



universidad
de león



Escuela de Ingenierías

Industrial, Informática y Aeroespacial

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Fin de Grado

**EMPLAZAMIENTO DE NAVE DEDICADA A LA
FABRICACIÓN DE PIEZAS PARA MOTORES ELÉCTRICOS Y
DESARROLLO DE SU PROCESO CONSTRUCTIVO**

**SITE OF A BUILDING DEDICATED TO THE
MANUFACTURE OF COMPONENTS FOR ELECTRIC
MOTORS AND DEVELOPMENT OF ITS CONSTRUCTION**

Autor: Alberto Viñambres Castro
Tutor: Javier Díez González
Cotutor: Alberto Martínez Gutiérrez

(julio, 2022)

UNIVERSIDAD DE LEÓN
Escuela de Ingenierías Industrial, Informática y
Aeroespacial

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA
Trabajo de Fin de Grado

ALUMNO: Alberto Viñambres Castro

TUTOR: Javier Díez González

COTUTOR: Alberto Martínez Gutiérrez

TÍTULO: Emplazamiento de nave dedicada a la fabricación de componentes para motores eléctricos y desarrollo de su proceso constructivo

TITLE: Site of a building dedicated to the manufacture of components for electric motors and development of its construction process

CONVOCATORIA: julio, 2022

RESUMEN:

En el presente documento se presentará el proceso de fabricación de todas las piezas que componen un motor eléctrico de bicicleta y su montaje, así como la elección del posicionamiento las máquinas sobre la nave industrial para una correcta consecución de las fases de construcción de dichas piezas y la selección del personal necesario para operar en las máquinas de las que se disponen.

ABSTRACT:

This document will present the manufacturing process of all the parts that make up an electric bicycle motor and their assembly, as well as the choice of the positioning of the machines in the industrial building for the correct completion of the construction phases of these parts and the selection of the personnel necessary to operate the machines available.

Palabras clave: Motor, bicicleta, proceso.

Firma del alumno:

VºBº Tutor/es:

Resumen

Como se ha observado en los últimos años debido a la gran amenaza que supone el cambio climático la bicicleta se ha alzado como un medio de transporte ecológico pues la fuerza motriz es ejercida por el conductor mediante el pedaleo sin la intervención de un motor de combustión. Pues bien, cada vez se hace más normal el uso de motores eléctricos para este método de transporte como una ayuda al pedaleo y que ofrezca una mayor adaptación a que la bicicleta sea un medio de transporte más cómodo y eficaz.

En este documento se describirá la fabricación de las piezas internas de uno de los tipos de estos motores eléctricos, más concretamente de corriente continua. Se hablará de su proceso productivo, es decir, la secuencia de procesos que se llevarán a cabo para concluir cada una de las piezas internas que lo forman, este proceso productivo irá acompañado de un estudio de todos los tiempos que lo forman con el fin de conocer la capacidad de producción que se puede conseguir, es decir, el número de piezas que se pueden obtener en un año con las máquinas y recursos que se plantean. También se atenderá a la disposición de las máquinas disponibles empleadas sobre la nave industrial preparada para tal fin, de modo que todos los procesos se puedan ejecutar con el número mínimo de recursos para obtener un producto de gran calidad con un precio reducido y competitivo en el mercado actual y, finalmente, se describirá el montaje del motor y se podrá ofrecer un precio final estimado.

Abstract

As has been observed in recent years due to the great threat posed by climate change, the bicycle has emerged as an environmentally friendly means of transport because the driving force is exerted by the driver through pedaling without the intervention of a combustion engine. Well, it is becoming more and more common to use electric motors for this method of transport as an aid to pedaling and offering a greater adaptation to make the bicycle a more comfortable and efficient means of transport.

This paper will describe the manufacture of the internal parts of one of the types of these electric motors, more specifically of direct current. It will talk about its production process, that is to say, the sequence of processes that will be carried out to conclude each of the internal parts that form it, this production process will be accompanied by a study of all the times that form it in order to know the production capacity that can be achieved, that is to say, the number of parts that can be obtained in a year with the machines and resources that are raised. The layout of the available machines used on the industrial building prepared for this purpose will also be considered, so that all the processes can be carried out with the minimum number of resources to obtain a high quality product with a reduced and competitive price in the current market and, finally, the assembly of the engine will be described and an estimated final price can be offered.

Índice del contenido

1.	Introducción.....	1
1.1.	Contexto del proyecto	1
1.2.	Objetivos	1
1.3.	Programas y herramientas de diseño empleadas	3
2.	Contexto histórico.....	4
2.1.	Historia de la bicicleta	4
2.2.	Historia del motor eléctrico de corriente continua	8
3.	Introducción a los motores de corriente continua o CC	13
3.1.	Funcionamiento de los motores CC.....	13
3.2.	Tipos de motores de CC	14
3.2.1.	Motor en serie	14
3.2.2.	Motor Shunt o en derivación.....	15
3.2.3.	Motores compound o compuestos	16
3.2.4.	Motor sin escobillas o motor brushless.....	16
4.	Introducción al proyecto	18
4.1.	Situación	18
4.2.	Ubicación y emplazamiento	18
4.3.	Elección del tipo de motor	21
4.3.1.	Motores mid-drive.....	21
4.3.2.	Motores hub.....	23
4.4.	Descripción del producto	26
4.4.1.	Material empleado	26

4.4.2. Maquinaria	27
4.4.3. Utillajes	27
4.4.4. Proceso productivo	28
4.5. Plantilla	83
4.6. Disposición en planta de la maquinaria.....	83
4.7. Tiempos de acción	84
4.7.1. Diagramas de proceso	84
4.7.2. Transcurso normal de un día de trabajo.....	88
4.8. Costes.....	91
4.8.1. Amortización de maquinaria	91
4.8.2. Salarios	94
4.8.3. Mano de obra	95
4.8.4. Costes indirectos.....	97
4.8.5. Coste de herramienta	98
4.8.6. Coste del utillaje.....	102
4.8.7. Coste del material	104
4.8.8. Coste por pieza.....	107
4.9. Montaje.....	108
5. Análisis de fallo	118
6. Conclusiones	121
7. Referencias.....	122
8. Anexos.....	128
9. Anexo 1: Planos.....	129
10. Anexo 2: Diagrama de tiempos	131

Índice de figuras

Figura 2.1 Diseño de bicicleta de Karl Freiherr Von Drais (Fuente: [1])	4
Figura 2.2 Diseño de bicicleta de Kirkpatrick Macmillan Fuente: [2])	5
Figura 2.3 Diseño de bicicleta de Pierre Michaux (Fuente: [2])	6
Figura 2.4 Diseño de bicicleta de James Starley (Fuente: [3]).....	7
Figura 2.5 Diseño de bicicleta de John Kemp Starley (Fuente: [4]).....	8
Figura 2.6 Demostración de la interacción electromagnética de Faraday (Fuente:[6]).....	9
Figura 2.7 Diseño de motor de Ányos Jedlik (Fuente: [7]).....	10
Figura 2.8 Diseño de motor de William Sturgeon (Fuente: [7])	10
Figura 2.9 Patente de primer motor de bicicleta de Osseas W. Libbey (Fuente: [8])	
11	
Figura 2.10 Diseño de la primera bicicleta eléctrica (Fuente: [9]).....	12
Figura 3.1 Esquema de motor de corriente continua (Fuente: [10])	14
Figura 3.2 Esquema de motor serie CC (Fuente: [11])	15
Figura 3.3 Esquema de motor Shunt CC (Fuente: [12])	15
Figura 3.4 Esquemas de motor compound CC (Fuente: [13]).....	16
Figura 3.5 Esquema de motor Brushless CC (Fuente: [17])	17
Figura 4.1 Vista satélite de la parcela elegida (Fuente: Sede Electrónica del catastro)	18
Figura 4.2 Vista satélite del P.I. de Cabañas Raras (Fuente: Maps)	19
Figura 4.3 Vista de Maps de la distancia a Ponferrada (Fuente: Maps)	20
Figura 4.4 Vista de la Sede del Catastro de la parcela (Fuente: Sede Electrónica del Catastro).....	21
Figura 4.5 Vista de motor mid-drive acoplado (Fuente: [20]).....	22

Figura 4.6 Vista en detalle del mitigador (Fuente: Google images).....	23
Figura 4.7 Vista de motor hub acoplado (Fuente: Google Images)	23
Figura 4.8 Vista en detalle de motor direct-drive (Fuente: [23]).....	24
Figura 4.9 Vista en detalle de motor geared hub (Fuente: [24])	25
Figura 4.10 Explosionado del motor (Fuente: elaboración propia)	26
Figura 4.11 Tocho de barra (Fuente: elaboración propia)	29
Figura 4.12 Base de engranajes planetarios (Fuente: elaboración propia)....	30
Figura 4.13 Vista en detalle del taladrado de la base (Fuente: elaboración propia)	30
Figura 4.14 Vista en detalle del taladrado central de la base (Fuente: elaboración propia).....	31
Figura 4.15 Vista en detalle del MANDRINADO_DESBASTE_1 de la base (Fuente: elaboración propia).....	32
Figura 4.16 Vista en detalle del MANDRINADO_DESBASTE_2 de la base (Fuente: elaboración propia).....	33
Figura 4.17 Vista en detalle del RANURADO_DESBASTE de la base (Fuente: elaboración propia).....	33
Figura 4.18 Vista en detalle del CILINDRADO_DESBASTE de la base (Fuente: elaboración propia).....	34
Figura 4.19 Vista en detalle del TALADRADO_DESBASTE del engranaje (Fuente: elaboración propia).....	39
Figura 4.20 Vista en detalle del ACABADO del engranaje (Fuente: elaboración propia).....	40
Figura 4.21 Vista en detalle del TALLADO_ACABADO del engranaje (Fuente: elaboración propia).....	41
Figura 4.22 Vista en detalle del TALADRADO_ 1 de la tapa (Fuente: elaboración propia).....	45
Figura 4.23 Vista en detalle del TALADRADO_ 2 de la tapa (Fuente: elaboración propia).....	46

Figura 4.24 Vista en detalle del TALADRADO_ 3 de la tapa (Fuente: elaboración propia).....	46
Figura 4.25 Vista en detalle del MANDRINADO_DESBASTE de la tapa (Fuente: elaboración propia).....	47
Figura 4.26 Vista en detalle del ACABADO de la tapa (Fuente: elaboración propia)	48
Figura 4.27 Vista en detalle del TALADRADO del piñón (Fuente: elaboración propia)	52
Figura 4.28 Vista en detalle del ESCARIADO_ACABADO del piñón (Fuente: elaboración propia).....	53
Figura 4.29 Vista en detalle del CILINDRADO_DESBASTE_1 del piñón (Fuente: elaboración propia).....	53
Figura 4.30 Vista en detalle del ACABADO del piñón (Fuente: elaboración propia)	54
Figura 4.31 Vista en detalle del TALADRADO del piñón (Fuente: elaboración propia)	55
Figura 4.32 Vista en detalle del AVELLANADO del piñón (Fuente: elaboración propia).....	56
Figura 4.33 Vista en detalle del TALLADO_ACABADO del piñón (Fuente: elaboración propia).....	57
Figura 4.34 Vista en detalle del TALADRADO del chavetero de la base (Fuente: elaboración propia).....	62
Figura 4.35 Vista en detalle del RANURADO del chavetero de la base (Fuente: elaboración propia).....	63
Figura 4.36 Vista en detalle del CHAFLANADO del chavetero de la base (Fuente: elaboración propia).....	64
Figura 4.37 Vista en detalle del ACABADO del chavetero de la base (Fuente: elaboración propia).....	64

Figura 4.38 Vista en detalle del CILINDRADO_DESBASTE_1 del eje (Fuente: elaboración propia).....	68
Figura 4.39 Vista en detalle del CILINDRADO_DESBASTE_2 del eje (Fuente: elaboración propia).....	69
Figura 4.40 Vista en detalle del CILINDRADO_ACABADO_3 del eje (Fuente: elaboración propia).....	69
Figura 4.41 Vista en detalle del RANURADO_ACABADO_1 del eje (Fuente: elaboración propia).....	70
Figura 4.42 Vista en detalle del RANURADO_ACABADO_2 del eje (Fuente: elaboración propia).....	70
Figura 4.43 Vista en detalle del TALADRADO_1 del eje (Fuente: elaboración propia)	71
Figura 4.44 Vista en detalle del TALADRADO_2 del eje (Fuente: elaboración propia)	71
Figura 4.45 Vista en detalle del RANURADO del eje (Fuente: elaboración propia)	72
Figura 4.46 Vista en detalle del ESCARIADO_ACABADO de la cremallera (Fuente: Elaboración propia).....	77
Figura 4.47 Vista en detalle del REFRENTADO_ACABADO_2 de la cremallera (Fuente: Elaboración propia).....	78
Figura 4.48 Vista en detalle del CILINDRADO_ACABADO de la cremallera (Fuente: Elaboración propia).....	78
	84
Figura 4.49 Disposición 1 (Fuente: elaboración propia).....	84
Figura 4.50 Diagrama de proceso de base de engranajes planetarios (Fuente: Elaboración propia).....	85
Figura 4.51 Diagrama de proceso de engranaje (Fuente: Elaboración propia)	85
Figura 4.52 Diagrama de proceso de tapa de base (Fuente: Elaboración propia)	86

Figura 4.53 Diagrama de proceso de chavetero de la base (Fuente: Elaboración propia).....	86
Figura 4.54 Diagrama de proceso de piñón (Fuente: Elaboración propia).....	87
Figura 4.55 Diagrama de proceso de eje (Fuente: Elaboración propia).....	87
Figura 4.56 Diagrama de proceso de cremallera (Fuente: Elaboración propia)	88
Figura 4.57 Fragmento de diagrama de Gantt del proceso diario (Fuente: Elaboración propia).....	89
Figura 4.58 Mordaza de precisión (Fuente: [45]).....	103
Figura 4.58 Plato de garras (Fuente: [46])	103
Figura 4.60 Mordaza (Fuente: [47])	104
Figura 4.61 Tochos de acero (Fuente: Google Images)	105
Figura 4.62 Montaje del conjunto rotor-estator en el eje (Fuente: elaboración propia).....	109
Figura 4.63 Montaje del piñón (Fuente: elaboración propia)	110
Figura 4.64 Montaje de la chaveta sobre el eje (Fuente: elaboración propia)	110
Figura 4.65 Vista del conjunto de engranajes planetarios (Fuente: elaboración propia).....	111
Figura 4.66 Montaje de la cremallera en el interior de la carcasa (Fuente: elaboración propia).....	112
Figura 4.67 Colocación del chavetero de la basa en la base de engranajes planetarios (Fuente: elaboración propia)	113
Figura 4.68 Colocación del taco de leva y el resorte en el interior de la base (Fuente: elaboración propia)	113
Figura 4.69 Montaje de las tapas sobre la base de engranajes planetarios (Fuente: elaboración propia).....	114
Figura 4.70 Colocación de los engranajes sobre los pernos (Fuente: elaboración propia).....	115
Figura 4.71 Vista del conjunto abierto (Fuente: elaboración propia).....	116

Figura 4.72 Conjunto de engranajes planetarios-cremallera (Fuente: elaboración propia).....	116
Figura 4.73 Vista del conjunto cerrado (Fuente: elaboración propia)	117

Índice de tablas y ecuaciones

Tabla 4.1 Tabla de máquinas	27
Tabla 4.2 Tabla de utillajes	28
Tabla 4.3 Tabla de proceso de la base de engranajes planetarios	37
Tabla 4.4 Tabla de tiempos de la base de engranajes planetarios	37
Tabla 4.5 Tabla de proceso de engranajes.....	43
Tabla 4.6 Tabla de tiempos de engranajes	44
Tabla 4.7 Tabla de proceso de las tapas de la base	50
Tabla 4.8 Tabla de tiempos de las tapas de la base	51
Tabla 4.9 Tabla de procesos del piñón	60
Tabla 4.10 Tabla de tiempos del piñón.....	60
Tabla 4.11 Tabla de proceso del chavetero de la base	66
Tabla 4.12 Tabla de tiempos de chavetero de la base	67
Tabla 4.13 Tabla de proceso del eje.....	75
Tabla 4.14 Tabla de tiempos del eje	76
Tabla 4.15 Tabla de proceso de la cremallera	81
Tabla 4.16 Tabla de tiempos de la cremallera	82
Tabla 4.17 Tabla de empleados	83
Tabla 4.18 Asignación de operarios a cada máquina	90
Tabla 4.19 Tabla amortizaciones de Agencia Tributaria (Fuente: [40])	92
Tabla 4.20 Tabla de valor del dinero (Fuente: [41])	93
Tabla 4.21 Tabla de salarios (Fuente: [43]).....	95
Tabla 4.22 Tabla de costes de herramientas	101
Tabla 4.23 Tabla de barras de acero.....	106

Tabla 4.24 Tabla de tiempos de torneado	118
Tabla 4.25 Tabla de tiempos de fresado	119

1. Introducción

1.1. Contexto del proyecto

Se describe aquí la situación de una empresa que, por motivación de espacio, trasladará su lugar de trabajo desde la localidad de Columbrianos en Ponferrada a otra zona y, para adecuarse a la situación actual y la gran demanda ecológica, comenzará a producir motores eléctricos para bicicleta.

Este documento explicará cada uno de los procesos productivos por los que se hará pasar a una serie de tochos de metal que, sometidos a los mencionados procesos, se tornarán en cada una de las piezas internas necesarias para el funcionamiento de los motores eléctricos que irá acoplados en la rueda trasera o delantera de bicicletas. Dentro de los pasos productivos se hablará de las herramientas empleadas en cada fase y su función.

La motivación principal de este proyecto es la adaptación a las energías más limpias por parte de la industria y la descripción de la planificación de los procesos a seguir para llegar a construir estos productos. Todas las piezas han sido diseñadas mediante el programa de diseño CATIA, que nos da una visión de las piezas acabadas y como irían ensambladas.

1.2. Objetivos

Los objetivos que se quieren alcanzar con este trabajo son los siguientes:

- Conseguir un emplazamiento óptimo para la nueva nave industrial de la empresa que encarga el proyecto.
 - Espacio suficiente.
 - Proximidad con los proveedores.

- Asegurar la llegada de materia prima, así como de componentes necesarios para la fabricación de los productos.
 - Acceso adecuado a la fábrica.
 - Carreteras, nacionales o autovías próximas a la localización de la nave.
- Ejecutar una buena elección de las máquinas necesarias para la fabricación de los componentes.
 - Comprobar el proceso de mecanizado y elegir la maquinaria necesaria.
 - Contactar con un proveedor de confianza.
 - Conseguir una buena relación calidad-precio.
- Realizar un estudio exhaustivo de la nueva nave industrial para obtener la mejor puesta en planta de las máquinas, consiguiendo así un mayor rendimiento en el proceso de fabricación de los componentes.
 - Estudiar el plano de la nave.
 - Realizar la colocación en planta en función de las necesidades del proceso constructivo.
- Gestionar la mano de obra para que cada puesto esté ocupado por un profesional en ese campo de trabajo y así lograr un mayor rendimiento.
 - Asegurar que cada uno de los trabajadores está en su puesto.
 - Lograr un buen rendimiento de la mano de obra mediante una buena distribución de los profesionales.
- Organizar un proceso constructivo que permita adquirir una gran calidad de producto a la vez que se reducen los costes de producción al mínimo posible.
 - Seleccionar los pasos a seguir para conseguir realizar el trabajo en el menor tiempo posible y con unos costes reducidos.
- Asegurar que se puedan obtener beneficios con el producto final que suplan los costes del proceso de fabricación de los componentes.
 - Realizar un estudio a largo plazo para comprobar la amortización de la maquinaria, mano de obra y materias primas.
 - Conseguir obtener beneficios con el producto final.

1.3. Programas y herramientas de diseño empleadas

Los programas utilizados para facilitar el proyecto, así como para dar una mejor vista 3D y realizar los planos de cada producto acabado son los siguientes:

Para el diseño tridimensional y la visión de las piezas se usará la herramienta gráfica CATIA de Dassault Systems y en cuanto al diseño de los planos de la nave industrial, así como de los artículos producidos, se empleará el programa AUTOCAD de Autodesk.

2. Contexto histórico

2.1. Historia de la bicicleta

Desde la invención de la rueda, allá por el Neolítico, el ser humano siempre ha buscado formas de transporte más complejas y sofisticadas, desde el rudimentario carro, cuya fuerza motriz era realizada por animales de tiro hasta los sofisticados automóviles propulsados por motores eléctricos e híbridos de la actualidad. En medio de todo este avance y desarrollo tecnológico, se produce la invención de uno de los vehículos más usados en la actualidad como es la bicicleta hacia el año 1817 y que supuso una revolución en el medio de transporte convencional. Éste hito se le atribuye a el alemán Karl Freiherr von Drais, cuyo primer diseño no se asemeja con el que se conoce actualmente.



Figura 2.1 Diseño de bicicleta de Karl Freiherr Von Drais (Fuente: [1])

Ésta primera construcción que era de madera y no tenía pedales fue conocida como Draisiana, su estructura estaba formada por una especie de vehículo de madera sobre dos ruedas con un timón en su parte superior para guiar la dirección del mismo y su funcionamiento se reducía a que el conductor debía impulsarse con la fuerza de sus piernas y dirigir la dirección mediante el timón.

Más tarde, en 1839 el herrero escocés Kirkpatrick Macmillan, basándose en el diseño del bávaro, implementó los pedales.



Figura 2.2 Diseño de bicicleta de Kirkpatrick Macmillan Fuente: [2])

Al aportar estos pedales, el conductor podría impulsar el movimiento de la bicicleta mediante el pedaleo que haría girar la rueda trasera mediante un sistema de varillas metálicas que actuaban a modo de biela-manivela haciendo rotar la rueda con cada pedaleo.

La revolución que hizo historia en el desarrollo de la bicicleta fue consumada en 1861 por el francés Pierre Michaux. Esta actualización consistió en situar los pedales en la rueda delantera lo que mejoró el control de la velocidad y redujo la fuerza de empuje necesaria para desplazarse.



Figura 2.3 Diseño de bicicleta de Pierre Michaux (Fuente: [2])

El mayor problema de este diseño era la poca estabilidad que dificultaba el poder mantener el equilibrio. Este inconveniente fue resuelto en 1879 por el inventor inglés James Starley. Éste aumentó el tamaño de la rueda delantera y redujo la trasera, resultando así pudo resolver gran parte de los problemas de estabilidad.



Figura 2.4 Diseño de bicicleta de James Starley (Fuente: [3])

El modelo más similar al actual aparece en 1885, en el cual se implementaron los frenos, ruedas con llanta y cámara de aire y la característica cadena que se acoplaría a la rueda trasera. Su diseño en cuanto a dimensión garantizó una mayor comodidad al ciclista, además de verse reducido su peso. En ejecutor de este avance en el diseño fue Jhon Kemp Starley.



Figura 2.5 Diseño de bicicleta de John Kemp Starley (Fuente: [4])

Este avance supuso la aparición de un modo de transporte mucho más asequible al alcance de la mayoría además permitió, obtener un vehículo que no requería grandes conocimientos técnicos para hacerlo funcionar y para reparar pequeñas averías. En la actualidad, es un medio de transporte muy bien considerado debido a su fácil acceso al alcance de cualquiera y a su aportación a el cuidado del medio ambiente [5], debido a que no emite ningún tipo de contaminante.

2.2. Historia del motor eléctrico de corriente continua

La historia de los motores de corriente continua comienza en 1821, cuando el científico británico Michael Faraday realiza la primera demostración de la interacción electromagnética con un movimiento rotativo sumergiendo un alambre en mercurio sobre la que colocó un imán. Cuando la corriente atravesaba el alambre, éste giraba alrededor del imán, demostrando así que la corriente induce un campo magnético circular.

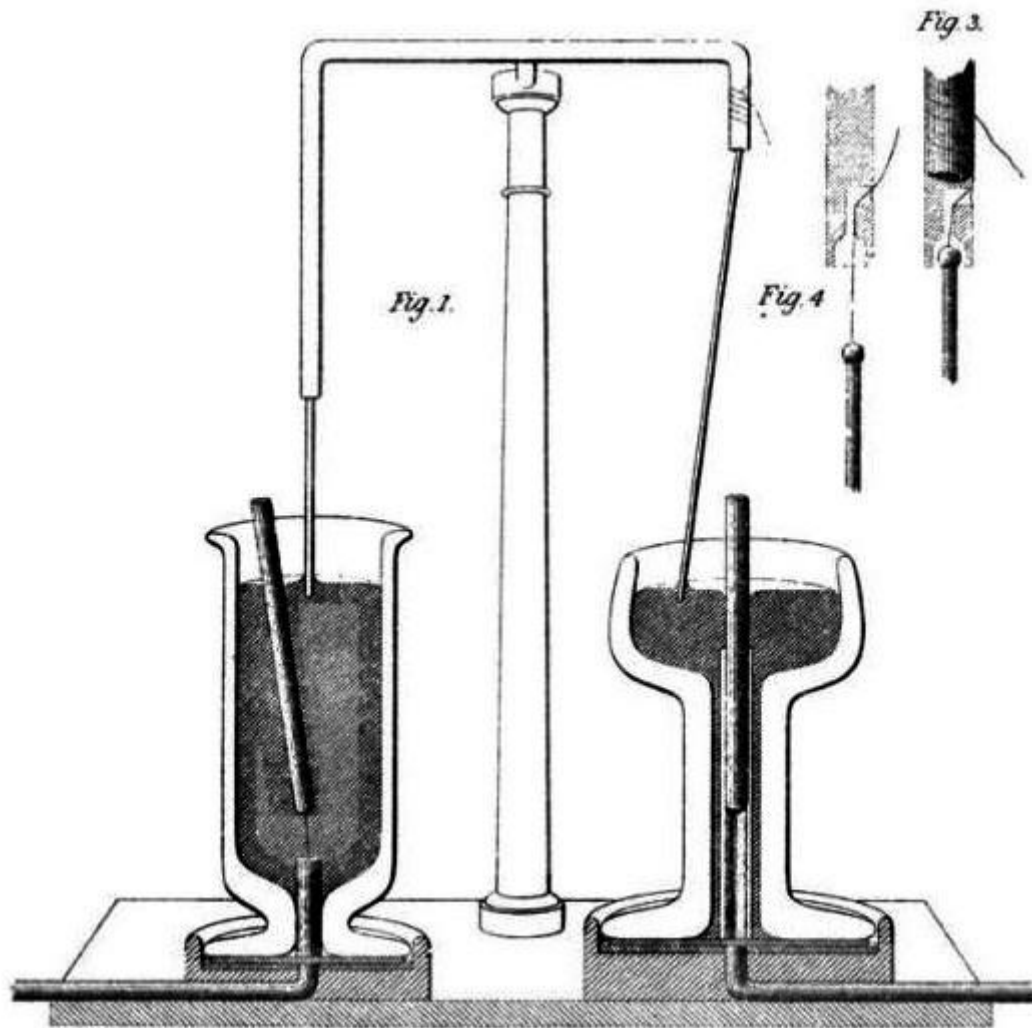


Figura 2.6 Demostración de la interacción electromagnética de Faraday
(Fuente:[6])

A partir de este descubrimiento realizado por Faraday, comienzan a realizarse varios experimentos hasta que, en 1828, el físico húngaro Ányos Jedlik muestra el primer dispositivo en integrar los tres principales componentes de un motor eléctrico de corriente continua: el rotor, el estator y el conmutador.

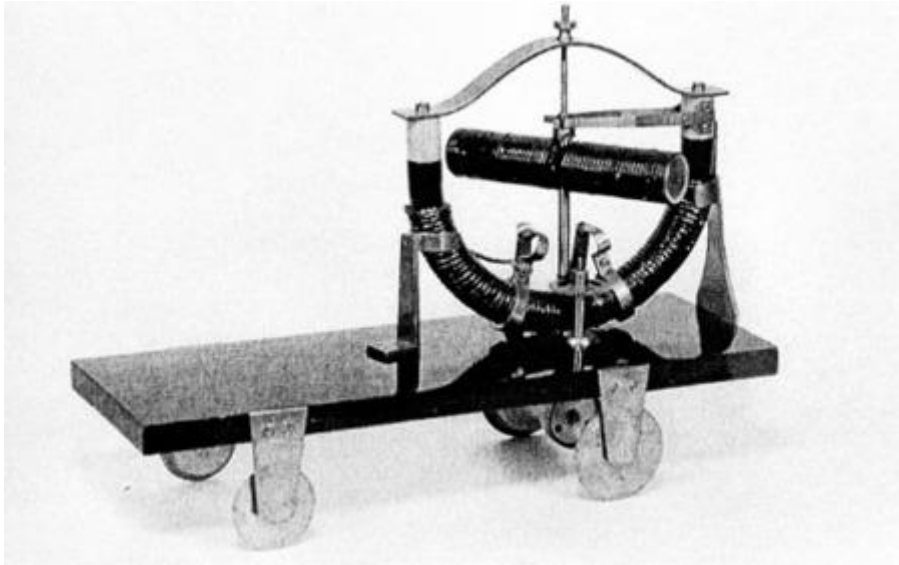


Figura 2.7 Diseño de motor de Ányos Jedlik (Fuente: [7])

Basándose en estos avances, el científico inglés William Sturgeon idea el primer motor de corriente continua capaz de mover maquinaria, sin embargo, debido al alto consumo de energía no tuvo mucho éxito. No fue hasta el año 1886 cuando el estadounidense inventa el primer motor de corriente continua que conseguía devolver la energía a la red. A partir de este avance se desarrollan y comienzan a usarse los tranvías eléctricos y el ascensor eléctrico entre otros dispositivos.

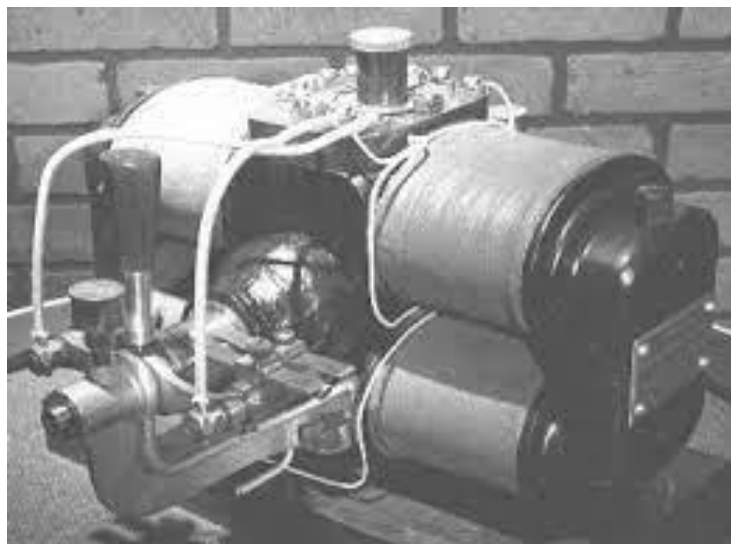


Figura 2.8 Diseño de motor de William Sturgeon (Fuente: [7])

Todo este desarrollo industrial, permite que en 1897 Oseas W. Libbey adecúe estos motores a la bicicleta y, de esta forma, inventa la bicicleta eléctrica. Éste primer vehículo era impulsado por un motor eléctrico doble que estaba colocado en el centro del eje de la misma.

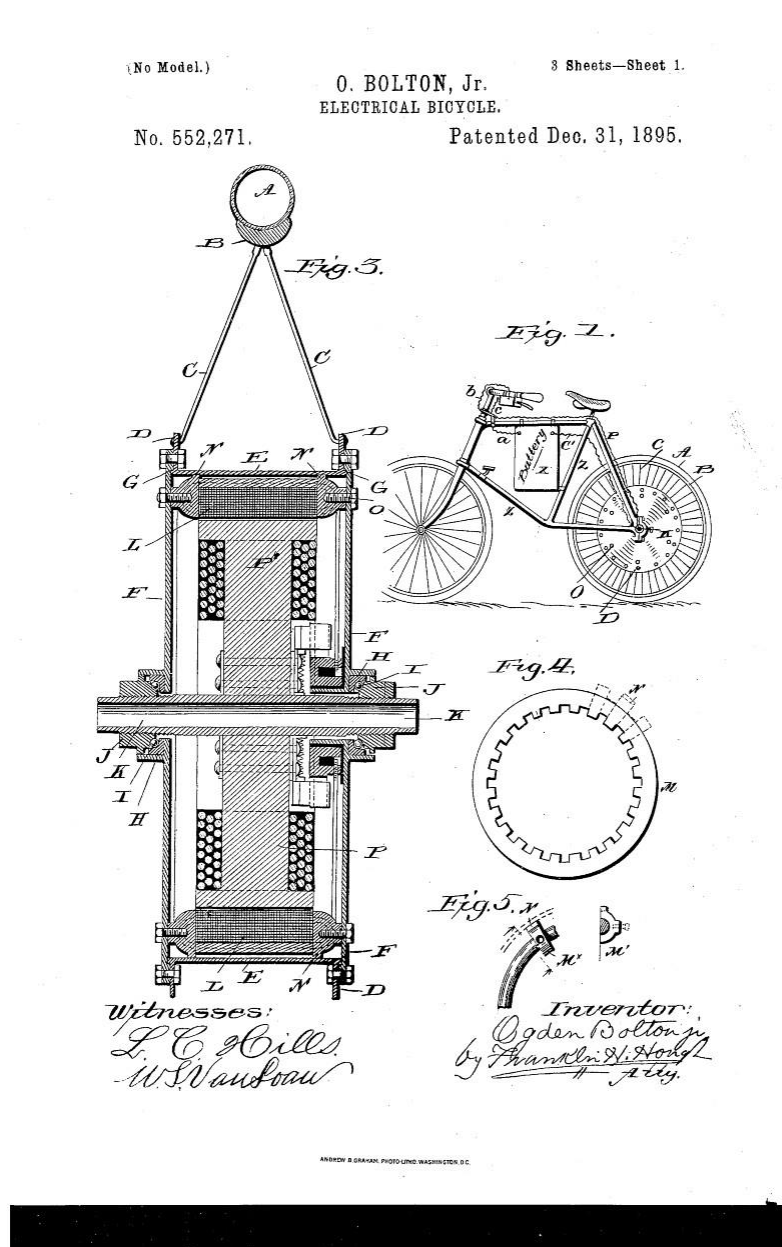


Figura 2.9 Patente de primer motor de bicicleta de Osseas W. Libbey
(Fuente: [8])

No fue hasta 1989 cuando la marca Giant Lafree e-bikes usa este concepto para crear la bicicleta con ayuda al pedaleo por medio de motor eléctrico, que fue la precursora de la actual bicicleta eléctrica que se conoce hoy en día.



Figura 2.10 Diseño de la primera bicicleta eléctrica (Fuente: [9])

Actualmente, debido a la gran preocupación por el medio ambiente y la emisión de agentes contaminantes, ha vuelto a cobrar gran importancia los motores eléctricos sobre los de combustión interna y, sobre todo, el uso de la bicicleta eléctrica. Éste medio de transporte tiene un diseño sencillo, económico y, además, no produce emisiones contaminantes de ningún tipo.

3. Introducción a los motores de corriente continua o CC

3.1. Funcionamiento de los motores CC

La idea principal y más importante del motor eléctrico de corriente continua [10] es transformar la energía eléctrica en energía mecánica. Los motores están formados por dos partes fundamentales: el estator y el rotor.

El estator o inductor es la parte fija del motor y está compuesto por un número par de imanes o “imanes permanentes” que pueden estar o no arrollados por un devanado de cobre, éstos forman los polos (norte y sur). Los imanes generan de forma continua un campo magnético en el entrehierro, que es la separación mínima entre el rotor y el estator.

El rotor o inducido es la parte móvil del motor y la que produce el movimiento del eje. El rotor está formado por una armadura metálica compuesta por varias láminas finas normalmente de acero al silicio. Arrollado a este armazón se encuentra el devanado de cobre, estos devanados arrollados al armazón forman las bobinas del motor. Los extremos de estas bobinas se conectan a los distintos segmentos de un colector o conmutador, llamados delgas que invierten la polaridad y, rozando estas delgas, se encuentran las escobillas que no son más que elementos de grafito o metal (dependiendo de la potencia requerida) que se encargan de conectar la parte fija (estator) a la parte móvil (rotor).

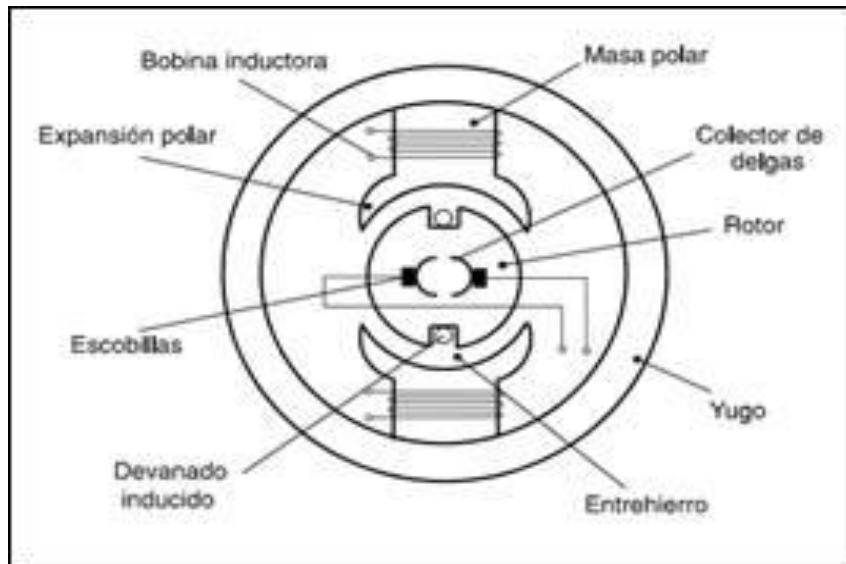


Figura 3.1 Esquema de motor de corriente continua (Fuente: [10])

El funcionamiento normal de un motor de corriente continua es el siguiente:

A través de una fuente de alimentación se induce una corriente eléctrica al colector a través de las escobillas alimentando al rotor a través de su devanado y haciendo que el rotor se comporte como un imán, esto produce un campo magnético. Al interactuar ambos campos magnéticos se genera una repulsión-atracción entre los polos de los imanes del rotor y el estator, produciéndose de esta manera el giro del eje que atraviesa al rotor por su centro.

3.2. Tipos de motores de CC

3.2.1. Motor en serie

Son aquellos en los que los devanados del rotor y el estator están conectados en serie. Tienen un mayor par motor en el arranque, suelen utilizarse en maquinaria muy pesada debido a que en vacío se embala, es decir, consigue alcanzar velocidades muy elevadas a lo largo del tiempo y esto tiene un elevado riesgo.

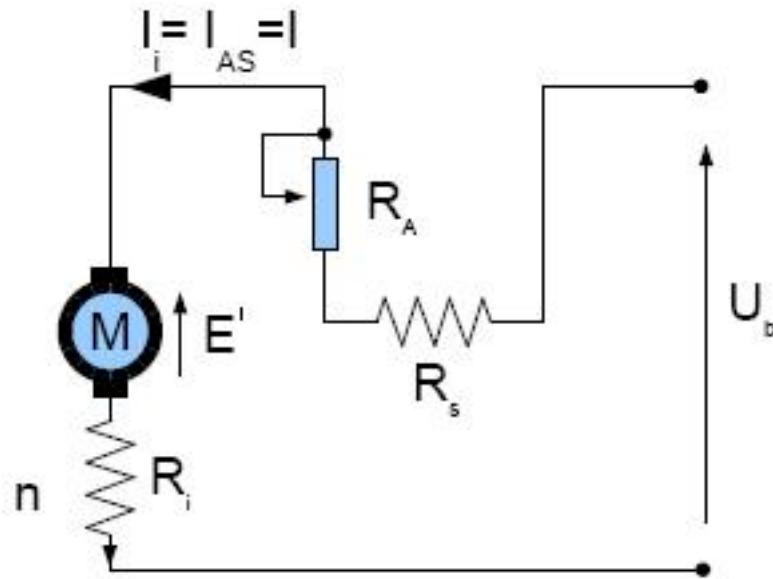


Figura 3.2 Esquema de motor serie CC (Fuente: [11])

3.2.2. Motor Shunt o en derivación

Son aquellos en los que los devanados del rotor y el estator están conectados en paralelo. Estos motores permiten mantener una velocidad prácticamente constante y tienen un par motor considerable. Debido a su capacidad de mantener una velocidad determinada, su espectro de aplicación es muy amplio, desde maquinas industriales como podría ser un torno, hasta electrodomésticos como una aspiradora.

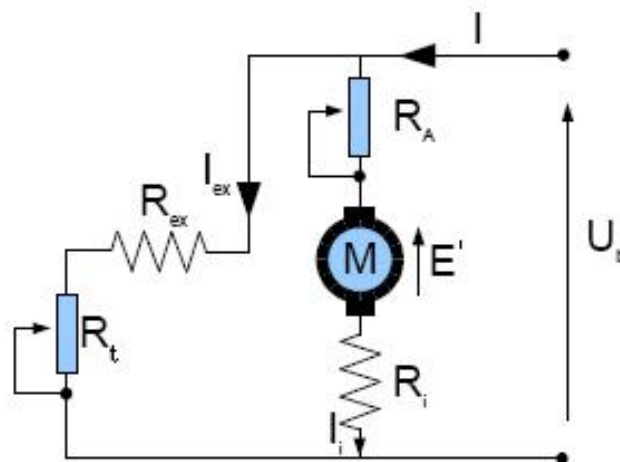


Figura 3.3 Esquema de motor Shunt CC (Fuente: [12])

3.2.3. Motores compound o compuestos

Estos motores reciben el nombre “compuestos” debido a que consta de dos devanados en el rotor y estator, una pareja de ellos se encuentra conectada en serie y otra en paralelo. Este tipo de dispositivos tiene la ventaja de los dos tipos de motores anteriores, tiene un gran par de arranque debido a su conexión en serie sin que se produzca su embalamiento debido a su conexión en paralelo. Se utiliza sobre todo en situaciones en las que interesa mantener una velocidad constante, pero se desea mover una carga que un motor en derivación no podría mover inicialmente.

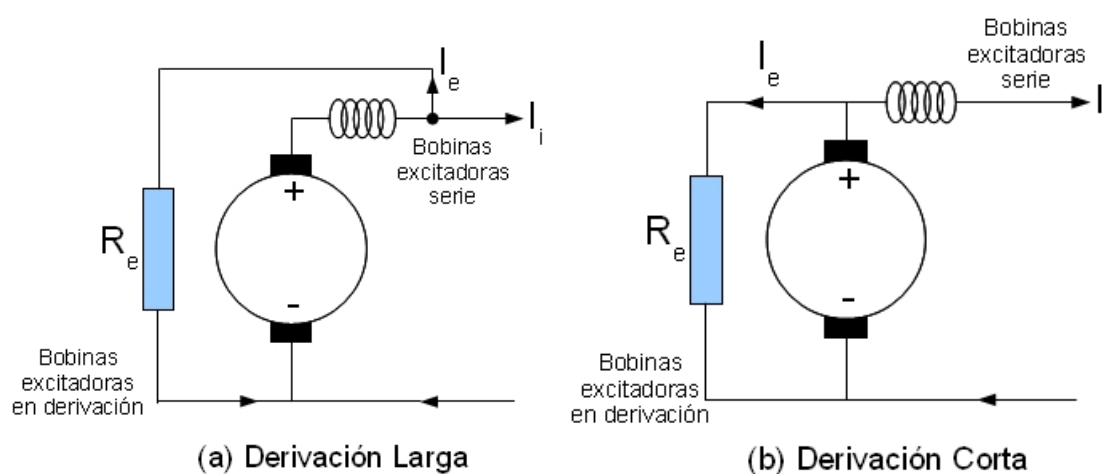


Figura 3.4 Esquemas de motor compound CC (Fuente: [13])

Los tipos de motor vistos con anterioridad son los más importantes y con mayor uso, sin embargo, es necesario hacer referencia a un tipo de motor que ha ganado gran repercusión en los últimos años, el motor sin escobillas o motor brushless.

3.2.4. Motor sin escobillas o motor brushless

Este tipo de motor [14] sustituye el sistema de escobillas y colector por un sistema de dispositivos electrónicos que realizan la conmutación. En este caso el rotor está formado por imanes permanentes [15], mientras que el estator está formado por electroimanes energizados por un bobinado de cobre.

El estator está formado normalmente por tres bobinas formadas cada una de ellas por dos polos. Estas bobinas son energizadas independientemente por el sistema electrónico [16] gracias a un conjunto de sensores que detectan el movimiento de los imanes del rotor, de tal forma que cuando el imán del rotor deja atrás una bobina, los sensores lo captan y envían una señal a el sistema eléctrico que energiza la siguiente bobina para que se produzca un efecto continuo de atracción-repulsión; propiciando así el giro continuo del rotor.

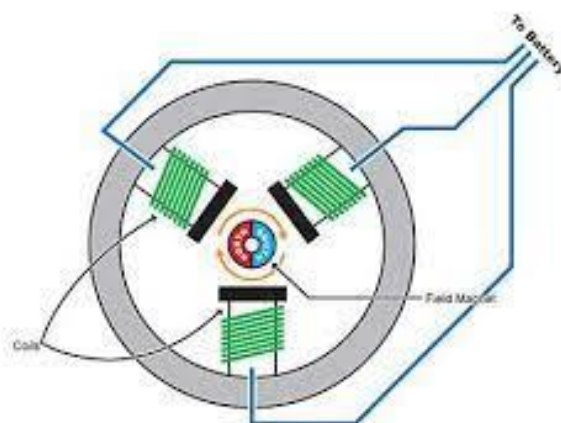


Figura 3.5 Esquema de motor Brushless CC (Fuente: [17])

4. Introducción al proyecto

4.1. Situación

En este apartado se detallará la ubicación de la nueva nave de la empresa situada en la localidad de Columbianos del municipio Ponferrada, provincia de León para comenzar a desarrollar otro tipo de negocio. El trabajo escogido por la compañía será la fabricación de componentes internos de motores eléctricos que posteriormente serán montados y se usarán para la propulsión y ayuda al pedaleo de bicicletas. Para la fabricación de éstos será necesaria la utilización de máquinas y utillajes necesarios para su proceso constructivo, así como la contratación de personal para la mano de obra. Estas máquinas serán colocadas de tal forma que se obtenga un desarrollo óptimo de los componentes y en el menor tiempo posible.

4.2. Ubicación y emplazamiento



Figura 4.1 Vista satelital de la parcela elegida (Fuente: Sede Electrónica del catastro)

La ubicación [18] dónde se desarrollará el trabajo será el Polígono Industrial de Cabañas Raras que se halla en la localidad del mismo nombre perteneciente a la Comarca del Bierzo en la provincia de León.



Figura 4.2 Vista satélite del P.I. de Cabañas Raras (Fuente: Maps)

Esta nueva ubicación tiene amplias posibilidades ya que se encuentra muy próxima, apenas 9 Km, a la capital de comarca, Ponferrada. Al encontrarse tan cerca de Ponferrada, cuenta con buen acceso por carretera y buena comunicación, así como en contacto cercano con varios proveedores de material industrial y locales que proporcionarán la materia prima necesaria para confeccionar las piezas requeridas.

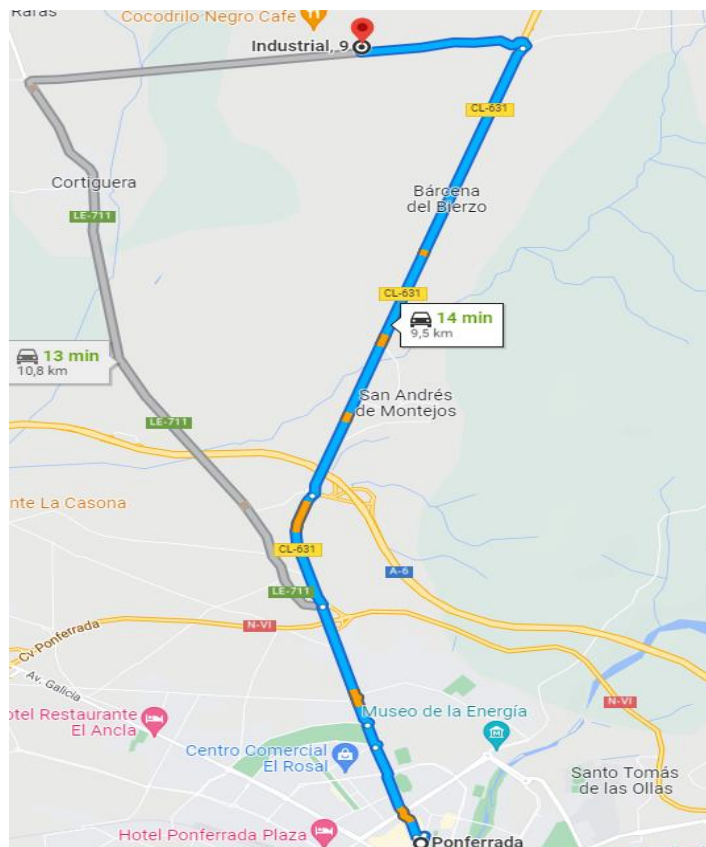
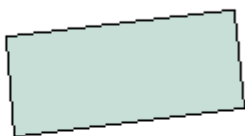


Figura 4.3 Vista de Maps de la distancia a Ponferrada (Fuente: Maps)


El emplazamiento de la nave tiene una dimension de 2595 m², la cual tiene una dimension de 908,95 m². Dentro de esta nave se puede encontrar dos baños, una zona de recepción, dos almacenes y el propio taller cuyo espacio ha de aprovecharse al máximo para optimizar el proceso de fabricación. En la planta superior se encuentra un descansillo y un despacho.

PARCELA CATASTRAL 6614802PH9261S

Croquis




Fotografía fachada



FOTOGRAFÍA NO DISPONIBLE

CL POLIGONO I-P 10
CABAÑAS RARAS (LEÓN)
2.588 m²

Más información de la parcela 





- Parcela en formato Geography Markup Language (GML) 
- Parcela en formato de intercambio de cartografía catastral (FXCC) 
- Parcela y colindantes en FXCC 
- Parcela en formato KML 

Figura 4.4 Vista de la Sede del Catastro de la parcela (Fuente: Sede Electrónica del Catastro)

4.3. Elección del tipo de motor

Entre los tipos de motores eléctricos que se utilizan acoplados en bicicletas se distinguen dos modelos distintos: Los motores de tracción central más conocidos como motores mid-drive y los motores de buje o motores hub.

4.3.1. Motores mid-drive

Estos motores [19] se distinguen del resto visualmente por ir acoplados en el medio del cuadro de la bicicleta. En cuanto al funcionamiento mecánico, este tipo de motor funciona acoplado a la cadena y el pedaleo es imprescindible en éste, por tanto, el principal objetivo de esta máquina es la ayuda al pedaleo.



Figura 4.5 Vista de motor mid-drive acoplado (Fuente: [20])

Las principales ventajas de este conjunto son dos, la primera se encuentra en el reparto de peso, es decir, al estar acoplado el motor en el centro de la bicicleta el centro de gravedad no se descompensa y proporciona un mejor control de la misma, por otro lado, y en una cuestión más personal de cada individuo, su otra ventaja reside en que la sensación de conducción es más natural, puesto que este mecanismo proporciona una simple ayuda al pedaleo sin actuar por sí mismo sobre la rueda.

En cuanto a las desventajas, la más notable es el precio. Este tipo de acoplamiento requiere una forma de motor específico lo cual significa que también requiere un soporte específico, por ello no cualquier bicicleta es compatible. Otro problema a tener en cuenta es el estrés ejercido sobre la cadena la cual no está diseñada para aguantar el torque adicional que genera la fuerza del motor y propicia su temprano desgaste. Este inconveniente se puede mitigar acoplado una rueda dentada más en el soporte, sin embargo, esto significaría un aumento considerable del precio.



Figura 4.6 Vista en detalle del mitigador (Fuente: Google images)

4.3.2. Motores hub



Figura 4.7 Vista de motor hub acoplado (Fuente: Google Images)

Este conjunto de motores se caracteriza principalmente por ir acoplados en una de las dos ruedas y su funcionamiento se basa en un motor brushless que actúa sobre la rueda a la que se encuentra acoplado haciéndola rotar sin necesidad de ejercer un pedaleo.

Dentro de este conjunto se pueden encontrar dos subtipos: El motor de tracción directa o direct-hub [21] y el motor de engranajes o geared hub [22].

El primer subtipo de dispositivo se utiliza para construcciones que requieran una potencia de alrededor de unos 1000 W de potencia o más. Consta de un rotor donde irán los imanes permanentes y un estator, sujetado sobre el eje, donde se concentrarán las bobinas.

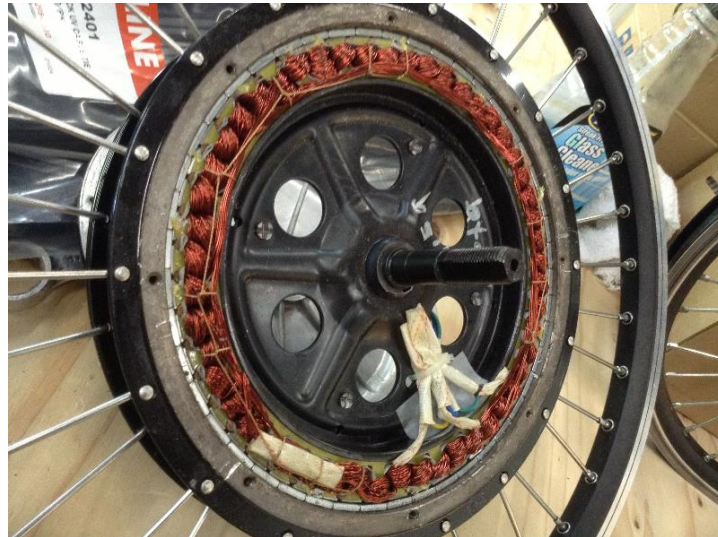


Figura 4.8 Vista en detalle de motor direct-drive (Fuente: [23])

Su principal ventaja es la gran velocidad punta que es capaz de alcanzar y su relación potencia-peso debido a que no contiene ningún tipo de mecanismo mecánico a parte de los cojinetes y el eje.

El segundo subtipo tiene su aplicación en motores de una potencia menor de entre 250 W y 1000 W. Está formado por un motor brushless que acciona un sistema de engranajes planetarios que actúan de reductor y propician el movimiento de la rueda.



Figura 4.9 Vista en detalle de motor geared hub (Fuente: [24])

La principal ventaja de los mecanismos de engranajes es que generan un gran par motor permitiendo salvar relieves difíciles y un arranque más liviano. Sin embargo, este sistema de engranajes supone también un mayor mantenimiento debido su desgaste.

En definitiva y vistas sus características, el motor elegido en este proyecto será del tipo hub, más concretamente del subtipo geared hub. La elección de un motor tipo hub sobre uno mid-drive se debe principalmente al coste, ya que utilizar un mid-drive supondría, no solo un motor mucho más caro que necesita un fabricante especializado, sino que lo más probable es que se requiera utilizar un tipo de bicicleta específico.

En cuanto a la elección del subtipo se debe a dos razones: Una es la adaptación que gana la bicicleta utilizando un motor de engranajes ya que ninguna ruta elegida supondría un gran problema debido al par de arranque que ofrece esta opción, otra motivación es que en España según la legislación vigente [25] ninguna bicicleta motorizada puede superar los 250 W de potencia instalados, por tanto, quedaría descartado el uso de un subtipo direct-drive.

4.4. Descripción del producto

4.4.1. Material empleado

Las piezas a realizar por esta fábrica por cada motor serán: Una base de embrague, un chavetero, dos tapas de embrague, tres engranajes, un piñón, una cremallera y un eje. Todos estos componentes estarán fabricados con el mismo material y partirán de barras de metal de dos tamaños diferentes una de diámetro 115 mm y otra de diámetro 45 mm. El material escogido será acero 1040 [26], [27], éste es un acero al medio carbono de gran resistencia mecánica y que es fácil de trabajar en frío.

La tornillería, los cojinetes [28] y la parte eléctrica serán comprados a los proveedores cercanos y, en cuanto a las carcasas de aluminio, serán pedidas por el vendedor de bicicletas a otro centro especializado en moldes y, una vez lleguen las piezas fabricadas por esta compañía, se procederá a su montaje.

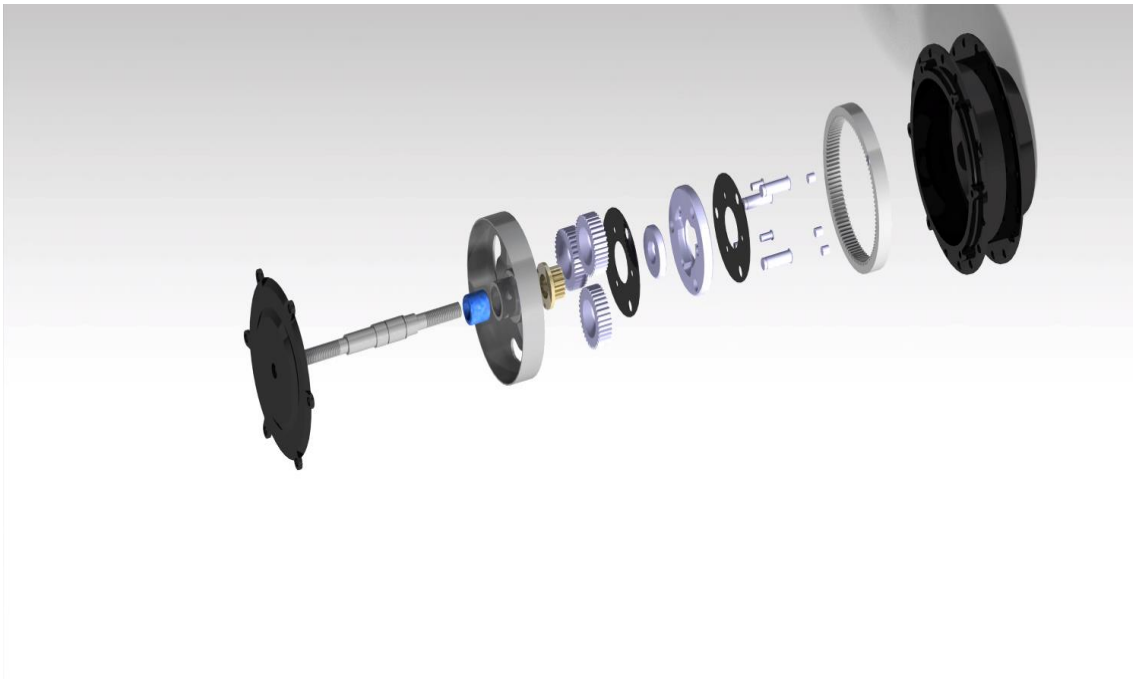


Figura 4.10 Explosionado del motor (Fuente: elaboración propia)

4.4.2. Maquinaria

En cuanto a la maquinaria se encuentran disponibles las siguientes máquinas:





DESCRIPCIÓN	MARCA	AÑO	NÚMERO	DIMENSIÓN lxhxa [mm]	PRECIO [€]	IMAGEN
Torno	GILDERMEINSTER CTX BETA 1250 TC [29]	2010	3	2609x5717x2580	220000	
Fresadora CNC	DMG NVD 4000 DCG [30]	2009	2	2770x2166x2685	254000	
Taladradora	ZIMMER MAXION BS50 AVST [31]	2016	1	1850x500x365	24145,70	
Sierra de cinta	BOMAR 520.360 DGH [32]	2011	1	2450x1850x2100	26912,44	

Tabla 4.1 Tabla de máquinas

4.4.3. Utillajes

Es necesario tener en cuenta el método de sujeción de cada pieza que supondrá la calidad de las mismas, ya que una buena sujeción evita posibles vibraciones, movimientos, caídas o daños a el material durante su proceso de fabricación.

En cuanto a los utillajes [33] se facilita una lista de cada uno de ellos con sus características:




DESCRIPCIÓN	MARCA	DIMENSIÓN [mm]	PRECIO [€]	IMAGEN
Mordaza de precisión	HELPER	150 (Apertura)	835	
Plato de 3 garras	HELPER	200 (Apertura)	335	
Mordaza universal	HELPER MU125	85 (Apertura)	258	

Tabla 4.2 Tabla de utillajes

Todos estos utillajes se han elegido en función de las necesidades de cada máquina en calidad de precisión y teniendo en cuenta, además, el tamaño del material que se va a tratar durante todo el proceso.

4.4.4. Proceso productivo

En esta sección se describirá como es el proceso productivo de cada componente, las etapas que han de seguirse y las herramientas utilizadas en cada una de ellas, así como la utilidad de cada pieza en el conjunto del motor.

Para la selección de herramientas se ha acudido a la página web Sandvik Coromant [34] , la cual selecciona la mejor herramienta en función del trabajo que se va a realizar y el tiempo necesario para realizar esa acción.

El proceso de fabricación de todos y cada uno de los componentes que se confeccionan en este trabajo comienza siempre partiendo de la sierra de cinta, donde se recorta la barra a una distancia prudencial según que pieza estemos tratando.

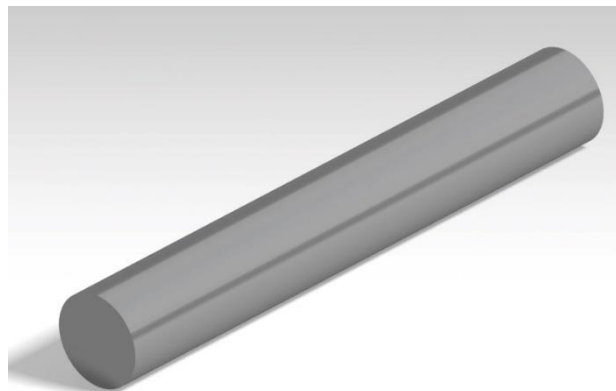


Figura 4.11 Tocho de barra (Fuente: elaboración propia)

- Base de engranajes

Este componente tiene como objetivo sostener todas las piezas que forman el juego de engranajes planetarios [35] , dispone de tres hendiduras donde en cada una de ellas irá colocado un taco de leva y un resorte para amortiguar el movimiento del chavetero que sujeta al eje.



Figura 4.12 Base de engranajes planetarios (Fuente: elaboración propia)

- **Taladradora:**

Con el objetivo de no dañar el acabado de la pieza, primero se llevará ésta a la taladradora de columna. Se realiza una sujeción de la pieza por la parte radial de la misma y se comienza con los taladros que requiere ésta.

Se comienza con los tres taladros de diámetro 5 mm para lo que se requiere una broca de M5, a continuación, se sustituye la broca por la de M8 y se aplican los tres taladros de 8 mm de diámetro.

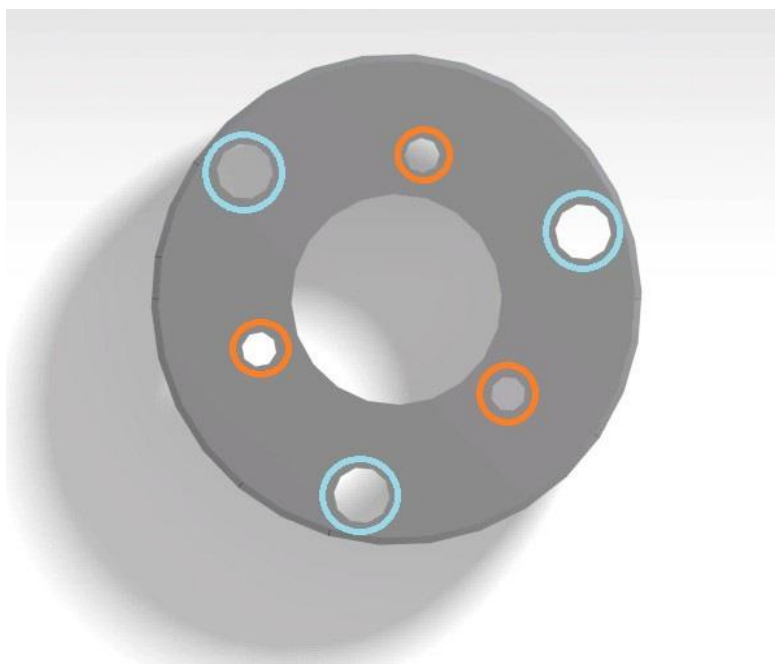


Figura 4.13 Vista en detalle del taladrado de la base (Fuente: elaboración propia)

Por último, se pasa a una broca de M10 y se practica un taladrado pasante en el centro de la pieza para facilitar el posterior trabajo con la fresadora.

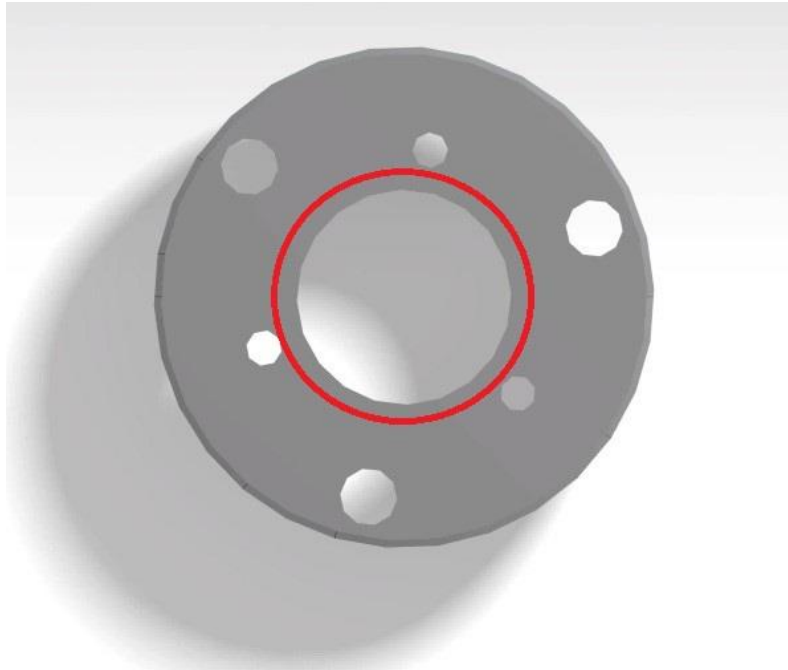
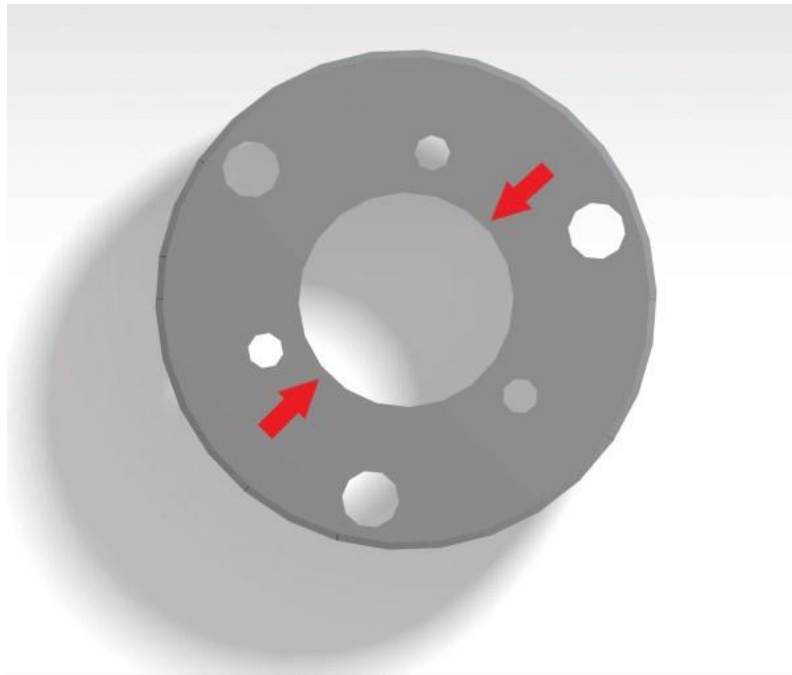


Figura 4.14 Vista en detalle del taladrado central de la base (Fuente: elaboración propia)

- **Fresadora:**

Una vez realizados todos los agujeros, se lleva la pieza a la fresadora. Se realizará la misma sujeción que para realizar los taladros y se comienza con el desbaste de la pieza:

MANDRINADO_DESBASTE_1: Se coloca la herramienta en la fresadora y se realiza el mandrinado en el propio agujero de 10 mm que se aplicó en la taladradora anteriormente ensanchándolo así hasta llegar a 29 mm dejando 1 mm para el acabado final.



*Figura 4.15 Vista en detalle del MANDRINADO_DESBASTE_1 de la base
(Fuente: elaboración propia)*

MANDRINADO_DESBASTE_2: Se realizará la misma operación, pero en este caso, se dejan 3 mm en el fondo de la pieza, así se obtendrá 1 mm de margen para el acabado. La dimensión de este mandrinado será de 33 mm dejando 1 mm para el acabado.



*Figura 4.16 Vista en detalle del MANDRINADO_DESBASTE_2 de la base
(Fuente: elaboración propia)*

RANURADO_DESBASTE: Para realizar la forma de dibujo que tiene la pieza se requerirá una herramienta más específica. Con esa herramienta a partir del mandrinado anterior se desbasta la pieza dándole esa forma específica, repitiendo este proceso dos veces más como se indica en la imagen.

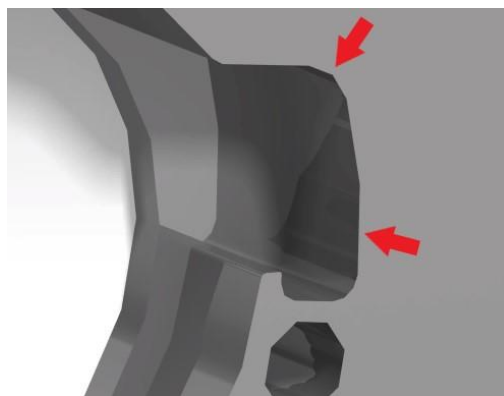


Figura 4.17 Vista en detalle del RANURADO_DESBASTE de la base (Fuente: elaboración propia)

Una vez eliminado gran parte del material sobrante, se pasa a darle un acabado a la pieza.

En los dos procesos de mandrinado se realizará un escariado para reducir ese milímetro sobrante y darle un buen acabado a la pieza.

En el caso del ranurado se hará el mismo proceso con una herramienta más específica para dejar un buen acabado.

- **Torno:**

Realizado ya el fresado del producto, se requiere pasar al torno para reducir el diámetro de la pieza.

CILINDRADO_DESBASTE: La sujeción en el torno se realizará por la parte central de la pieza, es decir, por la zona donde se realizó el mandrinado utilizando un material como mártir para no marcar la pieza acabada. Sujetada la pieza, se procede a realizar el cilindrado reduciendo el diámetro externo hasta 71 mm dejando así 1 mm para el acabado.

CILINDRADO_ACABADO: Finalmente se realizará un cilindrado para dejar un buen acabado sobre la pieza eliminando ese milímetro de sobra y, sin mover la pieza, se realizará inclinando la herramienta el chaflán que se indica.



*Figura 4.18 Vista en detalle del CILINDRADO_DESBASTE de la base
(Fuente: elaboración propia)*

A continuación, se mostrará una tabla con cada uno de los procesos que se deben realizar y, dentro de los mismos, cada una de las etapas que han de seguirse para producir esta base de engranajes, así como cada herramienta utilizada y sus velocidades y tiempos de producción:

BASE DE ENGRANAJES PLANETARIOS

TALADRADO

PROCESO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA	VELOCIDAD DE CORTE [m/min]	VELOCIDAD DE AVANCE [mm/min]	LONGITUD [mm]	TIEMPO [seg]
01	CARGA					16
20	TALADRADO (M5)	CoroDrill 860 M5	184	2360	12	0,346
30	CAMBIO DE HERRAMIENTA					10
40	TALADRADO (M8)	CoroDrill 860 M8	182	1950	12	0,428
50	CAMBIO DE HERRAMIENTA					10
60	TALADRADO (M10)	CoroDrill 860 M10	178	1700	12	0.5
70	DESCARGA					18
	TOTAL DE LA FASE					55,274

FRESADO

PROCESO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA	VELOCIDAD DE CORTE[m/min]	VELOCIDAD DE AVANCE [mm/rev]	LONGITUD [mm]	TIEMPO [seg]
01	CARGA					78,5
10	MANDRINADO_DESBASTE_1	CoroMill Plura 2F342-0800-050-PC 1730	205	1670	Ø29	4,404
20	CAMBIO DE HERRAMIENTA					45
30	MANDRINADO_DESBASTE_2	CoroMill 2P340-1600-PA 1630	326	1660	Ø33	3,744

40	CAMBIO DE HERRAMIENTA					45	
50	RANURADO	CoroDrill Plura 2P342-0400-PA 1730	183 226	1610 3670		1,632	
60	CAMBIO DE HERRAMIENTA						
70	ESCARIADO_ACABADO_1	CoroMill Plura 2F342-0800-050-PC 1730	792	8830	1	0,599	
80	CAMBIO DE HERRAMIENTA					45	
90	ESCARIADO_ACABADO_2	CoroMill 2P340-1600-PA 1630	987	9710	1	0,690	
100	DESCARGA					12	
110	LIMADO					60	
120	COMPROBACIÓN					15	
TOTAL DE FASE						311,569	
TORNEADO							
PROCESO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA	PLAQUITA	VELOCIDAD DE CORTE[m/min]	AVANCE POR VUELTA [mm]	LONGITUD [mm]	TIEMPO [seg]
01	CARGA					132	
10	CILINDRADO_DESBASTE_1	PRDCN2525M 12	RCMT 12 04 MP-H7 4425	279	0,518	8	0,804
	CAMBIO DE HERRAMIENTA					45	
20	CILINDRADO_ACABADO_1	PRDCN2525M 12	RCMT 12 04 MP-H7 4425	356	0,69	8	0,494
30	CHAFLANADO	PRDCN2525M 12	RCMT 12 04 MP-H7 4425	400	0,72	1	0,500

40	DESCARGA							12
50	LIMADO							60
60	COMPROBACIÓN							15
TOTAL DE FASE								265,798
TOTAL POR PIEZA								633

Tabla 4.3 Tabla de proceso de la base de engranajes planetarios

TIEMPOS DE FABRICACIÓN PARA LA BASE DE ENGRANAJES PLANETARIOS:

Las piezas se entregarán cada 15 días:

$$\frac{4000 \text{ piezas}}{221 \text{ días laborables}} = 18 \text{ piezas/día} \cdot 15 \text{ días} = 270 \text{ piezas cada 15 días}$$

ACCIÓN	TIMEPO DE PROCESADO [h]	NÚMERO DE PIEZAS	TOTAL [h]
TORNEADO	0,074	4000	296
FRESADO	0,087	4000	348
TALADRADO	0,016	4000	64
TOTAL	0,177	4000	708

Tabla 4.4 Tabla de tiempos de la base de engranajes planetarios

Torno:

$$270 \text{ piezas} \cdot 0,074 \frac{\text{h}}{\text{pieza}} = 19,98 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} = 2,5 \text{ días}$$

Fresado:

$$270 \text{ piezas} \cdot 0,087 \frac{\text{h}}{\text{pieza}} = 23,49 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} = 2,94 \text{ días}$$

Taladrado:

$$270 \text{ piezas} \cdot 0,016 \frac{\text{h}}{\text{pieza}} = 4,32 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} = 0,54 \text{ días}$$

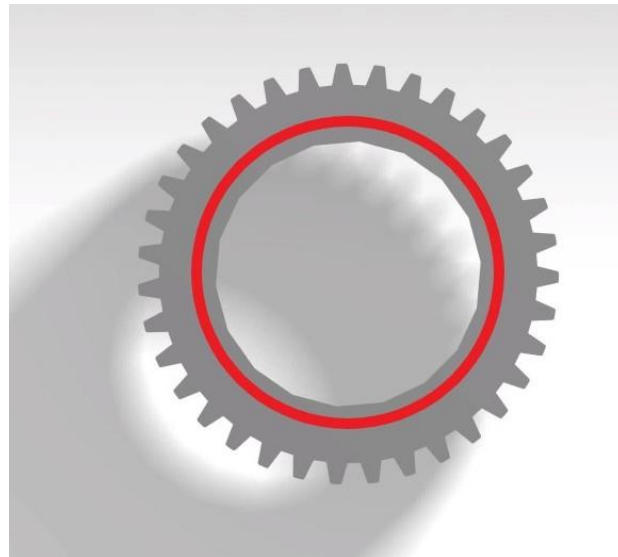
- Engranajes

Estos componentes forman el sistema de engranajes planetarios que son los encargados de disminuir la fuerza necesaria para el pedaleo multiplicando la fuerza del motor para mover la bicicleta.

- Torno

Una vez recortada la barra se lleva el tocho de acero hacia el torno.

TALADRADO_DESBASTE: Sujetando la pieza por su parte radial, se practica el taladro pasante en parte central del engranaje mediante una broca de M10 colocada en el torno.



*Figura 4.19 Vista en detalle del TALADRADO_DESBASTE del engranaje
(Fuente: elaboración propia)*

MANDRINADO_DESBASTE: Se sustituye la herramienta en el torno y, aprovechando el agujero previo, se aplica un mandrinado dentro del mismo hasta alcanzar un diámetro de 24 mm, con lo que tendremos 1 mm de margen.

ESCARIADO_ACABADO: Para alcanzar un buen acabado, se practica un escariado sobre la operación anterior eliminando el 1 mm de material sobrante.

Una vez el centro de la pieza está listo, se pasa a la zona externa.

REFRENTADO_ACABADO_1: Sujetando la pieza por su parte interna utilizando un material que evite marcarla, se pasa a reducir ese 1,1 mm que se dejó de margen a la hora de cortar la pieza.

REFRENTADO_ACABADO_2: Dándole la vuelta la pieza se hace la misma sujeción y se aplica el mismo procedimiento en la otra cara.

CILINDRADO_DESBASTE: Sin soltar la pieza, se comienza a cilindrar la parte radial del engranaje hasta llegar a un diámetro de 36 mm.

CILINDRADO_ACABADO: Ahora para dejar un buen acabado, se realiza la misma operación hasta alcanzar el diámetro final de 35,6 mm.

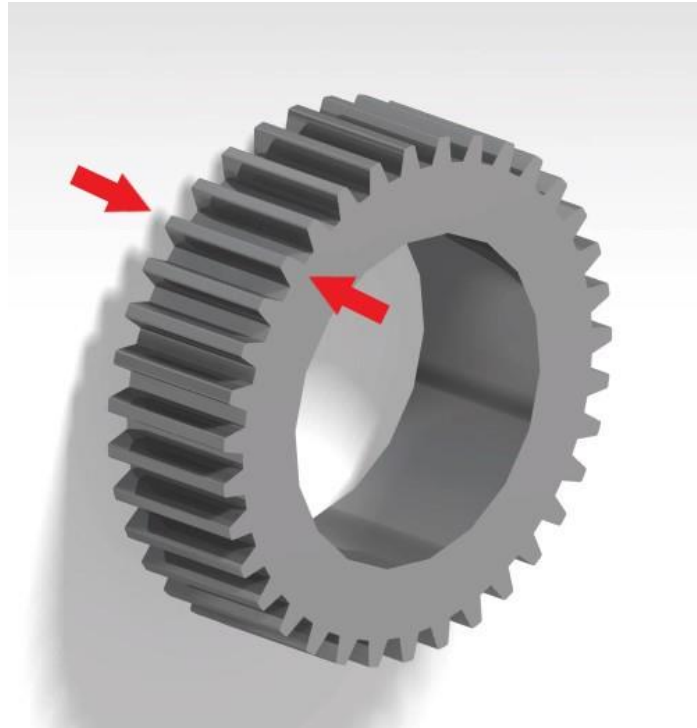


Figura 4.20 Vista en detalle del ACABADO del engranaje (Fuente: elaboración propia)

- Fresadora CNC

Por último, para finalizar este producto se pasará a la fresadora CNC para realizar el tallado de los dientes del engranaje.

TALLADO_ACABADO: Sujetando la pieza por su parte interior, se hace el marcado de los dientes del engranaje con una herramienta especial. En este caso se requerirá la fresadora de CNC debido a la precisión necesaria para realizar los dientes de engranaje.



*Figura 4.21 Vista en detalle del TALLADO_ACABADO del engranaje
(Fuente: elaboración propia)*

ENGRANAJE

TORNEADO

PROCESO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA	PLAQUITA	VELOCIDAD DE CORTE [m/min]	AVANCE POR VUELTA [mm]	LONGITUD [mm]	TIEMPO [seg]
01	CARGA						132
20	TALADRADO M10	CoroDrill 860 M10		124	0,25	14	1,014
30	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
40	MANDRINADO_DESBASTE	A08H-SCLCR 06-R	CCMT 06 02 08-UM 1125	151	0,25	14	8,760
50	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
60	ESCARIADO_ACABADO	A12M-SDXCR 07-R	DCMT 07 02 08-UM 4425	314	0,282	14	0,828
70	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
80	REPOSICIONAMIENTO						20
90	REFRENTADO_ACABADO_1	DSSNR 2020K 12	SNMG 12 04 16-PR 4425	279	0,707	1,1	0,589
100	REPOSICIONAMIENTO						20
110	REFRENTADO_ACABADO_2	DSSNR 2020K 12	SNMG 12 04 16-PR 4425	279	0,707	1,1	0,589
120	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
130	CILINDRADO_DESBASTE	PRGCR 2525M 16	RCMT 16 06 MP-H7 4425	253	0,968	11,8	0,411
140	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
150	CILINDRADO_ACABADO	SRDCR 2020K 08-A	RCMT 08 03 MP-L3 4425	418	0,384	11,8	0,571
160	DESCARGA						12

170	LIMADO					60
180	COMPROBACIÓN					15
TOTAL DE FASE						450,934
FRESADO CNC						
PROCESO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA	VELOCIDAD DE CORTE[m/min]	VELOCIDAD DE AVANCE [mm/rev]	LONGITUD [mm]	TIEMPO [seg]
01	CARGA					78,5
10	TALLADO	CoroMill 180	215	0,5	35,6 (36 dientes)	60
20	DESCARGA					12
30	COMPROBACIÓN					30
TOTAL DE FASE						180,5
TOTAL POR PIEZA						632

Tabla 4.5 Tabla de proceso de engranajes

TIEMPOS DE FABRICACIÓN PARA LOS ENGRANAJES:

Las piezas se entregarán cada 15 días, siendo tres engranajes:

$$\frac{12000 \text{ piezas}}{221 \text{ días laborables}} = 54 \text{ piezas/día} \cdot 15 \text{ días} = 810 \text{ piezas cada 15 días}$$

ACCIÓN	TIEMPO DE PROCESADO [h]	NÚMERO DE PIEZAS	TOTAL [h]
TORNEADO	0,126	12000	1512
FRESADO	0,05	12000	600
TOTAL	0,176	12000	2112

Tabla 4.6 Tabla de tiempos de engranajes

Torno:

$$810 \text{ piezas} \cdot 0,126 \frac{\text{h}}{\text{pieza}} = 102,06 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} = 12,76 \text{ días}$$

Fresado:

$$810 \text{ piezas} \cdot 0,05 \frac{\text{h}}{\text{pieza}} = 40,5 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} = 5,06 \text{ días}$$

Como se observa en los resultados, se requerirá utilizar al menos un torno y una fresadora CNC.

- Tapas de la base

Estas piezas tienen el cometido de proteger la base para evitar rasguños o daños, así como para mantener íntegro todo el conjunto.

- **Taladradora:**

Ya con los tochos en la taladradora se comienza a trabajar en la misma:

TALADRADO_1: Sujetando la pieza por su parte circular, se procede a realizar los taladros de diámetro 5 mm.

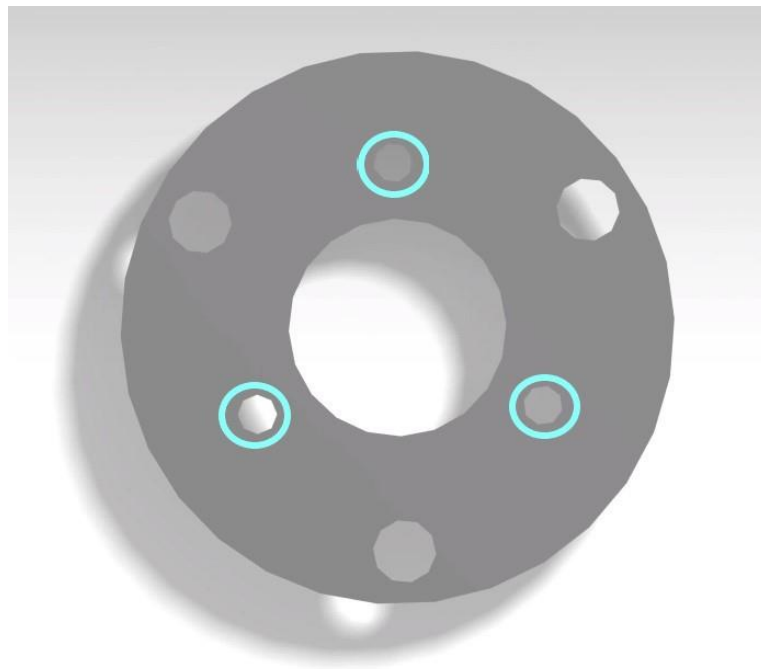


Figura 4.22 Vista en detalle del TALADRADO_1 de la tapa (Fuente: elaboración propia)

TALADRADO_2: Se practican ahora los taladros de 8 mm de diámetro en la misma posición.

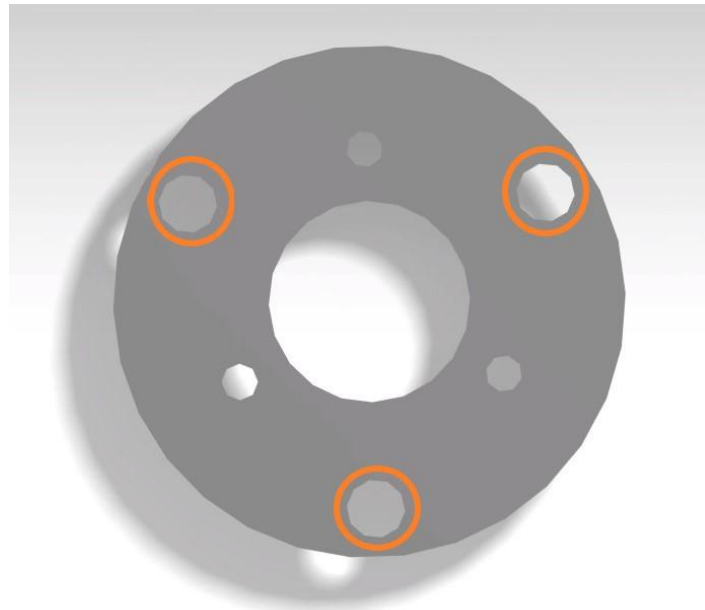


Figura 4.23 Vista en detalle del TALADRADO_2 de la tapa (Fuente: elaboración propia)

TALADRADO_3: Por último, se realiza un taladro de 10 mm en su parte central.

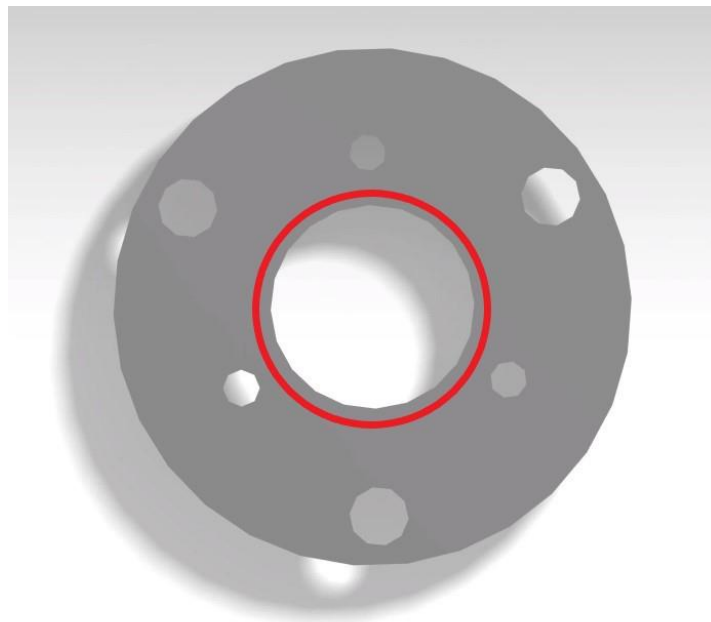
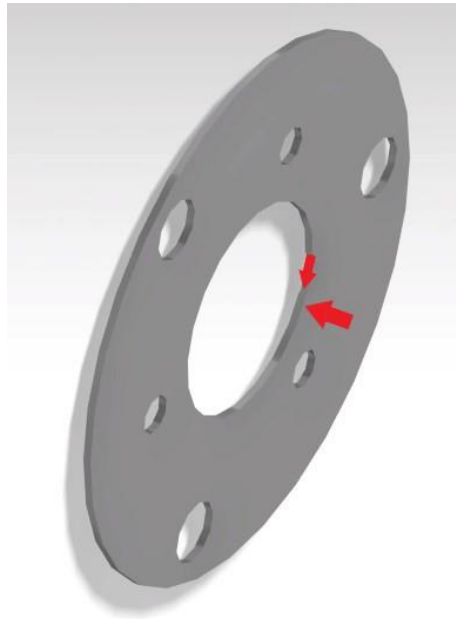


Figura 4.24 Vista en detalle del TALADRADO_3 de la tapa (Fuente: elaboración propia)

- **Torno:**

MANDRINADO_DESBASTE: Agarrando la pieza por su parte circular, se aprovecha el taladro realizado en su parte central para introducir la herramienta y ensancharlo hasta 26 mm dejando un margen de 1,5 mm.



*Figura 4.25 Vista en detalle del MANDRINADO_DESBASTE de la tapa
(Fuente: elaboración propia)*

ESCARIADO_ACABADO: Sin mover la pieza, se aplica un escariado para conseguir un buen acabado superficial eliminando esos 1,5 mm sobrantes.

REFRENTADO_ACABADO_1: Sujetando ahora la pieza por su parte interna, se realiza un refrentado para reducir el tamaño de las caras eliminándose 2 mm.

REFRENTADO_ACABADO_2: Dándole la vuelta a la tapa, se hace la misma operación para obtener un grosor de 1mm.

CILINDRADO_DESBASTE: Con la misma sujeción que en la operación anterior, se practica un cilindrado sobre la parte externa hasta obtener un diámetro de 72 mm.

CILINDRADO_ACABADO: Se realiza la misma operación como acabado reduciendo esos 2 milímetros sobrantes y obteniendo así los 70 mm finales con un buen acabado.



Figura 4.26 Vista en detalle del ACABADO de la tapa (Fuente: elaboración propia)

TAPAS DE LA BASE

TALADRADO

PROCESO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA	VELOCIDAD DE CORTE [m/min]	VELOCIDAD DE AVANCE [mm/min]	LONGITUD [mm]	TIEMPO [seg]
01	CARGA					16
20	TALADRADO (M5)	CoroDrill 860 M5	184	2350	5	0,157 (3 taladros)
30	CAMBIO DE HERRAMIENTA					10
40	TALADRADO (M8)	CoroDrill 860 M8	182	1950	5	0,203 (3 taladros)
50	CAMBIO DE HERRAMIENTA					10
60	TALADRADO (M10)	CoroDrill 860 M10	178	1700	5	0,242
70	DESCARGA					18
	TOTAL DE LA FASE					45,32

TORNEADO

PROCESO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA	PLAQUITA	VELOCIDAD DE CORTE[m/min]	AVANCE POR VUELTA [mm]	LONGITUD [mm]	TIEMPO [seg]
01	CARGA						132
10	MANDRINADO_DESBASTE	A08H-SCLCR 06-R	CCMT 06 02 08-UM 1125	151	0,25	5	3,93
20	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
30	ESCARIADO_ACABADO	A12M-SDXCR 07-R	DCMT 07 02 08-UM 4425	346	0,282	5	0,319
40	REPOSICIONAMIENTO						20
50	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45

60	REFRENTADO_ACABADO_1	PRGCR 2525M 16	RCMT 16 06 MP-M3 4425	327	0,667	5	2,748
70	REPOSICIONAMIENTO						20
80	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
90	REFRENTADO_ACABADO_2	PRGCR 2525M 16	RCMT 16 06 MP-M3 4425	327	0,667	5	2,748
100	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
110	CILINDRADO_DESBASTE	DSBNR 2525M 15	SNMG 15 06 16-PR 4425	279	0,518	1	0,177
120	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
130	CILINDRADO_ACABADO	PRGCR 2525M 16	RCMT 16 06 MP-L3 4425	356	0,69	1	0,082
140	DESCARGA						12
150	LIMADO						60
160	COMPROBACIÓN						15
TOTAL DE FASE							494
TOTAL POR PIEZA							540

Tabla 4.7 Tabla de proceso de las tapas de la base

TIEMPOS DE FABRICACIÓN PARA LA TAPA DE LA BASE:

Las piezas se entregarán cada 15 días, siendo 2 tapas:

$$\frac{8000 \text{ piezas}}{221 \text{ días laborables}} = 36 \text{ piezas/día} \cdot 15 \text{ días} = 540 \text{ piezas cada 15 días}$$

ACCIÓN	TIEMPO DE PROCESADO [h]	NÚMERO DE PIEZAS	TOTAL [h]
TORNEADO	0,14	8000	1120
TALADRADO	0,013	8000	104
TOTAL	0,153	8000	1224

Tabla 4.8 Tabla de tiempos de las tapas de la base

Torno:

$$540 \text{ piezas} \cdot 0,14 \frac{\text{h}}{\text{pieza}} = 75,6 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} = 9,45 \text{ días}$$

Taladrado:

$$540 \text{ piezas} \cdot 0,05 \frac{\text{h}}{\text{pieza}} = 27 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} = 3,38 \text{ días}$$

- Piñón

Este componente se encarga de transmitir el movimiento producido por el motor brushless al conjunto de engranajes planetarios.

- **Torno:**

TALADRADO: Sujetando el piñón por su parte radial, se practica un taladro mediante una broca de M10.

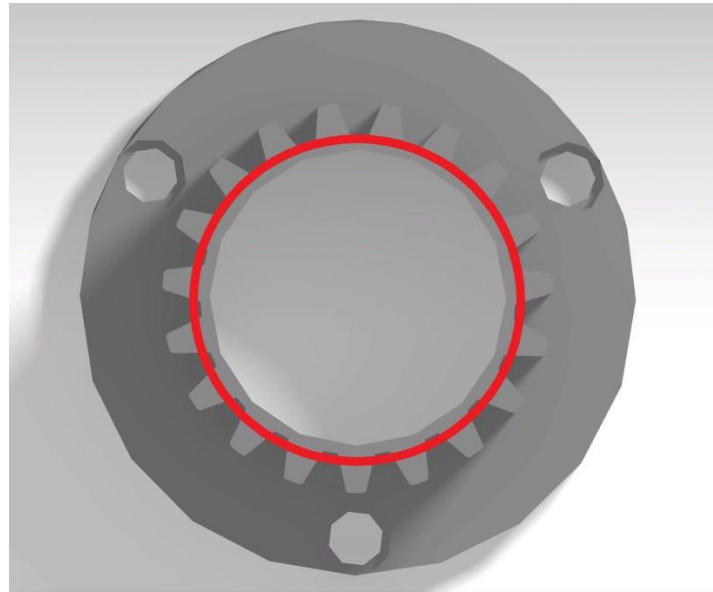


Figura 4.27 Vista en detalle del TALADRADO del piñón (Fuente: elaboración propia)

MANDRINADO_DESBASTE: Sin mover la pieza se sustituye la herramienta y se amplía el diámetro del taladro hasta 15 mm dejando 1 mm para el acabado.

ESCARIADO_ACABADO: Se realiza un escariado eliminando el milímetro sobrante y obteniendo un buen acabado superficial.

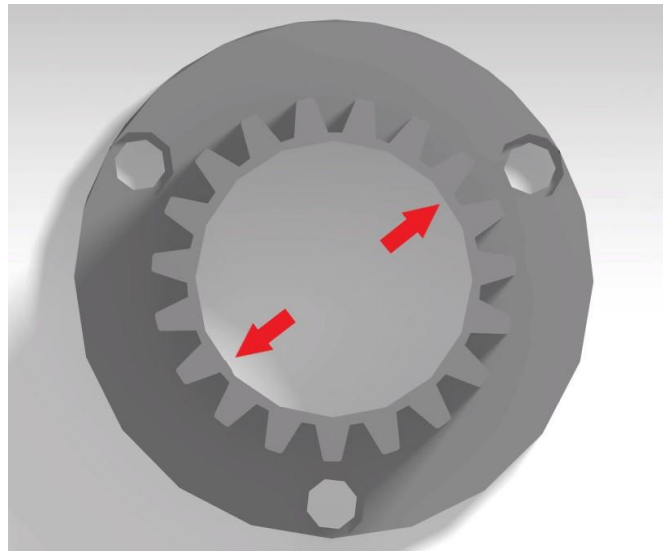


Figura 4.28 Vista en detalle del ESCARIADO_ACABADO del piñón (Fuente: elaboración propia)

CILINDRADO_DESBASTE_1: Ahora se trabajará la parte externa del material. Con la misma sujeción anterior, se comienza a cilindrar la pieza llegando a una profundidad de 11.8 mm y un diámetro de 20 mm que se reducirá en un acabado posterior.

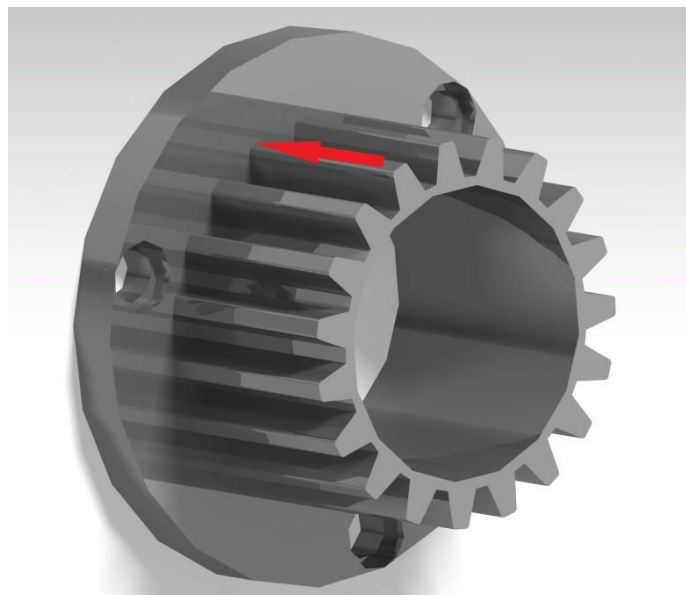


Figura 4.29 Vista en detalle del CILINDRADO_DESBASTE_1 del piñón (Fuente: elaboración propia)

CILINDRADO_ACABADO_1: Se realiza la misma operación anterior con la misma profundidad, pero reduciendo el diámetro hasta los 18 mm finales.

CILINDRADO_DESBASTE_2: Rotando la pieza, se trabajará la parte opuesta utilizando un material de mártir para una dañar el material acabado, realizando un cilindrado hasta los 32 mm de diámetro

CILINDRADO_ACABADO_2: Trabajando sobre la operación anterior, se reduce el diámetro hasta los 30 mm finales.

REFRENTADO_ACABADO_1: Agarrando la pieza por su parte interna sin dañar el material, se reduce el tamaño de una de las caras en 2 mm.

REFRENTADO_ACABADO_1: Girando la pieza, se trabaja ahora la parte opuesta de la pieza reduciendo el tamaño de esta cara en 2 mm.

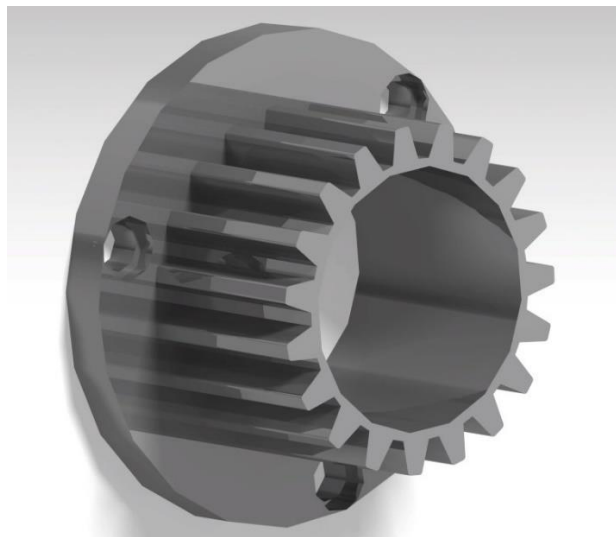


Figura 4.30 Vista en detalle del ACABADO del piñón (Fuente: elaboración propia)

- **Taladradora:**

Se lleva ahora la pieza a la taladradora para realizar los agujeros por donde posteriormente pasarán los tornillos.

TALADRADO: Sujetando la pieza por su parte externa sin dañarla, se realizan los tres agujeros mediante una broca de M3.

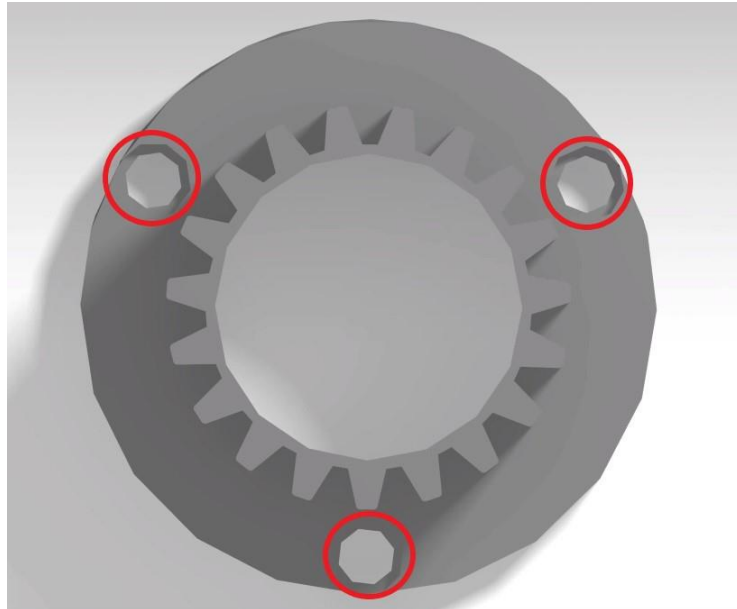


Figura 4.31 Vista en detalle del TALADRADO del piñón (Fuente: elaboración propia)

AVELLANADO: Sobre los taladros anteriores, se practican unos avellanados para que no se vea la cabeza del tornillo. Este avellanado será de 4 mm de diámetro y 1 mm de profundidad.

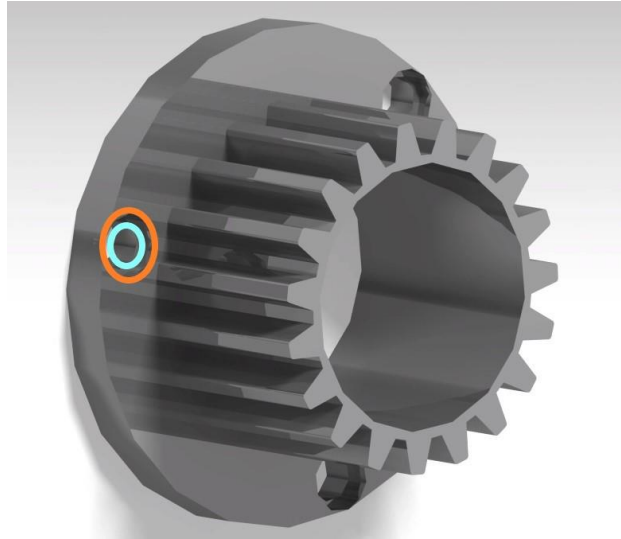


Figura 4.32 Vista en detalle del AVELLANADO del piñón (Fuente: elaboración propia)

- **Fresadora CNC:**

Para realizar los dientes del piñón se lleva la pieza a la fresadora de control numérico.

TALLADO_ACABADO: Agarrando la pieza por su parte radial más amplia y utilizando una herramienta especial, se comienza a tallar los dientes del piñón. Este proceso está automatizado debido a la gran precisión necesaria.

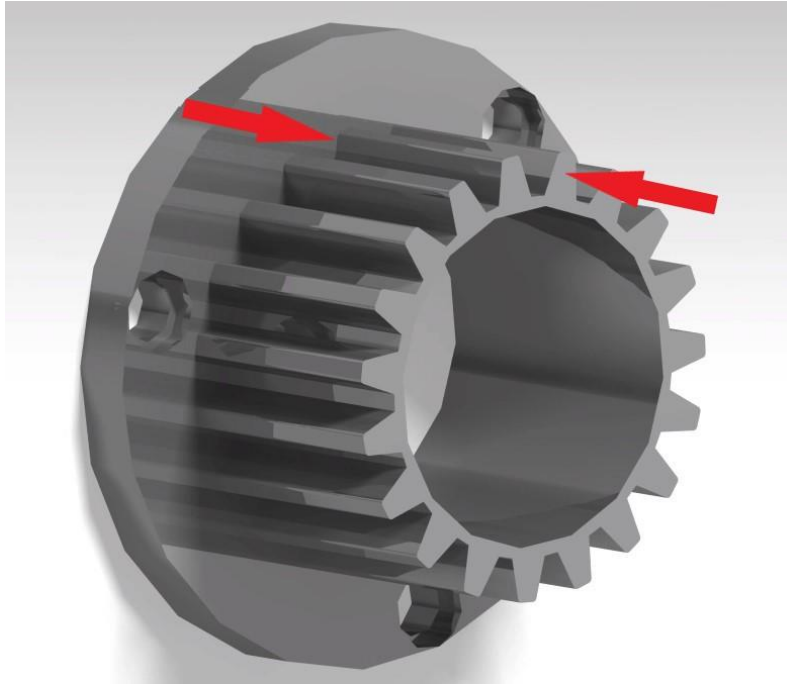


Figura 4.33 Vista en detalle del TALLADO_ACABADO del piñón (Fuente: elaboración propia)

PIÑÓN

TORNEADO

PROCESO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA	PLAQUITA	VELOCIDAD DE CORTE [m/min]	AVANCE POR VUELTA [mm]	LONGITUD [mm]	TIEMPO [seg]
01	CARGA						132
10	TALADRADO M10	CoroDrill 860 M10		124	0,25	18,8	1,320
20	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
30	MANDRINADO_DESBASTE	A08H-SCLCR 06-R	CCMT 06 02 08-UM 1125	147	0,25	18,8	3,870
40	ESCARIADO_ACABADO	A08H-SCLCR 06-R	CCMT 06 02 08-UM 1125	151	0,25	18,8	4,014
50	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
60	CILINDRADO_DESBASTE_1	PRGCR 2525M 16	RCMT 16 06 MP-H7 4425	253	0,968	11,8	1,722
70	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
80	CILINDRADO_ACABADO_1	QS-SRDCN-202025-10XC	RCMT 10 T3 MP-H7 4425	226	0,667	11,8	0,353
90	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
100	CILINDRADO_DESBASTE_2	DSBNR 2020K 12	SNMG 12 04 16-PR 4425	279	0,518	3	0,170
110	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
120	CILINDRADO_ACABADO_2	PRGCR 2525M 16	RCMT 16 06 MP-M3 4425	327	0,661	3	0,130
130	REPOSICIONAMIENTO						20
140	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45

150	REFRENTADO_ACABADO_1	PRGCR 2525M 16	RCMT 16 06 MP-H7 4425	253	0,968	2	0,329
160	REPOSICIONAMIENTO						
170	REFRENTADO_ACABADO_2	PRGCR 2525M 16	RCMT 16 06 MP-H7 4425	201	0,968	2	0,181
180	DESCARGA						12
190	LIMADO						60
200	COMPROBACIÓN						15
TOTAL DE FASE							521,089
TALADRADO							
PROCESO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA	VELOCIDAD DE CORTE [m/min]	VELOCIDAD DE AVANCE [mm/min]	LONGITUD [mm]	TIEMPO [seg]	
01	CARGA					16	
10	TALADRADO M3	CoroDrill 860 M3	185	3150	3	0,072 (3 taladros)	
20	CAMBIO DE HERRAMIENTA					10	
30	AVELLANADO M4	CoroDrill 860 M4	184	2640	1	0,041 (3 taladros)	
40	DESCARGA					18	
TOTAL DE FASE							44,339
FRESADO CNC							
PROCESO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA	VELOCIDAD DE CORTE[m/min]	VELOCIDAD DE AVANCE [mm/rev]	LONGITUD [mm]	TIEMPO [seg]	
01	CARGA					78,5	
10	TALLADO	CoroMill 180	310	1,2	16 (20 dientes)	50	
20	DESCARGA					12	
30	COMPROBACIÓN					30	
TOTAL DE FASE							170,5

TOTAL POR PIEZA	736
------------------------	------------

Tabla 4.9 Tabla de procesos del piñón

TIEMPOS DE FABRICACIÓN PARA EL PIÑÓN:

Las piezas se entregarán cada 15 días:

$$\frac{4000 \text{ piezas}}{221 \text{ días laborables}} = 18 \text{ piezas/día} \cdot 15 \text{ días} = 270 \text{ piezas cada 15 días}$$

ACCIÓN	TIMEPO DE PROCESADO [h]	NÚMERO DE PIEZAS	TOTAL [h]
TORNEADO	0,145	4000	580
FRESADO	0,048	4000	192
TALADRADO	0,012	4000	48
TOTAL	0,205	4000	820

Tabla 4.10 Tabla de tiempos del piñón

Torno:

$$270 \text{ piezas} \cdot 0,145 \frac{\text{h}}{\text{pieza}} = 39,15 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} = 4,89 \text{ días}$$

Fresado:

$$270 \text{ piezas} \cdot 0,048 \frac{\text{h}}{\text{pieza}} = 12,96 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} = 1,62 \text{ días}$$

Taladrado:

$$270 \text{ piezas} \cdot 0,012 \frac{\text{h}}{\text{pieza}} = 3,24 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} = 0,41 \text{ días}$$

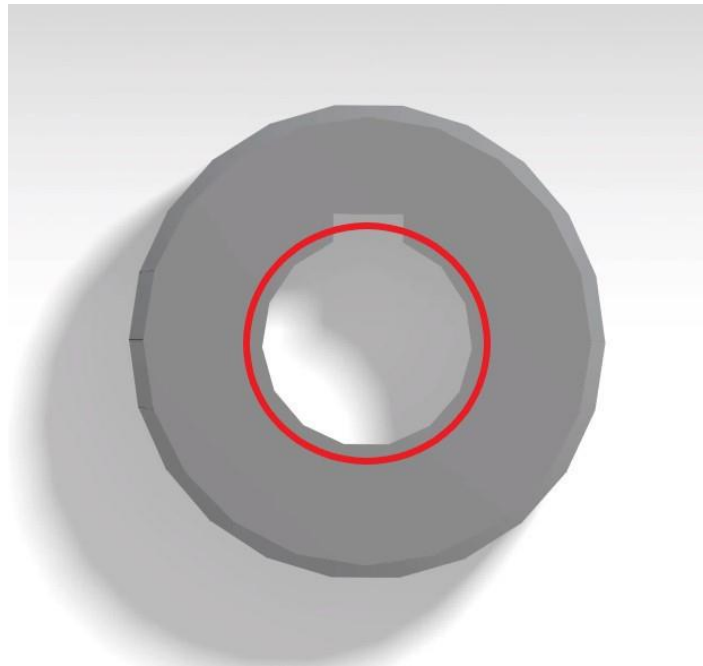
Como se observa en los resultados, será suficiente con una máquina para cada proceso.

- Chavetero de la base:

Esta pieza será la encargada de ajustar el eje mediante el uso de una chaveta de modo que permita girar al motor sin que el eje se vea afectado.

- **Torno:**

TALADRADO: Sujetando la pieza por su parte externa, se practica un taladrado en su parte central mediante una broca de M10.

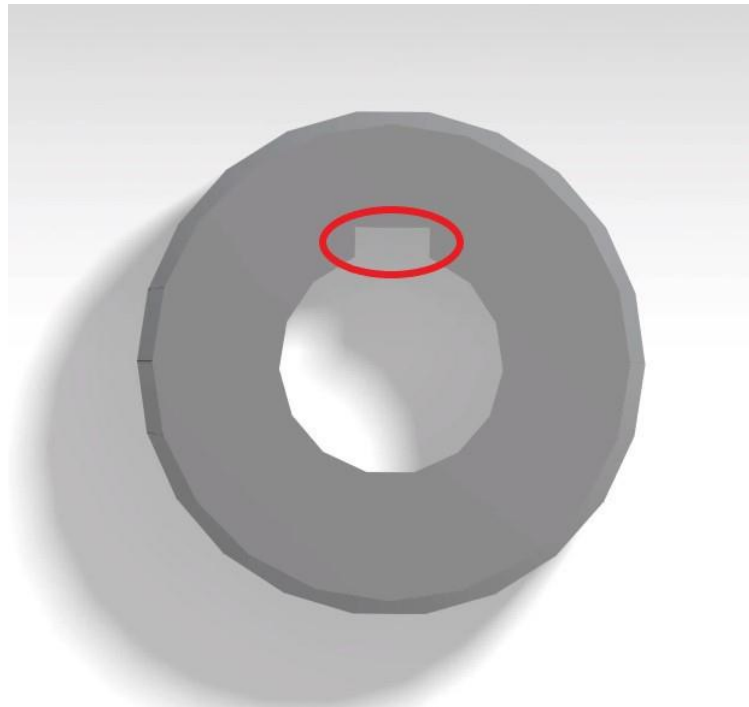


*Figura 4.34 Vista en detalle del TALADRADO del chavetero de la base
(Fuente: elaboración propia)*

MANDRINADO_DESBASTE: Cambiamos de herramienta y se aplica el diámetro del agujero hasta 14 mm.

ESCARIADO_ACABADO: Sobre la operación anterior, es eliminado el milímetro sobrante obteniendo un agujero de 15 mm.

RANAURADO: Sobre la circunferencia resultante, se trabaja una ranura de 5 mm de ancho y 2 mm de alto.

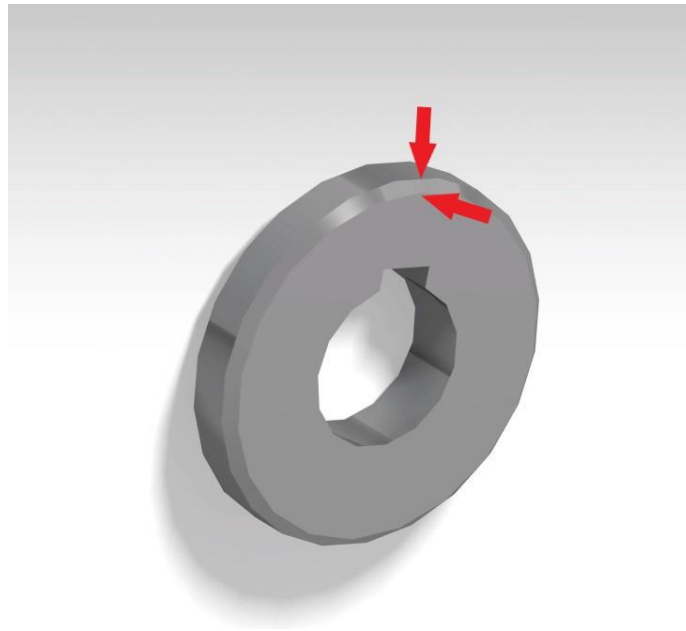


*Figura 4.35 Vista en detalle del RANURADO del chavetero de la base
(Fuente: elaboración propia)*

CILINDRADO_DESBASTE: Agarrando ahora el producto por su parte interna sin dañarlo, se realiza un cilindrado reduciendo su diámetro hasta 35 mm

CILINDRADO_ACABADO: Sobre el proceso anterior, se practica la misma operación eliminando 1mm de diámetro.

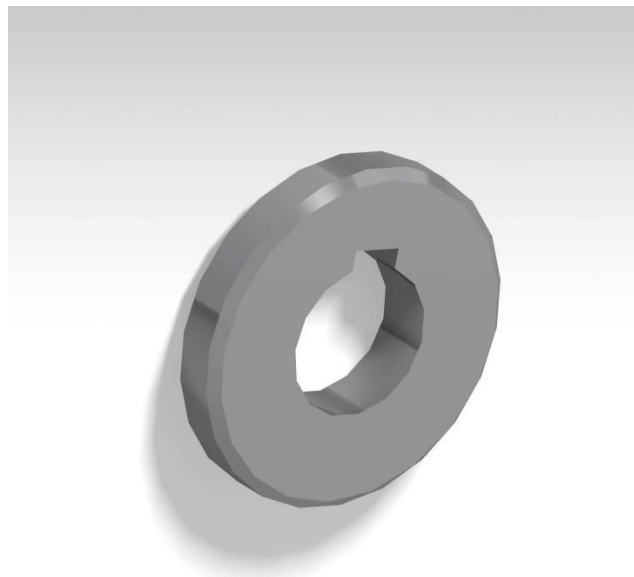
CHAFLANADO: Inclinando la herramienta 45° se realiza un chaflán sobre la zona radial de la pieza en sus dos caras.



*Figura 4.36 Vista en detalle del CHAFLANADO del chavetero de la base
(Fuente: elaboración propia)*

REFRENTADO_ACABADO_1: Se trabaja ahora sobre la cara plana del chavetero, se reduce su grosor en 2 mm.

REFRENTADO_ACABADO_2: Girando la pieza se realiza el mismo proceso en la cara opuesta obteniendo un grosor total de 6 mm.



*Figura 4.37 Vista en detalle del ACABADO del chavetero de la base
(Fuente: elaboración propia)*

CHAVETERO DE LA BASE

TORNEADO

PROCESO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA	PLAQUITA	VELOCIDAD DE CORTE [m/min]	AVANCE POR VUELTA [mm]	LONGITUD [mm]	TIEMPO [seg]
01	CARGA						132
20	TALADRADO M10	CoroDrill 860 M10		124	0,25	10	0,756
30	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
40	MANDRINADO_DESBASTE	A08H-SCLCR 06-R	CCMT 06 02 08-UM 1125	151	0,25	10	1,386
50	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
60	ESCARIADO_ACABADO	A08H-SCLCR 06-R	CCMT 06 02 08-UM 1125	163	0,269	10	0,714
70	REPOSICIONAMIENTO						20
80	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
90	CILINDRADO_DESBASTE	DSDNN 2020K 12	SNMG 12 04 16-PR 4425	279	0,707	10	0,410
100	CILINDRADO_ACABADO	PRGCR 2525M 16	RCMT 16 06 MP-L3 4425	356	0,69	10	0,340
110	REPOSICIONAMIENTO						20
120	CHAFLANADO	PRGCR 2525M 16	RCMT 16 06 MP-L3 4425	356	0,69	10	0,280
130	REPOSICIONAMIENTO						20
140	CHAFLANADO	PRGCR 2525M 16	RCMT 16 06 MP-L3 4425	356	0,69	10	0,280
150	REPOSICIONAMIENTO						20
160	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45

170	REFRENTADO_ACABADO_1	PRGCR 2525M 16	RCMT 16 06 MP-H7 4425	253	0,968	2	0,383
180	REPOSICIONAMIENTO						20
190	REFRENTADO_ACABADO_2	PRGCR 2525M 16	RCMT 16 06 MP-H7 4425	253	0,968	2	0,383
200	DESCARGA						12
210	LIMADO						60
220	COMPROBACIÓN						15
TOTAL DE FASE							503,932
FRESADO							
PROCESO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA	PLAQUITA	VELOCIDAD DE CORTE[m/min]	VELOCIDAD DE AVANCE [mm/rev]	LONGITUD [mm]	TIEMPO [seg]
01	CARGA						78,5
10	RANURADO	QD-J-100X22-M	QD-NJ-0476- 030M-PM 4340	320	0,393	6	0,852
20	DESCARGA						12
30	LIMADO						60
40	COMPROBACIÓN						15
TOTAL DE FASE							166,352
TOTAL POR PIEZA							671

Tabla 4.11 Tabla de proceso del chavetero de la base

TIEMPOS DE FABRICACIÓN PARA EL CHAVETERO DE LA BASE:

Las piezas se entregarán cada 15 días:

$$\frac{1500 \text{ piezas}}{221 \text{ días laborables}} = 18 \text{ piezas/día} \cdot 15 \text{ días} = 270 \text{ piezas cada 15 días}$$

ACCIÓN	TIEMPO DE PROCESADO [h]	NÚMERO DE PIEZAS	TOTAL [h]
TORNEADO	0,14	4000	560
FRESADO	0,05	4000	200
TOTAL	0,19	4000	760

Tabla 4.12 Tabla de tiempos de chavetero de la base

Torno:

$$270 \text{ piezas} \cdot 0,14 \frac{\text{h}}{\text{pieza}} = 37,8 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} = 4,73 \text{ días}$$

Fresado:

$$270 \text{ piezas} \cdot 0,05 \frac{\text{h}}{\text{pieza}} = 13,5 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} = 1,69 \text{ días}$$

Como se observa en los resultados, será suficiente con una máquina para cada proceso.

- Eje:

Este componente será el encargado de mantener en una posición adecuada a todos los componentes.

- Torno:

CILINDRADO_DESBASTE_1: Se comienza por uno de los extremos de la barra realizando un cilindrado inicial reduciendo el diámetro de 14 mm a 10 mm a lo largo de 40 mm.



Figura 4.38 Vista en detalle del CILINDRADO_DESBASTE_1 del eje (Fuente: elaboración propia)

CILINDRADO_DESBASTE_2: Se continúa avanzando, en este caso se reduce el diámetro a 16 mm a lo largo de 12 mm.

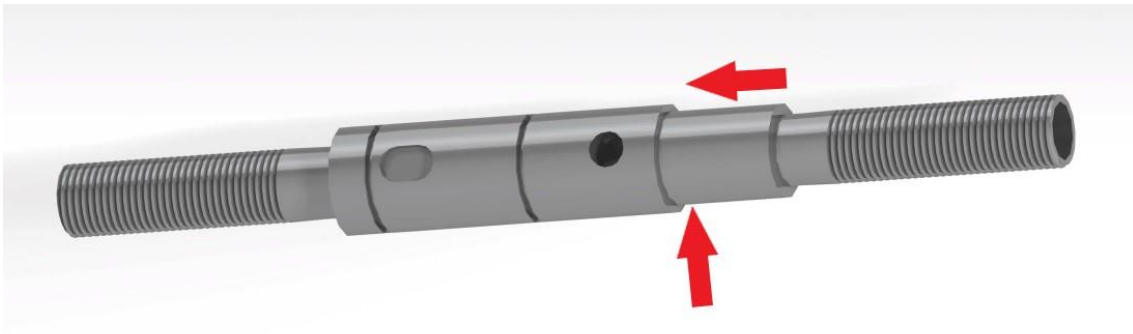


Figura 4.39 Vista en detalle del CILINDRADO_DESBASTE_2 del eje (Fuente: elaboración propia)

CILINDRADO_ACABADO_3: La siguiente reducción será de 1 mm, hasta los 15 mm de diámetro a lo largo de 28 mm.

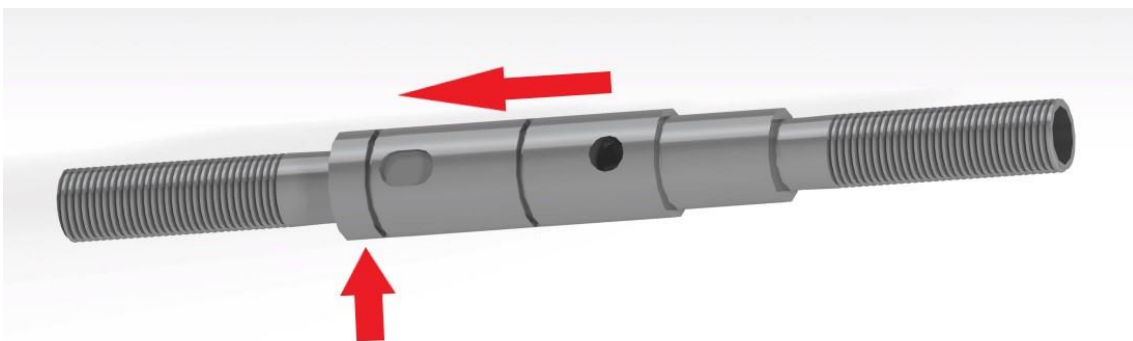


Figura 4.40 Vista en detalle del CILINDRADO_ACABADO_3 del eje (Fuente: elaboración propia)

CILINDRADO_ACABADO_1: Se reduce en 2 milímetros el diámetro del primer cilindrado para dejar un mejor acabado superficial terminando con 10 mm de diámetro.

CILINDRADO_ACABADO_2: Se reducirá el diámetro a 13 mm para un mejor acabado.

RANURADO_ACABADO_1: Se realizará a 45,2 mm del extremo de la barra una hendidura de 2 mm de profundidad y 1 mm de ancho.

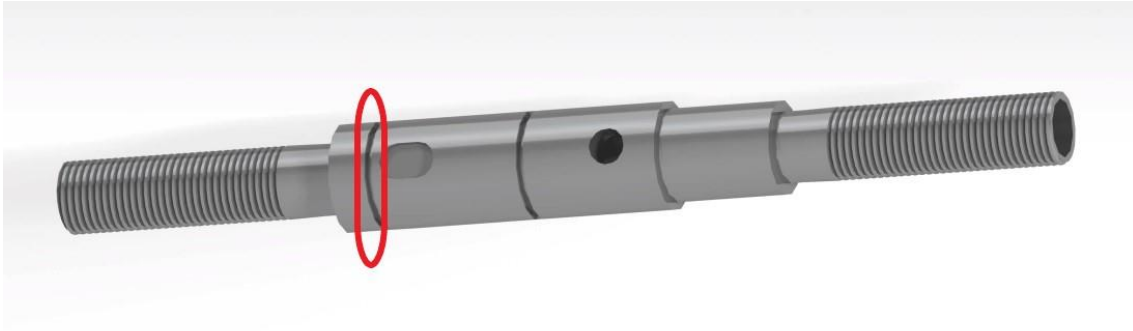


Figura 4.41 Vista en detalle del RANURADO_ACABADO_1 del eje (Fuente: elaboración propia)

RANURADO_ACABADO_2: Otra hendidura igual a la anterior será realizada a 75 mm del extremo.

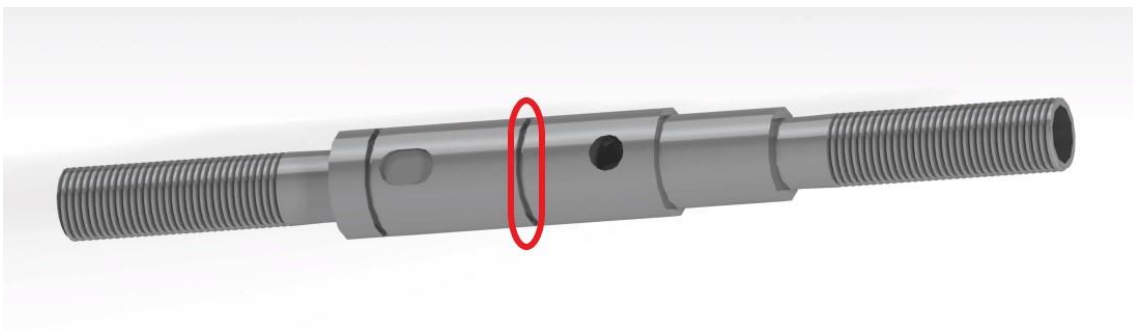


Figura 4.42 Vista en detalle del RANURADO_ACABADO_2 del eje (Fuente: elaboración propia)

ROSCADO: Se realiza el roscado en el extremo de M10 y 33 mm de longitud desde el mismo.

- **Taladradora:**

En la taladradora se realizará el agujero para poder pasar el cable del rotor.

TALADRADO_1: Se realiza un taladro de 5 mm de diámetro a 63 mm del extremo del eje.



Figura 4.43 Vista en detalle del TALADRADO_1 del eje (Fuente: elaboración propia)

TALADRADO_2: Se realiza el taladrado en la cara del extremo contrario del eje, este taladrado será de 8 mm de diámetro y 91 mm de profundidad



Figura 4.44 Vista en detalle del TALADRADO_2 del eje (Fuente: elaboración propia)

- **Fresado:**

En la fresadora se realizará el chavetero.

RANURADO: Se sujeta la pieza por su parte radial y se realiza el ranurado que generará el chavetero.

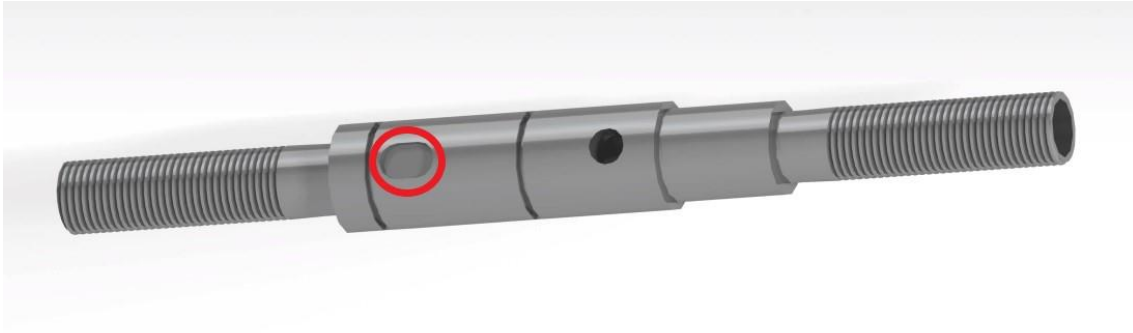


Figura 4.45 Vista en detalle del RANURADO del eje (Fuente: elaboración propia)

EJE

TORNEADO

PROCESO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA	PLAQUITA	VELOCIDAD DE CORTE [m/min]	AVANCE POR VUELTA [mm]	LONGITUD [mm]	TIEMPO [seg]
01	CARGA						132
20	CILINDRADO_DESBASTE_1	SSDCR 2020K 12	SCMT 12 04 12-MM 1125	136	0,29	40	2,484
30	CILINDRADO_DESBASTE_2	SSDCR 2020K 12	SCMT 12 04 12-MM 1125	151	0,24	10	0,696
40	CILINDRADO_ACABADO_3	SSDCR 2020K 12	SCMT 12 04 12-MM 1125	171	0,339	28	1,494
50	CILINDRADO_ACABADO_1	SSDCR 2020K 12	SCMT 12 04 12-MM 1125	126	0,41	40	1,656
60	CILINDRADO_ACABADO_2	SSDCR 2020K 12	SCMT 12 04 12-MM 1125	163	0,339	10	0,515
70	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
80	RANURADO_ACABADO_1	RF123T06-2020BM	N123T3-0160-0000-GS 1125	242	0,05	1	0,3
90	RANURADO_ACABADO_2	RF123T06-2020BM	N123T3-0160-0000-GS 1125	242	0,05	1	0,3
100	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
110	ROSCADO	266RFA-2020-16	266RG-16MM03A100M 1125	126	1	33	2,160

			5322 391-12 (Plaquita de apoyo)				
120	REPOSICIONAMIENTO						20
130	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
140	CILINDRADO_DESBASTE_4	SSDCR 2020K 12	SCMT 12 04 12- MM 1125	136	0,29	40	2,484
160	CILINDRADO_ACABADO_4	SSDCR 2020K 12	SCMT 12 04 12- MM 1125	126	0,41	40	1,656
170	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
180	ROSCADO	266RFA-2020-16	266RG- 16MM03A100M 1125 5322 391-12 (Plaquita de apoyo)	126	1	33	2,160
190	DESCARGA						12
200	LIMADO						60
210	COMPROBACIÓN						15
TOTAL DE FASE							434,905
FRESADO							
PROCESO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA	PLAQUITA	VELOCIDAD DE CORTE[m/min]	VELOCIDAD DE AVANCE [mm/rev]	LONGITUD [mm]	TIEMPO [seg]
01	CARGA						78,5
10	RANURADO ESFÉRICO	R216-32A32-070	R216-32 06 E-M 1130	315	0,703	18	3,036
20	DESCARGA						12
30	LIMADO						60

40	COMPROBACIÓN					15
TOTAL DE FASE						168,536
TALADRADO						
PROCESO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA	VELOCIDAD DE CORTE [m/min]	VELOCIDAD DE AVANCE [mm/min]	LONGITUD [mm]	TIEMPO [seg]
01	Carga					16
10	TALADRADO (M5)	CoroDrill 860 M5	184	2360	7,5	0,112
20	TALADRADO (M8)	CoroDrill 860 M8	101	800	91	9,110
30	DESCARGA					18
TOTAL DE FASE						43,222
TOTAL POR PIEZA						646,663

Tabla 4.13 Tabla de proceso del eje

TIEMPOS DE FABRICACIÓN PARA EL EJE:

Las piezas se entregarán cada 15 días:

$$\frac{4000 \text{ piezas}}{221 \text{ días laborables}} = 18 \text{ piezas/día} \cdot 15 \text{ días} = 270 \text{ piezas cada 15 días}$$

ACCIÓN	TIMEPO DE PROCESADO [h]	NÚMERO DE PIEZAS	TOTAL [h]
TORNEADO	0,121	4000	484
FRESADO	0,047	4000	188
TALADRADO	0,012	4000	48
TOTAL	0,18	4000	720

Tabla 4.14 Tabla de tiempos del eje

Torno:

$$270 \text{ piezas} \cdot 0,121 \frac{\text{h}}{\text{pieza}} = 32,67 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} = 4,08 \text{ días}$$

Fresado:

$$270 \text{ piezas} \cdot 0,047 \frac{\text{h}}{\text{pieza}} = 12,69 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} = 1,59 \text{ días}$$

Taladrado:

$$270 \text{ piezas} \cdot 0,012 \frac{\text{h}}{\text{pieza}} = 3,24 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} = 0,41 \text{ días}$$

Como se observa en los resultados, será suficiente con una máquina para cada proceso.

- Cremallera

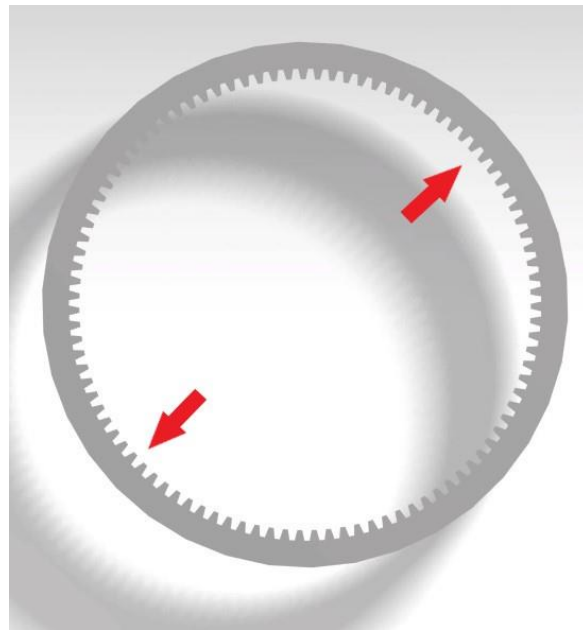
Este componente se dispondrá fijo en el interior de la carcasa y tendrá el objetivo de permitir el movimiento del sistema de tres engranajes sobre sí mismo.

- **Torno:**

TALADRADO: Se sujeta la pieza por su parte circular y se practica un taladrado en su parte central mediante una broca de M20.

MANDRINADO_DESBASTE: Partiendo del agujero anterior se cambia de herramienta y se comienza a ampliar el taladro hasta alcanzar un diámetro de 90mm.

ESCARIADO_ACABADO: Utilizando el mismo procedimiento, se elimina 2 mm más de material para obtener un mejor acabado.



*Figura 4.46 Vista en detalle del ESCARIADO_ACABADO de la cremallera
(Fuente: Elaboración propia)*

REFRENTADO_ACABADO_1: Agarrando la pieza por su parte interna, se reduce el grosor de una de las caras 1,2 mm.

REFRENTADO_ACABADO_2: Volteando la pieza, se practica el mismo proceso anterior en la cara contraria.



Figura 4.47 Vista en detalle del REFRENTADO_ACABADO_2 de la cremallera (Fuente: Elaboración propia)

CILINDRADO_DESBASTE: Con la misma sujeción, se aplica un cilindrado sobre la parte radial de la cremallera para reducir su diámetro hasta 110 mm

CILINDRADO_ACABADO: Finalmente se reduce en 3 mm el diámetro de la pieza dejando un buen acabado superficial.

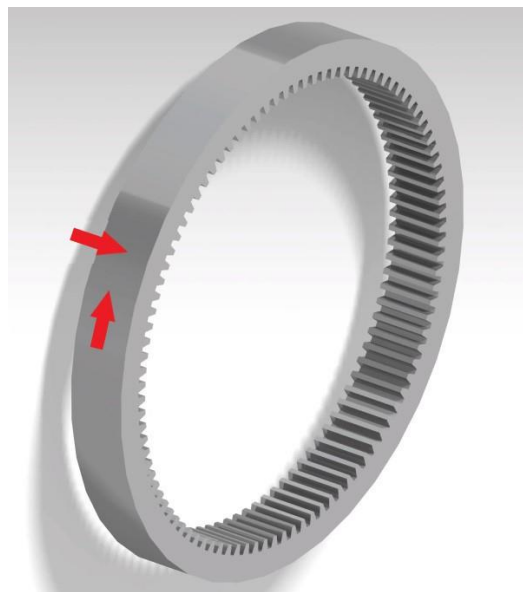


Figura 4.48 Vista en detalle del CILINDRADO_ACABADO de la cremallera (Fuente: Elaboración propia)

- **Fresadora CNC:**

Para tallar los dientes internos de la cremallera, se transporta hasta la fresadora de control numérico.

TALLADO_ACABADO: Se sujeta la pieza por su parte externa y trabajando sobre una de sus caras se comienza a tallar los dientes mediante una herramienta específica.

CREMALLERA

TORNEADO

PROCESO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA	PLAQUITA	VELOCIDAD DE CORTE [m/min]	AVANCE POR VUELTA [mm]	LONGITUD [mm]	TIEMPO [seg]
01	CARGA						132
10	TALADRADO M20	CoroDrill 870		210		14	1,548
20	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
30	MANDRINADO_DESBASTE	A16R-SSKCR 09-R	SCMT 09 T3 12-PR 4425	300	0,311	14	27,6
40	CMABIO DE HERRAMIENTA						45
50	ESCARIADO_ACABADO	TR-SL-D13XCR-25	TR-DC1312-M 4425 SL-2C 25 200 (Adaptador)	334	0,338	14	2,232
60	REPOSICIONAMIENTO						20
70	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
80	REFRENTADO_ACABADO_1	SSDCR 2020K 12	SCMT 12 04 12-MM 1125	136	0,41	1,2	0,293
90	REPOSICIONAMIENTO						20
100	REFRENTADO_ACABADO_2	SSDCR 2020K 12	SCMT 12 04 12-MM 1125	136	0,41	1,2	0,293
110	CAMBIO DE HERRAMIENTA						45
120	CILINDRADO_ACABADO	DSDNN 2525M 15	SNMG 15 06 16-PR 4425	279	0,707	3	2,406
130	DESCARGA						12
140	LIMADO						60

150	COMPROBACIÓN					15
TOTAL DE FASE					473,372	
FRESADO CNC						
PROCESO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA	VELOCIDAD DE CORTE[m/min]	VELOCIDAD DE AVANCE [mm/rev]	LONGITUD [mm]	TIEMPO [seg]
01	CARGA					78,5
10	TALLADO	CoroMill 180	197	0,4	92 (100 dientes)	80
20	DESCARGA					12
30	COMPROBACIÓN					30
TOTAL DE FASE					200,5	
TOTAL POR PIEZA					674	

Tabla 4.15 Tabla de proceso de la cremallera

TIEMPOS DE FABRICACIÓN PARA LA CREMALLERA:

Las piezas se entregarán cada 15 días:

$$\frac{4000 \text{ piezas}}{221 \text{ días laborables}} = 18 \text{ piezas/día} \cdot 15 \text{ días} = 270 \text{ piezas cada 15 días}$$

ACCIÓN	TIEMPO DE PROCESADO [h]	NÚMERO DE PIEZAS	TOTAL [h]
TORNEADO	0,131	4000	524
FRESADO	0,056	4000	224
TOTAL	0,187	4000	748

Tabla 4.16 Tabla de tiempos de la cremallera

Torno:

$$270 \text{ piezas} \cdot 0,131 \frac{\text{h}}{\text{pieza}} = 35,37 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} = 4,42 \text{ días}$$

Fresado:

$$270 \text{ piezas} \cdot 0,056 \frac{\text{h}}{\text{pieza}} = 15,12 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} = 1,89 \text{ días}$$

Como se observa en los resultados, será suficiente con una máquina para cada proceso.

4.5. Plantilla

En esta sección se presenta a los operarios y empleados que serán necesarios para el correcto funcionamiento de la nave industrial.

EMPLEADO	Nº	EXPERIENCIA [años]	SALARIO [€/mes]
Operario de turno	3	≥5	1817
Operario fresadora	2	≥5	1800
Operario general	2	≥5	1800
Supervisor	1	≥6	1917
Mozo de almacén	4	≥2	1580
Ingeniero Industrial	1	≥6	2250
Recepcionista	1	≥2	1500
Técnico en control de calidad	1	≥5	1375
Jefe	1	-	2500

Tabla 4.17 Tabla de empleados

La selección de empleados se ha realizado en función de la dificultad del trabajo que desempeñará cada asalariado, así como la experiencia necesaria para ejecutar de forma óptima las acciones más críticas del proceso de fabricación de los componentes que complementan el motor.

4.6. Disposición en planta de la maquinaria

La elección de la disposición de las máquinas [36], así como de las secciones de trabajo es un paso muy importante ya que supondrá la correcta secuencia de los procesos [37] que se requieren para fabricar las piezas y supondrá evitar pérdidas de tiempo que podrían significar retrasos en las entregas. Además, una correcta organización evita posibles accidentes laborales [38] si cada empleado sabe lo que tiene que hacer en cada momento y se encuentra en el puesto asignado.

Para la disposición de esta se han estudiado el siguiente reparto:

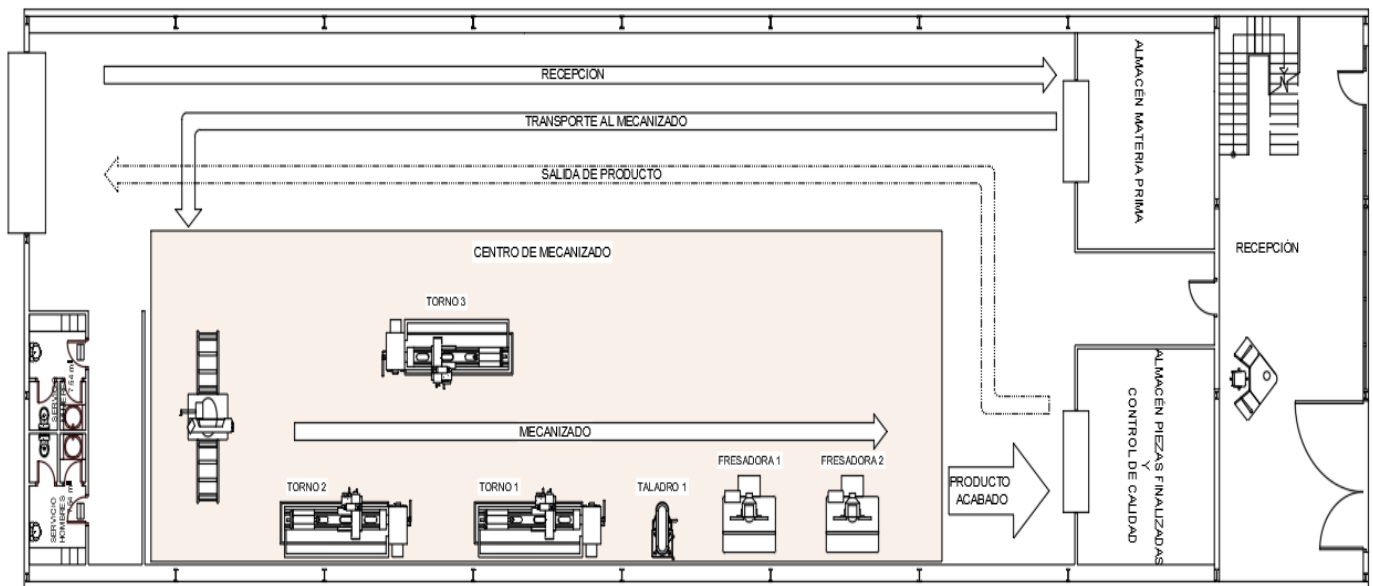


Figura 4.49 Disposición 1 (Fuente: elaboración propia)

La imagen anterior muestra un tipo de colocación en función al tipo de pieza tratada. Esta disposición está centrada en el requerimiento de cada pieza, en el caso de este proceso la mayoría de las piezas se van a comenzar mecanizando mediante torneado y taladrado, de ahí que se lleve en primera instancia la pieza a su recorte en la sierra de cinta y se pase directamente a la zona de torneado, para a continuación pasar a una zona de fresado.

4.7. Tiempos de acción

Para profundizar más en el proceso de fabricación de las piezas en este apartado se exponen los diagramas de proceso de cada una de las piezas que mostrarán la sucesión de pasos necesarios para la manufacturación de cada producto y, a parte, en esta misma sección se mostrará un diagrama de Gantt mostrando la secuencia de procesos de cada una de las piezas en un día normal de trabajo.

4.7.1. Diagramas de proceso

- Base de engranajes planetarios

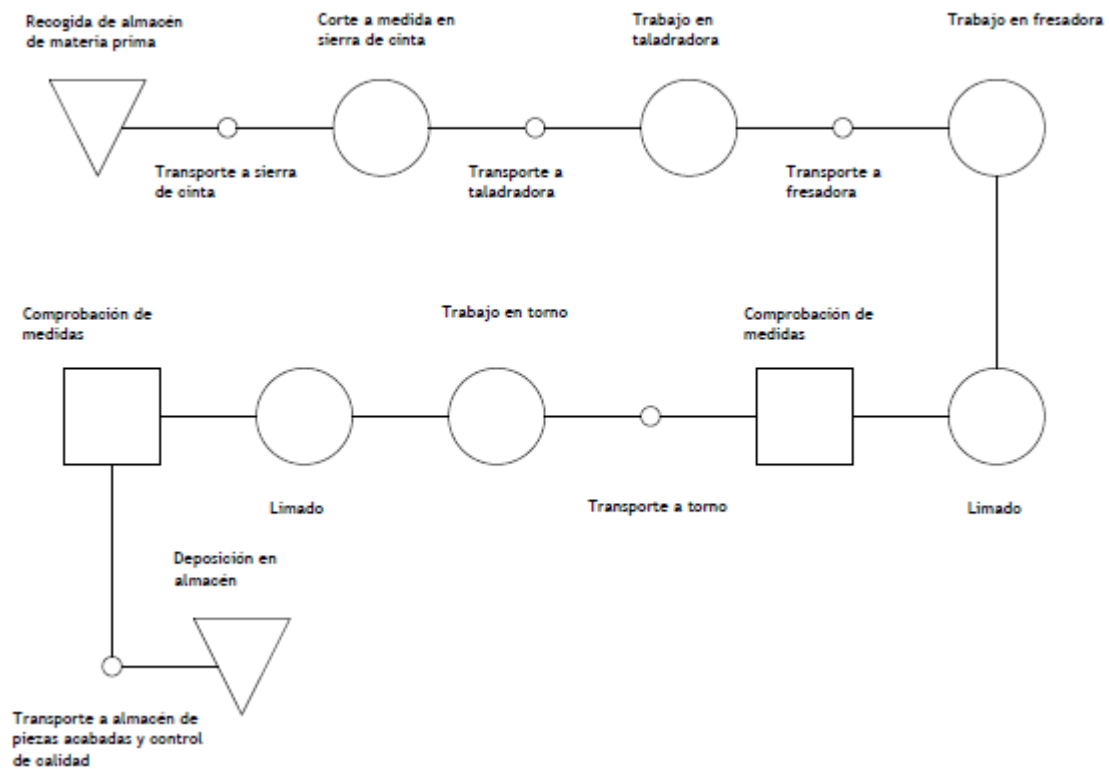


Figura 4.50 Diagrama de proceso de base de engranajes planetarios
(Fuente: Elaboración propia)

- Engranaje

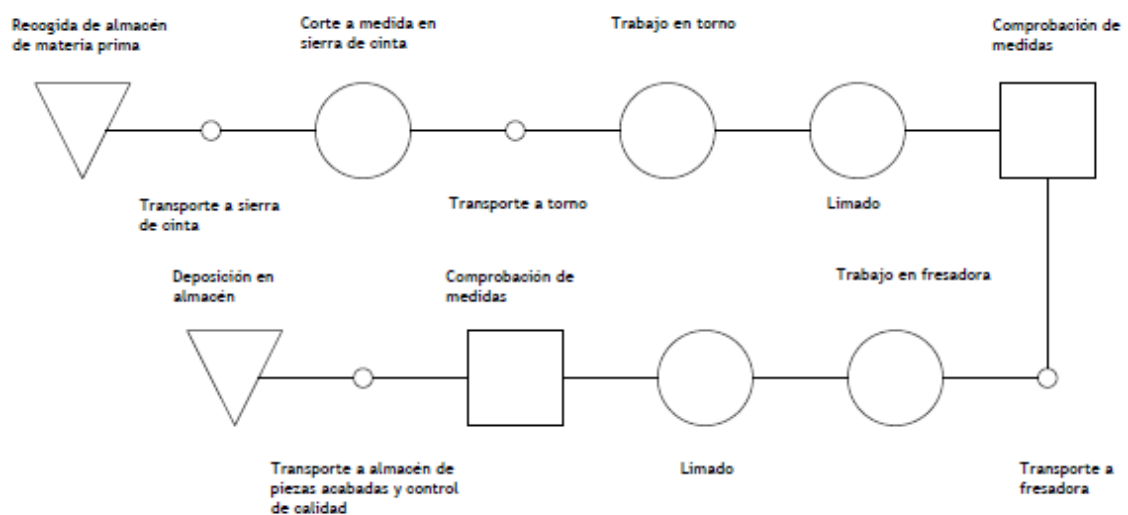


Figura 4.51 Diagrama de proceso de engranaje (Fuente: Elaboración propia)

- Tapa de base

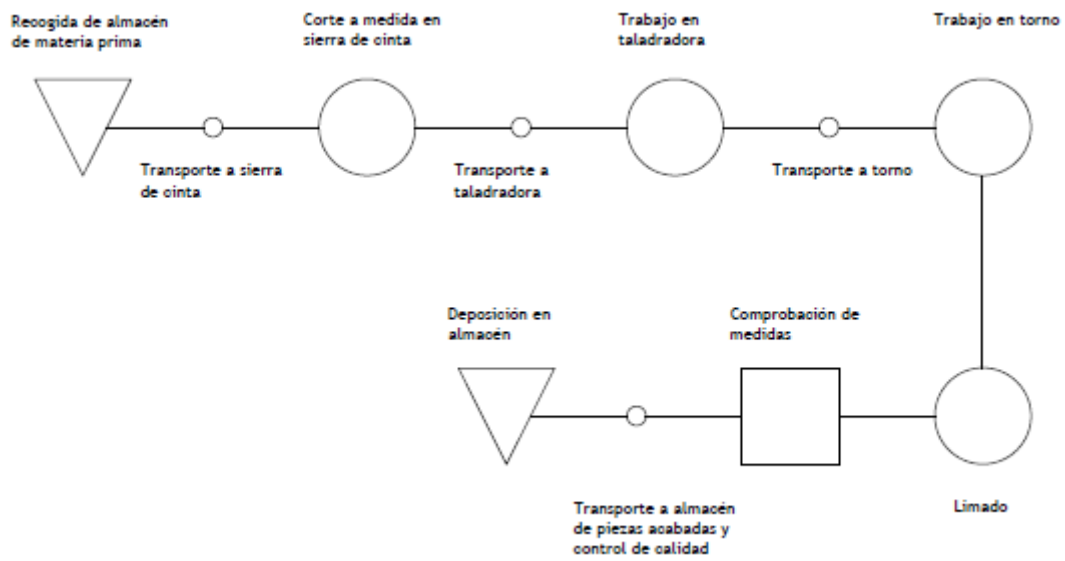


Figura 4.52 Diagrama de proceso de tapa de base (Fuente: Elaboración propia)

- Chavetero de la base

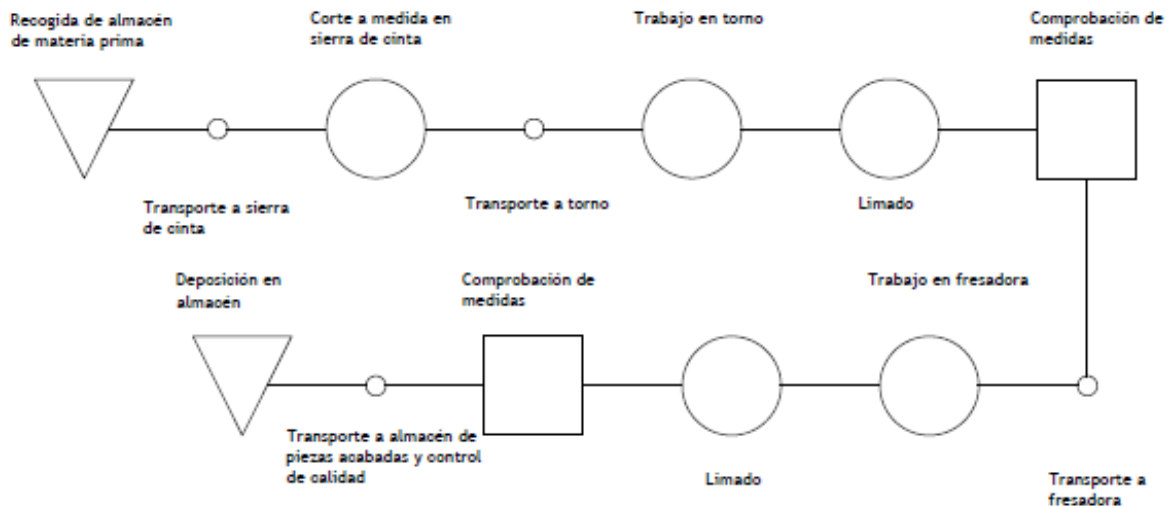


Figura 4.53 Diagrama de proceso de chavetero de la base (Fuente: Elaboración propia)

- Piñón

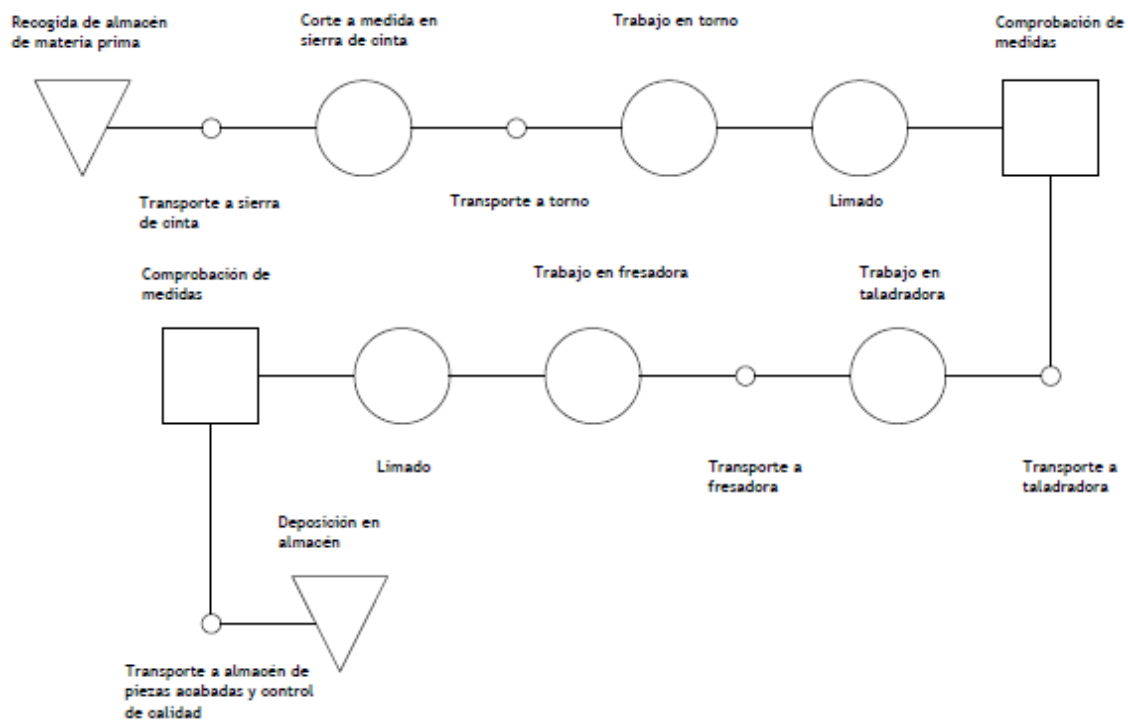


Figura 4.54 Diagrama de proceso de piñón (Fuente: Elaboración propia)

- Eje

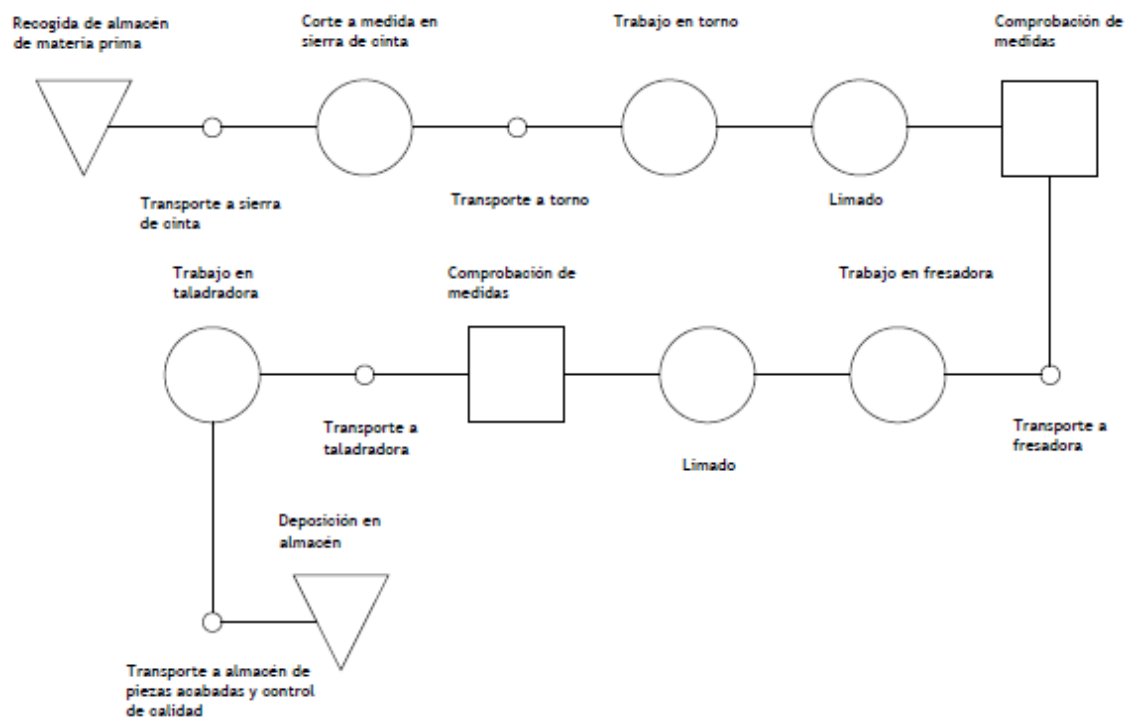


Figura 4.55 Diagrama de proceso de eje (Fuente: Elaboración propia)

- Cremallera

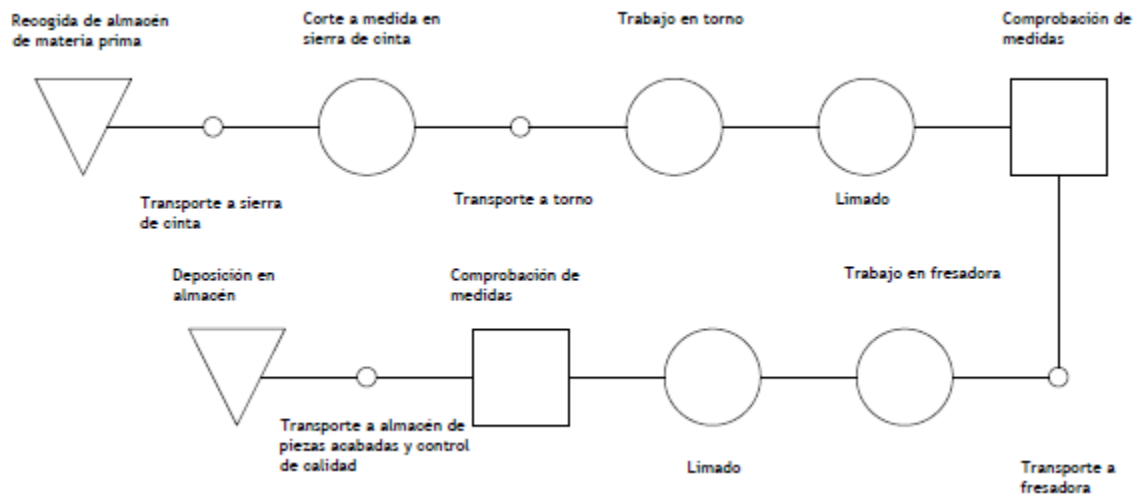


Figura 4.56 Diagrama de proceso de cremallera (Fuente: Elaboración propia)

4.7.2. Transcurso normal de un día de trabajo

En este apartado se muestra una parte del procesado de todas las piezas que se realizan en un día normal para tener una referencia de cómo se consigue realizar este trabajo a lo largo del día y se consigue cumplir con las entregas. Estas entregas, como vimos en el proceso productivo, serán de 270 piezas cada 15 días que ascienden a 4000 piezas al año y que, por tanto, se requerirá la fabricación de una media de 18 piezas diarias.

Se ha buscado reducir el número de máquinas a utilizar en este apartado y utilizar los mínimos recursos necesarios para conseguir unos productos de gran calidad a un precio razonable.

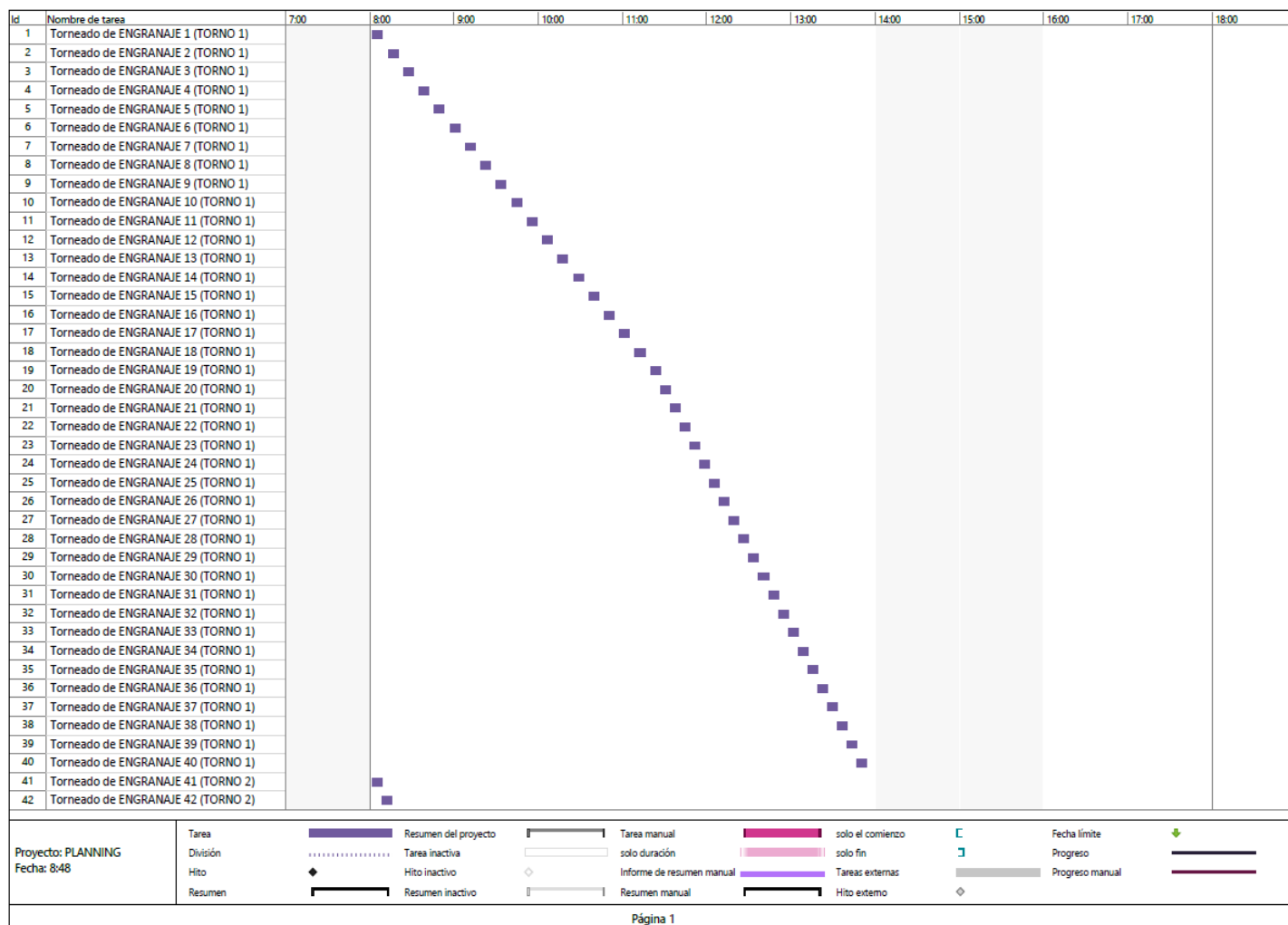


Figura 4.57 Fragmento de diagrama de Gantt del proceso diario (Fuente: Elaboración propia)

La imagen anterior muestra un fragmento de la distribución de los procesos a realizar en el presente proyecto, el resto se encuentra en el apartado de Anexos. A continuación, se presenta una tabla con la asignación que tiene cada operario con cada máquina y el tiempo que permanece activo en su puesto de mecanizado.

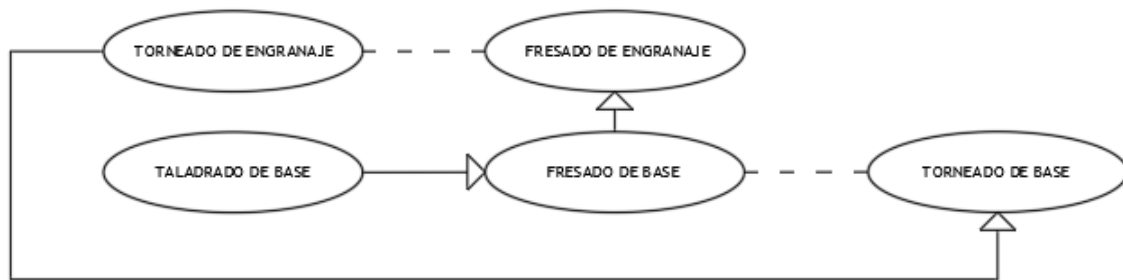
OPERARIO	MÁQUINA	TIEMPO EN MÁQUINA
Operario de torno 1	Torno 1	8-14 hrs / 16-18 hrs
Operario de torno 2	Torno 2	8-14 hrs / 16-18 hrs
Operario de torno 3 (media jornada)	Torno 3	8-14 hrs
Operario de fresadora 1	Fresadora 1	8-14 hrs / 16-18 hrs
Operario de fresadora 2	Fresadora 2	8-14 hrs / 16-18 hrs
Operario general de mecanizado 1	Taladradora	8-11:20 hrs / 13-14 hrs
Operario general de mecanizado 2	Sierra de cinta	8-10 hrs

Tabla 4.18 Asignación de operarios a cada máquina

En cuanto al resto de horas de trabajo del segundo operario general de mecanizado, las ocupará en labores de transporte entre máquinas y transporte de las piezas acabadas al almacén para su comprobación y posterior almacenaje.

Con el fin de exponer de forma más sencilla la forma en la que se realizan las piezas, se procede a explicar la sucesión de la fabricación de los engranajes y de las bases ya que es la más complicada de entender. Para la fabricación de las piezas mencionadas anteriormente se procede de la siguiente forma:

Las piezas se irán intercalando en función de la máquina que ha de actuar. Comienzan a la vez ambas piezas, el engranaje se inicia en el torno y la base en la taladradora; la base, una vez acabado su taladrado, pasará a la fresadora. El engranaje terminará su torneado al mismo tiempo que la base termina su fresado, por tanto, una vez que la fresadora y el torno están libres, se procede al fresado del engranaje y al torneado de la base. Finalmente, en cuanto el torno vuelva a estar operativo se comenzará a torner el siguiente engranaje de tal forma que se reiniciará el ciclo. Para entender lo anterior se muestra el siguiente esquema:



En cuanto al resto de piezas, se procede de tal forma como se muestra en el apartado de Anexos. En cuanto las máquinas estén operativas se procede a realizar la siguiente pieza sin realizar intercalados.

4.8. Costes

En este apartado se va a describir el gasto económico que supondrá la consecución de este proyecto y, en función de esos costes, el precio estimado de la fabricación de los motores y el costo estimado por pieza.

Se hablará del gasto de amortización de las máquinas necesarias para poder crear los componentes internos de los motores a partir de la materia prima, la cual también supondrá un coste que habrá que tener en cuenta. Además de esto, se tendrá en cuenta el costo de herramienta que se utilizará en cada fase de proceso.

En esta sección también se incluirá el coste que supondrá la contratación de los empleados que realizarán el trabajo necesario para hacer funcionar la nave industrial y permita la correcta consecución del proyecto.

Por último, se han de tener en cuenta los costes indirectos derivados de los salarios de los empleados, las subcontrataciones tanto de limpieza y mantenimiento, el alquiler de la nueva nave industrial para desarrollar este proyecto y los costes derivados de la luz y la calefacción. Este conjunto de costes permitirá calcular los costes fijos totales.

4.8.1. Amortización de maquinaria

En este apartado se calcula la depreciación de las máquinas [39].

GRUPO	ELEMENTOS PATRIMONIALES	COEFICIENTE LINEAL MÁXIMO [%]	PERÍODO MÁXIMO [AÑOS]
1	Edificios y otras construcciones	3	68
2	Instalaciones, mobiliario, enseres y resto del inmovilizado material	10	20
3	Maquinaria	12	18
4	Elementos de Transporte	16	14
5	Equipos para tratamiento de la información y sistemas y programas informáticos	26	10
6	Útiles y herramientas	30	8
7	Ganado vacuno, porcino, ovino y caprino	16	14
8	Ganado equino y frutales no cítricos	8	25
9	Frutales cítricos y viñedos	4	50
10	Olivar	2	100

Tabla 4.19 Tabla amortizaciones de Agencia Tributaria (Fuente: [40])

AÑO	PORCENTAJE ANUAL
2021	3,00
2020	3,00
2019	3,00
2018	3,00
2017	3,00
2016	3,00
2015	3,50
2014	4,00
2013	4,00
2012	4,00
2011	4,00
2010	4,00
2009 hasta marzo	5,50
2009 desde abril	4,00

Tabla 4.20 Tabla de valor del dinero (Fuente: [41])

Para realizar el cálculo de amortización de cada máquina es necesario apoyarse en los datos de las tablas anteriores y se emplea la fórmula de coste de amortización simple uniforme [42]:

C =

$$C = \frac{\text{Coste de maquinaria} \cdot (1 + \text{valor del dinero} \cdot \text{años de amortización}) \cdot \text{N}^\circ \text{ de máquinas}}{\text{período máximo}}$$

Ecuación 4.1

- Tornos GILDERMEINSTER CTX BETA 1250 TC:

$$C = \frac{220000 \cdot (1 + 0,04 \cdot 12)}{18} \cdot 3 = 54266,67 \text{ €/año}$$

- Fresadoras DMG NVD 4000 DCG:

$$C = \frac{254000 \cdot (1 + 0,055 \cdot 13)}{18} \cdot 2 = 48401,12 \text{ €/año}$$

- Taladradoras ZIMMER MAXION BS50 AVST:

$$C = \frac{24145,70 \cdot (1 + 0,03 \cdot 6)}{18} = 1582,88 \text{ €/año}$$

- Sierra de cinta BOMAR 520.360 DGH:

$$C = \frac{26912,44 \cdot (1 + 0,04 \cdot 11)}{18} = 2153 \text{ €/año}$$

4.8.2. Salarios

En esta parte se refleja una visión del posible coste de cada operario y empleado en función del salario medio en España en cada uno de los puestos de trabajo que se requieren para el correcto funcionamiento de la fábrica.

La elección del personal se lleva a cabo en función a la dificultad del trabajo al que estará destinado cada uno de los empleados, así como la experiencia necesaria para desarrollar un proyecto de estas dimensiones de forma óptima y en el plazo estimado.

EMPLEADO	Nº	EXPERIENCIA [años]	SALARIO [€/mes]
Operario de torno	2	≥5	1817
Operario de torno (media jornada)	1	≥2	1272
Operario fresadora	2	≥5	1800
Operario general en mecanizado (media jornada)	2	≥2	1260
Supervisor	1	≥6	1917
Mozo de almacén	4	≥2	1580
Ingeniero Industrial	1	≥6	2250
Recepcionista	1	≥2	1500
Técnico en control de calidad	1	≥5	1375
Jefe	1	-	2500

Tabla 4.21 Tabla de salarios (Fuente: [43])

4.8.3. Mano de obra

Aquí se tendrá en cuenta la amortización de la maquinaria como el coste de los salarios de los empleados para poder obtener el gasto en mano de obra generado por el uso de cada máquina.

Este coste de la mano de obra se calculará atendiendo al coste que supone cada máquina utilizada, el sueldo de cada operario, los meses de trabajo al año, una tasa especial a modo de coeficiente y, finalmente, las horas de trabajo y funcionamiento por año. Para estimar este coste se utilizará la siguiente expresión [44]:

$$C = \frac{\text{Coste de la máquina} + \text{Salario del operario} \cdot \text{Meses de trabajo al año}}{\text{Tasa} \cdot \text{Horas de funcionamiento}}$$

Ecuación 4.2

- Tornos:

- Torno 1:

$$C = \frac{18083,89 + 1817 \cdot 11}{0,8 \cdot 1768} = 27 \text{ €/h}$$

- Torno 2:

$$C = \frac{18083,89 + 1817 \cdot 11}{0,8 \cdot 1768} = 27 \text{ €/h}$$

- Torno 3:

$$C = \frac{18083,89 + 1272 \cdot 11}{0,8 \cdot 1326} = 36 \text{ €/h}$$

- Fresadoras:

- Fresadora 1:

$$C = \frac{24200,56 + 1800 \cdot 11}{0,8 \cdot 1768} = 31,24 \text{ €/h}$$

- Fresadora 2:

$$C = \frac{24200,56 + 1800 \cdot 11}{0,8 \cdot 1768} = 31,24 \text{ €/h}$$

- Taladradora:

$$C = \frac{1582,86 + 1260 \cdot 11}{0,8 \cdot 1326} = 15 \text{ €/h}$$

Una vez hechos estos cálculos, se procede a obtener el cómputo total de los costes de mano de obra:

$$Ct = 27 \text{ €/h} \cdot 2 + 36 + 31,24 \text{ €/h} \cdot 2 + 15 \text{ €/h} = 167,5 \text{ €/h}$$

4.8.4. Costes indirectos

Sumando todos los salarios de los empleados de la fábrica obtenemos un total de 26888 €/mes. A parte de estos salarios, se va a realizar la subcontratación de un equipo de limpieza industrial y de un equipo de mantenimiento, estos tienen un coste estimado de 700 €/mes y 910 €/mes respectivamente. En la localidad de Ponferrada se encuentra una empresa que ofrece ambos servicios Limpiezas Bierlaller S.L.

Además de estos costes de salario, es necesario añadir los costes derivados del gasto energético de electricidad y gasóleo.

El precio medio del kWh ronda los 0.08986 €/kWh de media, mientras que el gasóleo es de 0,939 €/L.

El cálculo para el precio del gasto eléctrico en un mes tipo es el siguiente:

$$0,08986 \text{ €/kWh} \cdot 250 \text{ kW} \cdot 8\text{h} \cdot 22 \text{ días} = 3953,89 \text{ €/mes}$$

Mientras que, el precio para el gasto de calefacción será el siguiente:

$$0,939 \text{ €/L} \cdot 4\text{L/h} \cdot 8\text{h} \cdot 22 \text{ días} = 661,056 \text{ €/mes}$$

Finalmente, habrá que tener en cuenta el alquiler de la nave industrial que rondará los 1400 € mensuales.

Vistos todos los costes indirectos, se obtiene un importe mensual final de 34512,946 €/mes, lo que supone un coste por hora de 47,28 €/h. Ahora se aplica la fórmula siguiente para obtener el Índice de Capacidad de Coste (ICC):

$$CCI = 1 + \frac{\text{Costes indirectos a la hora}}{\text{Costes directos de la mano de obra a la hora}} \quad \text{Ecuación 4.3}$$

Por tanto,

$$CCI = 1 + \frac{47,28 \text{ €/h}}{167,5 \text{ €/h}} = 1,28$$

Calculado este índice, se obtiene los siguientes costes fijos totales:

$$CF_{\text{totales}} = 167,5 \cdot 1,28 = 214,4 \text{ €/h}$$

4.8.5. Coste de herramienta

Aquí se ofrecerá una explicación de los costes derivados de los procesos de mecanizado en función de las herramientas y kits de herramientas aplicados en cada fase del proceso de fabricación de cada componente.

BASE DE ENGRANAJES			
TALADRADORA			
HERRAMIENTA	COSTE [€]	CANTIDAD	TOTAL [€/año]
CoroDrill 860 M5	78,1	1	78,1
CoroDrill 860 M8	87,2	1	87,2
CoroDrill 860 M10	105,2	1	105,2
FRESADORA			
HERRAMIENTA	COSTE [€]	CANTIDAD	TOTAL [€/año]
CoroMill Plura 2F342-0800-050-PC 1730	110,00	12	1100
CoroMill 2P340-1600-PA 1630	283,00	10	2830
CoroDrill Plura 2P342-0400-PA 1730	74,40	4	197,6
TORNO			
HERRAMIENTA	COSTE [€]	CANTIDAD	TOTAL [€/año]
PRDCN 2525M 12 + RCMT 12 04 MP-H7 4425	93,00 + 13,35	4	425,4
TOTAL			4823,5 €/año
ENGRANAJE			
FRESADORA			
HERRAMIENTA	COSTE [€]	CANTIDAD	TOTAL [€/año]
CoroMill 180	320,00	20	6400
TORNO			
HERRAMIENTA	COSTE [€]	CANTIDAD	TOTAL [€/año]
CoroDrill 860 M10	105,2	1	105,2
A08H-SCLCR 06-R + CCMT 06 02 08-UM 1125	111,00 + 8,44	20	2388,8
A12M-SDXCR 07-R + DCMT 07 02 08-UM 4425	111,00 + 9,05	2	240,1

DSSNR 2020K 12 + SNMG 12 04 16-PR 4425	88,10 + 13,00	3	303,3
PRGCR 2525M 16 + RCMT 16 06 MP-H7 4425	93,00 + 24,65	1	117,65
SRDCR 2020K 08-A + RCMT 08 03 MP-L3 4425	93,00 + 10,40	2	206,8
TOTAL			9761,85 €/año
TAPA DE LA BASE			
TALADRADORA			
HERRAMIENTA	COSTE [€]	CANTIDAD	TOTAL [€/año]
CoroDrill 860 M5	78,1	1	78,1
CoroDrill 860 M8	87,2	1	87,2
CoroDrill 860 M10	105,2	1	105,2
TORNO			
HERRAMIENTA	COSTE [€]	CANTIDAD	TOTAL [€/año]
A08H-SCLCR 06-R + CCMT 06 02 08-UM 1125	111,00 + 8,44	9	1074,96
A12M-SDXCR 07-R + DCMT 07 02 08-UM 4425	111,00 + 9,05	1	120,05
PRGCR 2525M 16 + RCMT 16 06 MP-M3 4425	93,00 + 24,65	13	1529,45
DSBNR 2525M 15 + SNMG 15 06 16-PR 4425	93,00 + 20,55	1	113,55
TOTAL			2838,01 €/año
PIÑÓN			
TALADRADORA			
HERRAMIENTA	COSTE [€]	CANTIDAD	TOTAL [€/año]
CoroDrill 860 M3	58,4	1	58,1
CoroDrill 860 M4	65,2	1	65,2
FRESADORA			
HERRAMIENTA	COSTE [€]	CANTIDAD	TOTAL [€/año]
CoroMill 180	320,00	17	5440
TORNO			
HERRAMIENTA	COSTE [€]	CANTIDAD	TOTAL [€/año]
CoroDrill 860 M10	105,2	1	105,2
A08H-SCLCR 06-R + CCMT 06 02 08-UM 1125	111,00 + 8,44	18	2149,92
PRGCR 2525M 16 + RCMT 16 06 MP-H7 4425	93,00 + 24,65	6	705,9

QS-SRDCN-202025-10XC + RCMT 10 T3 MP-H7 4425	263,00 + 11,20	1	274,2
DSBNR 2020K 12 + SNMG 12 04 16-PR 4425	88,10 + 13,00	1	101,1
TOTAL			8899,62 €/año
CREMALLERA			
FRESADORA			
HERRAMIENTA	COSTE [€]	CANTIDAD	TOTAL [€/año]
CoroMill 180	320,00	30	9600
TORNO			
HERRAMIENTA	COSTE [€]	CANTIDAD	TOTAL [€/año]
CoroDrill 870 M10	381	1	381
A16R-SSKCR 09-R + SCMT 09 T3 12-PR 4425	111,00 + 10,50	62	7471
TR-SL-D13XCR-25 + TR-DC1312-M 4425 + SL-2C 25 200	404,00 + 14,40 + 236,00	5	3272
SSDCR 2020K 12 + SCMT 12 04 12-MM 1125	110,00 + 13,70	2	247,4
DSDNN 2525M 15 + SNMG 15 06 16-PR 4425	93 + 20,55	6	681,3
TOTAL			21652,7 €/año
CHAVETERO DE LA BASE			
FRESADORA			
HERRAMIENTA	COSTE [€]	CANTIDAD	TOTAL [€/año]
QD-J-100X22-M + QD-NJ-0476-030M-PM 4340	682,00 + 17,20	2	699,2
TORNO			
HERRAMIENTA	COSTE [€]	CANTIDAD	TOTAL [€/año]
CoroDrill 860 M10	105,2	1	105,2
A08H-SCLCR 06-R + CCMT 06 02 08-UM 1125	111,00 + 8,44	5	597,2
DSDNN 2020K 12 + SNMG 12 04 16-PR 4425	93,00 + 24,65	1	117,65
PRGCR 2525M 16 + RCMT 16 06 MP-H7 4425	93,00 + 24,65	2	235,3
PRGCR 2525M 16 + RCMT 16 06 MP-L3 4425	93,00 + 24,65	2	235,3
TOTAL			1989,85 €/año

EJE			
TALADRADORA			
HERRAMIENTA	COSTE [€]	CANTIDAD	TOTAL [€/año]
CoroDrill 860 M5	78,1	1	78,1
CoroDrill 860 M8	87,2	1	87,2
FRESADORA			
HERRAMIENTA	COSTE [€]	CANTIDAD	TOTAL [€/año]
R216-32A32-070 + R216-32 06 E-M 1130	62,20 + 457,00	7	3634,4
TORNO			
HERRAMIENTA	COSTE [€]	CANTIDAD	TOTAL [€/año]
SSDCR 2020K 12 + SCMT 12 04 12-MM 1125	93,00 + 13,70	25	2667,5
RF123T06-2020BM + N123T3-0160-0000- GS 1125	103,00 + 38,00	2	282
266RFA-2020-16 + 266RG-16MM03A100M 1125 + 5322 391-12	139,00 + 38,75 + 20,70	10	1984,5
TOTAL			8733,7 €/año

Tabla 4.22 Tabla de costes de herramientas

Para entender la metodología de cálculo empleada para obtener el número de herramientas necesarias en función de su uso, se toma como ejemplo el primer componente descrito en la tabla anterior “base de engranajes planetarios”.

La primera operación que se aplica en este componente es un desbaste en un torno. Tenemos:

$$\text{Precio de mango} + \text{precio de plaquita} = 93 + 13,35 = 106,35 \text{ €}$$

Este conjunto de herramienta y plaquita es utilizado para confeccionar esta pieza en los procesos siguientes: CILINDRADO_DESBASTE_1, CILINDRADO_ACABADO_1 y CHAFLANADO.

La suma de los tiempos estimados de cada una de estas operaciones será:

$$\Sigma T = 0,804 + 0,494 + 0,500 = 1,798 \text{ s}$$

Al año se deben fabricar 6000 piezas: $N_p = 4000 \text{ piezas/año}$

El tiempo de vida útil de este conjunto es de 30 minutos: $V_u = 30 \text{ min}$

La fórmula empleada es la siguiente [44]:

$$N^{\circ} \text{ de herramientas} = \frac{\sum T \cdot N^{\circ} \text{ piezas} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}}{V_u} \quad \text{Ecuación 4.4}$$

Por tanto,

$$N^{\circ} \text{ de herramientas} = \frac{1,798 \cdot 4000 \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}}{30} = 3,995 = 4 \text{ herramientas}$$

Es decir, en el caso concreto del ejemplo, se requerirán siete conjuntos de este tipo en función a la vida útil de los mismos para llegar a realizar el objetivo de 4000 piezas al año.

Habiendo hecho todos los cálculos, se obtiene un gasto anual de herramienta para la fabricación de motores de: **52299,23 €/año.**

4.8.6. Coste del utillaje

En esta sección se describirán los utillajes seleccionados en función del tipo de agarre requerido en cada máquina.

- Fresadoras CNC:

Para este tipo de máquina se ha optado el modelo HELFER MP1A-125, una mordaza de precisión con una apertura de boca de hasta 150 mm con un precio estimado de 835 €. Este tipo de mordaza viene con una serie de accesorios que permite una total adaptabilidad a cada pieza.

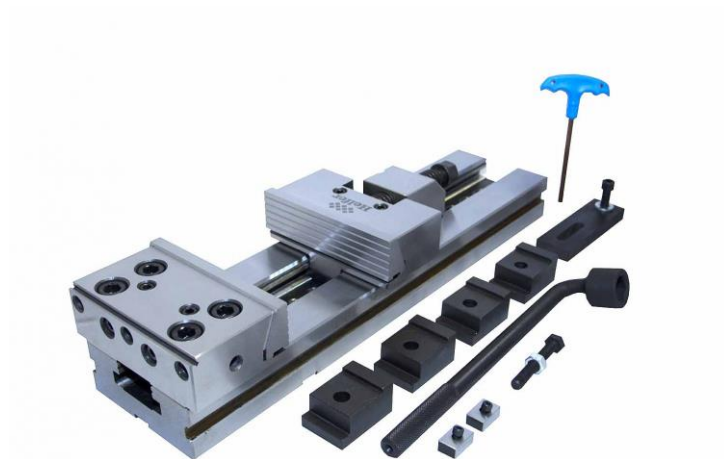


Figura 4.58 Mordaza de precisión (Fuente: [45])

- Tornos:

En cuanto a los tornos el plato de garras seleccionado será un plato de garras marca HELFER con una apertura de 200 mm y un precio estimado de 335 €.

En el caso de los tornos se ha optado por un plato de 3 garras simple que tenga una apertura lo suficientemente grande como para sujetar la pieza de mayor diámetro que se requiera trabajar.



Figura 4.58 Plato de garras (Fuente: [46])

- Taladradoras:

Finalmente, para las taladradoras se ha optado por una mordaza HELFER MU125 con una apertura de boca de 85 mm y un precio estimado de 258 €.

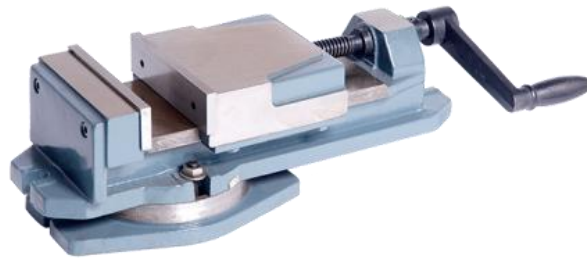


Figura 4.60 Mordaza (Fuente: [47])

En cuestión de las taladradoras, al igual que en los tornos, se ha optado por una opción simple, pero de calidad. Se elige una mordaza con una apertura suficiente para el trabajo requerido y un buen peso para evitar vuelcos o movimientos inesperados.

4.8.7. Coste del material

Se pasa ahora a hablar del gasto en material y su tipo. El material elegido para la fabricación de todos los componentes internos que se van a conformar en este proyecto es un acero el medio carbono de la serie 1040, debido a la gran resistencia mecánica que posee este material y la facilidad de trabajo en frío que ofrece.



Figura 4.61 Tochos de acero (Fuente: Google Images)

En cuanto al gasto, el precio al que se ha encontrado el redondo macizo de acero es de 591,25 €/tonelada. Para realizar las piezas requeriremos dos diámetros: 45 mm y 115 mm.

ACEROS MACIZOS KILOS POR METRO				
Medida	FORMA			Medida
	Redondo	Hexagonal	Cuadrado	
mm				
6	0.22	0.24	0.28	¼
8	0.40	0.44	0.51	5/16
10	0.62	0.68	0.79	3/8
11	0.75	0.82	0.96	7/16
12	0.89	0.98	1.14	15/32
13	1.05	1.15	1.34	½
14	1.22	1.33	1.55	9/16
16	1.59	1.74	2.02	5/8
17	1.79	1.97	2.28	11/16
19	2.24	2.46	2.85	¾
20	2.48	2.72	3.16	13/16
22	3.00	3.29	3.82	7/8
25	3.88	4.25	4.93	1
27	4.52	4.96	5.76	1.1/16
28	4.86	5.33	6.19	1.1/8
30	5.58	6.12	7.11	1.3/16
32	6.35	6.96	8.09	1.1/4
35	7.60	8.33	9.68	1.3/8
38	8.95	9.82	11.41	1.1/2
40	9.92	10.88	12.64	1.9/16
41	10.42	11.43	13.28	1.5/8
45	12.56	13.77	16.00	1.3/4
51	16.13	17.69	20.55	2
57	20.14	22.09	25.68	2.1/4
60	22.32	24.48	28.44	2.3/8
63	24.61	26.99	31.36	2.1/2
70	30.38	33.32	38.71	2.3/4
76	35.81	39.28	45.63	3
80	39.68	43.52	50.56	3.1/8
85	44.79	49.13	57.07	3.1/4
90	50.22	55.08	63.99	3.1/2
95	55.96	61.37	71.30	3.3/4
100	62.00	68.00	79.00	3.7/8
102	64.51	70.75	82.19	4
105	68.36	74.97	87.10	4.1/8
110	75.02	82.28	95.59	4.3/8
115	82.00	89.93	104.5	4.1/2
120	89.28	97.92	113.8	4.3/4
127	100.0	109.7	127.4	5
130	104.8	114.9	133.5	5.1/8
140	121.5	133.3	154.8	5.1/2
150	139.5	153.0	177.8	5.7/8
155	148.9	163.4	189.8	6
160	158.7	174.1	202.4	6.1/4
165	168.8	185.1	215.1	6.1/2
170	179.2	196.5	228.3	6.3/4
180	200.9	220.3	256.0	7
190	223.8	245.5	285.2	7.1/2
205	260.6	285.8	332.0	8

Tabla 4.23 Tabla de barras de acero

Según la tabla anterior, para los 45 mm el peso para una barra maciza de acero es de 12,56 Kg/m y para los 115 mm el peso será de 82 Kg/m, por tanto, el precio para el redondo de 45 mm de diámetro será de 7,426 €/m y para el de 115 mm, será de 48,49 €/m.

En nuestro caso para fabricar un motor se necesitarán mínimo una barra de cada dimensión lo que supondrá un coste de material de 55,916 €.

4.8.8. Coste por pieza

Teniendo en cuenta todos los costes obtenidos anteriormente es posible estimar el coste por pieza empleando la siguiente expresión:

Coste por pieza = Costes totales fijos · Tiempo total de fabricación + Coste de la herramienta por pieza + Coste de utillajes + Coste del material [44]

Desglosando el coste por cada componente se obtienen los siguientes datos:

- Base de engranajes:

$$C_p = 214,4 \text{ €/h} \cdot 0,177 \text{ h} + (4823,5 \text{ €/año} / 4000 \text{ piezas/año}) + (835 + 335 + 258) \text{ €/4000 piezas} = 39,52 \text{ €}.$$

- Engranajes:

$$C_p = 214,4 \text{ €/h} \cdot 0,176 \text{ h} + (9761,85 \text{ €/año} / 12000 \text{ piezas/año}) + (835 + 335 + 258) \text{ €/12000 piezas} = 38,67 \text{ €}.$$

- Tapas de la base

$$C_p = 214,4 \text{ €/h} \cdot 0,153 \text{ h} + (2838,01 \text{ €/año} / 8000 \text{ piezas/año}) + (835 + 335 + 258) \text{ €/8000 piezas} = 33,34 \text{ €}.$$

- Piñón

$$C_p = 214,4 \text{ €/h} \cdot 0,205 \text{ h} + (8899,62 \text{ €/año} / 4000 \text{ piezas/año}) + (835 + 335 + 258) \text{ €/4000 piezas} = 57,54 \text{ €}.$$

- Cremallera

$$C_p = 214,4 \text{ €/h} \cdot 0,187 \text{ h} + (21652,7 \text{ €/año} / 4000 \text{ piezas/año}) + (835 + 335 + 258) \text{ €/4000 piezas} = 45,87 \text{ €}.$$

- Chavetero de la base

$$C_p = 214,4 \text{ €/h} \cdot 0,19 \text{ h} + (1989,85 \text{ €/año} / 4000 \text{ piezas/año}) + (835 + 335 + 258) \text{ €/4000 piezas} = 41,59 \text{ €}.$$

- Eje

$$C_p = 214,4 \text{ €/h} \cdot 0,18 \text{ h} + (8733,7 \text{ €/año} / 4000 \text{ piezas/año}) + (835 + 335 + 258) \text{ €/4000 piezas} = 41,14 \text{ €}.$$

Para la fabricación de un motor se necesitarán al menos una barra de acero 1040 de cada diámetro, ya que se venden por metro de material se considerará el coste de una barra de cada diámetro por metro de material el cual asciende a 55,916. El cálculo del coste del motor sabiendo ya el coste por pieza calculado anteriormente será:

$$C_{\text{motor}} = 39,52 \text{ €} + 38,67 \text{ €} \cdot 3 + 33,34 \text{ €} \cdot 2 + 57,54 \text{ €} + 45,87 \text{ €} + 41,59 \text{ €} + 41,14 \text{ €} + 55,916 \text{ €} = 464,27 \text{ €/motor}$$

Si se quiere calcular el motor al completo, a el coste de la fabricación de este proyecto habría que sumarle el coste de la carcasa conformada de aluminio, los componentes eléctricos y los pernos, tornillos, tuercas, juntas y cojinetes que requiere el motor para poder realizar su montaje.

4.9. Montaje

En esta parte se tratará de dar una perspectiva de cómo se realiza el montaje de todas las piezas que forman el conjunto del motor, así como poner en conocimiento el funcionamiento del mismo.

La base sobre la que se irán montando todos los componentes de este motor es el eje. Este eje cuenta con una serie de hendiduras, en dos de ellas se alojarán sendos circlips y la última se usará como chavetero para realizar la sujeción del conjunto de la base de engranajes.

Partiendo del eje, lo primero que se coloca sobre el mismo es el estátor del motor con su parte electrónica. Este estátor quedará anclado al eje mediante presión al forzarlo a introducirlo en el mismo, el cable de éste se introducirá en el agujero realizado en el propio eje que lo conduce hasta el extremo del mismo para poder conectarlo a una batería externa.

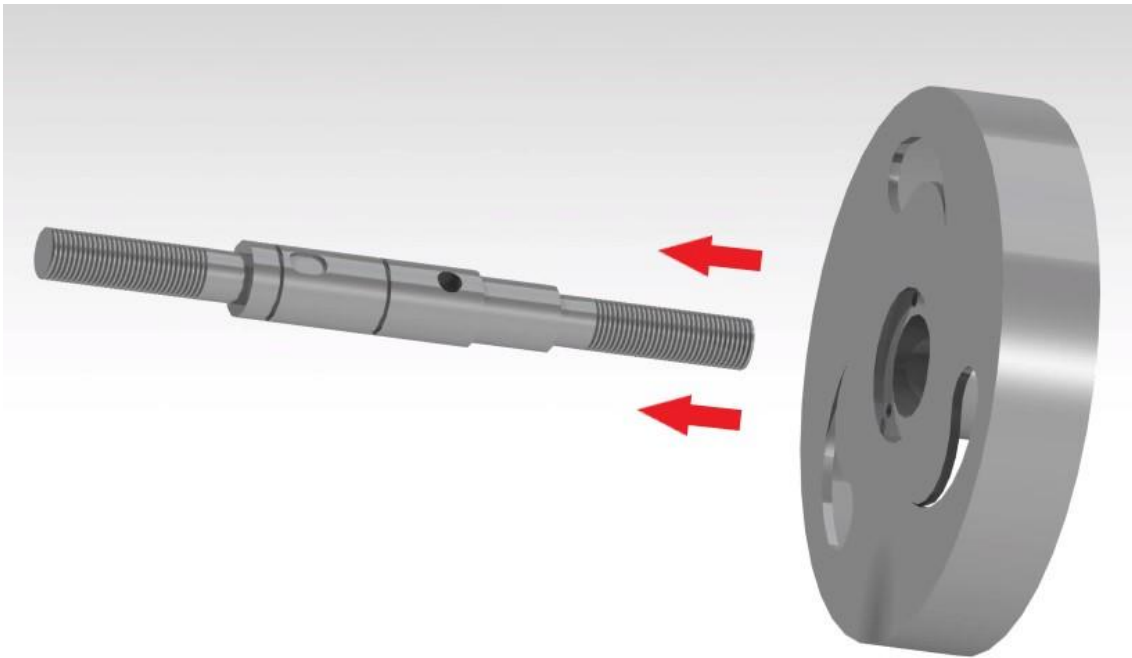


Figura 4.62 Montaje del conjunto rotor-estator en el eje (Fuente: elaboración propia)

Además del estátor, el rotor también será colocado sobre el eje aplicándole presión con la diferencia de que el rotor cuenta en su centro con un rodamiento que permite su giro. El rotor se encajará de tal forma que los imanes permanentes del mismo rodeen al estátor. Una vez colocado en su sitio, se colocarán dos arandelas y, en la primera hendidura, un circlip que impedirá al rotor moverse a través del eje. La función de las arandelas será la de permitir rotar con facilidad al rotor a pesar de la presión ejercida por el circlip.

Una vez colocadas las dos partes que harán funcionar el motor, se colocará el piñón. Este piñón se acoplará a la estructura del rotor mediante tres tornillos que se enroscarán en los tres agujeros roscados que la propia estructura tiene provistos. Colocado ya el piñón, se observará que justo a partir del mismo quedará libre el agujero del chavetero.

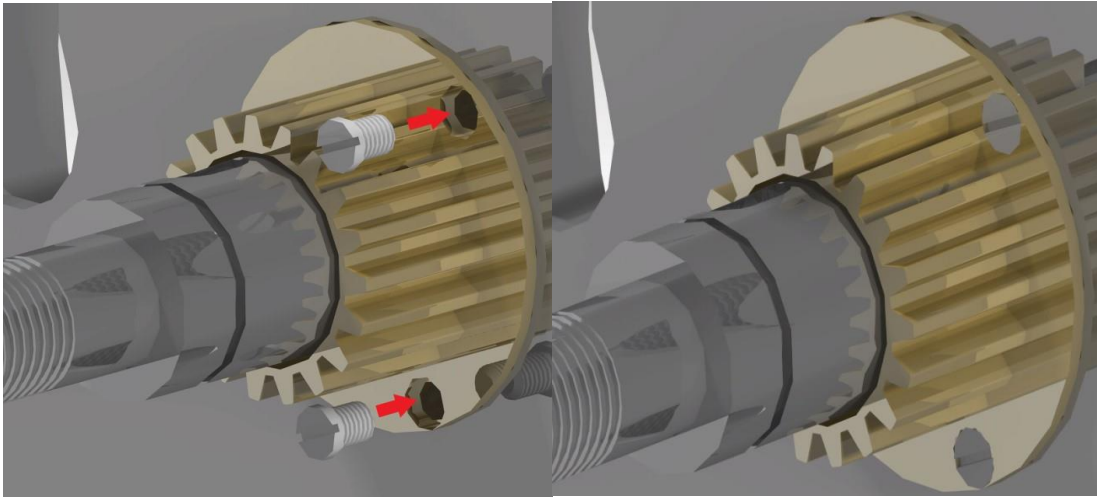


Figura 4.63 Montaje del piñón (Fuente: elaboración propia)

El chavetero libre se utilizará para alojar una chaveta la cual tendrá el fin de sujetar el conjunto de engranajes planetarios. Primero se introduce la chaveta en su alojamiento y, a continuación, se ejerce presión introduciendo sobre el eje el conjunto de la base de engranajes hacia el piñón teniendo en cuenta que los tres engranajes deben rodear al piñón y engranar sobre los dientes del mismo. Con el conjunto acoplado, se coloca un segundo circlip tras la base para impedir que se mueva a lo largo del eje.

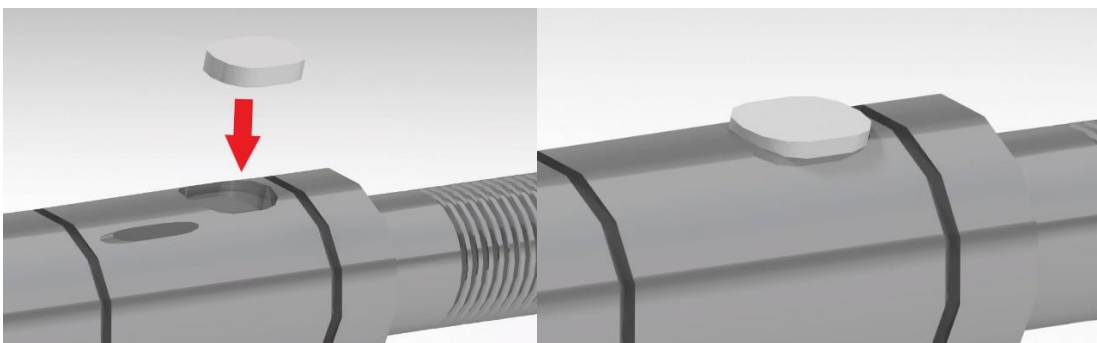


Figura 4.64 Montaje de la chaveta sobre el eje (Fuente: elaboración propia)

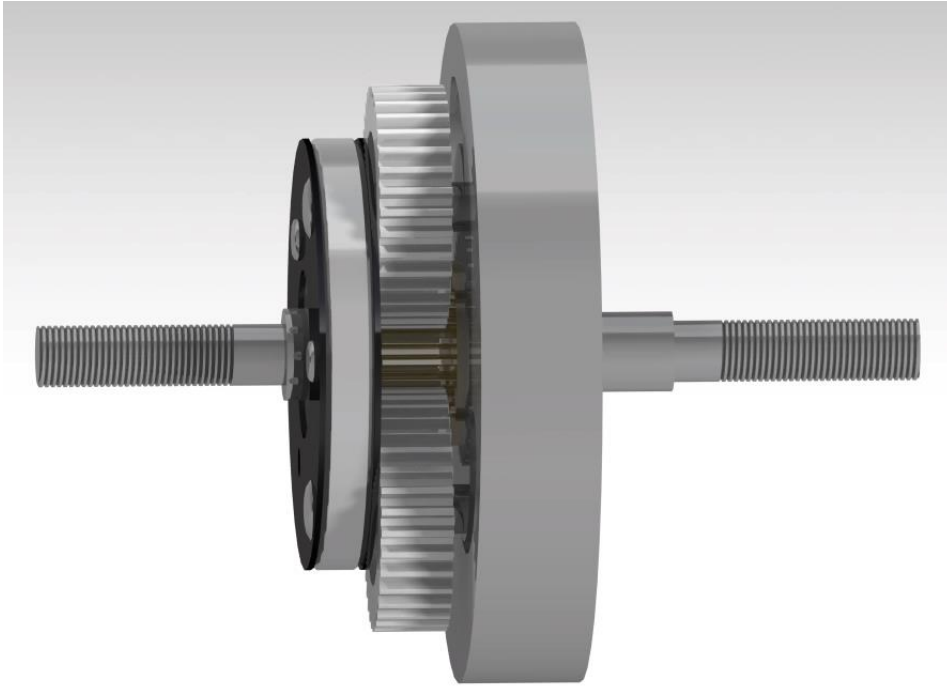


Figura 4.65 Vista del conjunto de engranajes planetarios (Fuente: elaboración propia)

En el interior de la carcasa se introducirá la cremallera, la cual irá soldada sobre las paredes interiores de la misma.



Figura 4.66 Montaje de la cremallera en el interior de la carcasa (Fuente: elaboración propia)

El montaje de la base de engranajes se realiza de la siguiente manera: sobre la parte central de la base mecanizada se coloca el chavetero. Se pueden observar tres huecos sobre una de sus caras, en cada uno de estos huecos se introducirá un taco de leva y un resorte, la misión de este conjunto será la de amortiguar el movimiento del chavetero que irá colocado en el centro de la base, éste quedará anclado al eje y permitirá el giro del conjunto sin que el eje se vea afectado.

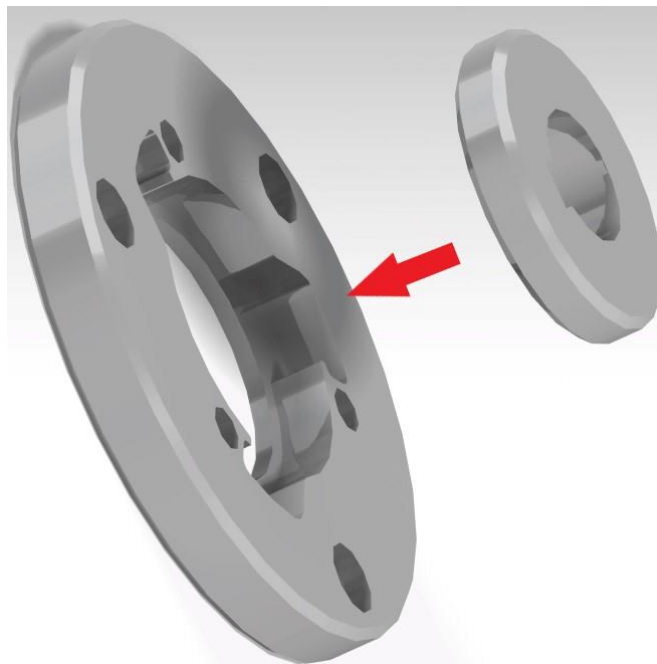
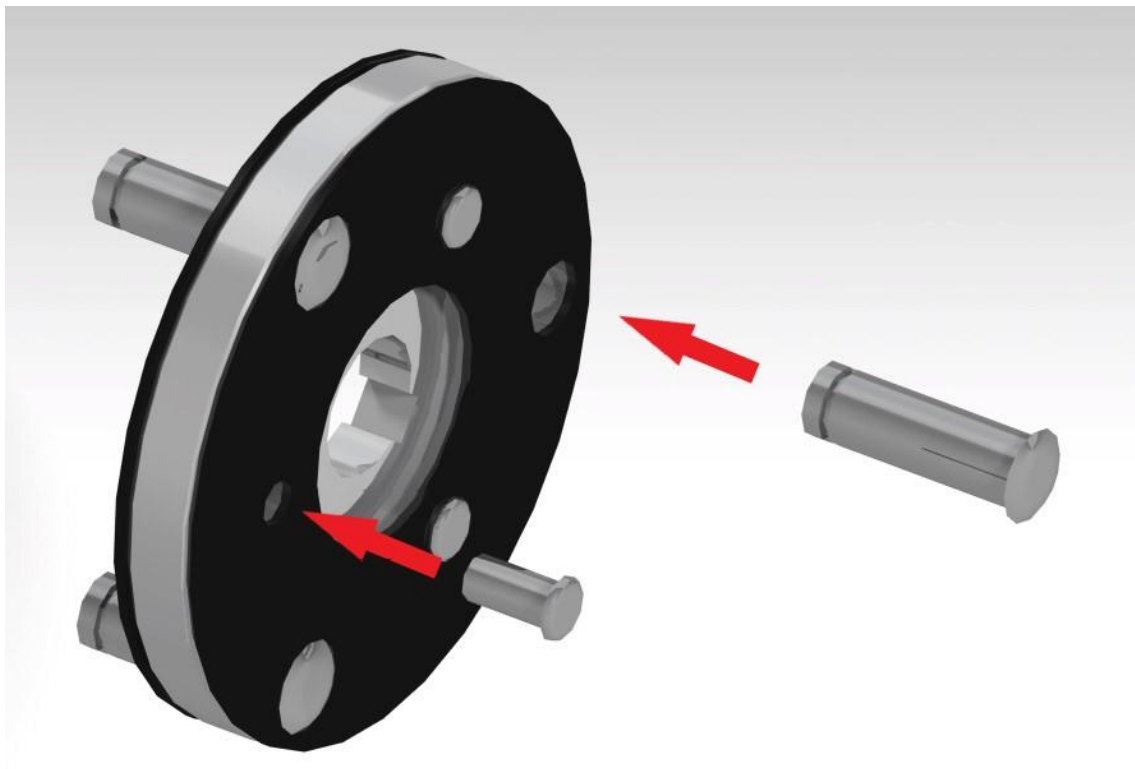


Figura 4.67 Colocación del chavetero de la basa en la base de engranajes planetarios (Fuente: elaboración propia)



Figura 4.68 Colocación del taco de leva y el resorte en el interior de la base (Fuente: elaboración propia)

Una vez se encuentra el chavetero en su sitio, se procede a cerrar el conjunto mediante las dos tapas. Éstas disponen de seis taladros realizados sobre su superficie. En los tres agujeros más pequeños se introducirá una cantidad igual de pasadores cuyo fin será el de sujetar todo el conjunto y en los tres agujeros restantes se introducirá unos pernos más largos sobre los que se colocarán los engranajes. Estos engranajes llevan en su centro unos cojinetes a través de los cuales se unirán a los pernos mencionados anteriormente aplicando presión. Ya con los tres engranajes colocados en su respectivo lugar se procede a colocar un circlip al final de cada perno para evitar que los engranajes salgan despedidos.



*Figura 4.69 Montaje de las tapas sobre la base de engranajes planetarios
(Fuente: elaboración propia)*

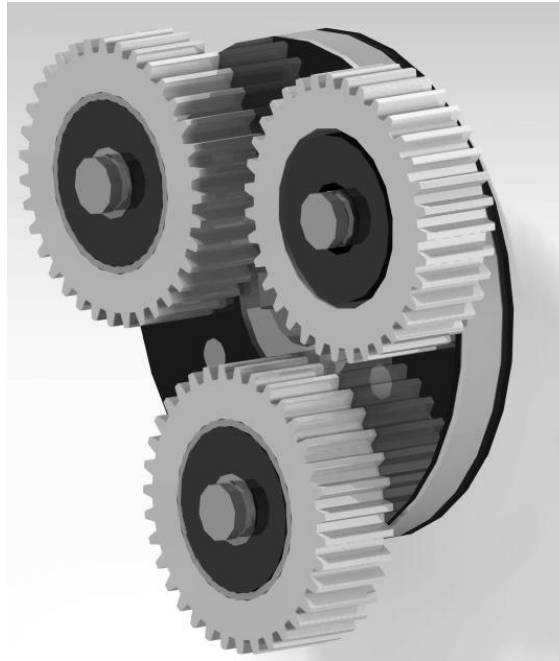


Figura 4.70 Colocación de los engranajes sobre los pernos (Fuente: elaboración propia)

Finalmente, todo el conjunto se introduce en la carcasa en el interior de la cual se ha soldado la cremallera previamente permitiendo el engrane de esta con el conjunto de engranajes planetarios. Una vez colocado el conjunto en el interior de la carcasa, se cierra esta con su respectiva tapa la cual tiene provisto un agujero en su centro por el que se hará pasar el eje y se sujetará a la carcasa mediante seis tornillos.

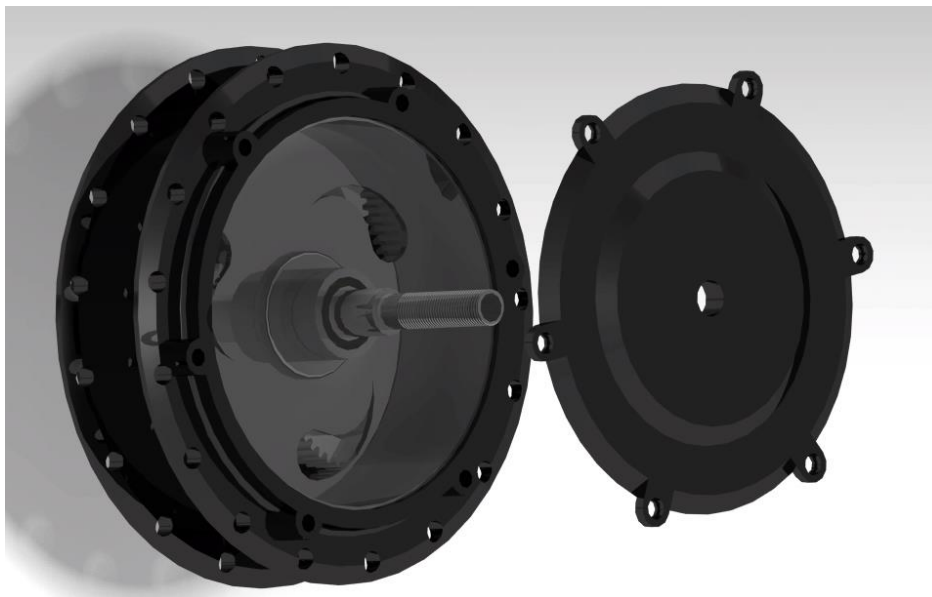


Figura 4.71 Vista del conjunto abierto (Fuente: elaboración propia)

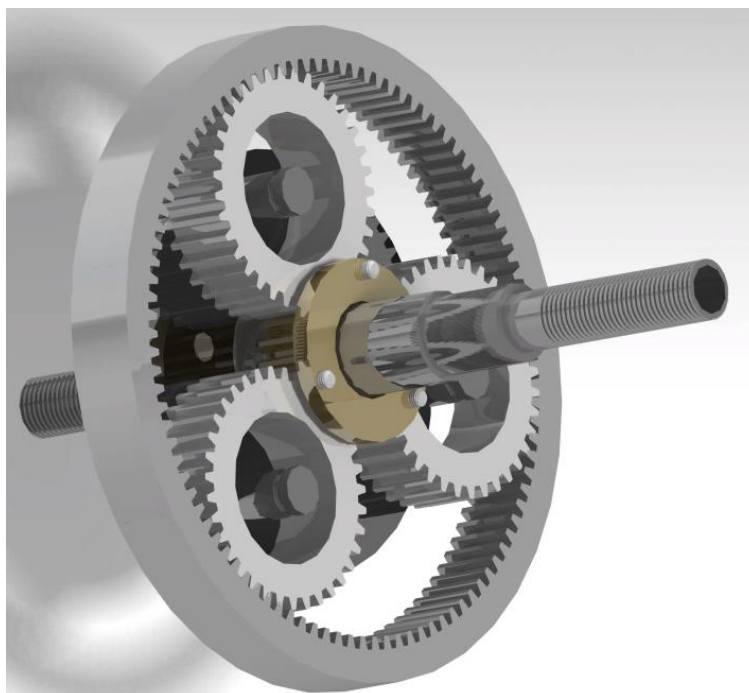


Figura 4.72 Conjunto de engranajes planetarios-cremallera (Fuente: elaboración propia)



Figura 4.73 Vista del conjunto cerrado (Fuente: elaboración propia)

El anterior montaje se realiza de forma similar a los típicos motores de buje para bicicletas como el motor XF08 y XF07 [48] que se pueden encontrar en el mercado actual. El cableado atravesaría el eje por el taladro interno del mismo y saldría por el extremo del mismo.

La colocación del motor se realizará en la rueda trasera o delantera indistintamente, los radios de la bicicleta atravesarán los taladros externos de la carcasa para fijarla a la rueda. El motor se activará a través de un activador dispuesto en el manillar [49] de la propia bicicleta lo que generará un empuje extra.

5. Análisis de fallo

En este punto se analizarán las posibles consecuencias procedentes de un posible fallo en alguna de las máquinas y las pérdidas productivas que esto supondría.

En el caso de fallar uno de los tornos supondría un gran cambio en la cadena de producción además de una pérdida de producción de piezas importante. Si se trata de un fallo en el torno 1 o el torno 2 esto supondría que el torno 3 debería pasar a estar en funcionamiento de 6 horas a 8 horas además de que aún con dos tornos trabajando 8 horas cada uno no se cumpliría el objetivo de piezas que han de producirse diariamente. Si el fallo se produjera en el torno 3 se encontraría el mismo caso anterior, pero sin cambiar las horas de funcionamiento ocasionándose el mismo problema de producción.

El tiempo aproximado requerido para realizar el trabajo en el torno se obtiene multiplicando el tiempo estimado para cada pieza en el torno por el número de piezas que se requieren de ese producto al día:

PIEZA	HORAS DE TRABAJO [h]	NÚMERO DE PIEZAS DIARIAS	TIEMPO TOTAL DIARIO [h]
Base de engranajes planetarios	0,074	18	1,33
Engranajes	0,126	54	6,8
Tapas de base	0,14	36	5,04
Piñón	0,145	18	2,61
Chavetero	0,14	18	2,52
Eje	0,121	18	2,18
Cremallera	0,131	18	2,36
		TOTAL	23

Tabla 4.24 Tabla de tiempos de torneado

Como se puede observar la tabla anterior está idealizada, es decir, este sería el tiempo requerido si todo se produjera al mismo tiempo sin contar el tiempo que pasa la pieza en otra máquina antes de llegar al torno.

Sin embargo, en este caso es válido, ya que la mayoría de las piezas comienzan su mecanizado en el torno y el tiempo perdido no es una variable muy amplia lo que hace que la tabla anterior se asemeje a la realidad.

El tiempo aproximado para realizar estas piezas es de 23 horas diarias de trabajo en un torno, teniendo disponibles dos tornos esto se traduce en 11,5 horas y como el tiempo máximo de trabajo al día será de 8 horas esto supone que no se puedan suplir esas 3,5 horas necesarias.

Una alternativa en este caso sería bien contratar los servicios de una empresa de mecanizado externa con los costes que ello supondría o bien reducir el número de piezas fabricadas para la entrega hasta que la máquina pudiese ser arreglada.

Utilizando la segunda alternativa, si por ejemplo se reducen esas horas en la producción de engranajes se pasaría de poder producir 54 piezas diarias de estos a 21 ocurriendo que solo se obtendrían suficientes engranajes en un día para completar 7 piezas ya que cada motor lleva tres engranajes.

En el caso de que fallase una de las fresadoras se produciría un gran inconveniente puesto que ambas trabajan las 8 horas del día.

PIEZA	HORAS DE TRABAJO [h]	NÚMERO DE PIEZAS DIARIAS	TIEMPO TOTAL DIARIO [h]
Base de engranajes planetarios	0,087	18	1,57
Engranajes	0,05	54	2,7
Piñón	0,048	18	0,86
Chavetero	0,05	18	0,9
Eje	0,47	18	0,85
Cremallera	0,056	18	1,01
		TOTAL	8

Tabla 4.25 Tabla de tiempos de fresado

En este caso el cálculo de las horas se vuelve más complicado, ya que en la mayoría de los casos el proceso de fresado se produce tras otro proceso, por lo que la tabla anterior es totalmente idealizada y habría que tener en cuenta el tiempo que tarda cada pieza en otra máquina y descontar esas horas del tiempo de trabajo de las fresadoras.

Una vez aclarado lo anterior, si se observa el diagrama en el apartado de Anexos se puede determinar que, si una fresadora falla, en función de cómo se han distribuido los tiempos de trabajo no se podrían llegar a producir un total de 4 piezas en la fresadora estas serían: la cremallera, el chavetero, el eje y el piñón en función de cómo está distribuido actualmente los tiempos de producción.

Como primera alternativa, al igual que en el caso de los tornos, se podría derivar la producción a otra empresa de mecanizado corriendo con los costes económicos que esto supondría. Otra alternativa sería reducir el número de engranajes que pasan por la fresadora para poder realizar el resto de piezas lo que supondría una reducción en el número de motores completos producidos al día, pero al menos se podrían obtener productos completos.

Utilizando la segunda alternativa, si se reduce la producción de engranajes en la fresadora a la mitad, es decir 27 piezas con el fin de producir 9 motores diarios, se obtendría un margen de 3 horas y 50 minutos que es un tiempo suficiente para que se puedan producir 9 piezas del resto de piezas que pasan por la fresadora en función del sistema de producción planteado.

Si la máquina afectada fuese la taladradora solo tendríamos dos alternativas sencillas una sería derivar el taladrado a otra empresa y la otra opción más sencilla sería sustituir temporalmente hasta su reparación la taladradora de columna por una de mano.

Finalmente, si la máquina averiada fuese la sierra de cinta sería imposible continuar con la producción, pues es la única máquina de ese tipo de la que se dispone. La única opción en este caso sería, al igual que en los casos anteriores, optar por la subcontratación de una empresa que corte el material a la medida requerida.

Como se puede observar un fallo en una máquina produciría un gran cambio en la producción haciendo en la mayoría de los casos que no se pudiera cumplir con el objetivo de fabricar 4000 motores al año.

6. Conclusiones

Para completar el diseño de estos motores se han utilizado programas de diseño avanzados y páginas de simulación de fabricación con el fin de obtener un resultado lo más real posible. Se muestra, además, todo el proceso de construcción de las piezas describiendo sus etapas, sus medidas y el material empleado en función a su futuro trabajo.

En el proyecto se abordan distintos conceptos. Por un lado, se describe la situación de la empresa que comenzará a fabricar estos motores y se buscará un emplazamiento acorde a sus nuevas necesidades. Por otro, el trabajo se centra en el proceso de fabricación de las piezas de estos motores, máquinas necesarias para realizarlos y su posterior montaje. Una vez se conocen las máquinas necesarias, el proceso por el que deben pasar las piezas para fabricarse y el diseño de la nave industrial dónde se realizarán las mismas, el proyecto se centrará en el buscar las distribuciones más óptimas para el lugar de trabajo, así como los empleados necesarios para la consecución de dichos motores evaluándose los costes y dando un precio aproximado de una unidad montada.

En todo el proyecto se han ido aplicando conocimientos técnicos acerca de la planificación de procesos tales como fórmulas e ideas de distribución en función de las necesidades. También se han aplicado conocimientos de distintos tipos de procesos de fabricación. Las distintas piezas se han diseñado desde cero mediante un programa de diseño y basándose en los motores más ampliamente utilizados en el sector de la bicicleta.

Echando la vista atrás en el proyecto, se puede concluir que se cumplen los objetivos fijados consiguiéndose un emplazamiento acorde a las necesidades de fabricación, un lugar de trabajo con todo lo necesario y una distribución óptima para la manufacturación de las piezas y, finalmente, consiguiéndose un producto con un precio competitivo en el mercado.

7. Referencias

- [1] “La Historia de la Bicicleta - WeRbikes.” [Online]. Available: <https://www.werbikes.mx/blogs/werbikes-blog/la-historia-de-la-bicicleta/>
- [2] D. J. N. Limebeer and R. S. Sharp, “Single-track vehicle modeling and control: Bicycles, motorcycles, and models,” *IEEE Control Systems*, vol. 26, no. 5, pp. 34-61, 2006, doi: 10.1109/MCS.2006.1700044.
- [3] K. E. Easterling, “Bicycles,” *Advanced Materials for Sports Equipment*, pp. 59-78, 1993, doi: 10.1007/978-94-011-1556-8_4.
- [4] “Cycling in the 1890s on JSTOR.” <https://www.jstor.org/stable/3825934> (accessed May 04, 2022).
- [5] M. Mcqueen, J. Macarthur, and C. Cherry, “The E-Bike Potential: Estimating regional e-bike impacts on greenhouse gas emissions,” 2020, doi: 10.1016/j.trd.2020.102482.
- [6] M. W. Evans, “The Interaction of Three Fields in ECE Theory: The Inverse Faraday Effect,” 2009, Accessed: May 04, 2022. [Online]. Available: www.aias.us
- [7] “Historia del coche híbrido: los pioneros.” [Online]. Available: <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-del-coche-hibrido-los-pioneros>
- [8] “¿Quién fue el inventor de la bicicleta eléctrica de motor central?” [Online]. Available: <https://ruedasgordas.es/blog/view/quien-fue-el-inventor-de-la-bicicleta-electrica-de-motor-central>
- [9] C. B. Villarreal, E. Fishman, N. Kobel, and C. Cherry, “E-bikes in the Mainstream: Reviewing a Decade of Research Related papers Bikeshare: A review of recent literature Regulations of E-Bikes in North America Transport Reviews E-bikes in the Mainstream: Reviewing a Decade of

- Research E-bikes in the Mainstream: Reviewing a Decade of Research,” 2015, doi: 10.1080/01441647.2015.1069907.
- [10] P. N. Hũu, T. Kara, and I. Eker, “Nonlinear modeling and identification of a DC motor for bidirectional operation with real time experiments,” *Energy Conversion and Management*, vol. 45, pp. 1087-1106, 2004, doi: 10.1016/j.enconman.2003.08.005.
- [11] H. Zenk, “Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi The Black Sea Journal of Sciences Effective Control of the Developmental Current of a Serial DC Motor with a Fuzzy Tuned-PI Controller Zeta Converter,” *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, vol. 9, no. 1, pp. 196-211, 2019, doi: 10.31466/kfbd.569661.
- [12] R. Tapia-Olvera, F. Beltran-Carbajal, O. Aguilar-Mejia, and A. Valderrabano-Gonzalez, “An Adaptive Speed Control Approach for DC Shunt Motors,” *Energies 2016, Vol. 9, Page 961*, vol. 9, no. 11, p. 961, Nov. 2016, doi: 10.3390/EN9110961.
- [13] B. Nogarede, J. Cros, C. Henaux, and D. Harribey, “A New Concept of Modular Permanent Magnet and Soft Magnetic Compound Motor Dedicated to Widespread Application Cite this paper Related papers Design and Optimization of Soft Magnetic Composite Machines With Finite Element Methods A New Concept of Modular Permanent Magnet and Soft Magnetic Compound Motor Dedicated to Widespread Application,” *IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS*, vol. 48, no. 6, 2012, doi: 10.1109/TMAG.2011.2181530.
- [14] “▷ ¿Cómo funciona un motor brushless? - ¡Los MEJORES TIPS!” [Online]. Available: <https://cochesrc.online/como-funciona-un-motor-brushless/>
- [15] M. Cheng, W. Hua, J. Zhang, and W. Zhao, “Overview of stator-permanent magnet brushless machines,” *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 58, no. 11, pp. 5087-5101, Apr. 2011, doi: 10.1109/TIE.2011.2123853.
- [16] Padmaraja Yedamale, “AN885,” *Padmaraja Yedamale Microchip Technology Inc*, pp. 0-20, 2003, Accessed: Apr. 14, 2022. [Online].

Available:


<http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00885a.pdf>

- [17] S. Bolognani, N. Bianchi, and F. Luise, "Analysis and Design of a PM Brushless Motor for High-Speed Operations," *IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION*, vol. 20, no. 3, 2005, doi: 10.1109/TEC.2005.847991.
- [18] P. M. Townroe, "Some Behavioural Considerations in the Industrial Location Decision," *Regional Studies*, vol. 6, no. 3, pp. 261-272, Apr. 1972, doi: 10.1080/09595237200185221.
- [19] I. Arango, C. Lopez, and A. Ceren, "Improving the Autonomy of a Mid-Drive Motor Electric Bicycle Based on System Efficiency Maps and Its Performance," 2021, doi: 10.3390/wevj12020059.
- [20] I. Arango, A. Godoy, and C. Lopez, "E-bikes for steep roads: Mid drive and hub drive motor efficiency comparison," *International Journal of Vehicle Systems Modelling and Testing*, vol. 13, no. 1, pp. 44-58, 2018, doi: 10.1504/IJSMT.2018.094587.
- [21] S. Chung, J.-H. Lee, and M. J. Youn, "Robust Speed Control of Brushless Direct-Drive Motor Using Integral Variable Structure Control An improved integral variable structure systems with the prescribed control performance for regulation control of uncertain general linear systems View project," 1995, doi: 10.1049/ip-epa:19952230.
- [22] "IEEE Xplore Full-Text PDF:" [Online]. Available: https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=4202811&casa_token=lUoNWtxe4HQAAAAA:wfqeYuaplbhlcDq0l5AZ06W-mT7f-sDgQFwkpm6a_Wypd7SiVgDSWDuppPTCnCpjay0mW90Q-ggmiQ&tag=1
- [23] R. Wrobel and P. H. Mellor, "Design considerations of a direct drive brushless machine with concentrated windings," *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 23, no. 1, pp. 1-8, May 2008, doi: 10.1109/TEC.2007.905073.

- [24] C. E. Truman and J. D. Booker, "Analysis of a shrink-fit failure on a gear hub/shaft assembly," *Engineering Failure Analysis*, vol. 14, no. 4, pp. 557-572, May 2007, doi: 10.1016/J.ENGFAILANAL.2006.03.008.
- [25] "Normativa Bicicleta Eléctrica de la DGT de 2020 ¡Circula y Evita Multas!" [Online]. Available: <https://www.almaskater.com/normativa-bicicleta-electrica/>
- [26] S. v Ravikumar, J. M. Jha, S. S. Mohapatra, S. K. Pal, and S. Chakraborty, "Influence of ultrafast cooling on microstructure and mechanical properties of steel," *Steel Research International*, vol. 84, no. 11, pp. 1157-1170, Apr. 2013, doi: 10.1002/SRIN.201200346.
- [27] U. Sen, "Wear properties of niobium carbide coatings performed by pack method on AISI 1040 steel," *Thin Solid Films*, vol. 483, no. 1-2, pp. 152-157, Jul. 2005, doi: 10.1016/J.TSF.2005.01.008.
- [28] J. A. Wensing, "On the dynamics of ball bearings".
- [29] "Serie CTX - Torneado Universal de DMG MORI." [Online]. Available: https://es.dmgmori.com/productos/maquinas/torneado/torneado-universal/ctx?gclid=EAlalQobChMIg5njqtGf9wIVYhkGAB2xSg_XEAYASAAEgJuEvD_BwE
- [30] "DMG MORI Qualified Products (DMQP)." [Online]. Available: <https://es.dmgmori.com/productos/dmg-mori-qualified-products>
- [31] "Drilling machines Tapping machines Drilling-Milling Machines CATALOGUE".
- [32] "Individual 520.360 DGH." [Online]. Available: <https://bomar-saws.com/products-band-saws/individual/individual-520-360-dgh.html>
- [33] E. Pessard, P. Mognol, J. Y. Hascoët, and C. Gerometta, "Complex cast parts with rapid tooling: rapid manufacturing point of view," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2007 39:9, vol. 39, no. 9, pp. 898-904, May 2007, doi: 10.1007/S00170-007-1281-8.

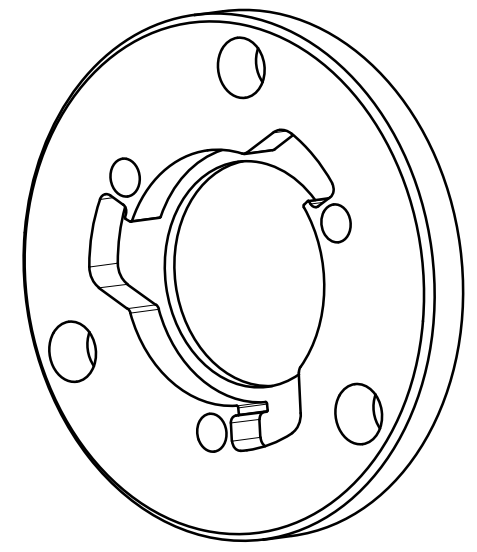
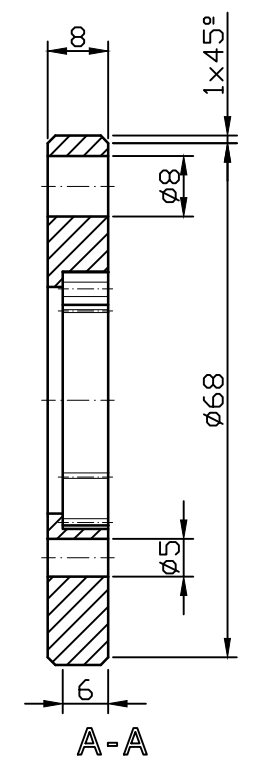
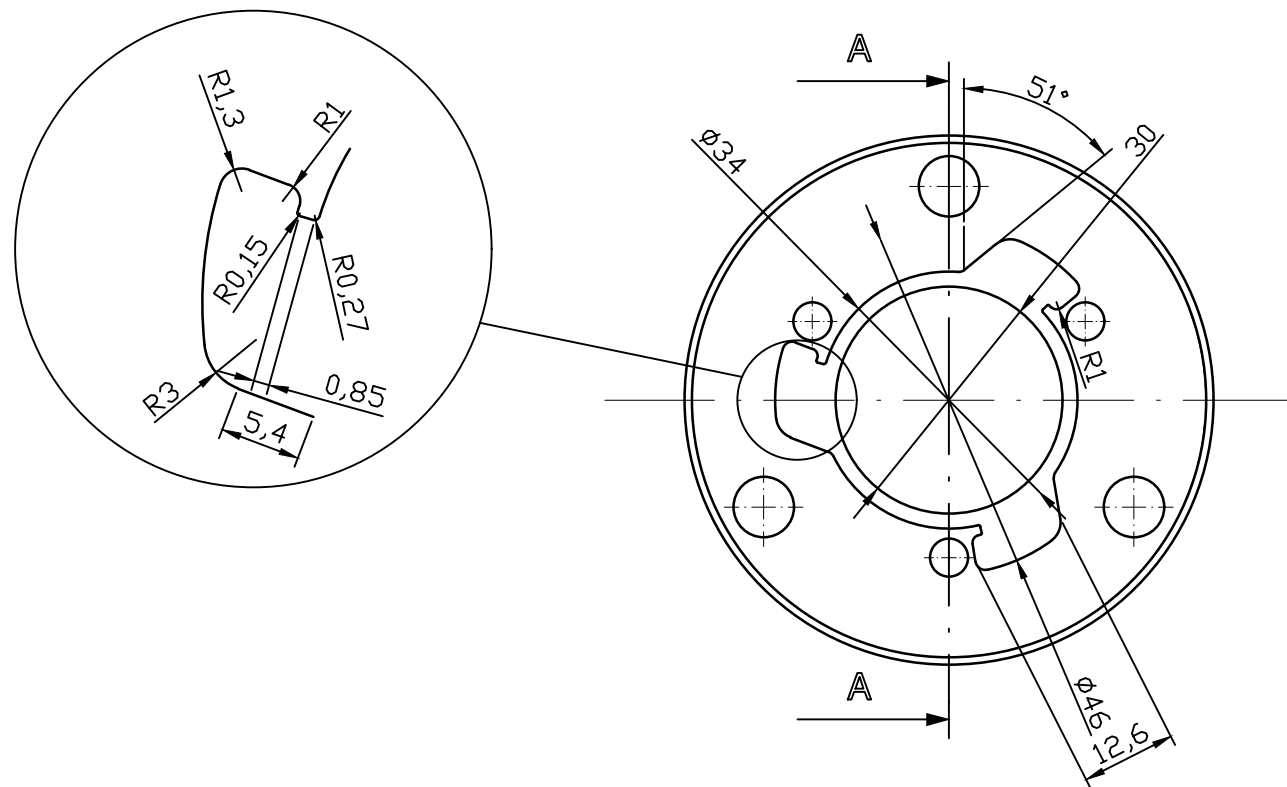
- [34] “Sandvik Coromant - herramientas y soluciones para el mecanizado.”
[Online]. Available: <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/pages/default.aspx>
- [35] C.-J. Bahk and R. G. Parker, “Perturbation Analysis and Parametric Study of Planetary Gear Vibration Wind Turbine Drivetrain Reliability Collaborative View project Planetary Gear Vibration Experiments View project Analytical Solution for the Nonlinear Dynamics of Planetary Gears,” 2011, doi: 10.1115/DETC2012-70709.
- [36] C. Anumba and G. Bishop, “Importance of safety considerations in site layout and organization,” *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 24, no. 2, pp. 229-236, 1997, doi: 10.1139/L96-100/ASSET/L96-100.FP.PNG_V03.
- [37] L. Wang, S. Keshavarzmanesh, H. Y. Feng, and R. O. Buchal, “Assembly process planning and its future in collaborative manufacturing: A review,” *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 41, no. 1-2, pp. 132-144, Apr. 2009, doi: 10.1007/S00170-008-1458-9.
- [38] L. Buarque and M. Guimarães, “Safety and production: An integrated planning and control model,” 2004, doi: 10.1080/0144619042000201367.
- [39] F. C. Wykoff, *DEPRECIATION, INFLATION & THE TAXATION OF INCOME FROM CAPITAL*. 1980. [Online]. Available: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.598.8939&rep=rep1&type=pdf>
- [40] “Agencia Tributaria: 3.5.4 Tabla de amortización simplificada.”
[Online]. Available: https://sede.agenciatributaria.gob.es/Sede/ayuda/manuales-videos-folletos/manuales-practicos/folleto-actividades-economicas/3-impuesto-sobre-renta-personas-fisicas/3_5-estimacion-directa-simplificada/3_5_4-tabla-amortizacion-simplificada.html
- [41] “Tabla tipos de interés legal - Cliente Bancario, Banco de España.”
[Online]. Available: <https://clientebancario.bde.es/pcb/es/menu->

horizontal/productosservici/relacionados/tiposinteres/guia-textual/tiposinteresrefe/Tabla_tipos_de_interes_legal.html

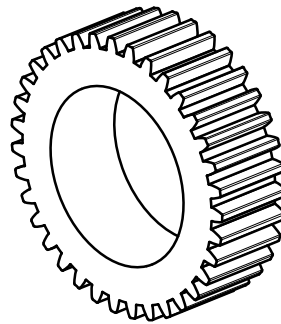
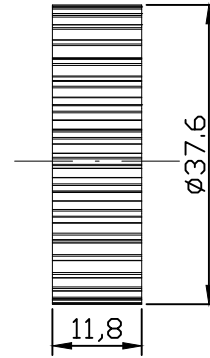
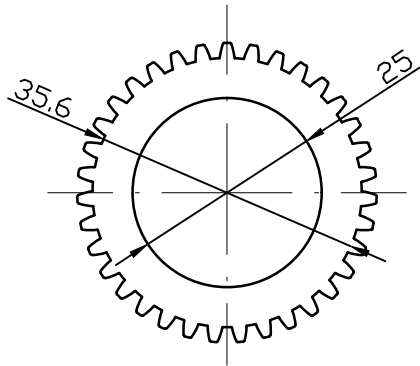
- [42] “ Amortización de inmovilizado - Método lineal o de cuotas fijas - Plan General Contable.” [Online]. Available: <https://www.plangeneralcontable.com/?tit=amortizacion-de-inmovilizado-metodo-lineal-o-de-cuotas-fijas&name=Manuales&fid=el0bcac>
- [43] “Salario en España - Salario Medio.” [Online]. Available: <https://es.talent.com/salary>
- [44] “Principles of Process Planning,” 1995, doi: 10.1007/978-94-011-1250-5.
- [45] “Mordaza de precisión HELFER MP1A-100”.
- [46] “Plato de 3 garras universal 200mm”.
- [47] “Mordaza universal HELFER MU125”.
- [48] E. A. Casteel and M. Archibald, “A Study on the Efficiency of Bicycle Hub Gears,” *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)*, vol. 13, Apr. 2014, doi: 10.1115/IMECE2013-64507.
- [49] A. C. R, A. K. Sugadan, A. Balachandran, A. Rijo, and R. C. R, “WALKING E-BIKE,” *International Journal of Innovative Research in Science and Engineering*, vol. 10, pp. 2349-2163, 2017, doi: 10.26562/IJIRAE.2017.OCAE10091.

8. Anexos

9. Anexo 1: Planos



<p align="center">UNIVERSIDAD DE LEÓN</p> <p align="center">ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIAL, INFORMÁTICA Y AEROSPAZIAL</p>		<p>PROYECTO:</p> <p>EMPLAZAMIENTO DE NAVE INDUSTRIAL DEDICADA A LA ELABORACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS PARA BICICLETAS Y DESARROLLO DE SU PROCESO DE FABRICACIÓN</p>	
<p>PLANO:</p> <p align="center">BASE DE ENGRANAJES PLANETARIOS</p>	<p>ESCALA:</p> <p align="center">1:1</p>	<p>FECHA:</p> <p align="center">07/03/2022</p>	<p>Nº DE PLANO:</p> <p align="center">01</p>
<p>ALUMNO:</p> <p align="center">ALBERTO VIÑAMBRES CASTRO</p>	<p>TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA</p>		



UNIVERSIDAD DE LEÓN

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIAL, INFORMÁTICA Y AEROSPAZIAL

PROYECTO:

EMPLAZAMIENTO DE NAVE INDUSTRIAL DEDICADA A LA ELABORACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS PARA BICICLETAS Y DESARROLLO DE SU PROCESO DE FABRICACIÓN

PLANO:

ENGRANAJE

ESCALA:

1:1

FECHA:

07/03/2022

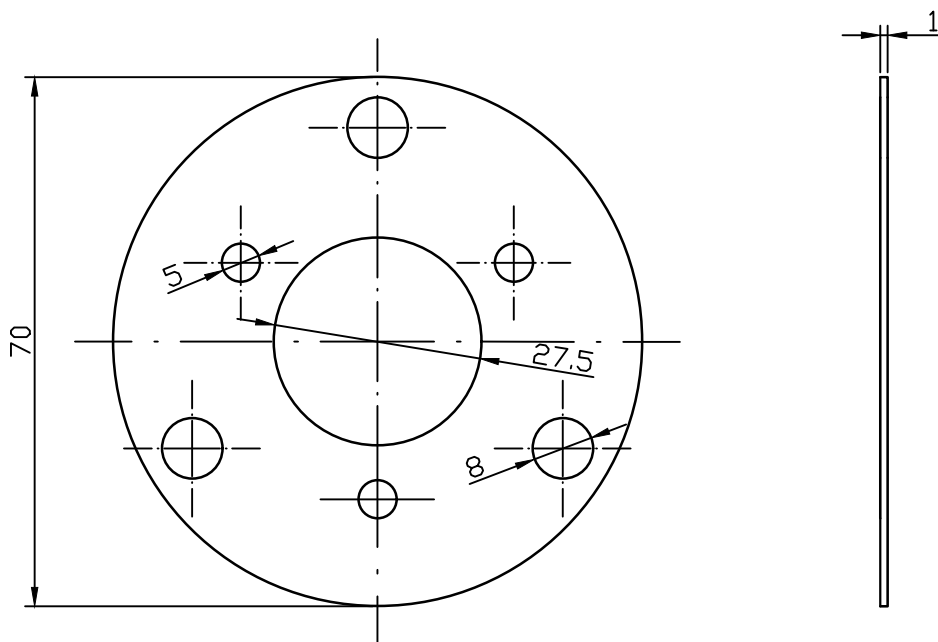
Nº DE PLANO:

02

ALUMNO:

ALBERTO VIÑAMBRES CASTRO

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



UNIVERSIDAD DE LEÓN

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIAL, INFORMÁTICA Y AEROSPAECIAL

PROYECTO:

EMPLAZAMIENTO DE NAVE INDUSTRIAL DEDICADA A LA ELABORACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS PARA BICICLETAS Y DESARROLLO DE SU PROCESO DE FABRICACIÓN

PLANO:

TAPA DE LA BASE

ESCALA:

1:1

FECHA:

07/03/2022

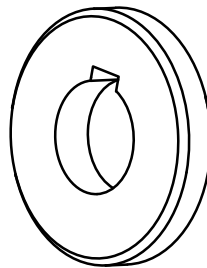
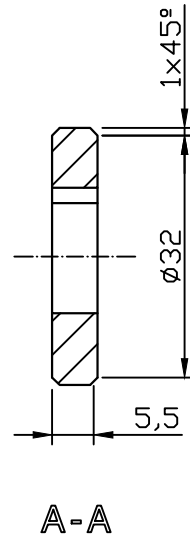
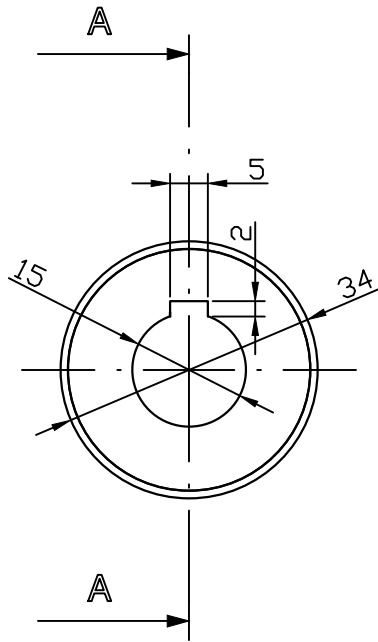
Nº DE PLANO:

03

ALUMNO:

ALBERTO VIÑAMBRES CASTRO

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



UNIVERSIDAD DE LEÓN

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIAL, INFORMÁTICA Y AEROSPAECIAL

PROYECTO:

EMPLAZAMIENTO DE NAVE INDUSTRIAL DEDICADA A LA ELABORACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS PARA BICICLETAS Y DESARROLLO DE SU PROCESO DE FABRICACIÓN

PLANO:

CHAVETERO DE LA BASE

ESCALA:

1:1

FECHA:

07/03/2022

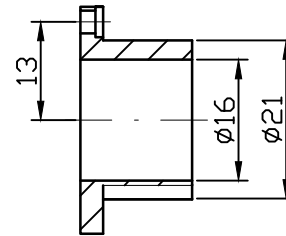
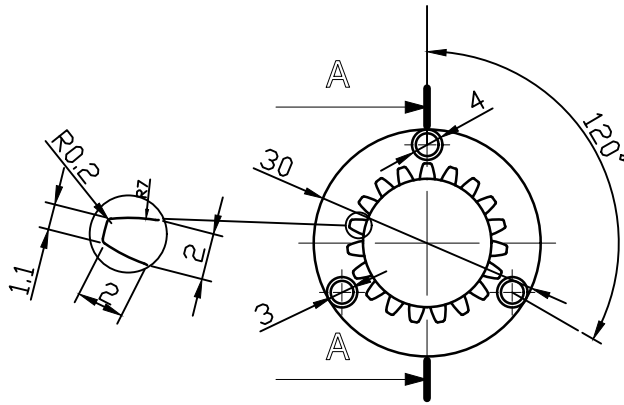
Nº DE PLANO:

04

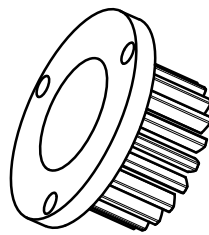
ALUMNO:

ALBERTO VIÑAMBRES CASTRO

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



A - A



UNIVERSIDAD DE LEÓN

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIAL, INFORMÁTICA Y AEROSPAECIAL

PROYECTO:

EMPLAZAMIENTO DE NAVE INDUSTRIAL DEDICADA A LA ELABORACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS PARA BICICLETAS Y DESARROLLO DE SU PROCESO DE FABRICACIÓN

PLANO:

PIÑÓN

ESCALA:

1:1

FECHA:

07/03/2022

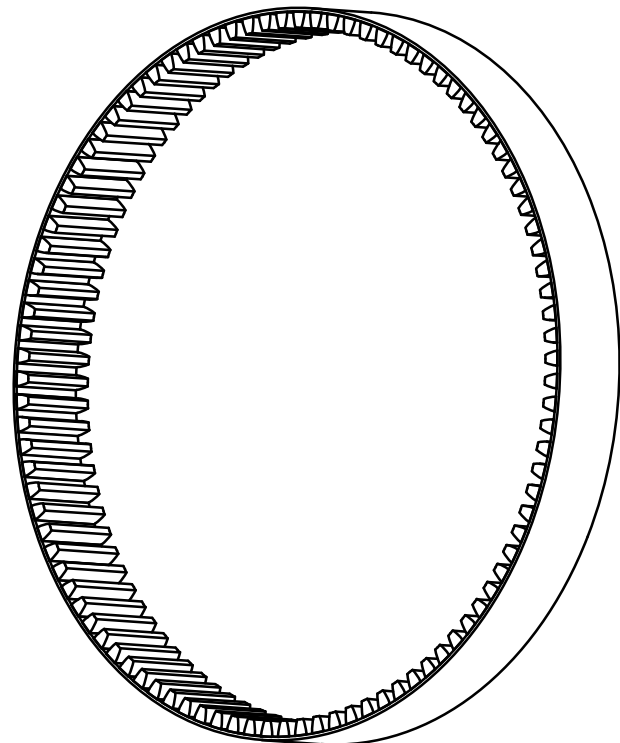
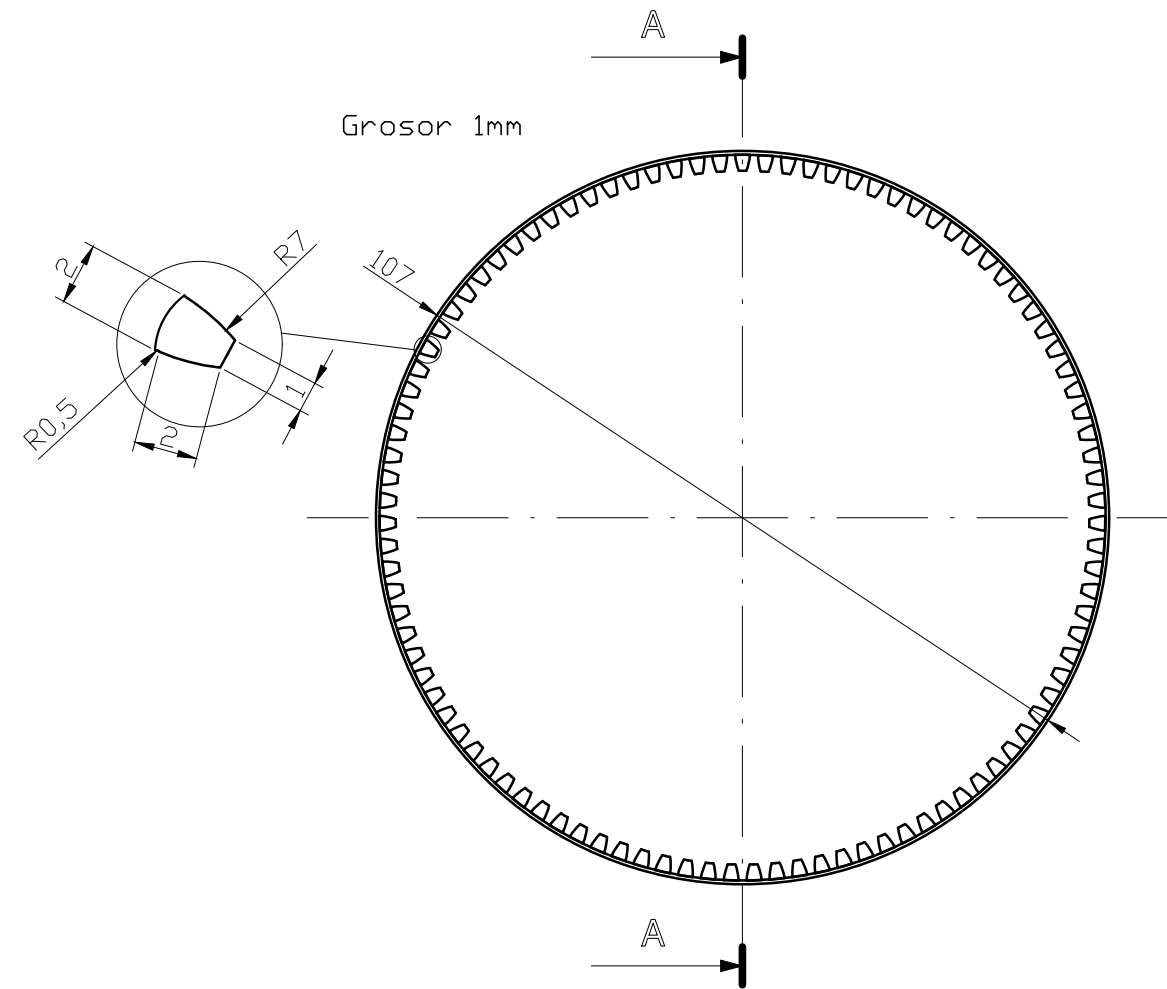
Nº DE PLANO:

05

ALUMNO:

ALBERTO VIÑAMBRES CASTRO

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



UNIVERSIDAD DE LEÓN

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIAL, INFORMÁTICA Y AEROESPACIAL

PROYECTO:

EMPLAZAMIENTO DE NAVE INDUSTRIAL DEDICADA A LA ELABORACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS PARA BICICLETAS Y DESARROLLO DE SU PROCESO DE FABRICACIÓN

PLANO:

CREMALLERA

ESCALA:

1:1

FECHA:

07/03/2022

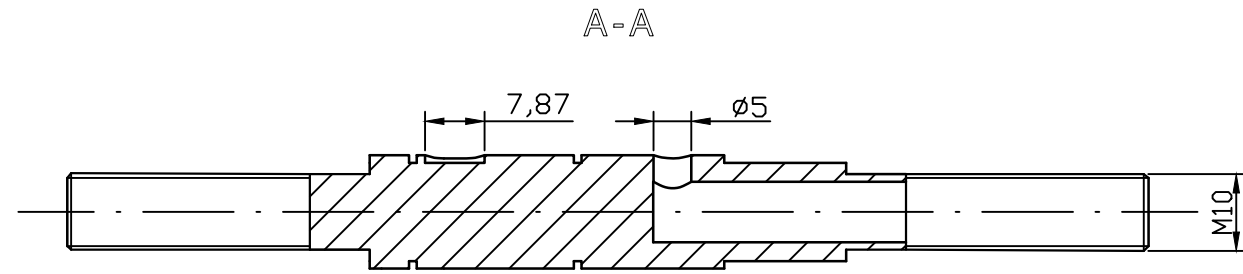
Nº DE PLANO:

06

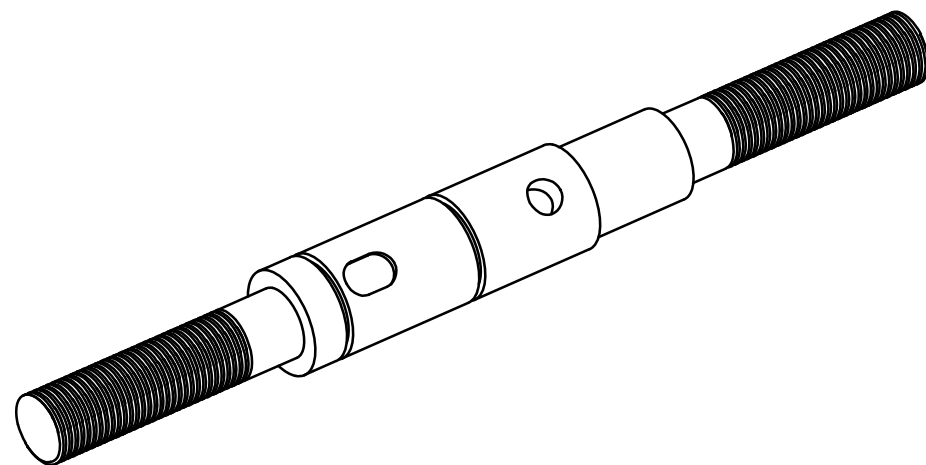
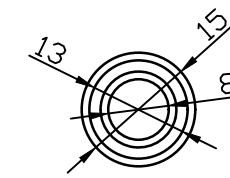
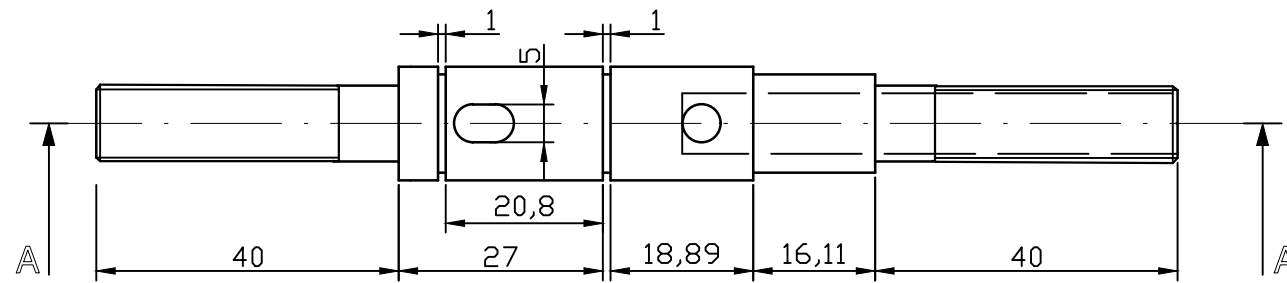
ALUMNO:

ALBERTO VIÑAMBRES CASTRO

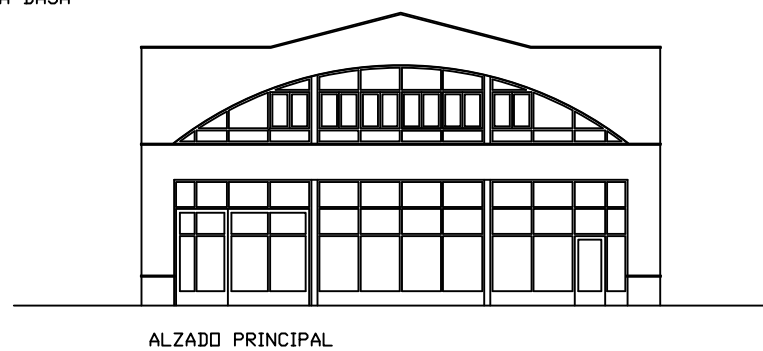
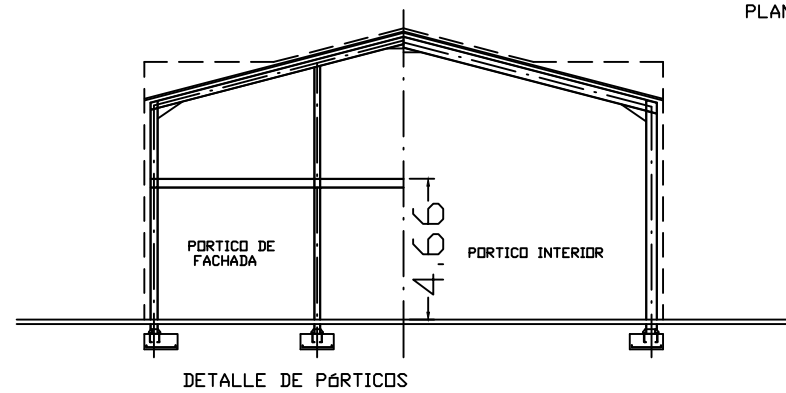
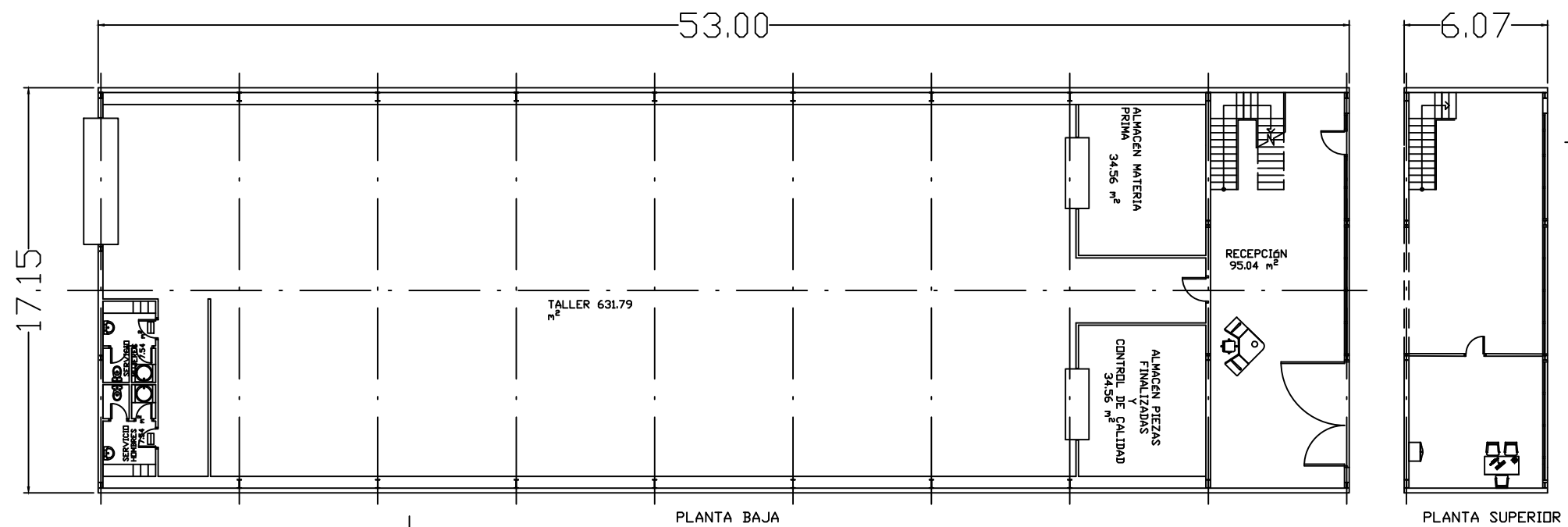
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



Chavetero de 1mm de profundidad

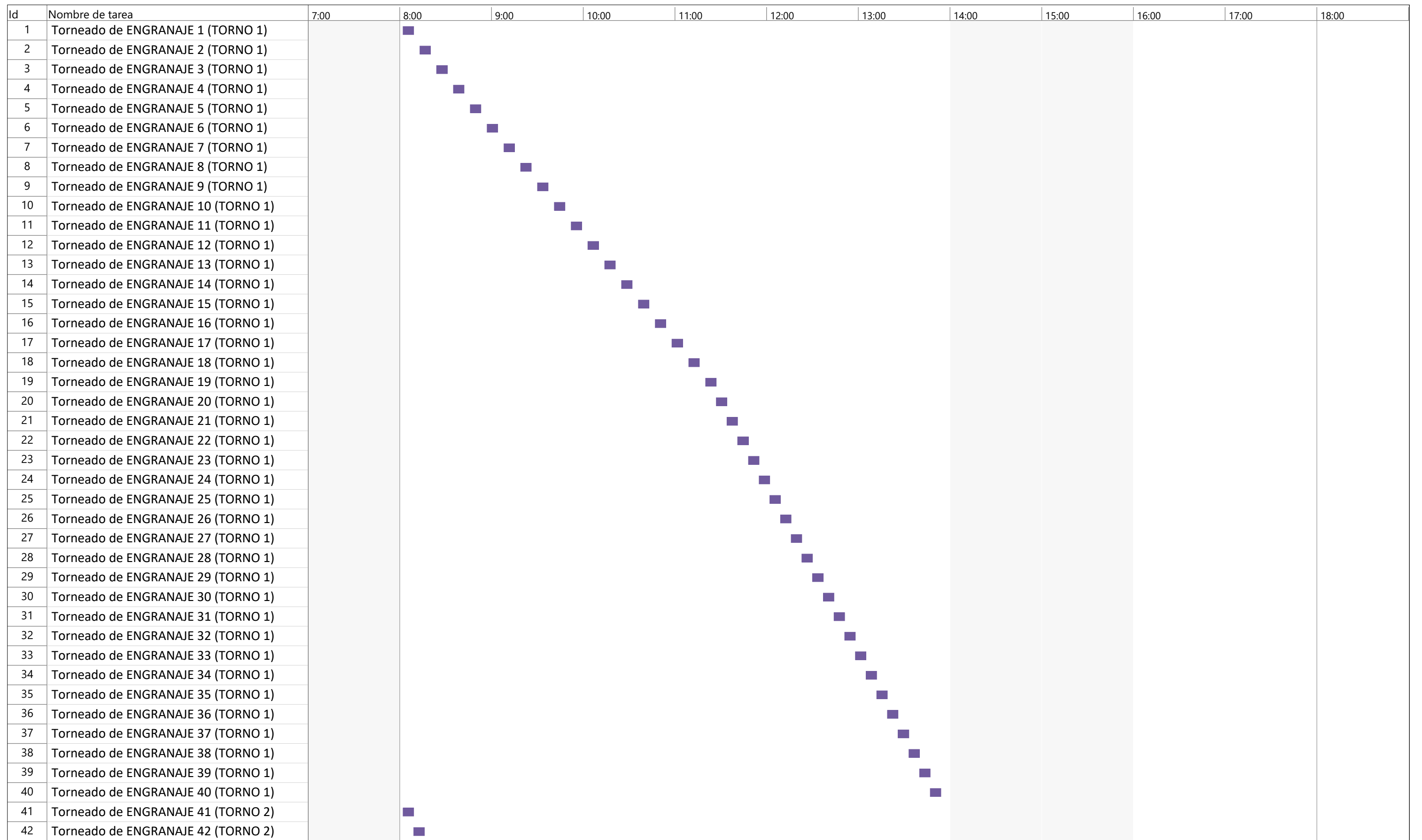


UNIVERSIDAD DE LEÓN ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIAL, INFORMÁTICA Y AEROESPACIAL		PROYECTO: EMPLAZAMIENTO DE NAVE INDUSTRIAL DEDICADA A LA ELABORACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS PARA BICICLETAS Y DESARROLLO DE SU PROCESO DE FABRICACIÓN	
PLANO: EJE	ESCALA: 1:1	FECHA: 07/03/2022	N°DE PLANO: 07
ALUMNO: ALBERTO VIÑAMBRES CASTRO	TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA		

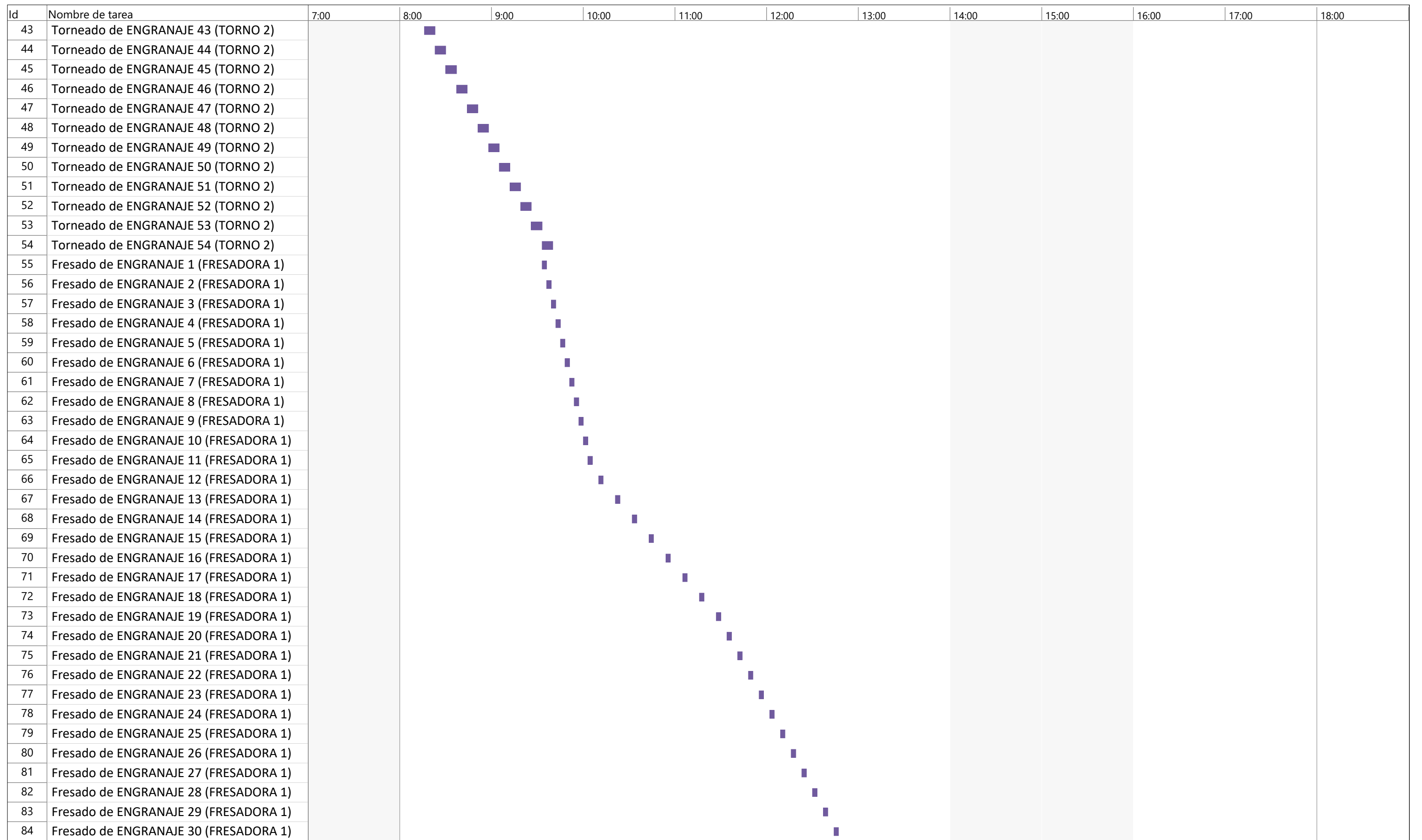


<p align="center">UNIVERSIDAD DE LEÓN</p> <p align="center">ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIAL, INFORMÁTICA Y AEROESPACIAL</p>		<p>PROYECTO:</p> <p>EMPLAZAMIENTO DE NAVE INDUSTRIAL DEDICADA A LA ELABORACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS PARA BICICLETAS Y DESARROLLO DE SU PROCESO DE FABRICACIÓN</p>	
<p>PLANO:</p> <p align="center">NAVE INDUSTRIAL</p>	<p>ESCALA:</p> <p align="center">1:1</p>	<p>FECHA:</p> <p align="center">07/03/2022</p>	<p>Nº DE PLANO:</p> <p align="center">08</p>
<p>ALUMNO:</p> <p align="center">ALBERTO VIÑAMBRES CASTRO</p>		<p>TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA</p>	

10. Anexo 2: Diagrama de tiempos



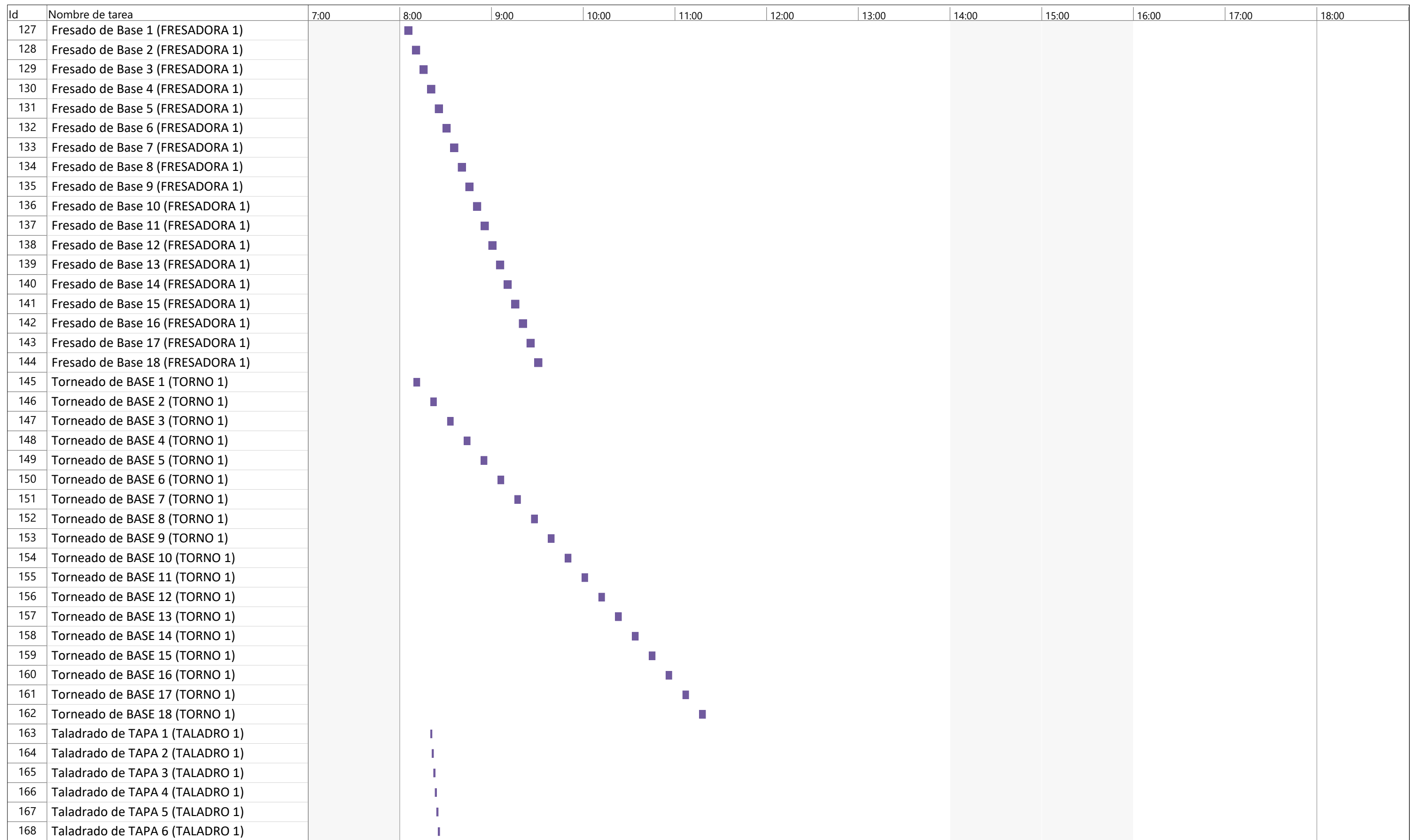
Proyecto: PLANNING Fecha: 8:48	Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha límite	
	División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
	Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
	Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			



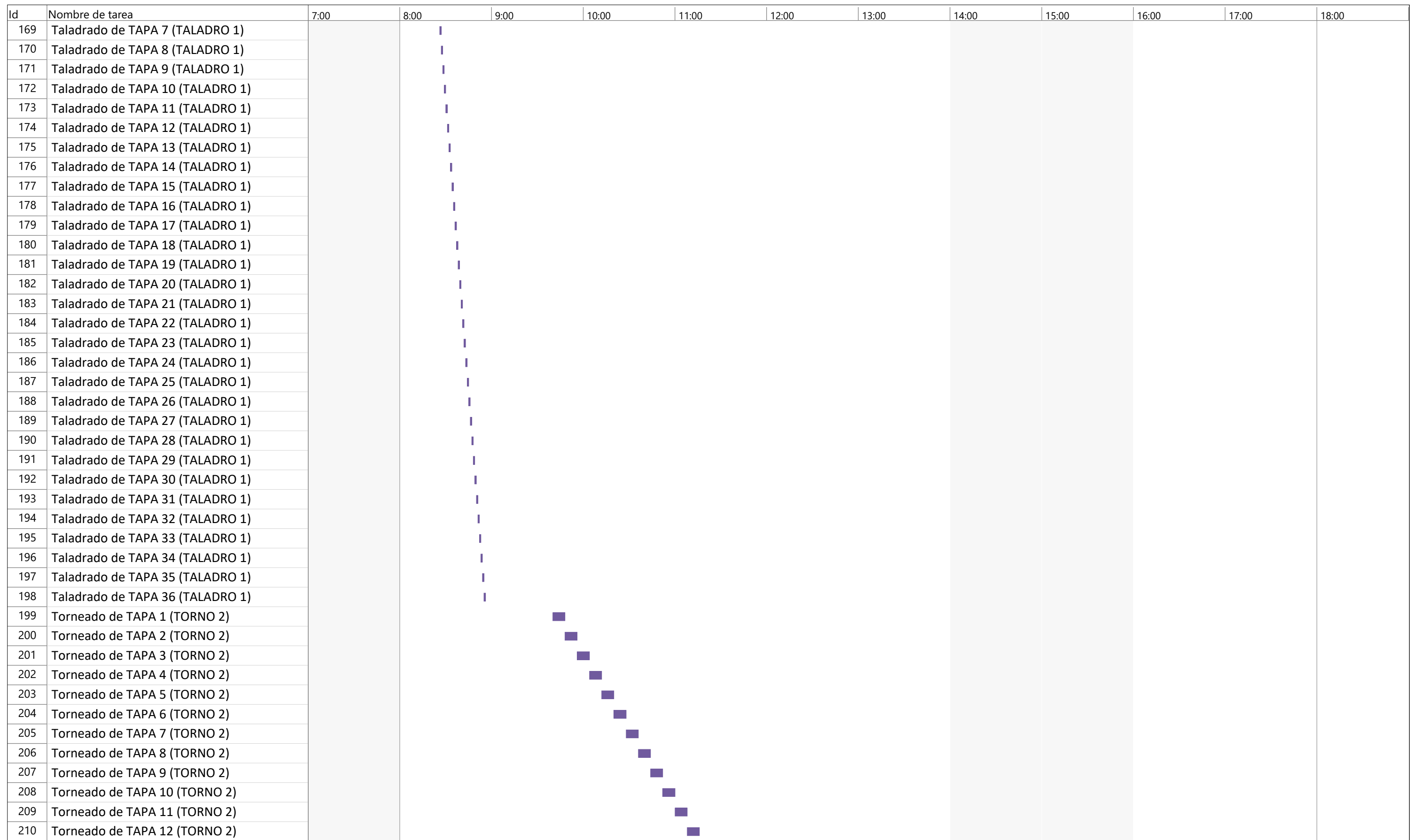
Proyecto: PLANNING Fecha: 8:48	Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha límite	
	División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
	Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
	Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			

Id	Nombre de tarea	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
85	Fresado de ENGRANAJE 31 (FRESADORA 1)												
86	Fresado de ENGRANAJE 32 (FRESADORA 1)												
87	Fresado de ENGRANAJE 33 (FRESADORA 1)												
88	Fresado de ENGRANAJE 34 (FRESADORA 1)												
89	Fresado de ENGRANAJE 35 (FRESADORA 1)												
90	Fresado de ENGRANAJE 36 (FRESADORA 1)												
91	Fresado de ENGRANAJE 37 (FRESADORA 1)												
92	Fresado de ENGRANAJE 38 (FRESADORA 1)												
93	Fresado de ENGRANAJE 39 (FRESADORA 1)												
94	Fresado de ENGRANAJE 40 (FRESADORA 1)												
95	Fresado de ENGRANAJE 41 (FRESADORA 1)												
96	Fresado de ENGRANAJE 42 (FRESADORA 2)												
97	Fresado de ENGRANAJE 43 (FRESADORA 2)												
98	Fresado de ENGRANAJE 44 (FRESADORA 2)												
99	Fresado de ENGRANAJE 45 (FRESADORA 2)												
100	Fresado de ENGRANAJE 46 (FRESADORA 2)												
101	Fresado de ENGRANAJE 47 (FRESADORA 2)												
102	Fresado de ENGRANAJE 48 (FRESADORA 2)												
103	Fresado de ENGRANAJE 49 (FRESADORA 2)												
104	Fresado de ENGRANAJE 50 (FRESADORA 2)												
105	Fresado de ENGRANAJE 51 (FRESADORA 2)												
106	Fresado de ENGRANAJE 52 (FRESADORA 2)												
107	Fresado de ENGRANAJE 53 (FRESADORA 2)												
108	Fresado de ENGRANAJE 54 (FRESADORA 2)												
109	Taladrado de BASE 1 (TALADRO 1)												
110	Taladrado de BASE 2 (TALADRO 1)												
111	Taladrado de BASE 3 (TALADRO 1)												
112	Taladrado de BASE 4 (TALADRO 1)												
113	Taladrado de BASE 5 (TALADRO 1)												
114	Taladrado de BASE 6 (TALADRO 1)												
115	Taladrado de BASE 7 (TALADRO 1)												
116	Taladrado de BASE 8 (TALADRO 1)												
117	Taladrado de BASE 9 (TALADRO 1)												
118	Taladrado de BASE 10 (TALADRO 1)												
119	Taladrado de BASE 11 (TALADRO 1)												
120	Taladrado de BASE 12 (TALADRO 1)												
121	Taladrado de BASE 13 (TALADRO 1)												
122	Taladrado de BASE 14 (TALADRO 1)												
123	Taladrado de BASE 15 (TALADRO 1)												
124	Taladrado de BASE 16 (TALADRO 1)												
125	Taladrado de BASE 17 (TALADRO 1)												
126	Taladrado de BASE 18 (TALADRO 1)												

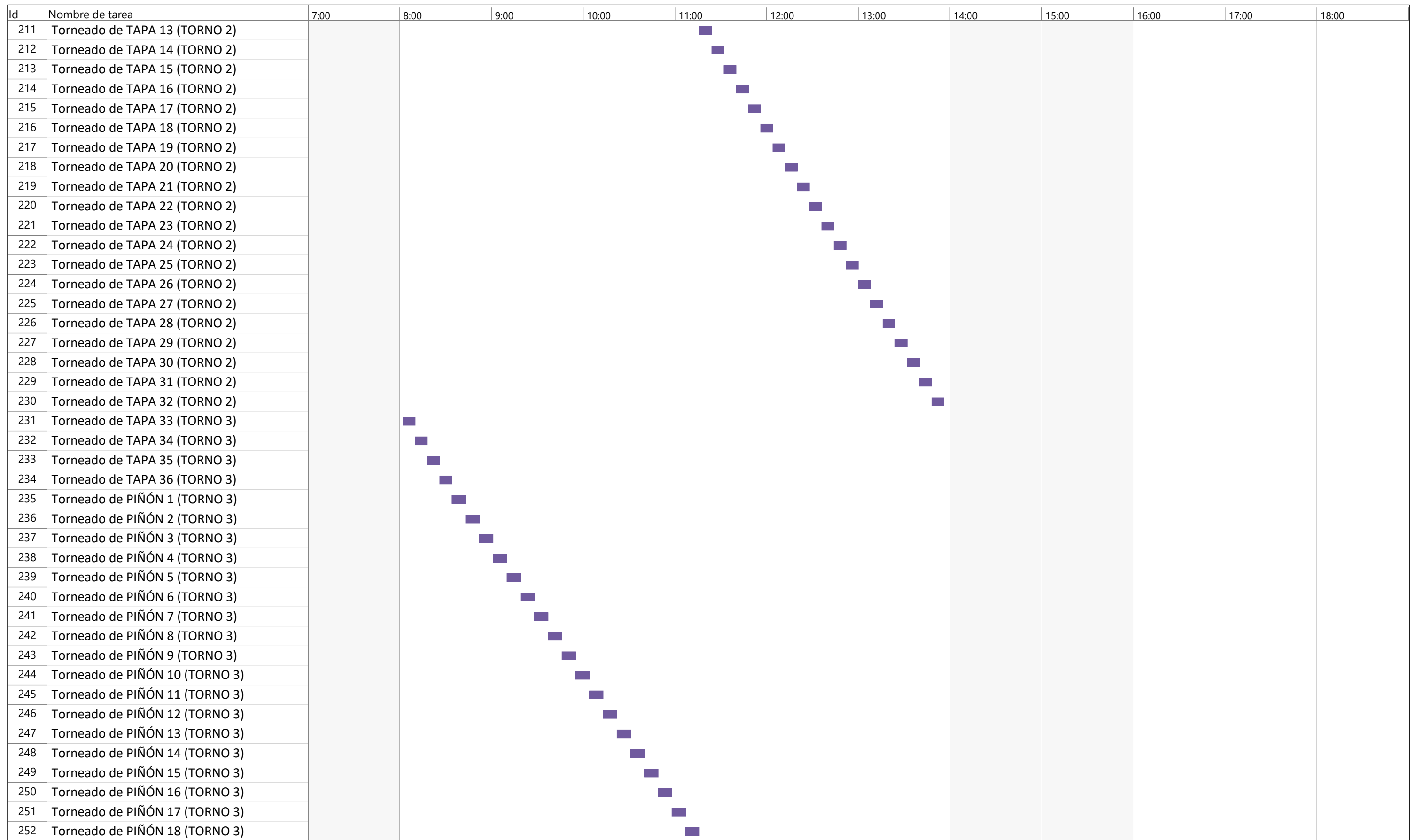
Proyecto: PLANNING Fecha: 8:48	Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha límite	
	División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
	Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
	Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			



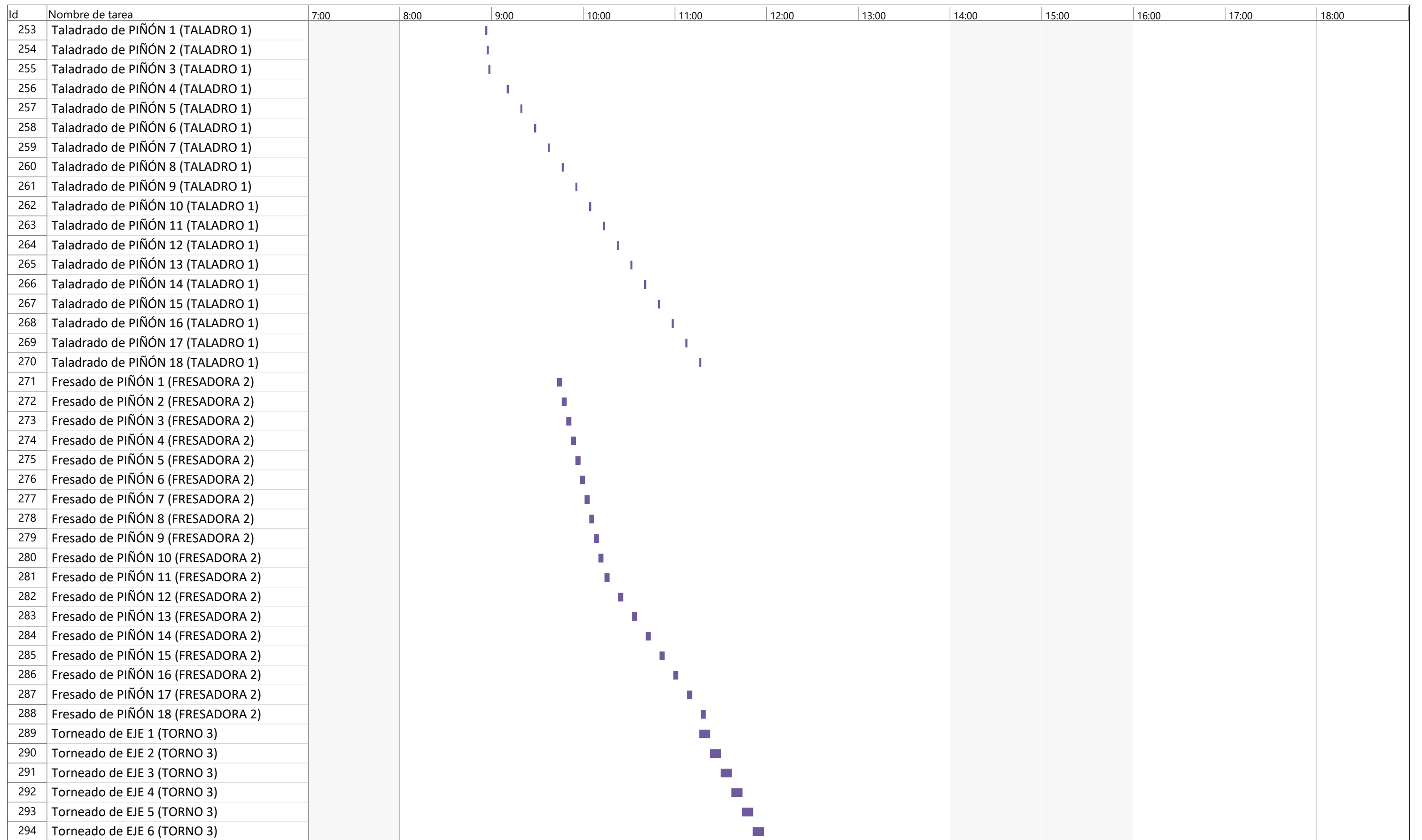
Proyecto: PLANNING Fecha: 8:48	Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha límite	
	División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
	Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
	Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			



Proyecto: PLANNING Fecha: 8:48	Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha límite	
	División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
	Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
	Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			



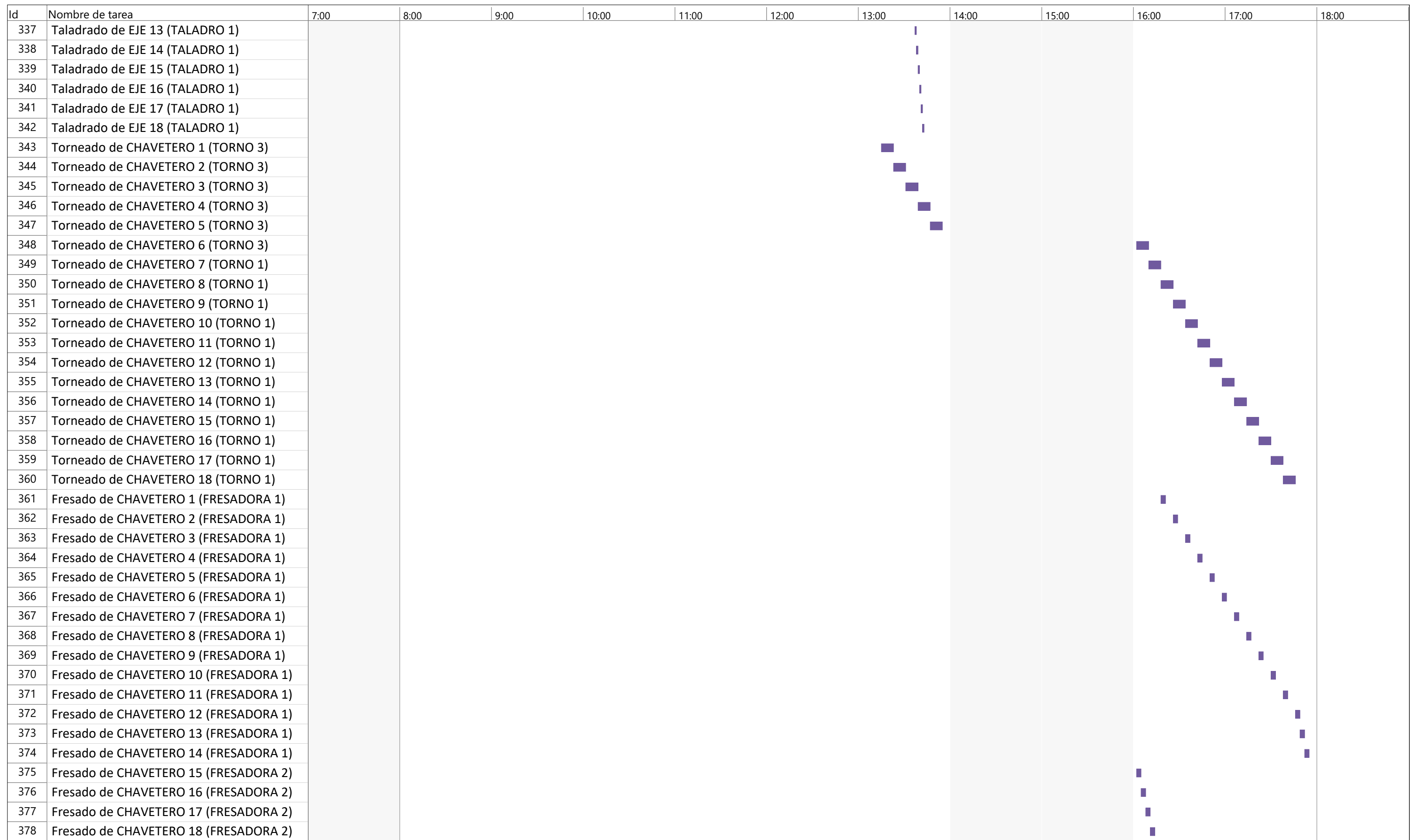
Proyecto: PLANNING Fecha: 8:48	Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha límite	
	División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
	Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
	Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			



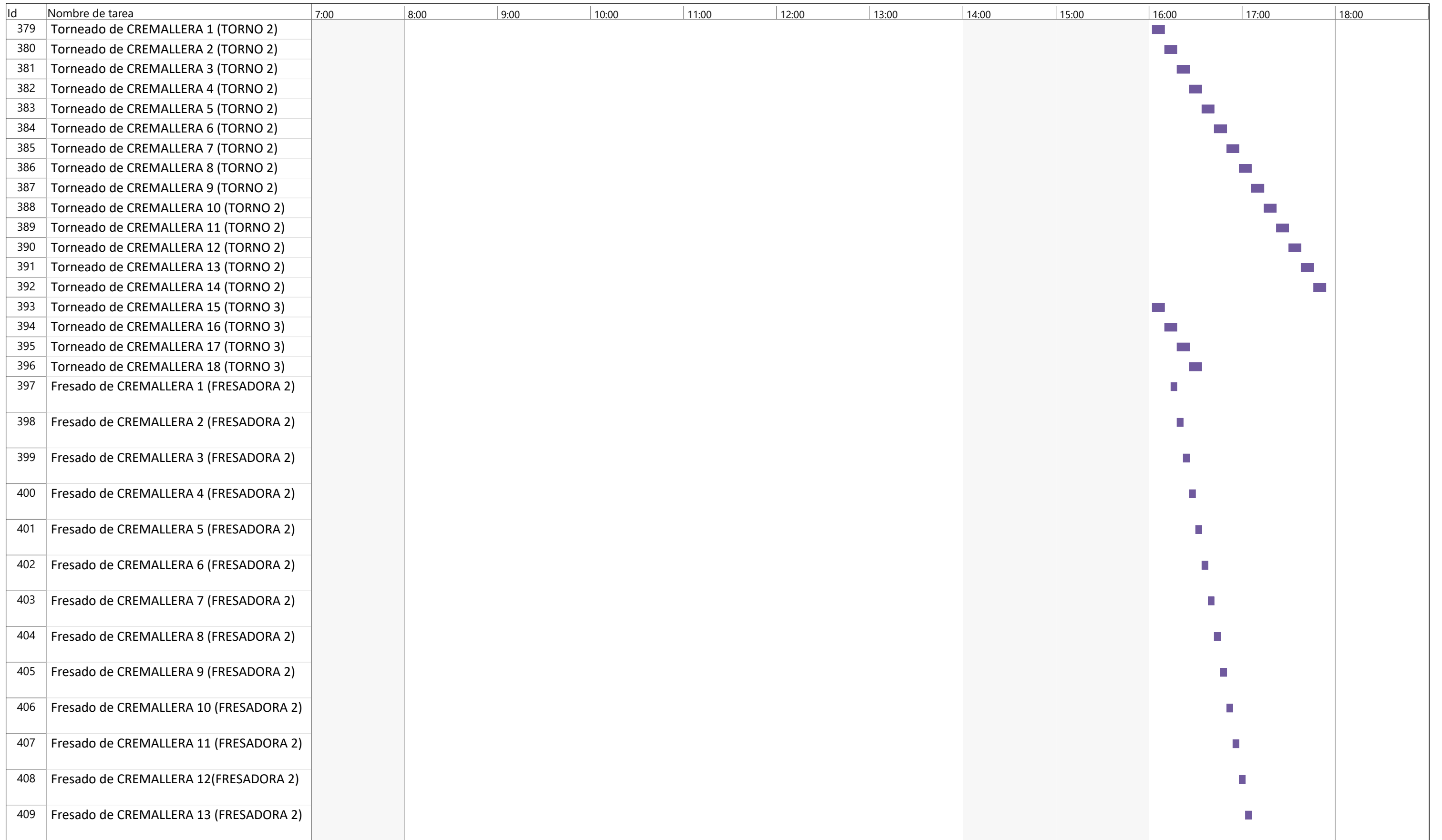
Proyecto: PLANNING Fecha: 8:48	Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha límite	
	División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
	Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
	Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			

Id	Nombre de tarea	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
295	Torneado de EJE 7 (TORNO 3)						■						
296	Torneado de EJE 8 (TORNO 3)						■						
297	Torneado de EJE 9 (TORNO 3)						■						
298	Torneado de EJE 10 (TORNO 3)						■						
299	Torneado de EJE 11 (TORNO 3)						■						
300	Torneado de EJE 12 (TORNO 3)						■						
301	Torneado de EJE 13 (TORNO 3)						■						
302	Torneado de EJE 14 (TORNO 3)						■						
303	Torneado de EJE 15 (TORNO 3)						■						
304	Torneado de EJE 16 (TORNO 3)						■						
305	Torneado de EJE 17 (TORNO 3)						■						
306	Torneado de EJE 18 (TORNO 3)						■						
307	Fresado de EJE 1 (FRESADORA 2)					■							
308	Fresado de EJE 2 (FRESADORA 2)					■							
309	Fresado de EJE 3 (FRESADORA 2)					■							
310	Fresado de EJE 4 (FRESADORA 2)					■							
311	Fresado de EJE 5 (FRESADORA 2)					■							
312	Fresado de EJE 6 (FRESADORA 2)					■							
313	Fresado de EJE 7 (FRESADORA 2)					■							
314	Fresado de EJE 8 (FRESADORA 2)					■							
315	Fresado de EJE 9 (FRESADORA 2)					■							
316	Fresado de EJE 10 (FRESADORA 2)					■							
317	Fresado de EJE 11 (FRESADORA 2)					■							
318	Fresado de EJE 12 (FRESADORA 2)					■							
319	Fresado de EJE 13 (FRESADORA 2)					■							
320	Fresado de EJE 14 (FRESADORA 2)					■							
321	Fresado de EJE 15 (FRESADORA 2)					■							
322	Fresado de EJE 16 (FRESADORA 2)					■							
323	Fresado de EJE 17 (FRESADORA 2)					■							
324	Fresado de EJE 18 (FRESADORA 2)					■							
325	Taladrado de EJE 1 (TALADRO 1)												
326	Taladrado de EJE 2 (TALADRO 1)												
327	Taladrado de EJE 3 (TALADRO 1)												
328	Taladrado de EJE 4 (TALADRO 1)												
329	Taladrado de EJE 5 (TALADRO 1)												
330	Taladrado de EJE 6 (TALADRO 1)												
331	Taladrado de EJE 7 (TALADRO 1)												
332	Taladrado de EJE 8 (TALADRO 1)												
333	Taladrado de EJE 9 (TALADRO 1)												
334	Taladrado de EJE 10 (TALADRO 1)												
335	Taladrado de EJE 11 (TALADRO 1)												
336	Taladrado de EJE 12 (TALADRO 1)												

Proyecto: PLANNING Fecha: 8:48	Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha límite	
	División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
	Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
	Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			





















Proyecto: PLANNING Fecha: 8:48	Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha límite	
	División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
	Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
	Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			



Proyecto: PLANNING Fecha: 8:48	Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha límite	
	División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
	Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
	Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			

Id	Nombre de tarea	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
410	Fresado de CREMALLERA 14 (FRESADORA 2)											■	
411	Fresado de CREMALLERA 15 (FRESADORA 2)											■	
412	Fresado de CREMALLERA 16 (FRESADORA 2)											■	
413	Fresado de CREMALLERA 17 (FRESADORA 2)											■	
414	Fresado de CREMALLERA 18 (FRESADORA 2)											■	

Proyecto: PLANNING Fecha: 8:48	Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha límite	
	División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
	Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
	Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo	