



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

DISEÑO Y ENSAMBLAJE DE UN DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA APLICACIÓN EN EL ÁMBITO DE LA AUTOMOCIÓN

Alumno: Óscar Sánchez Almazán

Tutora: Prof. D. Cristina Martín Doñate
Dpto: Ingeniería Gráfica, Diseño y proyectos

Junio, 2021



Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de
Jaén Departamento de Diseño
Gráfico

Doña Cristina Martín Doñate, tutora del Proyecto Fin de Carrera titulado:
Diseño y ensamblaje de un dispositivo mecánico para la aplicación en el ámbito de
la automoción, que presenta Óscar Sánchez Almazán, autoriza su presentación
para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Junio de 2021

El alumno:

Óscar Sánchez Almazán

La tutora:

Cristina Martín Doñate

Índice

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	5
1.1. INTRODUCCIÓN	5
1.2. OBJETIVOS.....	7
2. FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DIÉSEL.	9
2.1. Funcionamiento.....	9
2.2. Funcionamiento de su Ciclo Diésel.	11
3. PARÁMETROS PRINCIPALES DE UN MOTOR	17
3.1. Calibre y carrera.....	17
3.2. Cilindrada Unitaria y Total	18
3.3. Relación de compresión.....	18
3.4. Régimen de Giro.....	19
3.5. Diagramas de Distribución	19
3.6. Presión Media Efectiva	20
3.7. Par Motor y Potencia.....	21
3.8. Orden Encendido	22
3.9. Especificaciones Técnicas del Diseño a Modelar.	22
4. ELEMENTOS DEL MOTOR: MODELADO DE LAS PIEZAS DEL MOVIMIENTO ALTERNATIVO	24
4.1. Biela.....	25
4.2. Sombreroete	27
4.3. Bulón	30
4.4. Cigüeñal	31
4.5. Cojinete radial.....	36
4.6. Pistón	38
4.7. Prisionero bulón.....	40
4.8. Elementos de anclaje.....	42
4.8.1. Tornillo biela-cojinete	42
4.8.2. Tornillo sombreroete biela	43
4.9. Eje de levas y volante de inercia.....	44

4.9.1.	<i>Eje de levas:</i>	44
4.9.2.	<i>Volante de inercia:</i>	47
4.10.	Válvula	49
4.11.	Bloque motor	50
4.12.	Conjunto final	62
5.	PRESUPUESTO	64
6.	PLANOS	67
7.	CONCLUSIÓN	68
8.	BIBLIOGRAFÍA	68

RESUMEN

El presente Trabajo de Final de Grado se detallará el diseño de un motor de 4 tiempos de combustión interna alternativo. En el cual se limitará principalmente a una visión mecánica y gráfica del motor detallando cada una de las piezas modeladas generalmente y su generación de los planos correspondientes a cada uno de ellos.

Para este proyecto se incorporarán los conocimientos adquiridos en varias asignaturas a lo largo del grado. Empezando por conocimientos de máquinas y motores térmicos hasta ingeniería gráfica mediante la utilización de los conocimientos gráficos y el modelado 3D del motor en el programa de diseño Catia V5.

RESUMEN

This Final Degree Project will detail the design of a 4-stroke alternative internal combustion engine. In which it will be limited mainly to a mechanical and graphic view of the engine detailing each of the generally modeled parts and their generation of the plans corresponding to each one of them.

For this project, the knowledge acquired in various subjects throughout the degree will be incorporated. Starting with knowledge of machines and heat engines to graphic engineering through the use of graphic knowledge and 3D modeling of the engine in the Catia V5 design program.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. INTRODUCCIÓN

El motor diésel fue inventado en 1893 por el ingeniero alemán Rudolf Diésel, Diésel estudiaba los motores de alto rendimiento térmico, con el uso de combustibles alternativos en los motores de combustión interna para reemplazar a los viejos motores de vapor que eran poco eficientes, muy pesados y costosos. Su invento le costó muy caro: sufrió un accidente que les provocó lesiones a él y a sus colaboradores, y que casi le costó la vida a causa de la explosión de uno de sus motores experimentales. [1].

Durante años Diésel trabajó para poder utilizar otros combustibles diferentes a la gasolina, basados en principios de los motores de compresión sin ignición por chispa, cuyos orígenes se remontan a la máquina de vapor y que poseen una mayor prestación. Así fue como en 1897 MAN produjo el primer motor conforme a los estudios de Rudolf Diésel, encontrando para su funcionamiento un combustible poco volátil, que por aquellos años era muy utilizado, el llamado aceite liviano, más conocido como fueloil, que se utilizaba para alumbrar las lámparas de la calle.

En general, una maquina es un dispositivo formado por elementos móviles en su interior y que intercambia energía mecánica (trabajo) con otro tipo de energía. En este caso nuestra maquina intercambia energía mecánica con eléctrica por lo que se trata de una maquina motora.

Una máquina térmica es aquella que funciona de forma que en su interior un fluido compresible evoluciona de forma que se aprovecha su energía mecánica y térmica. Los motores térmicos se diferencian de los hidráulicos en que al utilizar el fluido incompresible utilizan solo su energía mecánica.

Según [1] la clasificación de los motores puede ser en combustión interna y combustión externa dependiendo de si el fluido de trabajo cambia su composición de forma como la combustión.

Motores Combustión Externa:

- Fluido condensable.
 - Rotativos
 - Alternativos
 - Reacción
- Fluido no Condensable.
 - Rotativos
 - Alternativos
 - Reacción

Motores Combustión Interna:

- Rotativos
 - Turbinas
 - Volumétricos
- Alternativos
 - Encendido provocado (Otto)
 - Encendido por compresión (Diésel)
- Reacción
 - Cohetes-Químicos
 - Aerorreactores (Con y sin Compresor)

El primer motor de combustión interna alternativo (MCIA) [2] apareció más o menos un siglo más tarde que la máquina de vapor, aunque ambas máquinas comparten origen al derivar de los experimentos hechos por Huygens y Papín durante el siglo XVII con motores de pólvora. Desde entonces se encadenaron varias invenciones que ayudarían al desarrollo de las máquinas térmicas: el motor de

Street, o el motor de Vacío, por ejemplo. El primer motor de combustión interna alternativo capaz de aguantar un uso continuo fue inventado en Francia por Lenoir en 1859. Dicha máquina usaba una bobina para generar una chispa eléctrica, e

inflamar una mezcla de gas y aire introducida en un cilindro. No obstante, su rendimiento era considerablemente bajo debido principalmente a la falta de compresión durante la carrera. Hubo que esperar 6 años para que se inventará el que podría considerarse el precursor de los MCIA actuales, el motor de Otto. Este fue el primer motor de combustión interna alternativo construido en serie para la industria, y da además nombre al ciclo de funcionamiento por el que se rigen los motores gasolina contemporáneos.

Desde entonces los MCIA han estado sometidos a varios cambios (incorporación de carburadores, invención del turbocompresor, motores multiválvulas, nuevas disposiciones de cilindros, etc.). El diseño actual de un motor es un proceso muchísimo más complejo que en antaño, el cual requiere la aplicación de sendas ramas de la ingeniería. Por todo lo anteriormente citado, el coste de hacer prototipos físicos supone una gran inversión en cualquier proyecto de un motor. La simulación mediante sistemas virtuales proporciona una forma precisa de analizar el comportamiento de los materiales frente a unas geometrías y condiciones específicas. De esta forma, el ingeniero puede validar la idoneidad de sus ideas recortando de una forma efectiva el coste del diseño. Por esta razón los programas CAD han visto su uso multiplicado exponencialmente en los últimos años.

1.2.OBJETIVOS

En este proyecto se realizará recrear el diseño tridimensional de un motor de 4 tiempos de combustión interna alternativo desde un punto de vista de diseño mecánico, para ello utilizaremos el software Catia V5. El principal objetivo de este proyecto será aplicar los diferentes conocimientos adquiridos en el área de máquinas térmicas y motores térmicos y modelado avanzado en el ámbito de ingeniería gráfica con un software de diseño profesional Catia V5 . Principalmente trataremos conocimientos desde máquinas y motores térmicos pero sobretodo conceptos de Ingeniería Gráfica.

Partiendo de los objetivos generales nombrados anteriormente se dará paso a objetivos más específicos.

El primer objetivo establecer los requerimientos básicos de un motor y las especificaciones técnicas relacionadas con el sistema motriz del motor de 4 tiempos de combustión interna (Diésel) , obtención de los parámetros principales del motor combustión interna (Diésel) . Seguidamente obtendrá los parámetros principales de los motores Diésel de combustión interna alterna y su análisis de diseño mediante el software Catia V5.

Finalmente, se presentarán los planos de fabricación de las piezas modeladas, su posterior ensamblaje y se propondrá un análisis para la mejora del prototipo diseñado.

2. FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DIÉSEL.

2.1. Funcionamiento

Siguiendo [2] en esta parte nos centraremos en los conocimientos de los motores de 4 tiempos de combustión interna alternativo los cuales entran a formar parte de las máquinas térmicas volumétricas. Estos motores disponen de un conjunto de cámaras (cilindros) y un pistón que se mueve dentro de cada una de ellas de forma alternativa, transmitiendo el movimiento lineal a circular mediante un mecanismo biela-manivela. En el interior de cada cámara se desarrolla una serie de procesos en los cuales, primero entra una masa determinada de aire (admisión) a través de una válvula, que tras su cierre es comprimido (compresión).

A continuación se quema un combustible [1] con el oxígeno de dicha masa de aire. El combustible puede entrar mezclado con el aire en la admisión o inyectarse directamente en la cámara, bien al comienzo de la compresión o al final de ella. En cualquier caso, se produce una carrera de trabajo en donde la mezcla de humos se expande (expansión), tras lo cual se expulsan aquéllos a través de una válvula de escape. Se muestra la imagen (Fig.1) de un motor con vista general;

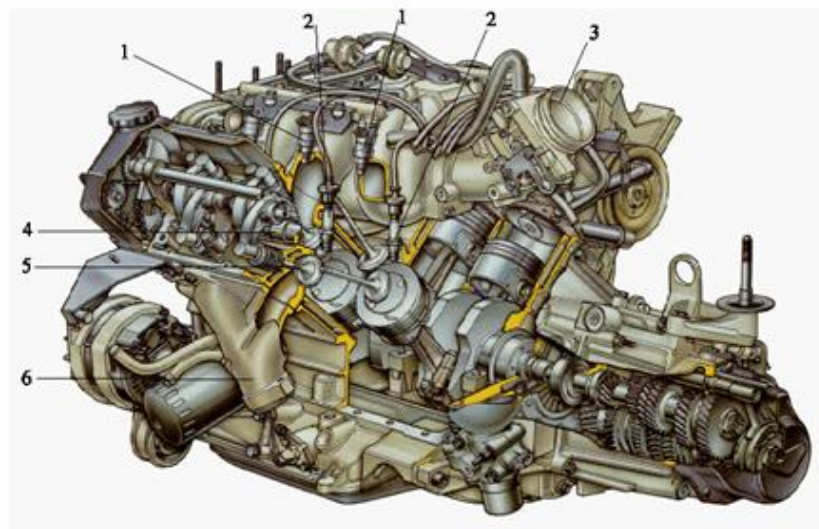


Fig.1 Motor de Combustión Alterna Alternativo.

Para llevar a cabo el funcionamiento del motor, es preciso un conjunto de sistemas auxiliares mínimo (según las aplicaciones aumentarán), que incorpora una serie de elementos que consumen energía propia del motor:

- Sistema de alimentación de combustible
- Sistema de distribución para la renovación de la carga
- Sistema de refrigeración de las camisas de los cilindros
- Sistema de lubricación de elementos móviles
- Sistema de encendido en motores MEP

Existen varias formas de clasificar los tipos de motores que existen, entre los más destacados esta:

Por la duración del ciclo operativo: Motores de dos tiempos.- Su ciclo operativo se realiza en una sola vuelta del cigüeñal; - Motores de cuatro tiempos.- Son aquellos en que el ciclo operativo se realiza en dos vueltas del cigüeñal (admisión-compresión-expansión-escape).

Por el sistema de encendido: Motores de encendido provocado (MEP).- Son aquellos en los que el fluido comprimido, es quemado haciendo saltar una chispa eléctrica en el interior del cilindro. Este tipo de motores reciben el nombre de motores OTTO ya que realizan este ciclo operativo (combustión a volumen constante); Motores de encendido por compresión (MEC).- Son aquellos en los que la combustión se realiza de forma espontánea sin necesidad de hacer saltar una chispa eléctrica. Se les denomina motores DIESEL ya que realizan este ciclo operativo (Combustión a presión constante).

Por el sistema de admisión de combustible: Motores de Carburación.- Son aquellos que realizan la mezcla aire-combustible en el exterior del cilindro, mediante un conjunto llamado carburador. Son por tanto motores MEP; Motores de inyección MEP. La mezcla del aire y el combustible se sigue realizando en el exterior del cilindro pero en este caso empleando una bomba de inyección en vez del carburador. La inyección se realiza en el conducto de admisión y a presión atmosférica, si bien existen algunos motores con inyección en el interior del cilindro; Motores de Inyección MEC. Al aire comprimido en el interior del cilindro se le inyecta el combustible. Esa inyección se produce por presión, si bien en sistemas electrónicos también se actúa sobre los inyectores.

Por la distribución de los cilindros se pueden diferenciar entre en línea, en estrella, radiales, en oposición, etc.

Por el sistema de encendido eléctrico podemos clasificarlos mediante encendido por magneto, por batería, electrónico.

Por el sistema de inyección de combustible se pueden clasificar por neumática, mecánica, electrónica, etc.

2.2. Funcionamiento de su Ciclo Diésel.

Los motores alternativos de combustión interna son máquinas térmicas en las que la energía calorífica para la obtención de trabajo se genera en su interior. [10]

El ciclo teórico [7] es el conjunto de procesos termodinámicos que ocurren teóricamente dentro de un fluido, desde un punto hasta regresar a él. Se plantea este ciclo termodinámico para facilitar el estudio teórico del sistema, puesto que son aproximaciones simplificadas de la realidad. Cuando se habla de variables termodinámicas se ha de asumir que la energía en el volumen de control permanece constante. Este sistema intercambia calor (Q) y trabajo (W) con el exterior

El motor consta de unos pistones que se mueven alternativamente en el interior de una cámara o cilindro, el movimiento alternativo se transforma mediante un mecanismo de "biela-manivela" en un movimiento de rotación en un eje (cigüeñal). Durante el movimiento alternativo del pistón, se alcanza en el interior del cilindro unas posiciones singulares y se determinan unas magnitudes (volúmenes y distancias) (Ver Fig 1.1).

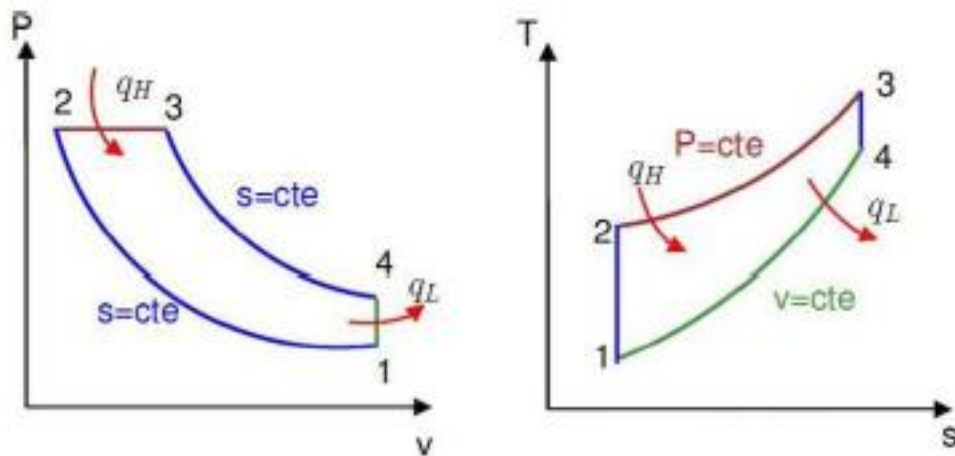


Fig 1.1. Ciclo Teórico de combustión diésel P-v y T-s

En Ec.[1], Ec.[2] y Ec. [3] se indican los parámetros para la obtención de los parámetros velocidad media del pistón, cilindrada unitaria y cilindrada total.

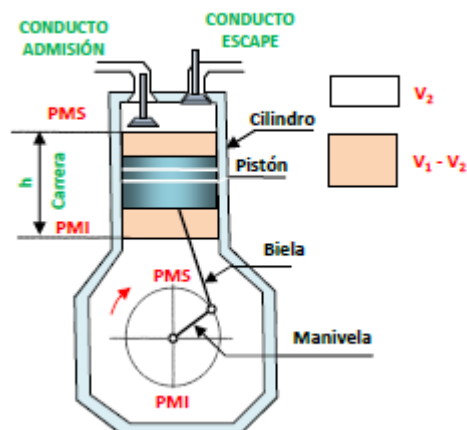


Fig.2 Parámetros principales de un cilindro.

PMS: Punto muerto superior. El a posición más alta que alcanza el pistón en el interior del cilindro.

PMI: Punto muerto inferior. Punto más bajo en el interior del cilindro.

h = Carrera. Distancia que recorre el pistón para pasar del PMS al PMI.

V₁= Volumen del cilindro. Corresponde a la posición más baja del cilindro.

V₂= Volumen de cámara de combustión. Corresponde a la posición mas lata del cilindro.

C_m = Velocidad media del pistón.

$$C_m = 2 \cdot n \cdot h ; (m) \quad \text{Ec. [1]}$$

V₁– V₂ = Cilindrada Unitaria. Volumen barrido por el pistón.

$$V_1 - V_2 = \frac{\pi D^2}{4} ; (m^3) \quad \text{Ec [2]}$$

V_t= Cilindrada total el motor. Es la cilindrada unitaria por el número de cilindros de nuestro motor.

$$Cilindrada_{Total} = Cilindrada_{Unitaria} \cdot N^o \text{ Cilindros} ; (m^3) \quad \text{Ec.[3]}$$

ε = V₁/ V₂ : Relación de compresión. Esta ralación es muy importate a la hora de los rendimientos de nuestro motor.

La principal diferencia entre un motor de gasolina y uno diésel es el combustible [8.] En un principio los motores diésel se construyeron para ser utilizados con el mismo combustible que se utilizaba para el alumbrado público, un combustible más pesado y más económico que la gasolina. Este se confirmó como un combustible más eficiente para transportes pesados y pronto para

vehículos más pequeños y populares, los coches. Está menos refinado que la gasolina y emite más impurezas tras la combustión.

Primer Tiempo: Admisión

Desde el PMS, el pistón empieza a bajar. En ese instante la válvula de admisión se abre permaneciendo la de escape cerrada. Al ir bajando el pistón, la diferencia de presión hace que la mezcla de aire gasolina ocupe el espacio de la cámara de combustión. Cuando el pistón llega al PMI, se cierra la válvula de admisión encerrando los gases en el cilindro. Durante esta etapa el cigüeñal ha girado media vuelta.

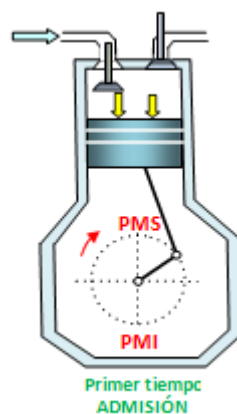


Fig. 3 Tiempo de Admisión.

Segundo Tiempo: Compresión

Al comenzar esta etapa, el pistón cambia de sentido y empieza a ascender hacia el PMS con las dos válvulas cerradas. Los gases encerrados en la etapa anterior van viendo su espacio reducido y por lo tanto la presión en el cilindro empieza a aumentar. Cuando el pistón alcanza el PMS, los gases se encuentran calientes por el efecto de la compresión llegan a alcanzar los 1300 °C. Con la elección correcta de la temperatura se consigue una correcta vaporización de la gasolina junto con el aire, lo que consigue una mezcla más homogénea. Al igual que en esta etapa el cigüeñal gira otra media vuelta como se puede ver en la figura 3:

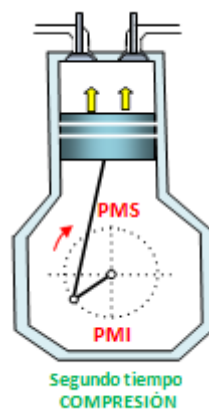


Fig.4 Tiempo de Compresión.

Tercer Tiempo: Explosión

Una vez el pistón alcanza el PMS durante la compresión, se realiza la explosión del combustible mediante la alta presión ejercida y su alta temperatura, lo que inflama la mezcla de los gases. Esta combustión provoca una rápida expansión que provoca que el pistón se desplace desde el PMS al PMI. Durante esta etapa el émbolo junto con el pistón transmite un fuerte impulso al cigüeñal, que por inercia seguirá girando hasta recibir un nuevo impulso. Esta carrera del pistón se denomina motriz, pues es la única de las cuatro carreras durante la cual se genera trabajo. Análogamente a sus etapas hermanas, su duración es otra media vuelta de cigüeñal.

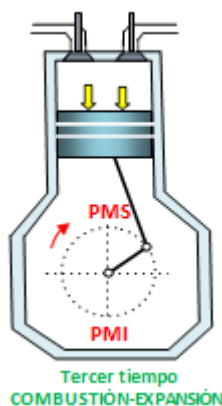


Fig. 5 Tiempo de Explosión

Cuarto Tiempo: *Escape*

Una vez el pistón alcanza el PMI este comienza a ascender y se abre la válvula de escape permaneciendo la de admisión cerrada. Los gases de la combustión escaparán rápidamente hacia el exterior, por estar sometidos a una mayor presión que la atmosférica. Una vez el pistón alcanza el PMS, la válvula de admisión se abre y la de escape se cierra. El ciclo comienza de nuevo por lo que empieza otra admisión, seguida de una compresión, explosión y escape.

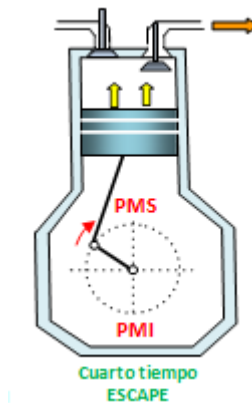


Fig.6 Tiempo de Escape.

Durante el escape, el pistón ha realizado otra carrera, y el cigüeñal ha girado otra media vuelta.

3. PARÁMETROS PRINCIPALES DE UN MOTOR

3.1. Calibre y carrera

Se denomina calibre al diámetro interior del cilindro, y carrera a la distancia que separa el PMS y el PMI tal y como se explicó en el capítulo anterior. Por lo general, estos datos suelen ser expresados en mm (pulgadas en el mundo anglosajón). Por otro lado, cuando se dan las características del motor se indica primero el calibre y luego la carrera, por ejemplo: 76 · 80 mm.

Una relación interesante derivada de estas dos magnitudes es la relación Diámetro/Carrera. Se dice que un motor es *cuadrado* cuando su calibre y su carrera coinciden en valor. Cuando la carrera es mayor que su calibre el motor es *alargado*. Mientras que, si el calibre es mayor que la carrera, el motor es supercuadrado. Las ventajas de los motores cuadrados y supercuadrados son las siguientes:

Si el calibre es mayor, permite colocar válvulas más grandes lo que ayuda a circular mejor los gases durante el escape o la admisión.

Las bielas pueden ser más cortas, con lo que aumenta su rigidez.

Se disminuye el rozamiento entre pistón y la pared del cilindro, y por consecuencia las pérdidas de potencia debidas a rozamientos.

Cigüeñal con codos menos salientes y por lo tanto más rígidos.

Funcionan mejor a altos regímenes que los motores de carrera larga. Aunque también posee ciertas desventajas frente a motores alargados como:

Al tener un diámetro mayor los pistones han de ser mayores lo que aumenta su peso.

-Menos reprise y aceleración

-Menor grado de vació en el carburador con lo que la pulverización de la mezcla es peor y en consecuencia a bajo régimen se genera una menor potencia.

3.2. Cilindrada Unitaria y Total

De las cotas internas (Calibre y Carrera) se puede obtener el volumen desplazado entre el PMS y el PMI mediante la ecuación:

$$Cilindrada_{Unitaria} = Superficie \cdot Carrera = \pi \cdot \frac{R_{cilindro}^2}{2} \cdot Carrera (m^3) \quad \text{Ec. [4]}$$

Este volumen corresponde a la cilindrada por cilindro o también conocida como cilindrada unitaria. Por lo tanto, el volumen desplazado a lo largo de un ciclo en todo el motor será igual:

$$Cilindrada_{Total} = Cilindrada_{Unitaria} \cdot N^{\circ} \text{ Cilindros } (m^3) \quad \text{Ec. [6]}$$

3.3. Relación de compresión

La relación de Compresión es la relación que existe entre la cilindrada unitaria y el volumen de la cámara de combustión. Se puede calcular mediante la fórmula:

$$\text{Relación de compresión} = \frac{Cilindrada \text{ Unitaria} + \text{Volumen Cámara}}{\text{Volumen Cámara}} \quad \text{Ec. [7]}$$

En los motores actuales se intenta aumentar al máximo esta relación. Pues cuanto mayor sea la presión antes de la explosión del combustible, mayor será la detonación y por lo tanto el motor desarrollará una mayor potencia. Teóricamente la presión al final de la compresión sin considerar pérdidas de calor se puede estimar mediante la fórmula [8]:

$$P. \text{ compresión} = \text{Relación Compresión} \cdot P. \text{ Admisión } (\text{bar}) \quad \text{Ec. [8]}$$

En los motores de encendido provocado, la relación de compresión suele oscilar entre 8 y 11 (para motores de encendido por compresión, también conocidos Diésel, la relación de compresión suele oscilar entre 12 y 23).

3.4. Régimen de Giro

El régimen de giro corresponde al número de vueltas que da el cigüeñal por minuto, o lo que comúnmente se conoce como revoluciones por minuto (RPM). Es un indicador de la velocidad media del motor.

Para cada motor se pueden distinguir cuatro regímenes que son indicativos de las características de este mismo:

Régimen de par máximo: revoluciones por minuto con las cuales se alcanza el par máximo.

Régimen de potencia máxima: revoluciones por minuto con las cuales el motor desarrolla su máxima potencia.

Régimen máximo sostenible ininterrumpidamente: es aquel en el que, a corto plazo, la integridad del motor está a salvo.

Régimen máximo puntual.

3.5. Diagramas de Distribución

Gráfico donde se representan los ángulos de apertura [13] y cierre de las válvulas de un motor de 4 tiempos. Se trata generalmente de un diagrama circular donde se representan los arcos de tiempo, referidos a los puntos muertos del pistón, durante los cuales las válvulas permanecen abiertas o cerradas [1].

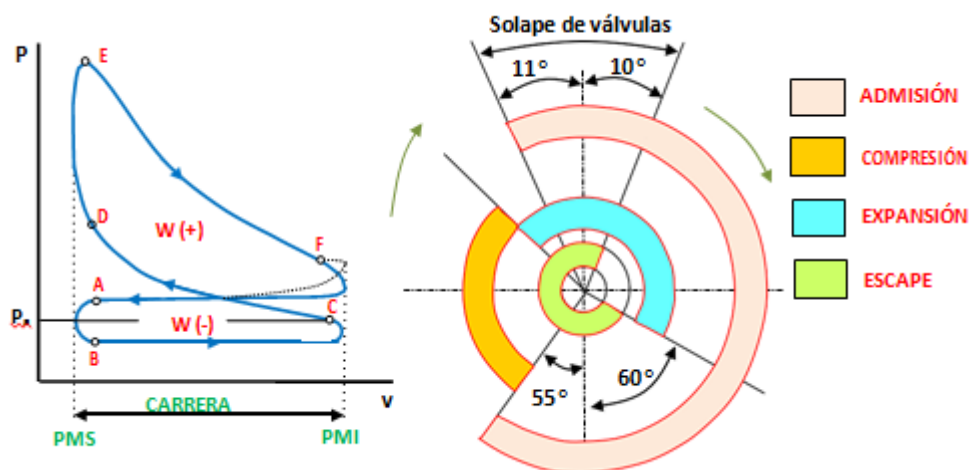


Fig.7 Ciclo real de un MCIA 4T atmosférico: en coordenadas p-v y en función del ángulo de giro del eje

3.6. Presión Media Efectiva

Es el promedio de presiones en la cámara de combustión [12] durante la fase de trabajo de un ciclo. Cuanto mayor sea su valor, mayor par y potencia desarrollará el motor. Por lo que interesa en la práctica obtener un valor elevado y mantenido durante el mayor número de grados de giro del cigüeñal, que obtener un pico cuasi instantáneo.

La siguiente tabla muestra los valores más habituales para motores de automoción habituales:

Valores de PME	MEP
Turismo	8 a 14 bares
Deportivo	8.5 a 23 bares

Tabla 3.6.1 Presión Media Efectiva para turismos y deportivos.

De la presión media efectiva se puede hallar la fuerza que ejerce la explosión sobre el pistón durante la segunda carrera hacia el PMI por la fórmula:

$$Fuerza\ de\ Empuje = Presión\ Media\ Efectiva \cdot Volumen\ Cilindro\ (N) \quad Ec.[9]$$

3.7.Par Motor y Potencia

El par motor medido [12] en Nm es la capacidad que tiene el motor para desplazar un peso desfasado a una distancia de su centro en un metro. Dicho par se puede obtener a partir de la fuerza ejercida por la presión media efectiva, multiplicada por el brazo de palanca del cigüeñal.

$$Par\ Motor = F.\ Empuje * Semicarrera\ (N \cdot m) \quad Ec.[10]$$

La potencia mide la rapidez con la que un motor desarrolla un esfuerzo por unidad de tiempo. Por lo que par y potencia están relacionados directamente.

$$Potencia = R.\ P.\ M * P_{tr} \quad (W) \quad Ec.\ [11]$$

3.8. Orden Encendido

Indica el orden en que se encadenan las explosiones en un motor poli-cilíndrico. Dependen de la configuración del motor (en línea, en V, bóxer, en W, etc...). A partir de ahí va determinada la configuración angular de los diferentes árboles de levas.

El orden de encendido tratará siempre de obtener la mayor regularidad cíclica posible a la vez que equilibrará los esfuerzos a lo largo del cigüeñal. Esto último es especialmente importante en los motores en V, los cuales poseen un ángulo natural de equilibrio. En motores V6 y V12 el ángulo de bancada recomendado es 60° mientras que en motores V8 es 90°. En caso de adoptar un ángulo diferente es necesario modificar la geometría típica del cigüeñal para paliar los efectos del desequilibrio.

3.9. Especificaciones Técnicas del Diseño a Modelar.

En esta apartado nos centraremos en los cálculos geométricos de nuestro proyecto poniendo en práctica los conceptos nombrados anteriormente:

Numero de Válvulas por cilindro	2
Diámetro	86 mm
Carrera	88 mm
Cilindrada total	2.0044 L
Relación de Compresión	17:1
Presión Media Efectiva	14 Bar
Fuerza de Empuje	8.13 KN
Par Motor	349.6 N/m

Tabla 3.9.1. Especificaciones técnicas del motor a modelar.

En la tabla 3.9.1. Podemos observar las especificaciones del motor diseñado. Para la carrera se decidió un valor de 88 mm y para el diámetro del pistón de 86mm puesto que en la búsqueda de la web la búsqueda de los datos de los parámetros de los motores diésel están comprendidos en esos valores.

De estos valores podemos calcular entonces la cilindrada el motor con las ecuaciones [4] y [6]:

$$Cilindrada_{Unitaria} = Superficie \cdot Carrera = \pi \cdot \frac{86^2}{4} \cdot 88 \text{ mm}^2 = 0.5111 \text{ L}$$

$$Cilindrada_{Total} = Cilindrada_{Unitaria} \cdot N^{\circ} \text{ Cilindros} = 0.5111 \cdot 4 = 2.044 \text{ L}$$

La relación de compresión de los motores diésel están entre 15:1 y 17:1, pero puede superar ampliamente la 20:1. Para el cálculo de nuestro motor lo realizaríamos mediante la fórmula [8] pero al ser un diseño más simplificado no se tiene el volumen exacto de la cámara por lo cual utilizaremos una relación de compresión establecida en la media usual 17:1.

$$Relación \text{ de compresión} = \frac{Cilindrada \text{ Unitaria} + Volumen \text{ Cámara}}{Volumen \text{ Cámara}} = 17;$$

Para la presión media efectiva utilizaremos los valores medios usados por los automóviles turismo visto en la tabla 3.6.1, eligiendo así un valor de 14 Bar.

Finalmente, haciendo uso de las ecuaciones [9] y [10] obtendremos los valores de la fuerza de empuje y el par motor de nuestro diseño:

$$Fuerza \text{ de Empuje} = Presion \text{ media efectiva} \cdot Area \text{ cilindro} = 14 \text{ Bar} \cdot 43^2 \cdot \pi$$

$$F. Empuje = 8.13 \text{ KN}$$

$$Par\ Motor = F.Empuje * Semicarrera = 8.13\ KN \cdot 43mm$$

$$Par\ motor = 349.6\ N/m$$

Para Calcular la potencia que produce nuestro motor hemos tomado la media de revoluciones con la que la función de los motores diésel es óptima. El valor óptimo para los motores diésel es 1.300 R.P.M.

$$Potencia = R.P.M \cdot Par\ motor = \frac{1}{1300 \cdot (2 \cdot \pi) / 60} \cdot 349.6 = 2.57\ W$$

Para los demás valores relacionados con nuestro motor se han partido de una serie de requerimientos de tipo geométrico obtenidas por la web.

4. ELEMENTOS DEL MOTOR: MODELADO DE LAS PIEZAS DEL MOVIMIENTO ALTERNATIVO

A continuación, se explorará los distintos elementos que forman el esqueleto más básico de un motor gasolina. Por un lado, en este tema se profundizará en características de diseño y se justificarán dimensiones del motor (ángulo entre levas, dimensión de la cámara de combustión, etc...).

Por otro lado, se explicará brevemente como se pueden modelizar dichos componentes. Para aligerar la parte explicativa del modelado, solamente se entrará en detalles en el uso de funciones o procedimientos más complejos. Por lo que nociones básicas como el uso de restricciones, dibujo de bocetos o cómo usar Catia V5 no son tema de este trabajo.

4.1. Biela

La biela es el componente del motor que permite transformar el movimiento alternativo que recibe del pistón en un movimiento circular para el cigüeñal. Al extremo en el cual se aloja el bulón se llama **pie de biela** y el otro extremo que va agarrado al cigüeñal (en concreto a la muñequilla) se le denomina **cabeza de biela**.

Para las bielas de este motor se ha optado por bielas de perfil en H desmontables. A lo que se refiere por desmontable, esto se traduce en que la biela está formada por tres elementos: el sombrerete, el cuerpo de la biela (se refiere a él como la parte superior) y los elementos de unión entre los dos últimos. Por otra parte, las bielas suelen ser fabricadas en hierro o un acero de alta resistencia.

Modelado de la Biela:

Al igual que en otras piezas, se realiza una extrusión de los siguiente bocetos.

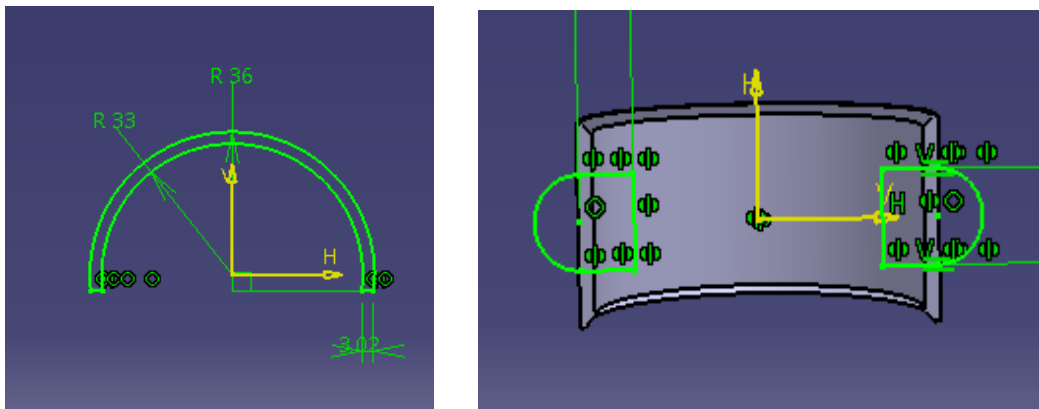


Fig. 8 Bocetos de biela.

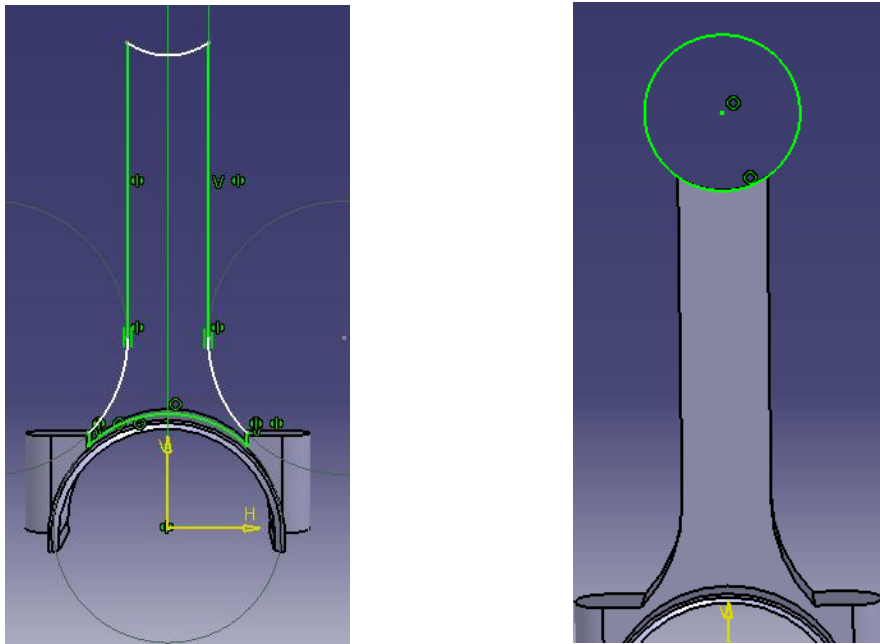


Fig.9 Bocetos extruidos de la Biela.

A continuación, en el pie de la biela se genera una extrusión desde el plano de simetría de la biela de un círculo. Con la opción Agujero del programa y con referencia concéntrica se realiza un agujero pasante en el pie de la y aplicamos el comando hole para añadir taladros.

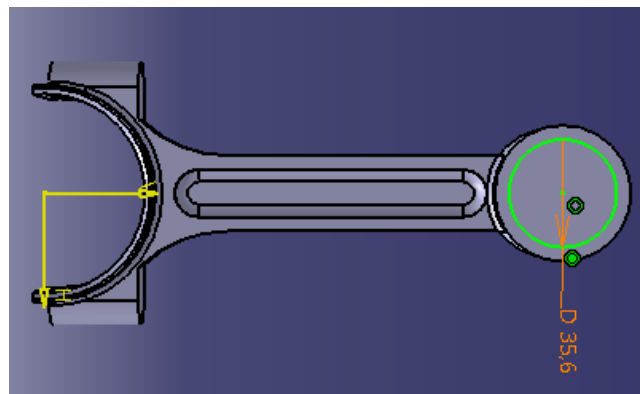


Fig.10 Extrusión de las cavidad.

A continuación, se genera el perfil en H de la biela. Para ello en una de las caras del cuerpo de la biela se dibuja el boceto de la Fig.11. Seguidamente, se

realiza una extrusión indicando que se trata de una extrusión de Corte (que resta material). Se aplica entonces simetría a esta última operación y se obtiene el perfil en H la biela se le aplica también EdgeFillet de unos 4mm.

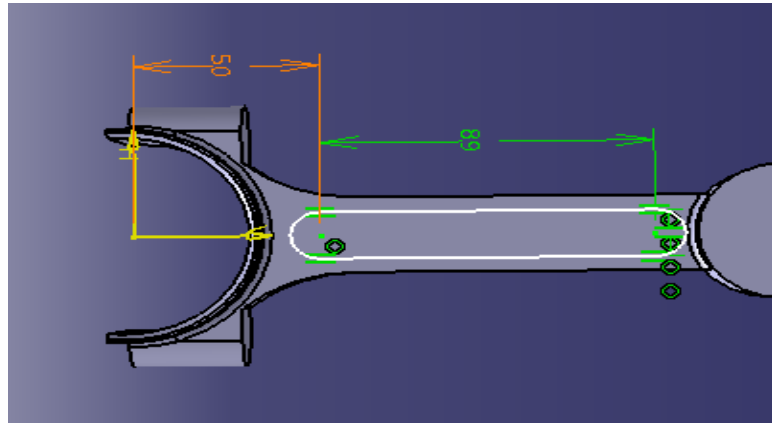


Fig.11 Extrusión del perfil H.

Finalmete podemos obtener la biela:

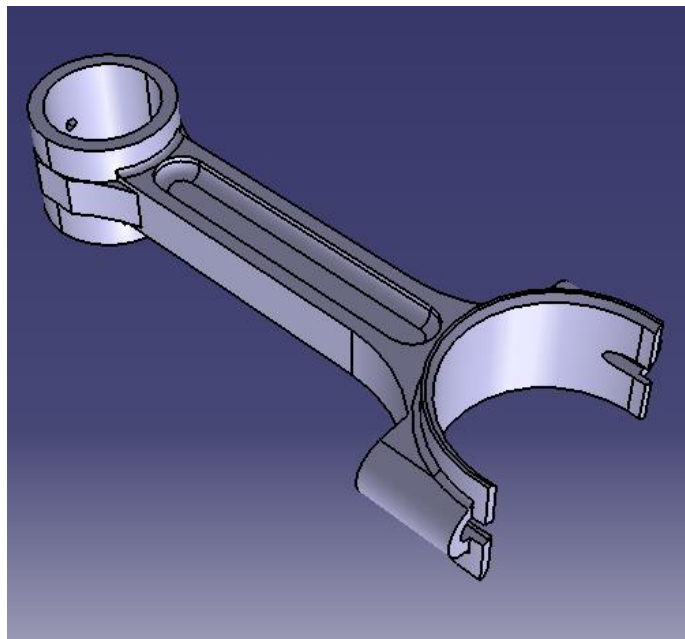


Fig.12 Conjunto Biela.

4.2. Sombrerete

La cabeza es la parte que va unida al cigüeñal y que por lo tanto es el agujero con mayor diámetro. A diferencia del pie, la cabeza se divide en dos mitades, una disposición que permite su fácil desmontado, y se suele ser una solidaria al cuerpo y una segunda postiza denominada sombrerete, que se une a la primera mediante pernos.

Modelado del sombrerete:

Realizamos la operación de extrusión en varios bocetos diferentes para llegar a la realización del sombrerete.

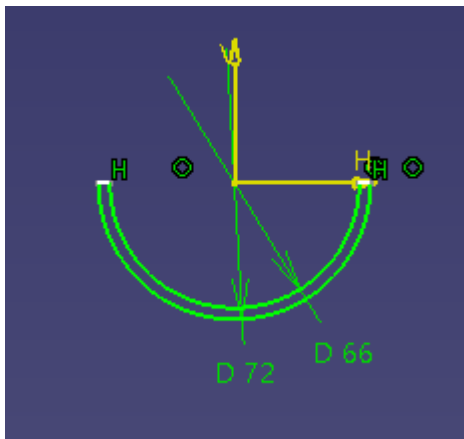


Fig. 13.1 Boceto sombrerete

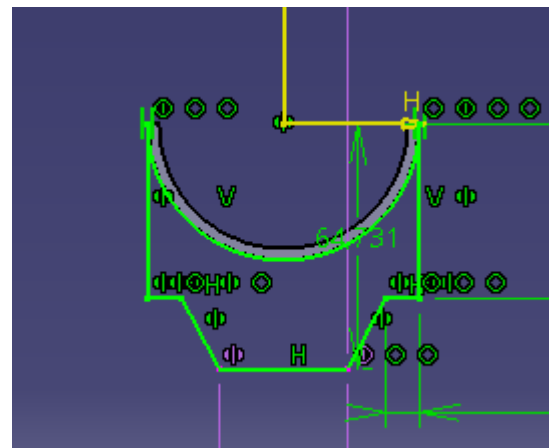


Fig. 13.2 Boceto sombrerete

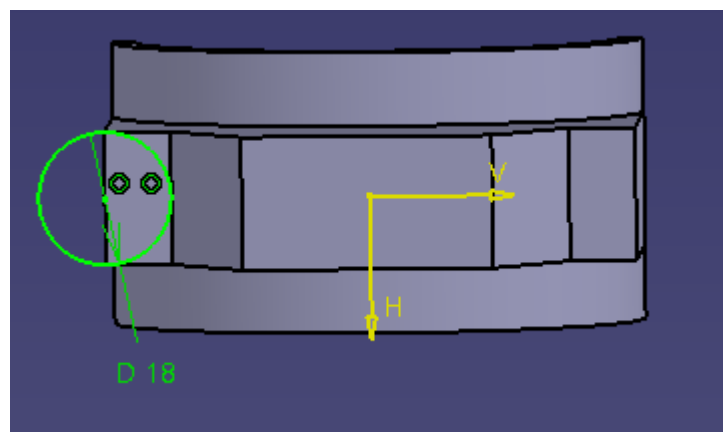


Fig.13.3 Boceto sombrerete.

Después de realizar los bocetos anteriores se genera el boceto de la Fig. 13 sobre la cara superior del sombrerete. Se realiza una generación de material de las áreas comprendidas entre las líneas verdes.

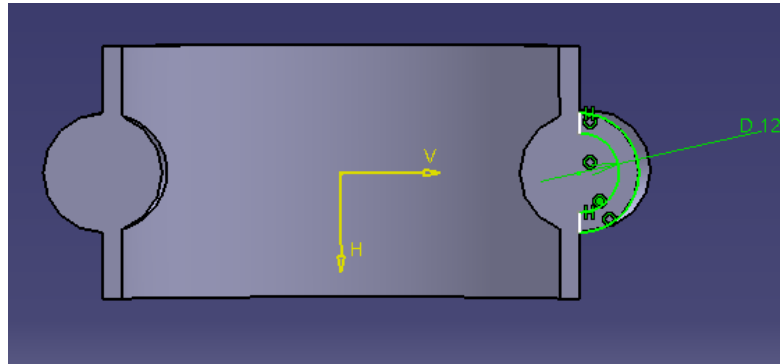


Fig.14 Extrusión boceto sombrerete.

Finalmente se realiza la extrusión en la parte superior del sombrerete (semicírculo) con un diámetro de 9 mm. Acto seguido se genera la extrusión de diámetro 66mm para recortar el material sobrante.

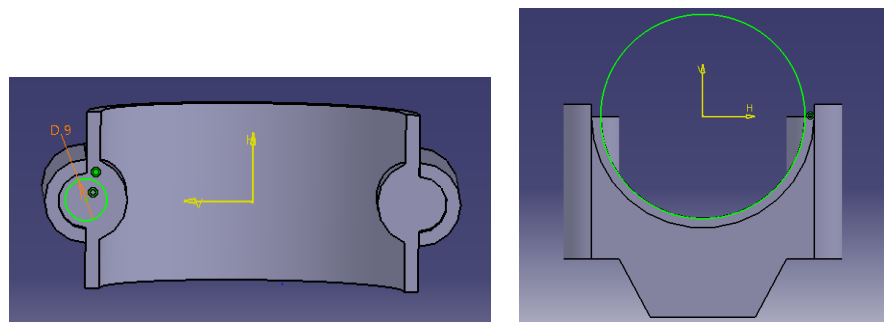


Fig.15 Extrusiones finales.

Finalmente en la figura 15 podemos ver la figura final:

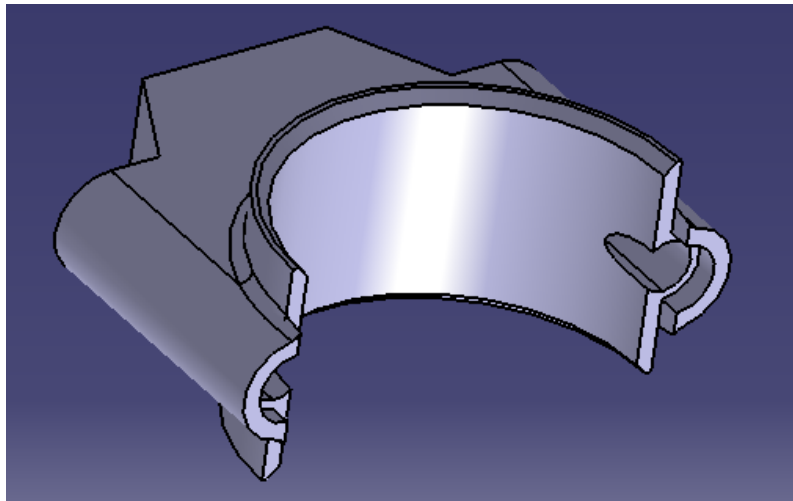


Fig. 16 Sombbrero.

4.3. Bulón

El bulón es un pasador bajo la forma de un eje de acero por lo general y con el centro hueco. Esta pieza sirve para articular el émbolo del pistón a la biela, y así permitir el giro entre ambas.

Para modelar el bulón que se ha empleado, se empieza con un boceto en un plano, en el cual se dibujará dos círculos concéntricos de diámetro 28 y 33 mm. Finalmente se realiza una extrusión y chaflán de la sección entre los dos círculos de 86 mm. (Ver figura 16)

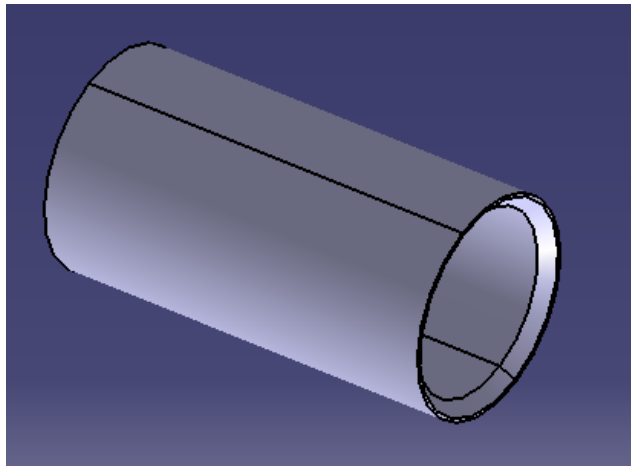


Fig. 17.1 Boceto de la sección del Bulón y su extrusión.

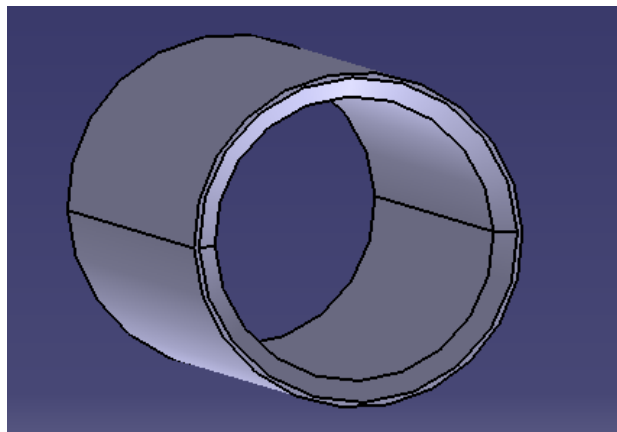


Fig.17.2 Boceto de la sección del Bulón y su extrusión.

4.4. Cigüeñal

El Cigüeñal en el motor es un eje acotado que a diferencia de la biela o el pistón posee ya un movimiento rotativo y continuo. Existen dos zonas bien diferenciadas: las muñequillas donde van articuladas las cabezas de la biela, y los apoyos de bancada del cigüeñal montados a cada lado de la pieza.

Luego diametralmente opuestos a las muñequillas existen contrapesos cuya función principal es de anular los efectos negativos de la excentricidad de la unión biela- muñequilla. El cigüeñal en su conjunto es el elemento motriz encargado de

abastecer a otros elementos del sistema (en el caso de un coche: bomba de agua, bomba de aceite, árbol de levas, sistema de distribución, etc...) de energía mecánica para su correcto funcionamiento.

Modelado del cigüeñal:

Primeramente realizamos los bocetos y realizamos la generación de material de la figura 18 para tener el punto de partida inicial. Seguidamente utilizamos el comando partner para generar las muñequillas centradas en el eje. (Ver Figura 19)

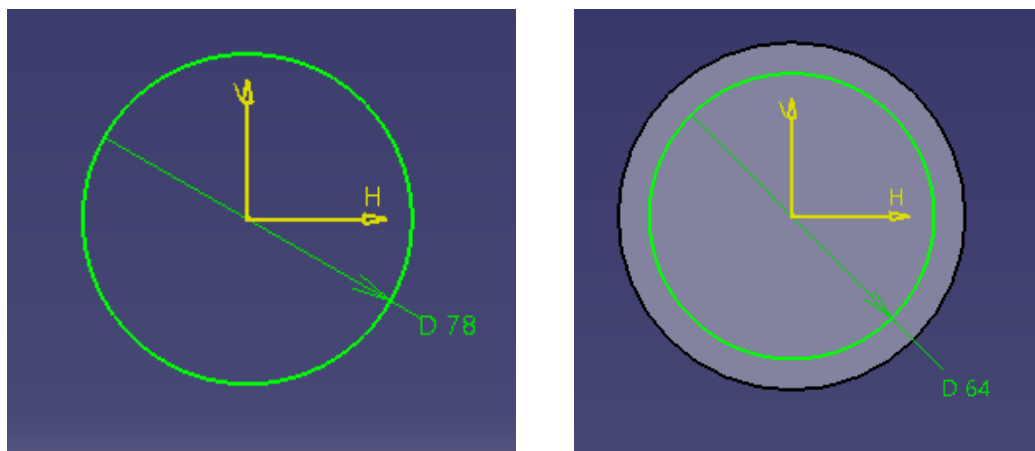


Fig.18 Punto de partida del cigüeñal.

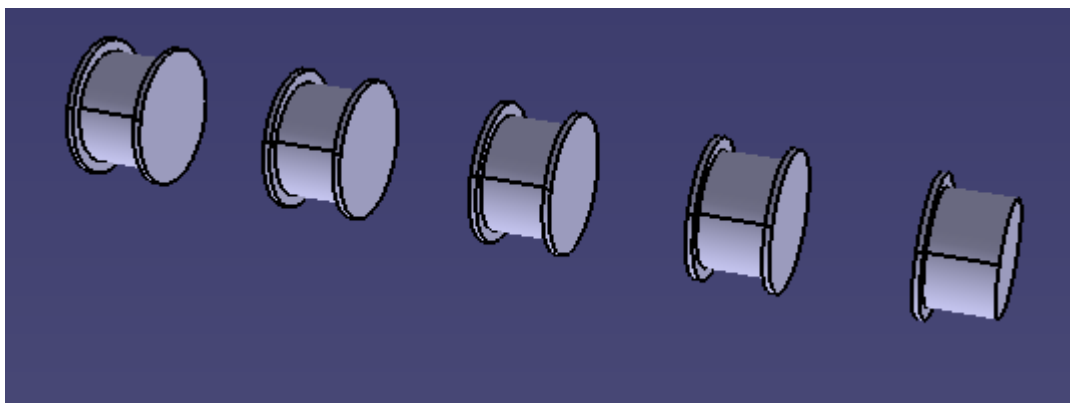


Fig.19 Muñequillas centradas en el eje.

Seguidamente sobre la cara libre de la primera muñequilla, se proyecta el primer contrapeso y se vuelve a extruir. Teniendo así los primeros contrapesos como se puede mostrar en la figura 20.1 y 20.2:

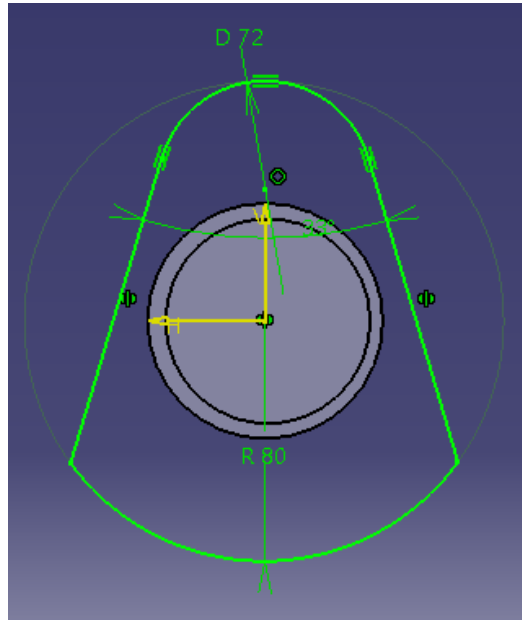


Fig. 20.1 Boceto de contrapeso.

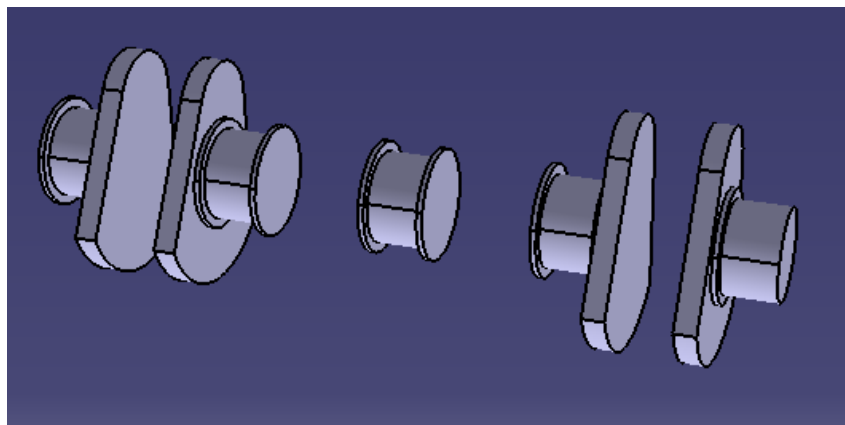


Fig.20.2 Primeros contrapesos.

A continuación, se realiza los bocetos de los demás contrapesos los cuales se realiza la extrusión de la Fig 21 y la generación de los demás. (Ver Figura 22)

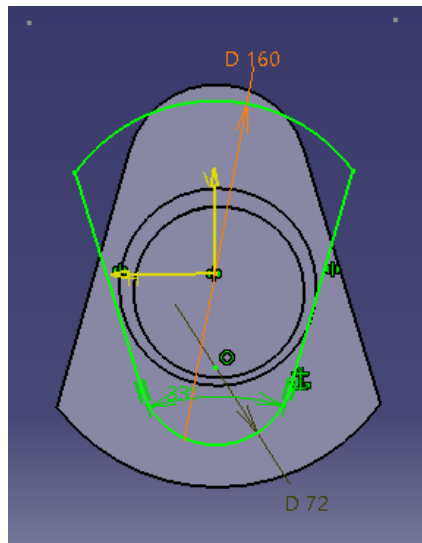


Fig.21 Segundo contrapeso.

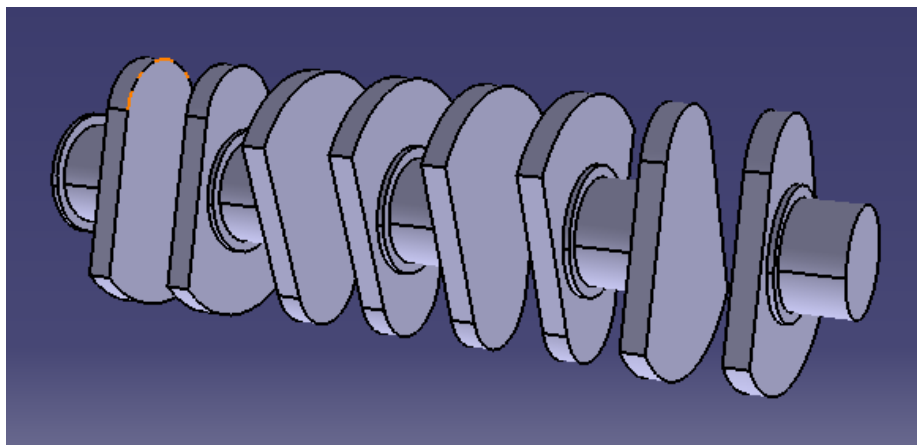


Fig.22 Contrapesos del cigüeñal.

Seguidamente, sobre el centro del círculo más pequeño del primer contrapeso se genera la extrusión de un boceto (Figura 23) el cual esta última extrusión representa la las siguientes muñequilla del cigüeñal.

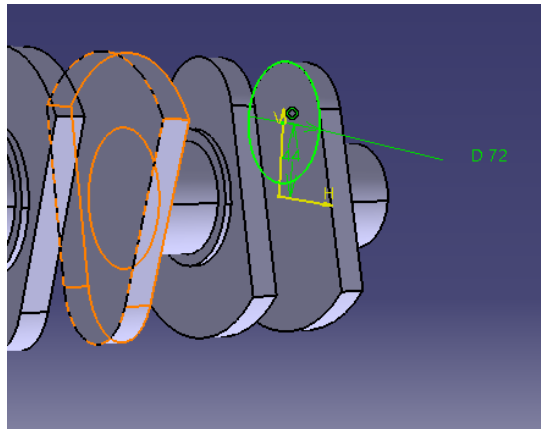


Fig. 23 Boceto de Muñequilla Cigüeñal.

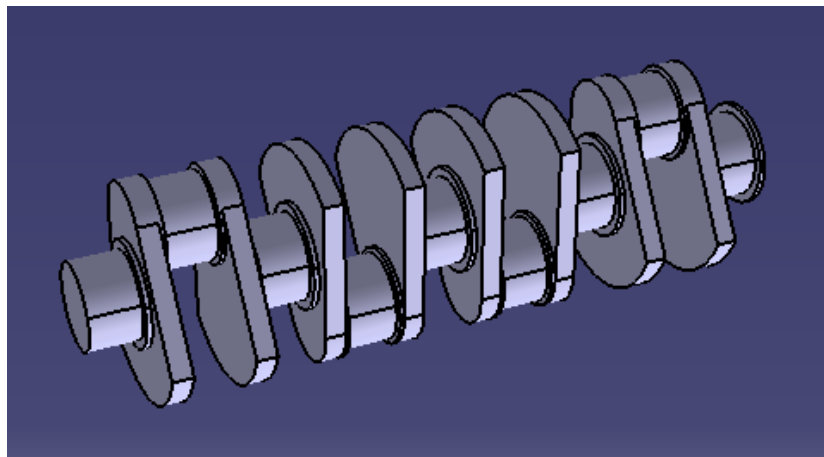


Fig.24 Muñequillas del cigüeñal.

Finalmente, Sobre la cara posterior del último cilindro se genera material para el final del cigüeñal y también un agujero pasante a ese cilindro. Con la herramienta patrón circular se reproducen 5 agujeros adicionales. También le generaremos el eje del cigüeñal. (Véase figura 25)

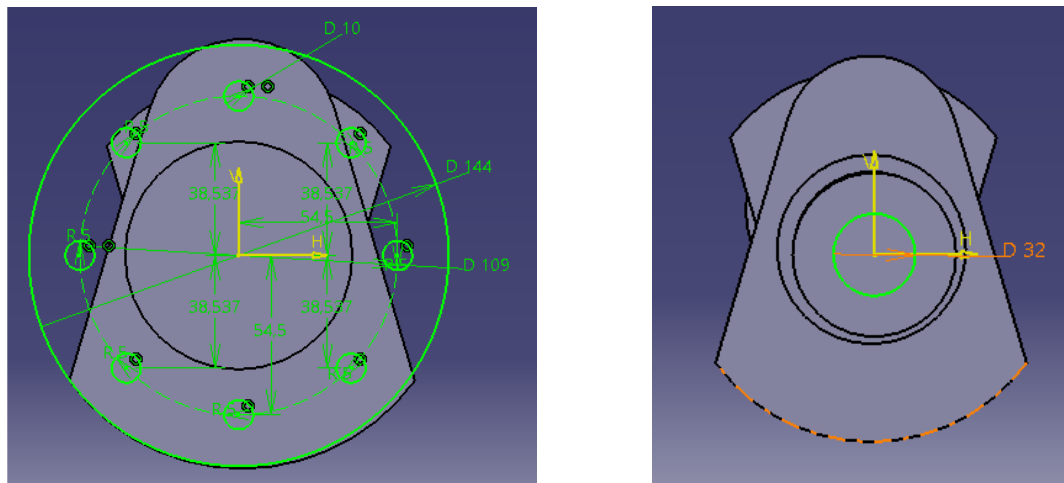


Fig.25 Bocetos Finales del Cigüeñal.

Finalmente podremos obtener la figura de nuestra cigüeñal final:

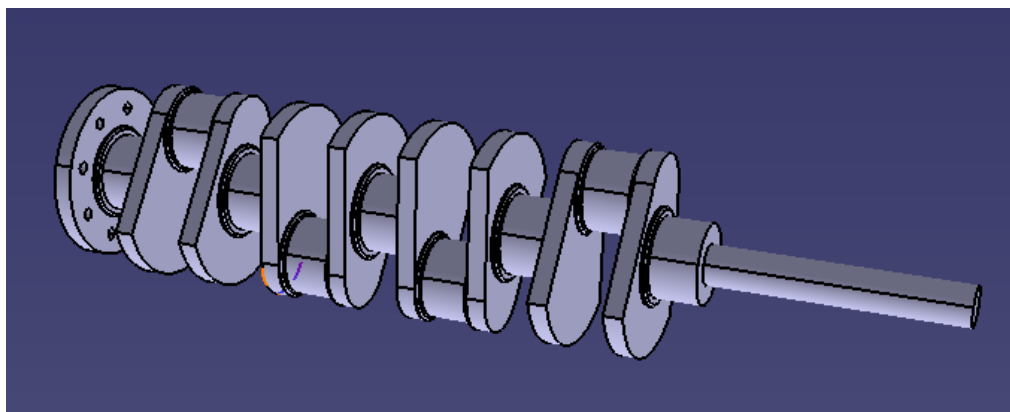


Fig.26 Aspecto Final del Cigüeñal.

4.5. Cojinete radial

Los cojinetes radiales se encuentran entre la cabeza de la biela y la muñequilla del cigüeñal. Su función principal es reducir el desgaste mecánico que podría sufrir el cigüeñal al estar en contacto permanente con la biela. También

llamados casquillos antifricción, suelen estar fabricados generalmente de metal blanco (aleación de estaño o plomo aleado con níquel, plata o cadmio).

Modelado del cojinete radial:

Para su modelado se empieza dibujando el boceto de la Fig.26 sobre el que se realiza un Pad.

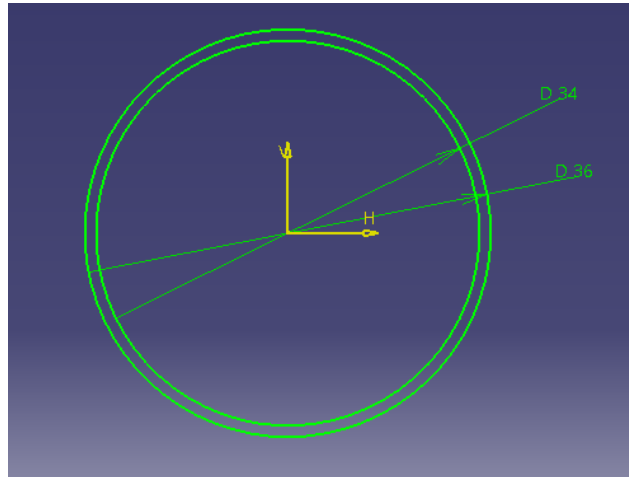


Fig. 26 Boceto a generar.

Seguidamente se genera el conducto de lubricación del cojinete radial mediante una extrusión de diámetro 4mm en la pared del cojinete y se puede obtener el cojinete radial final. (Figura 28)

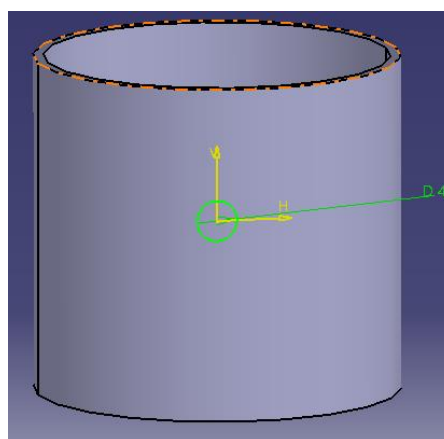


Fig. 27 Agujero extruido D=4mm.

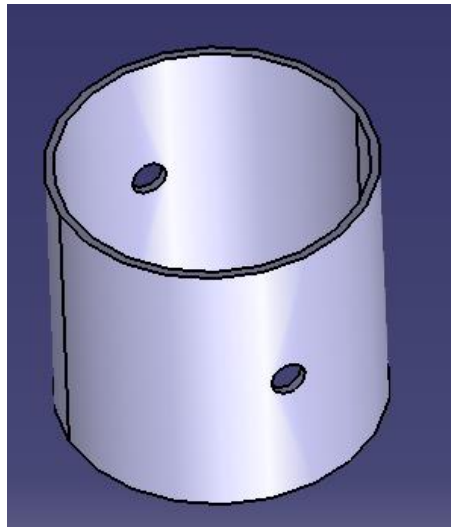


Fig. 28 Cojinete Radial.

4.6. Pistón

Este es el elemento alternativo más icónico de cualquier motor. Sobre esta pieza se ejercen todas las fuerzas resultantes de la combustión a lo largo de un ciclo del motor. Se suelen elaborar mediante forjado a base de aluminio (hierro fundido en motores más simple) debido a su ligereza y por su gran conductividad térmica.

Además, dispone de varios aleantes como silicio, cobre, níquel o magnesio para mejorar su resistencia al desgaste y corrosión por agentes químicos derivados de la combustión (por ejemplo: azufre o NOX).

Modelado del Émbolo:

Para modelar esta pieza se empieza dibujando el siguiente boceto (figura 29) que será la media sección del cuerpo principal del émbolo.

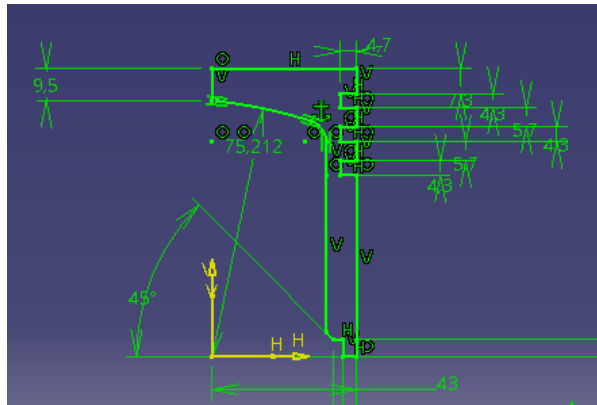


Fig. 29. Sección de revolución del pistón.

El siguiente paso es realizar una extrusión en el plano vertical de un boceto de diámetro 46,8 mm.

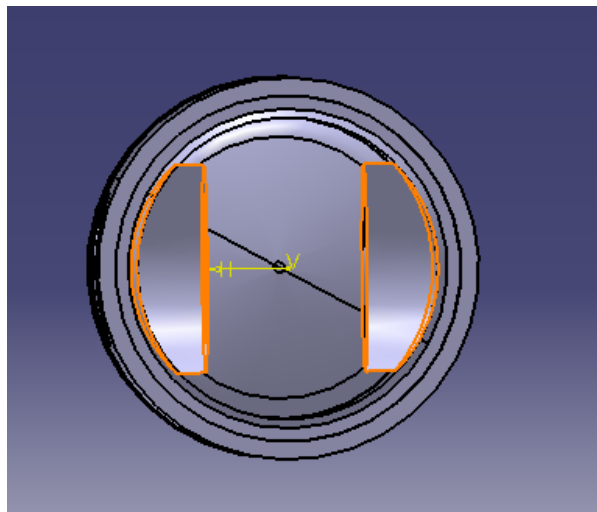


Fig. 30 Extrusión interior del Pistón.

Seguidamente, se revoluciona completamente la sección definida anteriormente. Luego se genera un plano tangente al tronco del émbolo que servirá de base para proyectar y generar el agujero donde se alojará el bulón. Acto seguido se genera un boceto en dicho plano en el cual se situará en un punto a 55mm sobre la parte superior del pistón. Con ayuda del punto y la opción Agujero se genera la cavidad del Bulón (Agujero pasante de diámetro 33,8 mm).

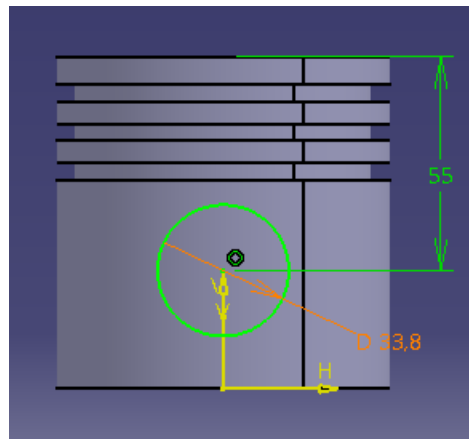


Fig. 31 Cavity of the Pin.

On the vertical plane of the piston, the following sketch will be drawn. We make a cavity to make the following (figure 32) and we use a mirror to make it symmetrically.

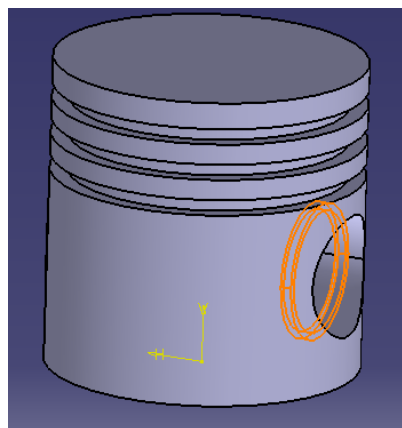


Fig. 32 Piston grinding.

4.7. Prisoner pin

The prisoner pin is part of the piston segments which are open rings made of high strength steel that are usually placed on the contact surfaces between the piston and the cylinder liner. Basically the segments fulfill two functions. On the one hand, to avoid compression leaks and

filtraciones de aceite a la cámara de combustión. Estos son los segmentos de compresión. Y por otro lado controlar la lubricación de aceite en las paredes de la camisa. Esta función es llevada a cabo por los segmentos de engrase

Modelado del Prisionero bulón:

Se comenzará realizando el siguiente boceto de la figura 33:

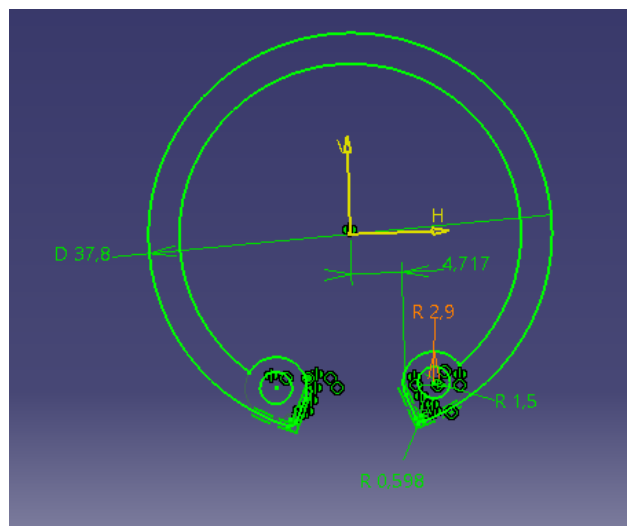


Fig. 33 Boceto de Segmento.

Finalmente se realiza una extrusión del boceto para obtener el Segmento:
(Ver Figura 34)

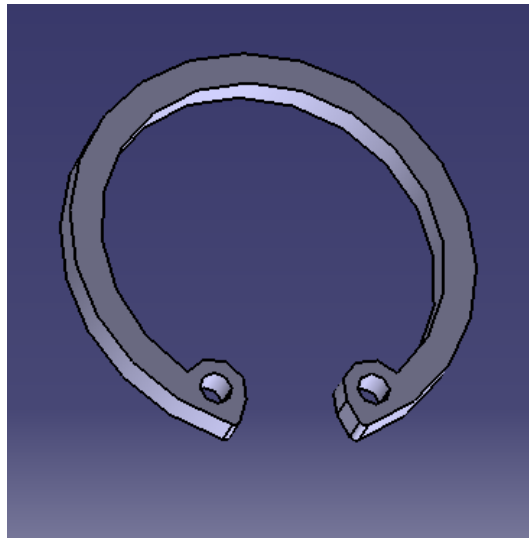


Fig.34 Prisionero Bulón.

4.8. Elementos de anclaje

4.8.1. Tornillo biela-cojinete

Es el tornillo que une la biela con el cojinete.

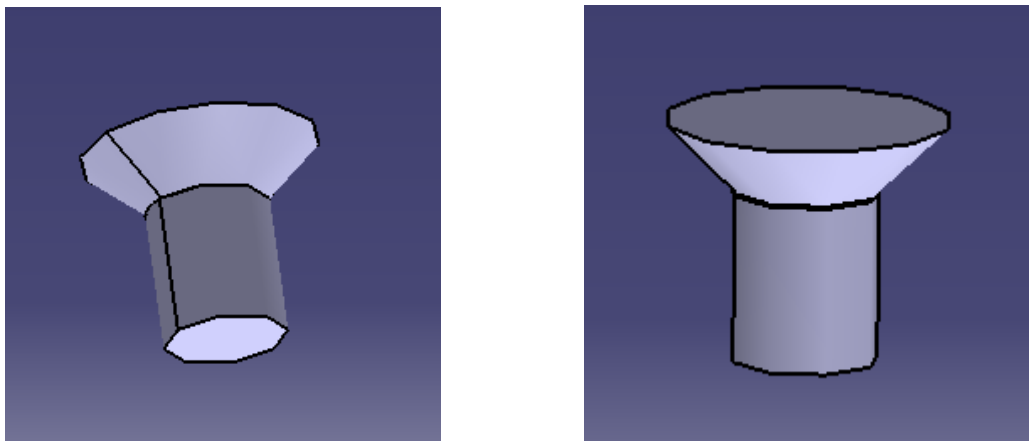


Fig.35 Tornillo Biela-Cojinete.

4.8.2. Tornillo sombrerete biela

Tornillo que une el sombrerete con la biela

Comenzamos realizando el boceto hexagonal para la cabeza del tornillo y extruimos unos 4 mm. (Figura 36)

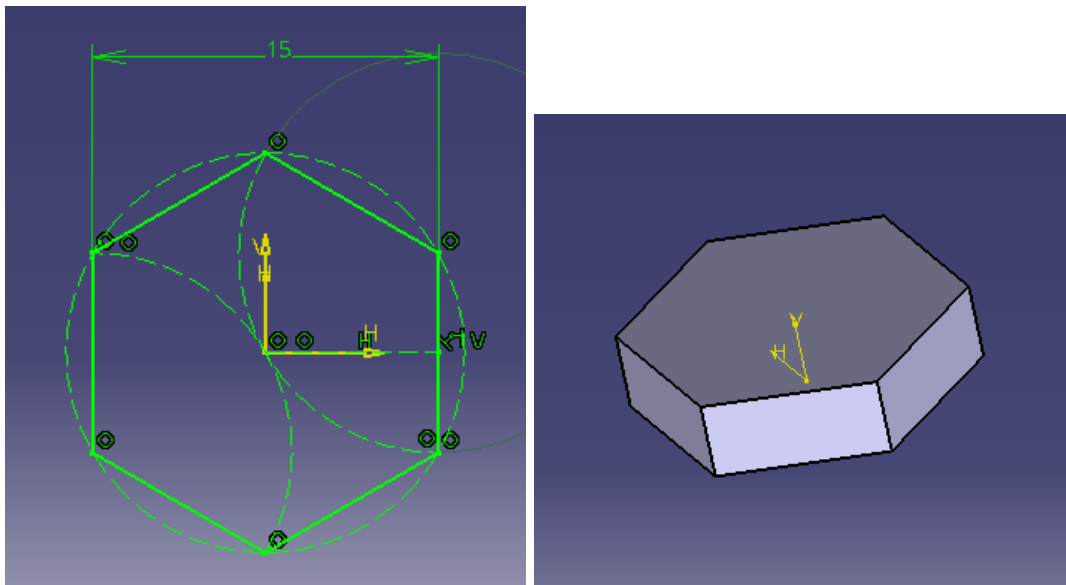


Fig.36 Boceto y extrusión de la Cabeza.

Seguidamente realizamos la rosca (Figura 37):

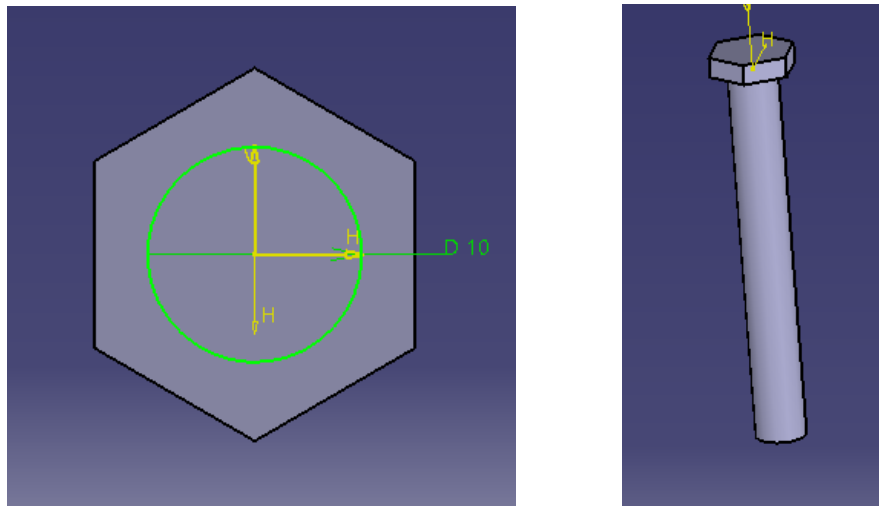


Fig.37 Tornillo Sombrero-Biela.

4.9. Eje de levas y volante de inercia

4.9.1. Eje de levas:

El árbol de levas es el principal elemento de la distribución en un motor que se encarga de abrir y cerrar las válvulas. Para este motor se usará 1 árbol en el cual tendremos dos operaciones diferentes: una para la admisión de los cilindros y otra para el escape de los cilindros. En esta parte sólo se explicará el modelado del árbol en el cual primeramente se realiza el boceto del eje el cual se extruye. (Figura 38).

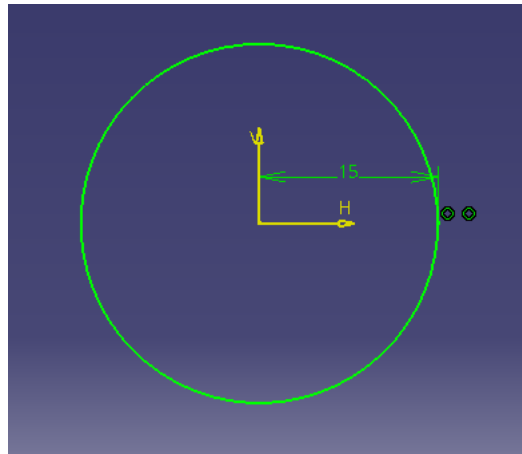


Fig. 38 Boceto eje levas.

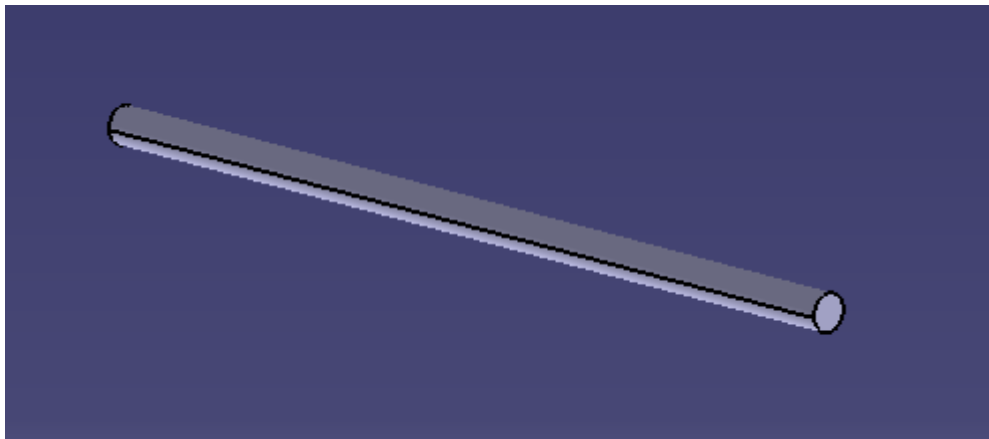


Fig.39 Eje del árbol de Levas.

Se procederá a realizar las levas de admisión en las cuales mediante su movimiento rotatorio dejará la entrada del combustible.

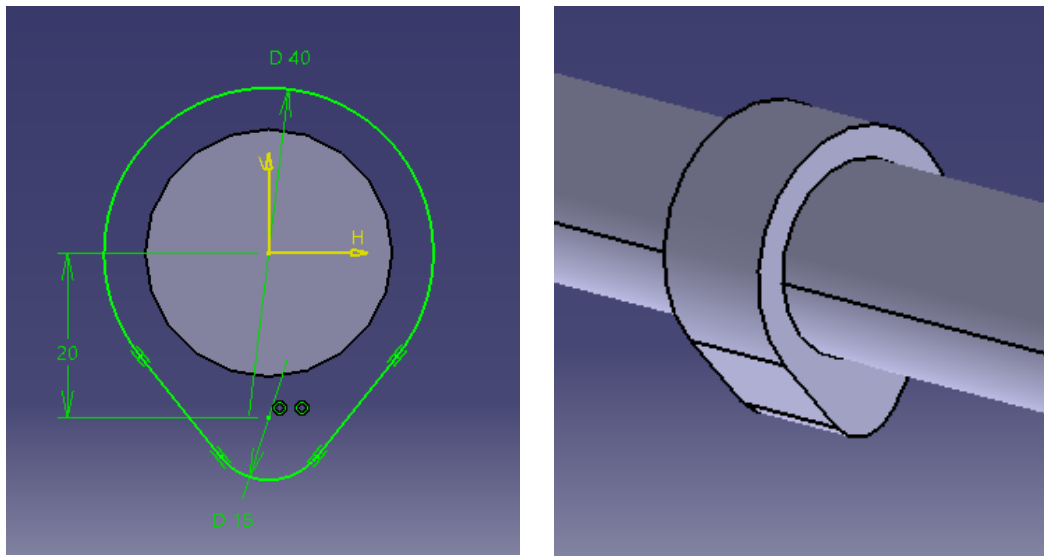


Fig.40 Boceto de levas de Admisión.

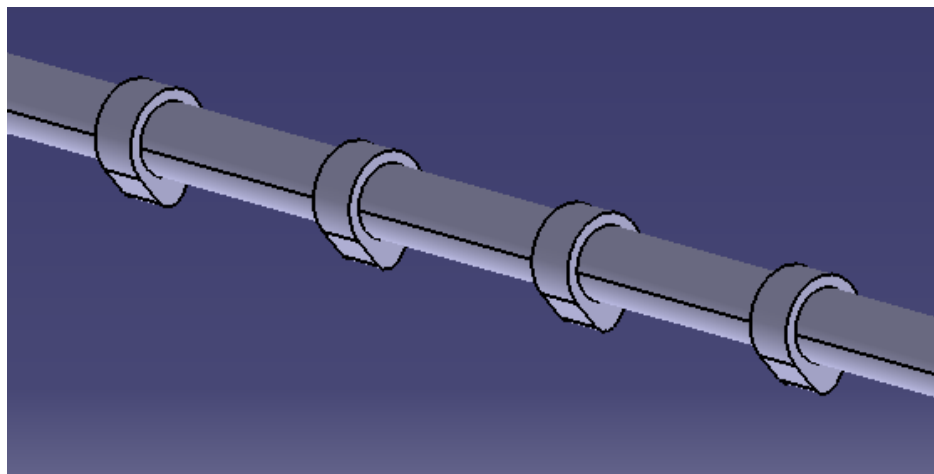


Fig.41 Levas de Admisión.

Finalmente se realiza de la misma forma los levas de escape.

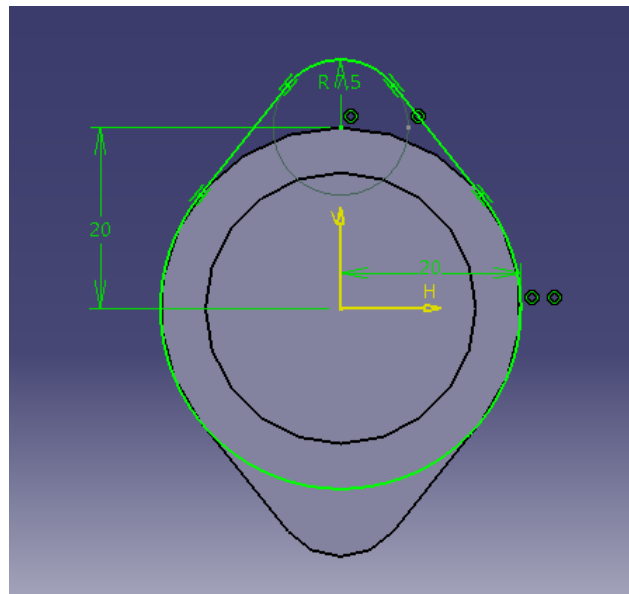


Fig.42 Boceto Levas de Escape.

Finalmente podemos obtener la figura final del eje de levas (Ver figura 43)

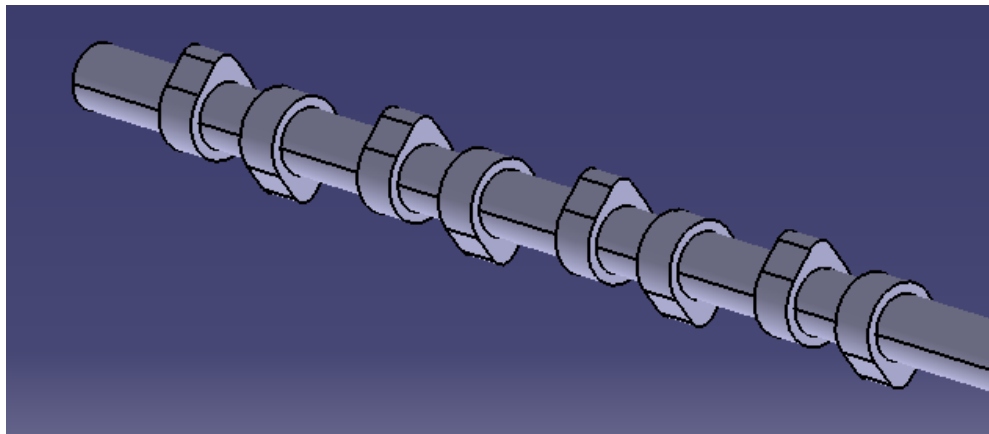


Fig.43 Eje de Levas.

4.9.2. Volante de inercia:

El volante de inercia se fabrica generalmente en fundición de hierro y se ubica en uno de los extremos del cigüeñal. Su principal uso es el de reducir la diferencia

entre el máximo y el mínimo de la velocidad de salida del cigüeñal. Es decir, estabilizar la velocidad de salida que ofrece el motor a los otros elementos con los que está conectado.

Modelado de volante de inercia:

Inicialmente realizaremos las circunferencias con diámetros 190mm 220mm (Figura 44) seguidamente realizaremos el boceto de la figura 43 para realizar con el comando pattern los dientes del volante de inercia.

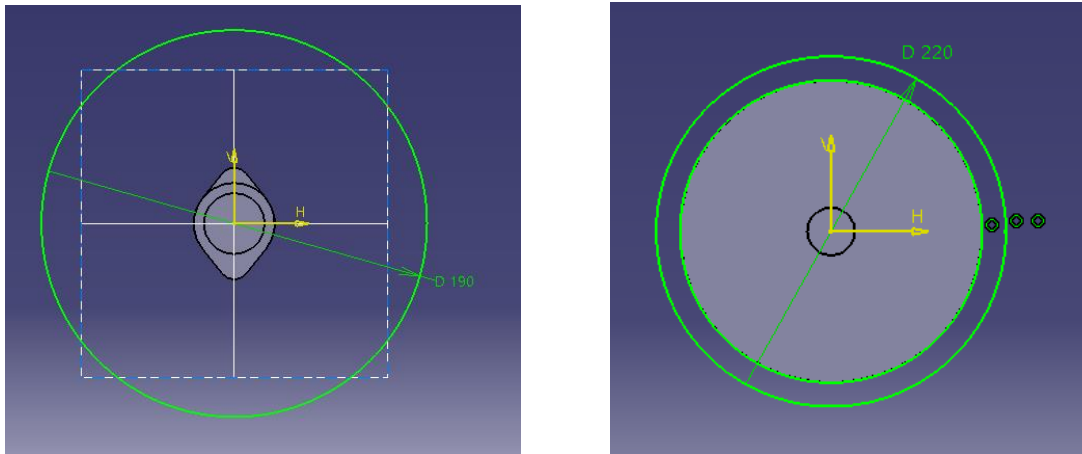


Fig.44 Bocetos de volante de inercia.

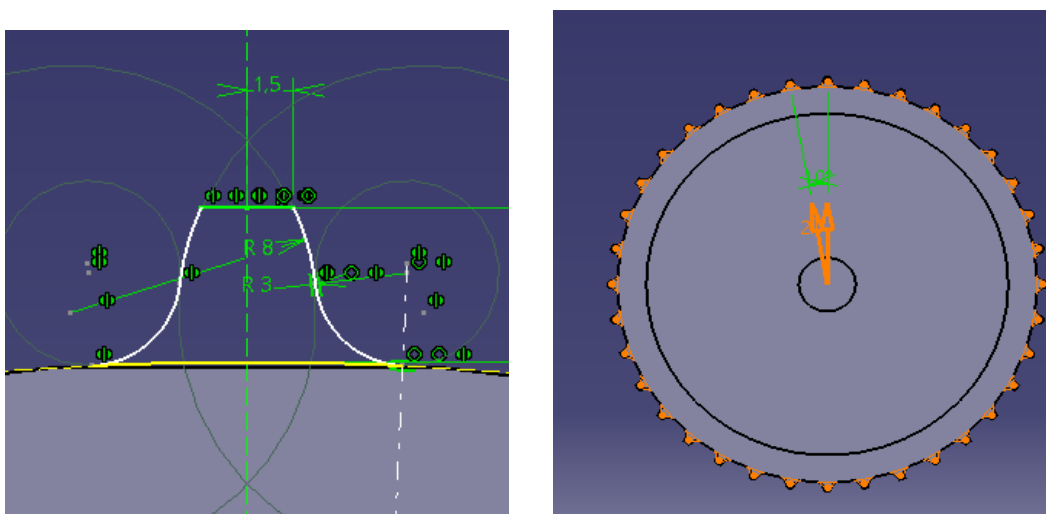


Fig.45 Realización de los dientes.

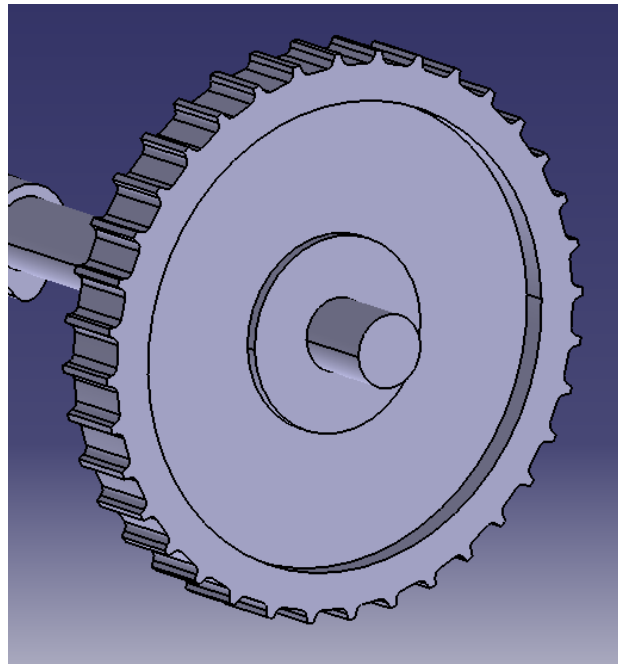


Fig.46 Volante de inercia final.

4.10. Válvula

Estos elementos controlan los conductos de entrada de la mezcla fresca durante la admisión y la salida de los gases residuales de la explosión. En el motor que se modela, se usará una distribución multiválvulas con un árbol de levas (uno de admisión y otro de escape). Las válvulas serán de accionamiento directo sin ningún tipo de intermediario o elemento auxiliar (balancines, puentes de accionamiento, etc...).

Modelado de válvula:

Para ello se realizará el boceto de la figura 47 y se realizará una revolución:

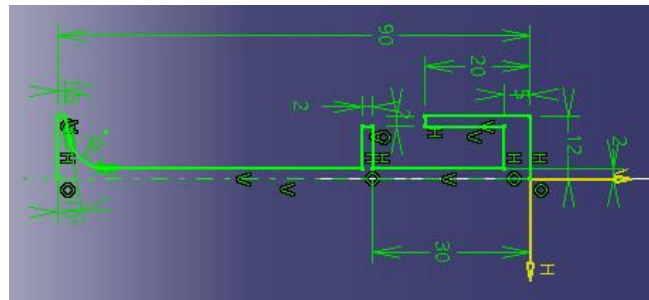


Fig.47 Boceto a revolucionar de la válvula.

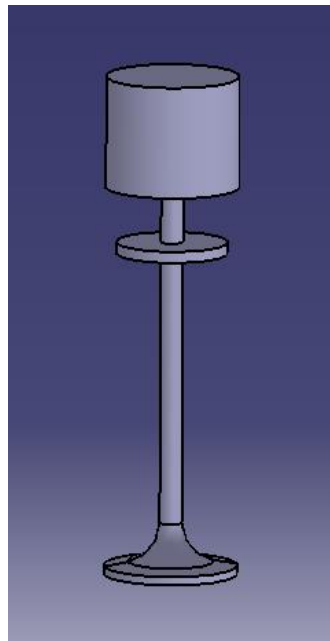


Fig. 48 Válvula.

4.11. Bloque motor

En motores multicilíndricos, los cilindros donde van alojados los pistones se disponen en el bloque motor. Esta pieza es de gran importancia pues es el elemento del motor que sirve de soporte y anclaje para el resto de elementos de motor. En la actualidad, para motores gasolina se usan bloque motores hechos en aluminio dado su bajo peso y que por lo general el bloque motor posee menores necesidades de

robustez. Por ello las camisas de los cilindros (el lugar de contacto con el pistón) se suelen separar de este y fabricarse en otro material más resistente como hierro fundido. De esta forma se consigue un motor más ligero. A este tipo de bloque se les denomina bloque motor no integral.

El bloque motor que se va a modelizar será un bloque motor de camisas secas. Es decir, el líquido refrigerante no está en contacto directo con la camisa del cilindro. Hay que destacar que esta configuración no es la más empleada en los motores pues la disipación de calor es más lenta que en otros casos (por ejemplo: motores abiertos o de camisas húmedas). El bloque motor que se va a modelar a continuación es una versión simplificada de los bloques actuales. Al centrarse en el sistema mecánico, se van a obviar sistemas auxiliares como el de bombeo por lo que cavidades destinadas a estas funciones no se representarán,

Modelado del bloque motor:

Se empieza el modelado del boceto general del bloque motor con una extrusión de 520 mm. Seguidamente realizaremos sobre el lateral un nuevo boceto con el comando offset para la cavidad lateral, de la misma manera se realizara en la parte posterior.

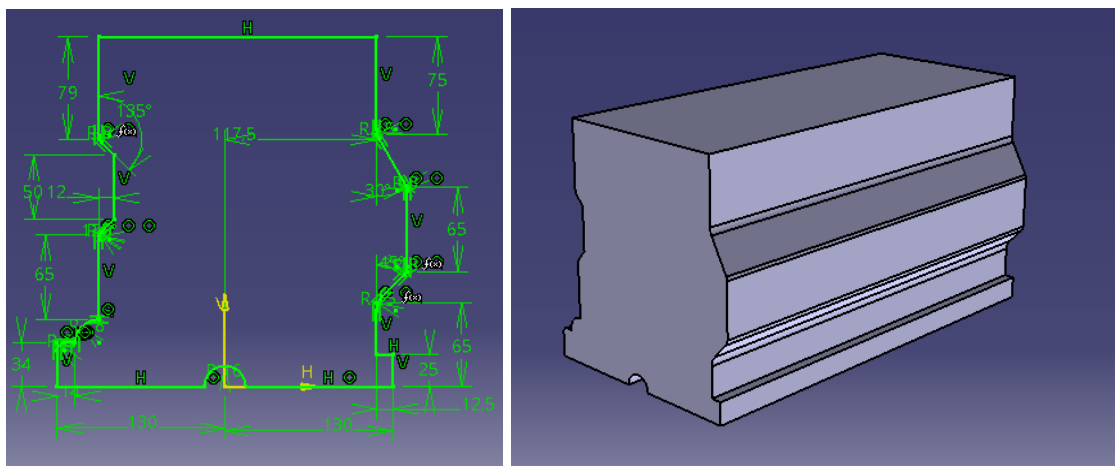


Fig.49 Boceto general del bloque.

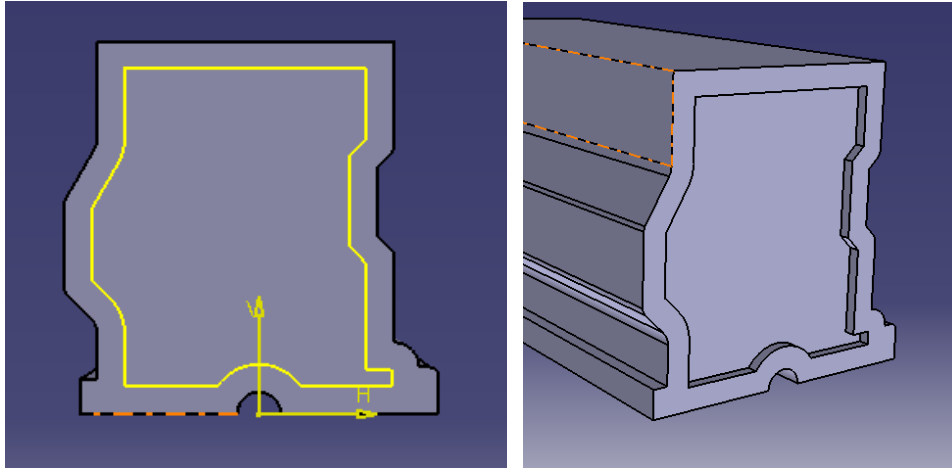


Fig.50 Cavidades laterales.

Sobre la parte Izquierda del bloque se realizaran una serie de detalle los cuales han sido modelados de forma que se ha creado un barrido rectangular dejando 25 mm de los laterales para realizar los salientes. Sobre esos salientes se han realizado dos taladros y una extrusión de una circunferencia de 75 mm.

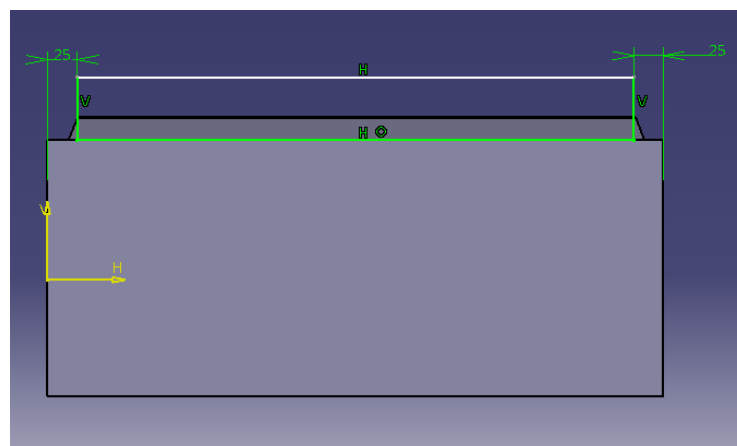


Fig. 51 Barrido Rectangular.

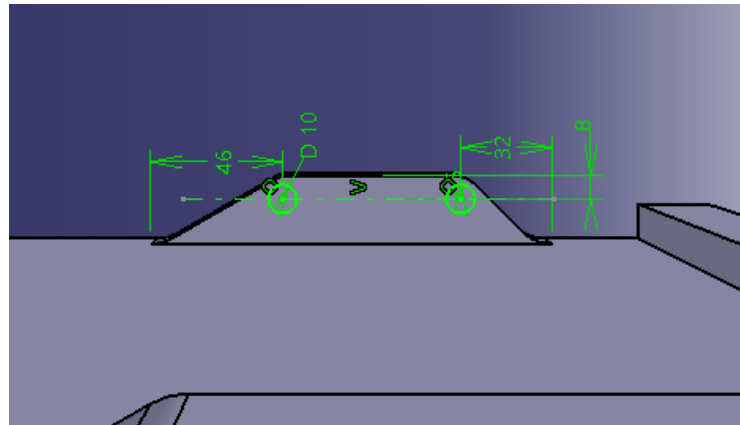


Fig.52 Taladros.

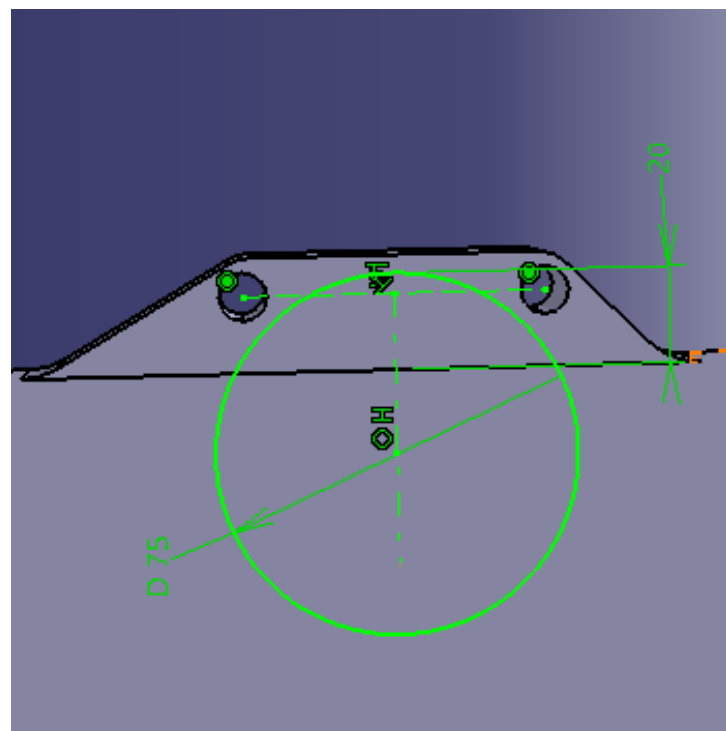


Fig.53 Circunferencia de 75 mm.

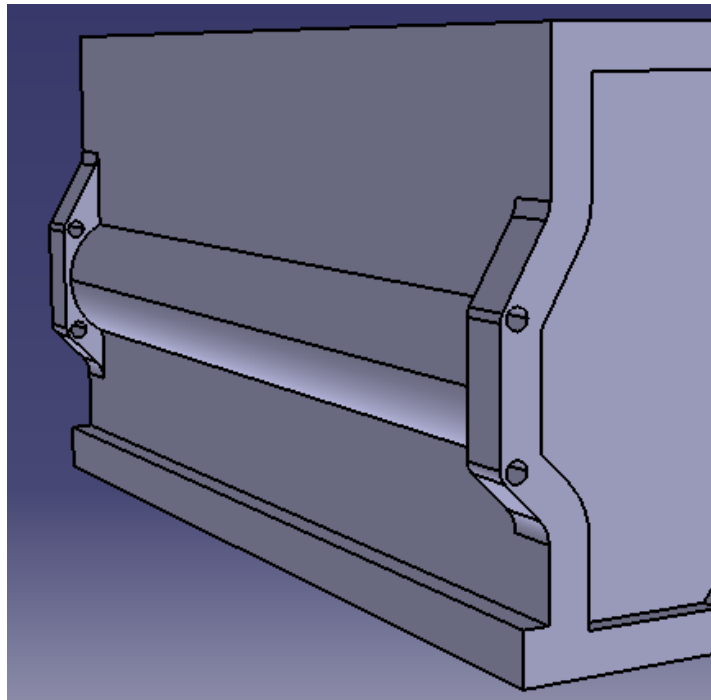


Fig. 54 Detalles parte izquierda.

El siguiente paso será realizar la cavidad de los cilindros para ello realizaremos una extrusión de diámetro 86 mm y con una separación entre ellos de 122 mm.

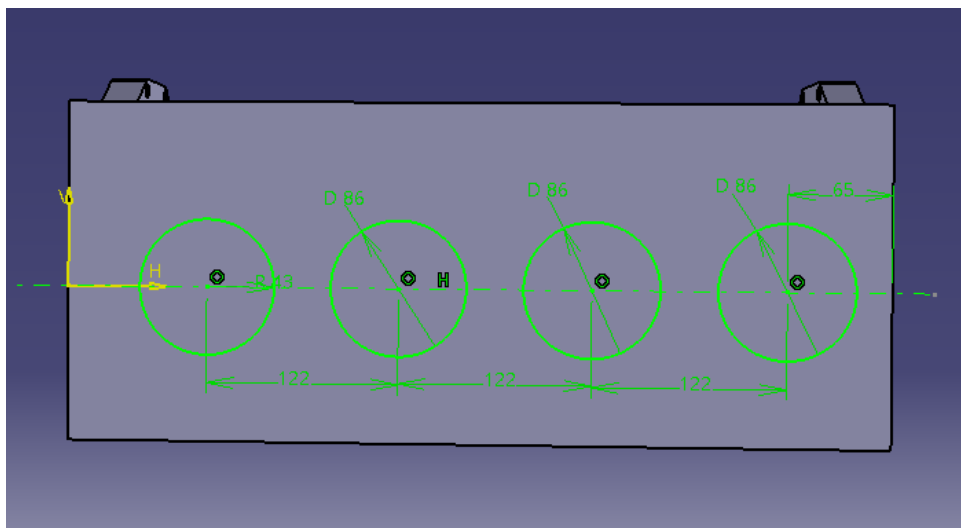


Fig. 55 Boceto de Hueco cilindros.

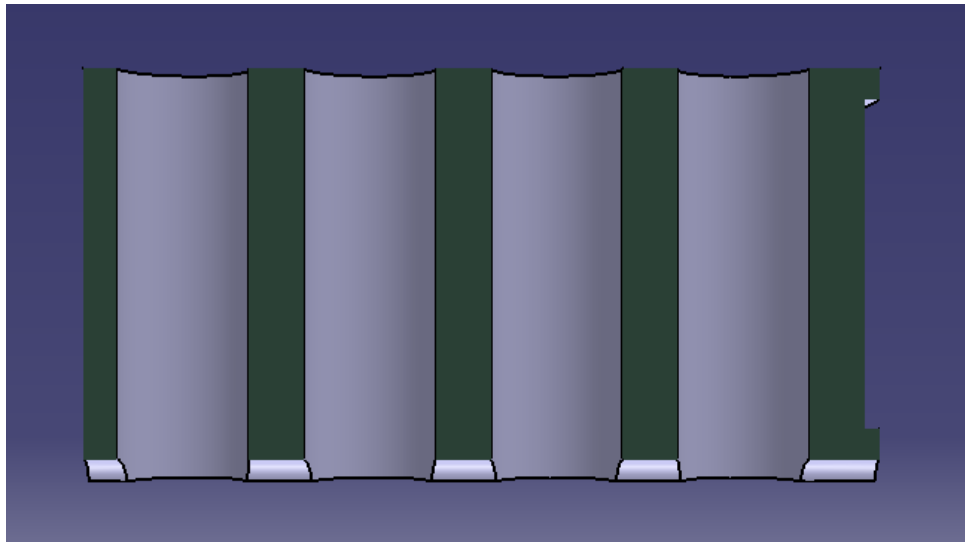


Fig.56 Sección Transversal del bloque.

De la misma forma realizamos la cavidad inferior del bloque en los cuales la biela y cigüeñal podrán rotar libremente. (Ver figura 61)

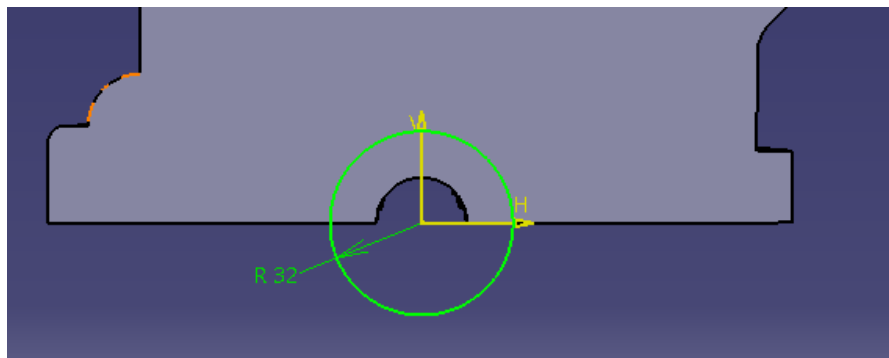


Fig. 57 Boceto 1 Radio 32 mm.

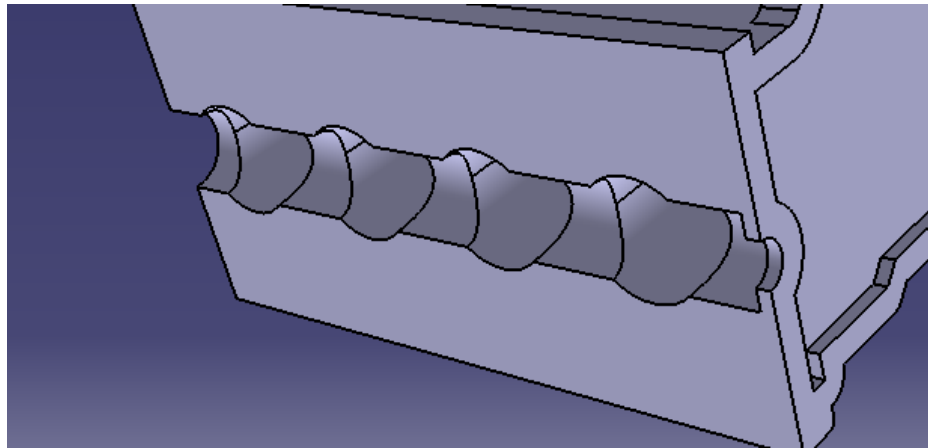


Fig.58 Extrusión boceto 1.

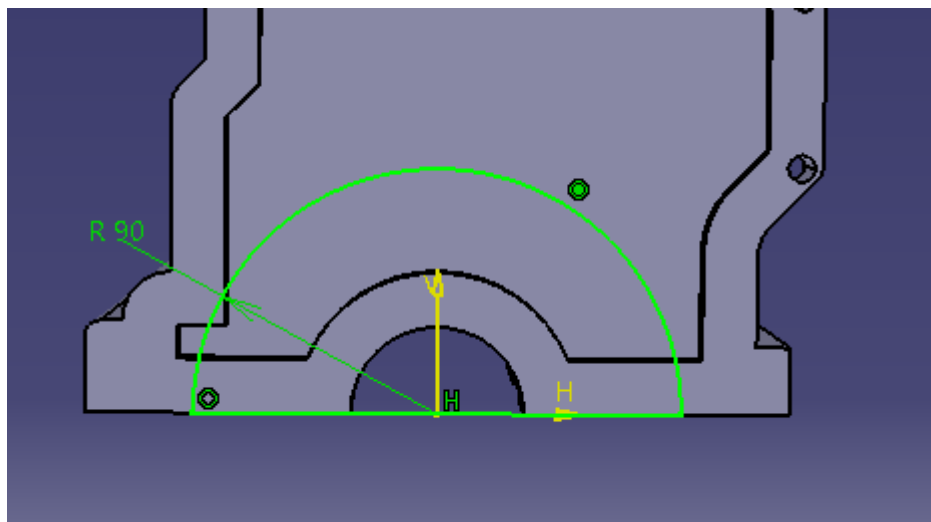


Fig. 59 Boceto hueco cigüeñal.

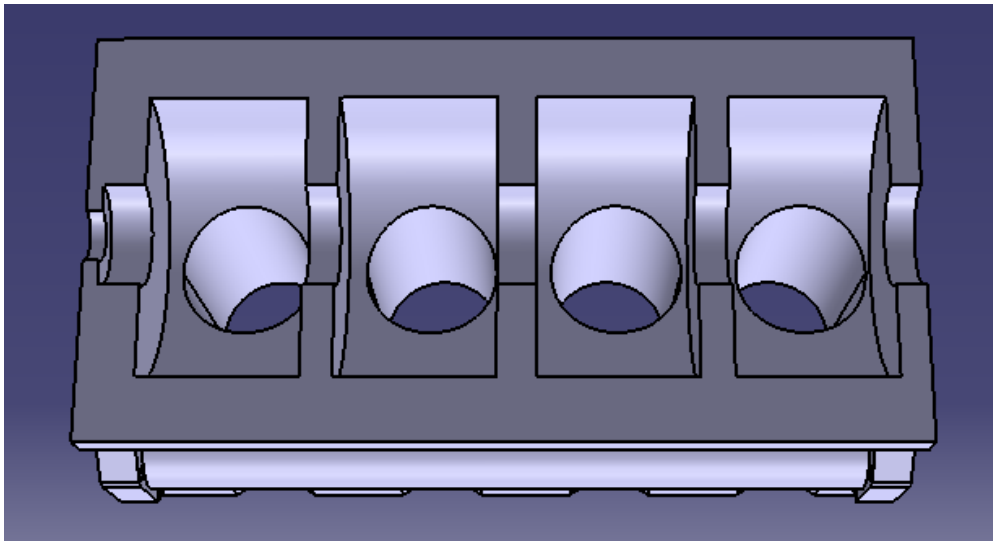


Fig. 60 Cavity inferior Bloque motor.

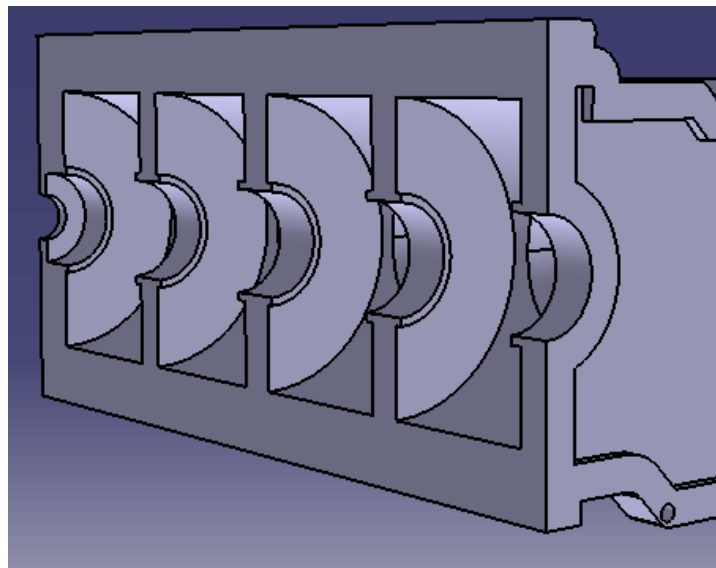


Fig.61 Cavity inferior Bloque motor.

Se realizarán los siguientes detalles mediante taladros de diámetro 15 mm separados entre sí 122 mm (Detalle 1) y de la misma forma otros de diámetro 4 mm. (Detalle 2) Para ello tendremos simetría en el bloque motor para la realización de todos los detalles restantes. Por otra parte se realizarán detalles laterales con un

extrusión de diámetro 47.5mm (Detalle 3) y finalmente se creará un detalle mas complejo alrededor de los huecos de cilindros (Detalle 4) los cuales podemos visualizar en las figuras desde la 62 a la 70:

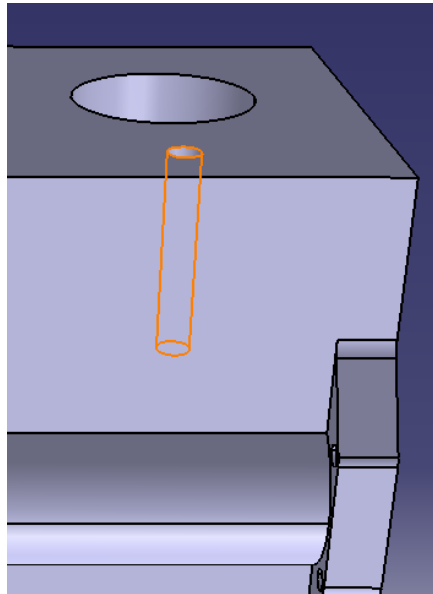


Fig.62 Taladro 15mm.

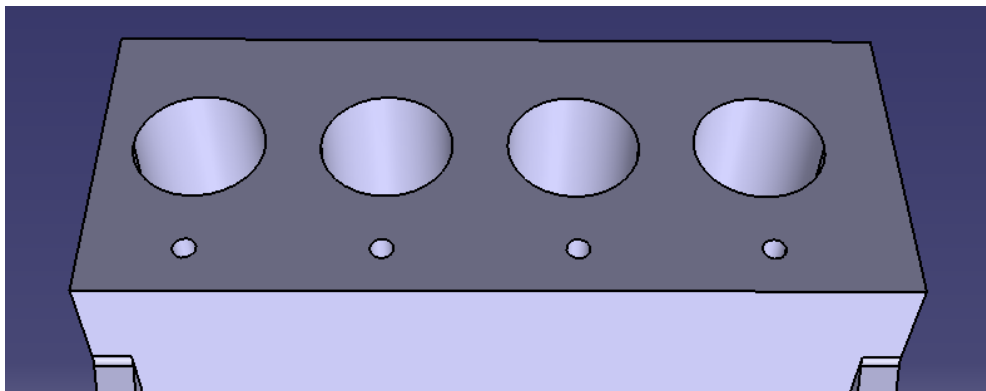


Fig.63 Detalles 1.

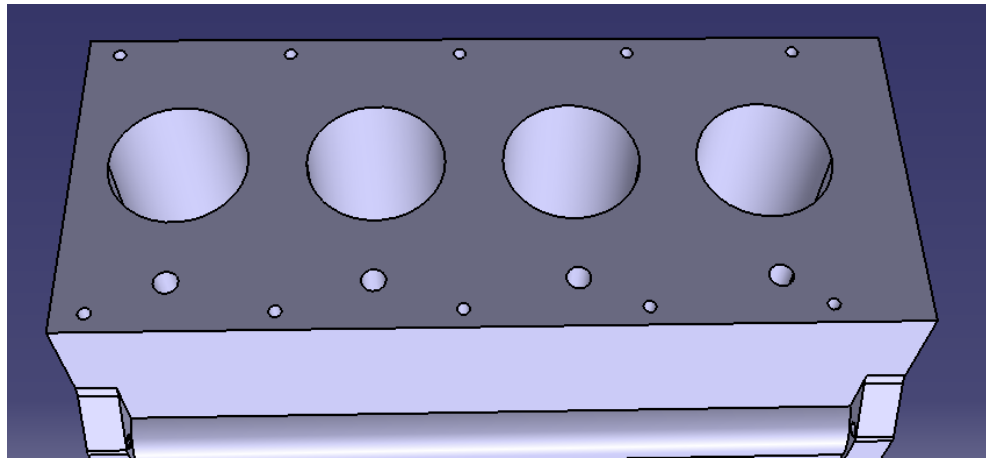


Fig.64 Detalles 2.

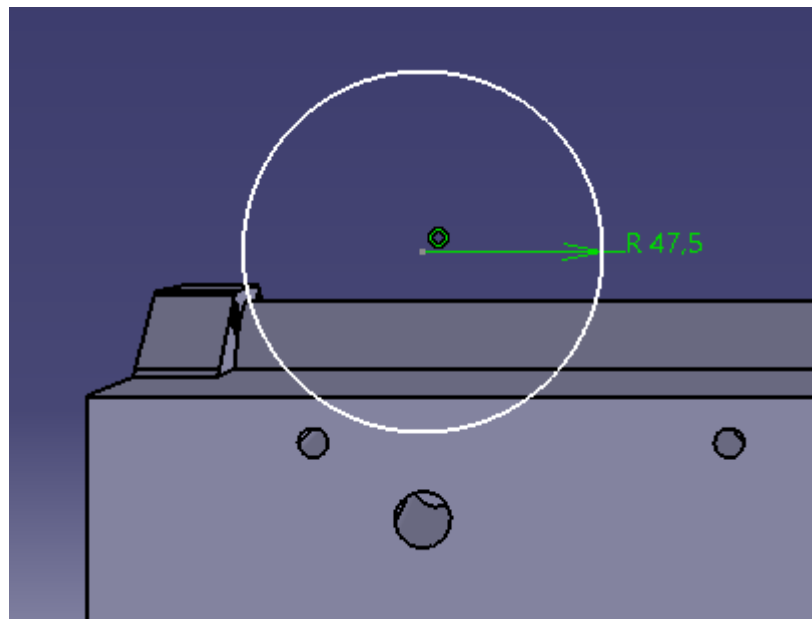


Fig. 65 Extrusión de detalle 3.

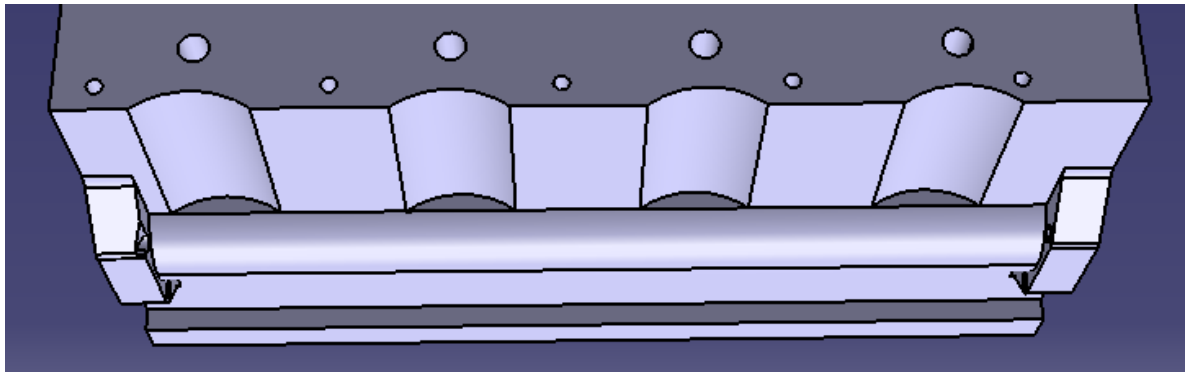


Fig.66 Detalles 3.

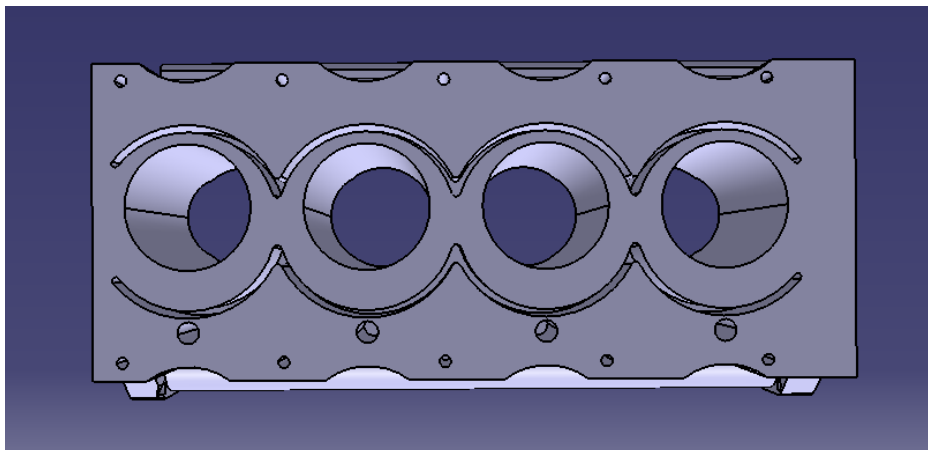


Fig.67 Detalles 4.

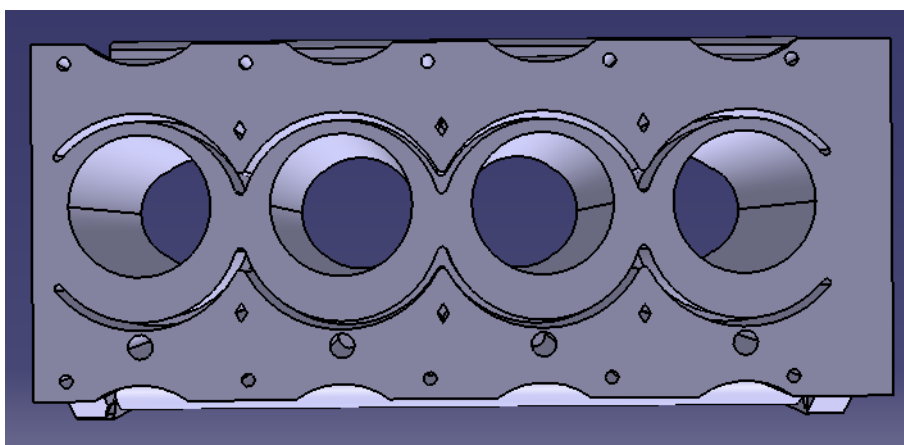


Fig.68 Visualización de los detalles.

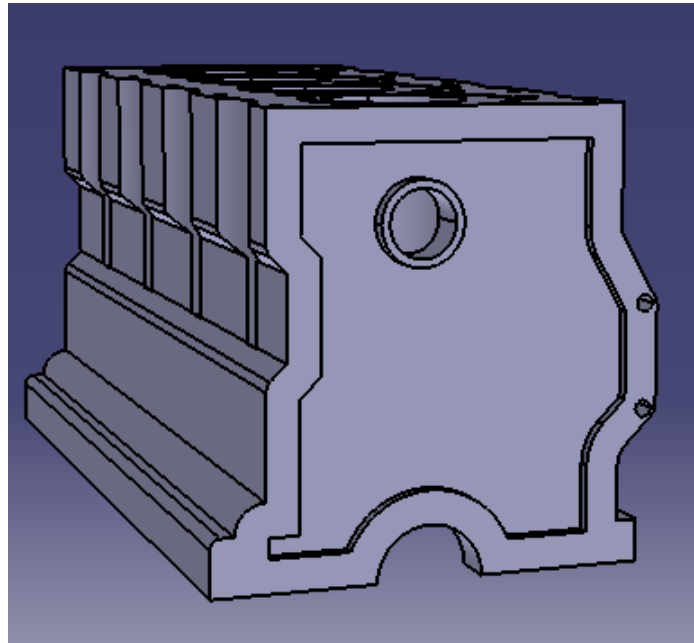


Fig.69 Bloque Motor final.

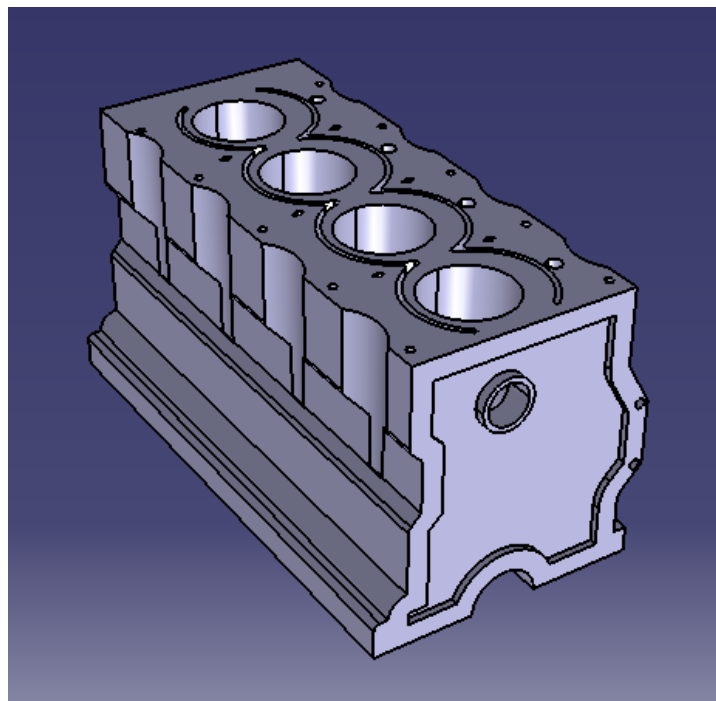


Fig.70 Bloque Motor final.

4.12. Conjunto final.

Una vez todo que todo está montado, se vuelve a hacer todas las piezas visibles. El conjunto tendrá el aspecto de la Fig. 71

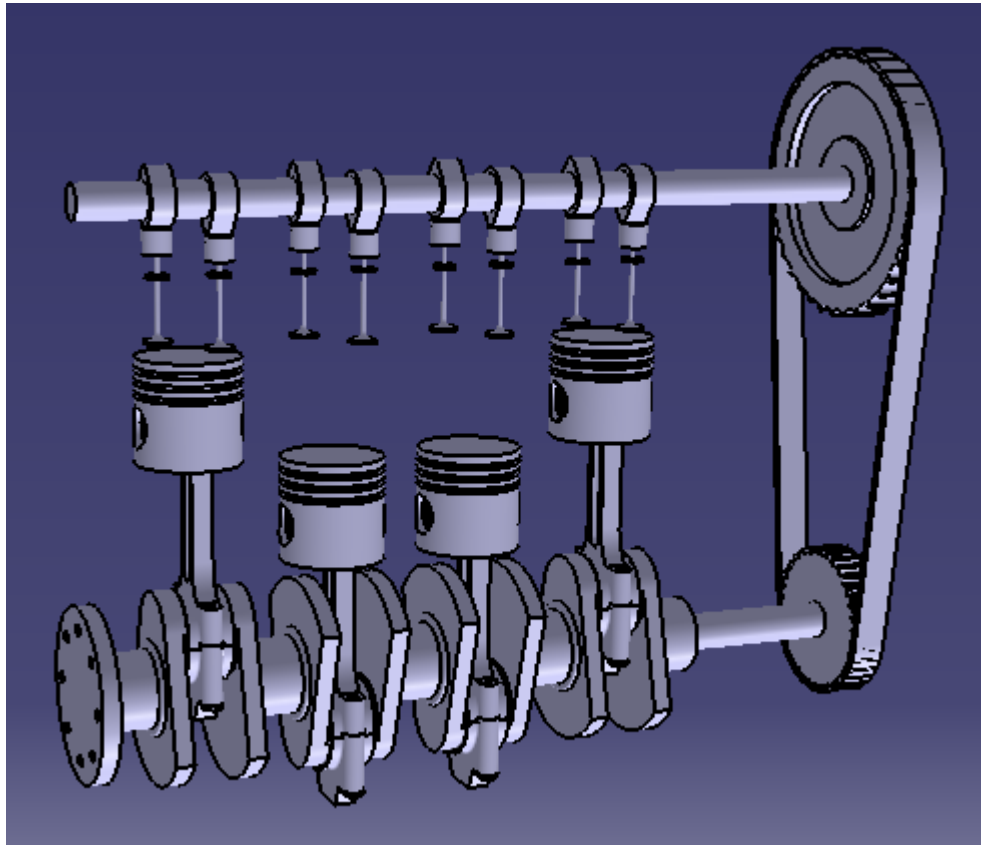


Fig.72 Aspecto final del ensamblado sin el bloque motor.

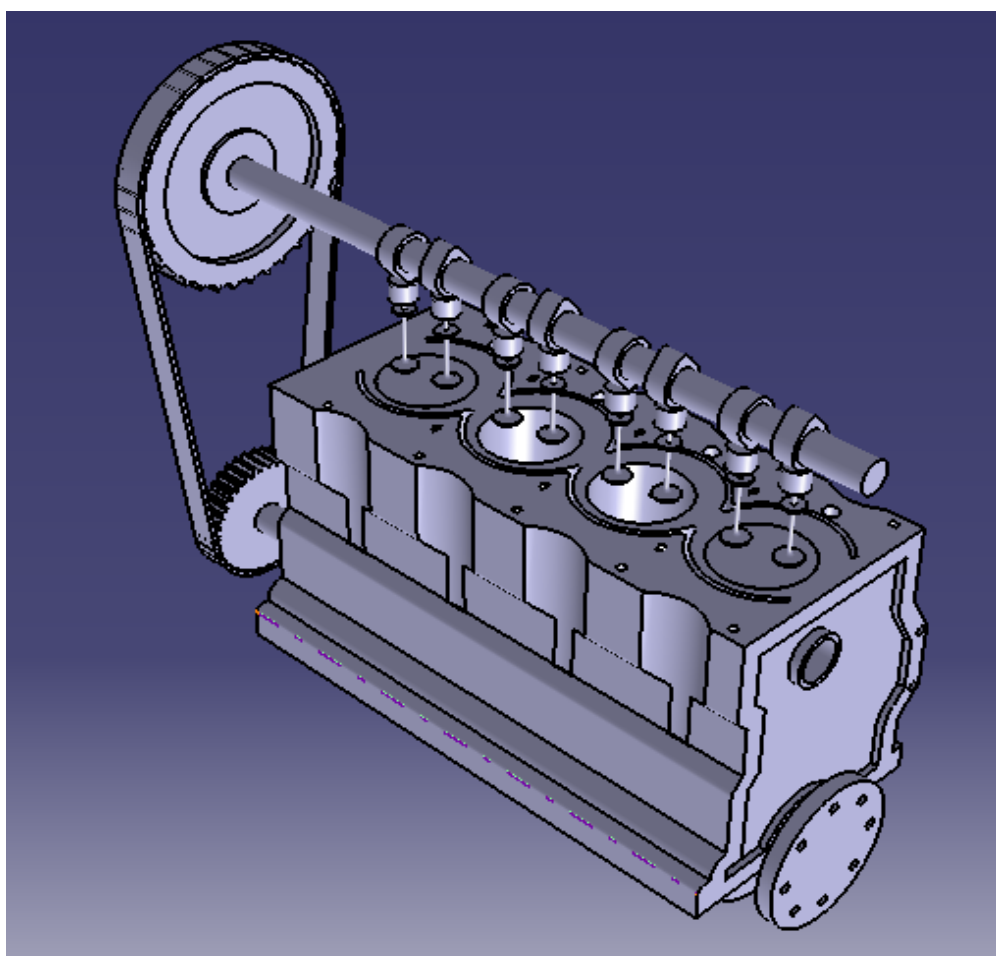


Fig.73 Aspecto final del ensamblado del motor.

5. PRESUPUESTO

En el presupuesto de este proyecto se pueden diferenciar dos partes; En la primera parte se desglosará el trabajo que se entregaría, es decir, el desarrollo del TFG teniendo en cuenta los trabajos realizados por profesionales cualificados. Para la segunda parte nos centraremos en las herramientas usadas para la realización del TFG. Para esta parte omitiremos el trabajo producido por las máquinas y nos centraremos al del uso del ordenador. En la tabla 5.1 se detallará:

PRESUPUESTO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Importación
Estudio, análisis y diseño del Motor Diésel	h	220	55	12.100,00€
Generación de Planos	h	20	25	500,00€
Documentación y redacción de memoria e informes	h	100	20	2.000,00€
Sobremesa HP	h	340	0.13	44,20€
Catia V5 -Licencia de 3 años	h	220	5.2	1.144,00€
Microsoft Office 365 Licencia	h	100	0.05	5,00€
Material de oficina y servicios de impresión	€	150	1	150,00€
Costes Indirectos			5%	15.943,20€
TOTAL				16.740,36€

Tabla 5.1 Especificaciones del presupuesto.

1. Estudio, análisis y diseño del motor Diésel: Esta sería la parte del proyecto más importante puesto que se encarga de modelar y estudiar el núcleo del proyecto. Esta parte debe ser realizada por un profesional altamente especializado por ello su precio es más elevado puesto que es un trabajo de diseño único.
2. Documentación y redacción de memoria e informes: En esta parte se encargaran de redactar los informes necesarios y una memoria. No se requiere de conocimientos técnicos específicos por lo que su precio es menor.
3. Generación de planos: Esta parte es la encargada de la realización de planos. Se necesita personal cualificado (Delineante o ingeniero técnico).
4. Sobremesa HP: El ordenador usado posee un precio inicial de 3000 euros, se estima que la vida útil será de unos 12 años. Suponemos que el trabajador efectúa 1920 horas al año. Su precio unitario sería de:

$$\text{Precio unitario}_{\text{Sobremesa}} = \frac{3000}{12 \cdot 1920} = 0.13$$

5. Catia V5 (Licencia 3 años): En este proyecto se usó la Versión educativa del programa. Visitando la página web del programa podemos obtener que para una licencia profesional de 1 años el precio puede rondar entre 9.000 a 65.000 Euros dependiendo de los módulos que compremos. Para este proyecto vamos a obtener una licencia básica que rondarán los 10.000 euros por lo que su precio unitario será de:

$$\text{Precio unitario}_{\text{Catia V50}} = \frac{10.000}{1920} = 5.2$$

6. Microsoft office 365: Se hace uso del software Microsoft para realización de memoria e informes para la presentación del mismo. La licencia anual es de un 90 euros al año por lo cual se puede calcular el precio unitario de este software

$$Precio\ Unitario_{Software} = \frac{90}{1920} = 0.05$$

7. Material de Oficina e impresión: En esta parte se tendrá en cuenta todo el material de investigación usado como la presentación física del proyecto.

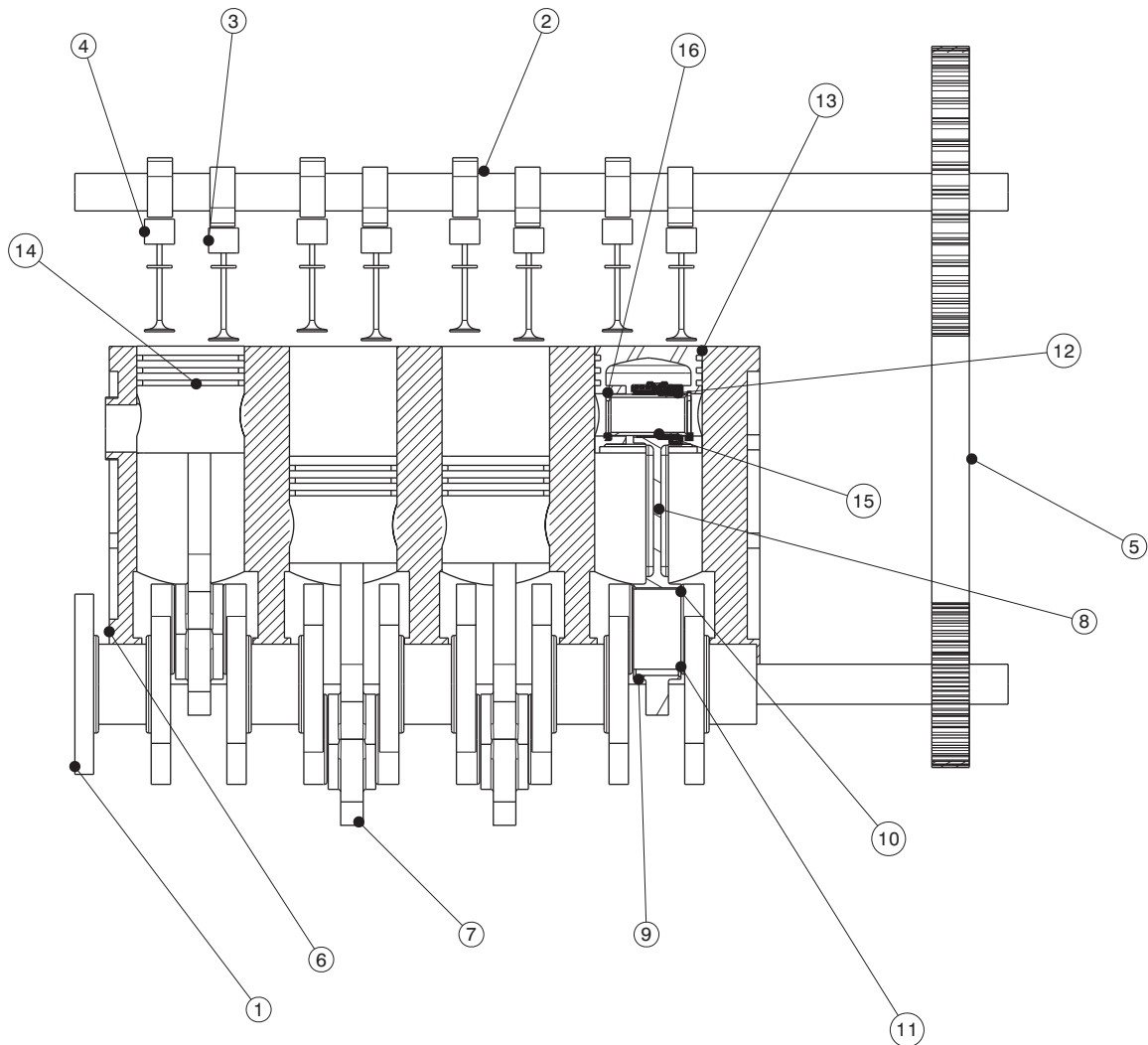
Finalmente al coste del presupuesto se le aplicará el IVA para obtener el coste real de este proyecto:

$$16.740,36€ \cdot 21\% IVA = 20.255,84€$$

El coste del proyecto será de :

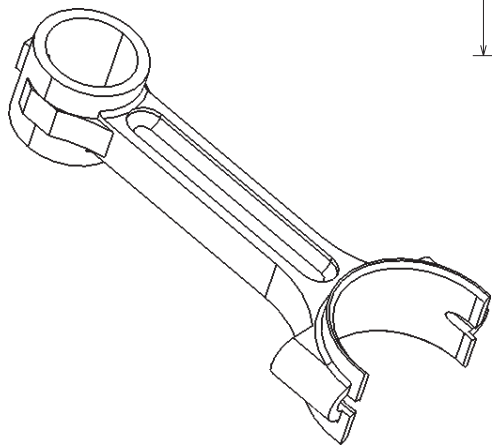
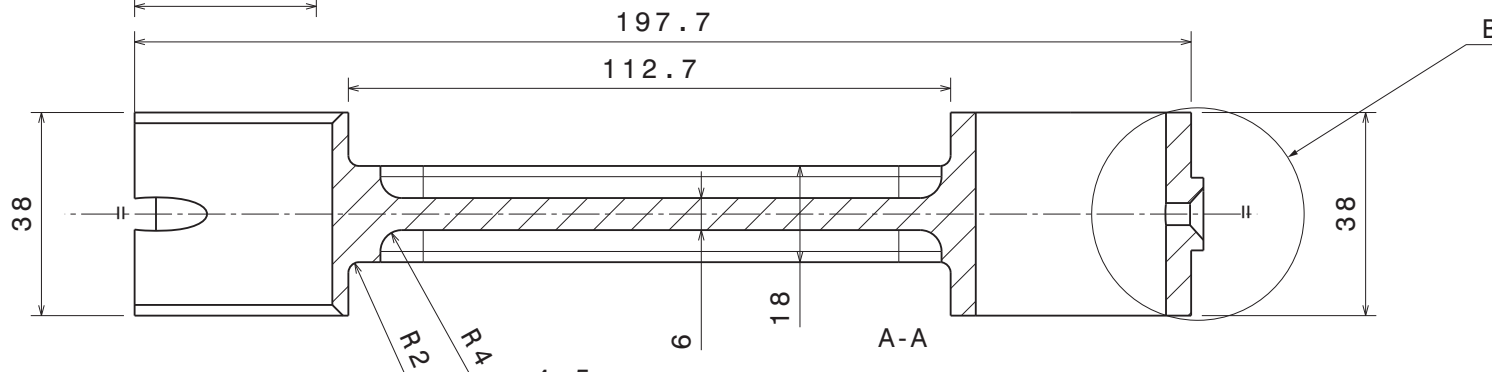
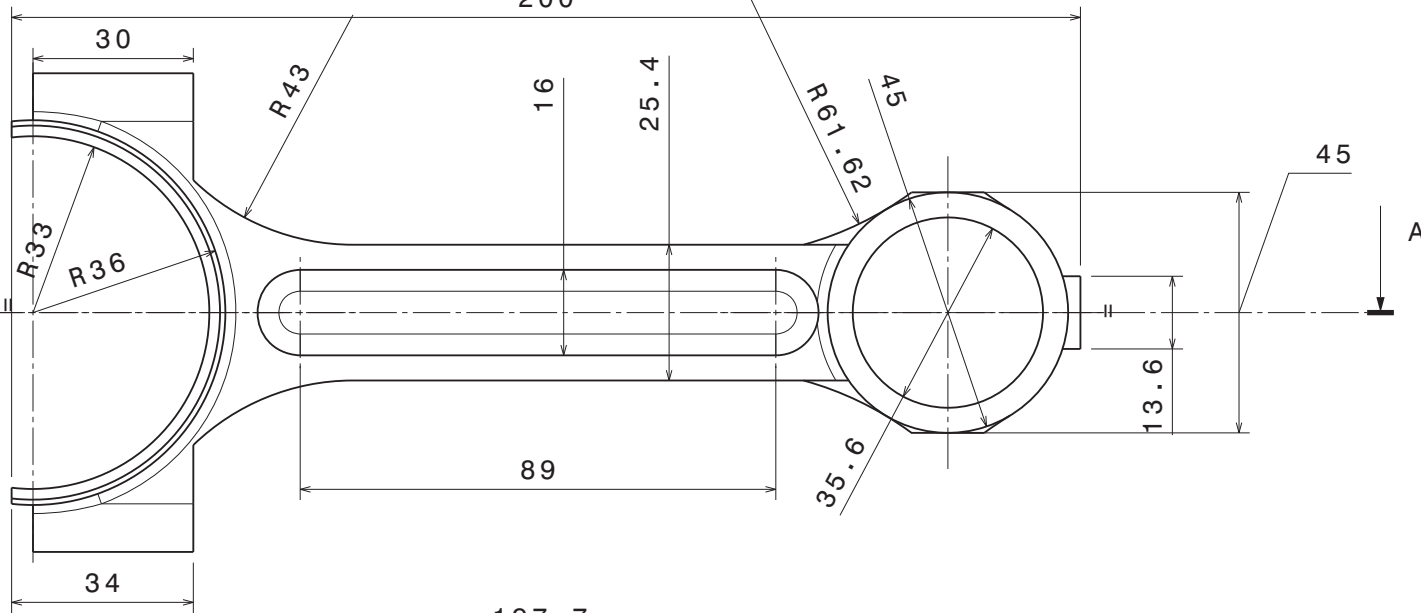
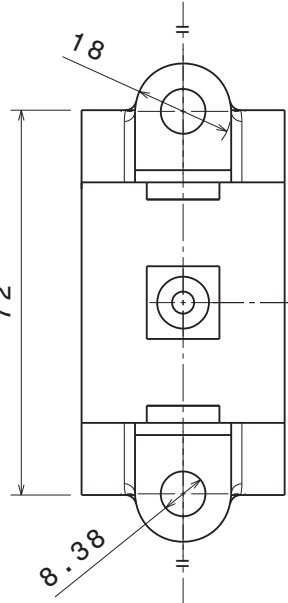
VEINTE MIL DOSCIENTOS CINCUENTA Y CINCO EUROS CON OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

6. PLANOS

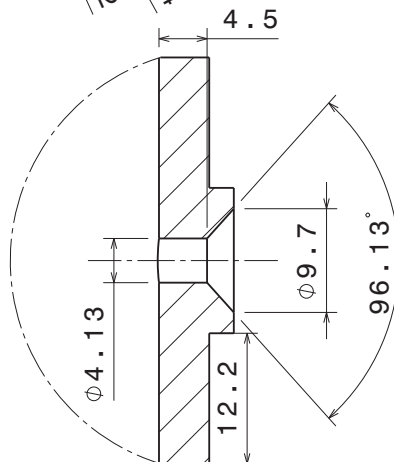


Number	Quantity	Part Number	Definition
1	1	CIGUEÑAL	ACERO
2	1	EJE DE LEVAS	ACERO
3	1	VÁLVULA ADMISIÓN	ACERO
4	1	VÁLVULA ESCAPE	ACERO
5	1	CORREA	CAUCHO
6	1	BLOQUE MOTOR	ACERO
7	8	TORNILLO SOMBRERETE	ACERO
8	4	BIELA	ACERO
9	4	SOMBRERETE	ACERO
10	4	COJINETE SOMBRERETE SUPERIOR	ACERO
11	4	COJINETE SOMBRERETE INFERIOR	ACERO
12	4	COJINETES PISTÓN	ACERO
13	4	PISTÓN	ACERO
14	4	TORNILLO BULÓN	ACERO
15	4	BULÓN	ACERO
16	8	SEGMENTO	ACERO

Diseñado: ÓSCAR SÁNCHEZ ALMAZÁN Fecha 24/06/2021			UNIVERSIDAD DE JAÉN
Comprobado: CRISTINA MARTÍN DOÑATE Fecha XXX			
		TÍTULO PLANO DE CONJUNTO	Hoja 1/11
Escala 1:3	MATERIAL ACERO	Numero de plano: 001	A2

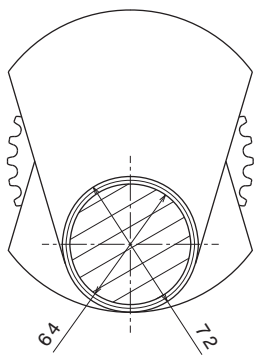
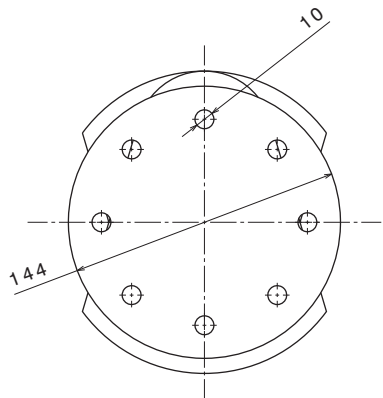


Isometric View
1:2

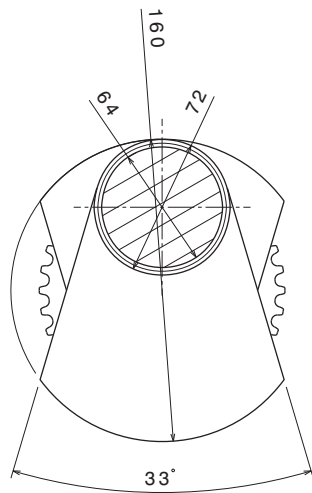


Detail B
2:1

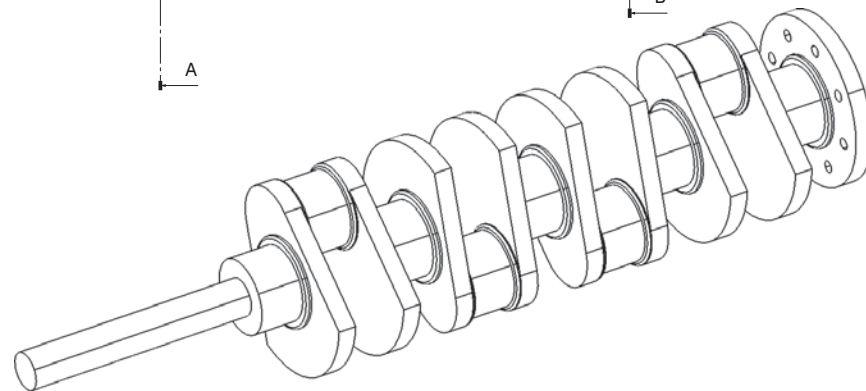
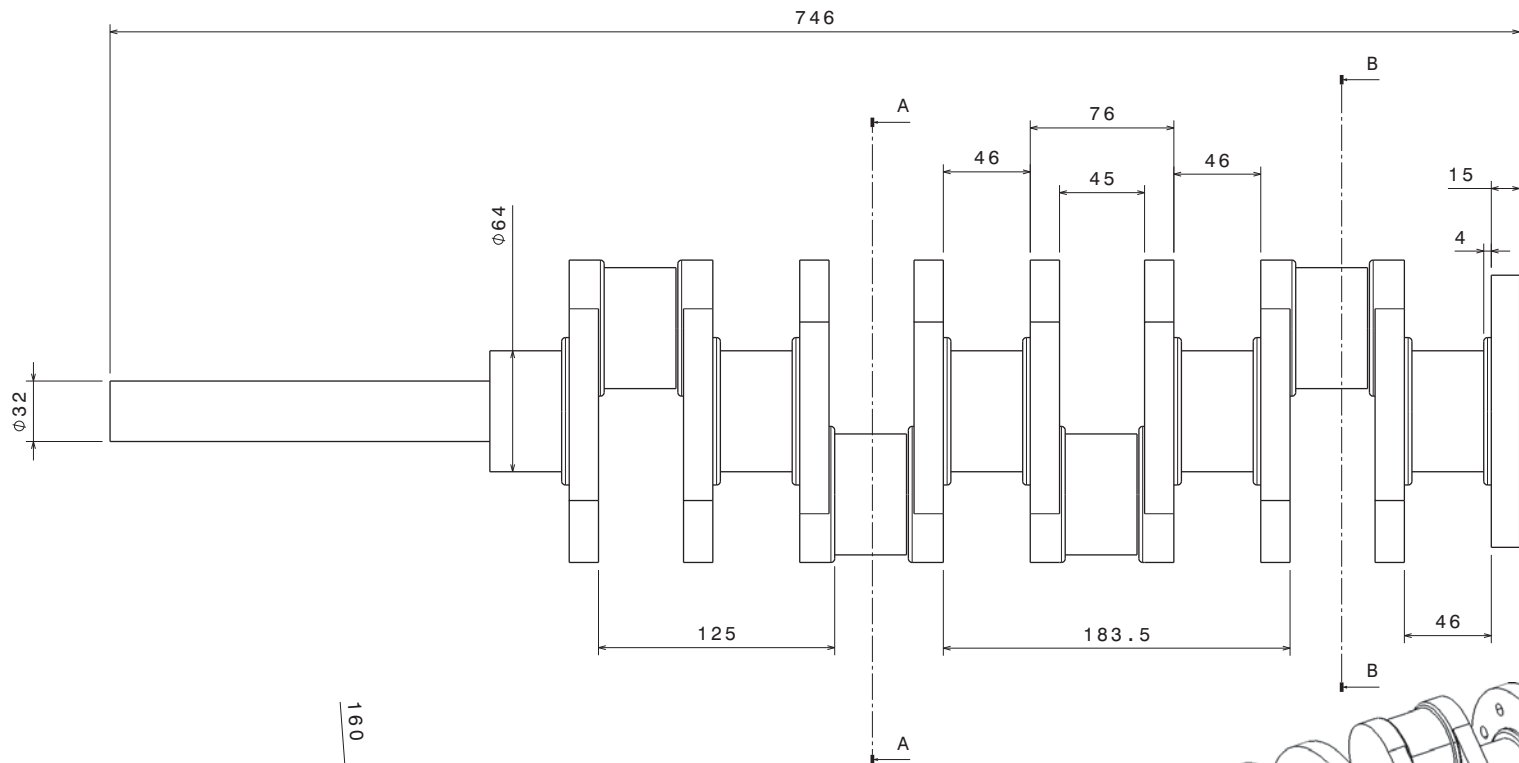
Diseñado: ÓSCAR SÁNCHEZ ALMAZÁN Fecha 24/06/2021			UNIVERSIDAD DE JAÉN
Comprobado: CRISTINA MARTÍN DOÑATE Fecha XXX			
		TÍTULO BIELA	Hoja 2/11
Escala 1:1	MATERIAL ACERO	Número de plano: 002	A3



A-A

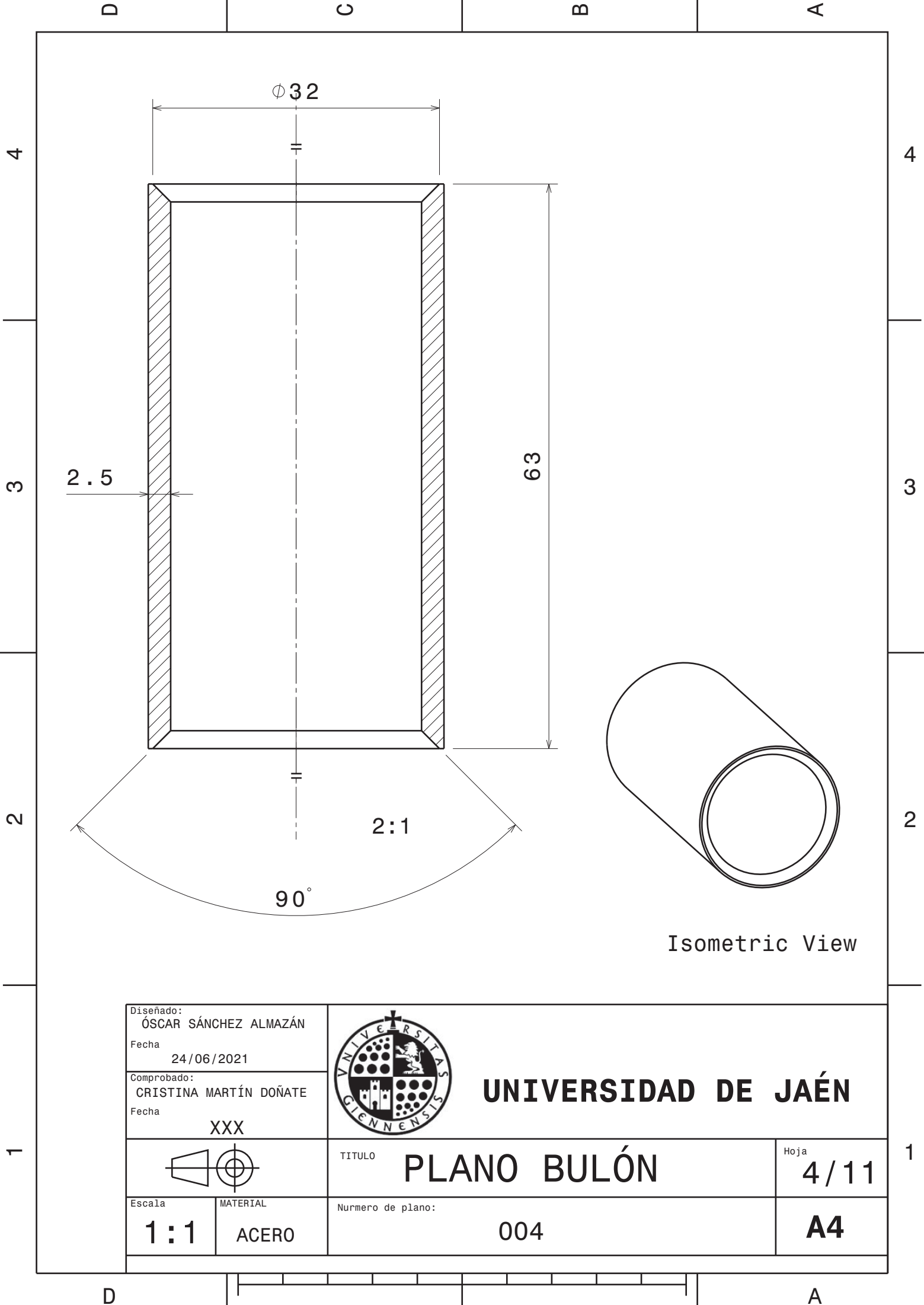


B-B



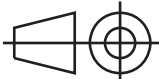
Isometric View
1:3

Diseñado: Óscar Sánchez Alamzán Fecha 24/06/2021			UNIVERSIDAD DE JAÉN
Comprobado: Cristina Martín Doñate Fecha XXX			
	TÍTULO CIGÜEÑAL	Hoja 3/11	
Escala 1:2	MATERIAL ACERO	Numero de plano: 003	A2



Diseñado:
ÓSCAR SÁNCHEZ ALMAZÁN
Fecha
24/06/2021

Comprobado:
CRISTINA MARTÍN DOÑATE
Fecha
XXX



Escala
1:1
MATERIAL
ACERO



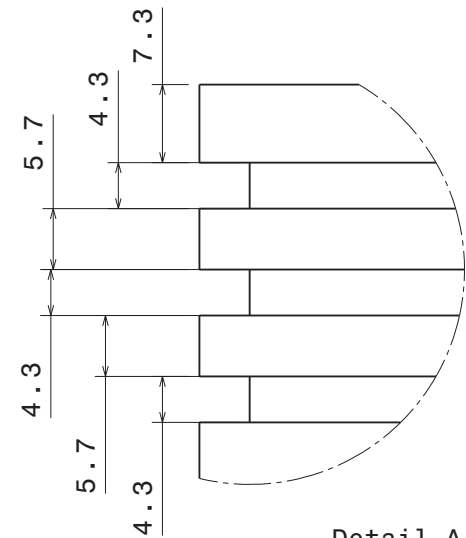
UNIVERSIDAD DE JAÉN

TÍTULO
PLANO BULÓN

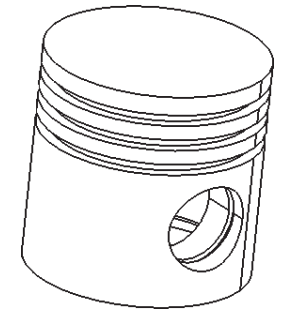
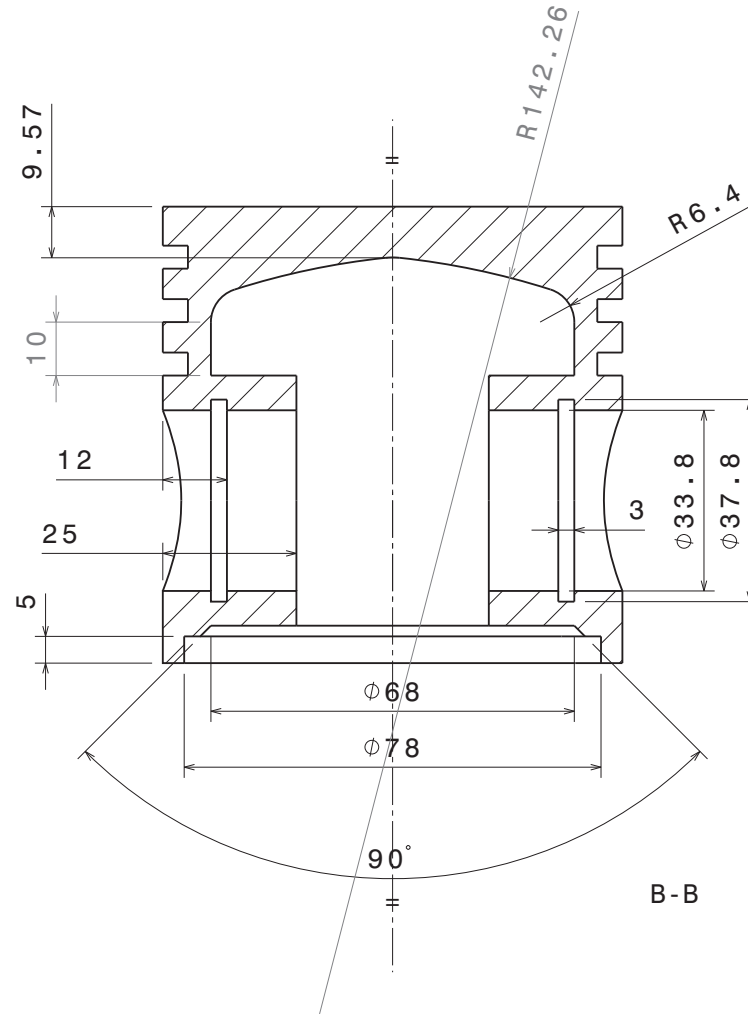
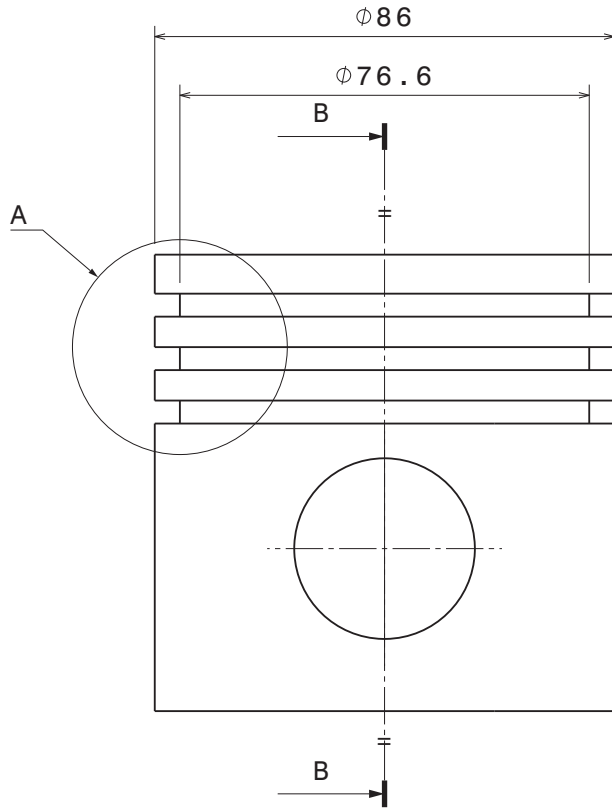
Hoja
4/11

Número de plano:
004

A4

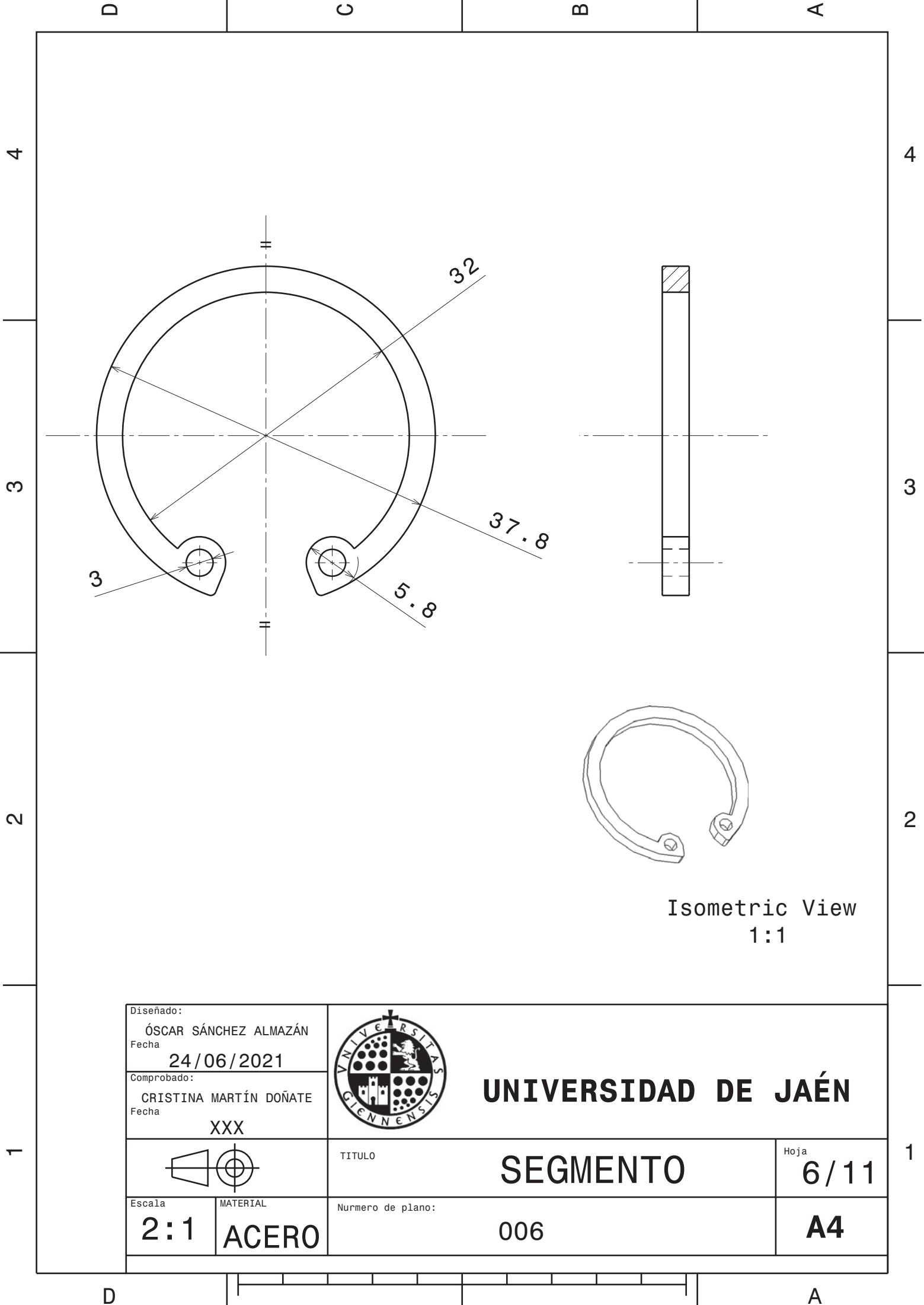


Detail A
2:1



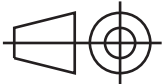
Isometric View
1:2

Diseñado: ÓSCAR SÁNCHEZ ALAMZÁN Fecha 24/06/2021		 UNIVERSIDAD DE JAÉN	
Comprobado: CRISTINA MARTÍN DOÑATE Fecha XXX			
		TÍTULO PISTÓN	Hoja 5/11
Escala 1:1	MATERIAL ACERO	Número de plano: 005	A3



Diseñado:
ÓSCAR SÁNCHEZ ALMAZÁN
Fecha
24/06/2021

Comprobado:
CRISTINA MARTÍN DOÑATE
Fecha
XXX



Escala
2:1
MATERIAL
ACERO



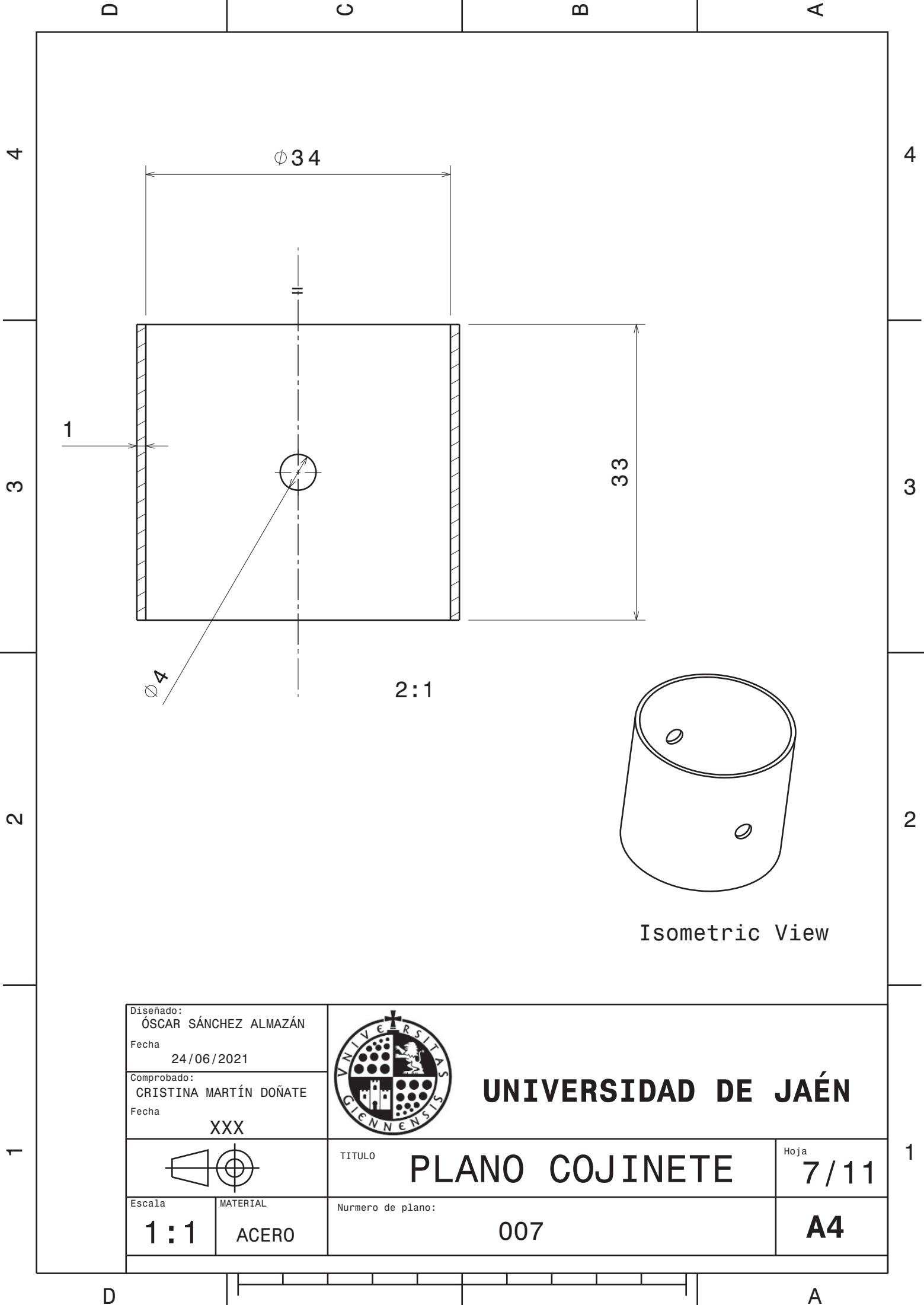
UNIVERSIDAD DE JAÉN

TÍTULO
SEGMENTO

Hoja
6/11

Número de plano:
006

A4

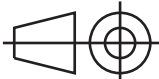


Diseñado:
ÓSCAR SÁNCHEZ ALMAZÁN
Fecha
24/06/2021

Comprobado:
CRISTINA MARTÍN DOÑATE
Fecha
XXX



UNIVERSIDAD DE JAÉN



TÍTULO

PLANO COJINETE

Hoja

7/11

Escala

1:1

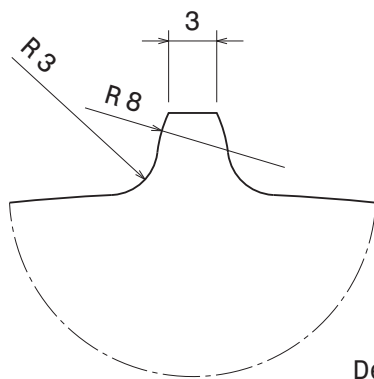
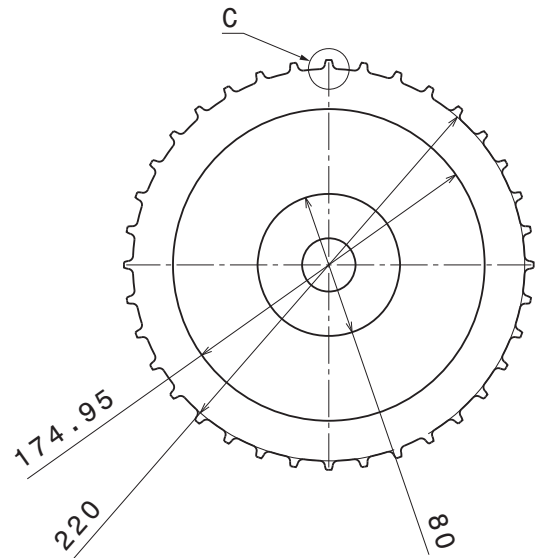
MATERIAL

ACERO

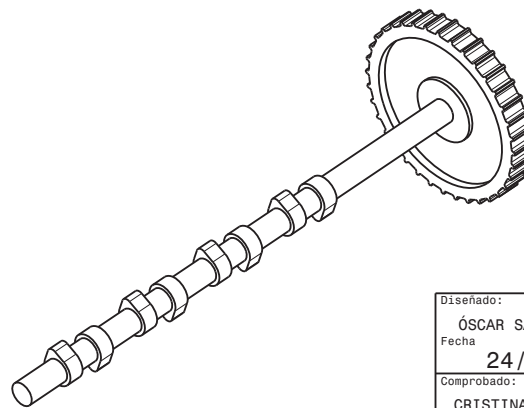
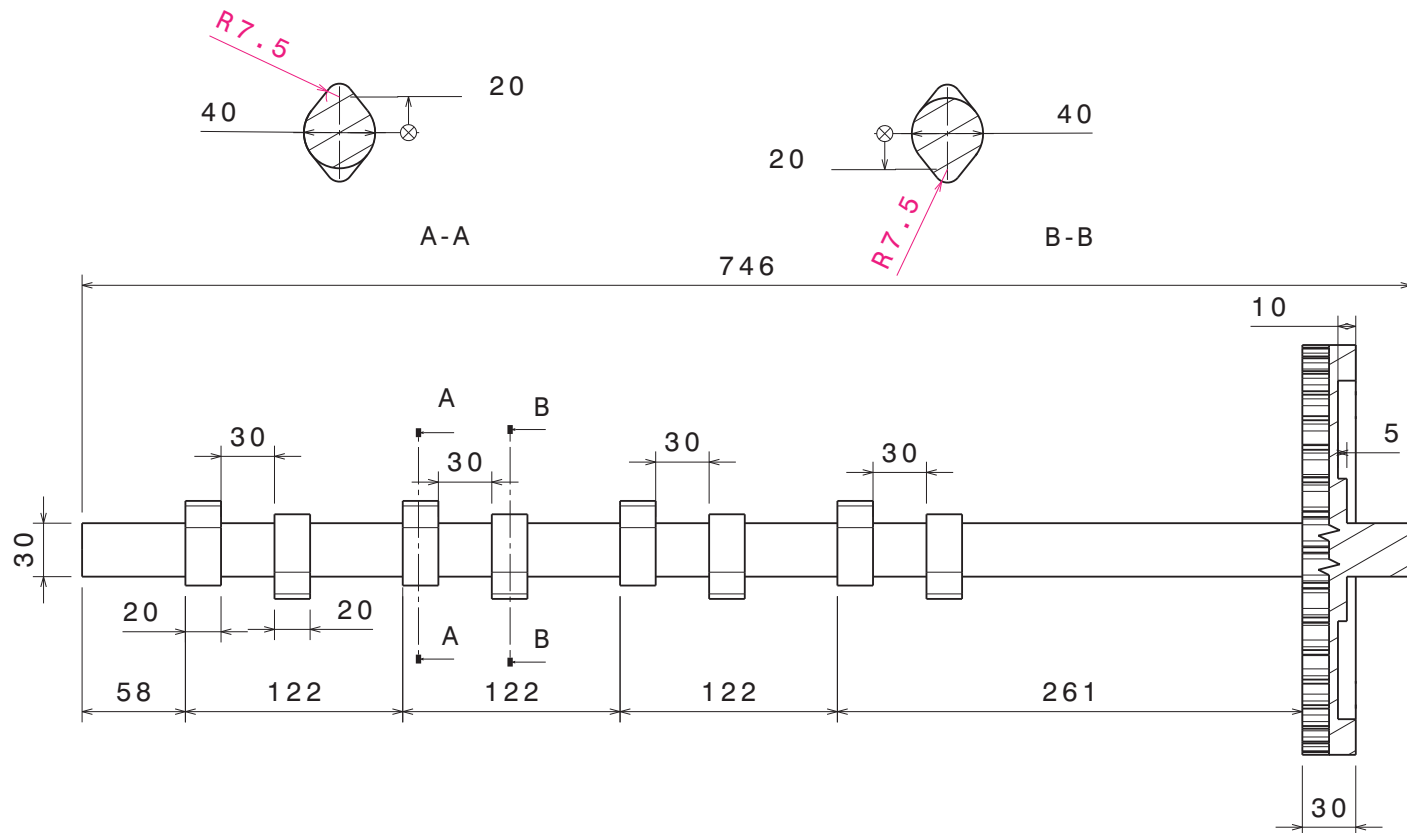
Numero de plano:

007

A4

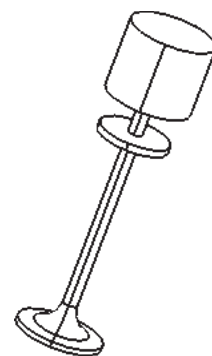
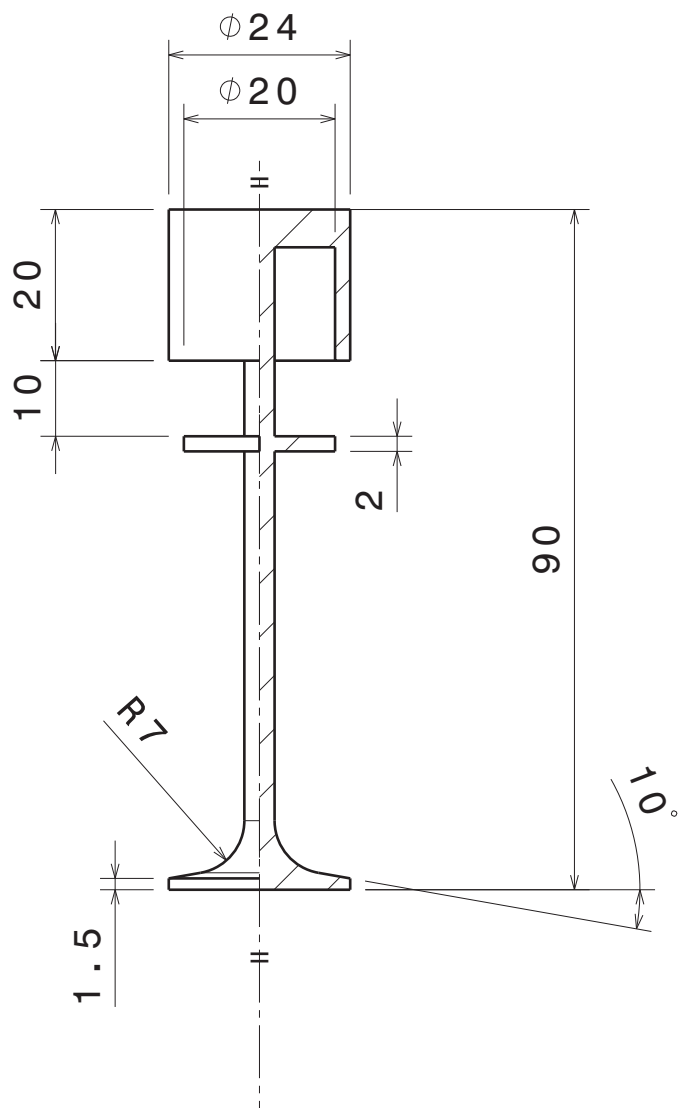


Detail C
3:1

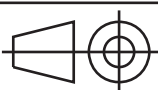


Isometric View
1:6

Diseñado: ÓSCAR SÁNCHEZ ALMAZÁN Fecha 24/06/2021		 UNIVERSIDAD DE JAÉN	
Comprobado: CRISTINA MARTÍN DOÑATE Fecha XXX			
		TÍTULO EJE DE LEVAS Y VOLANTE DE INERCIA	Hoja 8/11
Escala 1:3	MATERIAL ACERO	Número de plano: 008	A3



Isometric View
1:2

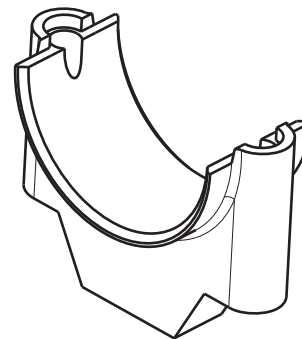
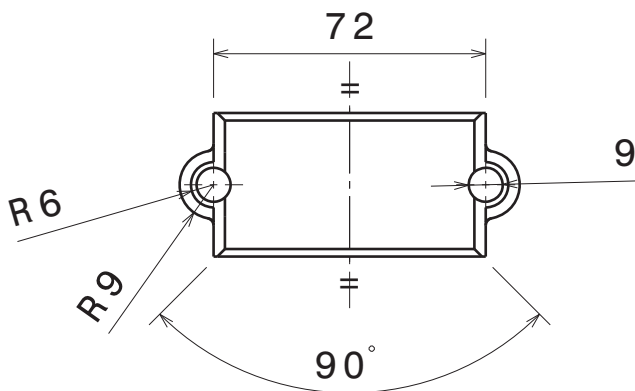
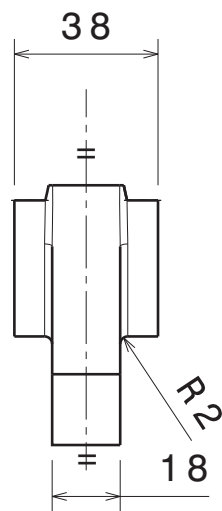
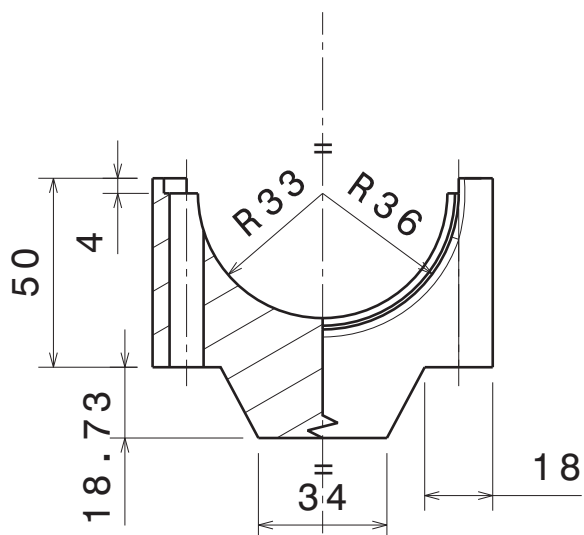
Diseñado: ÓSCAR SÁNCHEZ ALAMAZÁN Fecha 24/06/2021			UNIVERSIDAD DE JAÉN
Comprobado: CISTINA MARTÍN DOÑATE Fecha XXX			
		TÍTULO VÁLVULA	Hoja 9/11
Escala 1 : 1	MATERIAL ACERO	Número de plano: 009	A4

D

C

B

A



Isometric View

Diseñado:
ÓSCAR SÁNCHEZ ALAMAZÁN
Fecha
24/06/2021

Comprobado:
CISTINA MARTÍN DOÑATE
Fecha
XXX

**UNIVERSIDAD DE JAÉN**

TÍTULO

SOMBRERETE

Hoja

10/11

Escala

1:2

MATERIAL

ACERO

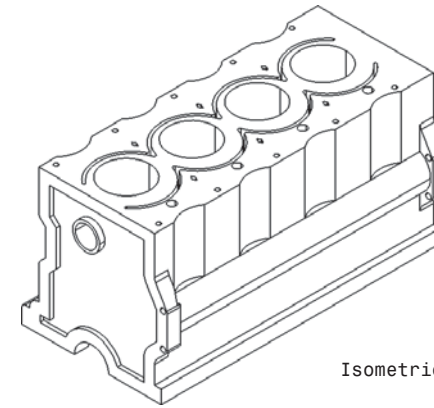
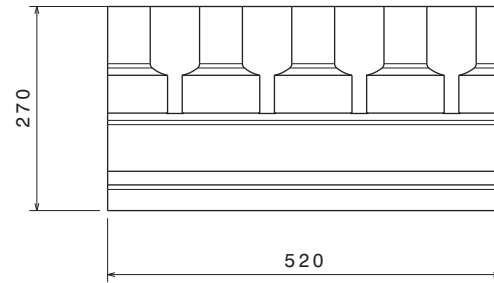
Numero de plano:

010**A4**

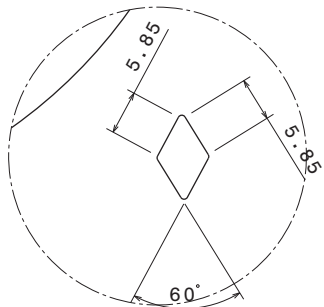
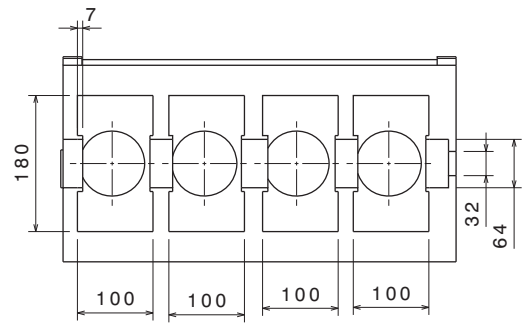
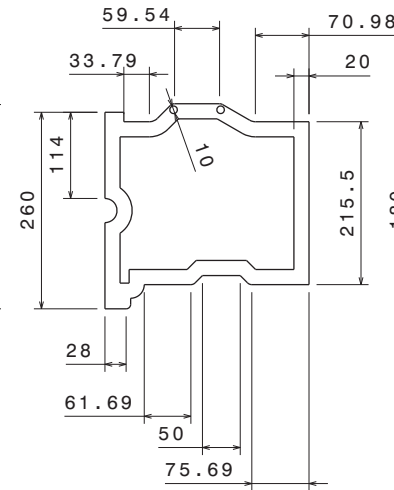
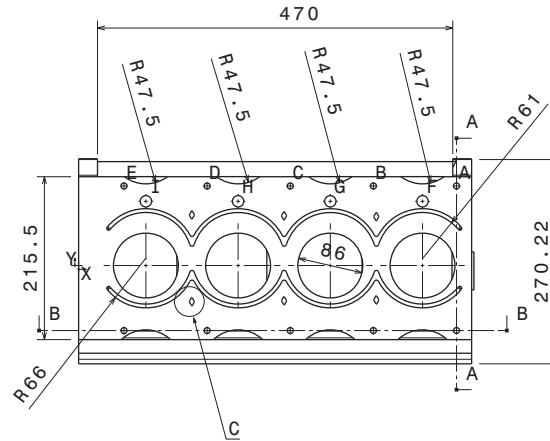
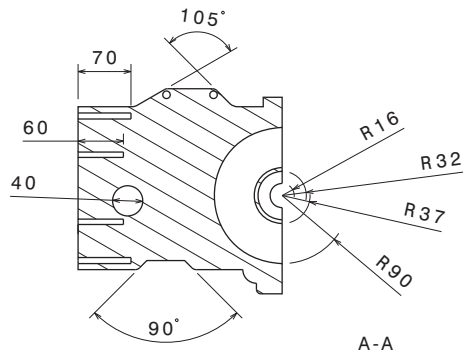
D

A

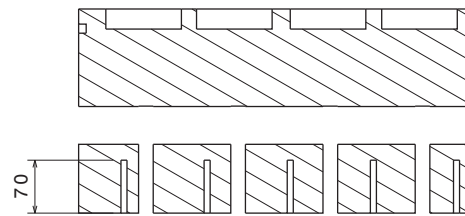
REF.	X	Y	Diameter
A	500	105,25	8
B	390	105,25	8
C	280	105,25	8
D	170	105,25	8
E	60	105,25	8
F	455	85	15
G	333	85	15
H	211	85	15
I	89	85	15



Isometric View



Detail C
2:1



B-B

Diseñado: ÓSCAR SÁNCHEZ ALMAZÁN Fecha 24/06/2021			UNIVERSIDAD DE JAÉN	
Comprobado: CRISTINA MARTÍN DOÑATE Fecha XXX				
		TÍTULO	BLOQUE MOTOR	Hoja 11/11
Escala 1:5	MATERIAL ACERO	Número de plano:	011	A2

7. CONCLUSIÓN

Mediante este proyecto hemos podido ver mediante software avanzado por ordenador como se puede simplificar a la misma vez que parametrizar el diseño de un componente complejo, en este caso un motor Diésel.

Para ello se ha podido partir de unos datos generales típicos de nuestro motor y partiendo de esta base poder calcular los parámetros geométricos de nuestro motor.

Para ello mediante el uso de operaciones de comandos simples como extrusión y revolución hemos podido ir diseñando cada una de nuestras piezas. En este tipo de diseño cada modificación o nueva idea se puede actualizar lo que permite la fácil comprobación y unión entre piezas.

8. BIBLIOGRAFÍA

[1] Palomar J, Cruz F (2017) *Máquinas y motores térmicos* Editorial Universidad de Jaén

[2] Muñoz M, Payri F. *Motores de Combustión Interna Alternativos*. Servicio Publicaciones E.T.S. Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica Madrid, 1994. Cap. 1: Características Fundamentales de los MCIA (pp. 3-25)

[3] M. Muñoz Domínguez y A. J. Rovira de Antonio, *Máquinas térmicas*, UNED, 2014

[4] J. B. Heywood, *Internal combustion engine fundamentals*, McGraw-Hill, 1988.

[5] J.A. Álvarez Flórez y I. Callejón Agramunt, *Máquinas motoras térmicas*, UPC, 2002

[6] Fernández Diego, S. Pérez Remesal y C. Renedo Estébanez, “*Termodinámica y Máquinas térmicas. Universidad de Cantabria.*” Recuperado de:

<https://personales.unican.es/reneoc/Trasperecias%20WEB/Trasp%20AMT/Otros%20Motores%20T%C3%A9rmicos.pdf>

[7] De Motor, “*Diferencias entre el ciclo real y teórico.*” Recuperado de: <https://demotor.net/motores-termicos/motor-diesel/diferencia-ciclo-diesel-real-y-teorico>

[8] Wiki, “*Máquinas térmicas.*” Recuperado de: [http://laplace.us.es/wiki/index.php/M%C3%A1quinas_t%C3%A9rmicas_\(GIE\)](http://laplace.us.es/wiki/index.php/M%C3%A1quinas_t%C3%A9rmicas_(GIE))

[9] De motor, “*Motor de combustión interna.*” Recuperado de: <https://demotor.net/motores-termicos#motor-de-combustion-interna>

[10] Motor.es , “*El motor Diésel. Funcionamiento y aplicaciones*” Recuperado de: <https://www.motor.es/que-es/motor-diesel>

[11] Rolando Vives Carreño, “*Motores Diésel*”, Present5. Recuperado de: <https://present5.com/motores-diesel-rolando-vives-carreno-definicion-el-motordieselesunmotortermicodecombustioninternaenelcualelenco/>

[12] Ingemecánica, “*La potencia y el Par motor, estudio de la cadena cinemática, estabilidad de los vehículos*” , Recuperado de; <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn63.html>

[13] Averiasresueltas.com “*La distribución de variable y la sincronización de los tiempos del motor*” Recuperado de: https://www.infotaller.tv/blogs/indave/distribucion-variable-sincronizacion-tiempos-motor_7_1029867004.html