

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

*DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA DE ROTOMOLDEO PARA
ENSAYOS DE PROCESABILIDAD DE MATERIALES TERMOPLÁSTICOS.*

Trabajo Final de Grado
Grado en Ingeniería Mecánica

Autor: [Juan José Capelo Tomás]

Tutor: [Octavio Fenollar Gimeno]

Curso académico: [2016-2017]

RESUMEN

El objetivo de este proyecto es realizar el trabajo fin de grado para terminar mis estudios, se parte de la idea de realizar un prototipo de lo que sería un horno para realizar pequeñas piezas de plástico o ensayos de materiales. El proceso de diseño de un proyecto mecánico trae una serie de fases para poder llevarlo adelante, y creo que puedo aportar mi experiencia en Rotomoldeo por ese motivo se tiene la ilusión de realizar este proyecto, el planteamiento inicial del proyecto consta de la búsqueda de información, creatividad y alternativas de diseño teniendo que modificar piezas después de diseñar para adaptarlas a la funcionalidad que deseamos. Un proceso de síntesis y análisis, diseño del prototipo y una optimización de la misma para ello se analizarán varios factores para una posible mejora de diseño de piezas.

Interesa que el proyecto sea también intuitivo y fácil de usar, ya que, aunque va dirigido para realizar pequeñas pruebas o ensayos en la universidad, también se realiza de una manera sencilla aprovechando unas piezas de un prototipo que nunca se había puesto en marcha, como la base, el motor y el control de temperatura, estas piezas nos servirán para realizar nuestro proyecto a un menor coste de piezas y nos supondrá un gran reto.

También nos supondrá tener más trabajo para realizar las medidas el diseño de piezas adaptadas al prototipo. Se trata de diseñar con solidworks 2017 y Ansys 18 para fabricar las piezas necesarias, con sus estudios de cálculos de elementos finitos (FEA) correspondientes para poner en funcionamiento este horno. También se aportan cálculos realizados en Wolfram Mathematica 10.3 y KiSSsoft para cálculo de rodamientos.

Para el desarrollo de este horno se parte de una base de acero rectangular lo suficientemente resistente para soportar el peso y el calor del horno.

La idea es realizar un horno con una resistencia obtenida que podamos cambiar fácilmente el molde, que sólo se pueda fabricar una pieza debido al tamaño reducido del horno y se pueda realizar ensayos de varios materiales como policloruro de vinilo (PVC) o polietileno. Se realizan varios ensayos con distintas temperaturas.

El desmoldeo y enfriamiento se realizan rápido no hace falta desconectar resistencia bajo la extracción del molde se puede realizar enfriamiento rápido bajo el agua o a temperatura ambiente, dejando dar vueltas un tiempo determinado.

JUAN JOSE CAPELO TOMAS

1

Se ha buscado piezas, rodamientos de bajo coste para optimizar costes de la fabricación de nuestro horno también se ha tenido en cuenta que debe cumplir una calidad y unos mínimos establecidos por ello se realizará de una manera sencilla y segura.

Tabla de Contenidos

RESUMEN	1
Listado de figuras.	3
Listado de tablas.....	4
1. Idea del proyecto.....	7
2. Objeto y objetivos del TFG.	8
3. Introducción	9
3.1.- Clasificación de los plásticos	9
3.1.1.- Según el monómero base.....	9
3.1.2.- Según su comportamiento frente al calor.....	10
3.1.3.- Codificación de plásticos	11
3.2.- Tipos de moldeos.	12
3.2.1.- Moldeo por compresión.....	12
3.2.2.- Moldeo por soplado.	13
3.2.3.- Moldeo por inyección-soplado.....	13
3.2.4.- Moldeo por coextrusión-soplado.....	14
3.2.5.- Moldeo en vacío	15
3.2.6.- Moldeo por inyección.....	15
3.2.7.- Moldeo rotacional.	15
4.0- Metodología de trabajo del TFG.	18
4.1.- Secuenciación de actividades.	18
4.1.1.- Diagrama de actividades desarrolladas.....	19
4.1.2.- Recursos y medios empleados en la fabricación del TFG.....	21
5.0- Diseño y funciones de las piezas realizadas.	23
5.1- Diseño final provisional se puede modificar alguna de las piezas realizadas.	49
5.2- Piezas incluidas no diseñadas para el TFG.	50
5.2.1- Controlador de temperatura y termopar.....	50
5.2.2- Potenciómetro.....	53

5.2.3- Transformador.....	54
5.3- Material empleado en los ensayos y proceso de moldeado.....	54
5.4- Desarrollo de trabajo y resultado del TFG.	61
5.4.1- Planteamiento de trabajo.....	64
5.4.2- Pre-procesamiento.....	64
5.4.3- Post-procesamiento y resultados.....	64
5.4.4- Resultados del eje.....	64
5.4.5- cálculo a fatiga y mallado del eje Tambor y post-procesamiento.....	74
5.4.6- Cálculo de ensamblaje conjunto 1 mallado y post-procesamiento.	92
5.4.7- Cálculo de ensamblaje conjunto 2 mallado y post-procesamiento.	102
5.4.8- Cálculo de ensamblaje conjunto 3 mallado y post-procesamiento.	109
5.4.9-Otros cálculos realizados.....	118
6.0- Estudio económico y presupuesto.....	124
7.0- Conclusiones del TFG.	149
8.0- Planos del prototipo de horno rotacional.....	149
9.0- Normativa de seguridad de máquinas.....	162

Listado de figuras.

IMAGEN 1 LA BASE DE NUESTRO PROYECTO.	24
IMAGEN 2[FIGURA 2 CARRO DE DESPLAZAMIENTO.].....	25
IMAGEN 3.REALIZACION DEL CARRO.....	26
IMAGEN 4. CUADRO DE MANDOS.	26
IMAGEN 5CUADRO DE MANDOS VACIADO DE 2MM.....	27
IMAGEN 6.SOPORTE DE LA RESISTENCIA.....	28
IMAGEN 7 PIEZA TRANSVERSAL.....	28
IMAGEN 8 SALIENTE EXTRUIR.	29
IMAGEN 9 CORTAR REVOLUCIÓN.....	29
IMAGEN 10 RUEDA DEL CARRO.	29
IMAGEN 11 SOPORTE MOTOR.....	30
IMAGEN 12 EXTRUIR LÁMINA.....	30
IMAGEN 13 EJE TAPA REALIZA LA FUERZA NECESARIA PARA CIERRE MOLDE.....	31
IMAGEN 14 CILINDRO SALIENTE EXTRUIR.....	31
IMAGEN 15 EJE TAMBOR DE ACERO GALVANIZADO.....	32
IMAGEN 16. SALIENTE EXTRUIR DE LA PIEZA EJE TAMBOR.	32

IMAGEN 17 SE REALIZA UN SALIENTE EXTRUIR .	33
IMAGEN 18 REALIZADO DE ROSCA M10.	34
IMAGEN 19 RESBALÓN SE ENCARGA DE ACOPLAR EN EL EJE EN LOS DOS EXTREMOS.	35
IMAGEN 20 LA SEGUNDA PIEZA SU FUNCIÓN SE BASA EN ROSCAR A M10 Y DE APOYO DE RODAMIENTO.	36
IMAGEN 21 RODAMIENTOS UTILIZADOS.	36
IMAGEN 22 RODAMIENTOS DE BOLAS.	37
IMAGEN 23 SOPORTE DE CIERRE DEL MOLDE.	37
IMAGEN 24 OPERACIÓN SALIENTE EXTRUIR REALIZADO EN SOLIDWORKS.	38
IMAGEN 25 SALIENTE EXTRUIR DE LA RESISTENCIA	39
IMAGEN 26 RESISTENCIA DEL PROTOTIPO.	39
IMAGEN 27 PIEZA FINAL RESISTENCIA	39
IMAGEN 28 ACOPLE DEL MOTOR TRANSMITE LA FUERZA DEL MOTOR AL TAMBOR.	40
IMAGEN 29 SALIENTE EXTRUIR CON AGARRES.	40
IMAGEN 30 PIEZA MOTOR DE 12DC.	41
IMAGEN 31 TAMBOR O MOLDE SE ENCARGA DE REALIZAR LA FORMA DE LA PIEZA.	42
IMAGEN 32 REVOLUCIÓN DEL TAMBOR.	42
IMAGEN 33 TAPA DEL MOLDE O TAMBOR.	43
IMAGEN 34 SALIENTE EXTRUIR DE LA TAPA.	43
IMAGEN 35 PROTECTOR DE SEGURIDAD Y DEL CALOR.	44
IMAGEN 36 SALIENTE EXTRUIR PROTECTOR.	45
IMAGEN 37 CAPERUZA O TAPA DE RETENCIÓN DEL CALOR.	45
IMAGEN 38 CAPERUZA EN SU CONSTRUCCIÓN Y REVOLUCIÓN.	46
IMAGEN 39 MUELLE DE PRESIÓN.	46
IMAGEN 40 INSERTO EJE REVOLUCIÓN.	47
IMAGEN 41 INSERTO PARA ELEVAR SOPORTE.	47
IMAGEN 42 PIEZA AUXILIAR SOLDADA PARA SOPORTAR LA PRESIÓN DEL CARRO.	47
IMAGEN 43 PIEZA AUXILIAR SALIENTE EXTRUIR.	48
IMAGEN 44 EJE GUÍA PARA EVITAR QUE SE LEVANTE EL CARRO AL PRESIONAR Y REPARTE EL ESFUERZO.	48
IMAGEN 45 EJE GUÍA REALIZADO SALIENTE EXTRUIR.	49

Listado de tablas

TABLA 1 CODIFICACIÓN PARA LOS DISTINTOS PLÁSTICOS	12
TABLA 2 FORMULACIÓN PARA MUÑECAS Y PELOTAS OBTENIDA DEL INSTITUTO DEL PLÁSTICO.	55
TABLA 3 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN CON DIFERENTES TIPOS DE CARGAS.	57
TABLA 4 CARACTERÍSTICAS DEL ACERO AISI 1020.	58
TABLA 5 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	58
TABLA 6 ALEACIÓN DE ALUMINIO.	58
TABLA 7 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.	58
TABLA 8 ALEACIÓN DE ALUMINIO> ISOTRÓPICA RESISTIVIDAD.	59
TABLA 9 ALEACIÓN DE ALUMINIO ISOTRÓPICA ELASTICIDAD.	59
TABLA 10 DATOS DEL POLICLORURO DE VINILO RÍGIDO.	59
TABLA 11 ENSAYO DE MATERIALES REALIZADOS EN EL LABORATORIO (PVC) + PLASTIFICANTE (E).	60
TABLA 12 (ABS) PARA LA IMPRESIÓN DEL CUADRO DE MANDOS.	60

TABLA 13 UNIDADES DE LOS CÁLCULOS REALIZADO EN ANSYS WORKBENCH 18.....	62
TABLA 14 RESULTADO DEL EJE ANALIZADO POR ELEMENTOS FINITOS.	65
TABLA 15 GEOMETRÍA Y MOMENTOS DE INERCIA SE HA REALIZADO UN MALLADO DE CALIDAD EN EL ELEMENTO.....	66
TABLA 16 MALLADO GRUESO Y PROMEDIO DEL MALLADO.	67
TABLA 17 COLOCACIÓN DE LAS CARGAS Y SOPORTE FIJO.	68
TABLA 18 MODELO ESTÁTICO ESTRUCTURAL MÁXIMO REFINAMIENTO 4	69
TABLA 19 RESULTADOS DE LAS TENSIONES Y ESFUERZOS CALCULADOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS.	70
TABLA 20 AQUÍ PODEMOS VER LOS ESFUERZOS DE VON MISES MÁS DETALLADO.	70
TABLA 21 AQUÍ SE PUEDE VER EL ESFUERZO MÁXIMO PRINCIPAL MÁS DETALLADO.....	71
TABLA 22 DEFORMACIÓN DIRECCIONAL.	71
TABLA 23 AJUSTES DE FACTOR DE RESISTENCIA A FATIGA SEGÚN LA TEORÍA DE GOODMAN.....	72
TABLA 24 RESULTADO A FATIGA DE LA VIDA DE LA PIEZA.	72
TABLA 25 RESULTADO DE LA VIDA ROTURA TENSIÓN ALTERNANTE E INDICACIÓN DE LA BIAxIALIDAD A FATIGA	73
TABLA 26 TENSION ALTERNANTE AL DETALLE.	73
TABLA 27 TIEMPO Y NUMERO DE CICLOS DE ROTURA.....	73
TABLA 28 RESULTADO DEL CÁLCULO DE INDICACIÓN DE BIAxIALIDAD.....	74
TABLA 29 RESULTADO DEL FACTOR DE SEGURIDAD DEL EJE.	74
TABLA 30 GEOMETRÍA Y PARTES DE EJE TAMBOR ENCARGADO DE MANTENER ESTABLE EL MOLDE.....	76
TABLA 31 MALLADO FINO Y PROXIMIDAD DE CURVATURA.	77
TABLA 32 RESULTADO DE LAS CARGAS INTRODUCIDAS.....	77
TABLA 33 INTRODUCCIÓN DE DATOS DE REFINAMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS.....	78
TABLA 34 RESULTADO DE LA TENSIÓN EQUIVALENTE.....	79
TABLA 35 SOLUCIÓN ESFUERZO MÁXIMO PRINCIPAL.	79
TABLA 36 SOLUCIÓN DE LA TENSIÓN NORMAL.	79
TABLA 37 EN LA TENSIÓN NORMAL INTRODUCIMOS UNA CONVERGENCIA DEL CINCO POR CIENTO.....	80
TABLA 38 SOLUCIÓN SI CONVERGE Y MEJORA LA TENSIÓN NORMAL.....	80
TABLA 39 SOLUCIÓN DE LA TENSIÓN DE CORTADURA.	81
TABLA 40 SOLUCIÓN TOTAL DE DEFORMACIÓN	81
TABLA 41 SOLUCIÓN DE LA HERRAMIENTA A FATIGA.	82
TABLA 42 SOLUCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD.	82
TABLA 43 SOLUCIÓN CICLOS DEL CÁLCULO DE LA TENSIÓN ROTURA.....	83
TABLA 44 SOLUCIÓN DEL CÁLCULO A FATIGA INDICACIÓN DE BIAxIALIDAD.	83
TABLA 45 SOLUCIÓN TENSIÓN EQUIVALENTE ALTERNANTE.	84
TABLA 46 PARTES Y RESULTADOS DE LA GEOMETRÍA.	85
TABLA 47 SOLUCIÓN DEL MALLADO NÚMERO DE ELEMENTOS Y NODOS.	87
TABLA 48 INTRODUCCIÓN DE LAS CARGAS COMPRESIÓN PURA.....	87
TABLA 49 SOLUCIÓN TENSIÓN EQUIVALENTE VON MISES.	87
TABLA 50 SOLUCIÓN ESFUERZO MÁXIMO PRINCIPAL.	88
TABLA 51 SOLUCIÓN TENSIÓN NORMAL.	88
TABLA 52 SOLUCIÓN EN LA TENSIÓN NORMAL DE ANÁLISIS DE CONVERGENCIA.....	88
TABLA 53 SOLUCIÓN TENSIÓN NORMAL SI CONVERGE AL VEINTIUNO POR CIENTO.....	89
TABLA 54 SOLUCIÓN DE TENSIÓN CORTADURA.	89
TABLA 55 SOLUCIÓN DEL CICLO DE VIDA DEL EJE.	90
TABLA 56 SOLUCIÓN DEL ANÁLISIS DE ROTURA.	90
TABLA 57 SOLUCIÓN CÁLCULO A FATIGA Y FACTOR DE SEGURIDAD.	91
TABLA 58 SOLUCIÓN DE LA INDICACIÓN DE BIAxIALIDAD EN EL CÁLCULO A FATIGA.....	91
TABLA 59 SOLUCIÓN DE LA TENSIÓN ALTERNANTE.....	92
TABLA 60 RESULTADO DE LA GEOMETRÍA Y PARTES DEL CONJUNTO 1.	93

TABLA 61 RESULTADO DEL CÁLCULO DE ENSAMBLAJE CONJUNTO 1.....	95
TABLA 62 RESULTADO ANALIZADO DE LOS RODAMIENTOS.....	96
TABLA 63 SOLUCIÓN DE MALLADO Y PROMEDIO.	97
TABLA 64 ANÁLISIS DE RESULTADO POR PROXIMIDAD DE CURVATURA.	98
TABLA 65 INTRODUCIENDO UNA CARGA DE 100 N EN EJE Y.....	99
TABLA 66 SOLUCIÓN DE LA TENSIÓN EQUIVALENTE.....	100
TABLA 67 SOLUCIÓN A LA TENSIÓN MÁXIMA PRINCIPAL.....	100
TABLA 68 SOLUCIÓN A LA TENSIÓN NORMAL DEL CONJUNTO 1.	100
TABLA 69 SOLUCIÓN DE LA TENSIÓN DE CORTADURA DEL CONJUNTO 1.....	101
TABLA 70 SOLUCIÓN DE CÁLCULO DE TOTAL DEFORMACIÓN DEL CONJUNTO1.	101
TABLA 71 SOLUCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO DEL CONJUNTO1.	102
TABLA 72 RESULTADO DE MOMENTOS Y MALLADO DEL CONJUNTO2.	103
TABLA 73 INTRODUCCIÓN DE CARGAS EN EL CONJUNTO2.	103
TABLA 74 SOLUCIÓN TOTAL DE LAS TENSIONES Y DEFORMACIONES CARRO.	104
TABLA 75 RESULTADO DE LA TENSIÓN DE VON MISES CONJUNTO2.....	105
TABLA 76 RESULTADO DE LA TENSIÓN NORMAL DEL CONJUNTO 2.....	105
TABLA 77 RESULTADO DE LA TENSIÓN DE CORTADURA DEL CONJUNTO 2.....	106
TABLA 78 RESULTADO DE LA DIRECCIÓN DE DEFORMACIÓN.....	107
TABLA 79 SOLUCIÓN Y FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO DONDE SE PRODUCE.....	108
TABLA 80 FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO DEL CONJUNTO 2.....	108
TABLA 81 RESULTADO DE MOMENTOS Y MALLADO.....	110
TABLA 82 RESULTADO DEL MALLADO DEL CONJUNTO 3.	111
TABLA 83 RESULTADO DEL MALLADO FINO.....	111
TABLA 84 INTRODUCCIÓN DE CARGAS EN EL CONJUNTO 3.....	112
TABLA 85 RESULTADO DE LAS TENSIONES.	112
TABLA 86 SOLUCIÓN DE LA TENSIÓN NORMAL.	114
TABLA 87 SOLUCIÓN AL FACTOR DE SEGURIDAD OBTENIDO.	114
TABLA 88 SOLUCIÓN DEL ESFUERZO MÁXIMO PRINCIPAL.....	115
TABLA 89 INTRODUCCIÓN DE TEMPERATURA.....	116
TABLA 90 INTRODUCCIÓN DE POTENCIA DE LA RESISTENCIA.....	116
TABLA 91 CONDICIÓN DE TEMPERATURA DE TRABAJO.	116
TABLA 92 RESULTADO DEL FLUJO DE CALOR TOTAL.	117
TABLA 93 RESULTADO DEL FLUJO DE CALOR DIRECCIONAL.	117
TABLA 94 RESULTADO DE LAS PÉRDIDAS DE TEMPERATURA.	118

1. Idea del proyecto

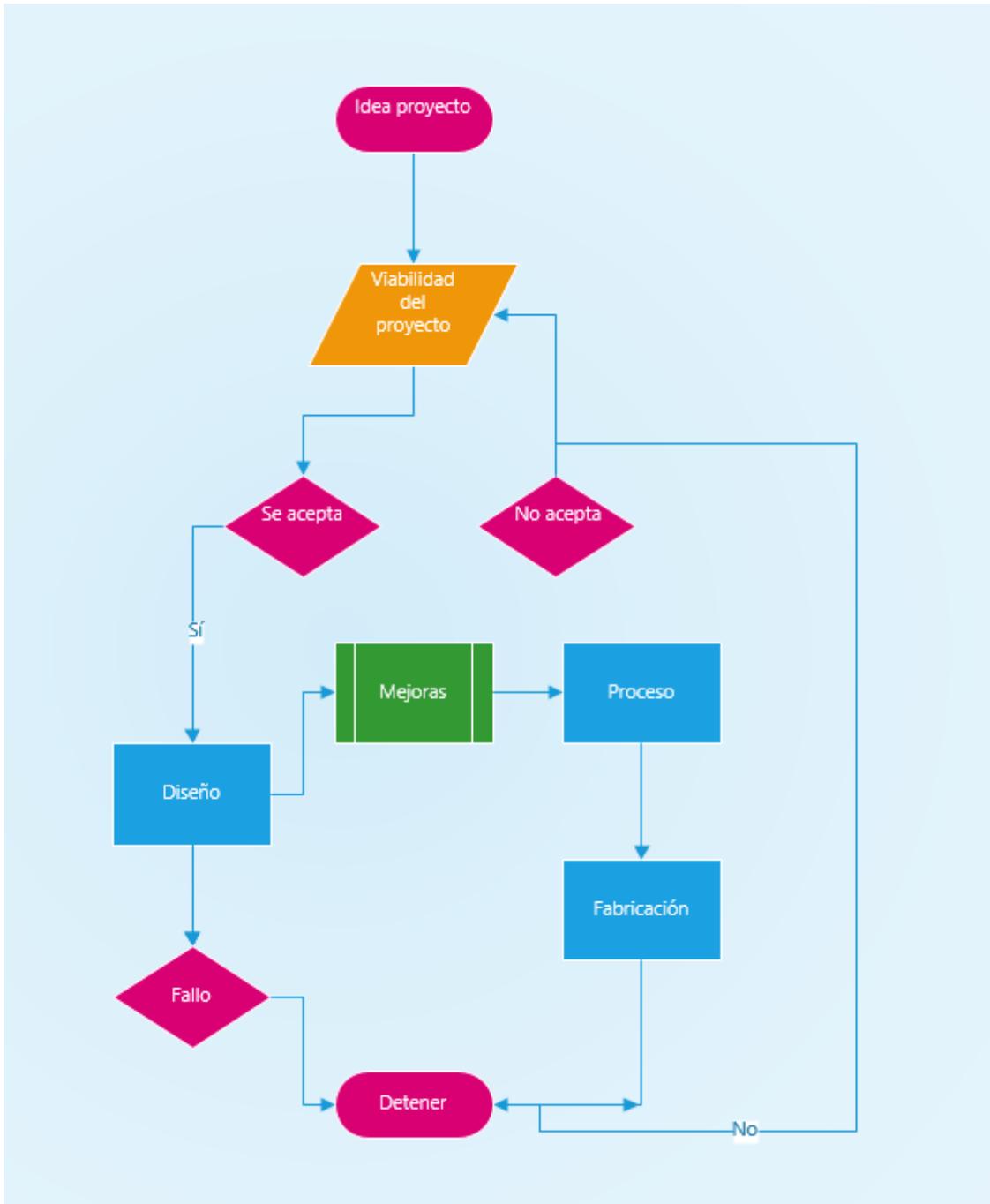


Ilustración 1 podemos ver el diagrama de procesos a seguir en la idea del proyecto.

Partimos de una idea realizar un horno para pequeños ensayos de plástico tipo rotomoldeo. Se aprovechan las algunas partes que utilizaremos para mejorar y poder fabricar nuestra idea. Como es viable la idea podemos realizar el siguiente paso que será diseñar un horno tipo rotomoldeo que sólo girará en dos sentidos sobre un mismo eje de rotación para fabricar una pieza de plástico creemos que es suficientes ya que sólo nos interesan las paredes que sean lo más uniforme posible quitando importancia al fondo y tapa del molde, para ello se realizarán varias pruebas en la Universidad.

Se analizan unas mejoras que podemos llevar acabo en el proceso de diseño y posteriormente se fabrica.

2. Objeto y objetivos del TFG.

El objeto del presente proyecto es el diseño de un horno de tipo rotomoldeo para su posterior fabricación y el análisis matemático de elementos finitos de algunas piezas para ver cómo se comportan las estructuras, análisis de curvatura, calidad en los elementos y nodos.

A mayor número de nodos es mayor el orden de las funciones que podemos utilizar para aproximar los fenómenos físicos. Trabajaremos con mallas formadas por tetraedros y hexaedros.

Los elementos finitos y sus interrelaciones pueden ser evaluados con el propósito de la validación o rediseño muy importantes para la ingeniería. Aprenderemos a utilizar el software ANSYS WORKBECH para obtener una buena malla ya que se ha intentado con solidworks y un conjunto de piezas sin resultado alguno, creemos es una buena manera de aprender a diseñar las piezas para nuestro horno.

Una técnica para el modelado de una estructura compleja. Cuando el modelo matemático es sometido a cargas conocidas, el desplazamiento de la estructura se puede determinar.

El horno se realizará lo más sencillo posible y su fabricación se realiza con piezas diseñadas para este objetivo, no obstante, se sigue el tipo rotomoldeo por ser más económico para realizar piezas de plástico. Flexibilidad en cuanto al diseño y unas propiedades únicas en los productos obtenidos.

Se tiene que intentar fabricar una pieza de plastisol para su posterior enfriamiento y extracción del molde.

3. Introducción

Para saber cómo fabricar nuestro prototipo tenemos que saber cómo funciona y se comporta un horno de tipo rotomoldeo. Hay muchos tipos de hornos de rotomoldeo que no vamos a mencionar para centrarnos en nuestro proyecto. Citaremos algunas formas de procesado del plástico para poder profundizar en lo que realmente nos interesa. El material que vamos a usar es PVC es un material termoplástico, el más inestable de todos. Pero por medio de aditivos es uno de los materiales más versátiles, para su aplicación en diferentes procesos de manufactura y en piezas plásticas.

El rotomoldeo es un proceso de transformación primario intermitente que se usa para la fabricación de artículos plásticos huecos de tamaños muy variados, pudiéndose realizar con paredes de hasta 8mm nosotros realizaremos un pequeño tambor o cubo. También hablaremos de cuáles son los materiales usados en el proceso de rotomoldeo, así como sus propiedades y la presentación física para poder ser usados en el proceso de rotomoldeo.

En esta pequeña introducción explicaremos como funciona un horno tipo rotomoldeo y de cuantas etapas se compone.

La primera es carga de materia prima dentro del molde, la segunda el calentamiento del horno que deberá ser según las características del material a fundir, la tercera el tiempo de enfriamiento del molde y la cuarta el desmolde o extracción de la pieza.

No entramos a mencionar cuando se tiene que poner postizos de teflón o insertos dentro del molde.

3.1.- Clasificación de los plásticos

Mencionamos brevemente como se clasifican los plásticos. (GROOVER, 1997)

3.1.1.- Según el monómero base

En esta clasificación se considera el origen del monómero del cual parte la producción del polímero.

Naturales: Son los polímeros cuyos monómeros son derivados de productos de origen natural con ciertas características como, por ejemplo, la celulosa, la caseína y el caucho. Dentro de dos de estos ejemplos existen otros plásticos de los cuales provienen:

- Los derivados de la celulosa son: el celuloide y el celofán.

- Los derivados del caucho son: la goma y la ebonita.
- Sintéticos: Son aquellos que tienen origen en productos elaborados por el hombre, principalmente derivados del petróleo como lo son las bolsas de polietileno.

3.1.2.- Según su comportamiento frente al calor

Termoplásticos

Un termoplástico es un plástico que, a temperatura ambiente, es plástico o deformable, se convierte en un líquido cuando se calienta y se endurece en un estado vítreo cuando se enfría suficiente. La mayoría de los termoplásticos son polímeros de alto peso molecular, los que poseen cadenas asociadas por medio de débiles fuerzas Van der Waals (Polietileno); fuertes interacciones dipolo-dipolo y enlace de hidrógeno; o incluso anillos aromáticos apilados (poliestireno). Los polímeros termoplásticos difieren de los polímeros termoestables en que después de calentarse y moldearse éstos pueden recalentarse y formar otros objetos, ya que, en el caso de los termoestables, su forma después de enfriarse no cambia y éste prefiere incendiarse.

Sus propiedades físicas cambian gradualmente si se funden y se moldean varias veces.

Los principales son:



Ilustración 2 EJEMPLO DE PLÁSTICOS

Resinas celulósicas: obtenidas a partir de la celulosa, el material constituyente de la parte leñosa de las plantas. Pertenece a este grupo el rayón.

Polietilenos y derivados: Emplean como materia prima el etileno obtenido del craqueo del petróleo que, tratado posteriormente, permite obtener diferentes monómeros como acetato de vinilo, alcohol vinílico, cloruro de vinilo, etc. Pertencen a este grupo el PVC, el poliestireno, el metacrilato, etc.

Derivados de las proteínas: Pertencen a este grupo el nailon y el perlón, obtenidos a partir de las diamidas.

Derivados del caucho: Clorhidratos de caucho obtenidos adicionando ácido clorhídrico a los polímeros de caucho.

Termoestables

Los plásticos termoestables son materiales que una vez que han sufrido el proceso de calentamiento-fusión y formación-solidificación, se convierten en materiales rígidos que no vuelven a fundirse.

Generalmente para su obtención se parte de un aldehído.

- Polímeros del fenol: Son plásticos duros, insolubles, pero, si durante su fabricación se emplea un exceso de fenol, se obtienen termoplásticos.
- Resinas epoxi.
- Resinas melamínicas.
- Baquelita.
- Aminoplásticos: Polímeros de urea y derivados. Pertenece a este grupo la melanina.
- Poliésteres: Resinas procedentes de la esterificación de polialcoholes, que suelen emplearse en barnices. Si el ácido no está en exceso, se obtienen termoplásticos.

3.1.3.- Codificación de plásticos

Existe una gran variedad de plásticos y para clasificarlos, existe un sistema de codificación que se muestra en la Tabla 1. Los productos llevan una marca que consiste en el símbolo internacional de reciclado. El objetivo principal de este código es la identificación del tipo de polímero que está hecho el plástico para su correcto reciclaje. El número presente en el código, es un número designado arbitrariamente para identificar el polímero y no tiene nada que ver con la dureza del plástico ni con la dificultad del reciclaje.

Tipo de plástico		Acónimo	Código
Tereftalato de polietileno		PET	1
Polietileno (PE) de alta densidad		PEAD/ HDPE	2
Policloruro de vinilo		PVC	3
Polietileno (PE) de baja densidad		PEBD/ LDPE	4
Polipropileno		PP	5
Poliestireno		PS	6
Otros	Polimetilpentano	PMP	7
	Polietrafluoroetileno o teflón*	PETFE	
	Acronitrilo butadieno estireno	ABS	
	Polimetilmetacrilato	PMMA	
	Policarbonato	PC	

Tabla 1 codificación para los distintos plásticos

3.2.- Tipos de moldeos.

Aquí aprenderemos los distintos moldeos para materiales plásticos.

3.2.1.- Moldeo por compresión.

El moldeo por compresión es un proceso de conformado de piezas que generalmente es un polímero, es introducido en un molde abierto al que luego se le aplica presión para que el material adopte la forma del molde y calor para que el material adopte definitivamente la forma deseada.

En algunos casos la reticulación es acelerada añadiendo reactivos químicos, por ejemplo, peróxidos. Se habla entonces de moldeo por compresión con reacción química.

También se utiliza este proceso con materiales compuestos, como plásticos reforzados con fibra de vidrio. En este caso el material no retícula, sino que adopta una forma fija gracias a la orientación imprimida a las fibras durante la compresión.

3.2.2.- Moldeo por soplado.

El moldeo por soplado es un proceso utilizado para fabricar piezas de plástico huecas gracias a la expansión del material. Esto se consigue por medio de la presión que ejerce el aire en las paredes de la preforma, si se trata de inyección-soplado si hablamos de extrusión-soplado.

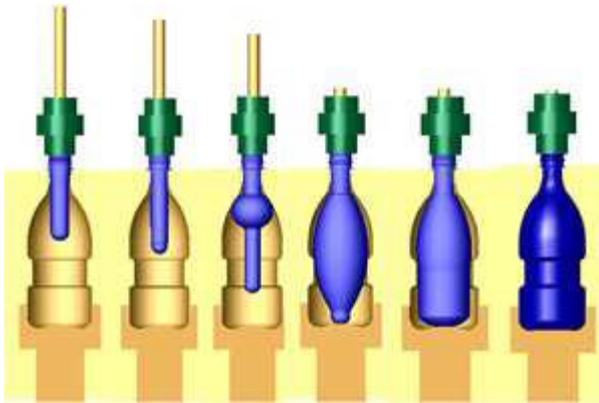


Ilustración 3 ejemplo moldeo por soplado.

Este proceso se compone de varias fases, la primera es la obtención del material a soplar, después viene la fase de soplado que se realiza en el molde que tiene la geometría final, puede haber una fase intermedia entre las dos anteriores para calentar el material si fuera necesario, seguidamente se enfría la pieza y por último se expulsa. Para facilitar el enfriamiento de la pieza los moldes están provistos de un sistema de refrigeración así se

incrementa el nivel productivo.

3.2.3.- Moldeo por inyección-soplado

El moldeo por inyección-soplado consiste en la obtención de una preforma del polímero a procesar, similar a un tubo de ensayo, la cual posteriormente se calienta y se introduce en el molde que alberga la geometría deseada, en ocasiones se hace un estiramiento de la preforma inyectada, después se inyecta aire, con lo que se consigue la expansión del material y la forma final de la pieza y por último se procede a su extracción.

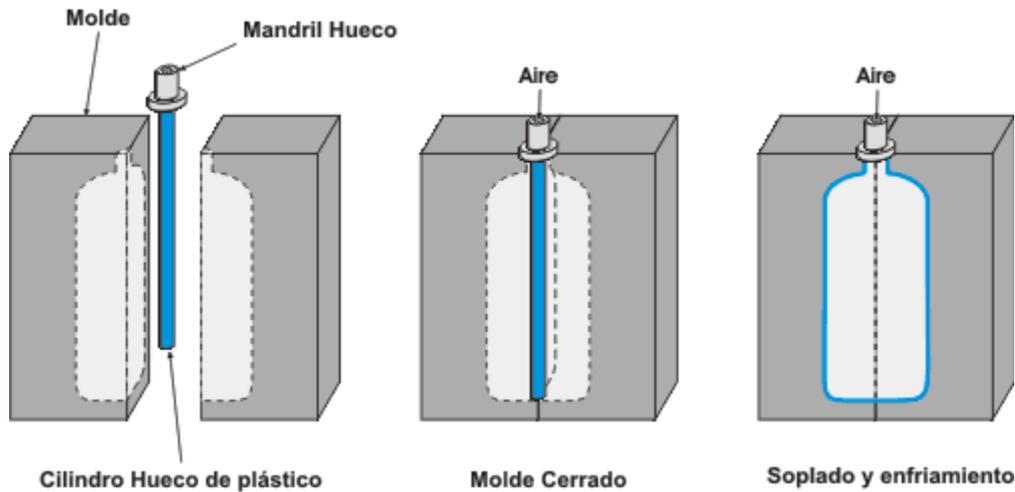


Ilustración 4 ejemplo de inyección soplado.

En muchas ocasiones es necesario modificar el espesor de la preforma, ya sea para conseguir una pieza con diferentes espesores o para lograr un espesor uniforme en toda la pieza, pues en la fase de soplado no se deforman por igual todas las zonas del material. La ventaja de usar preformas consiste en que estas se pueden inyectar y almacenar, producir diferentes colores y tamaños, los cuales pueden hacerse en lugares distintos a donde se realizará el soplado. Las preformas son estables y pueden ser sopladas a velocidad alta según la demanda requerida.

3.2.4.- Moldeo por coextrusión-soplado.

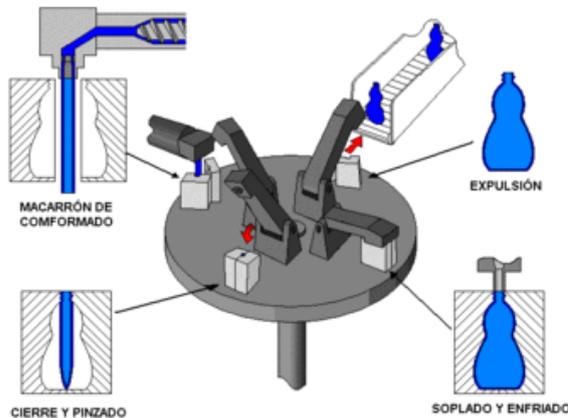


Ilustración 5 ejemplo coextrusión soplado

Mediante esta técnica de soplado se consigue productos multicapa. Esto puede interesar por diversas cuestiones como son; incluir diferentes características de permeabilidad, disminuir el costo de los materiales, al poder utilizarse materiales reciclados o de menor calidad, combinar características ópticas de los polímeros o crear efectos de colores iridiscentes. El párison extruido incluye todas las capas necesarias que en forma de tubo ingresan al molde, en la misma forma que el párison de monocapa. También el control de espesor del párison se puede llevar a cabo al igual que en el proceso de extrusión-soplado.

3.2.5.- Moldeo en vacío

El moldeo en vacío es una técnica de moldeo en arena en la que no se emplea ningún aglutinante, ya que la pieza queda suficientemente consistente gracias al vacío creado durante su realización en la caja de moldear. Se trata de una técnica relativamente moderna.

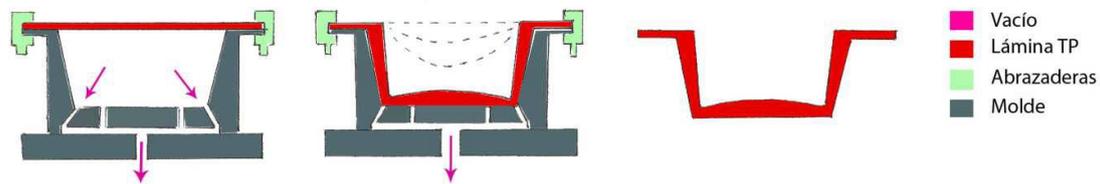


Ilustración 6 ejemplo moldeo por vacío.

Los diferentes tipos de moldeo en arena son los métodos más empleados en lo que a técnicas de moldeo se refiere, y se caracterizan por el empleo de arena común como material de molde. El procedimiento en estos métodos consiste en la formación de un molde (compuesto por dos piezas) apisonando la arena en torno a un patrón cuya forma será la de la pieza proyectada. A estos moldes, además, se les incorporará un sistema de orificios de colada y de aireación, para así permitir el flujo de metal fundido y minimizar posibles defectos internos en la pieza.

3.2.6.- Moldeo por inyección.

En ingeniería, el moldeo por inyección es un proceso semicontinuo que consiste en inyectar un polímero, cerámico o un metal en estado fundido en un molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio pequeño llamado compuerta. En ese molde el material se solidifica, comenzando a cristalizar en polímeros semicristalinos. La pieza o parte final se obtiene al abrir el molde y sacar de la cavidad la pieza moldeada.

El moldeo por inyección es una técnica muy popular para la fabricación de artículos muy diferentes no profundizaremos más en ello por centrarnos en nuestro trabajo.

3.2.7.- Moldeo rotacional.

En ingeniería, el moldeo rotacional o rotomoldeo es una técnica de procesamiento de polímeros que permite obtener piezas huecas de tamaño mediano a muy grande con relativamente poco material y buena estabilidad.

Para saber cómo fabricar nuestro prototipo tenemos que saber cómo funciona y se comporta un horno de tipo rotomoldeo. Hay muchos tipos de hornos de rotomoldeo carrusel, lineal, etc...que no vamos a mencionar para centrarnos en nuestro proyecto.

El rotomoldeo es un proceso de transformación primario intermitente que se usa para la fabricación de plásticos huecos, nosotros realizaremos un pequeño tambor o cubo dentro de nuestras posibilidades. También cuáles son los materiales usados en el proceso de rotomoldeo. Los termoplásticos más utilizados son los de PE, pero también se utilizan en muy baja medida PP, ABS, PA y PC, cuyos grados son especiales para tolerar lo agresivo de este proceso que tiende a degradar los polímeros.

En esta pequeña introducción explicaremos como funciona un horno tipo rotomoldeo y de cuantas etapas se compone.

La primera es carga de materia prima dentro del molde, la segunda el calentamiento del horno que deberá ser según las características del material a fundir, la tercera el tiempo de enfriamiento del molde y la cuarta el desmolde o extracción de la pieza.

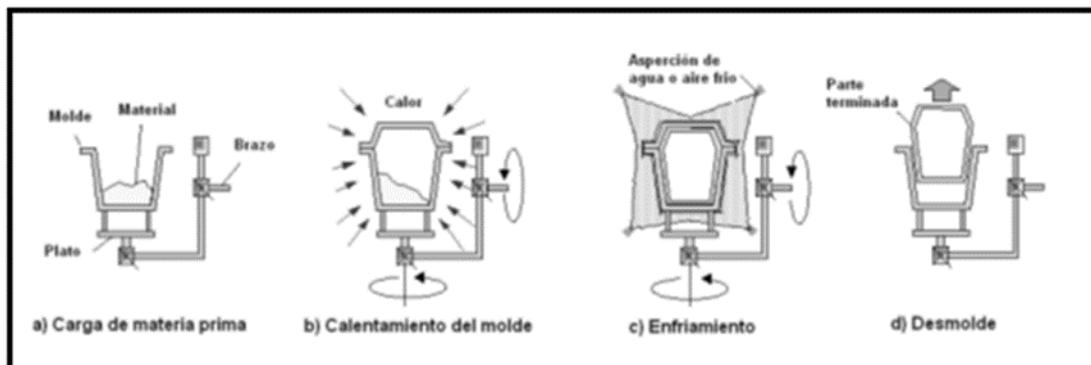


Ilustración 7 ejemplo proceso rotomoldeo.

Para ello se debe tener varios factores en cuenta, como la temperatura de fusión de nuestro material, la densidad volumétrica del material, la temperatura de nuestro horno, el enfriado que puede ser por aire o agua, según queramos obtener la pieza y el tiempo de cocción o enfriado.

3.2.7.1-Carga del material.

El material usado en el rotomoldeo puede ser de diferentes formas, dependiendo de la naturaleza del plástico. Por ejemplo, algunos tipos de nylon se usan en forma de gránulos debido a que estos materiales se funden rápidamente. En forma líquida se usa el PVC mejor conocido como plastisol porque este material líquido se adhiere muy rápido al interior del molde.

La mayoría de materiales plásticos usados en este proceso son en forma de polvo para que puedan fluir bien en el molde. Otra de las ventajas del uso de polvos es la habilidad de fundirse más rápidamente, como bajo punto de fusión, viscosidad baja e índice de fluidez altos.

El grado de fluidez es muy importante durante el moldeo el cual determina cual será la distribución del polímero dentro del molde.

3.2.7.2-Calentamiento.

El molde debe estar caliente antes de verter el material para evitar que el material se quede pegado si es necesario usaremos desmoldeantes en aerosol o líquido, una vez que se prepara el molde con la cantidad correcta de material polimérico.

El método empleado para calentar nuestro horno en este proyecto será una resistencia de extrusora que se encargará de transmitir el calor al molde y éste a su vez girará accionado por el motor que hace girar al molde. Para conseguir altas eficiencias en la etapa de calentamiento está relacionada con la construcción del molde, el cual debe ser relativamente delgado y tener una alta conductividad térmica, regularmente son construidos con aceros y aluminio.

3.2.7.3-Enfriamiento.

Una vez que el material polimérico se ha fundido completamente y a su vez adherido a toda la superficie interna del molde se procede al enfriamiento el cual debe ser rápido para evitar la degradación debido a un tiempo de exposición prolongado. El enfriamiento puede ser por aspersión de agua, aire (enfriamiento lento) o vapor de agua condensada.

3.2.7.4-Desmoldeo

En esta etapa la pieza está totalmente rígida y cocida. El desmoldeo de las piezas es un factor importante en el diseño de los moldes para rotomoldeo, siempre se debe de contemplar posibilidades de diseño que faciliten al operario su trabajo. Además de que los tiempos en cada etapa deben de minimizarse.

4.0-Metodología de trabajo del TFG.

El proceso de diseño de un proyecto mecánico sufre una serie de fases para estudiar si se puede realizar, primera fase el planteamiento inicial en nuestro caso el método a utilizar será diseñar con Solidworks las piezas necesarias para fabricar un prototipo de horno tipo rotomoldeo, que a su vez sea sencillo y económico de fabricar.

Segunda búsqueda de información necesaria para poder llevar a cabo nuestro proyecto, normativa, tablas de roscas para realizar los agujeros necesarios. Estudio de piezas a través del mallado analizaremos también un análisis de convergencia para mejorar el error que nos da el mallado del sistema y refinar el mallado más fino con la ayuda de software aprendido en nuestro grado como Ansys.

Tercera fase constará de la creatividad de diseño para poder realizar nuestro horno de una forma sencilla y fácil.

Cuarta fase proceso de síntesis de forma, como distintos elementos que estaban dispersos o separados organizándolos y relacionándolos. Mejoras o cambios posibles en el diseño de las piezas modificando si es necesario el diseño o ensamblaje.

El proceso de análisis será la quinta fase a tener en cuenta el cómo vamos a estudiar y realizar las piezas necesarias y con qué herramientas de costes para presupuestar nuestro trabajo. El análisis se ha realizado estático para garantizar la estructura y saber las tensiones a que está sometido.

La sexta fase será la realización de nuestro proyecto con las posibles herramientas necesarias en nuestro taller.

La séptima fase posible mejoras y realización de una pieza dentro de lo posible.

4.1.-Secuenciación de actividades.

La primera actividad es una vez tenemos claro que vamos a realizar será una búsqueda de información del material que vamos a utilizar como se comporta al aplicar cargas y su estudio, después será diseñar en solidworks las posibles piezas necesarias para nuestro proyecto.

Diseño de elementos mecánicos como ejes, la deflexión no se ve afectada por la resistencia sino por la rigidez, representada por el módulo de elasticidad (Young), que es esencialmente constante en todos los aceros. Por esa razón, la rigidez no puede controlarse mediante decisiones sobre el material, sino sólo por decisiones geométricas.

La resistencia necesaria para soportar esfuerzos de carga afecta la elección de los materiales y sus tratamientos. Una buena práctica consiste en iniciar con un acero de bajo o medio % de carbono de bajo costo, como primer paso en los cálculos del diseño.

Por lo general, los ejes no requieren endurecimiento superficial a menos que sirvan como un recubrimiento real en una superficie de contacto. Las elecciones típicas para el material para el endurecimiento superficial incluyen los grados de carburización ANSI 1020, 4340, 4820 y 8620 nosotros vamos a centrar en los que nos ofrece solidwoks.

La configuración general de un eje para acomodar los elementos que lo conforman, por ejemplo, engranes, cojinetes y poleas, debe especificarse en los primeros pasos del proceso de diseño para poder realizar un análisis de fuerzas de cuerpo libre y para obtener diagramas de momento cortante.

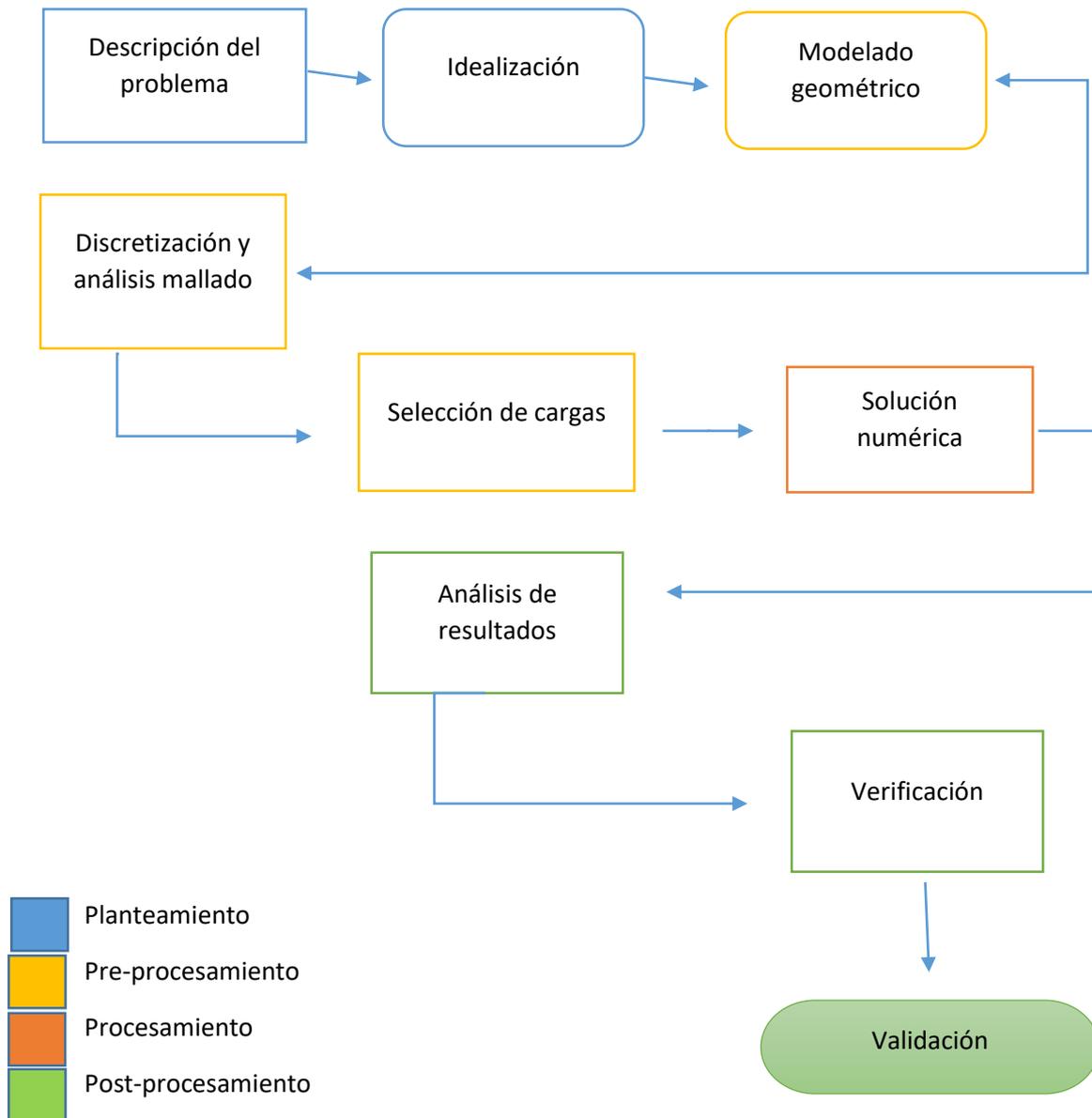
También es necesario tener en consideración el método de ensamblado de los componentes en el eje, y el ensamblado del eje en el marco. Por lo general, esto requiere el diámetro más grande en el centro del eje, y diámetros progresivamente más pequeños hacia los extremos, para permitir que los componentes se deslicen hacia las puntas.

Los esfuerzos de flexión, torsión o axiales pueden estar presentes tanto en componentes medios como en alternantes. Para el análisis, es suficientemente simple combinar los diferentes tipos de esfuerzos en esfuerzos de von Mises alternantes y medios.

Normas y definiciones de roscas, todas las roscas se hacen de acuerdo con la regla de la mano derecha, a menos que se indique otra manera como lo aprendido en clase.

4.1.1.- Diagrama de actividades desarrolladas.

El diagrama de actividades desarrolladas para análisis que usaremos para seguir en el cálculo de elementos finitos (FEA) del TFG será:



Analizaremos algunas herramientas para realizar mallados eficientes, realizaremos también un análisis de convergencia para disminuir el error de mallado de nuestro sistema y finalmente analizaremos los resultados y verificación de la pieza realizada.

Cuando tenemos reducciones de área estas provocan concentración de esfuerzos que nos llevan a la falla o rotura del sistema en nuestro caso la zona más complicada será el motor y eje tambor que debe soportar más presión ya que se encargará de soportar la presión del material ejercida sobre la tapa y el molde sobre el motor.

Debido a que nos vemos obligado a reducir el eje de 10 mm a 8mm para que pueda acoplar en nuestra tapa de cierre y a cortar el eje para que pueda tener recorrido el carro hacia atrás también creemos que es necesario reducir para evitar pandeo del eje sobre la base.

El análisis se ha realizado estático para garantizar la estructura y saber las tensiones a que está sometido.

El método se basa en cuatro pasos:

Planteamiento; donde debemos interpretar que ocurre en la realidad para poder realizar la idealización del sistema y trasladarlo al modelo matemático de nuestra pieza geométrica.

Pre-procesamiento; mallado de ese modelo geométrico o dicho de otra manera la discretización de nuestro modelo continuo.

Procesamiento; cargas que vamos a incluir y los resultados.

Post-procesamiento; verificación y validación de nuestro modelo.

El análisis FEA realizado en Ansys 18.1 se trata de hacer un mallado de más calidad que en solidworks ya que hemos comprobado de que la calidad del elemento no es la misma ni realizando un mallado fino y en Ansys podemos mejorar la calidad del mallado hasta un valor de 10, nosotros vamos a utilizar como máximo un refinamiento de 4 loops, nos centraremos en la calidad del elemento que es muy importante, para que tengamos unos valores lo más cercanos a 1 aunque es prácticamente imposible.

4.1.2.- Recursos y medios empleados en la fabricación del TFG.

Se han utilizado los recursos del taller posibles ya que es bastante difícil coincidir para poder realizar alguna prueba durante el curso debido a que siempre hay clase o está ocupado. Se han realizado medidas de piezas con la herramienta pie de rey.

Sea realizado varias soldaduras por electrodo revestido con un soldador que nos han prestado hemos aprendido a soldar y con electrodo de 2.5 mm y 2.0 mm, también sabemos lo importante en un soldador del factor marcha, es el tiempo que podemos soldar a la máxima intensidad durante un intervalo de tiempo.



Ilustración 9 máquina de soldadura.



Ilustración 8 pieza utilizada en el trabajo.

En nuestro caso tiene un factor marcha de 35%, significa que podemos soldar a 200 A durante 3.5 minutos.

También se ha comprado alguna pieza por internet para facilitarnos el trabajo, como los rodamientos, transformadores, pasta soldadura para estaño, cinta adhesiva térmica, tornillos, resbalón para fijar nuestro eje, potenciómetro e interruptor dos velocidades y pintura.

Se ha utilizado el aula vacía asignada por Octavio de materiales para realizar las pruebas de ensayo y comprobaciones.

Utilización de máquinas de taladro para realizar agujeros y posteriormente realizar algunas roscas facilitadas por rafa en el taller. Para mejorar la precisión de la pieza del alojamiento del rodamiento se recurre a una máquina de control NC.



Ilustración 10 máquina de control numérico empleada para realizar varias piezas.

Utilizamos el torno del taller para varias operaciones como hacer el agujero de una pieza de última hora que nos rozaba con el resbalón.



Ilustración 11 resultado del alojamiento del rodamiento realizada por Control numérico.

El recorte del eje tambor que aproxima el carro al molde para tener más recorrido y que reparta mejor la fuerza, el eje tiene un diámetro de 10 mm se tiene que rebajar 9 mm para posteriormente hacer una rosca de 8 mm.

Medios tipo CAD como Solidworks o Ansys para realizar las piezas necesarias.

Procesado el material plástico a utilizar como basculas de precisión, mezcladores y una cámara térmica para comprobar la temperatura del interior del molde.

5.0- Diseño y funciones de las piezas realizadas.

En el diseño se ha atendido en cuenta lo importante que es las partes de la máquina, el tamaño y sus dimensiones y la orientación. Si se hace un estudio de los tipos de cargas y de esfuerzos podemos obtener mejores formas y orientaciones para las partes. Siempre que sea posible debemos diseñar patrones uniformes de esfuerzo para eliminar flexión, torsión y cortadura.

Se incluyen todas las piezas de diseño realizadas en solidworks y sus propiedades.

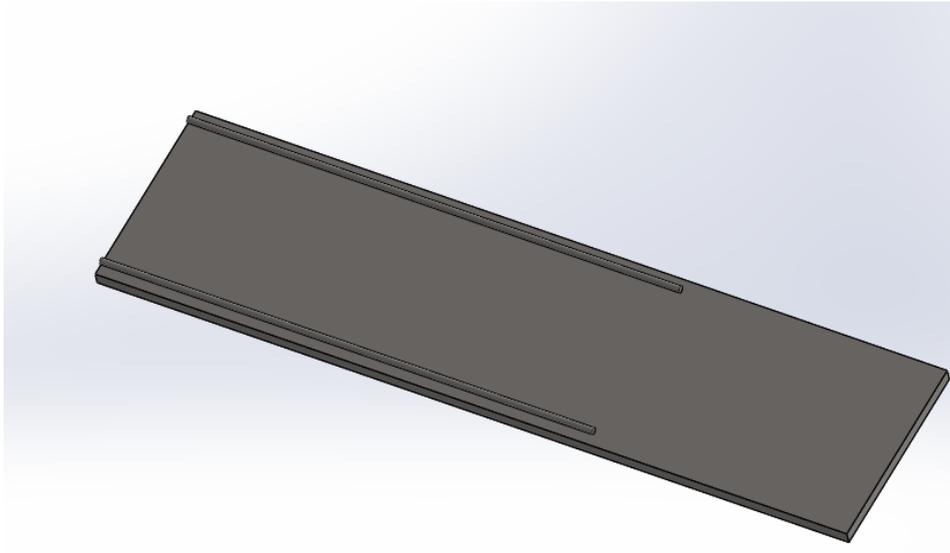


IMAGEN 1 la base de nuestro proyecto.

1)

BASE: [1Listado de figuras.No se ha tenido ningún problema en esta pieza base ya que es sencilla de dibujar se han introducido las medidas 600x150 y una extrusión a 9,75 mm se fabrica en acero baratos AISI 1020 aceros de bajo contenido en carbono.

2) Carro AR este será donde colocamos en la parte trasera de nuestra base donde irá colocado el eje que equilibrará nuestro molde y servirá de apoyo.

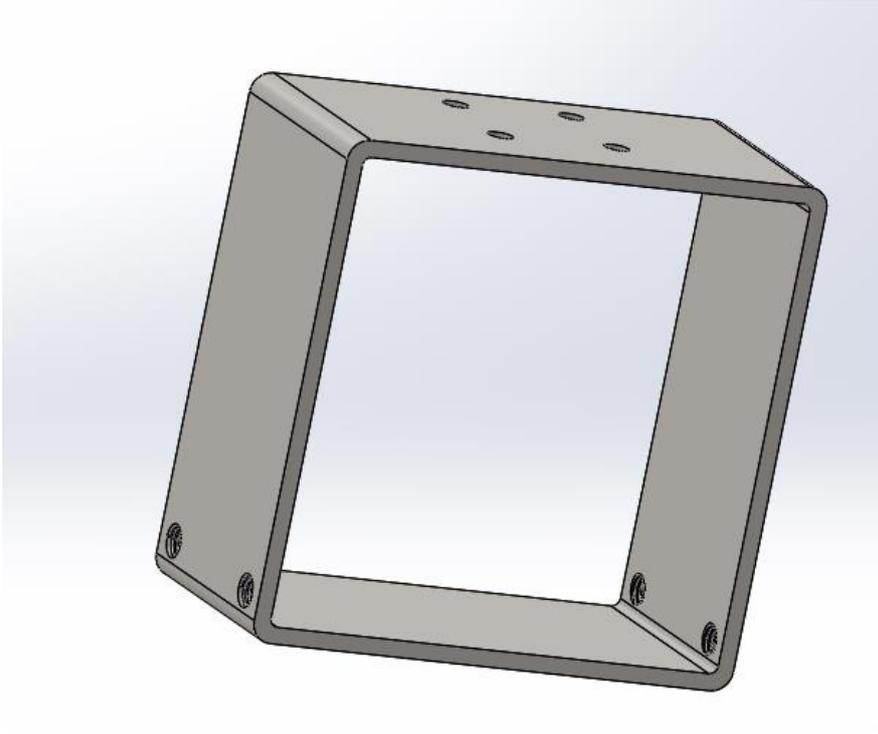


IMAGEN 2 Listado de figuras.

También soportará la presión que ejercemos sobre él al cerrar el molde, intentará levantarse hacia detrás, pero para eso colocaremos un eje de nos servirá de guía y contrarresta el esfuerzo.

Este carro llevará cuatro ruedas con rodamiento que no servirán para desplazarlo entre unas guías. Material el mismo acero bajo contenido carbono.

- 3) Carro BR es el que nos servirá para colocar el motor y es igual a la otra pieza diseñada debajo de este cuadrado de 120x120 colocamos el transformador y cables de alojamiento para que no molesten. A diferencia del otro carro éste será fijado con cuatro tonillos allen.

Se diseña de muy fácil se realiza un cuadrado de 120x120 y otro cuadrado interior y extrusión a 70 mm.

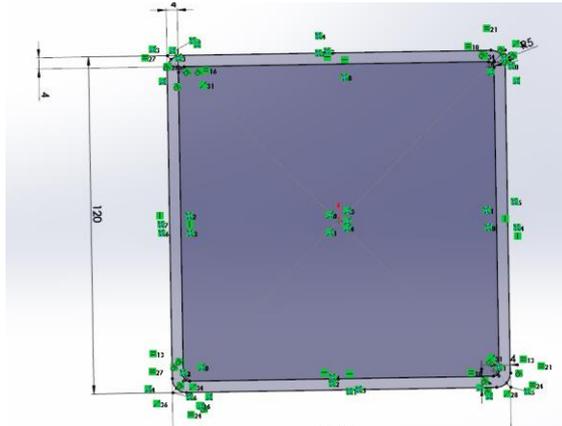


IMAGEN 3.realizacion del carro.

- 4) Esta pieza es la caja de mandos está realizada con ABS en una impresora de la universidad
 He tenido problemas, por ser de tamaño considerado no ha dado tiempo a unir el material y se
 está abriendo por los cordones de soldadura.

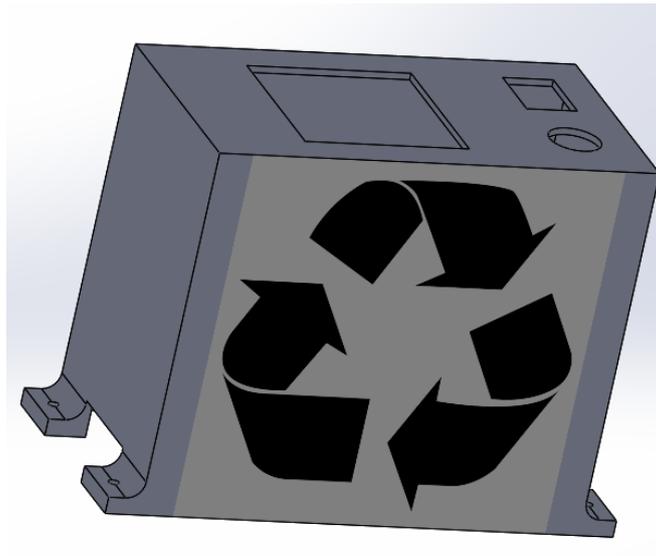


IMAGEN 4. cuadro de mandos.

Se ha diseñado varias veces para mejorar los bordes y esquinas y realizar otra impresión.

Incorpora todos los cables, potenciómetro, encendido y Controladores de temperatura DTC410.

Se realiza un cuadrado de 130 x110, dejando los 10 mm a cada lado para realizar los pies de agarre.

Se realiza con el comando extruir hacia arriba y se vacía dejando 2mm de espesor.

Se realiza un rectángulo de 11 mm de alto, dejando 20 mm cada lado y se realiza extruir por todo.

Se realiza un corte extruir para los mandos de 15x20 mm y un círculo de 15 mm de diámetro.

También se realiza un cuadrado de 48x48 para el cuadro de temperatura, después realizamos dos extrusiones a cada lado de 10mm y un redondeo de 5mm.

Y posteriormente cuatro agujeros de 3mm para la sujeción.

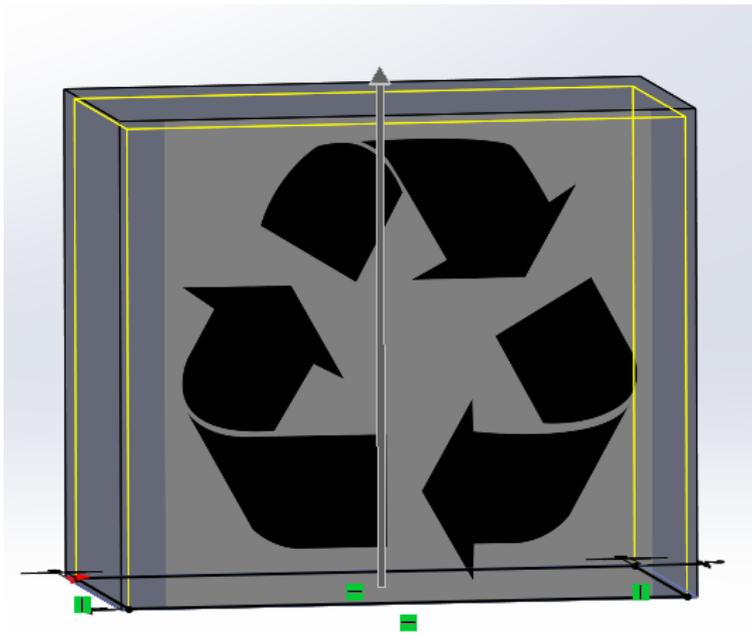


IMAGEN 5 cuadro de mandos vaciado de 2mm.

5) Soporte resistencia.

Es la encargada de soportar el calor y el peso de la resistencia se realiza con mismo material AISI 1020. La base tiene cuatro orificios de 6 mm de los cuales se aportan en los planos.

Eliminamos picos para aliviar tensiones y en la parte de conexión con la resistencia realizamos tres orificios de 6 mm para sujetar la resistencia.

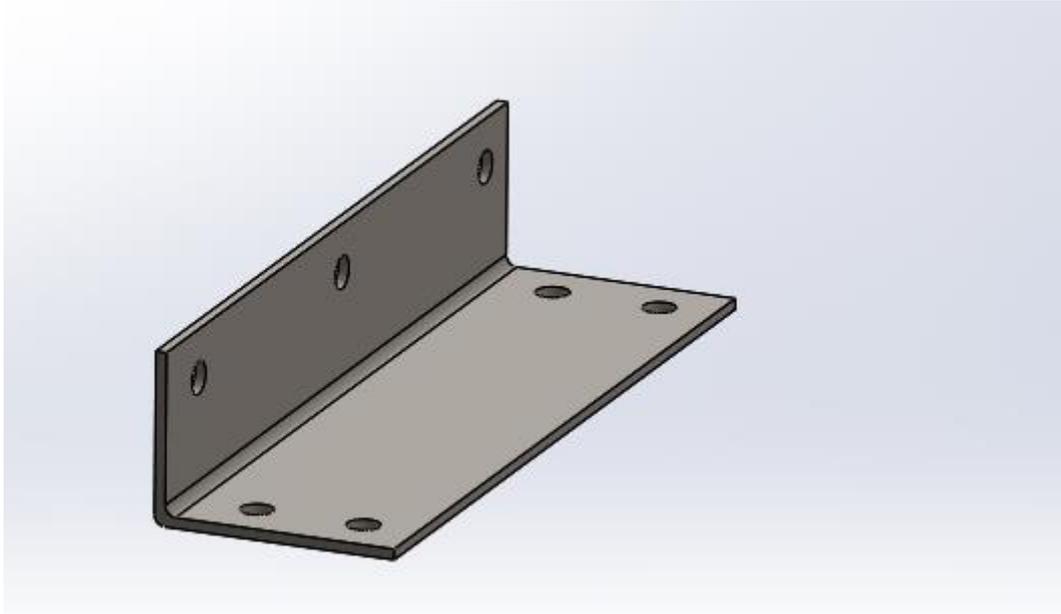


IMAGEN 6. Soporte de la resistencia.

- 6) Pieza transversal. Es la encargada de hacer de tope y soportar la presión ejercida por el carro, en uno de sus orificios entra el eje guía.

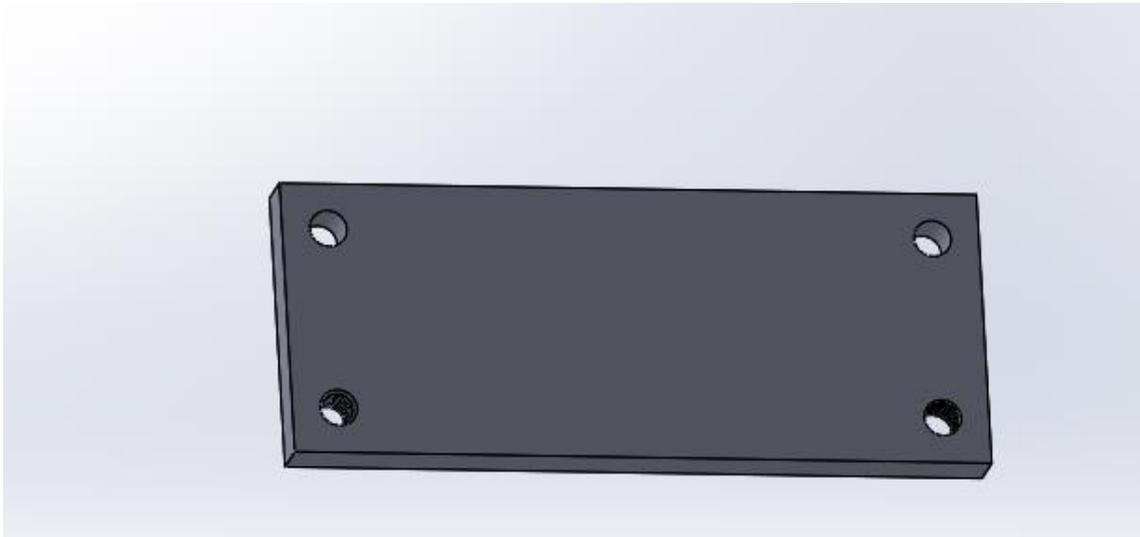


IMAGEN 7 Pieza transversal.

Esta pieza está realizada en acero AISI 1020, tiene 2 orificios inferiores en los que se ha realizado una rosca de M8 para roscar un tornillo que hará de tope. Su diseño es un rectángulo que mide 150 mm de ancho y 60 mm de altura. Realizamos un saliente extruir a 10 mm y listo.

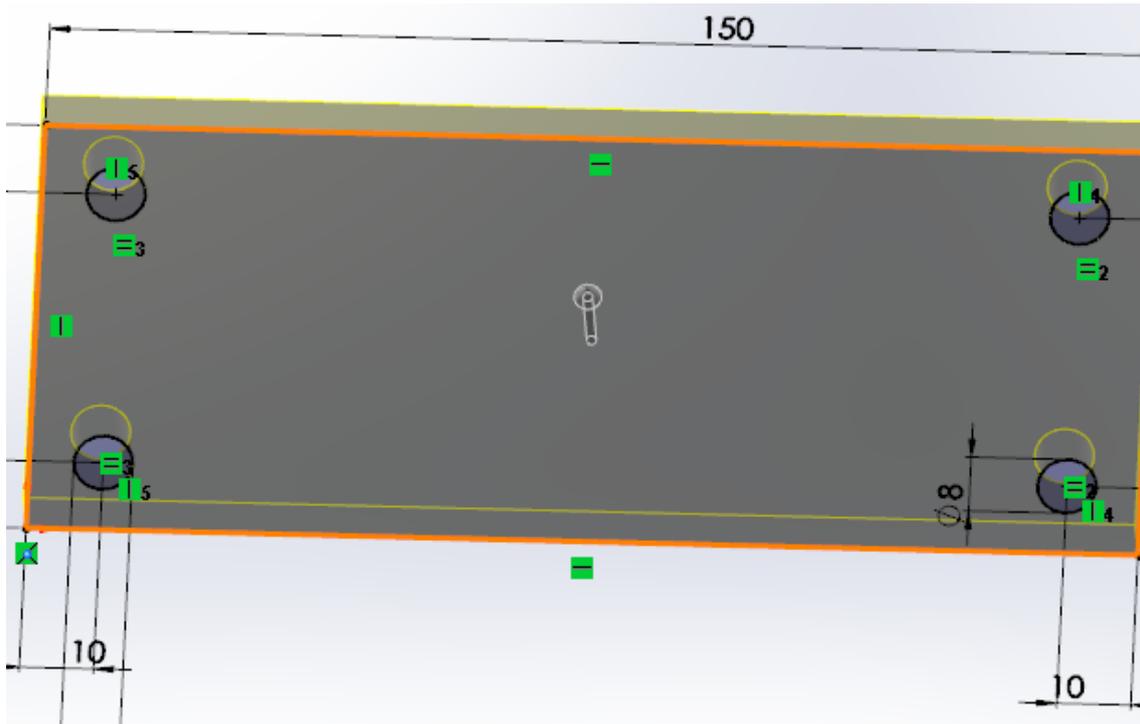


IMAGEN 8 Saliente extruir.

- 7) Rueda. Es la encargada del movimiento del carro, se han realizado 4 unidades para el soporte y desplazamiento completo del carro. Cada una lleva 4 tornillos con sus respectivas arandelas M6. Esta rueda será sustituida por unos rodamientos. Su diseño se basa en un círculo de 28mm y otro interior de 8mm. Saliente extruir y listo, ahora realizamos un arco de 5mm para el carril de la varilla y cortar revolución.

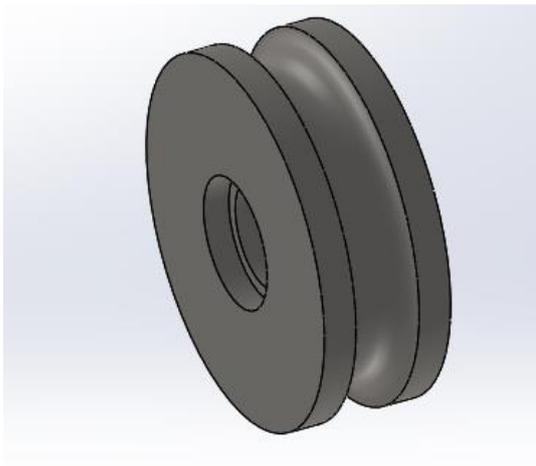


IMAGEN 10 rueda del carro.

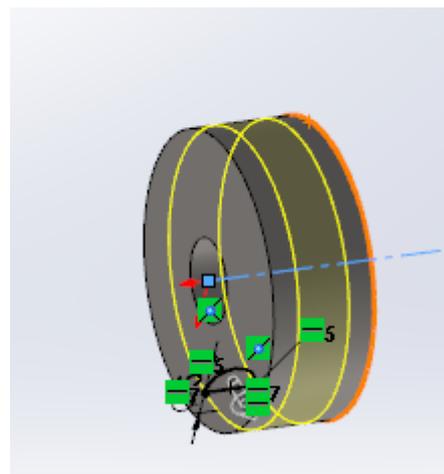


IMAGEN 9 cortar revolución .

8) Soporte Motor.

Nos sirve para soportar y sujetar el peso del motor. Lleva 4 orificios inferiores que sujetan el carro, en la parte superior hay 5 orificios; el central de 4 mm para el eje del motor, el resto para el amarre del motor. Tornillos pequeños de M3. Su diseño se basa en realizar una L de 44mm de largo por 46mm de alto y un radio de 5mm.

Se realiza un extruir lámina de 60mm y realizamos unos agujeros para el motor de M3 con la ayuda del taladro y unos agujeros para fijar el soporte de 6mm.

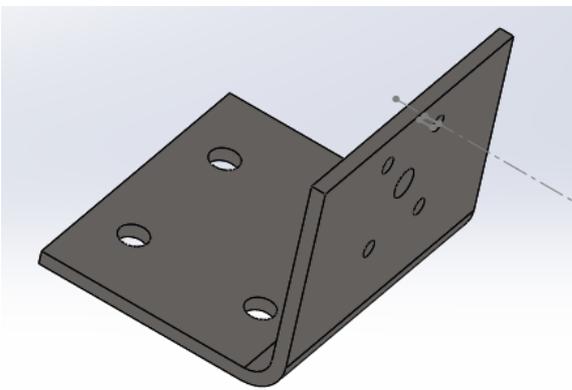


IMAGEN 11 soporte motor.

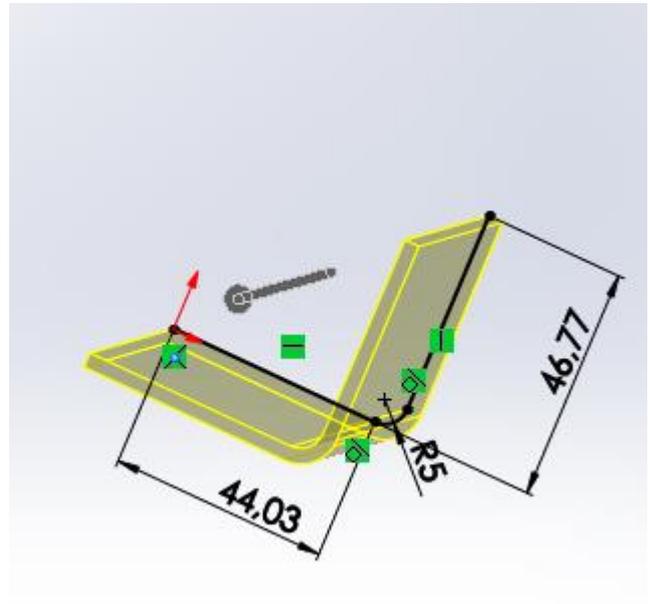


IMAGEN 12 extruir lámina .

9) El Eje Tapa.

Se encarga de realizar la presión necesaria para cerrar el molde y evitar pérdidas de material, con el aproximamos o alejamos el carro. Tiene un diámetro de 10 mm y una rosca de paso 1.5, está fabricada con acero galvanizado.



IMAGEN 13 eje tapa realiza la fuerza necesaria para cierre molde.

Se realiza con un cilindro de 10mm y saliente extruir a 200mm.

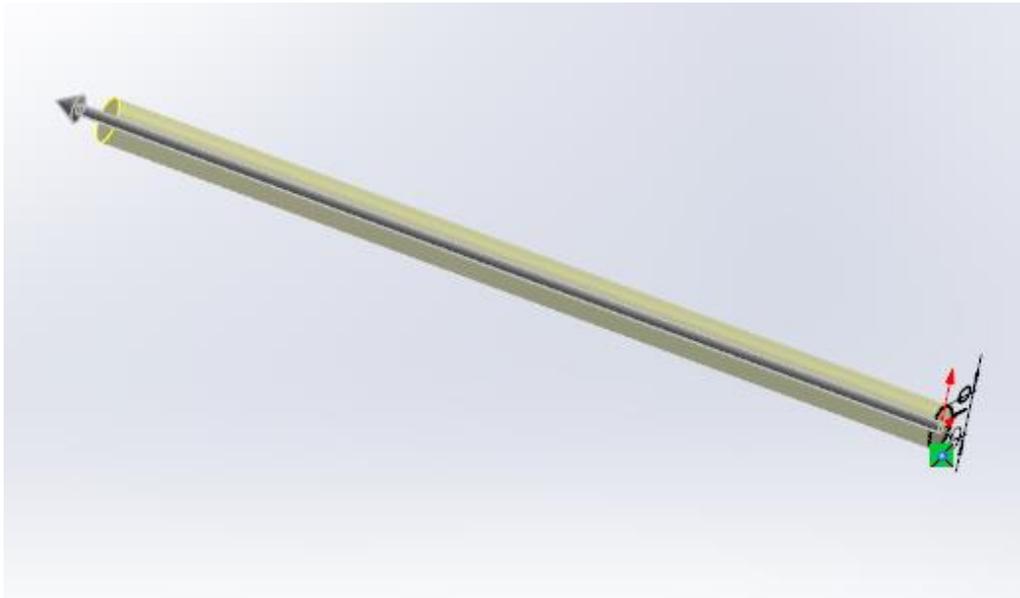


IMAGEN 14 cilindro saliente extruir.

10) Eje Tambor. Fabricado acero galvanizado era de 200 mm de largo y se ha modificado.

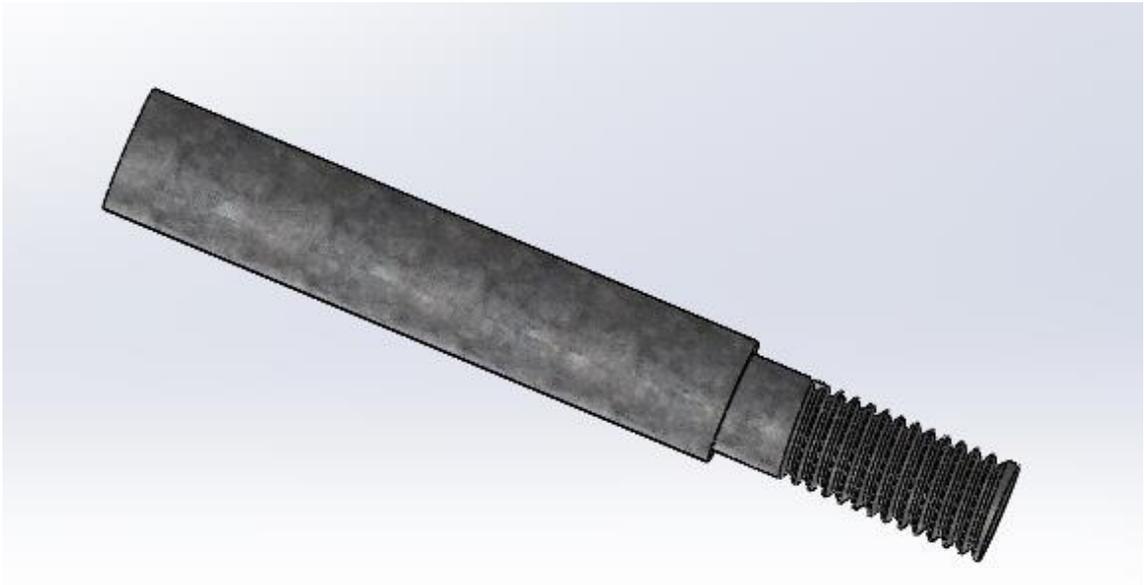


IMAGEN 15 eje tambor de acero galvanizado.

Necesitaba mayor recorrido del carro hacia atrás para poder sacar la pieza, realiza un papel fundamental al ejercer sobre él toda la presión transmitida por el otro eje que presiona el carro. También mantiene horizontal el molde al apoyarse en el tambor sobre él se ejerce la presión de cierre.

En su parte posterior métrica 10 hay un resbalón sobre el que apoya un hombro, hay una tuerca M10 para que no se afloje y en su parte anterior se reduce la sección a M8 que también hay un resbalón con su tuerca de apriete.

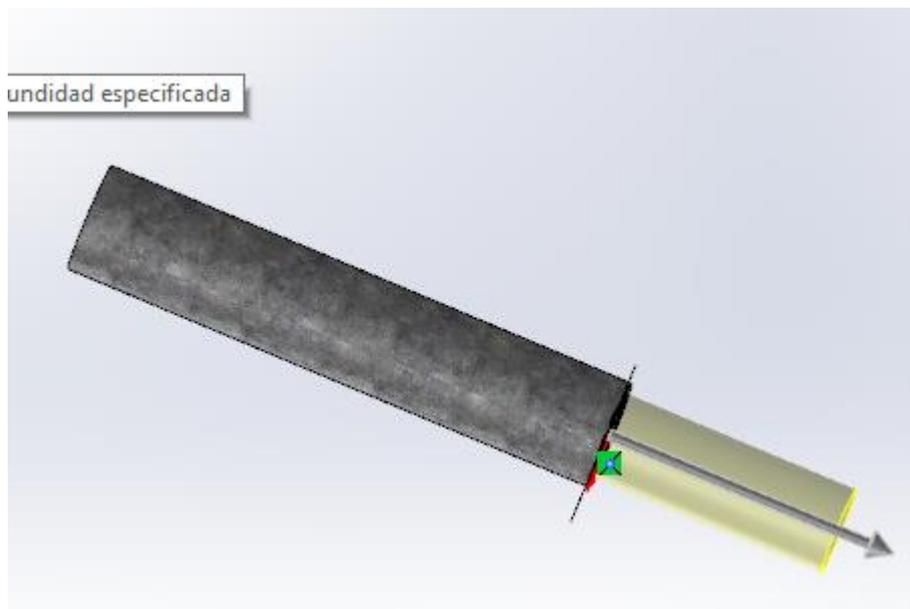


IMAGEN 16. saliente extruir de la pieza eje tambor.

Su diseño se basa en un cilindro de 50mm y se realiza un saliente extruir, ahora volvemos a dibujar en el plano un cilindro de 9mm y saliente extruir de 22mm. posteriormente se realiza una rosca M8 y paso de 1.25mm.

11) Soporte de Avance.

Sobre su interior se desplaza el eje del carro y soportar la presión de éste. Está diseñado del mismo acero AISI 1020 bajo contenido en carbono. Su fijación se realiza con cordón de soldadura de electrodo revestido.

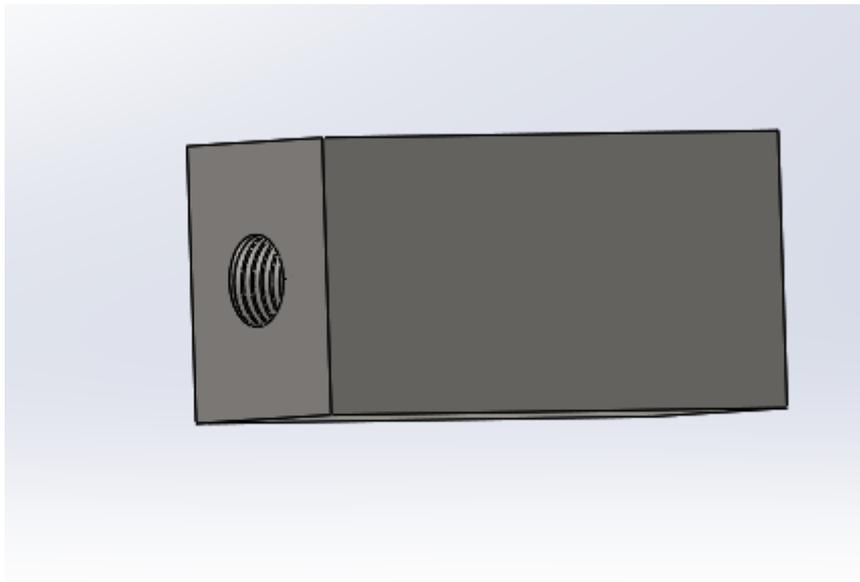


IMAGEN 17 se realiza un saliente extruir .

Su diseño se realiza un saliente extruir de 60mm por 30mm y después un agujero de 10mm para realizar la rosca de M10 por 1,25mm de paso.

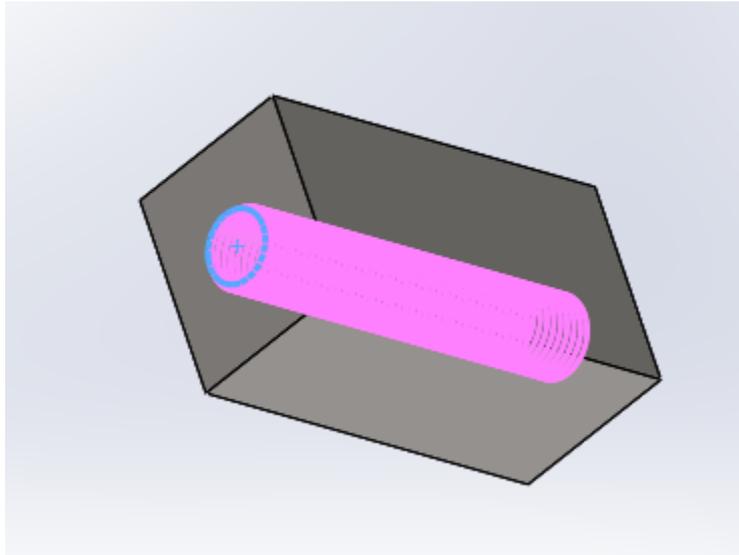


IMAGEN 18 realizado de rosca M10.

12) Acople Resbalón.

Esta pieza está realizada en una aleación de Aluminio hay dos piezas que servirán para acoplar por un lado al teflón o nylon de la tapa. El eje corto de 8mm rosca sobre ella con su tuerca correspondiente. Tiene 6 orificios, utilizaremos tres de M3. Son piezas económicas que se han conseguido en Amazon.

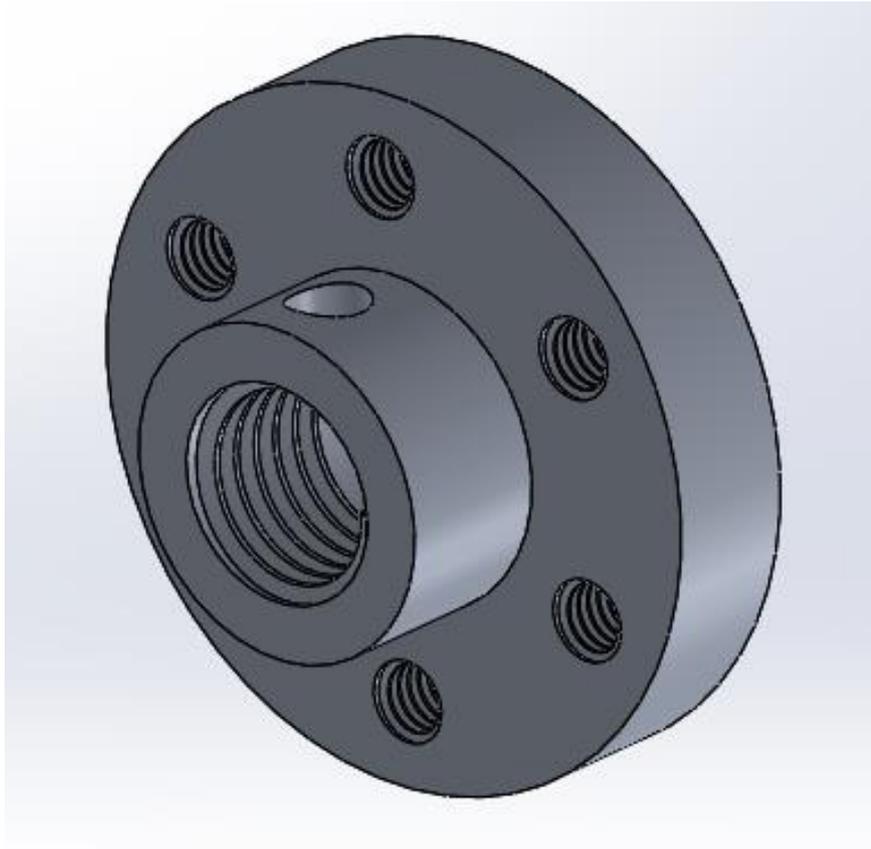


IMAGEN 19 resbalón se encarga de acoplar en el eje en los dos extremos.

Su diseño se basa en un saliente extruir de 25,40mm, después realizamos dos círculos de 12,20mm y de 8mm que se extruyen, a continuación, se realiza un corte extruir de 5,13mm.

Seguimos con una matriz circular y realizamos un círculo de 3mm que repetimos seis veces, corte extruir y listo. Ahora realizamos un roscado de M3 por 0,5 de paso. Nos falta realizar un agujero de 10 mm por detrás y no lateral de 3mm.

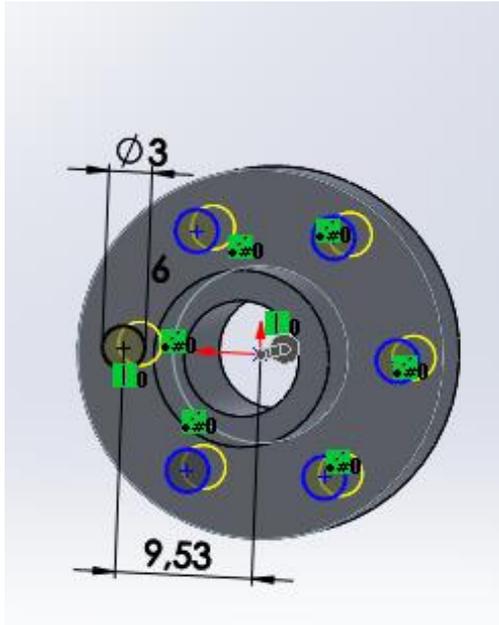


IMAGEN 20 La segunda pieza su función se basa en roscar a M10 y de apoyo de rodamiento.

13) Rodamientos.

Hay uno que está ubicado dentro de una pieza llamada soporte cierre del molde y unido en conjunto con el resbalón de la parte trasera. Material acero Aleado. Se realiza cálculo en kissSoft de la vida del rodamiento.

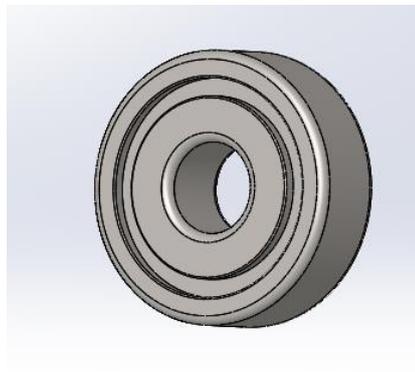


IMAGEN 21 rodamientos utilizados.

Su diseño se basa en un cuadrado con los bordes recortados y un círculo abierto para el alojamiento de las 12 bolas y de 8mm de ancho, en el que se realiza una revolución. Se realizan tres revoluciones una para el hueco de las bolas de semicírculo y otra para tapar las pistas.

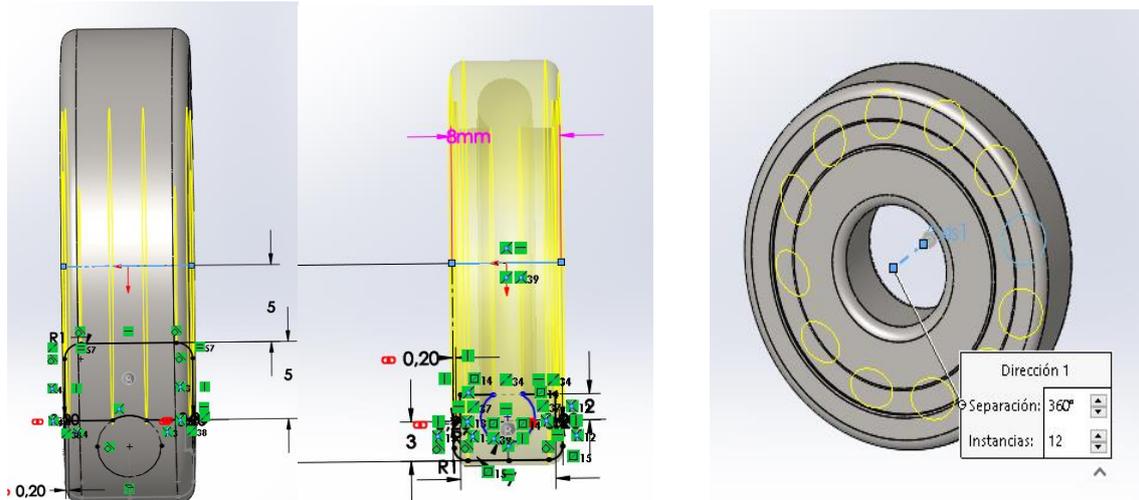


IMAGEN 22 rodamientos de bolas.

14) Soporte cierre molde.

Es una pieza simple de fabricar, aunque lo que empezamos haciendo un agujero central en trozo de aluminio con una broca de 8 mm aumentando su tamaño de dos en dos en el taller hasta llegar al diámetro requerido de 28 mm.

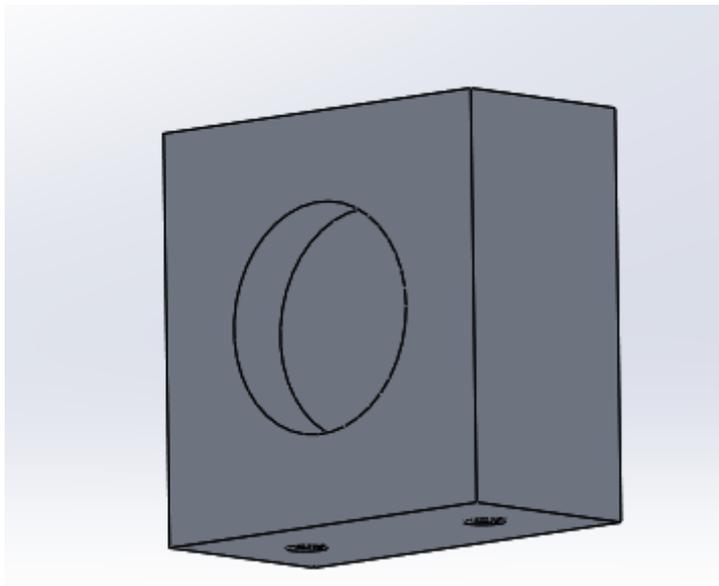


IMAGEN 23 soporte de cierre del molde.

En esta pieza está alojado el rodamiento que sobre él apoya el resbalón trasero recibe la fuerza del eje. También soporta las cargas axiales que recibe del tambor y está sujeto al carro.

Su diseño se basa en un cuadrado de 50mm de ancho por 50mm de alto y un saliente extruir a 25mm en el cual realizamos un círculo de 28mm en la cara de un plano y un corte extruir de 8mm.

Después realizamos los dos agujeros de M6 de la parte de abajo con un corte extruir de 10mm y posteriormente un roscado de M6 por un milímetro de paso de rosca.

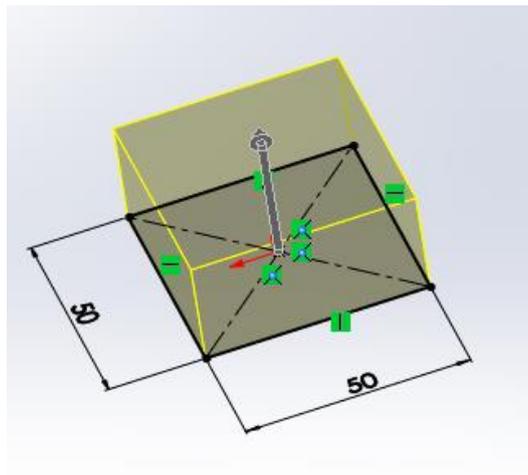


IMAGEN 24 operación saliente extruir realizado en solidworks

15) Resistencia.

Es la encargada de hacer que nuestro proyecto sea un éxito se encarga de transmitir el calor al molde para que se pueda fundir el material interior. Tiene una potencia de 1500 w

El material es de Mica que se utiliza para este tipo de resistencia, la resistencia es de una extrusora y conlleva que tenemos limitaciones de tamaño en el interior. Sus tres orificios son para el amarre al soporte de la resistencia.

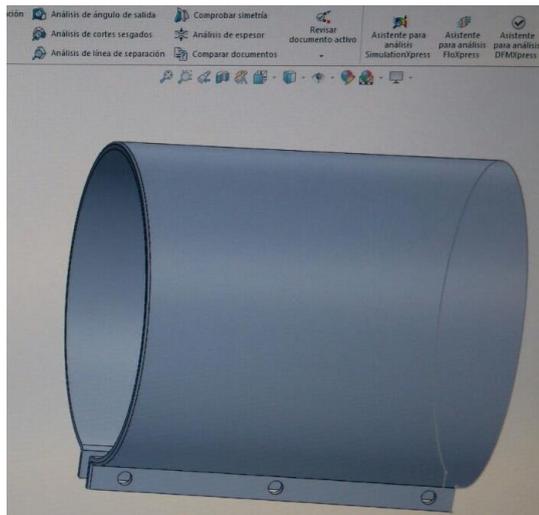


IMAGEN 26 resistencia del prototipo

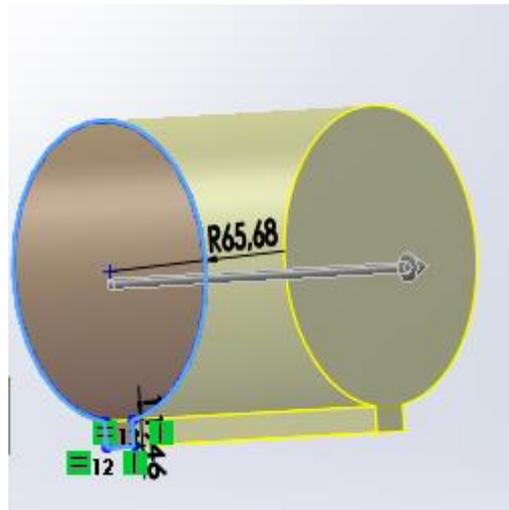


IMAGEN 25 saliente extruir de la resistencia

Podemos ver como se ha realizado en solidwoks 2017, las medidas que se han tomado 130 mm de diámetro por 151,13 mm de largo y una simple extrusión, en una de sus operaciones. La parte de sujeción de la resistencia se realiza la misma figura con radio menor de 62,77mm y dejamos un espesor de 2,96mm. Los agujeros del soporte M6.

Después se realiza varios redondeos de 1mm para eliminar aristas vivas.

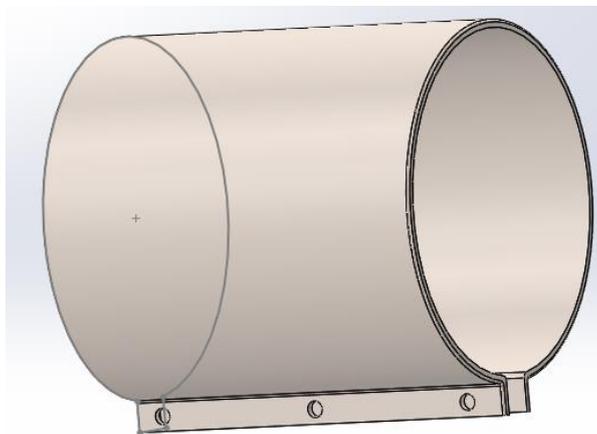


IMAGEN 27 pieza final resistencia

16) Acople para el motor.

Esta pieza es fácil de dibujar es pequeña y tiene que transmitir la potencia del motor al tambor.

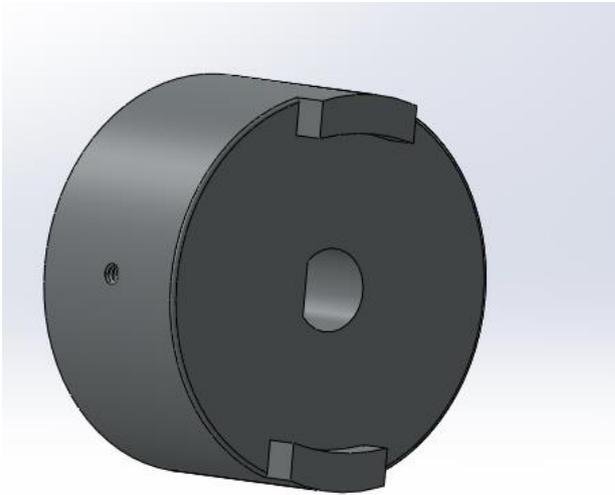


IMAGEN 28 Acople del motor transmite la fuerza del motor al tambor.

Tiene un orificio de 1 mm para fijar el acople se fabrica de acero inoxidable al cromo para proteger de la oxidación.

Su diseño se basa en un círculo de 19mm y ahora realizamos el semicírculo interior de 4mm que tiene una cara plana tipo chavetero a 1,50mm, se realiza un saliente extruir a 10mm.

Ahora se realiza las dos muescas o agarres de 1,79mm de ancho por 5,68mm de alto, con la curvatura del círculo creado y su radio de 11,56mm.

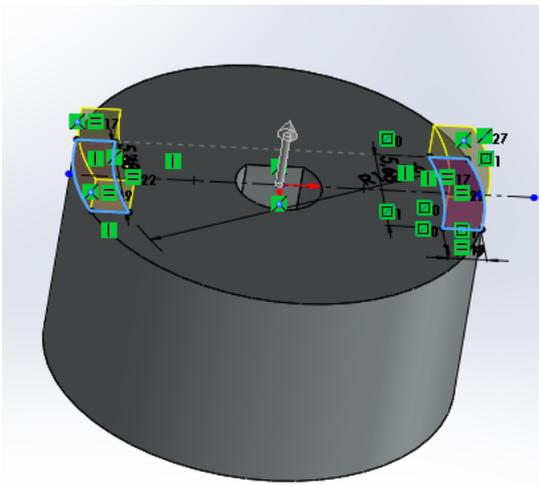


IMAGEN 29 saliente extruir con agarres.

También realizamos un redondeo de 0,2mm a nuestra pieza.

Ahora se realiza un pequeño orificio en una cara de 1mm y se corta extruir, sirve para fijar la pieza.

Se realiza una rosca de M1,2 por 0,25mm.

Se realiza un corte revolución en un círculo realizado en extremo. Y finalmente un redondeo por la cara delantera de 0,2mm.

17) Motor 12 DC.

El motor se ha diseñado para soportar el esfuerzo que está sometido ha costado mucho trabajo el diseño del mismo, aportamos los planos en su apartado correspondiente.

Hemos aprovechado uno que teníamos de otro proyecto sabemos que tiene una reductora por la apariencia y un par considerable gira a 120 rpm máximo.

Está unido al acople del motor para transmitir el par necesario. Se han soldado los cables, de las conexiones con estaño y pasta de soldadura.

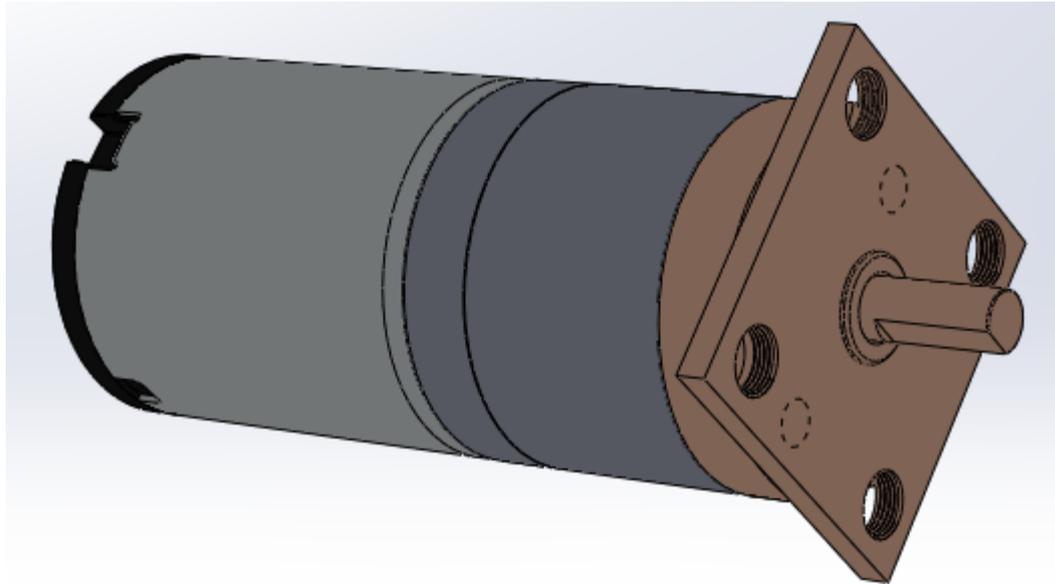


IMAGEN 30 pieza motor de 12dc

Sea calculado para 40rpm ,80rpm y 120 rpm máximo. $W= 12.56 \text{ rad/s}$.

Su diseño se empieza círculo de 40mm y se realiza una extrusión de 5mm.

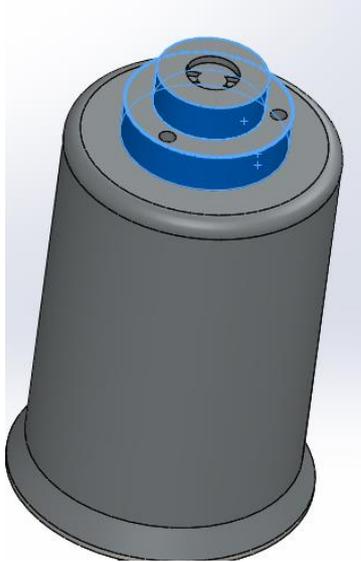
Se realiza el eje de M4 y saliente extruir, se realiza un chaflán.

Se realizan tres planos que nos ayudan a unir la pieza uno trasero para las conexiones, otro en medio caja del motor y otro en el eje.

También se realiza un recubrir sólido y unos taladros de M3 para el soporte.

18) Tambor o molde.

Es la parte de que no ha supuesto dudas a la hora de diseñar se han realizado varios modelos con el acabado del borde por lo demás no se ha realizado un corte revolución y listo. El material será un acero inoxidable al cromo que nos aporta el programa.



La parte coloreada en azul se había pensado realizar en aluminio, pero al final se realiza en teflón para aliviar peso al motor.

En el tambor se realizará una pieza de plastisol arreglo al tamaño del molde, la idea es que se pueda intercambiar fácilmente aflojando un prisionero que lo retiene en el acople motor. Se podrá fabricar cualquier pieza de similar tamaño.

Limitado por el ancho de la resistencia que es 130 mm.

Siempre y cuando se cambie el teflón que es lo que nos va hacer acoplar y girar la pieza.

IMAGEN 31 tambor o molde se encarga de realizar la forma de la pieza.

Su diseño es fácil de dibujar realizamos un radio de 50mm de diámetro un radio de 10mm para redondear

y 150 mm de largo, una revolución y listo. Ahora realizamos un corte extruir para vaciar la pieza de 140mm y damos la curvatura para la boca.

Después se realiza cambio de cara del plano y realizo un círculo de 60mm saliente extruir a 15 mm.

En la misma cara se realiza otro círculo de 40mm y saliente extruir a 14,5mm. Ahora se realiza un vaciado con nuestra forma de agarre.

Finalmente se realizan tres agujeros de M3 para el amarre de la pieza.

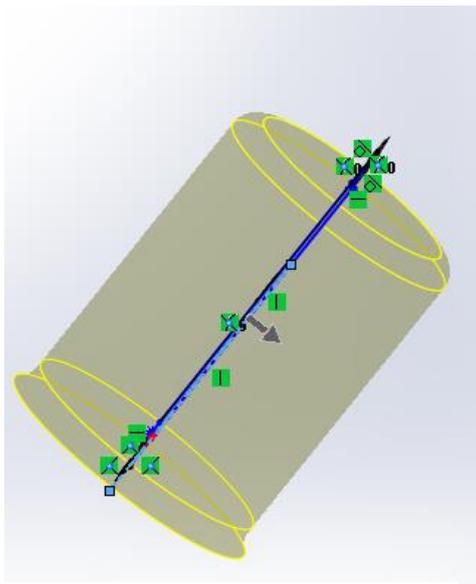
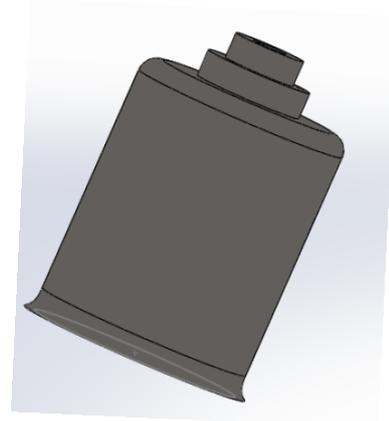


IMAGEN 32 revolución del tambor.



19) Tapa molde.

En la tapa del molde se ha intentado de varias formas para ver cuál es la más aconsejable para nuestro proyecto tiene la misión de realizar el cierre hermético del molde y a su vez tiene que hacer de apoyo del molde para que reparta sus cargas sobre el eje que soporta el carro. No se incluyen los muelles pequeños en orificios.

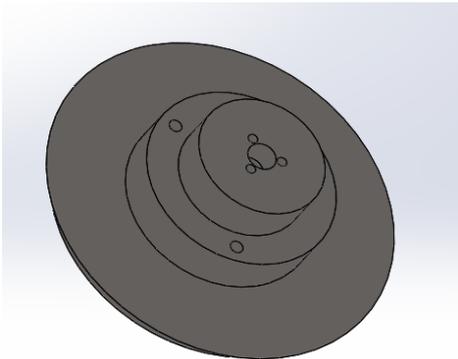


IMAGEN 33 tapa del molde o tambor.

Su diseño se realiza trazando un círculo de 110mm y se realiza un saliente extruís de 9mm, después se realiza un chafán a 30°.

El plano elegido se realiza un círculo de 60mm y se extruye, seguimos con otro círculo de 40 y se extruye 14,5mm.

Ahora se realiza tres orificios de M4 con el asistente taladro mismo.

También realizamos el orificio para el eje tapa de diámetro 9mm y se corta extruís 12mm, se realiza un redondeo de radio 3mm al fondo.

Finalmente realizamos tres orificios de 3mm y una profundidad de 6mm para unir otra pieza.

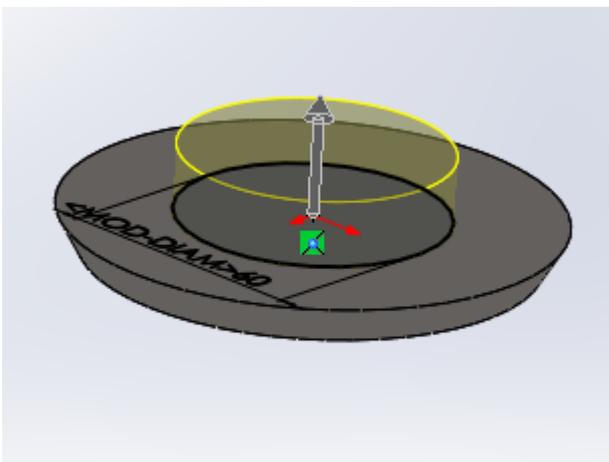


IMAGEN 34 saliente extruís de la tapa.

La parte superior es de teflón es donde se une al resbalón y el material a utilizar será el mismo del molde acero inoxidable. Después del en la primera base de 60 mm tenemos tres orificios de M4, siguiendo tenemos segunda altura de 40 mm de diámetro y tres tornillos de M3 para fijar el resbalón.

Si realizamos una comprobación en el diseño con la aplicación de solidworks DFM express podemos ver si cumple por ejemplo para fabricarlo en un torno con fresadora.

- Reglas cumplidas [9/12]
- ✓ Fresar esquinas internas vivas
 - ✓ Operaciones inaccesibles
 - ✓ Regla de taladro parcial [6/6 cumplidas]
 - ✓ Cajera/ranura profundas
 - ✓ Desahogo de refrentado para piezas t
 - ✓ Radio mínimo de esquina para piezas t
 - ✓ Superficies de entrada y salida del tala
 - ✓ El taladro se entrecruza con una cavida
 - ✓ Redondeos en aristas externas

Entre la tapa y el teflón lleva unos muelles recortados iguales para ejercer más presión.

20) Protector de calor.

Esta pieza se encarga de que el calor no escape hacia arriba a su vez nos protege de posibles quemaduras provocadas por la resistencia.

Esta realizada de una chapa de acero pulido que en su interior llevará una lana de roca para aislar el calor y evitar pérdidas de temperatura.

Su diseño ha resultado fácil se ha realizado una U de 80,5mm de radio y 260mm de largo con un radio de 10mm en una extrusión de 100mm y añadimos dos planos.

En un plano se realiza una pata de 108 mm con un agujero de 3 mm. En el otro plano la misma operación y se hace una extrusión de 2 mm. Material AISI 1045 estirado en frío.

Las patas incorporadas se realizan una unión por soldadura en la parte superior por el interior con soldadura por electrodo de 2.5 mm de espesor y una intensidad de 70 A.

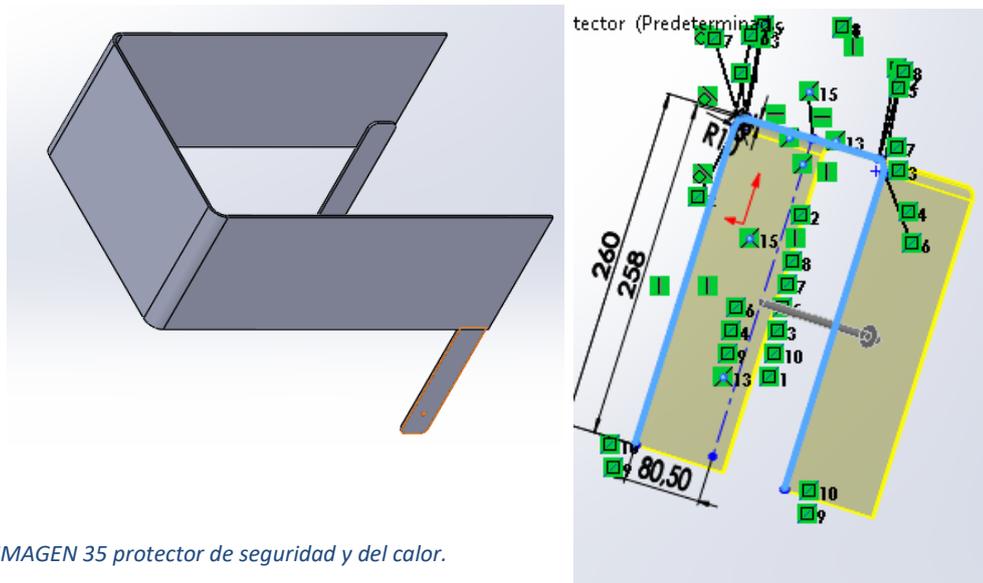


IMAGEN 35 protector de seguridad y del calor.

IMAGEN 36 saliente extruir protector.

21) Caperuza o tapa de retención.

Se realiza después de realizar ensayos y comprobar que tenemos perdidas de temperatura.

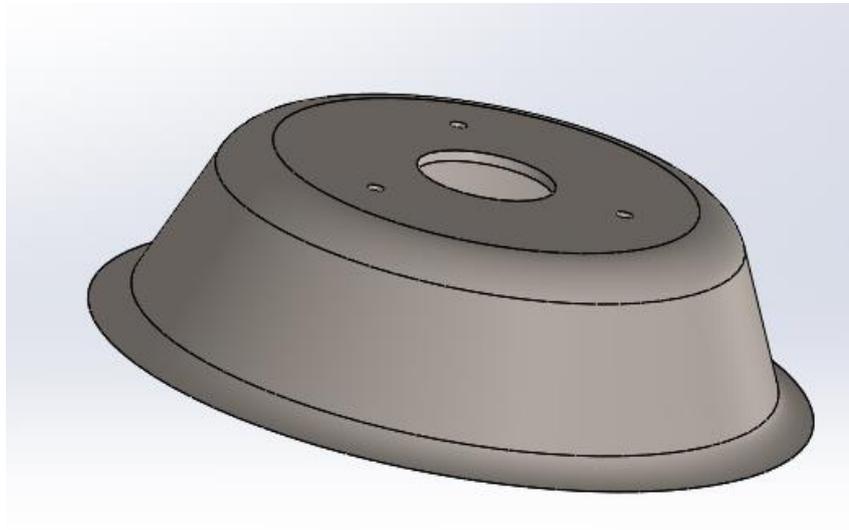


IMAGEN 37 caperuza o tapa de retención del calor.

Su diseño se realiza dibujando la silueta de una parte de la tapa y realizando una revolución.

Su dimensión es de 65mm de diámetro parte exterior y reducción a 58mm parte interior y 35mm de altura con un radio de 10mm, se realiza una revolución de 360°.

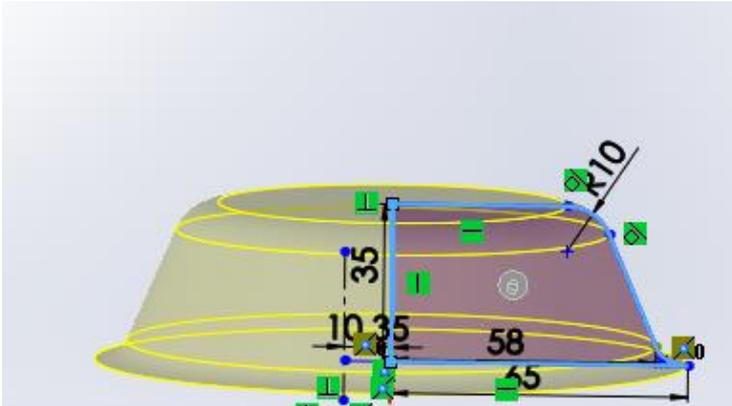


IMAGEN 38 caperuza en su construcción y revolución.

Después se realiza un vaciado de 2mm por todo.

Ahora para finalizar se cambia a la cara posterior y se realiza un círculo de 25mm con su corte extruir de 2mm. Y tres orificios de 3mm.

22) Muelle e insertos.

El muelle se ha realizado para presionar la caperuza creada anteriormente contra el soporte cierre molde.

El diseño se realiza con una medida realizada que más o menos necesitamos un paso de 5mm un círculo de 10mm y un cambio de plano. Se realiza un barrido y listo.

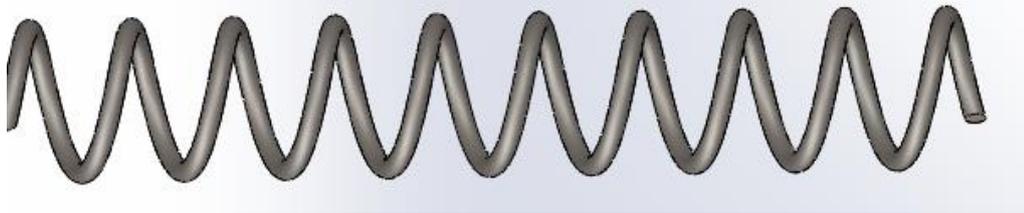


IMAGEN 39 muelle de presión.

El diseño del inserto se realiza porque hace falta levantar la base de la resistencia y queremos que sea graduable en altura.

Pasos a seguir dibujamos la silueta y realizamos una revolución, después se realiza la hélice que necesitamos de 3,5 mm de diámetro y un paso 0,7mm para la rosca. A continuación, se dibuja la trayectoria y se hace un corte barrido. Después realizamos una matriz circular de 17 instancias y se repite.

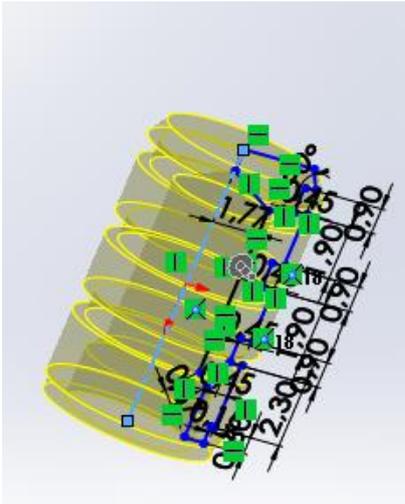


IMAGEN 40 inserto eje revolución.

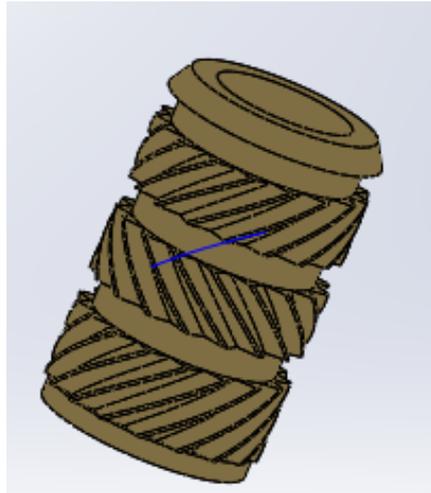


IMAGEN 41 inserto para elevar soporte.

Un chaflán de 0,2mm en la parte de abajo a 45º y un corte extruir en la cara posterior de 4mm de diámetro.

23) Pieza auxiliar.

La pieza auxiliar se ha realizado para alojar el eje de presión del carro y fijarlo mediante una tuerca soldada en el extremo para no se pueda aflojar o soltar el eje.

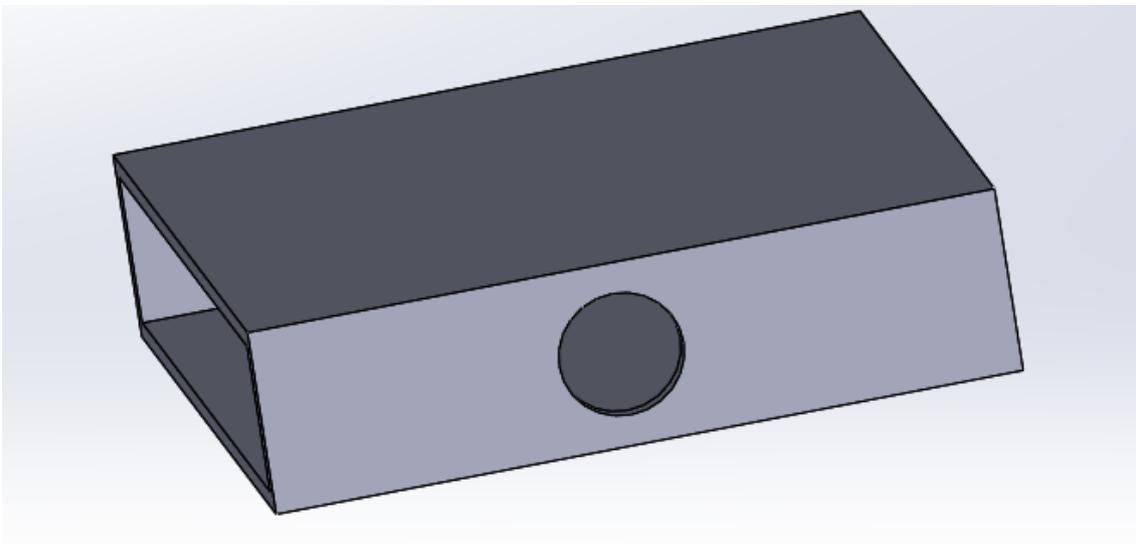


IMAGEN 42 pieza auxiliar soldada para soportar la presión del carro.

Su diseño se realizan dos rectángulos de 60mm por 15mm uno y el otro interior a 1,5mm de espesor, se realiza un saliente extruir a 60mm y listo.

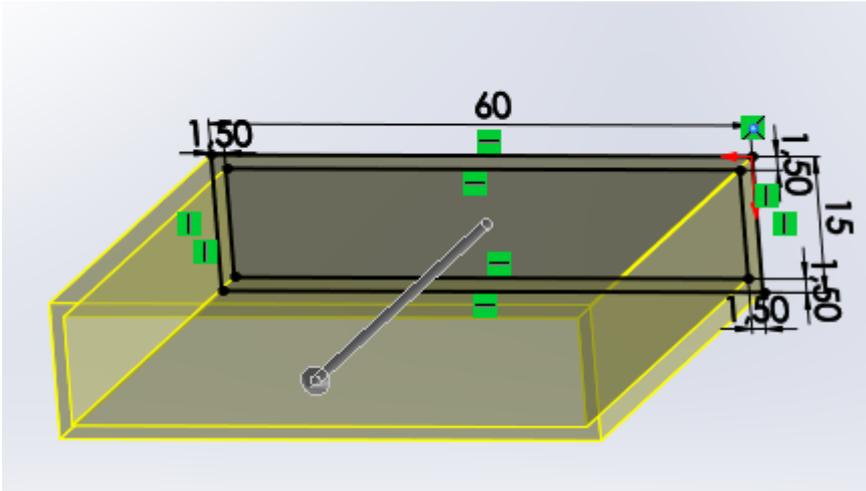


IMAGEN
43 pieza auxiliar saliente

extruir.

24) Eje guía.

Es el último en colocarse para fijar el movimiento del carro que se desplaza su diseño se basa en un cilindro extruido con un nuevo plano para extruir otro círculo creado y su fijación. Se sujeta con una chapa cuadrada de orificios de 3mm al lateral del carro.

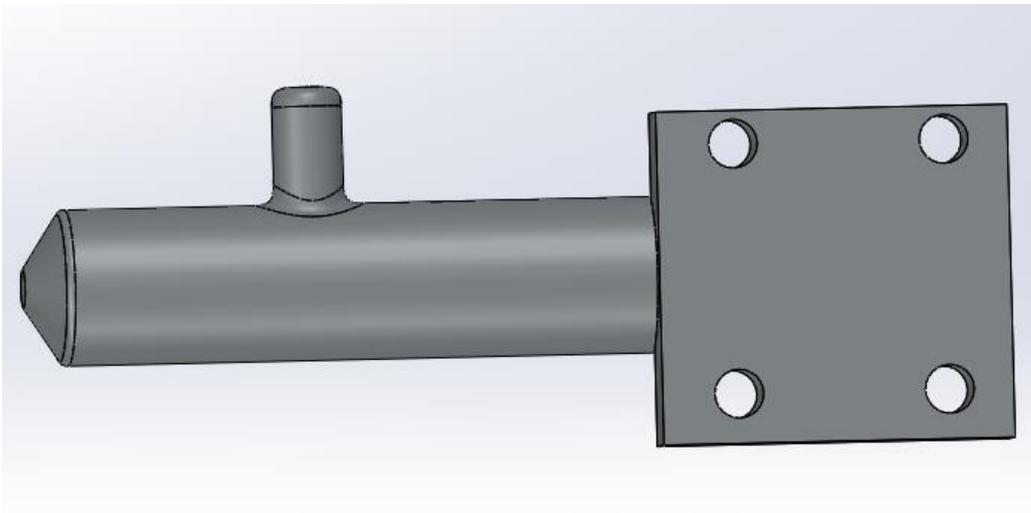


IMAGEN 44 eje guía para evitar que se levante el carro al presionar y reparte el esfuerzo.

Su diseño se realiza la idea de contrarrestar al carro a levantarse al aplicar mucha fuerza. Se realiza un eje de 50mm de largo y un pequeño chaflán. En otro plano se realiza una extrusión de 10mm para realizar como tope bloqueador de atrás. Varios redondeos sobre el pequeño cilindro. Y finalmente sobre otra cara al plano se realiza un cuadrado de 17,06mm por 3mm de espesor con sus orificios de 3mm.

JUAN JOSE CAPELO TOMAS

48

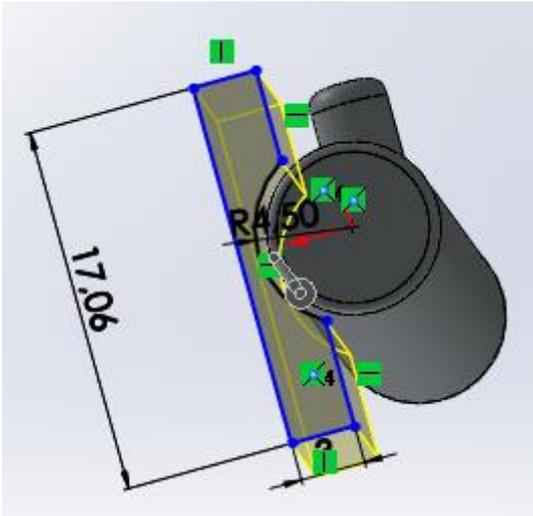


IMAGEN 45 eje guía realizado saliente extruir.

5.1- Diseño final se puede modificar alguna de las piezas realizadas.

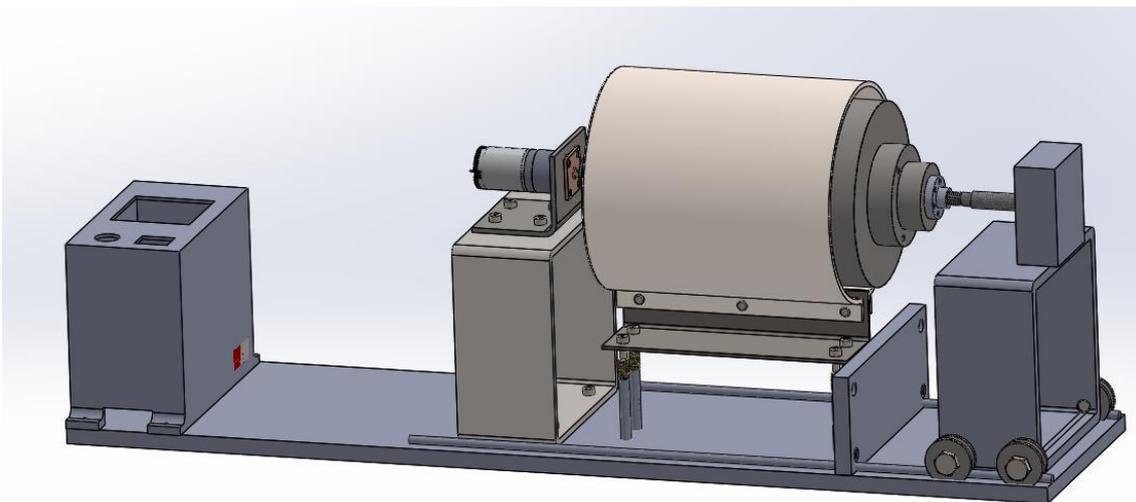


Ilustración 12 ensamblaje realizado provisional del horno rotomoldeo.

5.2- Piezas incluidas no diseñadas para el TFG.

En este apartado citamos algunas piezas no diseñadas por nosotros que también están incluidas en el trabajo TFG.

5.2.1- Controlador de temperatura y termopar.

Es el que más a costado de poner en marcha, no sabía que se había bloqueado porque tiene una contraseña para modificar los valores y varias funciones a tener en cuenta.

Siguiendo estos pasos se procede a configurar.

Una vez tenemos puesta la contraseña podemos modificar los valores como la temperatura se coloca en 250 °C, que puede ser en K o °C en el siguiente apartado de pantalla tenemos que configurar el termopar tipo K.

Un termopar es un sensor para medir temperatura. Consiste en dos metales diferentes unidos por un extremo. Cuando la unión de los dos metales se calienta o enfría se produce un voltaje que se puede correlacionar con la temperatura. Las aleaciones de termopar están disponibles por lo normal en forma de alambre.

(TIPO K). Una aleación de 90% de níquel y 10% de cromo es el conductor positivo y un conductor compuesto de 94% de níquel, 2% de Aluminio, 3% de manganeso y 1% de Silicio como elemento negativo. Este termopar puede medir temperaturas de hasta 1200° C. Ya que el níquel lo hace resistente a la oxidación. Se los utiliza con mucha frecuencia en los hornos de tratamientos térmicos. Su costo es considerable lo que limita su utilización.

Y una vez tenemos configurado la temperatura, el tipo termopar, relé activación guardamos con contraseña.

Cumple las normas: genéricas EN50081-1 y EN50082-1 sobre EMC y EN61010-1 para baja tensión.



Ilustración 14 cable 2 metros termopar



Ilustración 13 control de temperatura.

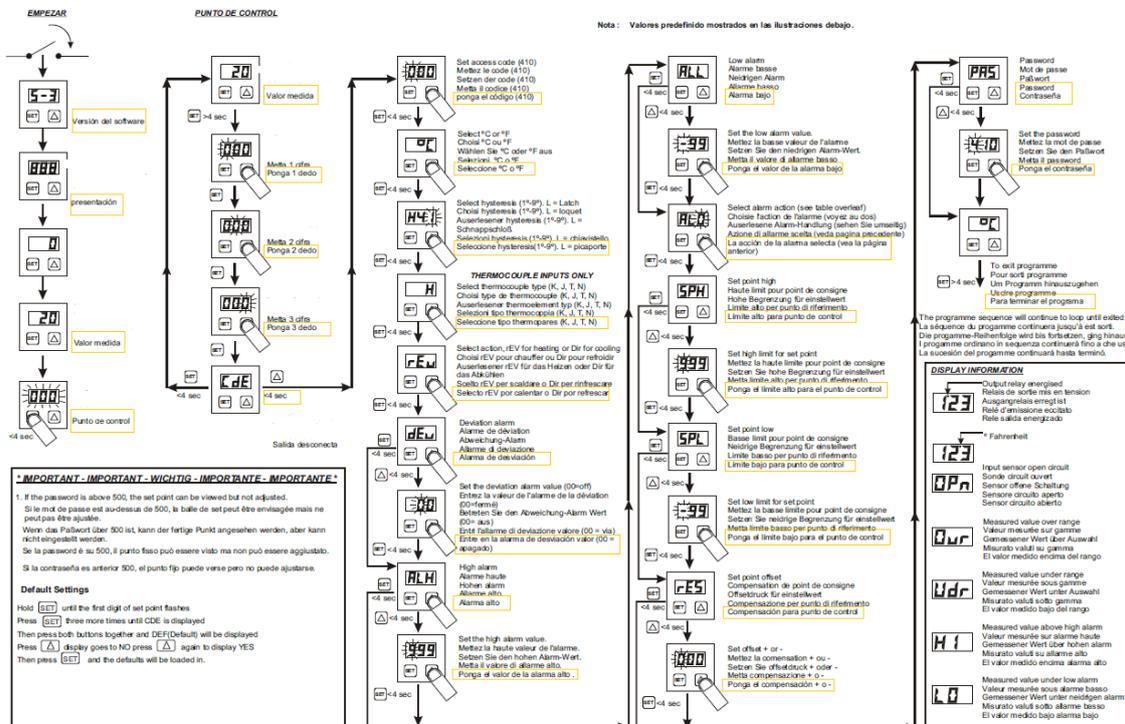
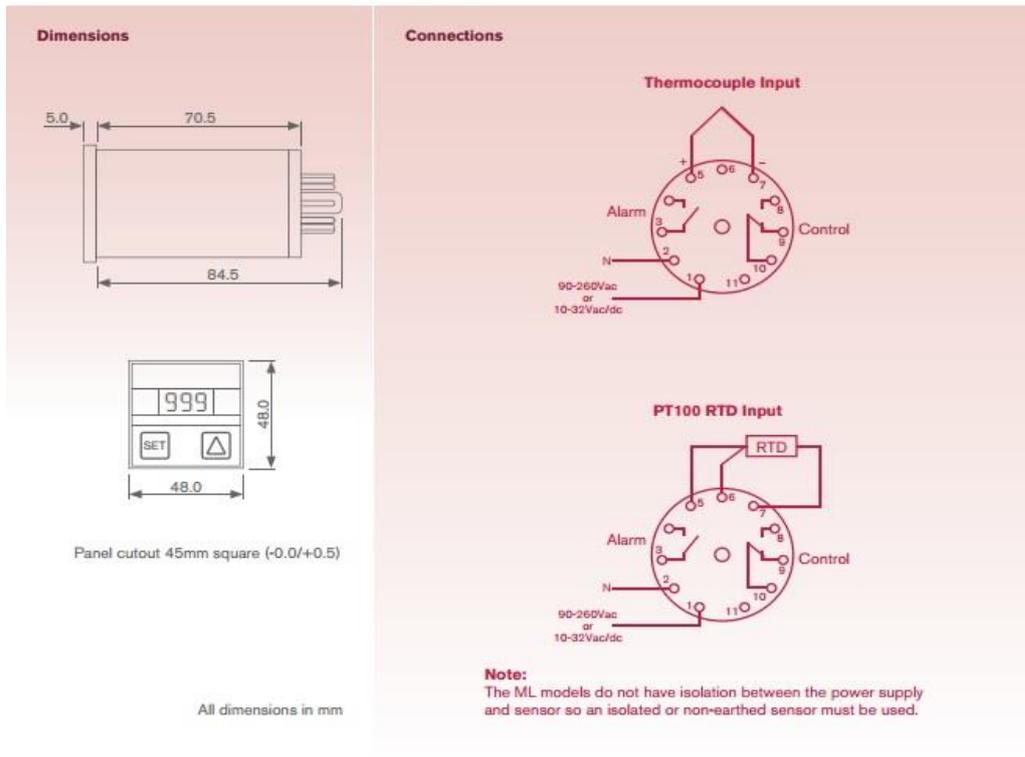


Ilustración 15 manual utilización del control de temperatura.

Conexiones: se han soldado las puntas con estaño para mayor agarre en las conexiones.



Il·lustració 16 esquema de connexió del control de temperatura.

Para

este apartado necesitamos saber el esquema que nos indica.

Como se observa en la figura el número 1 y 2 son entradas de corriente, cable marrón y azul se conecta para reducir cableado los cables que alimentan la resistencia, el 5, 6 y 7 al termopar y 9 10 control.

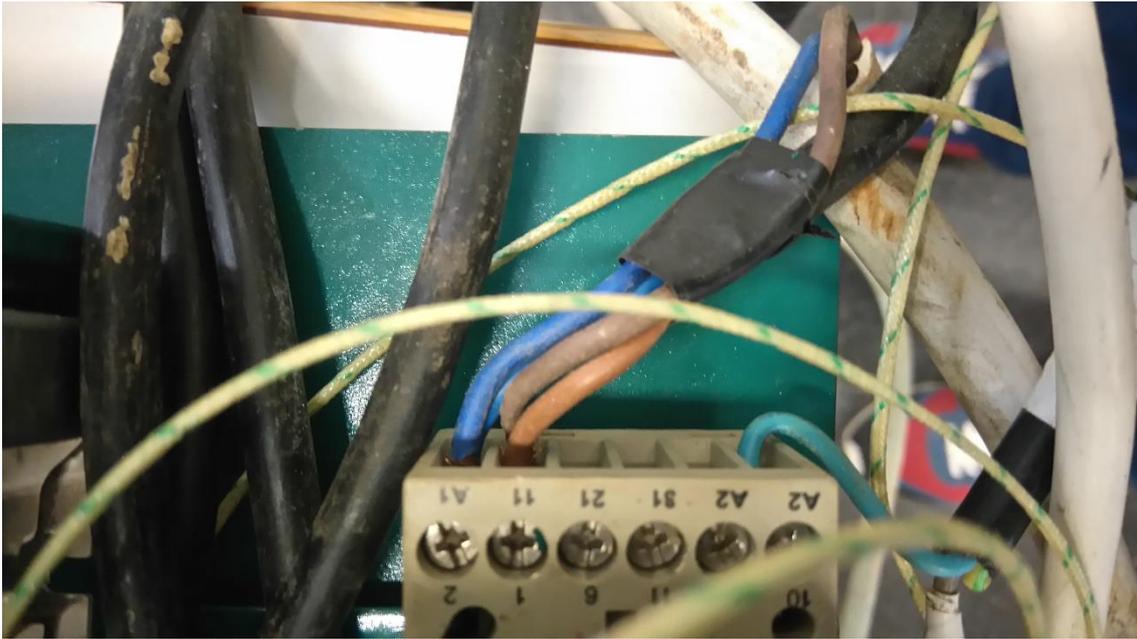


Ilustración 17 conexiones del control temperatura.

5.2.2- Potenciómetro.

En el potenciómetro se ha elegido comprar y realizar las conexiones necesarias para colocar el interruptor. Proceso entrada2 salida3, entrada5 salida4. Esta conexión nos da un sentido de giro.

Entrada2 Salida1, entrada5 salida6. Esta conexión se invierte el giro del motor.

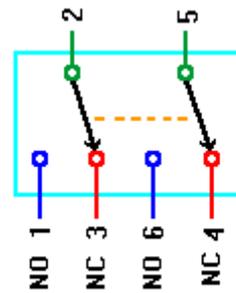


Ilustración 19 esquema del interruptor Entrada de 220v y salida 12v.

Ilustración 18 potenciómetro comprado en internet.

5.2.3- Transformador.

Tensión Continua DC 12V se ha comprado por internet es la opción más recomendable.

Sus características son:

Estructura Set-up, que obtiene a su salida una tensión continua mayor que a su entrada rango de tensión de entrada amplio de corriente y voltaje constante, eficiencia de hasta 92%

Con el diseño de seguridad, incluso si la estructura Step-up, no hace daño al equipo y protección de una sobre tensión.

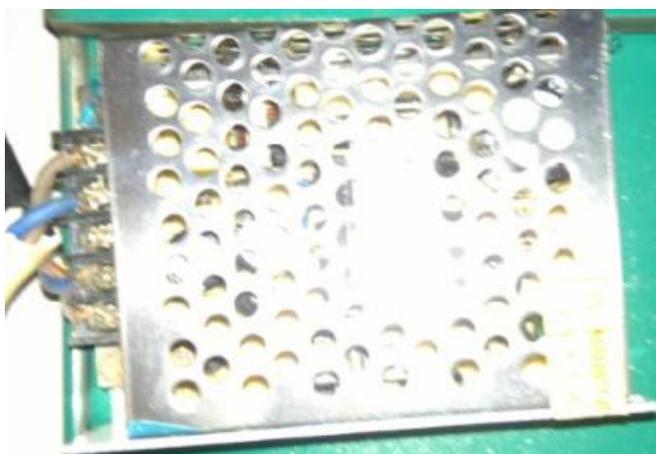


Ilustración 20 transformador de corriente.

Conexiones; entrada de 220 v como se puede observar en la imagen Línea y Neutro y salida a 12v.

5.3- Material empleado en los ensayos y proceso de moldeo.

Se realizan varias tablas del material empleado. En el ensayo de piezas en PVC empleamos una cantidad pesada en la báscula de precisión de 50 g de material con 35 g de resina para realizar la primera prueba.

Después se aumenta la cantidad de material a 100g y 70g de resina a una

COMPONENTE	MUÑECAS	PELOTA
PVC E	100	100
Plastificante	60	95
Aceite epoxidado de soya	5	-
Estabilizador Térmico (Ca/Zn)	3	2
Cargas (CaCO ₃)	5	3
Plastificante (Polietileno glicol)	1	1
Desmoldeante (Estearato de zinc)	1	1

Tabla 2 Formulación para muñecas y pelotas obtenida del instituto del plástico.

temperatura 250°C en el horno y comprobamos con la cámara de temperatura que el molde estaba a 102 °C.

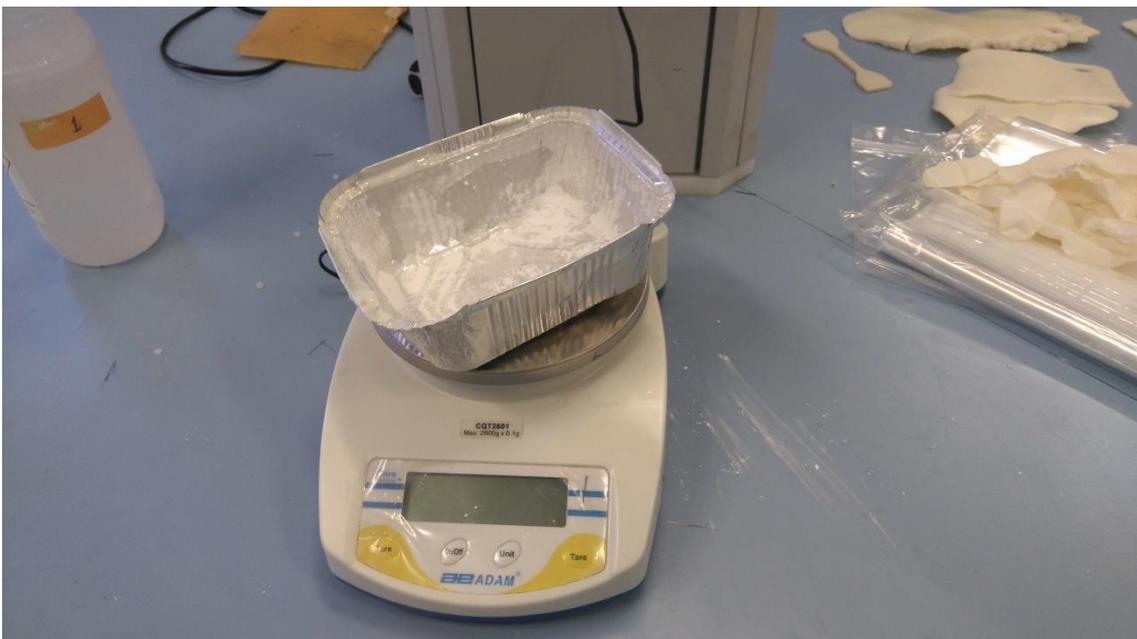


Ilustración 21 báscula de precisión para realizar nuestras mezclas de material.

Se decide modificar el diseño para recuperar el calor que estamos perdiendo.

Una vez rediseñado se realizan varias pruebas de material con distintas temperaturas y variando la velocidad de giro en un sentido u otro. También aumentamos las revoluciones de giro de 40 a 80.

Se realiza con el horno en caliente varias pruebas durante 2 días y su curación es instantánea lo cual sale pegado en lado del molde, y en el horno frio sale mejor la pieza tiene tiempo para distribuir el material.

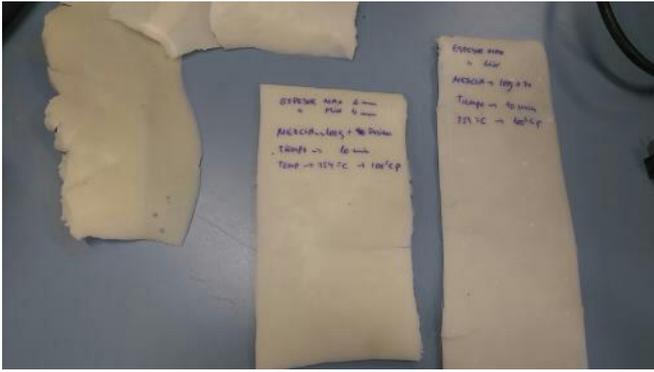


Ilustración 22 primeros ensayos.



Ilustración 23 espesor material homogéneo.

Procesos de moldeado en Moldeo Rotacional.

Al molde frío se le pone una cierta cantidad de plastisol y se le cierra herméticamente. Se coloca dentro de un horno, donde el artículo se forma por medio de aplicación de calor y rotación al molde. Este es un proceso adecuado para plastisoles, se utiliza principalmente en la producción de pelotas y muñecas. Los orgánosoles son plastisoles mezclados con solventes de alta volatilidad.



Ilustración 24 prototipo para los ensayos de rotomoldeo.

Resultado de los ensayos: como se puede ver en la imagen nuestro prototipo ha sido capaz de realizar unas muestras como las siguientes sin problema.

CARGAS	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN
Sulfato de bario	16
Carbonato de calcio (precipitado)	24
Carbonato de calcio (pulverizado)	36
Arcilla calcinada	66

Tabla 3 capacidad de absorción con diferentes tipos de cargas.



Ilustración 26 moldeo obtenido del ensayo.



Ilustración 25 moldeo con exceso de curación.

AISI 1020

Acero de bajo carbono, blando, responde bien al trabajo en frío y al tratamiento térmico de cementación. Tiene un alto índice de soldabilidad, y por su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para elementos de maquinaria y usos convencionales de baja exigencia.

Tabla 4 características del acero AISI 1020.

Densidad	7,85e-006 kg mm ⁻³
Isotrópico secante coeficiente de expansión térmica	1,2e-005 C ⁻¹
Calor específico	4,34e+005 kg mJ ⁻¹ C ⁻¹
Conductividad térmica isotrópica	6,05e-002 W mm ⁻¹ C ⁻¹
Resistencia isotropa	1,7e-004 ohm mm

Tabla 5 resistencia a la tracción.

Coeficiente de fuerza MPa	Resistencia a la tracción MPa	Coeficiente de ductilidad	Exponente de ductilidad	Resistencia cíclica coeficiente MPa	Exponente de endurecimiento cíclico de tensión
920,	460	0,213	-0,47	1000,	0,2

Tabla 6 aleación de aluminio.

Densidad	2,77e-006 kg mm ⁻³
Coeficiente de expansión termal	2,3e-005 C ⁻¹
Calor específico	8,75e+005 mJ kg ⁻¹ C ⁻¹
La compresión resistencia a la fluencia MPa	280,

Tabla 7 conductividad térmica.

Conductividad térmica W mm ⁻¹ C ⁻¹	C Temperatura
0114	-100,
0144	0,
0165	100,
0175	200,

Tabla 8 aleación de aluminio> isotrópica resistividad.

Resistividad ohm mm	C Temperatura
2,43e-005	0,
2,67e-005	20,
3,63e-005	100,

Tabla 9 aleación de aluminio isotrópica elasticidad.

C Temperatura	El módulo de Young MPa	El coeficiente de Poisson	Bulk Módulo MPa	Shear Módulo MPa
	71000	0,33	69608	26692

aleación de aluminio> isotrópica permeabilidad relativa

Permeabilidad relativa
1,

Estos datos propiedad es un resumen de materiales similares en la base de datos MatWeb.

Tabla 10 datos del policloruro de vinilo rígido.

policloruro de vinilo rígido	<i>Calor Específico (J K-1 kg-1)</i> 1000-1500	
propiedades mecánicas a 23°C	Absorción de agua	0,0200 - 0,400%
Densidad	1.40 - 2,50 g / cm ²	Valor medio: 1,30 g
coeficiente de expansión térmica (x10-6 K-1)	75-100	
Tamaño de partícula	63,0 - 250 micras	
Viscosidad	0,680 - 2,27 cP	Prueba de resistencia al desgarro
Tensión de rotura a tracción	> 500 Kg./cm.2	145-530 medio: 308
Resistencia a la tracción, Rendimiento	1,59 - 52.0 MPa	
Alargamiento a la rotura	3,00 a 600%	
Módulo de elasticidad	0,00163 - 3.24 GPa	
Resistencia a la flexión Rendimiento	2.83 - 103 MPa	
Temperatura de fusión	154 - 213 ° C	

Ensayos realizados en nuestro laboratorio en el material plastisol (PVC).

Temperatura horno	154	254
Mezcla material pvc	50 g polvo / 35g de resina	100 g polvo /70 g resina
Espesor min	3	4
Espesor max	6	6
Tiempo /min	10	10
Propiedades mecánicas		
elevada resistencia a la abrasión	Se ha tenido más de media hora	Cambia color anaranjado

Tabla 11 ensayo de materiales realizados en el laboratorio (pvc) + plastificante (e).

ABS. Para la impresión de la caja de mandos.

Densidad	1,02 - 1.20 g / cc
Absorción de agua	0,250 a 1,00%
Propiedades mecánicas	
Dureza, Rockwell R	68,0-113
Resistencia a la tracción, Rendimiento	13.0 - 65,0 MPa
Alargamiento a la rotura	3,00 a 150%
Módulo de flexión	0,200 - 5,50 GPa
Impacto Charpy, con muescas.	,900 - 5,00 J / cm ²
Propiedades termales	
Conductividad térmica	0,150 - 0,200 W / mK
Temperatura máxima de servicio, Aire	60.0 - 100 ° C
Deflexión Temperatura a 0,46 MPa	70.0 - 107 ° C
Propiedades de transformación	
Temperatura de boquilla	215 - 274 ° C
Temperatura adaptador	200 - 250 ° C
Temperatura de la matriz	200 - 250 ° C
propiedades	

Tabla 12 (abs) para la impresión del cuadro de mandos.

5.4- Desarrollo de trabajo y resultado del TFG.

En este apartado se analizan los cálculos por elementos finitos, FEA, vamos a trabajar en el análisis estático estructural y análisis a fatiga.

Metodología de trabajo: Planteamiento, Pre-procesamiento, procesamiento y post-procesamiento.

Mallado de piezas complejas simulaciones ensamblajes y mejoras posibles, dentro del mallado.

Vamos analizar un eje, unos ensamblajes y posibles piezas complejas sometidas a diferentes condiciones de cargas en este caso vamos analizar cargas axiales o momentos, también hablaremos de los elementos tetraedros de 4(10) y hexaedros de 8 elementos y 20 nodos. Son formulaciones matemáticas muy importantes en la ingeniería que nos dirán lo que ocurre en la realidad. A mayor número de nodos es mayor el orden de las funciones que podemos utilizar para aproximar los fenómenos físicos.

También se realizarán análisis de convergencia para mejorar el mallado que nos da nuestro sistema.

La información que sabemos para el diseño de una máquina y las horas que debe resistir según la guía de valores requeridos de vida nominal, sin fallo alguno. Su factor de confiabilidad será cercano a 1.

Máquinas para trabajar de 8 a 16 horas diarias: electromotores estacionarios, transmisiones de engranajes, husillos para máquinas textiles, máquinas para tratamiento de plásticos, máquinas de prensa, grúas	15 000 hasta 30 000
Máquinas herramientas en general	20 000 hasta 30 000

La realización de roscas y taladros según la normativa ISO 4762.

Se han utilizado las más usuales para piezas de máquinas de ensayo están coloreadas de color.

M3. Se realiza un agujero de 2.5 mm para que quede material para hacer la rosca de 0.5 se usa para soporte del motor y soporte del eje guía y todas las piezas pequeñas.

M4. Para tornillos de sujeción de piezas no complejas su paso de rosca es de 0.7.

M6. Para tornillos de sujeción de la resistencia y piezas no complejas, tiene un paso de 1mm y su broca ha de ser de 5mm.

UNIDADES

Sistema de la unidad	Métrico (m, kg, N, s, mV, mA) rad/s grados Celsius
Ángulo de	Grados
Velocidad de rotación	rad/s
Temperatura	Grados Celsius

Tabla 13 unidades de los cálculos realizado en ansys workbench 18.

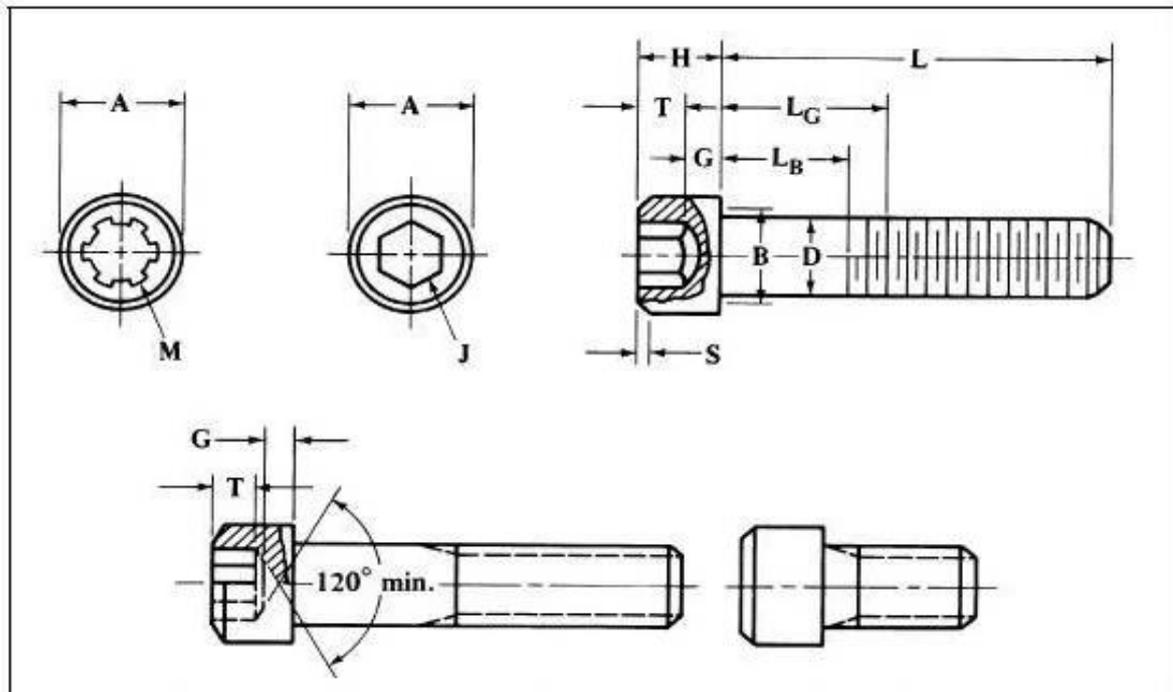
M8. Tornillo de retención, carro, su paso tiene que ser 1.25mm y su broca de 6.8mm.

METRICO ISO

METRICO ISO FINO

M	PASO	Ø Broca	M	PASO	Ø Broca
1	0,25	0,75	2,5	0,35	2,15
1,1	0,25	0,85	3	0,35	2,65
1,2	0,25	0,95	3,5	0,35	3,15
1,4	0,3	1,1	4	0,50	3,5
1,6	0,35	1,25	4,5	0,50	4,0
1,7	0,35	1,3	5	0,50	4,5
1,8	0,35	1,45	5,5	0,50	5,0
2	0,4	1,6	6	0,75	5,2
2,2	0,45	1,75	7	0,75	6,2
2,3	0,45	1,9	8	0,75	7,2
2,5	0,45	2,05	8	1,00	7,0
2,6	0,45	2,10	9	0,75	8,2
3	0,5	2,5	9	1,00	8,0
3,5	0,5	2,9	10	0,75	9,2
4	0,7	3,3	10	1,00	9,0
4,5	0,75	3,7	10	1,25	8,8
5	0,8	4,2	11	0,75	10,2
6	1,00	5,00	11	1,00	10,0
7	1,00	6,00	12	1,00	11,0
8	1,25	6,8	12	1,25	10,8
9	1,25	7,8	12	1,50	10,5
10	1,50	8,5	14	1,00	13,0
11	1,50	9,5	14	1,25	12,8
12	1,75	10,2	14	1,50	12,5
14	2	12	15	1,00	14,0
16	2	14	15	1,50	13,5
18	2,5	15,5	16	1,00	15,0
20	2,5	17,5	16	1,50	14,5
22	2,5	19,5	17	1,00	16,0
24	3	21	17	1,50	15,5
27	3	24	18	1,00	17,0
30	3,5	26,5	18	1,50	16,5
33	3,5	29,5	18	2,00	16,0
36	4	32	20	1,00	19,0
39	4	35	20	1,50	18,5
42	4,5	37,5	20	2,00	18,0
45	4,5	40,5	22	1,00	21,0
48	5	43	22	1,50	20,5
52	5	47	22	2,00	20,0
56	5,5	50,5	24	1,00	23,0
60	5,5	54,5	24	1,50	22,5
64	6	58	24	2,00	22,0
68	6	62	25	1,00	24,0
			25	1,50	23,5
			25	2,00	23,0
			26	1,50	24,5
			27	1,00	26,0
			27	1,50	25,5
			27	2,00	25,0
			28	1,00	27,0
			28	1,50	26,5
			28	2,00	26,0
			30	1,00	29,0

M10. Ejes utilizados, su paso 1.5 y la broca 8.5. Si no tenemos la herramienta precisa podemos coger la de métrica fina.



Nom. Size and Thread Pitch	Body Diameter, D		Head Diameter A		Head Height H		Chamfer or Radius S	Hexagon Socket Size ^a J	Spline Socket Size ^a M	Key Engagement T	Transition Dia. B^a
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Nom.	Nom.	Min	Max
M1.6 × 0.35	1.60	1.46	3.00	2.87	1.60	1.52	0.16	1.5	1.829	0.80	2.0
M2 × 0.4	2.00	1.86	3.80	3.65	2.00	1.91	0.20	1.5	1.829	1.00	2.6
M2.5 × 0.45	2.50	2.36	4.50	4.33	2.50	2.40	0.25	2.0	2.438	1.25	3.1
M3 × 0.5	3.00	2.86	5.50	5.32	3.00	2.89	0.30	2.5	2.819	1.50	3.6
M4 × 0.7	4.00	3.82	7.00	6.80	4.00	3.88	0.40	3.0	3.378	2.00	4.7
M5 × 0.8	5.00	4.82	8.50	8.27	5.00	4.86	0.50	4.0	4.648	2.50	5.7
M6 × 1	6.00	5.82	10.00	9.74	6.00	5.85	0.60	5.0	5.486	3.00	6.8
M8 × 1.25	8.00	7.78	13.00	12.70	8.00	7.83	0.80	6.0	7.391	4.00	9.2
M10 × 1.5	10.00	9.78	16.00	15.67	10.00	9.81	1.00	8.0	...	5.00	11.2
M12 × 1.75	12.00	11.73	18.00	17.63	12.00	11.79	1.20	10.0	...	6.00	14.2
M14 × 2 ^b	14.00	13.73	21.00	20.60	14.00	13.77	1.40	12.0	...	7.00	16.2
M16 × 2	16.00	15.73	24.00	23.58	16.00	15.76	1.60	14.0	...	8.00	18.2
M20 × 2.5	20.00	19.67	30.00	29.53	20.00	19.73	2.00	17.0	...	10.00	22.4
M24 × 3	24.00	23.67	36.00	35.48	24.00	23.70	2.40	19.0	...	12.00	26.4
M30 × 3.5	30.00	29.67	45.00	44.42	30.00	29.67	3.00	22.0	...	15.00	33.4
M36 × 4	36.00	35.61	54.00	53.37	36.00	35.64	3.60	27.0	...	18.00	39.4
M42 × 4.5	42.00	41.61	63.00	62.31	42.00	41.61	4.20	32.0	...	21.00	45.6
M48 × 5	48.00	47.61	72.00	71.27	48.00	47.58	4.80	36.0	...	24.00	52.6

Los tornillos utilizados tipo allen y hexagonales en las ruedas, también para la sujeción del motor usamos de cabeza avellanada.

5.4.1- Planteamiento de trabajo.

Aquí adaptamos la geometría de diseño a las condiciones de simulación, se realiza el análisis empleando tetraedros y hexaedros para el análisis matemático.

5.4.2- Pre-procesamiento.

Discretizado: analizaremos herramientas para realizar mallados eficientes de convergencia para disminuir el error que nos da el mallado de nuestro sistema.

Aplicación de las condiciones de contorno: se aplican los esfuerzos y selección de cargas.

5.4.3- Post-procesamiento y resultados.

Realizamos un mallado centrándonos en la calidad del elemento para obtener mejores resultados en los elementos no deformados y colocamos las cargas de 200 N en ambos sentidos opuestos para fijar el eje en el espacio.

Después se realiza un cálculo a fatiga para averiguar cuanto podrá ser la vida de la pieza, se colorea en rojo la calidad del elemento que es fundamental para nuestro mallado, poder ver que elementos tienen mejor calidad en forma tetraedros y prismas no deformados es fundamental para el diseño de nuestra pieza. Como podemos observar obtenemos una media normal de 0.38 lo ideal sería aproximarnos a 1. La confiabilidad del 99% nos arroja un factor de 0.81. Se puede calcular por varias teorías como Gerber, Soderberg, Goodman. Nosotros elegimos la teoría usada en clase de diseño de máquinas según Goodman.

Factor de seguridad de 1.04 y el número de ciclos de vida de la pieza.

Podemos hacer un análisis de curvatura del elemento que mostraremos en la próxima pieza.

5.4.4- Resultados del eje.

Podemos ver la calidad de los elementos que es lo queremos mejorar que nuestro proyecto sea un éxito. Las cargas introducidas para fijar el eje en el espacio y que no mueva. La confiabilidad del 99%. Introducida y los cálculos a fatiga para ver los ciclos de vida que soportaría.

Modelo (A4) > geometria

Nombre del objeto	Geometria
Estado	Completamente definido
Definición	
Fuente	C:\Users\juanjo\Documents\treballFIN_GRADO\EJE_ANSYS_files\dp0\SYS\DM\SYS.agdb
Tipo	DesignModeler
Unidad de longitud	Metros
Control del elemento	Programa de control
Estilo de visualización	Color de la carrocería
Cuadro delimitador	
Longitud X	10, mm
Longitud Y	10, mm
Longitud Z	200, mm
Propiedades	
Volumen	13583 mm ³
Masa	0,10663 kg
Valor del Factor de escala	1,
Estadísticas	
Cuerpos	1
Cuerpos activos	1
Nodos de	68835
Elementos	33389
Métricas de malla	Calidad de elemento
Min	4,00597968621129E-02
Max	0,999843038860482
Promedio	0,380479013163911
Desviación estándar	0,257622947335802
Opciones de geometría básica	
Parámetros	Si
Parámetro clave	DS
Atributos	No
Llamado selecciones	No
Propiedades de los materiales	Si
Opciones de geometría avanzada	
Asociatividad de uso	Si
Sistemas de coordenadas	No
Modo lector guarda archivo actualizado	No
Casos de uso	Si
Actualización de CAD inteligente	No
Comparar partes de actualización	No
Adjuntar archivo por archivo temporal	Si
Directorio temporal	C:\Users\juanjo\AppData\Local\Temp
Tipo de análisis	3-D
Descomponer la geometría desunido	Si
Recinto y procesamiento de simetría	Si

Tabla 14 resultado del eje analizado por elementos finitos.

Nombre del objeto	_Tapa de eje
Estado	Meshed
Propiedades de gráficos	
Visible	Si
Transparencia	1
Definición	
Suprimió	No
Comportamiento de rigidez	Flexible
Sistema de coordenadas	Sistema de coordenadas por defecto
Temperatura de referencia	Por medio ambiente
Material	

Asignación	Acero estructural
Efectos no lineales	Sí
Efectos de la tensión térmica	Sí
Cuadro delimitador	
Longitud X	10, mm
Longitud Y	10, mm
Longitud Z	200, mm
Propiedades	
Volumen	13583 mm ³
Masa	0,10663 kg
Centroide X	012e-004 de 2, mm
Centroide Y	-1, 6357e-003 mm
Z del centroide	100,85 mm
Momento de inercia Ip1	kg·mm ² 358,05
Momento de inercia Ip2	kg·mm ² 358,05
Momento de inercia Ip3	kg·mm ² 1,1426
Estadísticas	
Nodos de	68835
Elementos	33389
Métricas de malla	Calidad de elemento
Min	4, 00597968621129E-02
Max	0,999843038860482
Promedio	0,380479013163911
Desviación estándar	0,257622947335802

Tabla 15 geometría y momentos de inercia se ha realizado un mallado de calidad en el elemento.

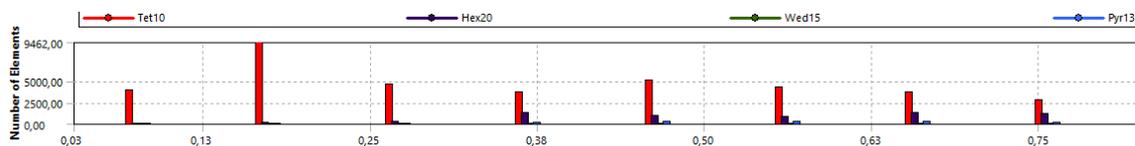


Ilustración 27 se puede observar la calidad del elemento formado en mayoría por tetraedros.

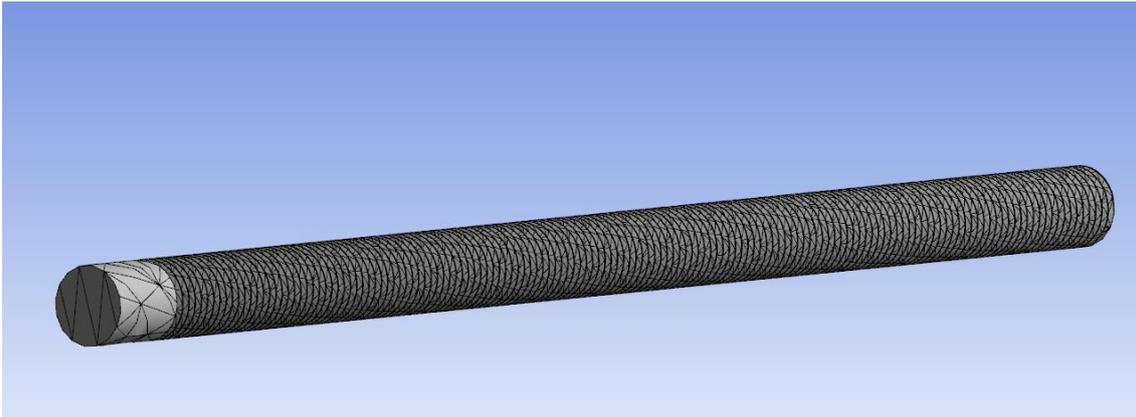


Ilustración 28 mallado eficiente del eje que realiza toda la fuerza de empuje.

Nombre del objeto	Malla
Estado	Solucionado
Pantalla	
Estilo de visualización	Color de la carrocería
Valores por defecto	
Preferencia de física	Mecánica
Relevancia	0
Avanzado	
Número de CPUs para parte paralelo mallado	Programa de control
Comprobación de forma	Mecánica estándar
Midside nodos ELEMENT	Programa de control
Elementos de caras recta	No
Número de reintentos	Por defecto (4)
Intentos adicionales para montaje	Sí
Comportamiento de cuerpo rígido	Reducción dimensional
Malla Morphing	Con discapacidad
Defeaturing	
Pizca de tolerancia	Por favor definir
Generar pizca en actualización	No
Acoplamiento automático basado en Defeaturing	En
Tolerancia defeaturing	Por defecto
Estadísticas	
Nodos	68835
Elementos	33389
Métricas de malla	Calidad de elemento
Min	4, 006e-002
Max	0,99984
Promedio	0,38048
Desviación estándar	0,25762

Tabla 16 mallado grueso y promedio del mallado.

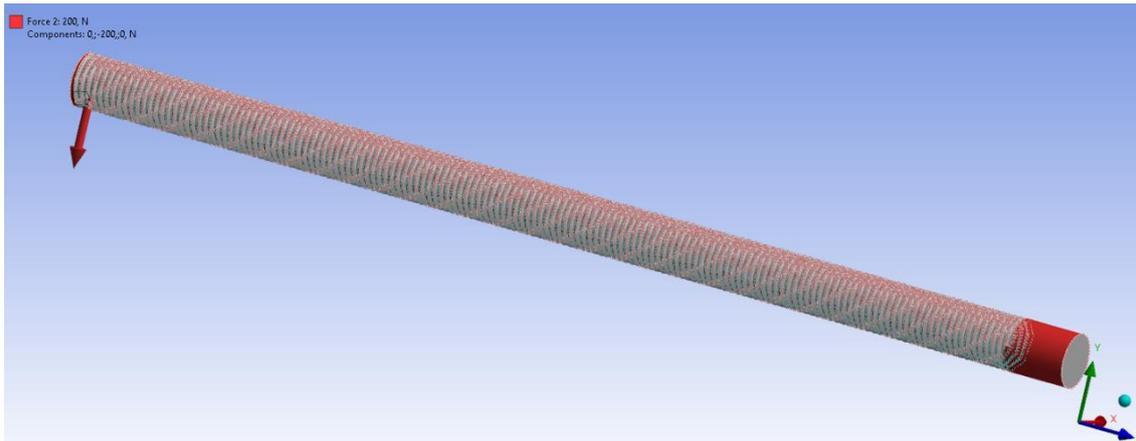


Ilustración 29 se introducen las cargas para realizar el cálculo.

Nombre del objeto	Soporte fijo 2	Fuerza	Fuerza 2
Estado	Completamente definido		
Ámbito de aplicación			
Método de evaluación	Selección de la geometría		
Geometría	1 cara		
Definición			
Tipo	Soporte fijo	Fuerza	
Suprimió	No		
Definir por		Vector de	Componentes
Magnitud		200, N (rampa)	
Dirección		Define	
Sistema de coordenadas		Sistema de coordenadas global	
X componente		0, N (rampa)	
Componente Y		-200, N (rampa)	
Componente Z		0, N (rampa)	

Tabla 17 colocación de las cargas y soporte fijo.

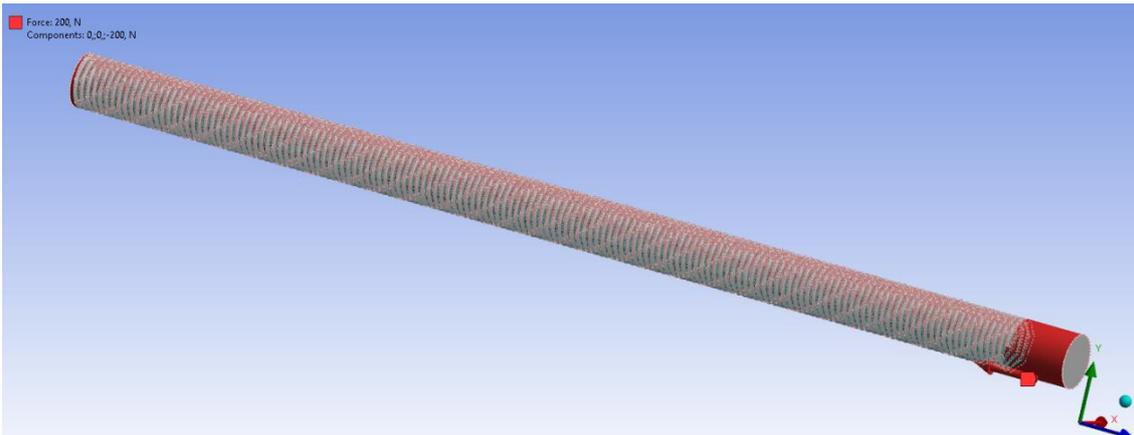


Ilustración 30 se introduce otra carga opuesta para el cálculo.

Nombre del objeto	Solución (A6)
Estado	Solucionado
Refinamiento de malla adaptativa	
Máximo refinamiento lazos	4,
Profundidad de refinamiento	2,
Información	
Estado	Hecho
Procesamiento posterior	
Calcular la viga sección resultados	No

Tabla 18 modelo estático estructural máximo refinamiento 4

Nombre del objeto	<i>Tensión equivalente</i>	<i>Esfuerzo máximo Principal</i>	<i>Deformación total</i>	<i>Deformación direccional</i>	<i>Tensión equivalente 2</i>
Estado	Solucionado				
Ámbito de aplicación					
Método de evaluación	Selección de la geometría				
Geometría	Todos los cuerpos	1 cara	Todos los cuerpos		
Definición					
Tipo	Tensión equivalente (von Mises)	Esfuerzo máximo Principal	Deformación total	Deformación direccional	Tensión equivalente (von Mises)
Orientación				Eje x	
Sistema de coordenadas				Sistema de coordenadas global	
Resultados de punto de integración					

Opción de visualización	Un promedio de			Un promedio de	
Promedio a través de organismos	No			No	
Resultados					
Mínimo	3,002 207e MPa	-MPa 42.476	0, mm	-5,6318e-004 mm	3,002 207e MPa
Máximo	239,79 MPa	302,89 MPa	2,2392 mm	1,1077e-003 mm	239,79 MPa
Información					
Tiempo	1, s				

Tabla 19 resultados de las tensiones y esfuerzos calculados máximos y mínimos.

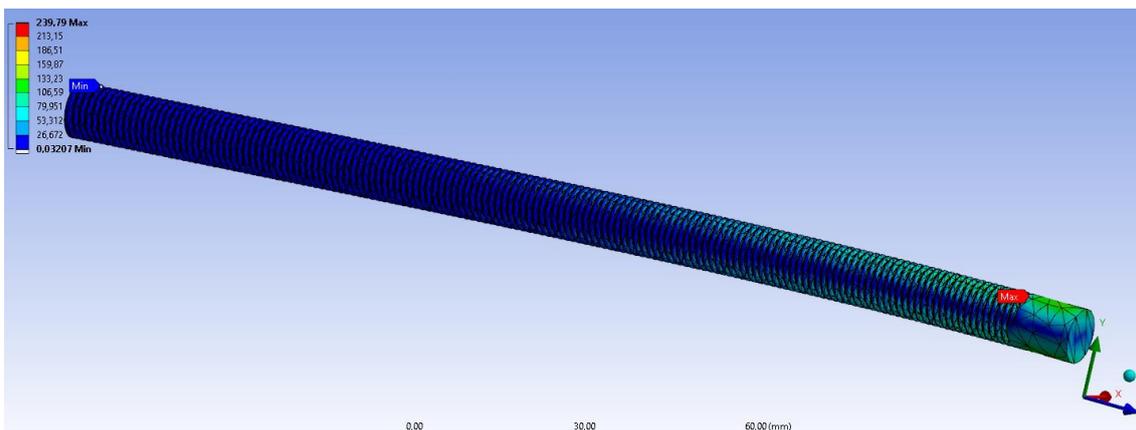


Ilustración 31 donde se produce la máxima tensión y la mínima.

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	0,03	239,79

Tabla 20 aquí podemos ver los esfuerzos de von mises más detallado.

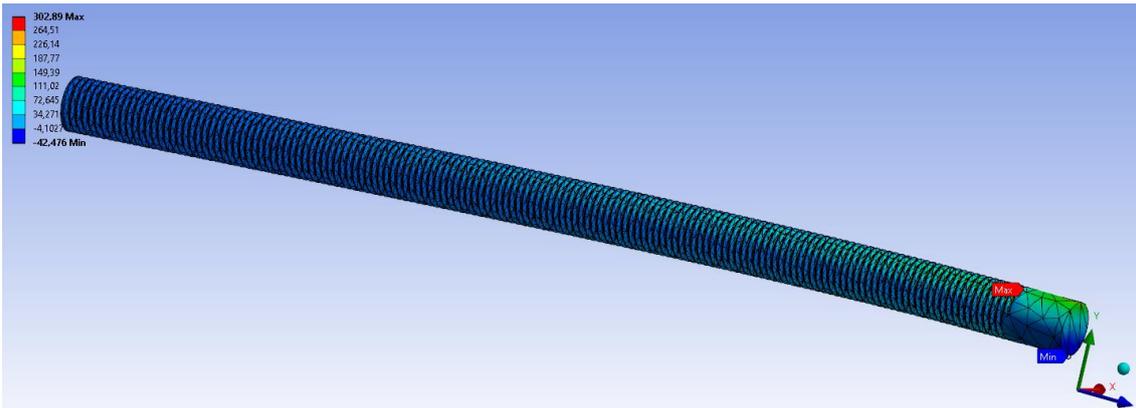


Ilustración 32 se puede observar el esfuerzo máximo a que está sometido la barra.

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	-42,476	302,89

Tabla 21 aquí se puede ver el esfuerzo máximo principal más detallado

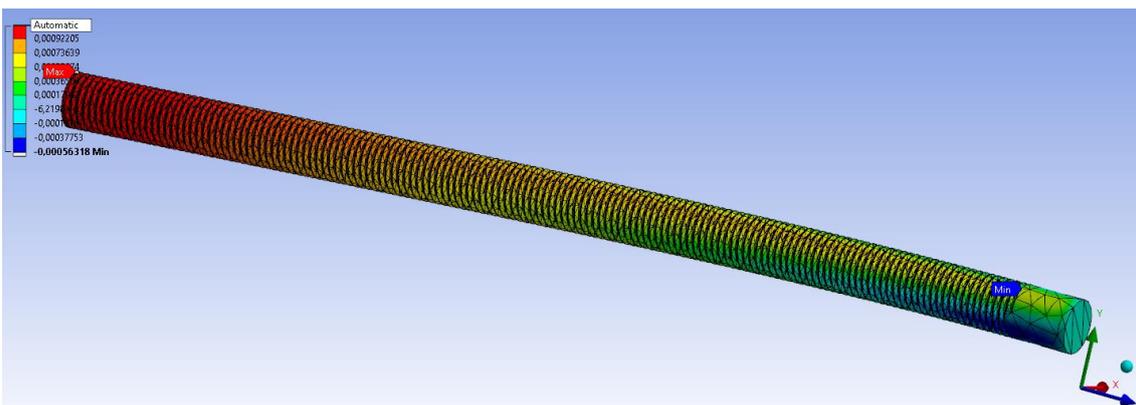


Ilustración 33 se observa la parte interior donde está la máxima deformación.

Tiempo [s]	Mínimo [mm]	Máximo [mm]
1,	-5, 6318e-004	1, 1077e-003

Tabla 22 deformación direccional.

Nombre del objeto	Herramienta de fatiga
Estado	Solucionado
Materiales	
Factor de resistencia de fatiga (Kf)	0,81
Carga	
Tipo	Totalmente invertido
Factor de escala	1,
Definición	
Tiempo de visualización	1, s
Opciones	

Tipo de análisis	Vida estrés
Significa teoría del estrés	Goodman
Componente del estrés	Equivalente (Von Mises)
Unidades de vida	
Nombre de unidades	ciclos de
1 ciclo es igual a	ciclos de 1,

Tabla 23 ajustes de factor de resistencia a fatiga según la teoría de goodman.

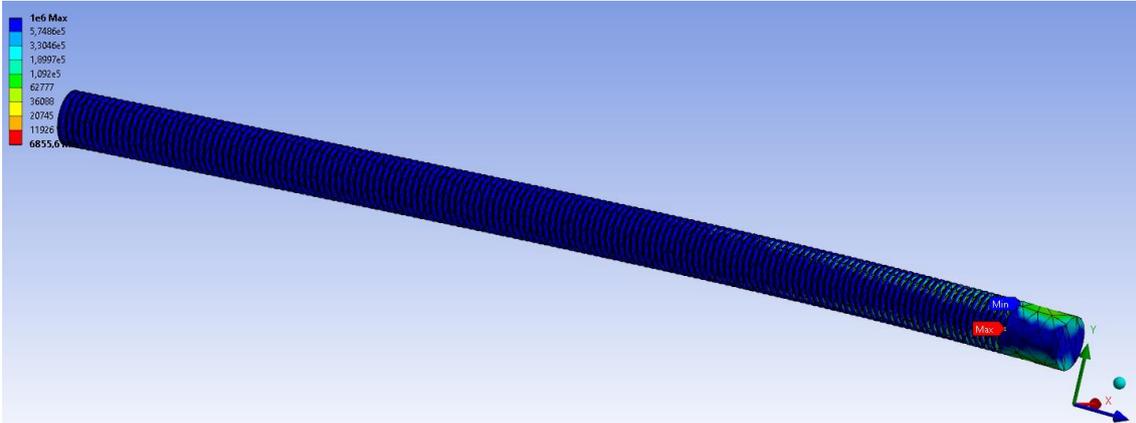


Ilustración 34 se observa donde sufre el máximo y mínimo esfuerzo y ciclo de vida.

Tiempo [s]	Mínimo	Máximo
1,	6855,6	1 e + 006

Tabla 24 resultado a fatiga de la vida de la pieza.

Nombre del objeto	<i>Vida</i>	<i>Daño</i>	<i>Tensión alterna equivalente</i>	<i>Indicación de biaxialidad</i>
Estado	Solucionado			
Ámbito de aplicación				
Método de evaluación	Selección de la geometría			
Geometría	Todos los cuerpos			
Definición				
Tipo	Vida	Daño	Tensión alterna equivalente	Indicación de biaxialidad
Identificador de				
Suprimió	No			
Vida de diseño		1, e + 009 ciclos		
Resultados de punto de integración				
Promedio a través de organismos	No			

Resultados				
Mínimo	ciclos 6855,6		3, 9593e-002 MPa	-0,99997
Máximo		1, 4587e + 005	296,04 MPa	0,99678

Tabla 25 resultado de la vida rotura tensión alternante e indicación de la biaxialidad a fatiga .

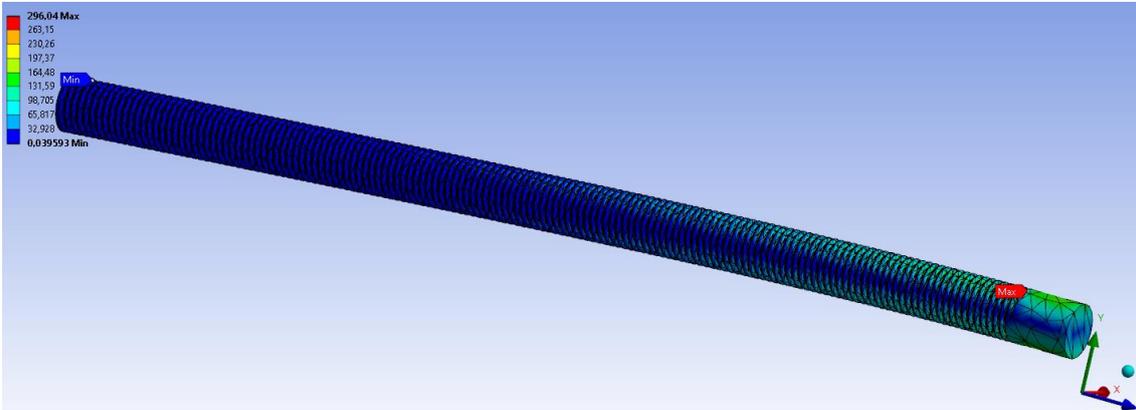


Ilustración 35 la tensión alternante máxima y mínima.

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	3, 9593e-002	296,04

Tabla 26 tensión alternante al detalle.

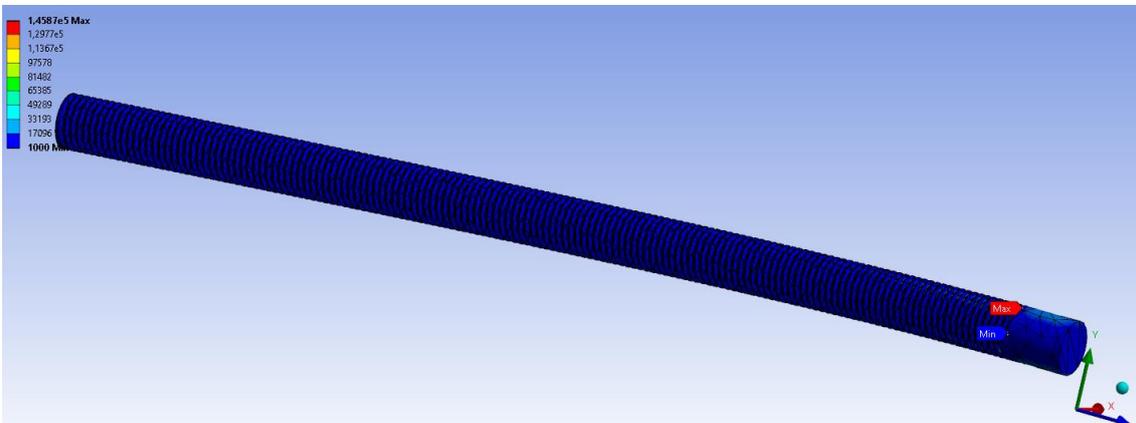


Ilustración 36 máximo y mínimo numero de ciclos para rotura.

Tiempo [s]	Mínimo	Máximo
1,	1000,	1, 4587e + 005

Tabla 27 tiempo y numero de ciclos de rotura

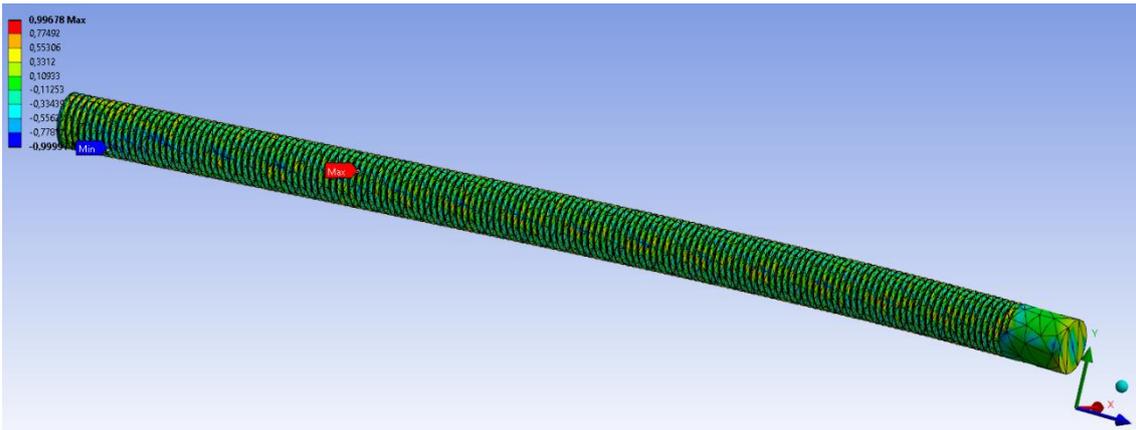


Ilustración 37 biaxialidad de la barra indicando el máximo y mínimo.

Tiempo [s]	Mínimo	Máximo
1,	-0,99997	0,99678

Tabla 28 resultado del cálculo de indicación de biaxialidad.

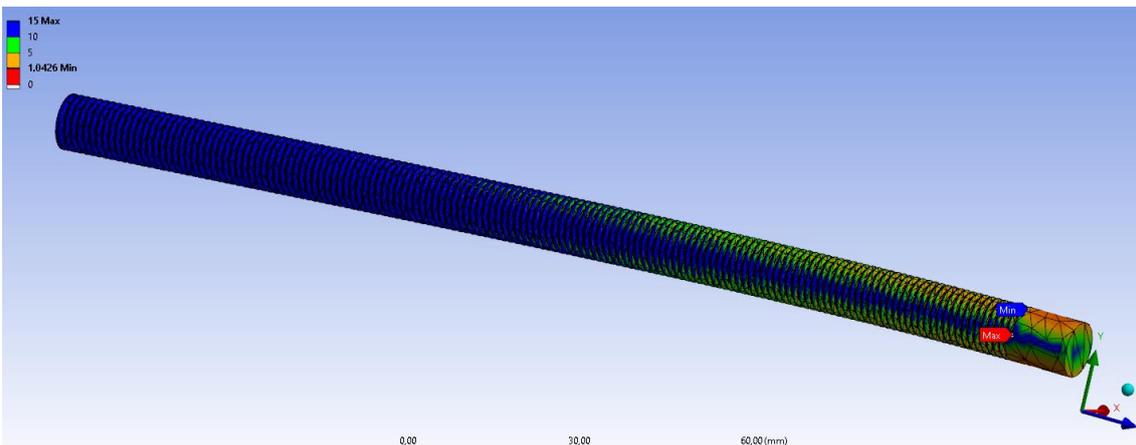


Ilustración 38 factor de seguridad máximo y mínimo obtenido para la barra.

Tiempo [s]	Mínimo	Máximo
1,	1,0426	15,

Tabla 29 resultado del factor de seguridad del eje.

5.4.5- cálculo a fatiga y mallado del eje Tambor y post-procesamiento.

Se introduce dos cargas axiales en los extremos DE 1000 N para fijar el cuerpo en el espacio, resolveremos en el estudio cuales son los esfuerzos equivalentes Von Mises, tensión equivalente que es

un promedio de los normales y cortantes del sistema. Esfuerzos máximo principales, normales y cortantes, deflexión, biaxialidad, fatiga, vida de la pieza, esfuerzo alternante. Calidad del elemento.

Mallado eficiente número de elementos y nodos de nuestra pieza, ésta ha tardado en analizar ANSYS y ha consumido casi 8 G de ram.

Se ha cambiado el máximo refinamiento de lazos (loops) a 3 en el otro estudio se ha optado por 4.

También se analiza el cálculo si converge la pieza.

5.4.5.1- Resultados del eje mejorado A.

Nombre del objeto	EJE_TAMBOR
Estado	Meshed
Propiedades de gráficos	
Visible	Sí
Transparencia	1
Definición	
Suprimió	No
Comportamiento de rigidez	Flexible
Sistema de coordenadas	Sistema de coordenadas por defecto
Temperatura de referencia	Por medio ambiente
Comportamiento	Ninguno
Material	
Asignación	Acero estructural
Efectos no lineales	Sí
Efectos de la tensión térmica	Sí
Cuadro delimitador	
Longitud X	10, mm
Longitud Y	10, mm
Longitud Z	72.001 mm
Propiedades	
Volumen	4890,9 mm ³
Masa	3, 8394e-002 kg
Centroide X	1, 2476e-003 mm
Centroide Y	-1, mm 1801e-003
Z del centroide	17.969 mm
Momento de inercia Ip1	14.515 kg·mm ²
Momento de inercia Ip2	14.515 kg·mm ²
Momento de inercia Ip3	kg·mm ² 0,42944
Estadísticas	
Nodos de	1886746
Elementos	865939
Métricas de malla	Calidad de elemento
Min	4, 22583788437699E-02
Max	0,999995758105741

Promedio	0,442740051928493
Desviación estándar	0,282489854038505

Tabla 30 geometría y partes de eje tambor encargado de mantener estable el molde.

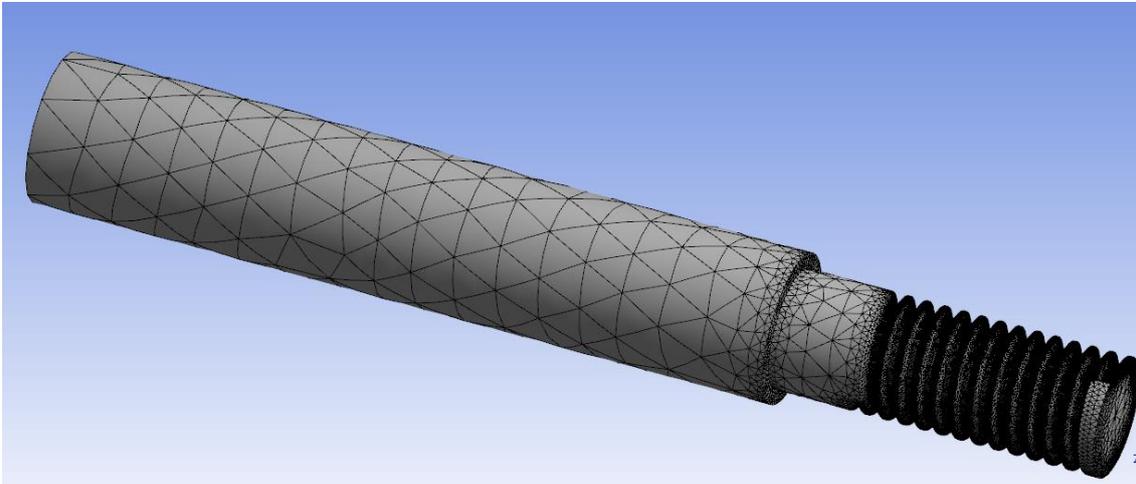


Ilustración 39 mallado con el análisis de proximidad de curvatura el elemento añade más nodos.

Nombre del objeto	Malla
Estado	Solucionado
Pantalla	
Estilo de visualización	Color de la carrocería
Valores por defecto	
Preferencia de física	Mecánica
Relevancia	0
Elemento de orden	Programa de control
Tamaño	
Función del tamaño	Proximidad y curvatura
Centro de relevancia	Grueso
Transición	Rápido
Centro de ángulo de luz	Grueso
Ángulo Normal curvatura	Por defecto (70,3950 °)
Num de células a través de la brecha	Por defecto (3)
Proximidad tamaño función fuentes	Caras y aristas
Tamaño mínimo	Por defecto (3, 6574e-002 mm)
Tamaño mínimo de proximidad	Por defecto (3, 6574e-002 mm)
Tamaño de la cara de Max	Por defecto (3,65740 mm)
Tamaño Max de Tet	Por defecto (7,31470 mm)
Tasa de crecimiento	Por defecto (1.850)
Defeature tamaño	Por defecto (1, 8287e-002 mm)
Longitud mínima del borde	0,31250 mm
Calidad	
Límites de error	Mecánica estándar

Calidad de destino	Por defecto (0.050000)
Suavizado de	Medio
Métricas de malla	Calidad de elemento
Min	4, 2258e-002
Max	1,
Promedio	0,44274
Desviación estándar	0,28249
Inflación	
Inflación automática de uso	Programa de control
Opción de la inflación	Transición suave
Relación de transición	0,272
Capas de máximo	5
Tasa de crecimiento	1, 2
Algoritmo de la inflación	Pre
Avanzado	
Mesh de superficie triángulo	Programa de control
Comprobación de topología	No
Pizca de tolerancia	Por defecto (3, 2916e-002 mm)
Estadísticas	
Nodos de	1886746
Elementos	865939

Tabla 31 mallado fino y proximidad de curvatura.

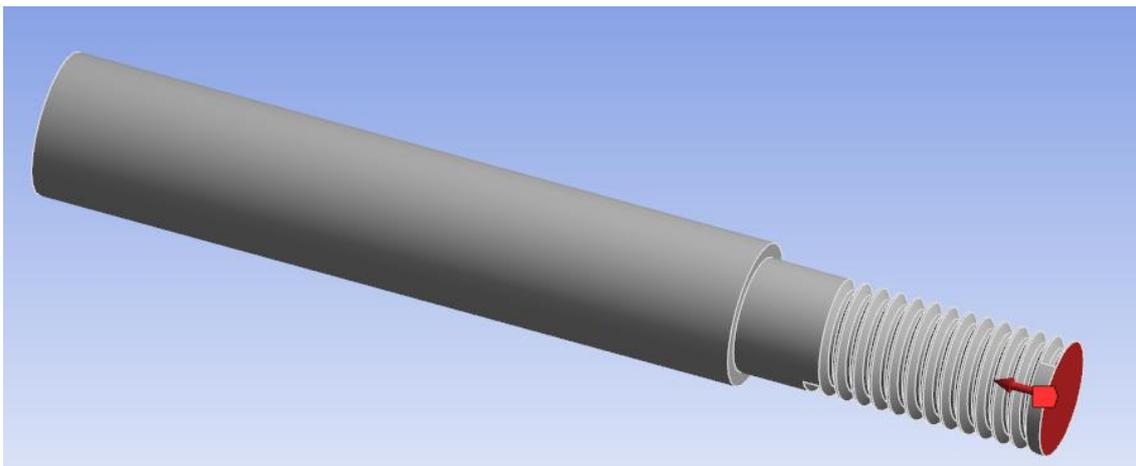


Ilustración 40 se introducen las cargas para el cálculo.

Nombre del objeto	Fuerza	Fuerza 2	Soporte fijo
Estado	Completamente definido		
Ámbito de aplicación			
Método de evaluación	Selección de la geometría		
Geometría	1 cara		
Definición			
Tipo	Fuerza	Soporte fijo	
Definir por	Vector de		
Magnitud	1000, N (rampa)		

Tabla 32 resultado de las cargas introducidas.

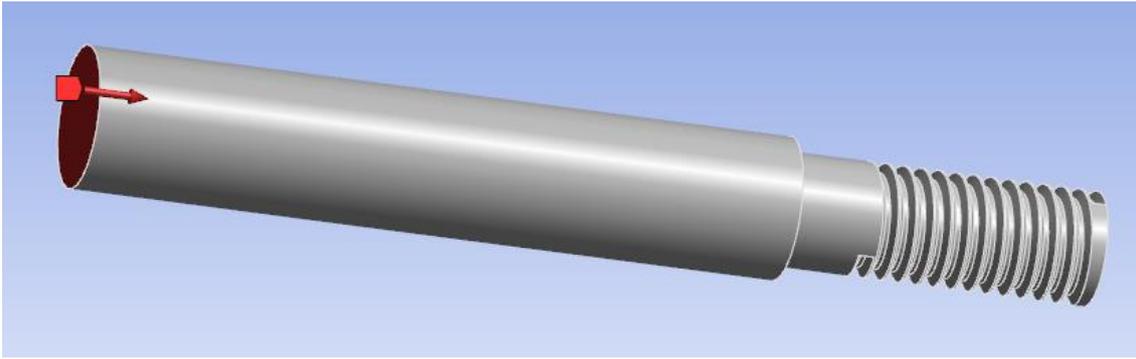


Ilustración 41 carga en dirección opuesta para fijar en el espacio la barra.

Nombre del objeto	Solución (A6)
Estado	Solucionado
Refinamiento de malla adaptativa	
Máximo refinamiento lazos	3,
Profundidad de refinamiento	2,
Información	
Estado	Hecho
MAPDL el tiempo transcurrido	1 m 7 s
Memoria MAPDL	1,3701 GB
Tamaño de archivo de resultados MAPDL	141,06 MB
Procesamiento posterior	
Viga sección resultados	No

Tabla 33 introducción de datos de refinamiento para el análisis de elementos finitos.

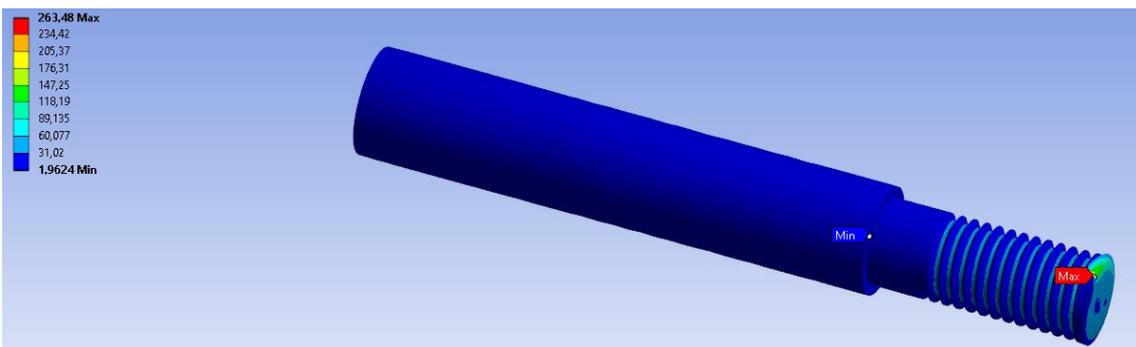


Ilustración 42 cálculo tensión equivalente de von mises máxima y mínima.

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	1,9624	263,48

Tabla 34 resultado de la tensión equivalente.

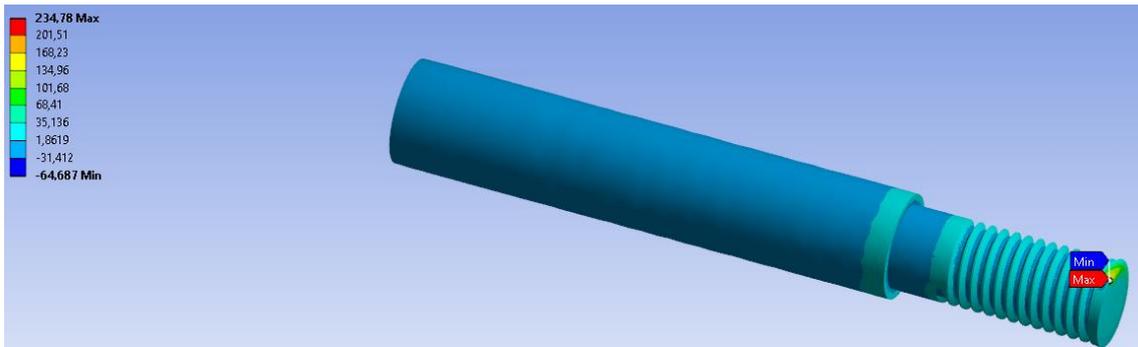


Ilustración 43 en el extremo de la rosca tenemos el esfuerzo máximo y mínimo.

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	-64,687	234,78

Tabla 35 solución esfuerzo máximo principal.

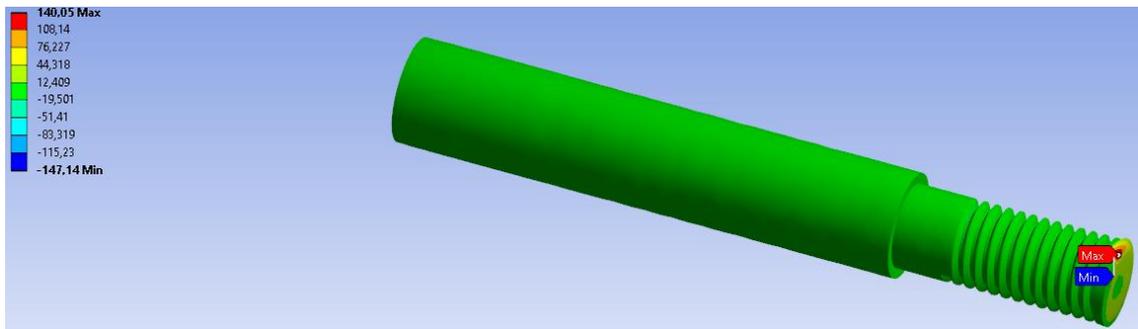


Ilustración 44 en el extremo de la rosca tenemos la máxima y mínima tensión normal.

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	-147,14	140,05

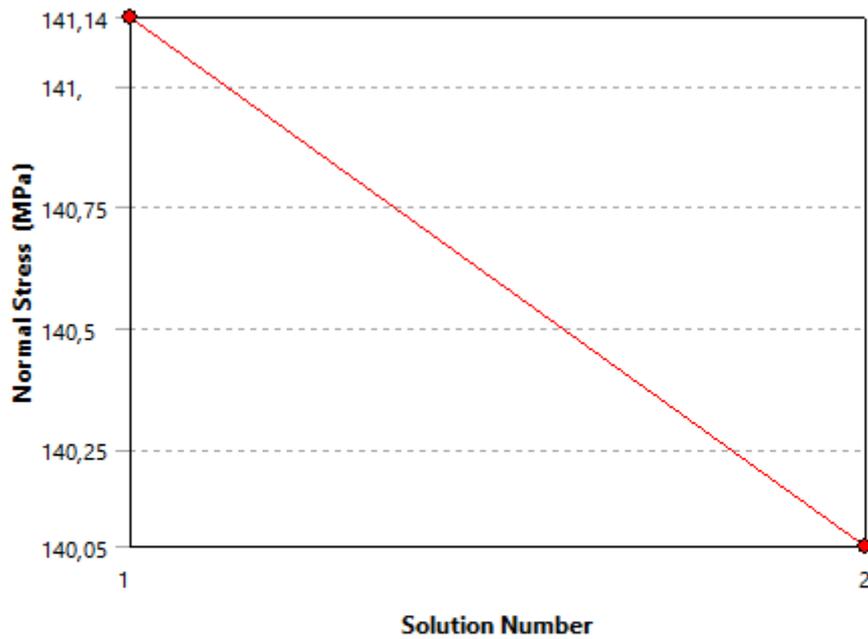
Tabla 36 solución de la tensión normal.

Nombre del objeto	<i>Convergencia</i>
Estado	Solucionado
Definición	
Tipo	Máximo
Cambio permitido	<i>5 %</i>
Resultados	
Último cambio	-0,77714%
Convergentes	<i>Sí</i>

Tabla 37 en la tensión normal introducimos una convergencia del cinco por cien.

	Tensión normal (MPa)	Cambio (%)	Nodos de	Elementos
1	141,14		1886746	865939
2	<i>140,05</i>	<i>-0,77714</i>	353487	176634

Tabla 38 solución si converge y mejora la tensión normal.



	Normal Stress (MPa)	Change (%)	Nodes	Elements
1	141,14		1886746	865939
2	140,05	-0,77714	353487	176634

Ilustración 45 se ha mejorado la tensión normal recalculando el mallado y el programa nos indica que sí que converge menor al 5 por ciento elegido.

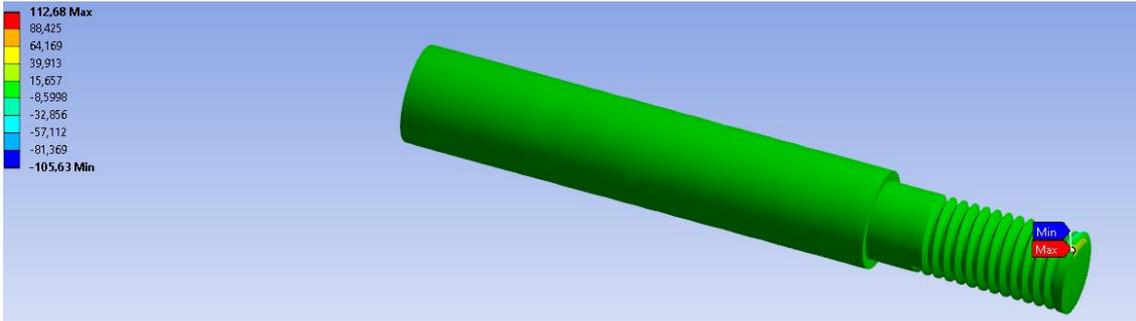


Ilustración 46 la tensión de cortadura máxima y mínima.

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	-105,63	112,68

Tabla 39 solución de la tensión de cortadura.

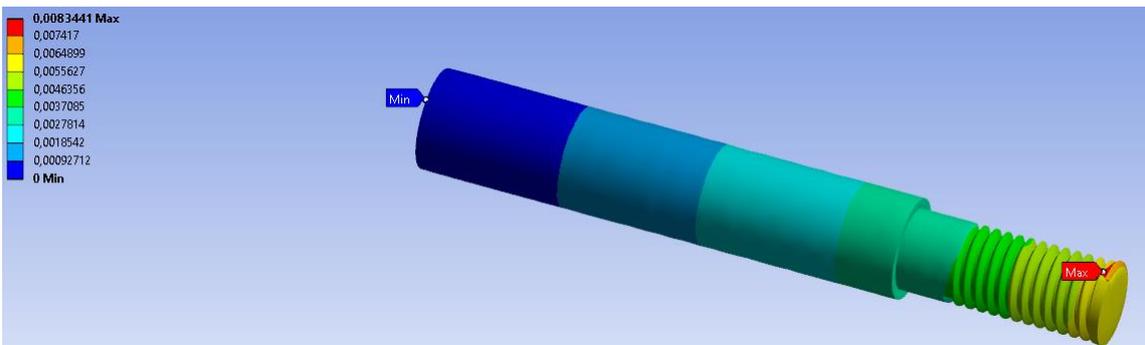


Ilustración 47 total deformación máxima en la parte de la rosca realizada.

Tiempo [s]	Mínimo [mm]	Máximo [mm]
1,	0,	8,3441e-003

Tabla 40 solución total de deformación

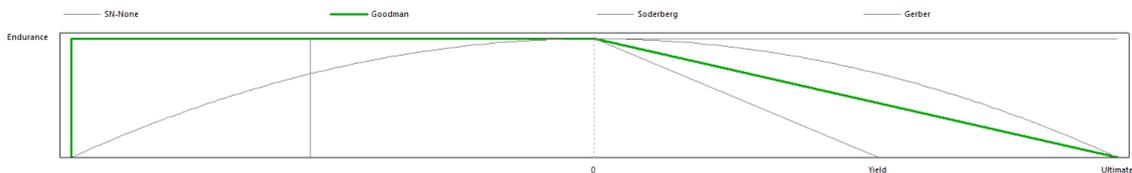


Ilustración 48 se podía elegir entre cuatro tipos de teorías pero elegimos goodman

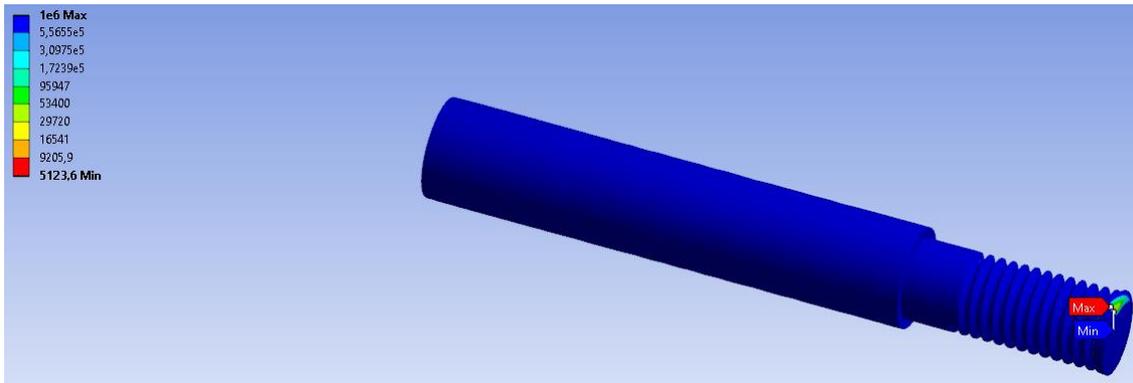


Ilustración 49 cálculo de los ciclos de vida a fatiga.

Tiempo [s]	Mínimo	Máximo
1,	9827,4	1 e + 006

Tabla 41 solución de la herramienta a fatiga.

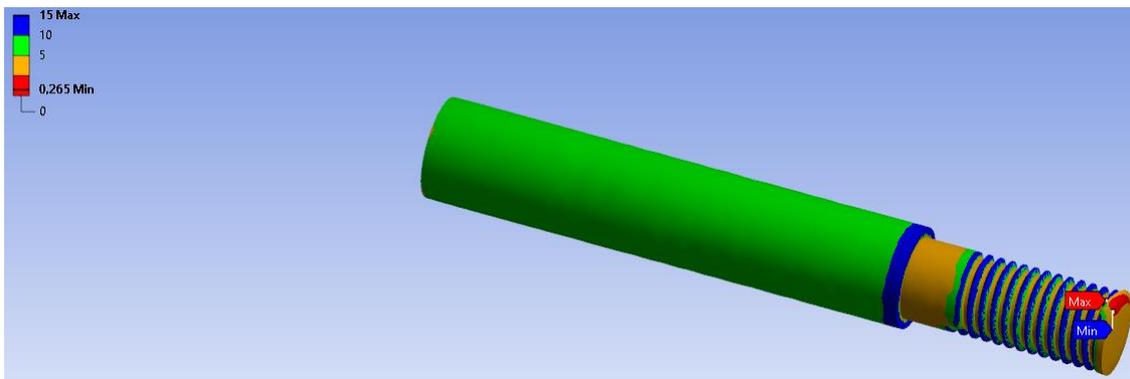


Ilustración 50 factor seguridad bajo en el extremo rosca pero se puede mejorar para que sea 5.

Tiempo [s]	Mínimo	Máximo
1,	0,32716	15,

Tabla 42 solución del factor de seguridad.

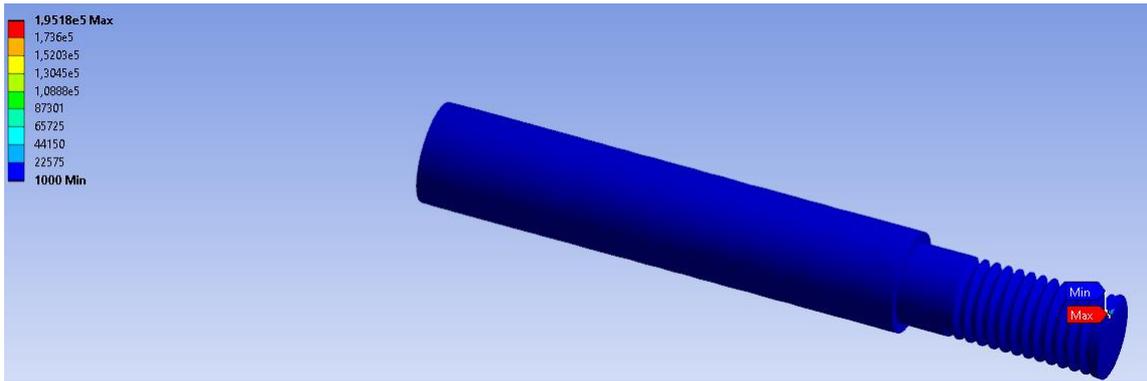


Ilustración 51 la tensión de rotura máxima y mínima.

Tiempo [s]	Mínimo	Máximo
1,	1000,	1, 0176e + 005

Tabla 43 solución ciclos del cálculo de la tensión rotura.

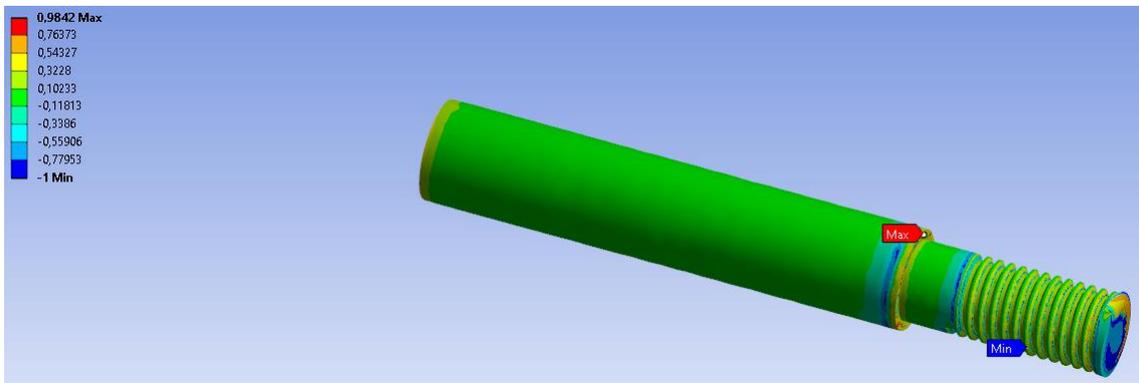


Ilustración 52 indica la biaxialidad máxima y mínima.

Tiempo [s]	Mínimo	Máximo
1,	-1,	0,9842

Tabla 44 solución del cálculo a fatiga indicación de biaxialidad.

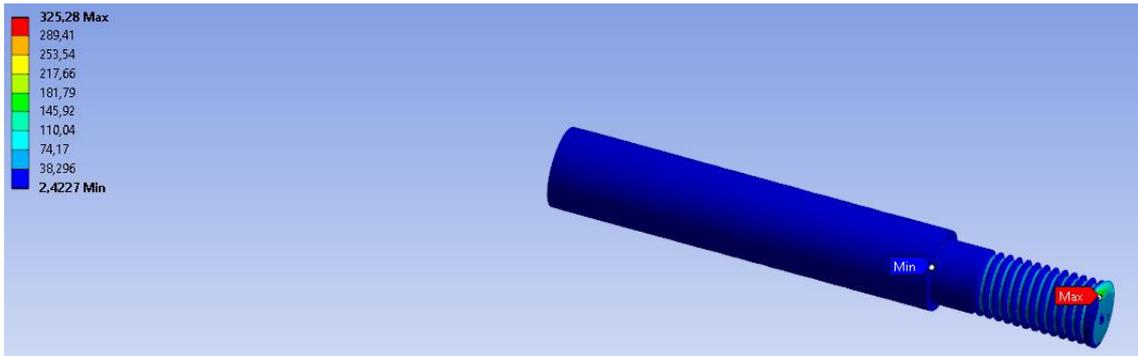


Ilustración 53 cálculo de la tensión equivalente von mises.

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	1,9624	263,48

Tabla 45 solución tensión equivalente alternante.

5.4.5.2- Resultados del eje B.

Se realiza la comparación de la misma pieza aplicando en la reducción del eje cambio de sección las cargas. Se puede comprobar que se ha sometido el eje a una compresión.

Se realiza un cálculo a fatiga para averiguar cuanto podrá ser la vida de la pieza, se colorea en rojo los datos de interés.

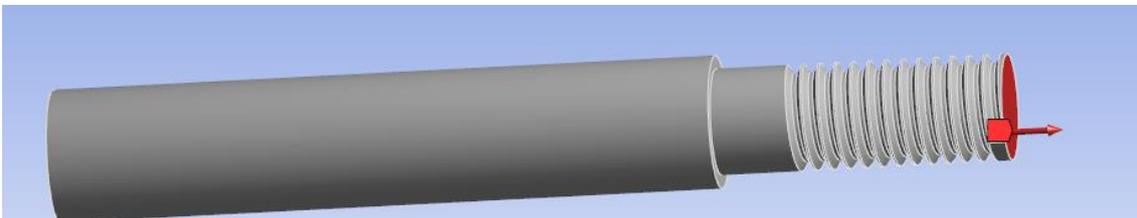


Ilustración 54 aplicamos una fuerza en el eje x al desplazar el carro hacia delante.

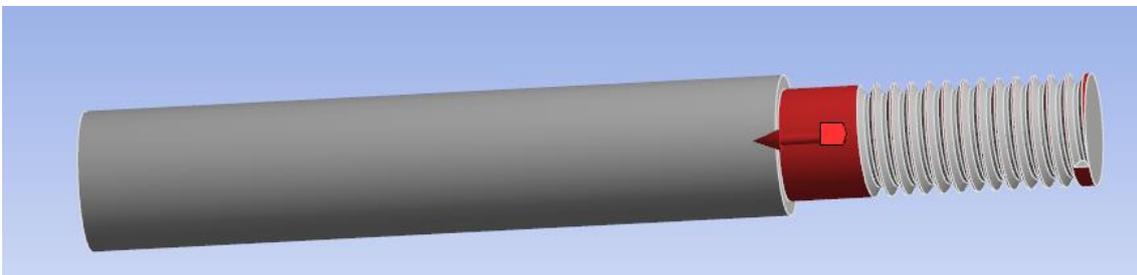
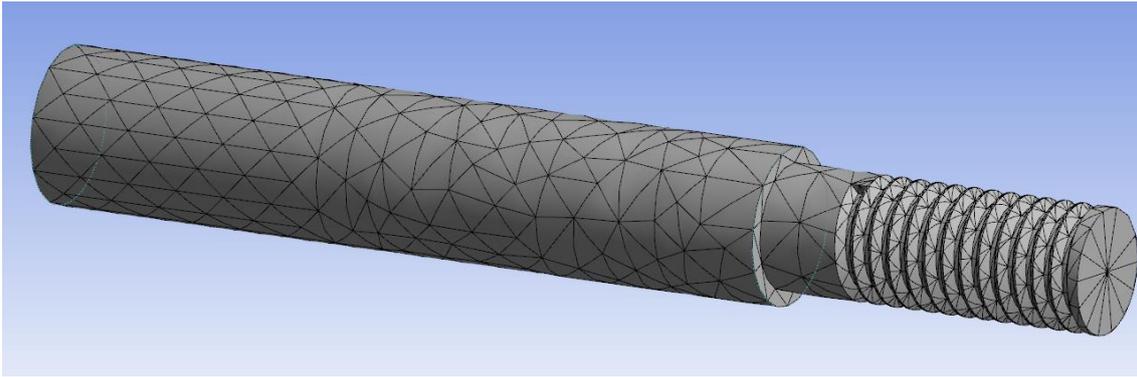


Ilustración 55 aplicamos una fuerza contraria debido a la presión que estará sometido.

Nombre del objeto	EJE_TAMBOR
Estado	Meshed
Propiedades de gráficos	
Visible	Sí
Transparencia	1
Definición	
Suprimió	No
Comportamiento de rigidez	Flexible
Sistema de coordenadas	Sistema de coordenadas por defecto
Temperatura de referencia	Por medio ambiente
Comportamiento	Ninguno
Material	
Asignación	Acero estructural
Efectos no lineales	Sí
Efectos de la tensión térmica	Sí
Cuadro delimitador	
Longitud X	10, mm
Longitud Y	10, mm
Longitud Z	72.001 mm
Propiedades	
Volumen	4890,9 mm ³
Masa	3, 8394e-002 kg
Centroide X	1, 2476e-003 mm
Centroide Y	-1, mm 1801e-003
Z del centroide	17.969 mm
Momento de inercia Ip1	14.515 kg·mm ²
Momento de inercia Ip2	14.515 kg·mm ²
Momento de inercia Ip3	kg·mm ² 0,42944
Estadísticas	
Nodos de	10060
Elementos	5039
Métricas de malla	Calidad de elemento
Min	7, 58461576060388E-02
Max	0,999561657677115
Promedio	0,496118847949035
Desviación estándar	0,290159189874069

Tabla 46 partes y resultados de la geometría.



Il·lustració 56 se realitza un mallado per a l'anàlisi matemàtic de elements i nodes.

Nombre del objecte	Malla
Estad	Solucionado
Pantalla	
Estilo de visualització	Color de la carroceria
Valores por defecto	
Preferencia de física	Mecánica
Relevancia	0
Elemento de orden	Programa de control
Tamaño	
Función del tamaño	Adaptable
Centro de relevancia	Grueso
Longitud mínima del borde	0,31250 mm
Calidad	
Comprobar la calidad de la malla	Sí, errores
Límites de error	Mecánica estándar
Calidad de destino	Por defecto (0.050000)
Suavizado de	Medio
Métricas de malla	Calidad de elemento
Min	7, 5846e-002
Max	0,99956
Promedio	0,49612
Desviación estándar	0,29016
Inflación	
Inflación automática de uso	Ninguno
Opción de la inflación	Transición suave
Relación de transición	0,272
Capas de máximo	5
Tasa de crecimiento	1, 2
Algoritmo de la inflación	Pre
Ver opciones avanzadas	No

Avanzado	
Número de CPUs para parte paralelo mallado	Programa de control
Elementos de caras recta	No
Número de reintentos	Por defecto (4)
Comportamiento de cuerpo rígido	Reducción dimensional
Malla Morphing	Con discapacidad
Estadísticas	
Nodos de	10060
Elementos	5039

Tabla 47 solución del mallado número de elementos y nodos.

Nombre del objeto	<i>Soporte fijo</i>	<i>Fuerza</i>	<i>Fuerza 2</i>
Estado	Completamente definido		
Ámbito de aplicación			
Método de evaluación	Selección de la geometría		
Geometría	1 cara		
Definición			
Tipo	Soporte fijo	Fuerza	
Suprimió	No		
Definir por		Vector de	
Magnitud		1000, N (rampa)	
Dirección		Define	

Tabla 48 introduccion de las cargas compresión pura.

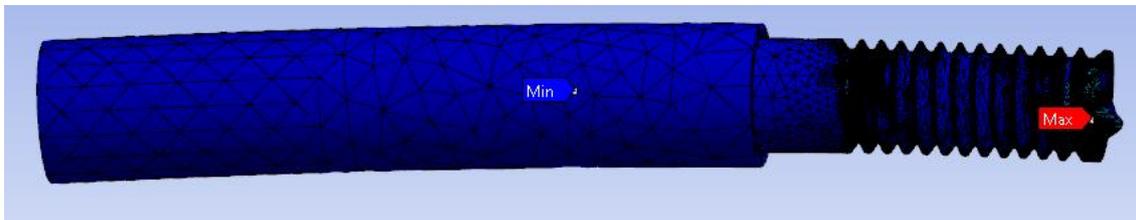
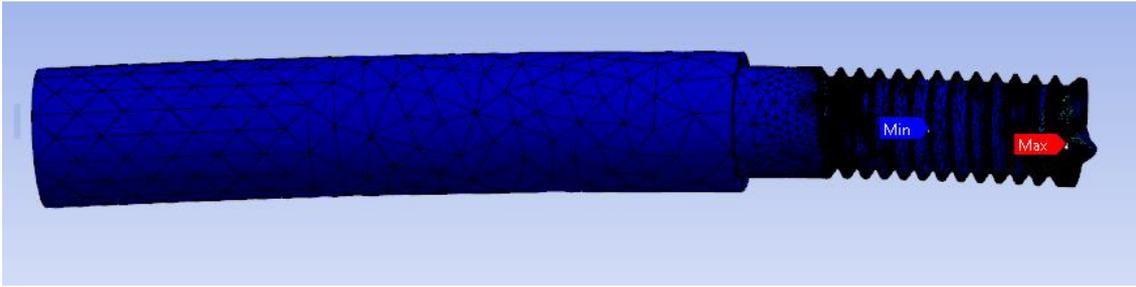


Ilustración 57 se observa que está sometido a una compresión pura.

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	2, 887e-003	375,14

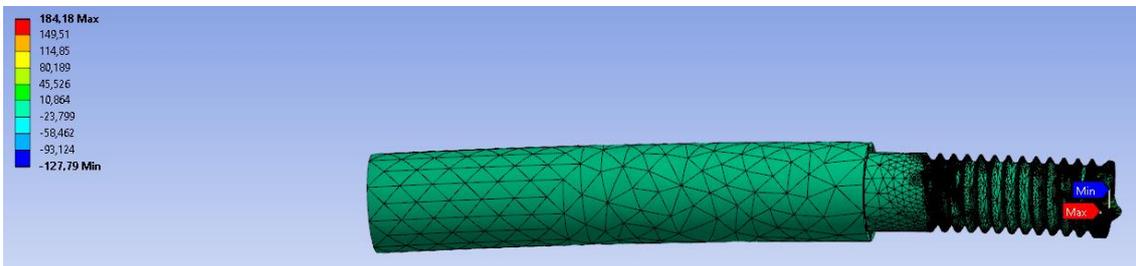
Tabla 49 solución tensión equivalente von mises.



Il·lustració 58 esforço máximo y minino principal

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	-4,418	499,14

Tabla 50 solución esfuerzo máximo principal.



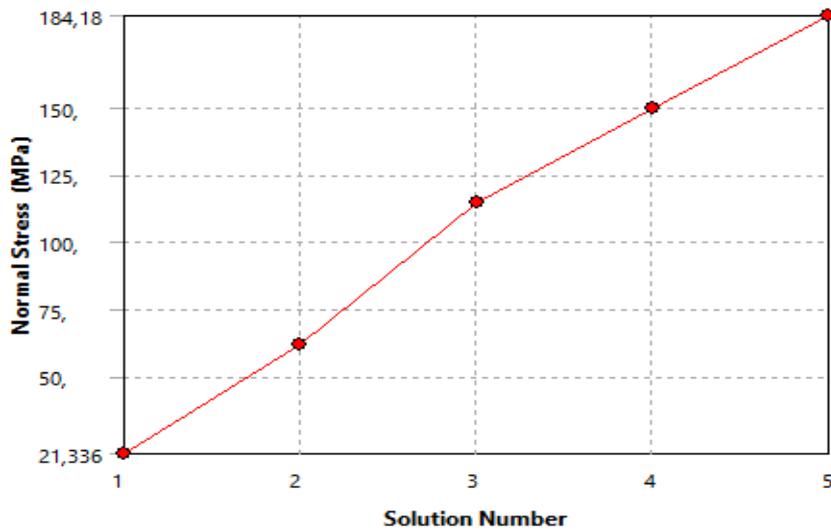
Il·lustració 59 tensión normal máxima y mínima sometido.

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	-127,79	184,18

Tabla 51 solución tensión normal.

Nombre del objeto	Convergencia
Estado	Solucionado
Definición	
Tipo	Máximo
Cambio permitido	el 21%
Resultados	
Último cambio	20.452%
Convergentes	Sí

Tabla 52 solución en la tensión normal de análisis de convergencia.

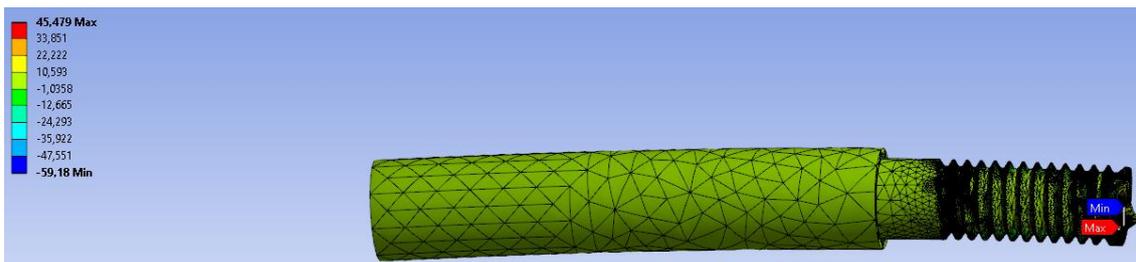


	Normal Stress (MPa)	Change (%)	Nodes	Elements
1	21,336		10060	5039
2	61,683	97,2	20505	11116
3	114,59	60,028	45707	27774
4	150,	26,768	113131	74042
5	184,18	20,452	285301	194212

Il·lustració 60 si converge a partir del 20,45 per cien pero se somete a una tensión normal alta.

	Tensión normal (MPa)	Cambio (%)	Nodos de	Elementos
1	21.336		10060	5039
2	61.683	97.2	20505	11116
3	114,59	60.028	45707	27774
4	150,	26.768	113131	74042
5	184,18	20.452	285301	194212

Tabla 53 solución tensión normal si converge al veintiuno por cien.



Il·lustració 61 tensión de cortadura máxima y mínima que está sometido.

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	-59,18	45.479

Tabla 54 solución de tensión cortadura.

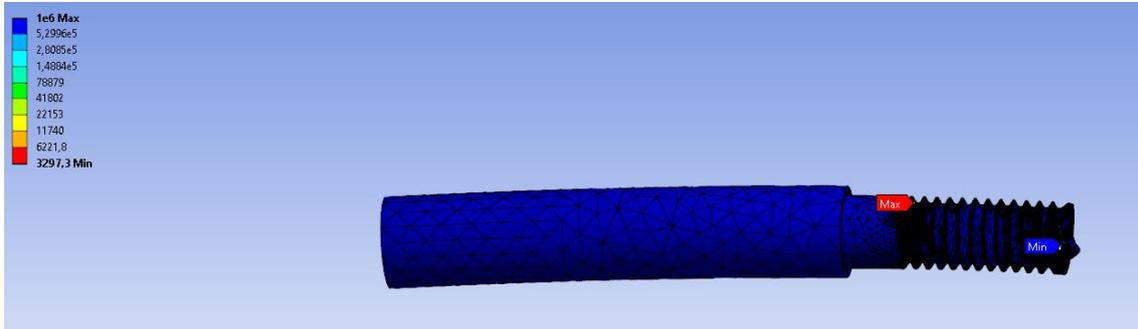


Ilustración 62 máxima y mínimo ciclos de vida para la pieza.

Tiempo [s]	Mínimo	Máximo
1,	3297,3	1 e + 006

Tabla 55 solución del ciclo de vida del eje.

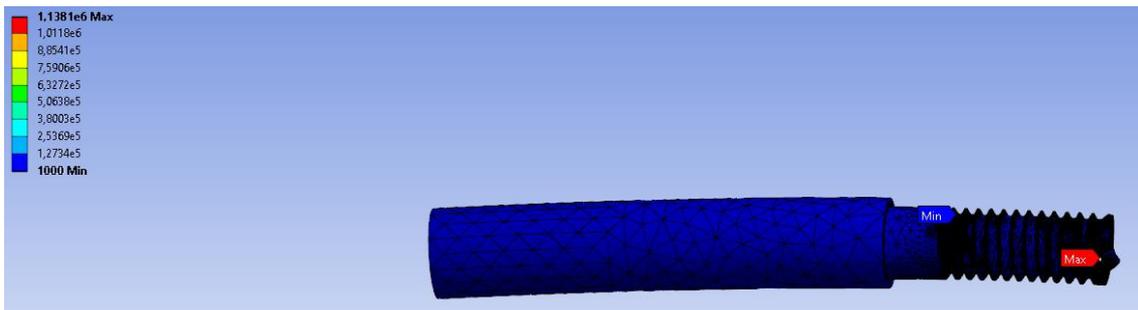
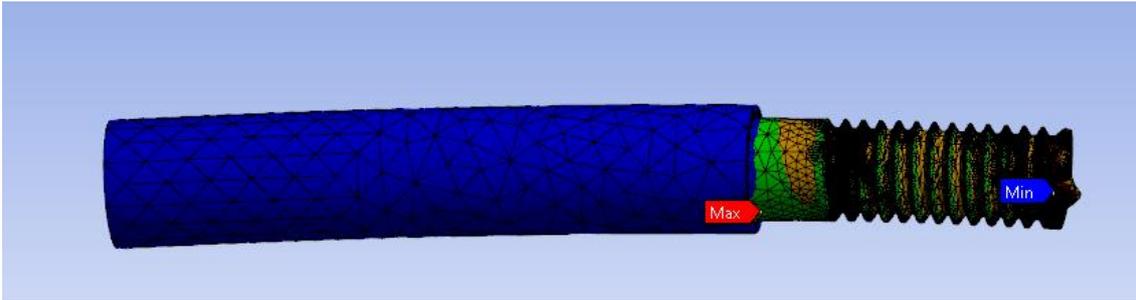


Ilustración 63 análisis de rotura máximo y mínimo.

Tiempo [s]	Mínimo	Máximo
1,	1000,	3, 0328e + 005

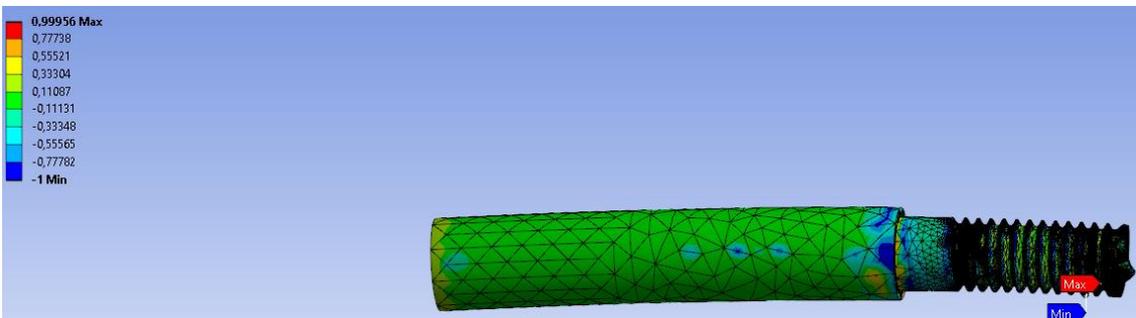
Tabla 56 solución del análisis de rotura.



Il·lustració 64 el factor de seguretat màxim i mínim penalitzat per la rosca.

Tiempo [s]	Mínimo	Máximo
1,	0,22978	15,

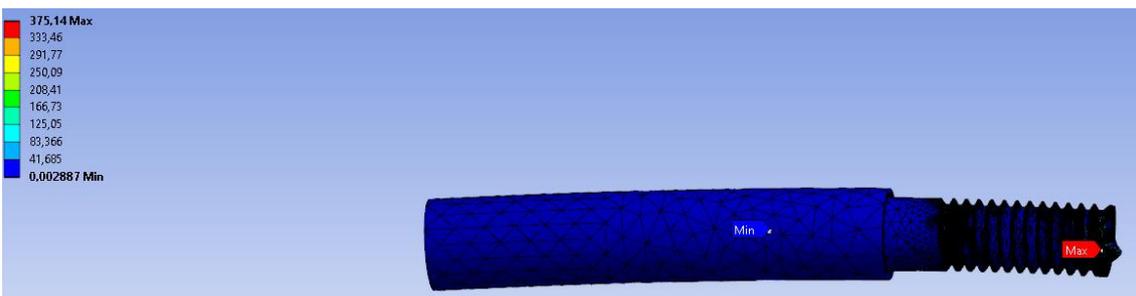
Tabla 57 solución cálculo a fatiga y factor de seguridad.



Il·lustració 65 indicación de biaxialidad máxima y mínima .

Tiempo [s]	Mínimo	Máximo
1,	-1,	0,99956

Tabla 58 solución de la indicación de biaxialidad en el cálculo a fatiga.



Il·lustració 66 la tensió alternante calculada en ANSYS.

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	2, 887e-003	375,14

Tabla 59 solución de la tensión alternante.

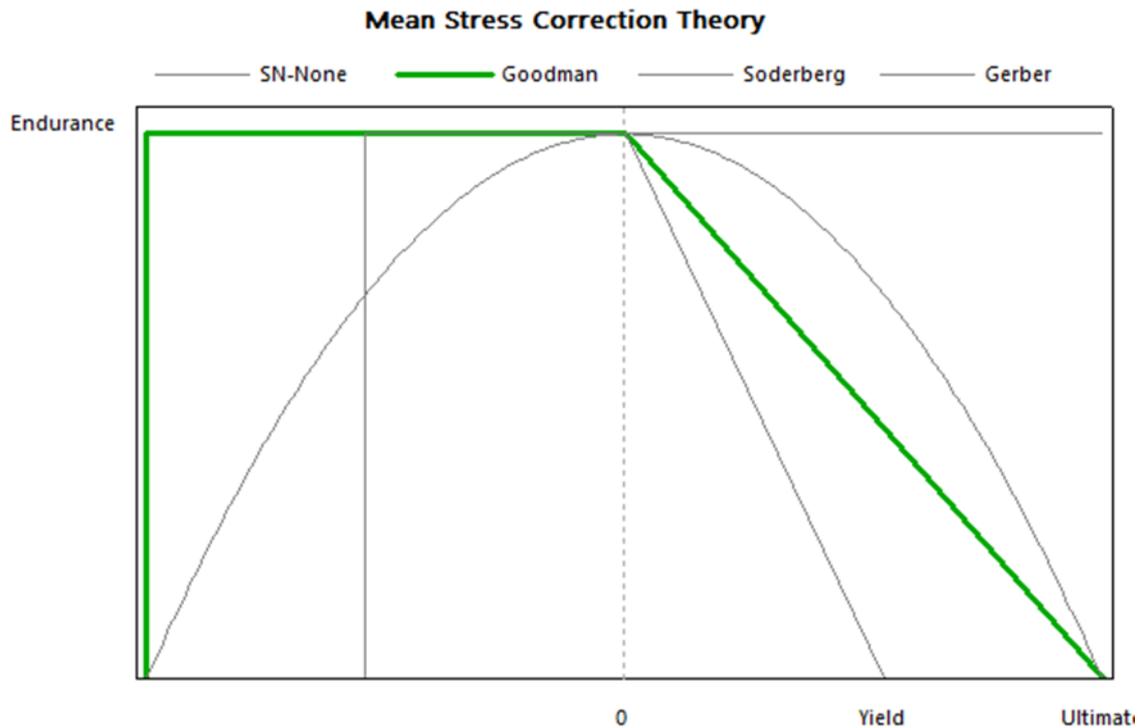


Ilustración 67 el tipo de teoría elegido para el cálculo a fatiga.

5.4.6- Cálculo de ensamblaje conjunto 1 mallado y post-procesamiento.

Deformación y mejora de elementos.

Nombre del objeto	<i>Acople_Resbalón</i> -1	<i>EJE_TAMBOR</i> -1	<i>Acople_Resbalón2</i> -1	<i>sopрте_cierre_Molde</i> -1
Estado	Meshed			
Propiedades de gráficos				
Visible	Sí			
Transparencia	1			
Definición				
Suprimió	No			
Comportamiento de rigidez	Flexible			

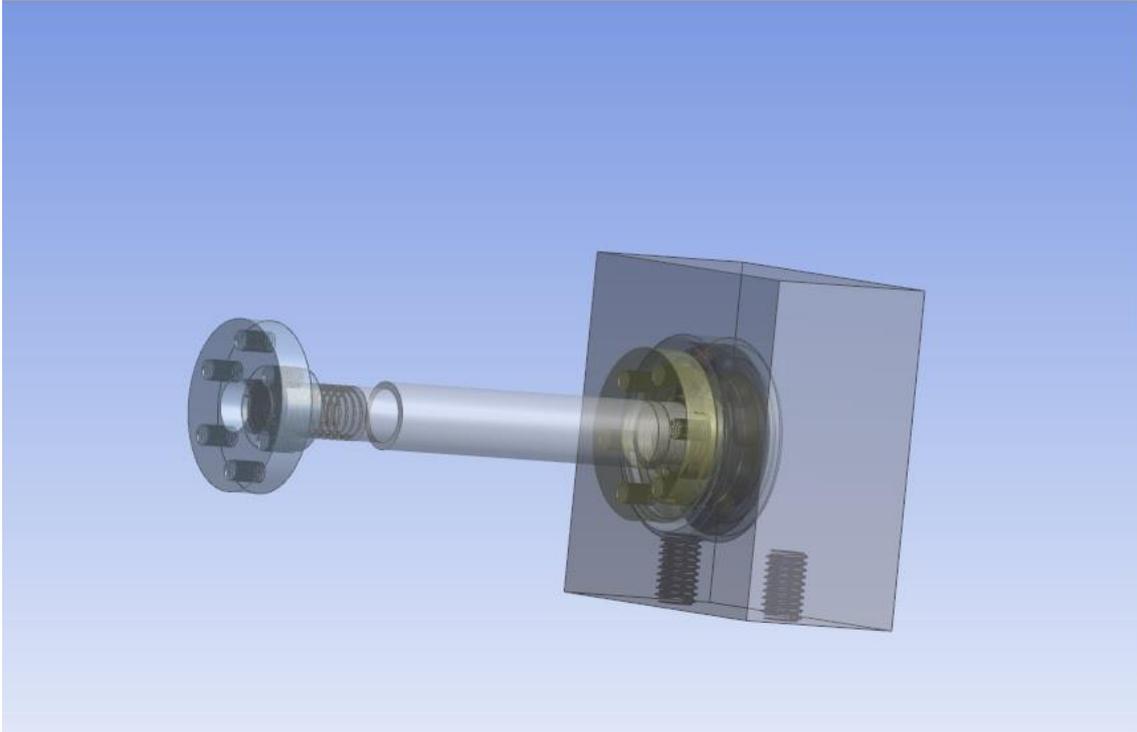
Sistema de coordenadas	Sistema de coordenadas por defecto			
Temperatura de referencia	Por medio ambiente			
Comportamiento	Ninguno			
Material				
Asignación	Acero estructural			
Efectos no lineales	Sí			
Efectos de la tensión térmica	Sí			
Cuadro delimitador				
Longitud X	33.161 mm	10, mm	25,4 mm	64.383 mm
Longitud Y	33.161 mm	10, mm	25,4 mm	64.383 mm
Longitud Z	11.192 mm	72.001 mm	11.192 mm	25, mm
Propiedades				
Volumen	2567,1 mm ³	4890,9 mm ³	2510,6 mm ³	57107 mm ³
Masa	2, 0152e-002 kg	3, 8394e-002 kg	1, 9708e-002 kg	0,44829 kg
Centroide X	-66,532 mm	-66,543 mm	-66,544 mm	-66,487 mm
Centroide Y	25.584 mm	25.552 mm	25.587 mm	25.705 mm
Z del centroide	-71,704 mm	-31,579 mm	-1,9796 mm	13.196 mm
Momento de inercia Ip1	kg·mm ² 0,91066	14.515 kg·mm ²	kg·mm ² 0,9033	kg·mm ² 121,16
Momento de inercia Ip2	kg·mm ² 0,91375	14.515 kg·mm ²	kg·mm ² 0,90639	kg·mm ² 121,89
Momento de inercia Ip3	kg·mm ² 1,5635	kg·mm ² 0,42944	kg·mm ² 1,5546	kg·mm ² 198,41
Estadísticas				
Nodos de	82908	36149	53075	13183
Elementos	49550	18074	33183	7792
Métricas de malla	Ninguno			

Tabla 60 resultado de la geometría y partes del conjunto 1.

RESULTADOS MEJORADOS.

Pre-procesamiento: Discretización y análisis de mallado eficiente y selección de cargas.

Procesamiento: Solución numérica. Podemos observar la mejora en elementos y nodos cambiando proximidad en la curva del elemento. **PROMEDIO** 0.78 llegar a 1 es casi imposible.



Il·lustració 68 ensamblaje del conjunt 1 de cinco piezas sometidas al cálculo.

EnsamblajeEJE_RODAM_RESBALON.SLDASM

Nombre del objeto	Geometría
Estado	completamente definido
Definición	
elemento de mando	programa controlado
Estilo de visualización	Color del cuerpo
Cuadro delimitador	
longitud X	64,382 mm
Longitud Y	64,382 mm
longitud Z	100,23 mm
propiedades	
Volumen	72363 mm ³
Masa	0,25215 kg
Factor de Escala Valor	1,
Estadística	
Cuerpos	18
Los organismos activos	18
Los nodos	5176167
Elementos	3376111
Métricas de malla	Calidad elemento
min	0,094367198212645

	Max	0,999998381024049		
	Promedio	0,78857820003921		
	Desviación estándar	0,111109671353612		
Opciones básicas de geometría				
Los cuerpos sólidos		Sí		
Nombre del objeto	Acople_Resbalón2-1	Acople_Resbalón-1	EJE_TAMBOR-1	sopрте_cierre_Molde-1
Estado	mallada			
Propiedades gráficas				
Visible	Sí			
Transparencia	1			
Material				
Asignación	Aleación de aluminio	Acero estructural	Aleación de aluminio	
Efectos no lineales	Sí			
Efectos fatiga térmica	Sí			
Cuadro delimitador				
longitud X	25,4 mm	33.161 mm	10, mm	64,382 mm
Longitud Y	25,4 mm	33.161 mm	10, mm	64,382 mm
longitud Z	11.187 mm		72, mm	25, mm
propiedades				
Volumen	2510,6 mm ³	2567,1 mm ³	4890,9 mm ³	57107 mm ³
Masa	6,9543e-003 kg	7,1109e-003 kg	3,8394e-002 kg	0,15819 kg
centroide X	-66,544 mm	-66,532 mm	-66,543 mm	-66,487 mm
centroide Y	25.587 mm	25,584 mm	25,552 mm	25.705 mm
Z centroide	-1,9796 mm	-71,704 mm	-31,579 mm	13.196 mm
Momento de Inercia Ip1	0,31875 kg · mm ²	0,32134 kg · mm ²	14.515 kg · mm ²	42,754 kg · mm ²
Momento de Inercia Ip2	0,31984 kg · mm ²	0,32243 kg · mm ²	14.515 kg · mm ²	43,009 kg · mm ²
Momento de Inercia Ip3	0,54855 kg · mm ²	0,55172 kg · mm ²	0,42944 kg · mm ²	70,011 kg · mm ²
Estadística				
Los nodos	1585915	1578837	698059	889838
Elementos	1039731	1035204	447427	584871
Métricas de malla	Calidad elemento			
min	0,094367198212645	0,104713601627265	0,208548829080307	0,147367652368084
Max	0,999991481297343	0,999975082742562	0,999997207549761	0,999976193628346
Promedio	0,79185279956256	0,792448567268929	0,787285296710586	0,770799242089731
Desviación estándar	0,109304714385397	0,108988400778095	0,111069951793387	0,1153899983811

Tabla 61 resultado del cálculo de ensamblaje conjunto 1.

Nombre del objeto	Rodamiento 630ZZ-1
Estado	mallada
Propiedades gráficas	

Visible	Sí
Definición	
suprimido	No
Asignación	Acero estructural
Sistema coordinado	Sistema de coordenadas predeterminado
Cuadro delimitador	
longitud X	30,672 mm
Longitud Y	30.676 mm
longitud Z	10, mm
propiedades	
Volumen	5287,6 mm ³
Masa	4,1508e-002 kg
centroide X	-66,544 mm
centroide Y	25.553 mm
Z centroide	5,0094 mm
Momento de Inercia Ip1	3,3623 kg · mm ²
Momento de Inercia Ip2	205,77 kg · mm ²
Momento de Inercia Ip3	225,66 kg · mm ²
Estadística	
Los nodos	423518
Elementos	268878
Métricas de malla	Calidad elemento
min	0,121072670488931
Max	0,999998381024049
Promedio	0,801839063694105
Desviación estándar	0,112347629605228

Tabla 62 resultado analizado de los rodamientos.

Nombre del objeto	<i>MatrizC1 [7]</i>	<i>MatrizC1 [6]</i>	<i>MatrizC1 [5]</i>
Estado	mallada		
Propiedades gráficas			
Visible	Sí		
Transparencia	1		
Definición			
suprimido	No		
Comportamiento rigidez	Flexible		
Sistema coordinado	Sistema de coordenadas predeterminado		
Temperatura de referencia	por el Medio Ambiente		
Material			
Asignación	Acero estructural		
Efectos no lineales	Sí		
Efectos fatiga térmica	Sí		

Cuadro delimitador			
longitud X	4,0899 mm	4,09 mm	4,0899 mm
Longitud Y	4,0898 mm	4,0894 mm	4,0898 mm
longitud Z	4, mm		
propiedades			
Volumen	33,51 mm ³		
Masa	2,6306e-004 kg		
centroide X	-72,159 mm	-66,276 mm	-60,465 mm
centroide Y	15.292 mm	13,86 mm	15,56 mm
Z centroide	5,0093 mm		
Momento de Inercia Ip1	4,1957e-004 kg · mm ²		
Momento de Inercia Ip2	4,1957e-004 kg · mm ²		
Momento de Inercia Ip3	4,1941e-004 kg · mm ²		
Estadística			
Los nodos	1195	1230	1288
Elementos	679	702	740
Métricas de malla	Calidad elemento		
min	0,4299947838867	0,466234125840561	0,471891170087355
Max	0,999858736218112	0,999857499505254	0,999871973079226
Promedio	0,82570111850615	0,835744142691752	0,827227907641933
Desviación estándar	0,115032322301844	0,102845764824296	0,107648283129061

Tabla 63 solución de mallado y promedio.

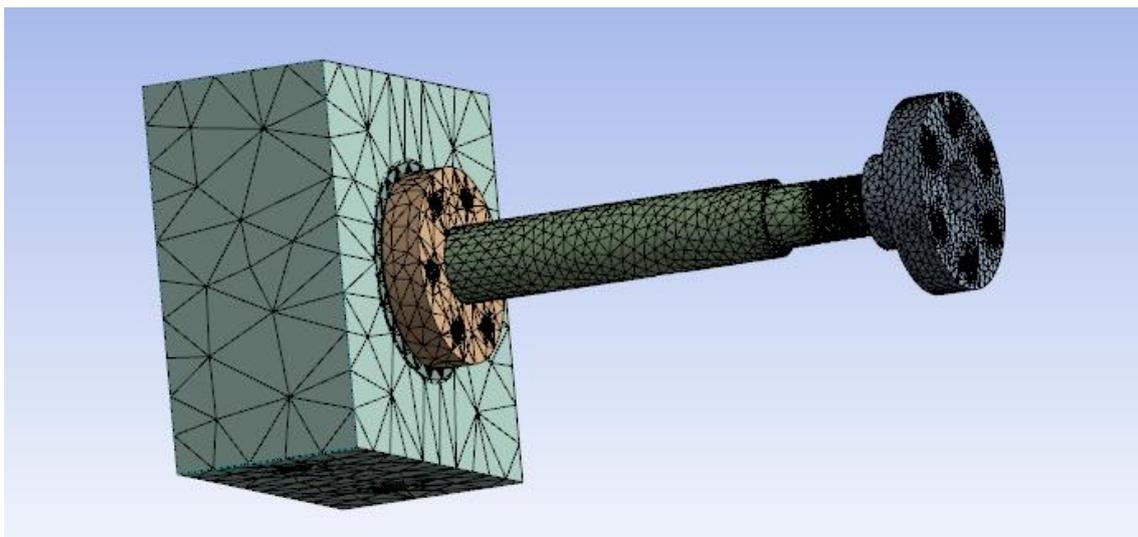


Ilustración 69 mallado de alta calidad de procesamiento y promedio de los elementos.

Nombre del objeto	<i>Malla</i>
Estado	resuelto
Monitor	

Estilo de visualización	Color del cuerpo
predeterminados	
Preferencia Física	Mecánico
Pertinencia	0
Dimensionamiento	
Utilice la función Tamaño avanzada	proximidad y la curvatura
relevancia Centro	Grueso
Tamaño inicial de la semilla	Asamblea activa
alisando	Medio
Transición	Rápido
Centro de ángulo Span	Grueso
Ángulo de curvatura normal	Predeterminado (70,3950 °)
Las células Núm Across Gap	Predeterminado (3)
Fuentes de función de proximidad Tamaño	Las caras y aristas
Tamaño min	Predeterminado (6,7493e-002 mm)
Tamaño mínimo de proximidad	Predeterminado (6,7493e-002 mm)
Tamaño máximo de la cara	Predeterminado (6,74930 mm)
Tamaño máximo	Predeterminado (13,4990 mm)
Tasa de crecimiento	Por defecto (1850)
Longitud mínima de borde	0,10750 mm
Inflación	
Utilice el inflado automático	Ninguna
Opciones Disconformes parche	
Triángulo de superficie Mesher	programa controlado
Parche Opciones independientes	
Comprobación topología	No
Avanzado	
Número de CPU para engranar parte paralela	programa controlado
Comprobación forma	mecánica estándar
Los nodos de elementos Midside	programa controlado
Elementos de lados rectos	No
Número de reintentos	0
Los reintentos adicionales para la Asamblea	Sí
Comportamiento cuerpo rígido	dimensionalmente reducido
malla Morphing	Discapacitado
Defeaturing	
Una pizca de tolerancia	Predeterminado (6,0743e-002 mm)
Generar pellizco en Actualizar	No
Based Defeaturing automática de malla	En
Tolerancia Defeaturing	Predeterminado (3,3746e-002 mm)
Estadística	
Los nodos	5176167
Elementos	3376111
Métricas de malla	Calidad elemento

Tabla 64 análisis de resultado por proximidad de curvatura.

Nombre del objeto	Fuerza	Soporte fijo	Soporte fijo 2
Estado	Completamente definido		
Ámbito de aplicación			
Método de evaluación	Selección de la geometría		
Geometría	1 cara		
Definición			
Tipo	Fuerza	Soporte fijo	
Definir por	Componentes		
Sistema de coordenadas	Sistema de coordenadas global		
X componente	0, N (rampa)		
Componente Y	-100, N (rampa)		
Componente Z	0, N (rampa)		
Suprimió	No		

Tabla 65 introduciendo una carga de 100 n en eje y.

Ahora se introduce una fuerza en el eje Y de -100 N y nos muestra su deformación.

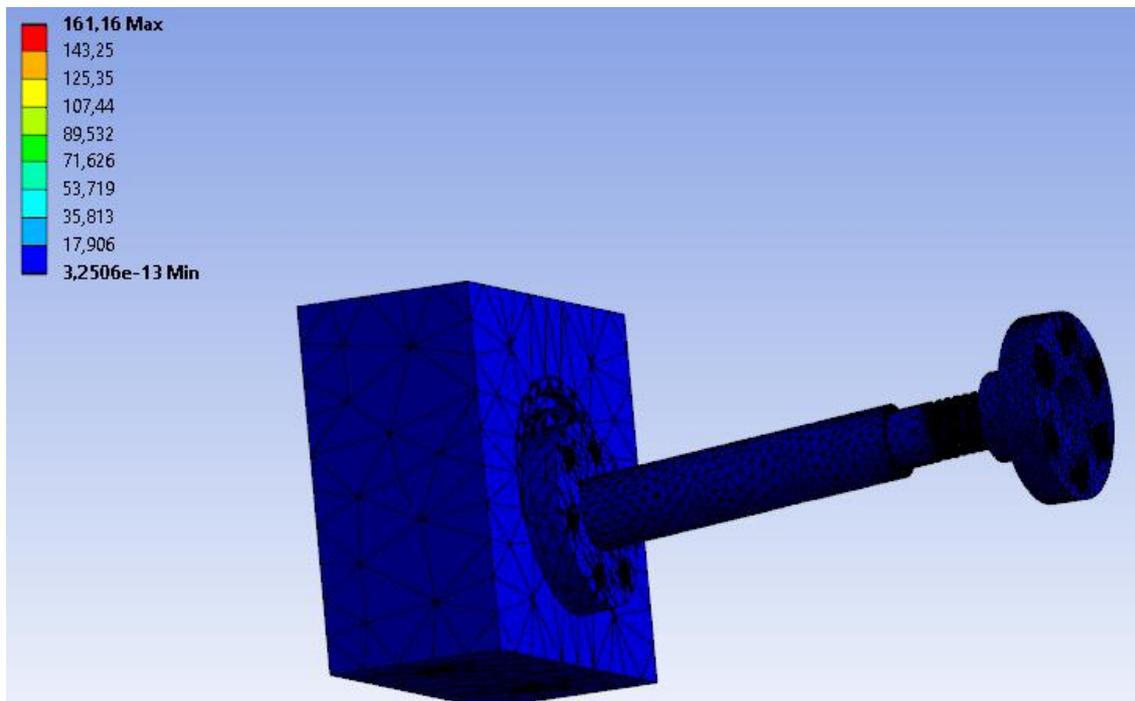
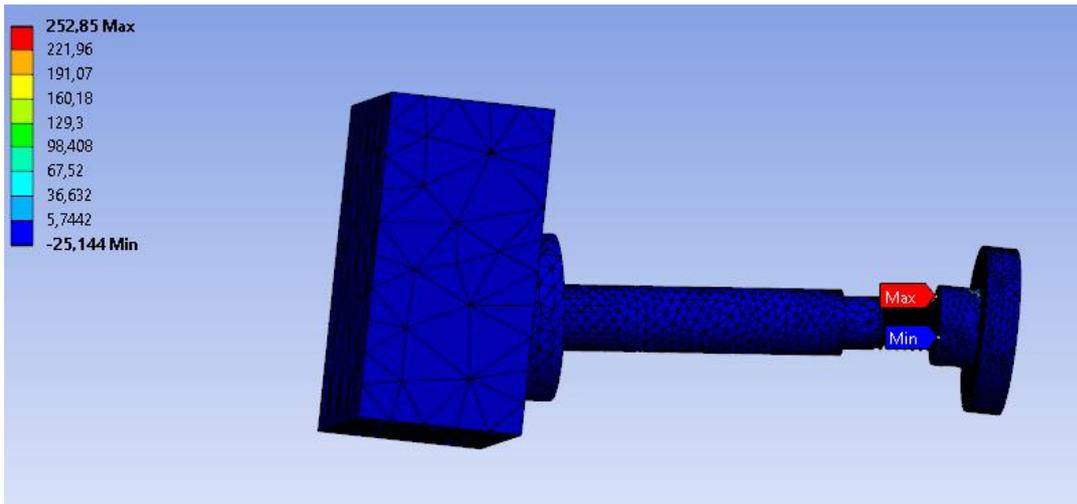


Ilustración 70 al aplicar una carga en vertical eje y vemos cual sería el desplazamiento.

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	3, 2506e-013	161,16

Tabla 66 solución de la tensión equivalente.



Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	-25,144	252,85

Tabla 67 solución a la tensión máxima principal.

Ilustración 71 la tensión máxima y mínima principal .

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	-36,628	115,28

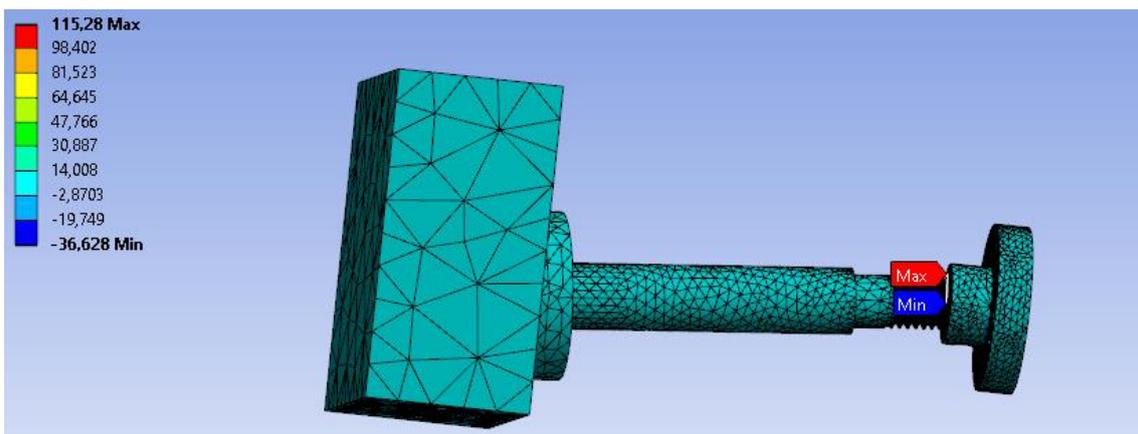


Ilustración 72 tensión normal máxima y mínima producida y desplazamientos.

Tabla 68 solución a la tensión normal del conjunto 1.

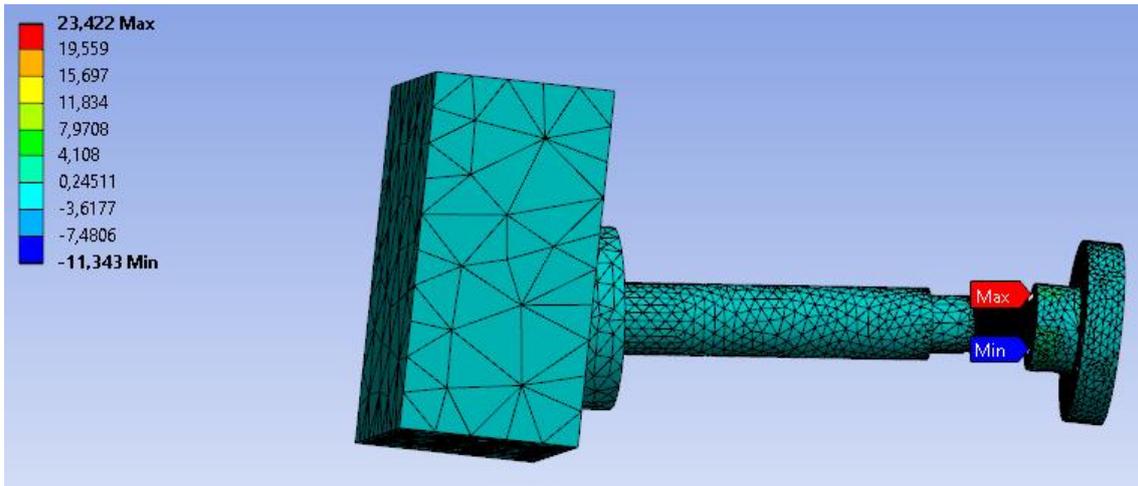


Ilustración 73 tensión de cortadura máxima y mínima del conjunto1.

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	-11,343	23.422

Tabla 69 solución de la tensión de cortadura del conjunto 1.

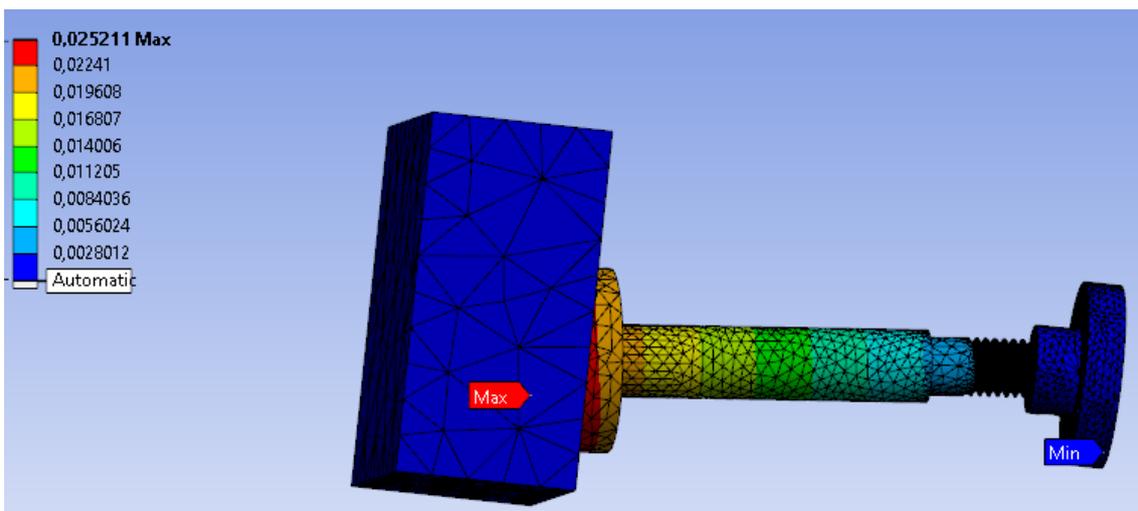


Ilustración 74 total deformación del conjunto1 máximo y mínimo producidos.

Tiempo [s]	Mínimo [mm]	Máximo [mm]
1,	0,	2,5211e-002

Tabla 70 solución de cálculo de total deformación del conjunto1.

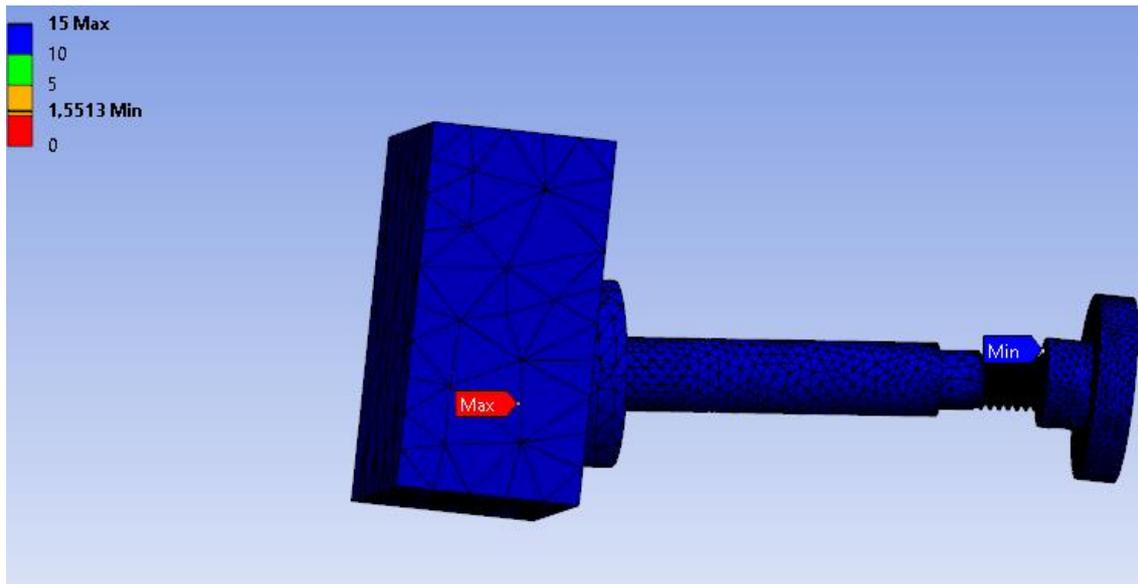


Ilustración 75 podemos ver el resultado del factor de seguridad es superior a 1.

Tiempo [s]	Mínimo	Máximo
1,	1,5513	15,

Tabla 71 solución del factor de seguridad mínimo del conjunto1.

5.4.7- Cálculo de ensamblaje conjunto 2 mallado y post-procesamiento.

Pre-procesamiento.

En este conjunto introducimos una carga de 500 N y realizamos un análisis de mallado sin calidad en elemento.

Nombre del objeto	Ensamblaje_R_E_R2-1@rodamiento 630ZZ-1
Estado	Meshed
Propiedades de gráficos	
Visible	Sí
Definición	
Suprimió	No
Asignación	Acero estructural
Sistema de coordenadas	Sistema de coordenadas por defecto
Cuadro delimitador	
Longitud X	16.899 mm
Longitud Y	mm 37.877
Longitud Z	36.634 mm

Propiedades	
Volumen	5287,6 mm ³
Masa	4, kg 1508e-002
Centroide X	-2,7024 mm
Centroide Y	-128,54 mm
Z del centroide	-53,959 mm
Momento de inercia Ip1	kg·mm ² 5,1117
Momento de inercia Ip2	kg·mm ² 2,8916
Momento de inercia Ip3	kg·mm ² 2,8915
Estadísticas	
Nodos de	9454
Elementos	4793
Métricas de malla	Ninguno

Tabla 72 resultado de momentos y mallado del conjunto2.

Nombre del objeto	Fuerza	Fuerza 2
Estado	Completamente definido	
Ámbito de aplicación		
Método de evaluación	Selección de la geometría	
Geometría	1 cara	
Definición		
Tipo	Fuerza	
Definir por	Vector de	
Magnitud	500, N (rampa)	
Dirección	Define	
Suprimió	No	

Tabla 73 introducción de cargas en el conjunto2.

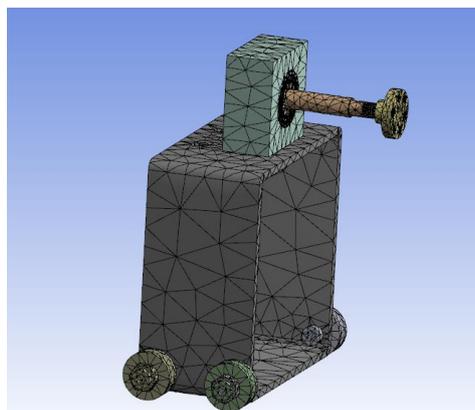
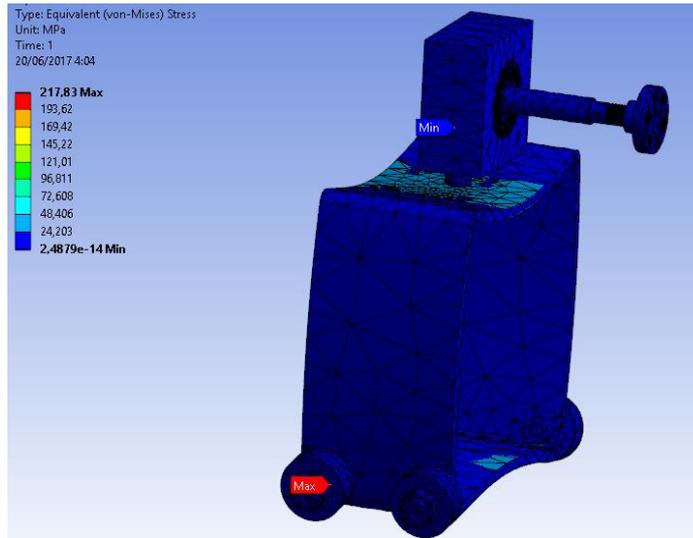


Ilustración 76 conjunto2 para aplicar una carga sobre el eje y de 500 N y ver cómo reacciona.

Nombre del objeto	<i>Tensión equivalente</i>	<i>Tensión normal</i>	<i>Tensión de esquileo</i>	<i>Deformación direccional</i>
Estado	Solucionado			
Ámbito de aplicación				
Método de evaluación	Selección de la geometría			
Geometría	Todos los cuerpos			
Definición				
Tipo	Tensión equivalente (von Mises)	Tensión normal	Tensión de esquileo	Deformación direccional
Por	Tiempo			
Calcular tiempo historia	Sí			
Orientación		Eje x	Plano XY	Eje x
Sistema de coordenadas	Sistema de coordenadas global			
Resultados de punto de integración				
Opción de visualización	Un promedio de			
Resultados				
Mínimo	2, 4879e-014 MPa	-MPa 111,86	-MPa 70.929	-3, 4469e-002 mm
Máximo	217,83 MPa	80.335 MPa	89.584 MPa	2, 3596e-002 mm
Mínimo se produce en	cabeza tapa screw_iso-1	tornillo hexagonal gradec_iso-1	tornillo hexagonal gradec_iso-4	1 Carro1
Máximo se produce en	tornillo hexagonal gradec_iso-4	1 Carro1	tornillo hexagonal gradec_iso-1	1 Carro1
Información				
Tiempo	1, s			
Fase de carga	1			

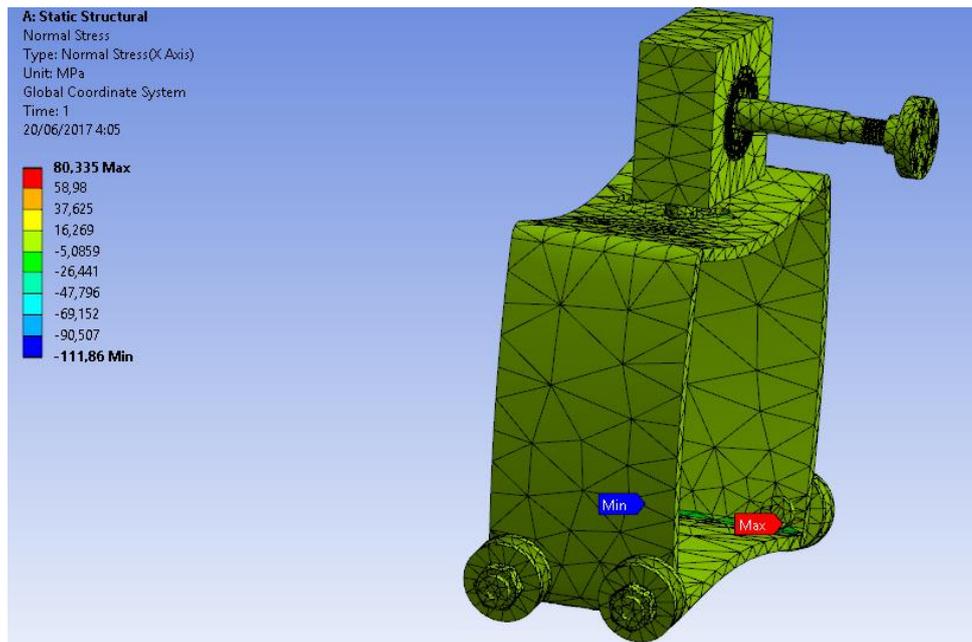
Tabla 74 solución total de las tensiones y deformaciones carro.



Il·lustració 77 resultat del càlcul de la tensió de von mises.

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	2, 4879e-014	217,83

Tabla 75 resultado de la tensión de von mises conjunto2.



Il·lustració 78 càlcul de la tensió normal màxima y mínima.

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	-111,86	80.335

Tabla 76 resultado de la tensión normal del conjunto 2.

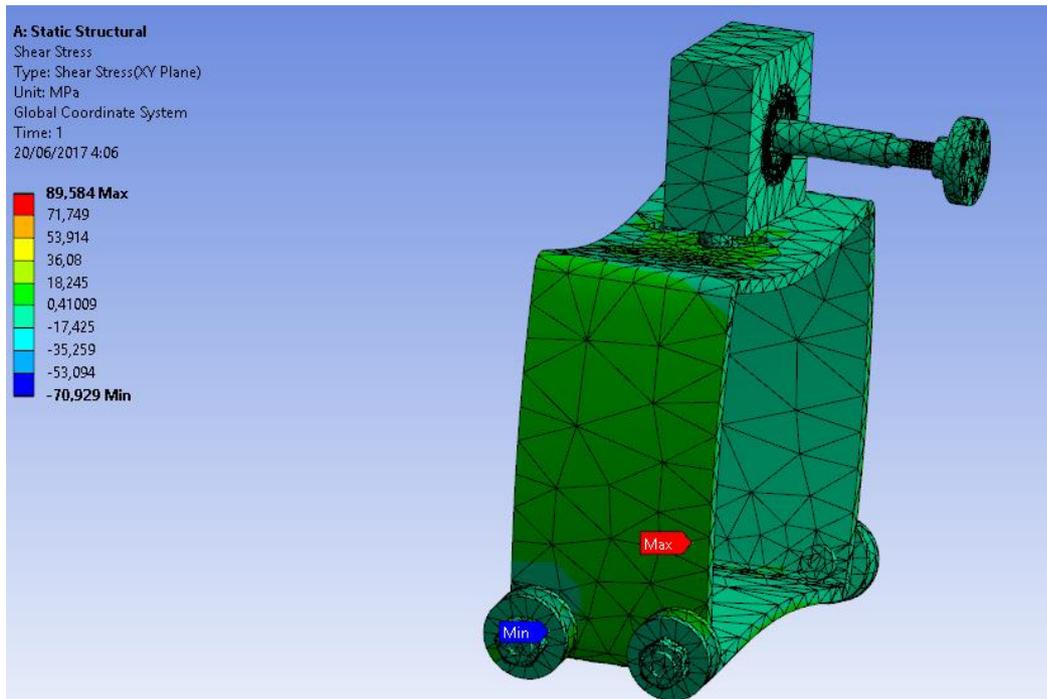


Ilustración 79 resultado del cálculo de la tensión de cortadura máxima y mínima.

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	-70,929	89.584

Tabla 77 resultado de la tensión de cortadura del conjunto 2.

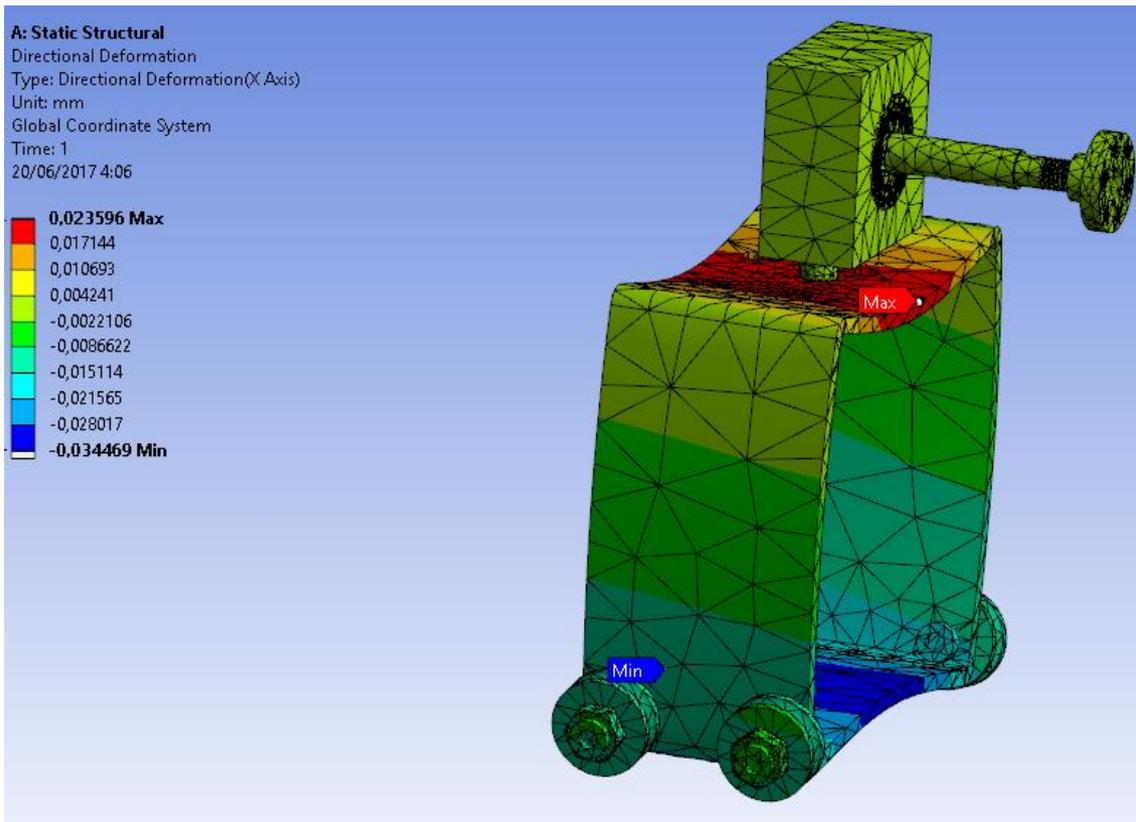


Ilustración 80 cálculo de la dirección de la deformación.

Tiempo [s]	Mínimo [mm]	Máximo [mm]
1,	-3, 4469e-002	2, 3596e-002

Tabla 78 resultado de la dirección de deformación

Nombre del objeto	<i>Factor de seguridad</i>
Estado	Solucionado
Ámbito de aplicación	
Método de evaluación	Selección de la geometría
Geometría	Todos los cuerpos
Definición	
Tipo	Factor de seguridad
Por	Tiempo
Tiempo de visualización	Pasado
Calcular tiempo historia	Sí
Identificador de	

Suprimió	No
Resultados de punto de integración	
Opción de visualización	Un promedio de
Verage en cuerpos	No
Resultados	
Mínimo	1,1477
Mínimo se produce en	tornillo hexagonal gradec_iso-4
Información	
Tiempo	1, s
Fase de carga	1
Puede	1
Número de iteración	1

Tabla 79 solución y factor de seguridad mínimo donde se produce

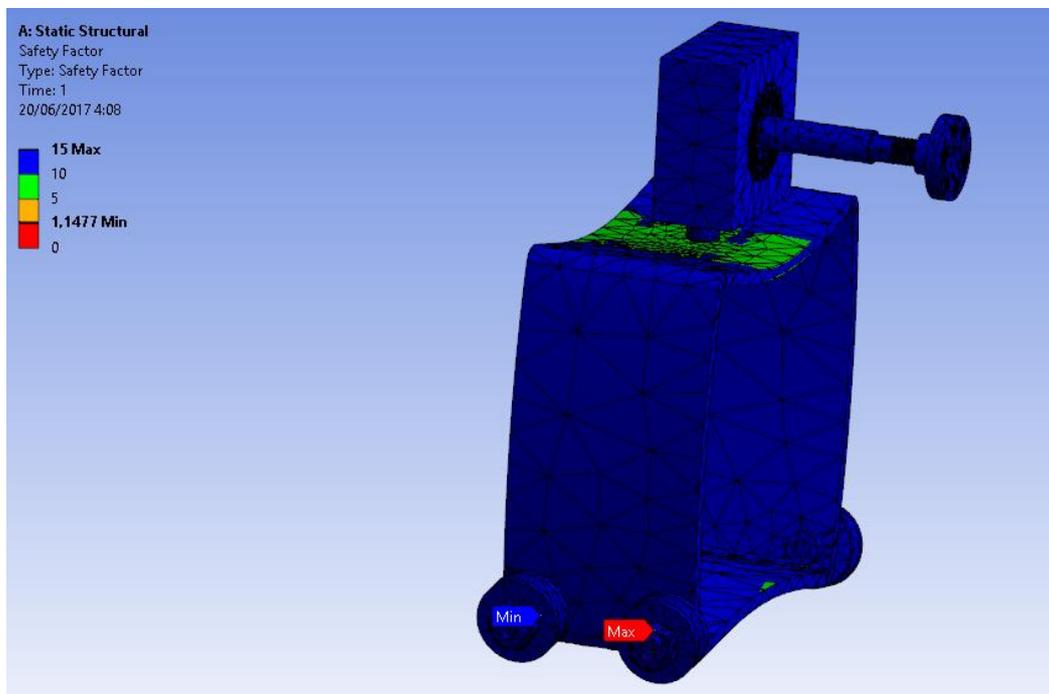


Ilustración 81 factor de seguridad obtenido en el cálculo superior a 1.

Tiempo [s]	Mínimo	Máximo
1,	1,1477	15,

Tabla 80 factor de seguridad mínimo del conjunto 2

5.4.8- Cálculo de ensamblaje conjunto 3 mallado y post-procesamiento.

Analizamos mallado de la pieza con
 ensamblaje, métricas de malla proximidad
 curvatura.
 cargas, momentos y temperatura 250°C.
 Resistencia potencia 1500 wattios.
 Error térmico de 90°C.

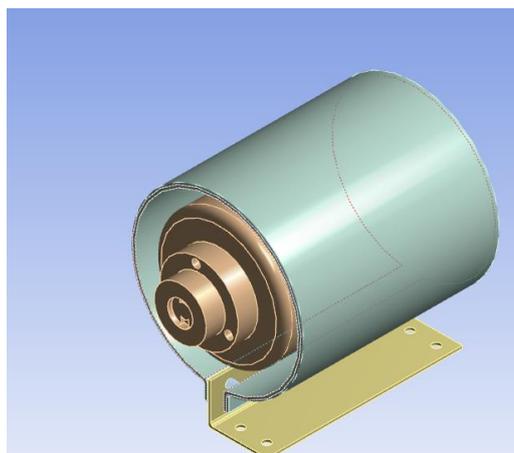


Ilustración 82 se calcula el análisis de mallado y de temperatura.

Nombre del objeto	Ensamblaje2 A-R- 1@tambor .2A- 1@tapa-1	Ensamblaje2 A-R- 1@tambor .2A- 1@tambor -1	Ensamblaje2 A-R- 1@resistencia-1	cabeza tapa screw_ iso-6	cabeza tapa screw_ iso-7	SOPORTE_RESISTENCIA-1	cabeza tapa screw_ iso-5
Estado	Meshed						
Propiedades de gráficos							
Visible	Sí						
Transparencia	1						
Definición							
Suprimió	No						
Comportamiento de rigidez	Flexible						
Efectos de la tensión térmica	Sí						
Cuadro delimitador							
Longitud X	152,12 mm	119,87 mm	131,36 mm	26, mm		45, mm	26, mm
Longitud Y	152,12 mm	119,87 mm	142,27 mm	10.031 mm	10, mm	32, mm	10, mm
Longitud Z	38, 5 mm	179,5 mm	151,13 mm	10.031 mm	10, mm	150, mm	10, mm
Propiedades							
Volumen	1, 365e + 005 mm ³	1, 222e + 005 mm ³	1, 8135e + 005 mm ³	891,84 mm ³		22121 mm ³	891,84 mm ³
Masa	1,0715 kg	0,95928 kg	1,4236 kg	7, 001e-003 kg		0,17365 kg	7, 001e-003 kg

Centroide X	0,13369 mm	0,13995 mm	0,11434 mm	5,9951 mm	-5,837 mm	6,7579 mm	-5,837 mm
Centroide Y	234,33 mm	234,31 mm	232,65 mm	163,46 mm		147,83 mm	163,46 mm
Z del centroide	-5,41 m	134,92 mm	75.738 mm	10.038 mm	136,04 mm	75.456 mm	73.038 mm
Momento de inercia Ip1	kg·mm ² 605,96	kg·mm ² 2481,5	kg·mm ² 5809,4	5, 9329e-002 kg·mm ²		kg·mm ² 329,1	5, 9329e-002 kg·mm ²
Momento de inercia Ip2	kg·mm ² 606,04	kg·mm ² 1029,8	5624, kg·mm ²	kg·mm ² 0,44193		kg·mm ² 364,54	kg·mm ² 0,44193
Momento de inercia Ip3	kg·mm ² 1009,3	kg·mm ² 2483,6	kg·mm ² 5982,5	kg·mm ² 0,44193		52.639 kg·mm ²	kg·mm ² 0,44193
Estadísticas							
Nodos de	10542	33107	37722	10827		4101	10827
Elementos	5994	16785	18769	5755		1850	5755

Tabla 81 resultado de momentos y mallado.

Estadísticas mejoradas

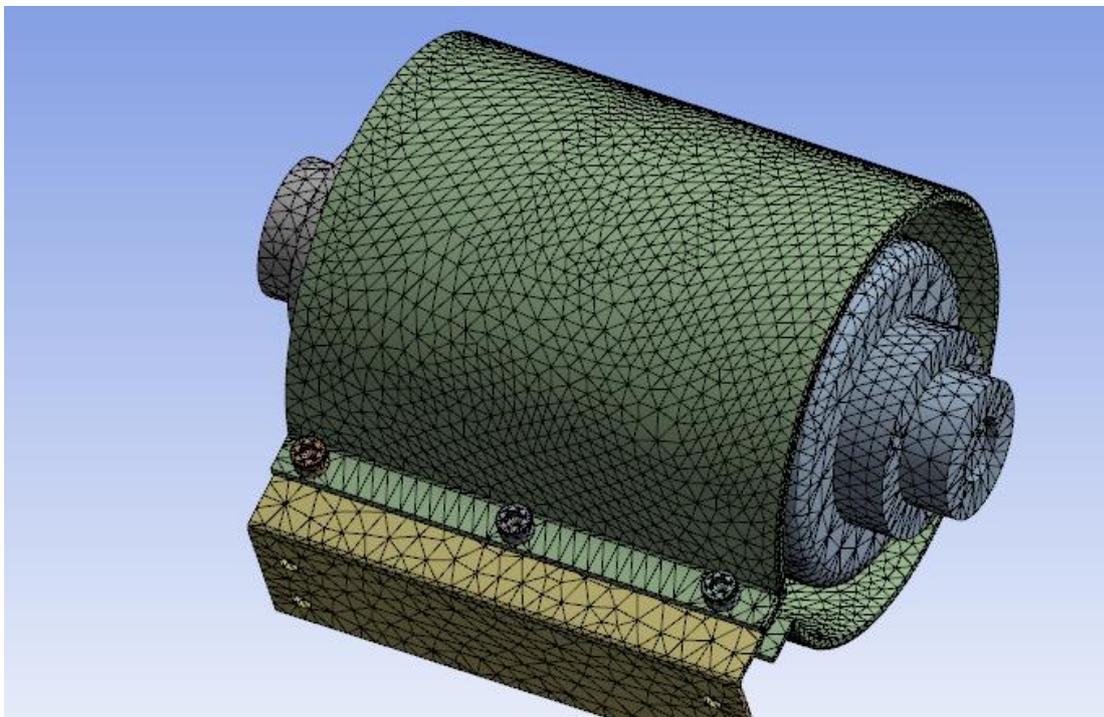


Ilustración 83 análisis y resultado en tabla del mallado normal del conjunto 3

Nodos	222811	126805	0	1882228	896808	222811
Elementos	141698	84113	0	1218900	596239	141698
Malla Métrica	None					

Tabla 82 resultado del mallado del conjunto 3.

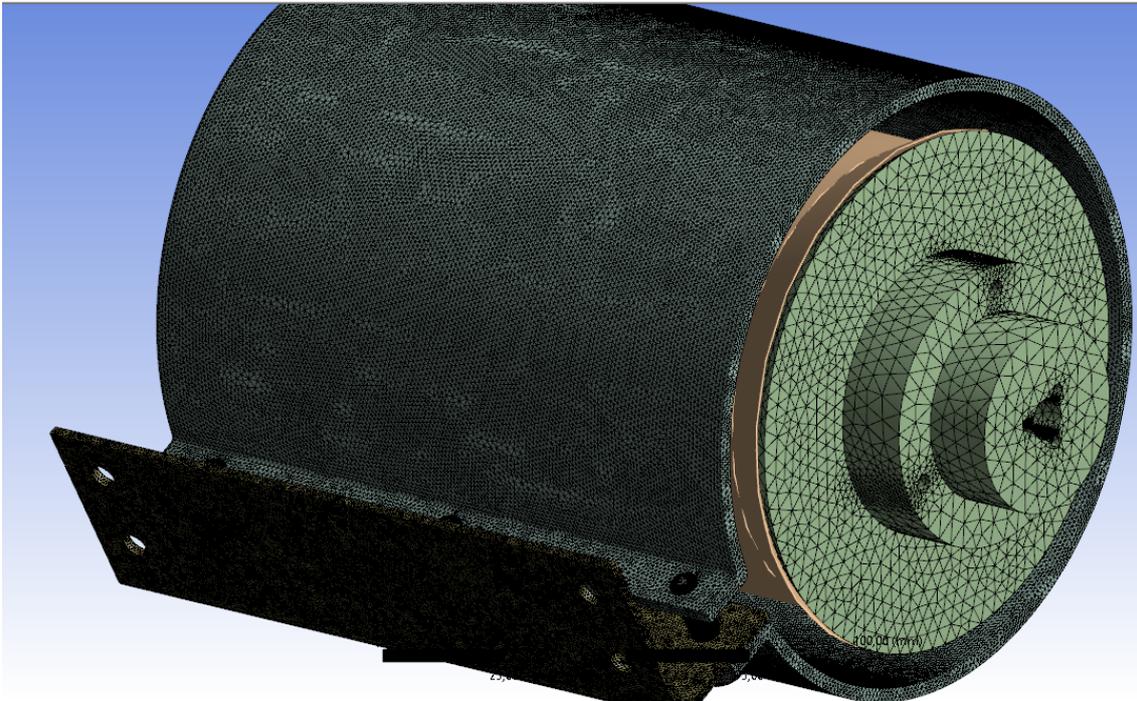


Ilustración 84 análisis del conjunto 3 realizado un mallado fino con proximidad de curvatura.

Estadísticas	
Nodos	3574274
Elementos	2324346

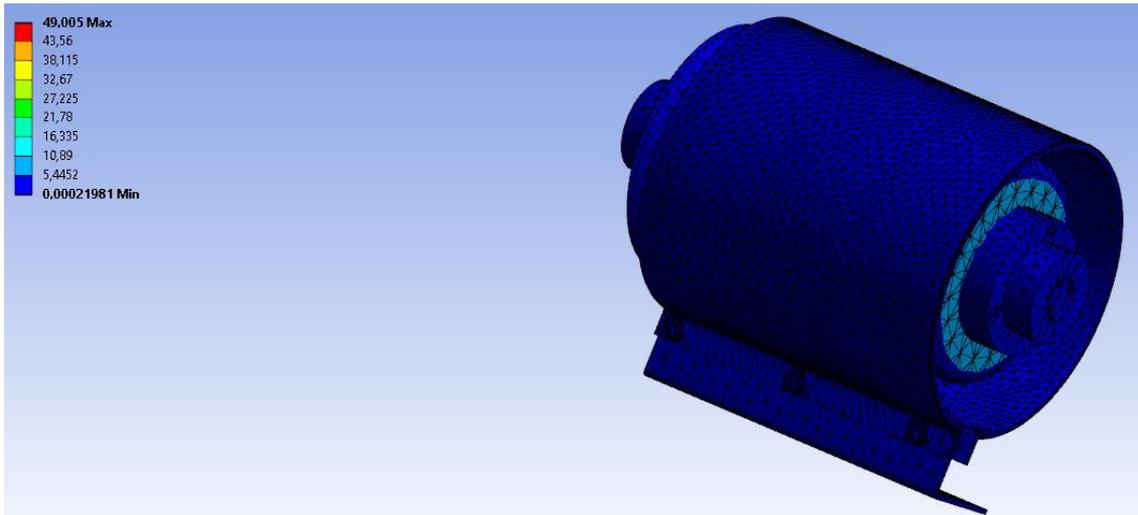
Tabla 83 resultado del mallado fino.

Nombre del objeto	<i>Fuerza</i>	<i>Fuerza 2</i>
Estado	Completamente definido	
Ámbito de aplicación		
Método de evaluación	Selección de la geometría	
Geometría	1 cara	
Definición		
Tipo	Fuerza	
Definir por	Vector de	
Magnitud	1000, N (rampa)	
Dirección	Define	
Suprimió	No	

Tabla 84 introducción de cargas en el conjunto 3.

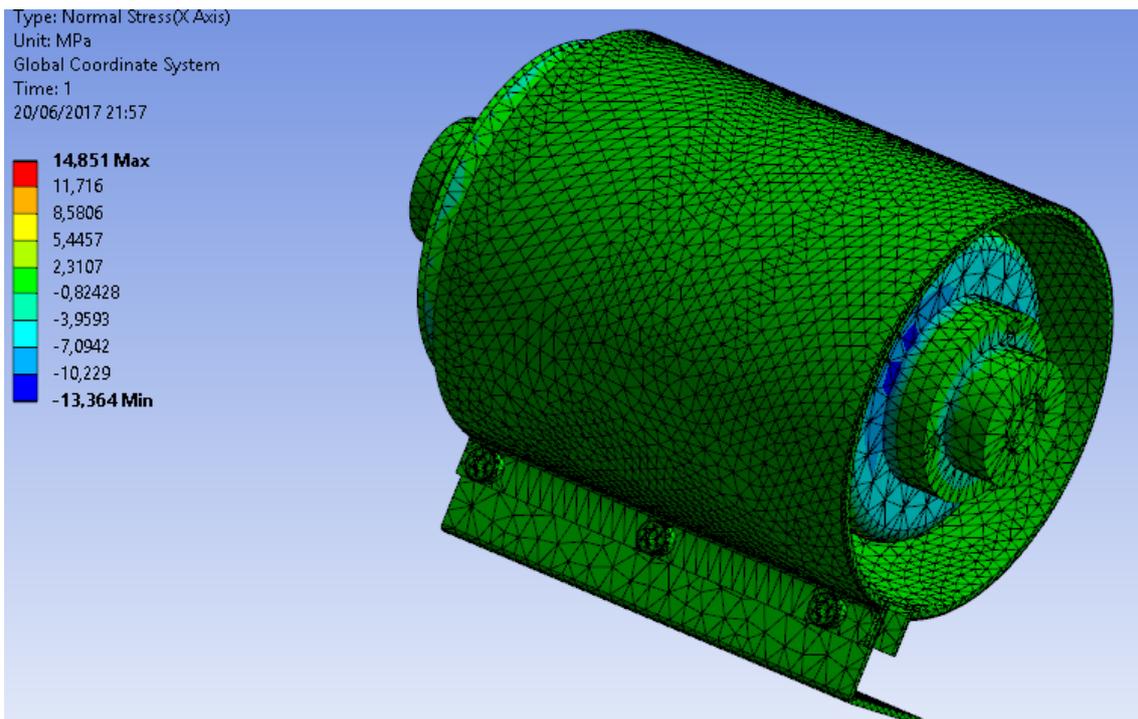
Nombre del objeto	<i>Tensión equivalente</i>	<i>Tensión normal</i>
Estado	Solucionado	
Ámbito de aplicación		
Método de evaluación	Selección de la geometría	
Geometría	Todos los cuerpos	
Definición		
Tipo	Tensión equivalente (von Mises)	Tensión normal
Orientación		Eje x
Sistema de coordenadas		Sistema de coordenadas global
Resultados de punto de integración		
Opción de visualización	Un promedio de	
Promedio a través de organismos	No	
Resultados		
Mínimo	2,004 1981e MPa	-MPa 13.364
Máximo	49.005 MPa	14.851 MPa
Mínimo se produce en	Ensamblaje2A-R-1@resistencia-1	cabeza tapa screw_iso-6
Máximo se produce en	cabeza tapa screw_iso-6	
Información		
Tiempo	1, s	
Fase de carga	1	

Tabla 85 resultado de las tensiones.



Il·lustració 85 anàlisi de les tensions del conjunt 3.

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	2, 1981e-004	49.005



Il·lustració 86 anàlisi de la tensió normal del conjunt 3.

Tiempo [s]	Mínima [MPa]	Máxima [MPa]
1,	-13,364	14.851

Tabla 86 solución de la tensión normal.

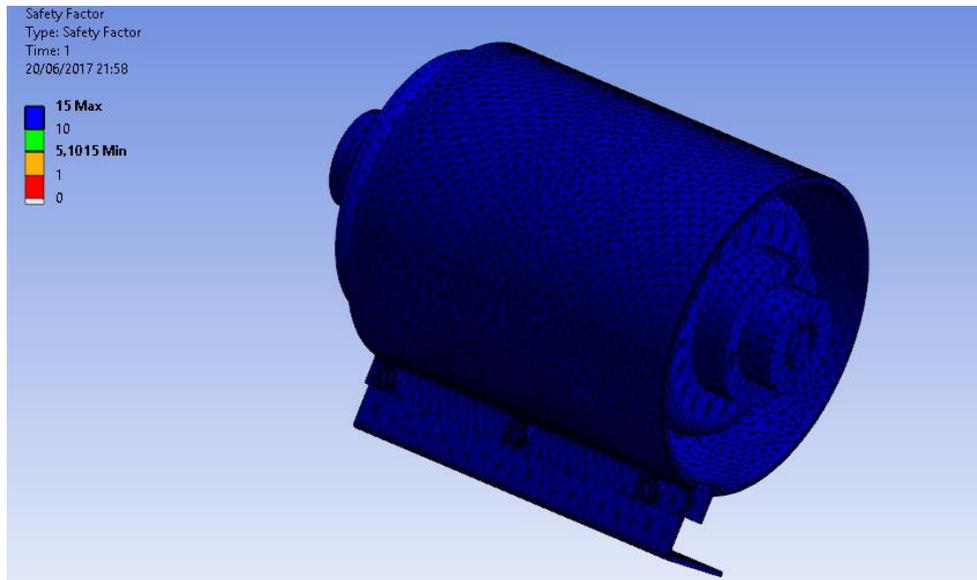


Ilustración 87 análisis del factor de seguridad obtenido en el conjunto 3.

Tiempo [s]	Mínimo	Máximo
1,	5,1015	15,

Tabla 87 solución al factor de seguridad obtenido.

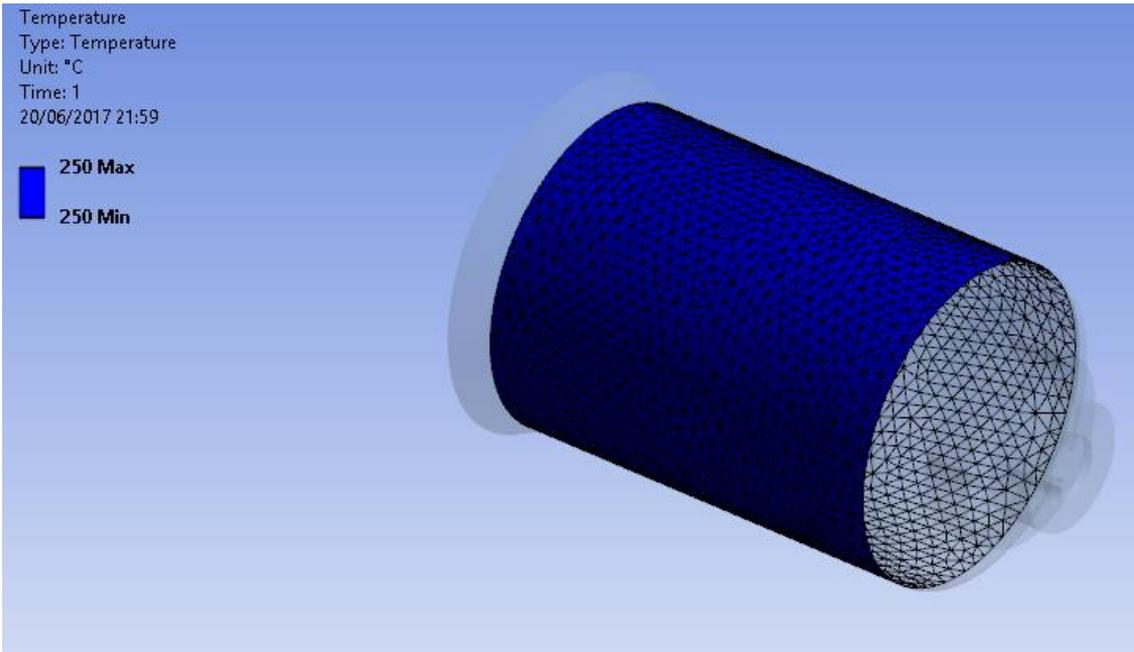


Ilustración 88 temperatura de trabajo en la resistencia para el análisis.

Nombre del objeto	<i>Esfuerzo máximo Principal</i>
Estado	Solucionado
Ámbito de aplicación	
Método de evaluación	Selección de la geometría
Geometría	Todos los cuerpos
Definición	
Tipo	Esfuerzo máximo Principal
Por	Tiempo
Tiempo de visualización	Pasado
Calcular tiempo historia	Sí
Identificador de	
Suprimió	No
Resultados de punto de integración	
Opción de visualización	Un promedio de
Promedio a través de organismos	No
Resultados	
Mínimo	-5,6666 MPa
Máximo	42.467 MPa
Mínimo se produce en	Ensamblaje2A-R-1@tambor.2A-1@tambor-1
Máximo se produce en	cabeza tapa screw_iso-6
Información	
Tiempo	1, s
Fase de carga	1

Tabla 88 solución del esfuerzo máximo principal.

Nombre del objeto	<i>Temperatura inicial</i>
Estado	Completamente definido
Definición	
Temperatura inicial	Temperatura uniforme
Valor de la temperatura inicial	250, ° C

Tabla 89 introducción de temperatura .

Nombre del objeto	<i>Temperatura</i>	<i>Flujo de calor</i>
Estado	Completamente definido	
Ámbito de aplicación		
Método de evaluación	Selección de la geometría	
Geometría	3 caras	
Definición		
Tipo	Temperatura	Flujo de calor
Magnitud	250, ° C (rampa)	-1500, W (rampa)

Tabla 90 introducción de potencia de la resistencia.

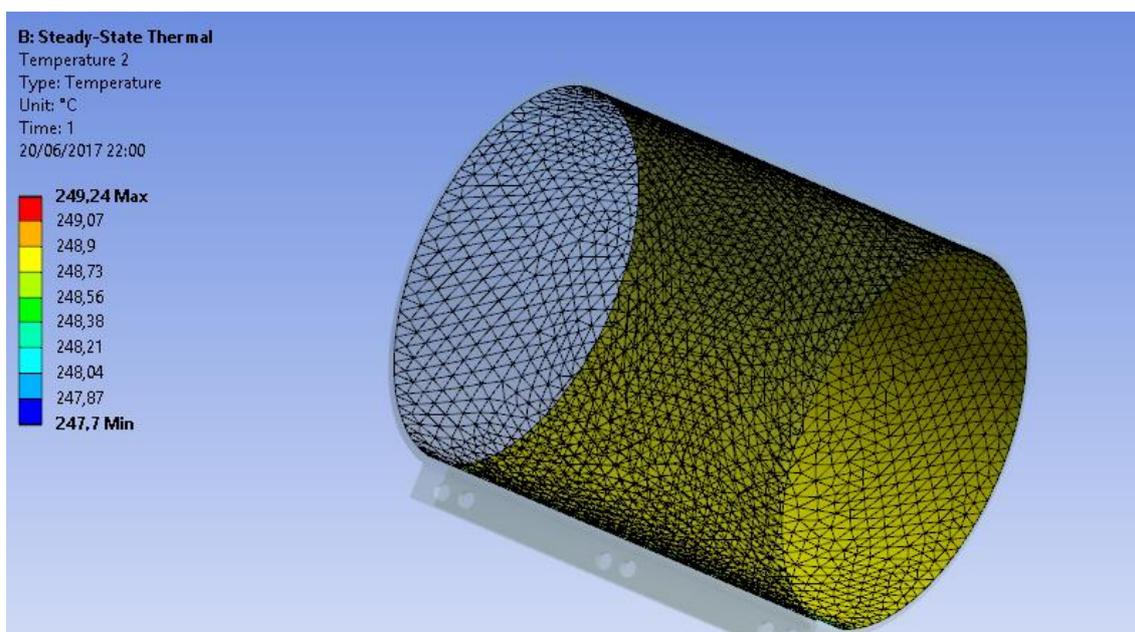


Ilustración 89 temperatura de trabajo y posible variación.

Tiempo [s]	Mínima [° C]	Máxima [° C]
1,	247,7	249,24

Tabla 91 condición de temperatura de trabajo.

Tiempo [s]	Mínimo [W/mm²]	Máximo [W/mm²]
------------	----------------	----------------

1,	1, 0528e-016	0,11323
----	--------------	---------

Tabla 92 resultado del flujo de calor total.

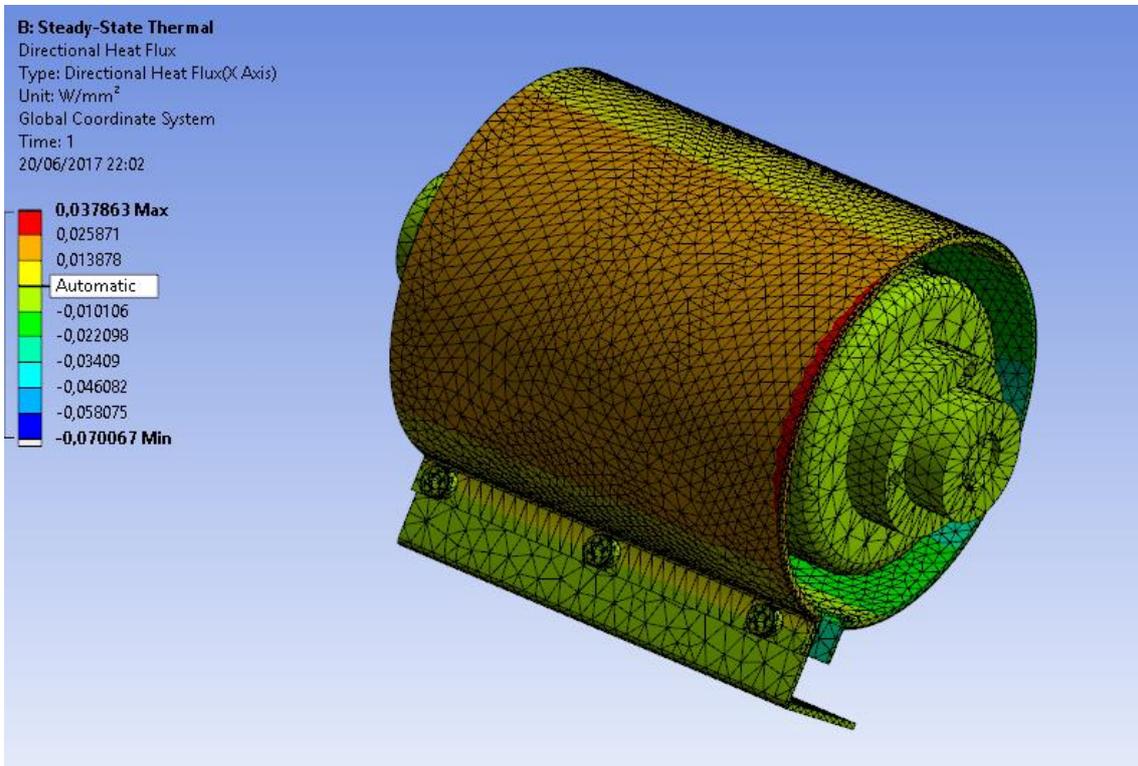
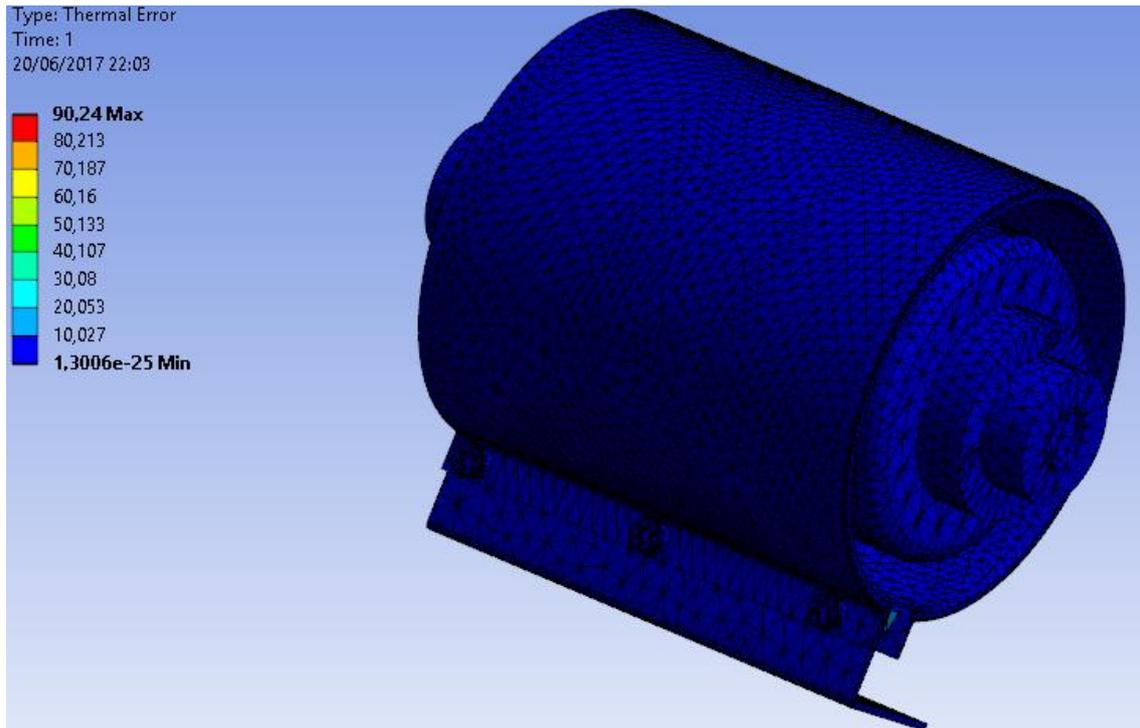


Ilustración 90 dirección del flujo de calor del conjunto 3.

Tiempo [s]	Mínimo [W/mm ²]	Máximo [W/mm ²]
1,	-7, 0067e-002	3, 7863e-002

Tabla 93 resultado del flujo de calor direccional.



Il·lustració 91 pedida de transmissió de calor temperatura de 90,24º.

Tiempo [s]	Mínimo	Máximo
1,	1, 3006e-025	90,24

Tabla 94 resultado de las pérdidas de temperatura.

5.4.9-Otros cálculos realizados.

Cálculo de los rodamientos en el kissSoft introducimos una carga radial de 300 N y tipo de rodamiento 6001-ZZ.

Datos básicos

Datos de servicio

Velocidad n 1/min

Fuerza axial F_a N

Número de cojinetes n_b

Duración de vida exigida N_L h

Datos de cojinetes

Forma constructiva 

Díametro mm

Denominación SKF 6001-2Z (d=12mm, D=28mm, B=8mm)

Tipo de cojinete Cojinete fijo colocado a la derecha ->

Fuerza radial N

Fuerza axial N

Datos adicionales

Duración de vida modificada

Considerar los espectros de carga

Holgura del cojinete

Cono/Inclinado/Huella

Resultados

	Cojinete 1	Cojinete 2	Cojinete 3	Cojinete 4	
Duración de vida alcanzada	1000000.00 h	1000000.00 h	1000000.00 h	1000000.00 h	h
Factor de seguridad estático S_0	8.000	8.000	8.000	8.000	
Límite de velocidad de giro	30000.0000	30000.0000	30000.0000	30000.0000	1/min

Ilustración 92 se realiza un cálculo de los rodamientos para una vida de 20000 horas añadimos fuerza radial de 300 newton y obtenemos la vida alcanzada y el factor de seguridad estático.

La rueda de un carro gira lentamente sobre un carril de acero.

Dados los siguientes datos :

- Diámetro de la rueda : 28mm
- Ancho de la rueda: 8mm
- Material de la rueda : Acero c45
- Carga radial sobre la rueda : 100N
- La velocidad de rotación es suficientemente baja como para obviar el efecto del deslizamiento.

Se desea determinar :

- Las dimensiones de la huella.
- Las tensiones desarrolladas en las bolas y pistas de rodadura.
- La profundidad donde se encuentra localizada la tensión máxima

Funciones

```
In[1]:= Clear["Global`*"]
|borra
```

Ecuación de Archad

```
In[2]:= Varchad[K_, P_, L_, H_] :=  $\frac{K P L}{3 H}$ 
```

Contacto cilíndrico

Diámetro equivalente

```
In[3]:= DQ[D1_, D2_] :=  $\frac{1}{\frac{1}{D1} + \frac{1}{D2}}$ 
```

Módulo de Young equivalente:

```
In[4]:= EQ[E1_, ν1_, E2_, ν2_] :=  $\frac{1}{\frac{1-\nu1^2}{E1} + \frac{1-\nu2^2}{E2}}$ 
```

Semihuella:

```
In[5]:= aCIL[P_, Deq_, L_, Eeq_] :=  $\sqrt{\frac{2 P Deq}{\pi L Eeq}}$ 
```

Ilustración 93 cálculos realizado en mathematica 10 .

Aproximación entre cilindros:

$$\text{In[6]: } \delta\text{CIL}[P_, L_, E1_, \nu1_, E2_, \nu2_, D1_, D2_, a_] := \frac{1}{\pi L} 2 P \left(\frac{(1 - \nu1^2) \text{Log}\left[\frac{D1}{a} + 0.407\right]}{E1} + \frac{(1 - \nu2^2) \text{Log}\left[\frac{D2}{a} + 0.407\right]}{E2} \right)$$

Presión máxima

$$\text{In[7]: } p\text{MAXCIL}[P_, a_, L_] := 2 P / (\text{Pi } a L)$$

[número pi]

Tensiones principales

$$\text{In[8]: } \sigma1\text{CIL}[p\text{max}_, \lambda_, \nu_] := -2 \nu p\text{max} \left(\sqrt{1 + \lambda^2} - \lambda \right)$$

$$\text{In[9]: } \sigma2\text{CIL}[p\text{max}_, \lambda_] := -p\text{max} \left(\left(2 - \frac{1}{1 + \lambda^2} \right) \sqrt{1 + \lambda^2} - 2 \lambda \right)$$

$$\text{In[10]: } \sigma3\text{CIL}[p\text{max}_, \lambda_] := -\frac{p\text{max}}{\sqrt{1 + \lambda^2}}$$

Tensión equivalente de Von Mises

$$\text{In[11]: } \text{VM}[s1_, s2_, s3_] := \sqrt{\frac{1}{2} \left((s1 - s2)^2 + (s1 - s3)^2 + (s2 - s3)^2 \right)}$$

$$\text{In[12]: } \text{VM}[sx_, sy_, sz_, sxy_, sxz_, syz_] := \sqrt{\frac{1}{2} \left((sx - sy)^2 + (sx - sz)^2 + (sy - sz)^2 + 6 (sxy^2 + sxz^2 + syz^2) \right)}$$

Datos

In[13]: **D1 = 28**

Out[13]: 28

In[14]: **D2 = Infinity;**
[infinito]

In[15]: **L = 8 (*mm*);**

In[16]: **E1 = E2 = 2 × 10⁵ (*MPa*);**

Out[16]: 200000

In[17]: **\nu1 = \nu2 = 0.3**

Ilustración 94 introducimos las imágenes de los datos realizado en wolfram Mathematic.

In[18]:= P = 1000 (*N*)

Out[18]= 1000

In[19]:= Sh = 650 (*MPa*) (*dato sacado de la grafica*)

Out[19]= 650

Cálculos

El diametro minimo (en mm)

Determinación del ancho de la huella

In[20]:= Deq = DQ[D1, D2] // N
|v|

Out[20]= 28 .

In[21]:= Eeq = EQ[E1, v1, E2, v2]

Out[21]= 109890 .

In[22]:= a = aCIL[P, Deq, L, Eeq]

Out[22]= 0.142395

In[23]:= h = 2 a

Out[23]= 0.28479

Determinación de la tensión equivalente máxima

In[24]:= pmax = pMAXCIL[P, a, L]

Out[24]= 558.85

In[25]:= σ1 = σ1CIL[pmax, λ, v1]

Out[25]= $-335.31 \left(-\lambda + \sqrt{1 + \lambda^2} \right)$

In[26]:= σ2 = σ2CIL[pmax, λ]

Out[26]= $-558.85 \left(-2 \lambda + \sqrt{1 + \lambda^2} \left(2 - \frac{1}{1 + \lambda^2} \right) \right)$

In[27]:= σ3 = σ3CIL[pmax, λ]

Ilustración 95 resultados obtenidos de la tensión máxima que soporta.

In[27]:= $\sigma_3 = \sigma_{3CIL}[pmax, \lambda]$

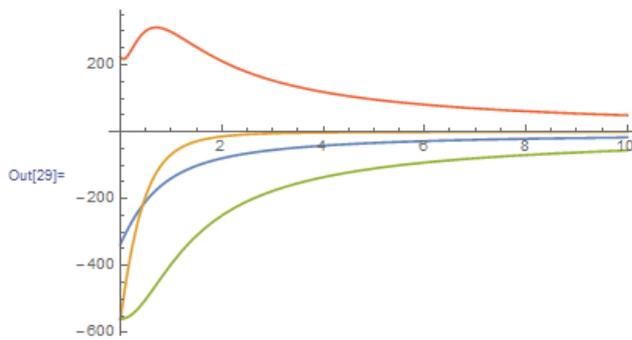
$$\text{Out[27]} = -\frac{558.85}{\sqrt{1+\lambda^2}}$$

In[28]:= $\sigma_{eq} = VM[\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3]$

$$\text{Out[28]} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\sqrt{\left(\left(\frac{558.85}{\sqrt{1+\lambda^2}} - 335.31 \left(-\lambda + \sqrt{1+\lambda^2} \right) \right)^2 + \left(\frac{558.85}{\sqrt{1+\lambda^2}} - 558.85 \left(-2\lambda + \sqrt{1+\lambda^2} \left(2 - \frac{1}{1+\lambda^2} \right) \right) \right)^2 \right)} + \left(-335.31 \left(-\lambda + \sqrt{1+\lambda^2} \right) + 558.85 \left(-2\lambda + \sqrt{1+\lambda^2} \left(2 - \frac{1}{1+\lambda^2} \right) \right) \right)^2 \right)$$

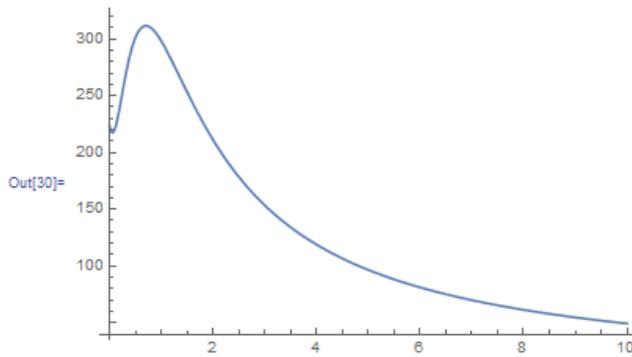
In[29]:= $\text{Plot}\{\{\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_{eq}\}, \{\lambda, 0, 10\}\}$

[representación gráfica]



In[30]:= $\text{Plot}[\sigma_{eq}, \{\lambda, 0, 10\}]$

[representación gráfica]



In[31]:= $\text{NMaximize}\{\{\sigma_{eq}, \lambda < 10 \ \&\& \ \lambda > 0\}, \lambda\}$

```
Out[31]= {311.568, {λ → 0.704292}}
```

```
In[32]= λ = λ /. %[[2]]
```

```
Out[32]= 0.704292
```

```
In[33]= n = Sh / σeq
```

```
Out[33]= 2.08622
```

VEMOS QUE CUMPLE CON LA RESISTENCIA A FATIGA con 28, ya que nuestro valor n >= 1

```
In[34]= z = λ a (*profundidad de huella*)
```

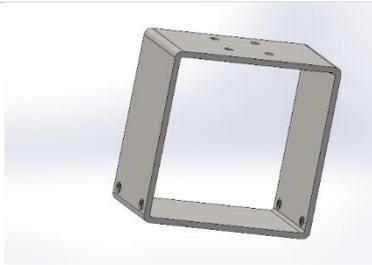
```
Out[34]= 0.100288
```

Ilustración 96 resultado del cálculo de la huella 0.70 y coeficiente seguridad marcado.

6.0- Estudio económico y presupuesto.

En este apartado vamos a introducir el estudio económico realizado de las piezas para evaluar nuestro coste de producción de las piezas más importantes.

En el presupuesto se añaden las piezas restantes o compradas.



Nombre del modelo: CarroAR

Fecha y hora del informe: 17/05/2017 21:05:44

Método de fabricación: Mecanizado

Material:	Acero al carbono no aleado
Peso del material:	14.86 lb
Tipo de material:	Bloque
Tamaño de bloque:	4.73x4.72x2.36 pulg
Coste/peso del material:	4.41 EUR/KG
Tarifa de taller:	N/A

Cantidad para producir

N.º total de piezas:	2
Tamaño del lote:	2

Coste estimado por pieza: **29.60 EUR**

Plantilla utilizada:	
Modo de Costing utilizado:	Reconocimiento de proceso de fabricación
Comparación:	108% 

Desglose de costes

Material:	20.96 EUR	71%
Fabricación:	8.64 EUR	29%
Marca:	0.00 USD	0%

Tiempo estimado por
pieza:

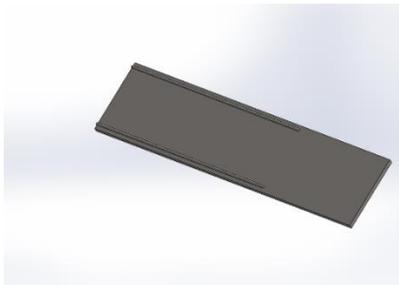
00:17:17

Configuraciones:

00:16:48

Operaciones:

00:00:29



Nombre del modelo:

Base

Fecha y hora del informe:

18/05/2017 12:28:24

Peso total:

2.41 kg

Peso total del material:

2.42 kg

Cantidad para producir

N.º total de piezas:

1

Tamaño del lote:

1

Coste estimado por pieza:

44.14 EUR

Plantilla de Costing principal:

multibodytemplate_default(metric).sld ctc

Comparación:



REBAJADO

Desglose de costes

Personalizado:

0.00 EUR

0%

Material:

0.54 EUR

1%

Fabricación:

39.67 EUR

90%

Molde:

0.00 EUR

0%

Desglose de los costes de fabricación

Configuraciones de operación	Tiempo (hh:mm:ss)	Coste (EUR / Pieza)
Operación de configuración 1	00:00:36	0.30
Operación de configuración 2	00:00:36	0.30
Operación de configuración 3	00:00:36	0.30
Total	00:01:47	0.90

Configuraciones de carga y descarga	Tiempo (hh:mm:ss)	Coste (EUR / Pieza)
Operación de configuración 1	00:05:00	2.50
Operación de configuración 2	00:05:00	2.50
Operación de configuración 3	00:05:00	2.50
Total	00:15:00	7.50

Operación	Acabado superficial	Volumen eliminado (pulg^3)	Tiempo (hh:mm:ss)	Coste (EUR / Pieza)	Mecanizado	Coste por volumen (EUR)
Volumen 1	Desbaste	0.01	00:00:01	0.00	Fresa plana	N/A
Volumen 2	Desbaste	0.02	00:00:00	0.00	Fresa plana	N/A
Volumen 3	Desbaste	0.02	00:00:00	0.00	Fresa plana	N/A
Volumen 4	Desbaste	0.02	00:00:00	0.00	Fresa plana	N/A
Volumen 5	Desbaste	0.02	00:00:00	0.00	Fresa plana	N/A
Total		0.09	00:00:02	0.02		

JUAN JOSE CAPELO TOMAS

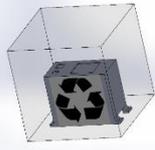
128



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Operación de taladro	Acabado superficial	Volumen eliminado (pulg ³)	Tiempo (hh:mm:ss)	Coste (EUR / Pieza)	Mecanizado	Coste por volumen (EUR)
Taladro 1	Taladrado	0.01	00:00:05	0.05	Broca de acero rápido	N/A
Taladro 2	Taladrado	0.01	00:00:05	0.04	Broca de acero rápido	N/A
Taladro 3	Taladrado	0.01	00:00:05	0.04	Broca de acero rápido	N/A
Taladro 4	Taladrado	0.01	00:00:05	0.04	Broca de acero rápido	N/A
Taladro 5	Taladrado	0.01	00:00:05	0.04	Broca de acero rápido	N/A
Total		0.04	00:00:26	0.22		



Nombre del modelo: Cuadro mandos

Fecha y hora del informe: 17/06/2017 20:54:24

Método de fabricación: Impresión 3D

Material:	White
Peso del material:	0.10 kg
Coste de material estructural:	10.00 EUR
Espesor de pared:	2.00 mm
Coste/peso del material:	48.00 EUR/kg
Tarifa de taller:	N/A

Cantidad para producir

N.º total de piezas:	1
Tamaño del lote:	1

Coste estimado por pieza: 46.15 EUR

Plantilla utilizada:	
Modo de Costing utilizado:	Reconocimiento de proceso de fabricación
Comparación:	0% 

Desglose de costes

Material:	14.91 EUR	32%
------------------	-----------	-----

Fabricación:	31.25 EUR	68%
Marca:	0.00 EUR	0%
Molde:	0.00 EUR	0%

Tiempo estimado por pieza: **00:24:55**

Configuraciones:	00:05:09
Operaciones:	00:19:46

Operación aditiva	Tiempo (hh:mm:ss)	Coste de fabricación (EUR/ Pieza)	Coste de molde (USD / Pieza)
Impresión 3D Coste	10:19:46	30.99	30.99 N/A



Nombre del modelo: Eje_Tapa

Fecha y hora del informe: 18/05/2017 11:59:34

Método de fabricación: Mecanizado

Material: Acero al carbono no aleado

Peso del material: 0.16 kg

Tipo de material: Bloque

Tamaño de bloque: 10.00x10.00x200.00 mm

Coste/peso del material: 3.11 EUR/kg

Tarifa de taller: N/A

Cantidad para producir

N.º total de piezas: 1

Tamaño del lote: 1

Coste estimado por pieza: **13.11 EUR**

Plantilla utilizada:

Modo de Costing utilizado: Reconocimiento de proceso de fabricación

Comparación:



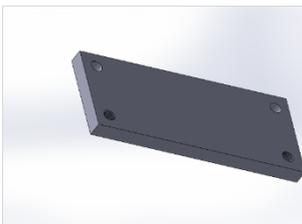
Desglose de costes

Material:	0.49 EUR	4%
-----------	----------	----

Fabricación:	12.63 EUR	96%
--------------	-----------	-----

Marca:	0.00 EUR	0%
--------	----------	----

Molde:	0.00 EUR	0%
Tiempo estimado por pieza: 01:05:15		
Configuraciones:	01:05:00	
Operaciones:	00:00:15	

	Nombre del modelo:	Pieza_Transversal
	Fecha y hora del informe:	18/06/2017 12:06:49
	Método de fabricación:	Mecanizado
	Material:	Acero al carbono no aleado
	Peso del material:	0.73 kg
	Tipo de material	Bloque
	Tamaño de bloque:	150.00x60.00x10.47 mm
	Coste/peso del material:	3.11 EUR/kg
	Tarifa de taller:	30 EUR/h
	Cantidad para producir	
N.º total de piezas:	1	
Tamaño del lote:	1	

Coste estimado por pieza: **27.70 EUR**

Plantilla utilizada: machiningtemplate_default(metric).sldctm

Modo de Costing utilizado: Reconocimiento de proceso de fabricación

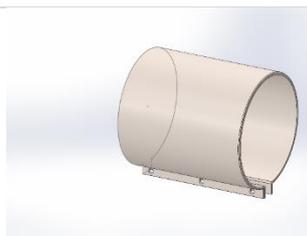
Comparación:



Desglose de costes

Material:	2.29 EUR	8%
Fabricación:	25.4 EUR	92%
Marca:	0.00 EUR	0%
Molde:	0.00 EUR	0%

Tiempo estimado por pieza: **00:10:49**



Nombre del modelo: Resistencia

Fecha y hora del informe: 18/06/2017 11:22:54

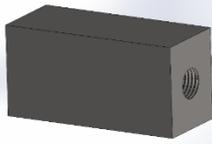
Método de fabricación: Mecanizado

Material:	Acero al carbono no aleado
Peso del material:	22.02 kg
Tipo de material	Bloque
Tamaño de bloque:	131.29x142.27x151.13 mm
Coste/peso del material:	3.11 EUR/kg

JUAN JOSE CAPELO TOMAS

134

Tarifa de taller:	N/A	
Cantidad para producir		
N.º total de piezas:	100	
Tamaño del lote:	100	
Coste estimado por pieza:	220.94 EUR	
Plantilla utilizada:	machiningtemplate_default(metric).sldctm	
Modo de Costing utilizado:	Reconocimiento de proceso de fabricación	
Comparación:		
Desglose de costes		
Material:	68.48 EUR	31%
Fabricación:	152.46 EUR	69%
Marca:	0.00 EUR	0%
Molde:	0.00 EUR	0%
Tiempo estimado por pieza:	0:48:55	
Configuraciones:	00:00:48	
Operaciones:	00:48:07	



Nombre del modelo: soporte_avance

Fecha y hora del informe: 18/05/2017 11:31:44

Método de fabricación: Mecanizado

Material: Acero al carbono no aleado
Peso del material: 0.53 kg
Tipo de material: Bloque
Tamaño de bloque: 70.00x39.00x25.00 mm
Coste/peso del material: 3.11 EUR/kg
Tarifa de taller: N/A

Cantidad para producir

N.º total de piezas: 1
Tamaño del lote: 1

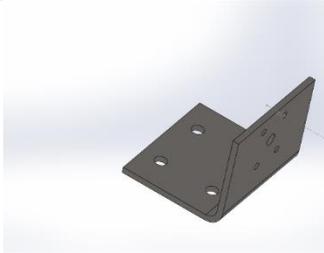
Coste estimado por pieza: 55.58 EUR

Plantilla utilizada: Machiningtemplate default(metric).sldctm
Modo de Costing utilizado: Reconocimiento de proceso de fabricación
Comparación: 

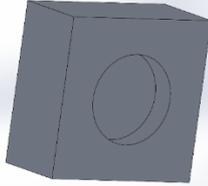
Desglose de costes

Material:	1.66 EUR	3%
Fabricación:	53.92 EUR	97%
Marca:	0.00 EUR	0%

Molde:	0.00 EUR	0%
<p>Tiempo estimado por pieza: 00:25:50</p>		
Configuraciones:	00:25:00	
Operaciones:	00:00:50	

	Nombre del modelo:	Soporte Motor	
	Fecha y hora del informe:	18/06/2017 12:24:40	
	Método de fabricación:	Mecanizado	
	Material:	Acero al carbono no aleado	
	Peso del material:	1.21 kg	
	Tipo de material	Bloque	
	Tamaño de bloque:	52.03x49.77x60.00 mm	
	Coste/peso del material:	2.11 EUR/kg	
	Tarifa de taller:	N/A	
	Cantidad para producir		
N.º total de piezas:	1		
Tamaño del lote:	1		
Coste estimado por pieza:	54.57 EUR		
Plantilla utilizada:	machiningtemplate_default(metric).sltctm		
Modo de Costing utilizado:	Reconocimiento de proceso de fabricación		
Comparación:			
Desglose de costes			
Material:	2.56 EUR	5%	
Fabricación:	52.01 EUR	95%	
Marca:	0.00 EUR	0%	

Molde:	0.00 EUR	0%
Tiempo estimado por pieza:	00:44:01	
Configuraciones:	00:15:00	
Operaciones:	00:29:01	

	Nombre del modelo:	Soporte cierre Molde
	Fecha y hora del informe:	18/06/2017 11:40:50
	Método de fabricación:	Mecanizado
Material:	Aleación 6061	
Peso del material:	0.17 kg	
Tipo de material	Bloque	
Tamaño de bloque:	50.00x50.00x25.00 mm	
Coste/peso del material:	5.10 EUR/kg	
Tarifa de taller:	N/A	
Cantidad para producir		
N.º total de piezas:	1	
Tamaño del lote:	1	

Coste estimado por pieza: **30.84 EUR**

Plantilla utilizada:	machiningtemplate_default(metric).sldctm
Modo de Costing utilizado:	Reconocimiento de proceso de fabricación
Comparación:	

Desglose de costes

Material:	0.86 EUR	3%
Fabricación:	37.70 EUR	122%
Disminución:	7.71 EUR	-25%
Molde:	0.00 EUR	0%

Tiempo estimado por pieza: **00:15:23**

Configuraciones:	00:15:00
Operaciones:	00:00:23



Nombre del ensamblaje: MOLDE_TAPA

Fecha y hora del informe: 17/04/2017 18:55:55

Peso total: 4,53

Peso total del material: 4,53

Cantidad para producir

Número total de ensamblajes: 1

Tamaño del lote: 1

Coste estimado por ensamblaje: **25.80 EUR**

Plantilla de Costing principal:

Comparación: **0%** Actual **25,80 EUR**


Desglose de costes

Piezas calculadas:	25.80 EUR	100%
Piezas adquiridas:	0.00 USD	0%
Operaciones:	10.00 EUR	0%



Nombre del modelo: EJE_TAMBOR

Fecha y hora del informe: 17/05/2017 21:29:55

Método de fabricación: Mecanizado

Material:	AISI 304
Peso del material:	0.13 lb
Tipo de material:	Bloque
Tamaño de bloque:	0.39x0.39x2.83 pulg
Coste/peso del material:	6.80 EUR
Tarifa de taller:	20.00 EUR

Cantidad para producir

N.º total de piezas:	1
Tamaño del lote:	1

Coste estimado por pieza: **44.58 EUR**

Plantilla utilizada:	
Modo de Costing utilizado:	Reconocimiento de proceso de fabricación
Comparación:	100% 

Desglose de costes

Material:	1.24 EUR	3%
Fabricación:	43.34 EUR	97%

JUAN JOSE CAPELO TOMAS

142

Tiempo estimado por
pieza:

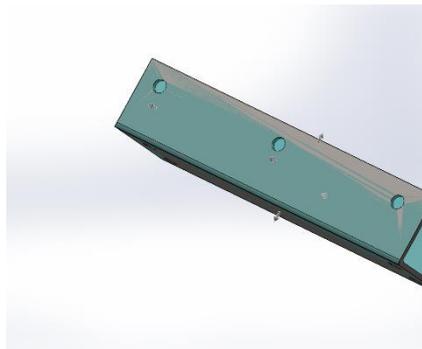
00:15:01

Configuraciones:

00:05:00

Operaciones:

00:10:01



Nombre del modelo: SOPORTE_RESISTENCIA

Fecha y hora del informe: 25/06/2017 18:03:18

Método de fabricación: Mecanizado

Material: Acero al carbono no aleado

Peso del material: 1.68 kg

Tipo de material: Bloque

Tamaño de bloque: 45.00x32.00x150.00 mm

Coste/peso del material: 3.11 EUR/kg

Tarifa de taller: N/A

Cantidad para producir

N.º total de piezas: 1

Tamaño del lote: 1

Coste estimado por pieza: **13.72 EUR**

Plantilla utilizada: machiningtemplate_default(metric).slctm

Modo de Costing utilizado: Reconocimiento de proceso de fabricación

Comparación:

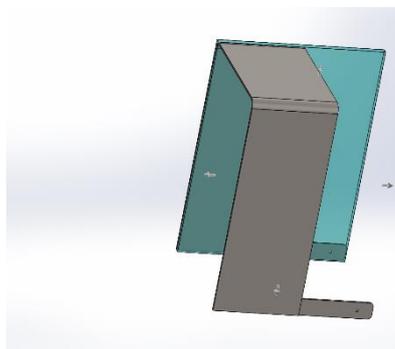


Desglose de costes

Material:	5.24 EUR	38%
Fabricación:	8.48 EUR	62%
Marca:	0.00 EUR	0%
Molde:	0.00 EUR	0%

Tiempo estimado por pieza: **00:16:57**

Configuraciones:	00:16:48
Operaciones:	00:00:09



Nombre del modelo: Protector

Fecha y hora del informe: 25/06/2017 18:20:42

Método de fabricación: Mecanizado

Material: Acero al carbono no aleado

Peso del material: 2.57 kg

Tipo de material: Chapa

Grosor de la chapa: 6.50 mm

Coste/peso del material: 3.11 EUR/kg

Tarifa de taller: N/A

Cantidad para producir

N.º total de piezas: 1

Tamaño del lote: 1

Coste estimado por pieza: **35.50 EUR**

Plantilla utilizada: machiningtemplate_default(metric).sltctm

Modo de Costing utilizado: Reconocimiento de proceso de fabricación

Comparación:



Desglose de costes

Material:	7.99 EUR	23%
Fabricación:	27.51 EUR	77%
Marca:	0.00 EUR	0%

Molde:	0.00 EUR	0%
Tiempo estimado por pieza: 00:47:54		
Configuraciones:	00:16:48	
Operaciones:	00:31:06	

Desglose de los costes de fabricación

Configuraciones de operación	Tiempo (hh:mm:ss)	Coste (EUR / Pieza)
Operación de configura 1	00:00:36	0.30
Operación de configura 2	00:00:36	0.30
Operación de configura 3	00:00:36	0.45
Total	00:01:47	1.05

Configuraciones de carga y descarga	Tiempo (hh:mm:ss)	Coste (EUR / Pieza)
Operación	00:05:00	2.50
Operación	00:05:00	2.50
Operación	00:05:00	3.75
Total	00:15:00	8.75

Operaciones de corte	Método de corte	Cantidad	Longitud de corte (mm)	Tiempo (hh:mm:ss)	Coste (EUR / Pieza)
Contorno de corte 1	Chorro hidráulico	1	905.70	00:08:36	6.45

Total		1	905.70	00:08:36	6.45
--------------	--	----------	---------------	-----------------	-------------

Operación	Acabado superficial	Volumen eliminado (mm ³)	Tiempo (hh:mm:ss)	Coste (EUR / Pieza)	Mecanizado	Coste por volumen (EUR/mm ³)
Ranura 1	Desbaste	1.14E+5	00:13:49	6.91	Fresa plana	N/A
Ranura 2	Desbaste	3778.50	00:00:47	0.40	Fresa plana	N/A
Caras	Desbaste	8.04E+6	00:07:53	3.94	Fresa de planear	N/A
Total		8.15E+6	00:22:30	11.25		

Solicitado por:	Juanjo Capelo	CP: 03430 ONIL
-----------------	---------------	----------------


PRESUPUESTO DE LAS PIEZAS

Producto	Cantidad	Descripción	Unidades	Precio / unidad	Precio
1	1	Base	1	44,14 €	44,14 €
2	2	Carro AR	2	29,60 €	59,20 €
3	1	Cuadro de Mandos	1	46,05 €	46,05 €
4	1	Eje Tapa	1	13,11 €	13,11 €
5	1	Pieza Transversal	1	27,70 €	27,70 €
6	1	Resistencia	1	220,94 €	220,94 €
7	1	Soporte avance	1	55,58 €	55,58 €
8	1	Soporte motor	1	54,57 €	54,57 €
9	1	Soporte cierre molde	1	30,84 €	30,84 €
10	1	Molde tapa	1	25,80 €	25,80 €
11	1	Eje tambor	1	44,58 €	44,58 €
12	1	Acople motor	1	65,18 €	65,18 €

JUAN JOSE CAPELO TOMAS

147

7.0- Conclusiones del TFG.

En este trabajo se han dedicado muchas horas a lo largo de un año para realizar los ensayos, a lo largo del desarrollo de este trabajo se confirma que existen limitantes con respecto a la información porque existen pocos libros especializados en el proceso de rotomoldeo, gracias a mi propia experiencia en este trabajo en el que he dedicado más de 10 años puedo defender este proyecto.

Se ha tenido información de libros como fundamentos de manufactura moderna donde podemos ver los procesos de transformación de plásticos, también he realizado búsquedas en internet para buscar piezas, precios y costes. De la información reunida se obtuvo información suficiente para la realización de una metodología que abarca todos los pasos a seguir para el diseño de piezas de nuestro proyecto de Rotomoldeo.

La máquina se ha realizado para cubrir ensayos de todo tipo de plásticos, consta de un molde central que se puede extraer fácilmente aflojando un tornillo y podemos enfriar rápido (bajo agua) o lentamente al aire como todo proyecto necesita una adaptación o posible mejora.

Se ha mejorado los problemas de transmisión de calor al no estar en contacto la resistencia con el molde, añadiendo una caperuza o tapa que retiene la circulación de aire entre paredes.

Se ha aprendido lo importante que es el diseño de una pieza y cómo se comporta ante los ensayos realizados de ensamblajes y posibles piezas en este fantástico software como ANSYS por elementos finitos (FEA).

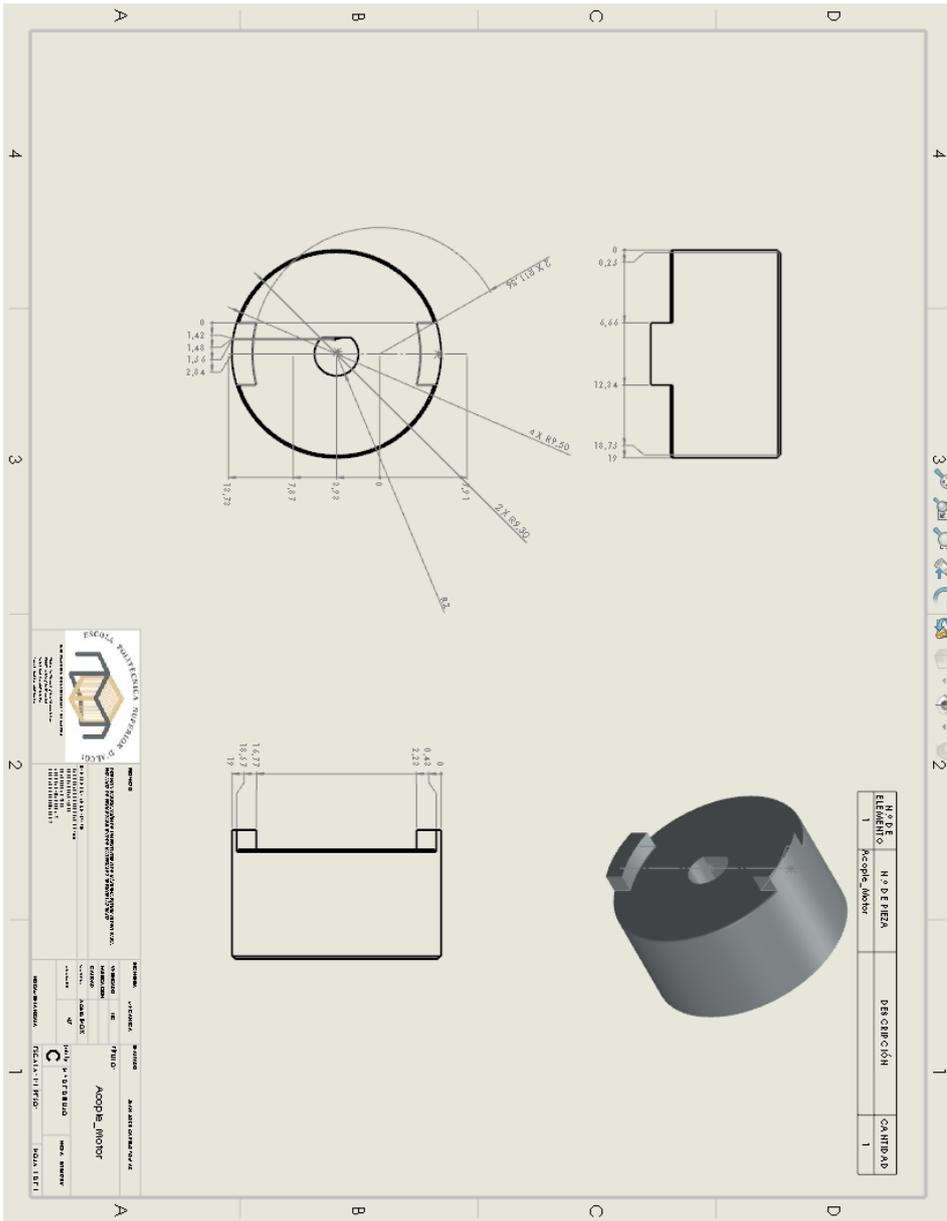
También aprendemos a mejorar el discretizado o mallado de piezas, análisis de convergencia, cálculo de esfuerzos, elementos tetraedros y hexaedros.

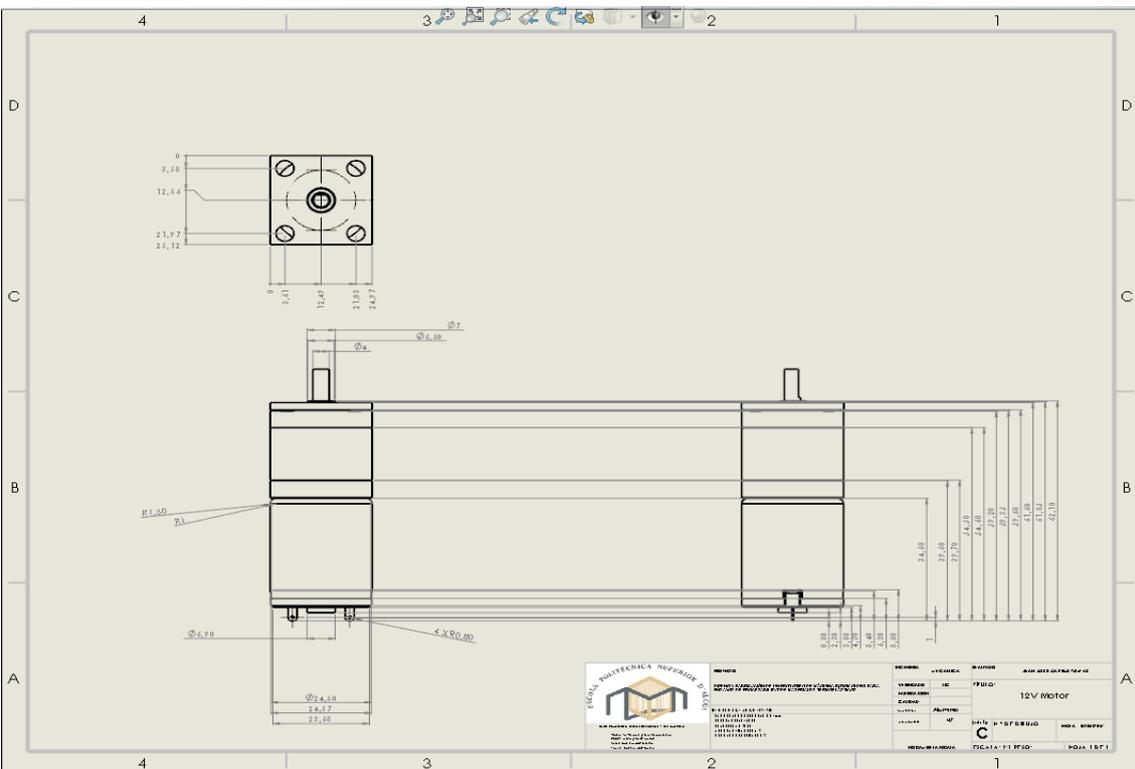
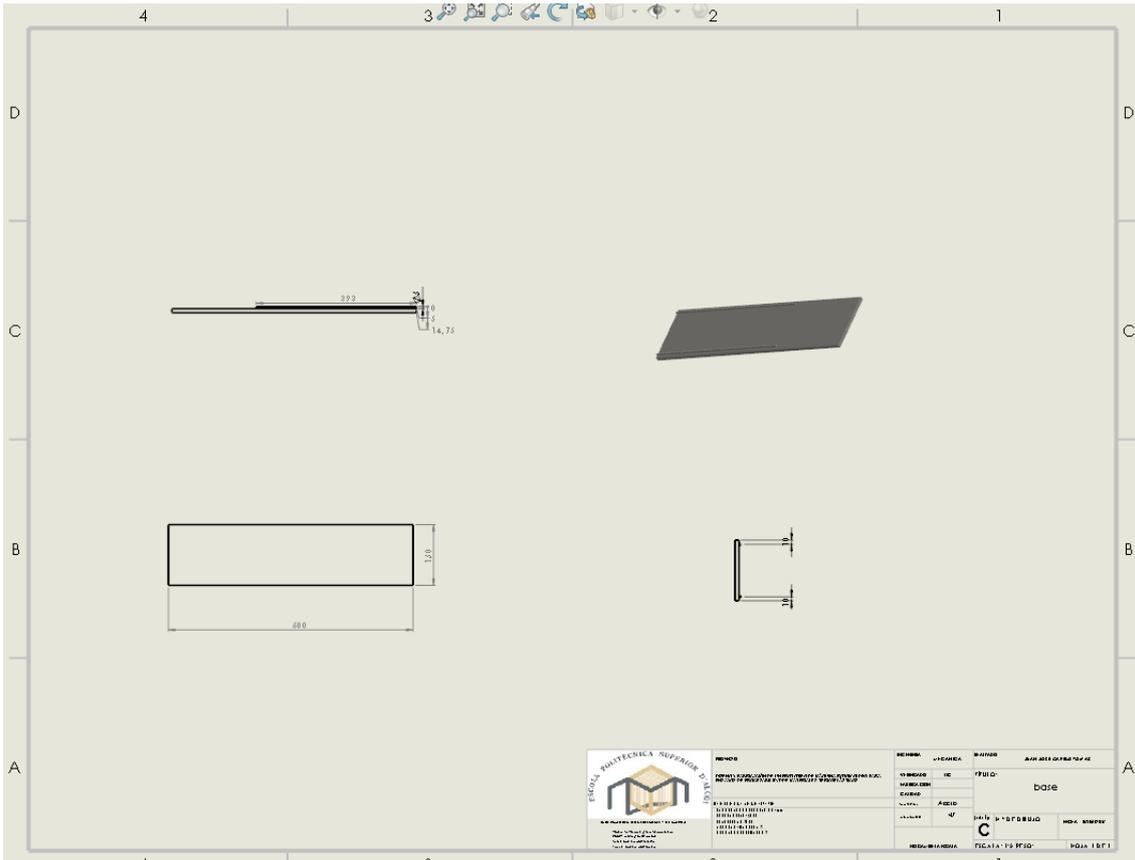
También se ha aprendido a realizar mezclas con plastisol en el laboratorio para la fabricación de nuestra pieza. El control del espesor de pared en objetos rotomoldeados es mejor que el obtenido en piezas procesadas por soplado o termoformado.

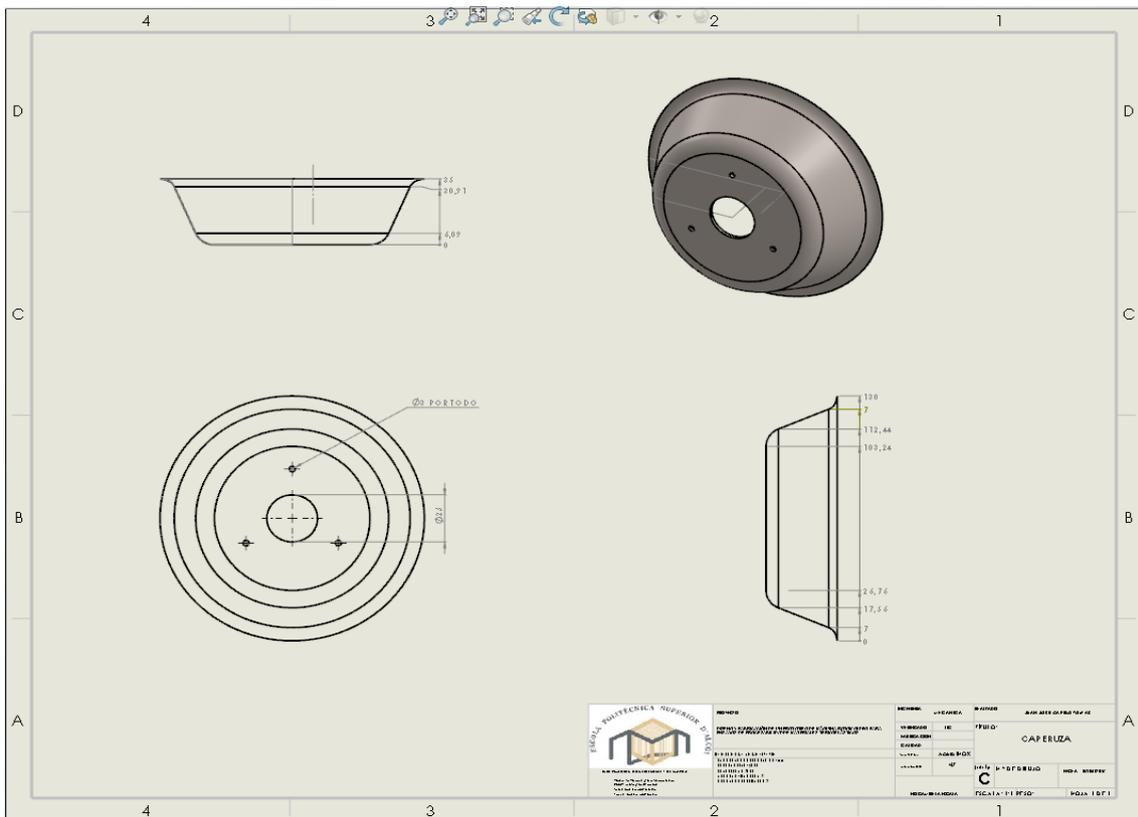
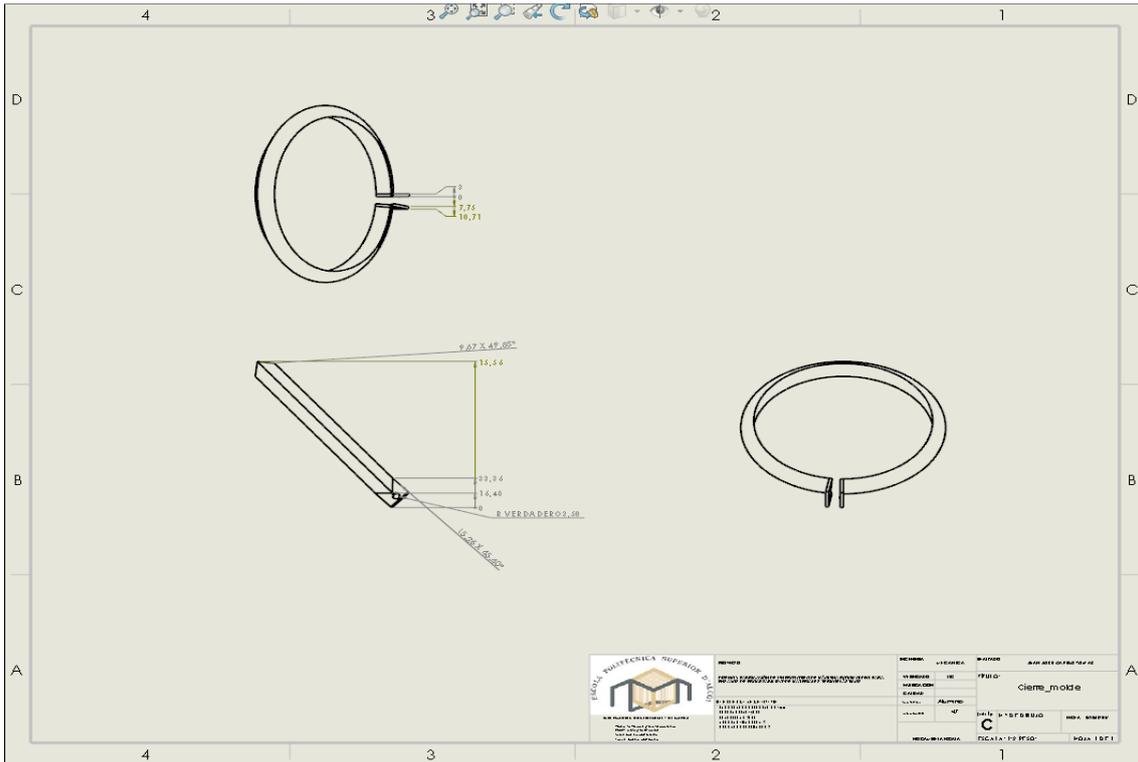
En el resultado final nuestro prototipo nos saldrá por unos 1314,29 euros.

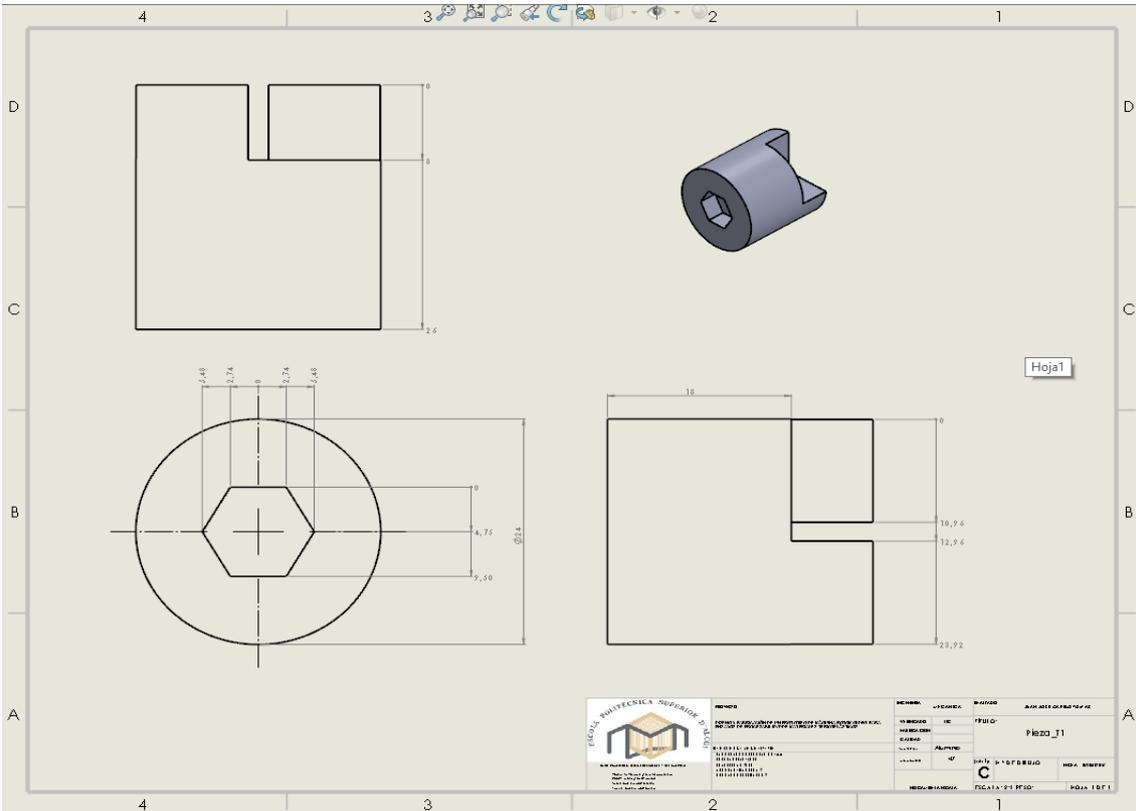
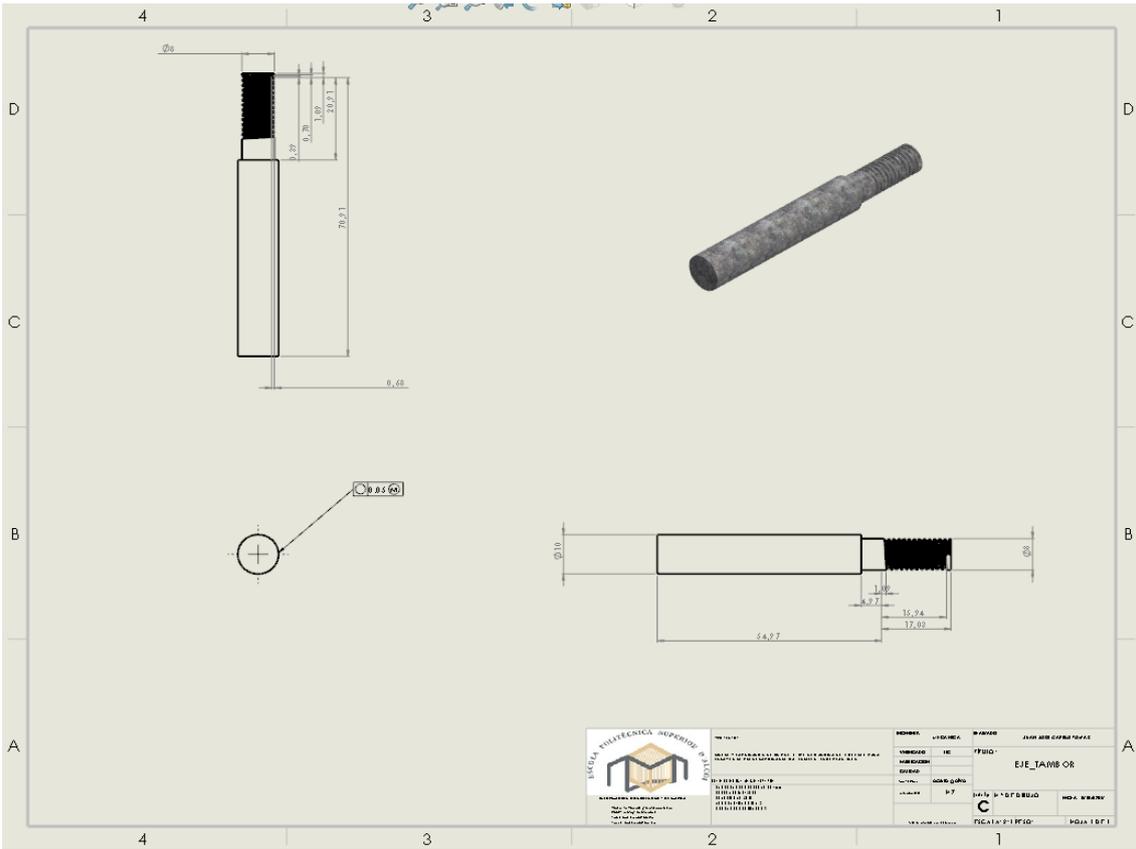
8.0- Planos del prototipo de horno rotacional.

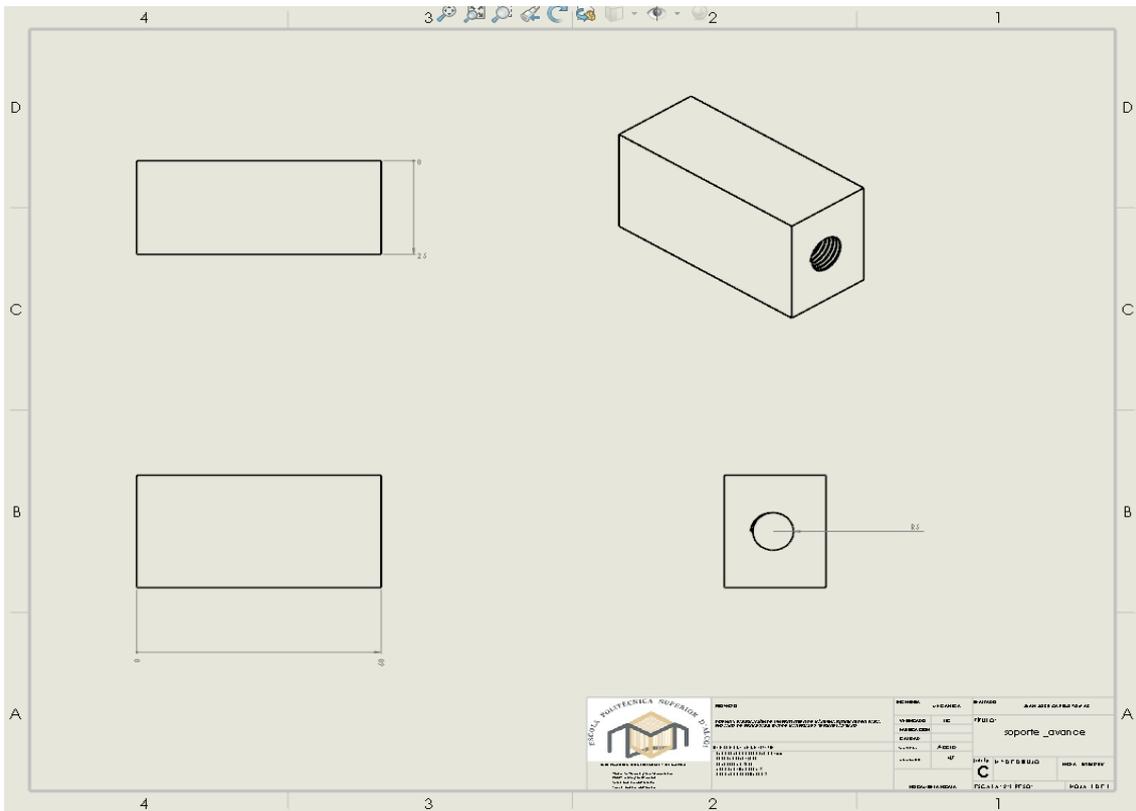
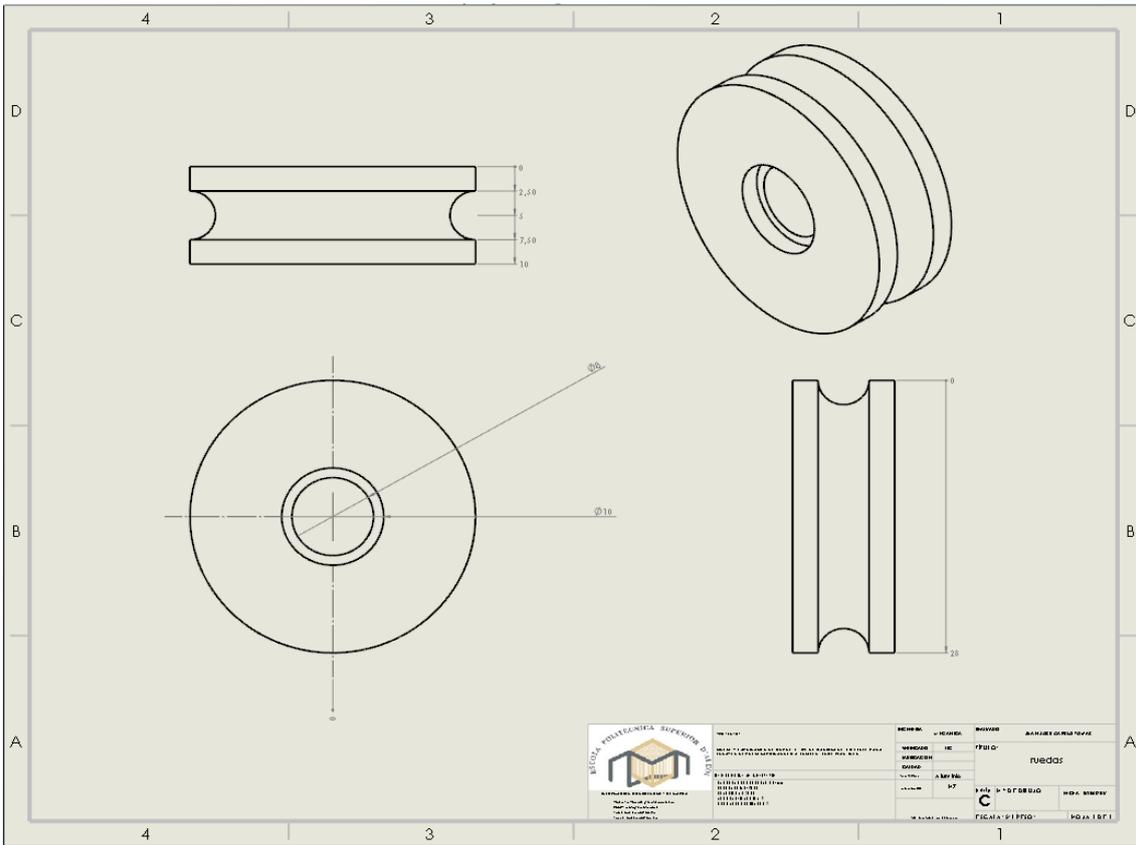
Los planos realizados en solidworks se adjuntan al trabajo y el cajetín realizado para este trabajo.

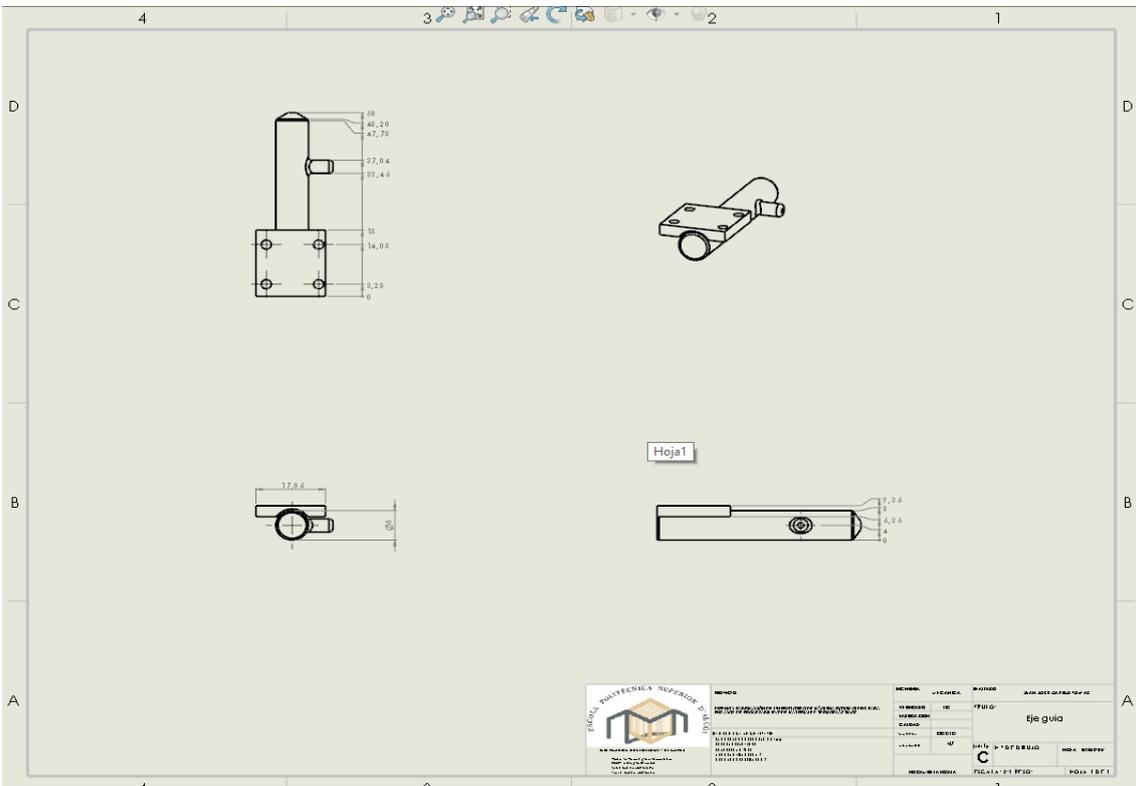
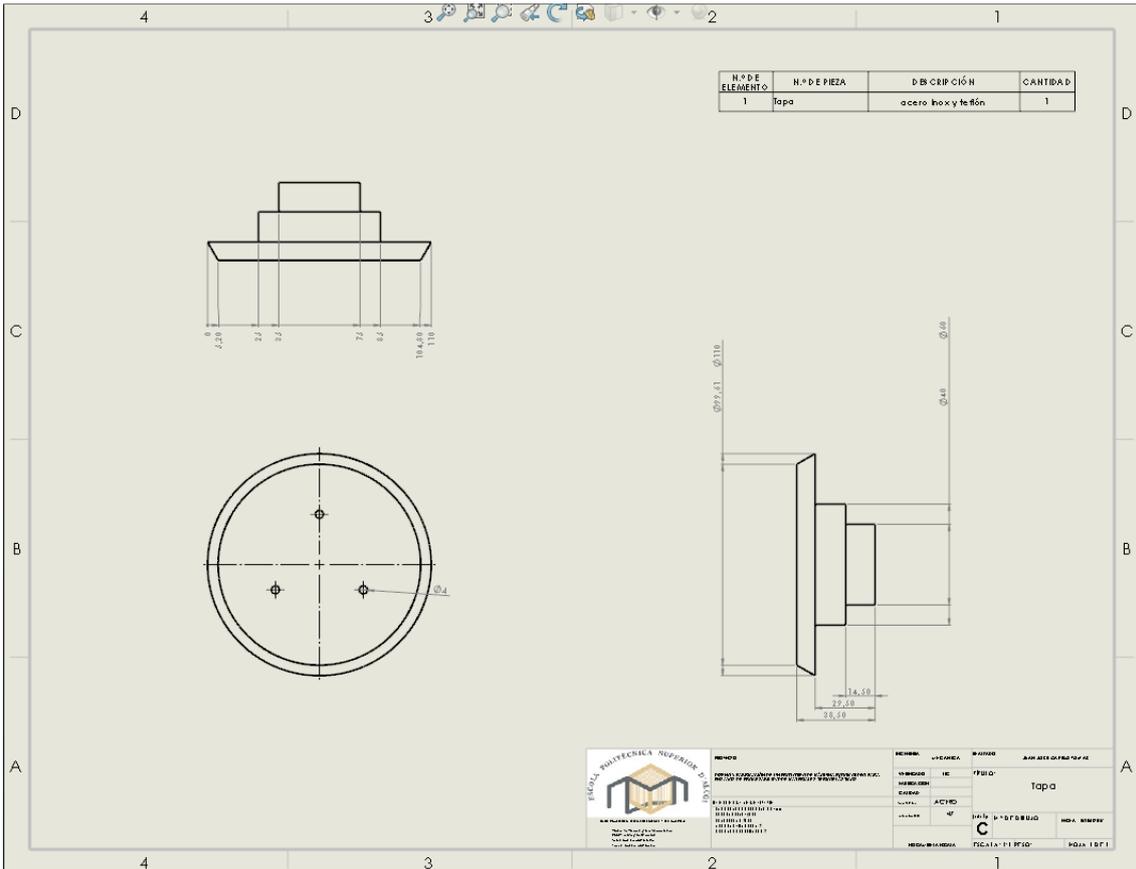












9.0- Normativa de seguridad de máquinas.

UNE-EN 13861:2003. Seguridad de las máquinas. Guía para la aplicación de las normas sobre ergonomía al diseño de máquinas.

UNE-EN 614-1:2006+A1:2009. Seguridad de las máquinas. Principios de diseño ergonómico. Parte 1: Terminología y principios generales.

UNE-EN 614-2:2001+A1:2008. Seguridad de las máquinas. Principios de diseño ergonómico. Parte 2: Interacciones entre el diseño de las máquinas y las tareas de trabajo.

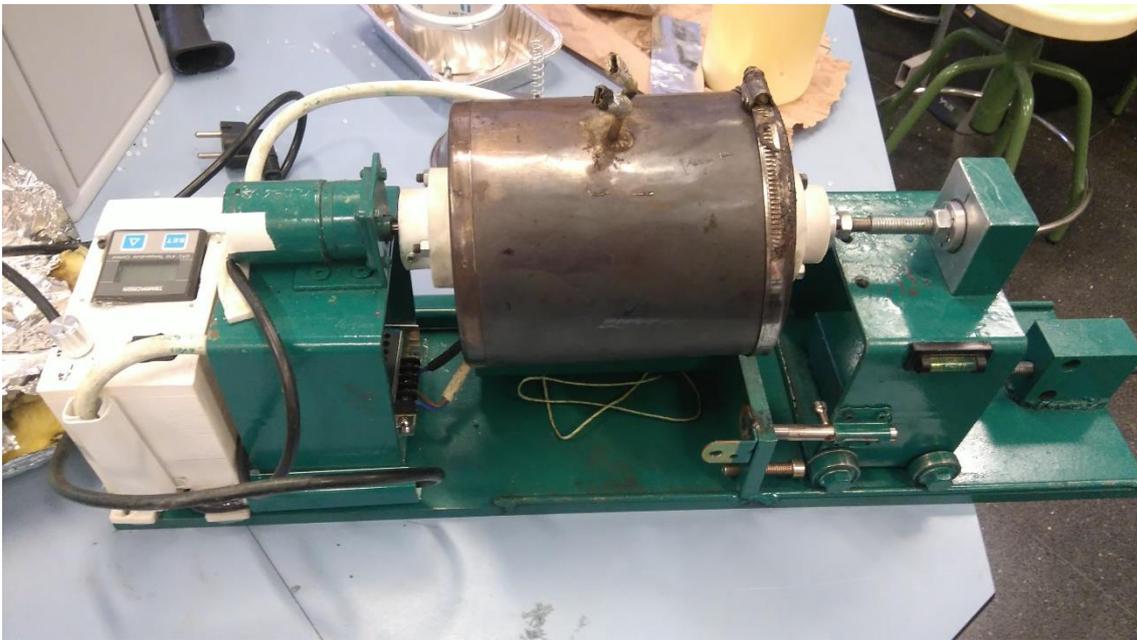


Ilustración 97 prototipo realizado para ensayos de materiales plásticos.