



# TRABAJO FINAL DE GRADO

---

DISEÑO DE REDUCTOR DE 300 NM DE PAR DE SALIDA Y RELACIÓN DE VELOCIDADES

13.1

## **DOCUMENTOS:**

1. MEMORIA
2. CÁLCULOS
3. PLANOS
4. PLIEGO DE CONDICIONES
5. PRESUPUESTO

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO

Presentado por: Alejandro Lluch Esteve.  
Tutor: Manuel Tur Valiente.  
Titulación: Grado en ingeniería mecánica.  
Fecha: Julio 2017.



# TRABAJO FINAL DE GRADO

---

DISEÑO DE REDUCTOR DE 300 NM DE PAR DE SALIDA Y RELACIÓN DE VELOCIDADES

13.1

## **MEMORIA**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO

Presentado por: Alejandro Lluch Esteve.  
Tutor: Manuel Tur Valiente.  
Titulación: Grado en ingeniería mecánica.  
Fecha: Julio 2017.

# MEMORIA

---

## ÍNDICE

<b>1. OBJETO DEL PROYECTO</b>	<b>4</b>
<b>2. ANTECEDENTES</b>	<b>4</b>
<b>3. ESTUDIO DE NECESIDADES, LIMITACIONES Y CONDICIONANTES</b>	<b>4</b>
<b>3.1 POTENCIA Y REDUCCIÓN DE VELOCIDAD</b>	<b>4</b>
<b>3.2 CONDICIONES DE MANTENIMIENTO Y DURACIÓN</b>	<b>5</b>
<b>3.3 CONDICIONES DE TAMAÑO Y GEOMETRÍA</b>	<b>5</b>
<b>4. SOLUCIONES ALTERNATIVAS</b>	<b>5</b>
<b>4.1 TRANSMISIÓN POR CONTACTO DIRECTO</b>	<b>5</b>
4.1.1 TRANSMISIÓN POR ENGRANAJE	6
4.1.1.1 EJES PARALELOS	6
4.1.1.1.1 ENGRANAJES CILÍNDRICOS DE DIENTES RECTOS	7
4.1.1.1.2 ENGRANAJES CILÍNDRICOS DE DIENTES HELICOIDALES	7
4.1.1.2 EJES PERPENDICULARES	7
4.1.1.2.1 ENGRANAJES CÓNICOS DE DIENTES RECTOS	7
4.1.1.2.2 ENGRANAJES CÓNICOS DE DIENTES HELICOIDALES	8
4.1.1.2.3 TORNILLO SIN FÍN	8
4.1.2 TRANSMISIÓN POR ROZAMIENTO	8
<b>4.2 TRANSMISIÓN POR CONTACTO FLEXIBLE</b>	<b>9</b>
4.2.1 TRANSMISIÓN POR ENGRANE	9
4.2.2 TRANSMISIÓN POR FRICCIÓN	9
4.2.2.1 CORREAS PLANAS	10
4.2.2.2 CORREAS TRAPEZOIDALES	10
<b>5. SOLUCIÓN ADOPTADA</b>	<b>11</b>
<b>5.1 TIPO DE TRANSMISIÓN</b>	<b>11</b>
<b>5.2 RELACIÓN DE TRANSMISIÓN</b>	<b>11</b>
<b>5.3 ACOPLAMIENTO RUEDAS DENTADAS CON EJES</b>	<b>11</b>
<b>5.4 APOYOS EN EJES</b>	<b>12</b>
<b>5.5 SUJECCIÓN DE RODAMIENTOS Y RUEDAS DENTADAS</b>	<b>12</b>
<b>5.6 LUBRICACIÓN</b>	<b>12</b>
<b>6. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES</b>	<b>13</b>
<b>6.1 CARCASA</b>	<b>13</b>
<b>6.2 ENGRANAJES</b>	<b>14</b>
6.2.1 MATERIAL DE LOS ENGRANAJES	14
6.2.2 GEOMETRÍA DE LOS ENGRANAJES	15
6.2.2.1 PRIMERA ETAPA	15
6.2.2.2 SEGUNDA ETAPA	15

# MEMORIA

---

<b>6.3 EJES</b>	<b>16</b>
6.3.1 MATERIAL DE LOS EJES	16
6.3.2 GEOMETRÍA DE LOS EJES	17
6.3.2.1 EJE DE ENTRADA	17
6.3.2.2 EJE INTERMEDIO	18
6.3.2.3 EJE DE SALIDA	18
<b>6.4 RODAMIENTOS</b>	<b>18</b>
6.4.1 RODAMIENTOS EJE DE ENTRADA	19
6.4.2 RODAMIENTOS EJE INTERMEDIO	19
6.4.3 RODAMIENTOS EJE SALIDA	19
<b>6.5 RETENES</b>	<b>20</b>
<b>6.6 CASQUILLOS</b>	<b>20</b>
<b>7. LUBRICACIÓN</b>	<b>20</b>
7.1 MÉTODO	21
7.2 LUBRICACIÓN DE ENGRANAJES	21
7.3 LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS	21
7.4 TAPONES	22
7.5 VISOR DE ACEITE	22
7.6 JUNTAS DE ESTANQUEIDAD	22
<b>8. TORNILLERÍA</b>	<b>22</b>
<b>9. ELEMENTOS NORMALIZADOS</b>	<b>23</b>

## **1. OBJETO DEL PROYECTO**

El objeto de este proyecto es diseñar un reductor de velocidad que realice una reducción total de 13.1.

El reductor diseñado no tiene una aplicación concreta sino que se diseñará para uso general y se situará en un catálogo de reductores.

Entre otros objetivos de este proyecto podemos destacar la seguridad ya que en este proyecto se utilizarán altos coeficientes de seguridad y componentes de muy buena calidad. Dentro de esta seguridad trataremos de rebajar los costes lo máximo posible y de reducir los espacios tanto como sea posible.

El autor de dicho proyecto estudia Ingeniería mecánica y está realizando el Trabajo de Fin de Grado con un profesor del departamento de Ingeniería mecánica.

## **2. ANTECEDENTES**

El reductor no consta de antecedentes ya que se diseña completamente.

## **3. ESTUDIO DE NECESIDADES, LIMITACIONES Y CONDICIONANTES**

En este proyecto se calcularán los esfuerzos a los que el reductor se verá sometido en concreto en sus puntos más críticos tales como cambios de sección o puntos en los que se apliquen fuerzas o haya reacciones. De este modo se elegirán los materiales a utilizar siempre desde un razonamiento tanto económico como de seguridad.

Tras calcular los esfuerzos, se dimensionarán a través de sus respectivos cálculos los distintos componentes que forman el reductor utilizando coeficientes de seguridad que garanticen una larga durabilidad de los mismos.

### **3.1 POTENCIA Y REDUCCIÓN DE VELOCIDAD**

Se trasladará una potencia de 7.194 kW con una velocidad del eje de entrada de 3000 rpm y generando un par de 22.9 Nm. El eje de salida deberá girar a una velocidad de 229 rpm generando un par de 300 Nm. De esta forma se deberá de aplicar una reducción total de 13.1, teniendo en cuenta que en cada etapa se produce la misma reducción.

## **3.2 CONDICIONES DE MANTENIMIENTO Y DURACIÓN**

El mantenimiento de este reductor deberá de ser el mínimo posible con el fin de evitar paradas que impliquen un aumento de costes. Los cálculos se han realizado para una duración de 20000 horas, lo que significa que en una aplicación en la que se utilice el reductor las 24 horas del día, este podrá alcanzar aproximadamente poco más de dos años de vida.

## **3.3 CONDICIONES DE TAMAÑO Y GEOMETRÍA**

Se intentará que el reductor sea lo más compacto posible tanto axial como longitudinalmente para que este pueda ser utilizado en aplicaciones que no permitan mucho espacio.

El reductor ha de ser montado y desmontado de manera rápida y sencilla, pero estas características no pueden perjudicar su montaje o su mantenimiento.

La opción elegida para montar el reductor de velocidad ha sido la de tres ejes paralelos dispuestos horizontalmente.

## **4. SOLUCIONES ALTERNATIVAS**

A la hora de crear el reductor se ha de tener en cuenta un tipo de transmisión para hacer rotar los ejes.

Existen diferentes tipos de transmisiones, y cada cual tiene sus características.

A continuación se consideran los posibles tipos de transmisiones que se podrían emplear y sus respectivas características.

### **4.1 TRANSMISIÓN POR CONTACTO DIRECTO**

En la transmisión por contacto directo, los componentes que la establecen deben de estar en contacto en alguno de los puntos de sus superficies.

## **4.1.1 TRANSMISIÓN POR ENGRANAJE**

Los engranajes deben diseñarse para que la relación de velocidades sea constante en todo momento ya que de no ser así, aparecerían grandes vibraciones las cuales perjudicarían la vida útil de la transmisión.

Constituyen el tipo de transmisión más utilizado, ya que sirven para un amplio rango de potencias, velocidades y relaciones de transmisión.

Se pueden destacar las siguientes ventajas de las transmisiones por engranajes:

- ◆ Relación de transmisión constante e independiente de la carga.
- ◆ Elevada fiabilidad y larga duración.
- ◆ Dimensiones reducidas.
- ◆ Elevado rendimiento.
- ◆ Mantenimiento reducido.
- ◆ Capacidad para soportar sobrecargas.

Por contra, tenemos los siguientes inconvenientes:

- ◆ Coste elevado.
- ◆ Generación de ruidos durante el funcionamiento.
- ◆ Transmisión muy rígida, se requiere en la mayoría de aplicaciones un acoplamiento elástico para la absorción de choques y vibraciones.
- ◆ Elevado peso.

Existen diferentes tipos de engranajes, a continuación se nombrarán los más importantes.

### **4.1.1.1 EJES PARALELOS**

En la transmisión de ejes paralelos, los ejes se disponen paralelamente entre ellos a una determinada distancia para que engranen los engranajes.

### 4.1.1.1.1 ENGRANAJES CILÍNDRICOS DE DIENTES RECTOS

Este tipo de transmisión funciona engranando los dientes sin que estos patinen. Puede ser utilizado para muchas aplicaciones ya que se pueden obtener relaciones de transmisión de hasta 8, y velocidades de rotación de hasta 100 000 rpm.

No tiene casi pérdidas por fricción, por ello tienen un rendimiento de transmisión muy alto en cada etapa (96 - 99%). Estos son económicos ya que su mecanizado es relativamente fácil.

Tiene ciertos inconvenientes tales como una transmisión entre dientes no continua lo que provoca fuertes choques entre los dientes produciendo así ruidos y vibraciones.

Esta opción queda descartada debido al alto ruido y el brusco desgaste que provoca el choque de diente contra diente.

### 4.1.1.1.2 ENGRANAJES CILÍNDRICOS DE DIENTES HELICOIDALES

Estos engranajes tienen características similares a las de los engranajes cilíndricos de dientes rectos con la diferencia que estos dientes contactan entre ellos y resbalan.

Con estos engranajes podemos conseguir una gran precisión ya que el choque entre dientes no es brusco sino progresivo, esto provoca una reducción tanto de las vibraciones como del ruido.

Como desventajas podemos citar el mayor desgaste que provoca y su mayor coste de fabricación.

### **4.1.1.2 EJES PERPENDICULARES**

En este tipo de transmisión se ha de utilizar engranajes cónicos ya que los ejes se encuentran perpendicularmente entre ellos.

#### 4.1.1.2.1 ENGRANAJES CÓNICOS DE DIENTES RECTOS

Realizan la transmisión de movimiento de ejes que se cortan en un mismo plano.

El ruido que realizan es mayor que los engranajes cónicos de dientes helicoidales y se pueden utilizar como máximo para relaciones de transmisión de hasta 6. Cabe mencionar que cuando se supera la relación de 1.2, su precio es más elevado que el de los engranajes cilíndricos. Actualmente se utilizan muy poco.

No se ha adoptado esta solución debido a que es más caro realizar la transmisión con este tipo de engranajes que con engranajes cilíndricos ya que la relación de transmisión por etapa en este proyecto es de aproximadamente 3.62.

#### 4.1.1.2.2 ENGRANAJES CÓNICOS DE DIENTES HELICOIDALES

Entre sus ventajas podemos destacar que son más silenciosos y su superficie de contacto es mayor. Este tipo de engranaje ha de ser mecanizado con fresadoras especiales, siendo esto un gran inconveniente ya que aumenta su precio.

No se adopta esta alternativa por el motivo económico. Son caros de fabricar con respecto a los engranajes cilíndricos.

#### 4.1.1.2.3 TORNILLO SINFIN

Se suelen utilizar en ejes que se cruzan noventa grados y está diseñado para transmitir grandes esfuerzos.

Abarca un rango de relaciones de transmisión entre 1 y 100 por cada etapa. Consume mucha potencia con el rozamiento que genera. El rendimiento oscila entre el 45 y el 97%, disminuyendo el rendimiento a medida que aumenta la relación de transmisión.

No se adopta esta medida debido a su bajo rendimiento y a que no acepta altas velocidades de entrada.

### 4.1.2 TRANSMISIÓN POR ROZAMIENTO

Esta transmisión se realiza por el contacto entre dos ruedas que pueden ser cónicas, cilíndricas o esféricas.

Su desgaste es alto y además no permiten transmitir potencias grandes ya que resbalan. Permite una relación de transmisión máxima de 6, aunque en determinadas ocasiones se puede alcanzar el valor de 10. Debido a su bajo peso y su simplicidad su coste es reducido. Tienen una capacidad de absorción de choques muy pequeña.

No se adopta esta alternativa debido al alto desgaste y a la limitación de transmitir potencias.

## **4.2 TRANSMISIÓN POR CONTACTO FLEXIBLE**

### **4.2.1 TRANSMISIÓN POR ENGRANE**

La transmisión se realiza mediante cadenas o correas dentadas .

Se emplean entre árboles paralelos, pueden transmitir mayores fuerzas que las correas con menores ángulos de abrazamiento y distancia entre ejes. La relación de transmisión en general suele ser  $i \leq 7$ , pero cuando la velocidad es baja puede llegarse hasta  $i=10$ . Poseen un alto rendimiento, en torno al 97 - 98%.

Entre sus principales ventajas podemos destacar:

- ◆ Coste reducido frente a los engranajes.
- ◆ Mantienen la relación de transmisión constante.
- ◆ Se puede utilizar en ambientes agresivos.
- ◆ Se pueden accionar varias ruedas con una sola cadena.

Como inconvenientes se pueden destacar:

- ◆ Duración limitada.
- ◆ Limitaciones de potencia y velocidad de máximo funcionamiento.
- ◆ Requerimientos de espacio muy elevados.
- ◆ Necesidad de lubricación y protección frente al polvo.
- ◆ No trabajan elásticamente.

Esta alternativa no se adopta debido al alto requerimiento de espacio necesario para montarla.

### **4.2.2 TRANSMISIÓN POR FRICCIÓN**

La transmisión por fricción aparece por el contacto entre poleas y una correa.

La transmisión por correas tiene un alto rendimiento, entre el 96 y el 98 por ciento. Debido a la ausencia de choques generan muy poco ruido a diferencia de otros sistemas como los engranajes. Funcionan entre distancias de ejes muy grandes y son bastante económicas.

Tiene ciertas desventajas entre las cuales podemos destacar el gran espacio que ocupan, su transmisión no es constante, su vida es pequeña y no permite utilizar grandes potencias ni velocidades de giro.

### **4.2.2.1 CORREAS PLANAS**

Este tipo de correas, las correas planas, pueden llegar a tener un rendimiento del 97 - 98%, son muy resistentes a los choques, son aptas para aplicaciones con altas velocidades, generan muy poco ruido, tiene un fácil montaje, pueden alcanzar relaciones de transmisión del orden de 5, se pueden utilizar entre ejes paralelos y cruzados y son económicas.

### **4.2.2.2 CORREAS TRAPEZOIDALES**

Este tipo de correas también es muy resistente a los choques y tiene un alto rendimiento (96 - 97%). Se pueden utilizar en aplicaciones que requieran altas velocidades. Al igual que las correas planas generan muy poco ruido y son baratas. Se utilizan entre árboles paralelos que tengan una relación de transmisión máxima de 8.

Debido a la necesidad de una relación de transmisión constante y un diseño compacto y reducido de tamaño, no se utilizará ninguna de las poleas o correas.

## 5. SOLUCIÓN ADOPTADA

### 5.1 TIPO DE TRANSMISIÓN

Se ha optado por escoger engranajes cilíndricos helicoidales ya que este tipo de transmisión cumple con las exigencias requeridas.

Con la presente obtenemos una buena precisión, se consigue una transmisión constante, se comporta bien a altas velocidades y potencias y además nos permite realizar un diseño compacto. Con este tipo de transmisión conseguiríamos un alto rendimiento debido a las pocas pérdidas por fricción.

También se ha de tener en cuenta el poco ruido que realizará el reductor debido al uso de dientes helicoidales en el que el contacto entre dientes es más suave a causa de su mayor superficie de contacto.

### 5.2 RELACIÓN DE TRANSMISIÓN

El reductor tendrá una relación de transmisión total de 13.1.

Esta reducción se realizará en dos etapas.

El valor de la relación de transmisión de cada etapa será de  $i = \sqrt{13.1} = 3.62$  con el fin de que cada etapa realiza una reducción casi igual.

### 5.3 ACOPLAMIENTO RUEDAS DENTADAS CON EJES

La unión de estos elementos se realizará con chavetas cuadradas y rectangulares planas de tipo perfilado. Se ha elegido este sistema ya que es económico y permite montar y desmontar las ruedas a los ejes con facilidad. El material seleccionado para las chavetas es el acero F-1140.

Los pasadores son grandes concentradores de tensiones y además no se asegura que puedan resistir las altas cargas que producirán los elementos que constituyen el reductor de velocidad.

Tampoco se tallará el piñón en el eje debido a la diferencia de diámetro existente entre el eje y el mismo. El coste de esta opción sería muy elevado.

Debido también al factor económico queda descartada la opción de construir ejes acanalados.

Por último el soldar las ruedas al eje queda totalmente descartado ya que no permitiría su montaje y desmontaje, un gran inconveniente en caso de avería u otra causa por la que hubiere que desmontar las ruedas. Además una mala soldadura podría crear concentradores de tensiones no visibles al ojo humano como pudieran ser grietas o poros pequeños.

### **5.4 APOYOS EN EJES**

Con el fin de apoyar los ejes se ha optado por los rodamientos ya que pueden trabajar a altas velocidades, son muy silenciosos, tienen un alto rendimiento, tienen una gran durabilidad, no necesitan mucha lubricación y se pueden sustituir de manera sencilla.

Tras haber realizado los cálculos, se opta por utilizar únicamente rodamiento rígidos de bolas de una hilera.

### **5.5 SUJECIÓN DE RODAMIENTOS Y RUEDAS DENTADAS**

Con el fin de sujetar los rodamientos se han adoptado por tres tipos de sujeciones, en primer lugar las arandelas elásticas, en segundo lugar los cambios de sección en el eje y por último, por su bajo coste, los casquillos. Las arandelas elásticas se han utilizado en las partes exteriores de los rodamientos y aunque requieren de un mecanizado, con ellas se consigue optimizar el espacio. Los cambios de sección y los casquillos se han utilizado para sujetar la parte interna de los rodamientos.

### **5.6 LUBRICACIÓN**

La lubricación del sistema será por barboteo, ya que esta aplicación es sencilla y económica ya que no requiere de ninguna instalación adicional. El aceite será salpicado por el propio movimiento de los engranajes que se encontraran sumergidos en el aceite.

El aceite a utilizar en la lubricación será el ISO VG 320, ya que este aceite es apropiado para lubricar tanto los engranajes como los rodamientos.

El proceso de llenado y vaciado de lubricante se realizará con tapones dispuestos en la parte superior e inferior de la carcasa.

También se dispondrá de un visor de aceite en la carcasa con el fin de controlar el nivel del mismo.

## 6. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

### 6.1 CARCASA

La carcasa es el elemento que rodea el reductor, además tiene que sujetar otros componentes tales como los rodamientos. También mantiene el interior de la carcasa limpio y protegido de agentes externos, ya que esta estará sellada impidiendo así que entren elementos perjudiciales para los componentes del reductor.

Se ha de diseñar para que sea sencilla y compacta. Su montaje y desmontaje ha de ser rápido por lo que este es un condicionante para la misma. también ha de ser resistente a los esfuerzos a los que se verá sometida ya que deberá de soportar tensiones y vibraciones.

El material seleccionado para la carcasa es la fundición gris FG20 según la norma UNE 36111-73. Este material tiene buena resistencia tanto a tracción como compresión. Es un material relativamente barato y de fácil mecanización. También es resistente al desgaste y debido al silicio que contiene, su resistencia a la corrosión es buena. Como inconveniente podríamos citar que la misma no es tenaz.

Se compondrá de dos piezas, la parte derecha y la parte izquierda, con el fin de facilitar y acelerar el montaje y desmontaje del conjunto.

En la parte derecha de la carcasa se incluyen los tapones de llenado y vaciado del aceite ubicados en la parte superior e inferior de la misma. También se incluirá en esta parte de la carcasa un visor de aceite para controlar el nivel del mismo.

Ambas partes estarán unidas por 16 tornillos hexagonales de métrica 6 situados en la parte superior e inferior e izquierda y derecha a lo largo de la unión de ambas piezas.

Se colocará una junta adecuadamente sellada entre ambas partes de la carcasa, para aislar el interior con el fin de evitar la fuga de aceite y el contacto con el medio que perjudique el funcionamiento de la máquina. Para evitar fugas de lubricante, los orificios de los ejes de entrada y salida estarán sellados con retenes.

La carcasa constará de dos patas mecanizadas, una en cada lado de la carcasa, con el fin de poder apoyar el reductor en el suelo, estas patas se dispondrán de manera que el reductor se mantenga estable. Se pintará la carcasa con pintura anticorrosiva.

Por último comentar que la carcasa no dispondrá de tapas sino de un mecanizado interior para sujetar los rodamientos y acoplar los retenes.

## 6.2 ENGRANAJES

Se han calculado los engranajes para que sean capaces de soportar los esfuerzos a los que se ven sometidos. Estos cálculos están explicados en la parte de Cálculos.

### 6.2.1 MATERIAL DE LOS ENGRANAJES

Para el material de los engranajes se ha seleccionado un acero aleado revenido y templado ya que este material cumple con todas las exigencias requeridas. El acero a utilizar ha sido el F-1252, un acero utilizado en aplicaciones que requieren una alta tenacidad y resistencia.

Sus características son las siguientes:

Mecánicas:

Su:	1120 MPa
Sy:	1040 MPa
Alargamiento (%):	14
Dureza HB:	321

Composición (%):

C = 0.38 - 0.45
Si < 0.40
Mn = 0.60 - 0.90
P < 0.025
S < 0.035

$$Cr = 0.90 - 1.20$$

$$Mo = 0.15 - 0.30$$

Tecnológicas:

Alta resistencia y tenacidad.

Baja soldabilidad.

Fácil mecanizado.

## 6.2.2 GEOMETRÍA DE LOS ENGRANAJES

### 6.2.2.1 PRIMERA ETAPA

Para la primera etapa se tiene:

- ◆ Módulo de los engranajes:  $m = 2 \text{ mm}$
- ◆ Anchura de los engranajes:  $b = 15 \text{ mm}$
- ◆ Diámetro del piñón:  $d_{\text{prim1}} = 38.31 \text{ mm}$
- ◆ Número de dientes del piñón:  $Z_1 = 18$
- ◆ Diámetro de la rueda:  $d_{\text{prim2}} = 138.34 \text{ mm}$
- ◆ Número de dientes de la rueda:  $Z_2 = 65$
- ◆ Distancia entre centros:  $D_c = 88.325 \text{ mm}$

### 6.2.2.2 SEGUNDA ETAPA

Para la segunda etapa se tiene:

- ◆ Módulo de los engranajes:  $m = 2 \text{ mm}$
- ◆ Anchura de los engranajes:  $b = 30 \text{ mm}$
- ◆ Diámetro del piñón:  $d_{\text{prim1}} = 48.95 \text{ mm}$
- ◆ Número de dientes del piñón:  $Z_1 = 23$
- ◆ Diámetro de la rueda:  $d_{\text{prim2}} = 176.65 \text{ mm}$
- ◆ Número de dientes de la rueda:  $Z_2 = 83$
- ◆ Distancia entre centros:  $D_c = 112.8 \text{ mm}$

## 6.3 EJES

Los ejes se han calculado para que soporten adecuadamente los esfuerzos a los que se ven sometidos. Dichos cálculos están explicados en la parte de Cálculos.

### 6.3.1 MATERIAL DE LOS EJES

Los ejes sufren esfuerzos tanto de flexión como de torsión, dependiendo de la zona. Por lo cual estos se han de diseñar para que aguanten estos esfuerzos.

Se ha dimensionado por el criterio de rigidez torsional en las zonas donde aparecen esfuerzos de torsión. Las demás partes sometidas a esfuerzos se han dimensionado a fatiga.

El material seleccionado para los ejes es el mismo que para la carcasa, el acero F-1140. A continuación se muestran sus propiedades:

Mecánicas:

Su:	900 MPa
Sy:	700 MPa
Alargamiento (%):	14
Dureza HB:	248

Composición (%):

C = 0.42 - 0.50
Si < 0.40
Mn = 0.50 - 0.80
P < 0.035
S < 0.035
Cr < 0.40
Mo < 0.10
Ni < 0.40

$$\text{Cr} + \text{Mo} + \text{Ni} < 0.63$$

Tecnológicas:

Alta resistencia mecánica.

Económico.

Fácil mecanizado.

## **6.3.2 GEOMETRÍA DE LOS EJES**

### **6.3.2.1 EJE DE ENTRADA**

Este eje se situará en la parte superior interna de la carcasa transmitiendo una potencia de 7.194 kW y girando a una velocidad de 3000 rpm.

El diámetro del eje es de 20 mm, teniendo un cambio de sección a 27 mm de diámetro para sujetar axialmente el piñón. Se utilizará un casquillo para sujetar la parte interior del rodamiento izquierdo, la parte interna del rodamiento derecho se sujetará axialmente con el cambio de sección. Por su parte exterior habrá mecanizadas ranuras para las arandelas que sujetarán los rodamientos.

Los dos rodamientos son rígidos de bolas de una sola hilera y, dependiendo del sentido de giro del eje (horario o antihorario) los rodamientos podrán ser tanto fijos como libres. Se deja una cierta holgura para evitar tensiones en caso de dilataciones producidas por las altas temperaturas o por descolocamientos de los elementos producidos por vibraciones o golpes.

El piñón se sujetará al eje mediante un chavetero mecanizado de longitud 30 mm, anchura 6 mm y profundidad en el eje de 3.5 mm.

### **6.3.2.2 EJE INTERMEDIO**

Este eje realizará la primera reducción lo que lo hará girar a 828.87 rpm, transmitiendo la misma potencia que el eje de entrada entre la rueda de la primera etapa y el piñón de la segunda.

El diámetro del eje será de 30 mm, teniendo un cambio de sección de 41 mm de diámetro para sujetar tanto la rueda que engrana con el piñón del eje de entrada a su izquierda como el piñón que engrana con el eje de salida a su derecha. Se utilizarán casquillos para sujetar la parte interior del rodamiento y se mecanizarán ranuras para las arandelas elásticas que sujetarán los rodamientos por la parte exterior.

Los dos rodamientos son rígidos de bolas de una sola hilera y, como en el caso anterior, dependiendo del sentido de giro del eje (horario o antihorario) los rodamientos podrán ser tanto fijos como libres.

Los chaveteros mecanizados para sujetar la rueda y el piñón serán de 45 mm de longitud, 10 mm de anchura y 5 mm de profundidad en el eje.

### **6.3.2.3 EJE DE SALIDA**

Este eje, tras pasar por dos reducciones, girará a la velocidad de 229.01 rpm y transmitirá los 7.194 kW al eje de salida.

El diámetro del eje será de 40 mm, con un cambio de sección de 47 mm para sujetar tanto el rodamiento izquierdo por su parte interna como la rueda dentada por su parte interna. Se utilizará un casquillo para sujetar la parte externa de la rueda y la parte interna del rodamiento derecho. Por último se mecanizarán ranuras en las partes exteriores de ambos rodamientos para sujetarlos con arandelas elásticas.

Los dos rodamientos son rígidos de bolas de una sola hilera y, como en los casos anteriores, dependiendo del sentido de giro del eje (horario o antihorario) los rodamientos podrán ser tanto fijos como libres.

El chavetero tendrá una longitud de 60 mm, una anchura de 12 mm y una profundidad en el eje de 5 mm.

## **6.4 RODAMIENTOS**

Debido a que los ejes del reductor pueden girar tanto de manera horaria como antihoraria, en uno de estos dos casos las fuerzas actuantes sobre los rodamientos son

muy parecidas mientras que en el otro caso las fuerzas no son similares. Por esta razón se ha procedido a poner el mismo rodamiento para los dos lados de cada uno de los ejes. Los rodamientos se han calculado para que soporten los esfuerzos a los que se verán sometidos. Dichos cálculos están explicados en la parte de Cálculos. Sus resultados son los siguientes.

### **6.4.1 RODAMIENTOS EJE DE ENTRADA**

Se tratan de rodamientos rígidos de bolas de una sola hilera.

Son el modelo SKF 6304.

Tienen un diámetro interior de 20 mm, exterior de 52 mm y una anchura de 15 mm. Su capacidad de carga dinámica es  $C = 16.8$  kN y su capacidad de carga estática es  $C_0 = 7.8$  kN.

### **6.4.2 RODAMIENTOS EJE INTERMEDIO**

Se tratan de rodamientos rígidos de bolas de una sola hilera.

Son el modelo SKF 6406.

Tienen un diámetro interior de 30 mm, exterior de 90 mm y una anchura de 23 mm. Su capacidad de carga dinámica es  $C = 43.6$  kN y su capacidad de carga estática es  $C_0 = 23.6$  kN.

### **6.4.3 RODAMIENTOS EJE SALIDA**

Se tratan de rodamientos rígidos de bolas de una sola hilera.

Son el modelo SKF 6208.

Tienen un diámetro interior de 40 mm, exterior de 80 mm y una anchura de 18 mm. Su capacidad de carga dinámica es  $C = 32.5$  kN y su capacidad de carga estática es  $C_0 = 19$  kN.

## 6.5 RETENES

La carcasa consta con dos orificios para los ejes de entrada y de salida, por esta razón, y para asegurar la estanqueidad del conjunto se dispondrá de retenes de estanqueidad para evitar así cualquier fuga de aceite.

El tipo de retenes a montar son obturadores radiales de eje de un labio de goma exterior.

En la siguiente tabla se muestran sus características:

	Eje de entrada	Eje de salida
Diámetro del eje [mm]	20	40
Diámetro del agujero del soporte [mm]	45	72
Ancho del retén [mm]	7	7
Referencia	SKF 20x45x7 HMS5 RG	SKF 40x72x7 HMS5 RG

## 6.6 CASQUILLOS

Los casquillos son elementos de separación y sujeción de elementos dentro de los ejes. Se ha utilizado este elemento en todos los ejes del reductor con el fin de economizar el mismo, ya que mecanizar un cambio de sección sería una opción mucho más costosa. Estos elementos serán de bronce.

## 7. LUBRICACIÓN

La lubricación es muy importante, ya que la máquina durará más tiempo si la lubricación se realiza de manera correcta, debido a que evita el desgaste de los elementos en contacto y además funcionará mejor, ya que facilita el contacto entre elementos reduciendo las pérdidas por rozamiento, lo que implica un aumento del rendimiento. A parte, el ruido que produce el contacto de las ruedas se ve reducido.

Se puede lubricar con grasa, pero esta opción queda descartada porque no es recomendable para aplicaciones con altas o medias velocidades.

## 7.1 MÉTODO

La lubricación de engranajes se puede llevar a cabo de distintas maneras..

Algunos sistemas con los que se podrían lubricar los engranajes son, a presión y atomización, estos métodos resultarían muy caros y más complejos debido a la necesidad de una bomba para que funcionen. Por otro lado se podrían utilizar paletas, aunque este sistema no es adecuado para altas velocidades.

Se llevará a cabo la lubricación por barboteo, ya que este es un sistema de lubricación que no requiere de ninguna complejidad siendo económico y sencillo. Los elementos se lubricarán por la salpicadura de los engranajes.

## 7.2 LUBRICACIÓN DE ENGRANAJES

Una correcta lubricación de los componentes del reductor es muy importante ya que de esta manera aumentará el tiempo de funcionamiento del reductor. En el caso de realizar una lubricación de manera errónea podrían aparecer problemas tales como el gripado, el picado superficial o pitting o el desgaste en general.

Aumentando la viscosidad del lubricante se pueden solucionar estos problemas.

El aceite seleccionado para lubricar los engranajes es el ISO VG 320.

## 7.3 LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS

Los rodamientos se lubricarán de la misma manera y con el mismo aceite que el de los engranajes ya que el aceite ISO VG 320 es un aceite adecuado para la lubricación de los mismos.

## **7.4 TAPONES**

Para el llenado y vaciado de aceite en el reductor de velocidad se dispondrá en la parte derecha de la carcasa un orificio roscado en la parte superior (para el llenado de aceite) y un orificio roscado en la parte inferior (para el vaciado del aceite).

Los tapones elegidos para estos orificios de llenado y vaciado de aceite serán de métrica 16 y paso de 1.6 mm.

## **7.5 VISOR DE ACEITE**

En este caso se ha introducido un visor de aceite en la parte delantera de la parte izquierda de la carcasa para observar el nivel de aceite y poder rellenar el aceite en caso de no haber suficiente.

## **7.6 JUNTAS DE ESTANQUEIDAD**

Entre las dos partes de que forman la carcasa se colocará una junta que sellará la unión entre las dos partes de la carcasa con el fin de evitar cualquier fuga de aceite.

Cada vez que se separen las dos partes de la carcasa la junta de estanqueidad deberá de ser sustituida.

## **8. TORNILLERÍA**

El reductor se verá envuelto por una carcasa que constará de dos partes, la izquierda y la derecha, estas dos partes se juntarán mediante 16 tornillos de diámetro 6 y con sus respectivas tuercas.

## 9. ELEMENTOS NORMALIZADOS

A continuación se adjunta una tabla con los elementos normalizados del reductor:

Ubicación	Componente	Referencia (Dimensiones)
Eje entrada	Rodamiento	SKF 6304
	Arandela elástica	NF E 22-163 (20 x 1.2)
	Retén	SKF HMS5 RG (20 x 45 x 7)
Eje intermedio	Rodamiento	SKF 6406
	Arandela elástica	NF E 22-163 (30 x 1.5)
Eje salida	Rodamiento	SKF 6208
	Arandela elástica	NF E 22-163 (40 x 1.7)
	Retén	SKF HMS5 RG (40 x 72 x 7)
Carcasa	Tornillos	Tornillo allen M6 x 1 DIN912
	Tuercas	Tuerca hexagonal M6 x 5 DIN EN 24034
	Visor de aceite	HCFE.12 - 3/8
	Tapón	Tapón roscado M16 x 1.5 DIN 7604



# TRABAJO FINAL DE GRADO

---

DISEÑO DE REDUCTOR DE 300 NM DE PAR DE SALIDA Y RELACIÓN DE VELOCIDADES

13.1

## **CÁLCULOS**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO

Presentado por: Alejandro Lluch Esteve.  
Tutor: Manuel Tur Valiente.  
Titulación: Grado en ingeniería mecánica.  
Fecha: Julio 2017.

# CÁLCULOS

---

## ÍNDICE

<b>1. DATOS</b>	<b>4</b>
<b>2. CÁLCULO DE ENGRANAJES</b>	<b>5</b>
2.1 RELACIÓN DE TRANSMISIÓN DE CADA ETAPA	5
2.2 CÁLCULO DE DIÁMETROS POR RIGIDEZ TORSIONAL	5
2.3 DETERMINACIÓN DE LOS DIÁMETROS DE LOS ENGRANAJES	6
2.4 TABLA DE POSIBLES MÓDULOS	7
2.5 VISCOSIDAD DEL LUBRICANTE	9
2.6 CÁLCULO DE LA ANCHURA DE LOS ENGRANAJES	9
<b>3. DISEÑO DE LOS EJES</b>	<b>15</b>
3.1 CONFIGURACIÓN SELECCIONADA	15
3.2 MATERIAL DE LOS EJES	16
3.3 DIMENSIONADO DE LOS EJES	17
3.4 FUERZAS ACTUANTES	17
3.5 CÁLCULO A FATIGA	18
3.5.1 Parámetros y fórmulas a utilizar:	18
3.5.2 Cálculo eje entrada	20
3.5.2.1 Cálculos sentido antihorario	20
3.5.2.2 Cálculos sentido horario	21
3.5.3 Cálculo eje intermedio	22
3.5.3.1 Cálculos sentido antihorario	23
3.5.3.2 Cálculos sentido horario	24
3.5.4 Cálculo eje salida	24
3.5.4.1 Cálculos sentido antihorario	25
3.5.4.1 Cálculos sentido horario	26
3.6 DEFORMACIÓN POR DEFLEXIÓN	27
3.6.1 Eje de entrada	28
3.6.1.1 Plano XY	28
3.6.1.1.1 Sentido Antihorario	28
3.6.1.1.2 Sentido horario	29
3.6.1.2 Plano XZ	30
3.6.1.2.1 Sentido antihorario	30
3.6.1.2.2 Sentido horario	31
3.6.2 Eje intermedio	32
3.6.2.1 Plano XY	32
3.6.2.1.1 Sentido Antihorario	32
3.6.2.1.2 Sentido horario	33
3.6.2.2 Plano XZ	34
3.6.2.2.1 Sentido Antihorario	34
3.6.2.2.2 Sentido horario	35

# CÁLCULOS

---

3.6.3 Eje de salida	36
3.6.3.1 Plano XY	36
3.6.3.1.1 Sentido Antihorario	36
3.6.3.1.2 Sentido horario	37
3.6.3.2 Plano XZ	38
3.6.3.2.1 Sentido Antihorario	38
3.6.3.2.2 Sentido horario	39
<b>4. RODAMIENTOS</b>	<b>40</b>
4.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE RODAMIENTOS	40
4.2 CÁLCULO DE RODAMIENTOS	40
4.2.1 Eje de entrada	43
4.2.1.1 Sentido antihorario	43
4.2.1.2 Sentido horario	44
4.2.2 Eje intermedio	45
4.2.2.1 Sentido antihorario	45
4.2.2.2 Sentido horario	46
4.2.3 Eje de salida	47
4.2.3.1 Sentido antihorario	47
4.2.3.2 Sentido horario	48
4.3 Rodamientos seleccionados	49
4.3.1 Eje entrada	49
4.3.2 Eje intermedio	49
4.3.3 Eje salida	49
<b>5. RETENES</b>	<b>50</b>
5.1 SELECCIÓN DE LOS RETENES	50
<b>6. DIMENSIONADO DE LAS CHAVETAS</b>	<b>51</b>
<b>7. SELECCIÓN DE ARANDELAS ELÁSTICAS</b>	<b>52</b>

## 1. DATOS

**Potencia:  $P = 7149.49 \text{ W}$**

La potencia del reductor será la misma en las dos etapas.

**Relación de transmisión:  $i = 13.1$**

(Se permitirá una variación de la relación de transmisión final menor del 3%)

$$i_{\text{máx}} : i + 0.03 \cdot i = 13.493$$

$$i_{\text{min}} : i - 0.03 \cdot i = 12.707$$

Relación de transmisión final del reductor:  $i_{\text{final}} = 3.6111 \cdot 3.6087 = 13.031$

La relación de transmisión final del reductor se encuentra dentro de los límites establecidos.

**Velocidad de entrada del motor ( $\omega$ ): 3000 rpm**

Velocidad del eje de entrada:  $\omega_e = 3000 \text{ rpm}$

Velocidad del eje intermedio:  $\omega_i = \omega_e / i_1 = 3000/3.611 = 828.868 \text{ rpm}$

Velocidad del eje de salida:  $\omega_s = \omega_i / i_2 = 830.795/3.609 = 229.008 \text{ rpm}$

**Par transmitido por cada eje:**

$$\text{Par eje de entrada: } T_e = \frac{P_e}{\omega_e} = \frac{7149.49}{3000 \cdot \frac{2\pi}{60}} = 22.90 \text{ N/m}$$

$$\text{Par eje intermedio: } T_i = \frac{P_e}{\omega_i} = \frac{7149.49}{828.868 \cdot \frac{2\pi}{60}} = 82.89 \text{ N/m}$$

$$\text{Par eje de salida: } T_s = \frac{P_e}{\omega_s} = \frac{7149.49}{229.008 \cdot \frac{2\pi}{60}} = 300 \text{ N/m}$$

Como ya se ha comentado anteriormente, la potencia permanece constante en cada eje.

## Sentido de giro:

Debido a que el reductor se diseña para un catálogo comercial y su aplicación es de uso general, todos los cálculos se realizarán tanto para el caso en el que el sentido de giro sea horario como en el caso de que sea antihorario.

## 2. CÁLCULO DE ENGRANAJES

### 2.1 RELACIÓN DE TRANSMISIÓN DE CADA ETAPA

Con el objetivo de que la reducción en ambas etapas del reductor sea lo más similar posible, el valor teórico de la relación de transmisión de cada etapa será la raíz de la reducción total.

$$i_1 = \sqrt{i} = \sqrt{13.1} = 3.619$$

$$i_2 = \sqrt{i} = \sqrt{13.1} = 3.619$$

Cada etapa se diseñará con engranajes cilíndricos de dientes helicoidales, ya que estos son más silenciosos y duraderos.

### 2.2 CÁLCULO DE DIÁMETROS POR RIGIDEZ TORSIONAL

Los ejes del reductor se someterán a esfuerzos de torsión y de flexión, aunque los momentos generados por la flexión serán muy pequeños debido a la pequeña longitud de los ejes. Por esta razón el momento torsor será el más grande, por lo que los ejes se dimensionarán por el criterio de rigidez torsional.

Se limitará la deflexión torsional de los ejes a  $1.5 \text{ }^\circ/\text{m}$  ( $0.0261799 \text{ rad/m}$ ).

En una sección circular de una longitud  $L$ , el momento torsor  $T$  crea un giro  $\theta$  que se calcula con la siguiente expresión:

$$\theta = \frac{32 \cdot T \cdot L}{\pi \cdot d^4 \cdot G}$$

Se puede obtener el diámetro mínimo por rigidez torsional necesario para cada uno de los ejes del reductor a partir de la siguiente expresión:

## CÁLCULOS

$$d = \sqrt{\frac{32 \cdot T}{\pi \cdot G \cdot \left(\frac{\theta}{L}\right)}}$$

donde G es el módulo a rigidez torsional que en el caso del acero su valor es de 81 GPa.

Cabe destacar que si se quieren utilizar unidades del sistema internacional, el valor ángulo deberá de introducirse en radianes.

Eje	$\omega$ [rpm]	T [Nm]	$d_{\text{mínimo}}$ [mm]	d [mm]
Entrada	3000,00	22,90	18,211642	20
Intermedio	828,87	82,89	25,119328	30
Salida	229,01	300	34,6471031	40

Se escoge un diámetro del eje mayor al diámetro mínimo calculado para estar siempre del lado de la seguridad.

### 2.3 DETERMINACIÓN DE LOS DIÁMETROS DE LOS ENGRANAJES

Determinados ya el diámetro de los ejes, se procederá a calcular el diámetro de los engranajes. A medida que disminuya el diámetro de los piñones, menor será el tamaño del conjunto.

En este caso el diámetro del piñón no puede ser muy pequeño ya que se utilizarán chavetas para realizar la unión a torsión. Si la circunferencia primitiva es demasiado pequeña se corre el riesgo de que la circunferencia base quede muy próxima al fondo del chavetero mecanizado en el engranaje, lo que debilitaría al engranaje.

Por esto se tendrán en cuenta los tamaños estandarizados de las chavetas y los chaveteros.

Calculamos el diámetro de los piñones con la siguiente expresión:

$$d_1 \geq d_{\text{eje}} + 2.5 \cdot m_n + 4\text{mm}$$

$d_1$  = diámetro primitivo

$m_n$  = módulo normal

## 2.4 TABLA DE POSIBLES MÓDULOS

Los engranajes son de dientes helicoidales, por ello se debe distinguir entre el módulo normal  $m_n$  ( perpendicular al diente) y el aparente  $m_t$  ( en dirección perpendicular al eje de rotación). La relación entre los dos módulos la aporta el ángulo de inclinación de los dientes  $\beta$ :

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta}$$

Adoptaremos un ángulo  $\beta$  de  $18.75^\circ$  (0.3272 rad).

Se podrán escoger los módulos que no creen interferencia a la hora de construir los piñones, y que además el número de dientes esté comprendido entre 16 - 120 debido a que por debajo de este rango podría aparecer interferencia y por encima del mismo obtendríamos un engranaje con demasiados dientes y a su vez muy caro.

Para engranajes cilíndricos con dientes helicoidales el número de dientes mínimo para que no aparezca interferencia se puede calcular de la siguiente forma:

$$z_{min} = \frac{2 \cdot \cos \beta}{\sin^2 \alpha t}$$

El valor del ángulo de presión tangencial ( $\alpha t$ ) es de  $21.17^\circ$  (0.3695 rad).

Para determinar el diámetro primitivo de los piñones se utilizará la siguiente expresión:

$$d_1 \geq d_{eje} + 2.5 \cdot m_n + 4mm$$

Las expresiones a utilizar son las siguientes:

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta}$$

$$z_1^* = \frac{d_{prim1}^*}{m_n} \rightarrow z_1$$

$$i_{real} = \frac{z_2}{z_1}$$

$$z_2^* = i \cdot z_1 \rightarrow z_2$$

$$d_1 = z_1 \cdot m_z$$

$$d_2 = z_2 \cdot m_z$$

# CÁLCULOS

Primera etapa:

$\beta$ [rad]	Mz	Mn	Z1* [mm]	Z1 [mm]	Z2* [mm]	Z2 [mm]	i=Z2/Z1	d1 prim [mm]	d1 [mm]	d2 [mm]
0,35	0,53	0,5	50,50	51,00	184,59	185,00	3,63	25,25	27,14	98,44
0,35	0,64	0,6	42,50	43,00	155,63	156,00	3,63	25,50	27,46	99,61
0,35	0,85	0,8	32,50	33,00	119,44	119,00	3,61	26,00	28,09	101,31
0,35	1,06	1	26,50	27,00	97,72	98,00	3,63	26,50	28,73	104,29
0,35	1,33	1,25	21,70	22,00	79,63	80,00	3,64	27,13	29,26	106,42
0,35	1,60	1,5	18,50	19,00	68,77	69,00	3,63	27,75	30,33	110,14
0,35	2,13	2	14,50	15,00	54,29	54,00	3,60	29,00	31,93	114,93
0,35	2,66	2,5	12,10	12,00	43,43	43,00	3,58	30,25	31,93	114,40
0,35	3,19	3	10,50	11,00	39,81	40,00	3,64	31,50	35,12	127,70
0,35	4,26	4	8,50	9,00	32,57	33,00	3,67	34,00	38,31	140,47
0,35	5,32	5	7,30	7,00	25,34	25,00	3,57	36,50	37,25	133,02
0,35	6,39	6	6,50	7,00	25,34	25,00	3,57	39,00	44,70	159,63
0,35	8,51	8	5,50	6,00	21,72	22,00	3,67	44,00	51,08	187,30
0,35	10,64	10	4,90	5,00	18,10	18,00	3,60	49,00	53,21	191,55
0,35	12,77	12	4,50	5,00	18,10	18,00	3,60	54,00	63,85	229,86
0,35	17,03	16	4,00	4,00	14,48	14,00	3,50	64,00	68,11	238,38
0,35	21,28	20	3,70	4,00	14,48	14,00	3,50	74,00	85,13	297,97
0,35	26,60	25	3,46	3,00	10,86	11,00	3,67	86,50	79,81	292,65

# CÁLCULOS

Segunda etapa:

$\beta$ [rad]	Mz	Mn	Z3* [mm]	Z3 [mm]	Z4* [mm]	Z4 [mm]	i=Z4/Z3	d1 prim [mm]	d1 [mm]	d2 [mm]
0,35	0,53	0,5	70,50	71,00	256,98	257,00	3,62	35,25	37,78	136,75
0,35	0,64	0,6	59,17	59,00	213,54	214,00	3,63	35,50	37,67	136,64
0,35	0,85	0,8	45,00	45,00	162,87	163,00	3,62	36,00	38,31	138,77
0,35	1,06	1	36,50	37,00	133,92	134,00	3,62	36,50	39,37	142,60
0,35	1,33	1,25	29,70	30,00	108,58	109,00	3,63	37,13	39,91	144,99
0,35	1,60	1,5	25,17	25,00	90,48	90,00	3,60	37,75	39,91	143,66
0,35	2,13	2	19,50	20,00	72,39	72,00	3,60	39,00	42,57	153,24
0,35	2,66	2,5	16,10	16,00	57,91	58,00	3,63	40,25	42,57	154,31
0,35	3,19	3	13,83	14,00	50,67	51,00	3,64	41,50	44,70	162,82
0,35	4,26	4	11,00	11,00	39,81	40,00	3,64	44,00	46,82	170,27
0,35	5,32	5	9,30	9,00	32,57	33,00	3,67	46,50	47,89	175,59
0,35	6,39	6	8,17	8,00	28,96	29,00	3,63	49,00	51,08	185,17
0,35	8,51	8	6,75	7,00	25,34	25,00	3,57	54,00	59,59	212,84
0,35	10,64	10	5,90	6,00	21,72	22,00	3,67	59,00	63,85	234,12
0,35	12,77	12	5,33	5,00	18,10	18,00	3,60	64,00	63,85	229,86
0,35	17,03	16	4,63	5,00	18,10	18,00	3,60	74,00	85,13	306,48
0,35	21,28	20	4,20	4,00	14,48	14,00	3,50	84,00	85,13	297,97
0,35	26,60	25	3,86	4,00	14,48	14,00	3,50	96,50	106,42	372,46

Relación de transmisión final:

$$i = i_1 (\text{real}) \cdot i_2 (\text{real}) = 3.6111 \cdot 3.6087 = 13.0313$$

## 2.5 VISCOSIDAD DEL LUBRICANTE

La viscosidad del lubricante viene impuesta en una hoja de cálculo excel y el lubricante que se utilizará para lubricar tanto los rodamientos como los engranajes es el ISO VG 320 que tiene una viscosidad de 320 mm<sup>2</sup>/s con temperaturas ambiente entre 10°C y 40°C.

## 2.6 CÁLCULO DE LA ANCHURA DE LOS ENGRANAJES

Se busca que el coeficiente de seguridad a flexión sea mayor que el coeficiente de seguridad por fallo superficial, debido a que el fallo superficial es progresivo y avisa del problema generando vibraciones y ruido crecientes mientras que el fallo por flexión no da señales y es catastrófico.

La anchura de los engranajes se calculará con una hoja de cálculo excel para engranajes de dientes helicoidales con un ángulo de presión tangencial ( $\alpha_t$ ) de 21.17 ° (0.3695 rad) y un ángulo de inclinación del dentado ( $\beta$ ) de 18.75 ° (0.3272 rad).

## CÁLCULOS

---

Cabe mencionar que la anchura de los dientes del piñón deberá de ser entre 0.5 y 2 veces el diámetro primitivo del piñón:

$$0.5 \cdot d \leq b \leq 2 \cdot d$$

Para no tener que crear compartimentos para los rodamientos, estos se lubricarán con el mismo aceite que los engranajes.

Todos los engranajes tienen el mismo módulo y están fabricados con el mismo material.





## CÁLCULOS

---

El material elegido para los engranajes es el acero aleado templado y revenido F-1252 ya que este material proporciona un buen coeficiente de seguridad tanto a fallo por flexión como fallo superficial.

Las propiedades de este material son las siguientes:

Mecánicas:

Su: 1120 MPa

Sy: 1040 MPa

Alargamiento (%): 14

Dureza HB: 321

Composición (%):

C = 0.38 - 0.45

Si < 0.40

Mn = 0.60 - 0.90

P < 0.025

S < 0.035

Cr = 0.90 - 1.20

Mo = 0.15 - 0.30

Tecnológicas:

Alta resistencia y tenacidad.

Baja soldabilidad.

Fácil mecanizado.

## CÁLCULOS

---

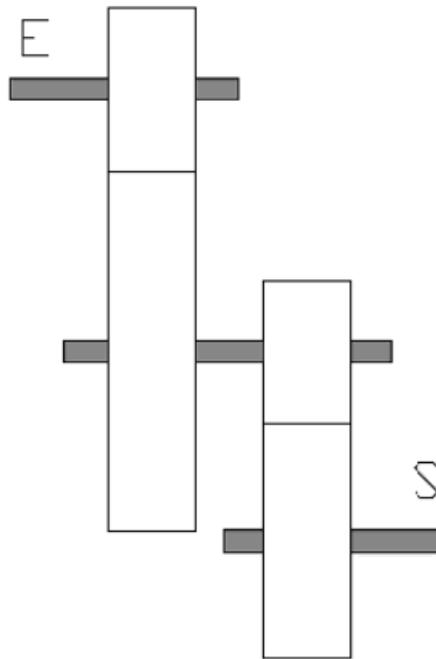
Resumen de resultados para ambas etapas:

Propiedades	Etapas 1	Etapas 2
m [mm]	2	2
i	3,6111	3,6087
z1	18	23
z2	65	83
d <sub>piñón</sub> [mm]	38,31	48,95
d <sub>rueda</sub> [mm]	138,34	176,65
Dc [mm]	88,33	112,8
Material	Ac. aleado templado y revenido	Ac. aleado templado y revenido
b [mm]	15	30
X <sub>F</sub>	1,96	1,61

## 3. DISEÑO DE LOS EJES

### 3.1 CONFIGURACIÓN SELECCIONADA

Se ha elegido la siguiente configuración para el diseño del reductor de velocidad de dos etapas:



Se ha utilizado esta configuración debido a que ocupa poco espacio longitudinalmente y el diseño de la carcasa no es complicado.

## 3.2 MATERIAL DE LOS EJES

Se empleará un material para los ejes del reductor que sea capaz de soportar de manera satisfactoria los esfuerzos tanto de flexión como de torsión a los que se verá sometido.

Uno de los materiales relativamente económicos y que además cumple con los requisitos expuestos anteriormente es el acero. En este caso se ha seleccionado un acero al carbono, concretamente el acero F-1140. Este acero se suele emplear para elementos mecánicos como ejes, bielas, coronas de arranque, discos de embrague, etc.

Las propiedades de este acero son:

Mecánicas:

Su:	900 MPa
Sy:	700 MPa
Alargamiento (%):	14
Dureza HB:	248

Composición (%):

C = 0.42 - 0.50
Si < 0.40
Mn = 0.50 - 0.80
P < 0.035
S < 0.035
Cr < 0.40
Mo < 0.10
Ni < 0.40
Cr + Mo + Ni < 0.63

Tecnológicas:

Alta resistencia mecánica.

Económico.

Fácil mecanizado.

### 3.3 DIMENSIONADO DE LOS EJES

Para determinar el tamaño de cada una de las secciones de los ejes se realizará dimensionado a rigidez torsional, a fatiga y a deflexión lateral. El dimensionado del eje a rigidez torsional ya ha sido realizado anteriormente para determinar el diámetro de los piñones. Así pues, el diámetro de los ejes calculados son:

Eje de entrada: 20 mm

Eje intermedio: 30 mm

Eje de salida: 40 mm

A la hora de seleccionar la longitud del eje trataremos de que estos sean cortos para tener un reductor lo más compacto posible y para no aumentar los momentos generados.

### 3.4 FUERZAS ACTUANTES

Debido al uso de engranajes helicoidales tendremos un ángulo de presión tangencial ( $\alpha_t$ ) de  $21.17^\circ$  (0.3695 rad) y un ángulo de inclinación del dentado ( $\beta$ ) de  $18.75^\circ$  (0.3272 rad).

La fuerza tangencial generada en cada una de las etapas se calcula a través de una hoja de cálculo excel. A partir de esta fuerza tangencial y los ángulos  $\alpha_t$  y  $\beta$  se calcularán las respectivas fuerzas radiales y fuerzas axiales que aparecen al engranar el piñón de un eje con la rueda del otro.

Con las siguientes expresiones se calcularán las fuerzas radiales y axiales:

$$F_r = F_{tg} \cdot \tan(\alpha)$$

$$F_a = F_{tg} \cdot \tan(\beta)$$

# CÁLCULOS

---

De esta manera las fuerzas obtenidas por etapa son las siguientes:

Etapa 1:

Fuerzas	
Ftg [N]	1195,54
$\alpha$ [rad]	0,37
$\beta$ [rad]	0,33
Fr [N]	463,07
Fa [N]	405,77

Etapa 2:

Fuerzas	
Ftg [N]	3386,44
$\alpha$ [rad]	0,37
$\beta$ [rad]	0,33
Fr [N]	1311,67
Fa [N]	1149,36

## 3.5 CÁLCULO A FATIGA

### 3.5.1 Parámetros y fórmulas a utilizar:

$$\text{Factor de superficie} \rightarrow k_a = a \cdot S_u^b$$

$$\text{Factor de tamaño} \rightarrow k_b = \left(\frac{d_{eje}}{7.62}\right)^{-0.107}$$

$$\text{Límite de fatiga} \rightarrow S_e = k_a \cdot k_b \cdot k_e \cdot 0.5 \cdot S_u$$

$$\text{Constante del material} \rightarrow \alpha = 0.025 \cdot \left(\frac{2070}{S_u}\right)^{1.8}$$

$$\text{Factor de sensibilidad} \rightarrow q = \frac{1}{\left(1 + \frac{\alpha}{r_{eje}}\right)}$$

$$\text{Factor de reducción del límite de fatiga por entalla} \rightarrow k_f = 1 + q \cdot (k_t - 1)$$

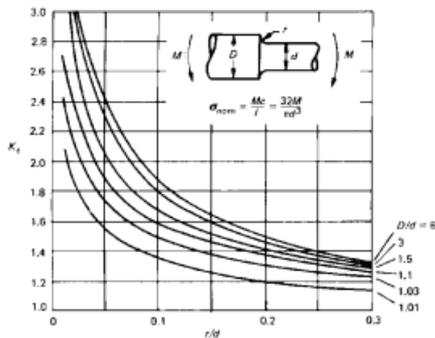
## CÁLCULOS

*Coefficiente de seguridad*  $\rightarrow X = \left( \frac{\pi \cdot d_{eje}^3 \cdot S_e}{32 \cdot M \cdot k_f} \right)$

*Confiabilidad*  $\rightarrow k_e \rightarrow$  *Tablas fiabilidad*

<b>Confiabilidad</b>	0.5	0.9	0.95	0.99	0.999	0.9999	0.99999	0.999999
<b>Factor de corrección</b>	1.0	0.897	0.868	0.814	0.753	0.702	0.659	0.620

*Factor de concentración de tensiones*  $\rightarrow k_t \rightarrow$  *Tablas*



En el caso de calcular el factor de reducción del límite de fatiga por entalla ( $k_f$ ), su valor en zonas donde no hay momento será de 1, en zonas donde haya chaveta su valor será de 2 y en zonas donde haya momento sin chaveta se calculará con la fórmula expuesta anteriormente.

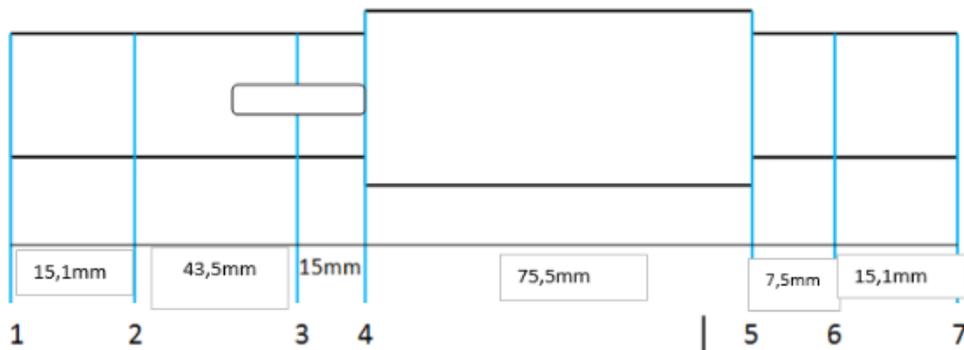
Para el cálculo del coeficiente de seguridad ( $X$ ), en zonas sin momento este tendrá un valor de infinito mientras que en zonas con momento se aplicará la fórmula correspondiente.

Los parámetros  $a$ ,  $b$ ,  $S_u$  y  $S_y$  mostrados a continuación son constantes y característicos del material empleado en los ejes.

## 3.5.2 Cálculo eje entrada

A continuación se muestra un diagrama simplificado del eje de entrada en el cual se muestran las secciones críticas ya sea por cambio de diámetro en el eje, por cargas o por reacciones como en el caso de los apoyos de los rodamientos.

### EJE ENTRADA



### 3.5.2.1 Cálculos sentido antihorario

Sección	di [mm]	Mz [N·m]	My [N·m]	M [N·m]	kf	X
1	20,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO
2	20,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO
3	20,00	19,33	36,02	40,88	2,00	2,36
4	20,00	16,37	30,51	34,62	2,05	2,71
5	20,00	1,48	2,76	3,13	2,05	30,04
6	20,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO
7	20,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO

Donde di [mm] es el diámetro mínimo de la sección.

## CÁLCULOS

Resistencia del material	
Material	Acero F - 1140
Su [MPa]	900,00
Sy [MPa]	700,00
Parámetro de ka	
a	4,51
b	-0,27
Factores	
ka	0,74
kb	0,90
ke [99%]	0,81
kt [Tablas]	2,20
Se [MPa]	245,64
peje [mm]	0,80
$\alpha$ [mm]	0,11
q	0,88

### 3.5.2.2 Cálculos sentido horario

Sección	di [mm]	Mz [N·m]	My [N·m]	M [N·m]	kf	X
1	20,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO
2	20,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO
3	20,00	16,34	36,02	39,55	2,00	2,44
4	20,00	7,26	30,51	31,36	2,05	3,00
5	20,00	0,66	2,76	2,83	2,05	33,17
6	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	INFINITO
7	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	INFINITO

Donde di [mm] es el diámetro mínimo de la sección.

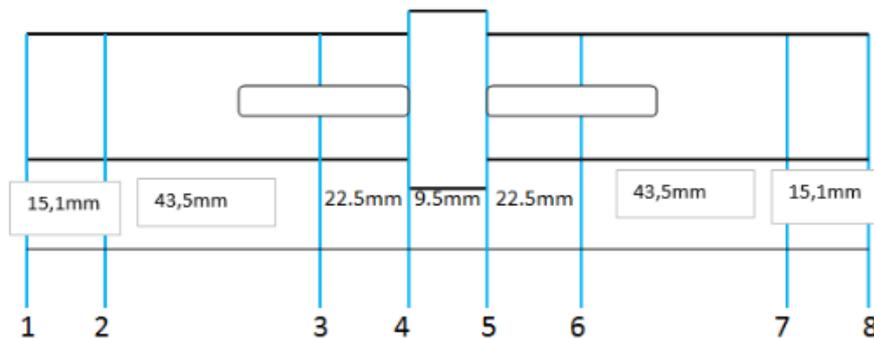
# CÁLCULOS

Resistencia del material	
Material	Acero F - 1140
Su [MPa]	900,00
Sy [MPa]	700,00
Parámetros de ka	
a	4,51
b	-0,27
Factores	
ka	0,74
kb	0,90
ke [99%]	0,81
kt [Tablas]	2,20
Se [MPa]	245,64
peje [mm]	0,80
$\alpha$ [mm]	0,11
q	0,88

### 3.5.3 Cálculo eje intermedio

A continuación se muestra un diagrama simplificado del eje intermedio en el cual se muestran las secciones críticas ya sea por cambio de diámetro en el eje, por cargas o por reacciones como en el caso de los apoyos de los rodamientos.

#### EJE INTERMEDIO



# CÁLCULOS

## 3.5.3.1 Cálculos sentido antihorario

Sección	di [mm]	Mz [N·m]	My [N·m]	M [N·m]	kf	X
1	30,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO
2	30,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO
3	30,00	14,38	81,30	82,57	2,00	3,78
4	30,00	17,72	96,46	98,07	2,67	2,38
5	30,00	19,13	102,86	104,62	2,67	2,23
6	30,00	50,60	118,01	128,40	2,00	2,43
7	30,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO
8	30,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO

Donde di [mm] es el diámetro mínimo de la sección.

Resistencia del material	
Material	Acero F - 1140
Su [MPa]	900,00
Sy [MPa]	700,00
Parámetros para ka	
a	4,51
b	-0,27
Factores	
ka	0,74
kb	0,86
ke [99%]	0,81
kt [Tablas]	2,90
Se [MPa]	235,21
peje [mm]	0,80
$\alpha$ [mm]	0,11
q	0,88

# CÁLCULOS

## 3.5.3.2 Cálculos sentido horario

Sección	di [mm]	Mz [N·m]	My [N·m]	M [N·m]	kf	X
1	30,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO
2	30,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO
3	30,00	20,87	81,30	83,94	2,00	3,71
4	30,00	14,01	96,46	97,47	2,67	2,40
5	30,00	22,97	102,86	105,39	2,67	2,22
6	30,00	44,18	118,01	126,01	2,00	2,47
7	30,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO
8	30,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO

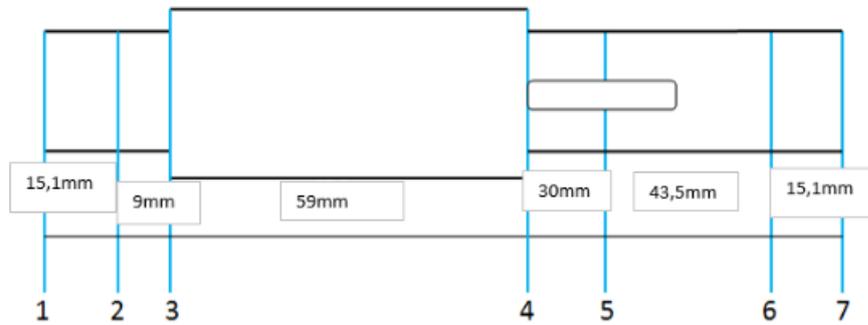
Donde di [mm] es el diámetro mínimo de la sección.

Resistencia del material	
Material	Acero F - 1140
Su [MPa]	900,00
Sy [MPa]	700,00
Parámetros para ka	
a	4,51
b	-0,27
Factores	
ka	0,74
kb	0,86
ke [99%]	0,81
kt [Tablas]	2,90
Se [MPa]	235,21
peje [mm]	0,80
α [mm]	0,11
q	0,88

## 3.5.4 Cálculo eje salida

A continuación se muestra un diagrama simplificado del eje de salida en el cual se muestran las secciones críticas ya sea por cambio de diámetro en el eje, por cargas o por reacciones como en el caso de los apoyos de los rodamientos.

## EJE SALIDA



### 3.5.4.1 Cálculos sentido antihorario

Sección	di [mm]	Mz [N·m]	My [N·m]	M [N·m]	kf	X
1	40,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO
2	40,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO
3	40,00	-10,09	9,37	13,77	2,75	37,79
4	40,00	-76,21	70,79	104,01	2,75	5,00
5	40,00	-109,83	102,02	149,90	2,00	4,78
6	40,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO
7	40,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO

Donde di [mm] es el diámetro mínimo de la sección.

## CÁLCULOS

Resistencia del material	
Material	Acero F - 1140
Su [MPa]	900,00
Sy [MPa]	700,00
Parámetros para ka	
a	4,51
b	-0,27
Factores	
ka	0,74
kb	0,84
ke [99%]	0,81
kt [Tablas]	3,00
Se [MPa]	228,08
peje [mm]	0,80
$\alpha$ [mm]	0,11
q	0,88

### 3.5.4.1 Cálculos sentido horario

Sección	di [mm]	Mz [N·m]	My [N·m]	M [N·m]	kf	X
1	40,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO
2	40,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO
3	40,00	2,83	9,37	9,79	2,75	53,16
4	40,00	21,37	70,79	73,95	2,75	7,04
5	40,00	-70,73	102,02	124,14	2,00	5,77
6	40,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO
7	40,00	0,00	0,00	0,00	1,00	INFINITO

Donde di [mm] es el diámetro mínimo de la sección.

## CÁLCULOS

---

Resistencia del material	
Material	Acero F - 1140
Su [MPa]	900,00
Sy [MPa]	700,00
Parámetros para ka	
a	4,51
b	-0,27
Factores	
ka	0,74
kb	0,84
ke [99%]	0,81
kt [Tablas]	3,00
Se [MPa]	228,08
peje [mm]	0,80
$\alpha$ [mm]	0,11
q	0,88

### 3.6 DEFORMACIÓN POR DEFLEXIÓN

En los siguientes apartados se muestran los resultados de la deformación por deflexión para cada uno de los ejes y su sentido de giro, ya sea en sentido horario o en sentido antihorario, en los planos XY y XZ.

# CÁLCULOS

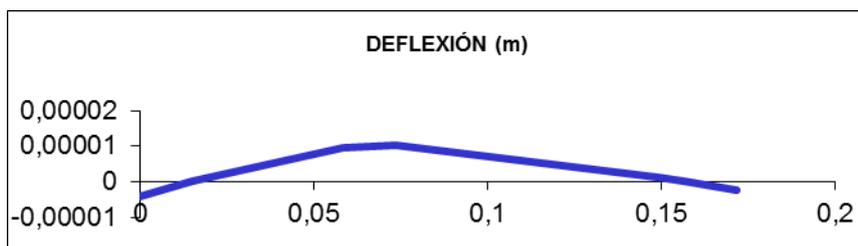
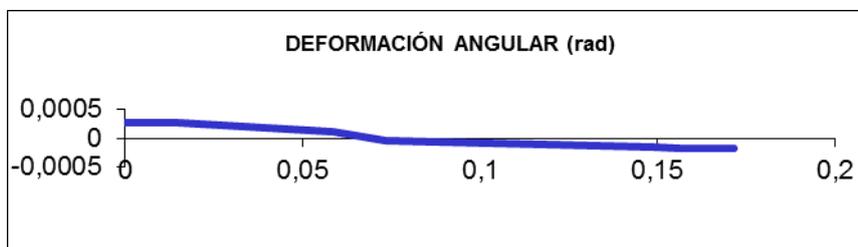
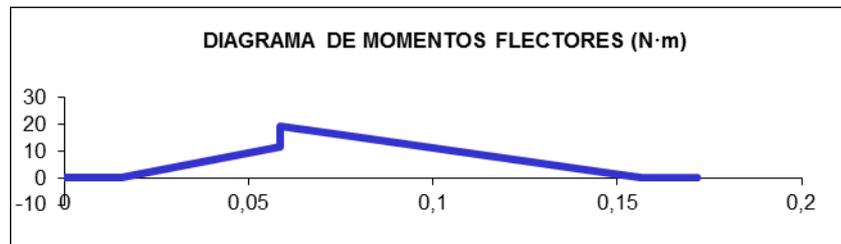
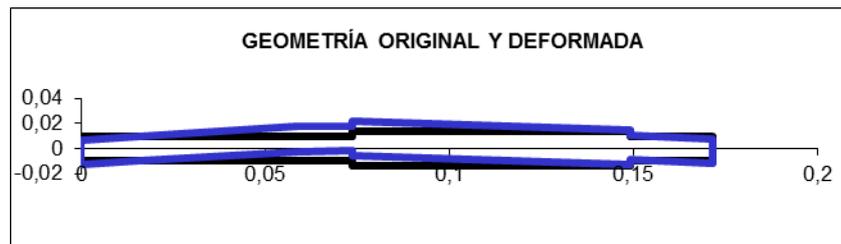
## 3.6.1 Eje de entrada

### 3.6.1.1 Plano XY

#### 3.6.1.1.1 Sentido Antihorario

<b>E(N/m<sup>2</sup>)</b>	2,1000E+11		
<b>Factor Def</b>	-1,00	(Negativo => automático)	
<b>Num Secciones</b>	7		
<b>Secc Rod A</b>	2	<b>Reacc en A(N)</b>	<b>-265,80</b>
<b>Secc Rod B</b>	6	<b>Reacc en B(N)</b>	<b>-197,27</b>

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diametro entre i e i+1 (m)	Fuerza en Sección (N)	Momento en Sección (N·m)	Diagrama de momentos (N·m)		Deformación angular (rad)	Deflexión (m)
					anterior	posterior		
1	0,00000	0,02000	0,00	0,00	0,00	0,00	2,74E-04	-4,136E-06
2	0,01510	0,02000	0,00	0,00	0,00	0,00	2,74E-04	0,000E+00
3	0,05860	0,02000	463,07	-7,77	11,56	19,33	1,21E-04	9,703E-06
4	0,07360	0,02700	0,00	0,00	16,37	16,37	-4,09E-05	1,027E-05
5	0,14910	0,02000	0,00	0,00	1,48	1,48	-1,64E-04	1,247E-06
6	0,15660	0,02000	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,67E-04	0,000E+00
7	0,17170	0,02000	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,67E-04	-2,527E-06

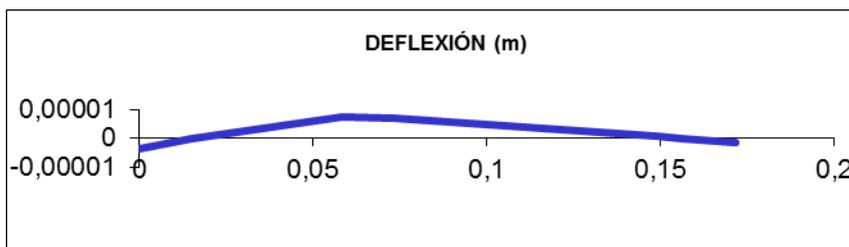
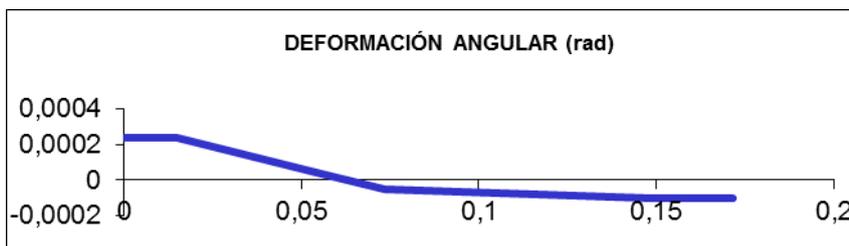
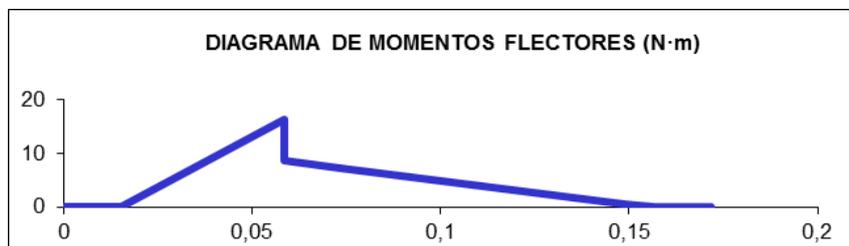
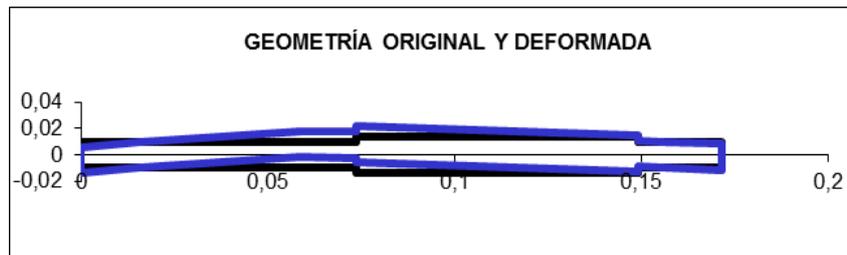


# CÁLCULOS

## 3.6.1.1.2 Sentido horario

<b>E(N/m<sup>2</sup>)</b>	2,1000E+11	
<b>Factor Def</b>	-1,00	(Negativo => automático)
<b>Num Secciones</b>	7	
<b>Secc Rod A</b>	2	<b>Reacc en A(N)</b> -375,62
<b>Secc Rod B</b>	6	<b>Reacc en B(N)</b> -87,45

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diametro entre i e i+1 (m)	Fuerza en Sección (N)	Momento en Sección (N·m)	Diagrama de momentos (N·m)		Deformación angular (rad)	Deflexión (m)
					anterior	posterior		
1	0,00000	0,02000	0,00	0,00	0,00	0,00	2,39E-04	-3,609E-06
2	0,01510	0,02000	0,00	0,00	0,00	0,00	2,39E-04	0,000E+00
3	0,05860	0,02000	463,07	7,77	16,34	8,57	2,35E-05	7,272E-06
4	0,07360	0,02700	0,00	0,00	7,26	7,26	-4,85E-05	7,070E-06
5	0,14910	0,02000	0,00	0,00	0,66	0,66	-1,03E-04	7,799E-07
6	0,15660	0,02000	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,04E-04	0,000E+00
7	0,17170	0,02000	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,04E-04	-1,578E-06



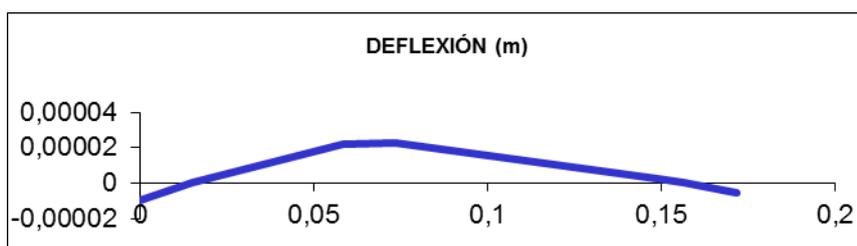
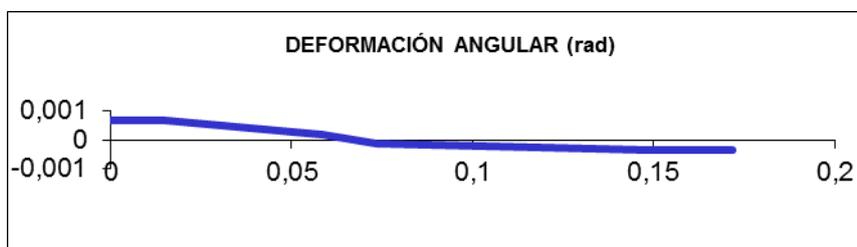
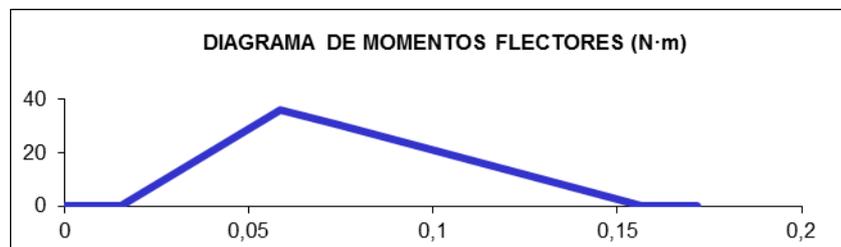
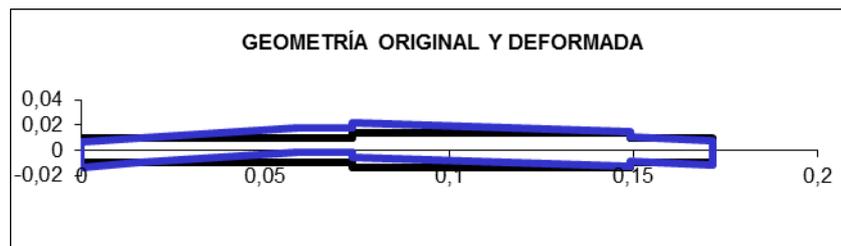
# CÁLCULOS

## 3.6.1.2 Plano XZ

### 3.6.1.2.1 Sentido antihorario

<b>E(N/m<sup>2</sup>)</b>	2,1000E+11		
<b>Factor Def</b>	-1,00	(Negativo => automático)	
<b>Num Secciones</b>	7		
<b>Secc Rod A</b>	2	<b>Reacc en A(N)</b>	<b>-828,01</b>
<b>Secc Rod B</b>	6	<b>Reacc en B(N)</b>	<b>-367,53</b>

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diametro entre i e i+1 (m)	Fuerza en Sección (N)	Momento en Sección (N·m)	Diagrama de momentos (N·m)		Deformación angular (rad)	Deflexión (m)
					anterior	posterior		
1	0,00000	0,02000	0,00	0,00	0,00	0,00	6,62E-04	-9,997E-06
2	0,01510	0,02000	0,00	0,00	0,00	0,00	6,62E-04	0,000E+00
3	0,05860	0,02000	1195,54	0,00	36,02	36,02	1,87E-04	2,191E-05
4	0,07360	0,02700	0,00	0,00	30,51	30,51	-1,15E-04	2,239E-05
5	0,14910	0,02000	0,00	0,00	2,76	2,76	-3,45E-04	2,616E-06
6	0,15660	0,02000	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,51E-04	0,000E+00
7	0,17170	0,02000	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,51E-04	-5,298E-06

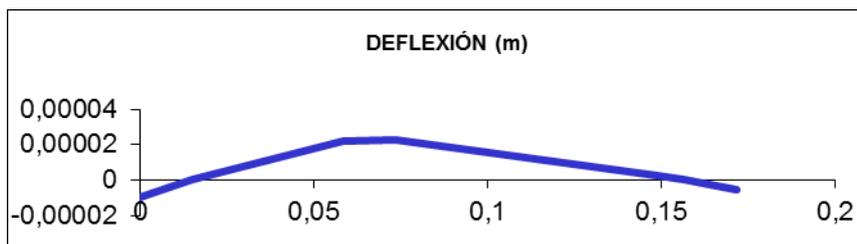
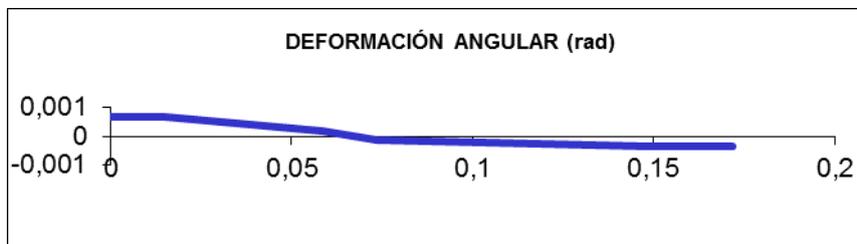
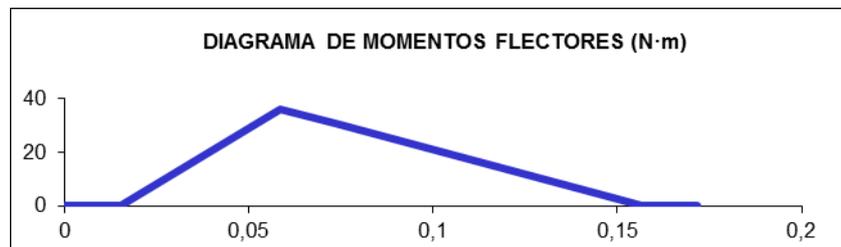
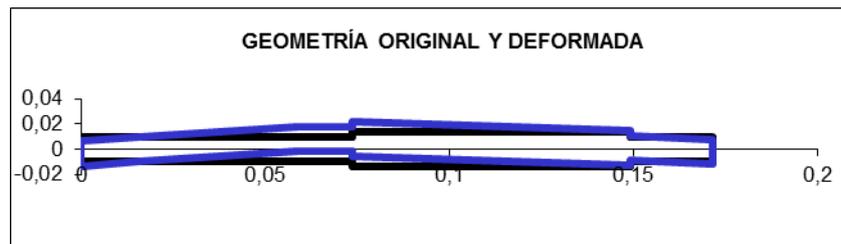


# CÁLCULOS

## 3.6.1.2.2 Sentido horario

<b>E(N/m<sup>2</sup>)</b>	2,1000E+11		
<b>Factor Def</b>	-1,00	(Negativo => automático)	
<b>Num Secciones</b>	7		
<b>Secc Rod A</b>	2	<b>Reacc en A(N)</b>	<b>-828,01</b>
<b>Secc Rod B</b>	6	<b>Reacc en B(N)</b>	<b>-367,53</b>

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diametro entre i e i+1 (m)	Fuerza en Sección (N)	Momento en Sección (N·m)	Diagrama de momentos		Deformación angular (rad)	Deflexión (m)
					anterior (N·m)	posterior (N·m)		
1	0,00000	0,02000	0,00	0,00	0,00	0,00	6,62E-04	-9,997E-06
2	0,01510	0,02000	0,00	0,00	0,00	0,00	6,62E-04	0,000E+00
3	0,05860	0,02000	1195,54	0,00	36,02	36,02	1,87E-04	2,191E-05
4	0,07360	0,02700	0,00	0,00	30,51	30,51	-1,15E-04	2,239E-05
5	0,14910	0,02000	0,00	0,00	2,76	2,76	-3,45E-04	2,616E-06
6	0,15660	0,02000	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,51E-04	0,000E+00
7	0,17170	0,02000	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,51E-04	-5,298E-06



# CÁLCULOS

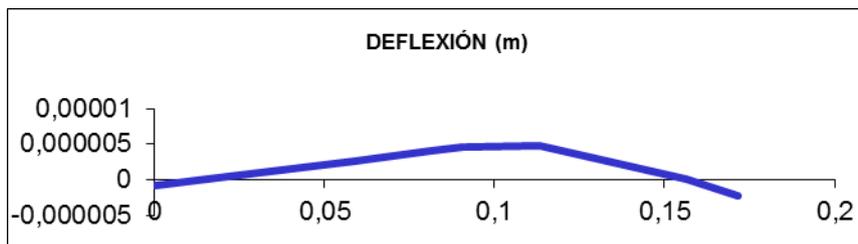
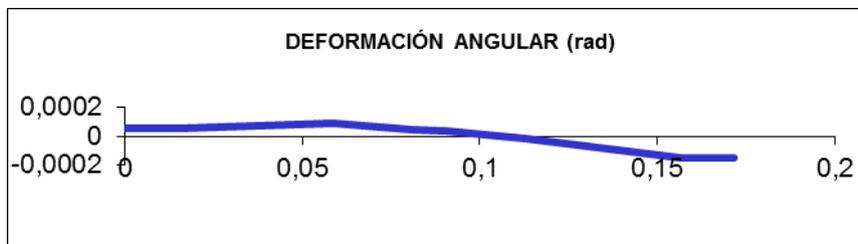
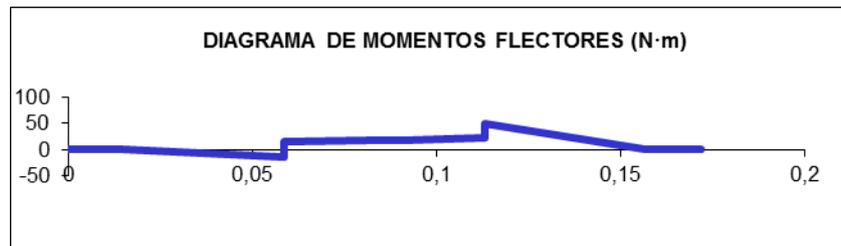
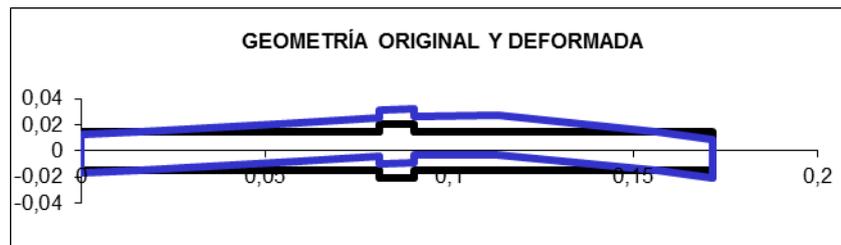
## 3.6.2 Eje intermedio

### 3.6.2.1 Plano XY

#### 3.6.2.1.1 Sentido Antihorario

<b>E(N/m<sup>2</sup>)</b>	2,1000E+11	
<b>Factor Def</b>	-1,00	(Negativo => automático)
<b>Num Secciones</b>	8	
<b>Secc Rod A</b>	2	<b>Reacc en A(N)</b> 314,65
<b>Secc Rod B</b>	7	<b>Reacc en B(N)</b> -1163,25

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diametro entre i e i+1 (m)	Fuerza en Sección (N)	Momento en Sección (N·m)	Diagrama de momentos anterior (N·m)	Diagrama de momentos posterior (N·m)	Deformación angular (rad)	Deflexión (m)
1	0,00000	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	4,96E-05	-7,496E-07
2	0,01510	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	4,96E-05	0,000E+00
3	0,05860	0,03000	-463,07	-28,07	-13,69	14,38	8,53E-05	2,676E-06
4	0,08110	0,04100	0,00	0,00	17,72	17,72	4,20E-05	4,126E-06
5	0,09060	0,03000	0,00	0,00	19,13	19,13	3,60E-05	4,497E-06
6	0,11310	0,03000	1311,67	-28,13	22,47	50,60	-2,00E-05	4,694E-06
7	0,15660	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,52E-04	0,000E+00
8	0,17170	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00015184	-2,293E-06

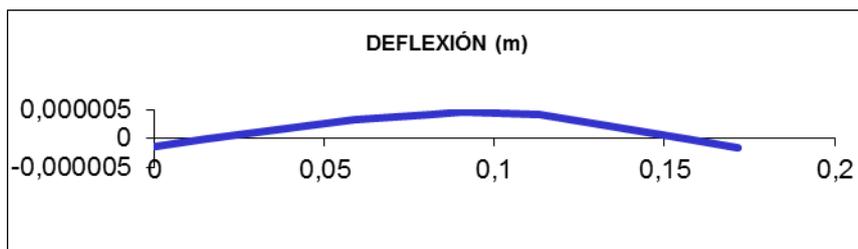
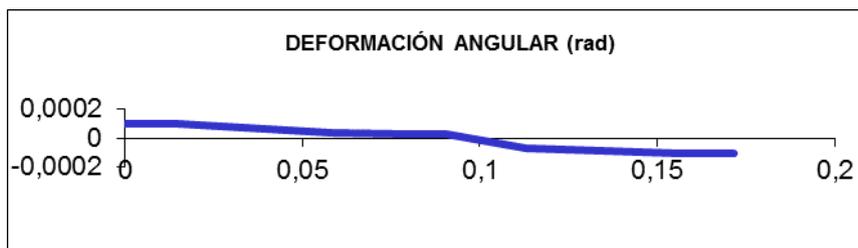
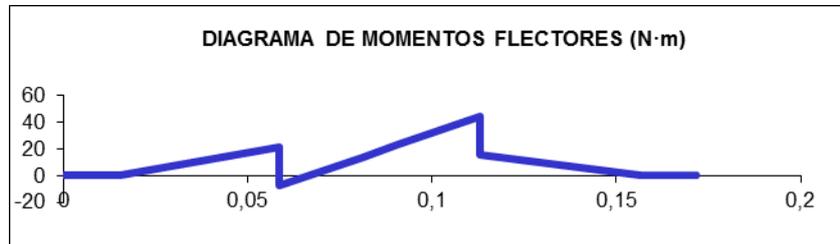
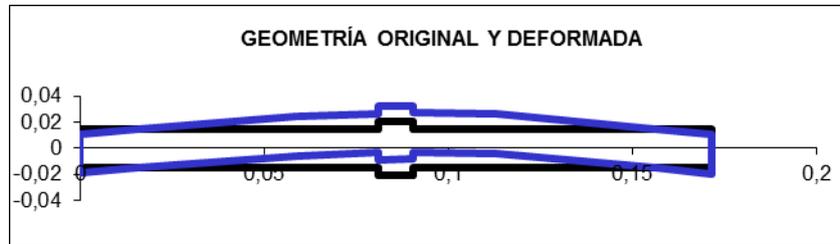


# CÁLCULOS

## 3.6.2.1.2 Sentido horario

<b>E(N/m<sup>2</sup>)</b>	2,1000E+11		
<b>Factor Def</b>	-1,00	(Negativo => automático)	
<b>Num Secciones</b>	8		
<b>Secc Rod A</b>	2	<b>Reacc en A(N)</b>	<b>-479,69</b>
<b>Secc Rod B</b>	7	<b>Reacc en B(N)</b>	<b>-368,91</b>

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diametro entre i e i+1 (m)	Fuerza en Sección (N)	Momento en Sección (N·m)	Diagrama de momentos		Deformación angular (rad)	Deflexión (m)
					anterior (N·m)	posterior (N·m)		
1	0,00000	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	9,39E-05	-1,418E-06
2	0,01510	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	9,39E-05	0,000E+00
3	0,05860	0,03000	-463,07	28,07	20,87	-7,20	3,95E-05	3,296E-06
4	0,08110	0,04100	0,00	0,00	14,01	14,01	3,04E-05	4,190E-06
5	0,09060	0,03000	0,00	0,00	22,97	22,97	2,43E-05	4,452E-06
6	0,11310	0,03000	1311,67	28,13	44,18	16,05	-6,61E-05	4,089E-06
7	0,15660	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,08E-04	0,000E+00
8	0,17170	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00010793	-1,630E-06



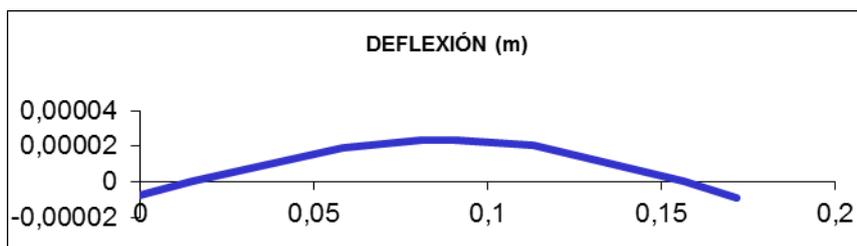
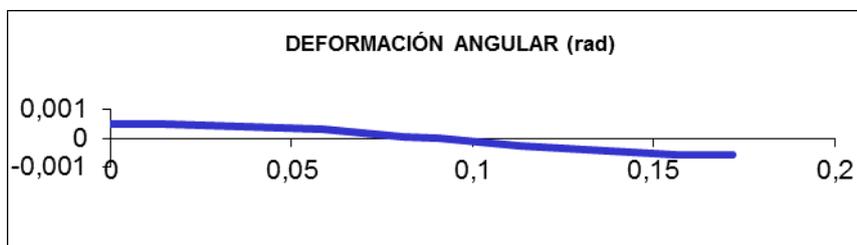
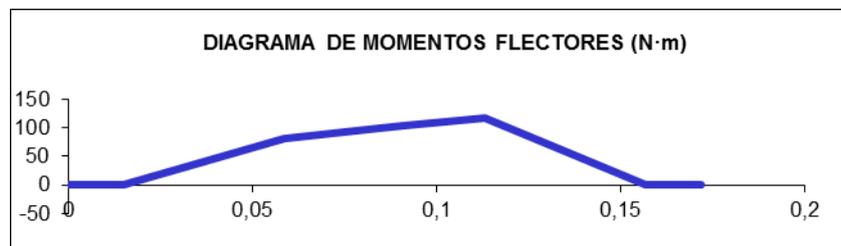
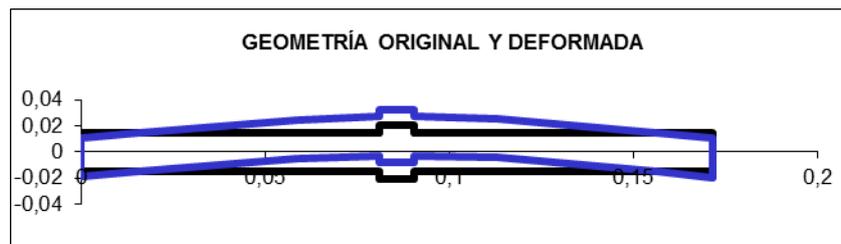
# CÁLCULOS

## 3.6.2.2 Plano XZ

### 3.6.2.2.1 Sentido Antihorario

<b>E(N/m<sup>2</sup>)</b>	2,1000E+11		
<b>Factor Def</b>	-1,00	(Negativo => automático)	
<b>Num Secciones</b>	8		
<b>Secc Rod A</b>	2	<b>Reacc en A(N)</b>	<b>-1869,07</b>
<b>Secc Rod B</b>	7	<b>Reacc en B(N)</b>	<b>-2712,91</b>

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diametro entre i e i+1 (m)	Fuerza en Sección (N)	Momento en Sección (N·m)	Diagrama de momentos (N·m)		Deformación angular (rad)	Deflexión (m)
					anterior	posterior		
1	0,00000	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	5,09E-04	-7,679E-06
2	0,01510	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	5,09E-04	0,000E+00
3	0,05860	0,03000	1195,54	0,00	81,30	81,30	2,97E-04	1,905E-05
4	0,08110	0,04100	0,00	0,00	96,46	96,46	5,72E-05	2,311E-05
5	0,09060	0,03000	0,00	0,00	102,86	102,86	2,47E-05	2,350E-05
6	0,11310	0,03000	3386,44	0,00	118,01	118,01	-2,73E-04	2,078E-05
7	0,15660	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,80E-04	0,000E+00
8	0,17170	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00058027	-8,762E-06

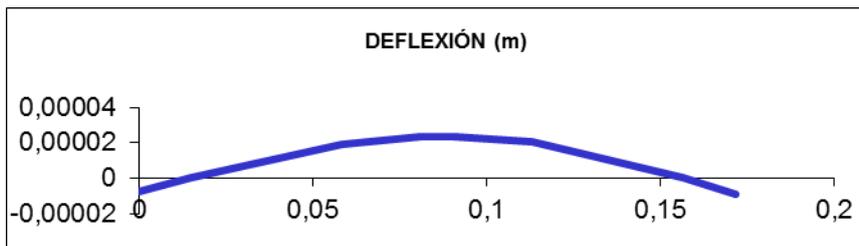
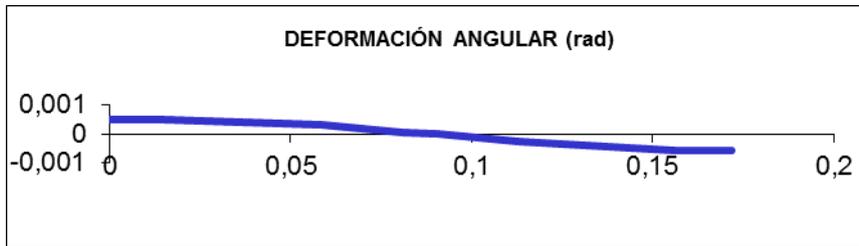
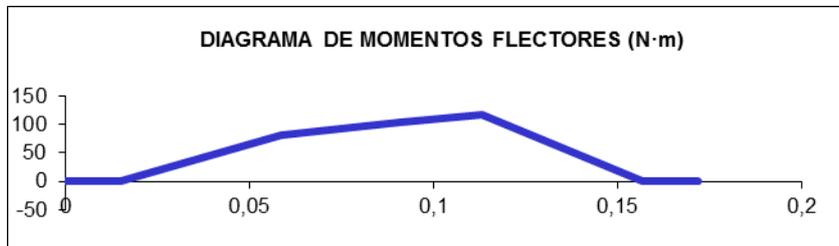
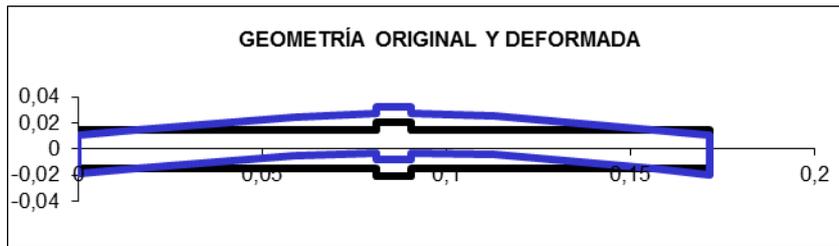


# CÁLCULOS

## 3.6.2.2.2 Sentido horario

<b>E(N/m<sup>2</sup>)</b>	2,1000E+11	
<b>Factor Def</b>	-1,00	(Negativo => automático)
<b>Num Secciones</b>	8	
<b>Secc Rod A</b>	2	<b>Reacc en A(N)</b> -1869,07
<b>Secc Rod B</b>	7	<b>Reacc en B(N)</b> -2712,91

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diametro entre i e i+1 (m)	Fuerza en Sección (N)	Momento en Sección (N·m)	Diagrama de momentos		Deformación angular (rad)	Deflexión (m)
					anterior (N·m)	posterior (N·m)		
1	0,00000	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	5,09E-04	-7,679E-06
2	0,01510	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	5,09E-04	0,000E+00
3	0,05860	0,03000	1195,54	0,00	81,30	81,30	2,97E-04	1,905E-05
4	0,08110	0,04100	0,00	0,00	96,46	96,46	5,72E-05	2,311E-05
5	0,09060	0,03000	0,00	0,00	102,86	102,86	2,47E-05	2,350E-05
6	0,11310	0,03000	3386,44	0,00	118,01	118,01	-2,73E-04	2,078E-05
7	0,15660	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,80E-04	0,000E+00
8	0,17170	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00058027	-8,762E-06



# CÁLCULOS

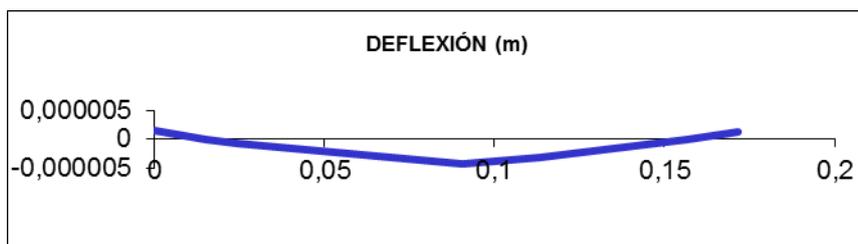
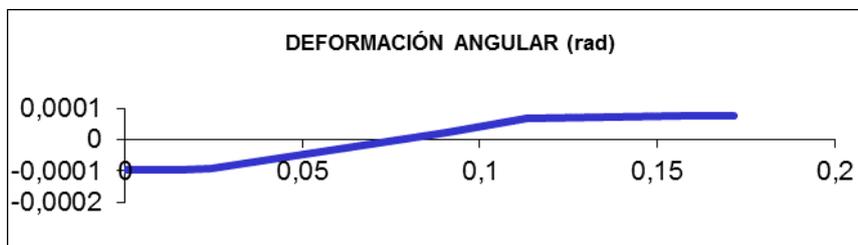
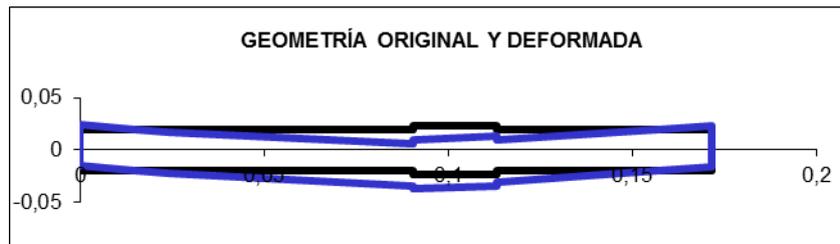
## 3.6.3 Eje de salida

### 3.6.3.1 Plano XY

#### 3.6.3.1.1 Sentido Antihorario

<b>E(N/m<sup>2</sup>)</b>	2,1000E+11		
<b>Factor Def</b>	-1,00	(Negativo => automático)	
<b>Num Secciones</b>	7		
<b>Secc Rod A</b>	2	<b>Reacc en A(N)</b>	1120,69
<b>Secc Rod B</b>	6	<b>Reacc en B(N)</b>	190,98

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diametro entre i e i+1 (m)	Fuerza en Sección (N)	Momento en Sección (N·m)	Diagrama de momentos		Deformación angular (rad)	Deflexión (m)
					anterior (N·m)	posterior (N·m)		
1	0,00000	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	-9,07E-05	1,370E-06
2	0,01510	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	-9,07E-05	0,000E+00
3	0,02410	0,04000	0,00	0,00	-10,09	-10,09	-8,90E-05	-8,113E-07
4	0,08310	0,04700	0,00	0,00	-76,21	-76,21	7,47E-06	-3,943E-06
5	0,11310	0,04000	-1311,67	-101,52	-109,83	-8,31	6,29E-05	-2,937E-06
6	0,15660	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	6,98E-05	0,000E+00
7	0,17170	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	6,98E-05	1,054E-06

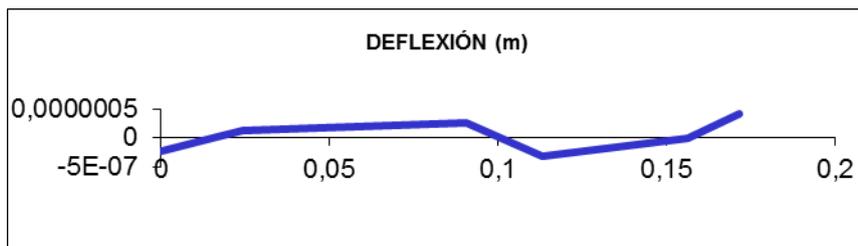
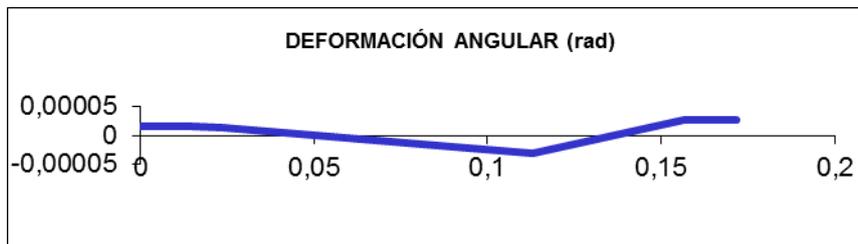
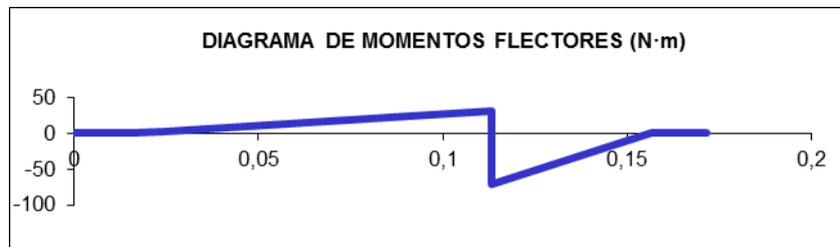
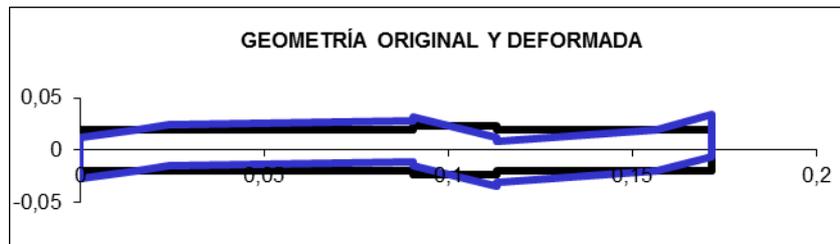


# CÁLCULOS

## 3.6.3.1.2 Sentido horario

<b>E(N/m<sup>2</sup>)</b>	2,1000E+11	
<b>Factor Def</b>	-1,00	(Negativo => automático)
<b>Num Secciones</b>	7	
<b>Secc Rod A</b>	2	<b>Reacc en A(N)</b> -314,22
<b>Secc Rod B</b>	6	<b>Reacc en B(N)</b> 1625,89

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diametro entre i e i+1 (m)	Fuerza en Sección (N)	Momento en Sección (N·m)	Diagrama de momentos		Deformación angular (rad)	Deflexión (m)
					anterior (N·m)	posterior (N·m)		
1	0,00000	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	1,31E-05	-1,977E-07
2	0,01510	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	1,31E-05	0,000E+00
3	0,02410	0,04000	0,00	0,00	2,83	2,83	1,26E-05	1,164E-07
4	0,08310	0,04700	0,00	0,00	21,37	21,37	-1,44E-05	2,664E-07
5	0,11310	0,04000	-1311,67	101,52	30,79	-70,73	-3,00E-05	-3,859E-07
6	0,15660	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	2,83E-05	0,000E+00
7	0,17170	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	2,83E-05	4,274E-07



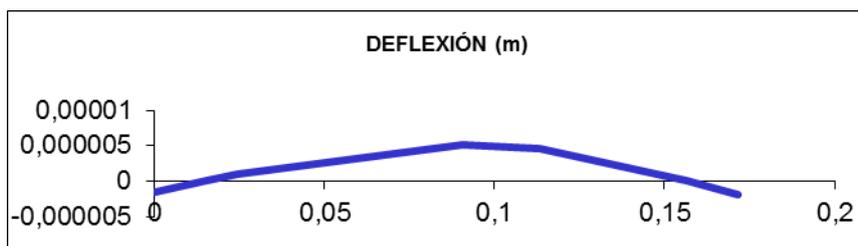
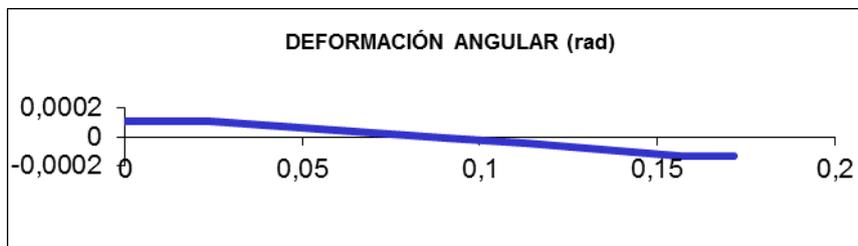
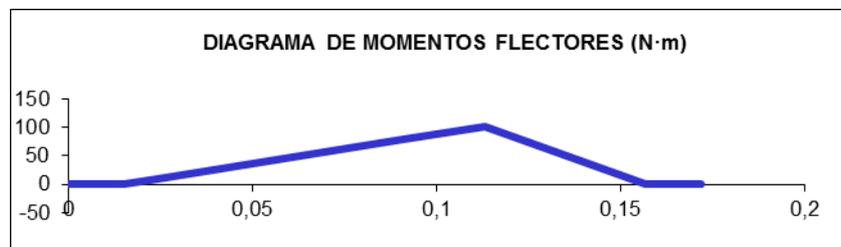
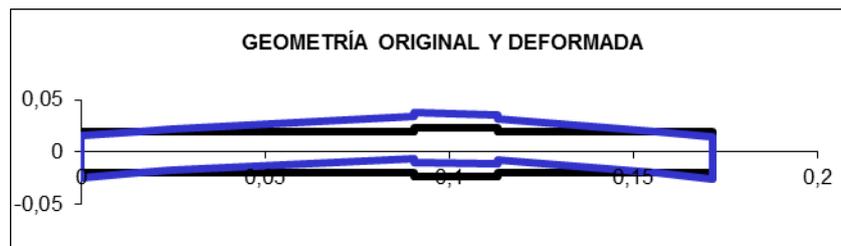
# CÁLCULOS

## 3.6.3.2 Plano XZ

### 3.6.3.2.1 Sentido Antihorario

<b>E(N/m<sup>2</sup>)</b>	2,1000E+11		
<b>Factor Def</b>	-1,00	(Negativo => automático)	
<b>Num Secciones</b>	7		
<b>Secc Rod A</b>	2	<b>Reacc en A(N)</b>	<b>-1041,06</b>
<b>Secc Rod B</b>	6	<b>Reacc en B(N)</b>	<b>-2345,38</b>

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diametro entre i e i+1 (m)	Fuerza en Sección (N)	Momento en Sección (N·m)	Diagrama de momentos (N·m)		Deformación angular (rad)	Deflexión (m)
					anterior	posterior		
1	0,00000	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00E-04	-1,513E-06
2	0,01510	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00E-04	0,000E+00
3	0,02410	0,04000	0,00	0,00	9,37	9,37	9,86E-05	8,970E-07
4	0,08310	0,04700	0,00	0,00	70,79	70,79	8,99E-06	4,746E-06
5	0,11310	0,04000	3386,44	0,00	102,02	102,02	-4,25E-05	4,289E-06
6	0,15660	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,27E-04	0,000E+00
7	0,17170	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,27E-04	-1,912E-06

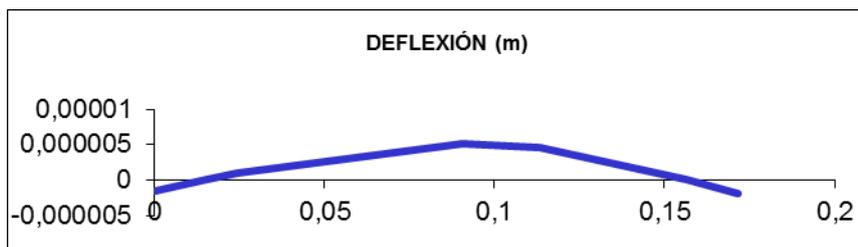
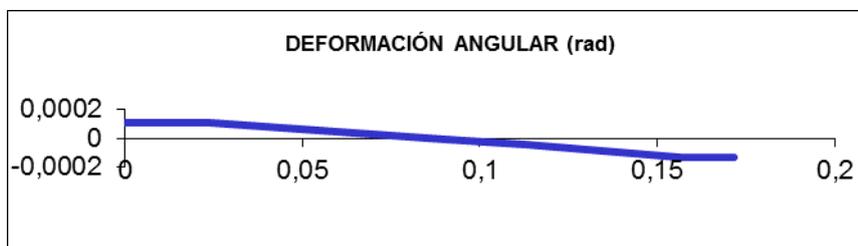
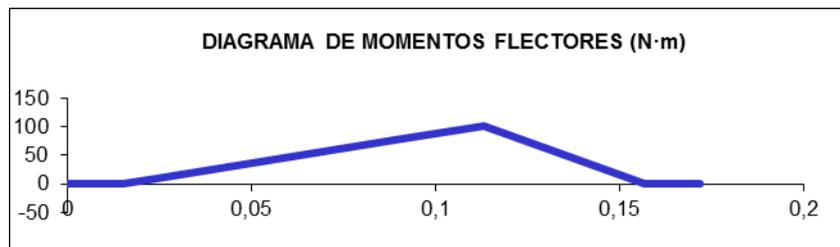
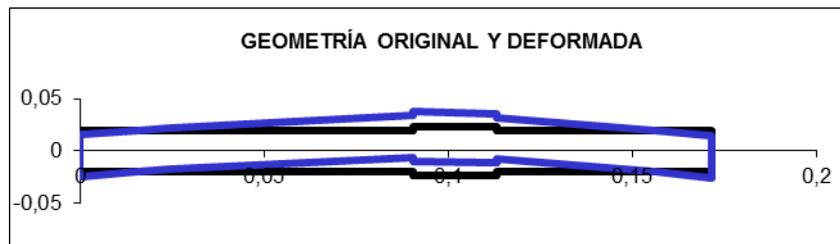


# CÁLCULOS

## 3.6.3.2.2 Sentido horario

<b>E(N/m<sup>2</sup>)</b>	2,1000E+11		
<b>Factor Def</b>	-1,00	(Negativo => automático)	
<b>Num Secciones</b>	7		
<b>Secc Rod A</b>	2	<b>Reacc en A(N)</b>	<b>-1041,06</b>
<b>Secc Rod B</b>	6	<b>Reacc en B(N)</b>	<b>-2345,38</b>

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diametro entre i e i+1 (m)	Fuerza en Sección (N)	Momento en Sección (N·m)	Diagrama de momentos (N·m)		Deformación angular (rad)	Deflexión (m)
					anterior	posterior		
1	0,00000	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00E-04	-1,513E-06
2	0,01510	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00E-04	0,000E+00
3	0,02410	0,04000	0,00	0,00	9,37	9,37	9,86E-05	8,970E-07
4	0,08310	0,04700	0,00	0,00	70,79	70,79	8,99E-06	4,746E-06
5	0,11310	0,04000	3386,44	0,00	102,02	102,02	-4,25E-05	4,289E-06
6	0,15660	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,27E-04	0,000E+00
7	0,17170	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,27E-04	-1,912E-06



## 4. RODAMIENTOS

### 4.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE RODAMIENTOS

Los cálculos que se muestran a continuación muestran si el rodamiento seleccionado es válido o no para cada uno de los ejes del reductor. En caso de que un rodamiento no sea válido se considerará uno de mayor tamaño.

Se ha de tener en cuenta que el reductor ha sido diseñado para que pueda girar tanto en sentido horario como en sentido antihorario. Por esta razón, dependiendo del sentido de giro de los ejes los rodamientos actuarán como apoyo libre o como apoyo fijo.

Se utilizarán únicamente rodamientos rígidos de bolas de una sola hilera sin tapa.

### 4.2 CÁLCULO DE RODAMIENTOS

Para el cálculo de los rodamientos se procederá siguiendo los siguientes puntos:

1. Reacciones y fuerzas actuantes sobre el rodamiento.
2. Aporte de datos.
3. Cálculo de aiso.
4. Cálculo de capacidad de carga (C) necesario.

Tras realizar estos cuatro pasos comprobaremos si el rodamiento cumple con los requisitos exigidos o no es válido y hay que sustituirlo por otro mayor (en caso de que la C necesaria sea mayor que la C del rodamiento) o por otro menor (en caso de que la C necesaria sea mucho menor a la C del rodamiento).

Los parámetros necesarios para calcular los rodamientos y sus correspondientes fórmulas se muestran a continuación:

$R_Y$  → Reacción en el plano XY.

$R_Z$  → Reacción en el plano XZ.

$F_{rad}$  → Módulo de las reacciones  $R_Z$  y  $R_Y$ .

$F_{Ax}$  → Fuerza axial que incide sobre el rodamiento.

$L$  → Vida de cálculo del rodamiento.

## CÁLCULOS

---

$a_1 \rightarrow$  Fiabilidad del rodamiento (99% en este caso).

$n \rightarrow$  velocidad angular del eje.

$d_{eje} \rightarrow$  diámetro del eje.

$q \rightarrow$  constante de rodamiento rígido de bolas.

$\nu_{40} \rightarrow$  Viscosidad con temperatura de operación 40°C.

$\nu_{100} \rightarrow$  Viscosidad con temperatura de operación 100°C.

$T_{Trabajo} \rightarrow$  Temperatura de trabajo en grados.

$\eta_c \rightarrow$  Nivel de contaminación del lubricante.

$$\nu_{75} = 10^{10 \left( A - B \cdot (\text{LOG}_{10}(T_{Trabajo})) \right) - 0.7} \rightarrow (\text{Temperaturas en Kelvin})$$

$$A = \text{LOG}_{10}(\text{LOG}_{10}(\nu_{100} + 0.7)) + B \cdot \text{LOG}_{10}(T_b) \rightarrow (\text{Temperatura en Kelvin})$$

$$B = \frac{(\text{LOG}_{10}(\text{LOG}_{10}(\nu_{100} + 0.7)) - \text{LOG}_{10}(\text{LOG}_{10}(\nu_{40} + 0.7)))}{\text{LOG}_{10}(T_a) - \text{LOG}_{10}(T_b)} \rightarrow (\text{Temperatura en Kelvin})$$

$$d_m (\text{diámetro medio}) = \frac{d_{eje} + D_{rodamiento}}{2}$$

$$\text{Si } n > 1000 \text{rpm} \rightarrow \nu_1 (\text{viscosidad relativa}) = \frac{4500}{\sqrt{n \cdot d_m}}$$

$$\text{Si } n < 1000 \text{rpm} \rightarrow \nu_1 = \frac{45000}{\sqrt{n^{1.667} \cdot d_m}}$$

$$\kappa (\text{coeficiente kappa}) = \frac{\nu_{75}}{\nu_1}$$

$f_0 \rightarrow$  Factor de cálculo.

$C_0 \rightarrow$  Capacidad de carga estática.

$C \rightarrow$  Capacidad de carga dinámica.

$P_u \rightarrow$  Carga límite de fatiga.

Sacar  $e, x, y$  de tablas dependiendo de  $\frac{f_0 \cdot F_a}{C_0} \rightarrow$

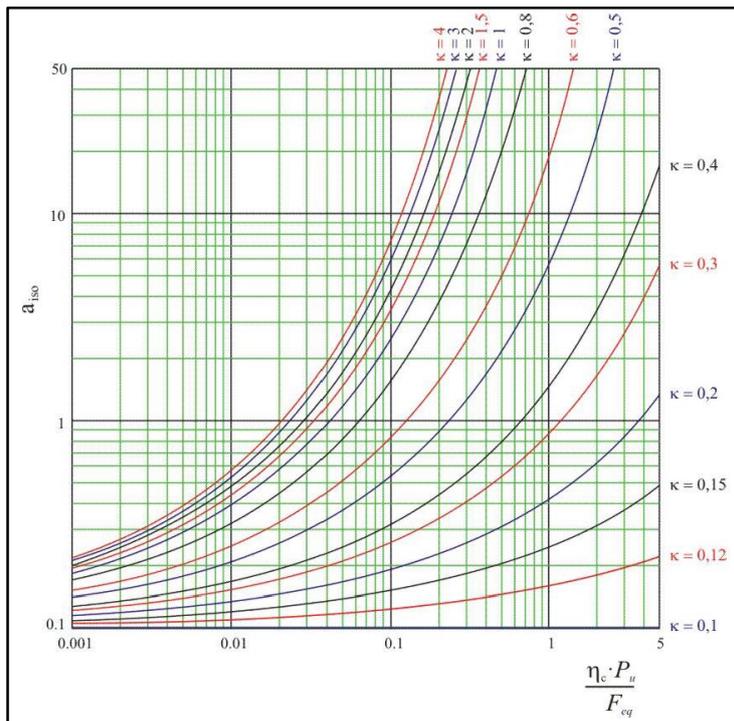
# CÁLCULOS

		$F_d/F_r > e$	
$f_0 F_d/C_0$	$e$	$x$	$y$
0.3	0.22	0.56	2.00
0.5	0.24	0.56	1.80
0.9	0.28	0.56	1.58
1.6	0.32	0.56	1.40
3.0	0.36	0.56	1.20
6.0	0.43	0.56	1.00

Si  $\frac{F_{ax}}{F_r} < e \rightarrow F_{equivalente} = F_r$

$\frac{F_{ax}}{F_r} > e \rightarrow F_{equivalente} = X \cdot F_r + Y \cdot F_{ax}$

Sacar  $a_{iso}$  de las tablas dependiendo de  $\frac{\eta_c \cdot P_u}{F_{equivalente}}$  y  $\kappa \rightarrow$



$$C_{necesario} = F_{equivalente} \cdot \left( \frac{L}{a_1 \cdot 10^6 \cdot a_{iso}} \right)^{\frac{1}{q}}$$

# CÁLCULOS

## 4.2.1 Eje de entrada

### 4.2.1.1 Sentido antihorario

RODAMIENTO IZQ		RODAMIENTO DER	
Reacciones		Reacciones	
RYA [N]	-265,80	RYB [N]	-197,27
RZA [N]	-828,01	RZB [N]	-367,53
Fuerzas		Fuerzas	
F <sub>RadA</sub> [N]	869,63	F <sub>RadB</sub> [N]	417,13
F <sub>Ax</sub> A [N]	0,00	F <sub>Ax</sub> B [N]	405,77
DATOS		DATOS	
L [h]	20000	L [h]	20000
a <sub>1</sub>	0,25	a <sub>1</sub>	0,25
n [rpm]	3000	n [rpm]	3000
deje [mm]	20	deje [mm]	20
q	3	q	3
v <sub>40°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	320	v <sub>40°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	320
v <sub>100°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	25	v <sub>100°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	25
T <sub>trabajo</sub> [°C]	75	T <sub>trabajo</sub> [°C]	75
η <sub>c</sub>	0,4	η <sub>c</sub>	0,4
L [rev]	3,60E+09	L [rev]	3,60E+09
T <sub>a</sub> [°C]	40	T <sub>a</sub> [°C]	40
T <sub>b</sub> [°C]	100	T <sub>b</sub> [°C]	100
B	3,280	B	3,28
A	8,584	A	8,58
v <sub>75°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	58,208	v <sub>75°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	58,21
CÁLCULO aiso		CÁLCULO aiso	
d <sub>m</sub> [mm]	36	d <sub>m</sub> [mm]	36,000
v <sub>1</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	13,693	v <sub>1</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	13,693
κ	4,251	κ	4,251
(f <sub>0</sub> -F <sub>a</sub> )/C <sub>0</sub>	0	(f <sub>0</sub> -F <sub>a</sub> )/C <sub>0</sub>	0,624
e	0,22	e	0,240
F <sub>Ax</sub> /F <sub>rad</sub>	0	F <sub>Ax</sub> /F <sub>rad</sub>	0,973
Si e < F <sub>Ax</sub> /F <sub>rad</sub>		Si e < F <sub>Ax</sub> /F <sub>rad</sub>	
x	0,56	x	0,56
y	2,00	y	1,80
F <sub>equ</sub> [N]	869,626	F <sub>equ</sub> [N]	963,98
η <sub>c</sub> -P <sub>u</sub> /F <sub>equ</sub>	0,154	η <sub>c</sub> -P <sub>u</sub> /F <sub>equ</sub>	0,14
κ	4,251	κ	4,25
a <sub>iso</sub>	14	a <sub>iso</sub>	13
C <sub>nec</sub> [N]	8778,31	C <sub>nec</sub> [N]	9974,08
C <sub>nec</sub> < C CUMPLE		C <sub>nec</sub> < C CUMPLE	

# CÁLCULOS

## 4.2.1.2 Sentido horario

RODAMIENTO IZQ		RODAMIENTO DER	
Reacciones		Reacciones	
RYA [N]	-375,62	RYB [N]	-87,45
RZA [N]	-828,01	RZB [N]	-367,53
Fuerzas		Fuerzas	
F <sub>RadA</sub> [N]	909,23	F <sub>RadB</sub> [N]	377,79
F <sub>AxA</sub> [N]	405,77	F <sub>AxB</sub> [N]	0,00
DATOS		DATOS	
L [h]	20000	L [h]	20000
a1	0,25	a1	0,25
n [rpm]	3000	n [rpm]	3000
deje [mm]	20	deje [mm]	20
q	3	q	3
v <sub>40°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	320	v <sub>40°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	320
v <sub>100°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	25	v <sub>100°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	25
T <sub>trabajo</sub> [°C]	75	T <sub>trabajo</sub> [°C]	75
η <sub>c</sub>	0,4	η <sub>c</sub>	0,4
L [rev]	3,60E+09	L [rev]	3,60E+09
T <sub>a</sub> [°C]	40	T <sub>a</sub> [°C]	40
T <sub>b</sub> [°C]	100	T <sub>b</sub> [°C]	100
B	3,280	B	3,28
A	8,584	A	8,58
v <sub>75°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	58,208	v <sub>75°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	58,21
CÁLCULO aiso		CÁLCULO aiso	
d <sub>m</sub> [mm]	36	d <sub>m</sub> [mm]	36,000
v <sub>1</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	13,693	v <sub>1</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	13,693
κ	4,251	κ	4,251
(f <sub>0</sub> -F <sub>a</sub> )/C <sub>0</sub>	0,624	(f <sub>0</sub> -F <sub>a</sub> )/C <sub>0</sub>	0,000
e	0,24	e	0,220
F <sub>ax</sub> /F <sub>rad</sub>	0,446	F <sub>ax</sub> /F <sub>rad</sub>	0,000
Si e < F <sub>ax</sub> /F <sub>rad</sub>		Si e < F <sub>ax</sub> /F <sub>rad</sub>	
x	0,56	x	0,56
y	1,80	y	2,00
F <sub>equ</sub> [N]	1239,552	F <sub>equ</sub> [N]	377,79
η <sub>c</sub> -P <sub>u</sub> /F <sub>equ</sub>	0,108	η <sub>c</sub> -P <sub>u</sub> /F <sub>equ</sub>	0,355
κ	4,251	κ	4,25
a <sub>iso</sub>	10	a <sub>iso</sub>	50
C <sub>nec</sub> [N]	13997,56	C <sub>nec</sub> [N]	2494,87
C <sub>nec</sub> < C CUMPLE		C <sub>nec</sub> < C CUMPLE	

# CÁLCULOS

## 4.2.2 Eje intermedio

### 4.2.2.1 Sentido antihorario

RODAMIENTO IZQ		RODAMIENTO DER	
Reacciones		Reacciones	
RYA [N]	314,65	RYB [N]	-1163,25
RZA [N]	-1869,07	RZB [N]	-2712,91
Fuerzas		Fuerzas	
F <sub>RadA</sub> [N]	1895,37	F <sub>RadB</sub> [N]	2951,78
F <sub>Ax</sub> A [N]	405,77	F <sub>Ax</sub> B [N]	1149,36
DATOS		DATOS	
L [h]	20000	L [h]	20000
a1	0,25	a1	0,25
n [rpm]	828,87	n [rpm]	828,87
d <sub>eje</sub> [mm]	30	d <sub>eje</sub> [mm]	30
q	3	q	3
v <sub>40°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	320	v <sub>40°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	320
v <sub>100°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	25	v <sub>100°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	25
T <sub>trabajo</sub> [°C]	75	T <sub>trabajo</sub> [°C]	75
η <sub>c</sub>	0,4	η <sub>c</sub>	0,4
L [rev]	9,95E+08	L [rev]	9,95E+08
T <sub>a</sub> [°C]	40	T <sub>a</sub> [°C]	40
T <sub>b</sub> [°C]	100	T <sub>b</sub> [°C]	100
B	3,280	B	3,28
A	8,584	A	8,58
v <sub>75°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	58,208	v <sub>75°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	58,21
CÁLCULO a <sub>iso</sub>		CÁLCULO a <sub>iso</sub>	
d <sub>m</sub> [mm]	60	d <sub>m</sub> [mm]	60,00
v <sub>1</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	21,457	v <sub>1</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	21,457
κ	2,713	κ	2,713
(f <sub>0</sub> -F <sub>a</sub> )/C <sub>0</sub>	0,208	(f <sub>0</sub> -F <sub>a</sub> )/C <sub>0</sub>	0,589
e	0,22	e	0,240
F <sub>ax</sub> /F <sub>rad</sub>	0,214	F <sub>ax</sub> /F <sub>rad</sub>	0,389
Si e < F <sub>ax</sub> /F <sub>rad</sub>		Si e < F <sub>ax</sub> /F <sub>rad</sub>	
x	0,56	x	0,56
y	2,00	y	1,80
F <sub>equ</sub> [N]	1895,370	F <sub>equ</sub> [N]	3721,85
η <sub>c</sub> -P <sub>u</sub> /F <sub>equ</sub>	0,211	η <sub>c</sub> -P <sub>u</sub> /F <sub>equ</sub>	0,11
κ	2,713	κ	2,71
a <sub>iso</sub>	22	a <sub>iso</sub>	6
C <sub>nec</sub> [N]	10718,38	C <sub>nec</sub> [N]	32455,18
C <sub>nec</sub> < C CUMPLE		C <sub>nec</sub> < C CUMPLE	

# CÁLCULOS

## 4.2.2.2 Sentido horario

RODAMIENTO IZQ		RODAMIENTO DER	
Reacciones		Reacciones	
RYA [N]	-479,69	RYB [N]	-368,91
RZA [N]	-1869,07	RZB [N]	-2712,91
Fuerzas		Fuerzas	
FRadA [N]	1929,64	FRadB [N]	2737,88
FAx A [N]	743,59	FAx B [N]	0,00
DATOS		DATOS	
L [h]	20000	L [h]	20000
a1	0,25	a1	0,25
n [rpm]	828,87	n [rpm]	828,87
deje [mm]	30	deje [mm]	30
q	3	q	3
v40°C [mm <sup>2</sup> /s]	320	v40°C [mm <sup>2</sup> /s]	320
v100°C [mm <sup>2</sup> /s]	25	v100°C [mm <sup>2</sup> /s]	25
Ttrabajo [°C]	75	Ttrabajo [°C]	75
ηc	0,4	ηc	0,4
L [rev]	9,95E+08	L [rev]	9,95E+08
Ta [°C]	40	Ta [°C]	40
Tb [°C]	100	Tb [°C]	100
B	3,280	B	3,28
A	8,584	A	8,58
v75°C [mm <sup>2</sup> /s]	58,208	v75°C [mm <sup>2</sup> /s]	58,21
CÁLCULO aiso		CÁLCULO aiso	
dm [mm]	60	dm [mm]	60,000
v1 [mm <sup>2</sup> /s]	21,457	v1 [mm <sup>2</sup> /s]	21,457
κ	2,713	κ	2,713
(f0·Fa)/C0	0,381	(f0·Fa)/C0	0,000
e	0,22	e	0,220
Fax/Frad	0,385	Fax/Frad	0,000
Si e < Fax/Frad		Si e < Fax/Frad	
x	0,56	x	0,56
y	2,00	y	2,00
Fequ [N]	2567,781	Fequ [N]	2737,88
ηc·Pu/Fequ	0,156	ηc·Pu/Fequ	0,146
κ	2,713	κ	2,71
aiso	9	aiso	8
Cnec [N]	19560,79	Cnec [N]	21691,69
Cnec < C CUMPLE		Cnec < C CUMPLE	

# CÁLCULOS

## 4.2.3 Eje de salida

### 4.2.3.1 Sentido antihorario

RODAMIENTO IZQ		RODAMIENTO DER	
Reacciones		Reacciones	
RYA [N]	1120,69	RYB [N]	190,98
RZA [N]	-1041,06	RZB [N]	-2345,38
Fuerzas		Fuerzas	
F <sub>RadA</sub> [N]	1529,62	F <sub>RadB</sub> [N]	2353,14
F <sub>AxA</sub> [N]	1149,36	F <sub>AxB</sub> [N]	0,00
DATOS		DATOS	
L [h]	20000	L [h]	20000
a <sub>1</sub>	0,25	a <sub>1</sub>	0,25
n [rpm]	229,01	n [rpm]	229,01
deje [mm]	40	deje [mm]	40
q	3	q	3
v <sub>40°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	320	v <sub>40°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	320
v <sub>100°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	25	v <sub>100°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	25
T <sub>trabajo</sub> [°C]	75	T <sub>trabajo</sub> [°C]	75
η <sub>c</sub>	0,4	η <sub>c</sub>	0,4
L [rev]	2,75E+08	L [rev]	2,75E+08
T <sub>a</sub> [°C]	40	T <sub>a</sub> [°C]	40
T <sub>b</sub> [°C]	100	T <sub>b</sub> [°C]	100
B	3,280	B	3,28
A	8,584	A	8,58
v <sub>75°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	58,208	v <sub>75°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	58,21
CÁLCULO aiso		CÁLCULO aiso	
d <sub>m</sub> [mm]	60	d <sub>m</sub> [mm]	60,000
v <sub>1</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	62,690	v <sub>1</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	62,690
k	0,929	k	0,929
(f <sub>0</sub> -F <sub>a</sub> )/C <sub>0</sub>	0,835	(f <sub>0</sub> -F <sub>a</sub> )/C <sub>0</sub>	0,000
e	0,28	e	0,220
F <sub>Ax</sub> /F <sub>rad</sub>	0,751	F <sub>Ax</sub> /F <sub>rad</sub>	0,000
Si e < F <sub>Ax</sub> /F <sub>rad</sub>		Si e < F <sub>Ax</sub> /F <sub>rad</sub>	
x	0,56	x	0,56
y	1,58	y	2,00
F <sub>equ</sub> [N]	2672,579	F <sub>equ</sub> [N]	2353,14
η <sub>c</sub> -P <sub>u</sub> /F <sub>equ</sub>	0,120	η <sub>c</sub> -P <sub>u</sub> /F <sub>equ</sub>	0,14
k	0,929	k	0,93
a <sub>iso</sub>	3	a <sub>iso</sub>	4
C <sub>nec</sub> [N]	19124,44	C <sub>nec</sub> [N]	15298,90
C <sub>nec</sub> < C CUMPLE		C <sub>nec</sub> < C CUMPLE	

# CÁLCULOS

## 4.2.3.2 Sentido horario

RODAMIENTO IZQ		RODAMIENTO DER	
Reacciones		Reacciones	
RYA [N]	-314,22	RYB [N]	1625,89
RZA [N]	-1041,06	RZB [N]	-2345,38
Fuerzas		Fuerzas	
F <sub>RadA</sub> [N]	1087,45	F <sub>RadB</sub> [N]	2853,83
F <sub>Ax</sub> A [N]	0,00	F <sub>Ax</sub> B [N]	1149,36
DATOS		DATOS	
L [h]	20000	L [h]	20000
a <sub>1</sub>	0,25	a <sub>1</sub>	0,25
n [rpm]	229,01	n [rpm]	229,01
deje [mm]	40	deje [mm]	40
q	3	q	3
v <sub>40°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	320	v <sub>40°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	320
v <sub>100°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	25	v <sub>100°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	25
T <sub>trabajo</sub> [°C]	75	T <sub>trabajo</sub> [°C]	75
η <sub>c</sub>	0,4	η <sub>c</sub>	0,4
L [rev]	2,75E+08	L [rev]	2,75E+08
T <sub>a</sub> [°C]	40	T <sub>a</sub> [°C]	40
T <sub>b</sub> [°C]	100	T <sub>b</sub> [°C]	100
B	3,280	B	3,28
A	8,584	A	8,58
v <sub>75°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	58,208	v <sub>75°C</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	58,21
CÁLCULO aiso		CÁLCULO aiso	
d <sub>m</sub> [mm]	60	d <sub>m</sub> [mm]	60,000
v <sub>1</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	38,389	v <sub>1</sub> [mm <sup>2</sup> /s]	38,389
κ	1,516	κ	1,516
(f <sub>0</sub> -F <sub>a</sub> )/C <sub>0</sub>	0,000	(f <sub>0</sub> -F <sub>a</sub> )/C <sub>0</sub>	0,835
e	0,22	e	0,280
F <sub>ax</sub> /F <sub>rad</sub>	0,000	F <sub>ax</sub> /F <sub>rad</sub>	0,403
Si e < F <sub>ax</sub> /F <sub>rad</sub>		Si e < F <sub>ax</sub> /F <sub>rad</sub>	
x	0,56	x	0,56
y	2,00	y	1,58
F <sub>equ</sub> [N]	1087,447	F <sub>equ</sub> [N]	3414,13
η <sub>c</sub> -P <sub>u</sub> /F <sub>equ</sub>	0,294	η <sub>c</sub> -P <sub>u</sub> /F <sub>equ</sub>	0,094
κ	1,516	κ	1,52
aiso	27	aiso	3
C <sub>nec</sub> [N]	3740,98	C <sub>nec</sub> [N]	24430,84
C <sub>nec</sub> < C CUMPLE		C <sub>nec</sub> < C CUMPLE	

## 4.3 Rodamientos seleccionados

### 4.3.1 Eje entrada

RODAMIENTO IZQ		RODAMIENTO DER	
RODAMIENTO EJE ENTRADA		RODAMIENTO EJE ENTRADA	
Ref. 6304		Ref. 6304	
d [mm]	20	d [mm]	20
D [mm]	52	D [mm]	52
B [mm]	15	B [mm]	15
r <sub>1,2</sub> [mm]	1,1	r <sub>1,2</sub> [mm]	1,1
C [kN]	16,8	C [kN]	16,8
C <sub>0</sub> [kN]	7,8	C <sub>0</sub> [kN]	7,8
P <sub>u</sub> [kN]	0,335	P <sub>u</sub> [kN]	0,335
f <sub>0</sub>	12	f <sub>0</sub>	12
V <sub>ref</sub> [rpm]	30000	V <sub>ref</sub> [rpm]	30000
V <sub>lím</sub> [rpm]	19000	V <sub>lím</sub> [rpm]	19000

### 4.3.2 Eje intermedio

RODAMIENTO IZQ		RODAMIENTO DER	
RODAMIENTO EJE INTERMEDIO		RODAMIENTO EJE INTERMEDIO	
Ref. 6406		Ref. 6406	
d [mm]	30	d [mm]	30
D [mm]	90	D [mm]	90
B [mm]	23	B [mm]	23
r <sub>1,2</sub> [mm]	1,5	r <sub>1,2</sub> [mm]	1,5
C [kN]	43,6	C [kN]	43,6
C <sub>0</sub> [kN]	23,6	C <sub>0</sub> [kN]	23,6
P <sub>u</sub> [kN]	1	P <sub>u</sub> [kN]	1
f <sub>0</sub>	12,1	f <sub>0</sub>	12,1
V <sub>ref</sub> [rpm]	18000	V <sub>ref</sub> [rpm]	18000
V <sub>lím</sub> [rpm]	11000	V <sub>lím</sub> [rpm]	11000

### 4.3.3 Eje salida

RODAMIENTO IZQ		RODAMIENTO DER	
RODAMIENTO EJE SALIDA		RODAMIENTO EJE SALIDA	
Ref. 6208		Ref. 6208	
d [mm]	40	d [mm]	40
D [mm]	80	D [mm]	80
B [mm]	18	B [mm]	18
r <sub>1,2</sub> [mm]	1,1	r <sub>1,2</sub> [mm]	1,1
C [kN]	32,5	C [kN]	32,5
C <sub>0</sub> [kN]	19	C <sub>0</sub> [kN]	19
P <sub>u</sub> [kN]	0,8	P <sub>u</sub> [kN]	0,8
f <sub>0</sub>	13,8	f <sub>0</sub>	13,8
V <sub>ref</sub> [rpm]	18000	V <sub>ref</sub> [rpm]	18000
V <sub>lím</sub> [rpm]	11000	V <sub>lím</sub> [rpm]	11000

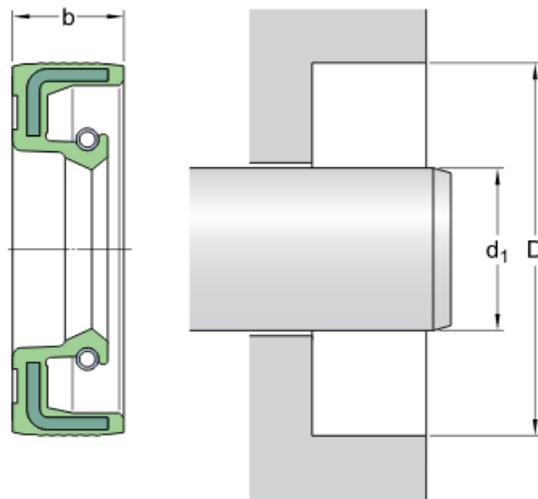
## 5. RETENES

### 5.1 SELECCIÓN DE LOS RETENES

Se montarán retenes de estanqueidad en el reductor con el fin de evitar cualquier posible fuga de aceite en los agujeros realizados en la carcasa para los ejes de entrada y de salida.

La siguiente tabla muestra los retenes elegidos:

	EJE ENTRADA	EJE SALIDA
Diámetro del eje [mm]	20	40
Diámetro del agujero del soporte [mm]	45	72
Ancho del retén [mm]	7	7
Marca y referencia	SKF 20x45x7 HMS5 RG	SKF 40x72x7 HMS5 RG



## 6. DIMENSIONADO DE LAS CHAVETAS

Debido a que la longitud de la chaveta ha de ser 1.5 veces el diámetro del eje, en algunas ocasiones la longitud de las chavetas podría ser mayor que el ancho de los engranajes. En este reductor todas las chavetas son mayores que el ancho del engranaje.

En la siguiente tabla se muestran las chavetas utilizadas en cada eje:

Etapa 1	Piñón eje de entrada	Rueda eje intermedio
d eje [mm]	20	30
1.5 · d eje [mm]	30	45
Longitud chaveta [mm]	30	45
Anchura chaveta [mm]	6	10
Altura chaveta [mm]	6	8
Profundidad en cubo [mm]	2,8	3,3
Profundidad en eje [mm]	3,5	5

Etapa 2	Piñón eje intermedio	Rueda eje de salida
d eje [mm]	30	40
1.5 · d eje [mm]	45	60
Longitud chaveta [mm]	45	60
Anchura chaveta [mm]	10	12
Altura chaveta [mm]	8	8
Profundidad en cubo [mm]	3,3	3,3
Profundidad en eje [mm]	5	5

La base de los engranajes ha sido ensanchada ya que en el caso de que el ancho de los engranajes sea menor a 1.5 veces el diámetro del eje, este contará con chaveta/s de 1.5 veces el diámetro del eje.

## 7. SELECCIÓN DE ARANDELAS ELÁSTICAS

Se ha escogido la opción de utilizar arandelas elásticas con el fin de sujetar los rodamientos por su parte externa. Dichas arandelas estarán acopladas en una ranura mecanizada con anterioridad en el eje.

Las arandelas elásticas escogidas son las siguientes:

	Eje de entrada	Eje intermedio	Eje de salida
Diámetro del eje [mm]	20	30	40
Profundidad de la ranura [mm]	0,5	0,7	1,25
Ancho de la arandela [mm]	1,2	1,5	1,7
Referencia	NF E 22-163	NF E 22-163	NF E 22-163



# TRABAJO FINAL DE GRADO

---

DISEÑO DE REDUCTOR DE 300 NM DE PAR DE SALIDA Y RELACIÓN DE VELOCIDADES

13.1

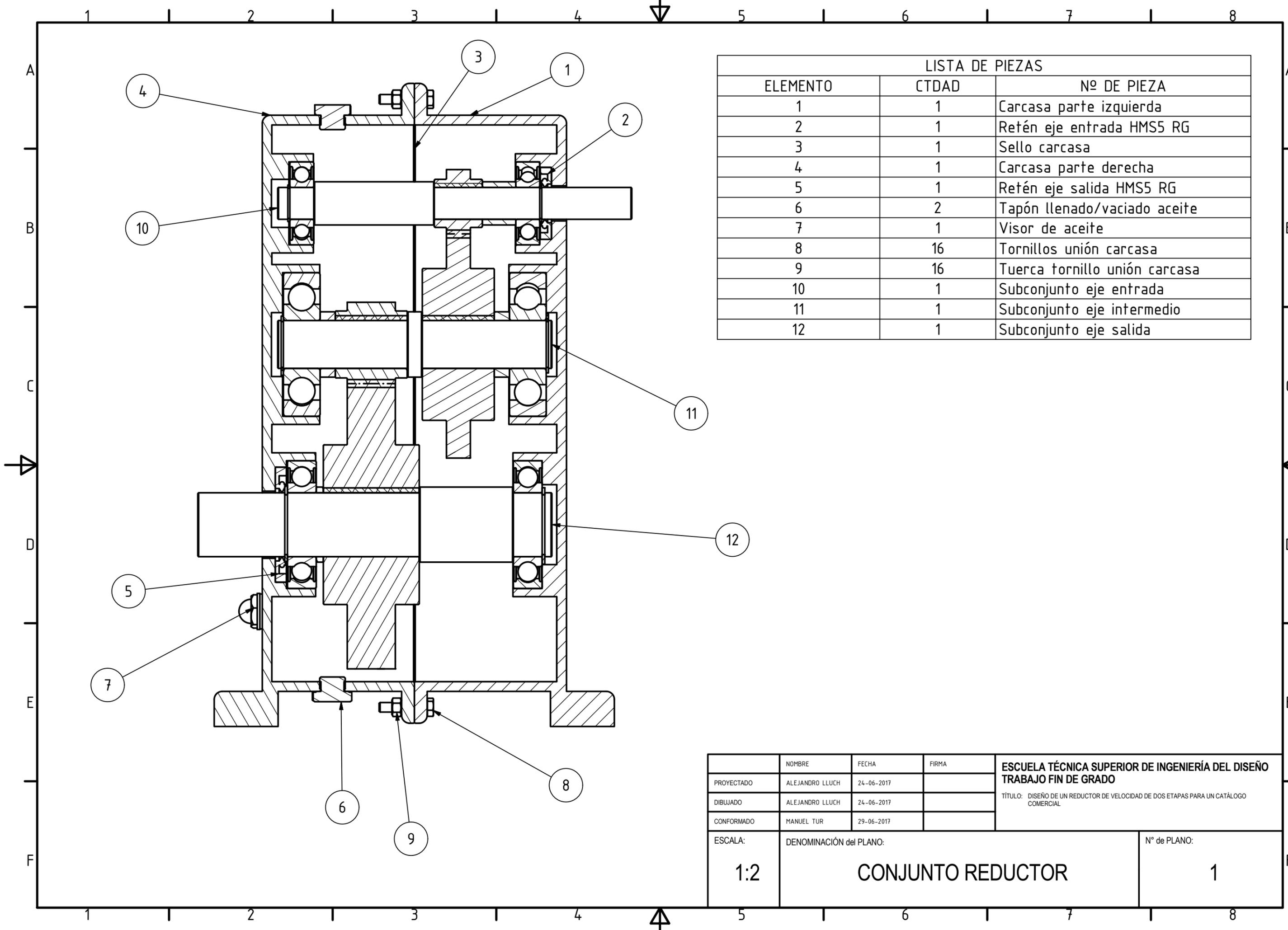
## **PLANOS**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO

Presentado por: Alejandro Lluch Esteve.  
Tutor: Manuel Tur Valiente.  
Titulación: Grado en ingeniería mecánica.  
Fecha: Julio 2017.

# ÍNDICE

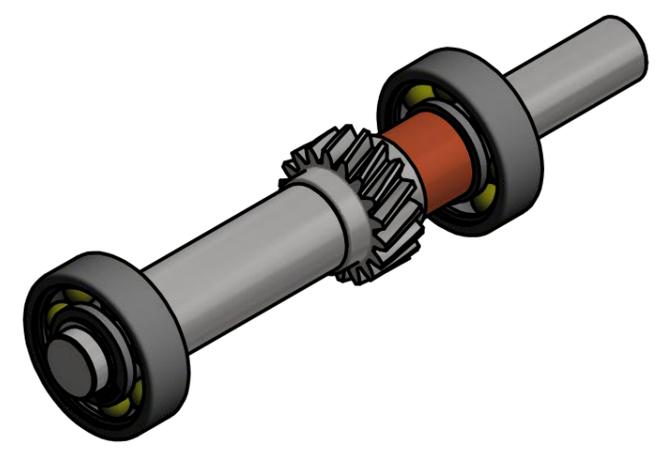
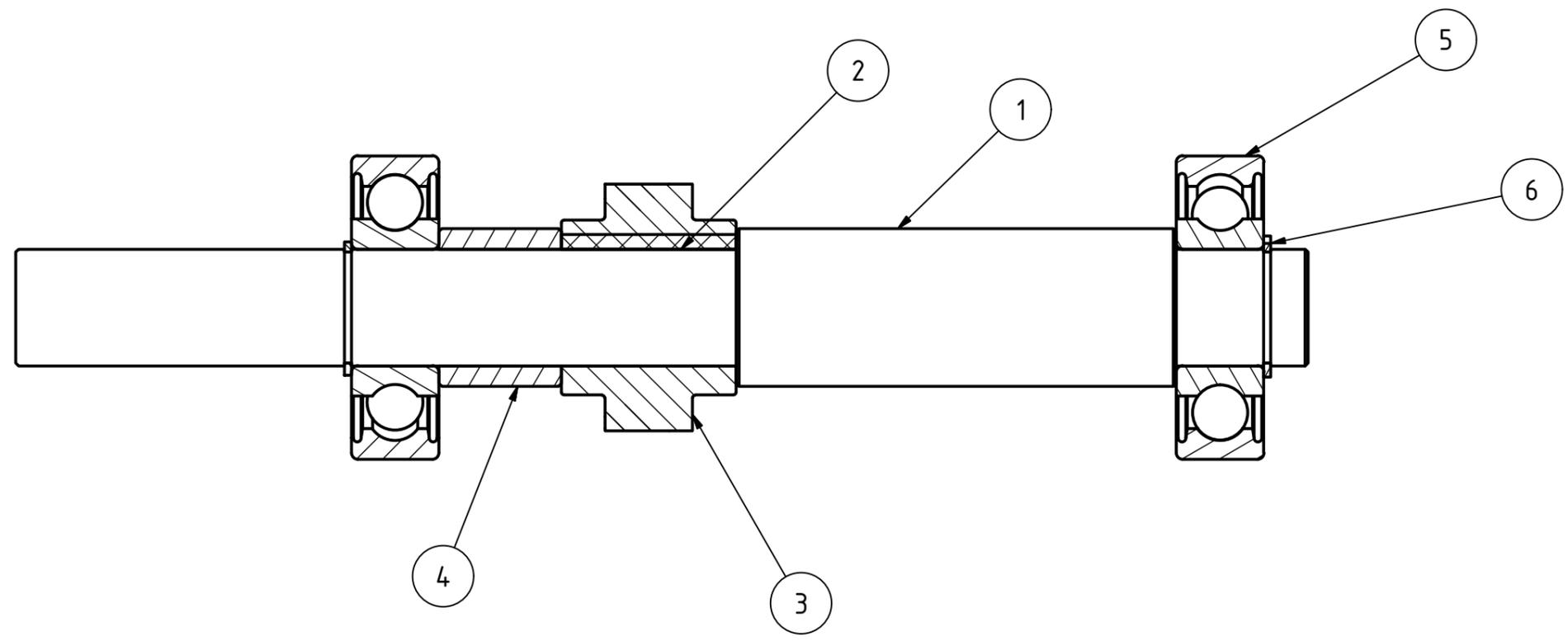
<b>1. CONJUNTO</b> .....	<b>1</b>
1.1 Subconjunto eje entrada .....	2
1.1.1 Eje entrada.....	3
1.1.2 Chaveta eje entrada .....	4
1.1.3 Piñón eje entrada .....	5
1.1.4 Casquillo eje entrada .....	6
1.2 Subconjunto eje intermedio .....	7
1.2.1 Eje intermedio .....	8
1.2.2 Chaveta eje intermedio.....	9
1.2.3 Piñón eje intermedio .....	10
1.2.4 Rueda eje intermedio .....	11
1.2.5 Casquillo eje intermedio .....	12
1.3 Subconjunto eje salida .....	13
1.3.1 Eje salida .....	14
1.3.2 Chaveta eje salida.....	15
1.3.3 Rueda eje salida.....	16
1.3.4 Casquillo eje salida .....	17
1.4 Subconjunto carcasa parte derecha .....	18
1.4.1 Carcasa parte derecha.....	19
1.5 Subconjunto carcasa parte izquierda.....	20
1.5.1 Carcasa parte izquierda .....	21
1.6 Sello .....	22



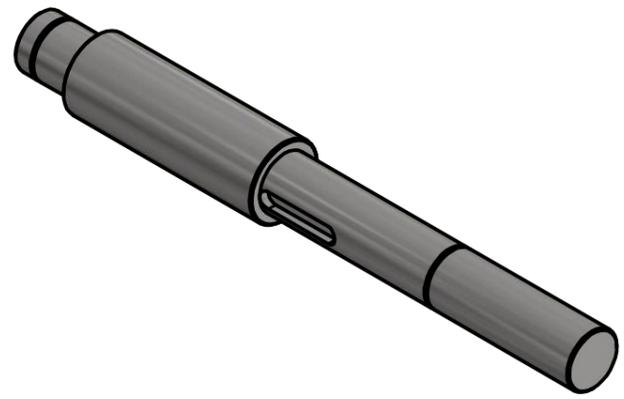
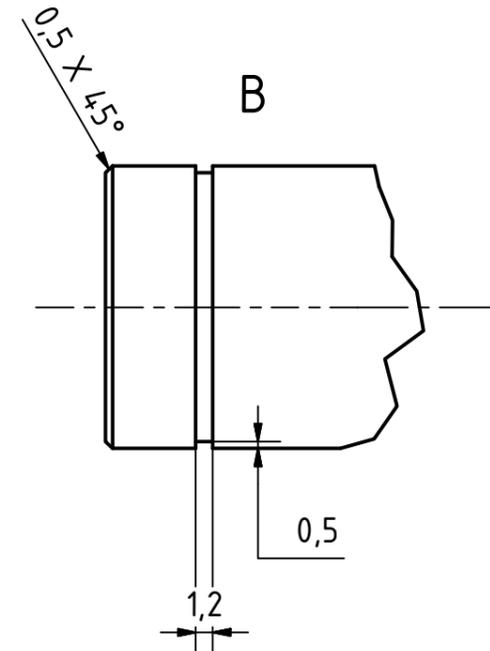
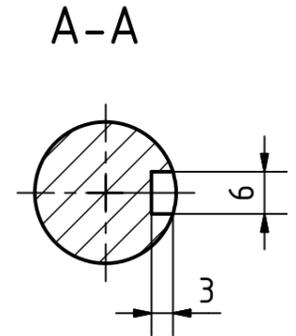
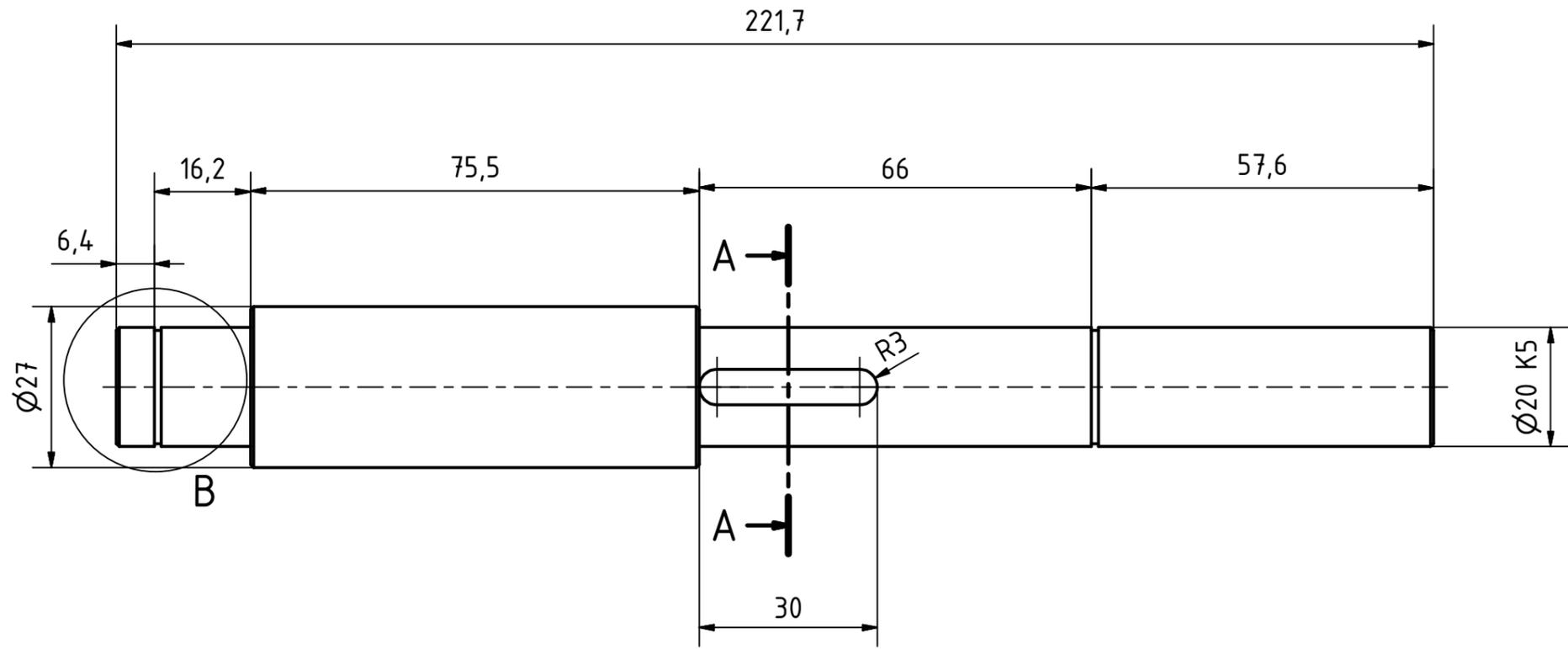
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Carcasa parte izquierda
2	1	Retén eje entrada HMS5 RG
3	1	Sello carcasa
4	1	Carcasa parte derecha
5	1	Retén eje salida HMS5 RG
6	2	Tapón llenado/vaciado aceite
7	1	Visor de aceite
8	16	Tornillos unión carcasa
9	16	Tuerca tornillo unión carcasa
10	1	Subconjunto eje entrada
11	1	Subconjunto eje intermedio
12	1	Subconjunto eje salida

	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> <small>TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL</small>
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
1:2	CONJUNTO REDUCTOR			1

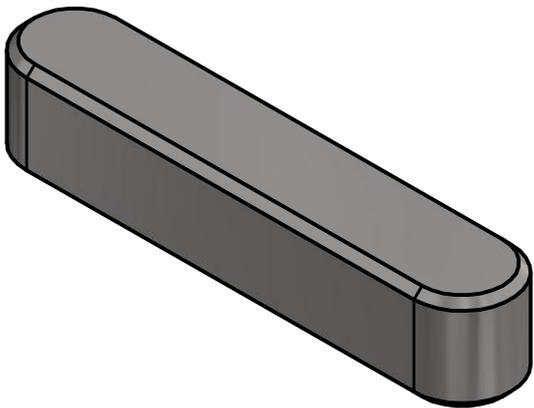
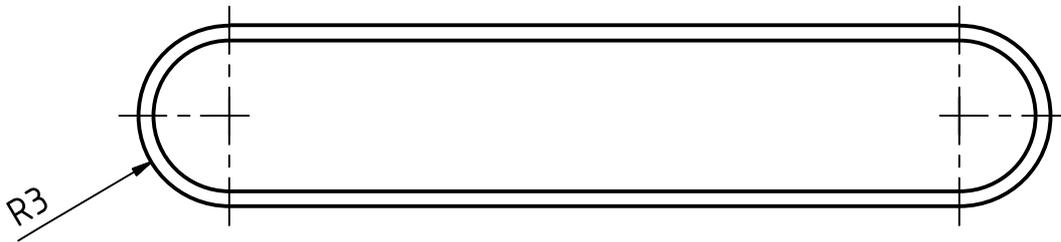
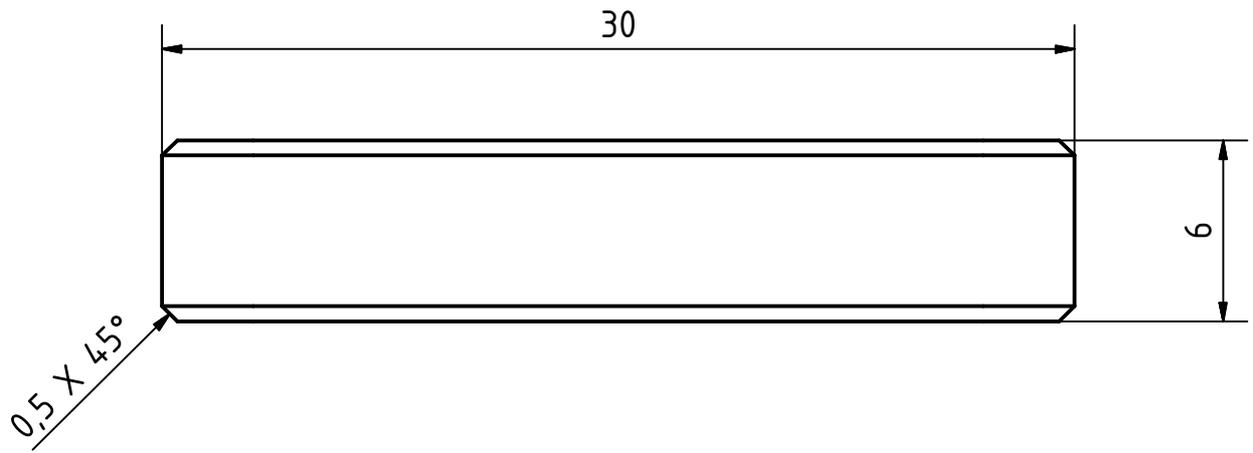
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Eje entrada
2	1	Chaveta eje entrada
3	1	Piñón eje entrada
4	1	Casquillo eje entrada
5	2	Rodamiento SKF 6304
6	2	Arandela elástica NF E 22-163



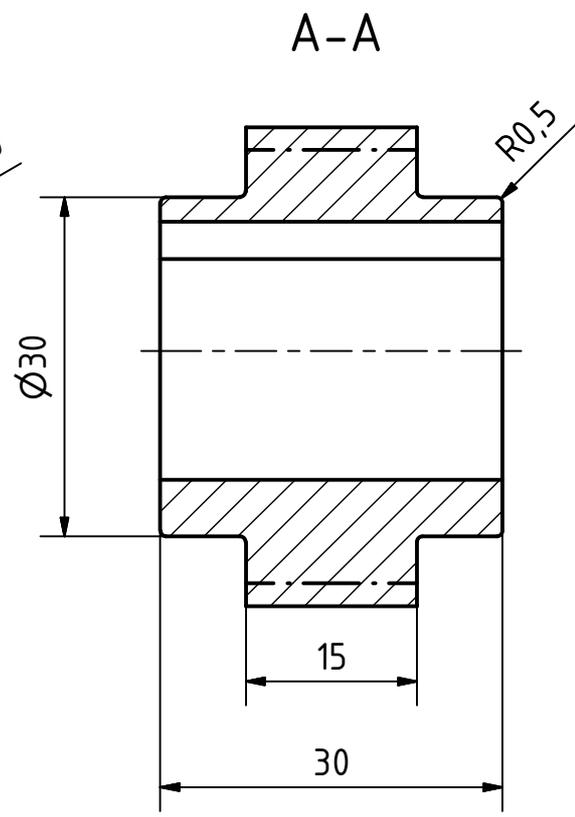
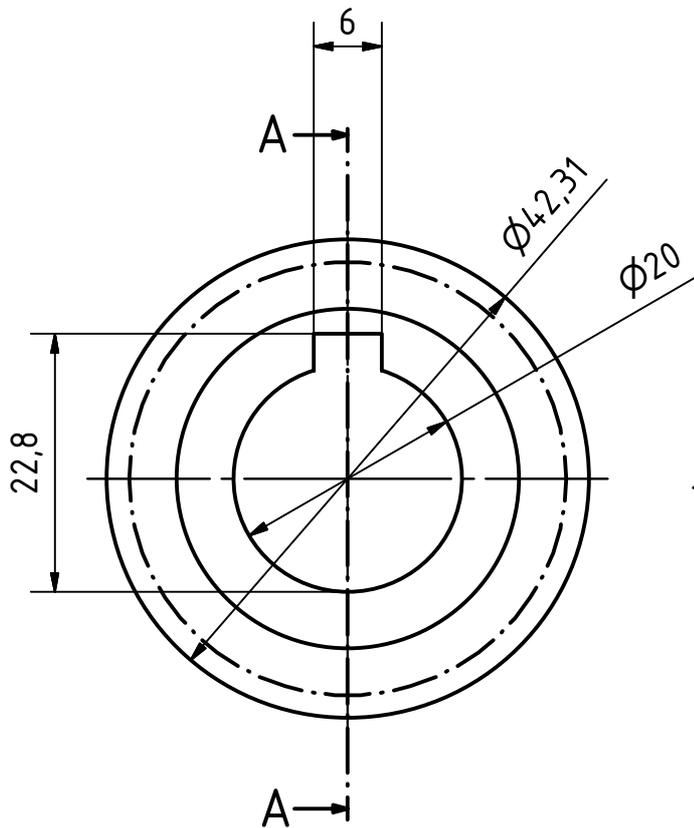
	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
1:1	SUBCONJUNTO EJE ENTRADA			1.1



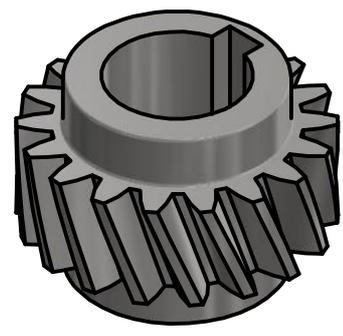
	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> <small>TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL</small>
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
1:1	EJE ENTRADA			1.1.1



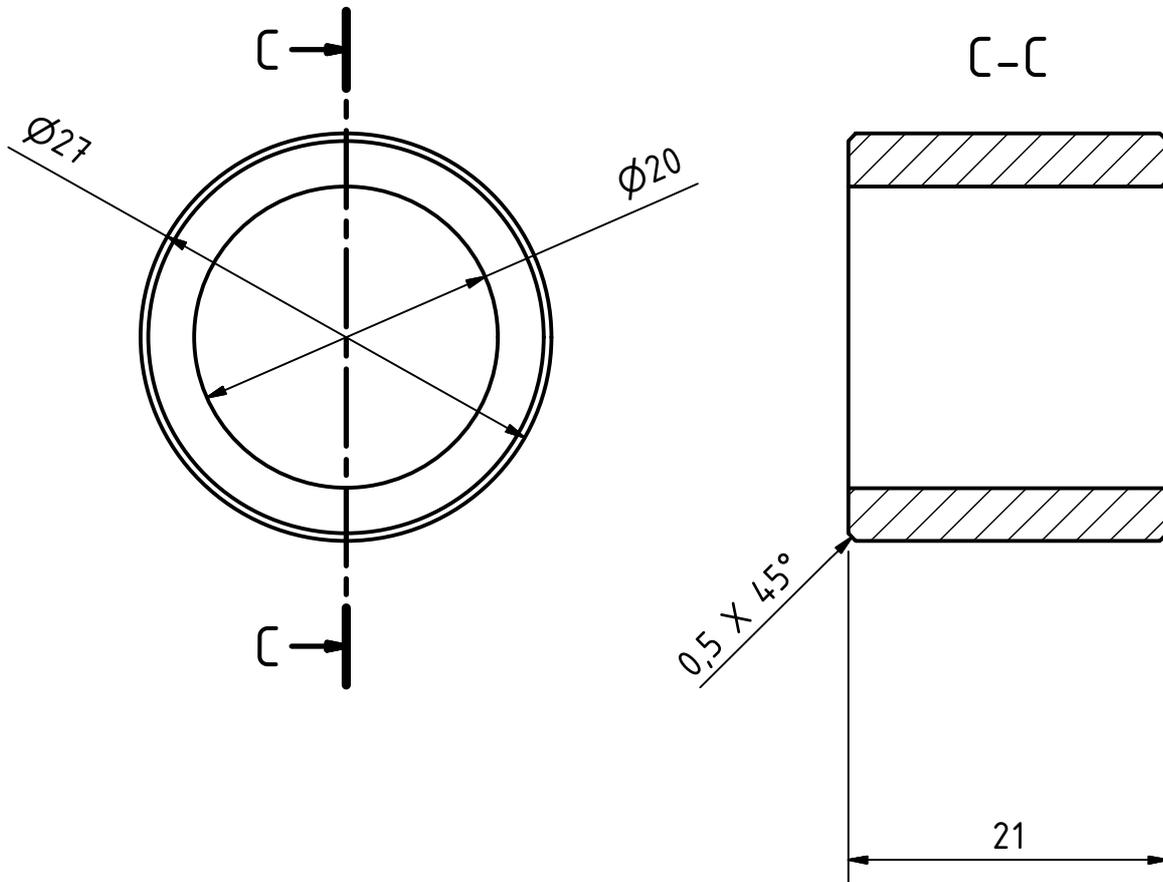
	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> <small>TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL</small>
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
4:1	CHAVETA EJE ENTRADA			1.1.2



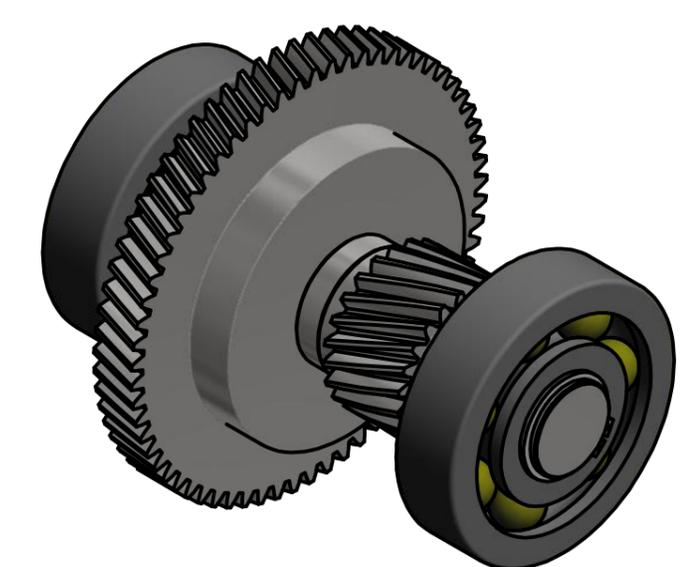
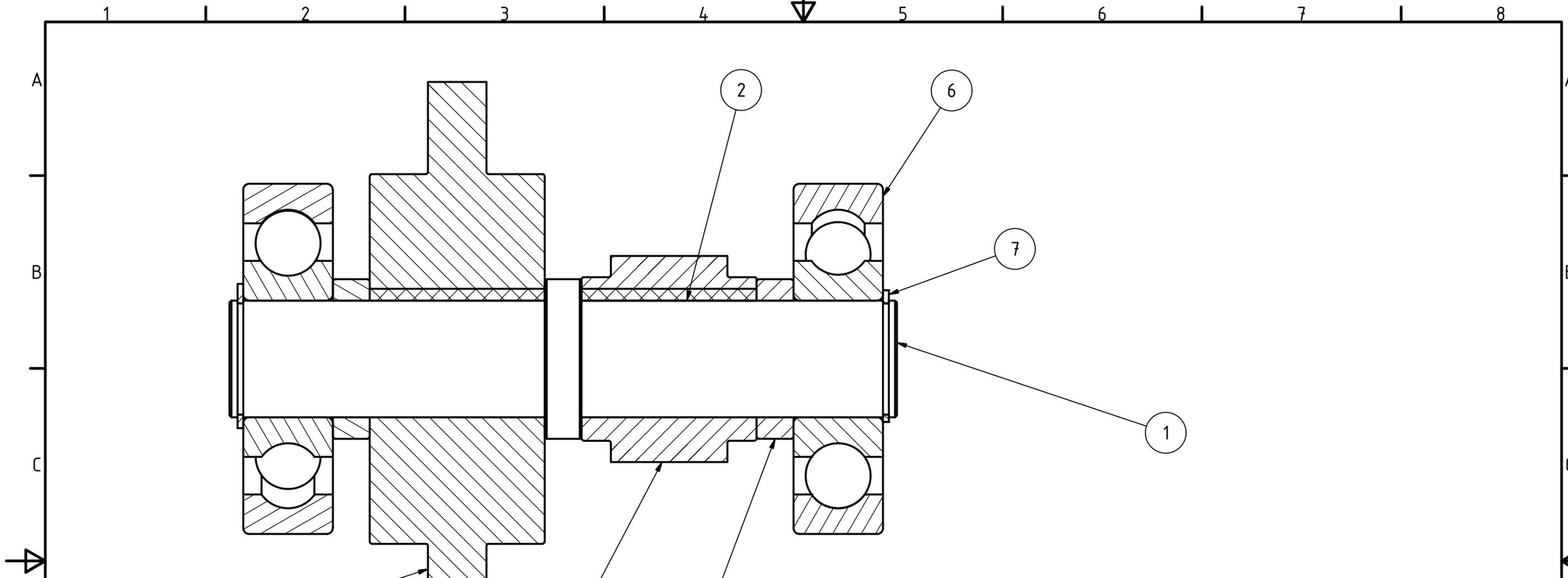
PARÁMETROS		
Diámetro primitivo	38,31	mm
Módulo	2	mm
Nº de dientes	18	-
Ángulo de presión	21,17	º
Ángulo de hélice	18,75	º
Distancia entre centros	88,325	mm
Calidad ISO	5	-
Material	Acero F-1252	-



	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
3:2	PIÑÓN EJE ENTRADA			1.1.3

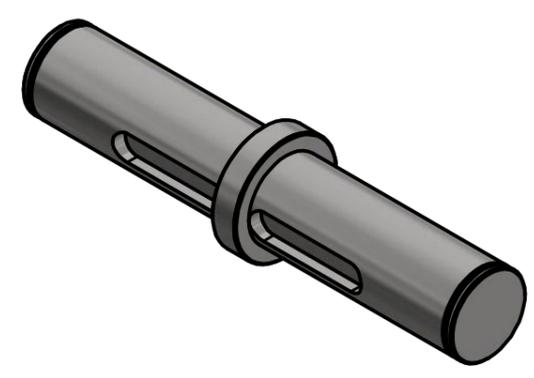
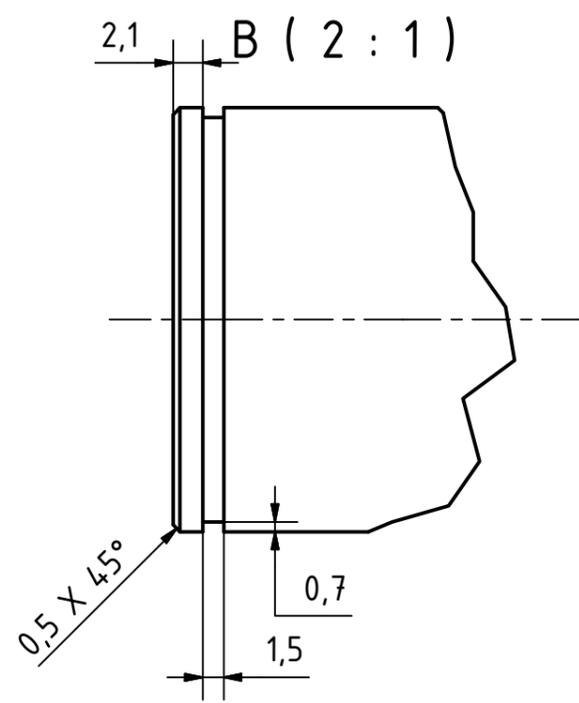
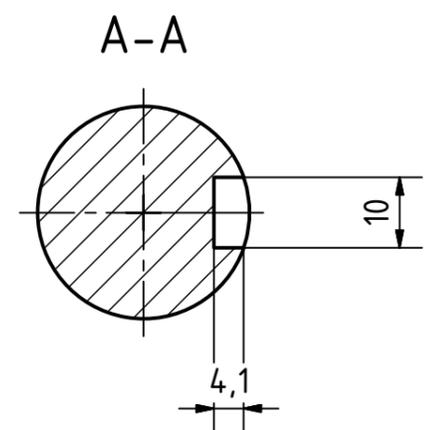
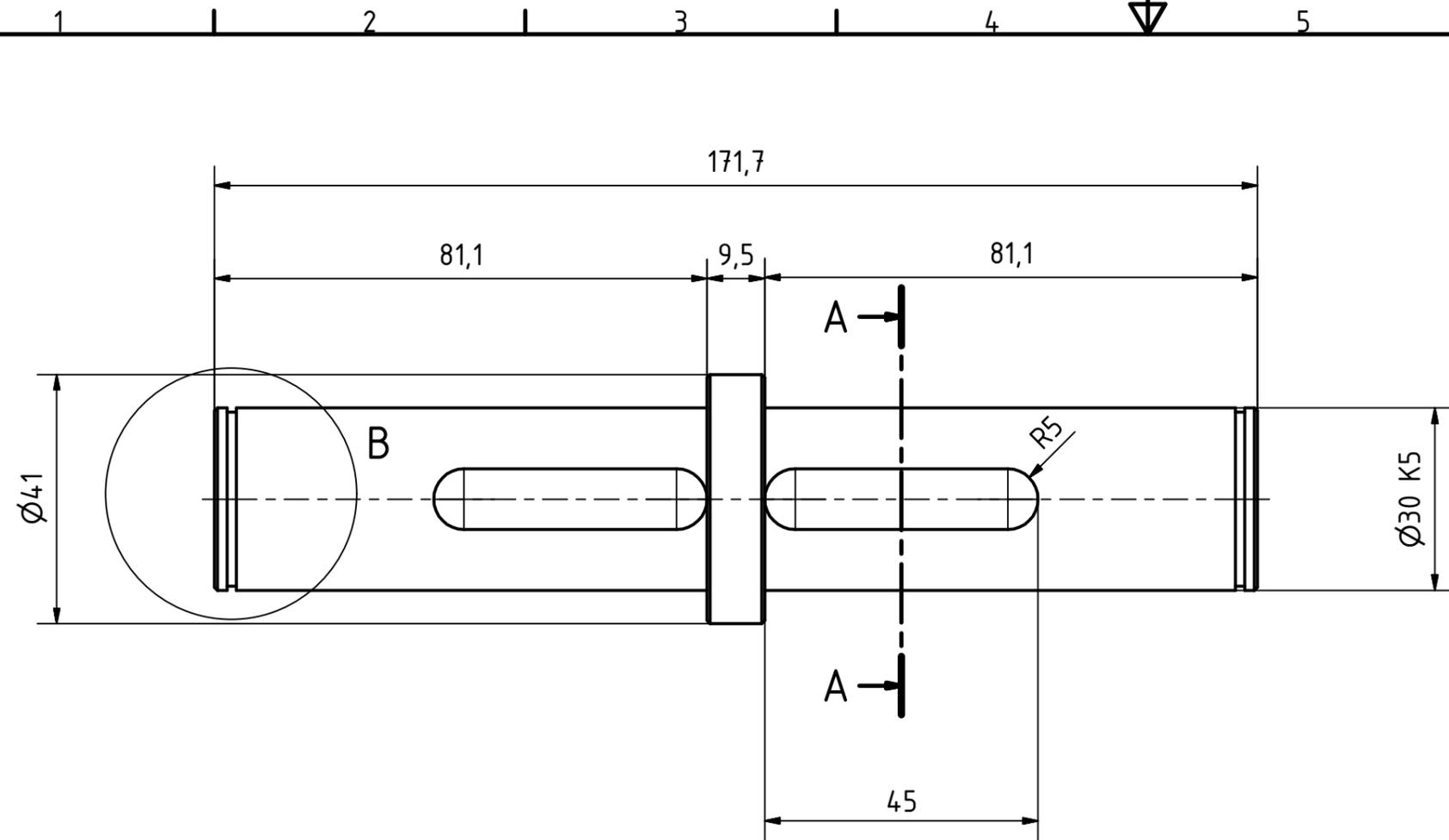


	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> <small>TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL</small>
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
2:1	CASQUILLO EJE ENTRADA			1.1.4

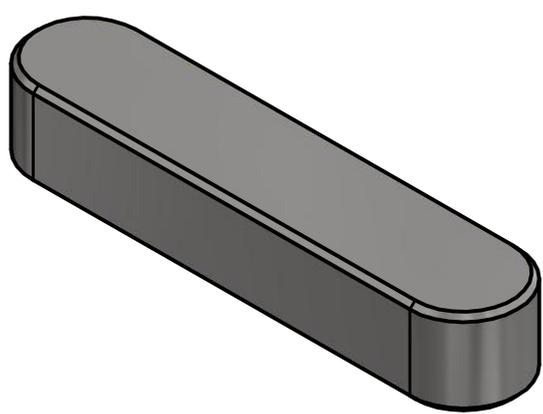
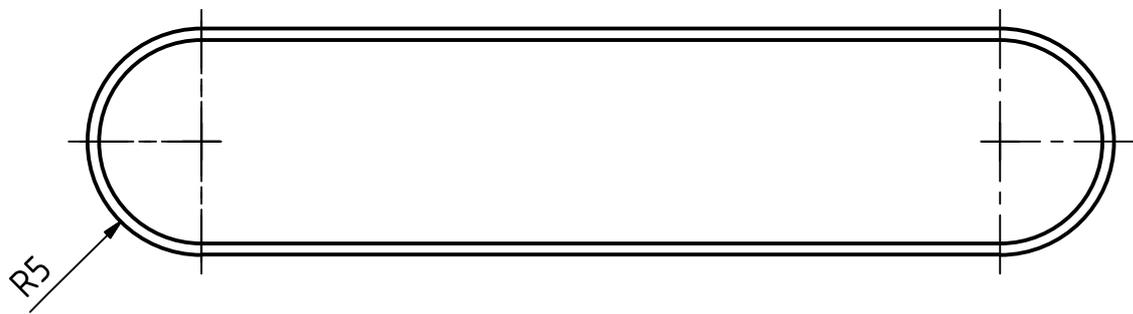
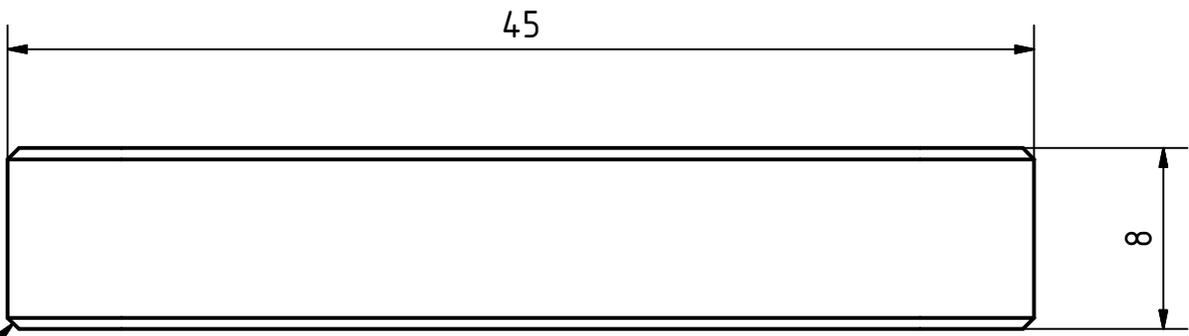


LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Eje intermedio
2	2	Chaveta eje intermedio
3	1	Piñón eje intermedio
4	1	Rueda eje intermedio
5	2	Casquillo eje intermedio
6	2	Rodamiento SKF 6406
7	2	Arandela elástica NF E 22-163

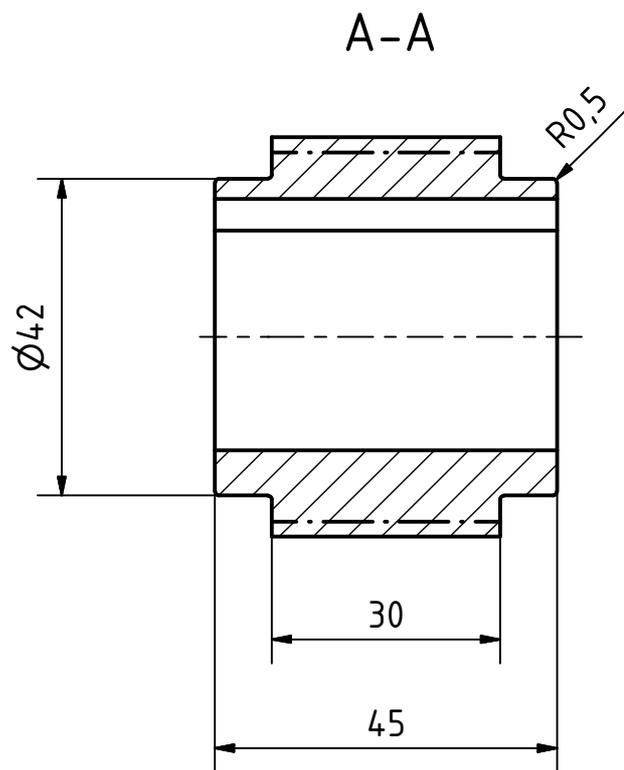
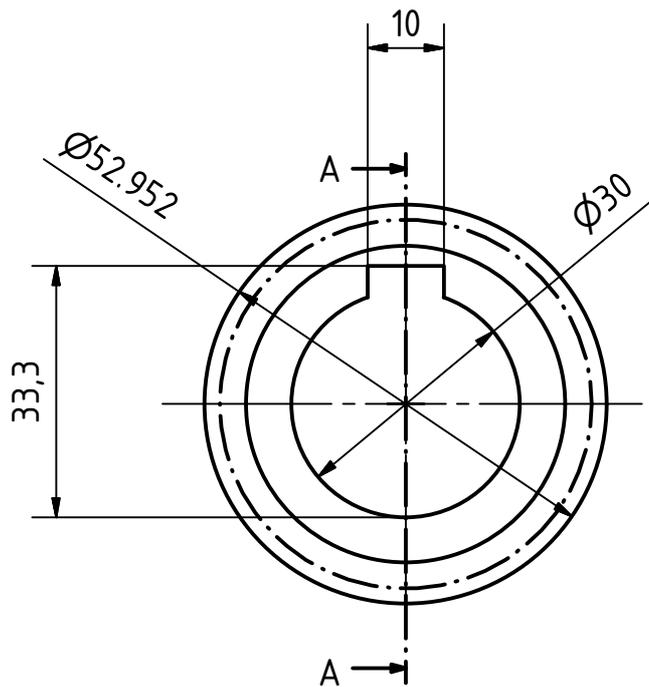
	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:		Nº de PLANO:	
1:1	SUBCONJUNTO EJE INTERMEDIO		1:2	



	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> <small>TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL</small>
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
1:1	EJE INTERMEDIO			1.2.1



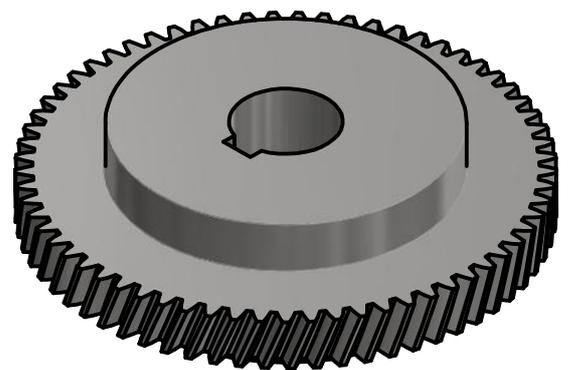
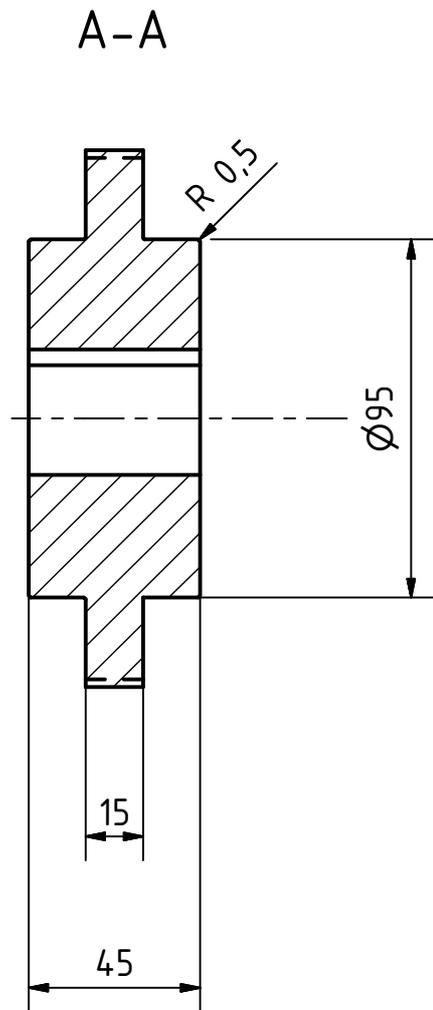
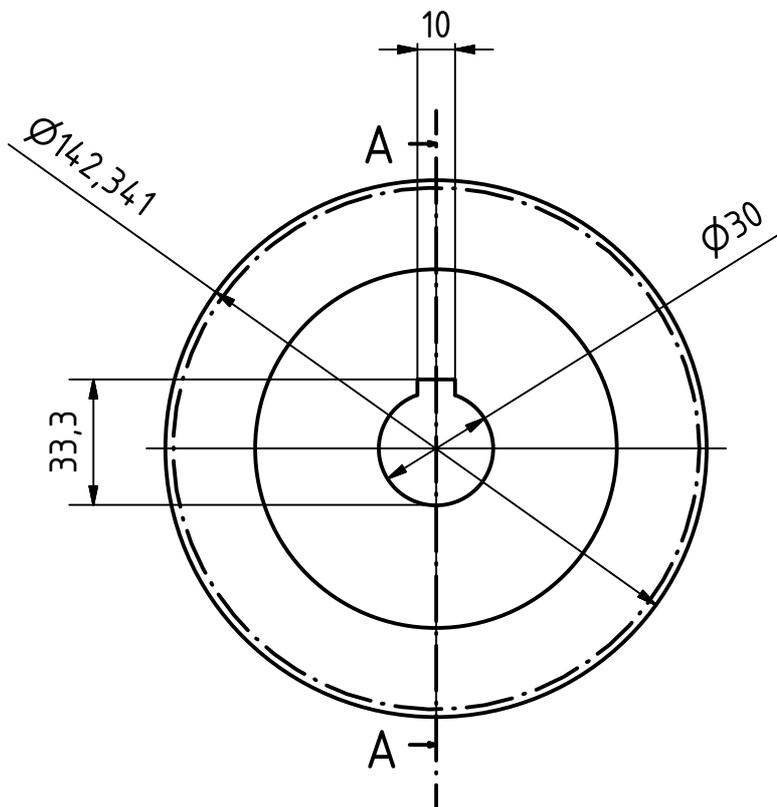
	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> <small>TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL</small>
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
3:1	CHAVETA EJE INTERMEDIO			1.2.2



PARÁMETROS		
Diámetro primitivo	48,95	mm
Módulo	2	mm
Nº de dientes	23	-
Ángulo de presión	21,17	º
Ángulo de hélice	18,75	º
Distancia entre centros	112,8	mm
Calidad ISO	5	-
Material	Acero F-1252	-

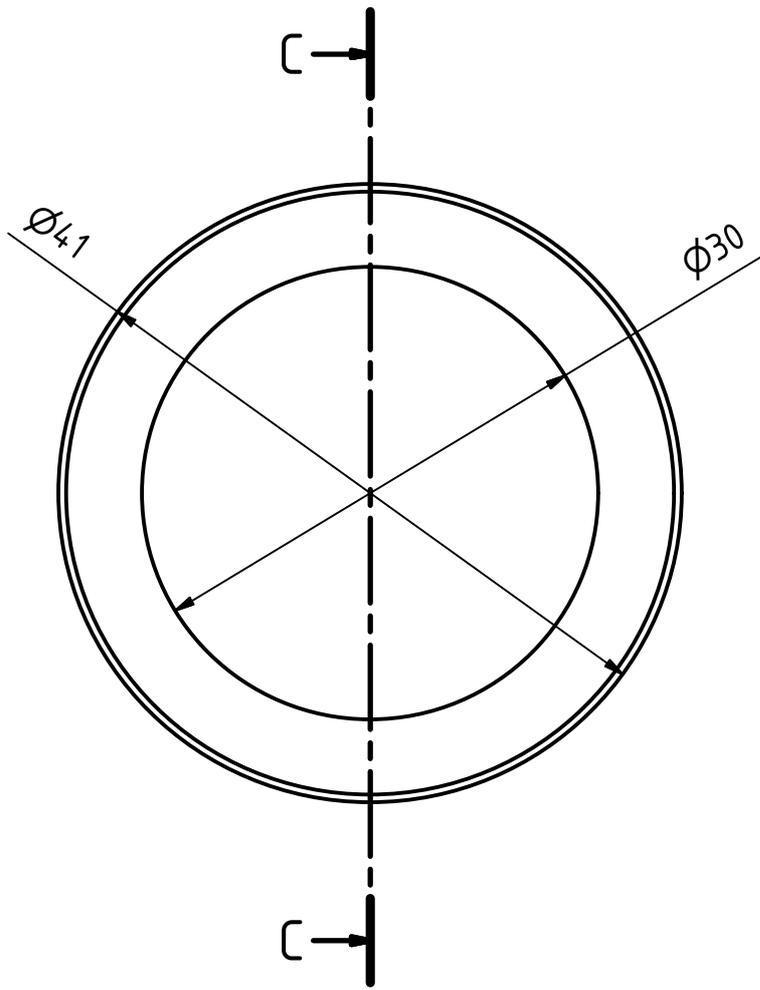


	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b>  <small>TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL</small>
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
1:1	PIÑÓN EJE INTERMEDIO			1.2.3

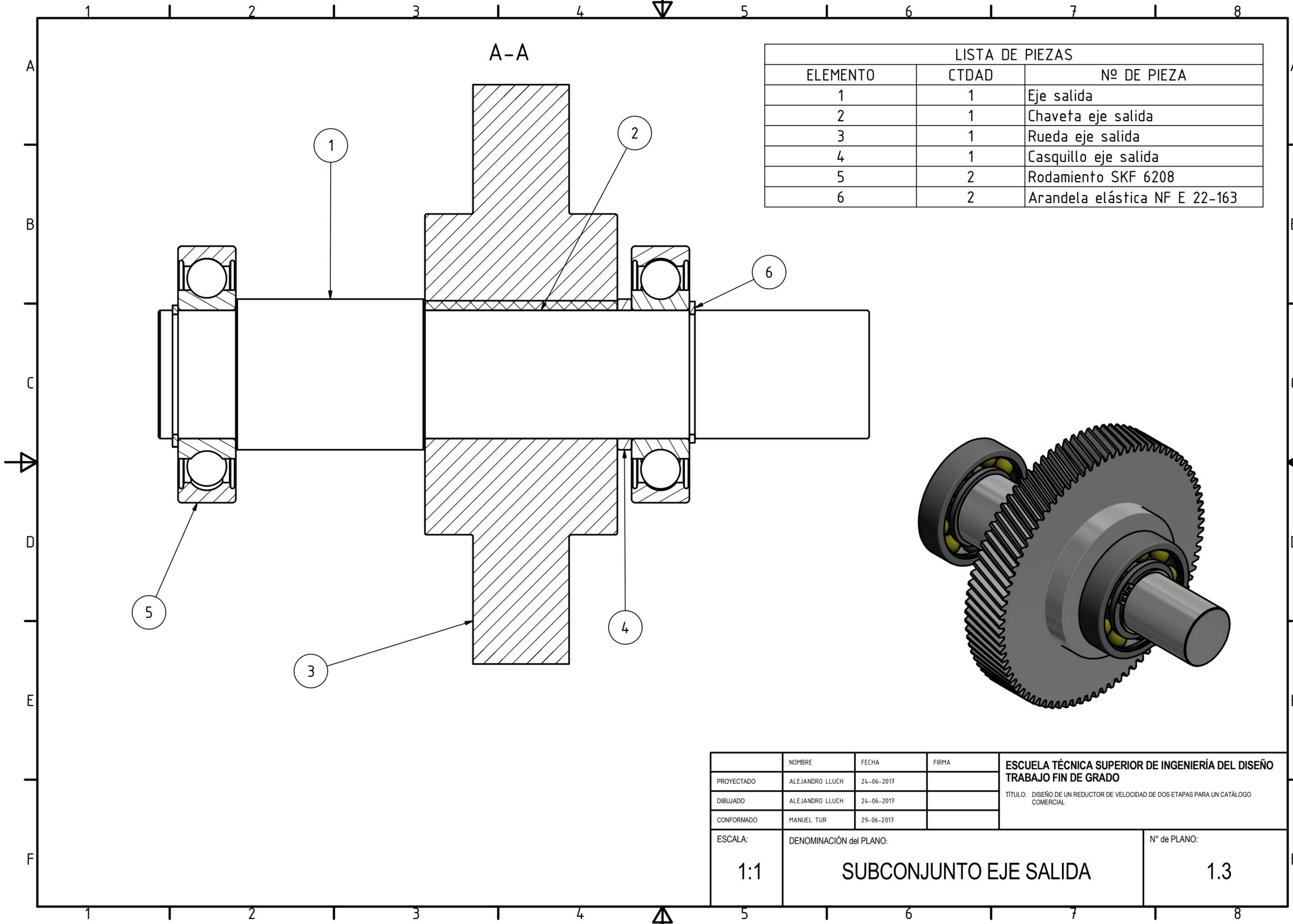


PARÁMETROS		
Diámetro primitivo	138,34	mm
Módulo	2	mm
Nº de dientes	65	-
Ángulo de presión	21,17	º
Ángulo de hélice	18,75	º
Distancia entre centros	88,325	mm
Calidad ISO	5	-
Material	Acero F-1252	-

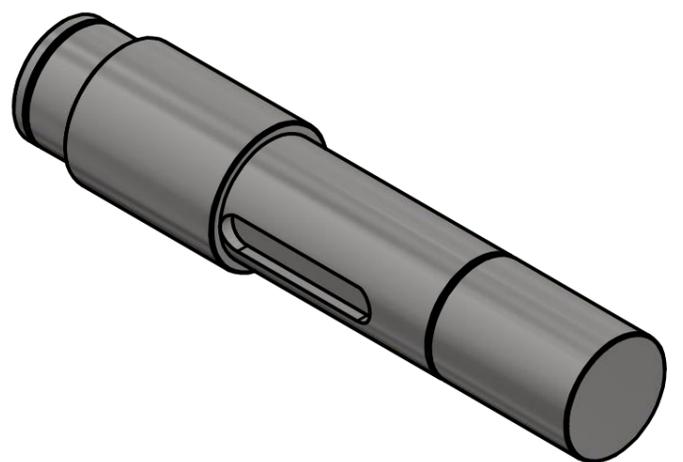
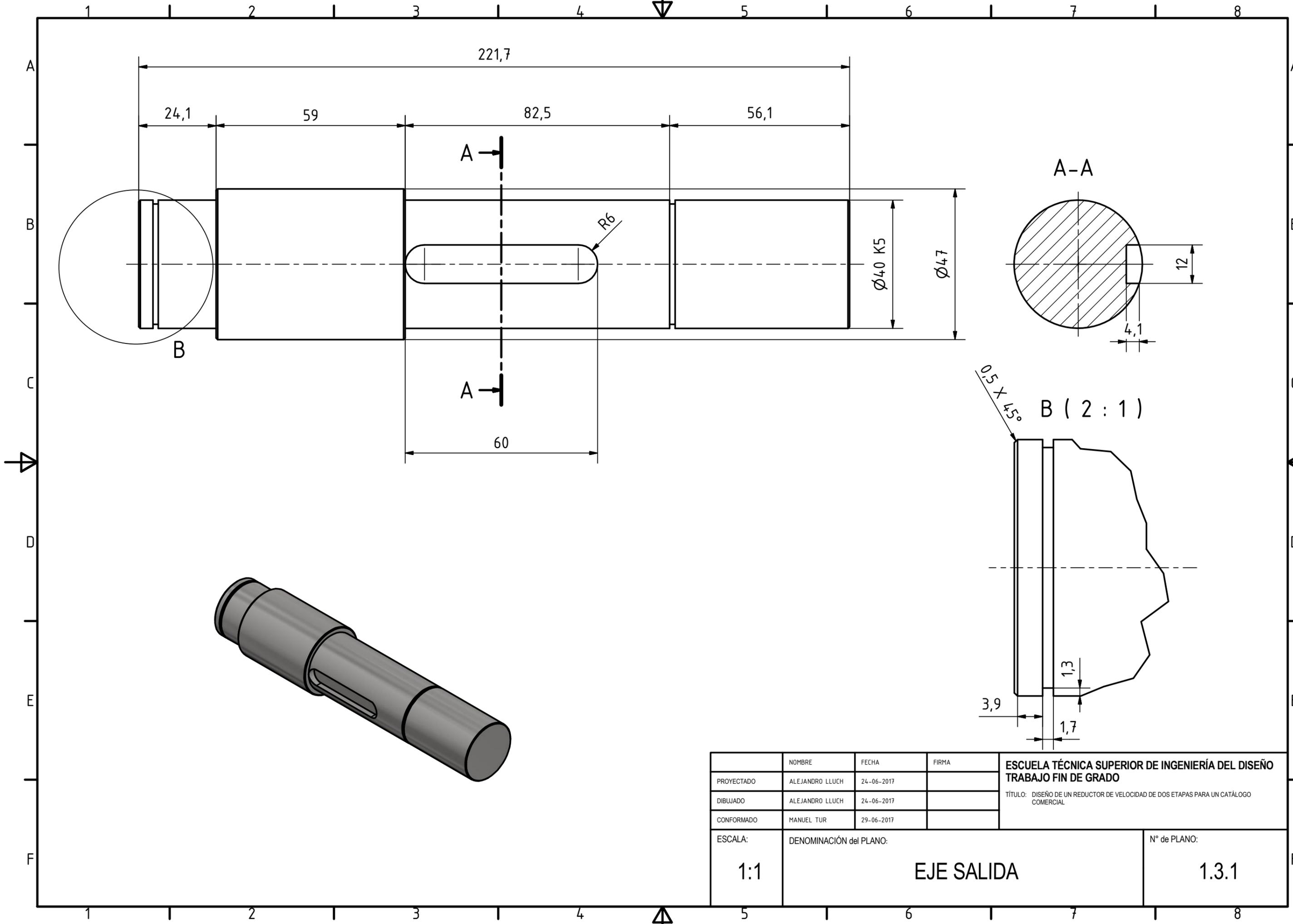
	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> <small>TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL</small>
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
1:2	RUEDA EJE INTERMEDIO			1.2.4



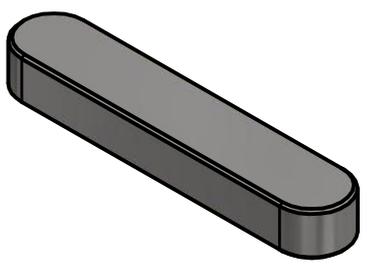
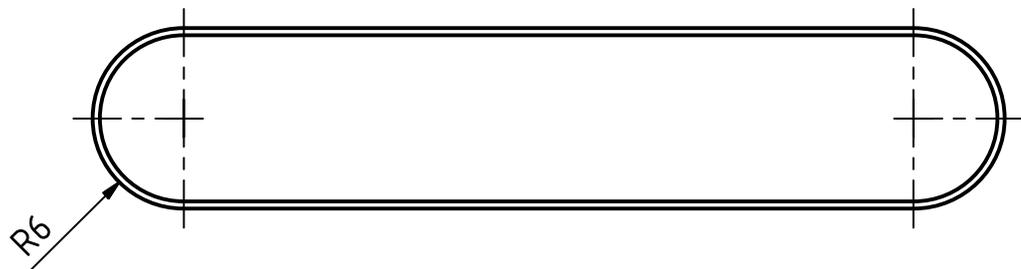
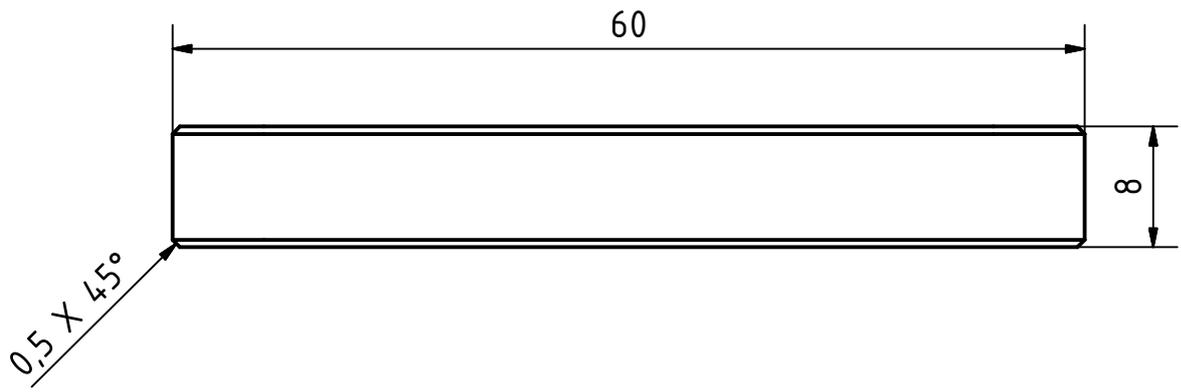
	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> <small>TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL</small>
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
2:1	CASQUILLO EJE INTERMEDIO			1.2.5



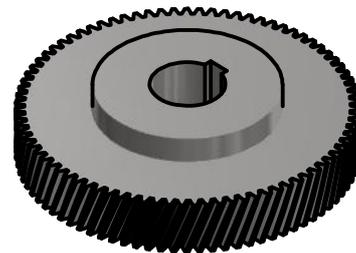
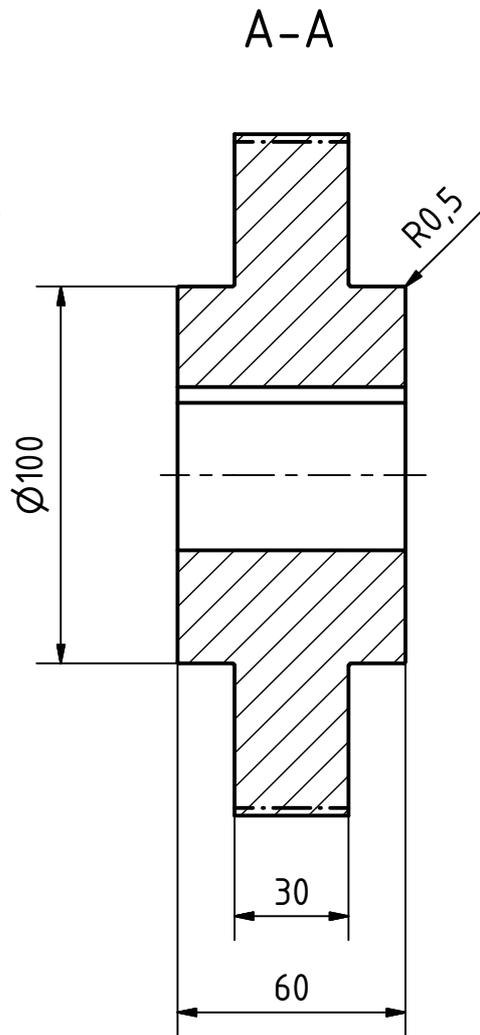
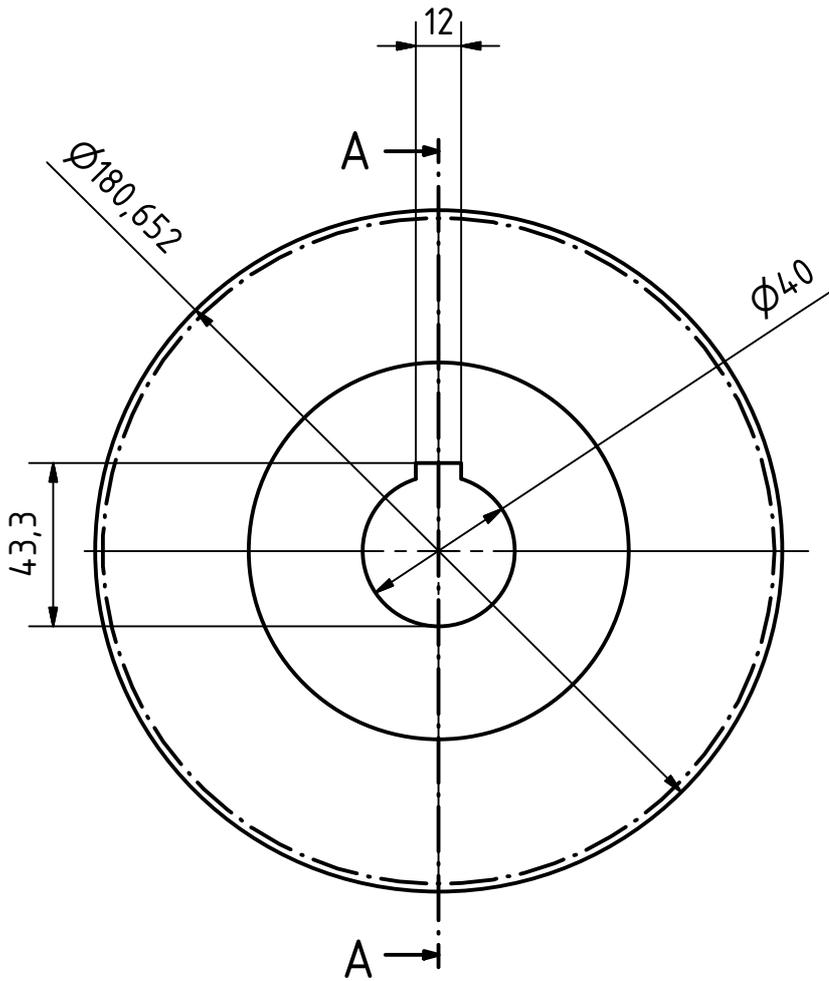
	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
1:1	SUBCONJUNTO EJE SALIDA			1.3



	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> <small>TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL</small>
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
1:1	EJE SALIDA			1.3.1

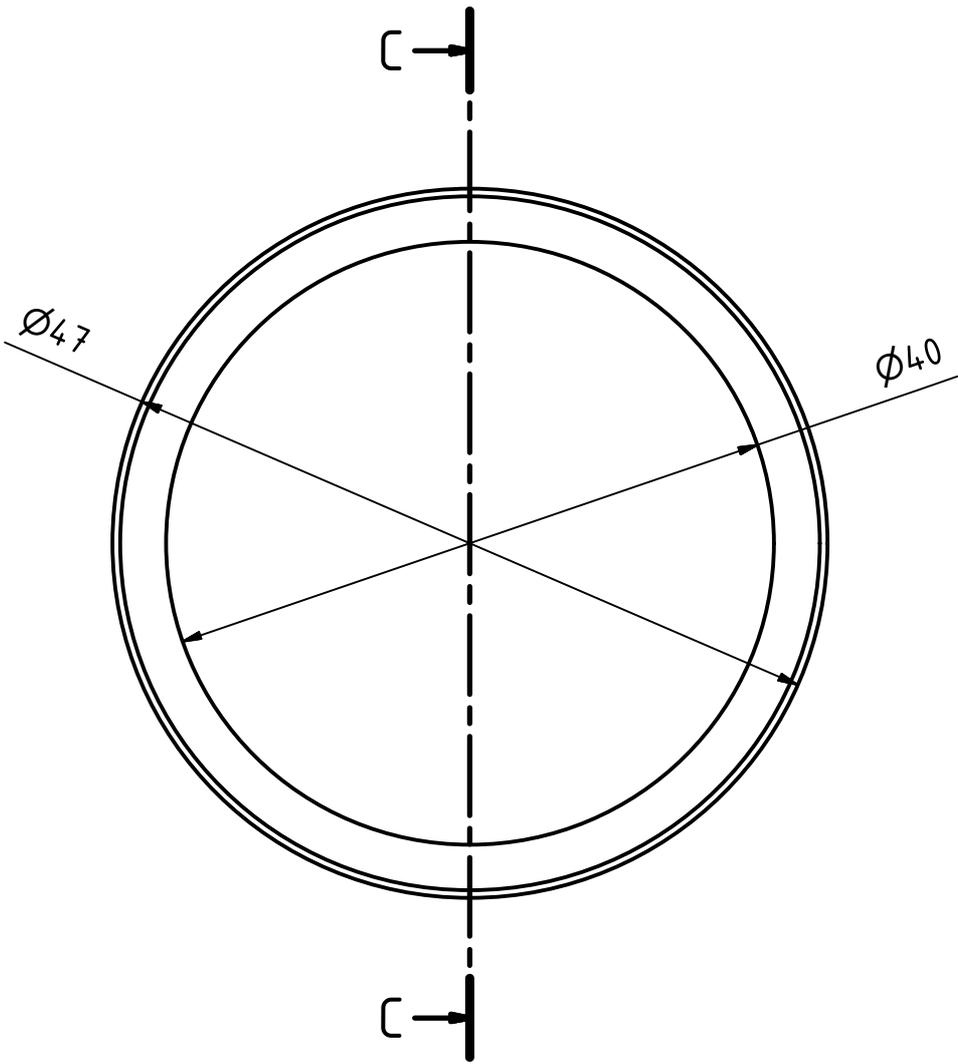


	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
2:1	CHAVETA EJE SALIDA			1.3.2

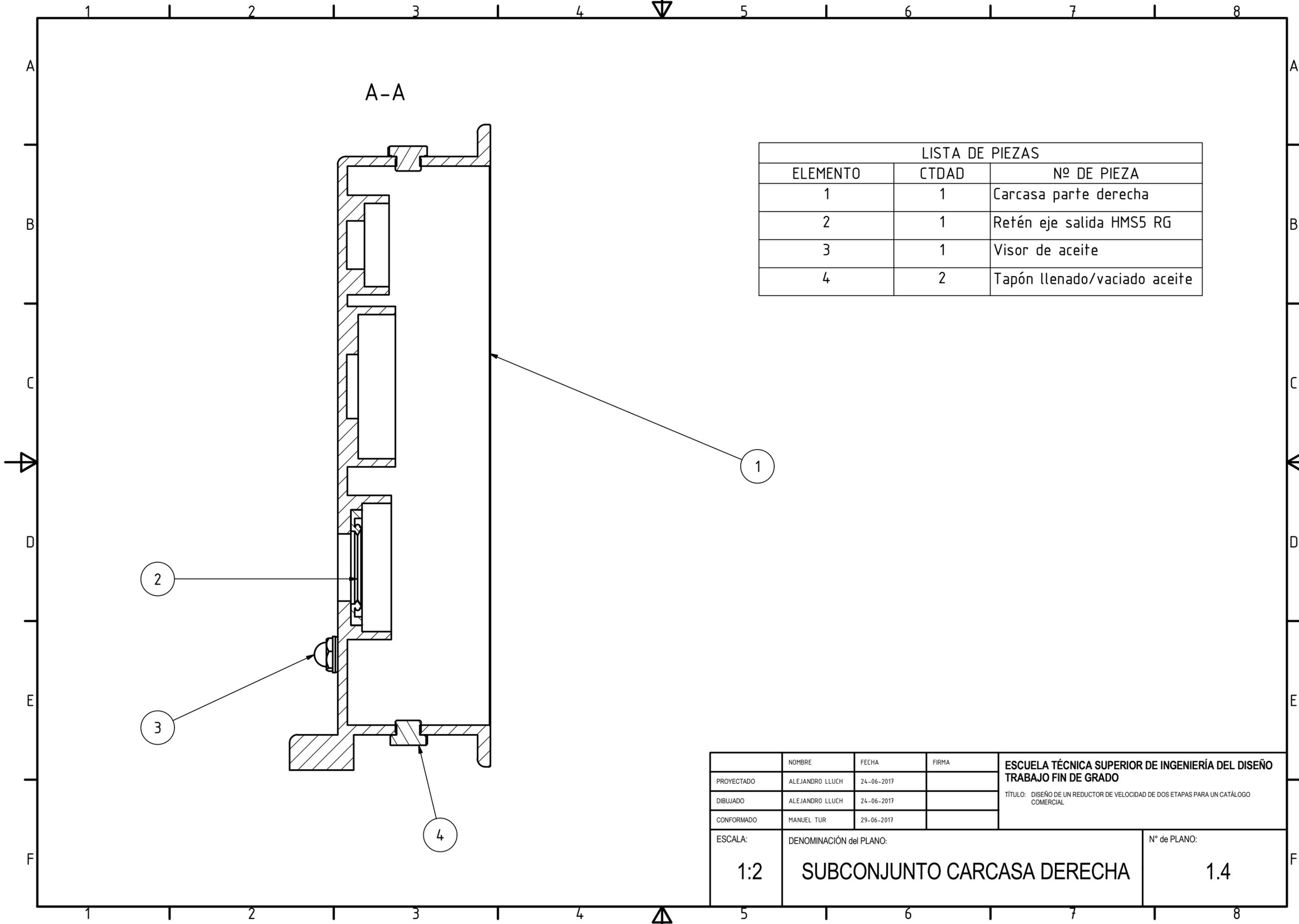


PARÁMETROS		
Díámetro primitivo	176,65	mm
Módulo	2	mm
Nº de dientes	83	-
Ángulo de presión	21,17	º
Ángulo de hélice	18,75	º
Distancia entre centros	112,8	mm
Calidad ISO	5	-
Material	Acero F-1252	-

	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> <small>TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL</small>
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
1:2	RUEDA EJE SALIDA			1.3.3

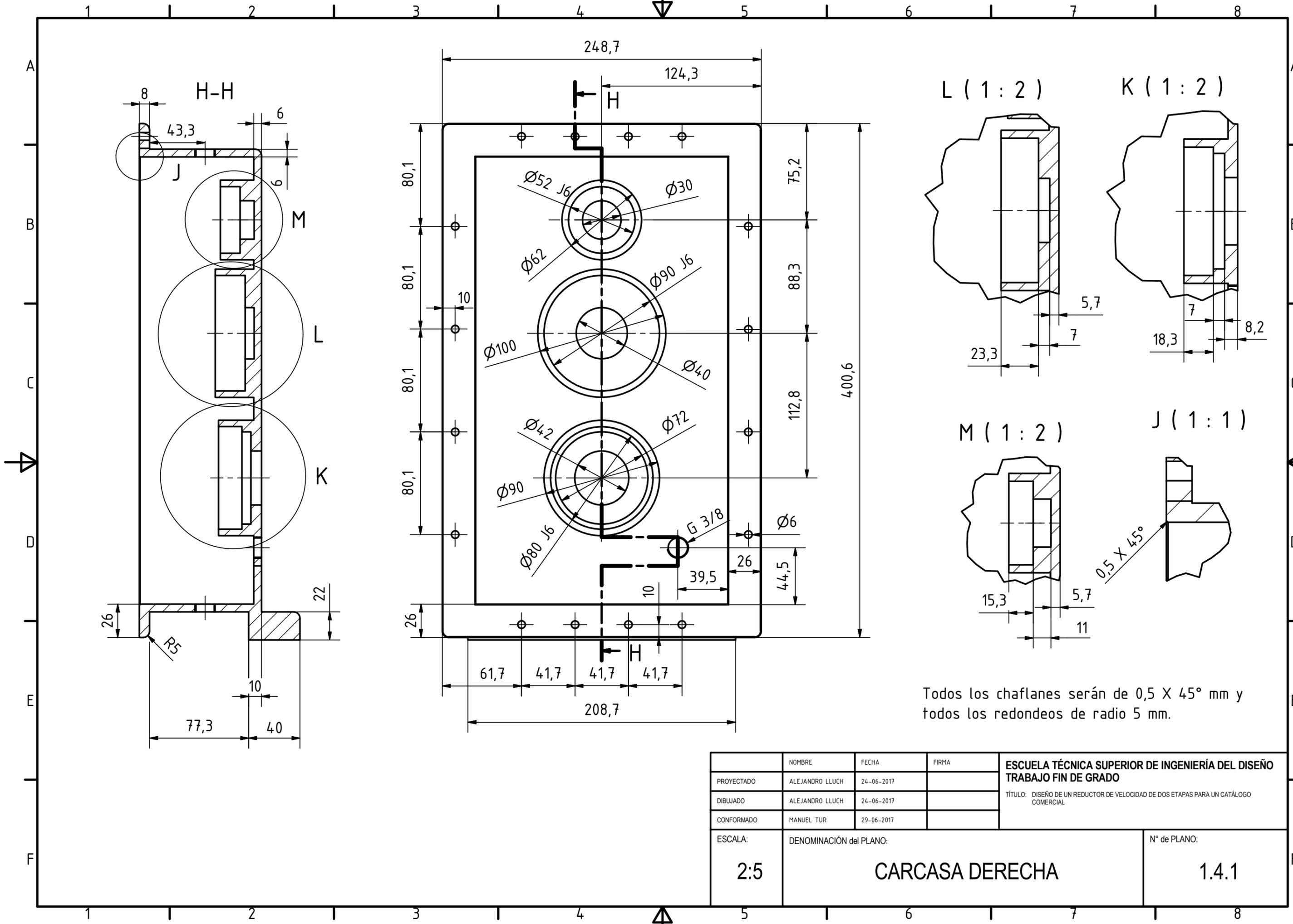


	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
2:1	CASQUILLO EJE SALIDA			1.3.4



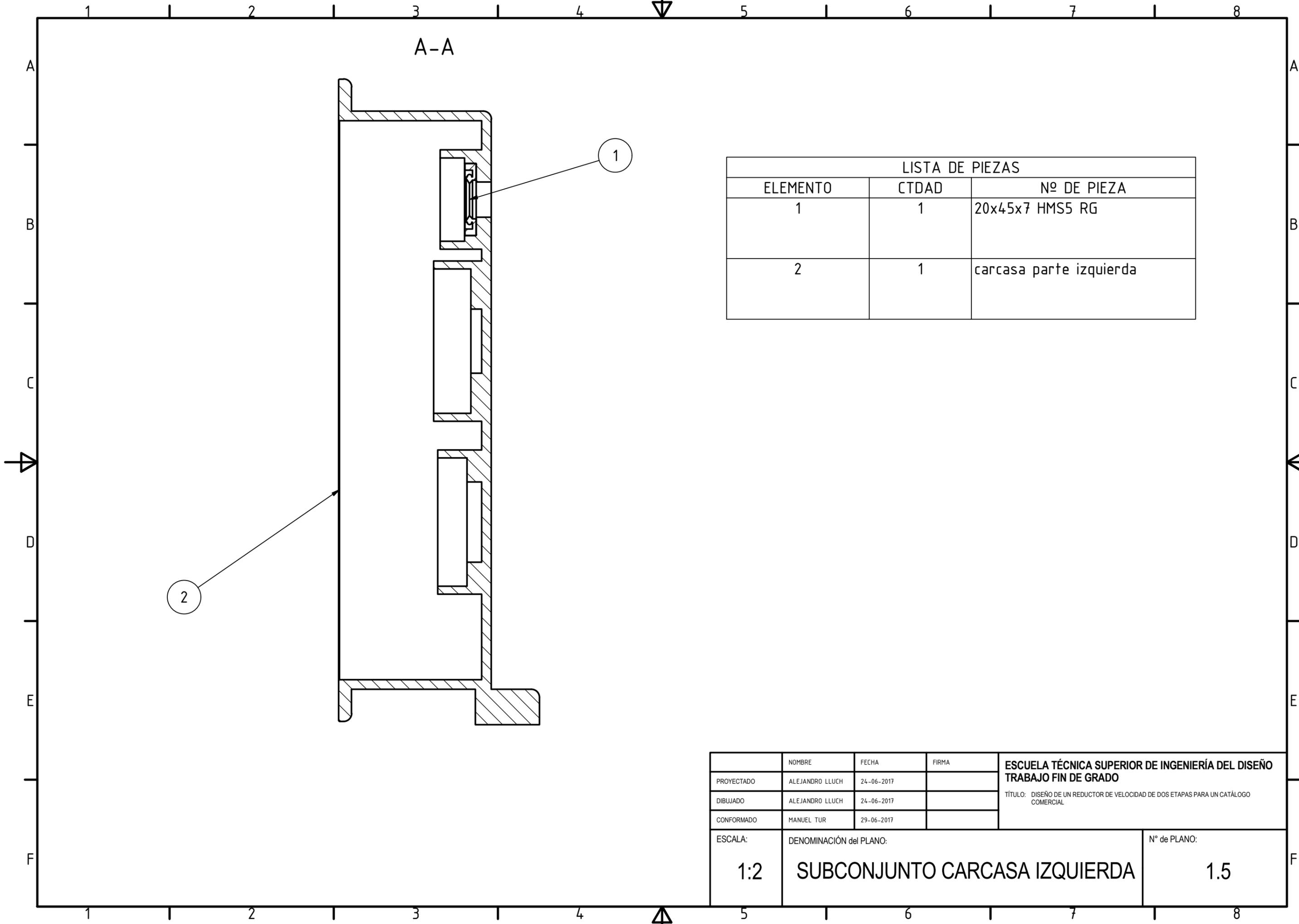
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Carcasa parte derecha
2	1	Retén eje salida HMS5 RG
3	1	Visor de aceite
4	2	Tapón llenado/vaciado aceite

	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> <small>TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL</small>
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
1:2	SUBCONJUNTO CARCASA DERECHA			1.4



Todos los chaflanes serán de 0,5 X 45° mm y todos los redondeos de radio 5 mm.

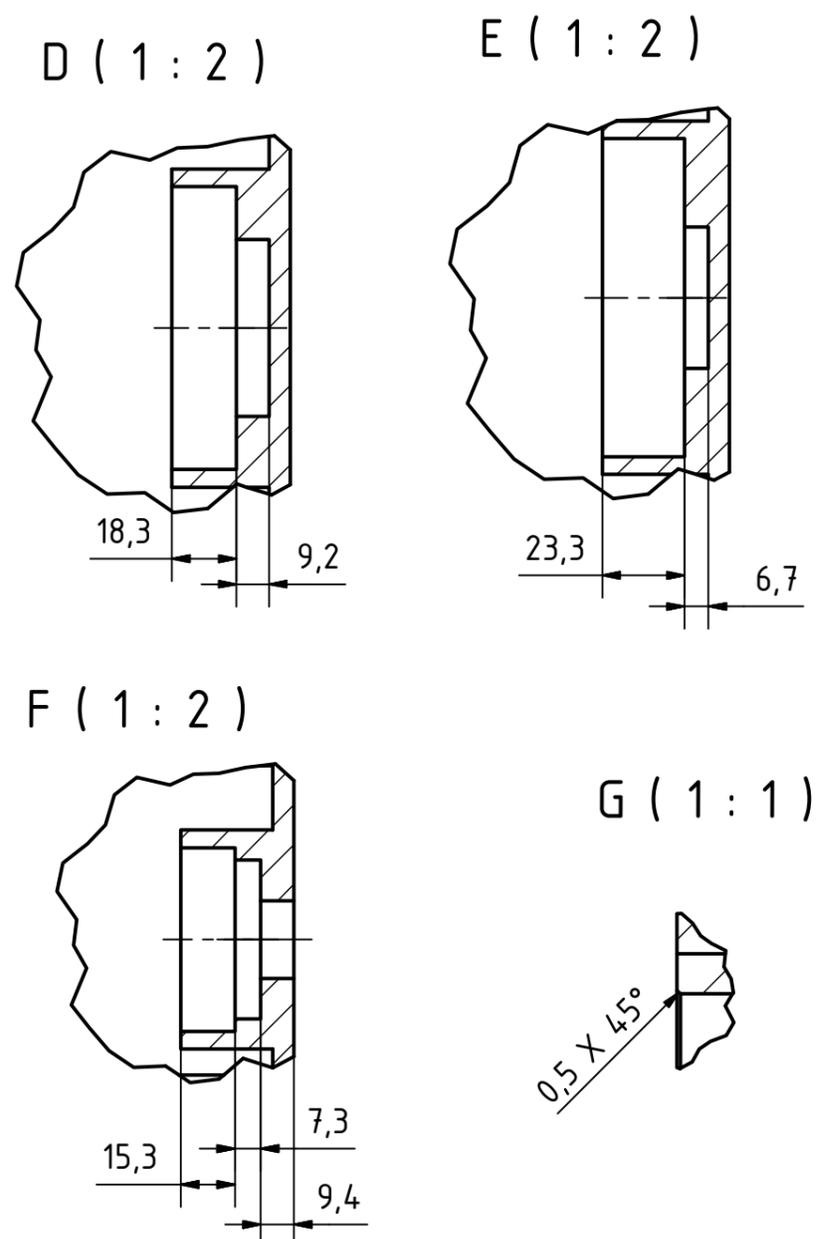
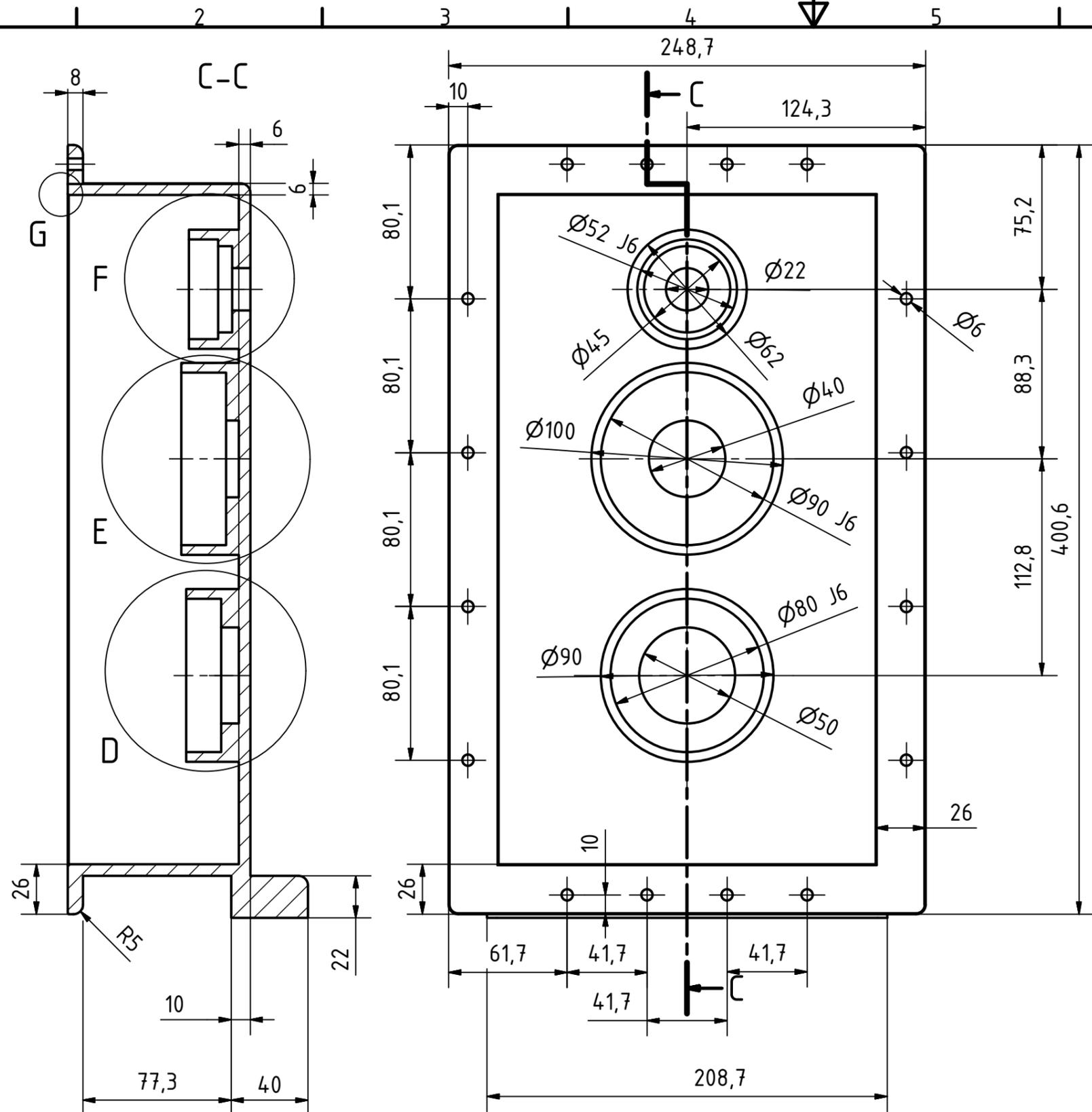
	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> <small>TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL</small>
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
<b>2:5</b>	<b>CARCASA DERECHA</b>			<b>1.4.1</b>



A-A

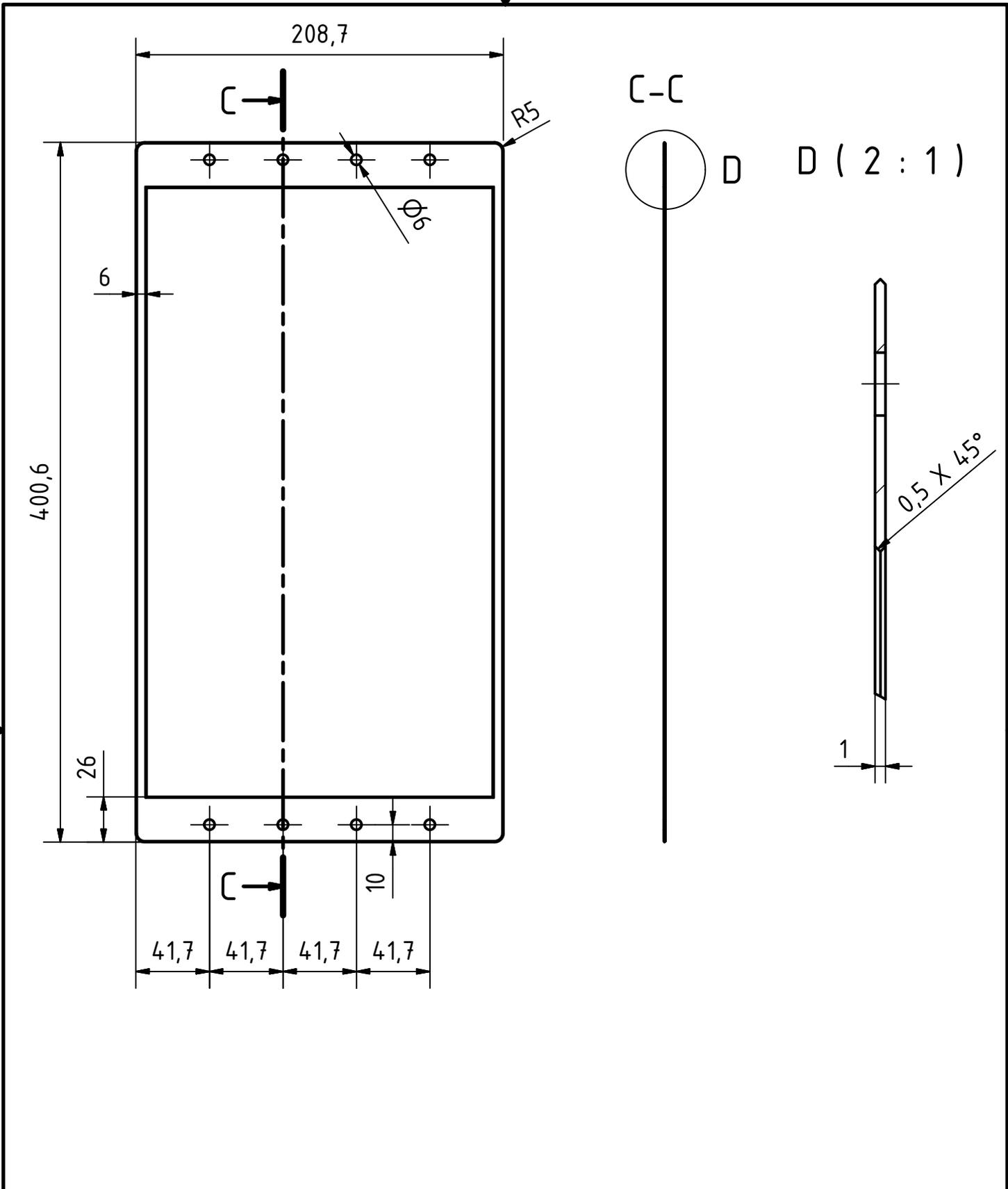
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	20x45x7 HMS5 RG
2	1	carcasa parte izquierda

	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> <small>TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL</small>
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:		Nº de PLANO:	
1:2	SUBCONJUNTO CARCASA IZQUIERDA		1.5	



Todos los chaflanes serán de 0,5 X 45° mm y todos los redondeos de radio 5 mm.

	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> <small>TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL</small>
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
2:5	CARCASA PARTE IZQUIERDA			1.5.1



	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> <small>TÍTULO: DISEÑO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE DOS ETAPAS PARA UN CATÁLOGO COMERCIAL</small>
PROYECTADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
DIBUJADO	ALEJANDRO LLUCH	24-06-2017		
CONFORMADO	MANUEL TUR	29-06-2017		
ESCALA:	DENOMINACIÓN del PLANO:			Nº de PLANO:
1:3	SELLO CARCASA			1.6



# TRABAJO FINAL DE GRADO

---

DISEÑO DE REDUCTOR DE 300 NM DE PAR DE SALIDA Y RELACIÓN DE VELOCIDADES

13.1

## **PLIEGO DE CONDICIONES**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO

Presentado por:	Alejandro Lluch Esteve.
Tutor:	Manuel Tur Valiente.
Titulación:	Grado en ingeniería mecánica.
Fecha:	Julio 2017.

ÍNDICE

<b>1. DISPOSICIONES GENERALES</b>	<b>4</b>
<b>2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS</b>	<b>4</b>
<b>2.1 PROCEDENCIA Y CALIDAD DE LOS MATERIALES</b>	<b>4</b>
2.1.1 NORMATIVA	5
2.1.2 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN	5
<b>2.2 DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES</b>	<b>6</b>
2.2.1 ENGRANAJES	6
2.2.1.1 MATERIAL DE LOS ENGRANAJES	6
2.2.1.2 FABRICACIÓN	7
2.2.2 EJES	7
2.2.2.1 MATERIAL DE LOS EJES	7
2.2.2.2 FABRICACIÓN	8
2.2.2.3 TRATAMIENTOS TÉRMICOS	9
2.2.3 CASQUILLOS	9
2.2.3.1 MATERIAL DE LOS CASQUILLOS	9
2.2.3.2 FABRICACIÓN	9
2.2.4 CHAVETAS	10
2.2.4.1 MATERIAL DE LAS CHAVETAS	10
2.2.4.2 FABRICACIÓN	10
2.2.5 PIEZAS ADQUIRIDAS	10
2.2.6 CARCASA	11
2.2.6.1 MATERIAL DE LA CARCASA	11
2.2.6.2 FABRICACIÓN	11
<b>2.3 ESPECIFICACIÓN DEL MONTAJE</b>	<b>11</b>
<b>3. CONDICIONES FACULTATIVAS</b>	<b>12</b>
<b>3.1 FACULTADES DE LA DIRECCIÓN DE OBRA</b>	<b>12</b>
<b>3.2 OBLIGACIONES Y DERECHOS DEL CONTRATISTA</b>	<b>12</b>
<b>3.3 LIBRO DE ÓRDENES</b>	<b>14</b>
<b>3.4 COMIENZO Y RITMO DE LOS TRABAJOS</b>	<b>14</b>
<b>3.5 CONTROLES DE CALIDAD Y ENSAYOS</b>	<b>16</b>
<b>3.6 TRABAJOS DEFECTUOSOS</b>	<b>17</b>
<b>3.7 TRABAJOS SIN PRESCRIPCIONES</b>	<b>17</b>
<b>3.8 RECLAMACIONES DEL CONTRATISTA</b>	<b>18</b>
<b>3.9 PERIODO DE PRUEBA O GARANTÍA</b>	<b>18</b>
<b>4. PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS</b>	<b>18</b>
<b>4.1 PRINCIPIO GENERAL</b>	<b>18</b>
<b>4.2 FIANZAS</b>	<b>19</b>

# PLIEGO DE CONDICIONES

---

<b>4.3 COMPOSICIÓN DE PRECIOS</b>	<b>19</b>
<b>4.4 PRECIOS CONTRADICTORIOS</b>	<b>20</b>
<b>4.5 MEJORAS Y MODIFICACIONES</b>	<b>20</b>
<b>4.6 PAGOS</b>	<b>21</b>
<b>4.7 ABONO DE LOS TRABAJOS REALIZADOS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA</b>	<b>21</b>
<b>4.8 VALORACIÓN, MEDICIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS</b>	<b>21</b>
4.8.1 ABONO DE LA FABRICACIÓN INCOMPLETA O DEFECTUOSA PERO ACEPTABLE	22
4.8.2 ABONO DE LOS TRABAJOS PRESUPUESTADOS CON PARTIDA ALZADA	22
4.8.3 ABONO DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA	23
<b>4.9 PENALIZACIONES</b>	<b>23</b>
4.9.1 IMPORTE DE LA INDEMNIZACIÓN POR RETRASO NO JUSTIFICADO EN EL PLAZO DE TERMINACIÓN DE LAS OBRAS	23
4.9.2 DEMORAS EN LOS PAGOS	23
<b>4.10 SEGUROS</b>	<b>24</b>
<b>5. PLIEGO DE CONDICIONES LEGALES</b>	<b>24</b>
<b>5.1 CONTRATISTA</b>	<b>24</b>
<b>5.2 CONTRATO</b>	<b>25</b>
<b>5.3 ADJUDUCACIÓN</b>	<b>26</b>
<b>5.4 ARBITRAJE</b>	<b>26</b>
<b>5.5 IMPUESTOS</b>	<b>26</b>
<b>5.6 ACCIDENTES DE TRABAJO</b>	<b>26</b>
<b>5.7 DAÑOS A TERCEROS</b>	<b>27</b>
<b>5.8 CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO</b>	<b>27</b>

## **1. DISPOSICIONES GENERALES**

El presente documento recoge las exigencias de tipo técnico y legal que regirán durante la ejecución del proyecto. Se trata de un documento vinculante, una vez aceptado se obliga a las partes a su cumplimiento, y sobre él han de decidirse los procedimientos tanto de ejecución como de rescisión de contrato.

En caso de omisión de algún detalle por su poca relevancia u obviedad tanto en este documento como en los planos, se aceptará la ejecución de las distintas unidades por la buena práctica teniendo siempre la calidad presente.

## **2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS**

### **2.1 PROCEDENCIA Y CALIDAD DE LOS MATERIALES**

Todos los materiales a emplear en la fabricación del reductor serán de total garantía y de primera calidad.

Los materiales cumplirán con las exigencias mínimas requeridas. En caso contrario se desecharán las que a juicio de la Dirección facultativa no reúnan las exigencias mínimas, por lo que se presentará con antelación cuantos materiales vayan a ser empleados para su reconocimiento y aprobación, sin la cual no se permite su colocación y puesta en obra.

Por tanto, el Contratista deberá realizar lo antes posible y de acuerdo con su programa de trabajo el impreso "Listado de unidades de obra. Presentación de muestras y/o planos de taller" en el que deberá tener en cuenta siempre el plazo de realización de los ensayos. La misión del mencionado impreso es evitar retrasos de trabajos, como consecuencia de la elección de materiales.

El material empleado será el que se especifica en este mismo Pliego de Condiciones, donde se detallarán sus características.

En caso de cambio o duda se consultará con el facultativo, que proporcionará su aprobación si lo cree conveniente. Las características de los materiales son las mínimas exigidas, por lo cual, en caso de cambio de material siempre se utilizará uno de las mismas características o superiores, pero nunca peores.

Los materiales llegarán al taller con un tamaño ligeramente superior al tamaño original de las piezas con el fin de poder realizar los desbastes necesarios. Este aumento de tamaño será mínimo debido a que unas grandes dimensiones aumentaría el costo del proyecto.

### **2.1.1 NORMATIVA**

Las condiciones técnicas generales referidas a indicaciones técnicas del pedido, vienen especificados por la norma UNE-EN 10021:2008.

Los aceros que se empleen para la fabricación del reductor deberán cumplir lo especificado en la norma UNE 36076:1974, referida a condiciones técnicas de suministro para productos calibrados de acero.

Los aceros aleados para temple y revenido tendrán que cumplir lo especificado en la norma UNE-EN 10083-2:2008.

Las medidas y tolerancias de los redondos de acero, utilizados en este proyecto, para la fabricación de los árboles de transmisión, vienen dadas por la norma UNE-EN 10060:2004.

La descripción de los distintos tipos de tratamientos térmicos a que deberán ser sometidos los materiales, se encuentra en la norma UNE-EN 10052:1994.

Para la toma y preparación de muestras y probetas de productos de acero laminado y forjado que se lleven a cabo en los ensayos, se cumplirá lo estipulado en la norma UNE 7018:2000.

Para la fabricación de la carcasa realizada en fundición gris FG20, se deberá cumplir lo especificado en la norma UNE-EN 1561:2012, que se refiere a “Tipos, características y condiciones de piezas moldeadas” de fundición gris

### **2.1.2 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN**

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de la fabricación, de acuerdo con la actual normativa vigente y cumpliendo estrictamente las condiciones exigidas fijadas en este Pliego así como las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo por tanto servir de pretexto al Contratista la baja de subasta para variar esa esmerada ejecución ni la calidad de la máquina proyectada cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

## 2.2 DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES

Se muestran a continuación los materiales empleados en la construcción del reductor con sus pertinentes características.

### 2.2.1 ENGRANAJES

#### 2.2.1.1 MATERIAL DE LOS ENGRANAJES

El material a emplear en los engranajes es un acero aleado revenido y templado, en concreto el acero F-1252 ya que este acero cumple con las exigencias mínimas requeridas para el cálculo del reductor.

Sus características son las siguientes:

Mecánicas:

Su: 1120 MPa

Sy: 1040 MPa

Alargamiento (%): 14

Dureza HB: 321

Composición (%):

C = 0.38 - 0.45

Si < 0.40

Mn = 0.60 - 0.90

P < 0.025

S < 0.035

Cr = 0.90 - 1.20

Mo = 0.15 - 0.30

Tecnológicas:

Alta resistencia y tenacidad.

Baja soldabilidad.

Fácil mecanizado.

### **2.2.1.2 FABRICACIÓN**

Con el fin de evitar cualquier tipo de imperfección en los engranajes se partirá de un bruto con medidas escasamente superiores a las de la pieza. Para evitar altas temperaturas en el mecanizado se utilizará refrigerante.

El mecanizado de los engranajes se realizará de la siguiente manera:

1. Refrentado en las caras laterales.
2. Cilindrado exterior.
3. Cilindrado interior.
4. Mortajado del chavetero.
5. Redondeos.
6. Talla de dientes.

### **2.2.2 EJES**

#### **2.2.2.1 MATERIAL DE LOS EJES**

Los ejes sufren esfuerzos tanto de flexión como de torsión, dependiendo de la zona. Por lo cual estos se han de diseñar para que aguanten estos esfuerzos.

Se ha dimensionado por el criterio de rigidez torsional en las zonas donde aparecen esfuerzos de torsión. Las demás partes sometidas a esfuerzos se han dimensionado a fatiga.

El material seleccionado para los ejes es el mismo que para la carcasa, el acero F-1140.

A continuación se muestran sus propiedades:

Mecánicas:

Su: 900 MPa

Sy: 700 MPa

Alargamiento (%): 14

Dureza HB: 248

Composición (%):

C = 0.42 - 0.50

Si < 0.40

Mn = 0.50 - 0.80

P < 0.035

S < 0.035

Cr < 0.40

Mo < 0.10

Ni < 0.40

Cr + Mo + Ni < 0.63

Tecnológicas:

Alta resistencia mecánica.

Económico.

Fácil mecanizado.

### **2.2.2.2 FABRICACIÓN**

Al igual que con los engranajes, para mecanizar los ejes se empleará un bruto de medidas ligeramente mayores a las de la pieza.

El mecanizado de los ejes se realizará de la siguiente manera:

1. Refrentado de las caras laterales.
2. Cilindrado exterior en desbaste.
3. Cilindrado exterior en acabado.

4. Ranurado de las arandelas.
5. Ranurado para los chaveteros.
6. Chaflanado.
7. Rectificado de los cilindrados.

### **2.2.2.3 TRATAMIENTOS TÉRMICOS**

Debido a los esfuerzos a los que se someterán los ejes del reductor es conveniente realizar ciertos tratamientos térmicos con el fin de aumentar la dureza y la resistencia de los mismos. Los tratamientos a los que se someterán los ejes son los siguientes:

- Templado: Se calienta el acero a altas temperaturas (700-950°C) y luego se enfría rápidamente con agua, aceite, u otros fluidos o sales con el fin de aumentar la dureza y la resistencia del acero.
- Revenido: El revenido se aplica a continuación del temple para eliminar las tensiones y mejorar la tenacidad. Reduce la dureza y la fragilidad.

### **2.2.3 CASQUILLOS**

#### **2.2.3.1 MATERIAL DE LOS CASQUILLOS**

El material seleccionado para los casquillos es el bronce ya que este material posee una buena resistencia mecánica y tiene buena maquinabilidad.

#### **2.2.3.2 FABRICACIÓN**

Se partirá de un bruto de medidas ligeramente superiores a las medidas de la pieza.

Se realizará el mecanizado de los casquillos de la siguiente manera:

1. Refrentado de las caras laterales.
2. Cilindrado exterior.
3. Cilindrado interior.
4. Chaflanado.

## **2.2.4 CHAVETAS**

### **2.2.4.1 MATERIAL DE LAS CHAVETAS**

El material de las chavetas será el acero F-1140. Las características de este material se han mencionado con anterioridad.

### **2.2.4.2 FABRICACIÓN**

Para el mecanizado de las chavetas se partirá de un bruto de medidas poco superiores a las de la pieza.

Se mecanizarán de la siguiente forma:

1. Desbaste exterior.
2. Acabado exterior.
3. Chaflanado.

## **2.2.5 PIEZAS ADQUIRIDAS**

El reductor de velocidad constará de varios componentes adquiridos directamente de ciertas empresas con el objetivo de abaratar costes y tiempo. Todas las piezas están normalizadas y cumplen con las exigencias del reductor.

A continuación se indican los componentes empleados y su procedencia:

Rodamientos y retenes: Catálogo SKF.

Arandelas elásticas, tornillería, tapones y visor de aceite: Catálogo Traceparts.

## **2.2.6 CARCASA**

### **2.2.6.1 MATERIAL DE LA CARCASA**

El material seleccionado para la carcasa es la fundición gris FG20 según la norma UNE 36111-73. Este material tiene buena resistencia tanto a tracción como compresión. Es un material relativamente barato y de fácil mecanización. También es resistente al desgaste y debido al silicio que contiene, su resistencia a la corrosión es buena. Como inconveniente podríamos citar que la misma no es tenaz.

### **2.2.6.2 FABRICACIÓN**

La fabricación de la carcasa se llevará a cabo con una fresadora. Se partirá de dos brutos con dimensiones ligeramente mayores, un bruto para la parte izquierda de la carcasa y otro bruto para la parte derecha de la carcasa.

El proceso de fabricación es el siguiente:

1. Desbaste.
2. Taladrado de los agujeros.
3. Acabado.
4. Roscado.
5. Rectificado de los alojamientos de los rodamientos.
6. Chaflanado.

## **2.3 ESPECIFICACIÓN DEL MONTAJE**

A la hora de realizar el montaje se intentará ante todo que la carcasa sea fácil y rápida de montar con el fin de evitar paros prolongados en caso de averías o mantenimiento.

El proceso es el siguiente:

1. Poner las dos partes de la carcasa en una superficie estable.
2. Acoplar la chaveta en el eje.

3. Introducir el piñón en el eje.
4. Fijar el piñón con el casquillo.
5. Introducir los rodamientos a ambos lados.
6. Acoplar las arandelas elásticas en sus ranuras.
7. Repetir el mismo procedimiento con los ejes intermedio y de salida.
8. Acoplar los engranajes de los tres ejes.
9. Introducir los tres ejes engranados en la carcasa.
10. Insertar el sello en la cara interior de la carcasa.
11. Unir ambas partes de la carcasa.
12. Atornillar las dos caras de la carcasa.
13. Atornillar el visor de aceite y el tapón de vaciado.
14. Llenar el reductor con aceite.
15. Insertar el tapón superior de llenado de aceite.

### **3. CONDICIONES FACULTATIVAS**

#### **3.1 FACULTADES DE LA DIRECCIÓN DE OBRA**

La dirección de obra es calidad del Ingeniero Técnico.

Por su parte quedará garantizado el comienzo tanto del proyecto como de la ejecución de los trabajos. En el proceso de fabricación, ordenará y dirigirá con coherencia el proyecto, la normativa vigente y las reglas de construcción además de apoyar dando las instrucciones necesarias y realizando la labor de coordinación del personal que concurre en la dirección implicado en el proceso, teniendo totalmente planificado el control de calidad y económico de la fabricación. Asegurará el correcto funcionamiento del reductor, comprobándolo y modificando los elementos del proyecto que se precisen, habiendo previamente realizado los ensayos para realizar controles de resistencia de materiales y calidad de las instalaciones de fabricación pertinentes de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. El Ingeniero Técnico, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

#### **3.2 OBLIGACIONES Y DERECHOS DEL CONTRATISTA**

Con carácter general, las obligaciones que afectan al Contratista son:

## PLIEGO DE CONDICIONES

---

1. El Contratista de obra está obligado a conocer íntegra y profundamente el proyecto en todas sus partes. En caso contrario, solicitará la aclaración.
2. Deberá conocer las leyes que afectan directa o indirectamente a sus funciones.
3. El Contratista deberá poner los medios necesarios para la correcta ejecución de los trabajos así como una oficina de trabajo adecuada para el Ingeniero Técnico.
4. Deberá cumplir las indicaciones de la dirección técnica, así como las reflejadas en el Libro de Ordenes.
5. En la ejecución de las obras será el único responsable, no teniendo derecho a indemnización por sus confusiones en cuanto a ejecución o elección del material. Además ha de designar un representante adecuadamente cualificado para actuar como encargado en la fabricación que por sí, o por medio de sus técnicos o encargados, estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Ingeniero Técnico, en las visitas que hagan al taller, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándoles los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones. El Ingeniero Técnico tiene facultades para detener la obra en caso de deficiencias en la misma.
6. Deberá presentar un estudio de higiene y seguridad en taller para la posterior aprobación del Ingeniero Técnico. Será responsable de los accidentes que, por descuido, negligencia, inexperiencia o por incumplimiento de alguna disposición en cuanto a seguridad pueda sobrevenir y afectar a personas o cosas.
7. Habrá de tener un lugar dispuesto para la consulta de documentos del proyecto y estar siempre a disposición de la Dirección Facultativa el proyecto de ejecución material, el libro de órdenes y asistencias, el plan de seguridad e higiene con su reglamento pertinente.

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos del Pliego de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al Contratista, estando éste obligado a devolver a los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba por parte del Ingeniero Técnico. Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éste crea oportuno hacer el fabricante habrá de dirigirla dentro precisamente del plazo de tres días y el Facultativo dará al Contratista el correspondiente recibido, si éste lo solicitase.

8. Es obligación de la Contrata el ejecutar cuando sea necesario para la buena fabricación, aún cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Ingeniero Técnico dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de fabricación y tipo de ejecución.

En defecto de especificación en el Pliego de Condiciones particulares, se entenderá que requiere reformado de proyecto con consentimiento expreso de la propiedad, toda variación que suponga incremento de precios de alguna unidad de fabricación en más del 20% o del total en más de un 10%.

9. El Contratista habrá de aprobar las certificaciones parciales, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.

Los derechos que le asisten serán:

1. Tener un ejemplar completo del proyecto.
2. Se le suministrará los materiales y maquinaria que están a cargo de la Propiedad, en el plazo y condiciones estipuladas.
3. Recibirá solución a los problemas técnicos no previstos en el proyecto que aparezcan durante la ejecución de la obra y no imputables a la mala ejecución de las mismas.

### **3.3 LIBRO DE ÓRDENES**

Es preceptiva la existencia de un Libro de Ordenes e Incidencias, visado por los Colegios Profesionales correspondientes, en donde se recojan todas y cada una de las órdenes y modificaciones que se dicten en cada momento.

### **3.4 COMIENZO Y RITMO DE LOS TRABAJOS**

El Contratista dará comienzo a los trabajos en la fecha que conste en la notificación de adjudicación.

## PLIEGO DE CONDICIONES

---

El Contratista está obligado a presentar un programa de trabajos de acuerdo con lo que se indique respecto al plazo y forma en el Pliego o, en su defecto, 30 días después de la comunicación de la adjudicación.

Este programa habrá de estar ampliamente razonado y justificado, teniéndose en cuenta los plazos de llegada al taller, de materiales y medios auxiliares y la interdependencia de las distintas operaciones, así como la influencia que sobre su desarrollo hayan de tener las circunstancias climatológicas, estacionales y de movimiento de personal.

Una vez aprobado por la Dirección de Facultativa, servirá de base, en su caso, para la aplicación de los artículos 137 a 141, ambos inclusive, del Reglamento General de Contratación del Estado, de 25 de noviembre de 1975.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Ingeniero Técnico del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

La Dirección facultativa y el Contratista revisarán conjuntamente la progresión real de los trabajos contratados y los programas parciales a realizar en el periodo siguiente, sin que estas revisiones eximan al Contratista de su responsabilidad respecto de los plazos estipulados en la adjudicación.

La maquinaria y medios auxiliares de toda clase, que figuran en el programa de trabajo, lo serán a efectos indicativos, pero el Contratista está obligado a mantener en el taller y en servicio cuantos sean precisos para el cumplimiento de los objetivos intermedios y finales o para la corrección oportuna de los desajustes que pudieran producirse respecto a los contratados para la realización de las obras.

Las demoras que en la corrección de los defectos que pudiera tener el programa de trabajo propuesto por el Contratista y se produjeran respecto al plazo legal para su presentación no serán tenidas en cuenta como aumento del concedido para realizar las operaciones de fabricación, por lo que el Contratista queda obligado siempre a hacer sus previsiones y el consiguiente empleo de medios, de manera que no se altere el cumplimiento de aquél.

En general, la determinación del orden de los trabajos será facultad del Contratista, salvo aquellos en que por circunstancias de orden técnico estime oportuno su variación la Dirección Facultativa.

El Contratista deberá facilitar los trabajos realizados por otros Contratistas bajo órdenes de la Dirección Facultativa. En caso de litigio, ambos Contratistas acatarán las decisiones de la Dirección Facultativa.

Cuando por motivos imprevistos el proyecto deba ser ampliado, los trabajos continuarán a su ritmo y las nuevas instrucciones serán cargo del Ingeniero Técnico.

En el caso de que por motivos de causa mayor justificados se retrase el comienzo o realización de los trabajos se le podrá otorgar una prórroga previo informe favorable del Ingeniero Técnico tras examinar los documentos y pruebas del Contratista justificando las causas del retraso.

Salvo estos motivos, el Contratista no podrá excusarse de cualquier retraso.

### **3.5 CONTROLES DE CALIDAD Y ENSAYOS**

El Contratista en el precio de su oferta incluye el 1% del valor del producto, en costo de ejecución material, para efectuar el programa de Control de Calidad que prepare la Dirección Facultativa previamente al comienzo de los trabajos.

El Contratista solicitará ofertas a tres o más empresas de control, previamente consensuadas con la Dirección Facultativa, aprobando esta última la elección de la oferta más ventajosa económicamente siempre que cumpla además con los siguientes requisitos:

- Poseer o trabajar con laboratorios que estén acreditados en las áreas que requiera el Proyecto.
- Entregar a la Dirección Facultativa los procedimientos operativos de los ensayos que por su complejidad le sean requeridos.
- Entregar los certificados de calibración puestos al día de los equipos, aparatos, que utiliza para efectuar los ensayos.
- Poseer personal con la cualificación que exija la Dirección Facultativa en los ensayos que por su complejidad requiera esta.
- El Contratista está obligado a entregarle a la empresa de Control un ejemplar del proyecto de ejecución y facilitar a la citada empresa, además del acceso a cualquier parte del taller, el personal y medios auxiliares para que se puedan realizar las pruebas y ensayos, cuyo costo habrá de ser tenido en cuenta al establecer los precios de la oferta.

- Serán por cuenta del Contratista todas las pruebas y ensayos que sea necesario realizar como consecuencia de la detección de fallos y especificaciones diferentes a las definidas en proyecto o cambio de las mismas a sugerencia del mismo, así como aquellos que la Dirección Facultativa considere necesarios cuando el Contratista proponga el empleo de materiales o sistemas sin sello de calidad.

### **3.6 TRABAJOS DEFECTUOSOS**

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en el Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados. Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del reductor, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en estos pueda existir por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales o aparatos colocados sin que le exonere de responsabilidad el control que compete a la Dirección Facultativa, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de fabricación, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Cuando los materiales, elementos de instalación y aparatos no fuesen de la calidad prescrita, tanto en el proceso de ejecución del proyecto como una vez finalizado, la Dirección Facultativa dará orden para que sean reemplazados por otros que satisfagan o cumplan el objeto a que se destinan a expensas de la contrata, que tiene derecho a negarse a la decisión, siendo planteada la cuestión al Ingeniero Técnico quien tomará la decisión que considere oportuna.

El Contratista tiene también la obligación de dar servicio a los posibles problemas que puedan presentarse durante la ejecución de los trabajos. Tendrá la potestad de realizar modificaciones si lo considerase oportuno. Si la Dirección Facultativa estimase que ciertas modificaciones hechas bajo la iniciativa del Contratista son aceptables las nuevas disposiciones podrán ser mantenidas pero entonces el Contratista no tendrá derecho a ningún aumento de precio, tanto por dimensiones mayores como por un mayor valor de los materiales empleados. Si por el contrario las dimensiones son menores o el valor de los materiales es inferior, los precios se reducirán proporcionalmente.

### **3.7 TRABAJOS SIN PRESCRIPCIONES**

En la ejecución de los trabajos que entran en la fabricación y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este pliego ni en la restante documentación del proyecto, el Contratista se atenderá en primer término, a las

instrucciones que dicte La Dirección Facultativa y en segundo lugar a las reglas y normas de la buena práctica.

### **3.8 RECLAMACIONES DEL CONTRATISTA**

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, solo podrá presentarlas, a través del Ingeniero Técnico, ante la Propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en el Pliegos de Condiciones correspondiente.

Contra disposiciones de orden técnico del Ingeniero Técnico no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad si lo estima oportuno mediante exposición razonada dirigida al Ingeniero Técnico, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

### **3.9 PERIODO DE PRUEBA O GARANTÍA**

El plazo de garantía, a contar desde la recepción del reductor, será de un año, durante el cual el Contratista tendrá a su cargo la conservación ordinaria de las mismas, cualquiera que fuese la naturaleza de los trabajos a realizar, siempre que no estuvieran motivados por causas de fuerza mayor.

Igualmente, deberá subsanar aquellos extremos que se reflejaron en el Acta de Recepción provisional.

Si durante dicho período de garantía la Dirección Facultativa viese la necesidad de poner en servicio provisional todas o algunas de las mismas, los gastos de explotación y los daños que por uso inadecuado se produjeran no serán imputables al Contratista, teniendo éste en todo momento que vigilar dicha explotación y exponer cuantas circunstancias de ella pudieran afectarle.

## **4. PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS**

### **4.1 PRINCIPIO GENERAL**

Todos los que intervienen en el proceso de fabricación tienen derecho a recibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

La Propiedad, el Contratista y, en su caso, los Técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

### **4.2 FIANZAS**

La fianza que se exigirá al Contratista para que responda del cumplimiento del contrato se convendrá en una retención del 3% del importe de las certificaciones que se establecen en el contrato, siempre que en el contrato no se establezca otro procedimiento o cantidad.

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Ingeniero Técnico en nombre y representación del Propietario los ordenará ejecutar a un tercero o podrá realizarlos directamente por administración abonando su importe con la fianza depositada sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de fabricación que no fuesen de recibo.

La fianza retenida se abonará al Contratista en un plazo no superior a 10 días una vez terminadas la fabricación tras el visto bueno de la Dirección Facultativa, a no ser que en contrato se indique otra cosa. La Propiedad podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la contrata, tales como salarios, suministros, subcontratos etc.

### **4.3 COMPOSICIÓN DE PRECIOS**

En ausencia de un convenio especial, los precios unitarios se compondrán de las siguientes partidas:

1. Materiales, expresando su cantidad y precio unitario en cada unidad de obra.
2. Mano de obra, clasificada por categorías en cada profesión, expresando el número de horas invertidas por cada operario en cada unidad de obra, así como jornales y honorarios correspondientes.
3. Tantos por ciento de gastos generales sobre la suma de los conceptos.

4. Tanto por ciento de beneficio industrial del Contratista, aplicado a la suma total de los conceptos anteriores.

La suma de todas estas cantidades será el precio unitario contratado.

Asimismo, el Contratista deberá de presentar una lista de los precios de jornales, de los materiales de origen, de transporte, de los tantos por ciento de seguros y cargas sociales vigentes y de los conceptos de cuantías de las partidas pertenecientes a gastos generales, todo ello referido a la fecha de la firma del contrato.

Será condición indispensable para que el Contratista tenga derecho a pedir la revisión de precios, antes de empezarse la ejecución de todas y cada una de las unidades de obra contratadas.

Recibida por escrito la conformidad del Director de Obra a los precios descompuestos de cada unidad que el Contratista previamente le habrá entregado, así como también a las listas de precios especificados al comienzo de este artículo.

#### **4.4 PRECIOS CONTRADICTORIOS**

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Ingeniero Técnico decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista. El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Ingeniero Técnico y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plano que determine el Pliego de Condiciones. Si subsiste la diferencia se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar al banco de precios de uso más frecuente.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

#### **4.5 MEJORAS Y MODIFICACIONES**

El Contratista queda obligado tanto si se ordena por parte de la Dirección Facultativa o no, a introducir las mejoras y modificaciones necesarias para la buena fabricación de las máquinas. Dichos trabajos de mejora o modificaciones si son ordenadas por la Dirección Facultativa se evaluarán de conformidad con los precios unitarios y se

abonarán, mientras que si son introducidas por el Contratista para beneficio propio no se producirá dicho abono.

El Contratista está obligado a comunicar a la Dirección Facultativa las deficiencias que aprecie tanto en la fabricación como en el Proyecto, de forma que el Ingeniero Técnico pueda introducir mejoras o modificaciones si así lo estima conveniente.

### **4.6 PAGOS**

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de trabajo efectuadas por el Ingeniero Técnico, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

### **4.7 ABONO DE LOS TRABAJOS REALIZADOS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA**

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran efectuado trabajos cualesquiera, para su abono procederá así:

Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo y el Ingeniero Técnico exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en el Pliego de Condiciones, en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario se aplicarán estos últimos.

Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Propietario, se valorarán y abonarán a los precios del día previamente acordados.

Si se han ejecutado trabajos para la reaparición de desperfectos ocasionados por deficiencias de la fabricación o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

### **4.8 VALORACIÓN, MEDICIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS**

El Contratista tiene la obligación de presentar a la Dirección Facultativa el borrador de la certificación, con sus correspondientes mediciones detalladas, unidad por unidad, a final de la obra a valorar.

El borrador de la certificación lo tendrá la Dirección un máximo de quince días laborables, siempre y cuando los errores no pasen del 5%.

Todos los abonos que se efectúen, tanto de la máquina ejecutada como de cualesquier otro, lo son a buena cuenta y las certificaciones no suponen ni recepción de las máquinas que comprenden ni relevan al Contratista de la obligación que tiene que asegurar en todo caso los materiales y conservarlos por su cuenta y riesgo reponiendo los que sean destruidos o sustraídos en cualquier caso.

Semanalmente se llevará a cabo una liquidación, en la que se abonarán las certificaciones, descontando el importe de los cargos que el Cliente tenga con el Contratista.

De la correspondiente certificación el Cliente deducirá el 1%, en concepto de Control de Calidad, para abonar directamente los gastos producidos por este concepto a la Organización de Control que efectúe dichos trabajos, siempre con cargo al Contratista.

No obstante, con autorización expresa del Cliente, dicho abono lo podrá efectuar el Contratista directamente a la Organización de Control.

#### **4.8.1 ABONO DE LA FABRICACIÓN INCOMPLETA O DEFECTUOSA PERO ACEPTABLE**

Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obra incompleta o defectuosa pero aceptable a juicio de la Dirección Facultativa, ésta determinará el precio o partida del abono después de oír al Contratista, el cual deberá aceptar dicha resolución salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera terminar la obra o rehacerla con arreglo a Proyecto, sin exceder de dicho plazo.

#### **4.8.2 ABONO DE LOS TRABAJOS PRESUPUESTADOS CON PARTIDA ALZADA**

El abono de los trabajos presupuestados con partida alzada, se efectuarán de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

- Si existen precios contratados para unidades de obra iguales, las presupuestadas mediante partida alzada se abonarán previa medición y aplicación del predio establecido.
- Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratados.

- Si no existen precios contratados para unidades de obra similares o iguales, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo que en el presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso la Dirección Facultativa indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que a de seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el presupuesto aprobado o, en su defecto, a las que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en concepto de gastos generales y beneficio industrial del Contratista.

### **4.8.3 ABONO DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA**

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo y la Dirección Facultativa exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios marcados en el presupuesto y abonados.
- Si se han efectuado trabajos para la recepción de desperfectos ocasionados por deficiencia de la fabricación o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

## **4.9 PENALIZACIONES**

### **4.9.1 IMPORTE DE LA INDEMNIZACIÓN POR RETRASO NO JUSTIFICADO EN EL PLAZO DE TERMINACIÓN DE LAS OBRAS**

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de Fabricación. Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

### **4.9.2 DEMORAS EN LOS PAGOS**

Si el Propietario no efectuase el pago de los trabajos ejecutados dentro del mes siguiente al que corresponda el plazo convenido, el Contratista tendrá además el derecho de percibir el abono de un cuatro y medio por cien (4.5 %) anual, en concepto de intereses

de demora, durante el espacio de tiempo de retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

Si aún transcurrieran dos meses a partir del término de dicho plazo de un mes sin realizarse dicho pago, tendrá derecho el Contratista a la resolución del contrato, procediéndose a la liquidación correspondiente de las obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que éstos reúnan las condiciones preestablecidas y que su cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada.

### **4.10 SEGUROS**

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados.

Asimismo se aportará la cobertura de la responsabilidad civil por daños a terceros.

El importe abonado por la Compañía Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta al nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se fabrique, y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción.

En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista hecho un documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de la reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda resolver el contrato con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc., y una indemnización equivalente a lo que suponga la indemnización de la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por la Dirección Facultativa.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de seguros, las pondrá el Contratista, antes de contratarlos, en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

## **5. PLIEGO DE CONDICIONES LEGALES**

### **5.1 CONTRATISTA**

Corresponde al Contratista:

1. Organizar los trabajos de fabricación, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
2. Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad e Higiene de la fabricación en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
3. Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la fabricación y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
4. Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción de la Dirección Facultativa, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
5. Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento del proceso, y dar el enterado a las notificaciones que se practiquen en el mismo.
6. Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
7. Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
8. Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la fabricación.

### **5.2 CONTRATO**

Los contratos se formalizarán mediante documento privado, en general, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes y de acuerdo con las disposiciones vigentes.

El contrato estipulado y por tanto de aplicación en el presente proyecto será por unidades de obra, acordando unos precios para las distintas unidades de obra y en base a las mediciones del proyecto se obtendrá el presupuesto final.

El Contratista, antes de firmar la escritura, habrá firmado también al pie del Pliego de Condiciones que registrará la obra, en los planos, cuadros de precios y en el Presupuesto. Serán de cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne la contrata.

### **5.3 ADJUDUCACIÓN**

La adjudicación de este proyecto se realizará mediante un procedimiento negociado, adjudicándose, previa consulta o negociación con otras empresas que cuentan con los medios necesarios para poder llevar a cabo el encargo, por contratación directa a la empresa que firma el contrato con las justificaciones necesarias.

### **5.4 ARBITRAJE**

Ambas partes se comprometen a someterse, en sus diferencias, al arbitraje de amigables componedores, designado uno de ellos por el Propietario, otro por la Contrata y un Ingeniero por el colegio oficial correspondiente.

En caso de no llegar a un acuerdo amistoso se acudirá al Juzgado de 1ª Instancia del lugar de realización de los trabajos para que dictamine veredicto sobre las diferencias expuestas.

### **5.5 IMPUESTOS**

Como norma general y salvo pacto o cláusula en contrario que establezcan la Propiedad y el Contratista, el pago de los impuestos se realizarán según la forma habitual en la zona.

### **5.6 ACCIDENTES DE TRABAJO**

En caso de accidentes ocurridos a los operarios con motivo y en el ejercicio de los trabajos para la ejecución de la obra, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a este respecto en la legislación vigente, siendo, en todo caso, único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la propiedad por responsabilidades de cualquier tipo.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan, para evitar en lo posible accidentes a los operarios en todos los lugares peligrosos de la fábrica.

De los accidentes y perjuicios de todo género que, por no cumplir lo legislado sobre la materia, pudieran acaecer o sobrevenir, será el Contratista el único responsable, o sus representantes en la fabricación, ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos necesarios para cumplimentar debidamente dichas disposiciones legales.

### **5.7 DAÑOS A TERCEROS**

El Contratista será responsable de todos los accidentes que por inexperiencia y descuido sobrevinieran.

Será, por tanto, de su cuenta, el abono de las correspondientes indemnizaciones, cuando hubiera lugar a ello, de todos los daños y perjuicios que se hubieran causado durante la ejecución de obras.

El Contratista cumplirá los requisitos que prescriben las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir, cuando ello fuera requerido, el justificante de tal cumplimiento.

### **5.8 CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO**

Se considerarán causas suficientes de rescisión las que a continuación se señalan:

- La muerte o incapacidad del Fabricante.
- La quiebra del Fabricante. En los casos anteriores, si los herederos o síndicos ofrecieran llevar a cabo las tareas bajo las mismas condiciones estipuladas en el contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento sin que, en este último caso, tengan aquellos derechos a indemnización alguna.
- Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:

La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales al mismo a juicio del Ingeniero Técnico, y en cualquier caso, siempre que la variación del presupuesto de ejecución como consecuencia de estas modificaciones represente, aproximadamente, el 40%, como mínimo, de alguna de las unidades del proyecto modificadas.

## PLIEGO DE CONDICIONES

---

La modificación de unidades de fabricación, siempre que estas modificaciones representen variaciones, en más o en menos, del 40%, como mínimo, de alguna de las unidades del proyecto modificadas.

La suspensión de la fabricación comenzada y, en todo caso, siempre que por causas ajenas a la fabricación, no se de comienzo a la fabricación en el plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso la devolución de la fianza será automática.

La suspensión de la fabricación comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de seis meses.

El no dar comienzo a la fabricación de los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del proyecto.

El incumplimiento de las condiciones del contrato cuando lo implique descuido o mala fe, con perjuicio a los intereses del producto final.

La terminación del plazo de ejecución del proyecto sin haberlo logrado.

El abandono de la fabricación sin causa justificada.

La mala fe en la ejecución de los trabajos.



# TRABAJO FINAL DE GRADO

---

DISEÑO DE REDUCTOR DE 300 NM DE PAR DE SALIDA Y RELACIÓN DE VELOCIDADES

13.1

## **PRESUPUESTO**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO

Presentado por: Alejandro Lluch Esteve.  
Tutor: Manuel Tur Valiente.  
Titulación: Grado en ingeniería mecánica.  
Fecha: Julio 2017.

# PRESUPUESTO

---

## ÍNDICE

<b>1. PRECIOS UNITARIOS</b>	<b>3</b>
<b>1.1 PRECIOS DE MATERIALES</b>	<b>3</b>
<b>1.2 PRECIOS DE MAQUINARIA</b>	<b>3</b>
<b>1.3 PRECIOS DE MANO DE OBRA</b>	<b>4</b>
<b>1.4 PRECIOS DE PROCESOS</b>	<b>4</b>
<b>2. PRECIOS DESCOMPUESTOS</b>	<b>4</b>
<b>2.1 ENGRANAJES</b>	<b>4</b>
2.1.1 PIÑÓN EJE ENTRADA	4
2.1.2 RUEDA EJE INTERMEDIO	5
2.1.3 PIÑÓN EJE INTERMEDIO	5
2.1.4 RUEDA EJE SALIDA	6
<b>2.2 EJES</b>	<b>6</b>
2.2.1 EJE DE ENTRADA	6
2.2.2 EJE INTERMEDIO	7
2.2.3 EJE DE SALIDA	7
<b>2.3 CARCASA</b>	<b>8</b>
<b>2.4 CASQUILLOS</b>	<b>8</b>
2.4.1 CASQUILLO EJE ENTRADA	8
2.4.2 CASQUILLOS EJE INTERMEDIO	9
2.4.3 CASQUILLO EJE SALIDA	9
<b>2.5 CHAVETAS</b>	<b>10</b>
2.5.1 CHAVETA EJE ENTRADA	10
2.5.2 CHAVETAS EJE INTERMEDIO	10
2.5.3 CHAVETA EJE SALIDA	11
<b>2.6 ELEMENTOS NORMALIZADOS</b>	<b>12</b>
<b>2.7 MONTAJE</b>	<b>12</b>
<b>2.8 SELLO</b>	<b>12</b>
<b>3. PRESUPUESTO FINAL</b>	<b>13</b>

# PRESUPUESTO

## 1. PRECIOS UNITARIOS

### 1.1 PRECIOS DE MATERIALES

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO
PM1	Acero F-1140	kg	1.25 €
PM2	Acero F-1252	kg	1.80 €
PM3	Fundición gris FG 20	kg	1.10 €
PM4	Bronce	kg	2.50 €
PM5	Sello	ud	10.00 €
PM6	Rodamiento SKF 6304	ud	8.40 €
PM7	Rodamiento SKF 6406	ud	39.31 €
PM8	Rodamiento SKF 6208	ud	17.50 €
PM9	Arandela elástica NF E 22-163 20x1.2	ud	0.03 €
PM10	Arandela elástica NF E 22-163 30x1.5	ud	0.04 €
PM11	Arandela elástica NF E 22-163 40x1.7	ud	0.06 €
PM12	Retén SKF 20x45x7 HMS5 RG	ud	3.50 €
PM13	Retén SKF 40x72x7 HMS5 RG	ud	4.20 €
PM14	Tornillo allen M6 x 1	ud	0.05 €
PM15	Tuerca hexagonal M6 x 5	ud	0.03 €
PM16	Aceite ISO VG 320	litro	5.83 €
PM17	Tapón aceite M16 x 1.5	ud	1.90 €
PM18	Visor de aceite G 3/8	ud	4.83 €
PM19	Pintura anticorrosiva	litro	15.38 €

### 1.2 PRECIOS DE MAQUINARIA

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO
MA1	Torno	h	40.00 €
MA2	Fresa	h	40.00 €
MA3	Mortajadora	h	38.00 €

# PRESUPUESTO

## 1.3 PRECIOS DE MANO DE OBRA

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO
MO1	Oficial de taller de 1ª	h	12.00 €
MO2	Oficial de taller de 2ª	h	10.00 €

## 1.4 PRECIOS DE PROCESOS

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO
PC1	Templado y revenido	ud	20.00 €

## 2. PRECIOS DESCOMPUESTOS

### 2.1 ENGRANAJES

#### 2.1.1 PIÑÓN EJE ENTRADA

Material: Acero F-1252

Densidad: 7850 kg/m<sup>3</sup>

Diámetro del bruto: 46 mm

Largo del bruto: 34 mm

Volumen del bruto: 5.6505x10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO
PM2	Acero F-1252	kg	0.44	1.80 €	0.80 €
MA1	Torno	h	1	40.00 €	40.00 €
MA2	Fresa	h	1.1	40.00 €	44.00 €
MA3	Mortajadora	h	0.3	38.00 €	11.40 €
MO1	Oficial de taller de 1ª	h	0.15	12.00 €	1.80 €
				PRECIO TOTAL:	98.00 €

# PRESUPUESTO

## 2.1.2 RUEDA EJE INTERMEDIO

Material: Acero F-1252

Densidad: 7850 kg/m<sup>3</sup>

Diámetro del bruto: 146 mm

Largo del bruto: 49 mm

Volumen del bruto: 8.203x10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO
PM2	Acero F-1252	kg	6.44	1.80 €	11.59 €
MA1	Torno	h	3.5	40.00 €	140.00 €
MA2	Fresa	h	4	40.00 €	160.00 €
MA3	Mortajadora	h	0.3	38.00 €	11.40 €
MO1	Oficial de taller de 1ª	h	0.15	12.00 €	1.80 €
				PRECIO TOTAL:	324.79 €

## 2.1.3 PIÑÓN EJE INTERMEDIO

Material: Acero F-1252

Densidad: 7850 kg/m<sup>3</sup>

Diámetro del bruto: 56 mm

Largo del bruto: 49 mm

Volumen del bruto: 1.207x10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO
PM2	Acero F-1252	kg	0.95	1.80 €	1.71 €
MA1	Torno	h	1.2	40.00 €	48.00 €
MA2	Fresa	h	1.5	40.00 €	60.00 €
MA3	Mortajadora	h	0.3	38.00 €	11.40 €
MO1	Oficial de taller de 1ª	h	0.15	12.00 €	1.80 €
				PRECIO TOTAL:	122.91 €

# PRESUPUESTO

## 2.1.4 RUEDA EJE SALIDA

Material: Acero F-1252

Densidad: 7850 kg/m<sup>3</sup>

Diámetro del bruto: 184 mm

Largo del bruto: 64 mm

Volumen del bruto: 1.702x10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO
PM2	Acero F-1252	kg	13.36	1.80 €	24.05 €
MA1	Torno	h	4	40.00 €	160.00 €
MA2	Fresa	h	4.5	40.00 €	180.00 €
MA3	Mortajadora	h	0.3	38.00 €	11.40 €
MO1	Oficial de taller de 1ª	h	0.15	12.00 €	1.80 €
				PRECIO TOTAL:	377.25 €

## 2.2 EJES

### 2.2.1 EJE DE ENTRADA

Material: Acero F-1140

Densidad: 7800 kg/m<sup>3</sup>

Diámetro del bruto: 30 mm

Largo del bruto: 225 mm

Volumen del bruto: 1.59x10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO
PM1	Acero F-1140	kg	1.24	1.25 €	1.55 €
MA1	Torno	h	2.2	40.00 €	88.00 €
MA2	Fresa	h	0.2	40.00 €	8.00 €
PC1	Templado y revenido	ud	1	20.00 €	20.00 €
MO1	Oficial de taller de 1ª	h	0.15	12.00 €	1.80 €
				PRECIO TOTAL:	119.35 €

# PRESUPUESTO

## 2.2.2 EJE INTERMEDIO

Material: Acero F-1140

Densidad: 7800 kg/m<sup>3</sup>

Diámetro del bruto: 45 mm

Largo del bruto: 175 mm

Volumen del bruto: 2.783x10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO
PM1	Acero F-1140	kg	2.17	1.25 €	2.71 €
MA1	Torno	h	2	40.00 €	80.00 €
MA2	Fresa	h	0.4	40.00 €	16.00 €
PC1	Templado y revenido	ud	1	20.00 €	20.00 €
MO1	Oficial de taller de 1ª	h	0.15	12.00 €	1.80 €
				PRECIO TOTAL:	120.51 €

## 2.2.3 EJE DE SALIDA

Material: Acero F-1140

Densidad: 7800 kg/m<sup>3</sup>

Diámetro del bruto: 50 mm

Largo del bruto: 225 mm

Volumen del bruto: 4.418x10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO
PM1	Acero F-1140	kg	3.45	1.25 €	4.31 €
MA1	Torno	h	2.2	40.00 €	88.00 €
MA2	Fresa	h	0.2	40.00 €	8.00 €
PC1	Templado y revenido	ud	1	20.00 €	20.00 €
MO1	Oficial de taller de 1ª	h	0.15	12.00 €	1.80 €
				PRECIO TOTAL:	122.11 €

# PRESUPUESTO

## 2.3 CARCASA

La carcasa se mecanizará a partir de dos brutos de las mismas características:

Material: Fundición gris FG20

Densidad: 7150 kg/m<sup>3</sup>

Altura del bruto: 404 mm

Largo del bruto: 252 mm

Ancho del bruto: 128 mm

Volumen del bruto: 0.013 m<sup>3</sup>

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO
PM3	Fundición gris FG 20	kg	189.50	1.10 €	208.45 €
MA2	Fresa	h	14	40.00 €	560.00 €
PM19	Pintura anticorrosiva	litro	0.10	15.38 €	1.54 €
MO1	Oficial de taller de 1ª	h	5	12.00 €	60.00 €
MO2	Oficial de taller de 2ª	h	1	10.00 €	10.00 €
				PRECIO TOTAL:	839.98 €

## 2.4 CASQUILLOS

### 2.4.1 CASQUILLO EJE ENTRADA

Material: Bronce

Densidad: 8900 kg/m<sup>3</sup>

Diámetro del bruto: 30 mm

Longitud del bruto: 24 mm

Volumen del bruto: 1.6965x10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO
PM4	Bronce	kg	0.15	2.50 €	0.38 €
MA1	Torno	h	0.3	40.00 €	12.00 €
MO1	Oficial de taller de 1ª	h	0.05	12.00 €	0.60 €
				PRECIO TOTAL:	12.98 €

# PRESUPUESTO

## 2.4.2 CASQUILLOS EJE INTERMEDIO

Se mecanizarán dos brutos con las siguientes características:

Material: Bronce  
Densidad: 8900 kg/m<sup>3</sup>  
Diámetro del bruto: 44 mm  
Longitud del bruto: 12 mm  
Volumen del bruto: 1.825x10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO
PM4	Bronce	kg	0.33	2.50 €	0.82 €
MA1	Torno	h	0.3	40.00 €	12.00 €
MO1	Oficial de taller de 1ª	h	0.05	12.00 €	0.60 €
				PRECIO TOTAL:	13.42 €

## 2.4.3 CASQUILLO EJE SALIDA

Material: Bronce  
Densidad: 8900 kg/m<sup>3</sup>  
Diámetro del bruto: 50 mm  
Longitud del bruto: 8 mm  
Volumen del bruto: 1.571x10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO
PM4	Bronce	kg	0.14	2.50 €	0.35 €
MA1	Torno	h	0.2	40.00 €	8.00 €
MO1	Oficial de taller de 1ª	h	0.05	12.00 €	0.60 €
				PRECIO TOTAL:	8.95 €

## 2.5 CHAVETAS

### 2.5.1 CHAVETA EJE ENTRADA

Material:	Acero F-1140
Densidad:	7800 kg/m <sup>3</sup>
Altura del bruto:	10 mm
Largo del bruto:	34 mm
Ancho del bruto:	10 mm
Volumen del bruto:	3.4x10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup>

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO
PM1	Acero F-1140	kg	0.03	1.25 €	0.03 €
MA2	Fresa	h	0.4	40.00 €	16.00 €
MO1	Oficial de taller de 1ª	h	0.05	12.00 €	0.60 €
				PRECIO TOTAL:	16.63 €

### 2.5.2 CHAVETAS EJE INTERMEDIO

Se mecanizarán dos brutos de las siguientes características:

Material:	Acero F-1140
Densidad:	7800 kg/m <sup>3</sup>
Altura del bruto:	12 mm
Largo del bruto:	49 mm
Ancho del bruto:	14 mm
Volumen del bruto:	8.232x10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup>

## PRESUPUESTO

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO
PM1	Acero F-1140	kg	0.13	1.25 €	0.16 €
MA2	Fresa	h	0.8	40.00 €	32.00 €
MO1	Oficial de taller de 1ª	h	0.05	12.00 €	0.60 €
				PRECIO TOTAL:	32.76 €

### 2.5.3 CHAVETA EJE SALIDA

Material: Acero F-1140

Densidad: 7800 kg/m<sup>3</sup>

Altura del bruto: 12 mm

Largo del bruto: 64 mm

Ancho del bruto: 16 mm

Volumen del bruto: 1.2288x10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO
PM1	Acero F-1140	kg	0.10	1.25 €	0.12 €
MA2	Fresa	h	0.4	40.00 €	16.00 €
MO1	Oficial de taller de 1ª	h	0.05	12.00 €	0.60 €
				PRECIO TOTAL:	16.72 €

# PRESUPUESTO

## 2.6 ELEMENTOS NORMALIZADOS

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO
PM6	Rodamiento SKF 6304	ud	2.00	8.40 €	16.80 €
PM7	Rodamiento SKF 6406	ud	2.00	39.31 €	78.62 €
PM8	Rodamiento SKF 6208	ud	2.00	17.50 €	35.00 €
PM9	Arandela elástica NF E 22-163 20x1.2	ud	2.00	0.03 €	0.06 €
PM10	Arandela elástica NF E 22-163 30x1.5	ud	2.00	0.04 €	0.08 €
PM11	Arandela elástica NF E 22-163 40x1.7	ud	2.00	0.06 €	0.12 €
PM12	Retén SKF 20x45x7 HMS5 RG	ud	1.00	3.50 €	3.50 €
PM13	Retén SKF 40x72x7 HMS5 RG	ud	1.00	4.20 €	4.20 €
PM14	Tornillo allen M6 x 1	ud	16.00	0.05 €	0.80 €
PM15	Tuerca hexagonal M6 x 5	ud	16.00	0.03 €	0.48 €
PM16	Aceite ISO VG 320	litro	1.50	5.83 €	8.75 €
PM17	Tapón aceite M16 x 1.5	ud	2.00	1.90 €	3.80 €
PM18	Visor de aceite G 3/8	ud	1.00	4.83 €	4.83 €
				PRECIO TOTAL:	157.04 €

## 2.7 MONTAJE

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO
MO1	Oficial de taller de 1ª	h	1	12.00 €	12.00 €
MO2	Oficial de taller de 2ª	h	1	10.00 €	10.00 €
				PRECIO TOTAL:	22.00 €

## 2.8 SELLO

El sello habilitado entre las dos partes de la carcasa se diseñará y se mandará a fabricar a una empresa.

**3. PRESUPUESTO FINAL**

PRESUPUESTO FINAL	
REFERENCIA	PRECIO
Piñón eje entrada	98.00 €
Rueda eje intermedio	324.79 €
Piñón eje intermedio	122.91 €
Rueda eje salida	377.25 €
Eje entrada	119.35 €
Eje intermedio	120.51 €
Eje salida	122.11 €
Carcasa	839.98 €
Chaveta eje entrada	16.63 €
Chavetas eje intermedio	32.76 €
Chaveta eje salida	16.72 €
Casquillo eje entrada	12.98 €
Casquillos eje intermedio	13.42 €
Casquillo eje salida	8.95 €
Sello	10.00 €
Elementos normalizados	157.04 €
Montaje del reductor	22.00 €
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>2,415.39 €</b>
Gastos Generales (13%)	314.00 €
Beneficio Industrial (6%)	144.92 €
<b>PRESUPUESTO DE CONTRATA</b>	<b>2,874.32 €</b>
Honorarios (10%)	287.43 €
IVA (21%)	603.61 €
<b>PRESUPUESTO FINAL</b>	<b>3,765.35 €</b>