



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

**Grado en Ingeniería Diseño Industrial
y Desarrollo de Producto**

**MODELADO Y ANIMACION CINEMATICA
CON CATIA DE UN RELOJ DE PENDULO**

Autor:

Martin Viejo, Jose Luis

Tutor:

Delgado Urrecho, Javier

Departamento:

**CMIM-EGI-IM-ICGF-IPF/INGENIERIA
DE LOS PROCESOS DE
FABRICACION**

Valladolid, julio 2015.

Resumen

Se pretende con el siguiente proyecto realizar un recorrido final antes de incorporarse al mundo laboral, por el magnífico programa de diseño, que es CATIA.

Abarca este programa a lo largo de sus módulos todas las especialidades del diseño industrial y muy aplicable por tanto al desarrollo de un producto, sea cual fuere su naturaleza o destino final. Desde una pieza de alta responsabilidad en un automóvil de uso cotidiano, como pudiera ser un pistón del motor, hasta un atractivo frasco de colonia, donde prima la estética sobre la funcionalidad, aunque sin olvidarla.

Para este proyecto recorreremos los módulos que ya hemos tenido ocasión de conocer durante la carrera y otro más en concreto menos conocido, que es el que hace que nuestro diseño tome vida, el módulo de animación.

Animaremos pues un reloj de péndulo de corte modernista, un modelo siempre atractivo con su maquinaria a la vista del espectador.

Palabras clave:

Diseño, CATIA, Animación, Reloj, Péndulo,

Abstract

It is intended for the next project make a final tour before joining the workforce for the great design program, which is CATIA.

This program covers over their modules all specialties of industrial design and therefore very applicable to the development of a product, whatever its nature or fate. From a piece of high responsibility in a car for everyday use, as it could be a piston engine to an attractive bottle of cologne, where premium aesthetics over functionality, but not forgotten.

For this project will cross the modules that have already had occasion to meet during the race and one in particular less known, which is what makes our design come alive, the animation module.

It will encourage a pendulum clock modernist cut, always attractive model with its machinery to the eye of the beholder.

Keywords:

Design, CATIA, Animation, Clock, Pendulum,

ÍNDICE

1. Introducción.	9
2. Objetivos.	11
3. Un poco de Historia	13
4. El reloj de péndulo.	17
4.1. Evolución.	
4.2. Componentes y funcionamiento.	
5. El reloj objeto de la animación.	27
5.1. Fuente.	
5.2. Diseño	
5.3. Funcionamiento.	
6. Planteamiento del proceso.	39
7. Desarrollo del proyecto.	47
7.1. Modelado de una rueda dentada	47
7.1.1. Generación de los engranajes.	
7.1.1.1. Bocetos y operaciones iniciales	
7.1.1.2. Modelado del dentado.	
7.2. Modelado-Ensamblaje del reloj.	70
7.2.1. Estructura.	
7.2.2. Balancín	
7.2.3. Eje IV.	
7.2.4. Eje III.	
7.2.5. Eje II.	
7.2.6. Eje horario.	

7.2.7. Eje intermedio horario.

7.2.8. Eje minuterero.

7.2.9. Eje trinquete.

7.2.10. Pendulo.

7.2.11. Contrapeso.

7.3. Módulo *DMU Kinematics*

86

7.3.1. Las uniones cinemáticas.

7.3.1.1. Revolute Joint.

7.3.1.2. Gear Joint.

7.3.2. Las condiciones para la simulación.

7.3.3. Creación de las simulaciones.

7.3.3.1. Simulación mediante comandos.

7.3.3.2. Simulación mediante leyes.

7.3.3.2.1. Creación de la ley.

7.3.3.2.2. Asignación de la ley al comando.

7.3.3.2.3. La simulación.

7.3.4. La generación y grabación de animaciones

7.3.4.1. La generación de la simulación.

7.3.4.2. La compilación de la simulación.

7.4. Proceso con DMU Kinematics aplicado al reloj.	117
7.4.1. Relación de componentes en DMU Kinematics.	
7.4.1.1. Mecanismo Balancin	
7.4.1.2. Mecanismo Péndulo.	
7.4.1.3. Mecanismo Eje III >> Eje IV	
7.4.1.4. Mecanismo Eje minuterero >> Eje II	
7.4.1.5. Mecanismo Eje Trinquete	
7.4.1.6 Mecanismo Eje Interm. horario >> Eje Horario	
7.4.2. Definición de los elementos fijos. 7.4.3.	
7.4.3. Simulación de los mecanismos.	
7.4.4. Generación de los vídeos.	
8. Conclusiones.	139
9. Futuras líneas de investigación	141
10. BIBLIOGRAFIA	143
ANEXOS	145
Anexo I: Posiciones de los ejes	147
Anexo II: Planos constructivos	149
Anexo III: Giro en grados de las manecillas del reloj	177
Anexo IV: Imágenes constructivas	179

Capítulo 1. INTRODUCCION

A lo largo del presente trabajo, recorreremos diferentes módulos del programa de diseño CATIA.

CATIA, cuyas siglas corresponden a “*computer-aided three dimensional interactive application*” es uno de los programas más potentes del mercado abarcando todas las ramas del diseño, fabricación y análisis industrial.

Dentro de la faceta de diseño es donde se va a mover este trabajo, usando los módulos para ello destinados, como van a ser:

- El módulo de diseño de partes o componentes (**Part**), que usaremos para definir formas, geometrías de piezas. En nuestro caso, un reloj, consta de numerosas piezas susceptibles de ser parametrizadas como son las ruedas dentadas, para evitar o ahorrar tiempo de dibujo tedioso de piezas similares en las que por ejemplo solo cambia un dato, el número de dientes.
- Una vez que todas las piezas de nuestro diseño estén definidas usaremos un modulo que nos permita que estas puedan formar un conjunto debidamente estructurado (**Assembly design**).
- A continuación el modulo que nos va a permitir definir dimensionalmente cada parte, para poder dar lugar a su posterior fabricación (**Drafting**).

Todos estos módulos se encuentran enmarcados en el apartado de Mechanical Design de CATIA.

Por ultimo y en este caso mas importante nos introduciremos en el modulo de animación, verdadero objetivo de este trabajo, como su titulo indica. Este modulo de animación se encuentra dentro del apartado *Digital Mockup* y accederemos a él, a través de *DMU Kinematics*.

Gracias a este modulo, podremos dar animación a nuestros diseños, simulando una realidad en la pantalla de nuestro ordenador. Podremos hacer que nuestro diseño “tome vida”, de varias maneras, bien a través de comandos, propios del programa o bien a través de alguna ley de movimiento que nuestro diseño pueda seguir, como pueden ser movimientos, armónicos, cíclicos,...etc. Todo ello se explicara mas adelante en los capítulos dedicados.

Capitulo 2. OBJETIVOS.

En el reloj de nuestro proyecto, ya sabemos dibujarle y modelarle sin mayores problemas, también le hemos dado texturas, aplicado materiales,...etc. Le hemos montado correctamente e incluso hemos obtenido sus dibujos constructivos.

Es el momento de dar un paso más “darle vida”, con el módulo DMU Kinematic de CATIA

Así pues afrontamos una nueva dimensión. Estamos con un cierto nivel de uso en los módulos que podemos considerar como básicos y que debemos manejar con un cierto dominio.

Debemos dar un salto e ir a buscar nuevos módulos, conocerles, manejarles y darles el mejor uso en cada momento. No hay que súper especializarse en uno concreto, es preferible el conocimiento de todos, si bien siempre hay alguno que por la razón que sea, predomina sobre el resto.

Uno de estos módulos es el principal objetivo de este proyecto, En segundo plano y no menos importante siempre estará la labor de continuar con el perfeccionamiento, entendimiento y manejo del programa.

Este objetivo pasa por conocer, manejar y aplicar el módulo de animación cinemática del que dispone CATIA, *DMU Kinematic a nuestro proyecto.*

Para ello trataremos de introducirnos en el y poco a poco ir conociendo sus entresijos. El fin es poder dotar a nuestro proyecto de una animación, lo más cercana a la realidad posible.

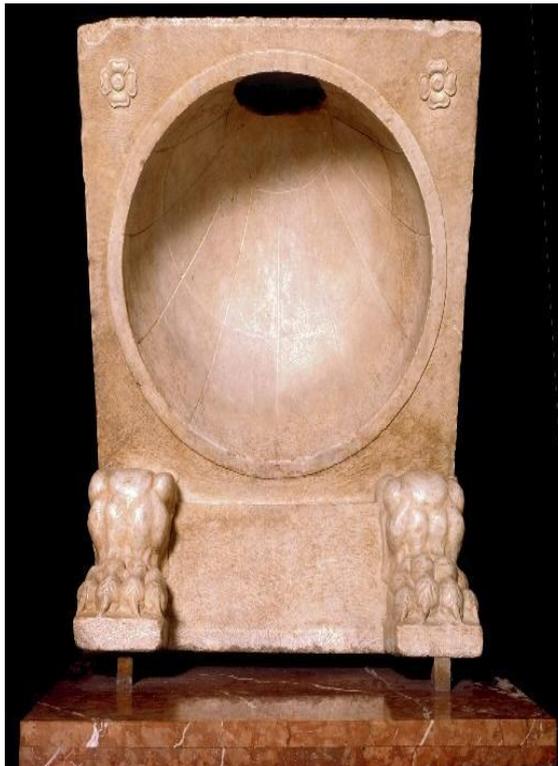
.

Capítulo 3. Un poco de Historia

Es interesante conocer brevemente la historia de los ingenios y máquinas destinados a marcar las divisiones del tiempo hasta el advenimiento del reloj mecánico en una fecha nebulosa hacia el 1300. Para ello vamos a referirnos a la obra de J. M. Echeverría, que es clara y concisa.

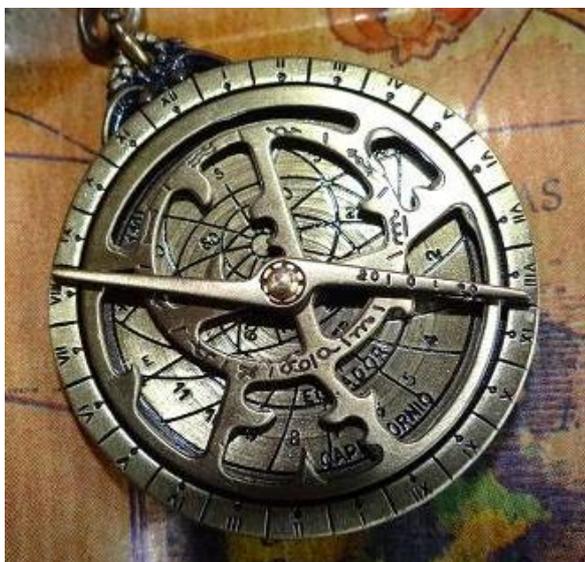
El primer reloj del hombre fue evidentemente el reloj solar cuya historia se pierde en los albores de la civilización: los obeliscos de los egipcios, nuestros menhires y crónlechs no fueron sino relojes de sol y observatorios astronómicos

Los relojes solares constituidos por una varilla incrustada en el fondo de una excavación semi-esférica parecen ser invenciones caldeas y ya en Grecia se hicieron muy populares, tomando posteriormente múltiples formas. Hasta el siglo XVIII este tipo de relojes se seguían utilizando ya que el cuadrante solar era todavía de enorme utilidad para verificar y poner en hora los relojes mecánicos.



Reloj de sol. Baelo Claudia (ensenada de Bolonia), siglo I d.C. Museo Arqueológico Nacional.

Otro tipo de reloj solar fue el astrolabio, cuya invención se remonta al año 150 A.C. por el griego Hipparchos y cuya posterior evolución dio lugar al octante y ya en el siglo XVIII al sextante que aún hoy en día se utiliza en navegación.



Pero con todo lo honrado y preciso que sea nuestro padre Sol, tiene sus inconvenientes: ¿y cuándo sea de noche?, ¿y si se nubla? Los astrónomos medievales utilizaron una especie de astrolabio, llamado "nocturnal", pero en tiempo cubierto el problema persistía.

Varios artilugios se utilizaron con mayor o menor fortuna para solventar este problema, aunque medían periodos cortos de tiempo, como los relojes de arena o los relojes de fuego de origen muy primitivo que consisten en medir el tiempo que tarda en consumirse alguna materia combustible como el aceite o la cera. Pero el de mayor difusión fue el reloj de agua o clepsidra de origen desconocido y ya presente en Egipto. El principio es muy simple: el agua gotea lentamente desde un primer recipiente llenando un segundo convenientemente calibrado, cuyas marcas permitían controlar el tiempo transcurrido. Pero este invento fue evolucionando hasta adquirir su más alta expresión científica en China donde el monje budista L'HSING inventa -en el año 725 de nuestra era-, la primera clepsidra con "escape" a modo de molino de agua. La fecha es memorable, pues el escape es la pieza fundamental de cualquier reloj hidráulico o mecánico, siendo la encargada de regularizar el movimiento, como veremos más adelante.

Centrémonos ahora en el reloj gótico mecánico, el primer auténtico reloj, protagonista de esta exposición. El reloj mecánico es la máquina por excelencia, el mecanismo prístino. De este conjunto tosco de ruedas y barras de hierro que compone un reloj gótico derivan, no solamente nuestros

modernos cronómetros, sino toda nuestra mecanización presente y futura. Nadie recuerda ya que de este mecanismo primigenio provienen las llaves de las armas de fuego, todos los artilugios movidos por resortes y todos los ingenios que hicieron posible la automatización. Todos los núcleos de "industrialización" del Renacimiento se desarrollan a partir de una cédula aún gótica: el fabricante de relojes mecánicos.

El funcionamiento pausado y regular del reloj está impuesto por un regulador que representa la norma del tiempo. Este mecanismo fundamental está compuesto por el escape y el regulador y merece una descripción detallada: El escape de paletas es el primero que se conoce y a pesar de posteriores inventos muy perfeccionados, ha de perdurar en ciertos relojes hasta mediados del siglo XIX. Se compone este escape de un eje o "verga" con dos pequeñas paletas adheridas, formando un ángulo recto entre sí.

Estas paletas engranan alternativamente en los dientes de una rueda llamada "corona" o "rueda de encuentro" y popularmente "rueda catalina" en nuestro país, en recuerdo del instrumento utilizado para el suplicio de esta Santa. La fuerza motriz hace girar la rueda catalina pero el vaivén alternado de las paletas frena su marcha, efectuándose esta por pequeños saltos; es éste girar sincopado el que produce el característico "tic-tac" del reloj y fundamenta todo sistema de escape.

Pero éste por sí solo no garantiza la marcha lenta y regular del reloj, ha de ser complementado por un regulador o controlador del tiempo. Los más primitivos están constituidos por un simple volante de vaivén llamado "balancín" o por el "foliot", que es una barra ranurada provista de pesas reglables en sus extremos. Este sistema va rígidamente acoplado al extremo de la verga del escape de paletas y tiene como misión el imponer cierta frecuencia al reloj.

Naturalmente, la esfera horaria de estos relojes dispone de una aguja única; el minuterero hará su aparición con el péndulo, en el siglo XVIII.

Capítulo 4. El reloj de péndulo.

4.1. Evolución

Los relojes mecánicos, con manecillas que avanzan lentamente por la acción de engranajes, aparecieron hace varios siglos. Se conserva el reloj fabricado en 1364 para el palacio de Carlos V, en París.

En estos primitivos relojes el movimiento se originaba por un peso colgante que impulsaba una rueda dentada o árbol de volante cuyos dientes estaban dispuestos en forma perpendicular al diámetro de la misma.

Dos láminas llamadas “paletas”, dispuestas sobre un eje horizontal que oscilaba, engranaban en los dientes del árbol del volante y regulaban su movimiento.

Este fue el primer sistema de escape empleado en los relojes, del mismo modo que la pesa constituyó el primer sistema motriz.

Falta aún que hagamos referencia al tercer sistema o parte esencial de un reloj, el oscilador, que controla los movimientos de escape.

En el primitivo reloj que describimos, esta función estaba a cargo de una palanqueta fijada en el extremo del eje de escape, que oscilaba merced al impulso que ejercían los dientes del árbol de volante. La duración de la oscilación, y por ende del escape, era regulada mediante una pesa deslizante fija a la palanqueta.

Estos relojes resultaban inseguros debido a sus primitivos mecanismos de escape y oscilación.

Surgió la necesidad de dar exactitud a la medida del tiempo. Es decir, dividirlo en fracciones exactas, con ritmo constante.

Fue necesario recurrir a un péndulo o balancín con resorte o peso, movido por un mecanismo regulador, así es como se inventa el "escape", y se debe agregar una aguja o elemento que señale las mediciones, y que debe moverse regularmente, para lo que se agrega un sistema de ruedas dentadas.

El primer motor de relojería estaba formado por pesas, cuerdas o cadenas enrolladas alrededor de ruedas y que se iban desenvolviendo.

Los relojes medievales más importantes eran de pesas, construidos en torres y campanarios, como el de Dijón, el del Palacio de Justicia de París o el de la Catedral de Salisbury.

También se construyeron grandes despertadores con este sistema de pesas. Se supone que este tipo de reloj apareció en el Siglo XIII, ya aparece citado por Alfonso X El Sabio en su "Libro del Saber de Astronomía", pero se puede suponer que los primeros experimentos con este mecanismo lo pueden haber realizado los árabes y los bizantinos.

En el Siglo XIV algunos nobles y señores comienzan a tener en sus casas relojes de pesas. El mecanismo llamado escape regula el descenso gradual de las pesas, éstas, al descender, impulsan una serie de ruedas dentadas.

A medida que el péndulo oscila de un lado a otro, el ánclora del escape deja avanzar el engranaje. Esto produce el tictac del reloj.

La pesa va bajando hasta que llega a un límite y hay que volverla a subir. Posteriormente, el resorte en espiral sustituye a las pesas.

Alrededor del año 1500 comienza a utilizarse el resorte, que reemplazaba al sistema de pesas y permitía la fabricación de relojes más pequeños, portátiles, y que dio lugar a la realización de bellísimas artesanías y obras de arte de la mecánica y la orfebrería de la época.

Al resorte se agregó el sistema de escape. Si bien hubo varios intentos de realización de escapes, el primero realmente importante, y que sería el comienzo precario del tic tac, fue el escape a varilla que apareció alrededor de 1250, y se lo nombra como "verge and foliot". Consiste en una rueda dentada movida por pesas, esta rueda empuja dos paletas fijadas a una varilla que hace mover a una barra horizontal oscilante, en forma de cruz, en dirección opuesta. Evoluciona éste sistema al llamado "escape de ánclora", y el foliot da lugar al balancín vertical que dará origen al péndulo.

Hay diversos tipos de escape:

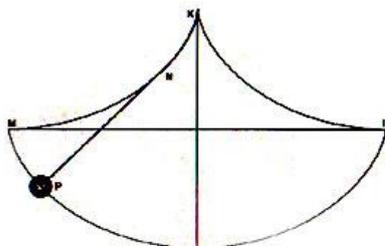
- el escape Graham inventado en 1715
- el escape de clavijas en 1753 por el francés Amant y perfeccionado por Pierre Caron
- el escape de ánclora inventado en 1759 por Mudge
- el de ánclora y clavijas, en 1798 por el francés Perrón.

El descubrimiento del movimiento isocrónico de las oscilaciones pendulares se hace en 1583. Galileo, en sus últimos años de experimentación, alrededor de 1641, proyectó un reloj de péndulo, que fue terminado por sus continuadores.

El diseño original fue conocido por Christian Huygens, astrónomo, matemático y físico holandés del siglo XVII.

Huygens, fue el primer constructor serio de relojes de péndulo. Construyó uno que tenía una propiedad muy especial:

Aunque la amplitud del movimiento del péndulo variase, seguía marcando el tiempo igual de bien. ¡Tenía el mismo periodo para cualquier amplitud!



Construyó un péndulo que describiera una cicloide invertida: el péndulo tiene como topes dos arcos de cicloide. La curva que describía el péndulo era *tautócrona**:

Si dejas caer dos canicas desde dos puntos diferentes de una cicloide invertida, ambas llegan al mismo tiempo al punto más bajo

En 1675, él mismo, creó el resorte en espiral regulador, mecanismo muy simple para hacer funcionar los relojes de bolsillo. La forma en espiral ha perdurado hasta la actualidad.

Al comenzar el Siglo XIX, un relojero suizo, Louis Berthoud inventó el cronómetro y fue perfeccionado el sistema de cuerda. Otro suizo, Louis Philippe, afina los diversos elementos y trabaja con elementos más pequeños, que lo llevan a trabajar con mecanismos de precisión y a la utilización de otros materiales y de nuevas aleaciones para resortes y balancines, para el logro de un punto justo de dureza, inalterabilidad y mínimas variaciones a los efectos externos.

A fines del Siglo XIX, C. E. Guillaume dio otro paso en la evolución de los relojes, inventando el invar y el elivar, logrando nuevas aleaciones en resortes y balancines.

* Una tautócrona o curva isócrona (de los prefijos griegos tauto- que significa mismo o iso- igual, y chrono tiempo) es la curva para la cual el tiempo tomado por un objeto que desliza sin rozamiento en gravedad uniforme hasta su punto más bajo es independiente de su punto de partida. Esta curva es una cicloide

4.2. Componentes y funcionamiento

Los relojes de péndulo con su tic-tac pueden escucharse como los latidos del corazón en un hogar. Pero su forma de trabajar sigue siendo un misterio para la mayoría de la gente. Estos se inventaron en el siglo XVII, antes de que existieran las baterías o se descubriera la electricidad. Funcionan sólo con la energía mecánica suministrada por la cuerda del reloj, y son tan precisos que representan una mejora enorme sobre sus antecesores, como el reloj de sol y de agua. Los relojes de péndulo eran tan exactos que permanecieron en uso hasta la década de 1930, cuando fueron superados por los relojes eléctricos. Con la oscilación del péndulo el reloj se regula, su movimiento lo genera la energía que producen los pesos al caer gradualmente. Y una o más series de engranajes sirven para asegurarse de que las manecillas se muevan a una velocidad precisa.

4.2.1. La pesa

La pesa es el motor que impulsa al reloj. Imaginemos que tenemos un peso atado a una cuerda y esta cuerda se encuentra enrollada alrededor de un cilindro de manera que cuelgue por encima del suelo.

Si la soltamos, la pesa caerá haciendo girar el cilindro hasta detenerse al tocar el suelo.

Si colocáramos en el cilindro algunos indicadores (como por ejemplo unas manecillas), las veríamos girar a medida que el peso cae.

Esto, en términos simples, es la forma en que un reloj funciona. Evidentemente se necesita algo más. Es necesario que exista algún mecanismo que ayude a regular la velocidad de la caída del peso.

4.2.2. El péndulo

El péndulo es una pesa redonda, oscilante, situada en el extremo de una varilla metálica. A medida que ésta se mueve, el péndulo va y viene a un ritmo regular.

El período de oscilación del péndulo (el tiempo que tarda en ir y volver una vez) se basa en la longitud de la varilla que se ve afectada por la fuerza de gravedad en algún lugar determinado de la tierra.

Es posible diseñar péndulos con la longitud y el peso correctos para que el período sea tan largo como un segundo o alguna otra cantidad regular de tiempo.

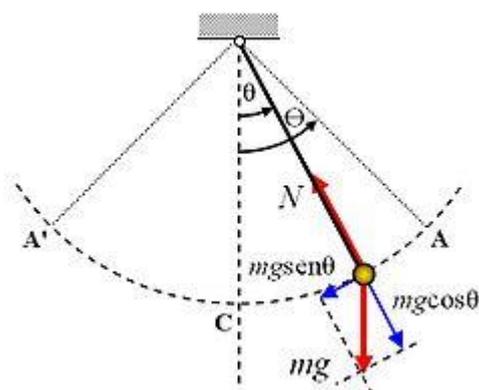
Si de alguna manera el péndulo se pudiera mantener en marcha y no se detuviera por fricción, éste se podría utilizar para medir con exactitud el paso del tiempo.

4.2.2.1. Péndulo simple

El péndulo simple (también llamado péndulo matemático o péndulo ideal) es un sistema idealizado constituido por una partícula de masa m que está suspendida de un punto fijo o mediante un hilo inextensible y sin peso. Naturalmente es imposible la realización práctica de un péndulo simple, pero si es accesible a la teoría.

El péndulo simple o matemático se denomina así en contraposición a los péndulos reales, compuestos o físicos, únicos que pueden construirse.

4.2.2.2. La Ecuación del movimiento. Método de Newton



Péndulo simple. Esquema de fuerzas.

Consideremos un péndulo simple, como el representado en la Figura. Si desplazamos la partícula desde la posición de equilibrio hasta que el hilo forme un ángulo θ con la vertical, y luego la abandonamos partiendo del reposo, el péndulo oscilará en un plano vertical bajo la acción de la gravedad. Las oscilaciones tendrán lugar entre las posiciones extremas θ y $-\theta$, simétricas respecto a la vertical, a lo largo de un arco de circunferencia cuyo radio es la longitud, l , del hilo. El movimiento es periódico, pero no podemos asegurar que sea armónico.

Para determinar la naturaleza de las oscilaciones deberemos escribir la ecuación del movimiento de la partícula.

La partícula se mueve sobre un arco de circunferencia bajo la acción de dos fuerzas: su propio peso (mg) y la tensión del hilo (N), siendo la fuerza motriz la componente tangencial del peso.

Aplicando la segunda Ley de Newton obtenemos:

$$F_t = -mg \sin \theta = ma_t$$

siendo a_t , la aceleración tangencial y donde hemos incluido el signo negativo para manifestar que la fuerza tangencial tiene siempre sentido opuesto al desplazamiento (fuerza recuperadora).

Al tratarse de un movimiento circular, podemos poner:

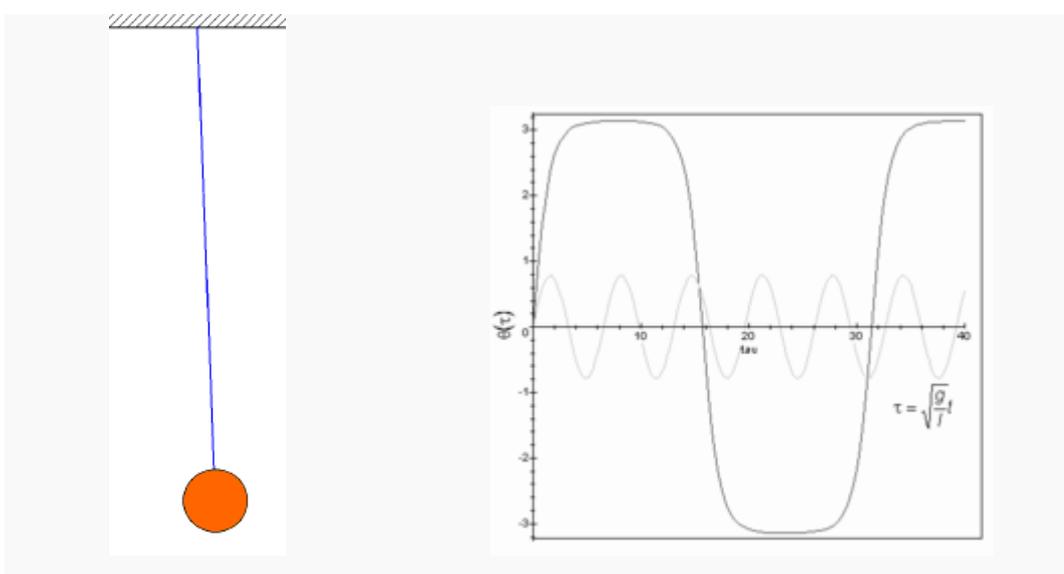
$$a_t = l\ddot{\theta}$$

Siendo $\ddot{\theta}$ la aceleración angular, de modo que la ecuación diferencial del movimiento es:

$$-mg \sin \theta = ml\ddot{\theta} \quad \Rightarrow \quad l\ddot{\theta} + g \sin \theta = 0$$

Esta ecuación diferencial, no corresponde a un movimiento armónico simple (m.a.s.) debido a la presencia de la función seno, de modo que podemos asegurar que el movimiento del péndulo simple no es armónico simple, en general.

4.2.2.3. Para Pequeñas oscilaciones



Para pequeñas oscilaciones, la función que representa la elongación angular con el tiempo, $\theta(t)$, es casi sinusoidal; para mayores amplitudes la oscilación ya no es sinusoidal. La figura muestra un movimiento de gran amplitud $0,999\pi \text{ rad} \approx 180^\circ$ (negro), junto a un movimiento de pequeña amplitud $0,25\pi \text{ rad} = 45^\circ$ (gris).

Si consideramos tan sólo oscilaciones de pequeña amplitud, de modo que el ángulo θ sea siempre suficientemente pequeño, entonces el valor del $\text{sen}\theta$ será muy próximo al valor de θ expresado en radianes ($\text{sen}\theta \approx \theta$, para θ suficientemente pequeño), como podemos apreciar en la Tabla I, y la ecuación diferencial del movimiento se reduce a

$$\ell\ddot{\theta} + g\theta = 0$$

que es idéntica a la ecuación diferencial correspondiente al m.a.s., refiriéndose ahora al movimiento angular en lugar de al movimiento rectilíneo, cuya solución es:

$$\theta = \Theta \sin(\omega t + \phi)$$

Siendo ω la frecuencia angular de las oscilaciones, a partir de la cual determinamos el período de las mismas:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \quad \Rightarrow \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Las magnitudes Θ y ϕ son dos constantes "arbitrarias" (determinadas por las condiciones iniciales) correspondientes a la amplitud angular y a la fase inicial del movimiento. Ambas tienen dimensiones de ángulo plano.

Comparación entre el valor de un ángulo (rad) y su seno.							
$\Theta(^{\circ})$	$\Theta(\text{rad})$	$\text{sen}\Theta$	dif. %	$\Theta(^{\circ})$	$\Theta(\text{rad})$	$\text{sen}\Theta$	dif. %
0	0,00000	0,00000	0,00	15	0,26180	0,25882	1,15
2	0,03491	0,03490	0,02	20	0,34907	0,34202	2,06
5	0,08727	0,08716	0,13	25	0,43633	0,42262	3,25
10	0,17453	0,17365	0,51	30	0,52360	0,50000	4,72

4.2.2.4. Isocronismo

Obsérvese que el periodo del péndulo simple es independiente de la masa de la partícula suspendida y, también, de la amplitud de las oscilaciones, siempre que éstas sean suficientemente pequeñas como para que la aproximación $\text{sen}\theta \approx \theta$ sea aceptable. Esta propiedad, es conocida

como isocronismo de las pequeñas oscilaciones y fue descubierta por Galileo (1564-1642), hacia el año 1581, en la catedral de Pisa:

"Un día en que asistía, algo distraído sin duda, a una ceremonia religiosa, fijó su mirada en una lámpara de bronce, obra maestra de Benvenuto Cellini, que, suspendida de una larga cuerda, oscilaba con lentitud ante el altar. Quizás, con los ojos fijos en aquel metrónomo improvisado, unió su voz a la de los celebrantes; la lámpara se detuvo poco a poco y, atento Galileo a sus últimos movimientos, observó que marcaba siempre el mismo compás"

J. Bertrand: *Galileo y sus trabajos*

Esta última circunstancia fue la que más atrajo la atención de Galileo; a pesar de que la amplitud de las oscilaciones se iba reduciendo, permanecía sensiblemente constante la duración de las mismas. Galileo repitió muchas veces el experimento y acabó por descubrir la relación existente entre dicha duración y la longitud de la cuerda que soportaba al peso oscilante.

Más adelante, hacia el año 1673, Christian Huygens encontró la expresión del periodo correspondiente a las oscilaciones de pequeña amplitud, basando su demostración en las leyes de caída de los graves, según las había enunciado Galileo.

Puesto que *las pequeñas oscilaciones del péndulo son isócronas*, resulta útil para la medida del tiempo

4.2.3. La rueda de escape

La rueda de escape se conforma de una serie de partes que incluyen el péndulo, una rueda dentada y un dispositivo llamado ancora que se acopla con los dientes del engranaje.

En cada oscilación del péndulo, un diente del engranaje se escapa. La ancora toca el equipo en dos lugares: derecha e izquierda; derecha e izquierda, movimiento que produce el tic, tac, tic, tac, sonido que se escucha cuando un reloj de péndulo está funcionando.

La ancora empuja el péndulo justo lo suficiente para vencer la fricción y para que el péndulo oscile sin detenerse.

4.2.4. El tren de engranajes

Se denomina tren a una serie de engranajes, debido a que cada uno se conecta al siguiente.

En un reloj, estos se conectan al cilindro (que gira al caer el peso) de cada manecilla del reloj. Los diferentes tamaños de estos engranajes provocan que cada manecilla gire a una velocidad diferente. Otros sostienen el peso de modo que no caiga rápidamente. En la mayoría de los relojes con campanas, el tañido de cada una se rige por un tren de engranajes que se separa del que regula el peso y la velocidad en el cilindro, por lo que las pesas caen a velocidades reguladas con precisión.

4.2.5. Mecanismo de ajuste

El mecanismo de ajuste desconecta los trenes de engranajes para que las manecillas del reloj se puedan ajustar a la hora correcta. Este mecanismo corresponde al eje, el cual debe extraerse (desenganchar los engranajes) para que las manecillas puedan ajustarse.

Capitulo 5. El reloj objeto de La animación

5.1 Diseño

El diseño elegido como entidad de trabajo es un reloj de péndulo de pared, de corte modernista.

Tiene una composición estructural sencilla y efectiva; todo su sistema de elementos y mecanismos se dispone de tal forma que cumplen su función de forma fiable y satisfactoria.



La estructura que sirve de sustento a los distintos elementos que configuran el reloj cuenta con tres puntos de fijación a la pared y sobre estos se cuelga la estructura del reloj.

Presenta dos piezas longitudinales dispuestas en posición vertical, entre las cuales se sitúan los distintos ejes cilíndricos sobre los cuales giran los distintos engranajes del mecanismo, así como el mecanismo de escape.

La situada en posición frontal sustenta, además, el aro horario. Ambas están unidas a través de tres piezas distanciadoras de forma cilíndrica. El péndulo tiene su punto de apoyo situado en la parte superior de la estructura.

Las agujas se sitúan en las prolongaciones frontales de uno de los mencionados ejes, fijadas convenientemente para su movimiento coordinado. Están rodeadas por el aro de superficie plana en el cual se encuentran los números.

Un mecanismo anexo a una la de las ruedas de uno de los engranajes compuesto por un trinquete y una polea de la cual cuelga un peso. El objetivo de estos elementos es el de contrarrestar la pérdida de movimiento del conjunto por el rozamiento entre los componentes, y posibilitar así el correcto y continuo funcionamiento del reloj.

En total, el reloj cuenta con 70 piezas, más la cuerda que sirve de sujeción al peso.

En el **Anexo II** se adjuntan los planos constructivos del reloj, basados en los originales.

5.2 Fuente

Los planos originales se han obtenido de la página web :

www.woodenclocks.co.uk.

Se trata de un enlace perteneciente a un diseñador industrial originario de Reino Unido llamado Brian Law.

En él refleja y pone a disposición de cualquier internauta los distintos diseños personales de distintos relojes de péndulo pensados para su fabricación en madera.

Además, aporta otros datos, como propiedades y características de las clases de madera apropiadas para la fabricación de los relojes y otros consejos relativos al proceso de ejecución de los mismos.

En lo concerniente al presente trabajo, de dicha página web se han obtenido, además de los citados planos, algún otro dato relativo al montaje del reloj, a través de varias infografías explicativas, anexas a la información sobre él.

5.3 Fabricación y funcionamiento

Este modelo es el primer diseño de reloj para utilizar el escape del tipo “saltamontes”. Desarrollado originalmente por John Harrison como un medio para reducir la fricción en el escape, es un diseño más complejo e intrincado que requiere una mayor precisión en la fabricación, como recompensa tendremos la suavidad y la vistosidad en su funcionamiento.

El reloj es de estilo posterior al periodo Art Nouveau y como tal tiene líneas fluidas naturales y curvas que reflejan la naturaleza en ellas.

A la hora de la fabricación el reto principal, cuenta el diseñador, ha sido simplificar el “escape saltamontes” de modo que este no tiene ninguna necesidad de herrajes de ajuste unidos a cada parte móvil. Esto requirió un diseño muy cuidado de las piezas en CAD para conseguir el equilibrio en torno al eje central así como el pequeño “tenedor” situado en los extremos de cada brazo, necesitan también estar exactamente en el lugar adecuado para interactuar con los dientes en la rueda de escape.

El “escape saltamontes” tiene la peculiaridad que depende en gran medida del peso que utiliza para impulsar el reloj, de modo que cuanto más peso el reloj va más rápido.

La razón de esto es que a diferencia del escape aperiódico Graham, que es el usado normalmente, el de tipo “saltamontes” aporta un impulso casi continuo al péndulo.

Si fuese posible obtener un tren de transmisión perfecto, en el que no influyera la fricción que se genera, entonces se podría reducir el peso hasta el punto en que el reloj mantuviera la hora exacta.

Como en todo reloj de péndulo, la base de su funcionamiento está en la conversión del movimiento de oscilación del propio péndulo en el movimiento acompasado de rotación de las agujas.

Función clave es la del mecanismo de escape, encargado de la transmisión del movimiento del péndulo al sistema de engranajes, así como de facilitar las oscilaciones continuas de éste, evitando su detención.

En el diseño tratado, el péndulo realiza su movimiento en la parte posterior del reloj.

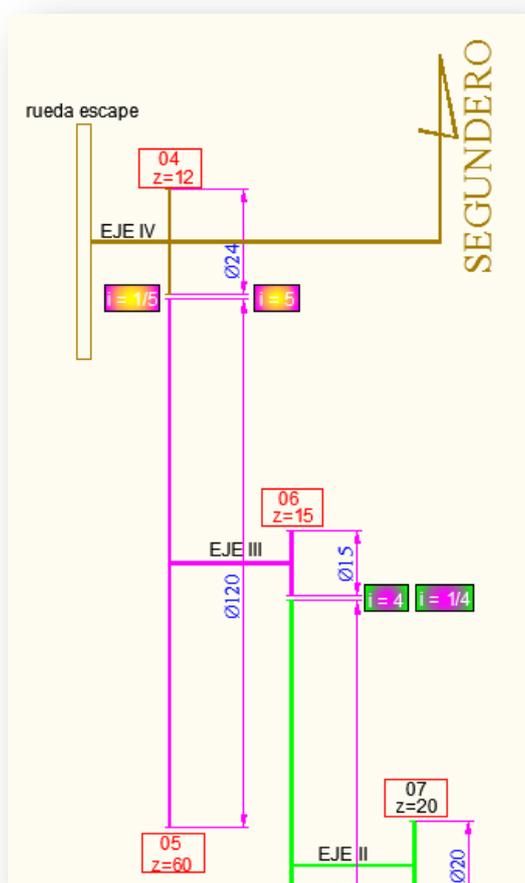
La presencia del peso que es colgado a través de un gacho y sujeto con una cuerda arrollada en una polea solidaria, del eje llamado trinquete y cuyo descenso por gravedad hace que el movimiento se vaya transmitiendo a los diferentes ejes de transmisión que conforman el reloj, hasta llegar al mecanismo de escape. Si este mecanismo no estuviera, el peso descendería hasta llegar al suelo o acabarse la cuerda.

La oscilación periódica del péndulo hace que la a través de los “tenedores” del balancín, detengan a la rueda de escape y por ende a toda la transmisión del reloj hasta llegar al peso, evitando que este se descuelgue de manera continua.

Se puede considerar, que el movimiento se origina en la rueda de escape, a la cual la comanda el sistema de balancín y a este le gobierna las oscilaciones del péndulo.

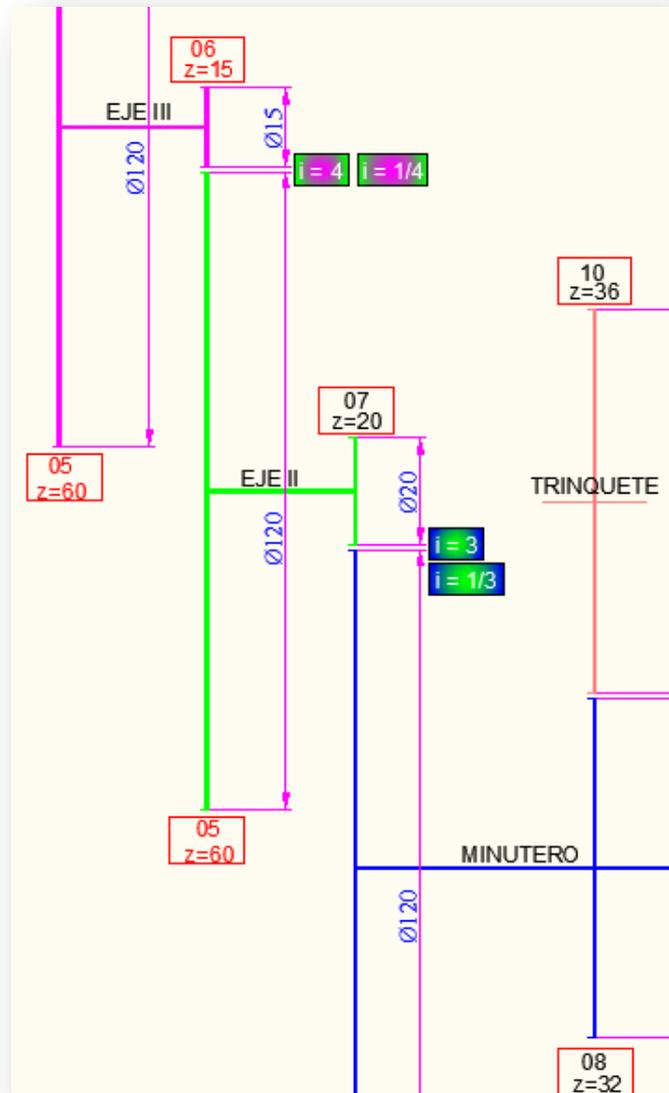
Tras el mecanismo de escape, la primera rueda dentada que interviene en el proceso es la marca 04 que tiene de 12 dientes, y gira de manera solidaria en el mismo eje en el que está montada la rueda de escape, marca 35.

- Así, el movimiento comienza a transmitirse a través de ella al eje III, recibiendo el movimiento la marca 05, una rueda de 60 dientes, que está montada en el mismo eje y de manera solidaria con la marca 06 una rueda de 15 dientes y que es la encargada de transmitir el movimiento al eje II.



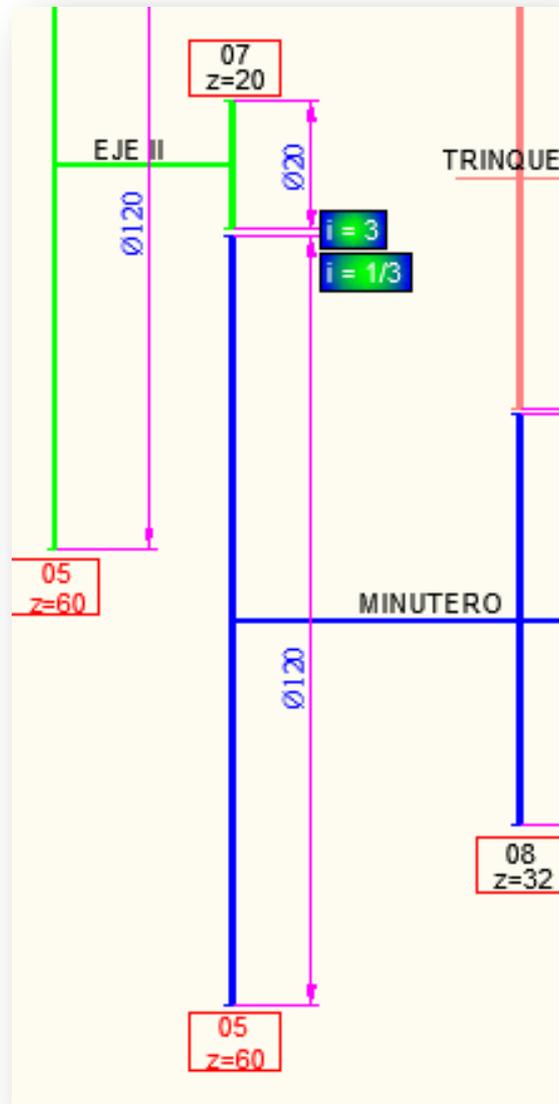
El eje III que recibe el movimiento del eje IV lo hace con una relación de trasmisión equivalente a $12/60$ o lo que es igual a $1/5$, que significa que por cada vuelta de la marca 04, la marca 05 gira $1/5$ de vuelta, es decir por cada 360° del piñón marca 04 la rueda marca 05 del eje III, gira 72° .

- Desde el eje III y a través de la marca 06, un piñón de 15 dientes, transmite el movimiento al eje II. El movimiento en este eje lo recibe una rueda de 60 dientes, al igual que en el eje anterior.



La relación entonces entre el eje III y el eje II será de $15/60$ o lo que es igual a $1/4$, que significa que por cada vuelta de la marca 06, la marca 05 del eje II gira $1/4$ de vuelta, es decir por cada 360° del piñón marca 06 la rueda marca 05 del eje II gira 90° .

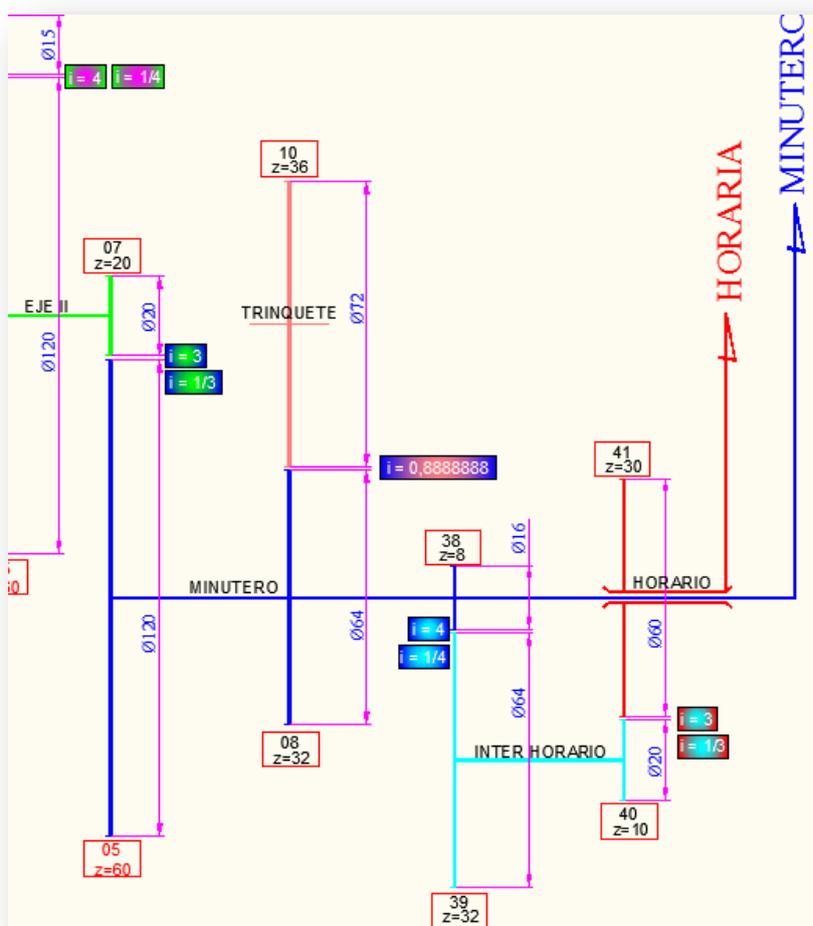
- Desde el eje II y a través de la marca 07, un piñón de 20 dientes, transmite el movimiento al eje minuterio. El movimiento en este eje lo recibe una rueda de 60 dientes, al igual que en el eje II y el eje III.



La relación entonces entre el eje II y el eje minuterio será de $20/60$ o lo que es igual a $1/3$, que significa que por cada vuelta de la marca 07, la marca 05 del eje minuterio gira $1/3$ de vuelta, es decir por cada 360° del piñón marca 07 la rueda marca 05 del eje minuterio gira 120° .

El eje minuterero es el más versátil, de él derivan hasta tres movimientos. Directamente el movimiento que recibe, lo trasmite a la aguja “minuterero”, la cual con las relaciones de trasmisión descritas, llevara una velocidad de giro.

De este eje deriva una trasmisión a un eje intermedio, que posteriormente dará animación al propio eje horario.



También otra derivación de trasmisión al eje trinquete, encargado de arrollar a la cuerda del contrapeso.

Este eje minuterero recibe el movimiento con una relación ya anunciada de $1/3$ del eje II, que ya venía con una relación de $1/4$ desde el eje III y este a su vez con una relación de $1/5$ desde el eje IV.

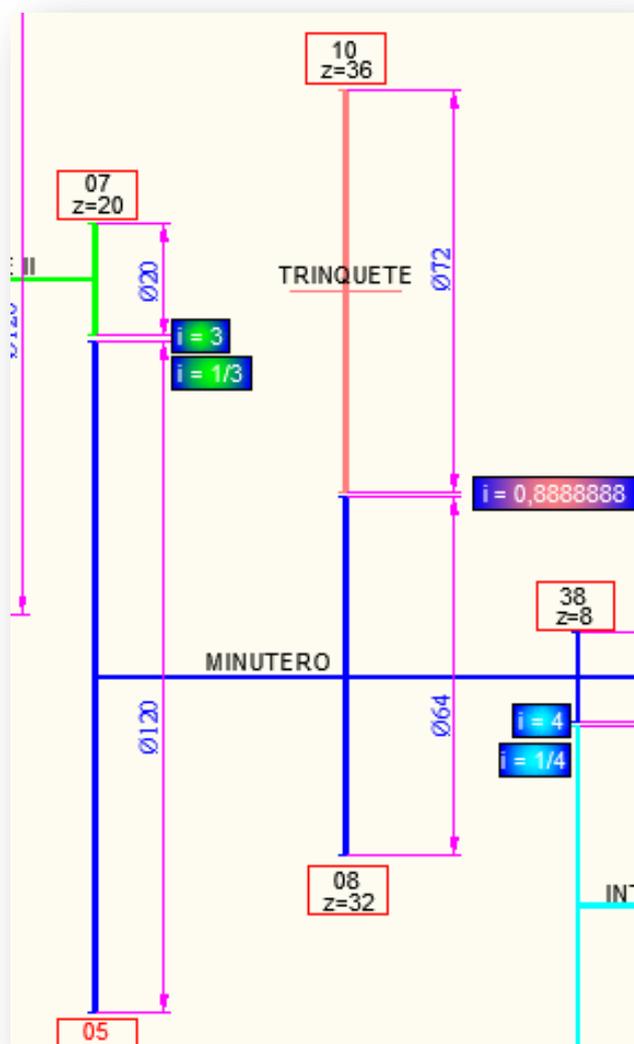
Desde el eje IV donde comenzó la trasmisión hasta el eje minuterero, se ha convertido esta en una relación de:

$$1/5 \times 1/4 \times 1/3 = 1/60$$

La relación entonces entre el eje IV y el eje minuterero será de $1/60$, que significa que por cada vuelta del eje IV, el eje minuterero gira $1/60$ de vuelta, es decir por cada 360° del eje IV, el eje minuterero gira 6° .

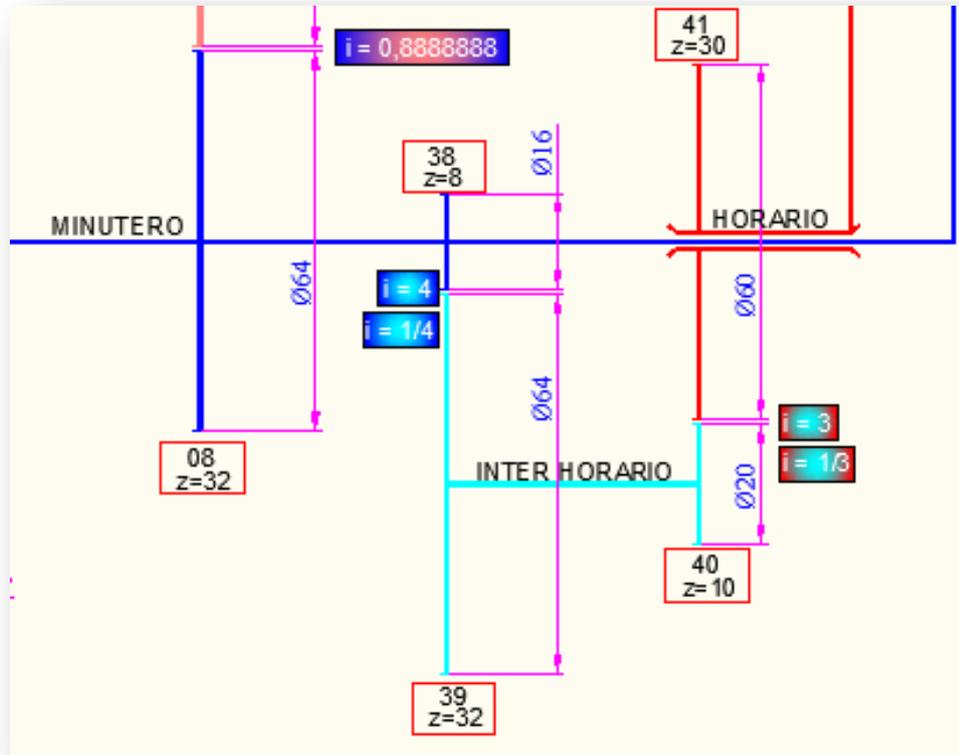
Quiere esto decir, que por cada vuelta del eje de la rueda de escape, la aguja del minuterero, recorre un espacio angular de 6° o lo que es lo mismo, un minuto,

- La primera derivación de este eje minuterero es al eje trinquete a través de la marca 08, un piñón de 32 dientes, que engrana con la marca 10, una rueda de 36 dientes, solidaria en el eje trinquete.



La relación entonces entre el eje minuterero y el eje trinquete será de $32/36$ o lo que es igual a $8/9$, que significa que por cada vuelta de la marca 08, la marca 10 del eje trinquete gira $8/9$ de vuelta, es decir por cada 360° del piñón marca 08 la rueda marca 10 del eje trinquete gira 320° . A este ritmo será al que la cuerda del contrapeso se desenrolla.

- La segunda derivación del eje minuterero es a un eje intermedio horario, a través de la marca 38, un piñón de 8 dientes, que engrana con la marca 39, un piñón de 32 dientes solidario de este eje intermedio al igual que la marca 40, un piñón de 10 dientes, que engrana con la única rueda del eje horario, la marca 41, un piñón de 30 dientes. Este último lleva montada de manera solidaria la aguja horaria.



La relación entonces entre el eje minuterero y el eje horario, estará compuesto por las marcas 38, 39, 40 y 41. Un tren de engranajes que tiene la siguiente relación de transmisión:

$$(8 \times 10) / (32 \times 30) = 1/12$$

Significa que por cada vuelta el eje minuterero, el eje horario da 1/12 de vuelta.

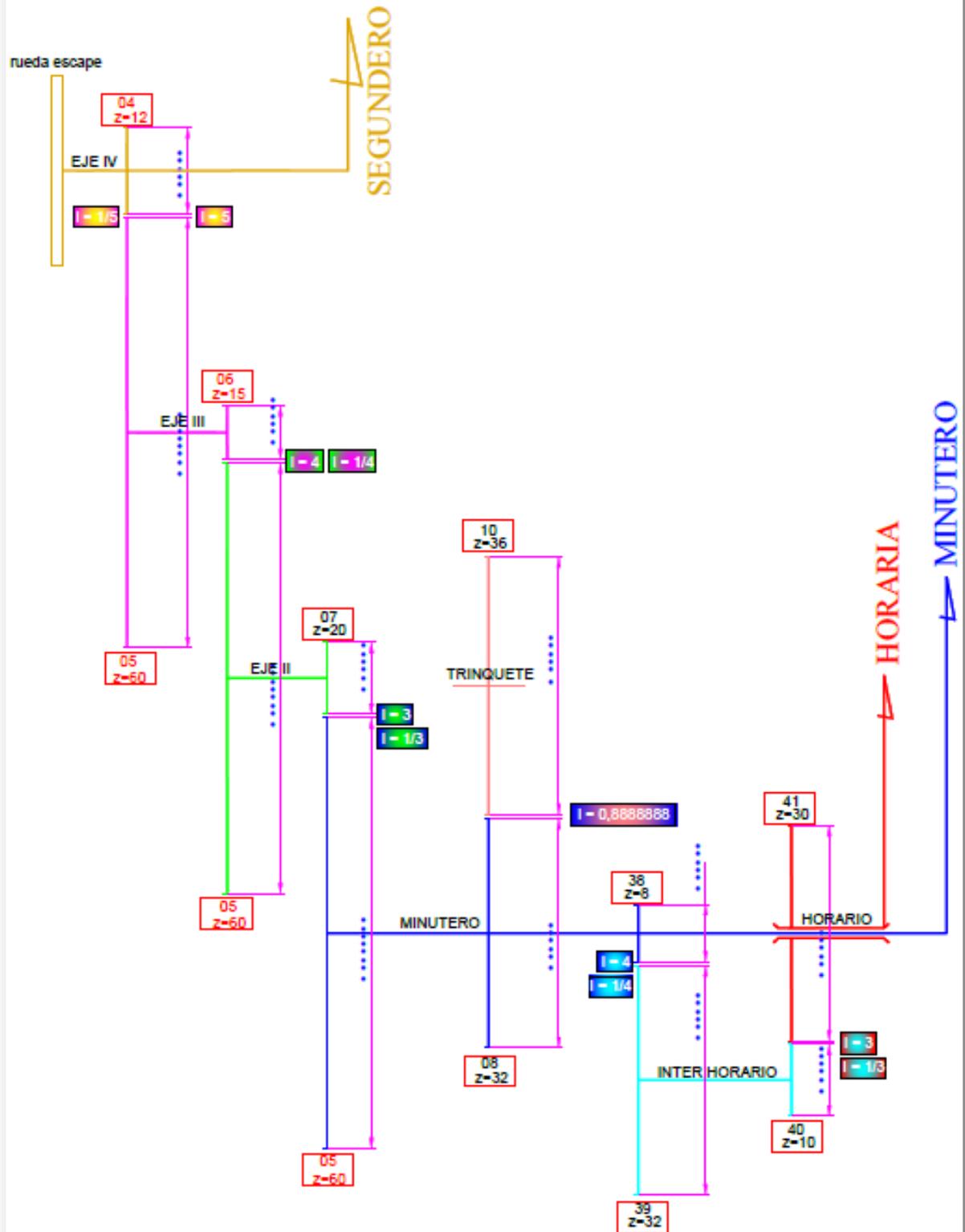
Relación naturalmente obvia ya que cada vuelta completa del eje minuterero la aguja horaria se ha desplazado el equivalente a 1/12 de vuelta, es decir 30°, que es el espacio angular existente entre una hora y otra.

Así pues, el mecanismo completo del reloj cuenta con doce ruedas dentadas propias de la transmisión, incluida la que corresponde al eje trinquete y además la rueda de escape.

Todas ellas, sustentadas sobre el conjunto de la estructura, en la que van montados los aros del segundero y el aro horario.

El esquema completo de la transmisión lo podemos observar en la figura siguiente:

RELACIONES DE TRASMISION

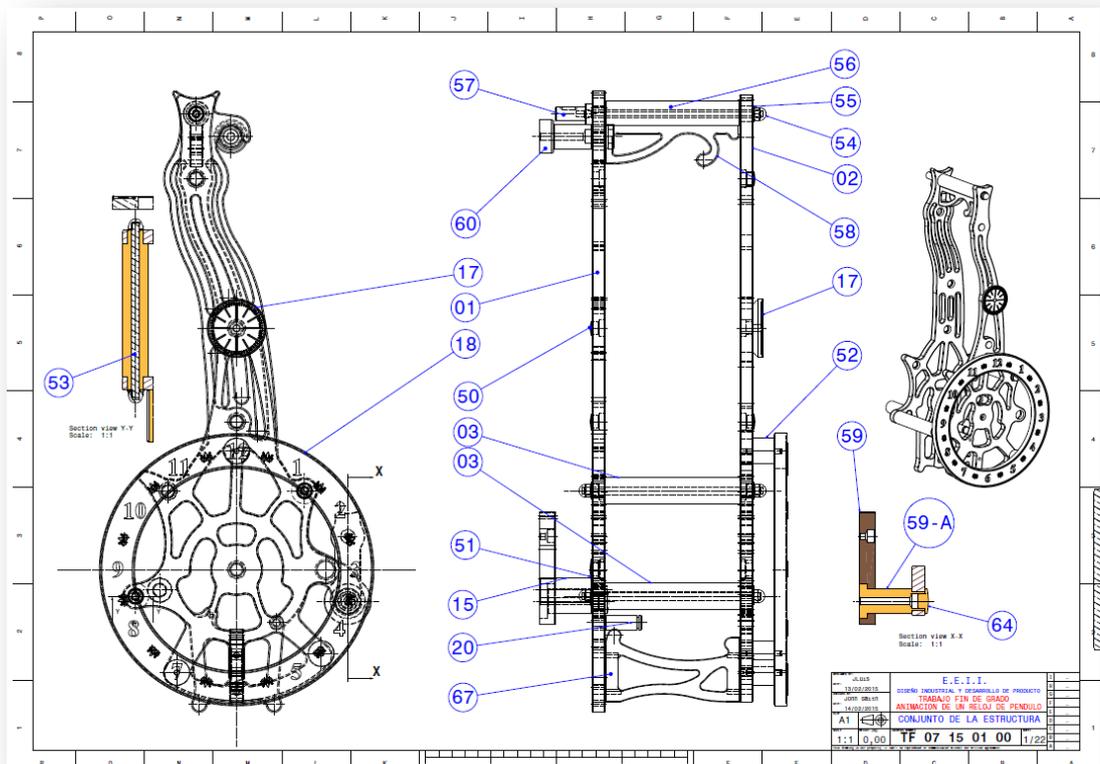


Capítulo 6. PLAN DEL PROYECTO

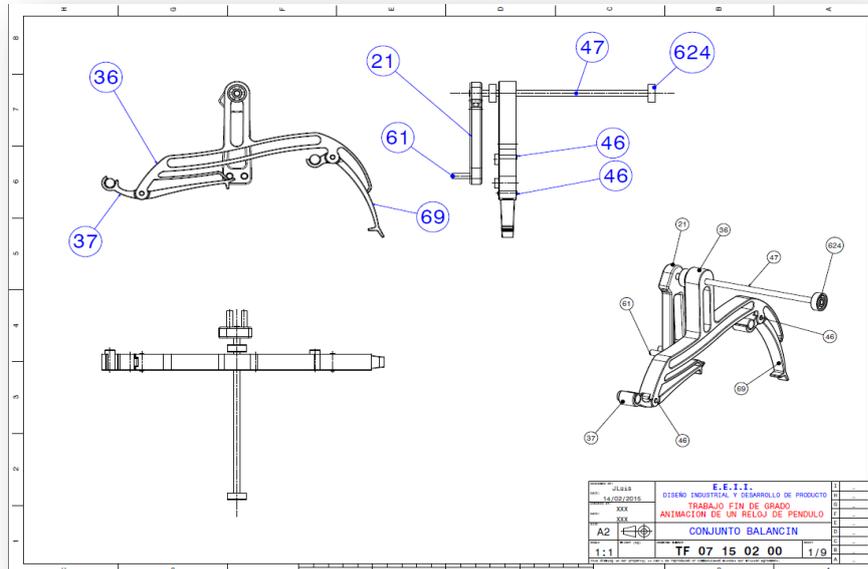
Para una mejor acometida del proyecto de modelado del reloj, dividiremos a este en una serie de subconjuntos y así facilitar las labores de dibujo y sobre todo de montaje.

Así pues los subconjuntos que formaran este proyecto son:

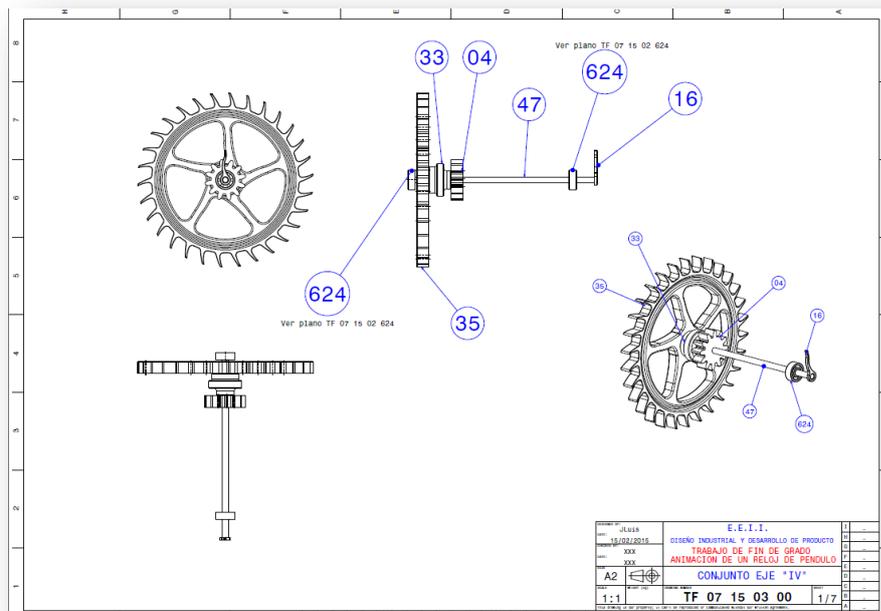
- **TF 07 15 01 00 Conjunto de la Estructura**, formado por las marcas: 01, 02, 03, 05, 07, 08, 20, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 64 y 67. Todas ellas forman parte de la estructura del reloj, como son soportes, distanciadores, apoyos, los discos horario y del segundero, los paneles frontal y posterior etc. Este subconjunto en la fase de montaje, será el elemento “fijo” para CATIA.



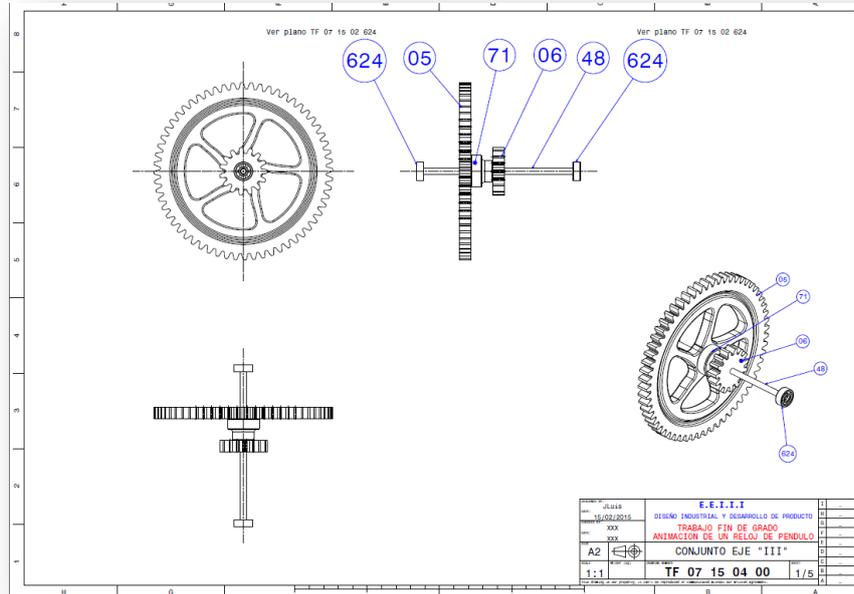
- **TF 07 15 02 00 Conjunto Balancín** o lo que es lo mismo el mecanismo de escape “saltamontes”, formado por las marcas: 21, 36, 37, 46, 47, 61, 69 y dos rodamientos radiales de bolas con ref. 624.



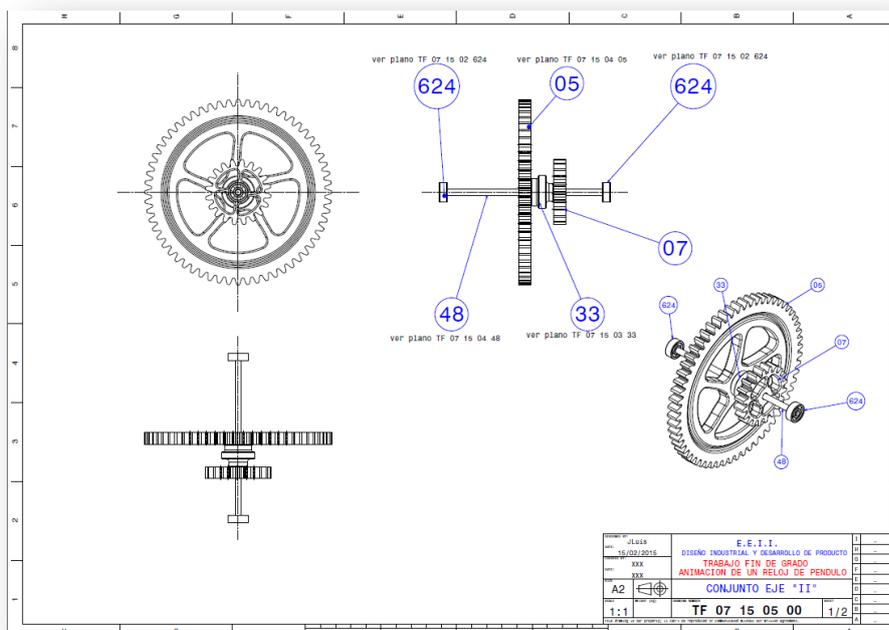
- **TF 07 15 03 00 Conjunto Eje IV**, este comprende las marcas: 04, 16, 33, 35, 47 y nuevamente dos rodamientos radiales de bolas ref. 624. Este subconjunto monta la rueda de escape, que se comunica con los “tenedores” del balancín los cuales hacen que esta se detenga en cada intervalo del péndulo y la rueda marca 04, que trasmite el movimiento al eje III.



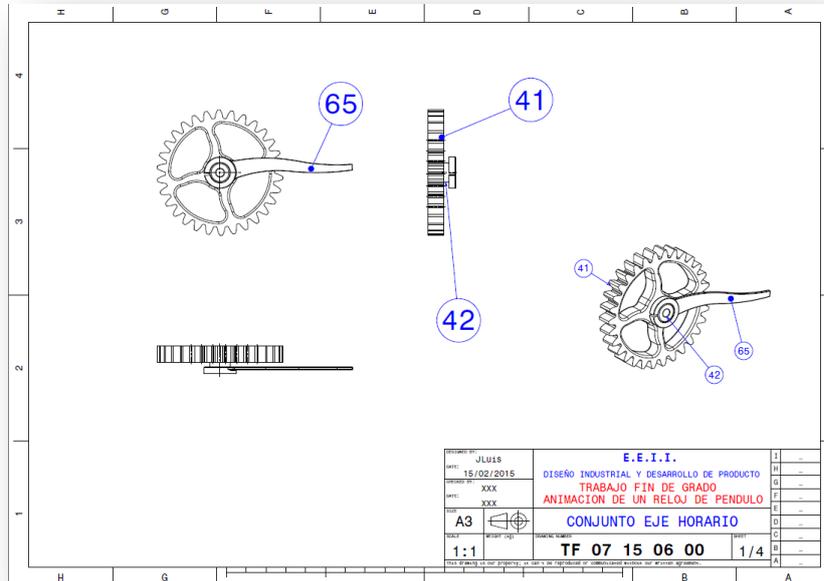
- **TF 07 15 04 00 Conjunto Eje III**, formado por las marcas: 05, 06, 48, 71 y dos rodamientos ref. 624. Este eje recibe el movimiento del eje IV y lo trasmite al eje II.



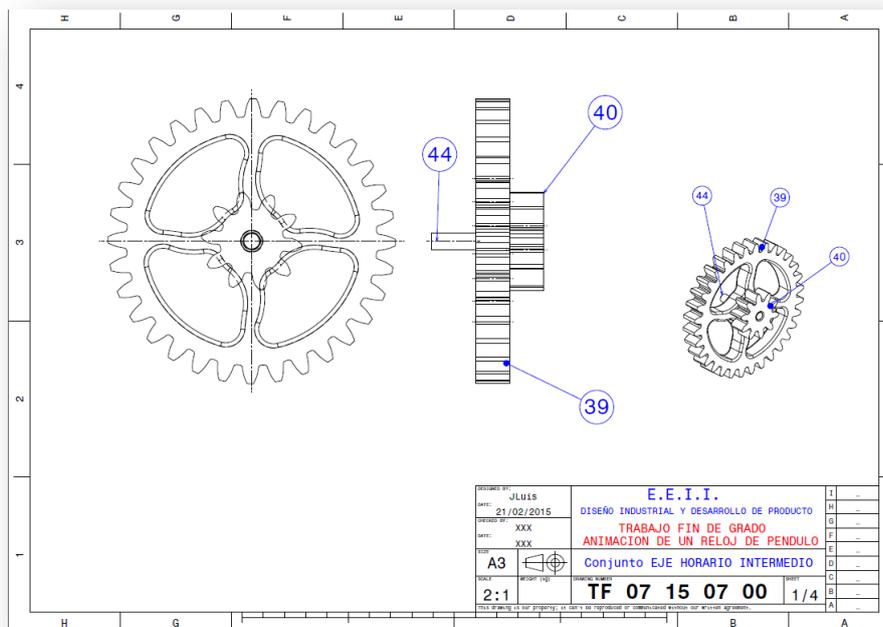
- **TF 07 15 05 00 Conjunto Eje II**, formado por las marcas: 05, 07, 33, 48 y dos rodamientos ref. 624. Este eje recibe el movimiento del eje III y lo trasmite al eje minuterero.



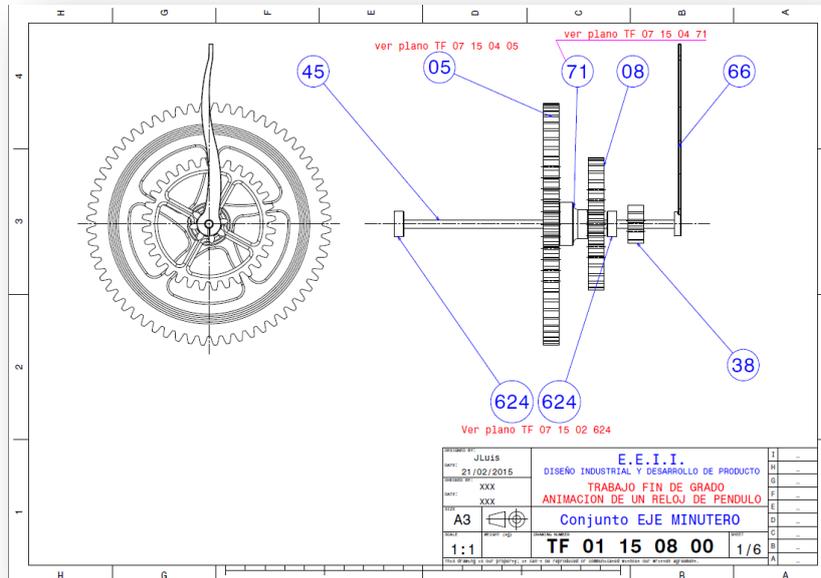
- **TF 07 15 06 00 Conjunto Eje Horario**, formado por las marcas: 41, 42 y 65. Este eje recibe el movimiento del eje horario intermedio reflejándose su movimiento en la aguja horaria.



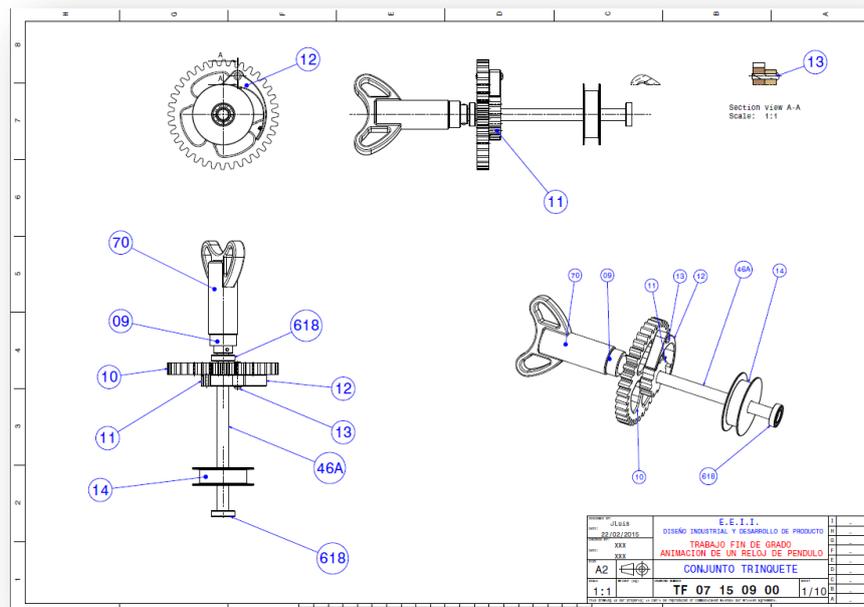
- **TF 07 15 07 00 Conjunto Eje Horario Intermedio**, formado por las marcas: 39, 40, 44. Este eje recibe el movimiento del eje minuterio y lo trasmite al eje horario.



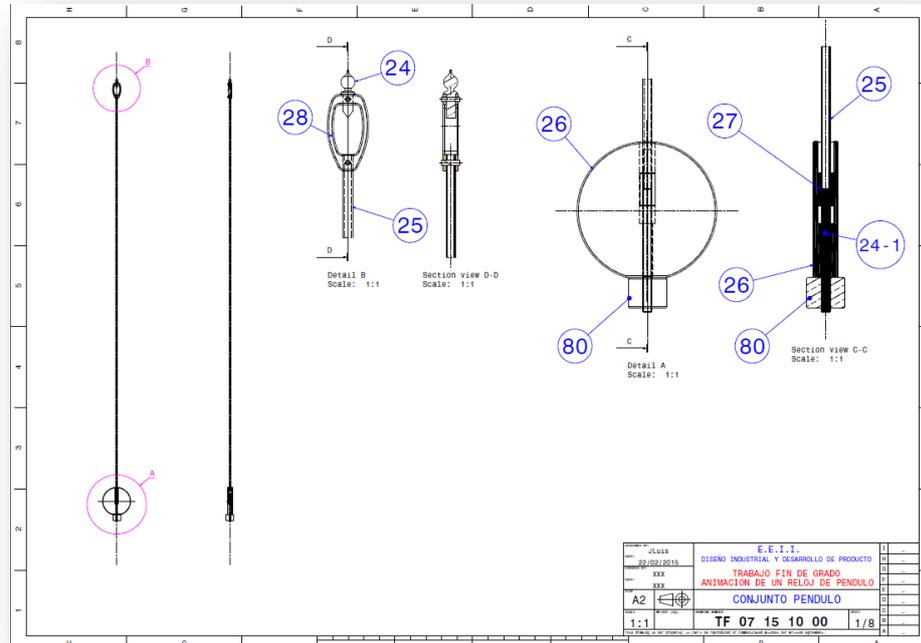
- **TF 07 15 08 00 Conjunto Eje Minutero.**, formado por las marcas: 05, 08, 38, 45, 66, 71 y dos rodamientos ref. 624. Este eje recibe el movimiento del eje II y lo trasmite al eje trinquete y al eje intermedio horario.



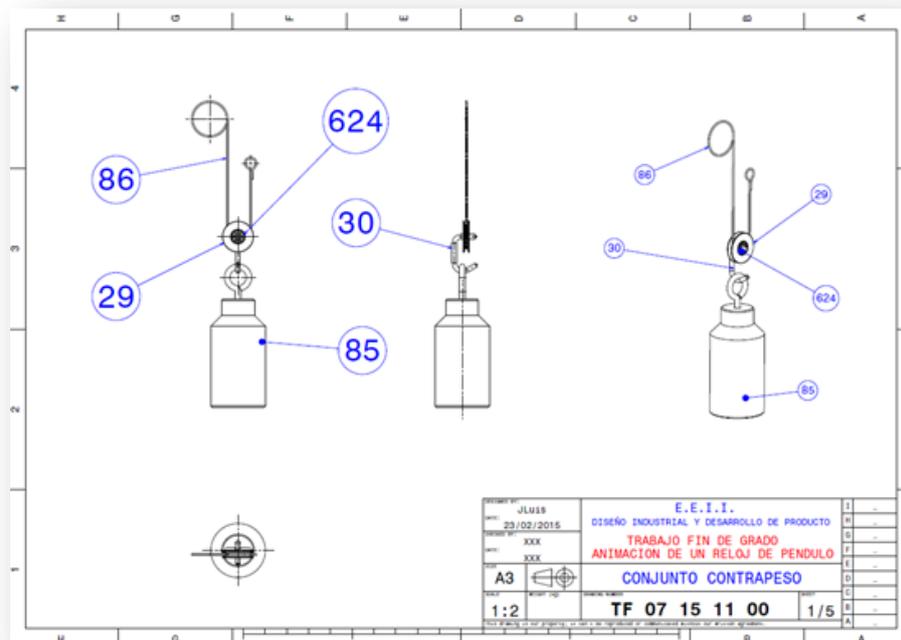
- **TF 07 15 09 00 Conjunto Trinquete**, formado por las marcas: 09, 10, 11, 12, 13, 14, 46^a, 70 y dos rodamientos ref. 618. Este eje recibe el movimiento del eje minutero y lo trasmite a la puela del contrapeso.



- **TF 07 15 10 00 Conjunto Péndulo.**, formado por las marcas: 24, 24-1, 25, 26, 27, 28 y 80. El péndulo recibe el movimiento directo del usuario y lo trasmite al eje IV.



- **TF 07 15 11 00 Conjunto Contrapeso.**, formado por las marcas: 29, 30, 85, 86 y el rodamiento ref. 624.



Esa estructura de trabajo, modulada en esos subconjuntos y que una vez montados, nos reportarán nuestra imagen más realista del proyecto, hasta el momento, pero aun sin vida. En este momento se puede comenzar la animación de nuestro proyecto.

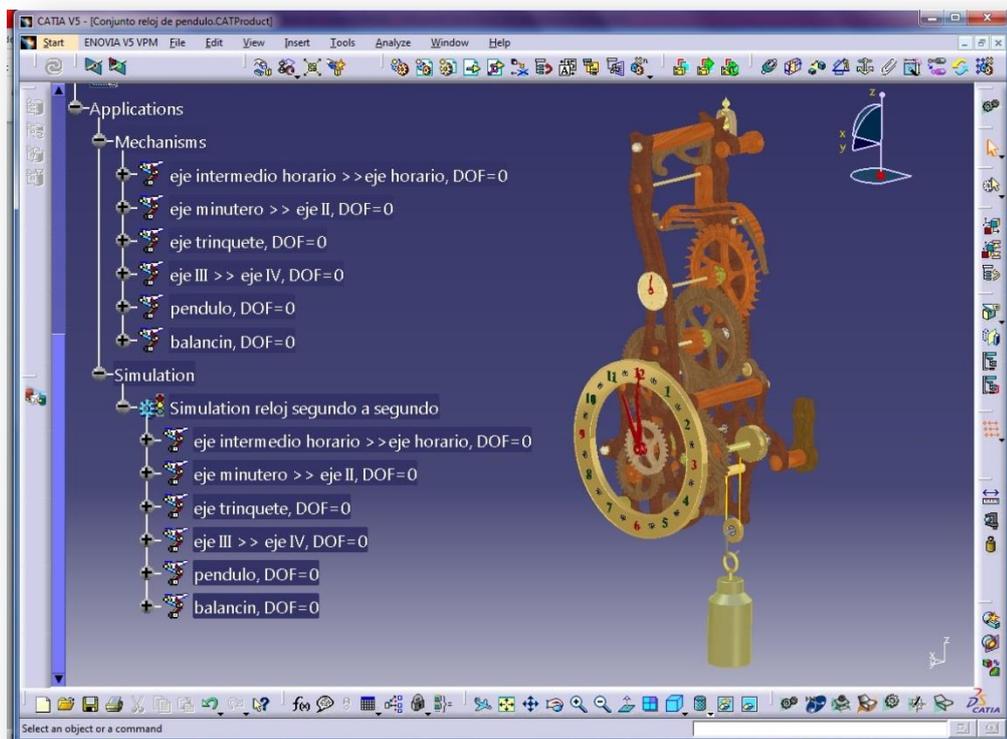


Por último y ya en el módulo de animación de CATIA, usaremos esos subconjuntos y crearemos mecanismos unas veces agrupándoles y otras veces en solitario, según las características de la animación.

Así lo mecanismos quedaran agrupados de la siguiente manera:

- un mecanismo lo conformaran el eje intermedio horario y el eje horario-
- otro el eje minuterero con el eje II, otro el eje II con el eje IV.
- de manera individual el resto de subconjuntos, el péndulo, el balancín y el eje trinquete.

Dado que conocemos las relaciones de movimiento que hay entre ellos, la posterior simulación será el objetivo que perseguimos.



Capítulo 7.- DESARROLLO DEL PROYECTO

7.1. Modelado de una rueda dentada

El presente apartado tratara de explicar la construcción paso a paso de los componentes del reloj objeto de nuestro proyecto, aplicando las herramientas que nos ofrece CATIA y mostrando cómo se usan dichas herramientas.

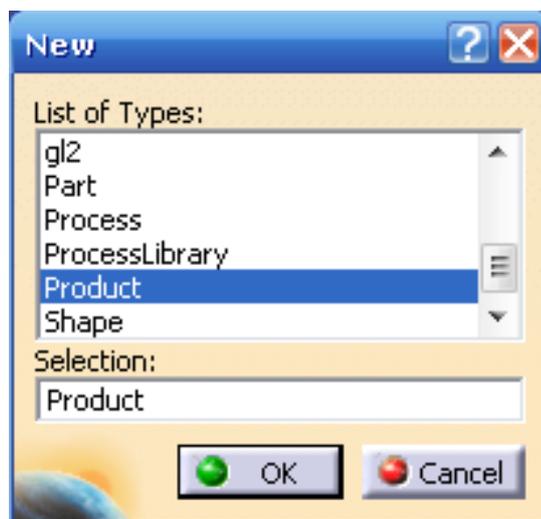
Aplicaremos este conocimiento en el diseño de engranajes tipo. Dada la cantidad de ruedas dentadas, haremos que a través de las herramientas de parametrización, podamos construir cualquier rueda dentada, siempre de dentado recto.

7.1.1. Generación de los engranajes.

Iniciamos Catia y pulsamos en el icono “New”  o bien a través de la barra de comandos superior

File >  New

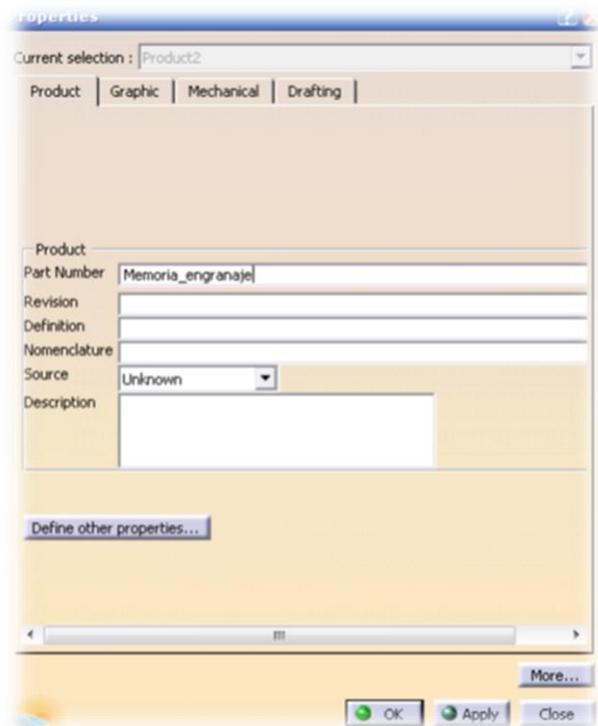
Se nos abrirá un cuadro para elegir el tipo de archivo, elegiremos uno de tipo “Product”, pulsamos OK.



El programa entra directamente en el sub-módulo “*Assembly design*” del módulo “*Mechanical Design*”.

Nos aparece la pantalla de diseño de CATIA y en ella nuestro árbol de operaciones, con nuestro *product*.

Pinchamos con el botón derecho del ratón sobre él y elegimos *Properties*, a continuación en el cuadro *Part Number* escribimos el nombre de nuestro *product*, en nuestro caso, “Memoria Engranaje”.



El paso siguiente es crear un *Part*, dentro de nuestro *Product*, para ello pulsamos sobre el icono *Part*  introduciendo CATIA en el árbol de operaciones un *Part*. Pulsando con el botón derecho del ratón sobre este nuevo *Part*, elegimos la opción *Properties* y como en el paso anterior en el recuadro *Part Number*, le asignamos un nombre a nuestro *Part*, “Engranaje”. A partir de este momento todas las operaciones y actuaciones sobre el programa serán dentro de nuestro *Part* “Engranaje”.

Para la construcción de engranajes estándar es muy importante la creación de parámetros de los que depende el engrane, los más importantes son:

- **Modulo** (m)
- **Numero de dientes** (z)
 - **Angulo de presión** (α)
 - **Angulo de hélice** (β)

Si el engranaje tuviera el dentado helicoidal, también usaríamos una variable con tres valores llamada “tipo hélice” Esta nos indicará en tal caso, que nuestro engranaje tiene la hélice a derecha(1), a izquierda (2) o doble o en forma de “V”(3).

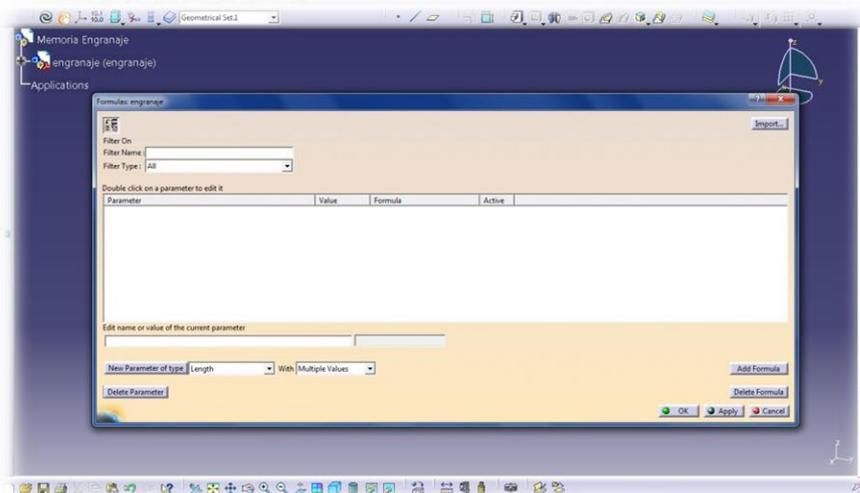
Estos cuatro primeros parámetros son básicos y serán los parámetros iniciales para la construcción del engranaje. Todos los demás parámetros que a continuación definiremos están relacionadas con estos cuatro primeros, directa o indirectamente mediante formulas, leyes o reglas.

La definición en CATIA de estas variables se hace haciendo uso de una paleta llamada *Knowledge*



de la siguiente manera:

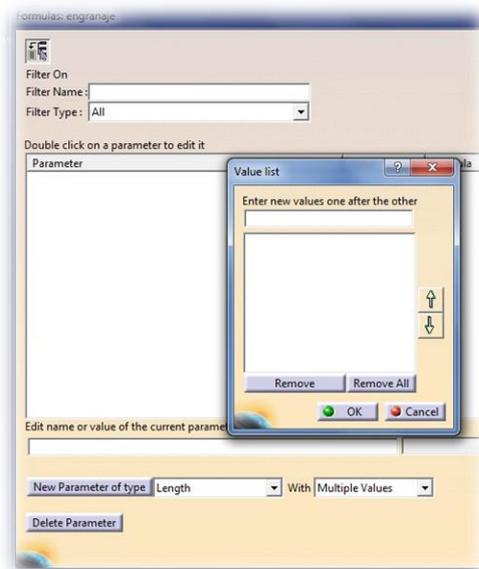
Al pinchar en el icono formula  , nos aparece el siguiente cuadro de parámetros:



Para definir cualquier variable se actúa en este orden:

- a) Tipo de medida: primera paleta desplegable inferior
- b) Multiplicidad del valor: segunda paleta inferior, simple value o multiple values

- c) A continuación pulsamos el botón *New parameter of type*; si antes hemos elegido *multiple value* se nos abrirá una pequeña ventana para escribir la serie de valores, si por el contrario escogimos *simple value* pasamos al punto d



- d) Nombre de nuestra variable en la ventana superior al botón *New parameter of type*
- e) Para confirmar los datos pulsamos *Apply* y para terminar con la definición de parámetros pulsamos *OK*.

Para nuestro conjunto de parámetros principales tenemos:

Para el módulo

- 1.- Tipo de medida: *length*
- 2.- Multiplicidad del valor: *multiple values*
- 3.- *New parameter of type*:

Valores: según la norma UNE 18-005-84 basada en la ISO 54 los valores normalizados de los módulos usados son los siguientes:

1mm	1,125mm
1,25mm	1,375mm
1,5mm	1,75mm
2mm	2,25mm
2,5mm	2,75mm
3mm	3,5mm
4mm	4,5mm
5mm	5,5mm
6mm	7mm
8mm	9mm
10mm	11mm
12mm	14mm
16mm	18mm
20mm	22mm
25mm	28mm
32mm	36mm
40mm	45mm
50mm	

4.- Nombre: **modulo (m)**

5.- *Apply*

Para el número de dientes

1.- Tipo de medida: *real*

2.- Multiplicidad del valor: *multiple values*

3.- *New parameter of type:*

Introduciremos valores enteros desde el 8 hasta el 100

4.- Nombre: número de dientes (z)

5.- *Apply*

Para el ángulo de presión

1.- Tipo de medida: *angle*

2.- Multiplicidad del valor: *multiple values*

3.- *New parameter of type:*

Introduciremos los valores mas usuales : 14,5°, 18°, 20, 22,5°, 25°.

4.- Nombre: **ángulo de presión** (α)

5.- *Apply*

Para el ángulo de la hélice

1.- Tipo de medida: *angle*

2.- Multiplicidad del valor: *multiple values*

3.- *New parameter of type:*

Introduciremos los valores más usuales : 0°, 5°, 10°, 15°, 20, 23°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45°.

4.- Nombre: **ángulo de hélice** (β)

5.- *Apply*

Para empezar escogeremos unos valores iniciales para nuestros parámetros principales, estos valores serán unos valores entre los asignados anteriormente. Dado que para nuestro proyecto, todos los engranajes son de dentado recto, el valor que asignaremos al ángulo de la hélice, será de 0°.

Asi pues, pulsando el icono formula,  podemos variar los valores de nuestros parámetros que para seguir desarrollando la construcción del programa a partir de ahora valdrán:

- Modulo (m) = 18 mm
- Numero de dientes (Z) = 25
- Angulo de presión (α) = 20°
- Angulo de hélice (β) = 0°

A continuación definiremos unos parámetros secundarios, de los que dependen los engranajes, estos parámetros junto con los parámetros principales definen la geometría básica del engrane.

Estos parámetros son:

- Diámetro primitivo (dp)
- Diámetro base (db)
- Diámetro exterior (dex)
- Diámetro de fondo (df)
- Paso normal (pn)
- Paso aparente (pa)
- Addendum (a)
- Dedendum (b)
- Espacio libre de fondo (c)
- Profundidad diente (h)
- Radio de pie (r)
- Ancho de diente (B)

Comentar que las variables módulo, número de dientes y diámetro primitivo están muy ligadas; de tal manera, que conociendo el valor de dos de ellas, normalmente el modulo y el número de dientes podemos empezar a describir la geometría completa del engranaje.

Estos parámetros secundarios se introducen en CATIA de manera análoga que los principales, teniendo en cuenta que todas ellas son de tipo *length* y *simple value*.

Una vez definidos, nos aparecen en el árbol como se muestra



Para empezar la construcción de la geometría es necesario que relacionemos las variables secundarias con las primarias y con ellas mismas para asignar sus valores a la acotación de los bocetos.

Formularemos en primer lugar los cuatro diámetros de las circunferencias más importantes dentro de los engranajes:

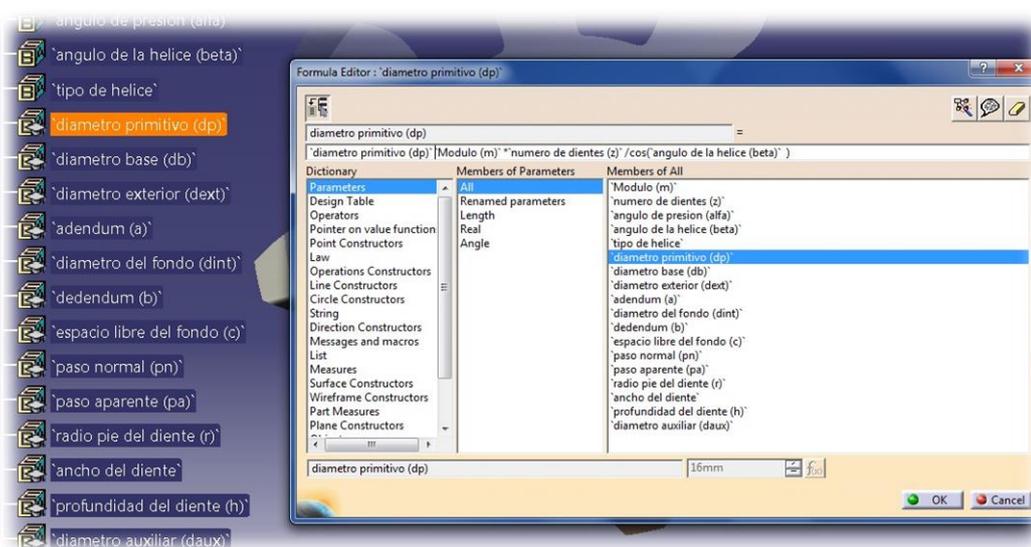
diámetro primitivo (d) = modulo (m) * numero dientes (Z) / cos (ángulo hélice (β))

diámetro base (db) = diametro primitivo (dp) * cos (ángulo presión (α))

diámetro exterior (dext) = diámetro primitivo (dp) + 2 * modulo (m)

Estos parámetros se introducen en Catia pulsando sobre el icono formula

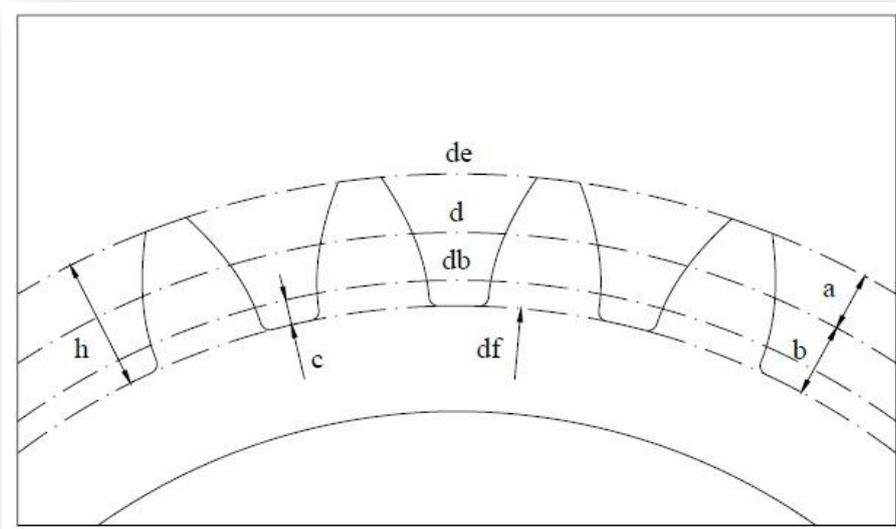
 sobre la variable que hemos definido y pulsando a continuación *add formula*, abriéndose la siguiente ventana:



En esta ventana se encuentran todas las variables que creamos y que el programa va creando a medida que lo vamos utilizando, además de todos los operadores de los que dispone tanto matemáticos como booleanos.

En el segundo recuadro en blanco podemos escribir la formula que relaciona nuestros parametros.

El cuarto diámetro, diámetro de fondo (dint), está estrechamente relacionado con el addendum (a), dedendum (b), el espacio libre de fondo (c) y la profundidad del diente (h), así:



diametro de fondo (d_{int}) = diametro primitivo (d_p) - 2 * dedendum (b)

profundidad de diente (h) = addendum (a) + dedendum (b)

Además la norma UNE 18 066 recomienda que los valores del addendum, dedendum y espacio de fondo sean los siguientes:

addendum (a) = m

dedendum (b) = $1.25 m$

espacio libre de fondo (c) = $0.25 m$

siendo m el módulo.

Otro valor importante es el radio de pie del engranaje, se suele poner en función del modulo con un valor de:

radio de pie (r) = $0.166 * \text{modulo } (m)$

El valor de este parámetro está estrechamente ligado a la herramienta que escojamos para mecanizar el engranaje, dependiendo del tipo de herramienta se puede tener un radio de pie de diente distinto y sin embargo conservar los valores de los demás parámetros. Es también un valor importante a la hora de soportar los esfuerzos de fatiga del engranaje ya que las primeras grietas aparecerán sobre este radio de acuerdo.

El espesor de los dientes suele tomar valores diversos dependiendo de la fuerza que soporta y su velocidad de rotación.

No obstante este espesor se obtiene de someter al diente a las siguientes solicitaciones:

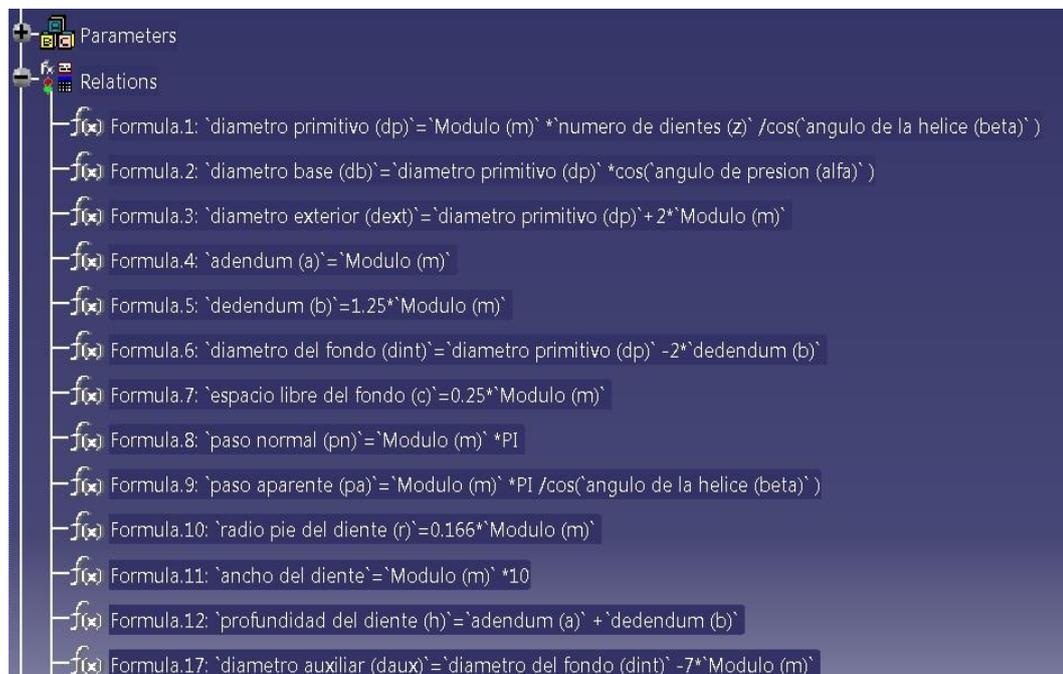
- Resistencia a la rotura.
- Resistencia al desgaste.
- Resistencia a fatiga.
- Potencia a transmitir.

El ancho de diente es el que cumple estas especificaciones

De momento tomaremos los valores de $10 \cdot \text{modulo}$ para engranajes rectos y $13 \cdot \text{modulo}$ para engranajes helicoidales.

Por lo tanto, **Ancho de diente** (B) = $10 \cdot \text{modulo}$ (m), para engranajes rectos que son los que intervienen en nuestro proyecto, si bien este dato ya esta especificado en los planos constructivos, siendo bastante menor por razones obvias.

Las formulas de todas los parametros, principales y secundarios, se van almacenado en nuestro arbol de operaciones, en un apartado llamado *Relations*, tal cual muestra la figura.



7.1.1.1. Bocetos y operaciones iniciales

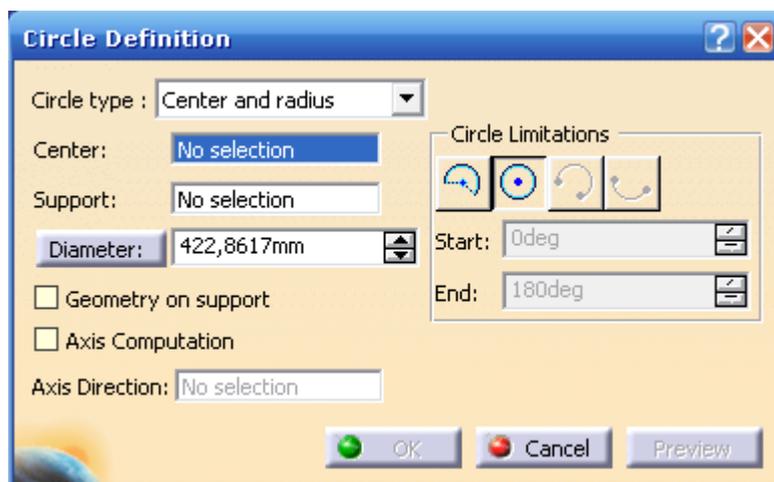
Para comenzar dibujaremos las cuatro circunferencias más importantes para tener una referencia de las dimensiones del engranaje.

En Catia la forma de llevar a cabo cualquier geometría es la siguiente

- a) Se dibuja el boceto o dibujo.
- b) Se acota.
- c) Se le asigna a la cota el parámetro u operaciones.

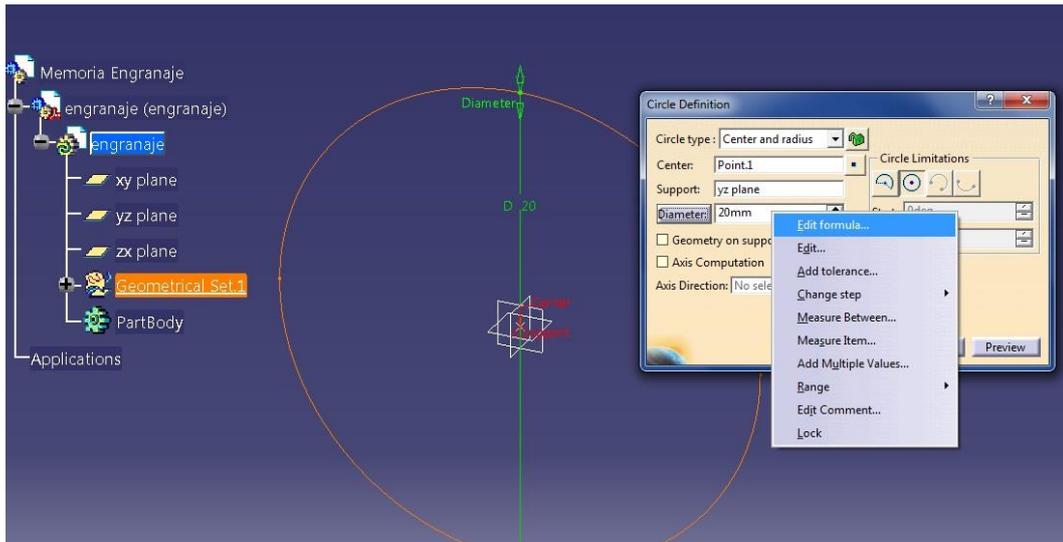
Así pues nos vamos al módulo *Wireframe and Surface design*, pulsamos

sobre el botón *circle*  y Catia abre el siguiente cuadro:

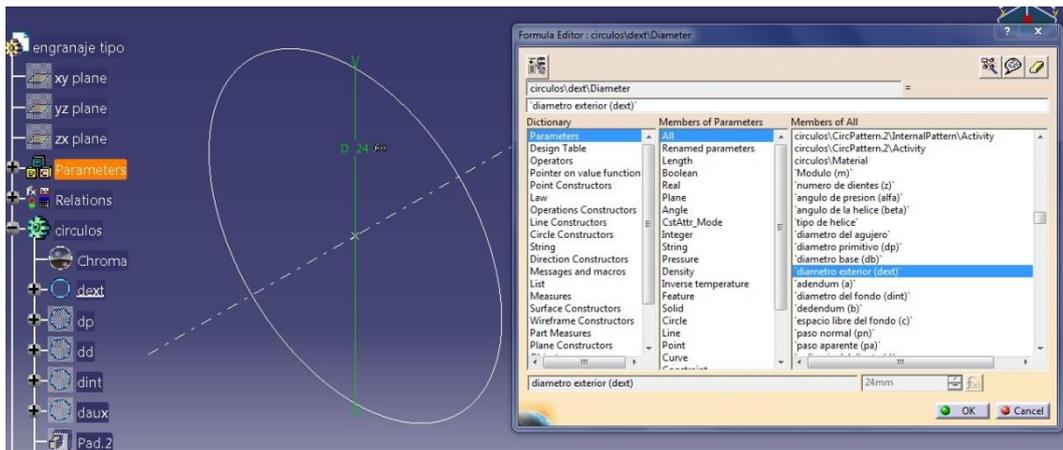


En este cuadro podemos elegir el tipo de círculo a dibujar. En el cuadro *Center* deberemos elegir el origen de coordenadas, esto se hace pulsando el botón derecho del ratón sobre el cuadro y eligiendo el punto 0, 0, 0.

En *Support* primeramente seleccionaremos la casilla para luego pinchar sobre el plano YZ, de la pantalla de diseño.



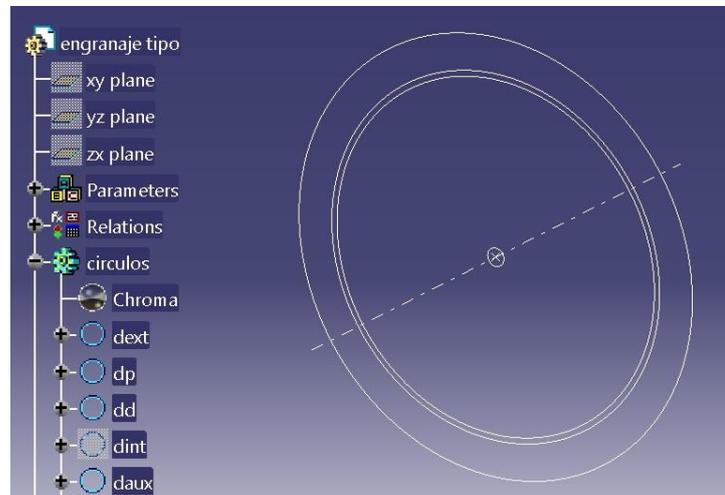
y por último en *Diameter* volvemos a pulsar el botón derecho del ratón eligiendo la opción *edit formula*. Al hacer esta selección nos aparecerá la siguiente ventana:



Asignaremos la variable diámetro exterior (*de*) al diámetro del círculo. En el *PartBody* del árbol aparece nuestra circunferencia, así como la geometría creada. Esta geometría variará de la misma forma en que lo hagan los parámetros de los que depende.

Las demás circunferencias, diámetro primitivo, diámetro interior, diámetro auxiliar, se crean de la misma forma, siguiendo la misma- metodología.

Para una mejor identificación en el árbol de operaciones, renombramos los nombres que CATIA nos ofrece por defecto, por los nombres reales de las circunferencias, que tienen que ver con la rueda dentada



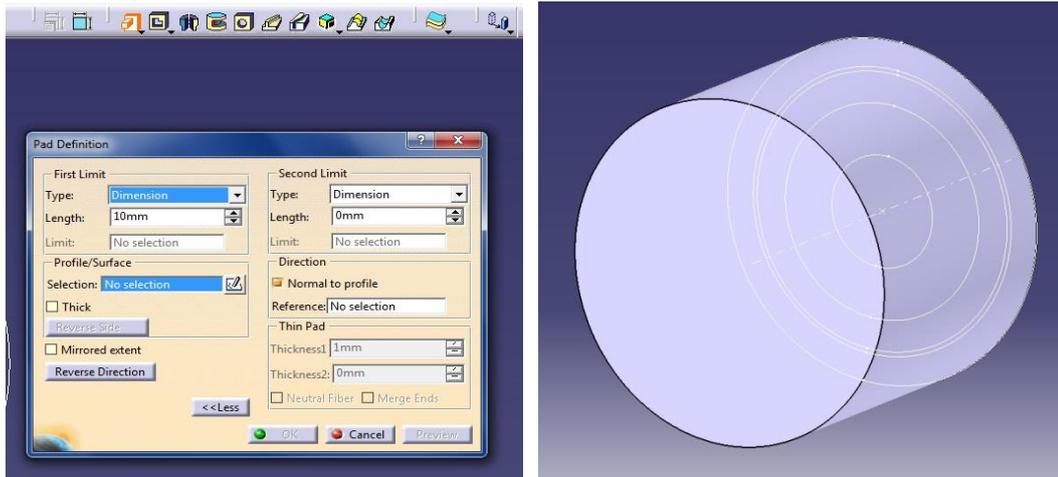
Los dientes de los engranajes los vamos a modelar, como lo haría una máquina fresadora, partiendo de un trozo de material y eliminando parte de éste según la forma de la herramienta, por lo tanto debemos crear un sólido en CATIA para después quitar el material que correspondería al vano que hay entre diente y diente.

Para ello tenemos que crear una circunferencia auxiliar cuyo diámetro será:

$$\text{Diámetro auxiliar (da)} = \text{Diámetro fondo (df)} - 3.6 \cdot \text{modulo (m)}$$

Para crear el sólido debemos ir al submódulo *Part Design* del módulo *Mechanical Design*.

En la barra de herramientas encontraremos el botón *Pad*,  pulsándolo se nos abre el siguiente cuadro:



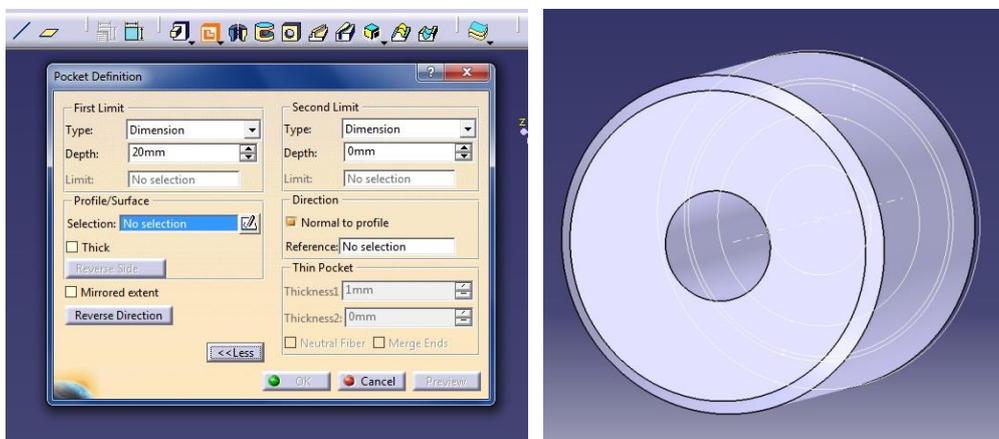
En cuadro *Length* pulsamos el botón derecho del ratón para asignarle la longitud “ancho de diente (B)” lo haremos de manera análoga a como lo hicimos para asinar el parámetro correspondiente a los círculos antes dibujados. Como *Profile/Surface* elegimos la circunferencia de “diámetro exterior (de)” pinchando sobre ella.

Pulsamos **OK**.

De la misma forma pulsamos el botón Pocket



abriéndose el cuadro de dialogo



De forma análoga pulsamos sobre el cuadro *Depth* con el botón derecho del ratón para asignarle la variable “ancho de diente (B)” y elegimos como *Profile/Surface* la circunferencia de “diámetro auxiliar (dx)” pinchando sobre ella .

Pulsamos **OK**.

En este momento podemos decir que ya disponemos de un sólido, para poder tallar en él un dentado.

Hemos aprovechado para realizar chaflanes donde consideremos. El diámetro auxiliar, lo dejamos así, ya que solo se trata de un diámetro de apoyo, que en general desaparecerá en favor de la geometría que vaya a tener cada engranaje.

7.1.1.2. Modelado del Dentado

Ya hemos comentado, que los dientes de los engranajes los vamos a modelar, como lo haría una máquina fresadora. Eso supone que necesitamos generar el perfil con su curva propia, la evolvente.

La evolvente del círculo, a veces llamada involuta, es una curva plana de desarrollo, cuyas normales son tangentes de la circunferencia.

A menudo se traza sin saberlo: cuando un hilo tenso o un cable se desenrollan de una bobina circular sus puntos describen la evolvente de la circunferencia de esa bobina.

Fue estudiada originalmente por Christian Huygens, que trataba de diseñar relojes de péndulo para uso marino. Huygens utilizó la cicloide para forzar la oscilación regular del péndulo.

Cuando un hilo tenso se enrolla en una cicloide cada uno de sus puntos describe un cicloide, es decir, la curva de desarrollo de una cicloide es una cicloide, como la de una circunferencia es una evolvente. La aplicación a los perfiles de las ruedas dentadas fue propuesta por Leonhard Euler.

Los dientes de los engranajes rectos tienen perfil de evolvente de circunferencia, porque garantiza una relación de transmisión constante y una transmisión de energía óptima entre los engranajes, ya que en el punto de contacto entre dos dientes la tangente al perfil es común a ambos dientes.

La curva se puede definir paramétricamente mediante las siguientes ecuaciones:

$$y = \frac{db}{2} (\cos t + t \operatorname{sen} t)$$

$$z = \frac{db}{2} (\operatorname{sen} t - t \cos t)$$

Siendo “t” un parámetro real, que definiremos

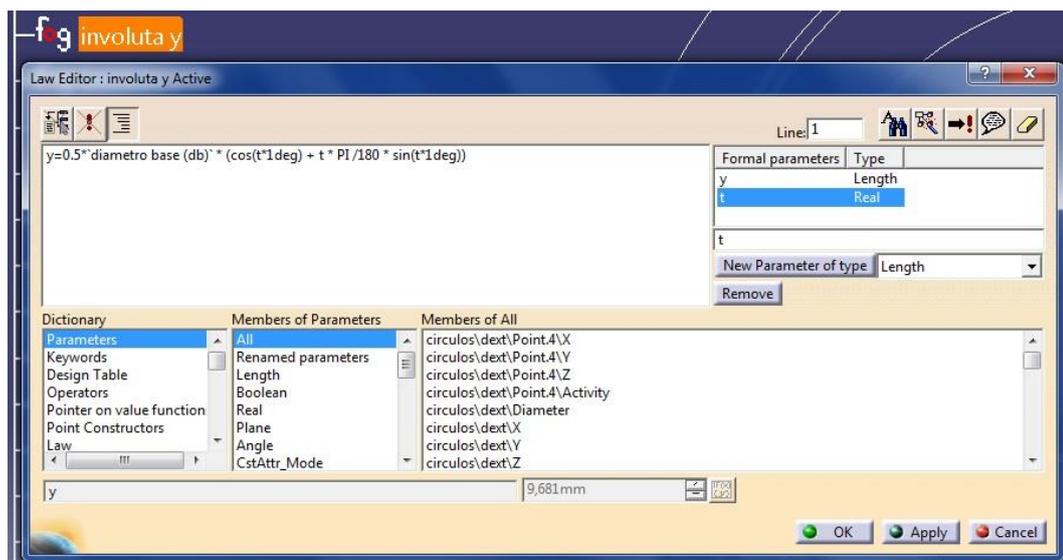
En la creación de los dientes tendremos que usar una ley para introducir en CATIA las ecuaciones paramétricas anteriores.

Pulsamos el botón  de la paleta *Knowledge*, apareciendo el siguiente cuadro:



En el cuadro *Name of Law* escribimos el nombre de nuestra primera ley “Involuta y”.

Pulsamos **OK**, apareciendo, el editor de leyes:



En este cuadro debemos crear dos variables nuevas, la variable “y” de tipo *length* y la “t” de tipo *real*, e introducir nuestra primera ecuación paramétrica.

Hay que tener mucho cuidado al hacerlo ya que tienen que concordar todas las unidades de las variables:

$$y = 0.5 * \text{diametro base (db)} * (\cos(t * 1\text{deg}) + t * \text{PI}/180 * \sin(t * 1\text{deg}))$$

Pulsamos **OK**.

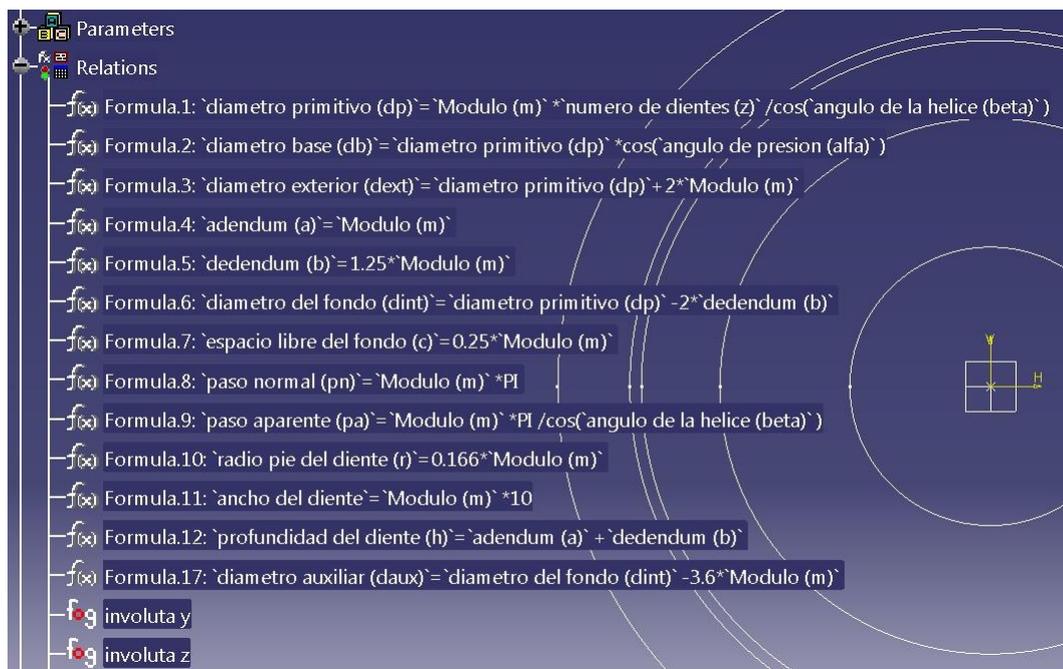
Análogamente introducimos la otra ecuación paramétrica:

Name of Law: “Involuta z”. Se crean también las variables “z” de tipo *length* y “t” de tipo *real*.

La ecuación es la siguiente.

$$z = 0.5 * \text{diametro base (db)} * (\sin(t * 1\text{deg}) - t * \text{PI}/180 * \cos(t * 1\text{deg}))$$

Inmediatamente, tanto la *involuta Y* como la *involuta Z*, aparecen en nuestro árbol de operaciones en la zona de *relations*

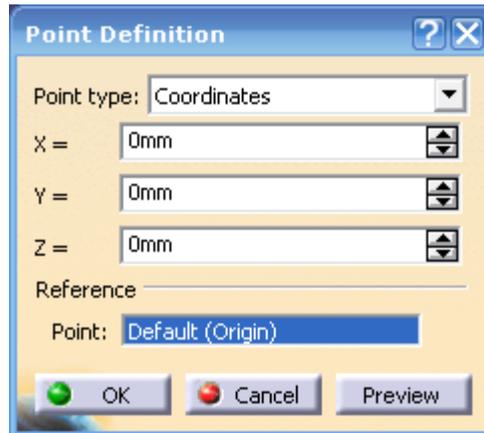


A continuación evaluaremos estas dos ecuaciones para la variable t, que la vamos a asignar valores, cuantos más valores más precisión obtendremos en nuestro resultado final. Para nuestro caso bastara con los valores:

0, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 y 45

Necesitamos generar unos puntos en CATIA, tantos como valores le hemos asignado a la variable “t”. Elegimos el módulo *Part Design* y pulsamos sobre

el botón *point*  para interactuar en el siguiente cuadro:



Como los círculos principales les hemos dibujado en el plano definido por YZ, será en esas direcciones en las que tenemos que ir introduciendo los puntos que van a definir nuestra involuta. Lo haremos de la siguiente manera:

Para las coordenadas Y y Z se pulsa el botón derecho del ratón para elegir edit formula. Para cada coordenada escribimos respectivamente:

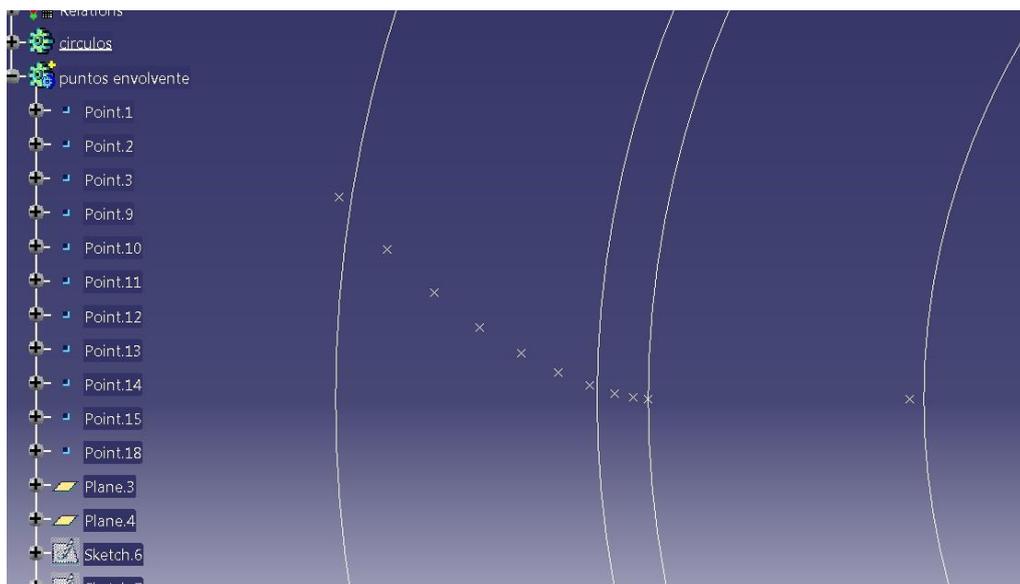
`Relations\Involuta y` .Evaluate (0)

`Relations\Involuta z` .Evaluate (0)

Y el punto quedará definido.

De la misma forma evaluamos los puntos para 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 y 45.

Al final nos queda, ocultando el sólido, para mayor claridad:



También nos ayudaremos de un punto auxiliar cuyas coordenadas son

$$[0, (db/2 - m), 0]$$

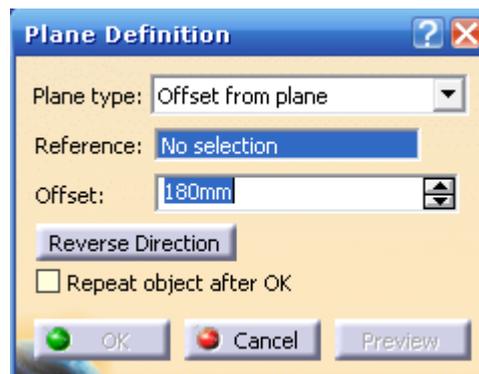
Con estos puntos comenzaremos el boceto que representará el hueco que la máquina herramienta dejará para mecanizar los dientes.

Primero construiremos dos planos de referencia paralelos al plano YZ a unas distancias de $0.5 \cdot \text{ancho diente (B)}$ y $\text{ancho de diente (B)}$ respectivamente.

Usamos la herramienta *plane*  de la paleta *Reference Elements*



mostrándose el siguiente cuadro:



En el cuadro de *Plane type* dejamos la opción que viene por defecto. En el cuadro *offset*, pulsamos con el botón derecho del ratón para elegir *Edit formula...* y escribir, para cada uno de los dos planos: $0.5 \cdot \text{ancho diente (B)}$ y ancho diente (B) . En Reference pinchamos sobre el plano YZ

Pulsamos **OK**.

Ahora que están definidos 3 planos YZ, “clickeamos” sobre el de en medio y pulsamos *Sketcher*,  y seguidamente proyectamos los puntos que acabamos de dibujar con la herramienta *Project 3D Elements*  para poder trabajar con ellos en nuestro plano.

A continuación debemos unirlos con un Spline,  con lo que conseguiremos una aproximación polinómica de la curva de la involuta.

Una vez trazada la curva, debemos saber por dónde pasará la simetría de la curva.

Usaremos la circunferencia primitiva para ello y el paso aparente, (que coincidirá con el paso real al tratarse de dientes rectos) ya que estamos dibujando en el plano de rotación del engranaje.

Pulsamos el botón Arc  de la paleta de circunferencias



Con centro en el centro del plano pinchamos en el spline y dibujamos un arco de longitud arbitraria, acto seguido asignamos acotamos su radio y le asignamos el valor de $0.5 \cdot \text{diámetro primitivo}$.

Dentro del *Sketcher* hay que acotar los radios no los diámetros porque el programa no nos deja asignar formulas a los diámetros.

Este arco será de referencia para la construcción del boceto, no forma parte del dibujo que se va a extruir, así que debemos ponerlo en línea discontinua pulsando el botón *Construction/Standart Elements* .

discontinua trazamos dos rectas  que van desde el origen de coordenadas del plano hasta los extremos del arco antes dibujado.

Estas dos rectas acotarán el ángulo que definirá la longitud del arco que debe ser la cuarta parte del paso aparente.

$$\text{Longitud de arco} = \text{radio} \cdot \text{ángulo (en radianes)}$$

Así la longitud del arco es $pa / 4$ y por lo tanto su ángulo en grados es:

$$\gamma = \frac{180}{\pi} \frac{pa}{2d}$$

Acotamos este ángulo como hemos hecho antes:

pulsamos dos veces sobre la cota y en el cuadro de cota pulsamos con el botón derecho del ratón eligiendo Edit formula... escribiendo lo siguiente para que concuerden las unidades:

$$0.5 * \text{paso aparente (pa)} / \text{diámetro primitivo (d)} * 1\text{deg} * 180/\text{PI}$$

Hacemos una simetría  del *spline*, ya en línea continua, tomando como eje de simetría la segunda recta que trazamos anteriormente, esta es la recta

que tiene como extremos el origen de coordenadas y el extremo del arco que no toca el *spline*

Una vez realizada la simetría trazamos dos arcos. El primero de ellos tiene el centro en el origen de coordenadas y su longitud la determinan los dos puntos más exteriores del *spline* y su simetría. El segundo toca los dos *spline* y tiene por radio la mitad del diámetro de fondo.

Luego mediante la herramienta *Corner*  hacemos dos radios entre el *spline*, su simetría y el arco que mide la mitad del diámetro de fondo.

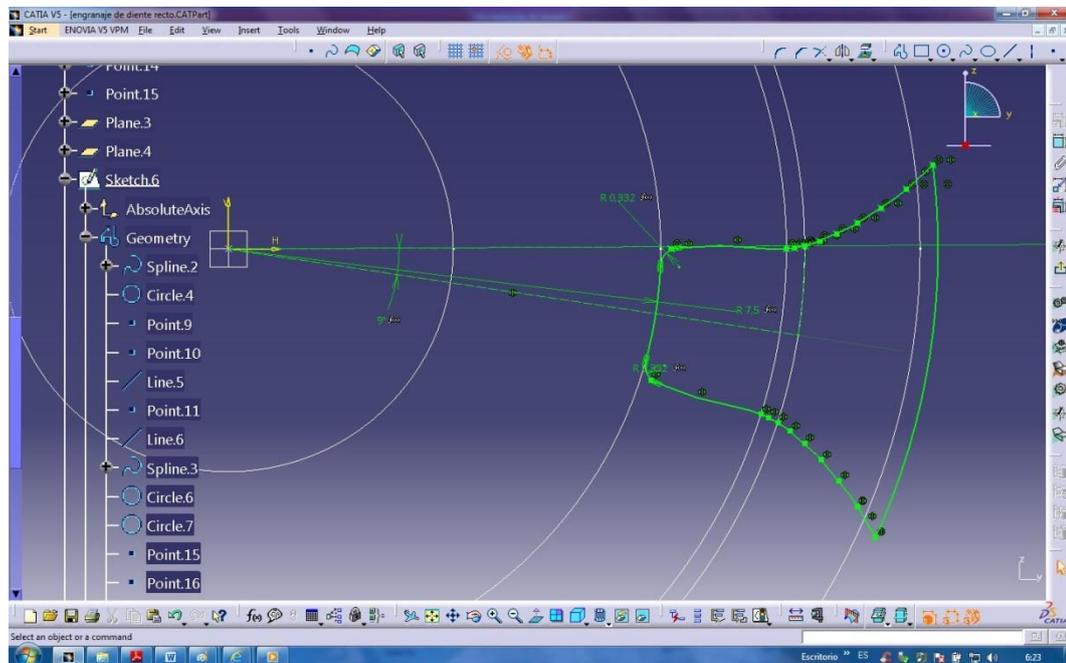
Por último debemos poner en línea discontinua los puntos que proyectamos al principio del boceto ya que pueden dar problemas. Los puntos pasarán de ser cruces a ser puntos.

Esto se hace de la siguiente forma:

Se abre el *Sketch* en el árbol, en *Use-edge* se almacenan las proyecciones que hemos realizado en el boceto. Tenemos que ir cada una de ellas,

pulsando el botón *Construction/Standart Elements* , de esta manera los puntos pasarán a línea discontinua y no presentarán problemas a la hora de utilizar el boceto para otras operaciones.

Al final el boceto tiene la siguiente forma, que es el hueco que debe haber entre dientes:



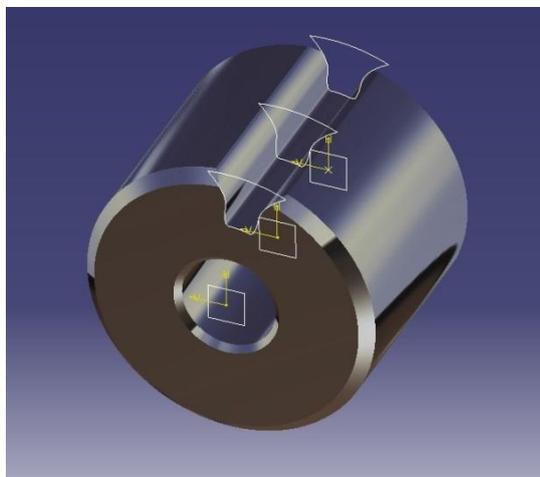
Así nuestro boceto principal estaría acabado, Pulsamos  para salir.

Una vez que tenemos los bocetos en su lugar quitaremos el material simulando a una herramienta

Con la orden Pocket  y actuando en el recuadro que nos abre



Conseguiremos eliminar el material correspondiente al vano que queda entre dos dientes consecutivos.

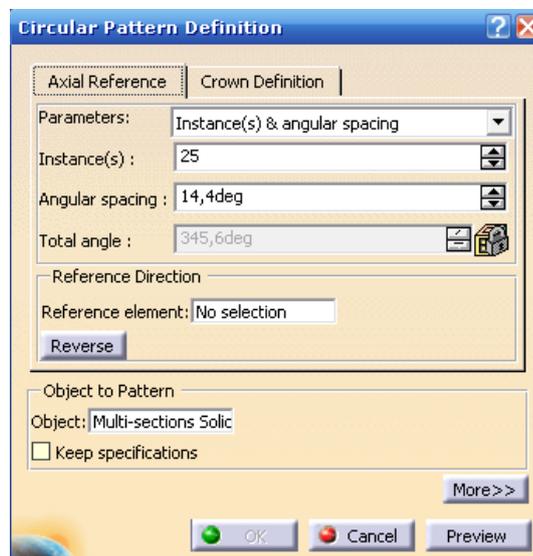


En una fresadora, mediante el aparato divisor y con los giros adecuados al número de dientes iríamos tallando cada vano del engranaje, hasta conseguir la rueda dentada completa.

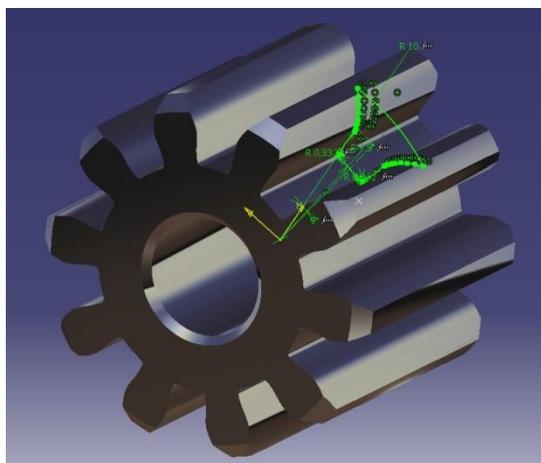
En CATIA, lo haremos con la orden Circular Pattern  en el cuadro que nos proporciona esta herramienta debemos asignar en *Instance(s)* la variable “numero dientes (Z)” y en *Angular spacing* el valor de:

$$360^\circ / \text{“numero dientes (Z)”}$$

Además en *Reference element* debemos pinchar sobre la línea que antes nos sirvió de eje de simetría, que puede que esté oculta tras la última operación y que deberemos hacerla visible si no lo está, para poder seleccionarla.



Con esta última operación se crean todos los dientes del engranaje.



7.2. Modelado y ensamblaje de los subconjuntos del reloj

Como ya se adelantó en el anterior capítulo, el proyecto se divide en en una serie de subconjuntos. En este punto vamos a comentar brevemente las características más importantes a la hora de ser modelados, de cada uno de ellos pero sin entrar en detalles, ya que no es objeto de este proyecto el detallar y optimizar modos de modelado.

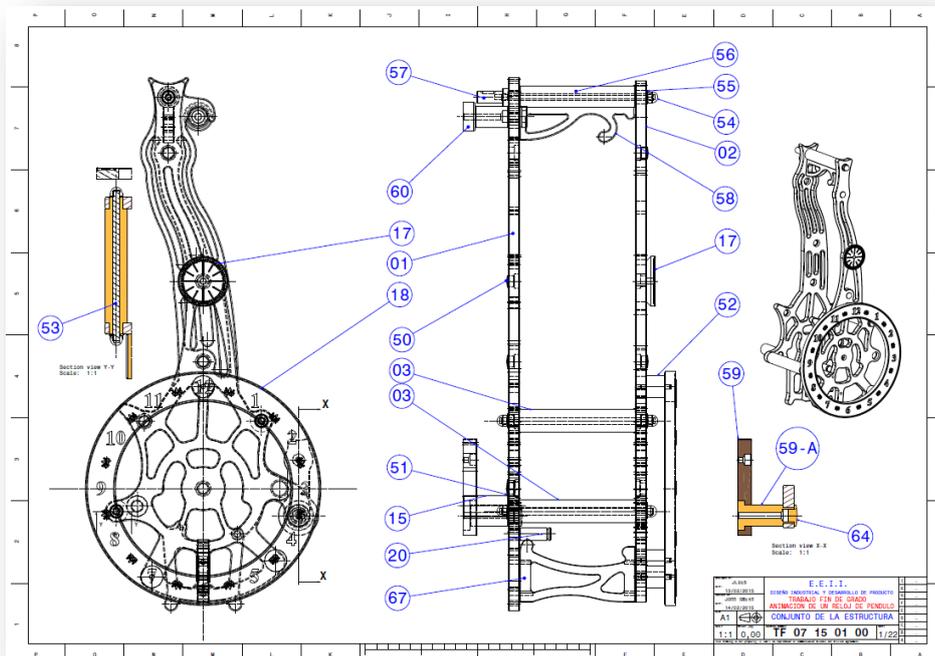
7.2.1. Estructura.

Conjunto formado por un total de 21 marcas:

01, 02, 03, 15, 17, 18, 20, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 59-A, 60, 64 y 67.

De etas marcas nos vamos a centrar en dos de ellas, la marca 01 y la marca 02, ya que de su buen dimensionado y posterior fabricación, depende toda la posterior construcción del reloj.

Este subconjunto en el módulo de ensamblaje, será el elemento “fijo” para CATIA.



Las marcas 01 y 02, tienen unas siluetas, que ya pueden dar una idea en que que estilo artístico, podríamos encajar este reloj. Líneas sinuosas que imitan formas de la naturaleza, suaves, elegantes, etc..

Dejando a un lado estos rasgos característicos vamos a centrarnos en aspectos más funcionales, como son toda la serie de agujeros que ambas piezas llevan y que deben de estar situadas en ambas piezas rigurosamente en la misma posición.

El resto de formas y ranurados, carecen de importancia funcional.

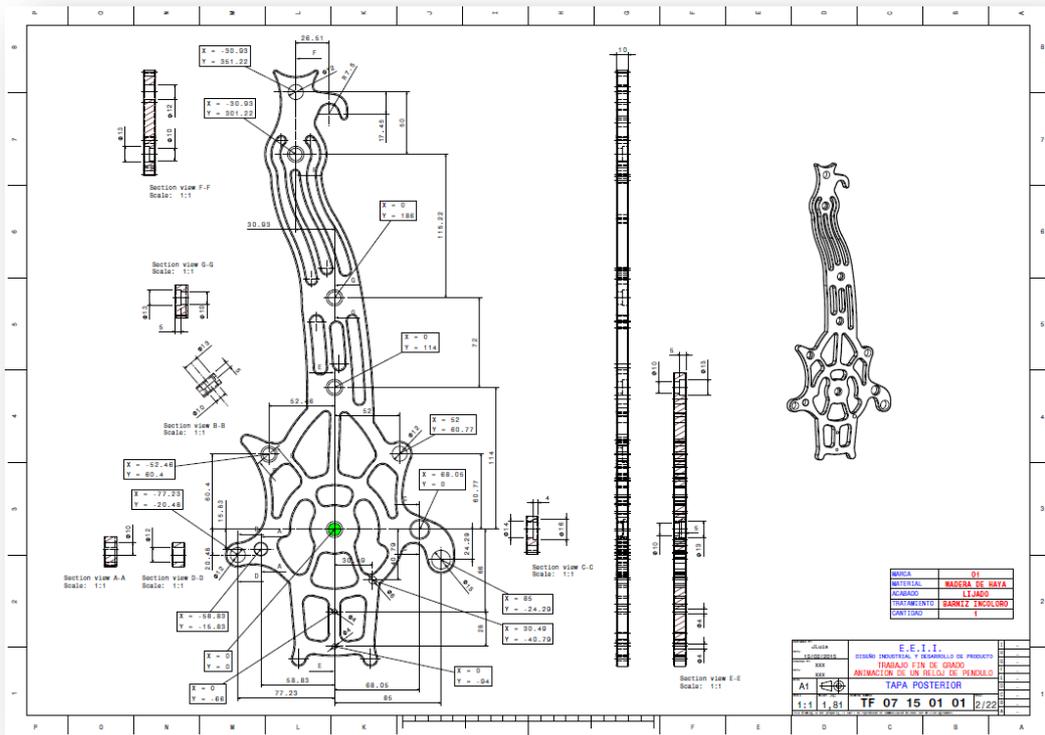
En los planos de a continuación, figuran acotados por coordenadas y dentro de un rectángulo.

Parte de taladros son comunes en ambas marcas y nos van a permitir por un lado que estas piezas mantengan una distancia entre ellas, una vez que se hayan montado los separadores marcas 3, 56 y 67. Sobre el eje de la marca 56 además se montara la marca 57, que servirá de sustento al péndulo del reloj. Por otro lado el resto de taladros comunes a ambas piezas, servirán para alojar a los diferentes ejes que montan los trenes de engranajes que dan movimiento a las manecillas del reloj. Las distancias entre ellos las marcan las diferentes ruedas dentadas a través de la relación entre el modulo y los números de dientes. Esta relación nos lleva a determinar los diferentes diámetros primitivos y dado que estos siempre han de ser tangentes nos determinan las distancias entre centros.

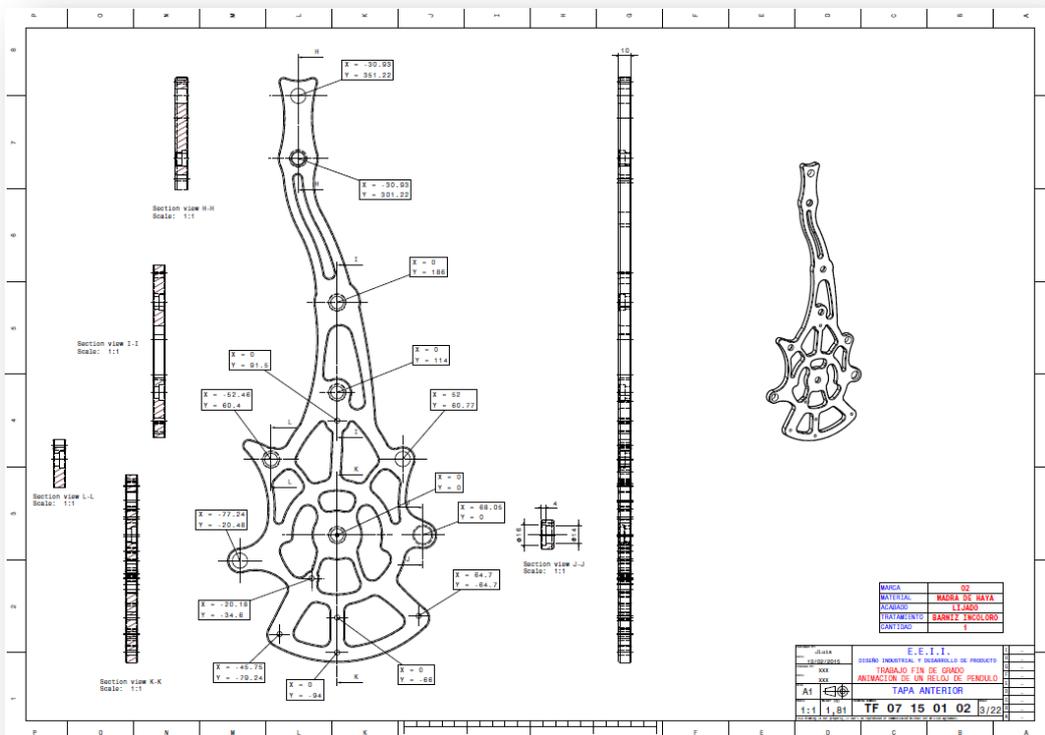
El resto de taladros, los situados en la marca 01, nos permitirán sujetar el reloj a una pared y con las marcas 59, 59-A y 60 que mantenga una cierta distancia con ella, para que el péndulo del reloj tenga libertad de movimiento.

La marca 02 es la que está más a la vista y alejada de la pared, por lo que no dispone de agujeros de sujeción a la misma, pero sí de tres agujeros para dar soporte a la esfera que marca las horas.

Por ultimo en los planos se ha detallado la forma de estos agujeros, a través de las correspondientes secciones parciales, ya que no todos son lisos.



Marca 01

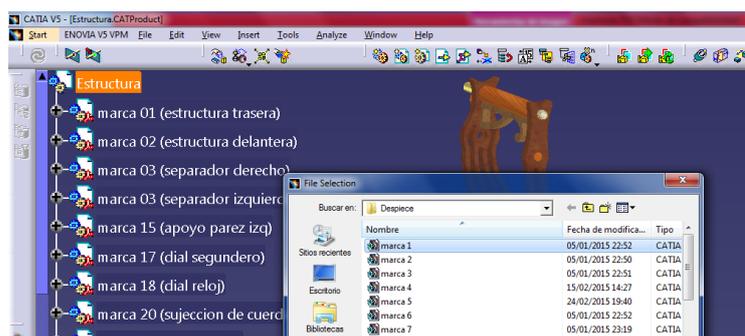


Marca 02



Una vez modeladas todas las piezas que componen este subconjunto vamos a ensamblarlas en su posición de trabajo. Para ello abrimos el modulo “Assembly Design”. Inmediatamente nos solicita un nombre para nuestro subconjunto, al que llamaremos “Estructura”.

Con la orden “Existing Component” y haciendo click en el nombre de nuestro subconjunto “Estructura” buscaremos nuestras piezas, para ir insertándolas



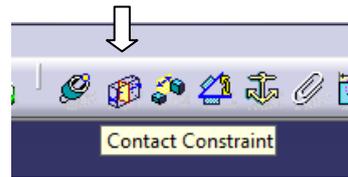
Comenzando por la marca 1, la estructura lateral, la insertamos en la pantalla y la daremos la condición de posición fija. A continuación situaremos de la misma manera la marca 2, estructura delantera, también con la condición de posición fija, una vez aplicada la condición “Offset Constraint”, que nos permitirá dejar a esta marca a la distancia precisa, con la anterior.



A continuación iremos insertando, siempre de la misma manera, el resto de marcas. Iremos usando las restricciones de montaje que vayamos necesitando en cada caso. Para este subconjunto, estas restricciones se van a reducir a las siguientes:



Concentricidad



Contacto

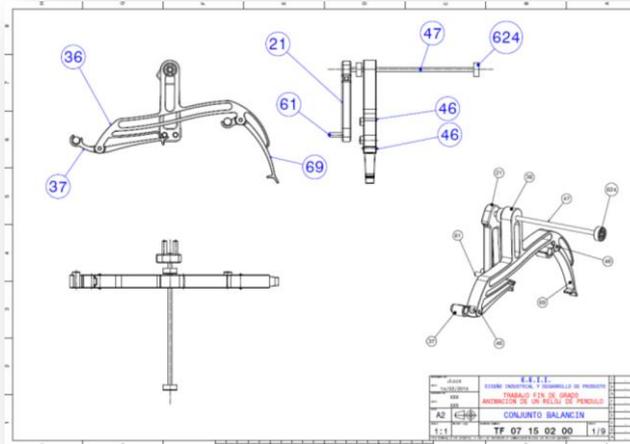
De este modo este subconjunto lo tendremos acabado y listo para recibir al resto de subconjuntos a medida que se vayan modelando sus partes y ensamblando.

7.2.2. Balancín

El conjunto Balancín o lo que es lo mismo el mecanismo de escape “saltamontes”, formado por las marcas:

21, 36, 37, 46, 47, 61, 69 y dos rodamientos radiales de bolas con ref. 624.

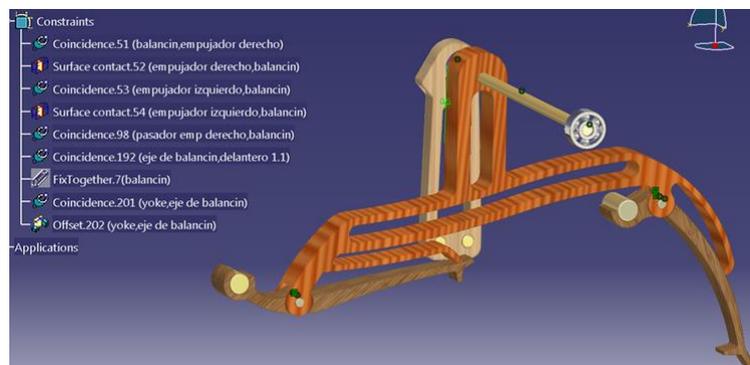
Ninguna de estas marcas entraña especial dificultad a la hora del modelado.



Una vez todas ellas modeladas, procedemos de igual manera que en el subconjunto estructura, a su ensamblaje.

Abriremos el modulo “Assembly Design” y le daremos el nombre del subconjunto “**Balancín**”.

Iremos ensamblando piezas usando las restricciones que en su caso sean necesarias y que serán básicamente las mismas que en el subconjunto estructura



De este modo este subconjunto lo tendremos acabado y listo para ser insertado en el subconjunto estructura.

Lo insertaremos haciendo uso de la restricción “Concentricidad” en el eje que corresponda y de la restricción “offset constraint” con la dimensión que corresponda.

7.2.3. Eje IV.

Conjunto formado por las marcas: 04, 16, 33, 35, 47 y nuevamente dos rodamientos radiales de bolas ref. 624. Este subconjunto monta la rueda de escape, que se comunica con los “tenedores” del balancín los cuales hacen que esta se detenga en cada intervalo del péndulo y la rueda marca 04, que trasmite el movimiento al eje III.

La rueda de escape, tan solo necesitaremos modelar un diente, haciendo una matriz circular del mismo, para obtener el resto de ellos. Los radios o mejor dicho los vanos que conforman los radios, de igual manera que el diente, solo será necesario el modelado de uno de ellos, para hacer una matriz y obtener el resto.

De esta manera tendremos esta marca modelada, a falta de algún detalle estético que se nos ocurra.

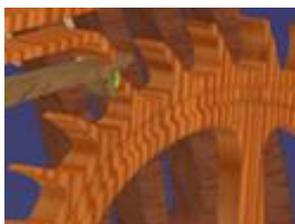
El piñón que porta este conjunto lo modelaremos según se ha explicado en el apartado “7.1.1. Generación de los engranajes”.

El resto de piezas no tienen especial complejidad para el modelado.

Una vez todas ellas modeladas, procedemos de igual manera que en el subconjunto estructura, a su ensamblaje.

Abriremos el modulo “Assembly Design” y le daremos el nombre del subconjunto “**Eje IV**”.

A la hora de ensamblar la rueda de escape, lo haremos de forma que uno de los dientes de la misma haga tope contra un tenedor del balancín como se muestra por ejemplo en la figura.



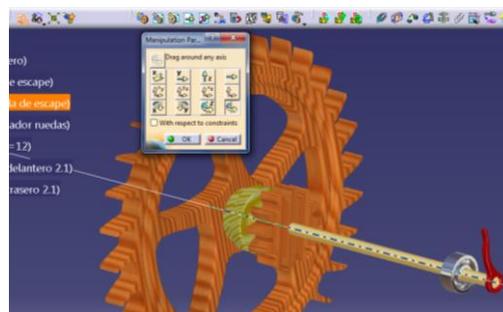
Para lograr esta posición, iremos a la barra de herramientas y seleccionamos “Manipulation”.



En el cuadro de dialogo que se nos abre, seleccionamos la opción “Drag around any axis” y activaremos la casilla “Whit respect a constraints”



Seleccionamos el eje donde está montada la rueda de escape, y haciendo click sobre ella la hacemos girar hasta que un diente este lo suficientemente cerca del tenedor del balancín. En ese momento las restricciones que hemos activado anteriormente, nos detendrán el giro que hacemos de manera manual, en el punto de contacto de ambas piezas



Iremos ensamblando piezas usando las restricciones que en su caso sean necesarias y que serán básicamente las mismas que en el subconjunto estructura.



7.2.4. Eje III.

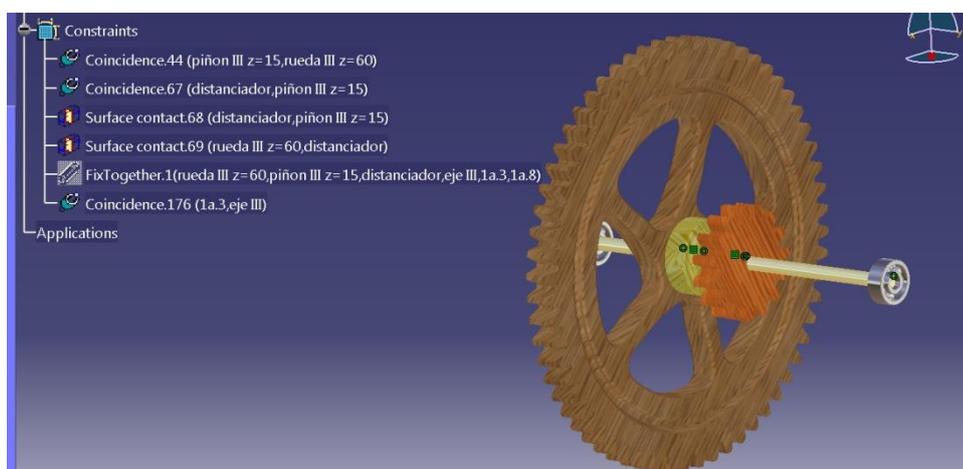
Conjunto formado por las marcas: 05, 06, 48, 71 y dos rodamientos ref. 624. Este eje recibe el movimiento del eje IV y lo trasmite al eje II.

Sobre este eje se montan las marcas 05 y 06, sendas ruedas dentadas, que se modelizan, como ya se ha explicado.

El resto de piezas no entrañan ninguna dificultad, para su modelado.

Una vez todas ellas modeladas, procedemos de igual manera que en los subconjuntos anteriores, a su ensamblaje.

Abriremos el modulo “Assembly Design” y le daremos el nombre del subconjunto “Eje III”.



A la hora de ensamblar la rueda marca 05, al igual que en la rueda de escape, lo haremos de forma que uno de los dientes de la misma haga tope contra un diente del piñón del subconjunto anterior, es decir haremos que engranen.

Este proceso lo hacemos de igual manera usando el comando manipulación y a través del eje de revolución correspondiente.

Iremos ensamblando piezas usando las restricciones que en su caso sean necesarias y que serán básicamente las mismas que en los subconjuntos anteriores.

7.2.5. Eje II.

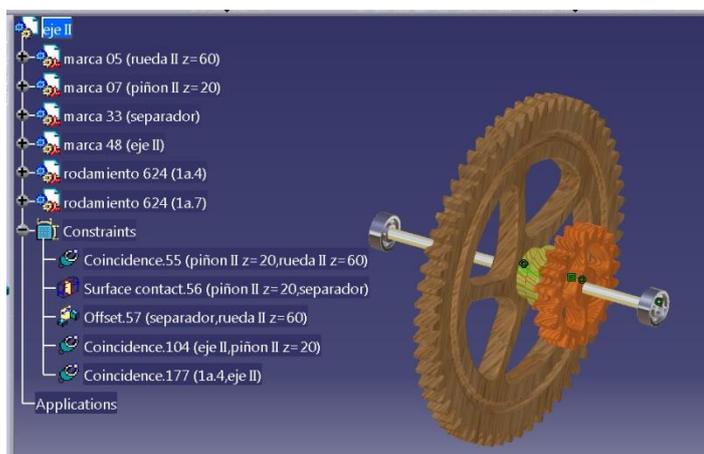
Conjunto formado por las marcas: 05, 07, 33, 48 y dos rodamientos ref. 624. Este eje recibe el movimiento del eje III y lo trasmite al eje minuterol.

Sobre este eje se montan las marcas 05 y 07, sendas ruedas dentadas, que se modelizan, como ya se ha explicado.

El resto de piezas no entrañan ninguna dificultad, para su modelado.

Una vez todas ellas modeladas, procedemos de igual manera que en los subconjuntos anteriores, a su ensamblaje.

Abriremos el modulo “Assembly Design” y le daremos el nombre del subconjunto “Eje II”.



A la hora de ensamblar la rueda marca 05, al igual que en el subconjunto anterior, lo haremos de forma que uno de los dientes de la misma haga tope contra un diente del piñón del subconjunto anterior, es decir haremos que engranen.

Este proceso lo hacemos de igual manera usando el comando manipulación y a través del eje de revolución correspondiente.

Iremos ensamblando piezas usando las restricciones que en su caso sean necesarias y que serán básicamente las mismas que en los subconjuntos anteriores.

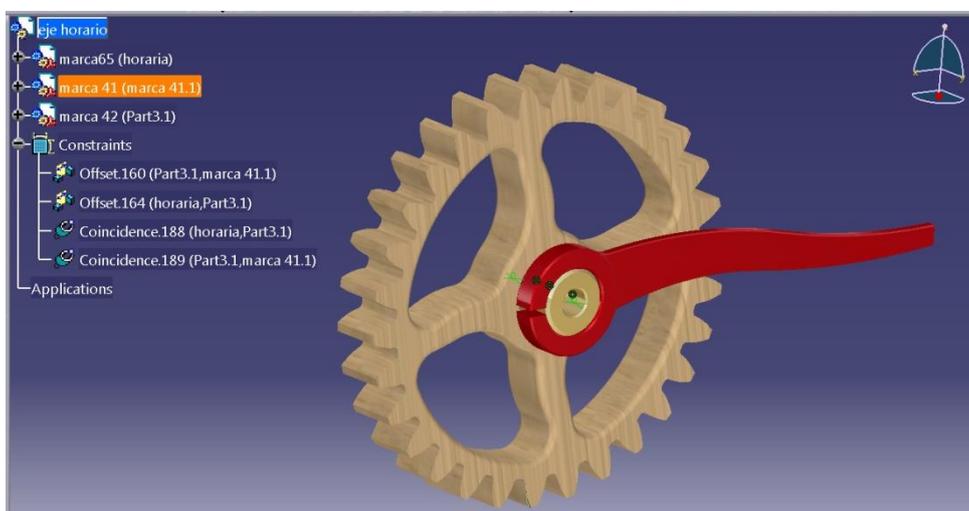
7.2.6. Eje horario.

Conjunto formado por las marcas: 41, 42 y 65. Este eje recibe el movimiento del eje horario intermedio reflejándose su movimiento en la aguja horaria.

Sobre este eje se montan el casquillo marca 42, al cual le atraviesa, el eje minuterero de manera “loca”. Sobre este casquillo se monta de manera solidaria la rueda dentada 41 que se modeliza, como ya se ha explicado y la aguja horaria 65.

Una vez todas ellas modeladas, procedemos de igual manera que en los subconjuntos anteriores, a su ensamblaje.

Abriremos el modulo “Assembly Design” y le daremos el nombre del subconjunto “Eje horario”.



A la hora de ensamblar la rueda marca 41, al igual que en el subconjunto anterior, lo haremos de forma que uno de los dientes de la misma haga tope contra un diente del piñón del subconjunto anterior, es decir haremos que engranen.

Este proceso lo hacemos de igual manera usando el comando manipulación y a través del eje de revolución correspondiente.

Iremos ensamblando piezas usando las restricciones que en su caso sean necesarias y que serán básicamente las mismas que en los subconjuntos anteriores.

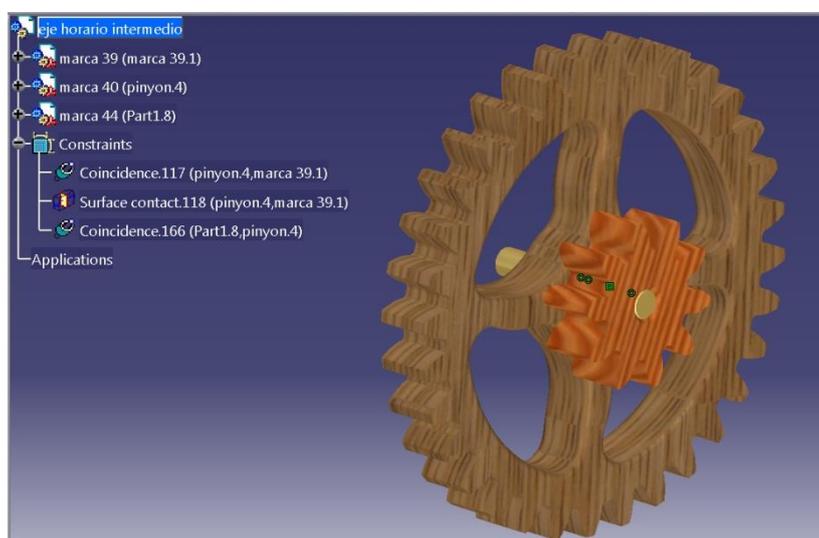
7.2.7. Eje intermedio horario.

Conjunto formado por las marcas: 39, 40 y 44. Este eje recibe el movimiento del eje minuterero y lo trasmite al eje horario.

Sobre este eje se montan el eje marca 44, al cual se le añaden las ruedas dentada 40 y 44 que se modelizan, como ya se ha explicado y la aguja horaria 65.

Una vez todas ellas modeladas, procedemos de igual manera que en los subconjuntos anteriores, a su ensamblaje.

Abriremos el modulo “Assembly Design” y le daremos el nombre del subconjunto “Eje intermedio horario”.



A la hora de ensamblar la rueda marca 39, al igual que en el subconjunto anterior, lo haremos de forma que uno de los dientes de la misma haga tope contra un diente del piñón del subconjunto anterior, es decir haremos que engranen.

Este proceso lo hacemos de igual manera usando el comando manipulación y a través del eje de revolución correspondiente.

Iremos ensamblando piezas usando las restricciones que en su caso sean necesarias y que serán básicamente las mismas que en los subconjuntos anteriores.

7.2.8. Eje minuterero.

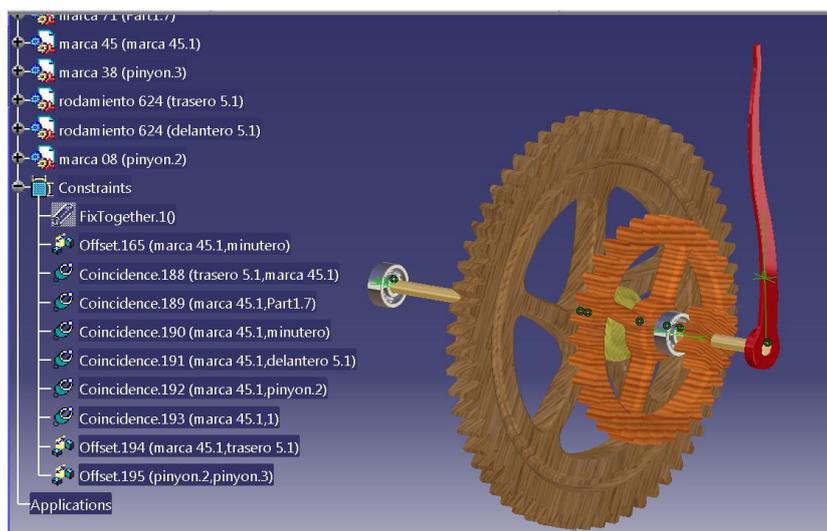
Conjunto formado por las marcas: 05, 08, 38, 45, 66 y 71 además de dos rodamientos de apoyo de referencia 624. Este eje recibe el movimiento del eje II y lo trasmite al eje trinquete y al eje intermedio horario.

Sobre este eje se montan el eje marca 45, al cual se le añaden las ruedas dentada 05, 08 y 38 que se modelizan, como ya se ha explicado y la aguja horaria 65.

El resto de piezas el distanciador marca 71 y la aguja minuterero marca 66 no entrañan ninguna dificultad, para su modelado.

Una vez todas ellas modeladas, procedemos de igual manera que en los subconjuntos anteriores, a su ensamblaje.

Abriremos el modulo “Assembly Design” y le daremos el nombre del subconjunto “Eje intermedio horario”.



A la hora de ensamblar las ruedas dentadas, especialmente la marca 05, al igual que en el subconjunto anterior, lo haremos de forma que uno de los dientes de la misma haga tope contra un diente del piñón del subconjunto anterior, es decir haremos que engranen.

Este proceso lo hacemos de igual manera usando el comando manipulación y a través del eje de revolución correspondiente.

Iremos ensamblando piezas usando las restricciones que en su caso sean necesarias y que serán básicamente las mismas que en los subconjuntos anteriores.

7.2.9. Eje trinquete.

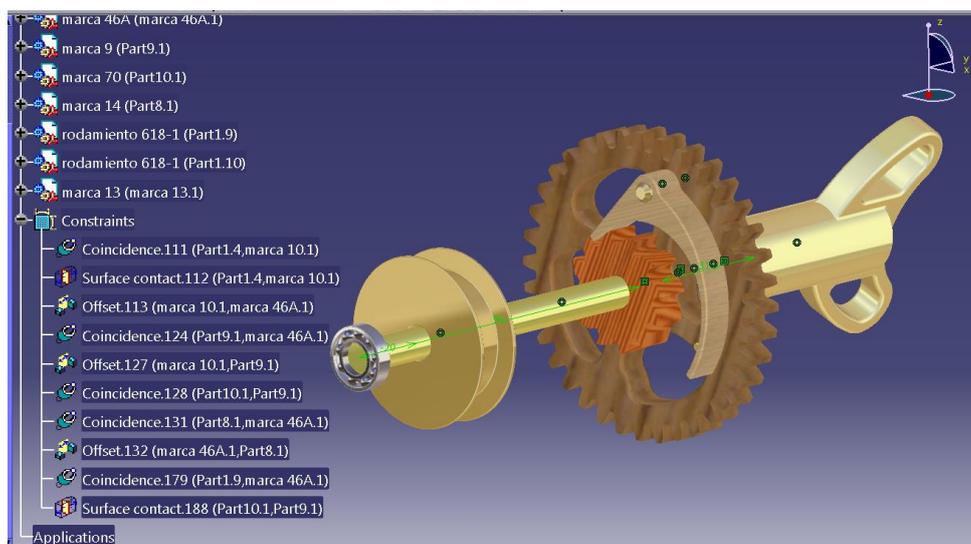
Conjunto formado por las marcas: 09, 10, 11, 12, 13, 14, 46A, 70 y dos rodamientos ref. 618. Este eje recibe el movimiento del eje minuterero y lo trasmite a la polea del contrapeso.

Sobre este eje se montan el eje marca 46A, al cual se le añaden la rueda dentada 10 que se modeliza, como ya se ha explicado y solidaria a ella la rueda trinquete marca 11 también solidaria a ella pero desplazada radialmente la marca 12, tope del trinquete. Este mecanismo de trinquete hace que la cuerda no se desenrolle de manera continua. También sobre este eje se monta de manera solidaria la polea marca 14, sobre la que se arrolla la cuerda de la que pende el contrapeso

Ninguna de estas piezas entrañan ninguna dificultad, para su modelado.

Una vez todas ellas modeladas, procedemos de igual manera que en los subconjuntos anteriores, a su ensamblaje.

Abriremos el modulo “Assembly Design” y le daremos el nombre del subconjunto “Eje trinquete”.



A la hora de ensamblar este subconjunto lo haremos de forma que uno de los dientes de la rueda marca 10 haga tope contra un diente del piñón del subconjunto anterior, es decir haremos que engranen.

Este proceso lo hacemos de igual manera usando el comando manipulación y a través del eje de revolución correspondiente.

Iremos ensamblando piezas usando las restricciones que en su caso sean necesarias y que serán básicamente las mismas que en los subconjuntos anteriores.

7.2.10. Péndulo.

Conjunto formado por las marcas: formado por las marcas: 24, 24-1, 25, 26, 27, 28 y 80. El péndulo recibe el movimiento directo del usuario y lo trasmite al eje IV.

Se mantiene en su posición de equilibrio gracias a la marca 24, que esta rematada en una cuña, que apoya sobre la marca 57 que se encuentra en la estructura.

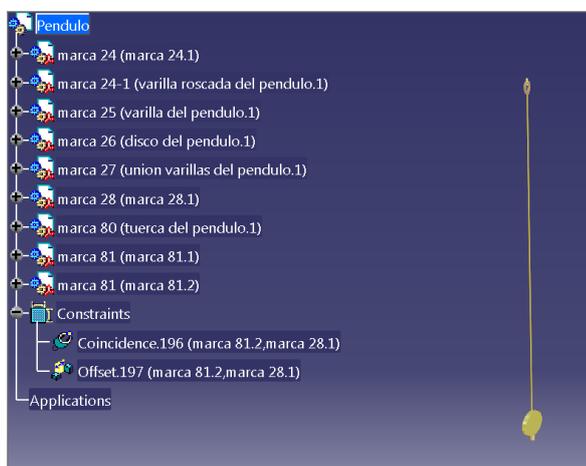
Por el extremo inferior, pende el disco de contrapeso, que con su movimiento de péndulo simple, aporta el movimiento isócrono al reloj.

Este disco se puede regular en altura, con el fin de conseguir que el reloj mantenga una hora exacta.

Ninguna de estas piezas entraña ninguna dificultad, para su modelado.

Una vez todas ellas modeladas, procedemos de igual manera que en los subconjuntos anteriores, a su ensamblaje.

Abriremos el modulo “Assembly Design” y le daremos el nombre del subconjunto “Péndulo”.



Iremos ensamblando piezas usando las restricciones que en su caso sean necesarias y que serán básicamente las mismas que en los subconjuntos anteriores.

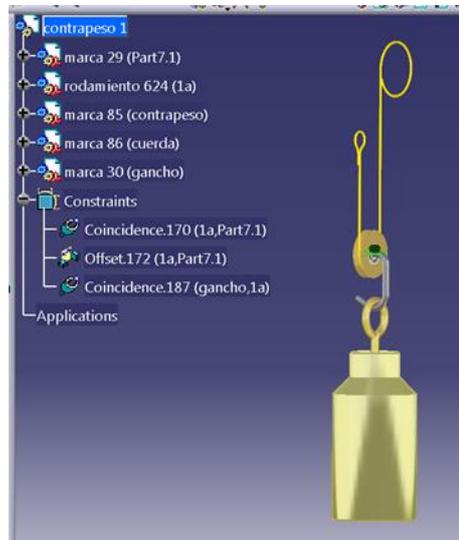
7.2.11. Contrapeso.

Conjunto Contrapeso, formado por las marcas: 29, 30, 85, 86 y el rodamiento ref. 624.

Ninguna de estas piezas entraña ninguna dificultad, para su modelado.

Una vez todas ellas modeladas, procedemos de igual manera que en los subconjuntos anteriores, a su ensamblaje.

Abriremos el modulo “Assembly Design” y le daremos el nombre del subconjunto “Contrapeso”



Iremos ensamblando piezas usando las restricciones que en su caso sean necesarias y que serán básicamente las mismas que en los subconjuntos anteriores.

7.3. Módulo “DMU Kinematics”.

Como ya se ha venido diciendo, el módulo de DMU Kinematics es utilizado para simular movimientos de mecanismos en CATIA, y poder así ver sus movimientos y analizar resultados.

Para ello tenemos una serie de herramientas que nos ayudarán a llevar a cabo nuestras ideas o diseños en 3D.

Repasaremos brevemente cada una de estas herramientas, para tener una idea de las posibilidades del módulo.

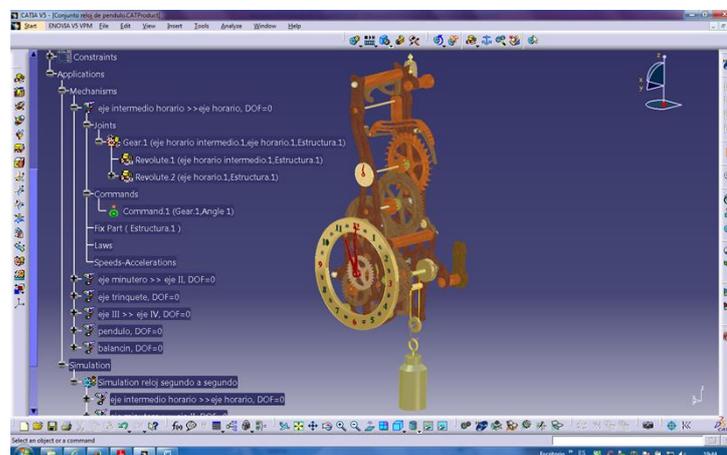
Para empezar, cuando creamos operaciones de cinemática, también crearemos las “constraints” entre las piezas así como las operaciones en el mecanismo. Así pues, y para evitar contradicciones, en las “constraints” creadas y las que iremos creando, debemos eliminar todas las “constraints” que tengamos en el árbol si estamos seguros de que no las vamos a utilizar.

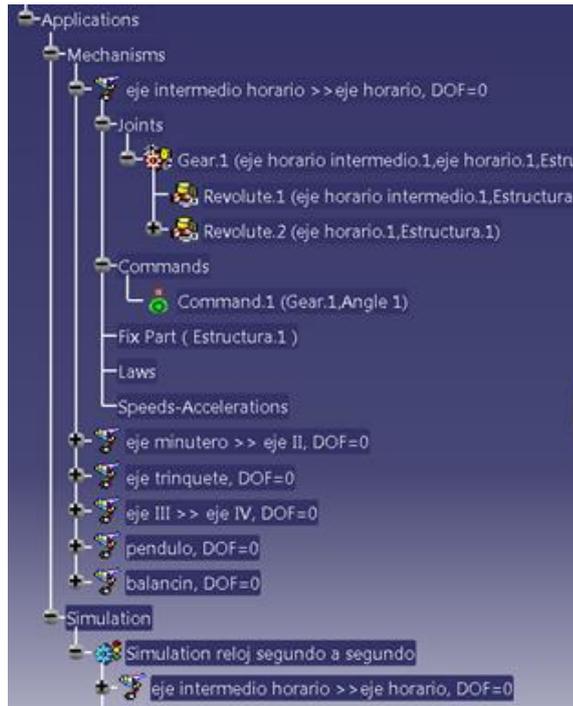
De forma esquemática deberemos seguir 4 pasos para crear nuestra simulación y posterior análisis.

- Abrir un documento ensamblado (CATProduct).
- Eliminar todos los “constraints” y crear los “Joints” de forma manual o convertir los “constraints” en “Joints” con la herramienta adecuada.
- Crear la simulación
- Analizar los resultados y modificar si fuera necesario el diseño.

Como muchas herramientas de CATIA, todas las operaciones que vayamos realizando con este módulo irán quedando reflejadas en el árbol del Producto.

La estructura del árbol quedará de la siguiente forma agrupada en el subárbol de Applications, que para nuestro modelo será como la figura:





Mechanisms: Mecanismos creados con elementos del Product.

[Nombre del elemento simulado],

DOF (Degree of Freedom, Grados de libertad)= 0 (este valor debe ser «0» para poder realizar las simulaciones.)

De cada mecanismo surgen cinco nuevos grupos de datos:

Joints, Commands, Fix Part, Laws y Speeds-Accelerations.

Joints: son las operaciones de este mecanismo, todas las uniones con las que cuenta el mecanismo

Commands: limitaciones numéricas de las operaciones o comandos generados para cada mecanismo

FixParts: elementos fijos. Solo podremos tener uno por mecanismo.

Laws: (Leyes): si las hubiera, sitio donde se irán añadiendo las leyes del mecanismo.

Speeds-Accelerations: Aquí veremos reflejados los posibles parámetros de aceleración y velocidades de los mecanismos.

Una vez creados los mecanismos, a la hora de animarles o simular su movimiento, nos aparecerá en el árbol de operaciones el apartado correspondiente:

Simulation: definiremos los movimientos que puede hacer cada mecanismo.

Sequences: con la ayuda de las simulaciones que hemos creado anteriormente podremos definir el orden que estas deben seguir así como si estas se entrelazan entre sí.

7.3.1. Las uniones cinemáticas

Es lo primero que se ha de hacer antes de poder animar cualquier mecanismo, establecer las relaciones oportunas entre los elementos implicados.

Los distintos tipos de uniones posibles se encuentran en la barra de herramientas de nombre Kinematic Joints



Esta barra cuenta con un total de diecisiete herramientas

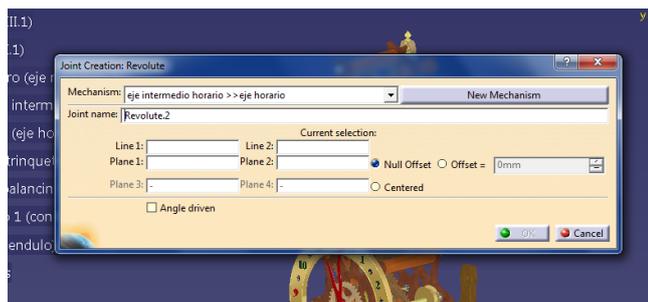


7.3.1.1. Revolute Joint.

Este icono nos permitirá crear uniones entre elementos que tengan entre sí una relación de giro y Concentricidad, como es el caso de nuestro proyecto.

Accederemos a él a través del icono correspondiente en la barra de herramientas de DMU Kinematics.

Al clicar en el icono nos aparecerá el cuadro de creación de Joints.



Lo primero que deberemos hacer será seleccionar el mecanismo donde queremos insertar el Joint o crearlo si fuera el caso, con el botón “New Mechanism”.

A continuación, tenemos un campo donde dar un nombre al Joint (Joint name) y justo debajo los distintos campos que definirán la acción.

Line 1: 1° eje de revolución del primer elemento.

Plane1: plano perpendicular a la línea1.

Line 2: 2° eje de revolución del segundo elemento.

Plane 2: Plano perpendicular a la línea 2.

Al aceptar ambas líneas coincidirán o bien los planos tendrán contacto. Podremos variar la distancia entre planos con el campo Offset de la derecha del cuadro.

Activando el valor Angle driven crearemos el Command correspondiente. Aquí podremos definir los ángulos de limitación de la operación.

Deberemos indicar los límites superior e inferior. En el caso de no activar el Angle driven, CATIA entenderá que dicho Joint es libre sin restricciones ni control.

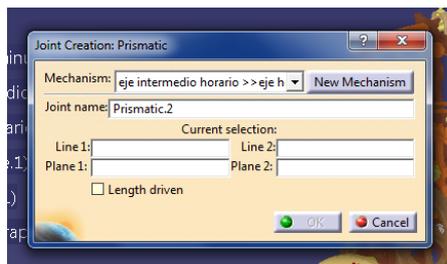
Existe la posibilidad de definir el plano de apoyo y centrarlo entre dos planos o elementos, con la ayuda de los campos Plane 3 y Plane 4.

Cualquier elemento que gire entorno a otro necesitara de este Joint para su funcionamiento.



7.3.1.2. Prismatic Joint.

Podremos crear uniones prismáticas, es decir, movimientos lineales.

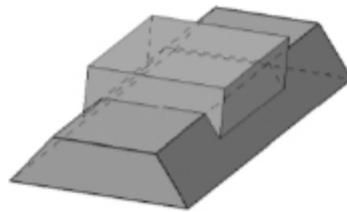


Deberemos fijar nuevamente un elemento, y, a continuación, al clicar el Prismatic Joint, seleccionaremos el mecanismo a aplicar.

Seleccionaremos el camino (Line 1/Line 2) que deberán permanecer en cada elemento.

También, dos caras que deben coincidir en los elementos (Plane 1/Plane 2).

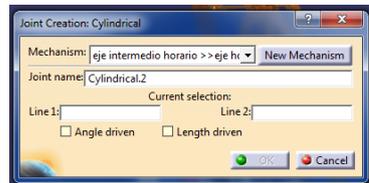
Con Length Driven nos creará el Command correspondiente en el árbol.



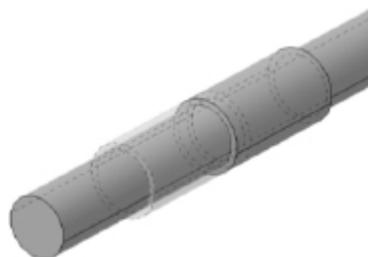
7.3.1.2. Cylindrical Joint.

Podremos realizar movimientos de avance y giro (Rotativo). Juntos o por separado.

Deberemos seleccionar dos elementos (ejes/líneas) que utilizarán como elementos coincidentes.



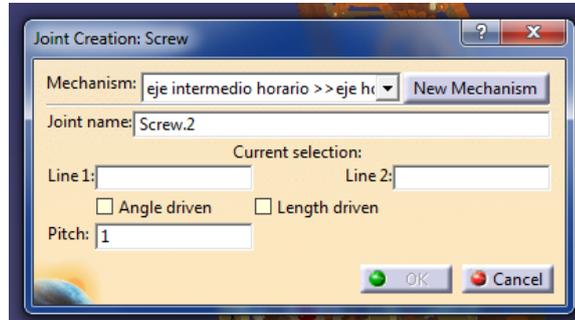
Activando la opción (Angle driven/Length driven) para crear los “commands” podremos crear un movimiento que nos recordará a un taladro, es decir, de avance y de giro





7.3.1.2. Screw Joint.

Podremos simular el movimiento de roscado de dos elementos.

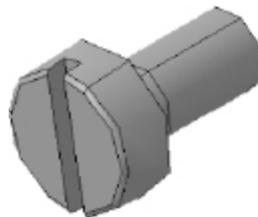


Deberemos seleccionar dos elementos (ejes/líneas) que utilizarán como elementos coincidentes.

Y, a continuación, el paso de rosca de dichos elementos (Pitch).

Activando la opción (Angle driven/Length driven) para crear los commands, podremos crear un movimiento que nos recordará a un taladro, es decir, de avance y de giro.

Para poder simular la junta deberemos de indicar un elemento como fijo.



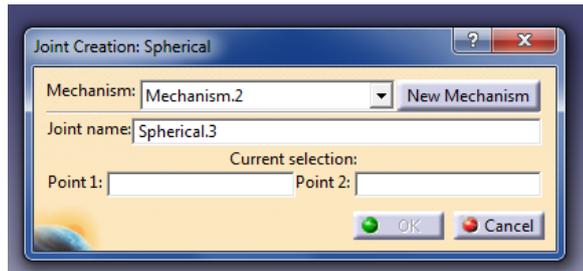
7.3.1.2. Spherical Joint.

Nos permitirá crear movimientos en los que exista un punto coincidente, de modo que la coincidencia entre ellos sea permanente.

Un caso muy claro sería una rótula

Para ello es necesario primeramente disponer de un punto en cada Part que podamos seleccionar.

Hecho esto, clicaremos el icono correspondiente a la operación y seleccionaremos desde el cuadro los dos puntos que deberán ir unidos.



Rótula de unión del soporte de un trípode de una cámara.

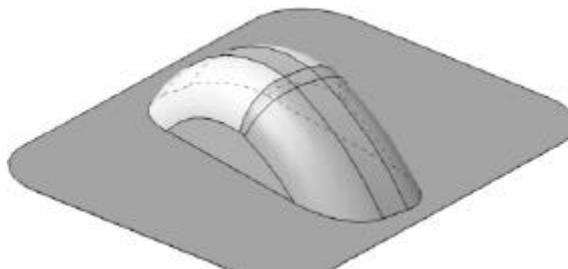


7.3.1.2. Planar Joint.

Haremos coincidir dos planos. Podrá pues ir hacia cualquier dirección siguiendo y tocando plano con plano.

Seleccionaremos el mecanismo en cuestión al que añadir dicha unión, y los dos planos que deberán ser coincidentes.

Para poder simular la junta deberemos de indicar un elemento como fijo.

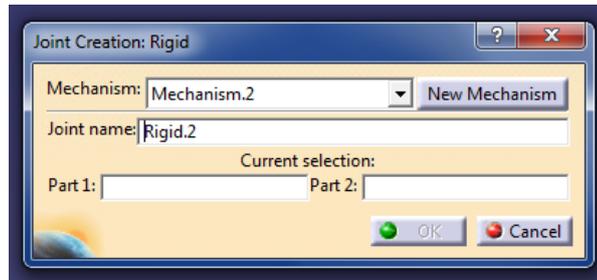


Movimiento que generamos al deslizar nuestro ratón por encima de la mesa o alfombrilla.

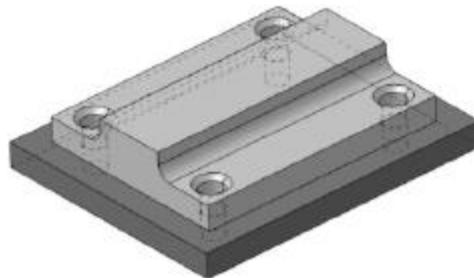


7.3.1.2. Rigid Joint.

Nos permitirá la unión entre dos componentes de tal manera que si un componente se mueve por sus “Commands”, el segundo componente le seguirá. (Es el equivalente al Fix Together de las constraints.)



Seleccionaremos un mecanismo y acto seguido los dos elementos que queramos vincular. En el caso de querer unir más elementos, deberemos repetir el proceso seleccionando un nuevo elemento y uno ya vinculado a una Rigid Joint.

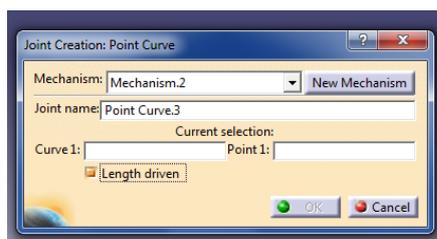


Piezas que forman parte de un mismo grupo de piezas, donde una de ellas manda sobre las otras. Por ejemplo, los elementos montados encima de un carro.

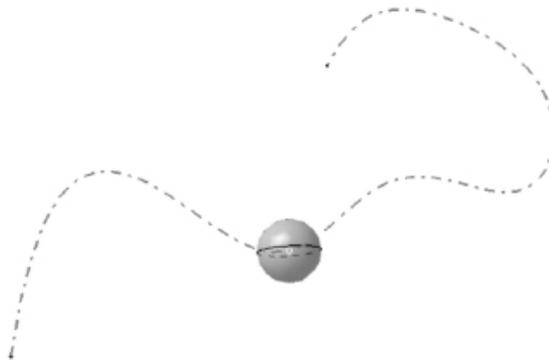


7.3.1.2. Point Curve Joint.

Podremos crear operaciones que nos permitirán definir, a partir de un punto y una curva, en distintas “Parts”, que el punto sirva como referencia para seguir una curva que tendremos en otra pieza o viceversa.



A la hora de aplicar esta orden, el punto y la curva deben estar en contacto. Marcando la opción de “Length driven”, podremos controlar la posición de dicho punto respecto el punto.

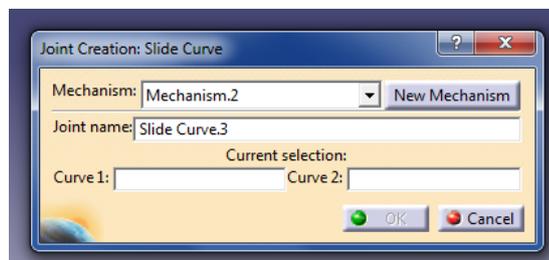


Una esfera (punto) siguiendo un recorrido irregular (spline).

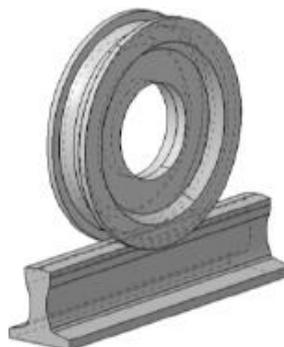
7.3.1.2. Slide Curve Joint.



Nos permitirá crear una operación entre dos curvas, manteniendo entre ellas un contacto continuo y manteniendo así la relación de longitud entre ambas aristas.



De este modo, cada punto que forma la curva coincidirá con los puntos de la otra curva al realizar el movimiento.

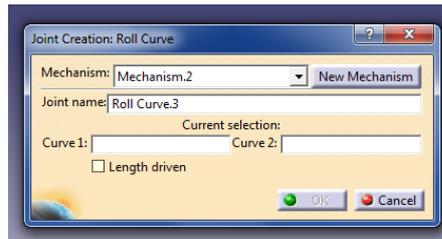


Relación entre la arista de las vías del tren y la arista de una de las ruedas del tren.

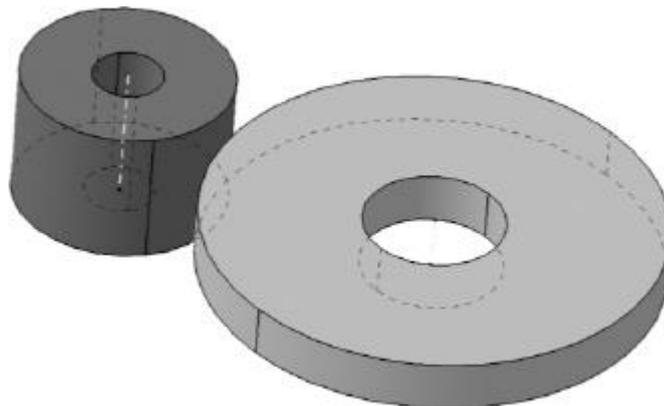
7.3.1.2. Roll Curve Joint.



Con ello podremos crear una operación cuya propiedad es la de mantener el contacto de dos curvas y que al mismo tiempo exista el efecto de rozamiento entre ambas curvas



En este caso, a diferencia de la orden anterior, podremos controlar la posición seleccionando el “Length driven”.

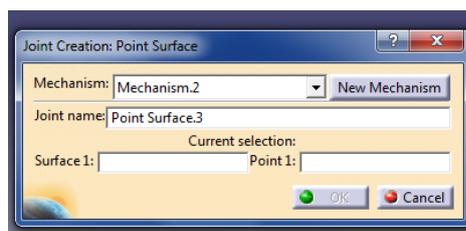


Mecanismo de transmisión de potencia entre dos poleas por fricción. Este caso lo vemos en multitud de mecanismos de la vida diaria.

7.3.1.2. Point Surface Joint.



Podremos crear una operación que nos cree una unión entre un punto y una superficie.



Con ella aseguraremos que un punto contenido en una “Part esté siempre en contacto con una superficie irregular, sea cual sea la dirección que tome (V/H) en la superficie.



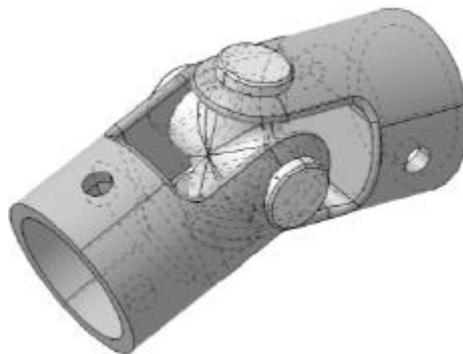
Este caso lo encontramos cuando simplemente estamos haciendo garabatos en una superficie irregular.



7.3.1.2. Universal Joint.

Nos permitirá crear un tipo de Joint que hace que dos elementos tengan el mismo movimiento giratorio, aunque los ejes de rotación no estén alineados.

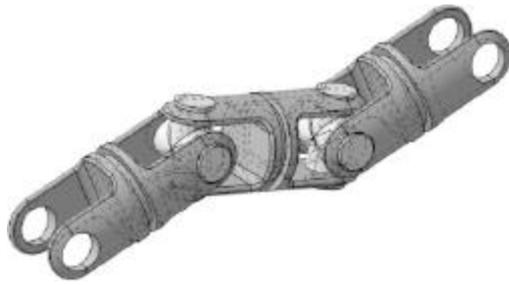
Por ejemplo un cardan.



7.3.1.2. CV Joint

Capacidad para realizar un movimiento de giro (comandos Circulares) a un elemento y transmitirlo (aunque no se toque) a un segundo, y este al tercer elemento.

Es la suma de dos “Universal Joint”.

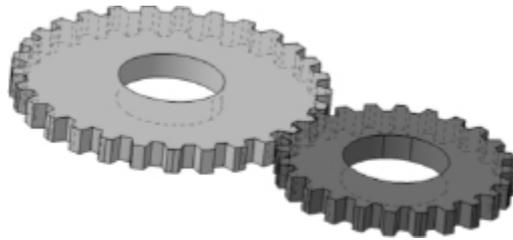


Transmisión de potencia entre dos ejes no coincidentes.

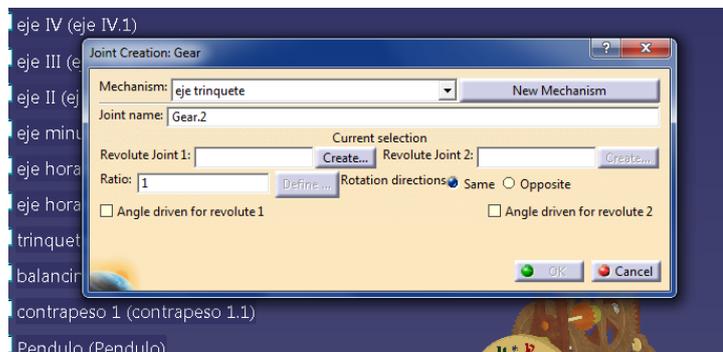


7.3.1.2. Gear Joint.

Este tipo de junta con la junta de revolución, será la que emplearemos en nuestro proyecto. Nos generará operaciones que se comportarán como si de engranajes se tratara.



Al hacer clic sobre el icono de la orden nos aparece la siguiente ventana:



Lo primero que nos aparece es un campo para elegir un mecanismo si ya lo tenemos creado o para crearlo en el caso de no tenerlo.

Necesitaremos tener creadas o crearlas desde el botón "create" dos Revolute Joint.

A continuación en el campo Ratio indicaremos la ratio correcta, es decir, la relación de trasmisión entre los engranajes.

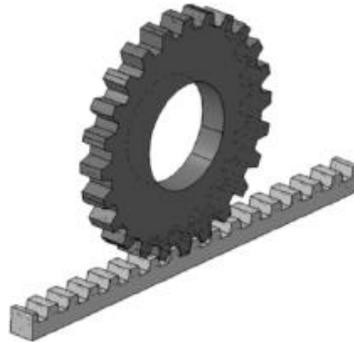
Si quisiéramos conocer la relación entre dos elementos que no conocemos clicaremos en Define, y allí indicaremos los diámetros de los dos elementos.

Indicaremos también la dirección de giro (Same o Opposite) y por último, que rueda de las que conforman el mecanismo es la que comanda el movimiento.



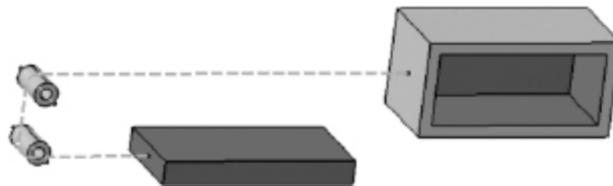
7.3.1.2. Rack Joint.

Con esta orden podremos crear simulaciones entre una rueda dentada y una cremallera.



7.3.1.2. Cable Joint.

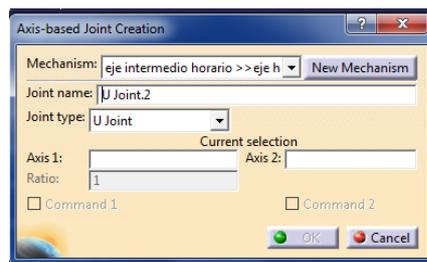
Podremos crear el movimiento que realizan dos piezas unidas por un cable imaginario. Podemos, a través de la ratio, variar el avance entre ellos.



7.3.1.2. Axis-based Joint.

Nos permitirá realizar uniones entre sistemas de coordenadas.

Seleccionaremos dos ejes de dos piezas. Una vez hecho esto, a través del desplegable seleccionaremos qué tipo de unión/operación aplicaremos.



7.3.2. Las condiciones para la simulación

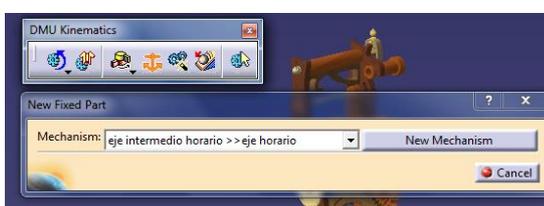
Además de establecer las uniones cinemáticas entre los distintos componentes de un mecanismo, existen otras acciones que han de llevarse a cabo para que CATIA permita realizar una animación del mismo.

Una de ellas es la ya mencionada creación de comandos:

- se ha de crear al menos un comando asociado a cada unión cinemática de elementos.

Otra de las medidas a tomar es la fijación de uno de los componentes de un mecanismo.

Esta acción se lleva a cabo a través de la herramienta Fixed Part, presente en la barra de herramientas DMU Kinematics.



Accionado la herramienta, se muestra una ventana en la que se da la opción de seleccionar a que mecanismo va a involucrar la fijación.

De igual forma, si éste no existe, permite su creación. Una vez hecha esta especificación, se ha de seleccionar el componente a fijar.

7.3.3. Creación de las simulaciones.

Existen dos formas posibles de realizar la simulación de un mecanismo:

- mediante comandos
- a través de leyes.

Las herramientas para llevarlas a cabo, respectivamente, son

- Simulation with Commands 
- Simulation with Laws 

Se encuentran en una barra de herramientas “Simulations”



integrada dentro la barra “DMU Kinematics”



7.3.3.1. Simulación mediante comandos.



Este icono nos permitirá tener control sobre los movimientos de un mecanismo creado con “commands” y a partir de los “joints” creados con anterioridad.

Accederemos a él a través del icono correspondiente en la barra de herramientas de “DMU Kinematics”



. Al clicar sobre él se abrirá el cuadro de control del mecanismo.

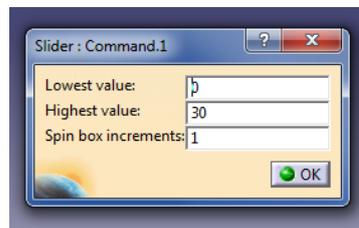


Primero, seleccionaremos el mecanismo que queremos simular (para ello deberá tener Commands ya creados.)

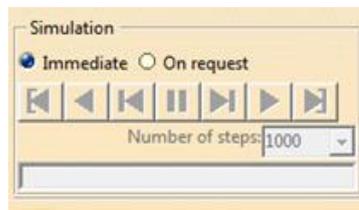
En la parte superior del cuadro seleccionaremos con el desplegable el Mechanism que queremos simular, y justo debajo de este la barra de tiempo:



Si quisiéramos limitar los valores máximos y mínimos utilizaremos el botón que se nos dispone al lado derecho del valor actual en la barra del tiempo.



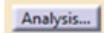
Desde el espacio de “Simulation” podremos controlar la simulación. A partir de aquí podremos visualizar el movimiento del mecanismo de dos maneras:

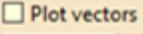


- Immediate: con la ayuda del ratón moveremos los elementos. CATIA nos indicará qué elementos y qué dirección tomará al seleccionarlo. Para arrastrarlo, pondremos el ratón encima de él.
- On request: introduciremos valores y, al clicar en el botón de Play veremos los movimientos. Utilizaremos el resto de botones como si de un reproductor se tratara.

Con el desplegable de “Number of steps” definiremos el número de pasos que debe dividir la simulación.

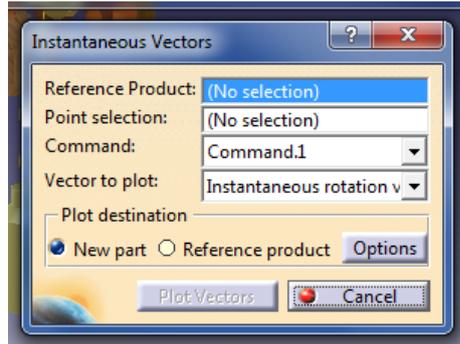
Con el botón  colocaremos la barra Slider de tiempo en su posición inicial

Con el botón  veremos el análisis de cotas (3D) que tengamos en el 3D a la hora de realizar el movimiento.

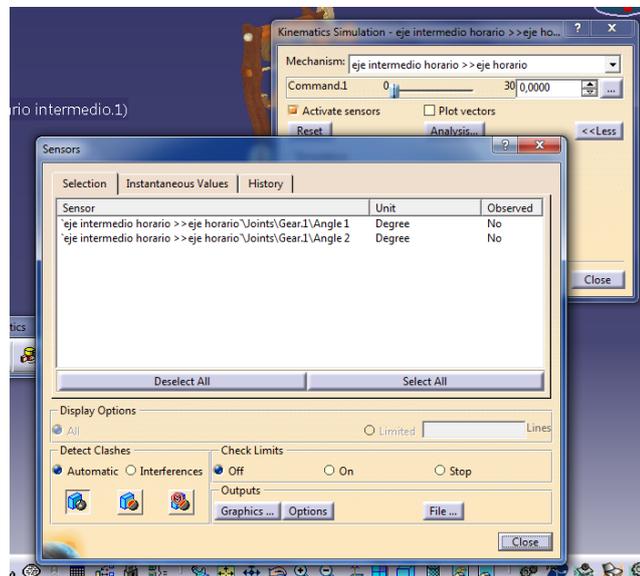
 Si lo seleccionamos, podremos visualizar en el Product o en una nueva Part los vectores de movimiento.

Es decir, por ejemplo, ante una rotación nos dibujará un eje.

Para los movimientos de rotación, al utilizar esta herramienta conseguiremos ver la trayectoria de un punto.



Activate sensors Existe la posibilidad en todas las operaciones de conocer los valores en cada punto del movimiento, ya sea longitudes o angulares.

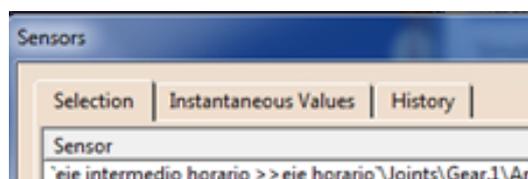


El cuadro está dividido en distintos apartados:

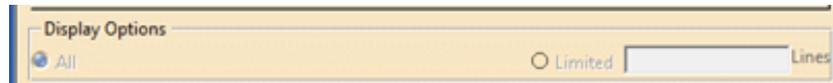
En la parte central superior, vemos 3 pestañas. En la primera de ellas, encontraremos una relación de sensores con las unidades de cada uno y si este está activo o no. En el caso de estar activo, este será objeto de análisis.

La siguiente pestaña es el listado de valores en tiempo real durante la simulación.

Y, la última, nos ofrecerá un historial de todos los análisis que se han ido ejecutando.

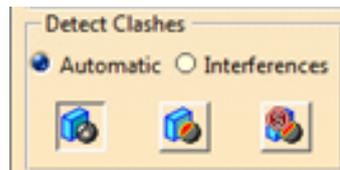


Justo debajo de ellos encontramos la posibilidad de definir el rango del mecanismo a analizar, con la opción de seleccionarlo todo o bien limitarlo a un número de líneas de análisis.



Debajo de este tenemos tres espacios más. En el primero de ellos, a la izquierda del cuadro, podremos ver en tiempo real y durante la simulación, cómo interaccionan los elementos entre ellos a nivel de posibles colisiones.

Dependiendo del icono que esté activo, la posible colisión se comportará de forma diferente.



Ignora las posibles colisiones

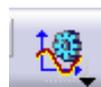


Nos muestra las intersecciones con elementos en rojo, pero el movimiento no se detiene.



Se detendrá en el caso de que haya una colisión.

7.3.3.2. Simulación mediante leyes.



En la simulación mediante comandos el movimiento de los elementos se controla, como ya se ha visto, por medio de la creación de sucesivos puntos de control a lo largo de una línea de tiempo.

En el caso de la simulación mediante leyes, el movimiento del mecanismo lo rige una ley ligada al comando asociado al componente de la unión a animar.

Al desplegar el icono, encontramos otra manera de realizar las simulaciones, mediante leyes (Laws).

Simplemente deberemos seleccionar el mecanismo que queramos simular, este debe tener leyes (Laws) en su árbol

7.3.3.2.1. Creación de la ley.

Con la creación de la ley, se pretende dotar al componente o componentes del mecanismo en cuestión de un movimiento regido por una ecuación matemática.

Existen varias formas de crear una ley asignable a un comando. Una manera es la creación gráfica de una curva 2D asociada a la ley.

Una curva contenida en un boceto puede ligarse a un comando, de esta forma, el movimiento asociado a ese comando evoluciona según la trayectoria de dicha curva.

La creación de este boceto con la curva ha de estar en "Part" independiente.

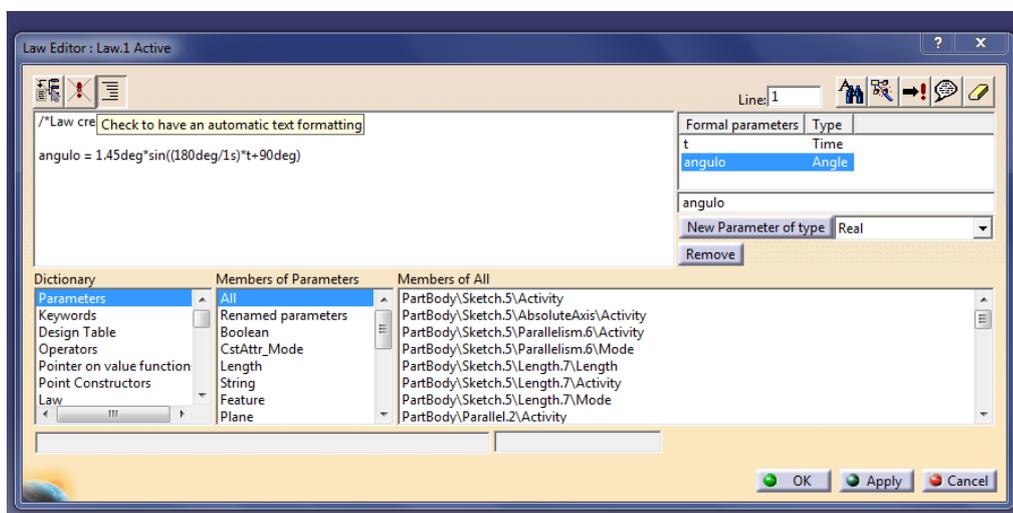
En primer lugar es necesaria la creación de la ley matemática. Para ello, se ha

de ejecutar la herramienta "Law" , presente en la barra de herramientas

"Relations" , contenida a su vez en la barra de nombre "Knowledge".



Al hacerlo, aparecera la ventana de creación y edición de la ley.



Los pasos básicos a seguir son la introducción de la ecuación matemática, previa creación de las variables que intervienen en ella.

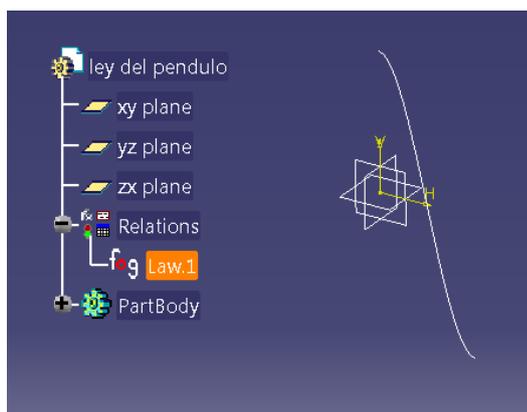
El botón para definir estas variables es “New Parameter of type”. Cada vez que pulsamos en ese botón, una nueva variable es creada.

Es importante reseñar el tipo de variable a crear (real, de tiempo, de ángulo, de longitud, etc.), seleccionando la deseada en cada caso de la lista desplegable contigua al botón de creación.

Bajo éste, se encuentra “Remove”, que permite eliminar una variable.

El cuadro situado en la parte superior izquierda de la ventana es el lugar dónde se ha de introducir el texto correspondiente a la ecuación.

Una vez realizados estos pasos, se confirma la creación (o edición) de la ley haciendo click en OK. La ley aparece en el árbol de operaciones en un apartado de nombre Relations.



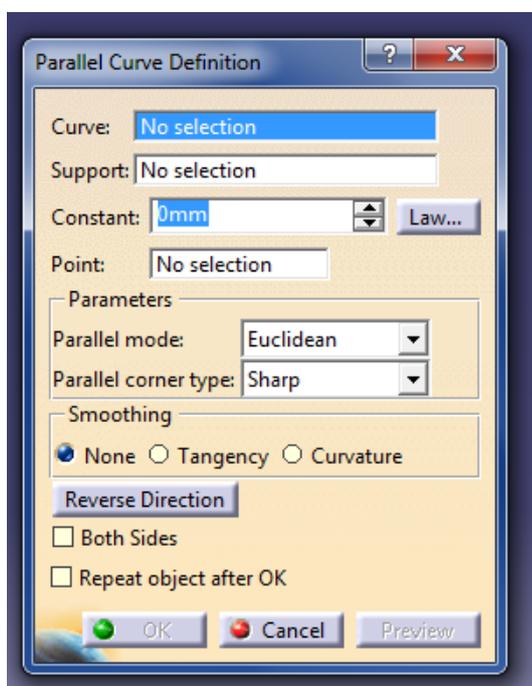
Una vez creada la ley matemática, se ha de crear una curva 2D que la represente gráficamente. La creación de dicha curva se genera utilizando el módulo “Generative Shape Design”. En él, la barra “Wireframe”



contiene todas las herramientas necesarias para ello.

En primer lugar, con la ayuda de Line, creamos una línea horizontal. La longitud exacta de esta línea es irrelevante, si bien es recomendable que tenga una dimensión coherente con respecto al recorrido de la curva representativa de la ecuación.

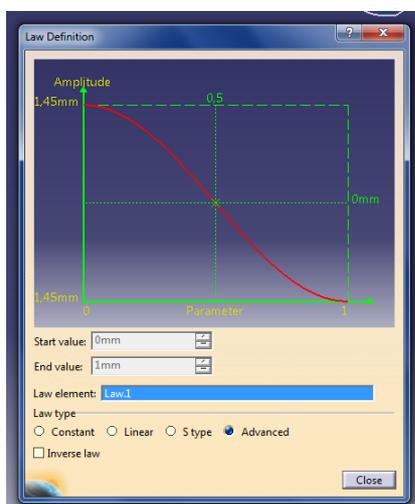
A continuación, se ejecuta la herramienta “Parallel Curve”. Al hacerlo, aparece su ventana de definición correspondiente.



Las dos primeras casillas, “Curve” y “Support”, hacen referencia a la línea a partir de la cual se quiere crear la nueva, y al plano en el cual estarán contenidas ambas líneas, respectivamente.

De esta forma, se seleccionarán la línea creada previamente y posteriormente el plano que la contiene.

Una vez hecho esto, se ha de activar el botón Law . Al hacerlo, aparece la ventana de definición de la ley, en la que se establecen las condiciones geométricas que va a seguir la nueva curva creada.

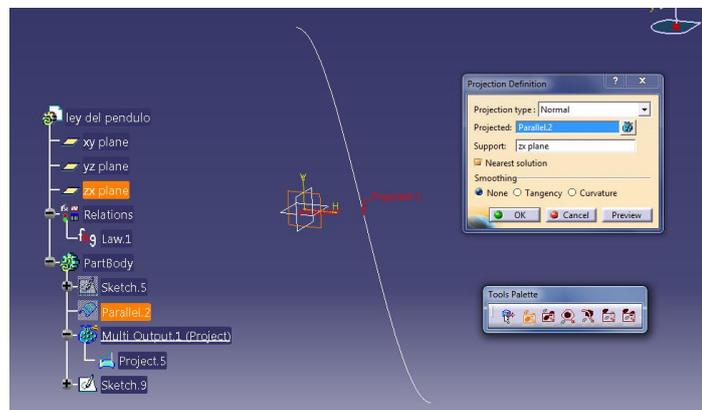


Para asignarla la ley matemática generada previamente, ha de seleccionarse la opción “Advanced” en el apartado “Law Type” y, a continuación, seleccionar en la casilla “Law element” la ley creada.

En la mitad superior de la ventana se muestra la gráfica correspondiente a la ecuación que rige dicha ley.

Cerramos la ventana de definición de la ley de la nueva curva, y se confirma su creación haciendo click en OK, en la ventana de definición de la misma. De esta forma se crea una curva que representa de forma gráfica la ecuación matemática.

La siguiente acción es la proyección de la nueva curva en un boceto pues, como ya se ha mencionado, es indispensable que ésta esté contenida en un sketch.



Una vez hecho esto, ya se puede llevar a cabo la relación de la curva con el comando.

7.3.3.2.2. Asignación de la ley al comando.

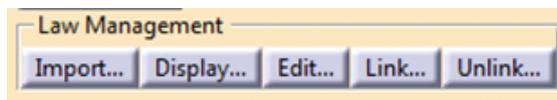
Para poder ligar la ley creada al comando deseado, en primer lugar se ha de insertar en el archivo “Product” dónde se encuentra el conjunto con los mecanismos a simular nuestro archivo “Part” recién creado y que contiene el boceto con la curva que representa la ley.

Este paso, como es habitual, se llevará a cabo utilizando el módulo “Assembly Design”, con la ayuda de la herramienta “Existing Component”.

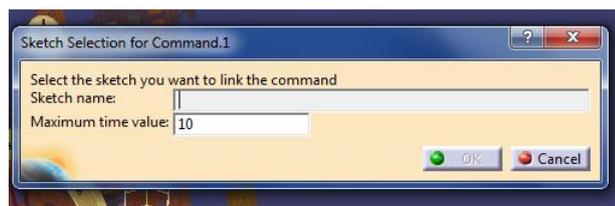
El siguiente paso radica ya en ligar la ley al comando a través del boceto de la gráfica.

Para ello, se ha de activar la edición del comando, haciendo doble click sobre su icono presente en el árbol de operaciones.

A continuación, aparece una ventana en la que se ha de activar el botón Link , presente dentro de “Law Management”.



Al hacerlo, se muestra una nueva ventana, en la que se solicita el boceto el cual se quiere ligar al comando.

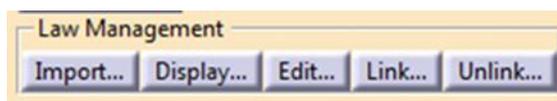


De esta forma, en la casilla “Sketch name” se ha de seleccionar en el árbol de operaciones el boceto que contienen a la curva representativa de la ley.

Bajo esta casilla, se encuentra otra de nombre “Maximum time value”, en la cual se ha de introducir el tiempo en segundos que durará la simulación, es decir, el tiempo que tardará el componente en cuestión en realizar el movimiento regido por la curva representada en el boceto.

Una vez hecho esto, se hará click en OK para validar la acción.

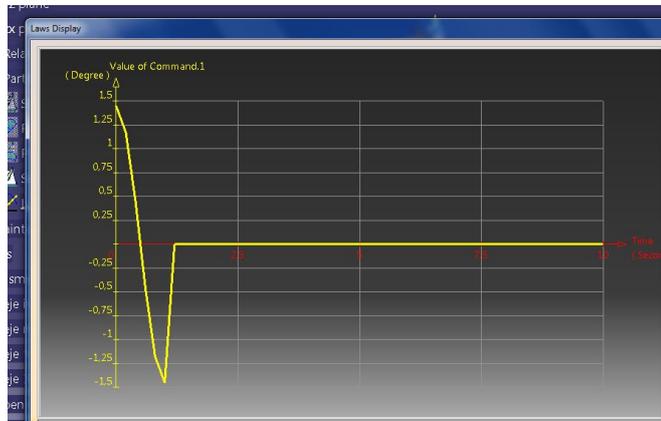
En el apartado “Law Management” de la ventana de edición del comando, se activan los botones “Display”, “Edit” y “Unlink”.



El primero muestra la representación de la gráfica de la nueva función matemática ligada al comando.

En el eje de ordenadas aparecen los valores en las unidades introducidas en la ecuación en cada caso (ángulo, longitud, etc.) y en el eje de abscisas se

muestra el tiempo en segundos, y su valor máximo corresponde con el introducido en la casilla “Maximum time value” de la selección de boceto.



El botón Edit, permite la edición del boceto, mientras que Unlink, posibilita desligar el boceto, posibilitando su sustitución por otro o simplemente la eliminación de su enlace con el comando.

Al activar el botón “Reset to Zero”, presente también en la ventana, se consigue establecer como posición de reposo de los componentes móviles del mecanismo aquella que se les ha asignado al insertarlos en el archivo “Product” de trabajo.

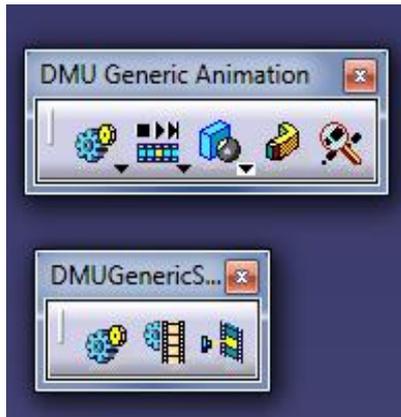
Por último, simplemente queda validar la acción mediante OK.

Mediante estos pasos, se ha establecido una relación entre el comando y la variable tiempo. Concretamente, la creación de la ley y su vinculación al mecanismo que posibilita el control de sus movimientos, en relación con la duración real de estos.

7.3.4. La generación y grabación de simulaciones.

Las herramientas “Simulation with Commands” y “Simulation with Laws” permiten, como ya se ha visto, realizar simulaciones controlando el movimiento de los componentes implicados en un mecanismo. Sin embargo, no es posible reproducir de nuevo una simulación realizada, una vez que se cierra cualquiera de las dos herramientas.

Para ello el módulo DMU Kinematics cuenta con la barra de herramientas DMU Generic Simulation Commands (integrada dentro de la barra DMU Generic Animation),



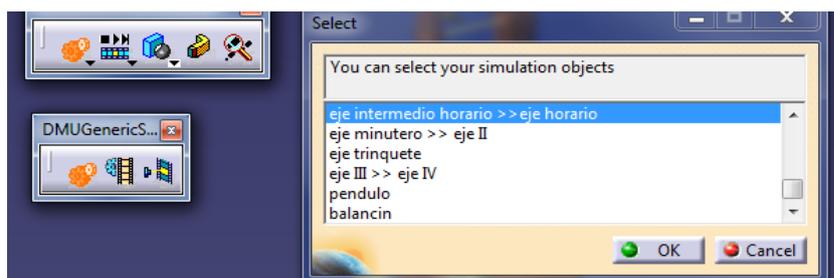
Esta barra “Generic Simulation Commands” cuenta con tres herramientas que posibilitan la generación, compilación y posterior reproducción de una simulación:

- Simulation 
- Compile Simulation 
- Replay. 

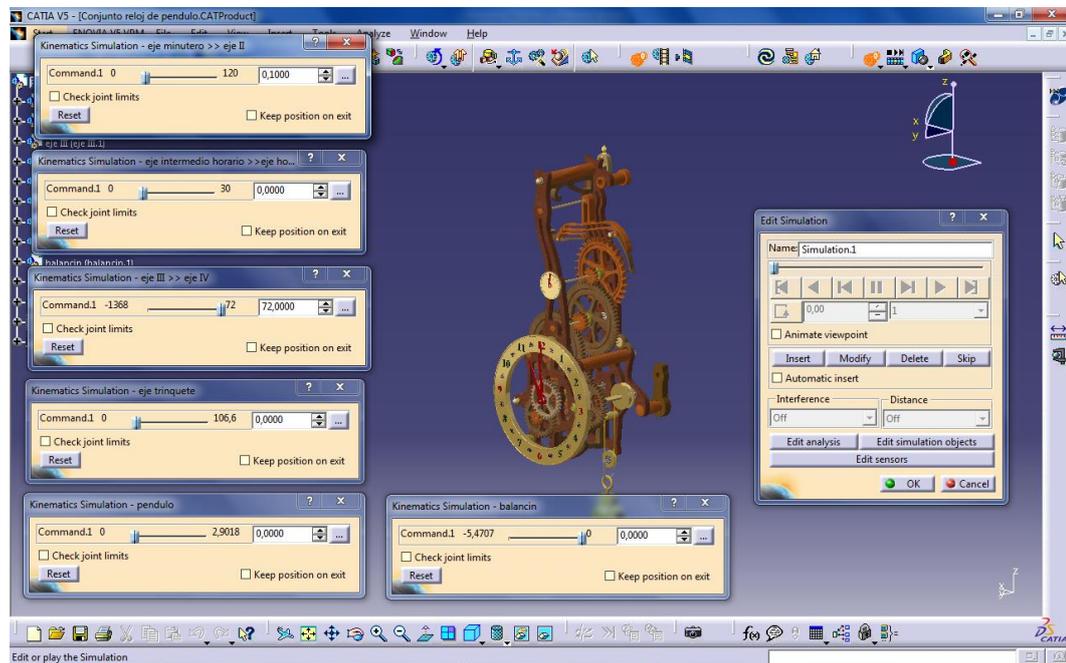
7.3.4.1. La generación de la simulación.

Al ejecutar la herramienta “Simulation”, lo primero que se muestra es una ventana con la lista de todos los mecanismos creados previamente.

Se ha de seleccionar, aquellos que se desee que intervengan en la simulación a generar, confirmándolo haciendo click en OK.



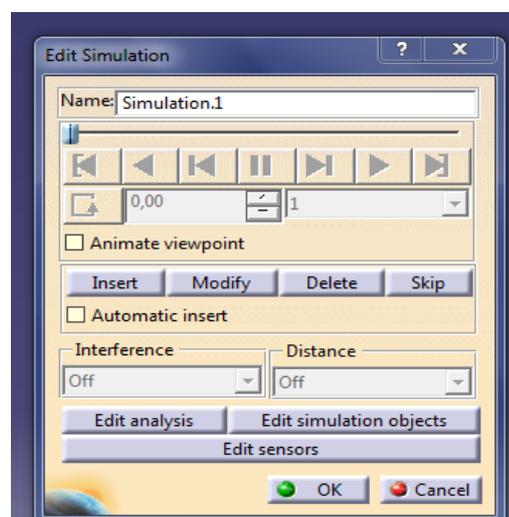
Tras ello, aparece en pantalla la ventana de edición de la simulación, así como tantas ventanas como mecanismos vayan a intervenir en la simulación.



En estas ventanas, llamadas “Kinematics Simulation”, se muestra una barra con un elemento deslizable por la misma que permite, al igual que en la herramienta de simulación por comandos, la variación de la posición del componente en cuestión dentro del rango de desplazamiento.

Asimismo, aparecen la casilla con el valor actual de la posición, las flechas para poder variar esta y el botón  para variar los límites de movimiento.

La ventana de edición de la simulación está encabezada por el nombre de la simulación a crear, el cual puede modificarse en Name.



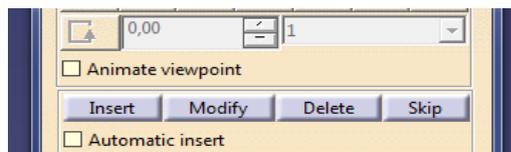
Cuenta con una serie de herramientas básicas. La primera de ellas es una barra que, como en el resto de las presentes en las creaciones y ediciones de animaciones, representa la línea temporal de la simulación, a través de un icono que se desplaza a lo largo de ella.

Bajo ella, se presentan los botones que permiten controlar la simulación de forma automática:



La generación de una simulación se basa en la creación a lo largo de una línea temporal de una serie de puntos de control, tantos como deseemos. A mayor número de puntos mayor precisión en el movimiento, y también mayor tamaño del fichero final.

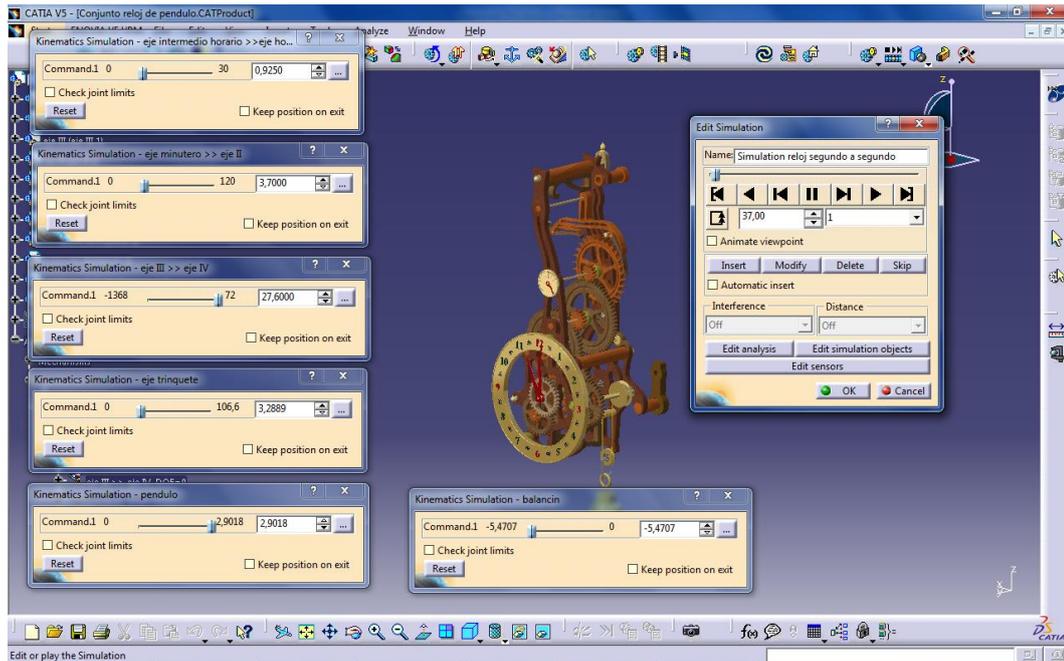
Estos puntos (o viewpoints) establecen la posición de los componentes del mecanismo en un instante determinado de la simulación. Son necesarios un mínimo de dos viewpoints para crear una animación.



La forma de introducir un punto de control en una simulación se basa en situar al mecanismo en las condiciones deseadas (posición inicial y final)..

Para insertar un punto procedemos de la siguiente manera:

- Elegimos un mecanismo o los que se vayan a simular por medio de las barras "Kinematics Simulation".
- Introducimos un valor real, que se corresponda con una posición del mecanismo en su línea de tiempo.
- Hacemos lo mismo, para cada uno de los mecanismos que se hayan seleccionado.
- Una vez introducidos los puntos en cada mecanismo (un punto por mecanismo), lo grabamos en la ventana de edición de la simulación, en el botón "insert"
- Podemos modificar los puntos ya grabados (modify), borrarlos (Delete) o ignorarlos (Skip)



Con el icono “Change Loop Mode”  y haciendo click sobre el sucesivas veces, permite reproducir la simulación de varias formas:

- Que ésta lo haga sólo una vez 
- Que se reproduzca de principio a fin y que al llegar al final vuelva al principio de manera indefinida 
- Que lo haga sólo de comienzo a fin, también de forma continua. 

La activación de la casilla “Automatic insert” provoca la creación automática de puntos de control durante la manipulación del estado de la línea de tiempo y las posiciones de los componentes del mecanismo.

El valor que se muestra en la casilla contigua a la que indica el punto de control actual representa el tiempo del intervalo existente entra cada punto de control (interpolation step).

Puede variar desde un máximo de 1 hasta un mínimo de 0.01.

Por defecto, el tiempo real que CATIA computa a cada intervalo entre dos puntos de control consecutivos es de un segundo.

Al finalizar la generación de la simulación, se valida su creación mediante en botón OK. Al hacer esto, en el árbol de operaciones se presenta dicha simulación con su nombre, dentro de un subapartado de “Applications” llamado “Simulation”.

Haciendo doble click sobre esta referencia, es posible editar la simulación.

7.3.4.2. La compilación de la simulación.

Una vez creada una simulación, es posible crear una entidad que guarde la información correspondiente a dicha simulación, y así poder reproducirla tantas veces como se desee.

A través de la herramienta “Compile Simulation”



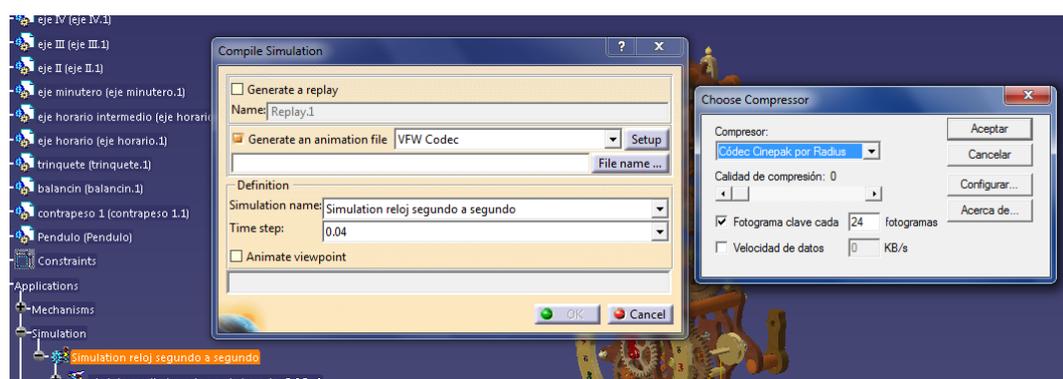
se pueden crear varios tipos de reproducciones de una animación.

La más básica es la que se conoce como Replay



y es creada a nivel interno del archivo “Product” con el que se trabaja

Una vez que tenemos generada la simulación de los mecanismos deseados, haciendo click, sobre el icono “Compile Simulation”, nos aparecerá la siguiente ventana:



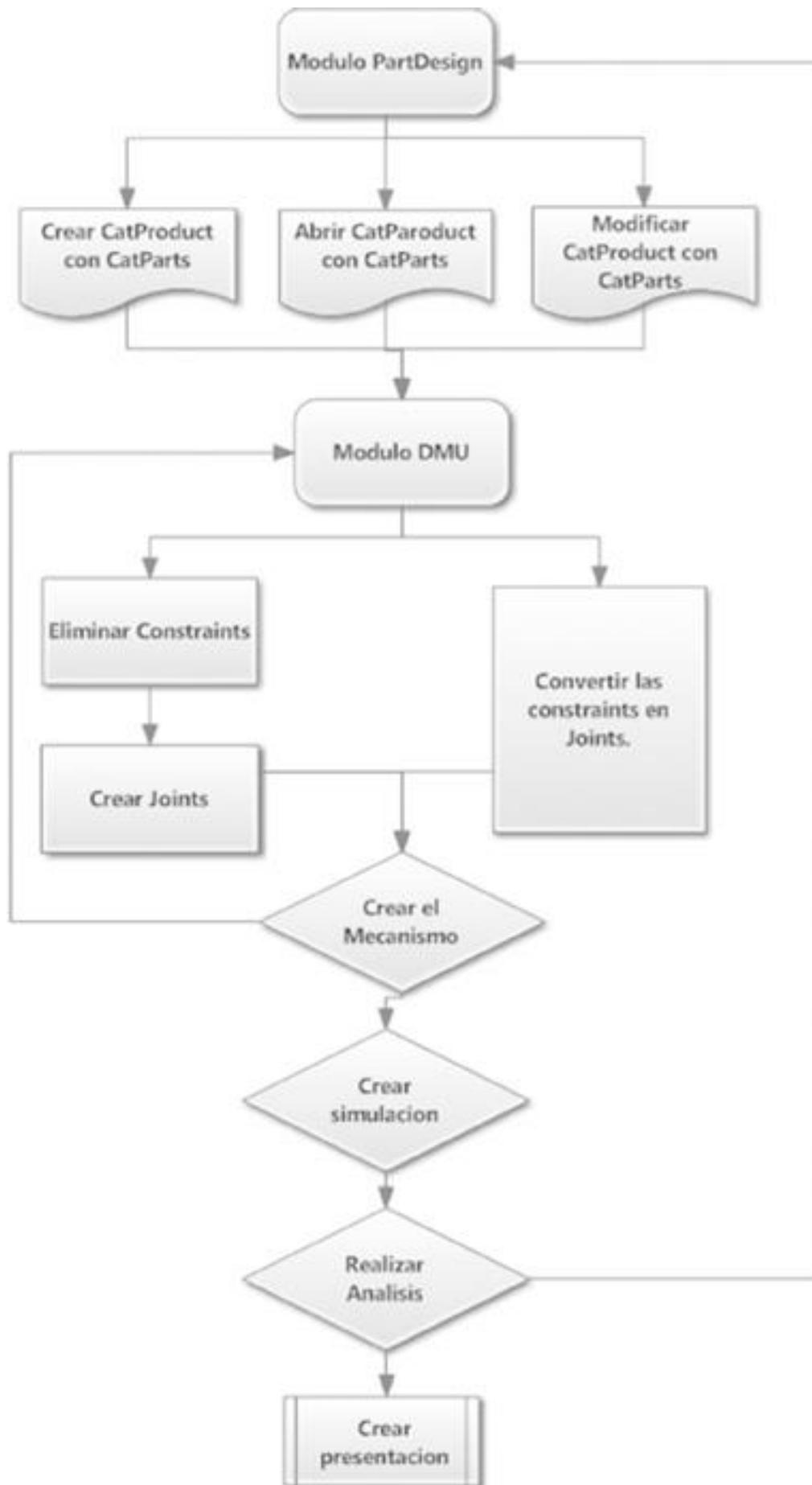
Podemos activar o no, la generación de una “replay”y la daremos un nombre si la hemos activado.

Activaremos la opción de generar un fichero de animación y con el botón “File Name”, le asignaremos un nombre y una ubicación en nuestro disco duro.

Con el botón “Setup” elegiremos el tipo de “Codec” de video, la calidad de compresión y lo que es importante, el numero de fotogramas clave. Esto va a hacer que nuestra película se muestre en tiempo real o no. El numero de fotogramas clave empleado en la industria del cine es de 24 y estos son los que seleccionaremos.

Seguidamente, daremos un nombre a nuestra compilación, para reconocerla sin problemas en el árbol de operaciones.

Por último, lo validaremos con el botón “Ok”, generando CATIA un fichero de video, con el nombre y la ubicación dadas.



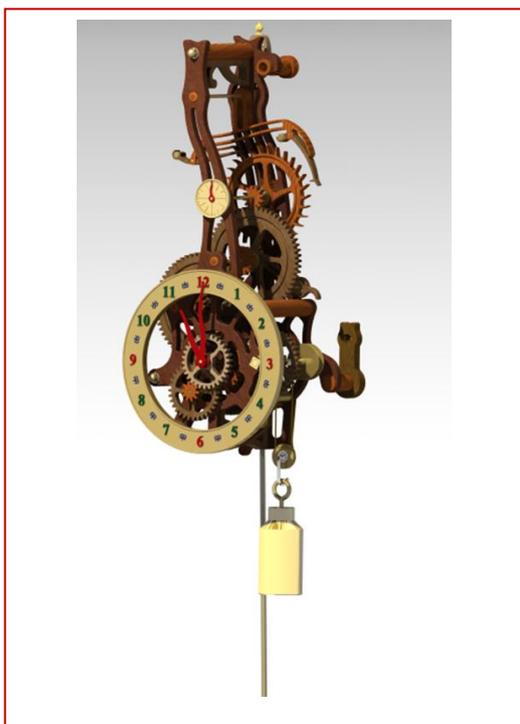
7.4. Proceso con DMU Kinematics aplicado al reloj.

Una vez que tenemos todos los subconjuntos ensamblados de manera individual y posteriormente ensamblados entre si, comenzamos el proceso de animación del mismo.

El método elegido para su animación es por comandos, animando los subconjuntos por parejas en el caso de ruedas dentadas a excepción del eje trinquete, que se hará de manera individual, teniendo en cuenta la relación de trasmisión que existe entre este y el eje minuterero.

También se harán de manera individual los subconjuntos “Péndulo” y “Balancín”, teniendo en cuenta la posición ocupada en cada instante.

La animación consistirá en animar el reloj durante un tiempo correspondiente a 20 minutos insertando para mecanismo la posición relativa a cada segundo.



Este es el aspecto que nuestro proyecto de reloj, presenta una vez insertados todos los subconjuntos entre sí. El reloj está listo para ser animado

Este aspecto ha de mostrar nuestro árbol de operaciones.

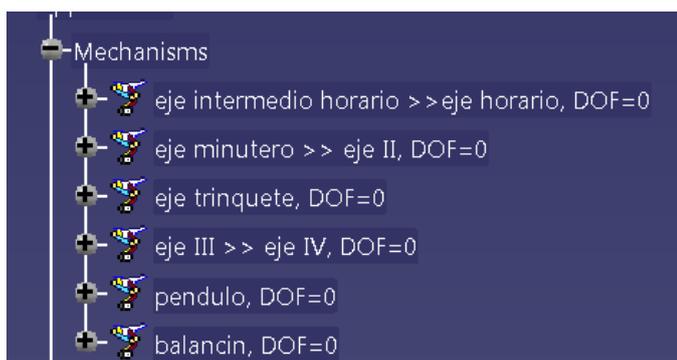
Definidos todos nuestros subconjuntos y ensamblados entre si como ya se ha explicado y listos para ser animados convenientemente



7.4.1. Relación de componentes en DMU Kinematics.

Vamos ahora a definir cada mecanismo de manera independiente para realizar la simulación de nuestro reloj.

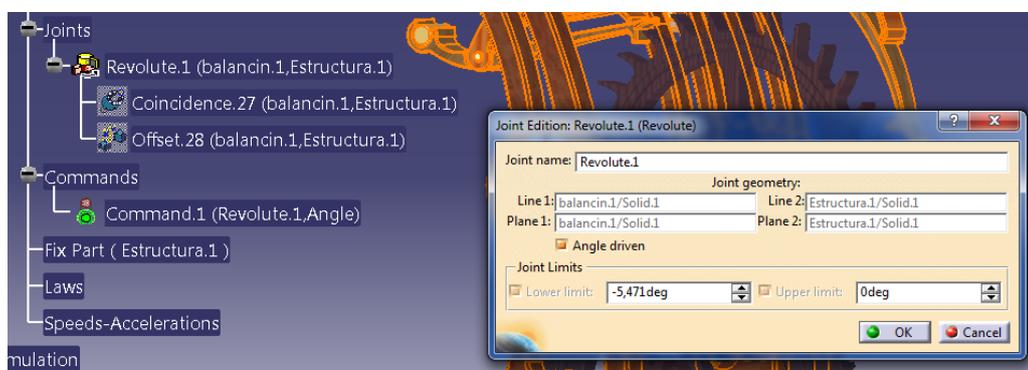
Como se puede apreciar en el árbol de operaciones el reloj consta de 11 subconjuntos y como hemos dicho los vamos a enlazar por parejas de esta manera:



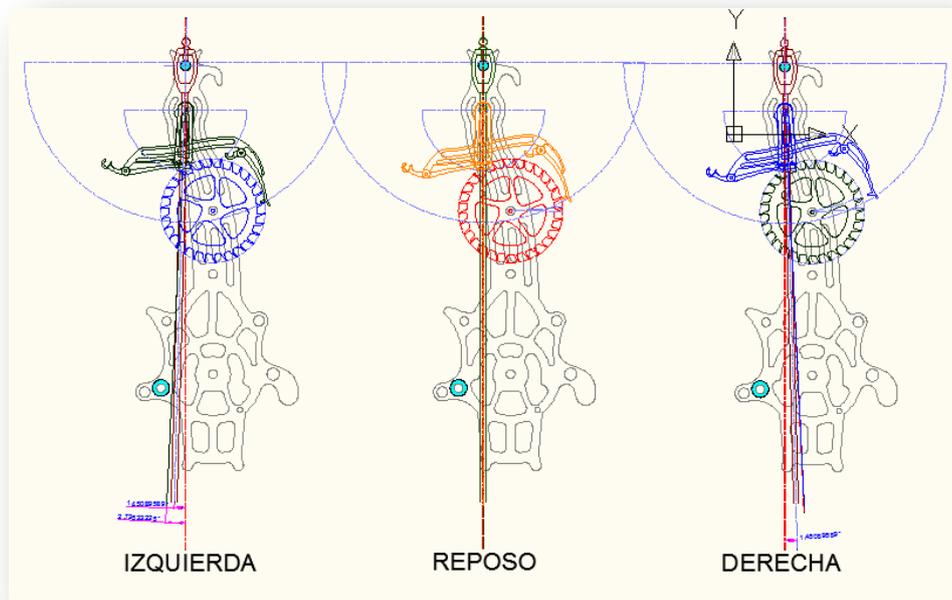
7.4.1.1 Mecanismo Balancín.

Este es uno de los mecanismos que se simularan por independiente. Crearemos una Junta de revolución y sus valores son los que figuran en la imagen. Activaremos el comando "Angle driven" para generar el comando correspondiente.

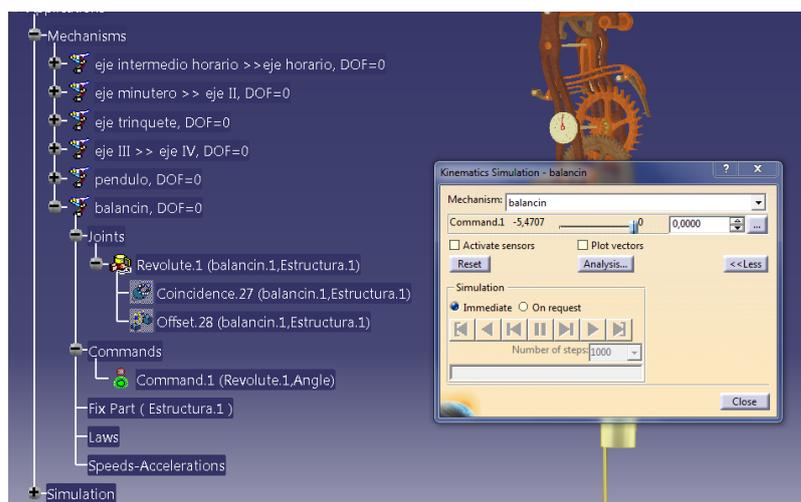
Necesitaremos indicar una línea de giro en el "balancín" y un plano perpendicular a esta línea de giro. De igual manera lo haremos con el elemento fijo, en etse caso, la estructura.



y la simulación obedecerá al esquema siguiente:



Una vez creada la junta de revolución, podemos simular este mecanismo. El movimiento lo recibirá como consecuencia del péndulo y su valor será según se encuentre en una de las tres posiciones, de reposo a la izquierda o a la derecha. Tendremos en cuenta que la posición central su valor será de 0° y en las posiciones extremas $2,735^\circ$ y $-2,735^\circ$ respectivamente. Estos valores serán los que aportaremos al mecanismo de la siguiente manera:



Como el movimiento es oscilatorio y su valor angular en total es de $5,47^\circ$ ese será el valor que aportaremos, ya que durante el movimiento estará en una posición que llamaremos 0° o en la opuesta a $5,47^\circ$ de la anterior, no existiendo posiciones intermedias. Sera el equivalente a 1 segundo de tiempo.

7.4.1.2 Mecanismo Péndulo.

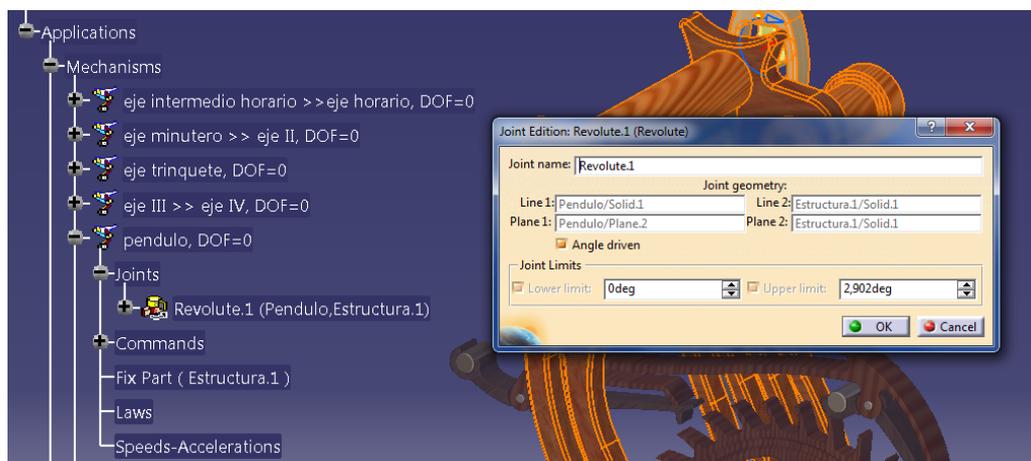
Este es otro de los mecanismos que se simularán por independiente y que guarda estrecha relación con el anterior ya que este mecanismo aportará el movimiento al balancín.

Este mecanismo recibe el movimiento del usuario de manera directa.

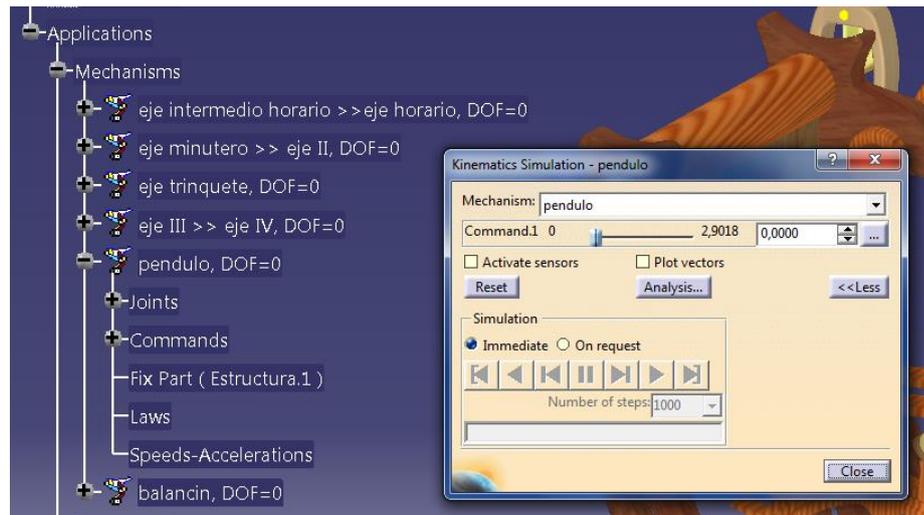
Tiene la limitación física de uno de los apoyos del reloj a la pared. Se ha estimado que el usuario lo desplaza un valor para que no interfiera con ese soporte y se le ha dado un valor de $1,45^\circ$ a cada lado de la posición de reposo.

Crearemos una Junta de revolución y sus valores son los que figuran en la misma imagen que para el balancín. Activaremos el comando “Angle driven” para generar el comando correspondiente.

Necesitaremos indicar una línea de giro en el “pendulo” y un plano perpendicular a esta línea de giro. De igual manera lo haremos con el elemento fijo, en este caso, la estructura.



Una vez creada la junta de revolución, podemos simular este mecanismo. El movimiento lo recibirá del usuario y su valor estimado es $1,45^\circ$. Tendremos en cuenta que la posición central su valor será de 0° y en las posiciones extremas $1,45^\circ$ y $-1,45^\circ$ respectivamente. Estos valores serán los que aportaremos al mecanismo de la siguiente manera:

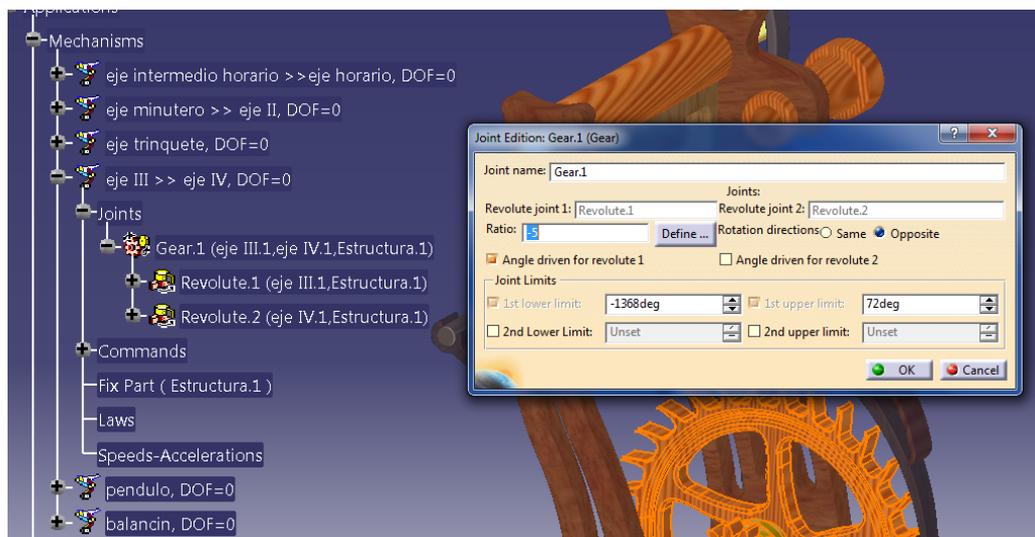


Como el movimiento es oscilatorio y su valor angular en total es de $2,9^\circ$ ese será el valor que aportaremos, ya que durante el movimiento estará en una posición que llamaremos 0° o en la opuesta a $2,9^\circ$ de la anterior, no existiendo posiciones intermedias. Será el equivalente a 1 segundo de tiempo.

7.4.1.3 Mecanismo “Eje III >> Eje IV”.

Para este mecanismo entran en juego dos subconjuntos, “Eje III “y “Eje V”. Usaremos la junta llamada “Gear”, que como ya se vio en capítulos anteriores, es la adecuada para este tipo de mecanismo.

Al activarla nos aparecerá la ventana de la imagen:



Deberemos dar un nombre a la junta o dejarla por defecto la que nos ofrece CATIA. A continuación deberemos definir dos juntas de revolución, correspondientes a los dos ejes que entran en juego. CATIA, nos ofrece la posibilidad de crearlas desde la misma ventana de la “gear joint” y así lo haremos. El proceso es igual que en los casos anteriores, para cada junta deberemos definir una línea de revolución y un plano perpendicularar.

A continuación definiremos el **ratio**, que no es otra cosa que la relación de transmisión entre las ruedas dentadas de ambos ejes.

Se ha considerado, que el movimiento procede de la aguja minuterero y de ahí parten el resto de movimientos. Así pues en este mecanismo el eje que aporta el movimiento será el eje III” y el eje IV lo recibe reflejándose este movimiento en la aguja del segundero.

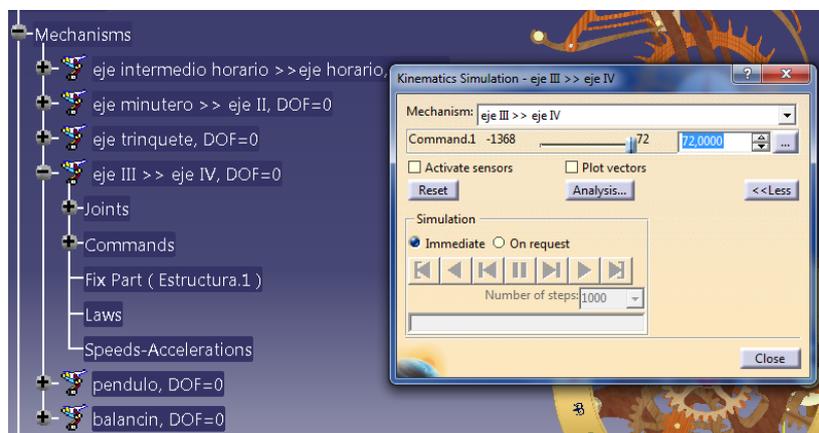
Con esta consideración, la rueda marca 05 del eje III, que consta de 60 dientes engrana con la marca 04 del eje IV, que consta de 12. La relación de transmisión será pues de 5, es decir, por cada vuelta del eje III completa el eje IV dará 5 vueltas completas. En la ventana sin embargo aparece con un signo menos delante, esto obedece a que el movimiento entre ambos ejes es en oposición, como es obvio.

Necesitaremos decir que eje es el que aporta el movimiento o eje conductor, que como ya hemos dicho es el eje III.

Por último los límites del movimiento. Como la rueda de escape ha de estar en contacto con uno de los topes del balancín, hemos hecho que esta coincidencia sea en el Angulo 72°. El movimiento parte como también se ha dicho del eje minuterero y la simulación va a constar de 20 minutos. Así pues el aguja del segundero dará 20 vueltas completas, lo que hace un total de 7200°. Como la relación de trasmisión es de 5 en un sentido de 1/5 en el otro sentido, el eje III girara un total de $7200/5= 1440^\circ$, comenzando en el grado 72 y finalizando en el -1368.

Si deseamos simular solo este mecanismo necesitamos indicar a CATIA, que el subconjunto Estructura, es la parte fija de la simulación.

Con la simulación una vez activada, nos aparecerá la ventana siguiente:

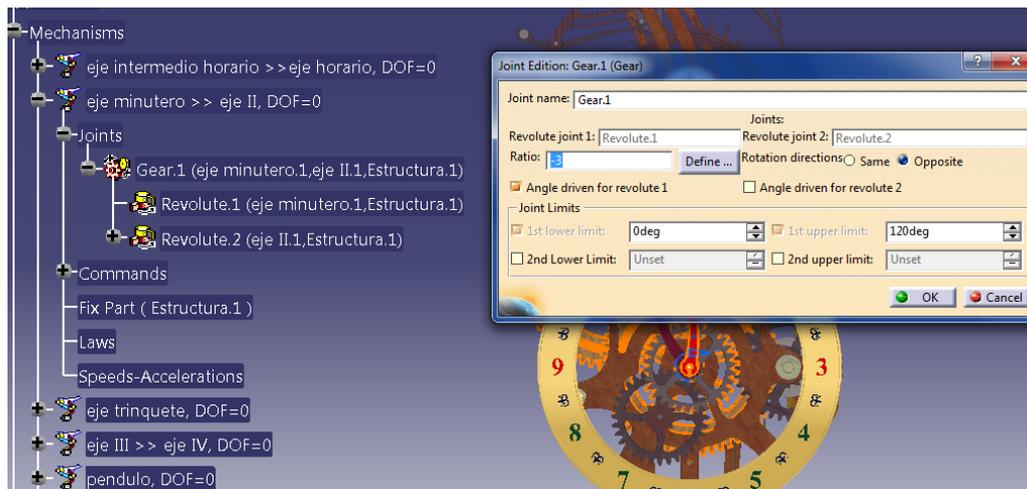


Aparecen en esta ventana básicamente los datos básicamente anteriormente introducidos. Haciendo click sobre el scroll que marca los límites, podremos ver como se desarrolla el movimiento.

7.4.1.4 Mecanismo “Eje minuterero” >> “Eje II”.

Para este mecanismo entran en juego dos subconjuntos, “Eje minuterero“ y “Eje II”. Usaremos la junta llamada “Gear”, que como ya se vio en capítulos anteriores, es la adecuada para este tipo de mecanismo. El proceso es muy semejante al anterior mecanismo.

Al activar la “gear joint” nos aparecerá la ventana de la imagen:



Deberemos dar un nombre a la junta o dejarla por defecto la que nos ofrece CATIA. A continuación deberemos definir dos juntas de revolución, correspondientes a los dos ejes que entran en juego. CATIA, nos ofrece la posibilidad de crearlas desde la misma ventana de la “gear joint” y así lo haremos. El proceso es igual que en los casos anteriores, para cada junta deberemos definir una línea de revolución y un plano perpendicular.

A continuación definiremos el ratio, que no es otra cosa que la relación de transmisión entre las ruedas dentadas de ambos ejes.

Como se ha considerado, que el movimiento procede de la aguja minuterero y de ahí parten el resto de movimientos. Así pues en este mecanismo el eje que aporta el movimiento será el “eje minuterero” y el “eje II” lo recibe..

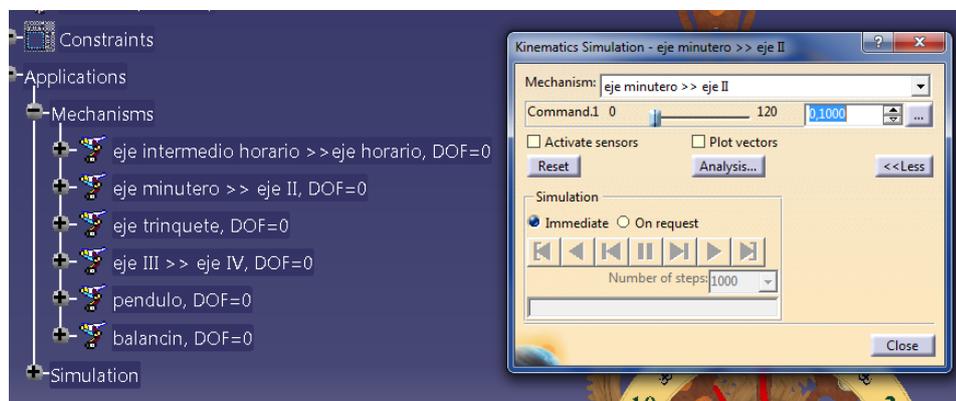
Con esta consideración, la rueda marca 05 del eje minuterero, que consta de 60 dientes engrana con la marca 07 del eje II, que consta de 20 dientes. La relación de transmisión será pues de 3, es decir, por cada vuelta del eje minuterero completa el eje II dará 3 vueltas completas. En la ventana sin embargo aparece con un signo menos delante, esto obedece a que el movimiento entre ambos ejes es en oposición, como es obvio.

Necesitaremos decir que eje es el que aporta el movimiento o eje conductor, que como ya hemos dicho es el eje minuterero, el correspondiente a la junta de revolución 1.

Por último debemos definir los límites del movimiento. El movimiento parte como ya sabemos del eje minuterero y la simulación va a constar de 20 minutos. Así pues el agujá del minuterero dará 1/3 de vuelta, lo que equivale a un desplazamiento angular de 120°. Como en este caso el movimiento parte del propio eje minuterero independientemente de la relación de transmisión esta se moverá un total de 120°.

Si deseamos simular solo este mecanismo necesitamos indicar a CATIA, que el subconjunto Estructura, es la parte fija de la simulación.

Con la simulación una vez activada, nos aparecerá la ventana siguiente:



Aparecen en esta ventana básicamente los datos básicamente anteriormente introducidos. Haciendo click sobre el scroll que marca los límites, podremos ver cómo se desarrolla el movimiento.

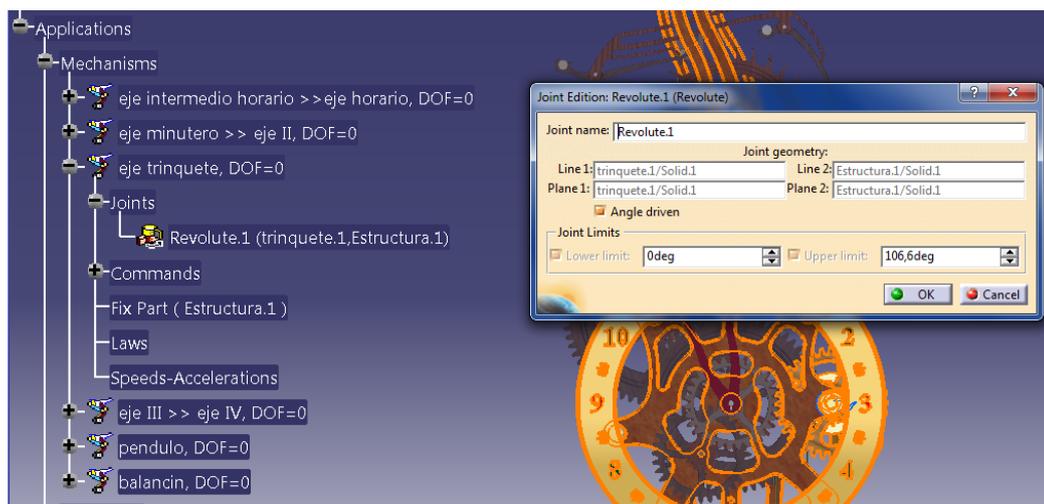
7.4.1.5 Mecanismo “Eje trinquete”.

Este mecanismo, junto con el péndulo y el balancín son independientes. Usaremos la junta llamada “Revolute joint”.

El proceso es muy semejante a los mecanismos anteriores balancín y péndulo.

Este mecanismo recibe el movimiento directamente del eje minuterero.

Al activar la “Revolute joint” nos aparecerá la ventana de la imagen:



Crearemos una Junta de revolución primeramente dándole un nombre o aceptando el que aparece por defecto.

Necesitaremos indicar una línea de giro en el “eje trinquete” y un plano perpendicular a esta línea de giro. De igual manera lo haremos con el elemento fijo, en este caso, la estructura.

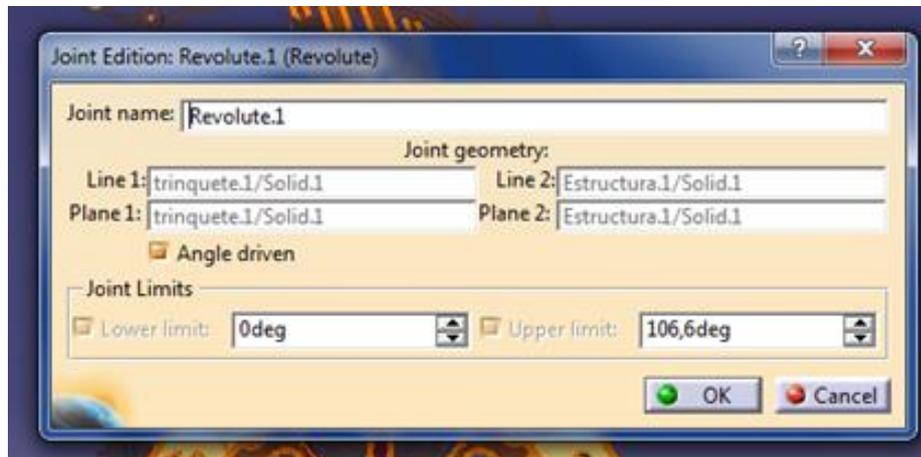
Activaremos el comando “Angle driven” para generar el comando correspondiente.

Los límites del movimiento nos lo define la relación de transmisión existente entre el eje minuterero y el propio eje trinquete.

Del eje minuterero parte el movimiento a este eje a través la rueda dentada marca 08 que dispone de 32 dientes. Esta engrana con la montada en el eje trinquete, marca 10, que cuenta con 36 dientes.

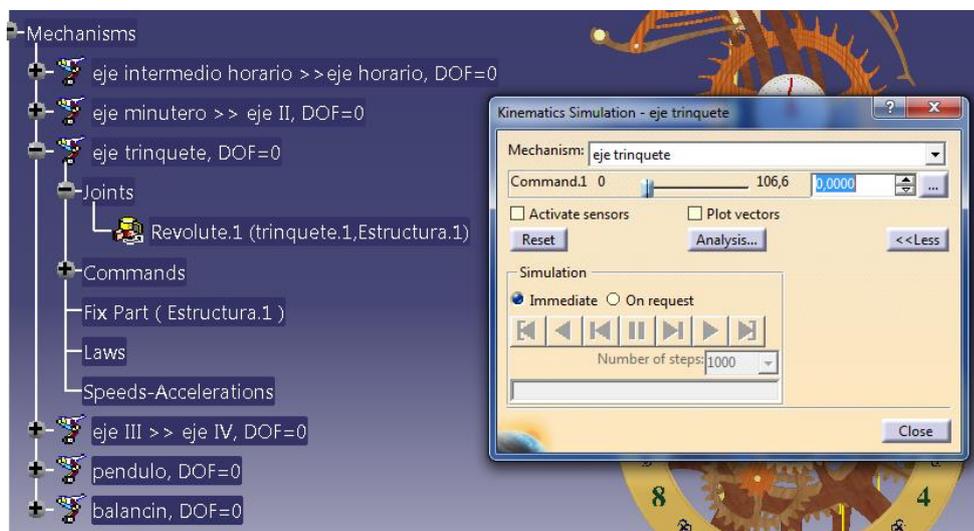
La relación de transmisión en este caso será $32/36$, simplificando nos queda una relación de transmisión de $8/9$, es decir, que por cada vuelta completa del eje minuterero la rueda trinquete gira un valor de $0,8888^\circ$.

Como el eje minuterero está preparado para ser simulado 20 minutos, es decir, 20 vueltas, el equivalente a 120° y la rueda trinquete que da 17,777 vueltas el equivalente a $106,6^\circ$



Con estas condiciones podemos comprobar la simulación de este mecanismo, haciendo doble clic sobre en el árbol de operaciones.

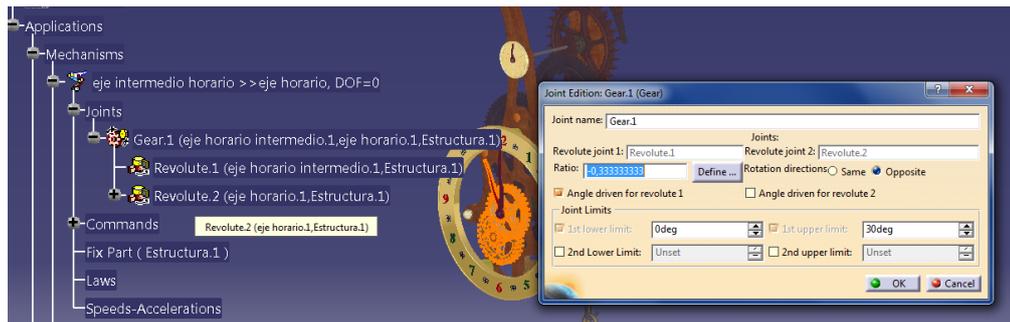
Nos aparecerá la ventana de animación y haciendo clic sobre el scroll y manteniendo el clic podremos comprobar el movimiento.



7.4.1.6 Mecanismo “Eje intermedio horario >> eje horario.”

Para este mecanismo entran en juego dos subconjuntos, “Eje intermedio horario” y “Eje horario”. Usaremos la junta llamada “Gear”, que como ya se vio en capítulos anteriores, es la adecuada para este tipo de mecanismo. El proceso es muy semejante a mecanismo donde han intervenido ruedas dentadas.

Al activar la “gear joint” nos aparecerá la ventana de la imagen:



Deberemos dar un nombre a la junta o dejarla por defecto la que nos ofrece CATIA. A continuación deberemos definir dos juntas de revolución, correspondientes a los dos ejes que entran en juego. CATIA, nos ofrece la posibilidad de crearlas desde la misma ventana de la “gear joint” y así lo haremos. El proceso es igual que en los casos similares anteriores, para cada junta deberemos definir una línea de revolución y un plano perpendicular.

A continuación definiremos el ratio, que no es otra cosa que la relación de transmisión entre las ruedas dentadas de ambos ejes.

Se ha considerado, que el movimiento procede de la aguja minuterero y de ahí parten el resto de movimientos. Así pues en este mecanismo el eje que aporta el movimiento será el “eje intermedio horario” y el “eje horario” lo recibe reflejándose este movimiento en la aguja horaria.

Con esta consideración, la rueda marca 39 del eje intermedio horario, que consta de 32 dientes recibe el movimiento del eje minuterero a través de la rueda marca 38 y de 8 dientes. En el mismo eje está montada una rueda marca 40 de 10 dientes. Esta última transmite el movimiento al eje horario a través de la marca 41 de 30 dientes.

La relación de transmisión entre el eje intermedio horario y el eje horario será la equivalente a la relación que mantengan la marca 40 de 10 dientes y la marca 41 de 30 dientes, $i=10/30 \gg i=1/3$, es decir, por cada vuelta del eje intermedio horario completa el eje horario dará 1/3 de vueltas. En la ventana indicaremos como ratio 0,333333, que es el resultado de dividir 1 entre 3.

Aparece en la ventana sin embargo con un signo menos, esto obedece a que el movimiento entre ambos ejes es en oposición, como es obvio.

Necesitaremos decir que eje es el que aporta el movimiento o eje conductor, que como ya hemos dicho es el eje intermedio horario y es el correspondiente a la junta de revolución 1.

Por último debemos definir los límites del movimiento. El movimiento parte como ya sabemos del eje minuterero y la simulación va a constar de 20 minutos.

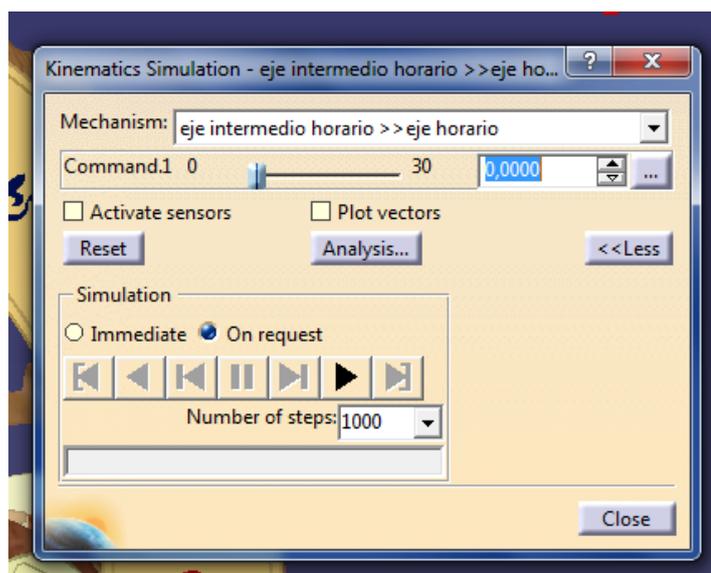
Así pues el agujero del minuterero dará $1/3$ de vuelta, lo que equivale a un desplazamiento angular de 120° .

El eje intermedio horario tiene una relación de $1/4$ con el eje minuterero así que si este eje minuterero recorre un Angulo de 120° en 20 minutos el eje intermedio horario recorrerá $1/4 * 120 = 30^\circ$. Este será el límite de movimiento de este eje horario y el que reflejaremos en la venta de la “gear joint”.

Luego la relación de transmisión entre este eje y el horario que es de $1/3$ hará que la aguja horaria se desplace en los 20 minutos un angulo de 10° .

Si deseamos simular solo este mecanismo necesitamos indicar a CATIA, que el subconjunto Estructura, es la parte fija de la simulación.

Con estas condiciones podemos comprobar la simulación de este mecanismo, haciendo doble clic en el árbol de operaciones. Con la simulación una vez activada, nos aparecerá la ventana siguiente



Haciendo clic sobre el scroll y manteniendo el clic podremos comprobar el movimiento.

7.4.2. Definición de los elementos fijos.

Cada mecanismo ha de tener un elemento que CATIA, considera fijo. En nuestro caso para todos los mecanismos el elemento fijo va a ser común, obviamente este será el subconjunto denominado “Estructura”, Es irrelevante el momento en el que se defina esta condición, si bien es necesario que a la hora de aplicar la simulación esta ya este definida.

7.4.3. Simulación de los mecanismos.

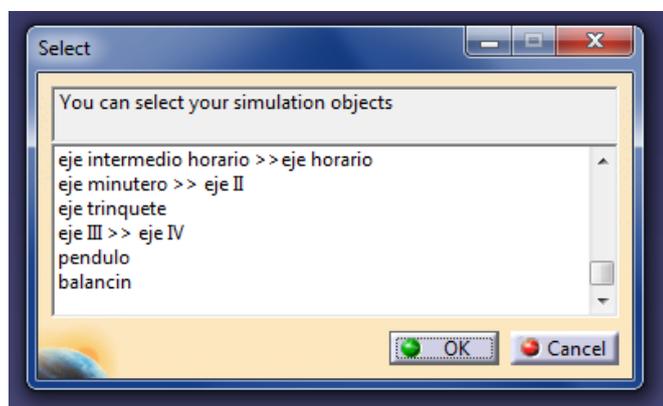
Ya tenemos todos los mecanismos que configuran el reloj definidos y con sus movimientos limitados según las condiciones de funcionamiento. Ahora bien, estos aun no tienen ninguna relacion entre ellos.

En este apartado, generaremos la simulación entre ellos compatible con el movimiento del reloj, para ello primeramente seleccionaremos la orden

simulación, ya descrita en apartados anteriores

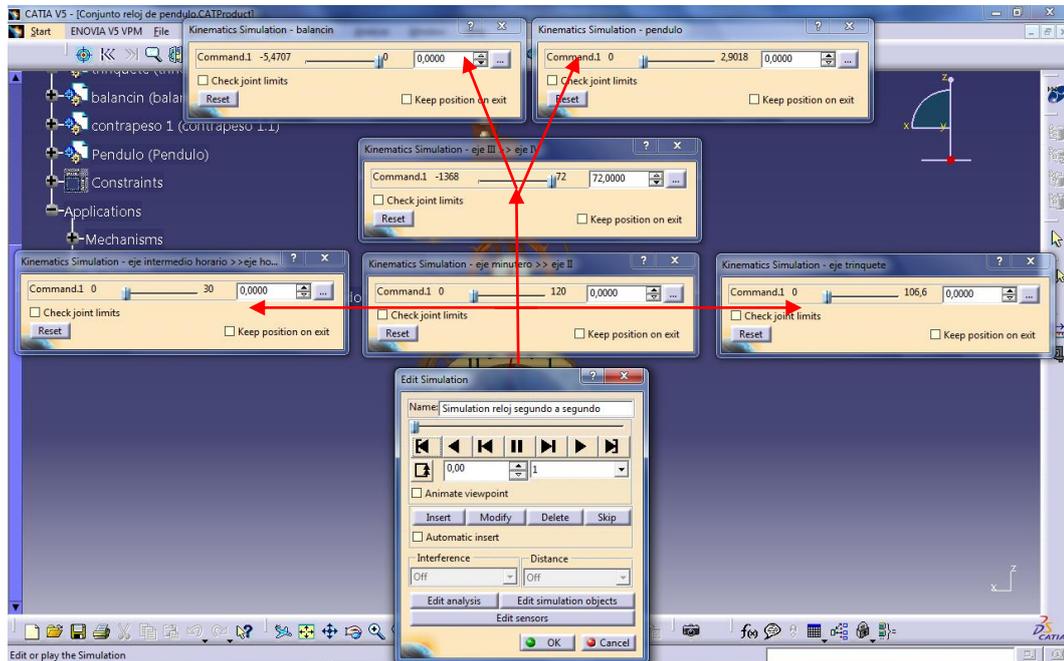


Al hacerlo nos aparece la siguiente ventana:



Que nos invita a seleccionar los mecanismos que hay creados. Nosotros seleccionaremos todos los creados para este proyecto.

Una vez seleccionados nos aparecerá en pantalla una ventana por cada mecanismo seleccionado:



La posición cero que aparece en cada ventana coincide con el modelo grafico. Los límites de movimientos ya fueron definidos en el apartado anterior de creación de mecanismo.

En el caso las posiciones relativas del balancín y del péndulo van a ser siempre opuestas, es decir, si uno está en la posición cero, el otro estará en la posición opuesta y viceversa. Esto ocurrirá en cada punto de la línea de tiempo, para simular los 20 minutos



Es necesario relacionar los distintos mecanismos, entre si. Para ello se ha elaborado una tabla en "Excel", con los datos a introducir en las ventanas de animación "kinematics Simulation" para luego ser validados en la ventana de edición de la simulación "edit simulation"

Los datos a introducir serán según el anexo 2 del que aparece un extracto en la imagen siguiente:

**Giro en grados
de las
manecillas del reloj**



eje minuterio-->eje II	eje int.horario --> horario	eje III --> eje IV	eje trinquete	balancin	pendulo	Punto numero
0	0	72	0	0	0	0
0,1	0,025	70,8	0,088888889	-5,4707	2,9018	1
0,2	0,05	69,6	0,177777778	0	0	2
0,3	0,075	68,4	0,266666667	-5,4707	2,9018	3
0,4	0,1	67,2	0,355555556	0	0	4
0,5	0,125	66	0,444444444	-5,4707	2,9018	5
0,6	0,15	64,8	0,533333333	0	0	6
0,7	0,175	63,6	0,622222222	-5,4707	2,9018	7
0,8	0,2	62,4	0,711111111	0	0	8
0,9	0,225	61,2	0,8	-5,4707	2,9018	9
1	0,25	60	0,888888889	0	0	10
1,1	0,275	58,8	0,977777778	-5,4707	2,9018	11
1,2	0,3	57,6	1,066666667	0	0	12
1,3	0,325	56,4	1,155555556	-5,4707	2,9018	13
1,4	0,35	55,2	1,244444444	0	0	14
1,5	0,375	54	1,333333333	-5,4707	2,9018	15
1,6	0,4	52,8	1,422222222	0	0	16
1,7	0,425	51,6	1,511111111	-5,4707	2,9018	17

...

118,1	29,525	-1345,2	104,9777778	-5,4707	2,9018	1181
118,2	29,55	-1346,4	105,0666667	0	0	1182
118,3	29,575	-1347,6	105,1555556	-5,4707	2,9018	1183
118,4	29,6	-1348,8	105,2444444	0	0	1184
118,5	29,625	-1350	105,3333333	-5,4707	2,9018	1185
118,6	29,65	-1351,2	105,4222222	0	0	1186
118,7	29,675	-1352,4	105,5111111	-5,4707	2,9018	1187
118,8	29,7	-1353,6	105,6	0	0	1188
118,9	29,725	-1354,8	105,6888889	-5,4707	2,9018	1189
119	29,75	-1356	105,7777778	0	0	1190
119,1	29,775	-1357,2	105,8666667	-5,4707	2,9018	1191
119,2	29,8	-1358,4	105,9555556	0	0	1192
119,3	29,825	-1359,6	106,0444444	-5,4707	2,9018	1193
119,4	29,85	-1360,8	106,1333333	0	0	1194
119,5	29,875	-1362	106,2222222	-5,4707	2,9018	1195
119,6	29,9	-1363,2	106,3111111	0	0	1196
119,7	29,925	-1364,4	106,4	-5,4707	2,9018	1197
119,8	29,95	-1365,6	106,4888889	0	0	1198
119,9	29,975	-1366,8	106,5777778	-5,4707	2,9018	1199
120	30	-1368	106,6666667	0	0	1200

La primera fila es la posición de partida y se encuentran todas a cero a excepción del mecanismo “eje III>>eje IV” que comienza su movimiento en 72°. También el eje balancín y el péndulo están uno en cero y el otro en su posición opuesta, como ya se ha explicado.

En el resto de filas se ira incrementado sus valores, según las relaciones de trasmisión adecuadas, excepto en el mecanismo balancín y péndulo, que siempre son sus valores extremos alternados.

En la primera columna aparecerá el desplazamiento en grados del eje minuterio. Se va a simular segundo a segundo durante 20 minutos. El valor de

giro en grados de cada segundo equivale a $0,1^\circ$ de ahí que el incremento sea de 0,1 en 0,1 unidades.

En la **segunda columna** aparece el mecanismo “eje intermedio horario >> eje horario”. El primer valor es 0, como posición de partida. A partir de entonces habrá que tener la en cuenta la relación de transmisión con el eje minuterero. La relación de transmisión para cada segundo en este eje obedece a:

$$i = 0,1 * (8 \times 10 / 32 \times 30) \gg \gg i = 0,025$$

Donde 0,1 es el primer valor en grados de la aguja del minuterero, 8 es el número de dientes de la rueda el eje minuterero que engrana con el eje intermedio, que ejerce de conductora así como la rueda marca de 10 dientes que ejerce como conductora. En el denominador tenemos las ruedas conducidas, del eje intermedio minuterero y del eje horario con 32 y 30 dientes respectivamente

Cada valor de esta columna se irá incrementando en una cantidad igual a la relación de transmisión.

Por ejemplo si se desea saber qué valor será el correspondiente a la posición de $1,4^\circ$ del minuterero, aplicamos la fórmula anterior

$$i = 1,4 * (8 \times 10 / 32 \times 30) = 0,35$$

En la **tercera columna** aparece el mecanismo “eje III >> eje IV”. Este mecanismo recibe el movimiento del mecanismo “eje minuterero >> eje II” que ya de por sí cuenta con una relación de transmisión de $i = 3$, es decir, que por cada vuelta del eje minuterero, el eje II dará 3 vueltas. Esta relación habrá que tenerla en cuenta para los datos de la tercera columna.

Así por cada giro de un segundo en esta columna tendremos una relación de transmisión tal que:

$$i = 0,1 * 3 * (60 / 15) = 1,2$$

Esta es la relación de transmisión con la que parte el eje III. La definición del ratio en este mecanismo le conferirá al eje IV, la porción de vuelta que ha de dar la aguja segundero cada $0,1^\circ$ que se desplaza la aguja del minuterero.

Cada valor de esta columna se irá incrementando en una cantidad igual a la relación de transmisión.

Por ejemplo si se desea saber qué valor será el correspondiente a la posición de $1,4^\circ$ del minuterero, aplicamos la fórmula anterior

$$i = 1,4 * 3 * (60 / 15) = 16,8$$

La posición angular de este eje estará a 16,8° del punto de partida, como en este se ha fijado en 72°, la posición de la rueda de escape será de:

$$72^\circ - 16,8^\circ = 55,2^\circ$$

En la **cuarta columna** aparece el mecanismo “eje minuterero >> eje trinquete”. El primer valor es 0, como posición de partida. A partir de entonces habrá que tener en cuenta la relación de transmisión con el eje minuterero. La relación de transmisión para cada segundo en este eje obedece a:

$$i = 0,1 * (32 / 36) >>> i = 0,088888$$

Donde 0,1 es el primer valor en grados de la aguja del minuterero, 32 es el número de dientes de la rueda del eje minuterero, que ejerce de conductora, sobre la rueda del eje trinquete, que ejerce como conductora, con 36 dientes.

Cada valor de esta columna se irá incrementando en una cantidad igual a la relación de transmisión.

Por ejemplo si se desea saber qué valor será el correspondiente a la posición de 1,4° del eje trinquete, aplicamos la fórmula anterior

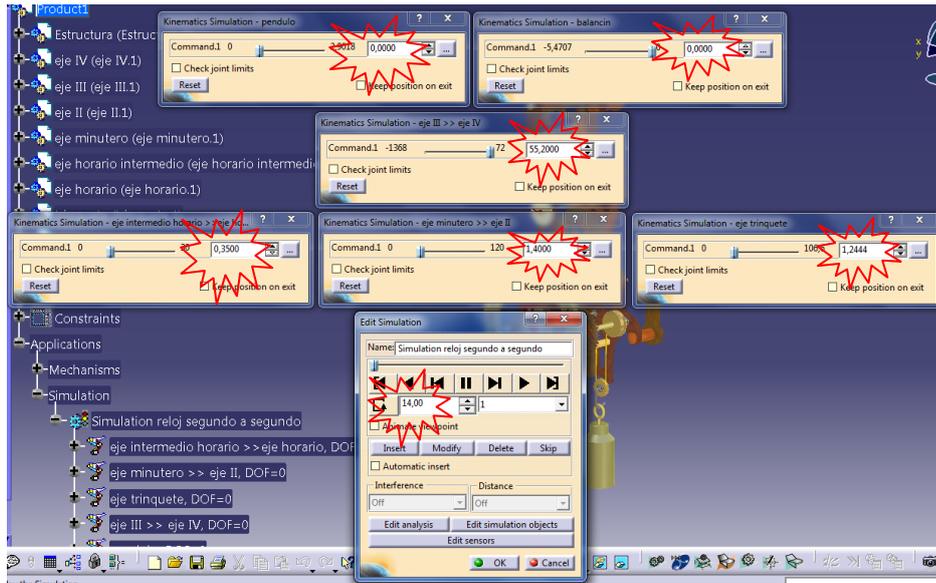
$$i = 1.4 * (32 / 36) >>> i = 1,24444444$$

La posición de esta rueda estará a 1,24444° de la posición de partida.

En la **quinta y sexta columna** aparecen las posiciones del balancín y del péndulo, alternas entre sí

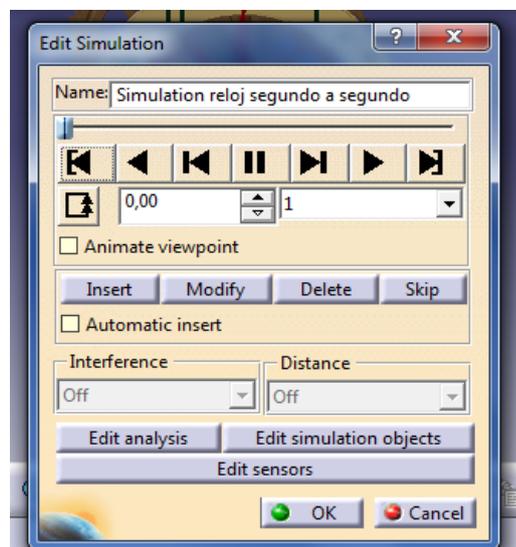
En la **séptima columna** aparece el número de orden que figura en la ventana “Edit Simulation”.

Si deseamos comprobar un punto, solo tenemos que ir en esta ventana a buscarle. Se ha estado poniendo como ejemplo el punto 1,4° para el minuterero, que obedece al punto de control nº 14, lo que nos aparecerá en las ventanas correspondientes es como figura en la imagen siguiente:



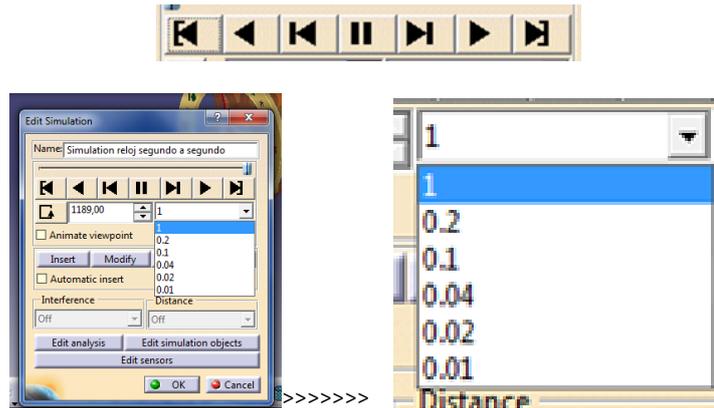
La manera de introducir los puntos generados en la tabla Excel, será la siguiente:

En las ventanas “Kinematics Simulation”, se irán introduciendo los valores correspondientes a una fila de la tabla Excel. Una vez introducidos estos valores, se validarán con la tecla “insert” de la ventana “edit Simulation”. El punto quedará grabado. Podremos sin embargo en cada punto modificarle, borrarle o mantenerle, según la necesidad.



Todos los puntos introducidos, nos generarán nuestra línea de tiempo, que a la hora de simular de manera continua, reproducirán el movimiento del reloj, durante un tiempo de 20 minutos.

Con esta barra, podremos avanzar hacia adelante o hacia atrás, ir al final de la simulación o detenerla



En la ventana de interpolación, podremos hacer que el movimiento sea mas o menos rapido

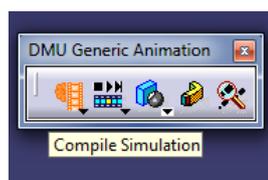
Una vez que hemos introducido todos los puntos intermedios, calculados mediante la hoja Excel y comprobados que la animación transcurre de una manera constante, sin saltos ni retenciones, debido a errores de introduccion de datos, podemos validar la simulación haciendo clic en “OK”

El proceso de simulación estaría terminado.

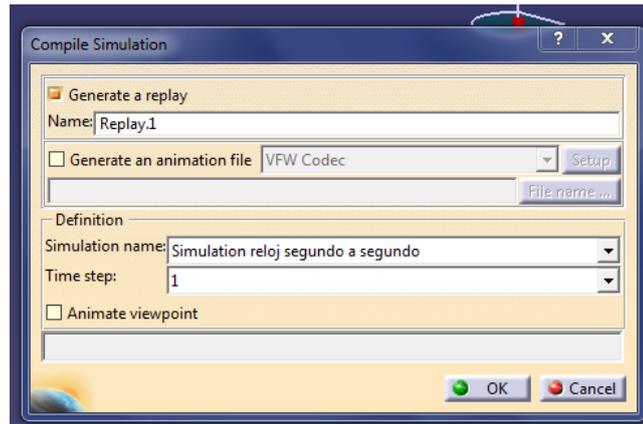
7.4.4. Generación de los vídeos.

Una vez creadas todas las simulaciones y secuencias, se pueden generar los vídeos que guarden en un archivo externo dichas simulaciones.

Se llevará a cabo mediante la herramienta “Compile Simulation” en la barra de herramientas DMU Generic Simulation Commands



Al hacer clic en la orden nos aparece una ventana donde primeramente, seleccionaremos la opción “Generate an animation file”. A continuación podremos dar un nombre a la generación del video.

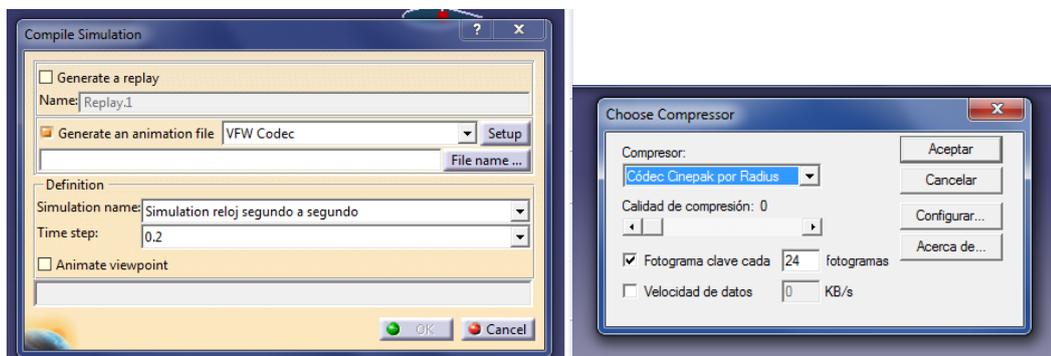


Para especificar el nombre del archivo y su localización se hará click sobre el botón “File name...” Y elegiremos una ubicación.

En el apartado “Definition” se elegirán la simulación a compilar en la casilla “Simulation Name” y la precisión del vídeo en la casilla “Time step”.

Un valor de 0.2 en este último parámetro es suficiente para conseguir un vídeo de buena calidad.

Activaremos la herramienta la herramienta “Generate Video”, y a continuación haremos clic en el botón “setup”. Elegiremos el códec apropiado y seleccionaremos el número de fotogramas por segundo. Para ver el video de manera óptima seleccionaremos 24 fotogramas por segundo. Un numero mayor hara que el video se reproduzca mas rápido y un numero menor, tendríamos la sensación de “cámara lenta”. En el mundo del cine, los fotogrmas empleados son 24 por segundo.



La generación del vídeo puede ser validada mediante OK

Tras ejecutar la herramienta, podremos seleccionar en el árbol de operaciones la secuencia.

Al hacerlo, se mostrará en pantalla la ventana asociada a la generación del vídeo.

CAPITULO 8. Conclusiones.

A lo largo del presente trabajo, hemos recorrido los diferentes módulos de este programa de diseño que es CATIA.

Hemos partido de unos planos obtenidos a través de internet, para continuar con el modelado en CATIA, de todos sus componentes. A continuación les hemos ensamblado por subconjuntos y a su vez hemos ensamblado esos subconjuntos para obtener nuestro reloj.

Lo hemos renderizado, aplicado materiales y obtenido los planos constructivos de cada componente.

Para finalizar con el módulo DMU Kinematics y poder así obtener una animación virtual de nuestro reloj objeto del proyecto.

El trabajo ha sido completo y productivo ya que hemos afianzado conocimientos del programa y hemos profundizado en un módulo hasta ahora nuevo y desconocido, como es el de animación.

En el estudio de este módulo de animación no solo nos hemos centrado en lo concerniente al proyecto en cuestión, sino que se ha extendido por todas sus posibilidades, si bien no eran de aplicación, pero dado su interés era obvio investigar con vistas a futuras experiencias.

Gracias a este módulo, se ha `podido dotar de animación a este trabajo, simulando una realidad en la pantalla de nuestro ordenador, nuestro diseño "ha tomado vida".

Esta "vida" en CATIA se puede obtener de dos maneras básicas, de las cuales una de ellas es la que se ha aplicado en este trabajo. Se trata de la simulación usando "comandos". La otra manera es mediante la aplicación de leyes.

Partiendo de cero y con poca documentación disponible el resultado ha sido notable, consiguiendo un movimiento, realista.

Con este proyecto "Modelado y animación cinemática con CATIA de un reloj de péndulo" empleando el módulo de animación "*DMU Kinematic*", se han sobre pasado con creces las primeras expectativas de interés.

Se ha obtenido una visión clara de la potencialidad del módulo, con vistas a futuros proyectos.

CAPITULO 9. Futuras líneas de investigación

Como ya se apuntaba en el capítulo anterior, son dos las formas básicas que emplea CATIA, para dar animación a los mecanismos que lo requieren

Una es a base de comandos o lo que es lo mismo usar una línea de tiempo, en la que se van definiendo posiciones relativas del mecanismo que se desea animar.

La otra es usando, siempre que sea posible, alguna ley que relacione los movimientos. Esta opción es más precisa que la anterior.

Nuestro proyecto era susceptible de poder usar ambas, y se ha optado por emplear la primera de ellas, simulación por comandos.

Tras este estudio aplicado a este proyecto, este bien podría tener su continuidad aplicando el otro método de animación, es decir a través de leyes, que en este caso es más que propicia su aplicación, desde dos puntos de vista:

- Las leyes que rigen el movimiento del péndulo.
- Las leyes que rigen las relaciones de transmisión del tren de engranajes.

Otra línea de mejora en versiones sucesivas será lo concerniente a la transmisión de engranajes.

En nuestro caso se ha realizado esta transmisión con el dentado recto Este tipo de dentado es más fácil a la hora de su construcción física y por ende también más fácil a la hora de ser modelada y parametrizada.

Sin embargo también podría ampliarse con el modelado del dentado helicoidal. Este tipo de dentado ofrece un mejor funcionamiento, más silencioso y preciso.

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 3

Contenido web

- Historia de la medida del tiempo:

<http://www.decorarconarte.com/Relojes/Historia-de-la-medida-del-tiempo>

- Historia de la gnomónica:

http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_gnom%C3%B3nica

- Relojes de sol.

<http://www.wikisaber.es/comunidadwiki/blogs/blogpost.aspx?id=7632&blogid=6652>

CAPITULO 4

Contenido web

- Historia y evolución del reloj

<http://html.rincondelvago.com/historia-y-evolucion-del-reloj.html>

- Curvas “Tautócronas”

<http://es.wikipedia.org/wiki/Taut%C3%B3crona>

- La Cicloide

<https://es.wikipedia.org/wiki/Cicloide>

- El péndulo simple

http://es.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9ndulo_simple

- Partes de un reloj de péndulo

http://www.ehowenespanol.com/partes-reloj-pendulo-sobre_90875/

CAPITULO 5

Contenido web

- Brian Law's woodenclocks Clock 15 with Grasshopper escapement

<https://www.youtube.com/watch?v=1IOQKdNOUDM>

- Imágenes constructivas del reloj

<http://www.woodenclocks.co.uk/Clock%2015-Art%20Nouveau-Grasshopper-Instructions.pdf>

- Clock 15 Art Nouveau with Grasshopper Escapement

<http://www.woodenclocks.co.uk/page54.html>

- Curvas técnicas

<http://elastrolabiodeazarquiel.blogspot.com.es/>

CAPITULO 7

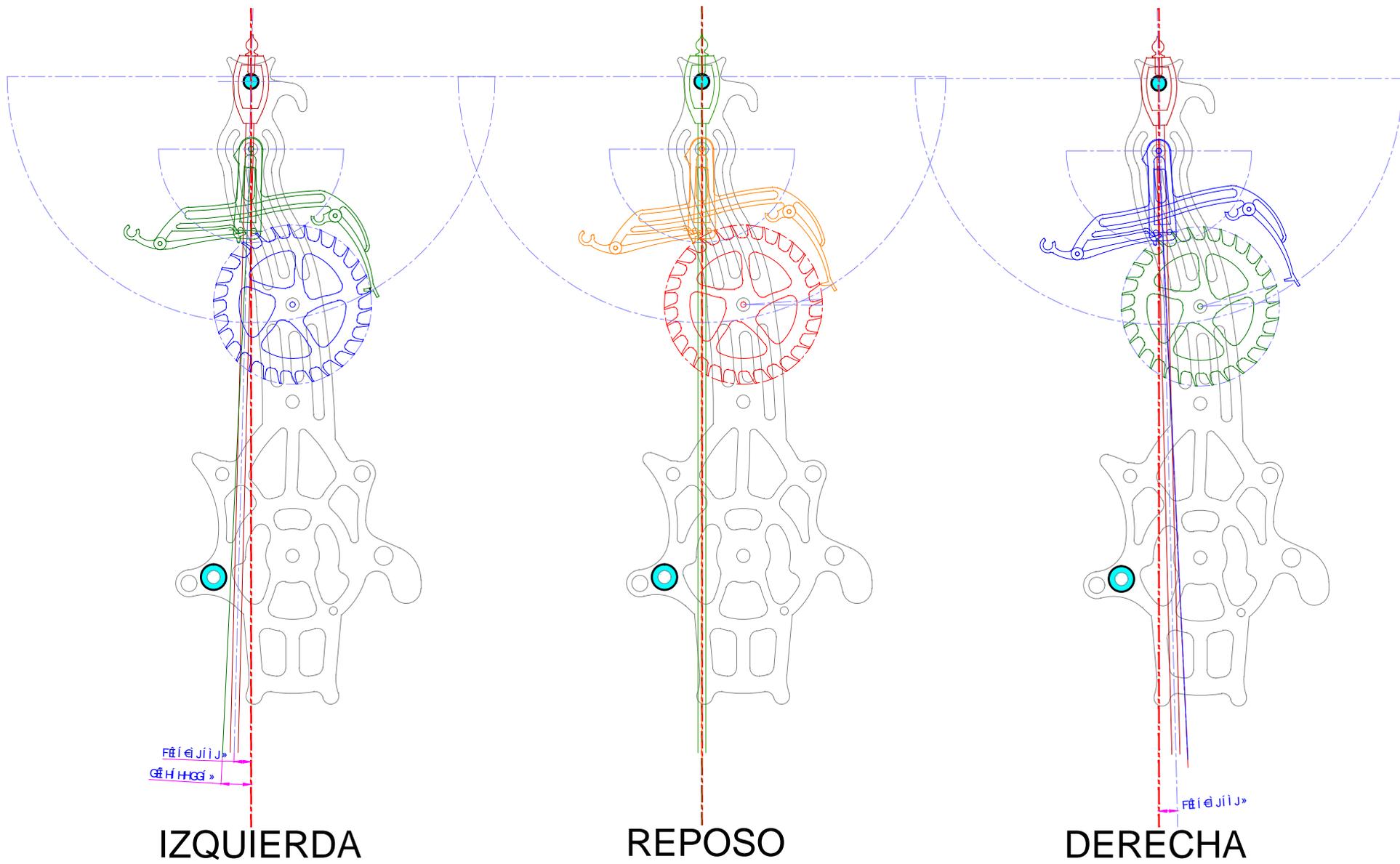
- GONZALEZ FREIXER, Xavier: Módulo de cinemática DMU de CATIA v5 Editorial MARCOMBO.
- GONZÁLEZ CABANES, Francisco Javier: Recreación virtual en CATIA V5 del primer reloj de péndulo de Christian Huygens. Universidad de Sevilla, 2005.
- L. NORTON, Robert: Diseño de maquinaria, síntesis de análisis de máquinas y mecanismos. Editorial McGraw Hill, 3ª Edición
- TORRECILLA INSAGURBE, Eduardo: El Gran Libro de CATIA. Editorial MARCOMBO

Contenido web

- La evolvente del círculo:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Evolvente>
- Aplicación del conocimiento de Catia v5 al diseño de engranajes de ejes paralelos:
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4483/>

ANEXOS

Anexo I.....Posiciones de los ejes



Anexo IIPlanos constructivos

TF 07 15 00 00 Conjunto RELOJ

H G F E D C B A

4

3

2

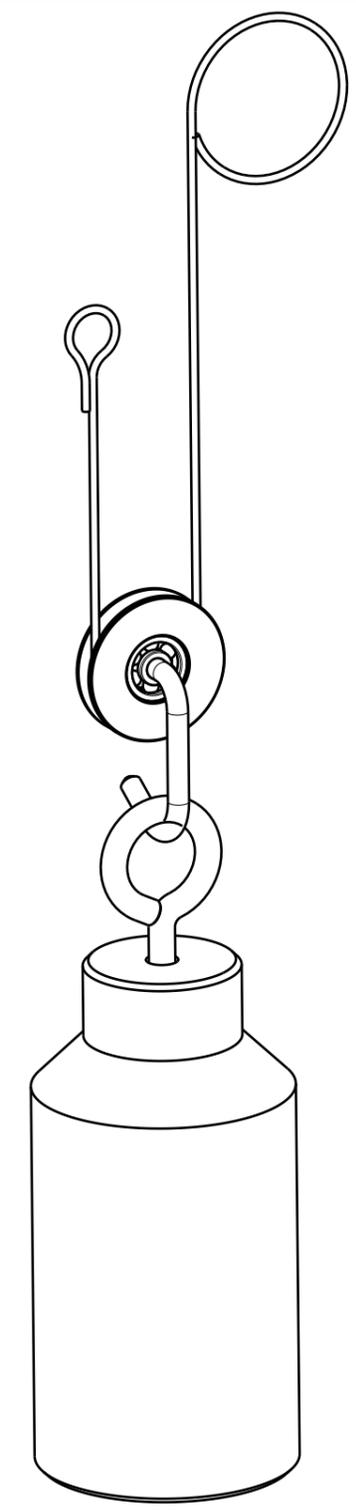
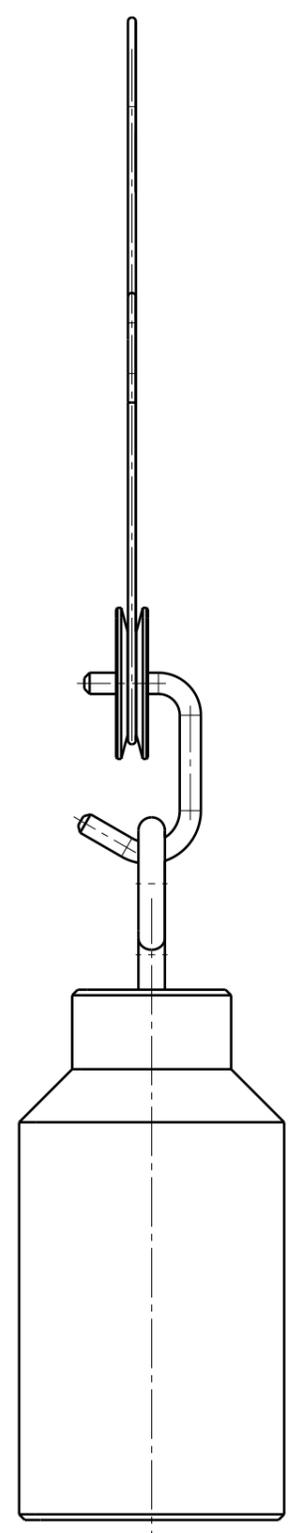
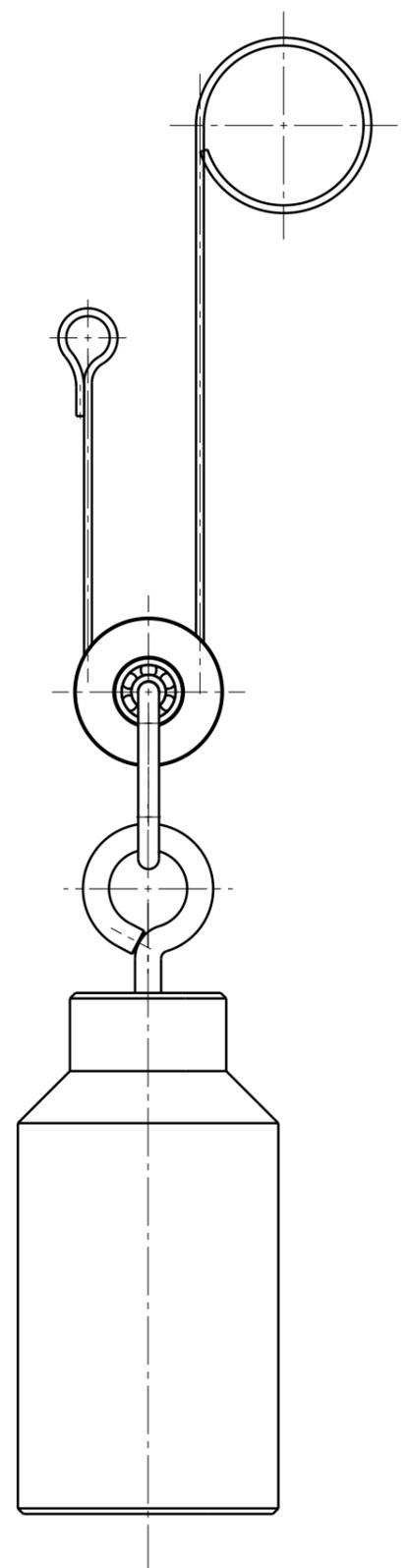
1

4

3

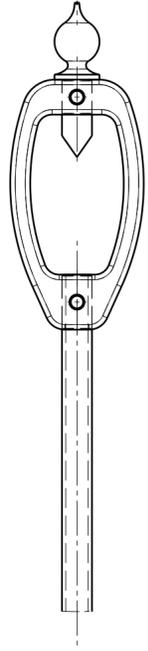
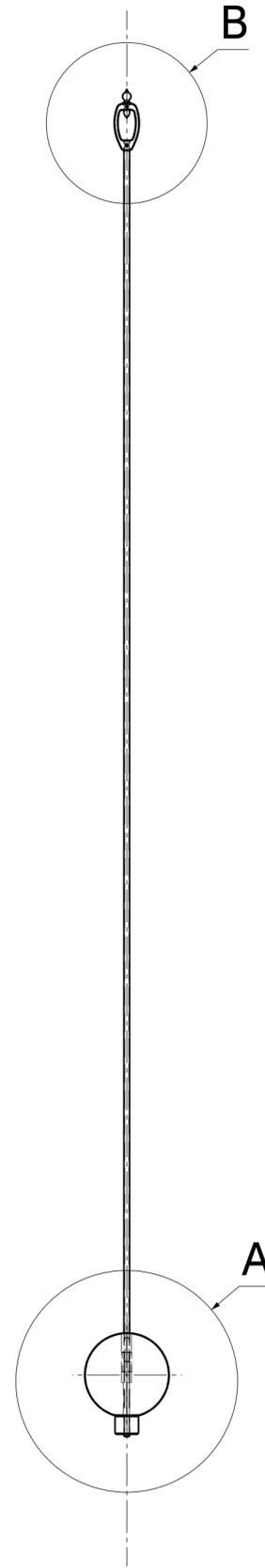
2

1

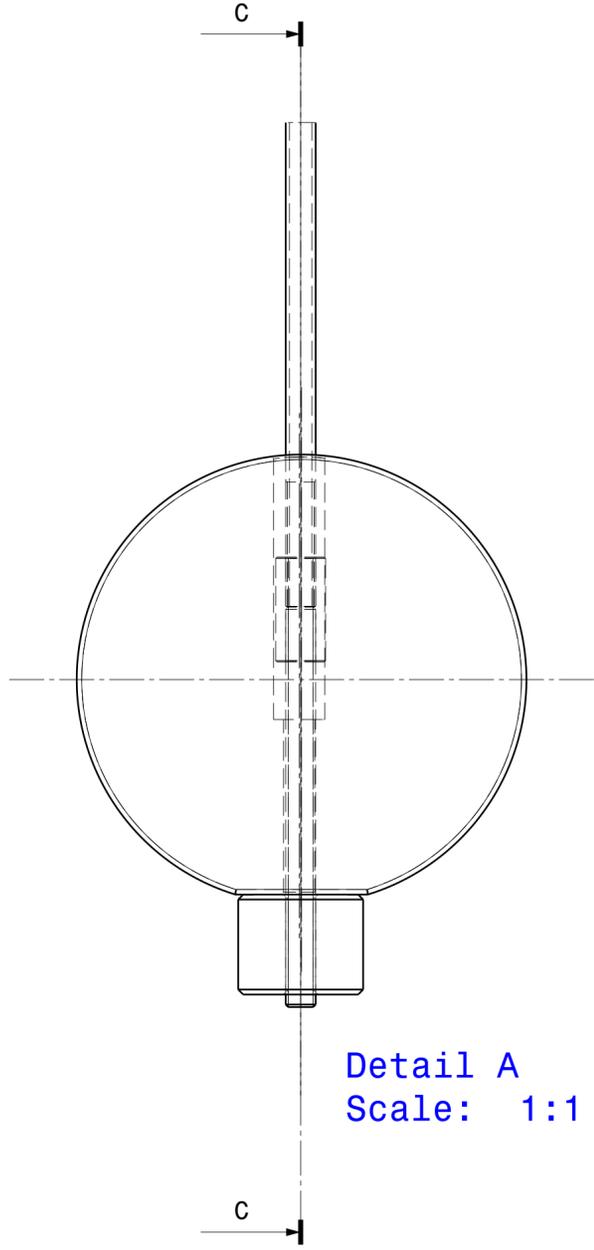


DESIGNED BY: JLuis		E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO		I	-
DATE: 16/02/2015				H	-
CHECKED BY: XXX		TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		G	-
DATE: XXX				F	-
SIZE A3		CONJUNTO CONTRAPESO		E	-
SCALE 3:4	WEIGHT (kg)			D	-
DRAWING NUMBER TF 07 15 11 00		SHEET 12/12		C	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.				B	-
				A	-

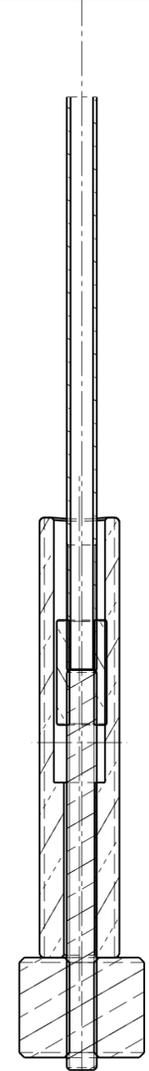
H G F E D C B A



Detail B
Scale: 1:1

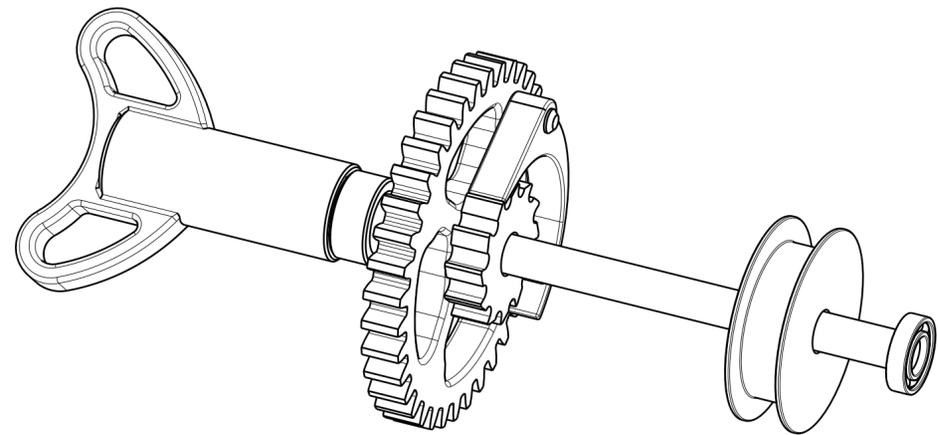
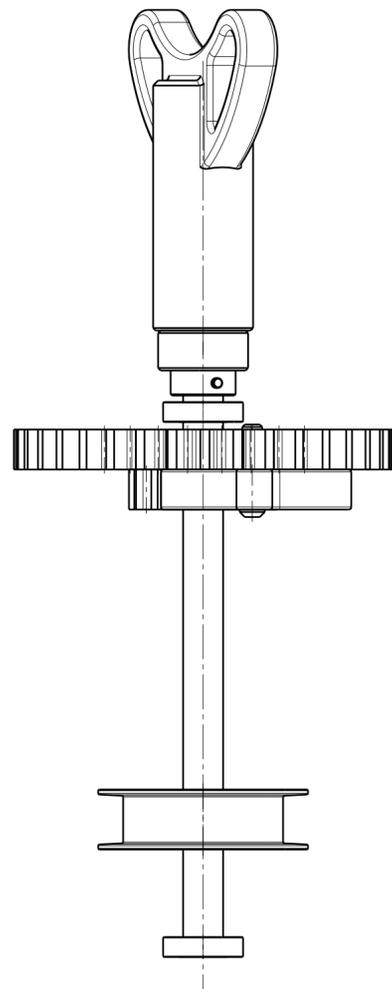
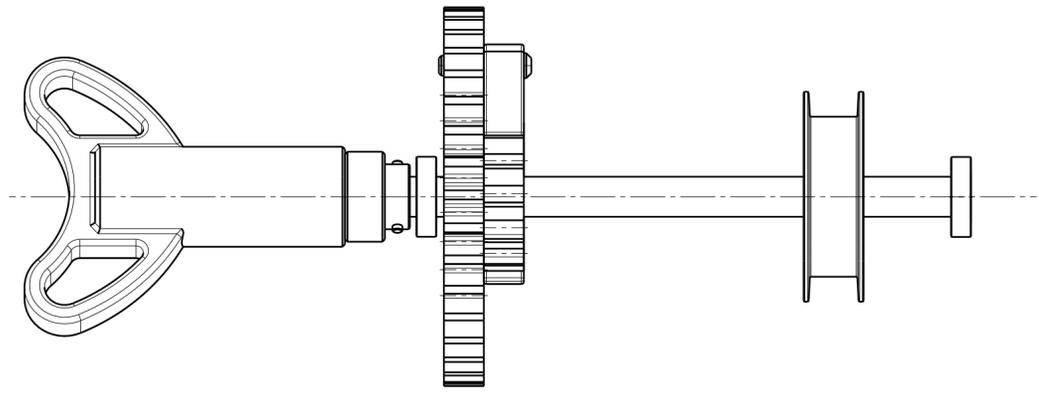
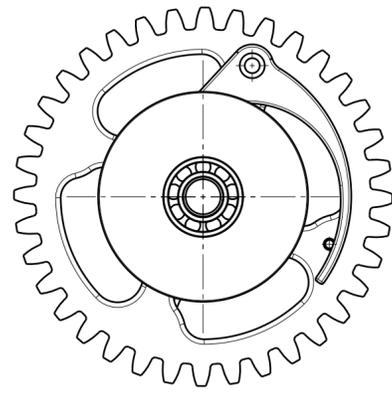


Detail A
Scale: 1:1



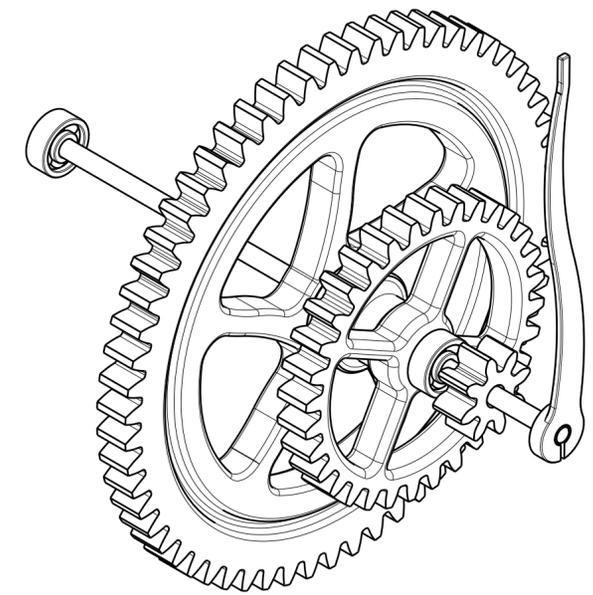
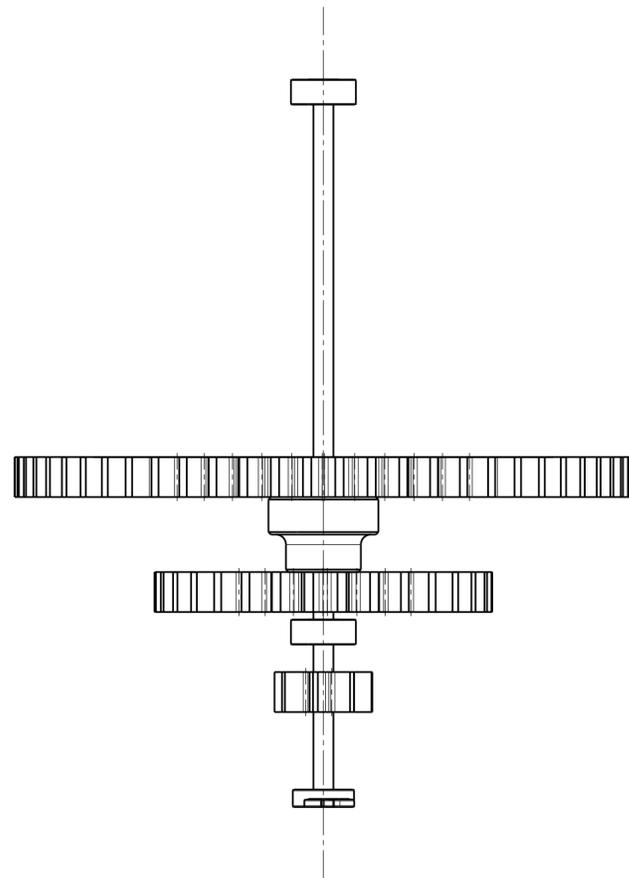
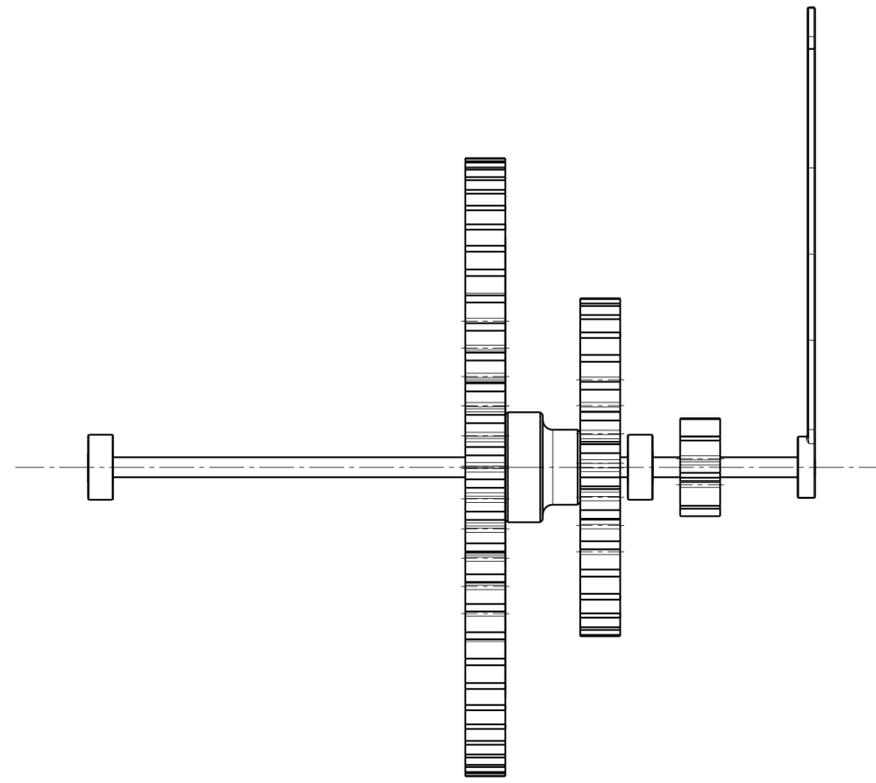
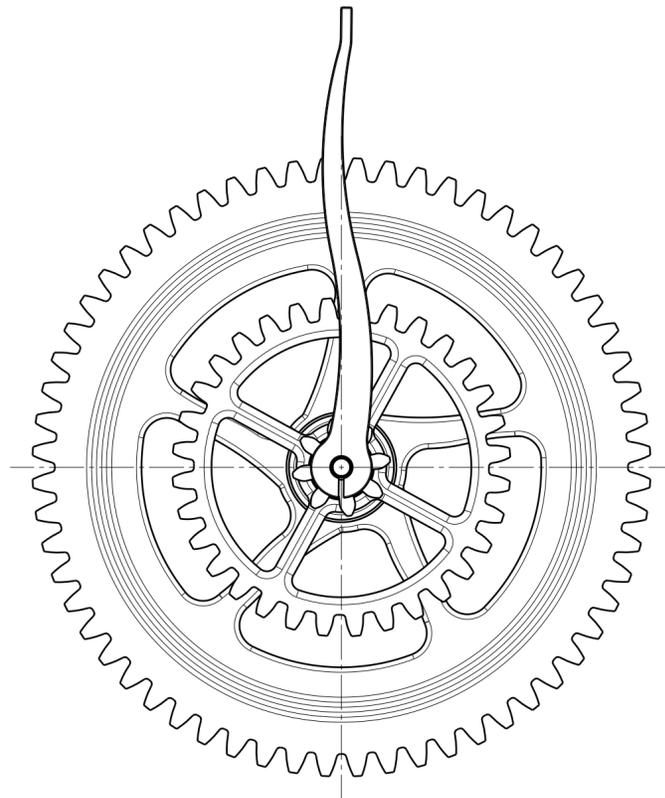
Section view C-C
Scale: 1:1

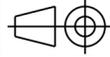
DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I.		I	-
DATE: 16/02/2015	DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO		G	-
DATE: XXX	ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		F	-
SIZE: A2		CONJUNTO RELOJ DE PENDULO	E	-
SCALE: 1:5	WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER TF 07 15 10 00	D	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		SHEET 11/12	C	-
			B	-
			A	-



DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I.		I	-
DATE: 16/02/2015	DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO		G	-
DATE: XXX	ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		F	-
SIZE A2		CONJUNTO EJE TRINQUETE	E	-
SCALE 1:1	WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER TF 07 15 09 00	D	-
		SHEET 10/12	C	-
			B	-
			A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.



DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO		I	-
DATE: 16/02/2015			H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		G	-
DATE: XXX			F	-
SIZE: A2		CONJUNTO EJE MINUTERO	E	-
SCALE: 1:1			D	-
WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER: TF 07 15 08 00	SHEET: 9/12	C	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			B	-
			A	-

D

C

B

A

4

4

3

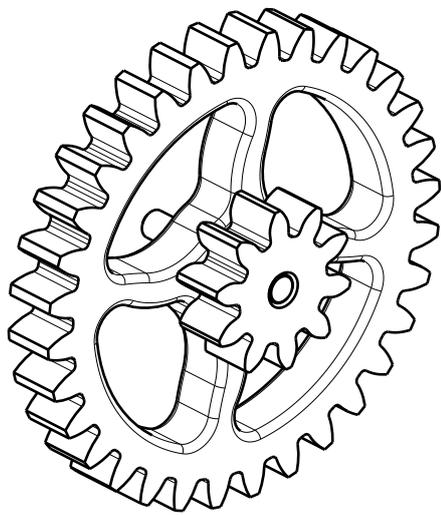
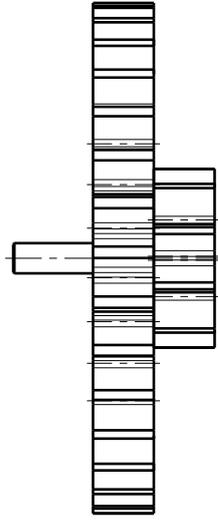
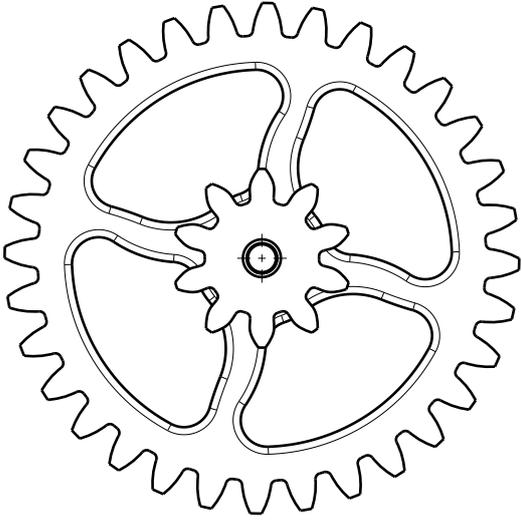
3

2

2

1

1



DESIGNED BY:
JLuis

DATE:
16/02/2015

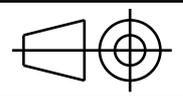
CHECKED BY:
XXX

DATE:
XXX

E.E.I.I.
DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO
TRABAJO FIN DE GRADO
ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

SIZE
A4



CONJUNTO EJE INTER. HORARIO

SCALE
1:1

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER
TF 07 15 07 00

SHEET
8/12

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A

D

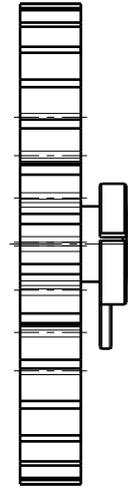
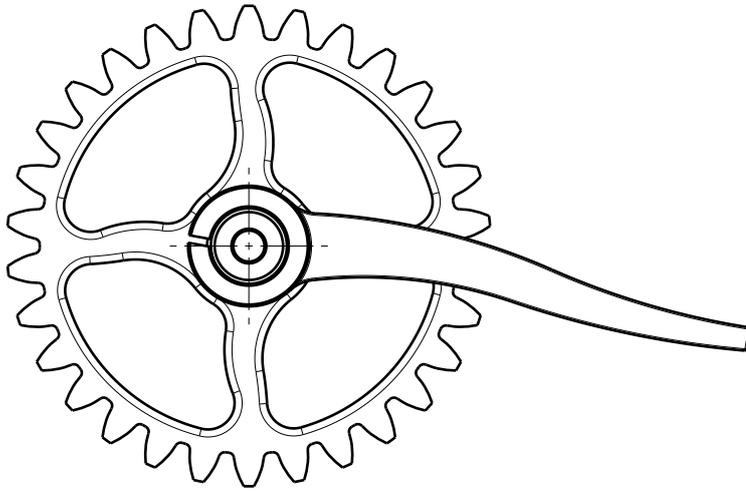
C

B

A

4

4

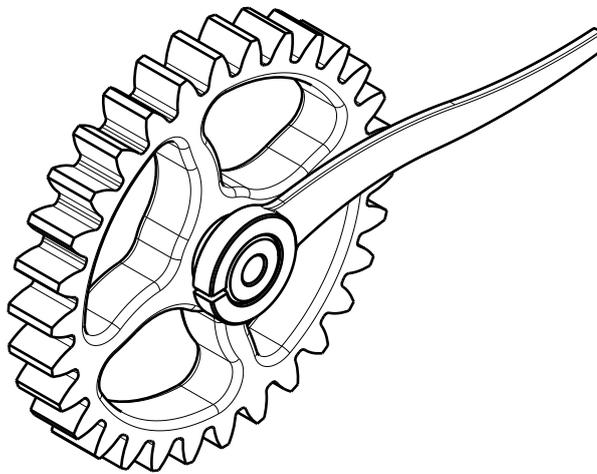


3

3

2

2



1

1

DESIGNED BY: JLuis	<p style="text-align: center;">E.E.I.I.</p> <p style="text-align: center;">DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO</p> <p style="text-align: center;">TRABAJO FIN DE GRADO</p> <p style="text-align: center;">ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO</p>
DATE: 16/02/2015	
CHECKED BY: XXX	<p style="text-align: center;">CONJUNTO EJE HORARIO</p>
DATE: XXX	
SIZE A4	

<p style="text-align: center;">TF 07 15 06 00</p>		I	-
		H	-
<p style="text-align: center;">7/12</p>		G	-
		F	-
<p style="text-align: center;">1:1</p>		E	-
		D	-
<p style="text-align: center;">1:1</p>		C	-
		B	-
<p style="text-align: center;">1:1</p>		A	-

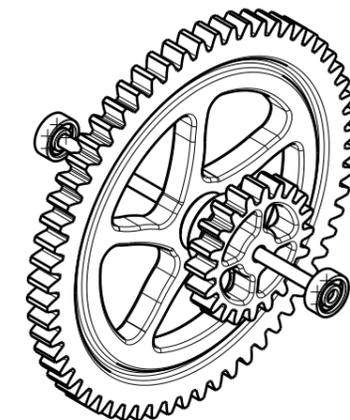
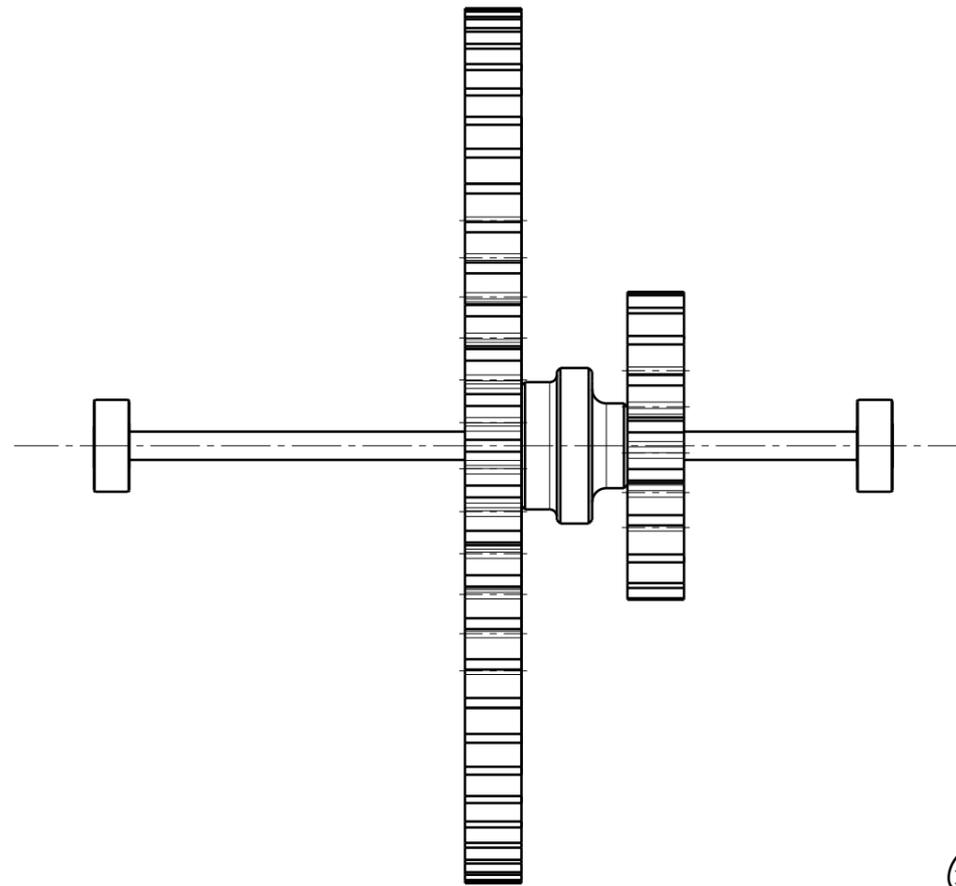
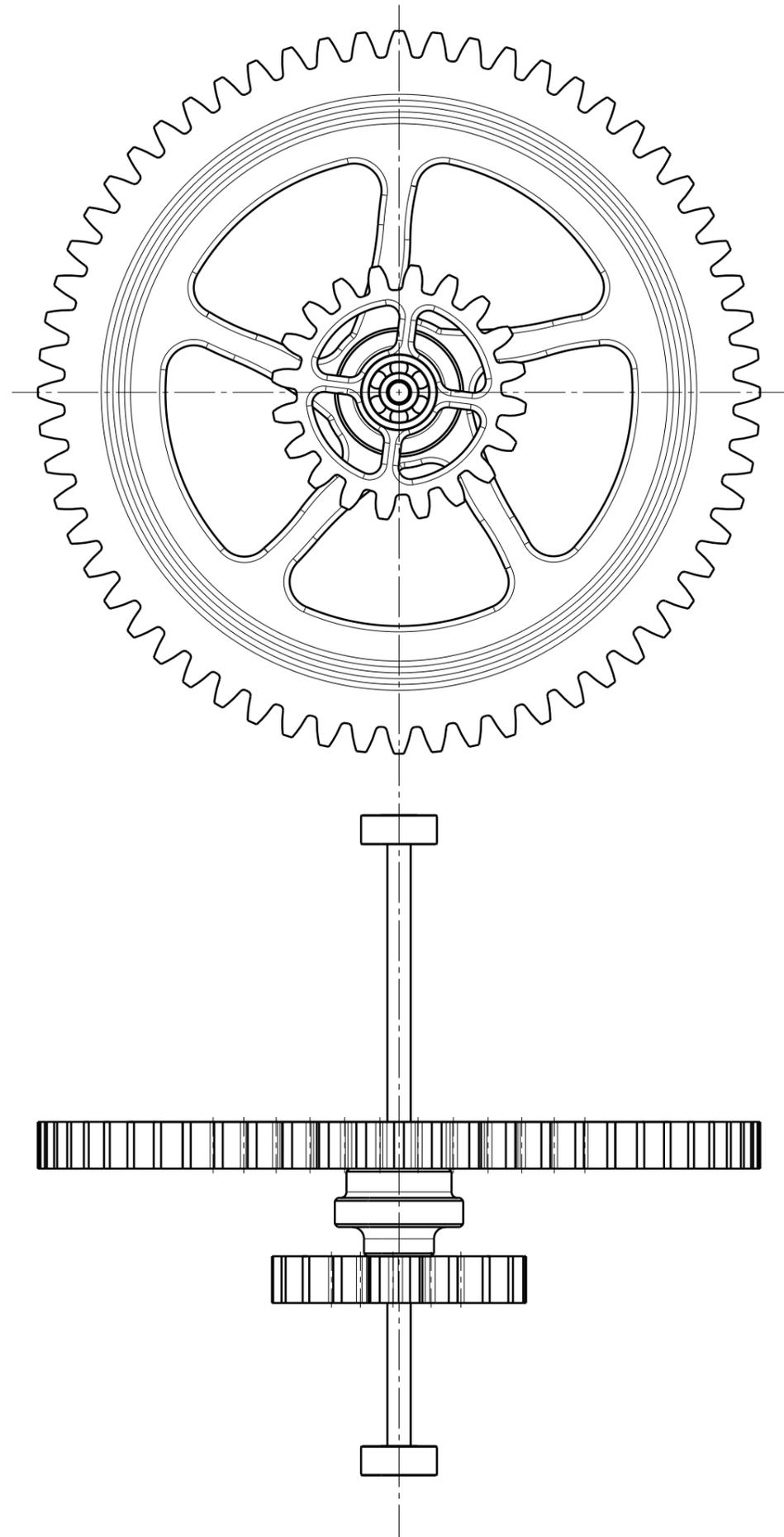
SCALE 1:1	WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER	SHEET
---------------------	-------------	----------------	-------

<p style="text-align: center;">TF 07 15 06 00</p>		<p style="text-align: center;">7/12</p>	
		<p style="text-align: center;">1:1</p>	

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A



DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		I	-
DATE: 16/02/2015			H	-
CHECKED BY: XXX	CONJUNTO EJE "II"		G	-
DATE: XXX			F	-
SIZE A3		DRAWING NUMBER TF 07 15 05 00	E	-
SCALE 1:1	WEIGHT (kg)		D	-
		SHEET 6/12	C	-
			B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			A	-

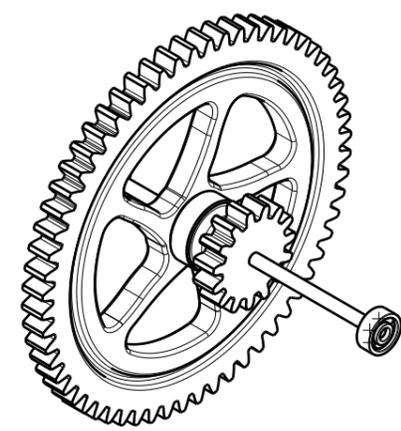
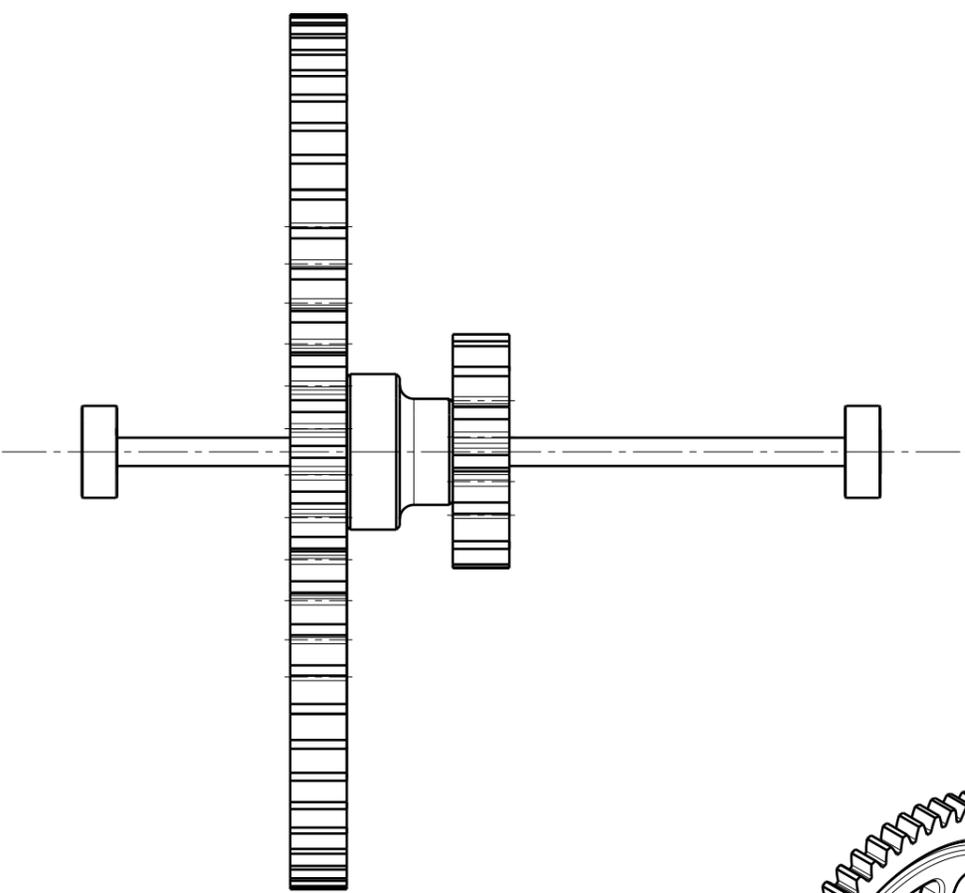
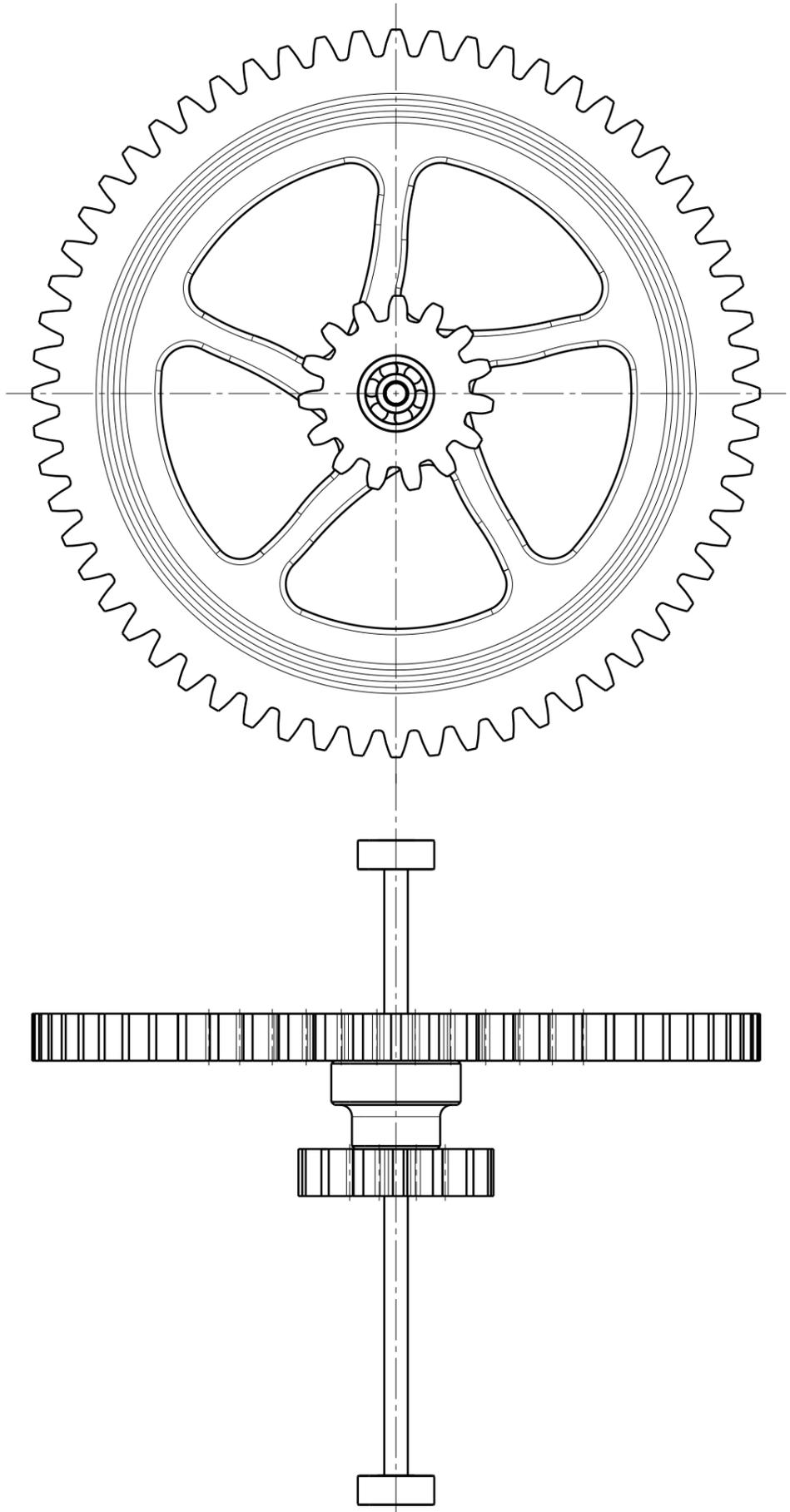
H G F E D C B A

4

3

2

1



4

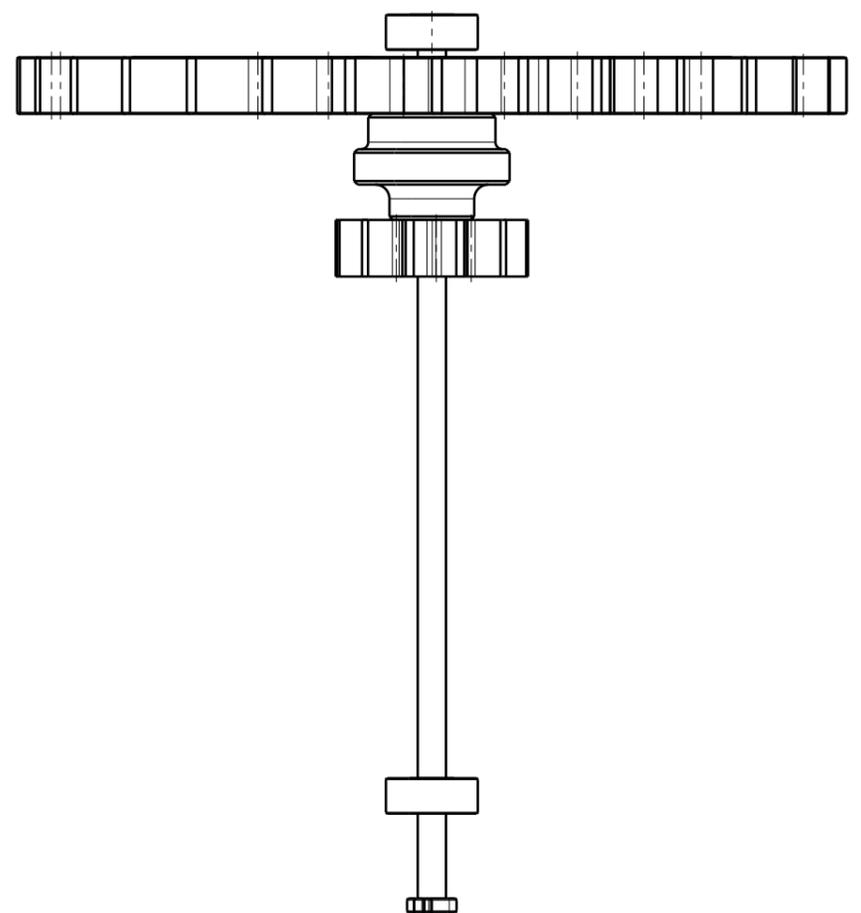
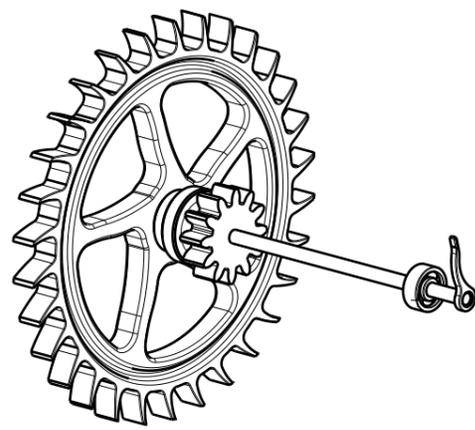
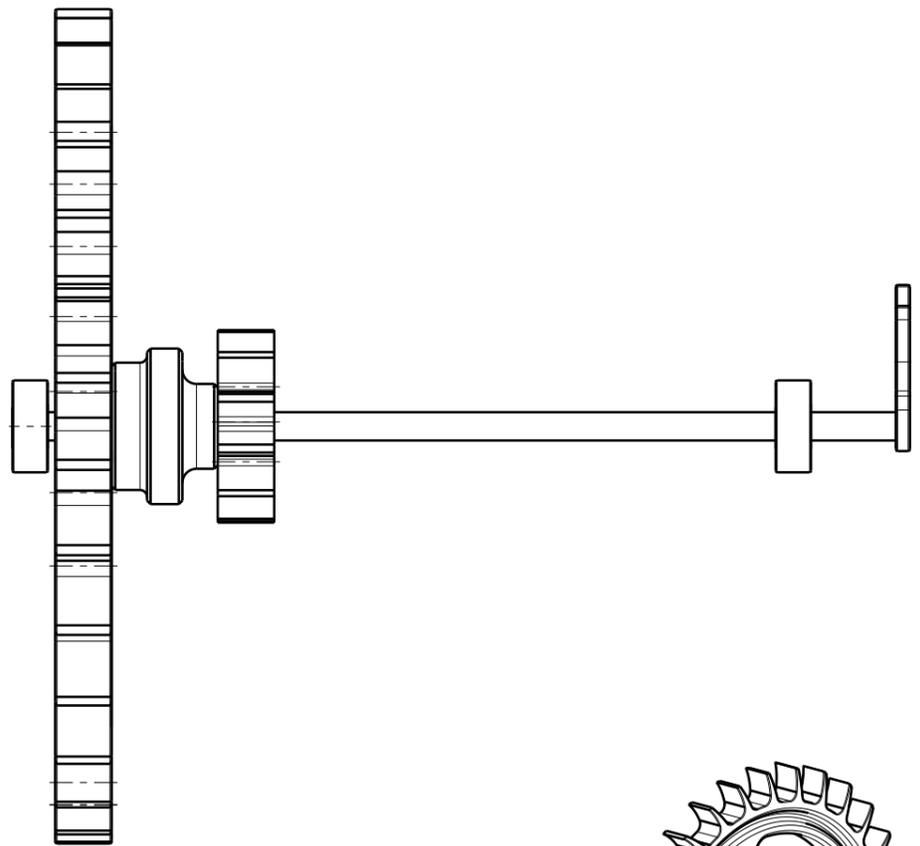
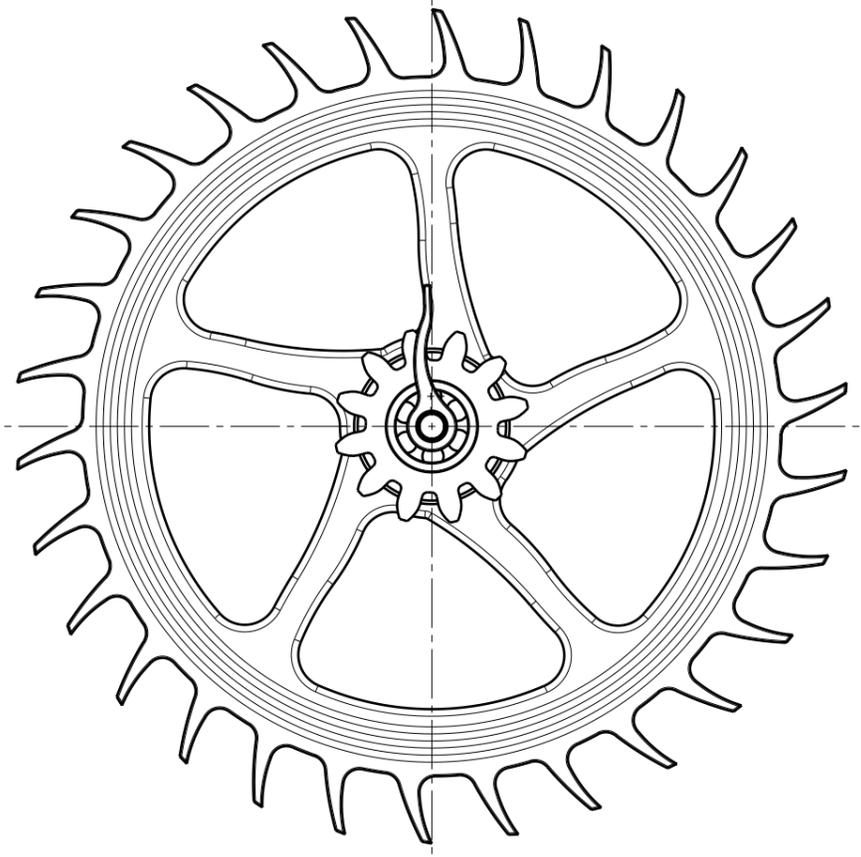
3

2

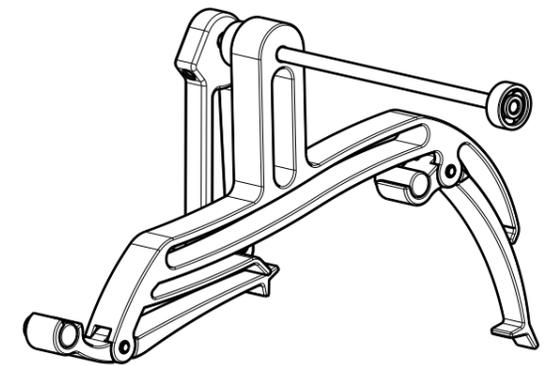
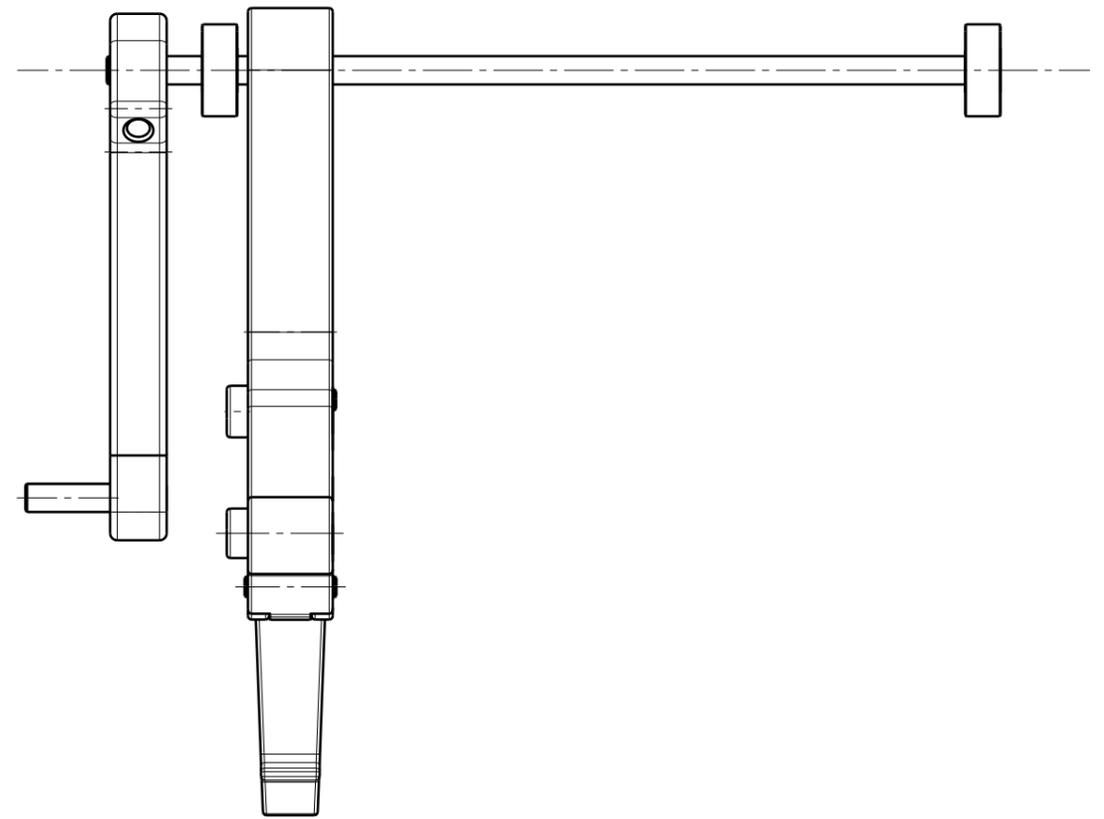
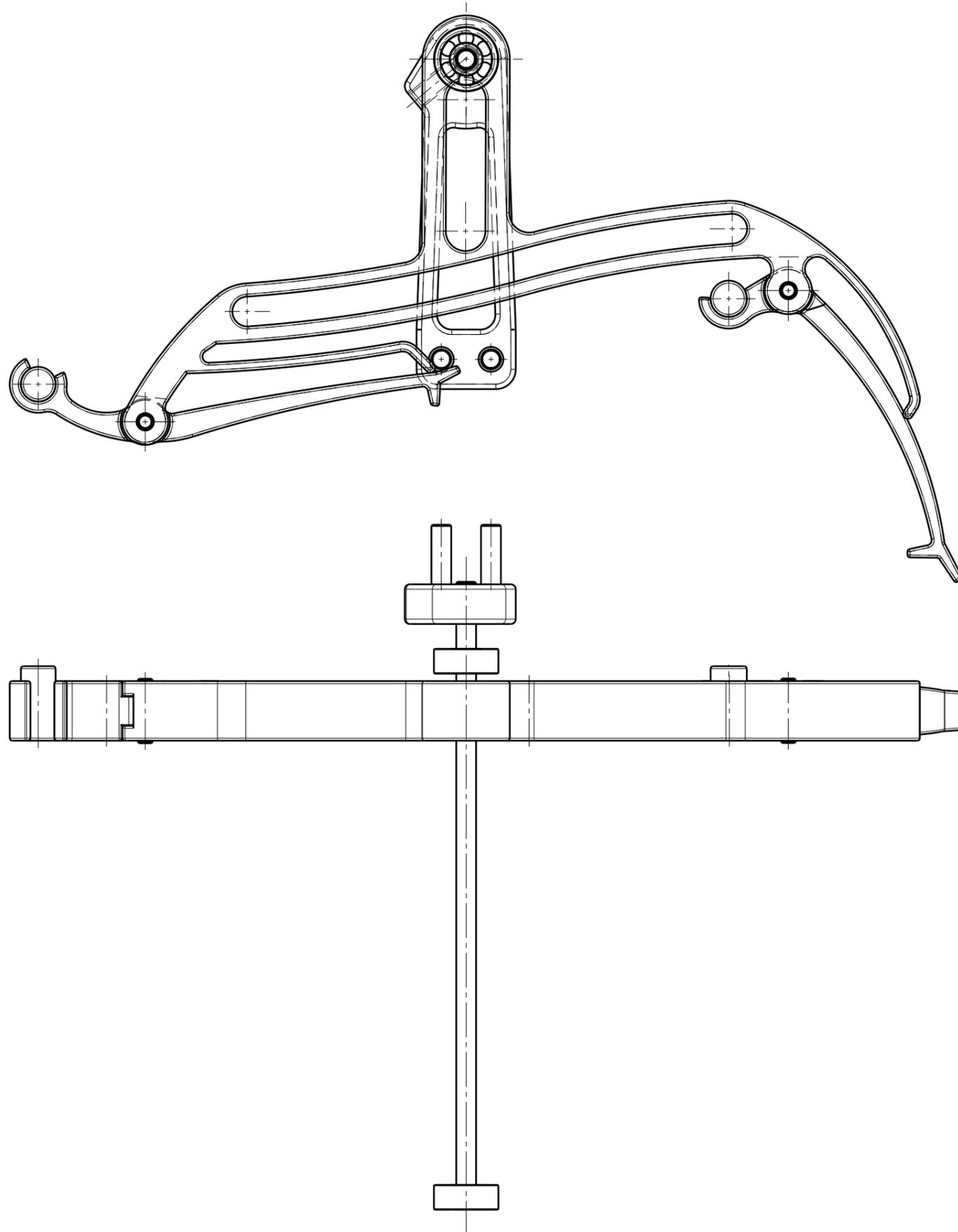
1

H G F E D C B A

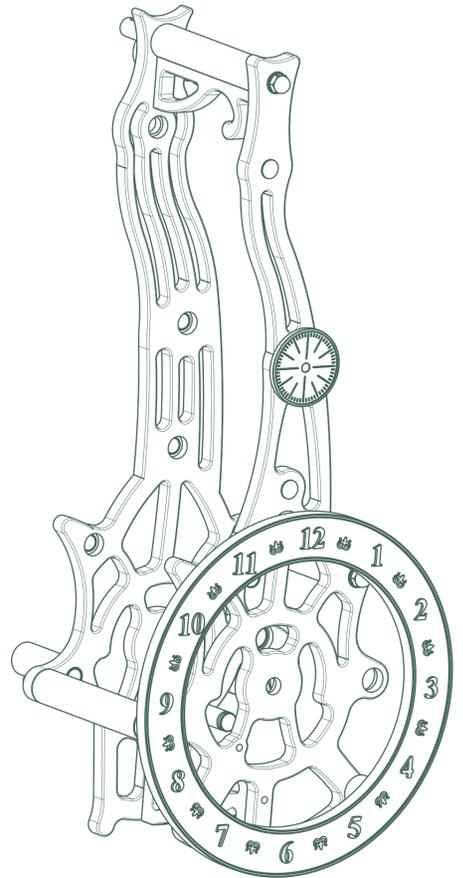
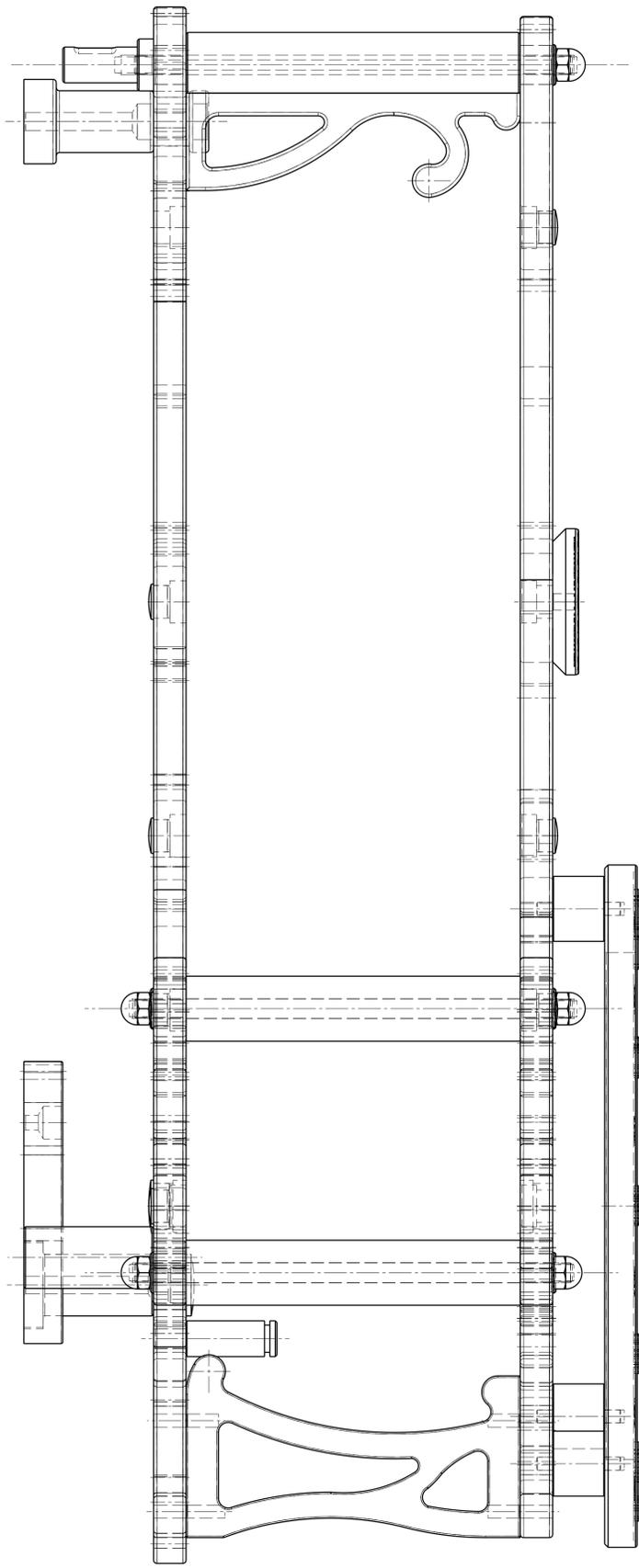
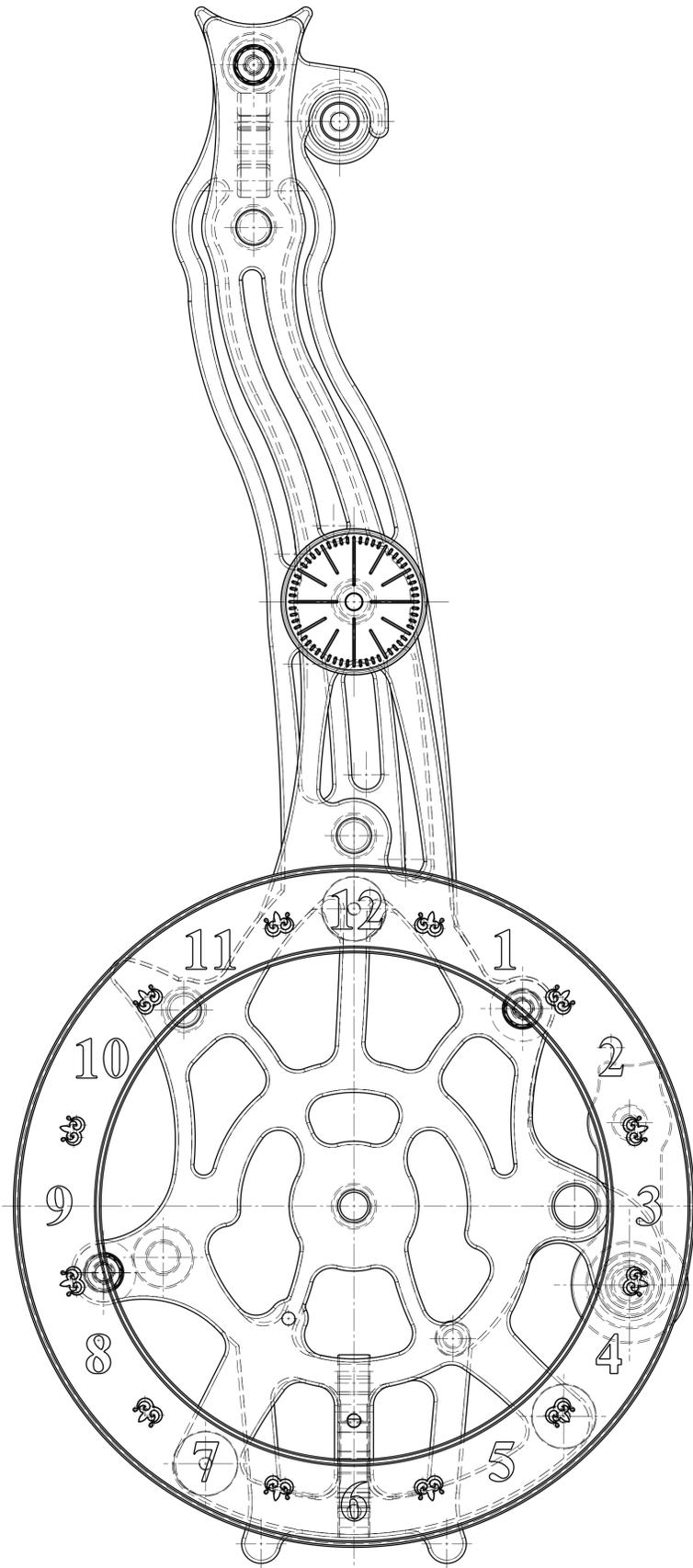
DESIGNED BY: JLuis	<p style="text-align: center;">E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO</p>		I	-
DATE: 16/02/2015			H	-
CHECKED BY: XXX	<p style="text-align: center;">CONJUNTO EJE "III"</p>		G	-
DATE: XXX			F	-
SIZE A3		<p style="text-align: center;">TF 07 15 04 00</p>	E	-
SCALE 1:1	WEIGHT (kg)		D	-
DRAWING NUMBER		<p style="text-align: center;">5/12</p>	C	-
SHEET			B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			A	-



DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		I	-
DATE: 16/02/2015			H	-
CHECKED BY: XXX	CONJUNTO EJE "IV"		G	-
DATE: XXX			F	-
SIZE A3		DRAWING NUMBER TF 07 15 03 00	E	-
SCALE 1:1	WEIGHT (kg)		D	-
		SHEET 4/12	C	-
			B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			A	-

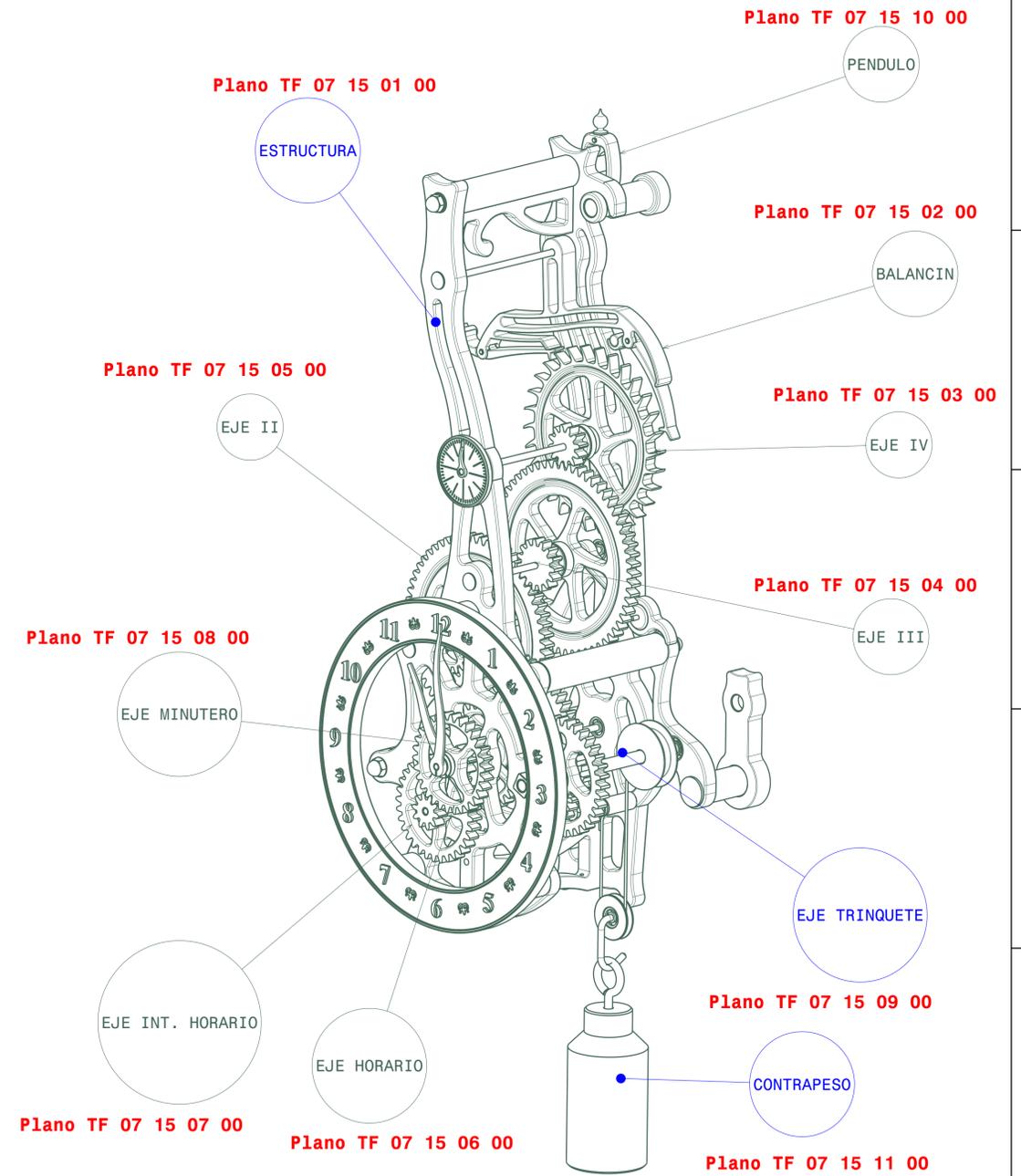
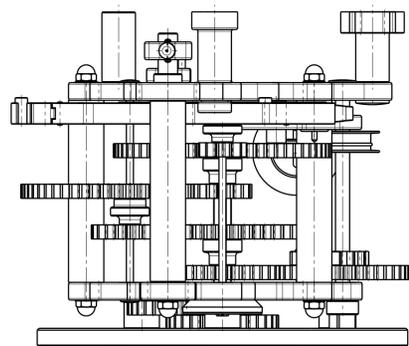
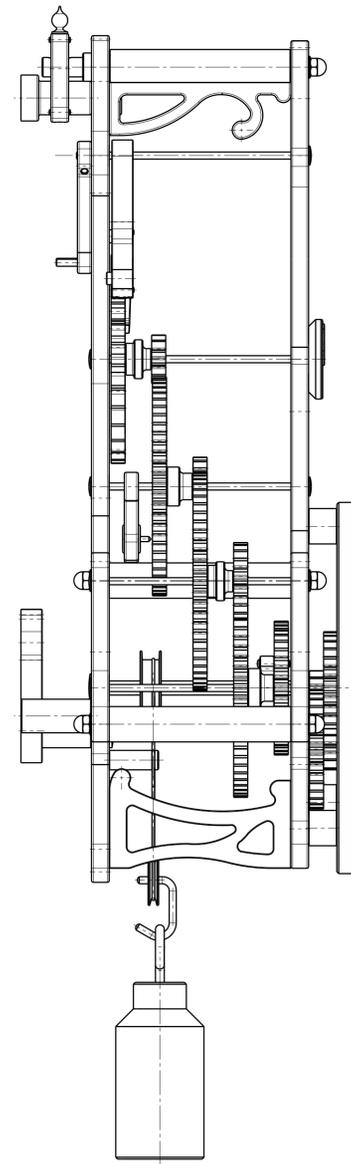
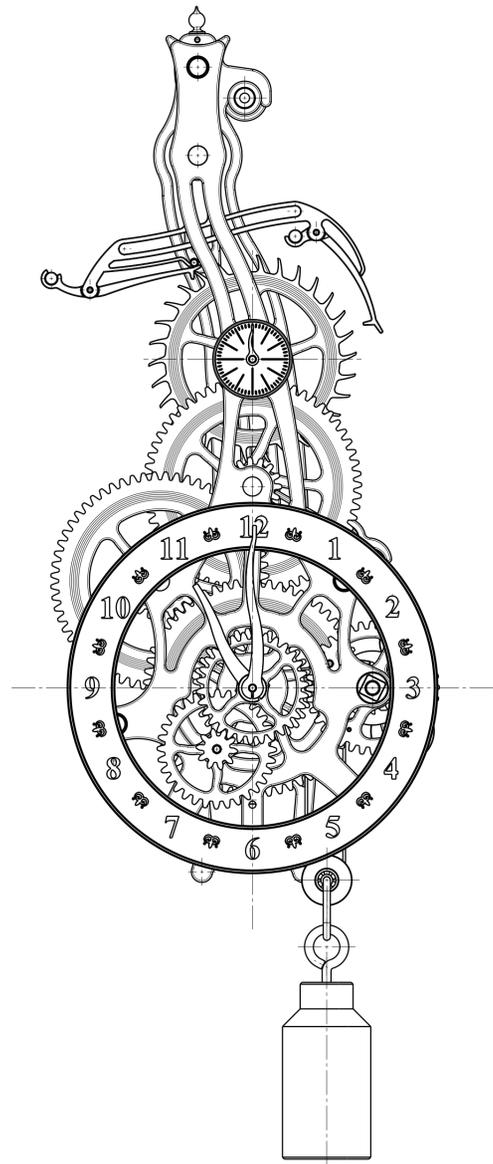


DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		I	-
DATE: 16/02/2015			H	-
CHECKED BY: XXX	CONJUNTO BALANCIN		G	-
DATE: XXX			F	-
SIZE A3		DRAWING NUMBER TF 07 15 02 00	E	-
SCALE 1:1	WEIGHT (kg)		D	-
		SHEET 3/12	C	-
			B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			A	-



DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I.		I	-
DATE: 16/02/2015	DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO		G	-
DATE: XXX	ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		F	-
SIZE A1	CONJUNTO ESTRUCTURA		E	-
SCALE 1:1	WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER TF 07 15 01 00	D	-
			C	-
			B	-
			A	-

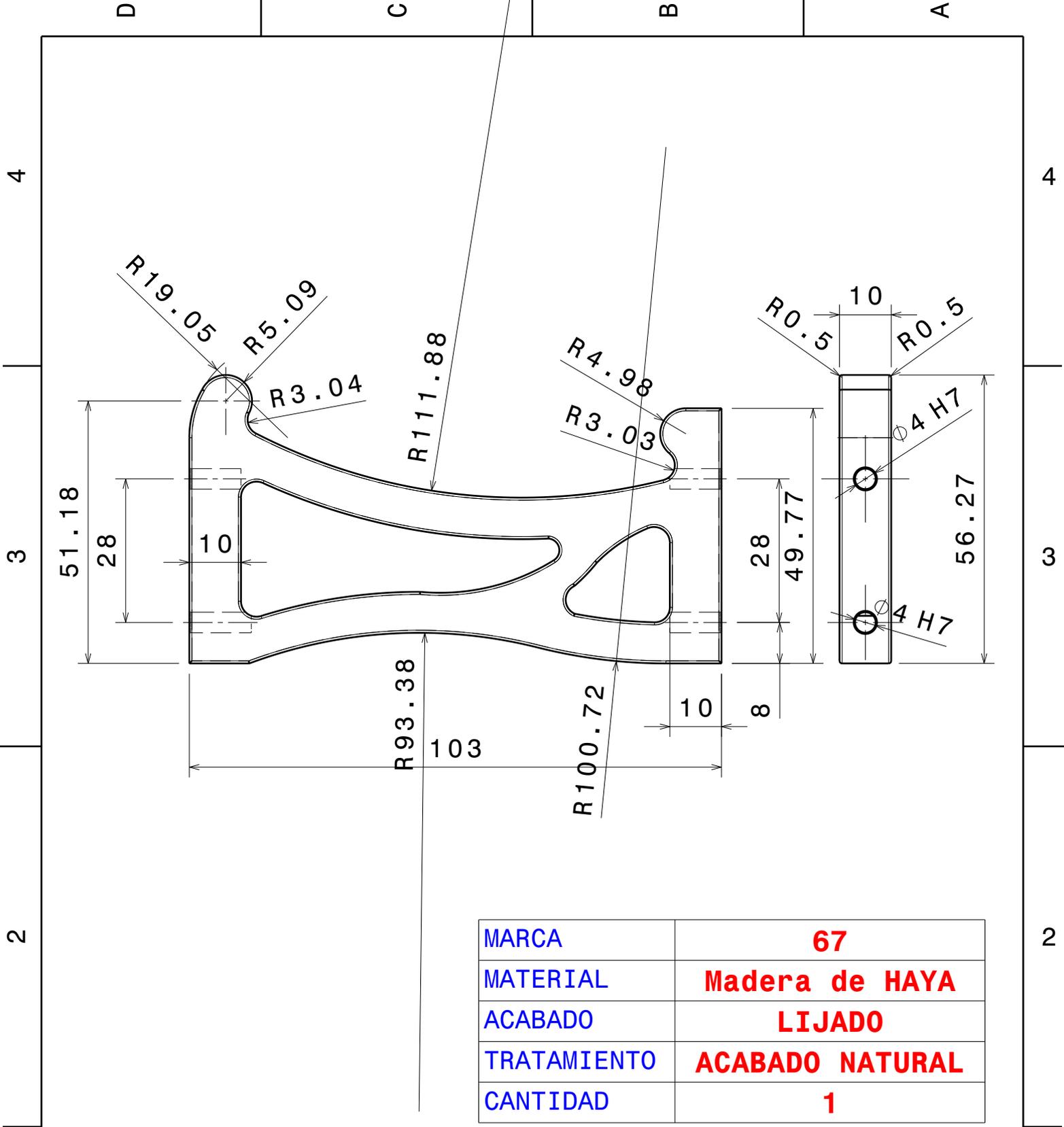
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.



DESIGNADO BY:	JLuis	E.E.I.I.	I	-
DATE:	16/02/2015	DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	H	-
CHECKED BY:	XXX	TRABAJO FIN DE GRADO	F	-
DATE:	XXX	ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	G	-
SIZE:	A1	CONJUNTO RELOJ DE PENDULO	E	-
SCALE:	1:2	TF 07 15 00 00	D	-
WEIGHT (kg):			C	-
DRAWING NUMBER:			B	-
SHEET:			A	-
				1/12

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

TF 07 15 00 01 Conjunto ESTRUCTURA



MARCA	67
MATERIAL	Madera de HAYA
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ACABADO NATURAL
CANTIDAD	1

DESIGNED BY: JLuis
DATE: 13/02/2015
CHECKED BY: John Smith
DATE: 14/02/2015
SIZE A4
SCALE 1:1

E.E.I.I.	
DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	
TRABAJO FIN DE GRADO	
ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	
DISTANCIADOR INFERIOR	
DRAWING NUMBER TF 07 15 01 67	SHEET 22/22

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

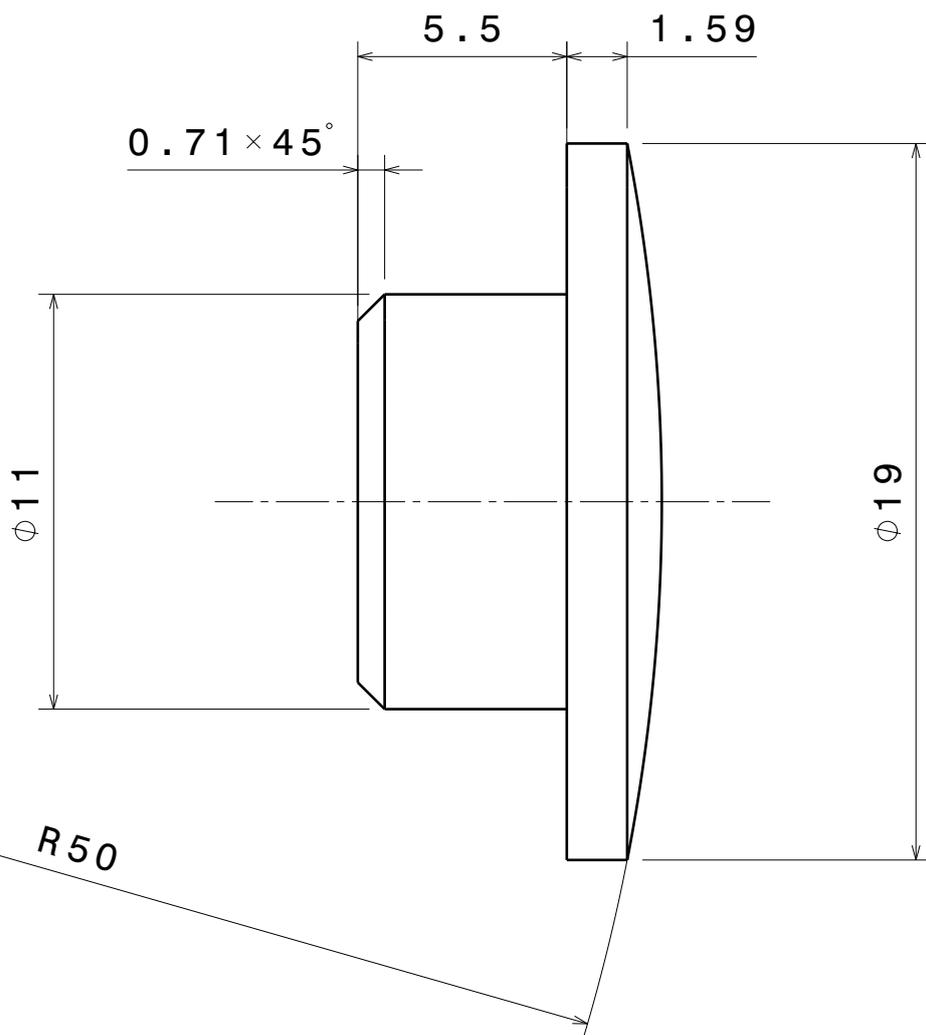
Grid labels: D, C, B, A (horizontal); 4, 3, 2, 1 (vertical)

D

C

B

A



MARCA	64
MATERIAL	Madera de PINO
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

DESIGNED BY:

JLuis

DATE:

13/02/2015

CHECKED BY:

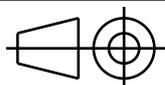
John Smith

DATE:

14/02/2015

SIZE

A4

**E.E.I.I.**

DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO

TRABAJO FIN DE GRADO
ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO

TAPON

SCALE

5:1

WEIGHT (kg)

0,00

DRAWING NUMBER

TF 07 15 01 64

SHEET

21/22

I -

H -

G -

F -

E -

D -

C -

B -

A -

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A

D

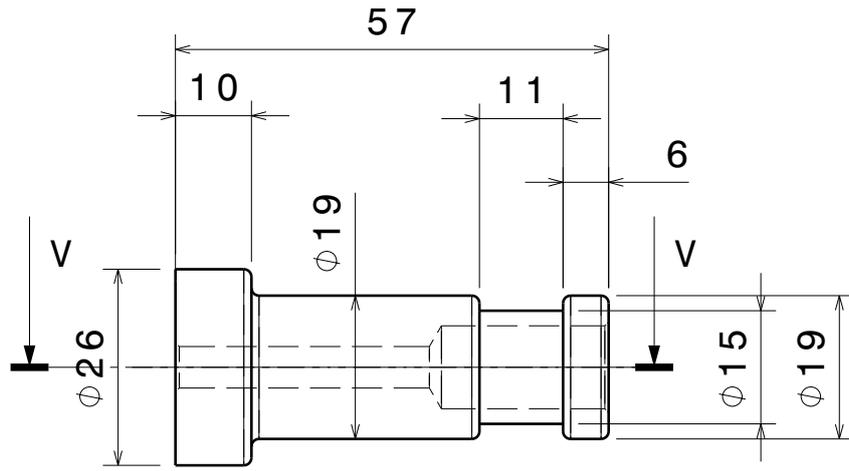
C

B

A

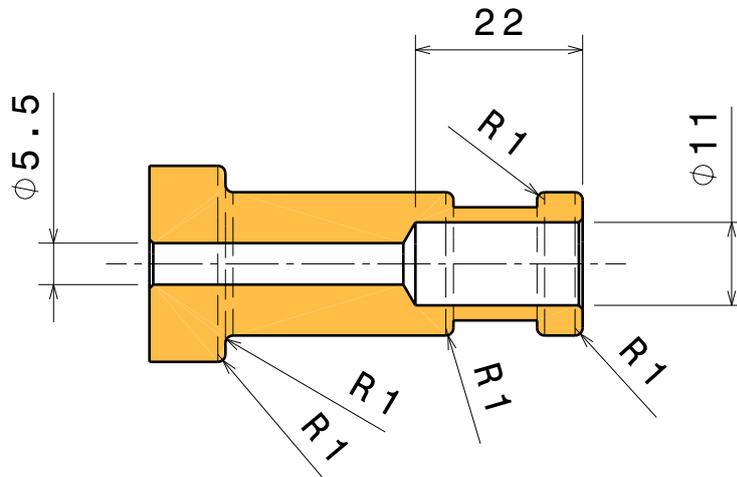
4

4



3

3



2

2

MARCA	60
MATERIAL	Madera de HAYA
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ACABADO NATURAL
CANTIDAD	1

1

1

DESIGNED BY:

JLuis

DATE:

13/02/2015

CHECKED BY:

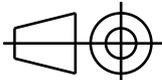
John Smith

DATE:

14/02/2015

SIZE

A4

**E.E.I.I.**

DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO

TRABAJO FIN DE GRADO**ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO****SOPORTE**

SCALE

1:1

WEIGHT (kg)

0,01

DRAWING NUMBER

TF 07 15 01 60

SHEET

20/22

I -

H -

G -

F -

E -

D -

C -

B -

A -

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A

D

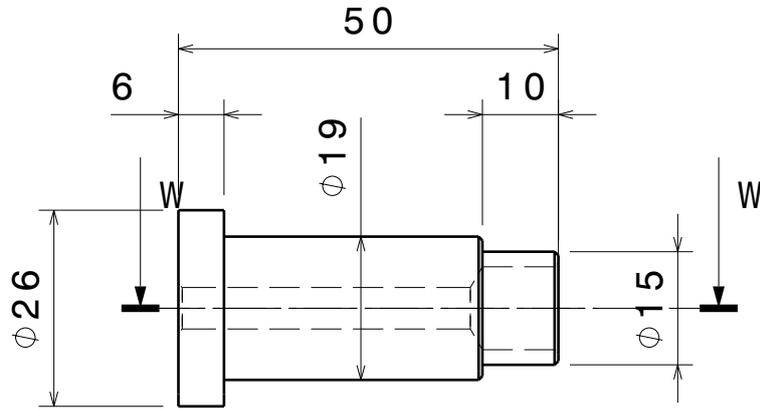
C

B

A

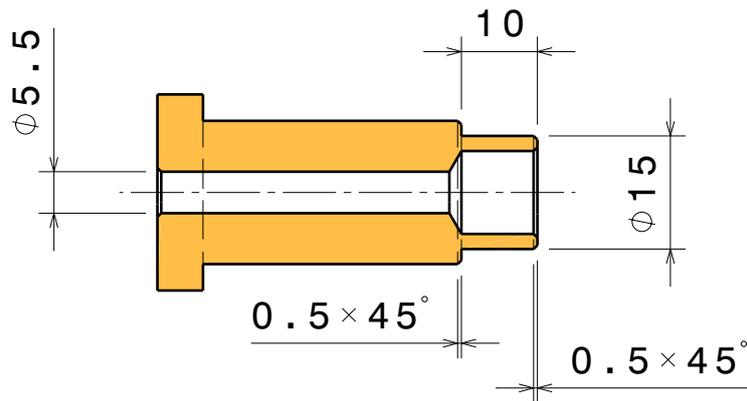
4

4



3

3



2

2

MARCA	59 A
MATERIAL	Madera de HAYA
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ACABADO NATURAL
CANTIDAD	1

1

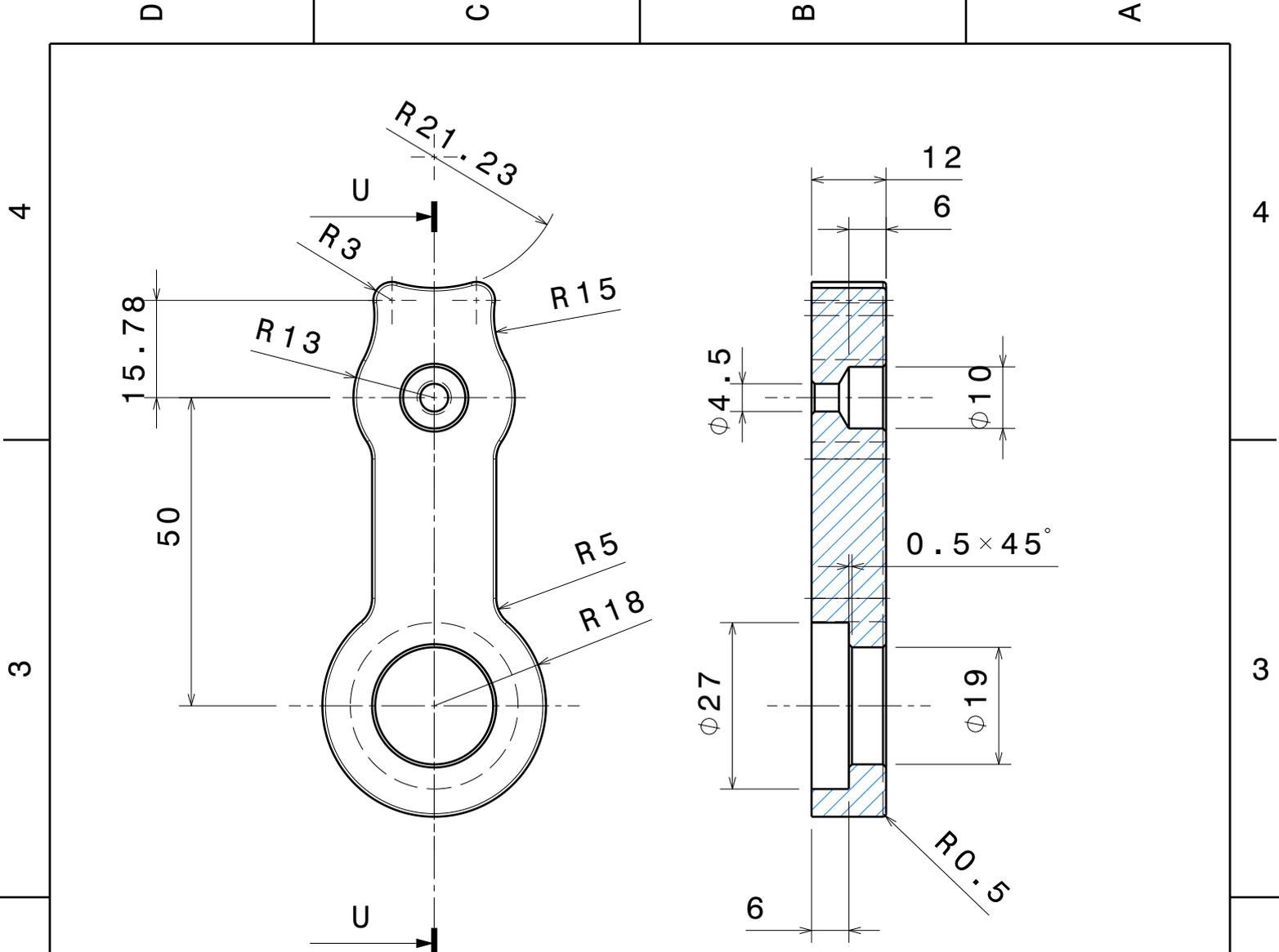
1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	I	-
DATE: 13/02/2015		H	-
CHECKED BY: John Smith	SOPORTE	G	-
DATE: 14/02/2015		F	-
SIZE A4		E	-
SCALE 1:1		D	-
WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER TF 07 15 01 59A	C	-
	SHEET 19/22	B	-
		A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A



MARCA	59
MATERIAL	MADERA DE HAYA
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ACABADO NATURAL
CANTIDAD	1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO
DATE: 13/02/2015	
CHECKED BY: John Smith	SOPORTE DE PARED
DATE: 14/02/2015	
SIZE A4	
SCALE 1:1	WEIGHT (kg) 0,00 DRAWING NUMBER TF 07 15 01 59 SHEET 18/22

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

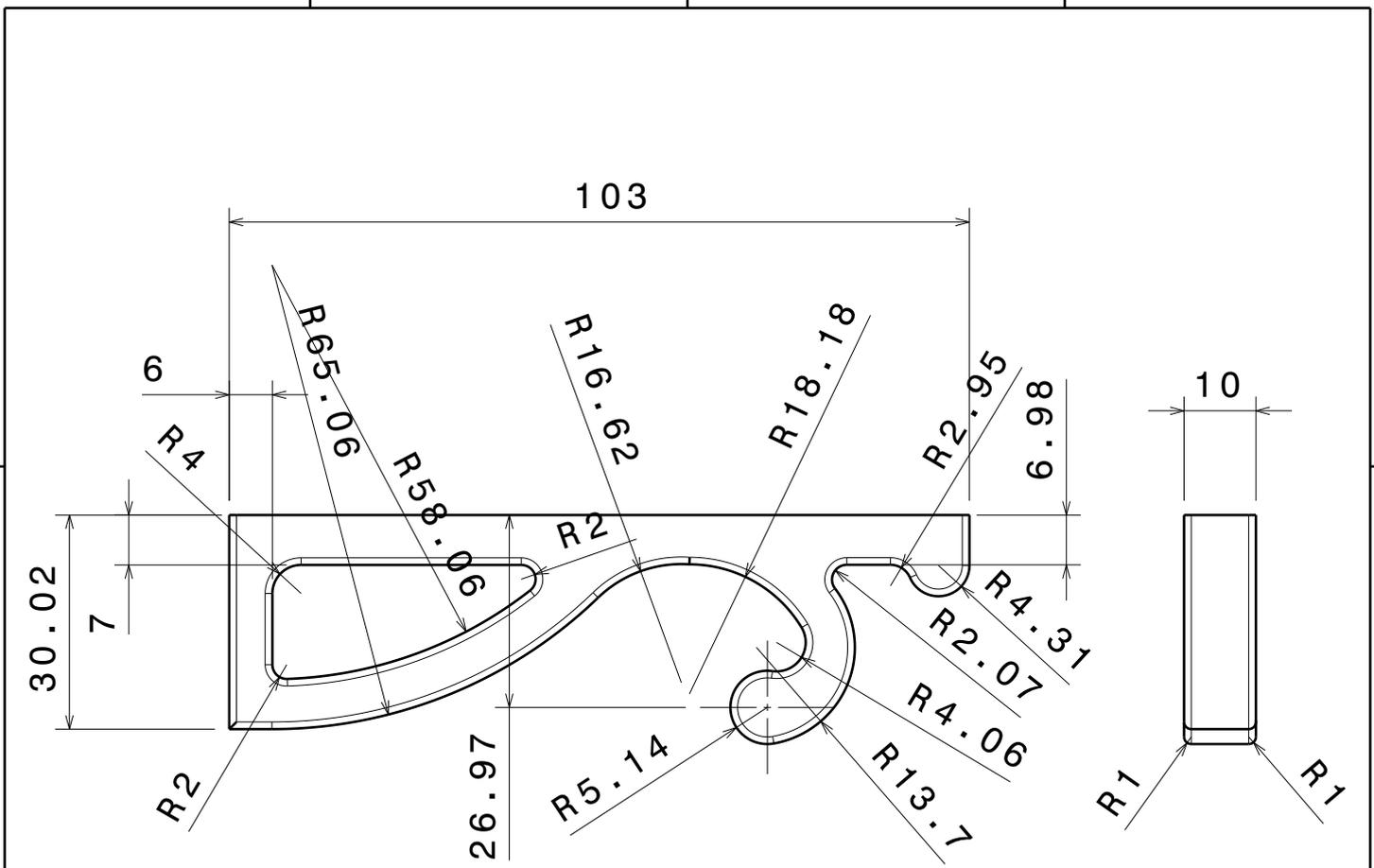
D C B A

4

3

2

1



MARCA	58
MATERIAL	MADERA DE HAYA
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	BARNIZ INCOLORO
CANTIDAD	1

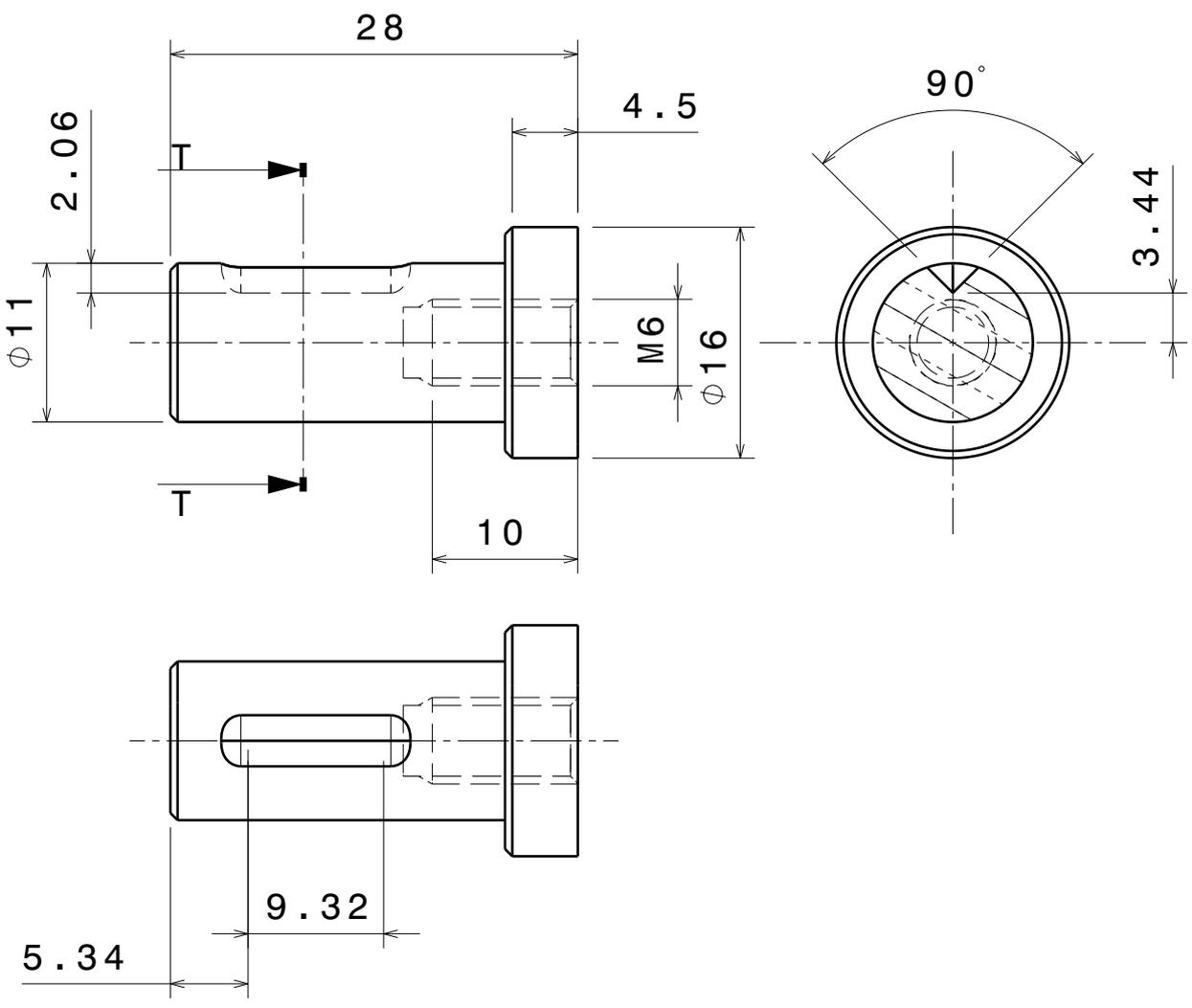
DESIGNED BY: JLuis	<p align="center">E.E.I.I.</p> <p align="center">DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO</p> <p align="center">TRABAJO DE FIN DE GRADO</p> <p align="center">ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO</p>
DATE: 13/02/2015	
CHECKED BY: John Smith	<p align="center">DISTANCIADOR SUPERIOR</p>
DATE: 14/02/2015	
SIZE A4	<p align="center">TF 07 15 01 58</p>
SCALE 1:1	
WEIGHT (kg) 0,01	SHEET 17/22

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D A

D C B A



Front view
Scale: 2:1

MARCA	57
MATERIAL	BRONCE
ACABADO	Ra 3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

DESIGNED BY: JLuis
DATE: 13/02/2015
CHECKED BY: John Smith
DATE: 14/02/2015
SIZE A4
SCALE 2:1
WEIGHT (kg) 0,00

E.E.I.I.	
DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	
TRABAJO FIN DE GRADO	
ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	
APOYO DEL PENDULO	
DRAWING NUMBER TF 07 15 01 57	SHEET 16/22

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D A

H G F E D C B A

4

3

2

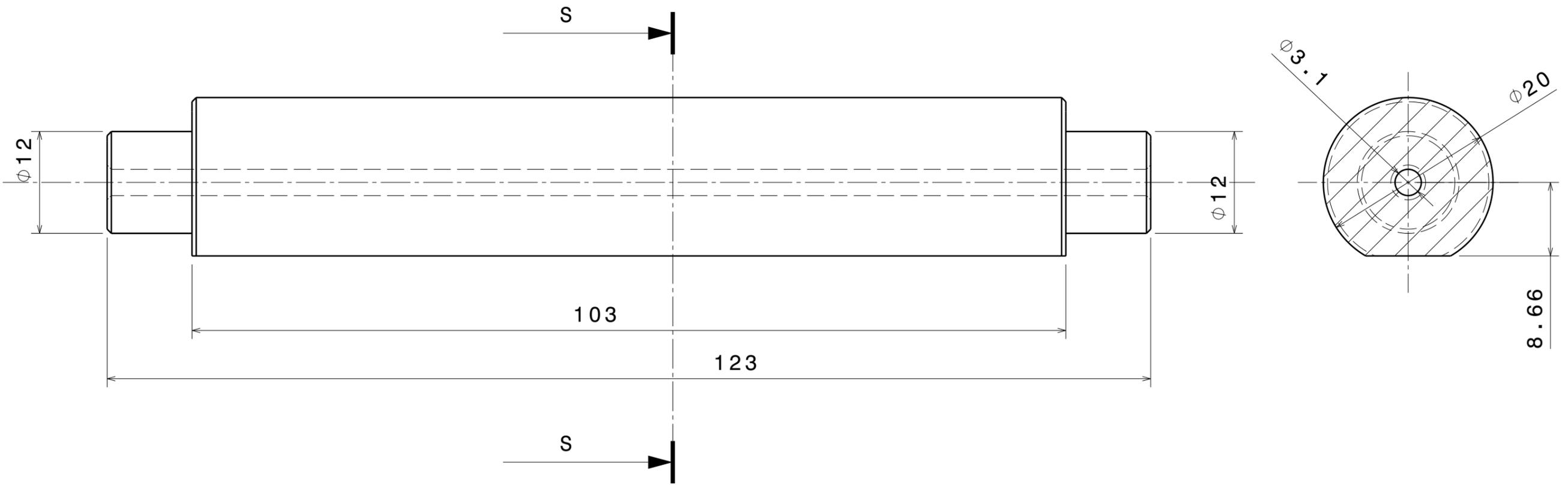
1

4

3

2

1



Front view
Scale: 2:1

MARCA	56
MATERIAL	MADERA DE HAYA
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ACABADO NATURAL
CANTIDAD	1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		I	-
DATE: 13/02/2015			H	-
CHECKED BY: John Smith	DISTANCIADOR SUPERIOR		G	-
DATE: 14/02/2015			F	-
SIZE: A3		TF 07 15 01 56	E	-
SCALE: 1:1	WEIGHT (kg): 0,00		D	-
DRAWING NUMBER		15/22	C	-
SHEET			B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			A	-

H G B A

D

C

B

A

4

4

3

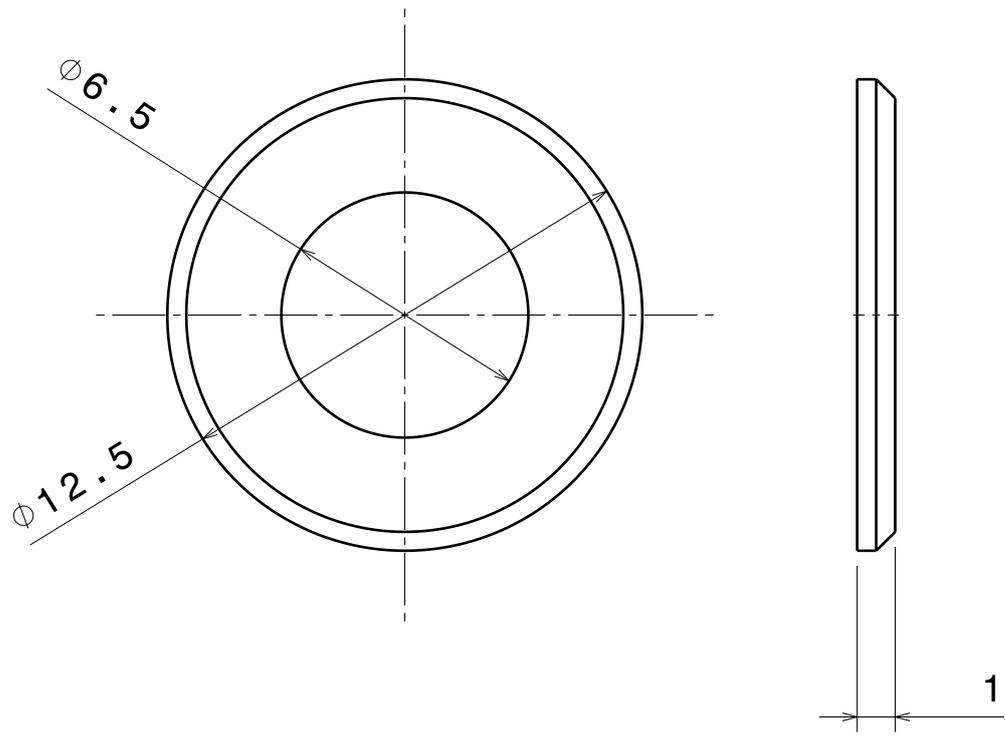
3

2

2

1

1



Front view
Scale: 5:1

MARCA	55
MATERIAL	LATON
ACABADO	DIN 125
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	4

DESIGNED BY: JLuis
DATE: 13/02/2015
CHECKED BY: John Smith
DATE: 14/02/2015
SIZE A4
SCALE 5:1
WEIGHT (kg) 0,00

E.E.I.I.	
DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	
TRABAJO FIN DE GRADO	
ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	
ARANDELA	
DRAWING NUMBER TF 07 15 01 55	SHEET 14/22

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A

D

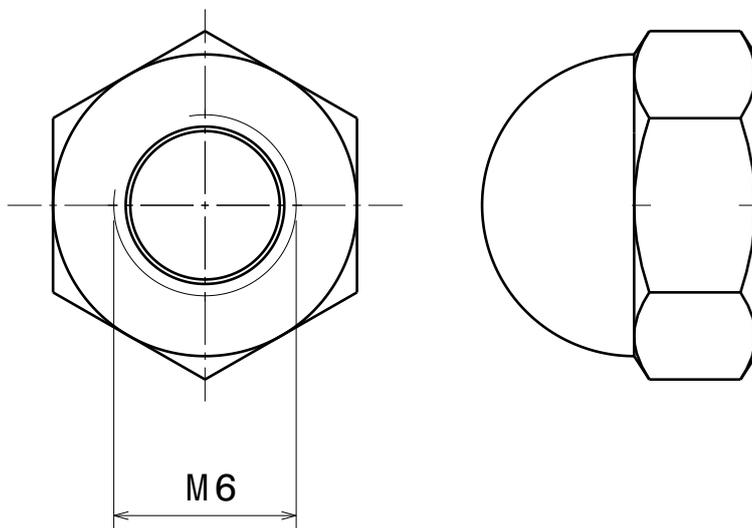
C

B

A

4

4



3

3

2

2

MARCA	54
MATERIAL	LATON
ACABADO	DIN 1587
TRATAMIENTO	PULIDA
CANTIDAD	5

1

1

DESIGNED BY: JLuis		E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		I	-
DATE: 13/02/2015				H	-
CHECKED BY: John Smith				G	-
DATE: 14/02/2015		F	-		
SIZE A4		E	-		
SCALE 1:1	WEIGHT (kg) 0,00	D	-		
DRAWING NUMBER TF 07 15 01 54		C	-		
SHEET 13/22		B	-		
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		A	-		

D

A

D C B A

4

4

3

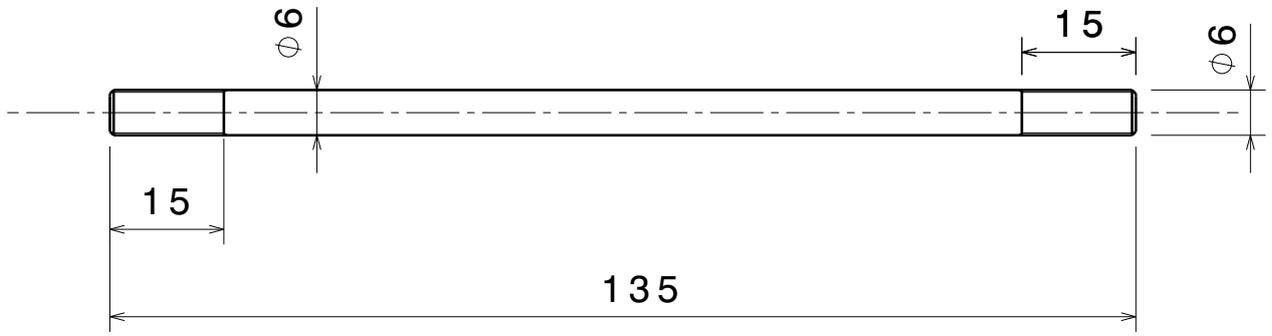
3

2

2

1

1

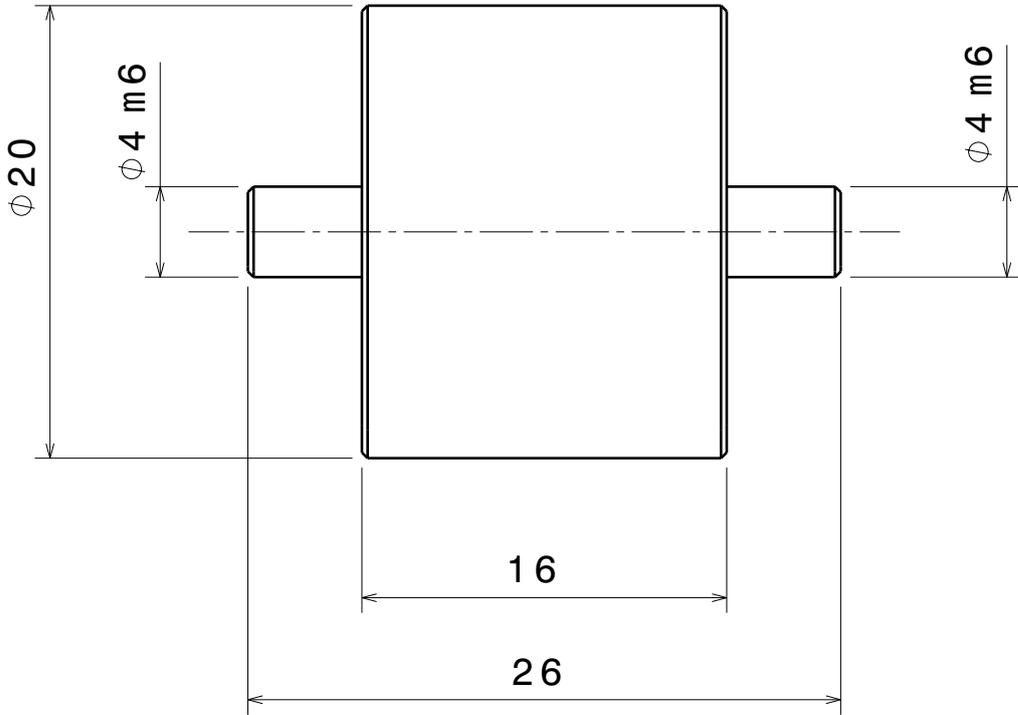


MARCA	53
MATERIAL	VARILLA ROSCADA
ACABADO	COMERCIAL
TRATAMIENTO	CINCADO
CANTIDAD	3

DESIGNED BY: JLuis	<p align="center">E.E.I.I.</p> <p align="center">DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO</p> <p align="center">TRABAJO FIN DE GRADO</p> <p align="center">ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO</p>	I	-
DATE: 13/02/2015		H	-
CHECKED BY: John Smith	<p align="center">VARILLA ROSCADA</p>	G	-
DATE: 14/02/2015		F	-
SIZE A4		E	-
SCALE 1:1		D	-
WEIGHT (kg) 0,00	DRAWING NUMBER TF 07 15 01 53	C	-
	SHEET 12/22	B	-
		A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D A



MARCA	52
MATERIAL	MADERA DE PINO
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	3

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I.	I	-
DATE: 13/02/2015		H	-
CHECKED BY: John Smith	DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	G	-
DATE: 14/02/2015		F	-
SIZE A4	DISTANCIADOR	E	-
		D	-
SCALE 1:1	WEIGHT (kg) 0,00	C	-
DRAWING NUMBER TF 07 15 01 52	SHEET 11/22	B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		A	-

D

A

D

C

B

A

4

4

3

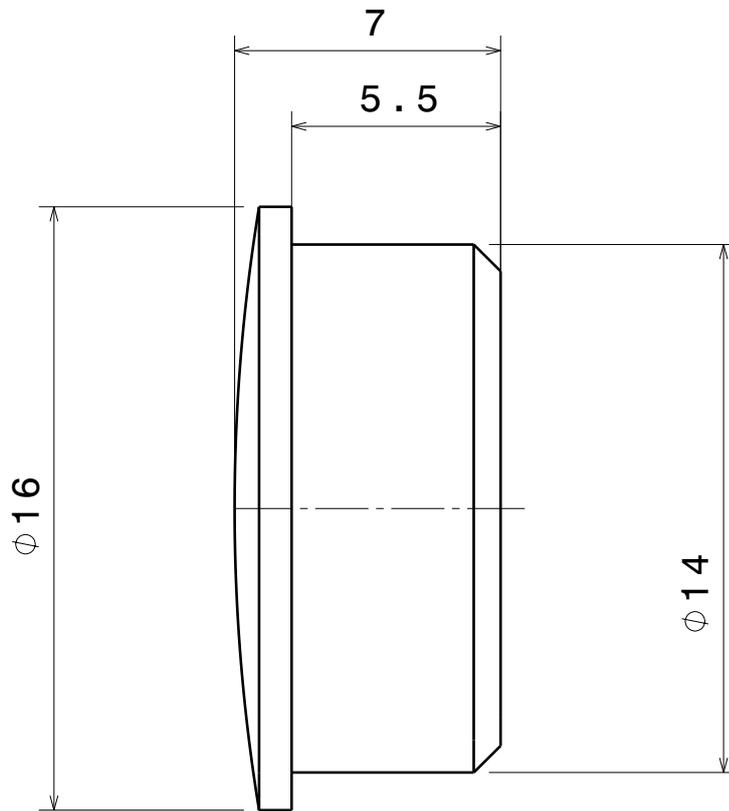
3

2

2

1

1



Front view
Scale: 5:1

R50

MARCA	51
MATERIAL	MADERRA DE PINO
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

DESIGNED BY:

JLuis

DATE:

13/02/2015

CHECKED BY:

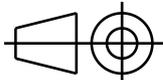
John Smith

DATE:

14/02/2015

SIZE

A4



E.E.I.I.

DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO

TRABAJO FIN DE GRADO

ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO

TAPON

I -

H -

G -

F -

E -

D -

C -

B -

A -

SCALE

1:1

WEIGHT (kg)

0,00

DRAWING NUMBER

TF 07 15 01 51

SHEET

10/22

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A

D

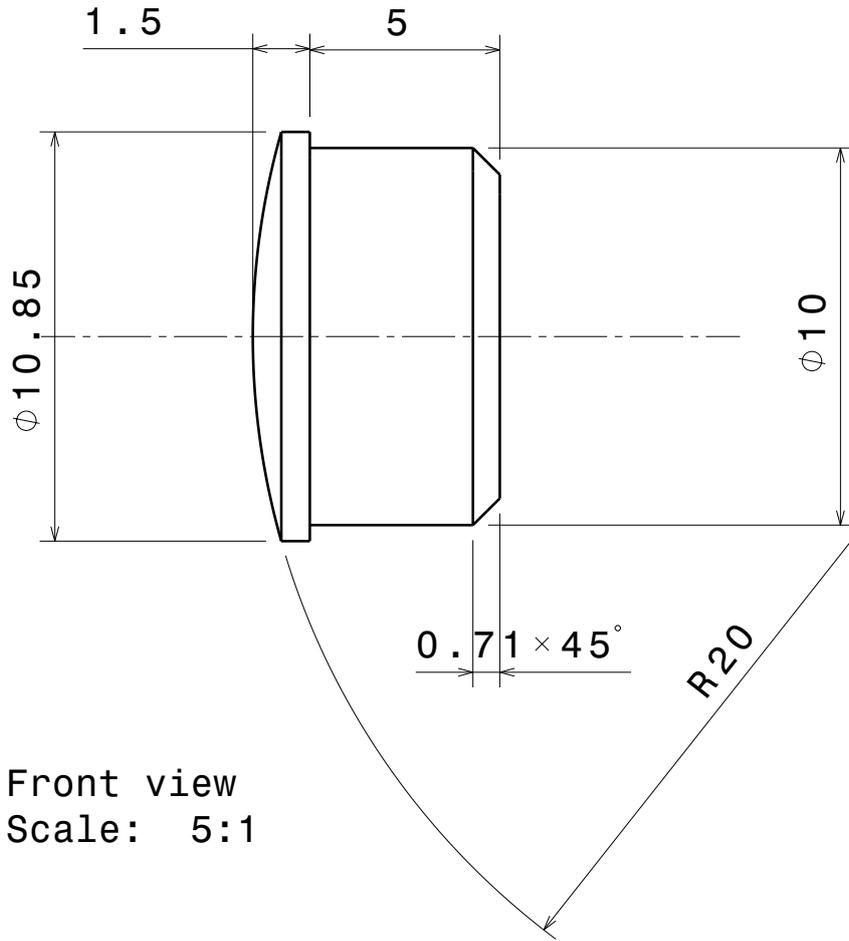
C

B

A

4

4



Front view
Scale: 5:1

3

3

2

2

MARCA	50
MATERIAL	MADERA DE PINO
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	7

1

1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO DE FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	I	-
DATE: 13/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX		G	-
DATE: XXX	F	-	
SIZE A4	TAPON	E	-
SCALE 1:1		D	-
WEIGHT (kg) 0,00	DRAWING NUMBER TF 07 15 01 50	C	-
	SHEET 9/22	B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		A	-

D

A

D

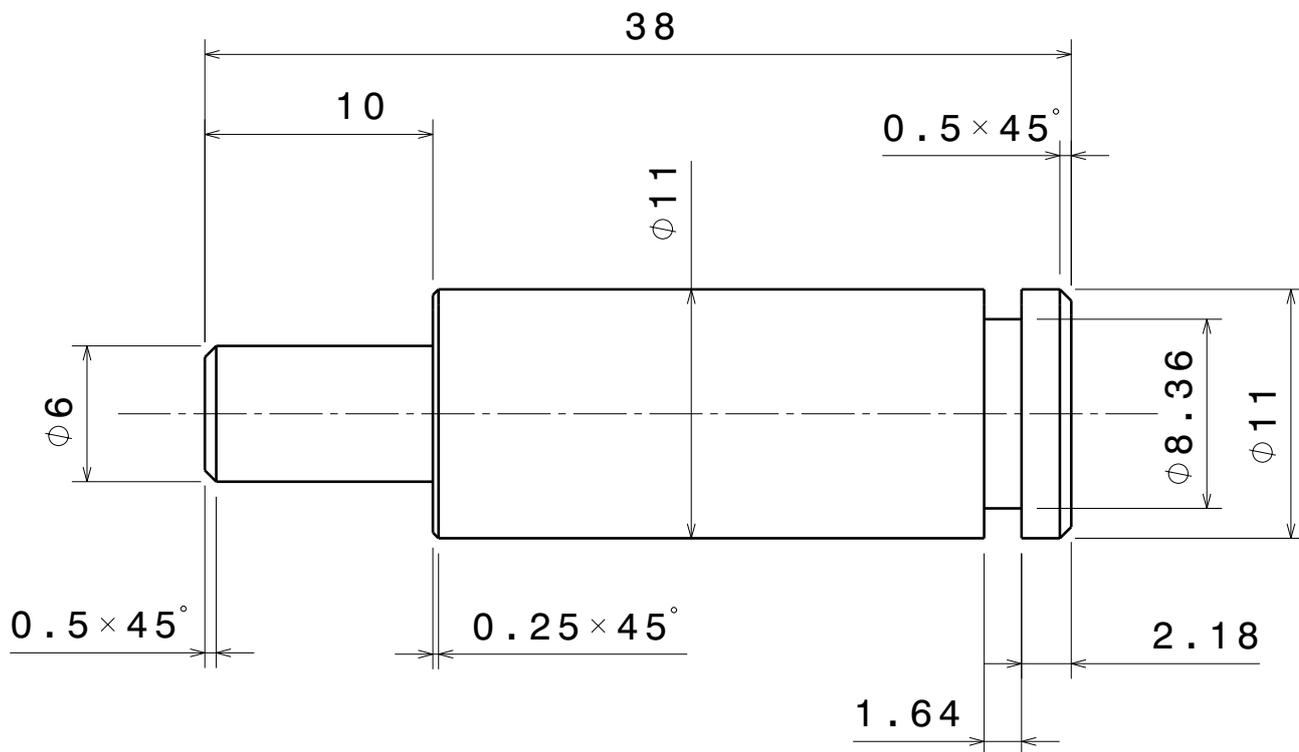
C

B

A

4

4



3

3

Front view
Scale: 3:1

2

2

MARCA	20
MATERIAL	BRONCE
ACABADO	Ra 3,2
TRATAMIENTO	--
CANTIDAD	1

1

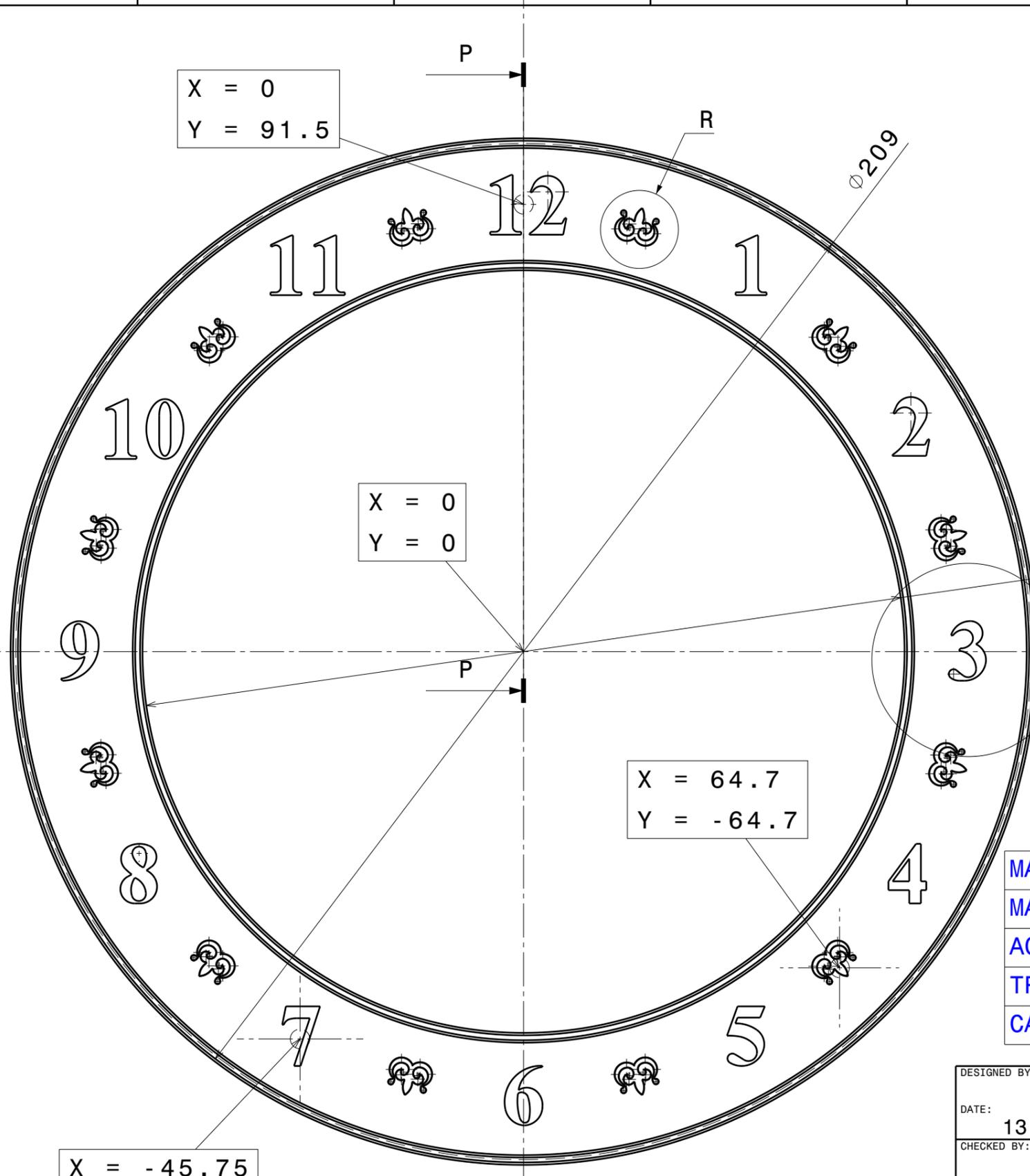
1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	I	-
DATE: 13/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE A4	SOPORTE DE LA CUERDA	E	-
		D	-
SCALE 1:1	DRAWING NUMBER TF 07 15 01 20	C	-
WEIGHT (kg) 1,81	SHEET 8/22	B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		A	-

D

A

H G F E D C B A



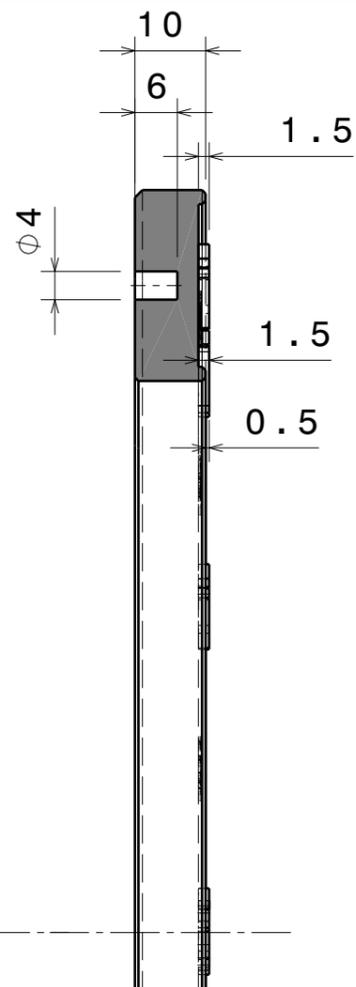
X = 0
Y = 91.5

X = 0
Y = 0

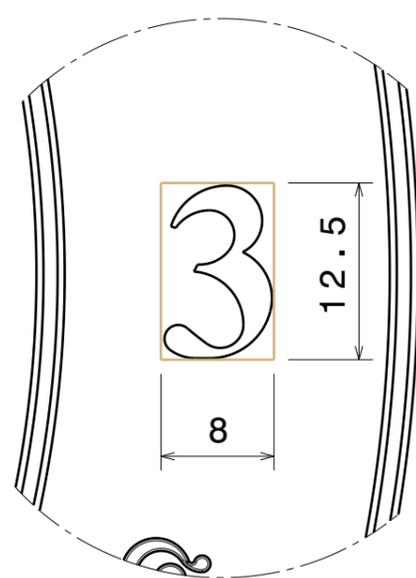
X = 64.7
Y = -64.7

X = -45.75
Y = -79.24

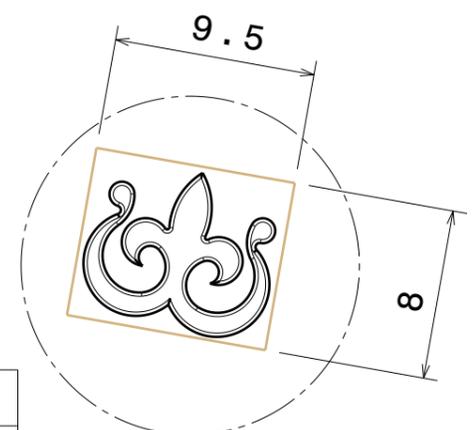
Front view
Scale: 1:1



Section view P-P
Scale: 1:1



Detail Q
Scale: 2:1

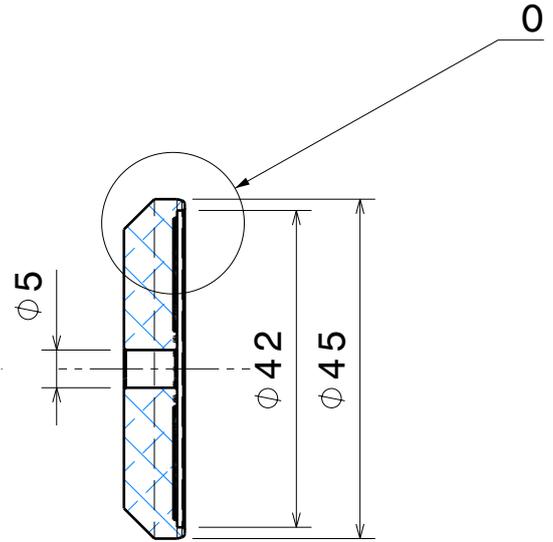
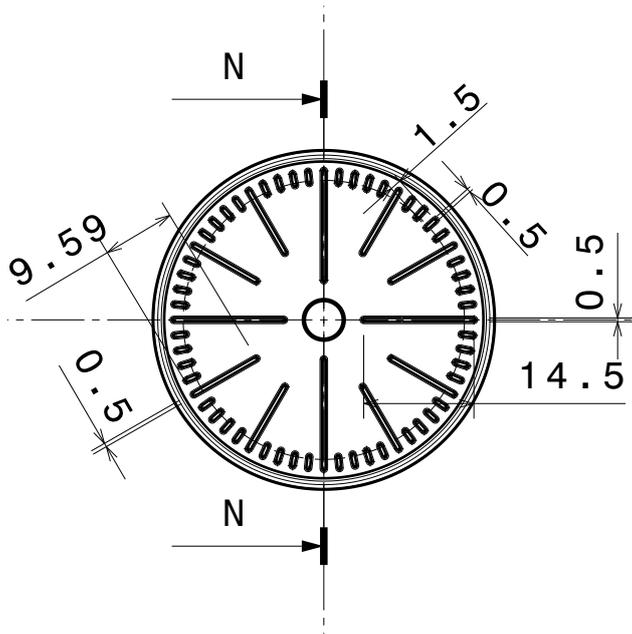


Detail R
Scale: 3:1

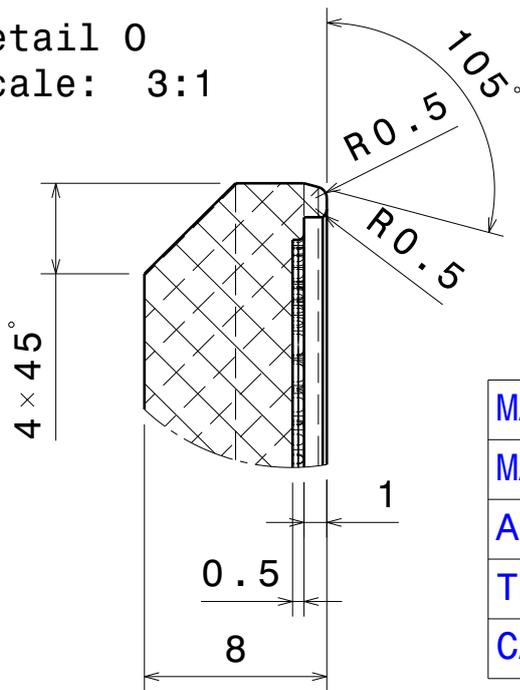
MARCA	18
MATERIAL	BRONCE
ACABADO	Ra 3,2
TRATAMIENTO	PULIDO
CANTIDAD	1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	I	-
DATE: 13/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE: A3	ESFERA PRINCIPAL	E	-
SCALE: 1:1		D	-
WEIGHT (kg):	DRAWING NUMBER TF 07 15 01 18	C	-
SHEET 7/22		B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		A	-

H G F E D C B A



Detail 0
Scale: 3:1



MARCA	57
MATERIAL	BRONCE
ACABADO	Ra 3,2
TRATAMIENTO	PULIDO
CANTIDAD	1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO
DATE: 13/02/2015	
CHECKED BY: XXX	ESFERA SEGUNDERO
DATE: XXX	
SIZE A4	TF 07 15 01 17
SCALE 1:1	
WEIGHT (kg) 1,81	SHEET 6/22

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

D

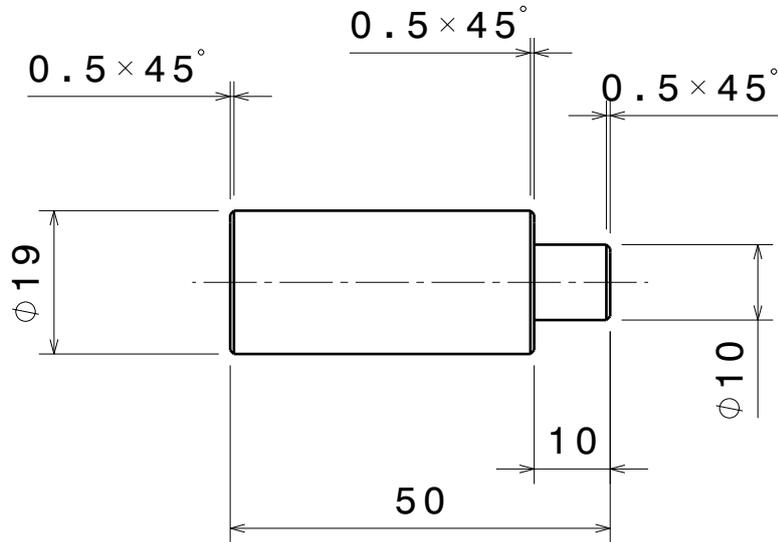
C

B

A

4

4



3

3

2

2

MARCA	15
MATERIAL	MADERA DE PINO
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ACABADO NATURAL
CANTIDAD	1

1

1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO MODULO KNIMEATICS ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	I	-
DATE: 13/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX		G	-
DATE: XXX	F	-	
SIZE A4	SOPORTE	E	-
		D	-
SCALE 1:1	WEIGHT (kg) 1,81	C	-
DRAWING NUMBER TF 07 15 01 15	SHEET 5/22	B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		A	-

D

A

D C B A

4

4

3

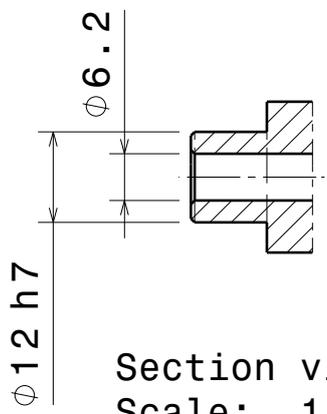
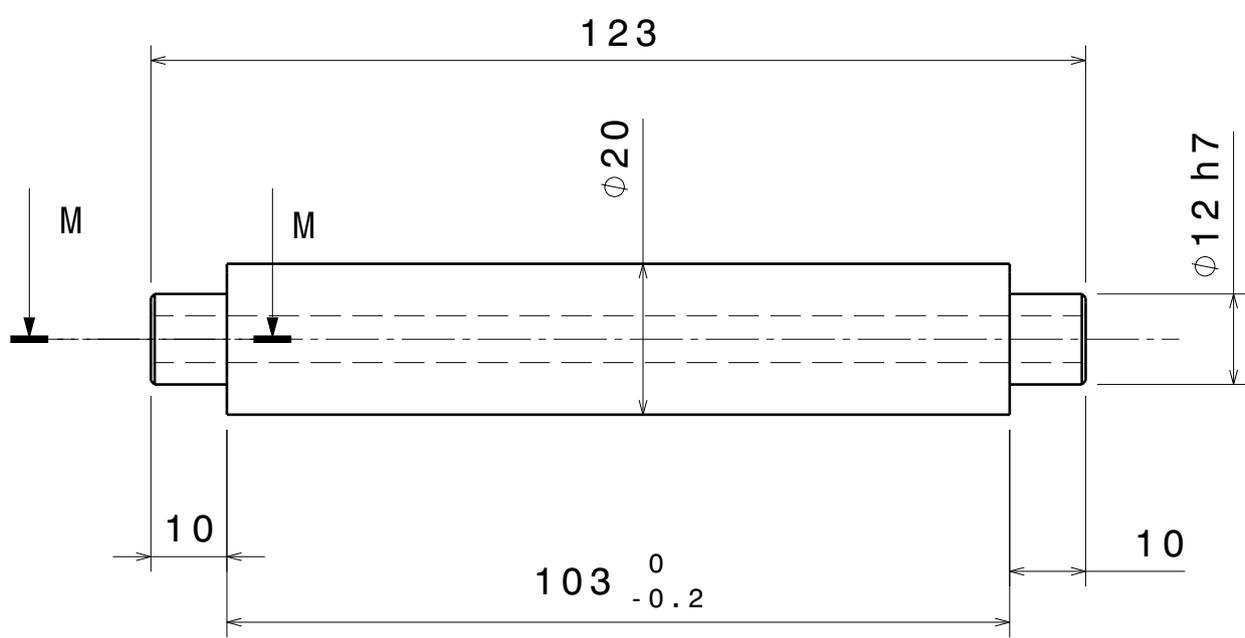
3

2

2

1

1



MARCA	03
MATERIAL	MADERA DE HAYA
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ACABADO NATURAL
CANTIDAD	2

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO
DATE: 13/02/2015	
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO
DATE: XXX	
SIZE A4	DISTANCIADOR
SCALE 1:1	
WEIGHT (kg) 1,81	DRAWING NUMBER TF 07 15 01 03
	SHEET 4/22

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

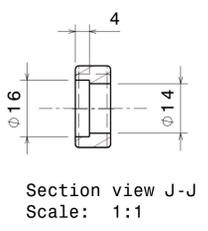
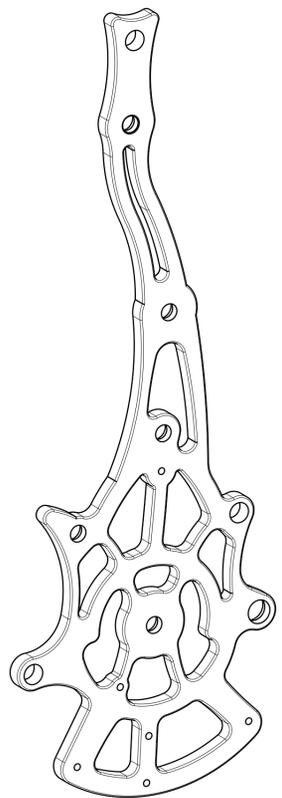
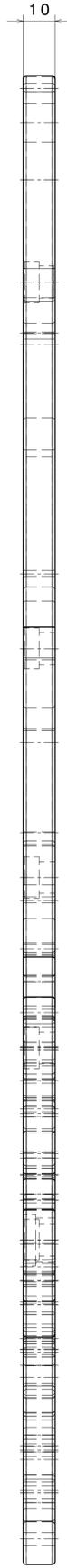
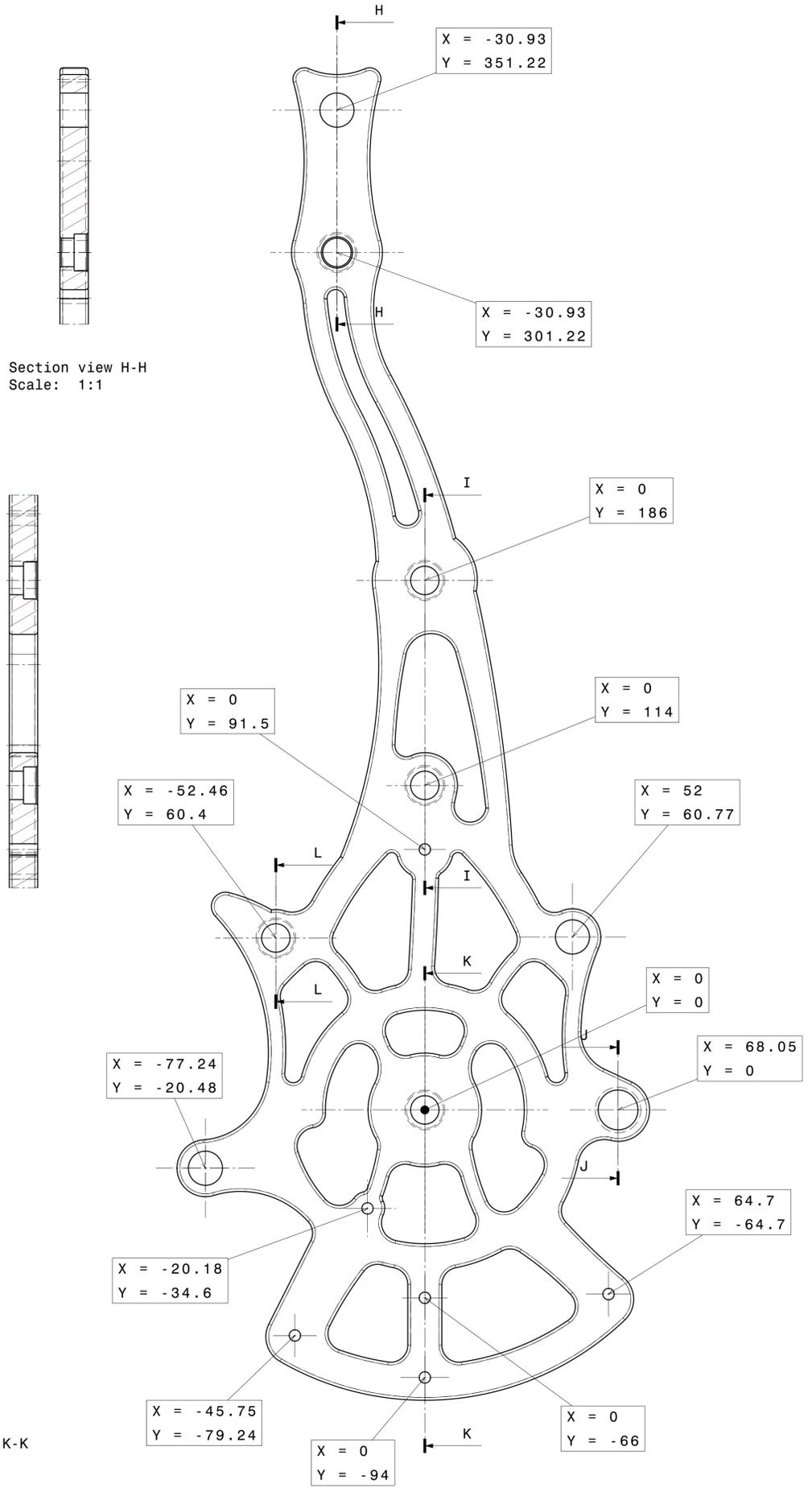
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D A

P O N M L K J I H G F E D C B A

8
7
6
5
4
3
2
1

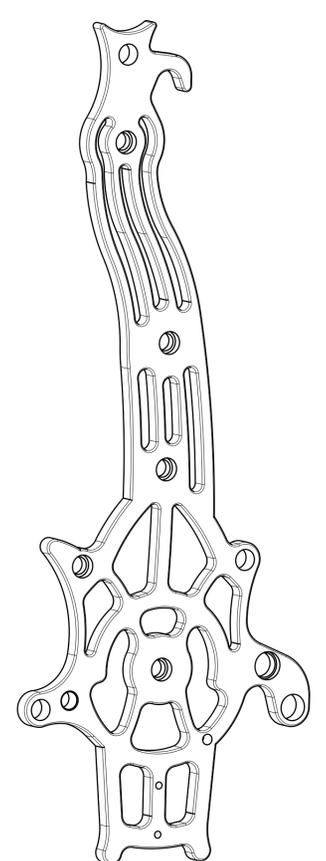
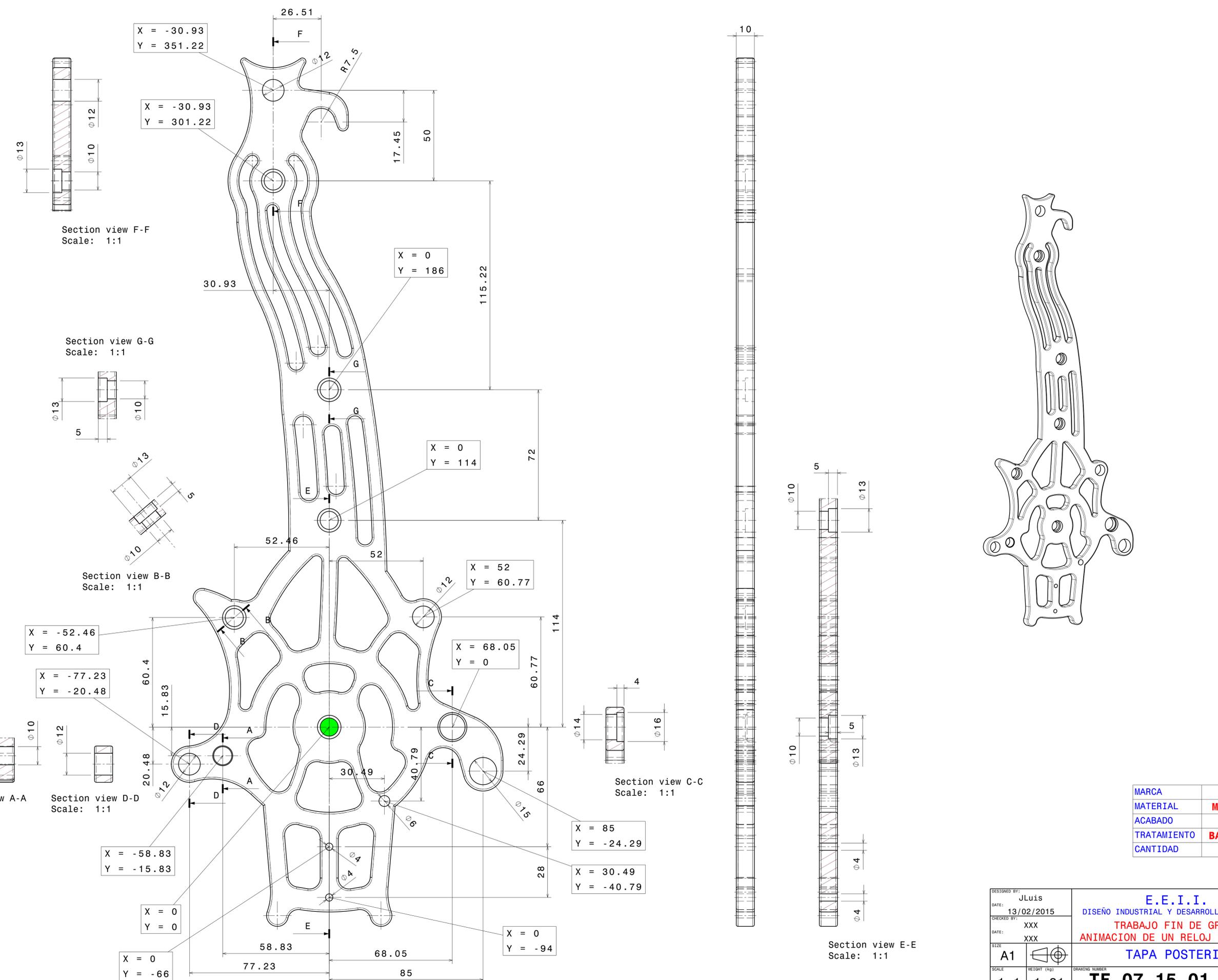
8
7
6
5
4
3
2
1



MARCA	02
MATERIAL	MADRA DE HAYA
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	BARNIZ INCOLORO
CANTIDAD	1

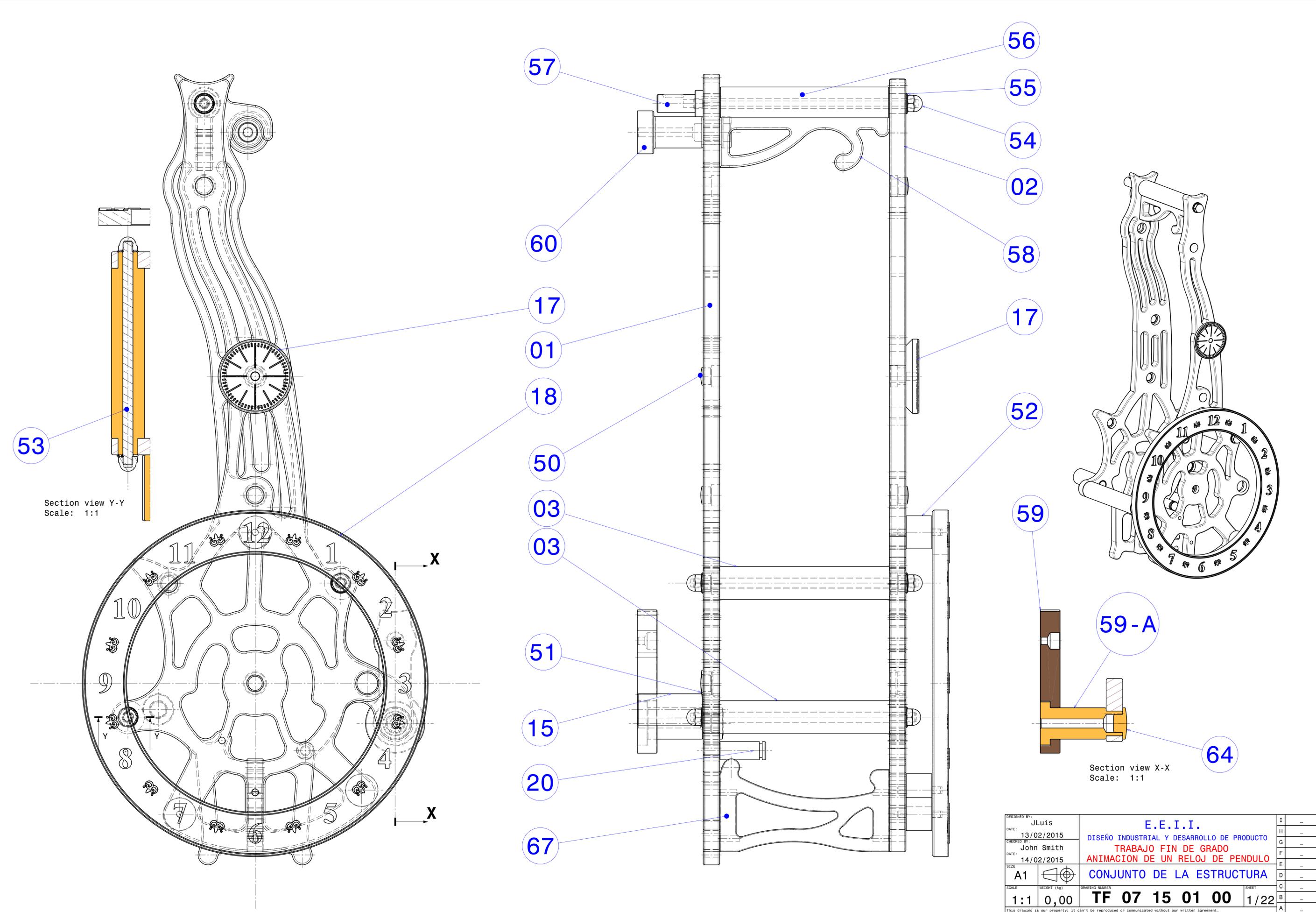
DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	I	-
DATE: 13/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE A1	TAPA ANTERIOR	E	-
SCALE 1:1		D	-
WEIGHT (kg) 1,81	DRAWING NUMBER TF 07 15 01 02	C	-
		B	-
	SHEET 3/22	A	-

P O N M L K J I H G F E D C B A



MARCA	01
MATERIAL	MADERA DE HAYA
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	BARNIZ INCOLORO
CANTIDAD	1

DESIGNED BY:	JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO TAPA POSTERIOR	I	-
DATE:	13/02/2015		H	-
CHECKED BY:	XXX		G	-
DATE:	XXX		F	-
SIZE:	A1	E	-	
SCALE:	1:1	D	-	
WEIGHT (kg):	1,81	C	-	
DRAWING NUMBER:	TF 07 15 01 01	B	-	
SHEET:	2/22	A	-	

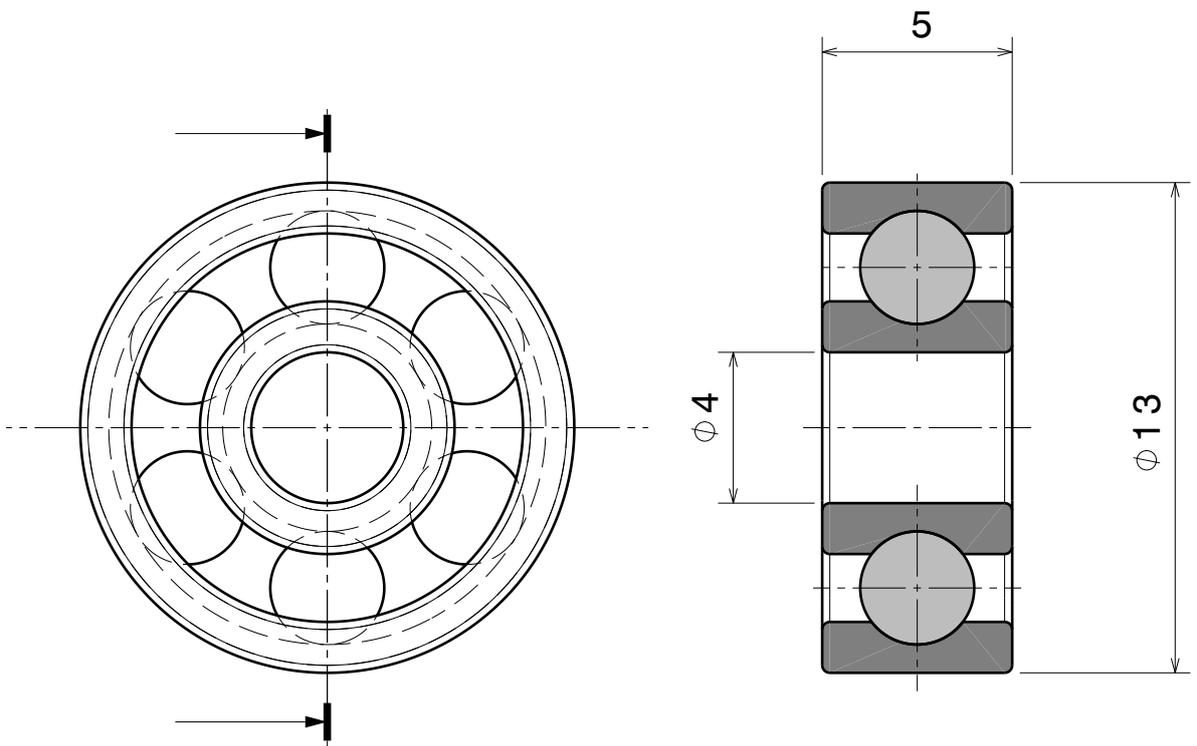


Section view Y-Y
Scale: 1:1

Section view X-X
Scale: 1:1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO		I	-
DATE: 13/02/2015			H	-
CHECKED BY: John Smith	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		G	-
DATE: 14/02/2015			F	-
SIZE: A1	CONJUNTO DE LA ESTRUCTURA		E	-
SCALE: 1:1			D	-
WEIGHT (kg): 0,00	DRAWING NUMBER: TF 07 15 01 00	SHEET: 1/22	C	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			B	-
			A	-

TF 07 15 00 02 Conjunto BALANCIN



MARCA	624
MATERIAL	
ACABADO	RODAMIENTO 624
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	2

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	I	-
DATE: 14/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	RODAMIENTO RADIAL 624	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE A4		E	-
SCALE 5:1		D	-
WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER TF 07 15 02 624	C	-
	SHEET 9/9	B	-
		A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A

D

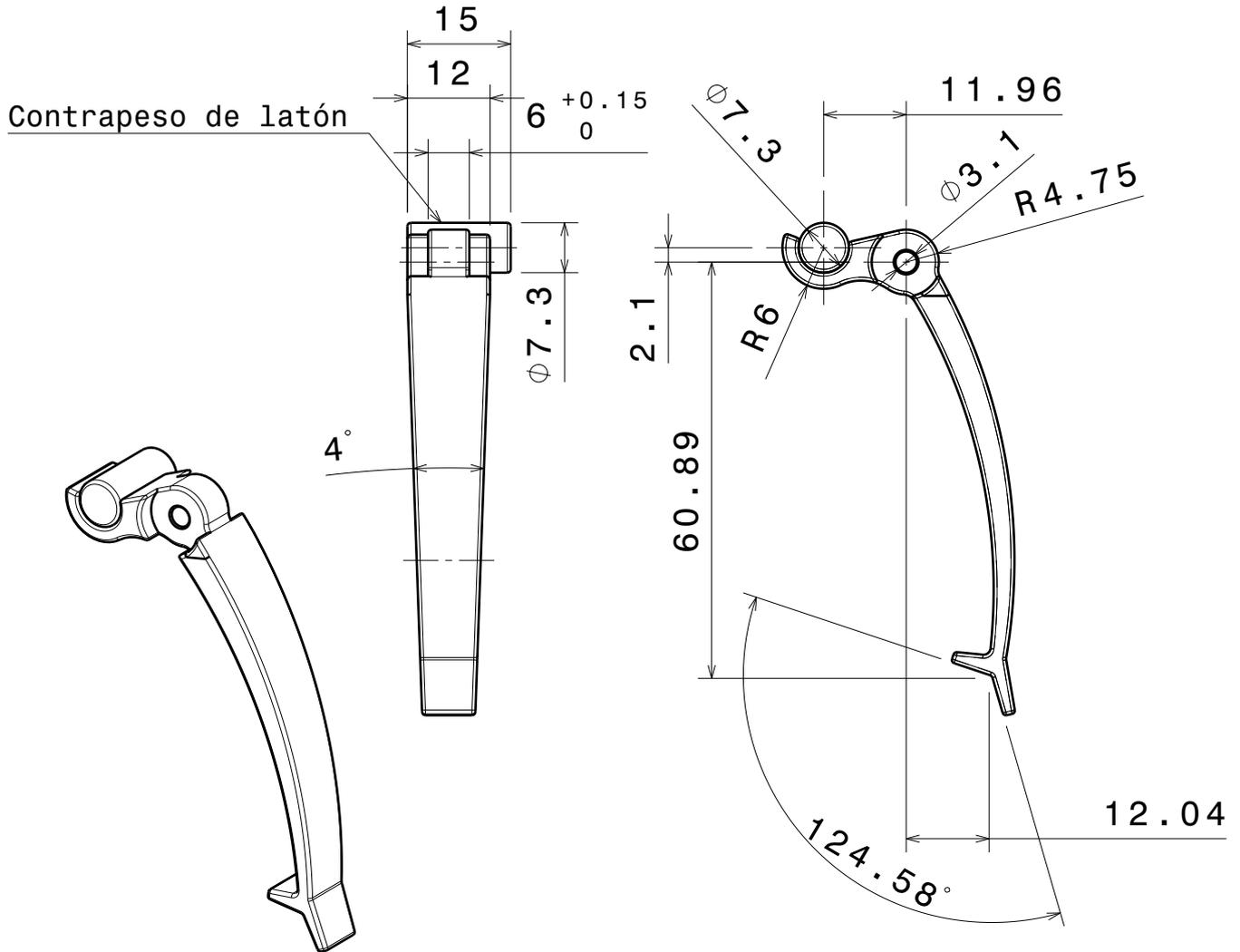
C

B

A

4

4



3

3

2

2

MARCA	69
MATERIAL	MADERA DE NOGAL
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADO
CANTIDAD	1

1

1

DESIGNED BY:

JLuis

DATE:

14/02/2015

CHECKED BY:

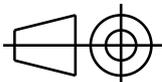
XXX

DATE:

XXX

SIZE

A4



SCALE

1:1

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER

TF 07 15 02 69

SHEET

8/9

I

-

H

-

G

-

F

-

E

-

D

-

C

-

B

-

A

-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A

D

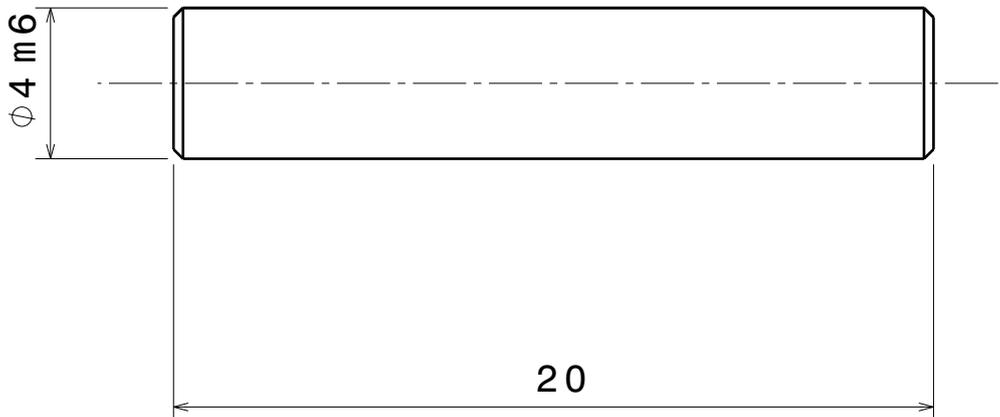
C

B

A

4

4



3

3

2

2

MARCA	61
MATERIAL	LATON
ACABADO	Ra 3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	2

1

1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	I	-
DATE: 14/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE A4	PASADOR	E	-
		D	-
SCALE 5:1	DRAWING NUMBER TF 07 15 02 61	C	-
WEIGHT (kg)	SHEET 7/9	B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		A	-

D

A

D

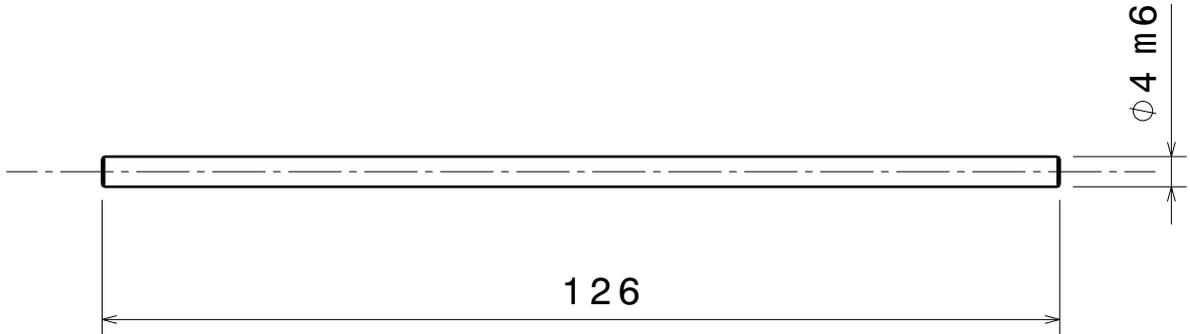
C

B

A

4

4



3

3

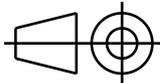
2

2

MARCA	47
MATERIAL	LATON
ACABADO	Ra 3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

1

1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	I	-
DATE: 14/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX		G	-
DATE: XXX	F	-	
SIZE A4	EJE DE BALANCIN	E	-
		D	-
SCALE 1:1		C	-
WEIGHT (kg)		B	-
DRAWING NUMBER TF 07 15 02 47		A	-
SHEET 6/9			

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

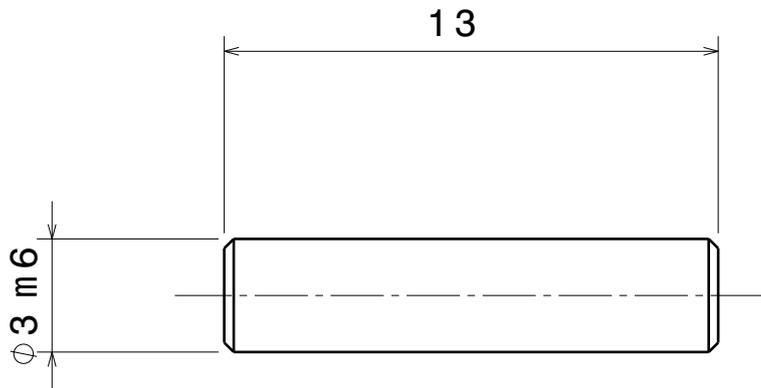
A

D

C

B

A



MARCA	46
MATERIAL	MADERA DE PINO
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	2

DESIGNED BY:

JLuis

DATE:

14/02/2015

CHECKED BY:

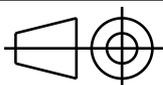
XXX

DATE:

XXX

SIZE

A4



SCALE

5:1

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER

TF 07 15 02 46

SHEET

5/9

E.E.I.I.

DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO

TRABAJO FIN DE GRADO**ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO****PASADOR**

I -

H -

G -

F -

E -

D -

C -

B -

A -

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A

D

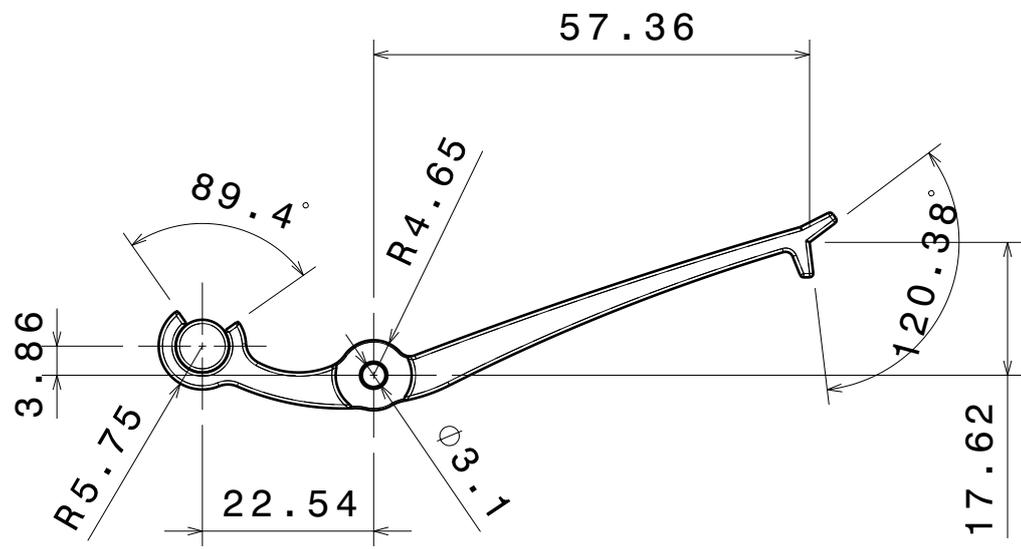
C

B

A

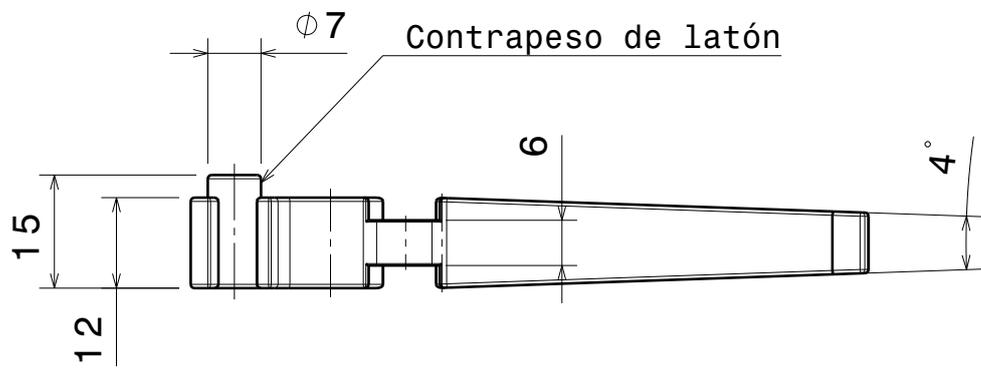
4

4



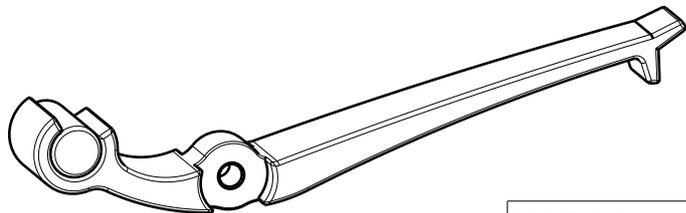
3

3



2

2



MARCA	37
MATERIAL	MADERA DE NOGAL
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADO
CANTIDAD	1

1

1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO
DATE: 14/02/2015	
CHECKED BY: XXX	TOPE IZQUIERDO
DATE: XXX	
SIZE A4	
SCALE 1:1	
WEIGHT (kg)	
DRAWING NUMBER TF 07 15 02 37	SHEET 4/9

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

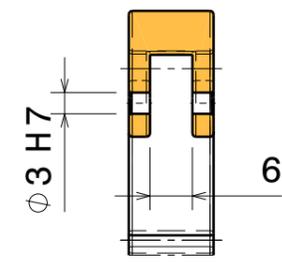
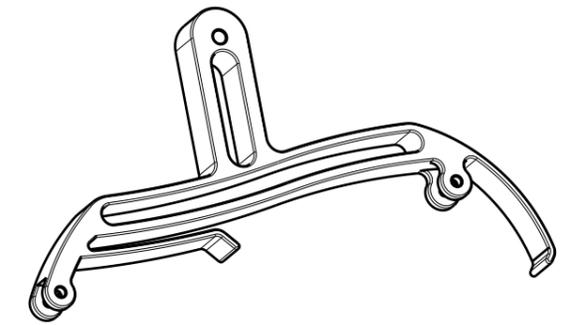
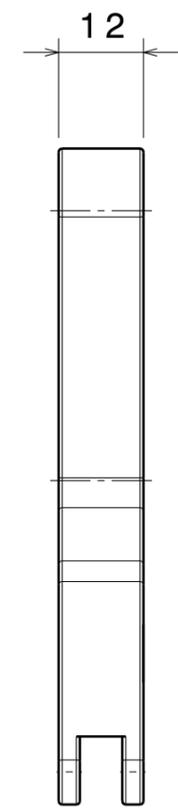
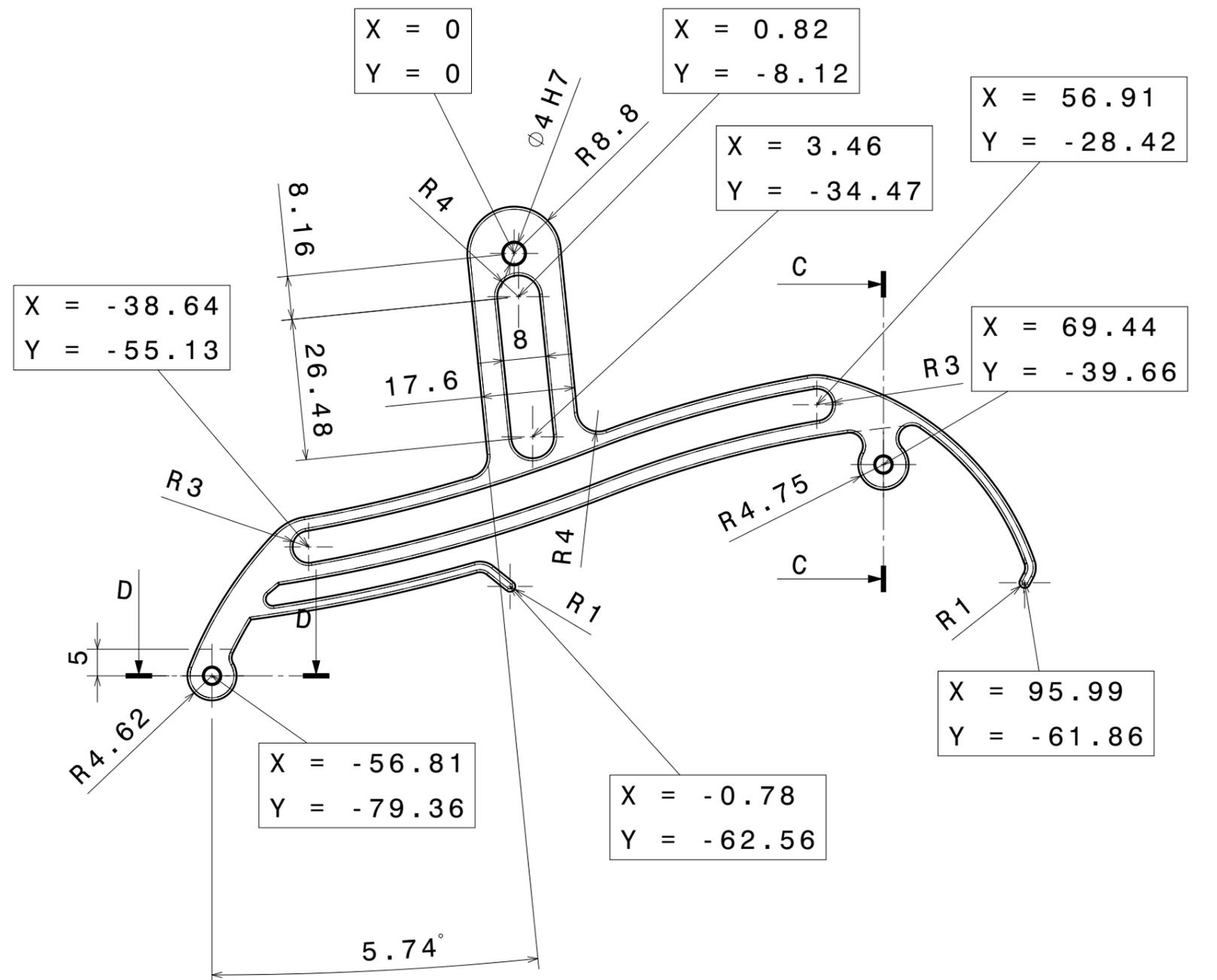
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

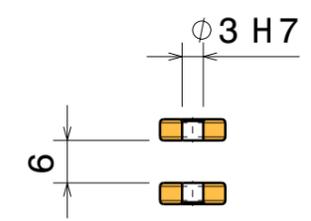
A

H G F E D C B A

4
3
2
1



Section view C-C



Section view D-D

MARCA	36
MATERIAL	MADERA DE NOGAL
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADA
CANTIDAD	1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	I	-
DATE: 14/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE: A3	BALANCIN	E	-
SCALE: 1:1		D	-
WEIGHT (kg):	DRAWING NUMBER: TF 07 15 02 36	C	-
	SHEET: 3/9	B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		A	-

H G F E D C B A

D

C

B

A

4

4

3

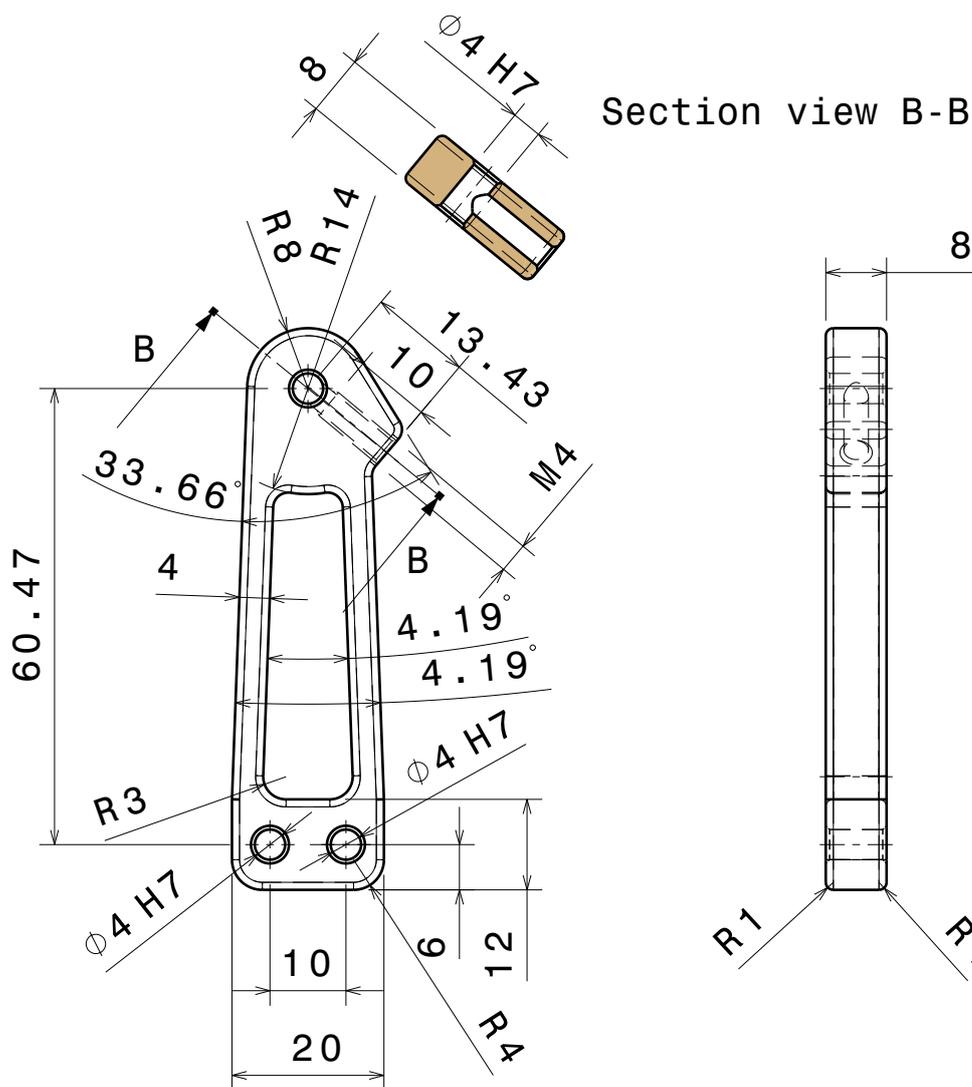
3

2

2

1

1



MARCA	21
MATERIAL	LATON
ACABADO	Ra 3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

DESIGNED BY:

JLuis

DATE:

14/02/2015

CHECKED BY:

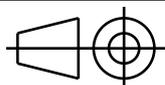
XXX

DATE:

XXX

SIZE

A4



SCALE

1:1

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER

TF 07 15 02 21

SHEET

2/9

E.E.I.I.

DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO

TRABAJO FIN DE GRADO
ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO

YOKE

I -

H -

G -

F -

E -

D -

C -

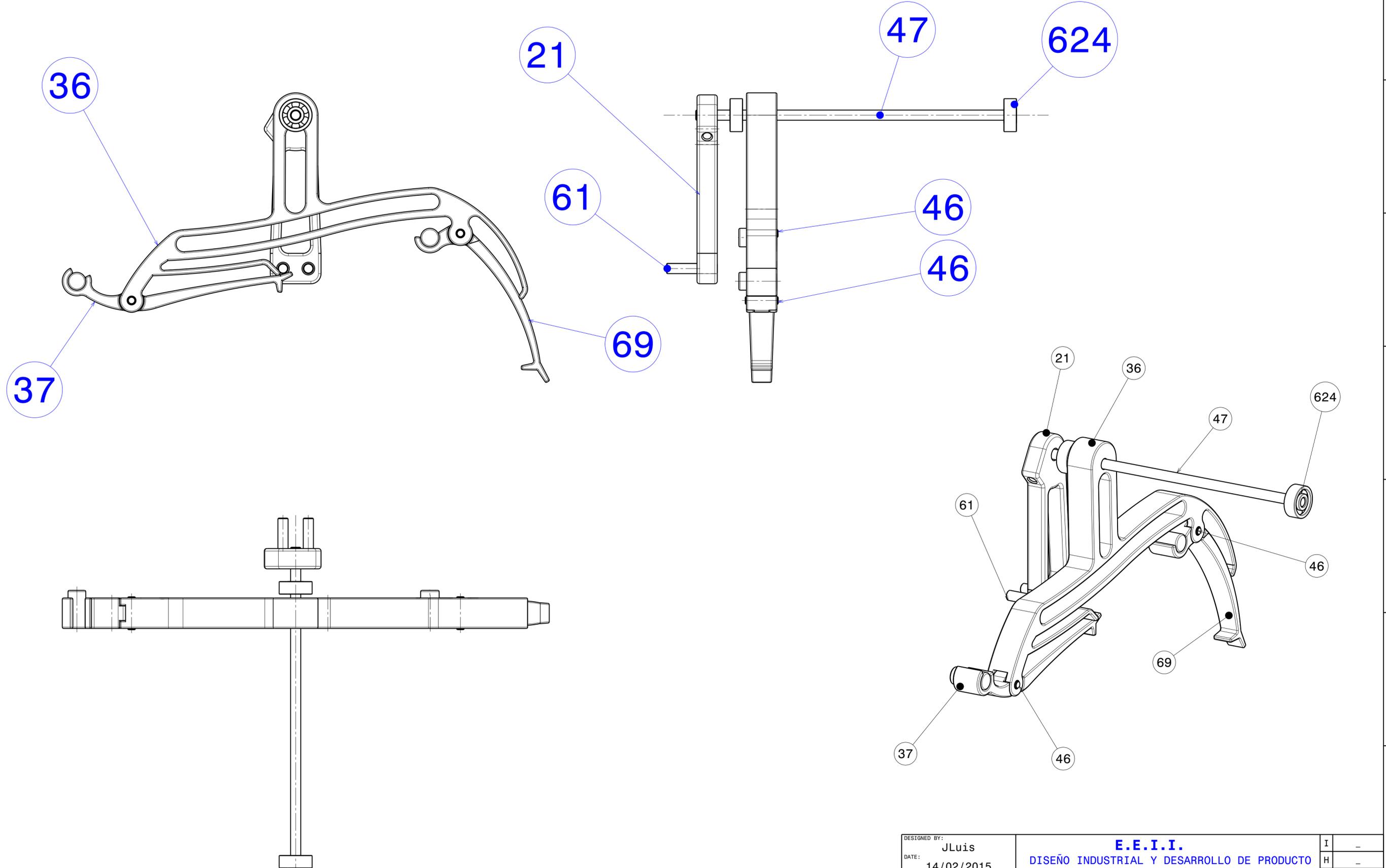
B -

A -

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A



DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I.		I	-
DATE: 14/02/2015	DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO		G	-
DATE: XXX	ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		F	-
SIZE A2	CONJUNTO BALANCIN		E	-
SCALE 1:1	WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER TF 07 15 02 00	D	-
		SHEET 1/9	C	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			B	-
			A	-

TF 07 15 00 03 Conjunto EJE IV

D

C

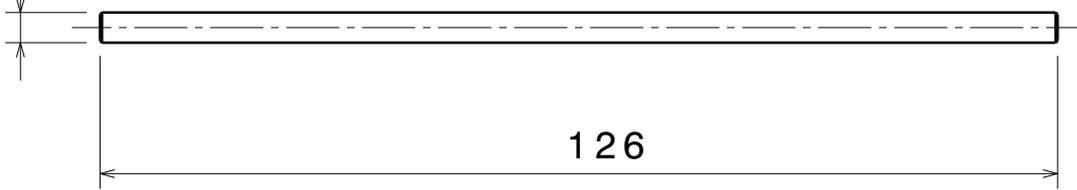
B

A

4

4

∅ 4 m6



126

3

3

2

2

MARCA	47
MATERIAL	LATON
ACABADO	Ra3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

1

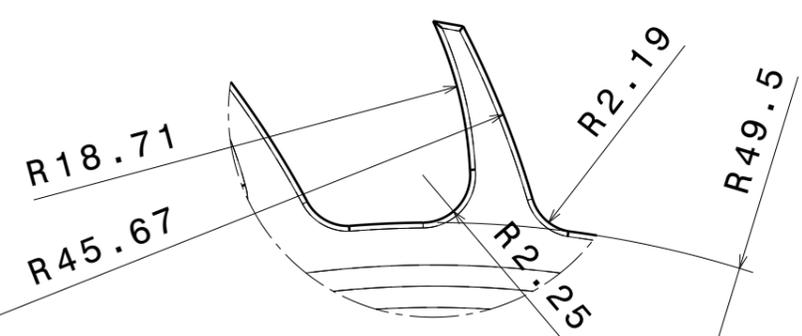
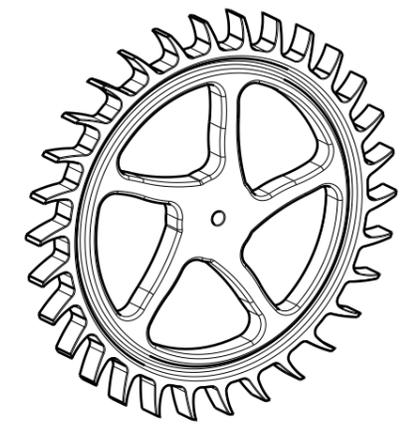
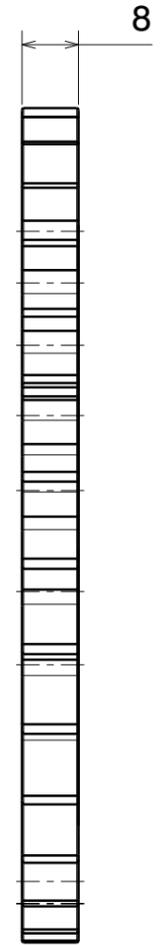
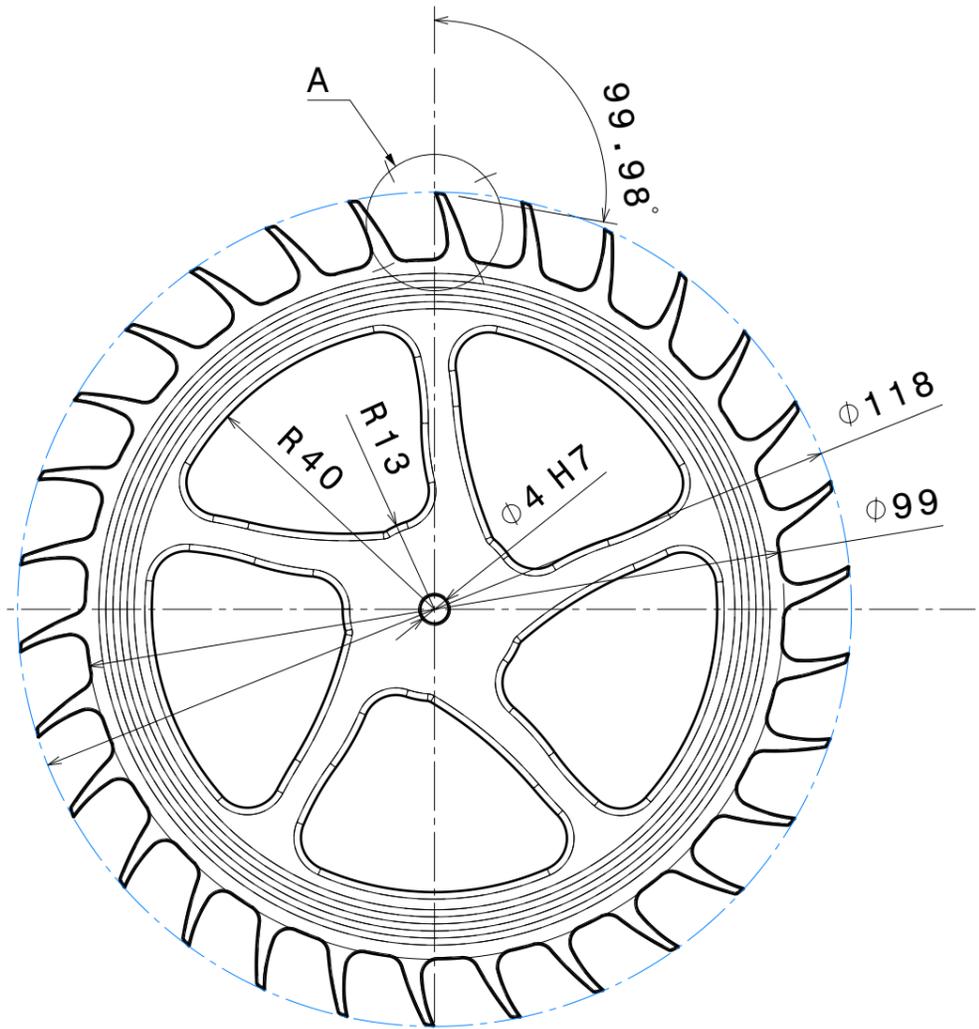
1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I.	I	-
DATE: 15/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO DE FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE A4	EJE "IV"	E	-
		D	-
SCALE 1:1	DRAWING NUMBER TF 07 15 03 47	C	-
WEIGHT (kg)	SHEET 6/7	B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		A	-

D

A

H G F E D C B A



Detail A
Scale: 3:1

MARCA	35
MATERIAL	madera de NOGAL
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADO
CANTIDAD	1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I.		I	-
DATE: 15/02/2015	DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO DE FIN DE GRADO		G	-
DATE: XXX	ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		F	-
SIZE: A3	RUEDA ESCAPE		E	-
SCALE: 1:1	WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER: TF 07 15 03 35	D	-
		SHEET: 5/7	C	-
			B	-
			A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

H G F E D C B A

D

C

B

A

4

4

3

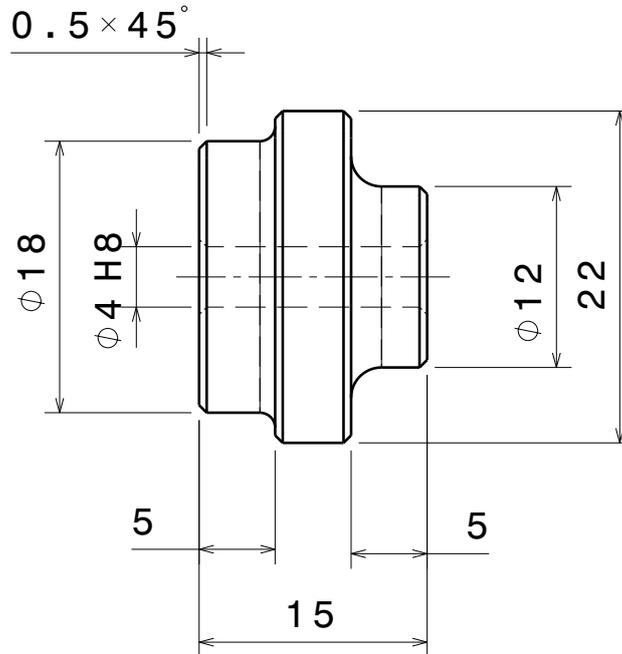
3

2

2

1

1



MARCA	33
MATERIAL	madera de PINO
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADO
CANTIDAD	1

DESIGNED BY:

JLuis

DATE:

15/02/2015

CHECKED BY:

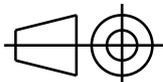
XXX

DATE:

XXX

SIZE

A4



E.E.I.I.

DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO

TRABAJO DE FIN DE GRADO
ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO

DISTANCIADOR

SCALE

2:1

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER

TF 07 15 03 33

SHEET

4/7

I

-

H

-

G

-

F

-

E

-

D

-

C

-

B

-

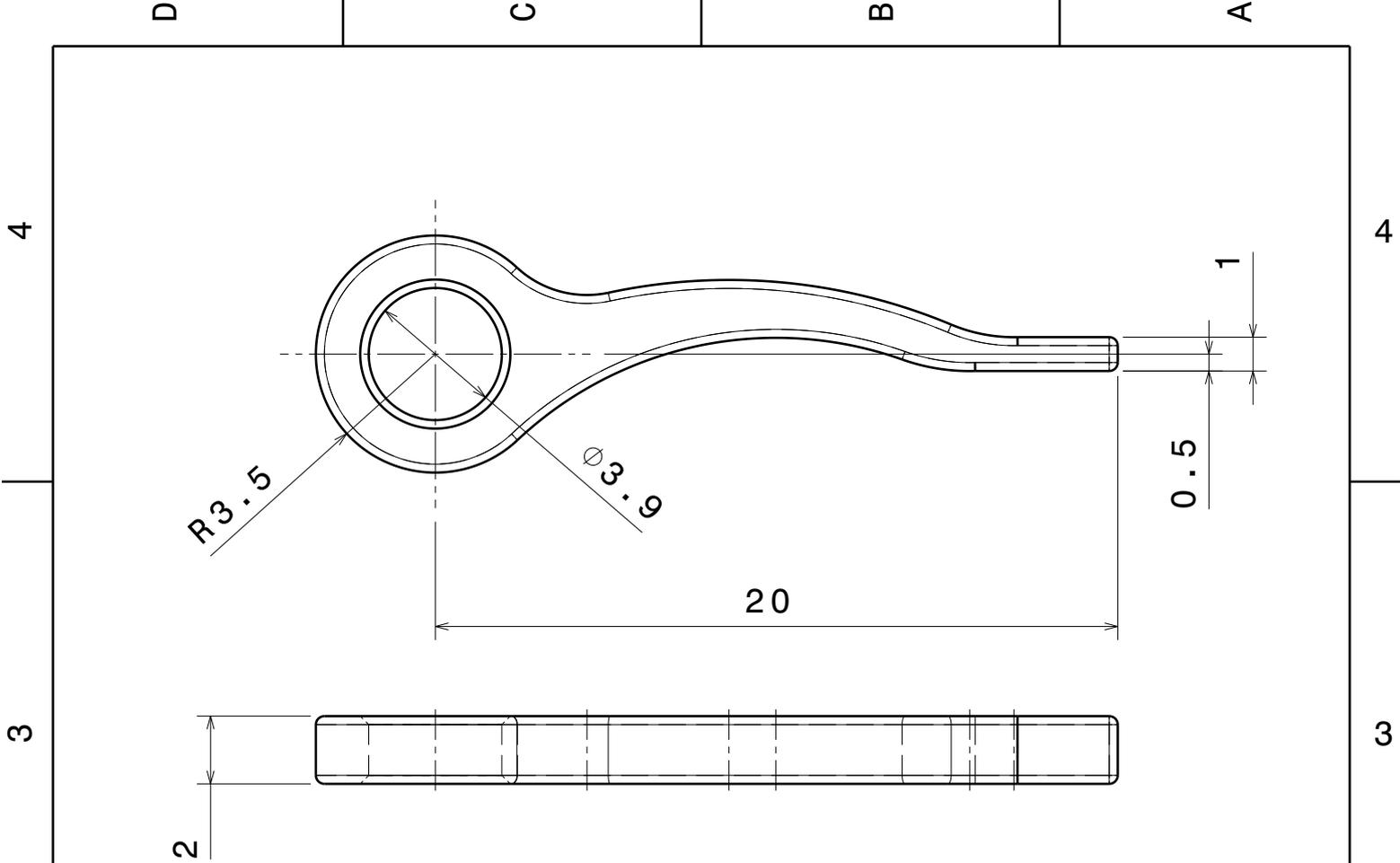
A

-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A



MARCA	16
MATERIAL	LATON
ACABADO	Ra 3,2
TRATAMIENTO	PINTADO
CANTIDAD	1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I.	I	-
DATE: 15/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE A4	TRABAJO DE FIN DE GRADO	E	-
		D	-
SCALE 5:1	ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	C	-
WEIGHT (kg)		B	-
DRAWING NUMBER TF 07 15 03 16	AGUJA SEGUNDERO	A	-
SHEET 2/7			

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

C

B

A

4

4

3

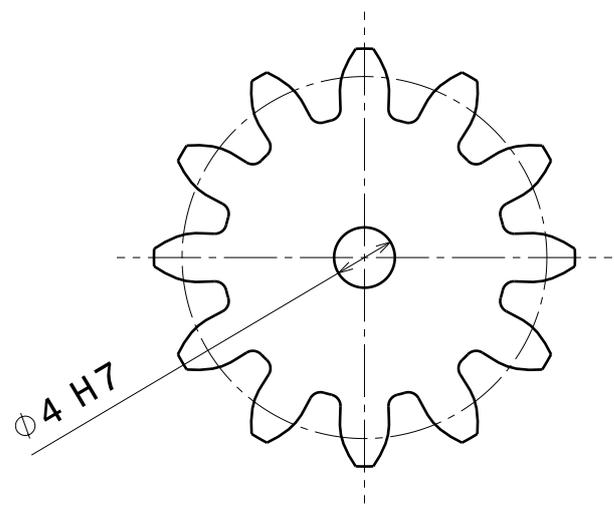
3

2

2

1

1



modulo	2
z	12
dext	28
dp	24
dint	19

MARCA	04
MATERIAL	Madera de NOGAL
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADO
CANTIDAD	1

DESIGNED BY:
JLuis

DATE:
15/02/2015

CHECKED BY:
XXX

DATE:
XXX

SIZE
A4

SCALE
2:1

WEIGHT (kg)

E.E.I.I.

DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO

TRABAJO DE FIN DE GRADO

ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO

PIÑÓN

DRAWING NUMBER
TF 07 15 03 04

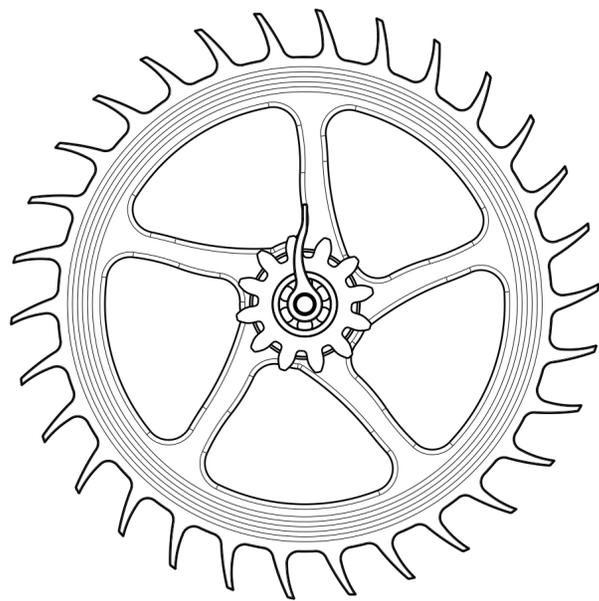
SHEET
3 / 7

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

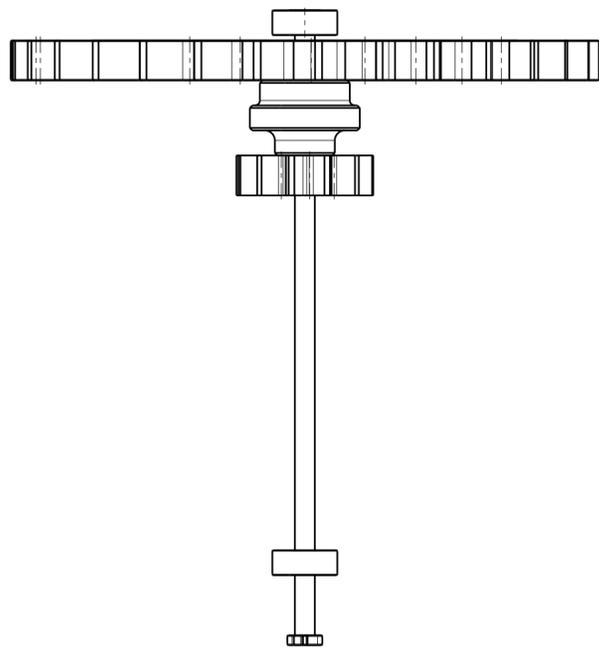
D

A



624

Ver plano TF 07 15 02 624



33 04

47

624

16

Ver plano TF 07 15 02 624

35

33

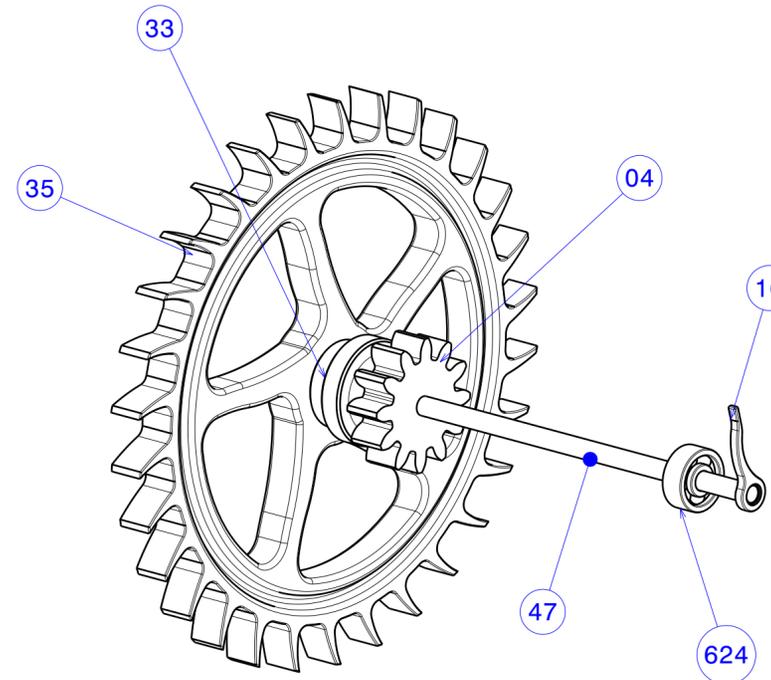
35

04

16

47

624



DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I.		I	-
DATE: 15/02/2015	DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO DE FIN DE GRADO		G	-
DATE: XXX	ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		F	-
SIZE: A2	CONJUNTO EJE "IV"		E	-
SCALE: 1:1	WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER TF 07 15 03 00	D	-
		SHEET 1/7	C	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			B	-
			A	-

TF 07 15 00 04 Conjunto EJE III

D

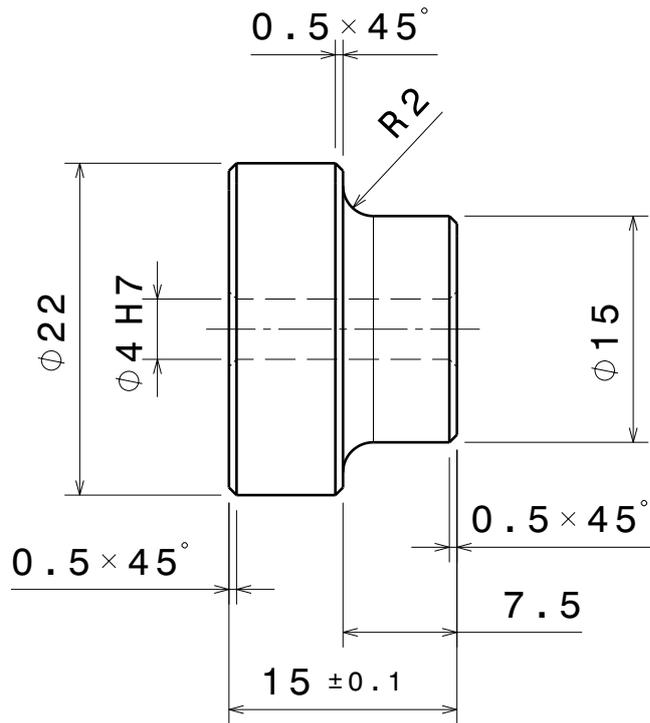
C

B

A

4

4



3

3

2

2

MARCA	71
MATERIAL	Madera de PINO
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADO
CANTIDAD	1

1

1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I.I DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	I	-
DATE: 15/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE A4	DISTANCIADOR	E	-
		D	-
SCALE 2:1	DRAWING NUMBER TF 07 15 04 71	C	-
WEIGHT (kg)	SHEET 5/5	B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		A	-

D

A

D

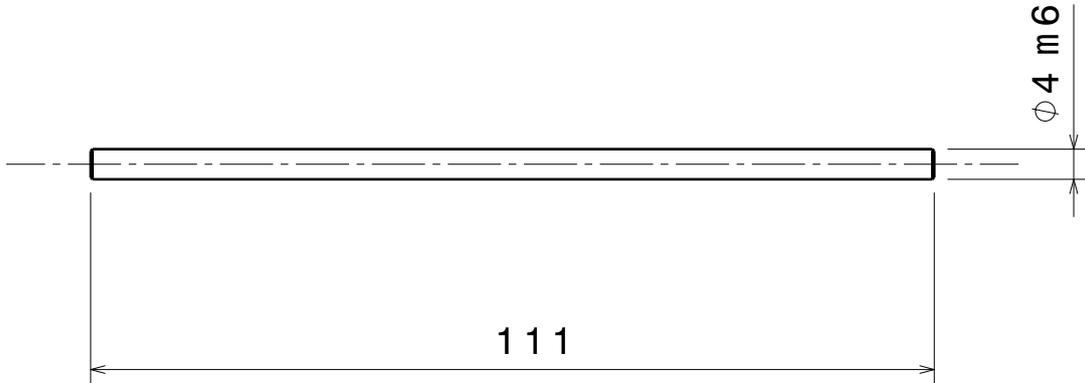
C

B

A

4

4



3

3

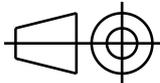
2

2

MARCA	48
MATERIAL	LATON
ACABADO	Ra3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

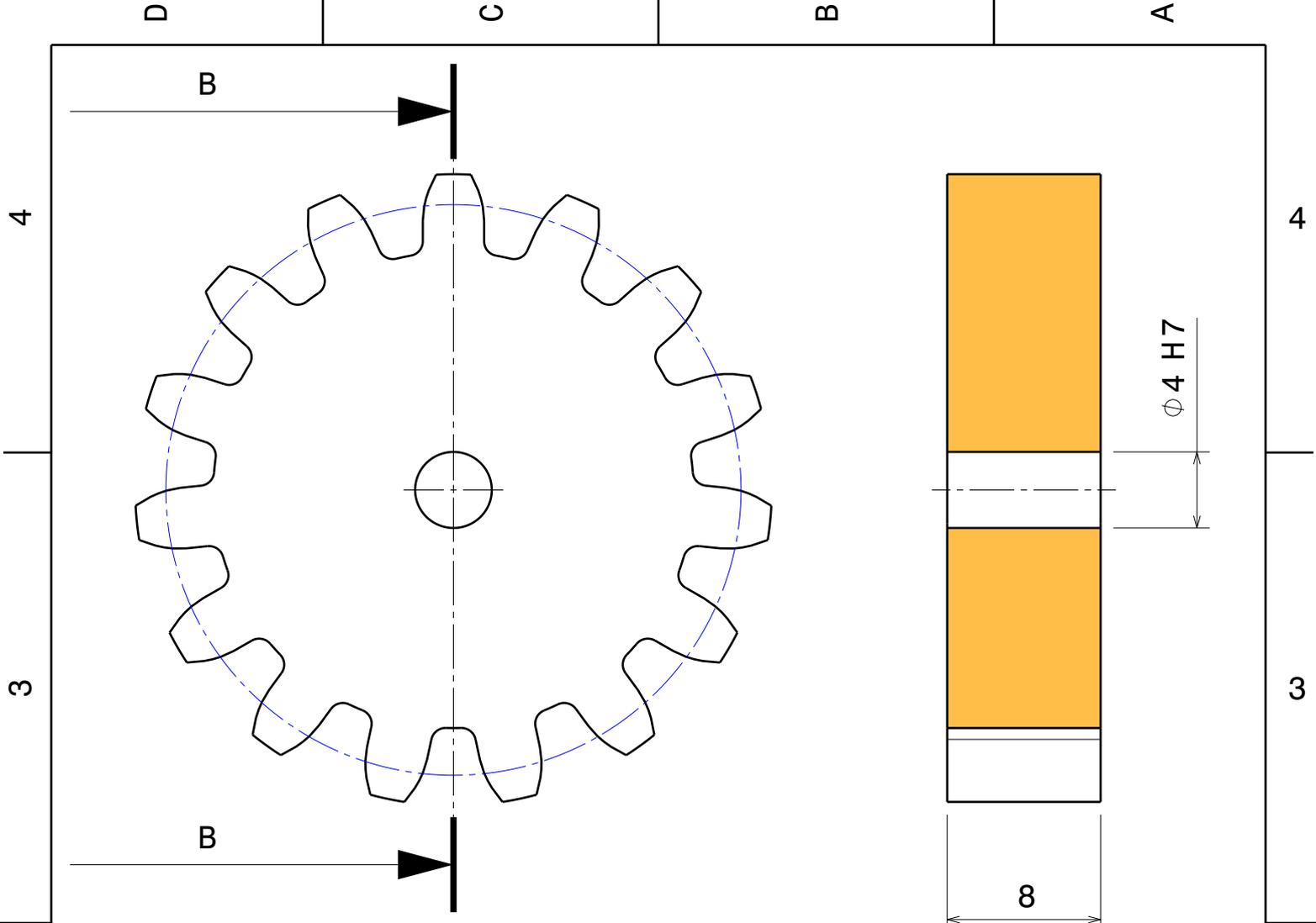
1

1

DESIGNED BY: JLuis		E.E.I.I.I DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		I	-
DATE: 15/02/2015				H	-
CHECKED BY: XXX				G	-
DATE: XXX		F	-		
SIZE A4		E	-		
SCALE 1:1		DRAWING NUMBER TF 07 15 04 48		D	-
				SHEET 4/5	
WEIGHT (kg)		A		B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.				A	-

D

A



modulo	2
z	15
dext	34
dp	30
dint	25

MARCA	06
MATERIAL	Madera de NOGAL
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADO
CANTIDAD	1

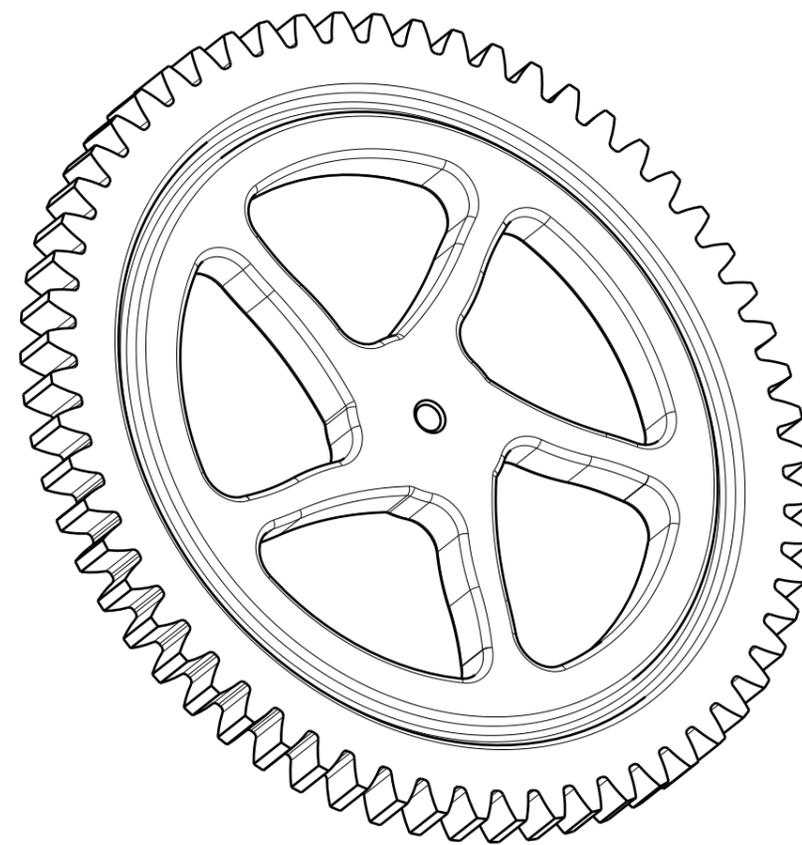
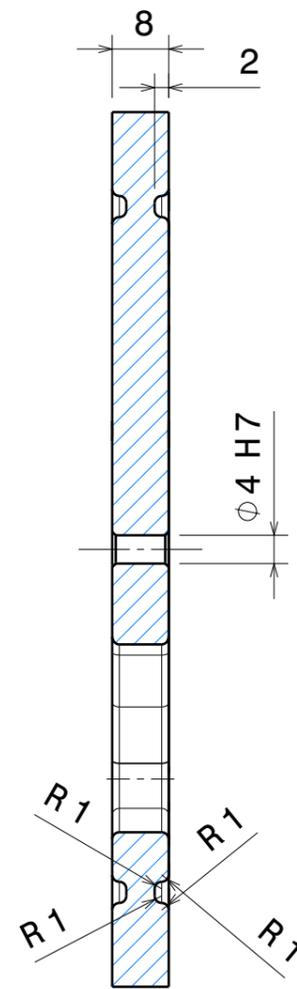
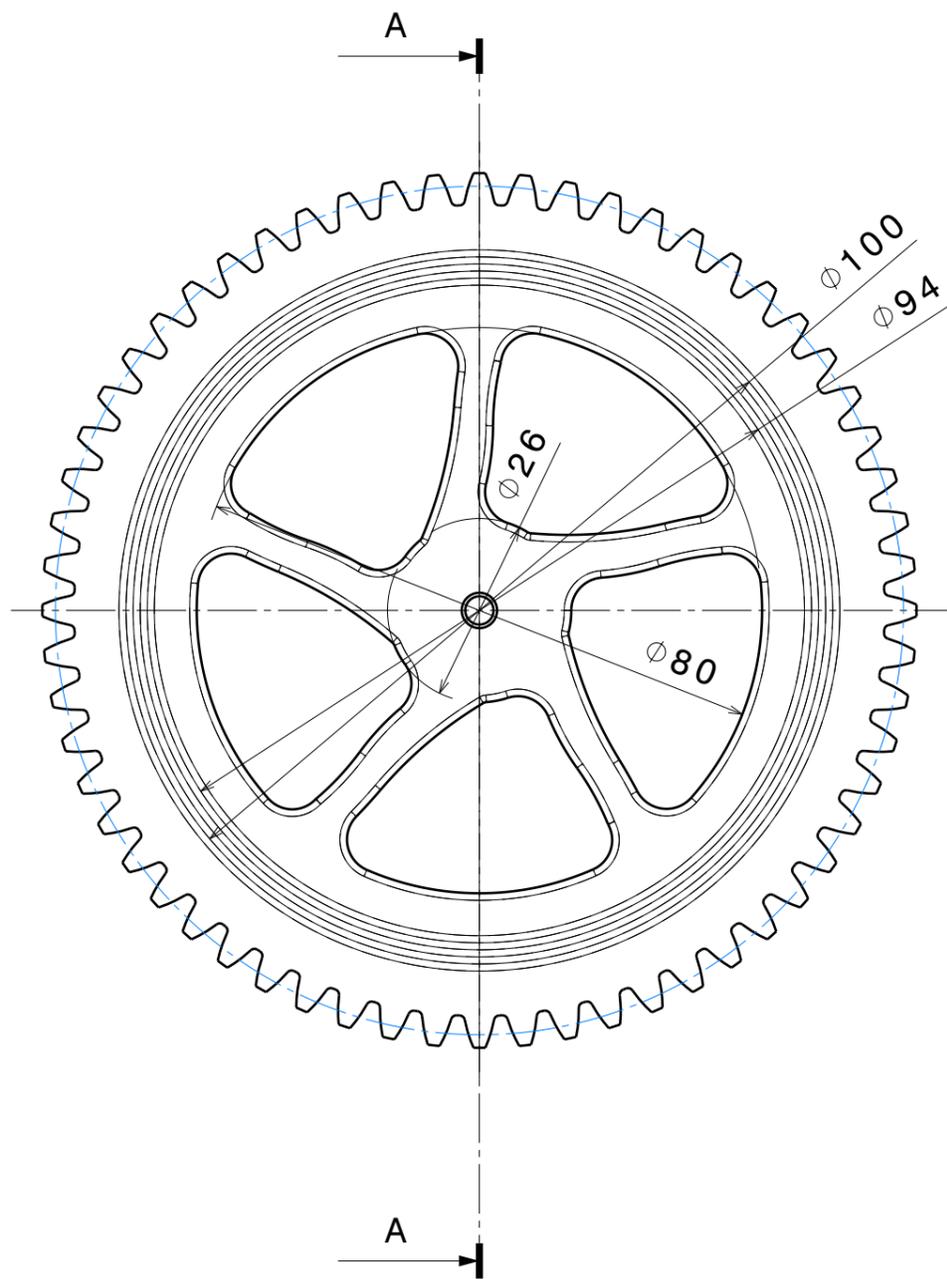
DESIGNED BY:	JLuis
DATE:	15/02/2015
CHECKED BY:	XXX
DATE:	XXX
SIZE	A4
SCALE	1:1
WEIGHT (kg)	

E.E.I.I.I	
DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	
TRABAJO FIN DE GRADO	
ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	
PIÑON	
DRAWING NUMBER	TF 07 15 04 06
SHEET	3/5

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.





modulo	2
z	60
dext	124
dp	120
dint	115

MARCA	05
MATERIAL	Madera de NOGAL
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADO
CANTIDAD	1

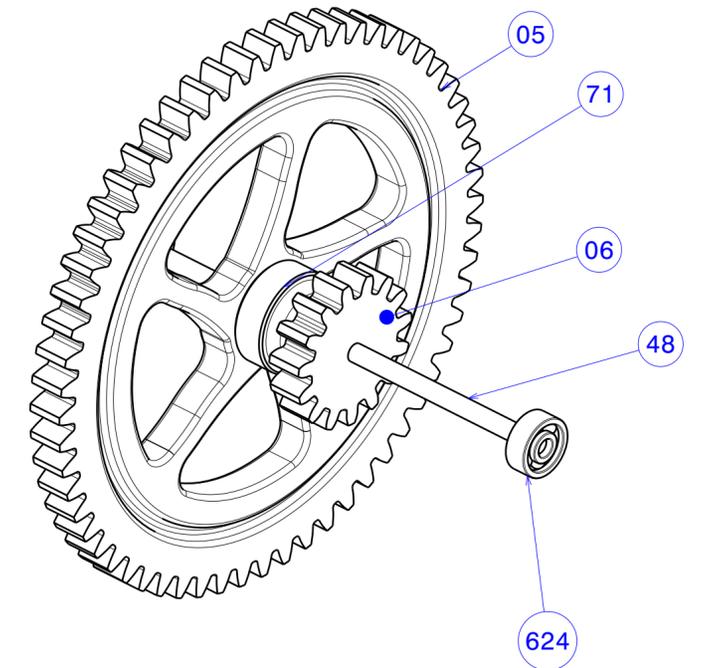
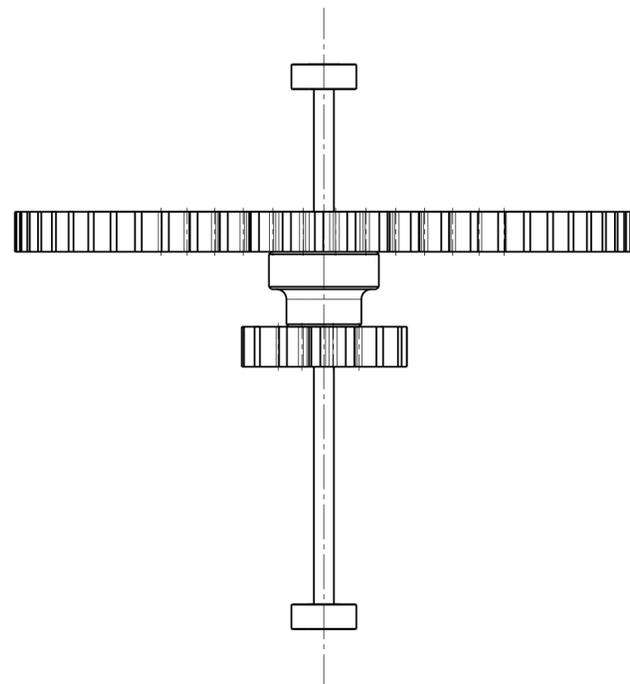
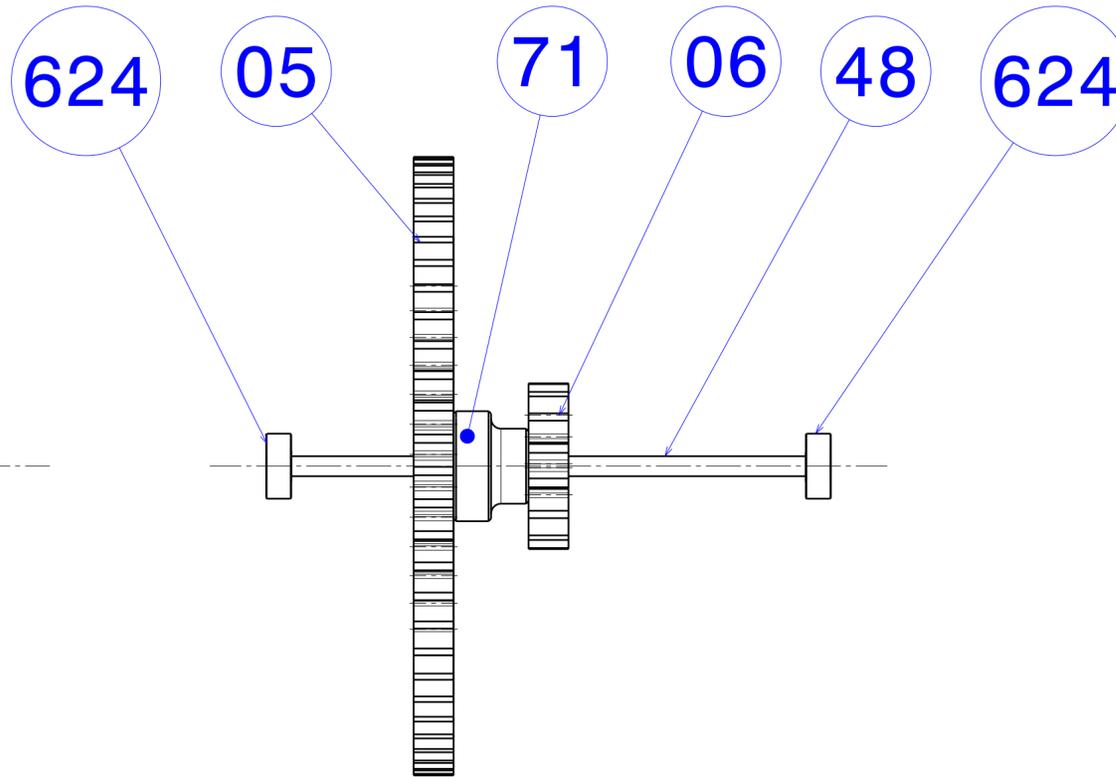
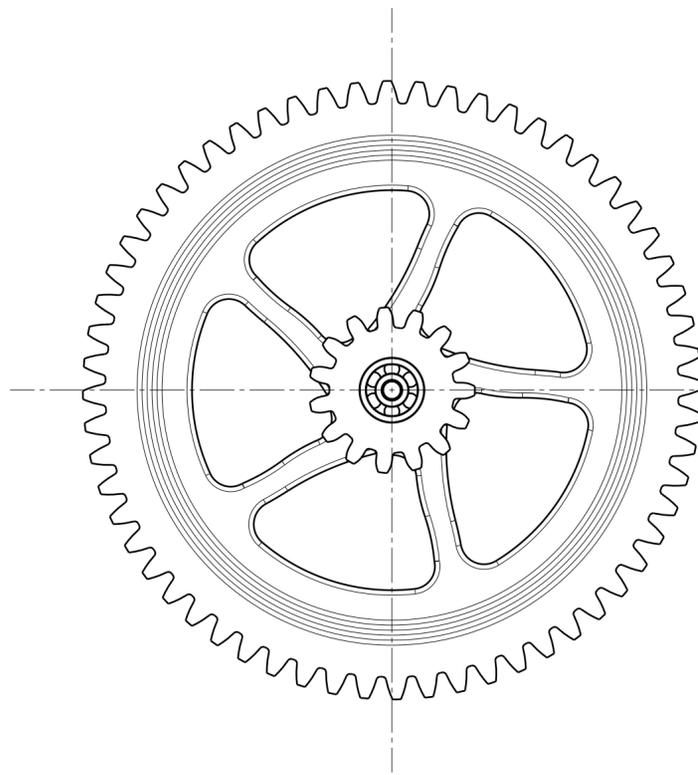
DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I.I DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO		I	-
DATE: 15/02/2015			TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	
CHECKED BY: XXX	RUEDA			
DATE: XXX			DRAWING NUMBER TF 07 15 04 05	
SIZE A3	SHEET 2/5			
SCALE 1:1			WEIGHT (kg)	

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

H G F E D C B A

Ver plano TF 07 15 02 624

Ver plano TF 07 15 02 624



DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I.I DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO		I	-
DATE: 15/02/2015			H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		G	-
DATE: XXX			F	-
SIZE A2		CONJUNTO EJE "III"	E	-
SCALE 1:1			D	-
WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER TF 07 15 04 00	SHEET 1/5	C	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			B	-
			A	-

H G F E D C B A

TF 07 15 00 05 Conjunto EJE II

D

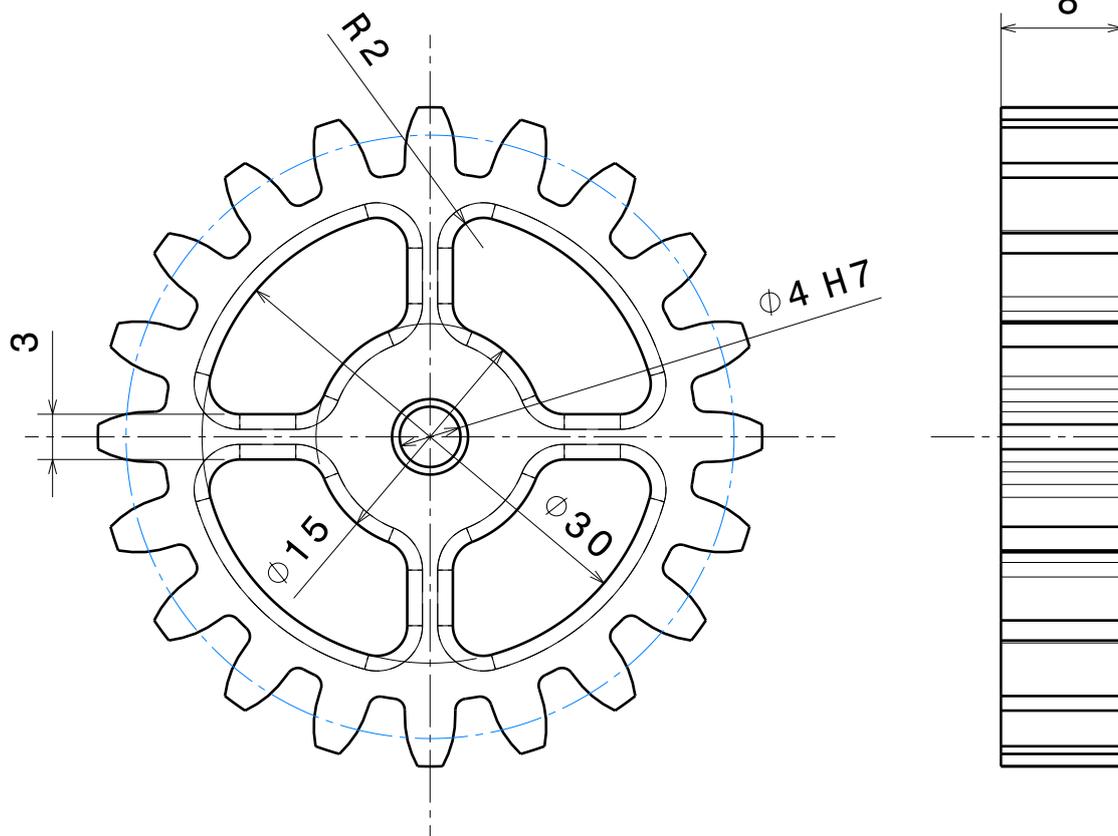
C

B

A

4

4



3

3

2

2

1

1

modulo	2
z	20
dext	44
dp	40
dint	35

MARCA	07
MATERIAL	Madera de NOGAL
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADO
CANTIDAD	1

DESIGNED BY:

JLuis

DATE:

15/02/2015

CHECKED BY:

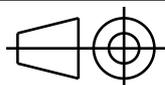
XXX

DATE:

XXX

SIZE

A4



SCALE

2:1

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER

TF 07 15 05 07

SHEET

2/2

E.E.I.I.

DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO

TRABAJO FIN DE GRADO

ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO

PIÑÓN

I -

H -

G -

F -

E -

D -

C -

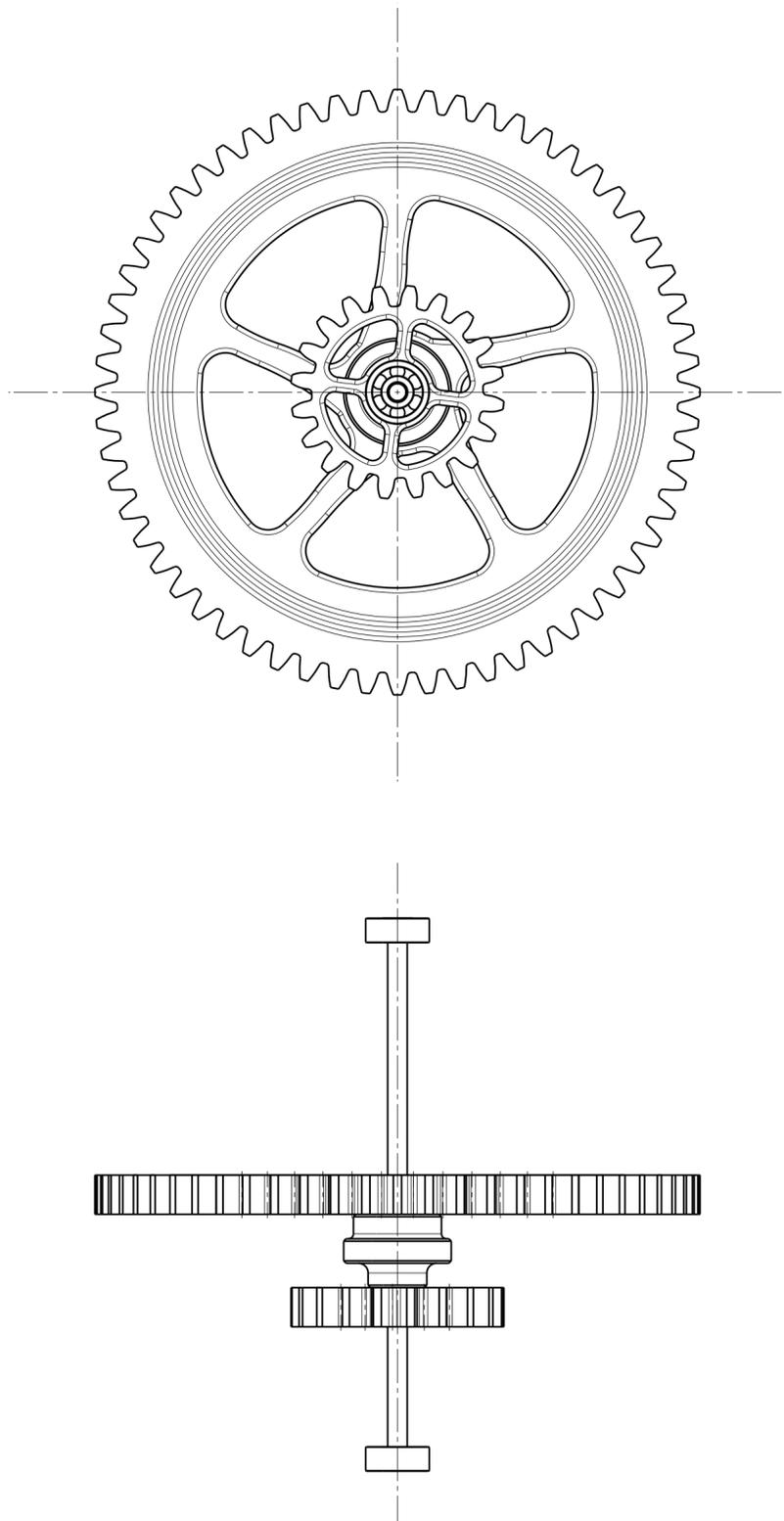
B -

A -

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A



ver plano TF 07 15 02 624

ver plano TF 07 15 04 05

ver plano TF 07 15 02 624

624

05

624

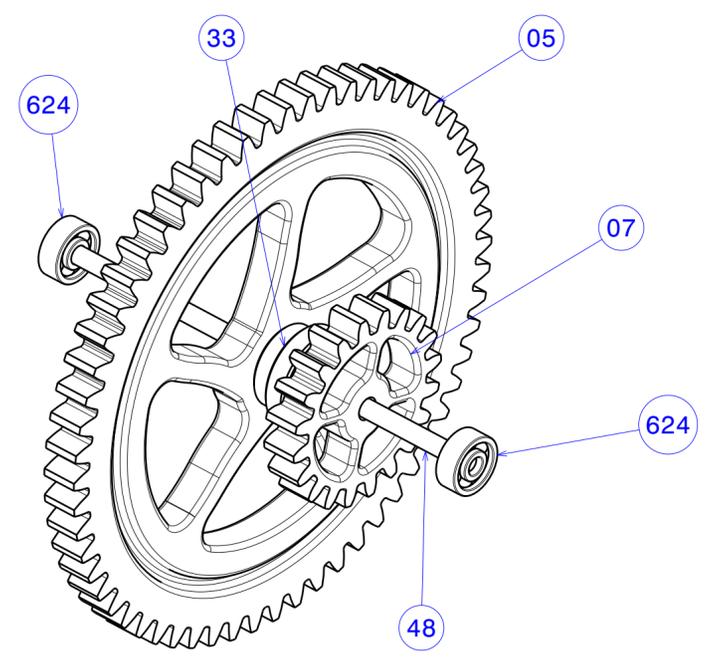
48

33

07

ver plano TF 07 15 04 48

ver plano TF 07 15 03 33



DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO		I	-
DATE: 15/02/2015			H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		G	-
DATE: XXX			F	-
SIZE: A2	CONJUNTO EJE "II"		E	-
SCALE: 1:1			D	-
WEIGHT (kg): [Symbol]	DRAWING NUMBER: TF 07 15 05 00	SHEET: 1/2	C	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			B	-
			A	-

TF 07 15 00 06 Conjunto EJE HORARIO

D

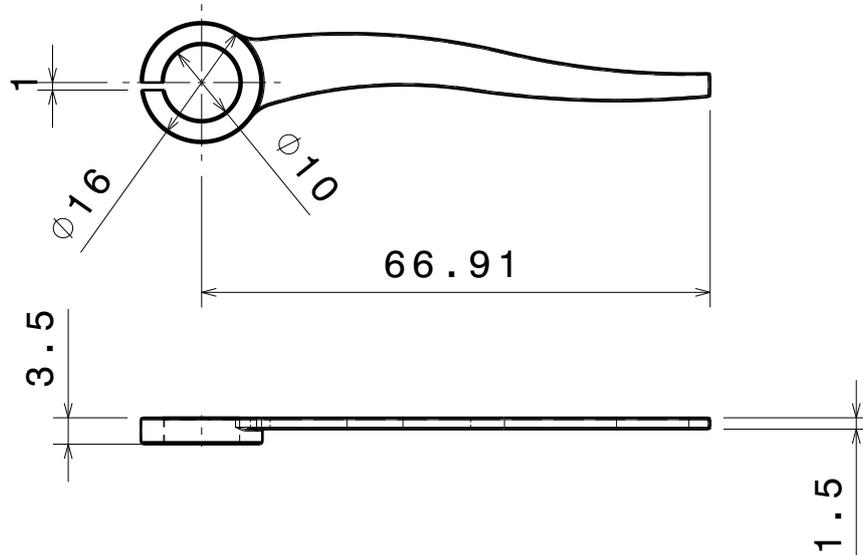
C

B

A

4

4



3

3

2

2

MARCA	65
MATERIAL	LATON
ACABADO	Ra 3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

1

1

DESIGNED BY: JLuis		E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		I	-
DATE: 15/02/2015				H	-
CHECKED BY: XXX		AGUJA HORARIA		G	-
DATE: XXX				F	-
SIZE A4				E	-
SCALE 1:1	WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER TF 07 15 06 65	SHEET 4/4	D	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.				C	-
				B	-
				A	-

D

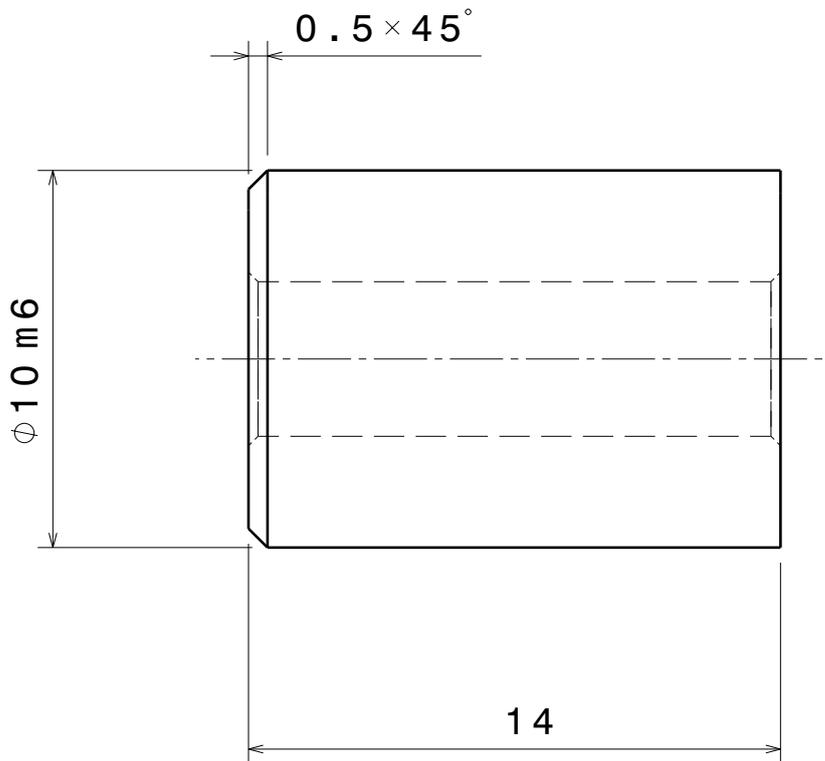
A

D

C

B

A



MARCA	42
MATERIAL	LATON
ACABADO	Ra 3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

DESIGNED BY:

JLuis

DATE:

15/02/2015

CHECKED BY:

XXX

DATE:

XXX

SIZE

A4



SCALE

5:1

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER

TF 07 15 06 42

SHEET

3/4

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A

4

4

3

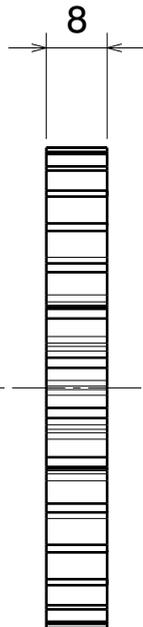
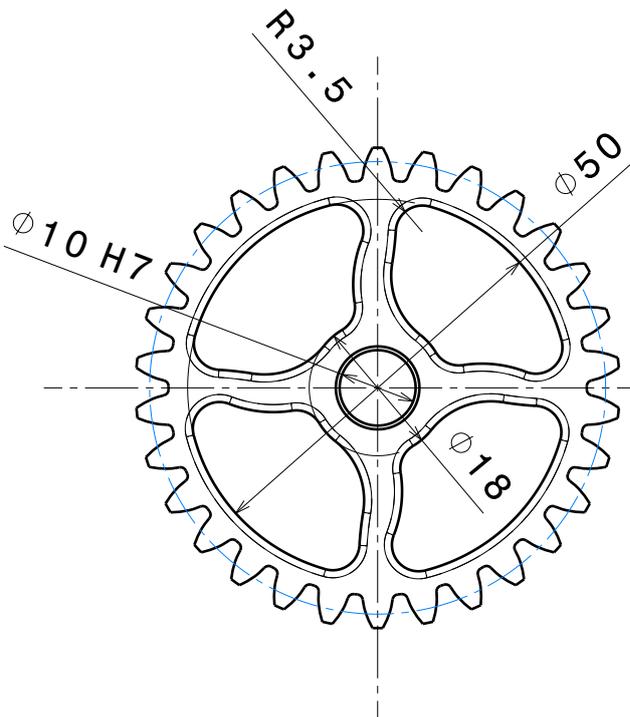
3

2

2

1

1



modulo	2
z	30
dext	64
dp	60
dint	55

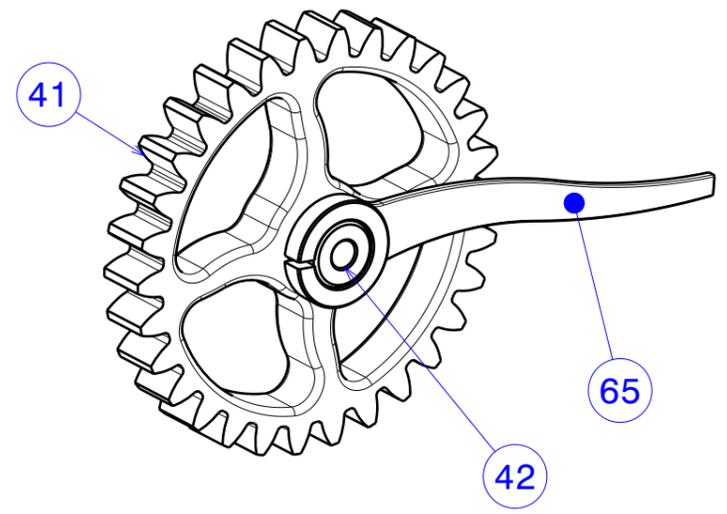
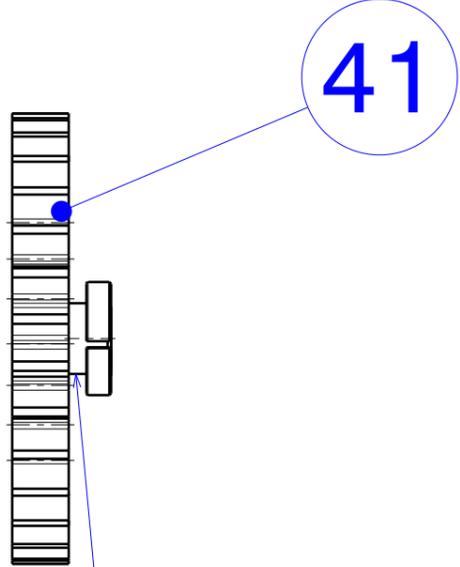
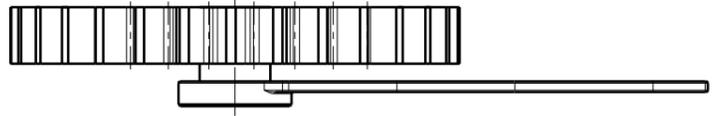
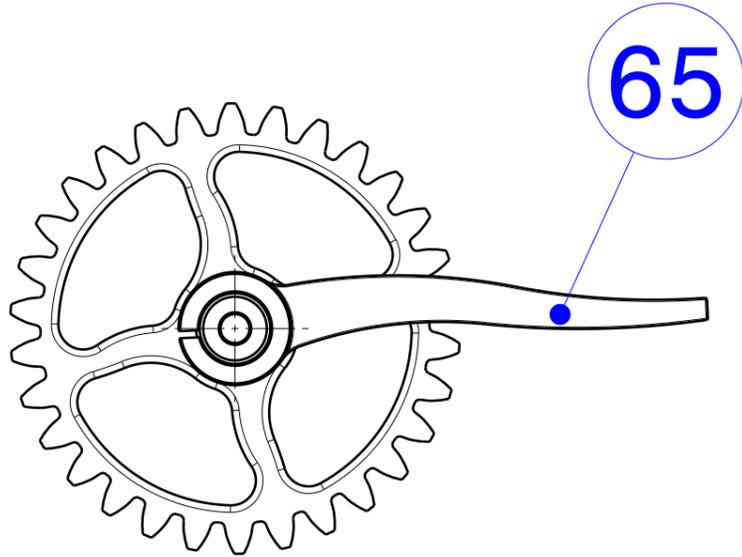
MARCA	41
MATERIAL	Madera de NOGAL
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADO
CANTIDAD	1

DESIGNED BY: JLuis
DATE: 15/02/2015
CHECKED BY: XXX
DATE: XXX
SIZE A4
SCALE 1:1

E.E.I.I.	
DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	
TRABAJO FIN DE GRADO	
ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	
RUEDA	
DRAWING NUMBER TF 07 15 06 41	SHEET 2/4

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.



DESIGNED BY: JLuis		E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		I	-
DATE: 15/02/2015				H	-
CHECKED BY: XXX		CONJUNTO EJE HORARIO		G	-
DATE: XXX				F	-
SIZE A3		TF 07 15 06 00		E	-
SCALE 1:1	WEIGHT (kg)			D	-
DRAWING NUMBER		1/4		C	-
DRAWING NUMBER TF 07 15 06 00				B	-
SHEET		1/4		A	-
SHEET 1/4					

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

**TF 07 15 00 07 Conjunto EJE HORARIO
INTERMEDIO**

D

C

B

A

4

4

3

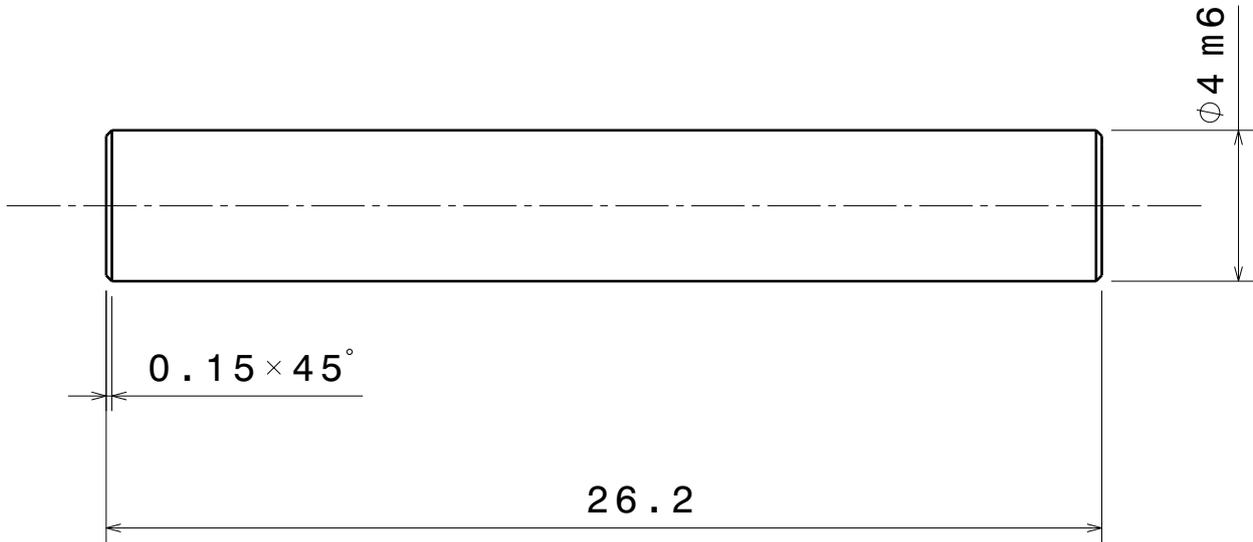
3

2

2

1

1



MARCA	44
MATERIAL	Madera de PINO
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADO
CANTIDAD	1

DESIGNED BY:

JLuis

DATE:

21/02/2015

CHECKED BY:

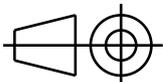
XXX

DATE:

XXX

SIZE

A4



SCALE

5:1

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER

TF 07 15 07 44

SHEET

4/4

E.E.I.I.**DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO****TRABAJO FIN DE GRADO****ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO****EJE**

I -

H -

G -

F -

E -

D -

C -

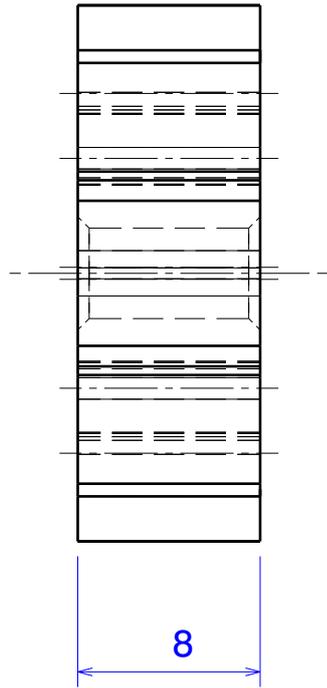
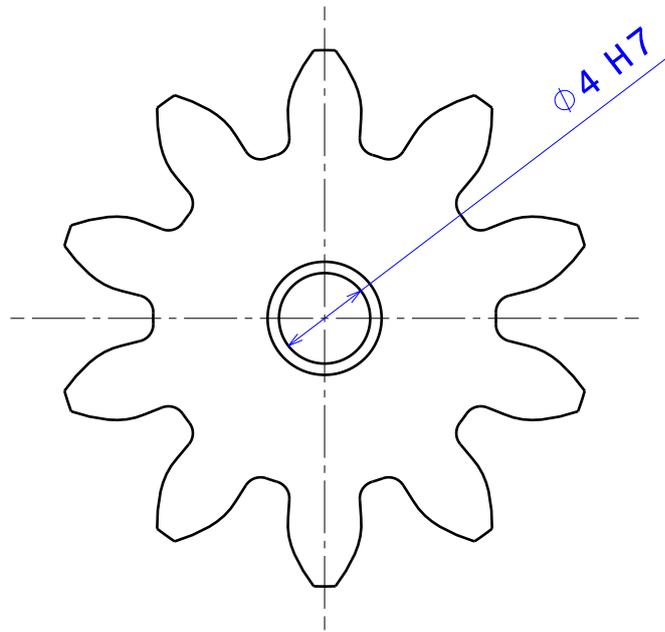
B -

A -

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A



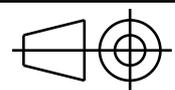
modulo	2
z	10
dext	24
dp	20
dint	15

MARCA	40
MATERIAL	Madera de HAYA
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADO
CANTIDAD	1

DESIGNED BY:
JLuis
DATE:
21/02/2015

CHECKED BY:
XXX
DATE:
XXX

SIZE
A4



E.E.I.I.
DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO
TRABAJO FIN DE GRADO
ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO

PIÑÓN

SCALE
3:1

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER
TF 07 15 07 40

SHEET
3/4

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

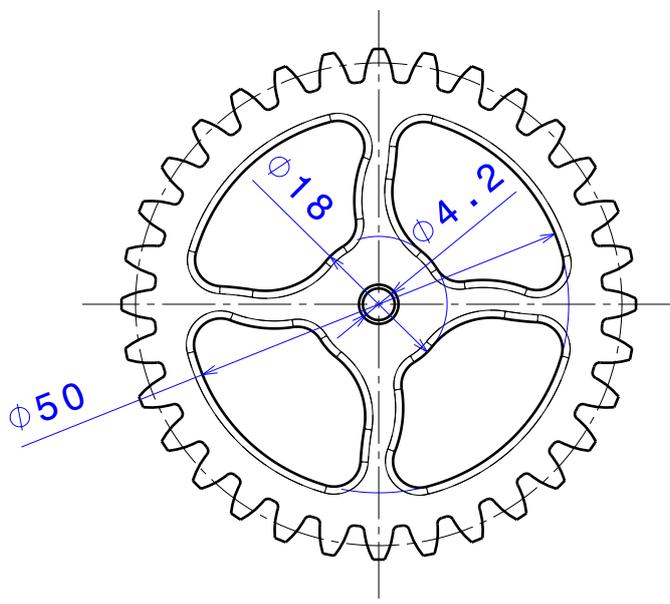
D

A

D C B A

4

4



3

3

2

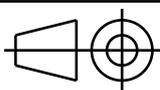
2

modulo	2
z	32
dext	68
dp	64
dint	59

MARCA	39
MATERIAL	Madera de HAYA
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADO
CANTIDAD	1

1

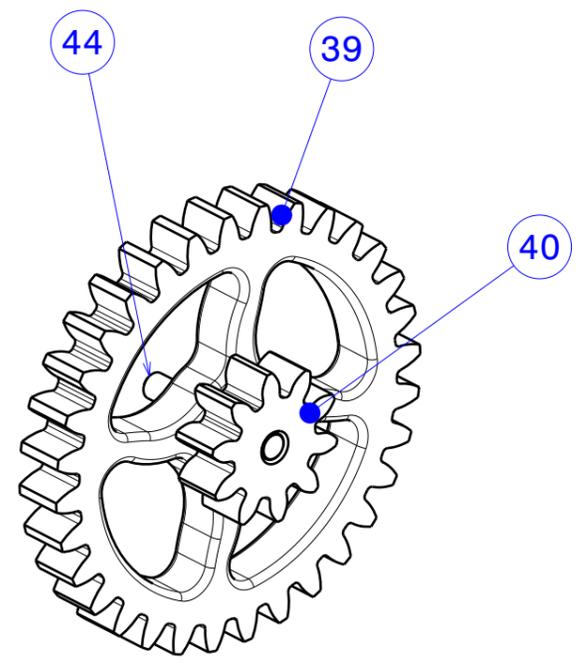
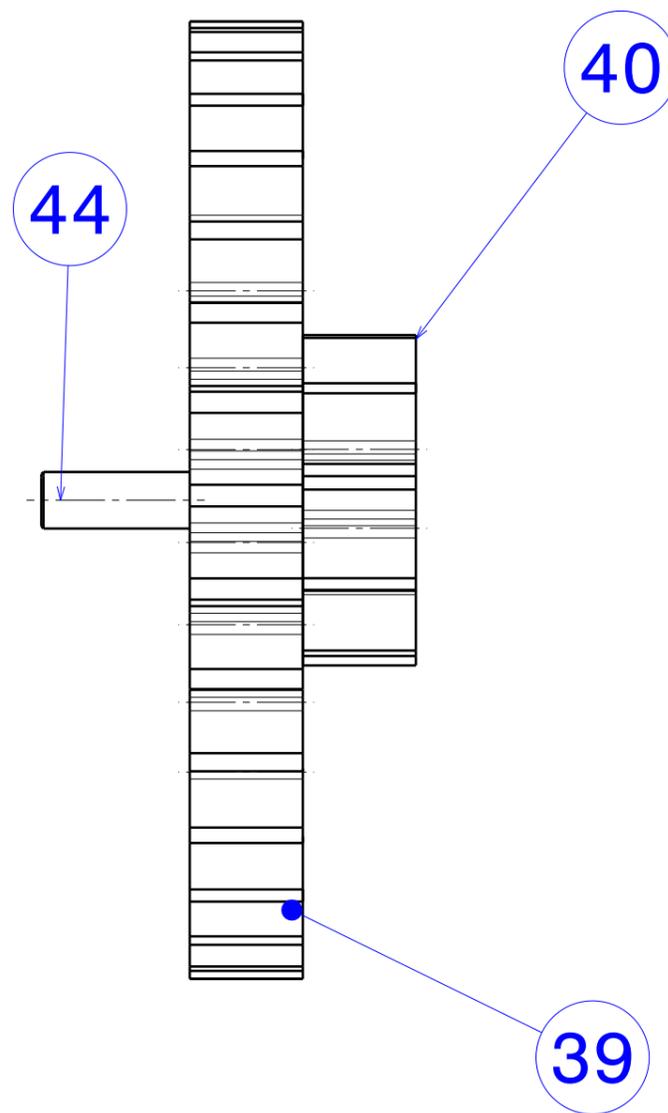
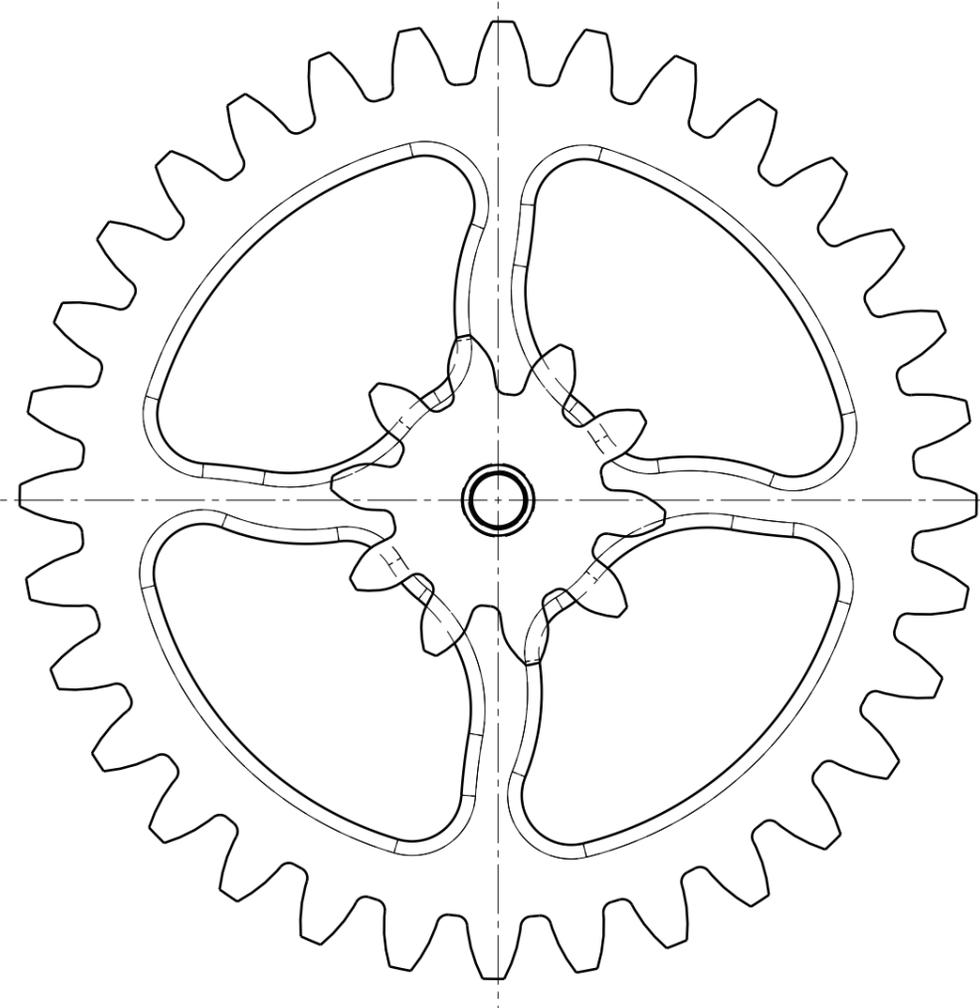
1

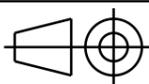
DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	I	-
DATE: 21/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	RUEDA	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE A4		E	-
SCALE 1:1		D	-
WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER TF 07 15 07 39	C	-
	SHEET 2/4	B	-
		A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A



DESIGNED BY: JLuis		E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO		I	-
DATE: 21/02/2015				H	-
CHECKED BY: XXX		TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		G	-
DATE: XXX				F	-
SIZE A3		Conjunto EJE HORARIO INTERMEDIO		E	-
SCALE 2:1	WEIGHT (kg)			D	-
DRAWING NUMBER TF 07 15 07 00		SHEET 1/4		C	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.				B	-
				A	-

TF 07 15 00 08 Conjunto EJE MINUTERO

D

C

B

A

4

4

3

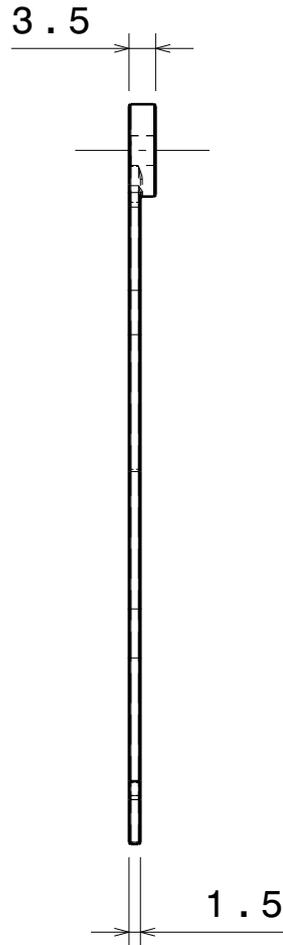
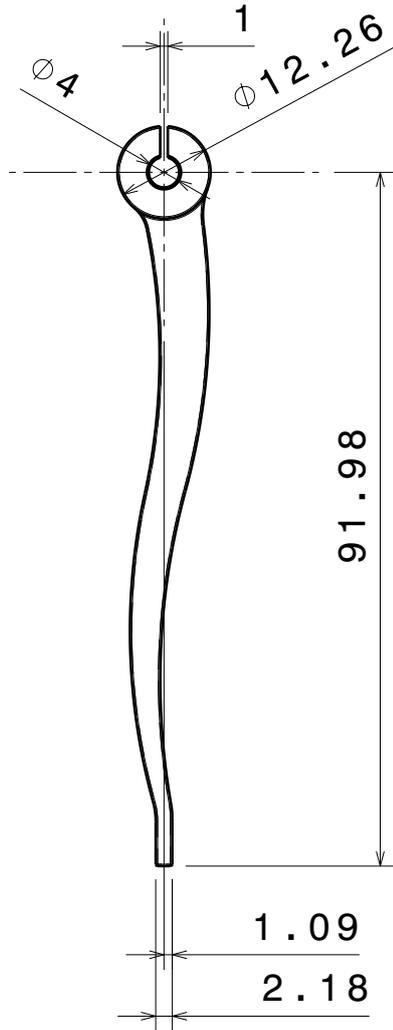
3

2

2

1

1



MARCA	66
MATERIAL	LATON
ACABADO	PULIDO
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

DESIGNED BY:

JLuis

DATE:

21/02/2015

CHECKED BY:

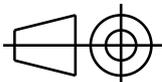
XXX

DATE:

XXX

SIZE

A4



SCALE

1:1

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER

TF 01 15 08 66

SHEET

5/6

I

-

H

-

G

-

F

-

E

-

D

-

C

-

B

-

A

-

E.E.I.I.
 DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO
 TRABAJO FIN DE GRADO
 ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO

AGUJA MINUTERO

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A

D

C

B

A

4

4

$\varnothing 4 \text{ mm}$

145

3

3

2

2

MARCA	45
MATERIAL	Madera de NOGAL
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADO
CANTIDAD	1

1

1

DESIGNED BY:

JLuis

DATE:

21/02/2015

CHECKED BY:

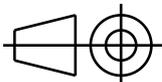
XXX

DATE:

XXX

SIZE

A4



SCALE

1:1

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER

TF 01 15 08 45

SHEET

4/6

I

-

H

-

G

-

F

-

E

-

D

-

C

-

B

-

A

-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

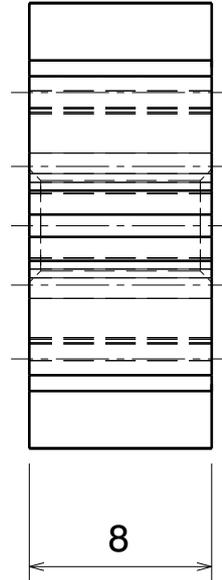
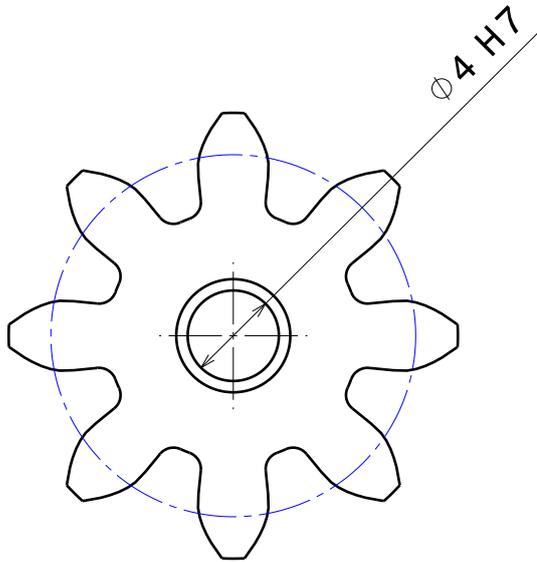
A

D

C

B

A



modulo	2
z	8
dext	20
dp	16
dint	11

MARCA	38
MATERIAL	Madera de NOGAL
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADO
CANTIDAD	1

DESIGNED BY:

JLuis

DATE:

21/02/2015

CHECKED BY:

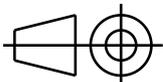
XXX

DATE:

XXX

SIZE

A4



SCALE

3:1

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER

TF 01 15 08 38

SHEET

3/6

E.E.I.I.

DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO

TRABAJO FIN DE GRADO
ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO

PIÑÓN

I -

H -

G -

F -

E -

D -

C -

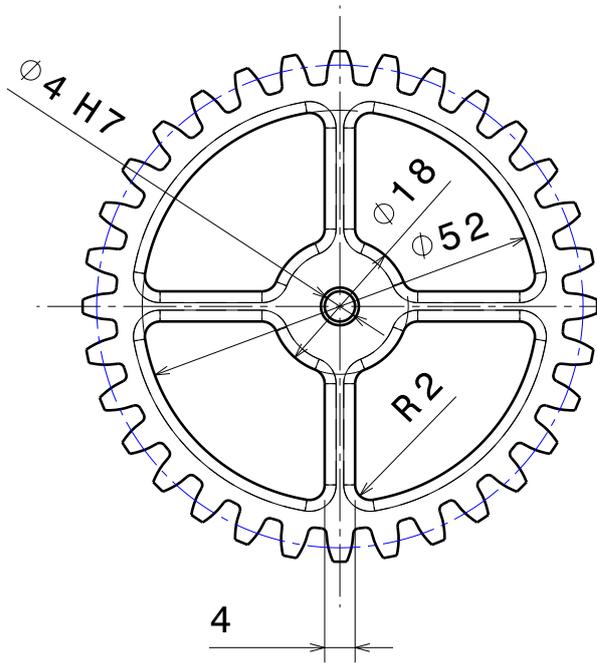
B -

A -

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A



modulo	2
z	32
dext	68
dp	64
dint	59

MARCA	08
MATERIAL	Madera de NOGAL
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADO
CANTIDAD	1

DESIGNED BY:	JLuis
DATE:	21/02/2015
CHECKED BY:	XXX
DATE:	XXX
SIZE	A4
SCALE	1:1
WEIGHT (kg)	

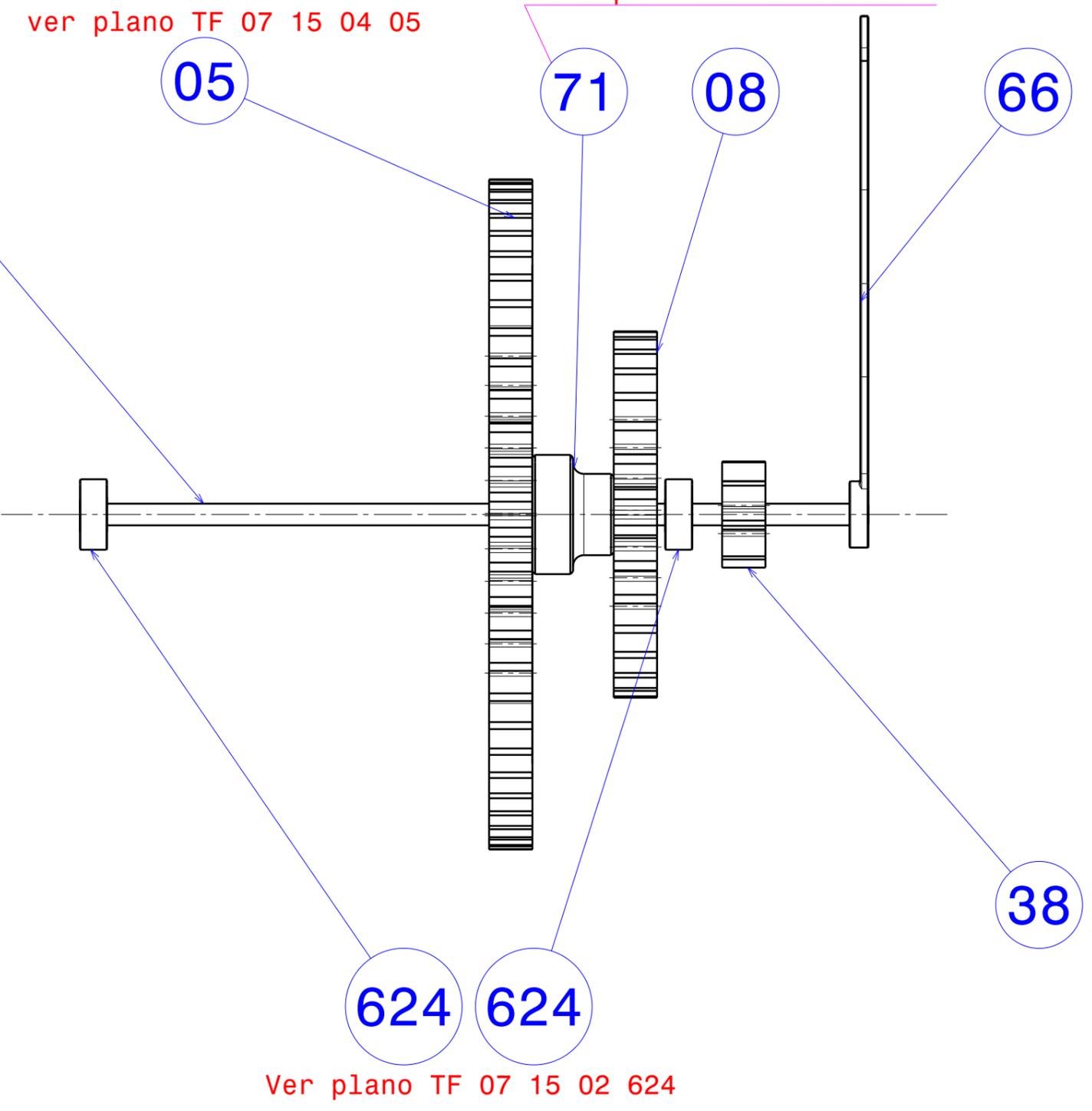
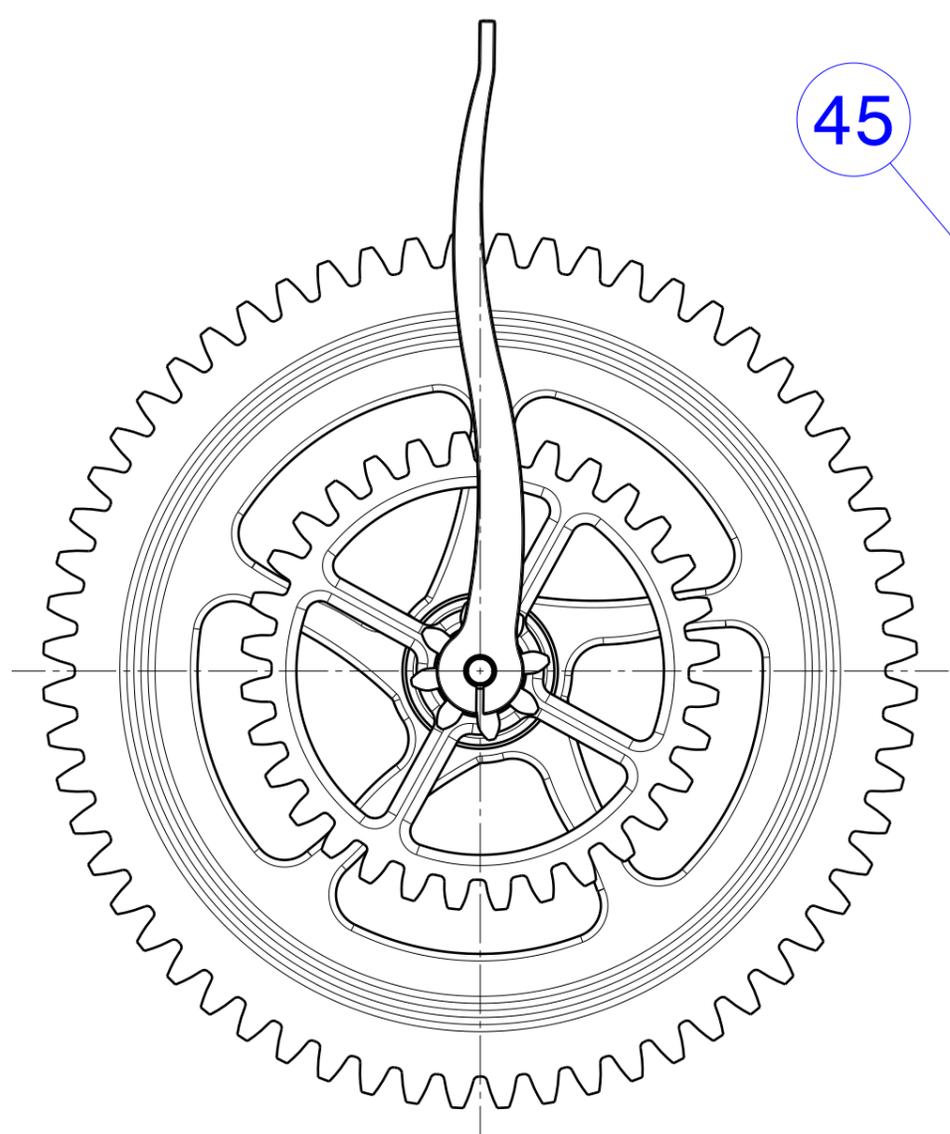
E.E.I.I.
 DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO
TRABAJO FIN DE GRADO
ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO

PIÑON

DRAWING NUMBER	TF 01 15 08 08	SHEET	2/6
----------------	-----------------------	-------	-----

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.



ver plano TF 07 15 04 05

ver plano TF 07 15 04 71

45

05

71

08

66

624

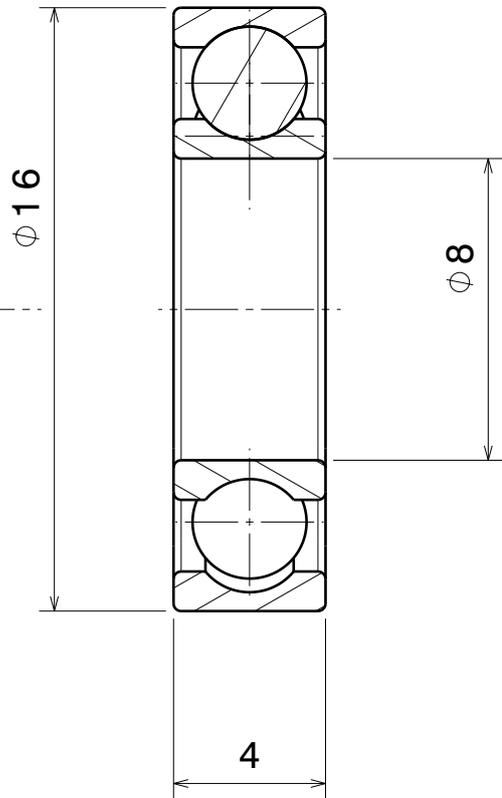
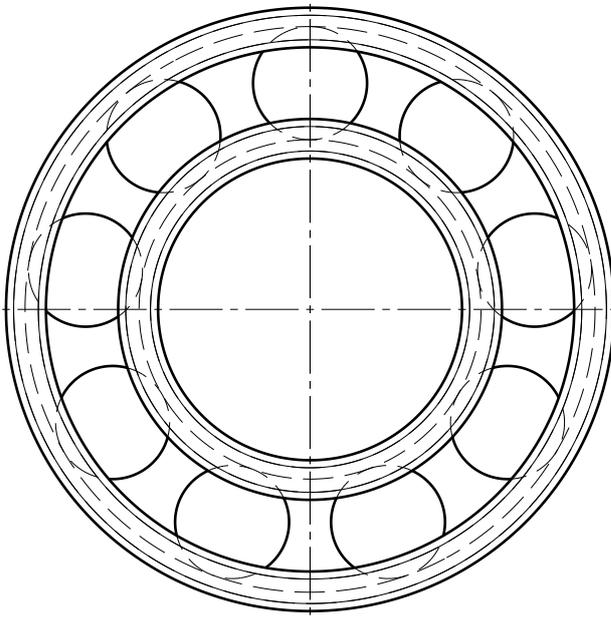
624

38

Ver plano TF 07 15 02 624

DESIGNED BY: JLuis		E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO		I	-
DATE: 21/02/2015				H	-
CHECKED BY: XXX		TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		G	-
DATE: XXX				F	-
SIZE A3		Conjunto EJE MINUTERO		E	-
SCALE 1:1	WEIGHT (kg)			D	-
DRAWING NUMBER TF 01 15 08 00		SHEET 1/6		C	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.				B	-
				A	-

**TF 07 15 00 09 Conjunto
TRINQUETERELOJ**



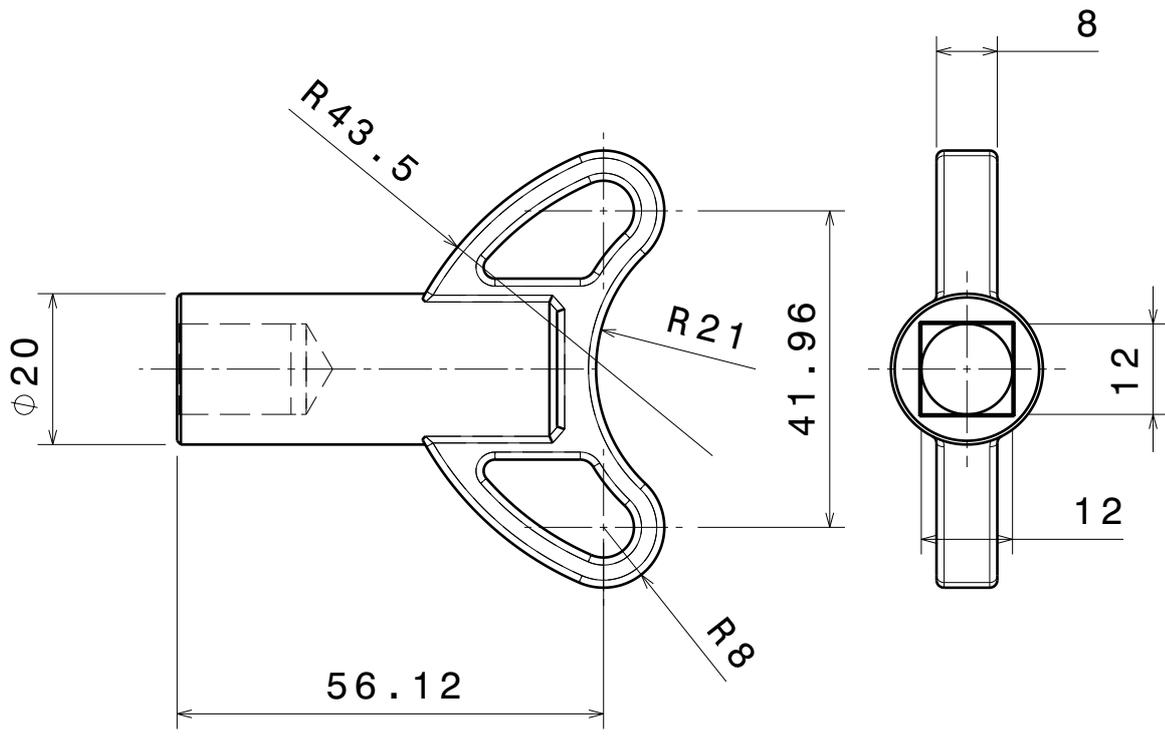
MARCA	618
MATERIAL	RODAMIENTO 618
ACABADO	
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	2

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	I	-
DATE: 22/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE A4	RODAMIENTO 618	E	-
		D	-
SCALE 5:1	WEIGHT (kg)	C	-
DRAWING NUMBER TF 07 15 09 618	SHEET 9/10	B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		A	-

D

A

D C B A



MARCA	70
MATERIAL	LATON
ACABADO	Ra3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

DESIGNED BY: JLuis
DATE: 22/02/2015
CHECKED BY: XXX
DATE: XXX
SIZE A4
SCALE 1:1

E.E.I.I.	
DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	
TRABAJO FIN DE GRADO	
ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	
LLAVE	
DRAWING NUMBER TF 07 15 09 70	SHEET 10/10

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

4
3
2
1

4
3
2
1

D A

D

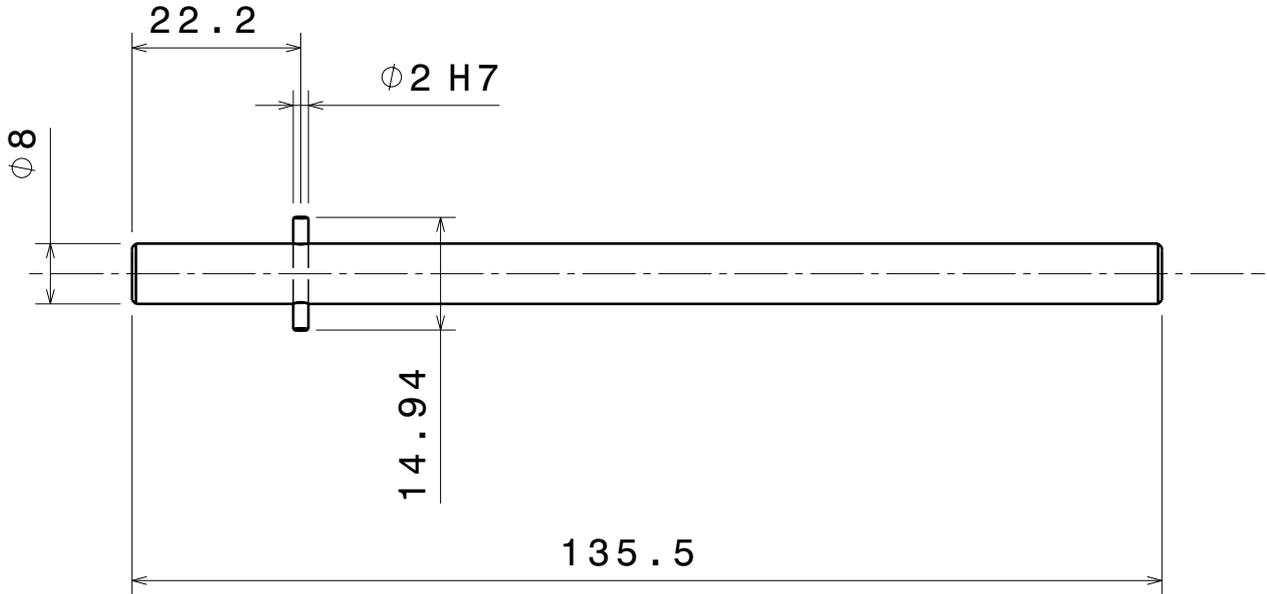
C

B

A

4

4



3

3

2

2

MARCA	46A
MATERIAL	LATON
ACABADO	Ra3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

1

1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	I	-
DATE: 22/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE A4	EJE TRINQUETE	E	-
		D	-
SCALE 1:1		C	-
WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER TF 07 15 09 46A	B	-
	SHEET 8/10	A	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			

D

A

D

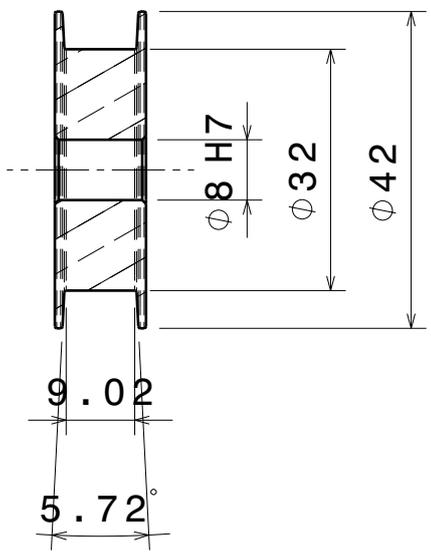
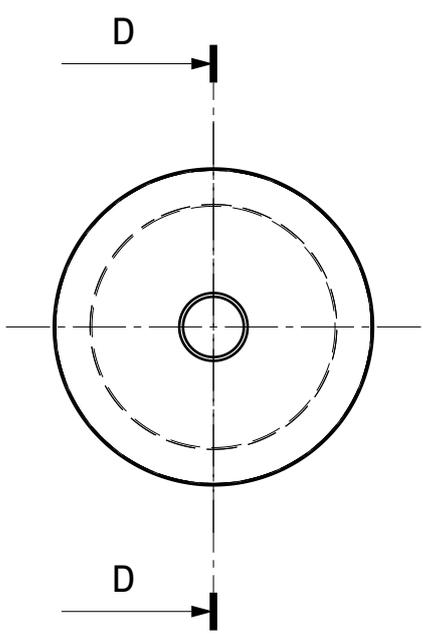
C

B

A

4

4



3

3

2

2

MARCA	14
MATERIAL	LATON
ACABADO	Ra3,2
TRATAMIENTO	PULIDO
CANTIDAD	1

1

1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	I	-
DATE: 22/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX		G	-
DATE: XXX	F	-	
SIZE A4	POLEA	E	-
		D	-
SCALE 1:1	WEIGHT (kg)	C	-
DRAWING NUMBER TF 07 15 09 14	SHEET 7/10	B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		A	-

D

A

D

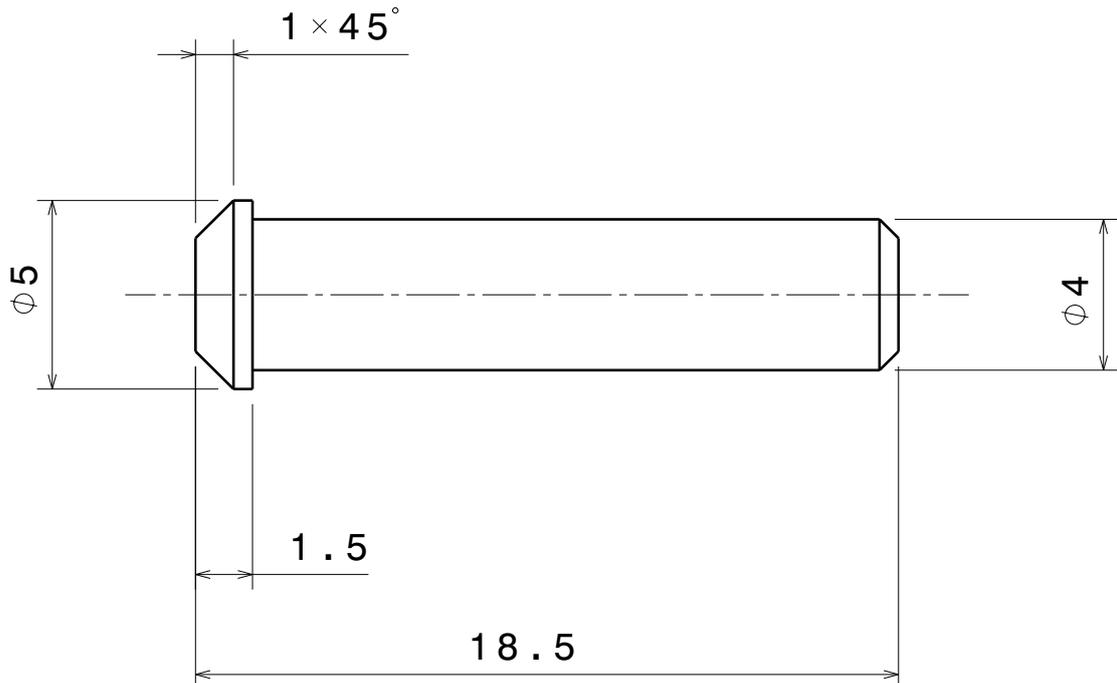
C

B

A

4

4



3

3

2

2

MARCA	13
MATERIAL	LATON
ACABADO	Ra3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

1

1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	I	-
DATE: 22/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE A4	BULON	E	-
		D	-
SCALE 5:1		C	-
WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER TF 07 15 09 13	B	-
	SHEET 6/10	A	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			

D

A

D C B A

4

3

2

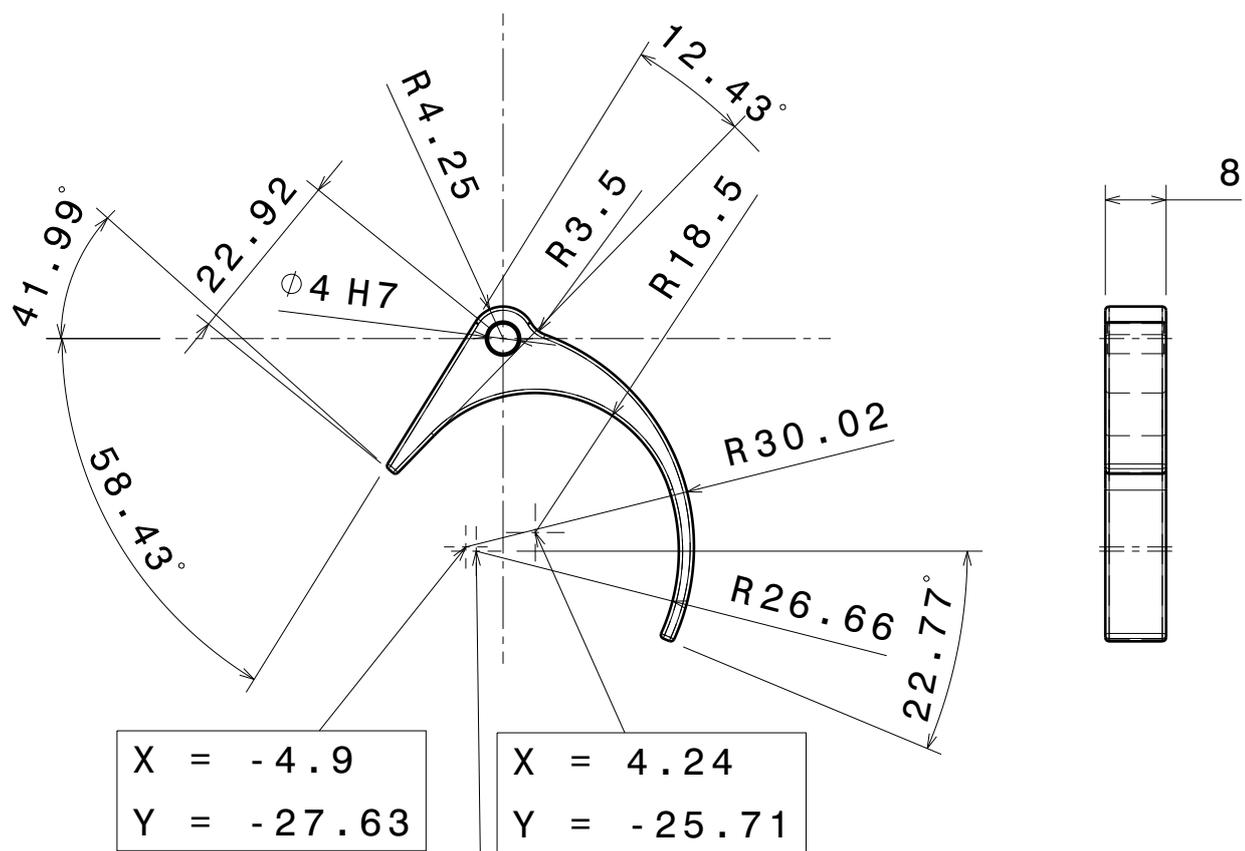
1

4

3

2

1



X = -4.9
Y = -27.63

X = 4.24
Y = -25.71

X = -3.53
Y = -28.19

MARCA	12
MATERIAL	Madera de NOGAL
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADO
CANTIDAD	1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	I	-
DATE: 22/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE A4	TRINQUETE	E	-
SCALE 1:1		D	-
WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER TF 07 15 09 12	C	-
	SHEET 5/10	B	-
		A	-

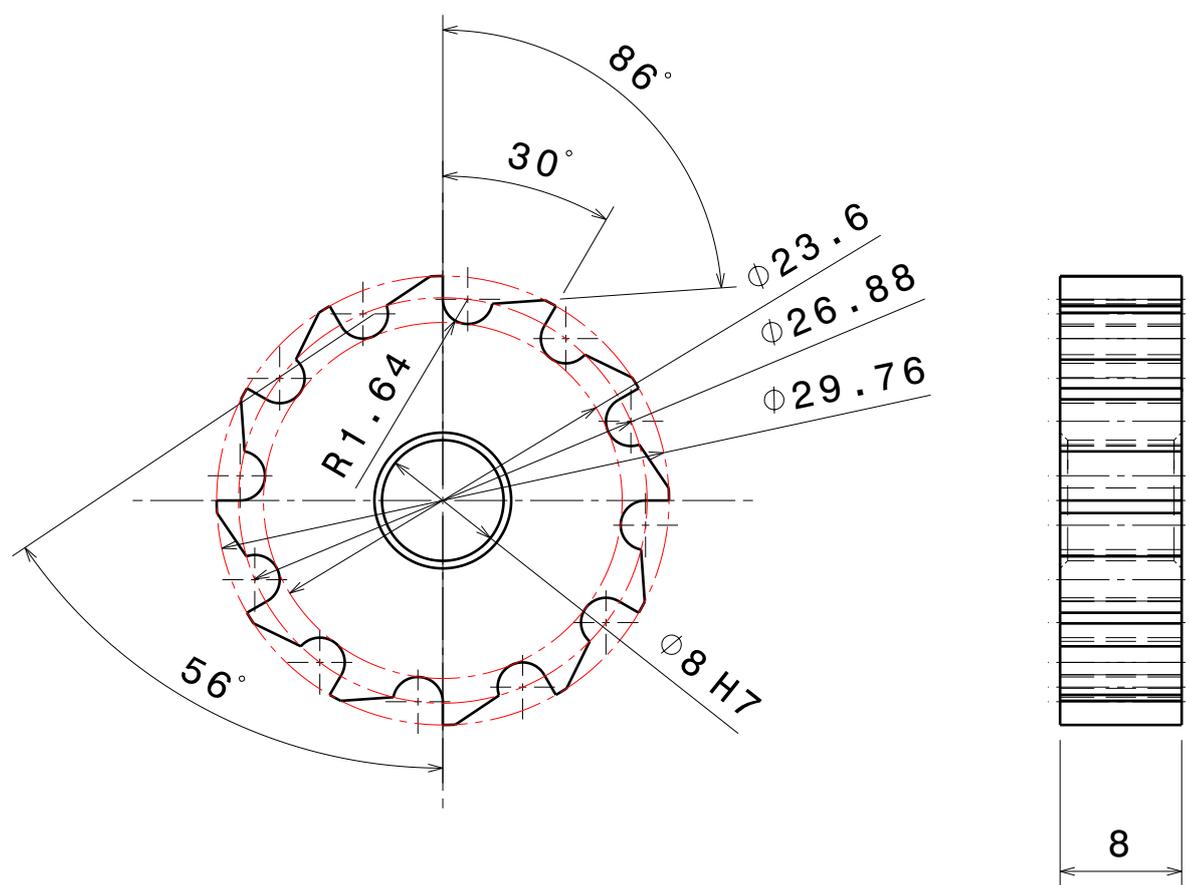
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D A

D C B A

4

4



3

3

2

2

MARCA	11
MATERIAL	Madera de NOGAL
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADO
CANTIDAD	1

1

1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	I	-
DATE: 22/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE A4	RUEDA TRINQUETE	E	-
		D	-
SCALE 2:1	DRAWING NUMBER TF 07 15 09 11	C	-
WEIGHT (kg)	SHEET 4/10	B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		A	-

D A

D C B A

4

3

2

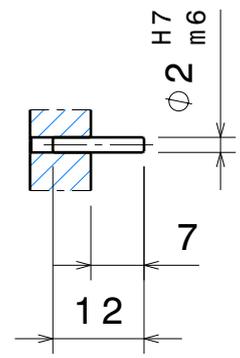
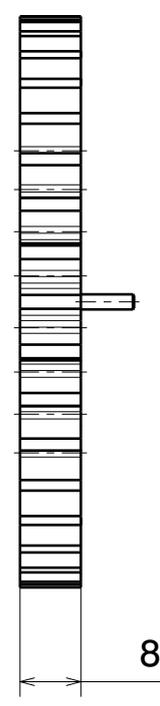
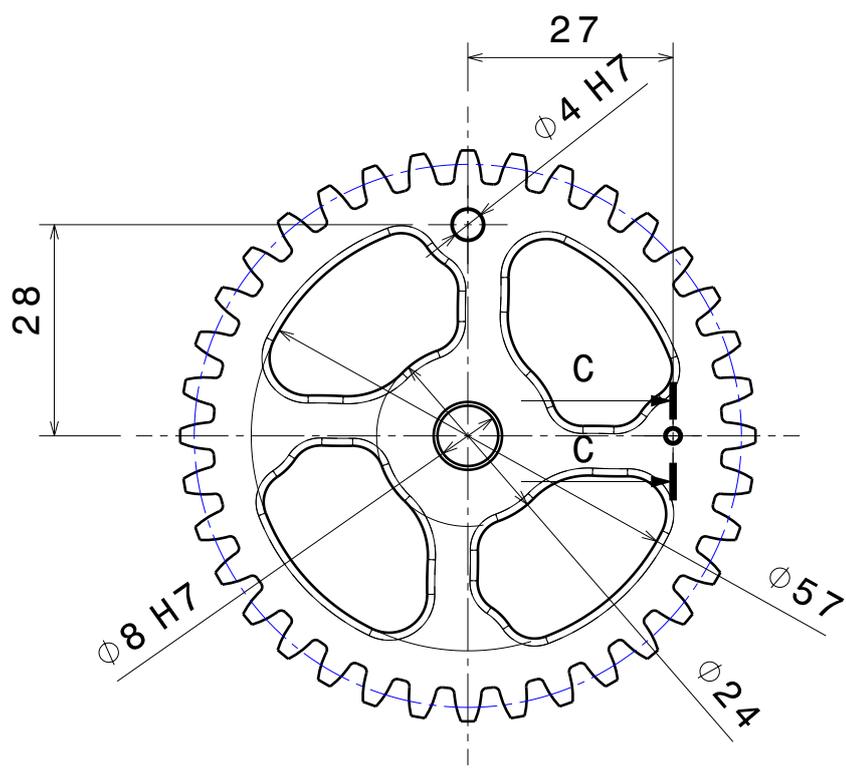
1

4

3

2

1



modulo	2
z	36
dext	76
dp	72
dint	68

MARCA	10
MATERIAL	Madera de NOGAL
ACABADO	LIJADO
TRATAMIENTO	ENCERADO
CANTIDAD	1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO
DATE: 22/02/2015	
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO
DATE: XXX	
SIZE A4	RUEDA
SCALE 1:1	
WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER TF 07 15 09 10
	SHEET 3/10

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D A

D C B A

4

3

2

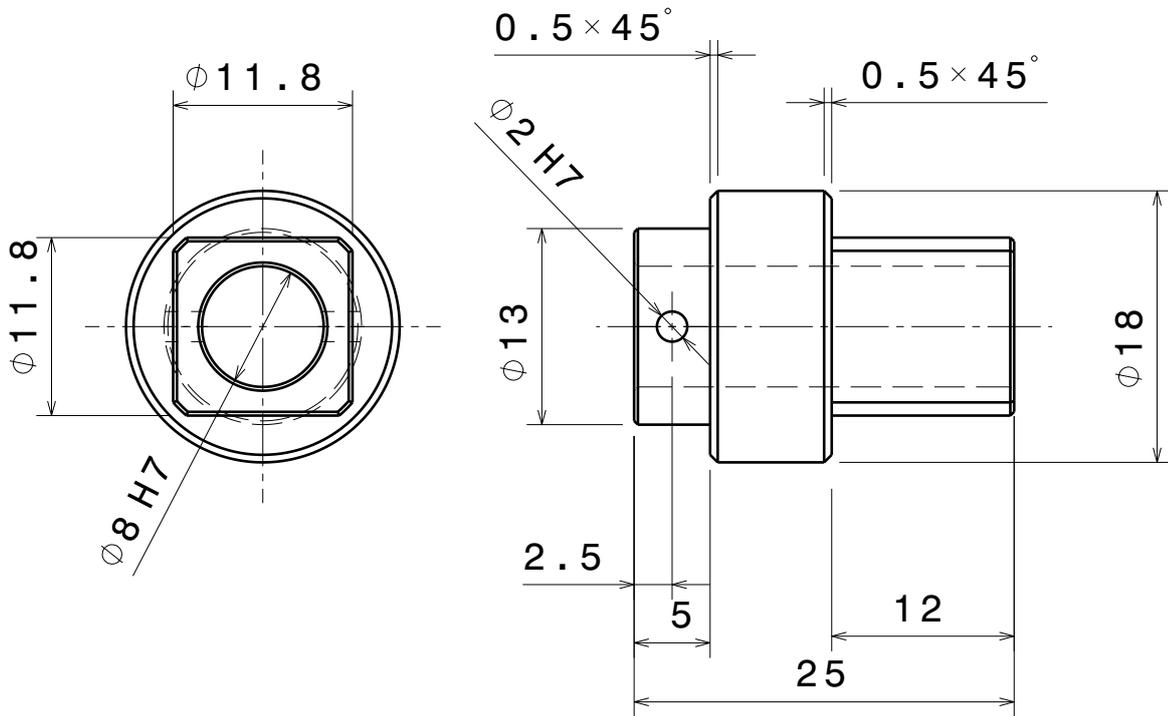
1

4

3

2

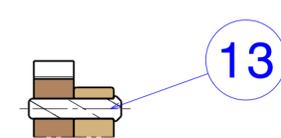
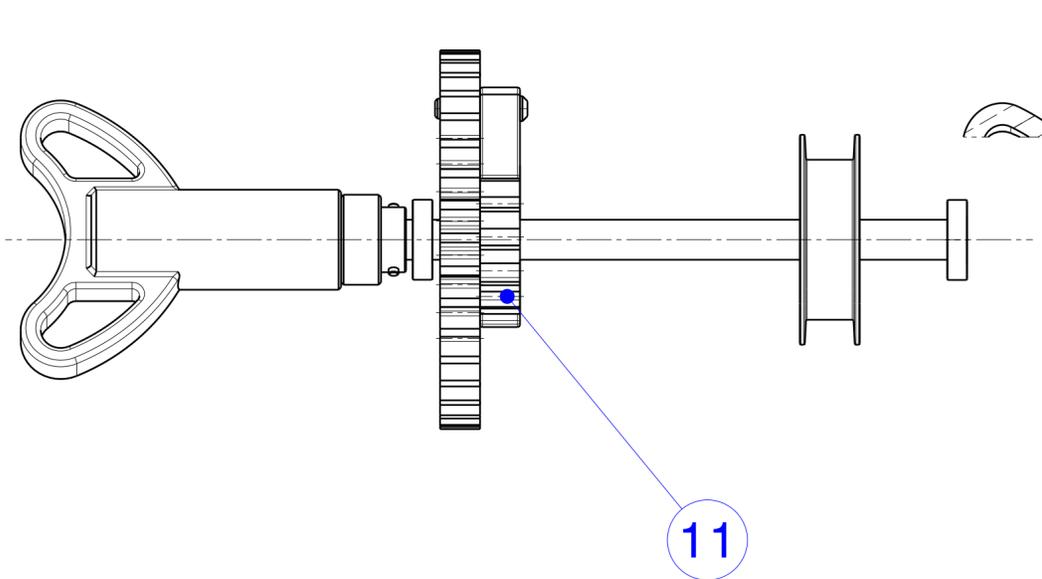
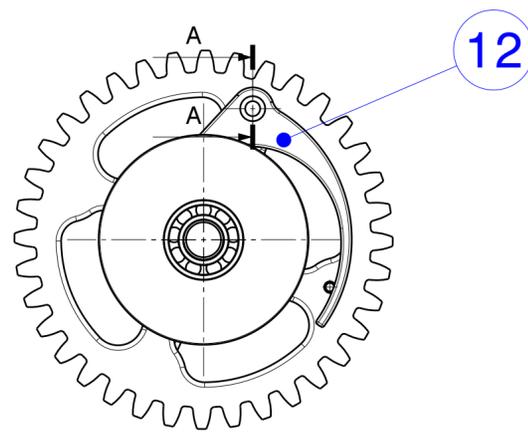
1



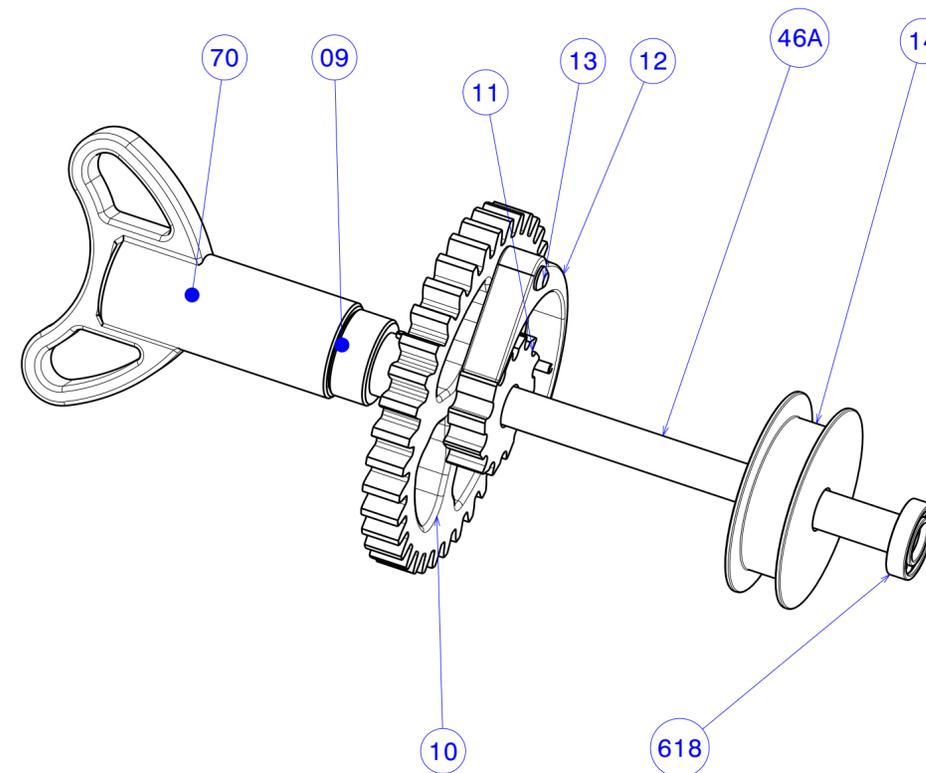
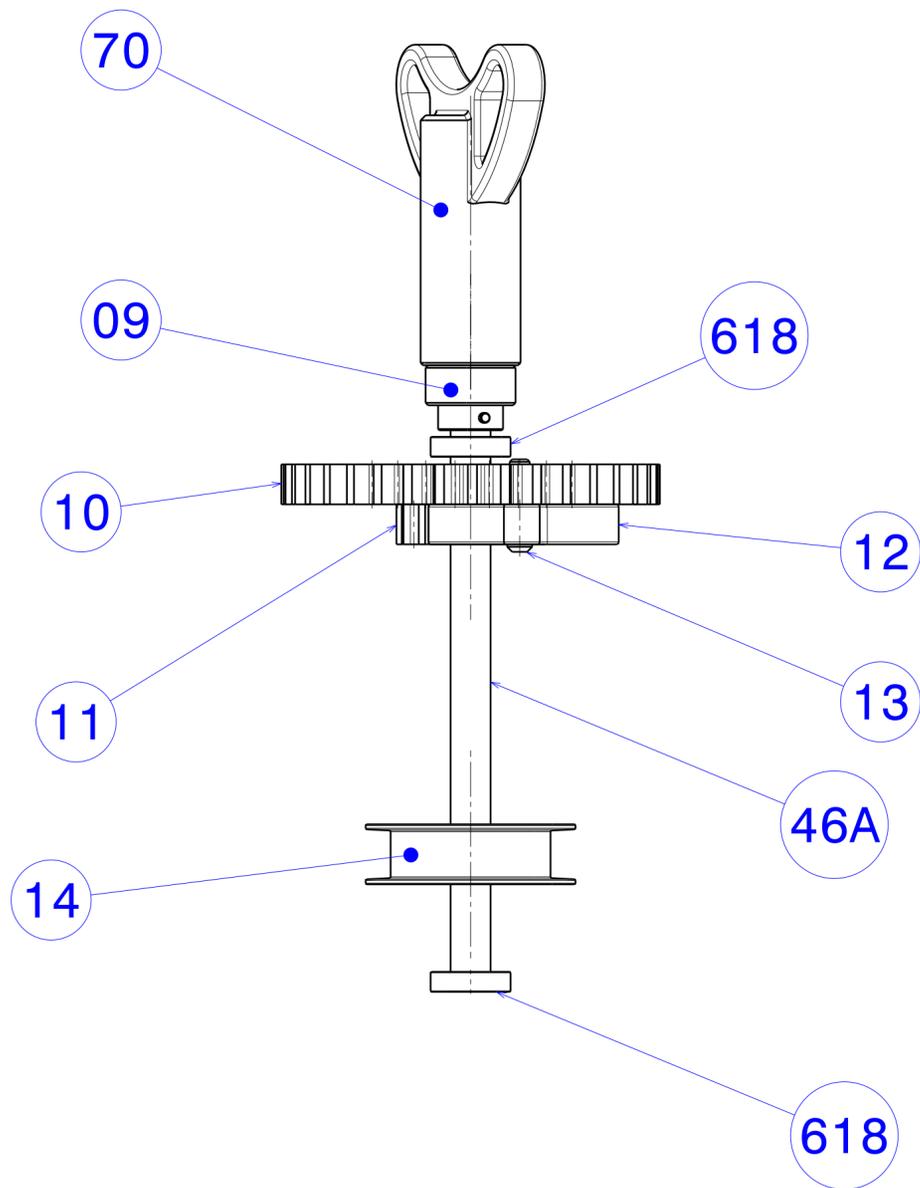
MARCA	09
MATERIAL	LATON
ACABADO	PULIDO
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	I	-
DATE: 22/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE A4	CUADRADILLO	E	-
		D	-
SCALE 1:1	DRAWING NUMBER TF 07 15 09 09	C	-
WEIGHT (kg)	SHEET 2/10	B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		A	-

D A



Section view A-A
Scale: 1:1



DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I.		I	-
DATE: 22/02/2015	DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO		G	-
DATE: XXX	ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		F	-
SIZE: A2	CONJUNTO TRINQUETE		E	-
SCALE: 1:1	WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER TF 07 15 09 00	D	-
		SHEET 1/10	C	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			B	-
			A	-

TF 07 15 00 10 Conjunto PENDULO

D

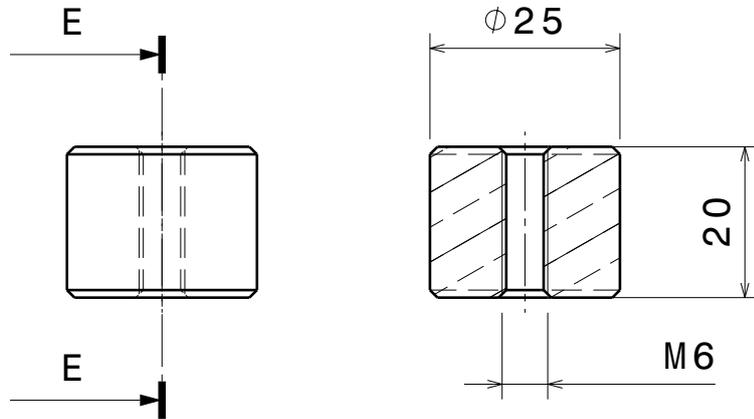
C

B

A

4

4



3

3

2

2

MARCA	80
MATERIAL	LATON
ACABADO	Ra 3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

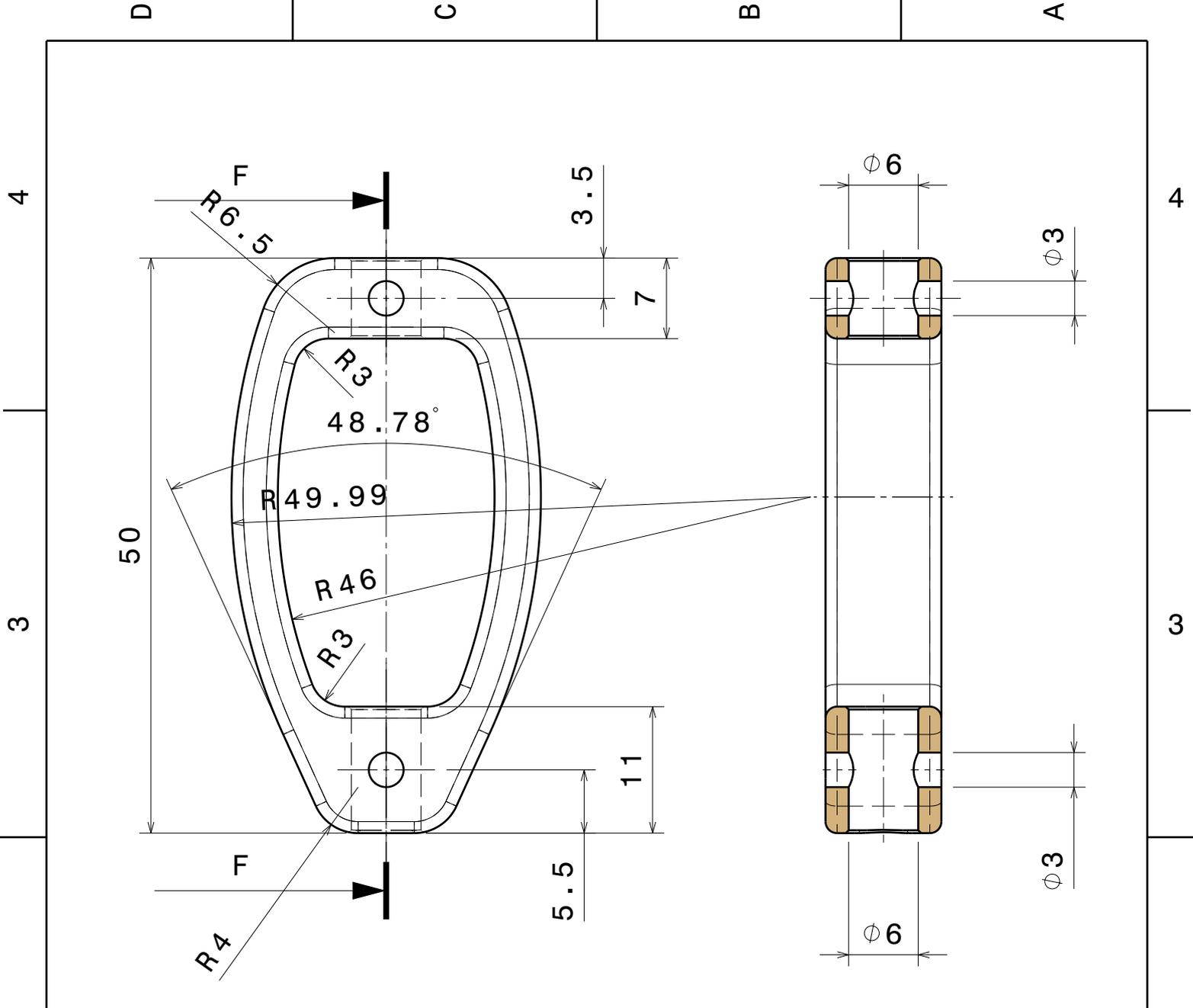
1

1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	I	-
DATE: 22/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE A4	TUERCA CONTRAPESO	E	-
		D	-
SCALE 1:1	DRAWING NUMBER TF 07 15 10 80	C	-
WEIGHT (kg)	SHEET 8/8	B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		A	-

D

A



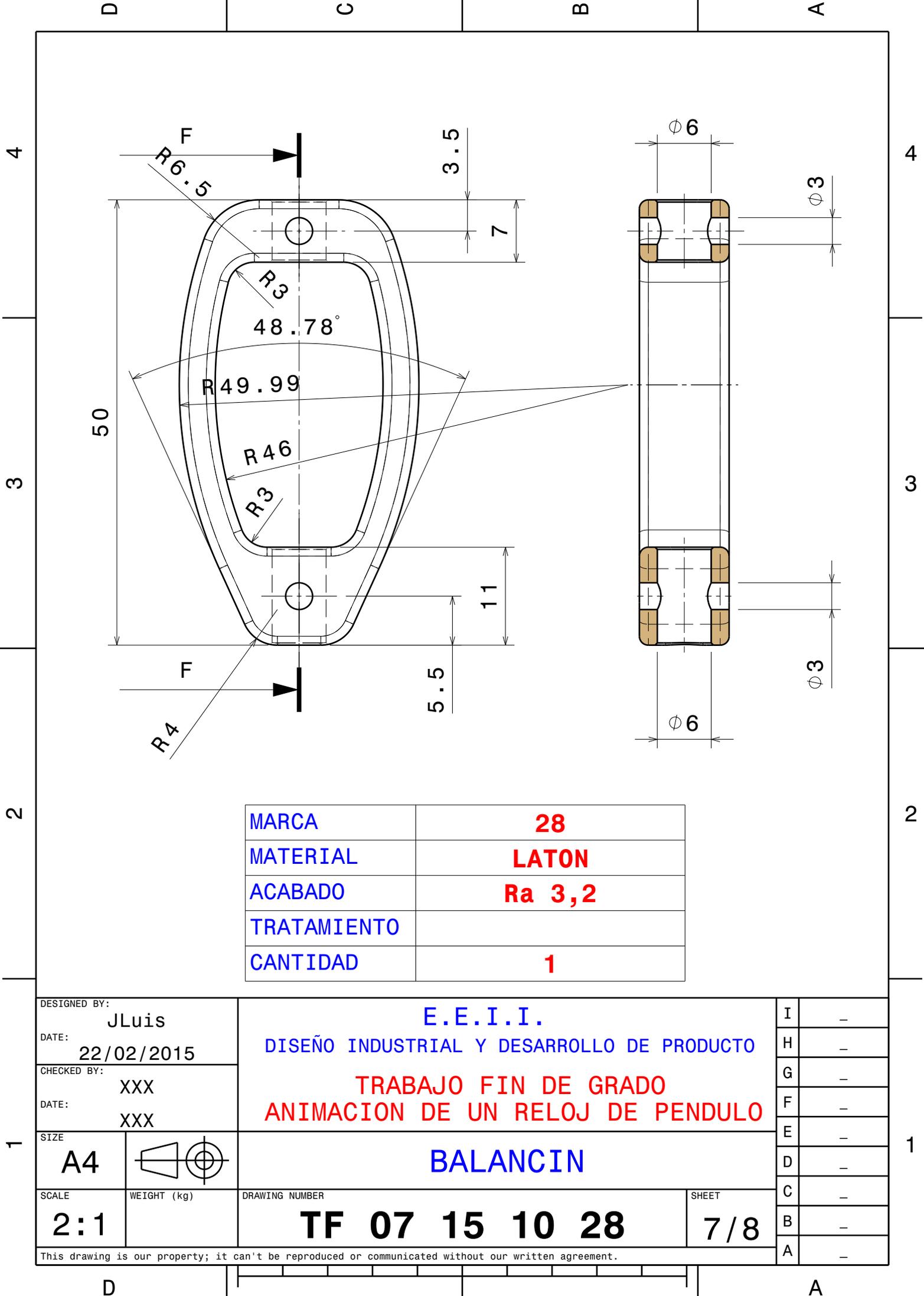
MARCA	28
MATERIAL	LATON
ACABADO	Ra 3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

DESIGNED BY: JLuis
DATE: 22/02/2015
CHECKED BY: XXX
DATE: XXX
SIZE A4
SCALE 2:1

E.E.I.I.	
DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	
TRABAJO FIN DE GRADO	
ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	
BALANCIN	
DRAWING NUMBER TF 07 15 10 28	SHEET 7/8

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.



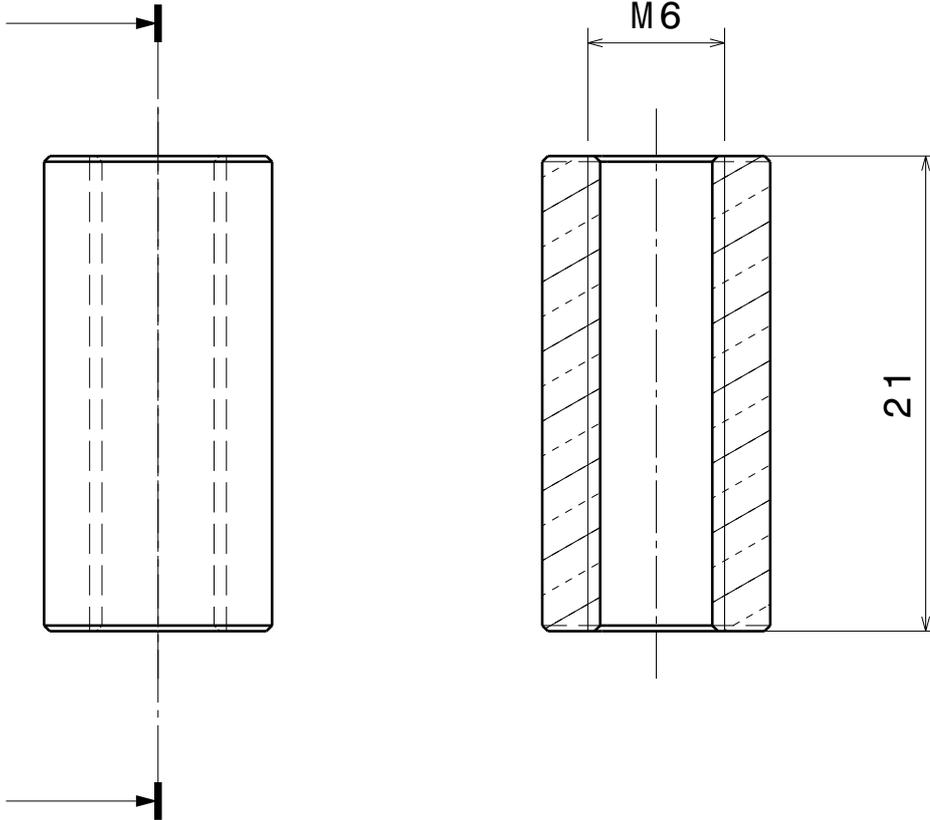
D

C

B

A

G



G

MARCA	27
MATERIAL	LATON
ACABADO	Ra 3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

DESIGNED BY:

JLuis

DATE:

22/02/2015

CHECKED BY:

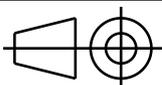
XXX

DATE:

XXX

SIZE

A4



SCALE

3:1

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER

TF 07 15 10 27

SHEET

6/8

E.E.I.I.

DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO

TRABAJO FIN DE GRADO
ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO

TUERCA DE UNION

I -

H -

G -

F -

E -

D -

C -

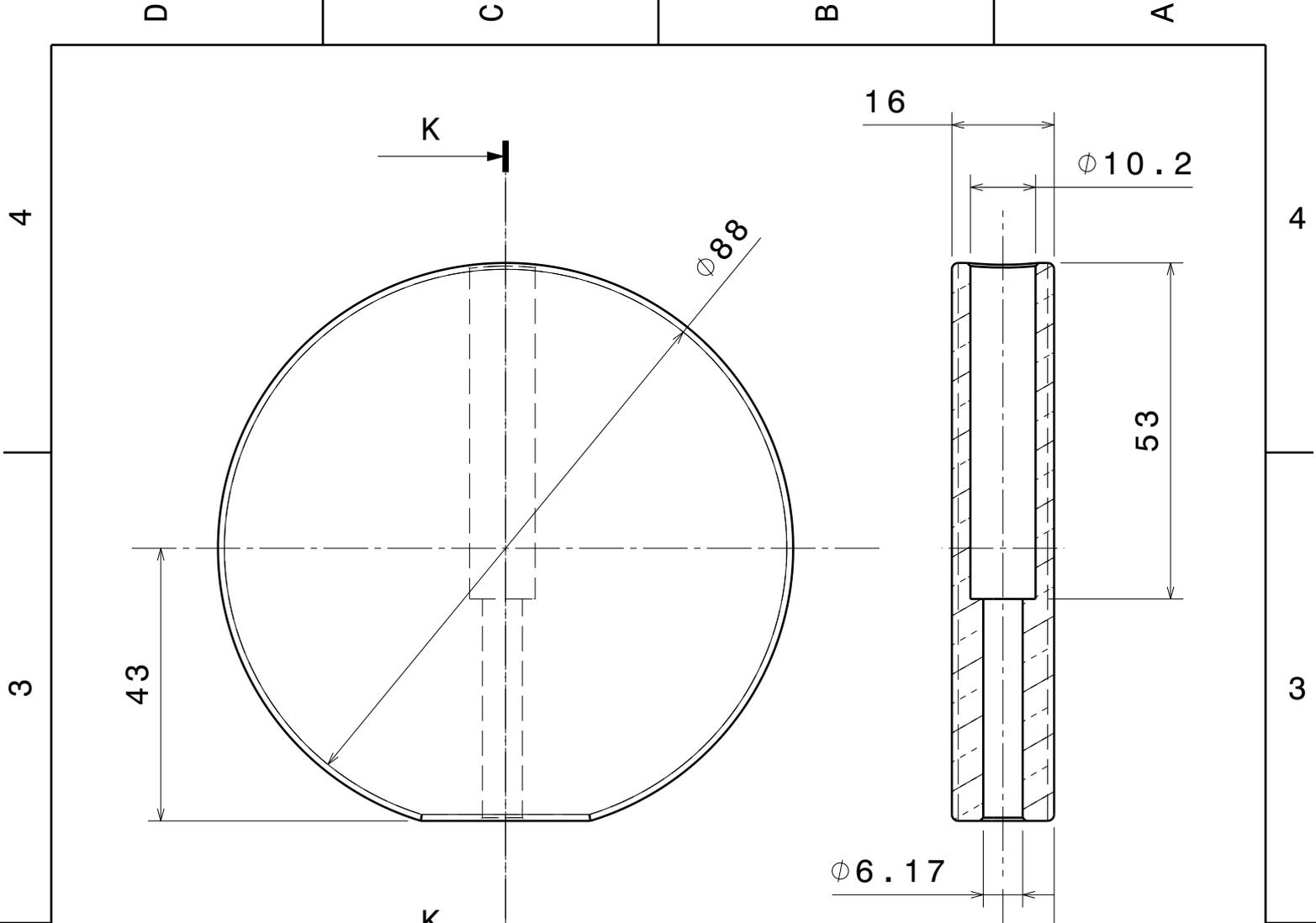
B -

A -

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A



MARCA	26
MATERIAL	LATON
ACABADO	Ra 3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	I	-
DATE: 22/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	DISCO PENDULO	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE A4		E	-
SCALE 1:1		D	-
WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER TF 07 15 10 26	C	-
	SHEET 5/8	B	-
		A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A

D

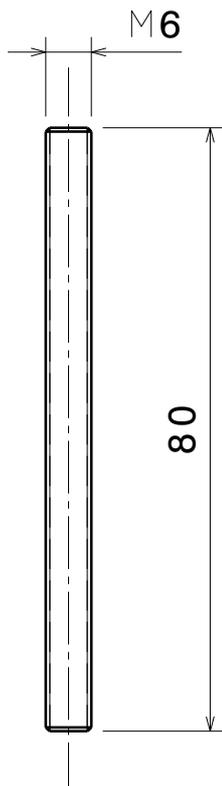
C

B

A

4

4



3

3

2

2

MARCA	24-1
MATERIAL	LATON
ACABADO	Ra 3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

1

1

DESIGNED BY:

JLuis

DATE:

22/02/2015

CHECKED BY:

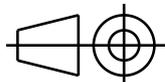
XXX

DATE:

XXX

SIZE

A4



E.E.I.I.

DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO

TRABAJO FIN DE GRADO
ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO

VARILLA ROSCADA

I

-

H

-

G

-

F

-

E

-

D

-

C

-

B

-

A

-

SCALE

1:1

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER

TF 07 15 10 24-1

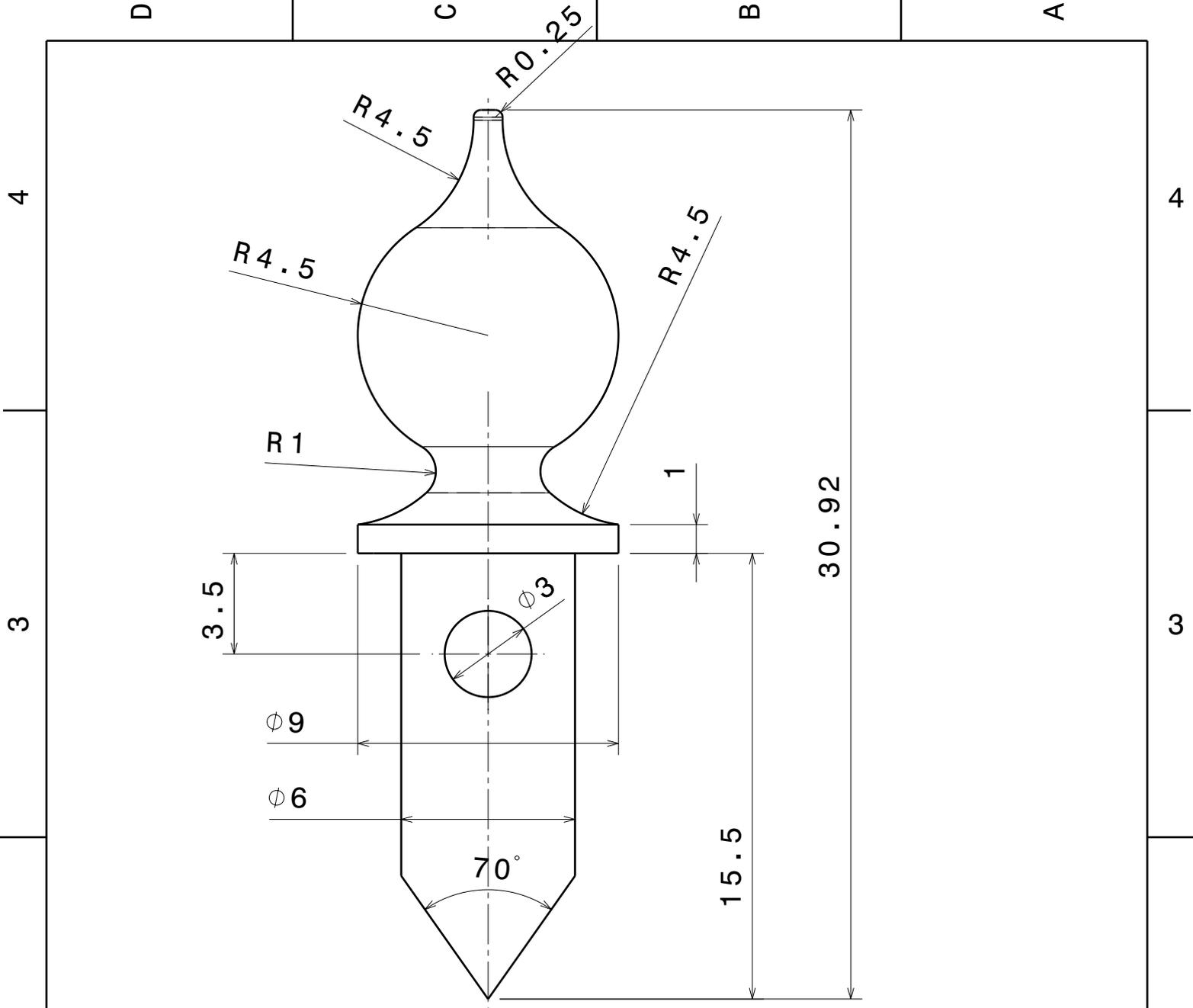
SHEET

3/8

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A



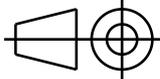
MARCA	24
MATERIAL	LATON
ACABADO	Ra 3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

DESIGNED BY:
JLuis
DATE:
22/02/2015
CHECKED BY:
XXX
DATE:
XXX

E.E.I.I.
DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO
TRABAJO FIN DE GRADO
ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

SIZE
A4



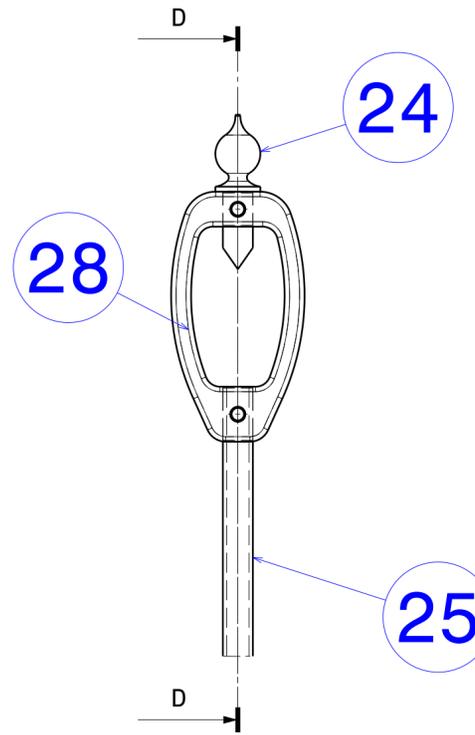
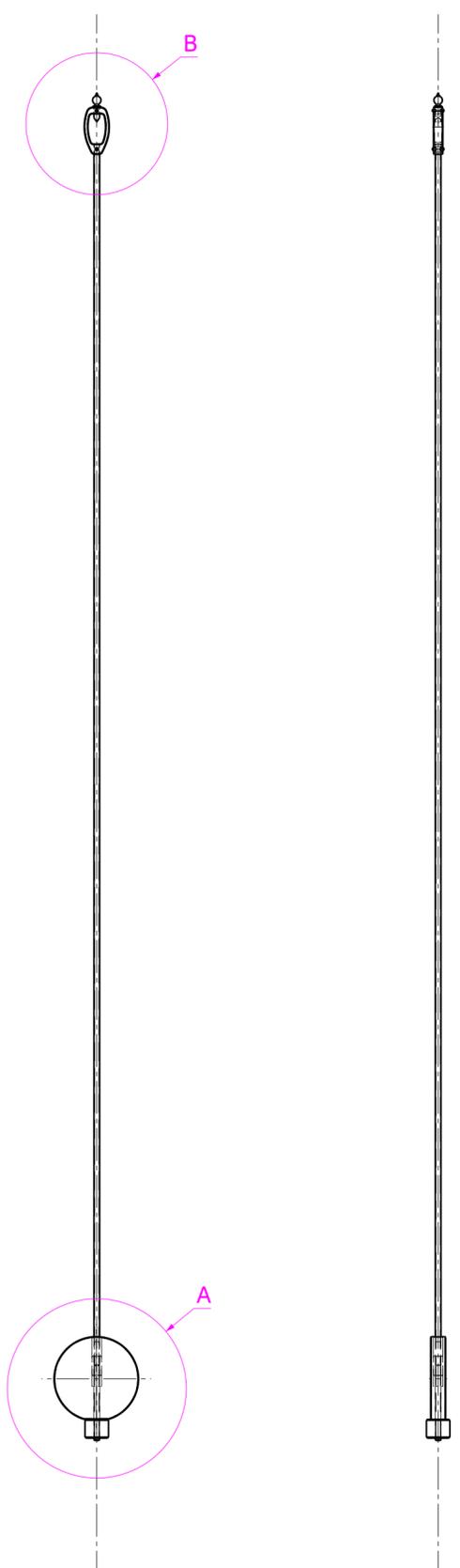
EJE DE PENDULO

SCALE
5:1

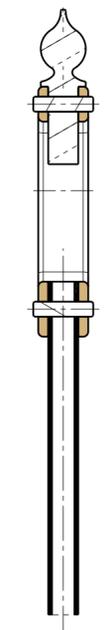
DRAWING NUMBER
TF 07 15 10 24

SHEET
2/8

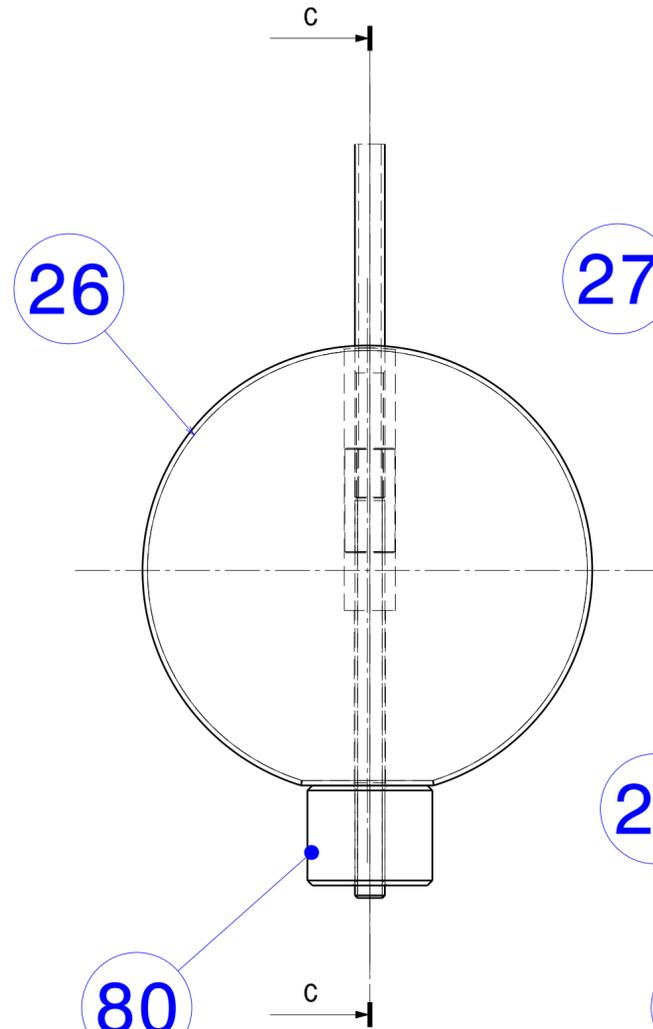
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.



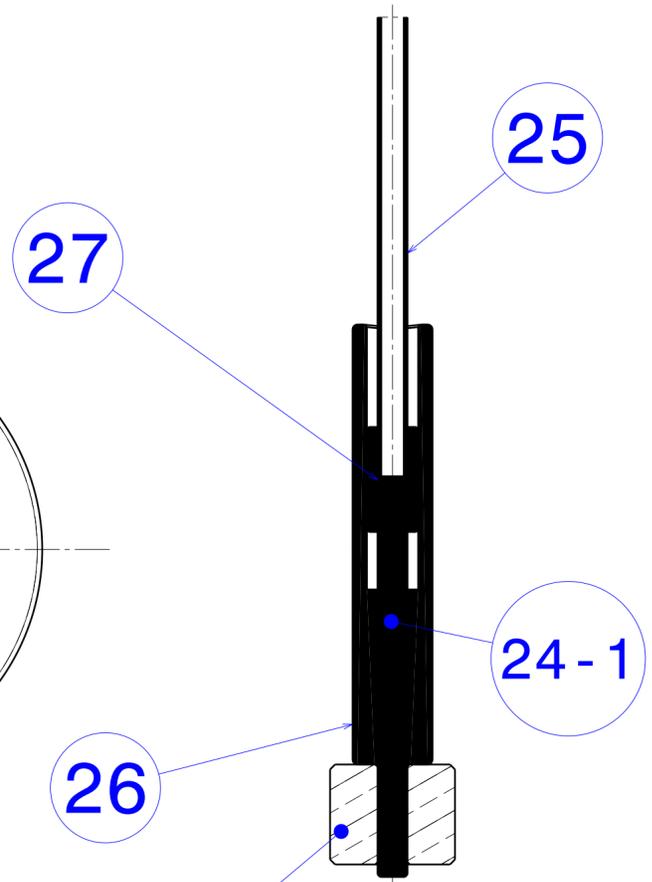
Detail B
Scale: 1:1



Section view D-D
Scale: 1:1



Detail A
Scale: 1:1



Section view C-C
Scale: 1:1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I.		I	-
DATE: 22/02/2015	DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO		G	-
DATE: XXX	ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		F	-
SIZE: A2	CONJUNTO PENDULO		E	-
SCALE: 1:1	WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER TF 07 15 10 00	D	-
		SHEET 1/8	C	-
			B	-
			A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

TF 07 15 00 11 Conjunto CONTRAPESO

D

C

B

A

4

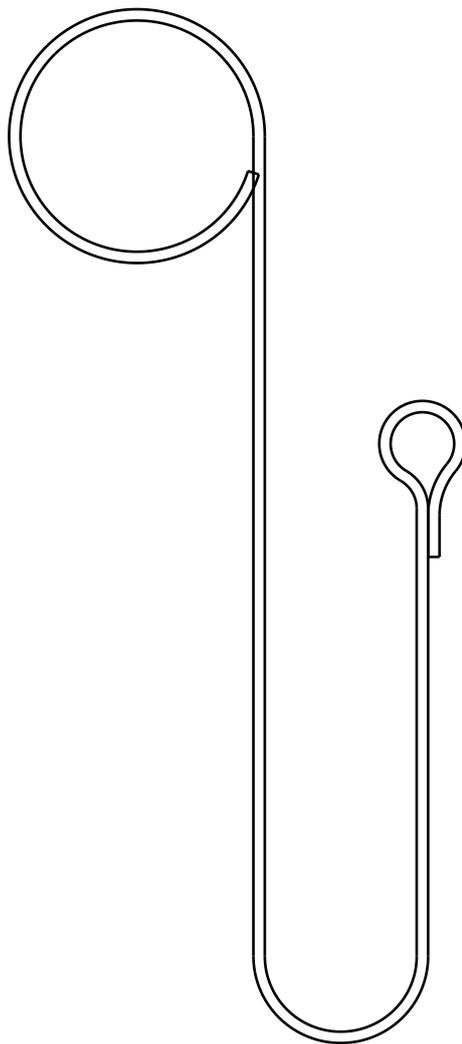
4

3

3

2

2



MARCA	86
MATERIAL	--
ACABADO	--
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

2

DESIGNED BY:

JLuis

DATE:

23/02/2015

CHECKED BY:

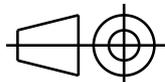
XXX

DATE:

XXX

SIZE

A4



SCALE

1:1

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER

TF 07 15 11 86

SHEET

5/5

E.E.I.I.

DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO

TRABAJO FIN DE GRADO
ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO

CUERDA

I

-

H

-

G

-

F

-

E

-

D

-

C

-

B

-

A

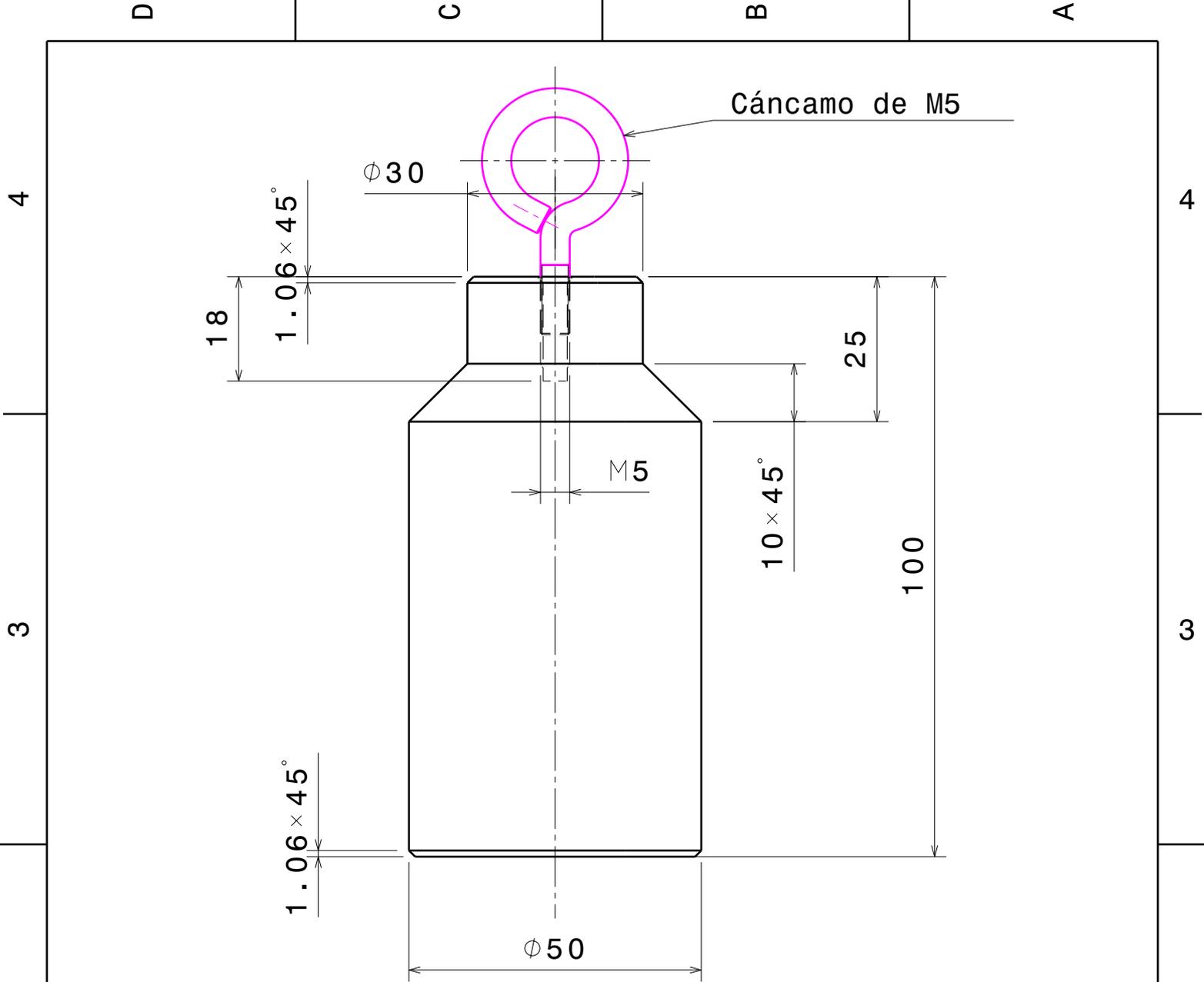
-

1

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

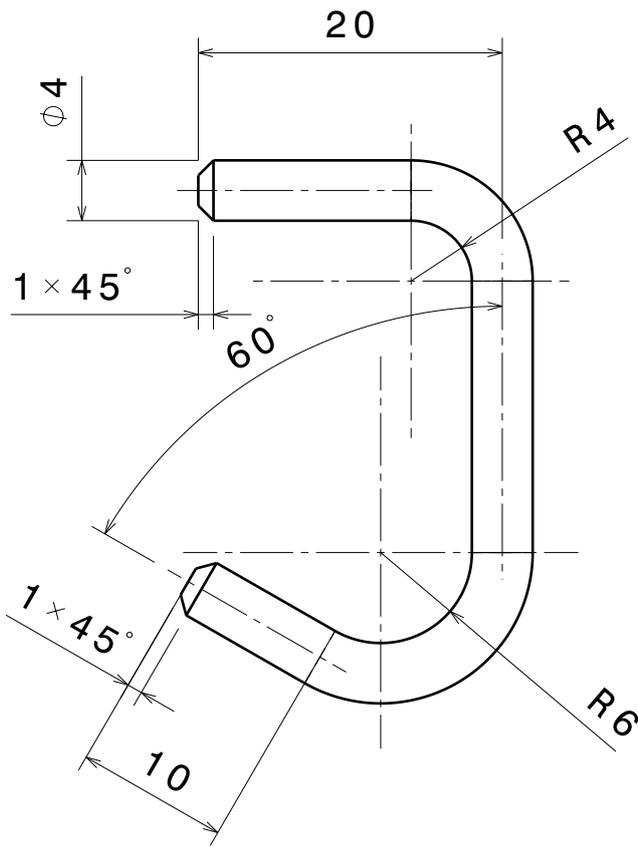
D

A



MARCA	85
MATERIAL	BRONCE
ACABADO	Ra3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	I	-
DATE: 23/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE A4	CONTRAPESO	E	-
		D	-
SCALE 1:1	DRAWING NUMBER TF 07 15 11 85	C	-
WEIGHT (kg)	SHEET 4/5	B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		A	-



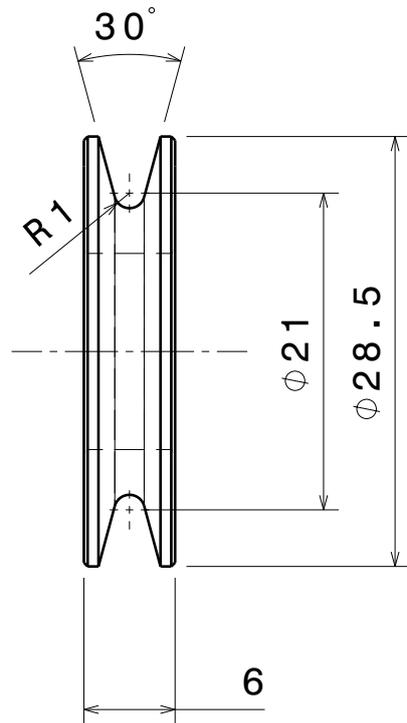
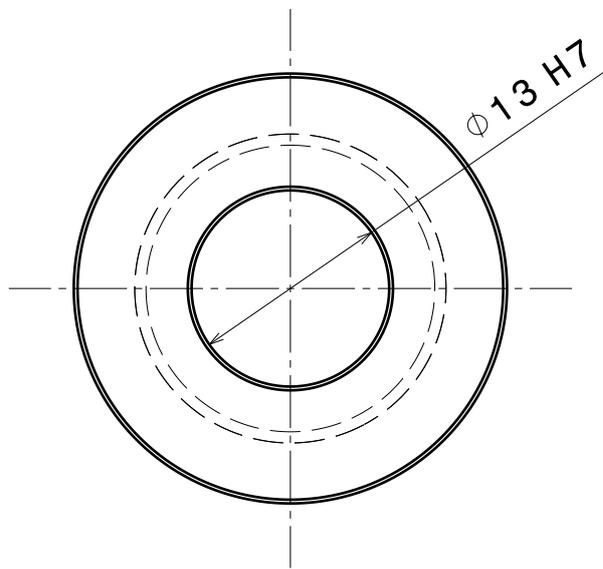
MARCA	30
MATERIAL	BRONCE
ACABADO	Ra3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	I	-
DATE: 23/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE A4	GANCHO	E	-
		D	-
SCALE 2:1	DRAWING NUMBER TF 07 15 11 30	C	-
WEIGHT (kg)	SHEET 3/5	B	-
		A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A



MARCA	29
MATERIAL	BRONCE
ACABADO	Ra3,2
TRATAMIENTO	
CANTIDAD	1

DESIGNED BY: JLuis	E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO	I	-
DATE: 23/02/2015		H	-
CHECKED BY: XXX	POLEA	G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE A4		E	-
SCALE 2:1		D	-
WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER TF 07 15 11 29	C	-
	SHEET 2/5	B	-
		A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A

H G F E D C B A

4

3

2

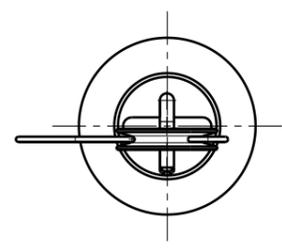
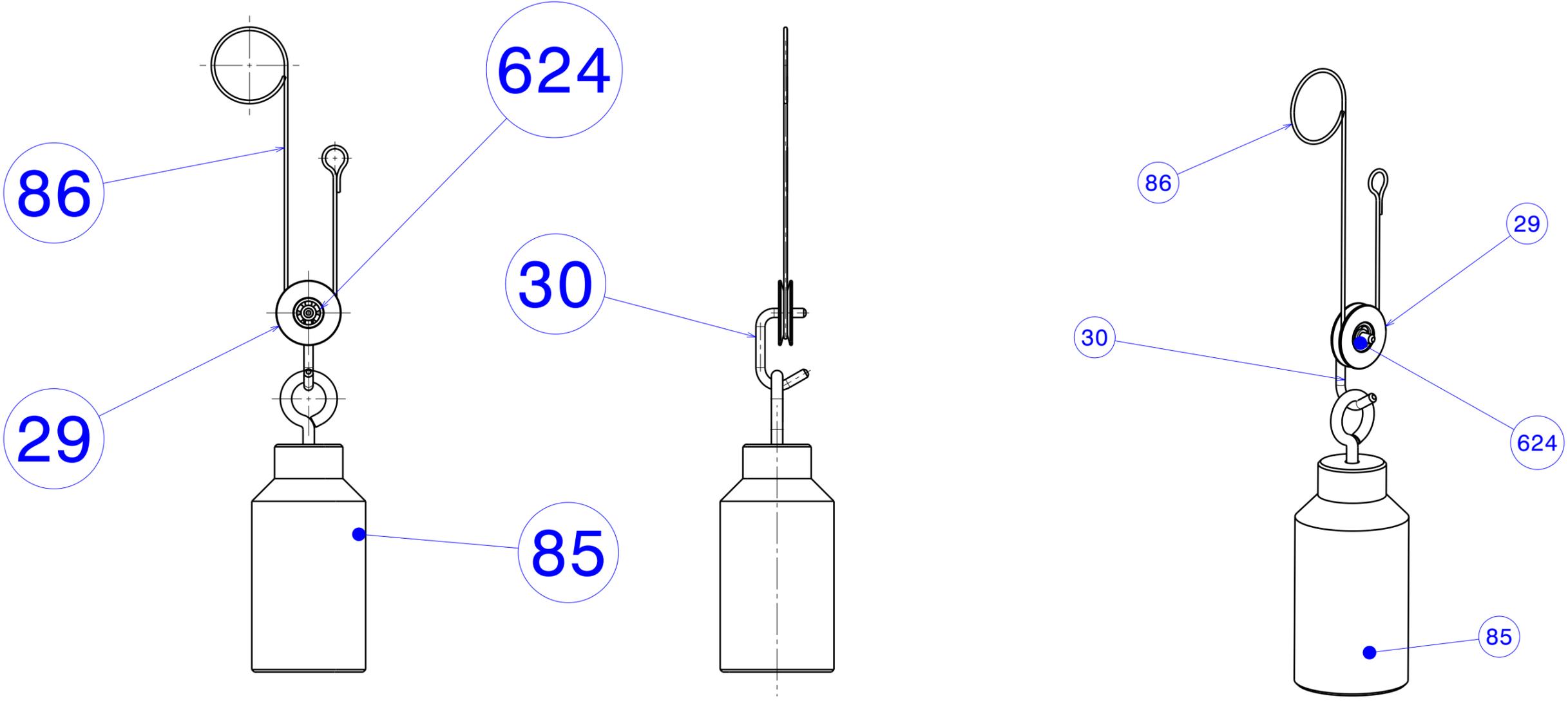
1

4

3

2

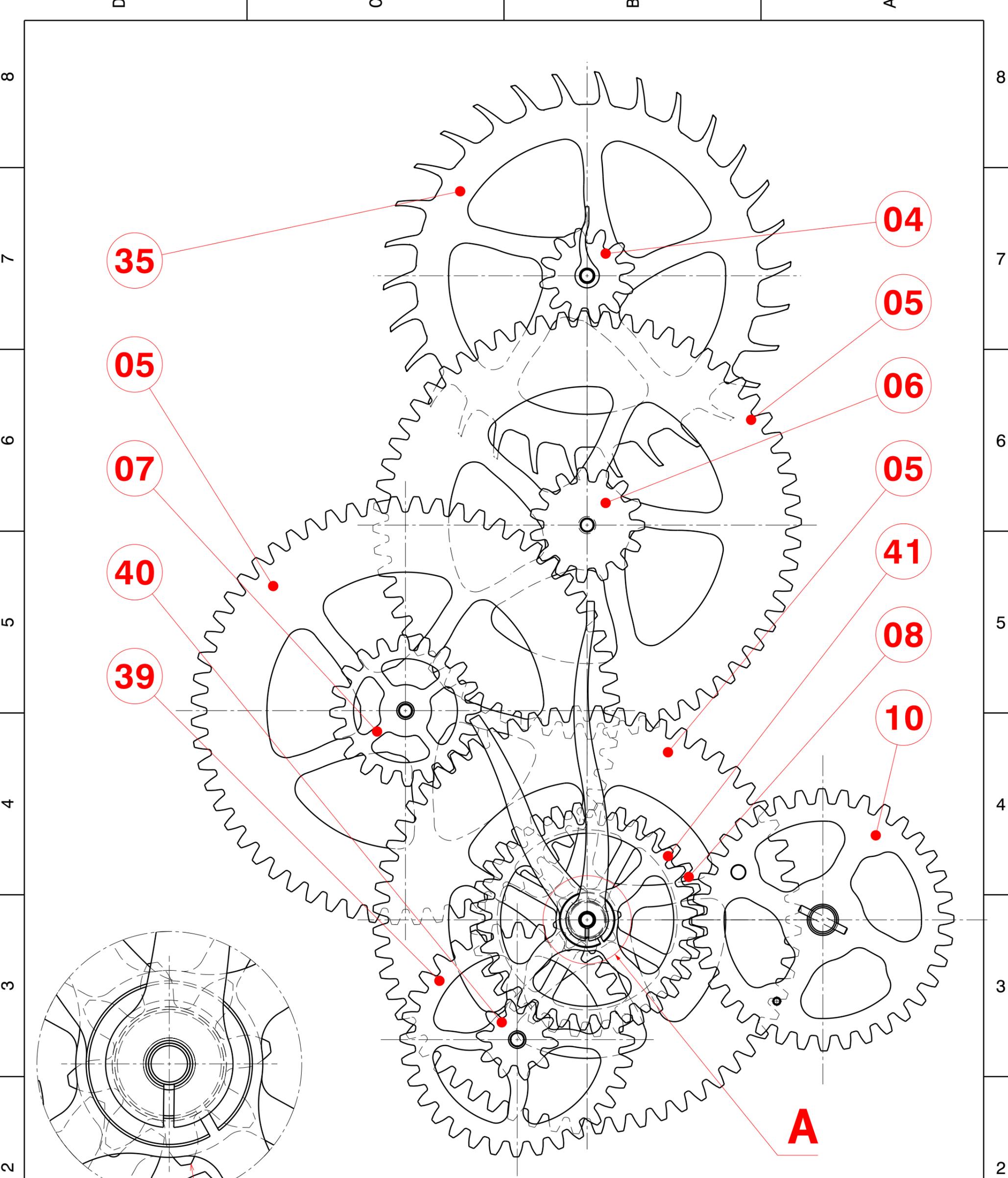
1

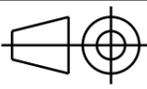


DESIGNED BY: JLuis		E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO		I	-
DATE: 23/02/2015				H	-
CHECKED BY: XXX		TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		G	-
DATE: XXX				F	-
SIZE: A3		CONJUNTO CONTRAPESO		E	-
SCALE: 1:2	WEIGHT (kg):			D	-
DRAWING NUMBER: TF 07 15 11 00		SHEET: 1/5		C	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.				B	-
				A	-

H G B A

**TF 07 15 00 12 ESQUEMA
TRASMISION**



DESIGNED BY: JLuis		E.E.I.I. DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO TRABAJO FIN DE GRADO ANIMACION DE UN RELOJ DE PENDULO		I	-
DATE: 24/02/2015				H	-
CHECKED BY: XXX		ESQUEMA TRASMISION		G	-
DATE: XXX				F	-
SIZE A3		TF 07 15 12 00		E	-
SCALE 1:1	WEIGHT (kg)			D	-
DRAWING NUMBER		SHEET		C	-
		1/1		B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.				A	-

Anexo III.....Giro en grados de las manecillas del reloj

Giro en grados de las manecillas del reloj



eje minuterero--->eje II	eje int.horario ---> horario	eje III ---> eje IV	eje trinquete	balancin	pendulo	Punto numero
0	0	72	0	0	0	0
0,1	0,025	70,8	0,088888889	-5,4707	2,9018	1
0,2	0,05	69,6	0,177777778	0	0	2
0,3	0,075	68,4	0,266666667	-5,4707	2,9018	3
0,4	0,1	67,2	0,355555556	0	0	4
0,5	0,125	66	0,444444444	-5,4707	2,9018	5
0,6	0,15	64,8	0,533333333	0	0	6
0,7	0,175	63,6	0,622222222	-5,4707	2,9018	7
0,8	0,2	62,4	0,711111111	0	0	8
0,9	0,225	61,2	0,8	-5,4707	2,9018	9
1	0,25	60	0,888888889	0	0	10
1,1	0,275	58,8	0,977777778	-5,4707	2,9018	11
1,2	0,3	57,6	1,066666667	0	0	12
1,3	0,325	56,4	1,155555556	-5,4707	2,9018	13
1,4	0,35	55,2	1,244444444	0	0	14
1,5	0,375	54	1,333333333	-5,4707	2,9018	15
1,6	0,4	52,8	1,422222222	0	0	16
1,7	0,425	51,6	1,511111111	-5,4707	2,9018	17
1,8	0,45	50,4	1,6	0	0	18
1,9	0,475	49,2	1,688888889	-5,4707	2,9018	19
2	0,5	48	1,777777778	0	0	20
2,1	0,525	46,8	1,866666667	-5,4707	2,9018	21
2,2	0,55	45,6	1,955555556	0	0	22
2,3	0,575	44,4	2,044444444	-5,4707	2,9018	23
2,4	0,6	43,2	2,133333333	0	0	24
2,5	0,625	42	2,222222222	-5,4707	2,9018	25
2,6	0,65	40,8	2,311111111	0	0	26
2,7	0,675	39,6	2,4	-5,4707	2,9018	27
2,8	0,7	38,4	2,488888889	0	0	28
2,9	0,725	37,2	2,577777778	-5,4707	2,9018	29
3	0,75	36	2,666666667	0	0	30
3,1	0,775	34,8	2,755555556	-5,4707	2,9018	31
3,2	0,8	33,6	2,844444444	0	0	32
3,3	0,825	32,4	2,933333333	-5,4707	2,9018	33
3,4	0,85	31,2	3,022222222	0	0	34
3,5	0,875	30	3,111111111	-5,4707	2,9018	35
3,6	0,9	28,8	3,2	0	0	36
3,7	0,925	27,6	3,288888889	-5,4707	2,9018	37
3,8	0,95	26,4	3,377777778	0	0	38
3,9	0,975	25,2	3,466666667	-5,4707	2,9018	39
4	1	24	3,555555556	0	0	40
4,1	1,025	22,8	3,644444444	-5,4707	2,9018	41
4,2	1,05	21,6	3,733333333	0	0	42
4,3	1,075	20,4	3,822222222	-5,4707	2,9018	43
4,4	1,1	19,2	3,911111111	0	0	44
4,5	1,125	18	4	-5,4707	2,9018	45
4,6	1,15	16,8	4,088888889	0	0	46
4,7	1,175	15,6	4,177777778	-5,4707	2,9018	47
4,8	1,2	14,4	4,266666667	0	0	48
4,9	1,225	13,2	4,355555556	-5,4707	2,9018	49
5	1,25	12	4,444444444	0	0	50
5,1	1,275	10,8	4,533333333	-5,4707	2,9018	51
5,2	1,3	9,6	4,622222222	0	0	52
5,3	1,325	8,4	4,711111111	-5,4707	2,9018	53
5,4	1,35	7,2	4,8	0	0	54
5,5	1,375	6	4,888888889	-5,4707	2,9018	55
5,6	1,4	4,8	4,977777778	0	0	56
5,7	1,425	3,6	5,066666667	-5,4707	2,9018	57
5,8	1,45	2,4	5,155555556	0	0	58
5,9	1,475	1,2	5,244444444	-5,4707	2,9018	59
6	1,5	0	5,333333333	0	0	60

Giro en grados de las manecillas del reloj



6,1	1,525	-1,2	5,422222222	-5,4707	2,9018	61
6,2	1,55	-2,4	5,511111111	0	0	62
6,3	1,575	-3,6	5,6	-5,4707	2,9018	63
6,4	1,6	-4,8	5,688888889	0	0	64
6,5	1,625	-6	5,777777778	-5,4707	2,9018	65
6,6	1,65	-7,2	5,866666667	0	0	66
6,7	1,675	-8,4	5,955555556	-5,4707	2,9018	67
6,8	1,7	-9,6	6,044444444	0	0	68
6,9	1,725	-10,8	6,133333333	-5,4707	2,9018	69
7	1,75	-12	6,222222222	0	0	70
7,1	1,775	-13,2	6,311111111	-5,4707	2,9018	71
7,2	1,8	-14,4	6,4	0	0	72
7,3	1,825	-15,6	6,488888889	-5,4707	2,9018	73
7,4	1,85	-16,8	6,577777778	0	0	74
7,5	1,875	-18	6,666666667	-5,4707	2,9018	75
7,6	1,9	-19,2	6,755555556	0	0	76
7,7	1,925	-20,4	6,844444444	-5,4707	2,9018	77
7,8	1,95	-21,6	6,933333333	0	0	78
7,9	1,975	-22,8	7,022222222	-5,4707	2,9018	79
8	2	-24	7,111111111	0	0	80
8,1	2,025	-25,2	7,2	-5,4707	2,9018	81
8,2	2,05	-26,4	7,288888889	0	0	82
8,3	2,075	-27,6	7,377777778	-5,4707	2,9018	83
8,4	2,1	-28,8	7,466666667	0	0	84
8,5	2,125	-30	7,555555556	-5,4707	2,9018	85
8,6	2,15	-31,2	7,644444444	0	0	86
8,7	2,175	-32,4	7,733333333	-5,4707	2,9018	87
8,8	2,2	-33,6	7,822222222	0	0	88
8,9	2,225	-34,8	7,911111111	-5,4707	2,9018	89
9	2,25	-36	8	0	0	90
9,1	2,275	-37,2	8,088888889	-5,4707	2,9018	91
9,2	2,3	-38,4	8,177777778	0	0	92
9,3	2,325	-39,6	8,266666667	-5,4707	2,9018	93
9,4	2,35	-40,8	8,355555556	0	0	94
9,5	2,375	-42	8,444444444	-5,4707	2,9018	95
9,6	2,4	-43,2	8,533333333	0	0	96
9,7	2,425	-44,4	8,622222222	-5,4707	2,9018	97
9,8	2,45	-45,6	8,711111111	0	0	98
9,9	2,475	-46,8	8,8	-5,4707	2,9018	99
10	2,5	-48	8,888888889	0	0	100
10,1	2,525	-49,2	8,977777778	-5,4707	2,9018	101
10,2	2,55	-50,4	9,066666667	0	0	102
10,3	2,575	-51,6	9,155555556	-5,4707	2,9018	103
10,4	2,6	-52,8	9,244444444	0	0	104
10,5	2,625	-54	9,333333333	-5,4707	2,9018	105
10,6	2,65	-55,2	9,422222222	0	0	106
10,7	2,675	-56,4	9,511111111	-5,4707	2,9018	107
10,8	2,7	-57,6	9,6	0	0	108
10,9	2,725	-58,8	9,688888889	-5,4707	2,9018	109
11	2,75	-60	9,777777778	0	0	110
11,1	2,775	-61,2	9,866666667	-5,4707	2,9018	111
11,2	2,8	-62,4	9,955555556	0	0	112
11,3	2,825	-63,6	10,044444444	-5,4707	2,9018	113
11,4	2,85	-64,8	10,133333333	0	0	114
11,5	2,875	-66	10,222222222	-5,4707	2,9018	115
11,6	2,9	-67,2	10,311111111	0	0	116
11,7	2,925	-68,4	10,4	-5,4707	2,9018	117
11,8	2,95	-69,6	10,488888889	0	0	118
11,9	2,975	-70,8	10,577777778	-5,4707	2,9018	119
12	3	-72	10,666666667	0	0	120

Giro en grados de las manecillas del reloj



12,1	3,025	-73,2	10,75555556	-5,4707	2,9018	121
12,2	3,05	-74,4	10,84444444	0	0	122
12,3	3,075	-75,6	10,93333333	-5,4707	2,9018	123
12,4	3,1	-76,8	11,02222222	0	0	124
12,5	3,125	-78	11,11111111	-5,4707	2,9018	125
12,6	3,15	-79,2	11,2	0	0	126
12,7	3,175	-80,4	11,28888889	-5,4707	2,9018	127
12,8	3,2	-81,6	11,37777778	0	0	128
12,9	3,225	-82,8	11,46666667	-5,4707	2,9018	129
13	3,25	-84	11,55555556	0	0	130
13,1	3,275	-85,2	11,64444444	-5,4707	2,9018	131
13,2	3,3	-86,4	11,73333333	0	0	132
13,3	3,325	-87,6	11,82222222	-5,4707	2,9018	133
13,4	3,35	-88,8	11,91111111	0	0	134
13,5	3,375	-90	12	-5,4707	2,9018	135
13,6	3,4	-91,2	12,08888889	0	0	136
13,7	3,425	-92,4	12,17777778	-5,4707	2,9018	137
13,8	3,45	-93,6	12,26666667	0	0	138
13,9	3,475	-94,8	12,35555556	-5,4707	2,9018	139
14	3,5	-96	12,44444444	0	0	140
14,1	3,525	-97,2	12,53333333	-5,4707	2,9018	141
14,2	3,55	-98,4	12,62222222	0	0	142
14,3	3,575	-99,6	12,71111111	-5,4707	2,9018	143
14,4	3,6	-100,8	12,8	0	0	144
14,5	3,625	-102	12,88888889	-5,4707	2,9018	145
14,6	3,65	-103,2	12,97777778	0	0	146
14,7	3,675	-104,4	13,06666667	-5,4707	2,9018	147
14,8	3,7	-105,6	13,15555556	0	0	148
14,9	3,725	-106,8	13,24444444	-5,4707	2,9018	149
15	3,75	-108	13,33333333	0	0	150
15,1	3,775	-109,2	13,42222222	-5,4707	2,9018	151
15,2	3,8	-110,4	13,51111111	0	0	152
15,3	3,825	-111,6	13,6	-5,4707	2,9018	153
15,4	3,85	-112,8	13,68888889	0	0	154
15,5	3,875	-114	13,77777778	-5,4707	2,9018	155
15,6	3,9	-115,2	13,86666667	0	0	156
15,7	3,925	-116,4	13,95555556	-5,4707	2,9018	157
15,8	3,95	-117,6	14,04444444	0	0	158
15,9	3,975	-118,8	14,13333333	-5,4707	2,9018	159
16	4	-120	14,22222222	0	0	160
16,1	4,025	-121,2	14,31111111	-5,4707	2,9018	161
16,2	4,05	-122,4	14,4	0	0	162
16,3	4,075	-123,6	14,48888889	-5,4707	2,9018	163
16,4	4,1	-124,8	14,57777778	0	0	164
16,5	4,125	-126	14,66666667	-5,4707	2,9018	165
16,6	4,15	-127,2	14,75555556	0	0	166
16,7	4,175	-128,4	14,84444444	-5,4707	2,9018	167
16,8	4,2	-129,6	14,93333333	0	0	168
16,9	4,225	-130,8	15,02222222	-5,4707	2,9018	169
17	4,25	-132	15,11111111	0	0	170
17,1	4,275	-133,2	15,2	-5,4707	2,9018	171
17,2	4,3	-134,4	15,28888889	0	0	172
17,3	4,325	-135,6	15,37777778	-5,4707	2,9018	173
17,4	4,35	-136,8	15,46666667	0	0	174
17,5	4,375	-138	15,55555556	-5,4707	2,9018	175
17,6	4,4	-139,2	15,64444444	0	0	176
17,7	4,425	-140,4	15,73333333	-5,4707	2,9018	177
17,8	4,45	-141,6	15,82222222	0	0	178
17,9	4,475	-142,8	15,91111111	-5,4707	2,9018	179
18	4,5	-144	16	0	0	180

Giro en grados de las manecillas del reloj



18,1	4,525	-145,2	16,08888889	-5,4707	2,9018	181
18,2	4,55	-146,4	16,17777778	0	0	182
18,3	4,575	-147,6	16,26666667	-5,4707	2,9018	183
18,4	4,6	-148,8	16,35555556	0	0	184
18,5	4,625	-150	16,44444444	-5,4707	2,9018	185
18,6	4,65	-151,2	16,53333333	0	0	186
18,7	4,675	-152,4	16,62222222	-5,4707	2,9018	187
18,8	4,7	-153,6	16,71111111	0	0	188
18,9	4,725	-154,8	16,8	-5,4707	2,9018	189
19	4,75	-156	16,88888889	0	0	190
19,1	4,775	-157,2	16,97777778	-5,4707	2,9018	191
19,2	4,8	-158,4	17,06666667	0	0	192
19,3	4,825	-159,6	17,15555556	-5,4707	2,9018	193
19,4	4,85	-160,8	17,24444444	0	0	194
19,5	4,875	-162	17,33333333	-5,4707	2,9018	195
19,6	4,9	-163,2	17,42222222	0	0	196
19,7	4,925	-164,4	17,51111111	-5,4707	2,9018	197
19,8	4,95	-165,6	17,6	0	0	198
19,9	4,975	-166,8	17,68888889	-5,4707	2,9018	199
20	5	-168	17,77777778	0	0	200
20,1	5,025	-169,2	17,86666667	-5,4707	2,9018	201
20,2	5,05	-170,4	17,95555556	0	0	202
20,3	5,075	-171,6	18,04444444	-5,4707	2,9018	203
20,4	5,1	-172,8	18,13333333	0	0	204
20,5	5,125	-174	18,22222222	-5,4707	2,9018	205
20,6	5,15	-175,2	18,31111111	0	0	206
20,7	5,175	-176,4	18,4	-5,4707	2,9018	207
20,8	5,2	-177,6	18,48888889	0	0	208
20,9	5,225	-178,8	18,57777778	-5,4707	2,9018	209
21	5,25	-180	18,66666667	0	0	210
21,1	5,275	-181,2	18,75555556	-5,4707	2,9018	211
21,2	5,3	-182,4	18,84444444	0	0	212
21,3	5,325	-183,6	18,93333333	-5,4707	2,9018	213
21,4	5,35	-184,8	19,02222222	0	0	214
21,5	5,375	-186	19,11111111	-5,4707	2,9018	215
21,6	5,4	-187,2	19,2	0	0	216
21,7	5,425	-188,4	19,28888889	-5,4707	2,9018	217
21,8	5,45	-189,6	19,37777778	0	0	218
21,9	5,475	-190,8	19,46666667	-5,4707	2,9018	219
22	5,5	-192	19,55555556	0	0	220
22,1	5,525	-193,2	19,64444444	-5,4707	2,9018	221
22,2	5,55	-194,4	19,73333333	0	0	222
22,3	5,575	-195,6	19,82222222	-5,4707	2,9018	223
22,4	5,6	-196,8	19,91111111	0	0	224
22,5	5,625	-198	20	-5,4707	2,9018	225
22,6	5,65	-199,2	20,08888889	0	0	226
22,7	5,675	-200,4	20,17777778	-5,4707	2,9018	227
22,8	5,7	-201,6	20,26666667	0	0	228
22,9	5,725	-202,8	20,35555556	-5,4707	2,9018	229
23	5,75	-204	20,44444444	0	0	230
23,1	5,775	-205,2	20,53333333	-5,4707	2,9018	231
23,2	5,8	-206,4	20,62222222	0	0	232
23,3	5,825	-207,6	20,71111111	-5,4707	2,9018	233
23,4	5,85	-208,8	20,8	0	0	234
23,5	5,875	-210	20,88888889	-5,4707	2,9018	235
23,6	5,9	-211,2	20,97777778	0	0	236
23,7	5,925	-212,4	21,06666667	-5,4707	2,9018	237
23,8	5,95	-213,6	21,15555556	0	0	238
23,9	5,975	-214,8	21,24444444	-5,4707	2,9018	239
24	6	-216	21,33333333	0	0	240

Giro en grados de las manecillas del reloj



24,1	6,025	-217,2	21,42222222	-5,4707	2,9018	241
24,2	6,05	-218,4	21,51111111	0	0	242
24,3	6,075	-219,6	21,6	-5,4707	2,9018	243
24,4	6,1	-220,8	21,68888889	0	0	244
24,5	6,125	-222	21,77777778	-5,4707	2,9018	245
24,6	6,15	-223,2	21,86666667	0	0	246
24,7	6,175	-224,4	21,95555556	-5,4707	2,9018	247
24,8	6,2	-225,6	22,04444444	0	0	248
24,9	6,225	-226,8	22,13333333	-5,4707	2,9018	249
25	6,25	-228	22,22222222	0	0	250
25,1	6,275	-229,2	22,31111111	-5,4707	2,9018	251
25,2	6,3	-230,4	22,4	0	0	252
25,3	6,325	-231,6	22,48888889	-5,4707	2,9018	253
25,4	6,35	-232,8	22,57777778	0	0	254
25,5	6,375	-234	22,66666667	-5,4707	2,9018	255
25,6	6,4	-235,2	22,75555556	0	0	256
25,7	6,425	-236,4	22,84444444	-5,4707	2,9018	257
25,8	6,45	-237,6	22,93333333	0	0	258
25,9	6,475	-238,8	23,02222222	-5,4707	2,9018	259
26	6,5	-240	23,11111111	0	0	260
26,1	6,525	-241,2	23,2	-5,4707	2,9018	261
26,2	6,55	-242,4	23,28888889	0	0	262
26,3	6,575	-243,6	23,37777778	-5,4707	2,9018	263
26,4	6,6	-244,8	23,46666667	0	0	264
26,5	6,625	-246	23,55555556	-5,4707	2,9018	265
26,6	6,65	-247,2	23,64444444	0	0	266
26,7	6,675	-248,4	23,73333333	-5,4707	2,9018	267
26,8	6,7	-249,6	23,82222222	0	0	268
26,9	6,725	-250,8	23,91111111	-5,4707	2,9018	269
27	6,75	-252	24	0	0	270
27,1	6,775	-253,2	24,08888889	-5,4707	2,9018	271
27,2	6,8	-254,4	24,17777778	0	0	272
27,3	6,825	-255,6	24,26666667	-5,4707	2,9018	273
27,4	6,85	-256,8	24,35555556	0	0	274
27,5	6,875	-258	24,44444444	-5,4707	2,9018	275
27,6	6,9	-259,2	24,53333333	0	0	276
27,7	6,925	-260,4	24,62222222	-5,4707	2,9018	277
27,8	6,95	-261,6	24,71111111	0	0	278
27,9	6,975	-262,8	24,8	-5,4707	2,9018	279
28	7	-264	24,88888889	0	0	280
28,1	7,025	-265,2	24,97777778	-5,4707	2,9018	281
28,2	7,05	-266,4	25,06666667	0	0	282
28,3	7,075	-267,6	25,15555556	-5,4707	2,9018	283
28,4	7,1	-268,8	25,24444444	0	0	284
28,5	7,125	-270	25,33333333	-5,4707	2,9018	285
28,6	7,15	-271,2	25,42222222	0	0	286
28,7	7,175	-272,4	25,51111111	-5,4707	2,9018	287
28,8	7,2	-273,6	25,6	0	0	288
28,9	7,225	-274,8	25,68888889	-5,4707	2,9018	289
29	7,25	-276	25,77777778	0	0	290
29,1	7,275	-277,2	25,86666667	-5,4707	2,9018	291
29,2	7,3	-278,4	25,95555556	0	0	292
29,3	7,325	-279,6	26,04444444	-5,4707	2,9018	293
29,4	7,35	-280,8	26,13333333	0	0	294
29,5	7,375	-282	26,22222222	-5,4707	2,9018	295
29,6	7,4	-283,2	26,31111111	0	0	296
29,7	7,425	-284,4	26,4	-5,4707	2,9018	297
29,8	7,45	-285,6	26,48888889	0	0	298
29,9	7,475	-286,8	26,57777778	-5,4707	2,9018	299
30	7,5	-288	26,66666667	0	0	300

Giro en grados de las manecillas del reloj



30,1	7,525	-289,2	26,75555556	-5,4707	2,9018	301
30,2	7,55	-290,4	26,84444444	0	0	302
30,3	7,575	-291,6	26,93333333	-5,4707	2,9018	303
30,4	7,6	-292,8	27,02222222	0	0	304
30,5	7,625	-294	27,11111111	-5,4707	2,9018	305
30,6	7,65	-295,2	27,2	0	0	306
30,7	7,675	-296,4	27,28888889	-5,4707	2,9018	307
30,8	7,7	-297,6	27,37777778	0	0	308
30,9	7,725	-298,8	27,46666667	-5,4707	2,9018	309
31	7,75	-300	27,55555556	0	0	310
31,1	7,775	-301,2	27,64444444	-5,4707	2,9018	311
31,2	7,8	-302,4	27,73333333	0	0	312
31,3	7,825	-303,6	27,82222222	-5,4707	2,9018	313
31,4	7,85	-304,8	27,91111111	0	0	314
31,5	7,875	-306	28	-5,4707	2,9018	315
31,6	7,9	-307,2	28,08888889	0	0	316
31,7	7,925	-308,4	28,17777778	-5,4707	2,9018	317
31,8	7,95	-309,6	28,26666667	0	0	318
31,9	7,975	-310,8	28,35555556	-5,4707	2,9018	319
32	8	-312	28,44444444	0	0	320
32,1	8,025	-313,2	28,53333333	-5,4707	2,9018	321
32,2	8,05	-314,4	28,62222222	0	0	322
32,3	8,075	-315,6	28,71111111	-5,4707	2,9018	323
32,4	8,1	-316,8	28,8	0	0	324
32,5	8,125	-318	28,88888889	-5,4707	2,9018	325
32,6	8,15	-319,2	28,97777778	0	0	326
32,7	8,175	-320,4	29,06666667	-5,4707	2,9018	327
32,8	8,2	-321,6	29,15555556	0	0	328
32,9	8,225	-322,8	29,24444444	-5,4707	2,9018	329
33	8,25	-324	29,33333333	0	0	330
33,1	8,275	-325,2	29,42222222	-5,4707	2,9018	331
33,2	8,3	-326,4	29,51111111	0	0	332
33,3	8,325	-327,6	29,6	-5,4707	2,9018	333
33,4	8,35	-328,8	29,68888889	0	0	334
33,5	8,375	-330	29,77777778	-5,4707	2,9018	335
33,6	8,4	-331,2	29,86666667	0	0	336
33,7	8,425	-332,4	29,95555556	-5,4707	2,9018	337
33,8	8,45	-333,6	30,04444444	0	0	338
33,9	8,475	-334,8	30,13333333	-5,4707	2,9018	339
34	8,5	-336	30,22222222	0	0	340
34,1	8,525	-337,2	30,31111111	-5,4707	2,9018	341
34,2	8,55	-338,4	30,4	0	0	342
34,3	8,575	-339,6	30,48888889	-5,4707	2,9018	343
34,4	8,6	-340,8	30,57777778	0	0	344
34,5	8,625	-342	30,66666667	-5,4707	2,9018	345
34,6	8,65	-343,2	30,75555556	0	0	346
34,7	8,675	-344,4	30,84444444	-5,4707	2,9018	347
34,8	8,7	-345,6	30,93333333	0	0	348
34,9	8,725	-346,8	31,02222222	-5,4707	2,9018	349
35	8,75	-348	31,11111111	0	0	350
35,1	8,775	-349,2	31,2	-5,4707	2,9018	351
35,2	8,8	-350,4	31,28888889	0	0	352
35,3	8,825	-351,6	31,37777778	-5,4707	2,9018	353
35,4	8,85	-352,8	31,46666667	0	0	354
35,5	8,875	-354	31,55555556	-5,4707	2,9018	355
35,6	8,9	-355,2	31,64444444	0	0	356
35,7	8,925	-356,4	31,73333333	-5,4707	2,9018	357
35,8	8,95	-357,6	31,82222222	0	0	358
35,9	8,975	-358,8	31,91111111	-5,4707	2,9018	359
36	9	-360	32	0	0	360

Giro en grados de las manecillas del reloj



36,1	9,025	-361,2	32,08888889	-5,4707	2,9018	361
36,2	9,05	-362,4	32,17777778	0	0	362
36,3	9,075	-363,6	32,26666667	-5,4707	2,9018	363
36,4	9,1	-364,8	32,35555556	0	0	364
36,5	9,125	-366	32,44444444	-5,4707	2,9018	365
36,6	9,15	-367,2	32,53333333	0	0	366
36,7	9,175	-368,4	32,62222222	-5,4707	2,9018	367
36,8	9,2	-369,6	32,71111111	0	0	368
36,9	9,225	-370,8	32,8	-5,4707	2,9018	369
37	9,25	-372	32,88888889	0	0	370
37,1	9,275	-373,2	32,97777778	-5,4707	2,9018	371
37,2	9,3	-374,4	33,06666667	0	0	372
37,3	9,325	-375,6	33,15555556	-5,4707	2,9018	373
37,4	9,35	-376,8	33,24444444	0	0	374
37,5	9,375	-378	33,33333333	-5,4707	2,9018	375
37,6	9,4	-379,2	33,42222222	0	0	376
37,7	9,425	-380,4	33,51111111	-5,4707	2,9018	377
37,8	9,45	-381,6	33,6	0	0	378
37,9	9,475	-382,8	33,68888889	-5,4707	2,9018	379
38	9,5	-384	33,77777778	0	0	380
38,1	9,525	-385,2	33,86666667	-5,4707	2,9018	381
38,2	9,55	-386,4	33,95555556	0	0	382
38,3	9,575	-387,6	34,04444444	-5,4707	2,9018	383
38,4	9,6	-388,8	34,13333333	0	0	384
38,5	9,625	-390	34,22222222	-5,4707	2,9018	385
38,6	9,65	-391,2	34,31111111	0	0	386
38,7	9,675	-392,4	34,4	-5,4707	2,9018	387
38,8	9,7	-393,6	34,48888889	0	0	388
38,9	9,725	-394,8	34,57777778	-5,4707	2,9018	389
39	9,75	-396	34,66666667	0	0	390
39,1	9,775	-397,2	34,75555556	-5,4707	2,9018	391
39,2	9,8	-398,4	34,84444444	0	0	392
39,3	9,825	-399,6	34,93333333	-5,4707	2,9018	393
39,4	9,85	-400,8	35,02222222	0	0	394
39,5	9,875	-402	35,11111111	-5,4707	2,9018	395
39,6	9,9	-403,2	35,2	0	0	396
39,7	9,925	-404,4	35,28888889	-5,4707	2,9018	397
39,8	9,95	-405,6	35,37777778	0	0	398
39,9	9,975	-406,8	35,46666667	-5,4707	2,9018	399
40	10	-408	35,55555556	0	0	400
40,1	10,025	-409,2	35,64444444	-5,4707	2,9018	401
40,2	10,05	-410,4	35,73333333	0	0	402
40,3	10,075	-411,6	35,82222222	-5,4707	2,9018	403
40,4	10,1	-412,8	35,91111111	0	0	404
40,5	10,125	-414	36	-5,4707	2,9018	405
40,6	10,15	-415,2	36,08888889	0	0	406
40,7	10,175	-416,4	36,17777778	-5,4707	2,9018	407
40,8	10,2	-417,6	36,26666667	0	0	408
40,9	10,225	-418,8	36,35555556	-5,4707	2,9018	409
41	10,25	-420	36,44444444	0	0	410
41,1	10,275	-421,2	36,53333333	-5,4707	2,9018	411
41,2	10,3	-422,4	36,62222222	0	0	412
41,3	10,325	-423,6	36,71111111	-5,4707	2,9018	413
41,4	10,35	-424,8	36,8	0	0	414
41,5	10,375	-426	36,88888889	-5,4707	2,9018	415
41,6	10,4	-427,2	36,97777778	0	0	416
41,7	10,425	-428,4	37,06666667	-5,4707	2,9018	417
41,8	10,45	-429,6	37,15555556	0	0	418
41,9	10,475	-430,8	37,24444444	-5,4707	2,9018	419
42	10,5	-432	37,33333333	0	0	420

Giro en grados de las manecillas del reloj



42,1	10,525	-433,2	37,42222222	-5,4707	2,9018	421
42,2	10,55	-434,4	37,51111111	0	0	422
42,3	10,575	-435,6	37,6	-5,4707	2,9018	423
42,4	10,6	-436,8	37,68888889	0	0	424
42,5	10,625	-438	37,77777778	-5,4707	2,9018	425
42,6	10,65	-439,2	37,86666667	0	0	426
42,7	10,675	-440,4	37,95555556	-5,4707	2,9018	427
42,8	10,7	-441,6	38,04444444	0	0	428
42,9	10,725	-442,8	38,13333333	-5,4707	2,9018	429
43	10,75	-444	38,22222222	0	0	430
43,1	10,775	-445,2	38,31111111	-5,4707	2,9018	431
43,2	10,8	-446,4	38,4	0	0	432
43,3	10,825	-447,6	38,48888889	-5,4707	2,9018	433
43,4	10,85	-448,8	38,57777778	0	0	434
43,5	10,875	-450	38,66666667	-5,4707	2,9018	435
43,6	10,9	-451,2	38,75555556	0	0	436
43,7	10,925	-452,4	38,84444444	-5,4707	2,9018	437
43,8	10,95	-453,6	38,93333333	0	0	438
43,9	10,975	-454,8	39,02222222	-5,4707	2,9018	439
44	11	-456	39,11111111	0	0	440
44,1	11,025	-457,2	39,2	-5,4707	2,9018	441
44,2	11,05	-458,4	39,28888889	0	0	442
44,3	11,075	-459,6	39,37777778	-5,4707	2,9018	443
44,4	11,1	-460,8	39,46666667	0	0	444
44,5	11,125	-462	39,55555556	-5,4707	2,9018	445
44,6	11,15	-463,2	39,64444444	0	0	446
44,7	11,175	-464,4	39,73333333	-5,4707	2,9018	447
44,8	11,2	-465,6	39,82222222	0	0	448
44,9	11,225	-466,8	39,91111111	-5,4707	2,9018	449
45	11,25	-468	40	0	0	450
45,1	11,275	-469,2	40,08888889	-5,4707	2,9018	451
45,2	11,3	-470,4	40,17777778	0	0	452
45,3	11,325	-471,6	40,26666667	-5,4707	2,9018	453
45,4	11,35	-472,8	40,35555556	0	0	454
45,5	11,375	-474	40,44444444	-5,4707	2,9018	455
45,6	11,4	-475,2	40,53333333	0	0	456
45,7	11,425	-476,4	40,62222222	-5,4707	2,9018	457
45,8	11,45	-477,6	40,71111111	0	0	458
45,9	11,475	-478,8	40,8	-5,4707	2,9018	459
46	11,5	-480	40,88888889	0	0	460
46,1	11,525	-481,2	40,97777778	-5,4707	2,9018	461
46,2	11,55	-482,4	41,06666667	0	0	462
46,3	11,575	-483,6	41,15555556	-5,4707	2,9018	463
46,4	11,6	-484,8	41,24444444	0	0	464
46,5	11,625	-486	41,33333333	-5,4707	2,9018	465
46,6	11,65	-487,2	41,42222222	0	0	466
46,7	11,675	-488,4	41,51111111	-5,4707	2,9018	467
46,8	11,7	-489,6	41,6	0	0	468
46,9	11,725	-490,8	41,68888889	-5,4707	2,9018	469
47	11,75	-492	41,77777778	0	0	470
47,1	11,775	-493,2	41,86666667	-5,4707	2,9018	471
47,2	11,8	-494,4	41,95555556	0	0	472
47,3	11,825	-495,6	42,04444444	-5,4707	2,9018	473
47,4	11,85	-496,8	42,13333333	0	0	474
47,5	11,875	-498	42,22222222	-5,4707	2,9018	475
47,6	11,9	-499,2	42,31111111	0	0	476
47,7	11,925	-500,4	42,4	-5,4707	2,9018	477
47,8	11,95	-501,6	42,48888889	0	0	478
47,9	11,975	-502,8	42,57777778	-5,4707	2,9018	479
48	12	-504	42,66666667	0	0	480

Giro en grados de las manecillas del reloj



48,1	12,025	-505,2	42,75555556	-5,4707	2,9018	481
48,2	12,05	-506,4	42,84444444	0	0	482
48,3	12,075	-507,6	42,93333333	-5,4707	2,9018	483
48,4	12,1	-508,8	43,02222222	0	0	484
48,5	12,125	-510	43,11111111	-5,4707	2,9018	485
48,6	12,15	-511,2	43,2	0	0	486
48,7	12,175	-512,4	43,28888889	-5,4707	2,9018	487
48,8	12,2	-513,6	43,37777778	0	0	488
48,9	12,225	-514,8	43,46666667	-5,4707	2,9018	489
49	12,25	-516	43,55555556	0	0	490
49,1	12,275	-517,2	43,64444444	-5,4707	2,9018	491
49,2	12,3	-518,4	43,73333333	0	0	492
49,3	12,325	-519,6	43,82222222	-5,4707	2,9018	493
49,4	12,35	-520,8	43,91111111	0	0	494
49,5	12,375	-522	44	-5,4707	2,9018	495
49,6	12,4	-523,2	44,08888889	0	0	496
49,7	12,425	-524,4	44,17777778	-5,4707	2,9018	497
49,8	12,45	-525,6	44,26666667	0	0	498
49,9	12,475	-526,8	44,35555556	-5,4707	2,9018	499
50	12,5	-528	44,44444444	0	0	500
50,1	12,525	-529,2	44,53333333	-5,4707	2,9018	501
50,2	12,55	-530,4	44,62222222	0	0	502
50,3	12,575	-531,6	44,71111111	-5,4707	2,9018	503
50,4	12,6	-532,8	44,8	0	0	504
50,5	12,625	-534	44,88888889	-5,4707	2,9018	505
50,6	12,65	-535,2	44,97777778	0	0	506
50,7	12,675	-536,4	45,06666667	-5,4707	2,9018	507
50,8	12,7	-537,6	45,15555556	0	0	508
50,9	12,725	-538,8	45,24444444	-5,4707	2,9018	509
51	12,75	-540	45,33333333	0	0	510
51,1	12,775	-541,2	45,42222222	-5,4707	2,9018	511
51,2	12,8	-542,4	45,51111111	0	0	512
51,3	12,825	-543,6	45,6	-5,4707	2,9018	513
51,4	12,85	-544,8	45,68888889	0	0	514
51,5	12,875	-546	45,77777778	-5,4707	2,9018	515
51,6	12,9	-547,2	45,86666667	0	0	516
51,7	12,925	-548,4	45,95555556	-5,4707	2,9018	517
51,8	12,95	-549,6	46,04444444	0	0	518
51,9	12,975	-550,8	46,13333333	-5,4707	2,9018	519
52	13	-552	46,22222222	0	0	520
52,1	13,025	-553,2	46,31111111	-5,4707	2,9018	521
52,2	13,05	-554,4	46,4	0	0	522
52,3	13,075	-555,6	46,48888889	-5,4707	2,9018	523
52,4	13,1	-556,8	46,57777778	0	0	524
52,5	13,125	-558	46,66666667	-5,4707	2,9018	525
52,6	13,15	-559,2	46,75555556	0	0	526
52,7	13,175	-560,4	46,84444444	-5,4707	2,9018	527
52,8	13,2	-561,6	46,93333333	0	0	528
52,9	13,225	-562,8	47,02222222	-5,4707	2,9018	529
53	13,25	-564	47,11111111	0	0	530
53,1	13,275	-565,2	47,2	-5,4707	2,9018	531
53,2	13,3	-566,4	47,28888889	0	0	532
53,3	13,325	-567,6	47,37777778	-5,4707	2,9018	533
53,4	13,35	-568,8	47,46666667	0	0	534
53,5	13,375	-570	47,55555556	-5,4707	2,9018	535
53,6	13,4	-571,2	47,64444444	0	0	536
53,7	13,425	-572,4	47,73333333	-5,4707	2,9018	537
53,8	13,45	-573,6	47,82222222	0	0	538
53,9	13,475	-574,8	47,91111111	-5,4707	2,9018	539
54	13,5	-576	48	0	0	540

Giro en grados de las manecillas del reloj



54,1	13,525	-577,2	48,08888889	-5,4707	2,9018	541
54,2	13,55	-578,4	48,17777778	0	0	542
54,3	13,575	-579,6	48,26666667	-5,4707	2,9018	543
54,4	13,6	-580,8	48,35555556	0	0	544
54,5	13,625	-582	48,44444444	-5,4707	2,9018	545
54,6	13,65	-583,2	48,53333333	0	0	546
54,7	13,675	-584,4	48,62222222	-5,4707	2,9018	547
54,8	13,7	-585,6	48,71111111	0	0	548
54,9	13,725	-586,8	48,8	-5,4707	2,9018	549
55	13,75	-588	48,88888889	0	0	550
55,1	13,775	-589,2	48,97777778	-5,4707	2,9018	551
55,2	13,8	-590,4	49,06666667	0	0	552
55,3	13,825	-591,6	49,15555556	-5,4707	2,9018	553
55,4	13,85	-592,8	49,24444444	0	0	554
55,5	13,875	-594	49,33333333	-5,4707	2,9018	555
55,6	13,9	-595,2	49,42222222	0	0	556
55,7	13,925	-596,4	49,51111111	-5,4707	2,9018	557
55,8	13,95	-597,6	49,6	0	0	558
55,9	13,975	-598,8	49,68888889	-5,4707	2,9018	559
56	14	-600	49,77777778	0	0	560
56,1	14,025	-601,2	49,86666667	-5,4707	2,9018	561
56,2	14,05	-602,4	49,95555556	0	0	562
56,3	14,075	-603,6	50,04444444	-5,4707	2,9018	563
56,4	14,1	-604,8	50,13333333	0	0	564
56,5	14,125	-606	50,22222222	-5,4707	2,9018	565
56,6	14,15	-607,2	50,31111111	0	0	566
56,7	14,175	-608,4	50,4	-5,4707	2,9018	567
56,8	14,2	-609,6	50,48888889	0	0	568
56,9	14,225	-610,8	50,57777778	-5,4707	2,9018	569
57	14,25	-612	50,66666667	0	0	570
57,1	14,275	-613,2	50,75555556	-5,4707	2,9018	571
57,2	14,3	-614,4	50,84444444	0	0	572
57,3	14,325	-615,6	50,93333333	-5,4707	2,9018	573
57,4	14,35	-616,8	51,02222222	0	0	574
57,5	14,375	-618	51,11111111	-5,4707	2,9018	575
57,6	14,4	-619,2	51,2	0	0	576
57,7	14,425	-620,4	51,28888889	-5,4707	2,9018	577
57,8	14,45	-621,6	51,37777778	0	0	578
57,9	14,475	-622,8	51,46666667	-5,4707	2,9018	579
58	14,5	-624	51,55555556	0	0	580
58,1	14,525	-625,2	51,64444444	-5,4707	2,9018	581
58,2	14,55	-626,4	51,73333333	0	0	582
58,3	14,575	-627,6	51,82222222	-5,4707	2,9018	583
58,4	14,6	-628,8	51,91111111	0	0	584
58,5	14,625	-630	52	-5,4707	2,9018	585
58,6	14,65	-631,2	52,08888889	0	0	586
58,7	14,675	-632,4	52,17777778	-5,4707	2,9018	587
58,8	14,7	-633,6	52,26666667	0	0	588
58,9	14,725	-634,8	52,35555556	-5,4707	2,9018	589
59	14,75	-636	52,44444444	0	0	590
59,1	14,775	-637,2	52,53333333	-5,4707	2,9018	591
59,2	14,8	-638,4	52,62222222	0	0	592
59,3	14,825	-639,6	52,71111111	-5,4707	2,9018	593
59,4	14,85	-640,8	52,8	0	0	594
59,5	14,875	-642	52,88888889	-5,4707	2,9018	595
59,6	14,9	-643,2	52,97777778	0	0	596
59,7	14,925	-644,4	53,06666667	-5,4707	2,9018	597
59,8	14,95	-645,6	53,15555556	0	0	598
59,9	14,975	-646,8	53,24444444	-5,4707	2,9018	599
60	15	-648	53,33333333	0	0	600

Giro en grados de las manecillas del reloj



60,1	15,025	-649,2	53,42222222	-5,4707	2,9018	601
60,2	15,05	-650,4	53,51111111	0	0	602
60,3	15,075	-651,6	53,6	-5,4707	2,9018	603
60,4	15,1	-652,8	53,68888889	0	0	604
60,5	15,125	-654	53,77777778	-5,4707	2,9018	605
60,6	15,15	-655,2	53,86666667	0	0	606
60,7	15,175	-656,4	53,95555556	-5,4707	2,9018	607
60,8	15,2	-657,6	54,04444444	0	0	608
60,9	15,225	-658,8	54,13333333	-5,4707	2,9018	609
61	15,25	-660	54,22222222	0	0	610
61,1	15,275	-661,2	54,31111111	-5,4707	2,9018	611
61,2	15,3	-662,4	54,4	0	0	612
61,3	15,325	-663,6	54,48888889	-5,4707	2,9018	613
61,4	15,35	-664,8	54,57777778	0	0	614
61,5	15,375	-666	54,66666667	-5,4707	2,9018	615
61,6	15,4	-667,2	54,75555556	0	0	616
61,7	15,425	-668,4	54,84444444	-5,4707	2,9018	617
61,8	15,45	-669,6	54,93333333	0	0	618
61,9	15,475	-670,8	55,02222222	-5,4707	2,9018	619
62	15,5	-672	55,11111111	0	0	620
62,1	15,525	-673,2	55,2	-5,4707	2,9018	621
62,2	15,55	-674,4	55,28888889	0	0	622
62,3	15,575	-675,6	55,37777778	-5,4707	2,9018	623
62,4	15,6	-676,8	55,46666667	0	0	624
62,5	15,625	-678	55,55555556	-5,4707	2,9018	625
62,6	15,65	-679,2	55,64444444	0	0	626
62,7	15,675	-680,4	55,73333333	-5,4707	2,9018	627
62,8	15,7	-681,6	55,82222222	0	0	628
62,9	15,725	-682,8	55,91111111	-5,4707	2,9018	629
63	15,75	-684	56	0	0	630
63,1	15,775	-685,2	56,08888889	-5,4707	2,9018	631
63,2	15,8	-686,4	56,17777778	0	0	632
63,3	15,825	-687,6	56,26666667	-5,4707	2,9018	633
63,4	15,85	-688,8	56,35555556	0	0	634
63,5	15,875	-690	56,44444444	-5,4707	2,9018	635
63,6	15,9	-691,2	56,53333333	0	0	636
63,7	15,925	-692,4	56,62222222	-5,4707	2,9018	637
63,8	15,95	-693,6	56,71111111	0	0	638
63,9	15,975	-694,8	56,8	-5,4707	2,9018	639
64	16	-696	56,88888889	0	0	640
64,1	16,025	-697,2	56,97777778	-5,4707	2,9018	641
64,2	16,05	-698,4	57,06666667	0	0	642
64,3	16,075	-699,6	57,15555556	-5,4707	2,9018	643
64,4	16,1	-700,8	57,24444444	0	0	644
64,5	16,125	-702	57,33333333	-5,4707	2,9018	645
64,6	16,15	-703,2	57,42222222	0	0	646
64,7	16,175	-704,4	57,51111111	-5,4707	2,9018	647
64,8	16,2	-705,6	57,6	0	0	648
64,9	16,225	-706,8	57,68888889	-5,4707	2,9018	649
65	16,25	-708	57,77777778	0	0	650
65,1	16,275	-709,2	57,86666667	-5,4707	2,9018	651
65,2	16,3	-710,4	57,95555556	0	0	652
65,3	16,325	-711,6	58,04444444	-5,4707	2,9018	653
65,4	16,35	-712,8	58,13333333	0	0	654
65,5	16,375	-714	58,22222222	-5,4707	2,9018	655
65,6	16,4	-715,2	58,31111111	0	0	656
65,7	16,425	-716,4	58,4	-5,4707	2,9018	657
65,8	16,45	-717,6	58,48888889	0	0	658
65,9	16,475	-718,8	58,57777778	-5,4707	2,9018	659
66	16,5	-720	58,66666667	0	0	660

Giro en grados de las manecillas del reloj



66,1	16,525	-721,2	58,75555556	-5,4707	2,9018	661
66,2	16,55	-722,4	58,84444444	0	0	662
66,3	16,575	-723,6	58,93333333	-5,4707	2,9018	663
66,4	16,6	-724,8	59,02222222	0	0	664
66,5	16,625	-726	59,11111111	-5,4707	2,9018	665
66,6	16,65	-727,2	59,2	0	0	666
66,7	16,675	-728,4	59,28888889	-5,4707	2,9018	667
66,8	16,7	-729,6	59,37777778	0	0	668
66,9	16,725	-730,8	59,46666667	-5,4707	2,9018	669
67	16,75	-732	59,55555556	0	0	670
67,1	16,775	-733,2	59,64444444	-5,4707	2,9018	671
67,2	16,8	-734,4	59,73333333	0	0	672
67,3	16,825	-735,6	59,82222222	-5,4707	2,9018	673
67,4	16,85	-736,8	59,91111111	0	0	674
67,5	16,875	-738	60	-5,4707	2,9018	675
67,6	16,9	-739,2	60,08888889	0	0	676
67,7	16,925	-740,4	60,17777778	-5,4707	2,9018	677
67,8	16,95	-741,6	60,26666667	0	0	678
67,9	16,975	-742,8	60,35555556	-5,4707	2,9018	679
68	17	-744	60,44444444	0	0	680
68,1	17,025	-745,2	60,53333333	-5,4707	2,9018	681
68,2	17,05	-746,4	60,62222222	0	0	682
68,3	17,075	-747,6	60,71111111	-5,4707	2,9018	683
68,4	17,1	-748,8	60,8	0	0	684
68,5	17,125	-750	60,88888889	-5,4707	2,9018	685
68,6	17,15	-751,2	60,97777778	0	0	686
68,7	17,175	-752,4	61,06666667	-5,4707	2,9018	687
68,8	17,2	-753,6	61,15555556	0	0	688
68,9	17,225	-754,8	61,24444444	-5,4707	2,9018	689
69	17,25	-756	61,33333333	0	0	690
69,1	17,275	-757,2	61,42222222	-5,4707	2,9018	691
69,2	17,3	-758,4	61,51111111	0	0	692
69,3	17,325	-759,6	61,6	-5,4707	2,9018	693
69,4	17,35	-760,8	61,68888889	0	0	694
69,5	17,375	-762	61,77777778	-5,4707	2,9018	695
69,6	17,4	-763,2	61,86666667	0	0	696
69,7	17,425	-764,4	61,95555556	-5,4707	2,9018	697
69,8	17,45	-765,6	62,04444444	0	0	698
69,9	17,475	-766,8	62,13333333	-5,4707	2,9018	699
70	17,5	-768	62,22222222	0	0	700
70,1	17,525	-769,2	62,31111111	-5,4707	2,9018	701
70,2	17,55	-770,4	62,4	0	0	702
70,3	17,575	-771,6	62,48888889	-5,4707	2,9018	703
70,4	17,6	-772,8	62,57777778	0	0	704
70,5	17,625	-774	62,66666667	-5,4707	2,9018	705
70,6	17,65	-775,2	62,75555556	0	0	706
70,7	17,675	-776,4	62,84444444	-5,4707	2,9018	707
70,8	17,7	-777,6	62,93333333	0	0	708
70,9	17,725	-778,8	63,02222222	-5,4707	2,9018	709
71	17,75	-780	63,11111111	0	0	710
71,1	17,775	-781,2	63,2	-5,4707	2,9018	711
71,2	17,8	-782,4	63,28888889	0	0	712
71,3	17,825	-783,6	63,37777778	-5,4707	2,9018	713
71,4	17,85	-784,8	63,46666667	0	0	714
71,5	17,875	-786	63,55555556	-5,4707	2,9018	715
71,6	17,9	-787,2	63,64444444	0	0	716
71,7	17,925	-788,4	63,73333333	-5,4707	2,9018	717
71,8	17,95	-789,6	63,82222222	0	0	718
71,9	17,975	-790,8	63,91111111	-5,4707	2,9018	719
72	18	-792	64	0	0	720

Giro en grados de las manecillas del reloj



72,1	18,025	-793,2	64,08888889	-5,4707	2,9018	721
72,2	18,05	-794,4	64,17777778	0	0	722
72,3	18,075	-795,6	64,26666667	-5,4707	2,9018	723
72,4	18,1	-796,8	64,35555556	0	0	724
72,5	18,125	-798	64,44444444	-5,4707	2,9018	725
72,6	18,15	-799,2	64,53333333	0	0	726
72,7	18,175	-800,4	64,62222222	-5,4707	2,9018	727
72,8	18,2	-801,6	64,71111111	0	0	728
72,9	18,225	-802,8	64,8	-5,4707	2,9018	729
73	18,25	-804	64,88888889	0	0	730
73,1	18,275	-805,2	64,97777778	-5,4707	2,9018	731
73,2	18,3	-806,4	65,06666667	0	0	732
73,3	18,325	-807,6	65,15555556	-5,4707	2,9018	733
73,4	18,35	-808,8	65,24444444	0	0	734
73,5	18,375	-810	65,33333333	-5,4707	2,9018	735
73,6	18,4	-811,2	65,42222222	0	0	736
73,7	18,425	-812,4	65,51111111	-5,4707	2,9018	737
73,8	18,45	-813,6	65,6	0	0	738
73,9	18,475	-814,8	65,68888889	-5,4707	2,9018	739
74	18,5	-816	65,77777778	0	0	740
74,1	18,525	-817,2	65,86666667	-5,4707	2,9018	741
74,2	18,55	-818,4	65,95555556	0	0	742
74,3	18,575	-819,6	66,04444444	-5,4707	2,9018	743
74,4	18,6	-820,8	66,13333333	0	0	744
74,5	18,625	-822	66,22222222	-5,4707	2,9018	745
74,6	18,65	-823,2	66,31111111	0	0	746
74,7	18,675	-824,4	66,4	-5,4707	2,9018	747
74,8	18,7	-825,6	66,48888889	0	0	748
74,9	18,725	-826,8	66,57777778	-5,4707	2,9018	749
75	18,75	-828	66,66666667	0	0	750
75,1	18,775	-829,2	66,75555556	-5,4707	2,9018	751
75,2	18,8	-830,4	66,84444444	0	0	752
75,3	18,825	-831,6	66,93333333	-5,4707	2,9018	753
75,4	18,85	-832,8	67,02222222	0	0	754
75,5	18,875	-834	67,11111111	-5,4707	2,9018	755
75,6	18,9	-835,2	67,2	0	0	756
75,7	18,925	-836,4	67,28888889	-5,4707	2,9018	757
75,8	18,95	-837,6	67,37777778	0	0	758
75,9	18,975	-838,8	67,46666667	-5,4707	2,9018	759
76	19	-840	67,55555556	0	0	760
76,1	19,025	-841,2	67,64444444	-5,4707	2,9018	761
76,2	19,05	-842,4	67,73333333	0	0	762
76,3	19,075	-843,6	67,82222222	-5,4707	2,9018	763
76,4	19,1	-844,8	67,91111111	0	0	764
76,5	19,125	-846	68	-5,4707	2,9018	765
76,6	19,15	-847,2	68,08888889	0	0	766
76,7	19,175	-848,4	68,17777778	-5,4707	2,9018	767
76,8	19,2	-849,6	68,26666667	0	0	768
76,9	19,225	-850,8	68,35555556	-5,4707	2,9018	769
77	19,25	-852	68,44444444	0	0	770
77,1	19,275	-853,2	68,53333333	-5,4707	2,9018	771
77,2	19,3	-854,4	68,62222222	0	0	772
77,3	19,325	-855,6	68,71111111	-5,4707	2,9018	773
77,4	19,35	-856,8	68,8	0	0	774
77,5	19,375	-858	68,88888889	-5,4707	2,9018	775
77,6	19,4	-859,2	68,97777778	0	0	776
77,7	19,425	-860,4	69,06666667	-5,4707	2,9018	777
77,8	19,45	-861,6	69,15555556	0	0	778
77,9	19,475	-862,8	69,24444444	-5,4707	2,9018	779
78	19,5	-864	69,33333333	0	0	780

Giro en grados de las manecillas del reloj



78,1	19,525	-865,2	69,42222222	-5,4707	2,9018	781
78,2	19,55	-866,4	69,51111111	0	0	782
78,3	19,575	-867,6	69,6	-5,4707	2,9018	783
78,4	19,6	-868,8	69,68888889	0	0	784
78,5	19,625	-870	69,77777778	-5,4707	2,9018	785
78,6	19,65	-871,2	69,86666667	0	0	786
78,7	19,675	-872,4	69,95555556	-5,4707	2,9018	787
78,8	19,7	-873,6	70,04444444	0	0	788
78,9	19,725	-874,8	70,13333333	-5,4707	2,9018	789
79	19,75	-876	70,22222222	0	0	790
79,1	19,775	-877,2	70,31111111	-5,4707	2,9018	791
79,2	19,8	-878,4	70,4	0	0	792
79,3	19,825	-879,6	70,48888889	-5,4707	2,9018	793
79,4	19,85	-880,8	70,57777778	0	0	794
79,5	19,875	-882	70,66666667	-5,4707	2,9018	795
79,6	19,9	-883,2	70,75555556	0	0	796
79,7	19,925	-884,4	70,84444444	-5,4707	2,9018	797
79,8	19,95	-885,6	70,93333333	0	0	798
79,9	19,975	-886,8	71,02222222	-5,4707	2,9018	799
80	20	-888	71,11111111	0	0	800
80,1	20,025	-889,2	71,2	-5,4707	2,9018	801
80,2	20,05	-890,4	71,28888889	0	0	802
80,3	20,075	-891,6	71,37777778	-5,4707	2,9018	803
80,4	20,1	-892,8	71,46666667	0	0	804
80,5	20,125	-894	71,55555556	-5,4707	2,9018	805
80,6	20,15	-895,2	71,64444444	0	0	806
80,7	20,175	-896,4	71,73333333	-5,4707	2,9018	807
80,8	20,2	-897,6	71,82222222	0	0	808
80,9	20,225	-898,8	71,91111111	-5,4707	2,9018	809
81	20,25	-900	72	0	0	810
81,1	20,275	-901,2	72,08888889	-5,4707	2,9018	811
81,2	20,3	-902,4	72,17777778	0	0	812
81,3	20,325	-903,6	72,26666667	-5,4707	2,9018	813
81,4	20,35	-904,8	72,35555556	0	0	814
81,5	20,375	-906	72,44444444	-5,4707	2,9018	815
81,6	20,4	-907,2	72,53333333	0	0	816
81,7	20,425	-908,4	72,62222222	-5,4707	2,9018	817
81,8	20,45	-909,6	72,71111111	0	0	818
81,9	20,475	-910,8	72,8	-5,4707	2,9018	819
82	20,5	-912	72,88888889	0	0	820
82,1	20,525	-913,2	72,97777778	-5,4707	2,9018	821
82,2	20,55	-914,4	73,06666667	0	0	822
82,3	20,575	-915,6	73,15555556	-5,4707	2,9018	823
82,4	20,6	-916,8	73,24444444	0	0	824
82,5	20,625	-918	73,33333333	-5,4707	2,9018	825
82,6	20,65	-919,2	73,42222222	0	0	826
82,7	20,675	-920,4	73,51111111	-5,4707	2,9018	827
82,8	20,7	-921,6	73,6	0	0	828
82,9	20,725	-922,8	73,68888889	-5,4707	2,9018	829
83	20,75	-924	73,77777778	0	0	830
83,1	20,775	-925,2	73,86666667	-5,4707	2,9018	831
83,2	20,8	-926,4	73,95555556	0	0	832
83,3	20,825	-927,6	74,04444444	-5,4707	2,9018	833
83,4	20,85	-928,8	74,13333333	0	0	834
83,5	20,875	-930	74,22222222	-5,4707	2,9018	835
83,6	20,9	-931,2	74,31111111	0	0	836
83,7	20,925	-932,4	74,4	-5,4707	2,9018	837
83,8	20,95	-933,6	74,48888889	0	0	838
83,9	20,975	-934,8	74,57777778	-5,4707	2,9018	839
84	21	-936	74,66666667	0	0	840

Giro en grados de las manecillas del reloj



84,1	21,025	-937,2	74,75555556	-5,4707	2,9018	841
84,2	21,05	-938,4	74,84444444	0	0	842
84,3	21,075	-939,6	74,93333333	-5,4707	2,9018	843
84,4	21,1	-940,8	75,02222222	0	0	844
84,5	21,125	-942	75,11111111	-5,4707	2,9018	845
84,6	21,15	-943,2	75,2	0	0	846
84,7	21,175	-944,4	75,28888889	-5,4707	2,9018	847
84,8	21,2	-945,6	75,37777778	0	0	848
84,9	21,225	-946,8	75,46666667	-5,4707	2,9018	849
85	21,25	-948	75,55555556	0	0	850
85,1	21,275	-949,2	75,64444444	-5,4707	2,9018	851
85,2	21,3	-950,4	75,73333333	0	0	852
85,3	21,325	-951,6	75,82222222	-5,4707	2,9018	853
85,4	21,35	-952,8	75,91111111	0	0	854
85,5	21,375	-954	76	-5,4707	2,9018	855
85,6	21,4	-955,2	76,08888889	0	0	856
85,7	21,425	-956,4	76,17777778	-5,4707	2,9018	857
85,8	21,45	-957,6	76,26666667	0	0	858
85,9	21,475	-958,8	76,35555556	-5,4707	2,9018	859
86	21,5	-960	76,44444444	0	0	860
86,1	21,525	-961,2	76,53333333	-5,4707	2,9018	861
86,2	21,55	-962,4	76,62222222	0	0	862
86,3	21,575	-963,6	76,71111111	-5,4707	2,9018	863
86,4	21,6	-964,8	76,8	0	0	864
86,5	21,625	-966	76,88888889	-5,4707	2,9018	865
86,6	21,65	-967,2	76,97777778	0	0	866
86,7	21,675	-968,4	77,06666667	-5,4707	2,9018	867
86,8	21,7	-969,6	77,15555556	0	0	868
86,9	21,725	-970,8	77,24444444	-5,4707	2,9018	869
87	21,75	-972	77,33333333	0	0	870
87,1	21,775	-973,2	77,42222222	-5,4707	2,9018	871
87,2	21,8	-974,4	77,51111111	0	0	872
87,3	21,825	-975,6	77,6	-5,4707	2,9018	873
87,4	21,85	-976,8	77,68888889	0	0	874
87,5	21,875	-978	77,77777778	-5,4707	2,9018	875
87,6	21,9	-979,2	77,86666667	0	0	876
87,7	21,925	-980,4	77,95555556	-5,4707	2,9018	877
87,8	21,95	-981,6	78,04444444	0	0	878
87,9	21,975	-982,8	78,13333333	-5,4707	2,9018	879
88	22	-984	78,22222222	0	0	880
88,1	22,025	-985,2	78,31111111	-5,4707	2,9018	881
88,2	22,05	-986,4	78,4	0	0	882
88,3	22,075	-987,6	78,48888889	-5,4707	2,9018	883
88,4	22,1	-988,8	78,57777778	0	0	884
88,5	22,125	-990	78,66666667	-5,4707	2,9018	885
88,6	22,15	-991,2	78,75555556	0	0	886
88,7	22,175	-992,4	78,84444444	-5,4707	2,9018	887
88,8	22,2	-993,6	78,93333333	0	0	888
88,9	22,225	-994,8	79,02222222	-5,4707	2,9018	889
89	22,25	-996	79,11111111	0	0	890
89,1	22,275	-997,2	79,2	-5,4707	2,9018	891
89,2	22,3	-998,4	79,28888889	0	0	892
89,3	22,325	-999,6	79,37777778	-5,4707	2,9018	893
89,4	22,35	-1000,8	79,46666667	0	0	894
89,5	22,375	-1002	79,55555556	-5,4707	2,9018	895
89,6	22,4	-1003,2	79,64444444	0	0	896
89,7	22,425	-1004,4	79,73333333	-5,4707	2,9018	897
89,8	22,45	-1005,6	79,82222222	0	0	898
89,9	22,475	-1006,8	79,91111111	-5,4707	2,9018	899
90	22,5	-1008	80	0	0	900

Giro en grados de las manecillas del reloj



90,1	22,525	-1009,2	80,08888889	-5,4707	2,9018	901
90,2	22,55	-1010,4	80,17777778	0	0	902
90,3	22,575	-1011,6	80,26666667	-5,4707	2,9018	903
90,4	22,6	-1012,8	80,35555556	0	0	904
90,5	22,625	-1014	80,44444444	-5,4707	2,9018	905
90,6	22,65	-1015,2	80,53333333	0	0	906
90,7	22,675	-1016,4	80,62222222	-5,4707	2,9018	907
90,8	22,7	-1017,6	80,71111111	0	0	908
90,9	22,725	-1018,8	80,8	-5,4707	2,9018	909
91	22,75	-1020	80,88888889	0	0	910
91,1	22,775	-1021,2	80,97777778	-5,4707	2,9018	911
91,2	22,8	-1022,4	81,06666667	0	0	912
91,3	22,825	-1023,6	81,15555556	-5,4707	2,9018	913
91,4	22,85	-1024,8	81,24444444	0	0	914
91,5	22,875	-1026	81,33333333	-5,4707	2,9018	915
91,6	22,9	-1027,2	81,42222222	0	0	916
91,7	22,925	-1028,4	81,51111111	-5,4707	2,9018	917
91,8	22,95	-1029,6	81,6	0	0	918
91,9	22,975	-1030,8	81,68888889	-5,4707	2,9018	919
92	23	-1032	81,77777778	0	0	920
92,1	23,025	-1033,2	81,86666667	-5,4707	2,9018	921
92,2	23,05	-1034,4	81,95555556	0	0	922
92,3	23,075	-1035,6	82,04444444	-5,4707	2,9018	923
92,4	23,1	-1036,8	82,13333333	0	0	924
92,5	23,125	-1038	82,22222222	-5,4707	2,9018	925
92,6	23,15	-1039,2	82,31111111	0	0	926
92,7	23,175	-1040,4	82,4	-5,4707	2,9018	927
92,8	23,2	-1041,6	82,48888889	0	0	928
92,9	23,225	-1042,8	82,57777778	-5,4707	2,9018	929
93	23,25	-1044	82,66666667	0	0	930
93,1	23,275	-1045,2	82,75555556	-5,4707	2,9018	931
93,2	23,3	-1046,4	82,84444444	0	0	932
93,3	23,325	-1047,6	82,93333333	-5,4707	2,9018	933
93,4	23,35	-1048,8	83,02222222	0	0	934
93,5	23,375	-1050	83,11111111	-5,4707	2,9018	935
93,6	23,4	-1051,2	83,2	0	0	936
93,7	23,425	-1052,4	83,28888889	-5,4707	2,9018	937
93,8	23,45	-1053,6	83,37777778	0	0	938
93,9	23,475	-1054,8	83,46666667	-5,4707	2,9018	939
94	23,5	-1056	83,55555556	0	0	940
94,1	23,525	-1057,2	83,64444444	-5,4707	2,9018	941
94,2	23,55	-1058,4	83,73333333	0	0	942
94,3	23,575	-1059,6	83,82222222	-5,4707	2,9018	943
94,4	23,6	-1060,8	83,91111111	0	0	944
94,5	23,625	-1062	84	-5,4707	2,9018	945
94,6	23,65	-1063,2	84,08888889	0	0	946
94,7	23,675	-1064,4	84,17777778	-5,4707	2,9018	947
94,8	23,7	-1065,6	84,26666667	0	0	948
94,9	23,725	-1066,8	84,35555556	-5,4707	2,9018	949
95	23,75	-1068	84,44444444	0	0	950
95,1	23,775	-1069,2	84,53333333	-5,4707	2,9018	951
95,2	23,8	-1070,4	84,62222222	0	0	952
95,3	23,825	-1071,6	84,71111111	-5,4707	2,9018	953
95,4	23,85	-1072,8	84,8	0	0	954
95,5	23,875	-1074	84,88888889	-5,4707	2,9018	955
95,6	23,9	-1075,2	84,97777778	0	0	956
95,7	23,925	-1076,4	85,06666667	-5,4707	2,9018	957
95,8	23,95	-1077,6	85,15555556	0	0	958
95,9	23,975	-1078,8	85,24444444	-5,4707	2,9018	959
96	24	-1080	85,33333333	0	0	960

Giro en grados de las manecillas del reloj



96,1	24,025	-1081,2	85,42222222	-5,4707	2,9018	961
96,2	24,05	-1082,4	85,51111111	0	0	962
96,3	24,075	-1083,6	85,6	-5,4707	2,9018	963
96,4	24,1	-1084,8	85,68888889	0	0	964
96,5	24,125	-1086	85,77777778	-5,4707	2,9018	965
96,6	24,15	-1087,2	85,86666667	0	0	966
96,7	24,175	-1088,4	85,95555556	-5,4707	2,9018	967
96,8	24,2	-1089,6	86,04444444	0	0	968
96,9	24,225	-1090,8	86,13333333	-5,4707	2,9018	969
97	24,25	-1092	86,22222222	0	0	970
97,1	24,275	-1093,2	86,31111111	-5,4707	2,9018	971
97,2	24,3	-1094,4	86,4	0	0	972
97,3	24,325	-1095,6	86,48888889	-5,4707	2,9018	973
97,4	24,35	-1096,8	86,57777778	0	0	974
97,5	24,375	-1098	86,66666667	-5,4707	2,9018	975
97,6	24,4	-1099,2	86,75555556	0	0	976
97,7	24,425	-1100,4	86,84444444	-5,4707	2,9018	977
97,8	24,45	-1101,6	86,93333333	0	0	978
97,9	24,475	-1102,8	87,02222222	-5,4707	2,9018	979
98	24,5	-1104	87,11111111	0	0	980
98,1	24,525	-1105,2	87,2	-5,4707	2,9018	981
98,2	24,55	-1106,4	87,28888889	0	0	982
98,3	24,575	-1107,6	87,37777778	-5,4707	2,9018	983
98,4	24,6	-1108,8	87,46666667	0	0	984
98,5	24,625	-1110	87,55555556	-5,4707	2,9018	985
98,6	24,65	-1111,2	87,64444444	0	0	986
98,7	24,675	-1112,4	87,73333333	-5,4707	2,9018	987
98,8	24,7	-1113,6	87,82222222	0	0	988
98,9	24,725	-1114,8	87,91111111	-5,4707	2,9018	989
99	24,75	-1116	88	0	0	990
99,1	24,775	-1117,2	88,08888889	-5,4707	2,9018	991
99,2	24,8	-1118,4	88,17777778	0	0	992
99,3	24,825	-1119,6	88,26666667	-5,4707	2,9018	993
99,4	24,85	-1120,8	88,35555556	0	0	994
99,5	24,875	-1122	88,44444444	-5,4707	2,9018	995
99,6	24,9	-1123,2	88,53333333	0	0	996
99,7	24,925	-1124,4	88,62222222	-5,4707	2,9018	997
99,8	24,95	-1125,6	88,71111111	0	0	998
99,9	24,975	-1126,8	88,8	-5,4707	2,9018	999
100	25	-1128	88,88888889	0	0	1000
100,1	25,025	-1129,2	88,97777778	-5,4707	2,9018	1001
100,2	25,05	-1130,4	89,06666667	0	0	1002
100,3	25,075	-1131,6	89,15555556	-5,4707	2,9018	1003
100,4	25,1	-1132,8	89,24444444	0	0	1004
100,5	25,125	-1134	89,33333333	-5,4707	2,9018	1005
100,6	25,15	-1135,2	89,42222222	0	0	1006
100,7	25,175	-1136,4	89,51111111	-5,4707	2,9018	1007
100,8	25,2	-1137,6	89,6	0	0	1008
100,9	25,225	-1138,8	89,68888889	-5,4707	2,9018	1009
101	25,25	-1140	89,77777778	0	0	1010
101,1	25,275	-1141,2	89,86666667	-5,4707	2,9018	1011
101,2	25,3	-1142,4	89,95555556	0	0	1012
101,3	25,325	-1143,6	90,04444444	-5,4707	2,9018	1013
101,4	25,35	-1144,8	90,13333333	0	0	1014
101,5	25,375	-1146	90,22222222	-5,4707	2,9018	1015
101,6	25,4	-1147,2	90,31111111	0	0	1016
101,7	25,425	-1148,4	90,4	-5,4707	2,9018	1017
101,8	25,45	-1149,6	90,48888889	0	0	1018
101,9	25,475	-1150,8	90,57777778	-5,4707	2,9018	1019
102	25,5	-1152	90,66666667	0	0	1020

Giro en grados de las manecillas del reloj



102,1	25,525	-1153,2	90,75555556	-5,4707	2,9018	1021
102,2	25,55	-1154,4	90,84444444	0	0	1022
102,3	25,575	-1155,6	90,93333333	-5,4707	2,9018	1023
102,4	25,6	-1156,8	91,02222222	0	0	1024
102,5	25,625	-1158	91,11111111	-5,4707	2,9018	1025
102,6	25,65	-1159,2	91,2	0	0	1026
102,7	25,675	-1160,4	91,28888889	-5,4707	2,9018	1027
102,8	25,7	-1161,6	91,37777778	0	0	1028
102,9	25,725	-1162,8	91,46666667	-5,4707	2,9018	1029
103	25,75	-1164	91,55555556	0	0	1030
103,1	25,775	-1165,2	91,64444444	-5,4707	2,9018	1031
103,2	25,8	-1166,4	91,73333333	0	0	1032
103,3	25,825	-1167,6	91,82222222	-5,4707	2,9018	1033
103,4	25,85	-1168,8	91,91111111	0	0	1034
103,5	25,875	-1170	92	-5,4707	2,9018	1035
103,6	25,9	-1171,2	92,08888889	0	0	1036
103,7	25,925	-1172,4	92,17777778	-5,4707	2,9018	1037
103,8	25,95	-1173,6	92,26666667	0	0	1038
103,9	25,975	-1174,8	92,35555556	-5,4707	2,9018	1039
104	26	-1176	92,44444444	0	0	1040
104,1	26,025	-1177,2	92,53333333	-5,4707	2,9018	1041
104,2	26,05	-1178,4	92,62222222	0	0	1042
104,3	26,075	-1179,6	92,71111111	-5,4707	2,9018	1043
104,4	26,1	-1180,8	92,8	0	0	1044
104,5	26,125	-1182	92,88888889	-5,4707	2,9018	1045
104,6	26,15	-1183,2	92,97777778	0	0	1046
104,7	26,175	-1184,4	93,06666667	-5,4707	2,9018	1047
104,8	26,2	-1185,6	93,15555556	0	0	1048
104,9	26,225	-1186,8	93,24444444	-5,4707	2,9018	1049
105	26,25	-1188	93,33333333	0	0	1050
105,1	26,275	-1189,2	93,42222222	-5,4707	2,9018	1051
105,2	26,3	-1190,4	93,51111111	0	0	1052
105,3	26,325	-1191,6	93,6	-5,4707	2,9018	1053
105,4	26,35	-1192,8	93,68888889	0	0	1054
105,5	26,375	-1194	93,77777778	-5,4707	2,9018	1055
105,6	26,4	-1195,2	93,86666667	0	0	1056
105,7	26,425	-1196,4	93,95555556	-5,4707	2,9018	1057
105,8	26,45	-1197,6	94,04444444	0	0	1058
105,9	26,475	-1198,8	94,13333333	-5,4707	2,9018	1059
106	26,5	-1200	94,22222222	0	0	1060
106,1	26,525	-1201,2	94,31111111	-5,4707	2,9018	1061
106,2	26,55	-1202,4	94,4	0	0	1062
106,3	26,575	-1203,6	94,48888889	-5,4707	2,9018	1063
106,4	26,6	-1204,8	94,57777778	0	0	1064
106,5	26,625	-1206	94,66666667	-5,4707	2,9018	1065
106,6	26,65	-1207,2	94,75555556	0	0	1066
106,7	26,675	-1208,4	94,84444444	-5,4707	2,9018	1067
106,8	26,7	-1209,6	94,93333333	0	0	1068
106,9	26,725	-1210,8	95,02222222	-5,4707	2,9018	1069
107	26,75	-1212	95,11111111	0	0	1070
107,1	26,775	-1213,2	95,2	-5,4707	2,9018	1071
107,2	26,8	-1214,4	95,28888889	0	0	1072
107,3	26,825	-1215,6	95,37777778	-5,4707	2,9018	1073
107,4	26,85	-1216,8	95,46666667	0	0	1074
107,5	26,875	-1218	95,55555556	-5,4707	2,9018	1075
107,6	26,9	-1219,2	95,64444444	0	0	1076
107,7	26,925	-1220,4	95,73333333	-5,4707	2,9018	1077
107,8	26,95	-1221,6	95,82222222	0	0	1078
107,9	26,975	-1222,8	95,91111111	-5,4707	2,9018	1079
108	27	-1224	96	0	0	1080

Giro en grados de las manecillas del reloj



108,1	27,025	-1225,2	96,08888889	-5,4707	2,9018	1081
108,2	27,05	-1226,4	96,17777778	0	0	1082
108,3	27,075	-1227,6	96,26666667	-5,4707	2,9018	1083
108,4	27,1	-1228,8	96,35555556	0	0	1084
108,5	27,125	-1230	96,44444444	-5,4707	2,9018	1085
108,6	27,15	-1231,2	96,53333333	0	0	1086
108,7	27,175	-1232,4	96,62222222	-5,4707	2,9018	1087
108,8	27,2	-1233,6	96,71111111	0	0	1088
108,9	27,225	-1234,8	96,8	-5,4707	2,9018	1089
109	27,25	-1236	96,88888889	0	0	1090
109,1	27,275	-1237,2	96,97777778	-5,4707	2,9018	1091
109,2	27,3	-1238,4	97,06666667	0	0	1092
109,3	27,325	-1239,6	97,15555556	-5,4707	2,9018	1093
109,4	27,35	-1240,8	97,24444444	0	0	1094
109,5	27,375	-1242	97,33333333	-5,4707	2,9018	1095
109,6	27,4	-1243,2	97,42222222	0	0	1096
109,7	27,425	-1244,4	97,51111111	-5,4707	2,9018	1097
109,8	27,45	-1245,6	97,6	0	0	1098
109,9	27,475	-1246,8	97,68888889	-5,4707	2,9018	1099
110	27,5	-1248	97,77777778	0	0	1100
110,1	27,525	-1249,2	97,86666667	-5,4707	2,9018	1101
110,2	27,55	-1250,4	97,95555556	0	0	1102
110,3	27,575	-1251,6	98,04444444	-5,4707	2,9018	1103
110,4	27,6	-1252,8	98,13333333	0	0	1104
110,5	27,625	-1254	98,22222222	-5,4707	2,9018	1105
110,6	27,65	-1255,2	98,31111111	0	0	1106
110,7	27,675	-1256,4	98,4	-5,4707	2,9018	1107
110,8	27,7	-1257,6	98,48888889	0	0	1108
110,9	27,725	-1258,8	98,57777778	-5,4707	2,9018	1109
111	27,75	-1260	98,66666667	0	0	1110
111,1	27,775	-1261,2	98,75555556	-5,4707	2,9018	1111
111,2	27,8	-1262,4	98,84444444	0	0	1112
111,3	27,825	-1263,6	98,93333333	-5,4707	2,9018	1113
111,4	27,85	-1264,8	99,02222222	0	0	1114
111,5	27,875	-1266	99,11111111	-5,4707	2,9018	1115
111,6	27,9	-1267,2	99,2	0	0	1116
111,7	27,925	-1268,4	99,28888889	-5,4707	2,9018	1117
111,8	27,95	-1269,6	99,37777778	0	0	1118
111,9	27,975	-1270,8	99,46666667	-5,4707	2,9018	1119
112	28	-1272	99,55555556	0	0	1120
112,1	28,025	-1273,2	99,64444444	-5,4707	2,9018	1121
112,2	28,05	-1274,4	99,73333333	0	0	1122
112,3	28,075	-1275,6	99,82222222	-5,4707	2,9018	1123
112,4	28,1	-1276,8	99,91111111	0	0	1124
112,5	28,125	-1278	100	-5,4707	2,9018	1125
112,6	28,15	-1279,2	100,08888889	0	0	1126
112,7	28,175	-1280,4	100,17777778	-5,4707	2,9018	1127
112,8	28,2	-1281,6	100,26666667	0	0	1128
112,9	28,225	-1282,8	100,35555556	-5,4707	2,9018	1129
113	28,25	-1284	100,44444444	0	0	1130
113,1	28,275	-1285,2	100,53333333	-5,4707	2,9018	1131
113,2	28,3	-1286,4	100,62222222	0	0	1132
113,3	28,325	-1287,6	100,71111111	-5,4707	2,9018	1133
113,4	28,35	-1288,8	100,8	0	0	1134
113,5	28,375	-1290	100,88888889	-5,4707	2,9018	1135
113,6	28,4	-1291,2	100,97777778	0	0	1136
113,7	28,425	-1292,4	101,06666667	-5,4707	2,9018	1137
113,8	28,45	-1293,6	101,15555556	0	0	1138
113,9	28,475	-1294,8	101,24444444	-5,4707	2,9018	1139
114	28,5	-1296	101,33333333	0	0	1140

Giro en grados de las manecillas del reloj



114,1	28,525	-1297,2	101,4222222	-5,4707	2,9018	1141
114,2	28,55	-1298,4	101,5111111	0	0	1142
114,3	28,575	-1299,6	101,6	-5,4707	2,9018	1143
114,4	28,6	-1300,8	101,6888889	0	0	1144
114,5	28,625	-1302	101,7777778	-5,4707	2,9018	1145
114,6	28,65	-1303,2	101,8666667	0	0	1146
114,7	28,675	-1304,4	101,9555556	-5,4707	2,9018	1147
114,8	28,7	-1305,6	102,0444444	0	0	1148
114,9	28,725	-1306,8	102,1333333	-5,4707	2,9018	1149
115	28,75	-1308	102,2222222	0	0	1150
115,1	28,775	-1309,2	102,3111111	-5,4707	2,9018	1151
115,2	28,8	-1310,4	102,4	0	0	1152
115,3	28,825	-1311,6	102,4888889	-5,4707	2,9018	1153
115,4	28,85	-1312,8	102,5777778	0	0	1154
115,5	28,875	-1314	102,6666667	-5,4707	2,9018	1155
115,6	28,9	-1315,2	102,7555556	0	0	1156
115,7	28,925	-1316,4	102,8444444	-5,4707	2,9018	1157
115,8	28,95	-1317,6	102,9333333	0	0	1158
115,9	28,975	-1318,8	103,0222222	-5,4707	2,9018	1159
116	29	-1320	103,1111111	0	0	1160
116,1	29,025	-1321,2	103,2	-5,4707	2,9018	1161
116,2	29,05	-1322,4	103,2888889	0	0	1162
116,3	29,075	-1323,6	103,3777778	-5,4707	2,9018	1163
116,4	29,1	-1324,8	103,4666667	0	0	1164
116,5	29,125	-1326	103,5555556	-5,4707	2,9018	1165
116,6	29,15	-1327,2	103,6444444	0	0	1166
116,7	29,175	-1328,4	103,7333333	-5,4707	2,9018	1167
116,8	29,2	-1329,6	103,8222222	0	0	1168
116,9	29,225	-1330,8	103,9111111	-5,4707	2,9018	1169
117	29,25	-1332	104	0	0	1170
117,1	29,275	-1333,2	104,0888889	-5,4707	2,9018	1171
117,2	29,3	-1334,4	104,1777778	0	0	1172
117,3	29,325	-1335,6	104,2666667	-5,4707	2,9018	1173
117,4	29,35	-1336,8	104,3555556	0	0	1174
117,5	29,375	-1338	104,4444444	-5,4707	2,9018	1175
117,6	29,4	-1339,2	104,5333333	0	0	1176
117,7	29,425	-1340,4	104,6222222	-5,4707	2,9018	1177
117,8	29,45	-1341,6	104,7111111	0	0	1178
117,9	29,475	-1342,8	104,8	-5,4707	2,9018	1179
118	29,5	-1344	104,8888889	0	0	1180
118,1	29,525	-1345,2	104,9777778	-5,4707	2,9018	1181
118,2	29,55	-1346,4	105,0666667	0	0	1182
118,3	29,575	-1347,6	105,1555556	-5,4707	2,9018	1183
118,4	29,6	-1348,8	105,2444444	0	0	1184
118,5	29,625	-1350	105,3333333	-5,4707	2,9018	1185
118,6	29,65	-1351,2	105,4222222	0	0	1186
118,7	29,675	-1352,4	105,5111111	-5,4707	2,9018	1187
118,8	29,7	-1353,6	105,6	0	0	1188
118,9	29,725	-1354,8	105,6888889	-5,4707	2,9018	1189
119	29,75	-1356	105,7777778	0	0	1190
119,1	29,775	-1357,2	105,8666667	-5,4707	2,9018	1191
119,2	29,8	-1358,4	105,9555556	0	0	1192
119,3	29,825	-1359,6	106,0444444	-5,4707	2,9018	1193
119,4	29,85	-1360,8	106,1333333	0	0	1194
119,5	29,875	-1362	106,2222222	-5,4707	2,9018	1195
119,6	29,9	-1363,2	106,3111111	0	0	1196
119,7	29,925	-1364,4	106,4	-5,4707	2,9018	1197
119,8	29,95	-1365,6	106,4888889	0	0	1198
119,9	29,975	-1366,8	106,5777778	-5,4707	2,9018	1199
120	30	-1368	106,6666667	0	0	1200

Anexo IV.....Imágenes constructivas

