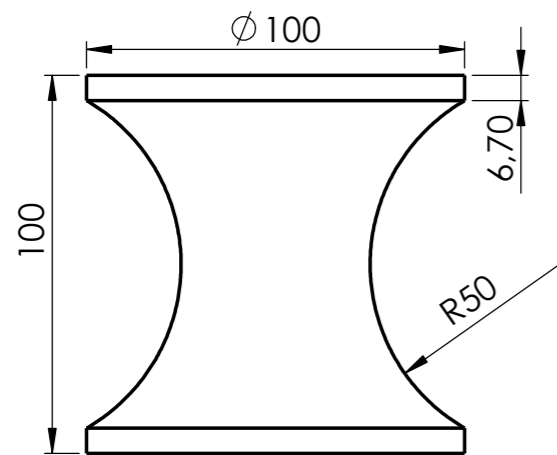
15. Bola de rodamiento E: 1:2






17. Patas laterales E:1:10 Espesor: 100mm



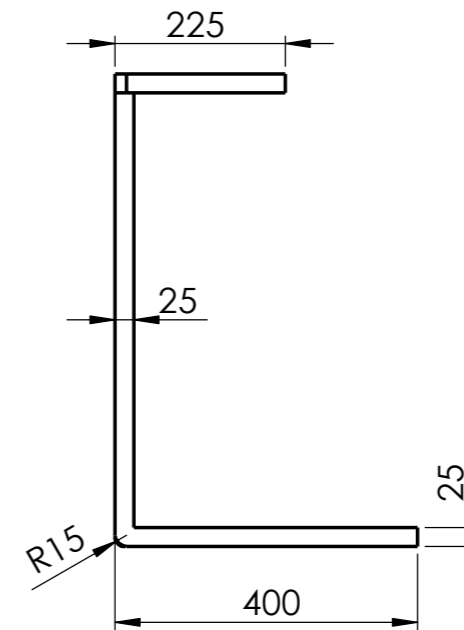
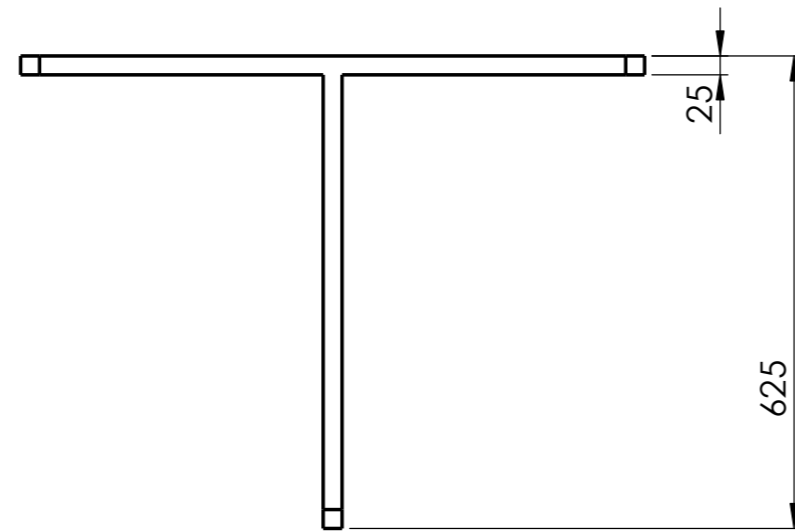
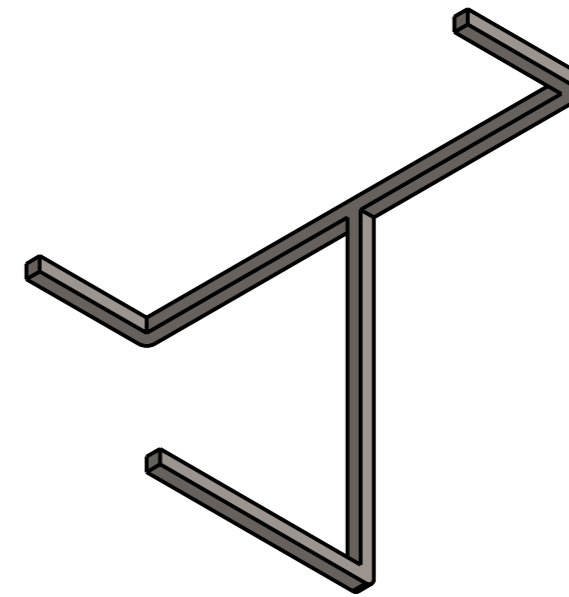
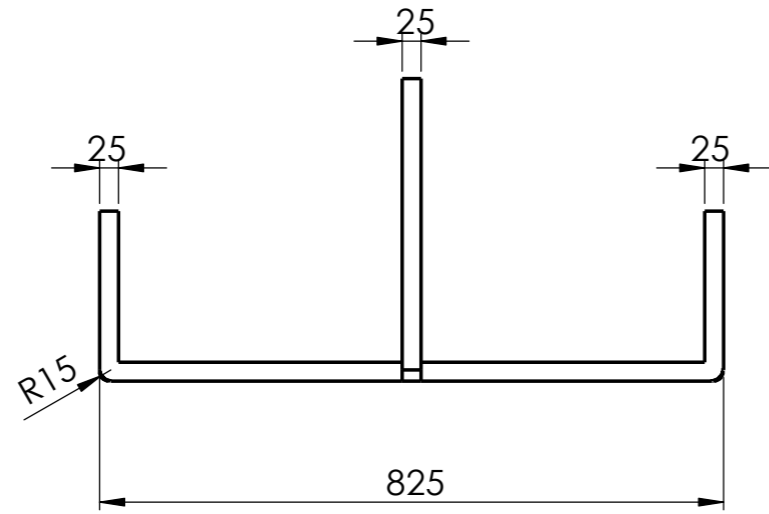
16. Cojinete de rodamiento E 1:2






ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO	30/22/22	JOSÉ ANTONIO JIMÉNEZ AGUILAR		
ESCALA:	TÍTULO DEL PROYECTO: ESTUDIO Y MODELIZADO 3D DE LA MÁQUINA DE MOVIMIENTO ALTERNO QUE LEONARDO DA VINCI DISEÑÓ EN EL FOLIO 30 VERSO DEL CÓDICE ATLÁNTICO			Nº PLANO: 7
 Varias	DESIGNACIÓN: Bola de rodamiento, Cojinete de rodamiento y patas laterales			CURSO: 2022 - 2023



18. Soporte límite de la palanca E 1:10



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO	30/22/22	JOSÉ ANTONIO JIMÉNEZ AGUILAR		
ESCALA:	TÍTULO DEL PROYECTO: ESTUDIO Y MODELIZADO 3D DE LA MÁQUINA DE MOVIMIENTO ALTERNO QUE LEONARDO DA VINCI DISEÑÓ EN EL FOLIO 30 VERSO DEL CÓDICE ATLÁNTICO			Nº PLANO: 8
	DESIGNACIÓN: Soporte límite de la palanca			CURSO: 2022 - 2023