

Universitat Politècnica de València  
Escola tècnica Superior de Disseny (ETSID)



# **Diseño de reductor de 150 Nm de par de salida y relación de velocidades 7.1**

**PROYECTO FINAL DE CARRERA**

Presentado por:

Noelia Martínez Buendía

Dirigido por:

Manuel Tur Valiente

Valencia, Julio de 2016

---

# Capítulo I

# MEMORIA

---

## 1. OBJETO DEL PROYECTO.

El objetivo del proyecto es calcular y diseñar un reductor de velocidad de dos etapas y dientes helicoidales con una relación de transmisión total de 7,1. Deberá ser capaz de transmitir la potencia de un motor eléctrico situado en el eje de entrada que gira a 3000 rpm y obtener un par de salida de 150 N·m.

Se diseñará minimizando al máximo coste y espacio, pero garantizando la fiabilidad y el buen funcionamiento del mecanismo. El diseño deberá permitir un fácil acceso a sus componentes para poder realizar un buen mantenimiento y, en caso necesario, la sustitución de alguno de sus componentes.

## 2. ESTUDIO DE LAS NECESIDADES A SATISFACER, LIMITACIONES Y CONDICIONANTES

Como en la mayor parte de los casos de diseño de un reductor de velocidad de pequeñas dimensiones, las necesidades generales que tiene que satisfacer son:

- Que se cumplan los datos de entrada de diseño
- Limitación al mínimo de ruidos y vibraciones
- Alta fiabilidad de los componentes y del conjunto.
- Cumplimiento de los puntos anteriores al coste más bajo posible

### 2.1 Necesidades de potencia y reducción de velocidad

Como ya se ha indicado anteriormente, el reductor deberá tener un par de salida de 150 N·m y una velocidad de entrada de 3000 rpm. La relación de transmisión de cada etapa tiene que ser iguales, y la total ha de ser de 7,1.

### 2.2 Condiciones de geometría y tamaño

El diseño del reductor tiene que ser lo más simple posible para ahorrar costes y ha de garantizar una fácil construcción y montaje.

Se intentará que sea lo más compacto y con la forma más básica posible para facilitar su acoplamiento en el conjunto.

### 2.3 Condiciones ambientales

---

La temperatura ambiental media de trabajo se puede estimar de unos 70°C, siendo 35°C de mínima y 100°C de máxima.

#### 2.4 Condiciones de trabajo, durabilidad y mantenimiento

Se diseñará para que tenga una fiabilidad y durabilidad muy elevada con el mínimo mantenimiento.

### 3. FACTORES A CONSIDERAR

Además de las condiciones mencionadas en el punto anterior, es importante considerar la normativa que va a aplicarse y que guiará el diseño y los cálculos. Las normas que se utilizarán son:

- Norma UNE 18018 relativa a ejes de transmisión.
- Sistema ISO de tolerancias.
- Norma UNE 17102-1:1967 relativa a las medidas de las chavetas
- Norma UNE 18066 relativa a engranajes rectos y helicoidales.
- Norma UNE 18005, serie I, relativa a la normalización de módulos en ruedas cilíndricas
- Norma ISO 3448 relativa a la viscosidad del lubricante
- Norma UNE 26074 y UNE 26075 relativa a anillos elásticos de seguridad.

### 4. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

#### 4.1 Descripción general

Se ha diseñado un reductor de velocidad de dos etapas que realiza la transmisión por engrane. Los engranajes son de dientes cilíndricos y helicoidales.

Tal y como se he expuesto en el apartado anterior, el reductor hará una transmisión total de 7,1 e individualmente de 2,665 cada etapa para conseguir una reducción uniforme.

Al tener dos etapas, el reductor cuenta con tres árboles de transmisión: uno de entrada, un intermedio y uno de salida. Éstos han sido diseñados teniendo en cuenta la rigidez torsional, las deflexiones y la resistencia a fatiga en las secciones más desfavorables.

---

La unión entre los ejes y los engranajes se hace mediante chavetas normalizadas en vez de tallando los engranajes en el eje ya que reduce considerablemente el coste.

Para que la rodadura de los árboles se realice con la mínima fricción y evitar así futuros problemas, se han empleado rodamientos como soporte de los ejes en cada extremo.

Para evitar pérdidas de aceite, además de las tapas que sellan el interior del reductor en la carcasa, se incluyen retenes normalizados.

En el anexo de cálculos se encuentran justificados todos los detalles y descripciones que se van a ver a continuación.

#### 4.2 Descripción detallada de cada componente

##### 4.2.1 Engranajes

##### 4.2.1.1 Engranajes 1ª etapa

La primera etapa de reducción está formada por un piñón situado en el eje de entrada y una rueda situada en el eje intermedio con un módulo de 1,5. Sus centros están separados por 96,55 mm.

La relación de transmisión de la primera etapa de es 2,665 y engranan el uno con el otro con un ángulo de presión de 20°. Al ser helicoidales, sus dientes están girados 25° con respecto a la normal.

Sus características más relevantes son:

	Dientes	Diámetro Primitivo	Ancho de diente
Piñón 1	19	52,41mm	16mm
Rueda 1	51	140,68mm	16mm

Como se ha mencionado antes, tanto el piñón como la rueda están unidas al eje mediante chavetas.

Ambos engranajes están diseñados para ser fabricados con un acero aleado templado y revenido, concretamente con un acero F-1140.

##### 4.2.1.2 Engranajes 2ª etapa

---

La segunda etapa de reducción de módulo 3 está formada por un piñón situado en el eje intermedio y una rueda situada en el eje de salida. Sus centros están separados por 115,85 mm.

La relación de transmisión de la primera etapa de es 2,665 y engranan el uno con el otro con un ángulo de presión de 20°. Al ser helicoidales, sus dientes están girados 25° con respecto a la normal.

Sus características más relevantes son:

	Dientes	Diámetro Primitivo	Ancho de diente
Piñón 1	19	62,89mm	19mm
Rueda 1	51	168,82mm	19mm

Como se ha mencionado antes, tanto el piñón como la rueda están unidas al eje mediante chavetas.

Ambos engranajes están diseñados para ser fabricados con un acero aleado templado y revenido; concretamente con un acero F-1140

#### 4.2.2 Descripción de los árboles

Los árboles o ejes, son los componentes que giran y que han de transmitir momentos torsores o movimiento giratorio.

##### 4.2.2.1 Árbol de entrada

El árbol de entrada es el que está conectado al motor y por lo tanto el que transmite el par en primera instancia. En este caso, el árbol de entrada gira a una velocidad de 3000 rpm y transmite un par de 21,127 N·m

La geometría del eje varía según la sección para fijar los distintos elementos que soporta, pero su diámetro principal es de 25mm.

El árbol de entrada lo forma el conjunto de todas las piezas que se ocupan de transmitir la potencia; el piñón 1, los rodamientos, el retén, las arandelas elásticas y un casquillo.

El eje está apoyado sobre dos rodamientos que a su vez se apoyan sobre la carcasa. Dependiendo de si el movimiento es horario o antihorario, uno de ellos ejercerá de extremo libre mientras el otro ejerce de extremo fijo.

---

Lleva mecanizado un chavetero en el extremo que queda fuera de la carcasa para facilitar el acople con el motor.

#### 4.2.2.2 Árbol intermedio

El árbol intermedio gira a una velocidad de 1125,88 rpm y transmite un par de 56,294 N·m

La geometría del eje varía según la sección para fijar los distintos elementos que soporta, pero su diámetro principal es de 30mm.

El árbol intermedio lo forma el conjunto de todas las piezas que se ocupan de transmitir la potencia; la rueda 1, el piñón 2, los rodamientos, las arandelas elásticas y un casquillo.

#### 4.2.2.3 Árbol de salida

El árbol de salida gira a una velocidad de 422,535 rpm y saca un par de 150 N·m

La geometría del eje varía según la sección para fijar los distintos elementos que soporta, pero su diámetro principal es de 40mm.

El árbol de salida lo forma el conjunto de todas las piezas que se ocupan de transmitir la potencia; el piñón 1, los rodamientos, el retén, las arandelas elásticas y un casquillo.

El eje está apoyado sobre dos rodamientos que a su vez se apoyan sobre la carcasa. Dependiendo de si el movimiento es horario o antihorario, uno de ellos ejercerá de extremo libre mientras el otro ejerce de extremo fijo.

Lleva mecanizado un chavetero en el extremo que queda fuera de la carcasa para facilitar el acople con el motor.

#### 4.2.3 Descripción de las chavetas

#### 4.2.4 Descripción de los rodamientos

#### 4.2.5 Descripción de los casquillos

- 
- 4.2.6 Descripción de los retenes
  - 4.2.7 Descripción de las arandelas elásticas
  - 4.2.8 Carcasa
  - 4.2.9 Lubricación



---

# **Anexo I:**

# **Cálculos**

## 1. Datos iniciales

Los datos sobre los que parten los cálculos son:

- Dos etapas
- Dientes helicoidales
- Relación de transmisión total ( $i_T$ )= 7,1
- Velocidad de giro del motor ( $\omega$ )= 3000 rpm
- Par de salida (T)= 150 N·m

## 2. Cálculo engranajes

### 2.1. Relación de transmisión de cada etapa.

Siendo  $i_T= 7,1$ ; la relación de transmisión de cada etapa es:

$$i_1=2,665$$

$$i_2=2,665$$

### 2.2. Cálculo de diámetro por rigidez torsional

En primer lugar, se han predimensionado los ejes siguiendo la expresión de rigidez torsional de:

$$\left(\frac{\theta}{L}\right)_{\max} = 0,5 \text{ } \frac{\circ}{m} \quad \text{Siendo } d = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot T}{\pi \cdot G \cdot (\theta/L)}}$$

Y obteniendo unos valores de:

Eje	$\omega$ (rpm)	T (N·m)	d mínimo(m)	d final(mm)
Entrada	3000,000	21,127	0,02	25
Intermedio	1125,880	56,294	0,03	30
Salida	422,535	150,000	0,04	40

### 2.3. Datos iniciales para el cálculo de los engranajes

Las medidas de los chaveteros se han calculado en base a la tabla que aparece en la norma UNE 17102-1:1967 incluida como Anexo I

Piñón	Entrada	Intermedio	Salida
$\varnothing$ eje (mm)	25	30	40
Tamaño chaveta (mm)	8x7	10x8	12x8
Profundidad en el eje: h1 (mm)	4	5	5
Profundidad de cubo: h2 (mm)	3,3	3,3	3,3
Longitud (mm)	31,25	37,5	50

## 2.4. Estimación inicial de la viscosidad del lubricante

Para evaluar el tipo de lubricante a utilizar es necesario conocer las dimensiones de los engranajes. Sin embargo, para evaluar las dimensiones del engranaje resulta necesario conocer bien la viscosidad del lubricante.

Este problema lo afrontaremos suponiendo inicialmente un lubricante y una vez tengamos el engranaje dimensionado, se comprobará que el seleccionado inicialmente es correcto o de mejores características que el necesario.

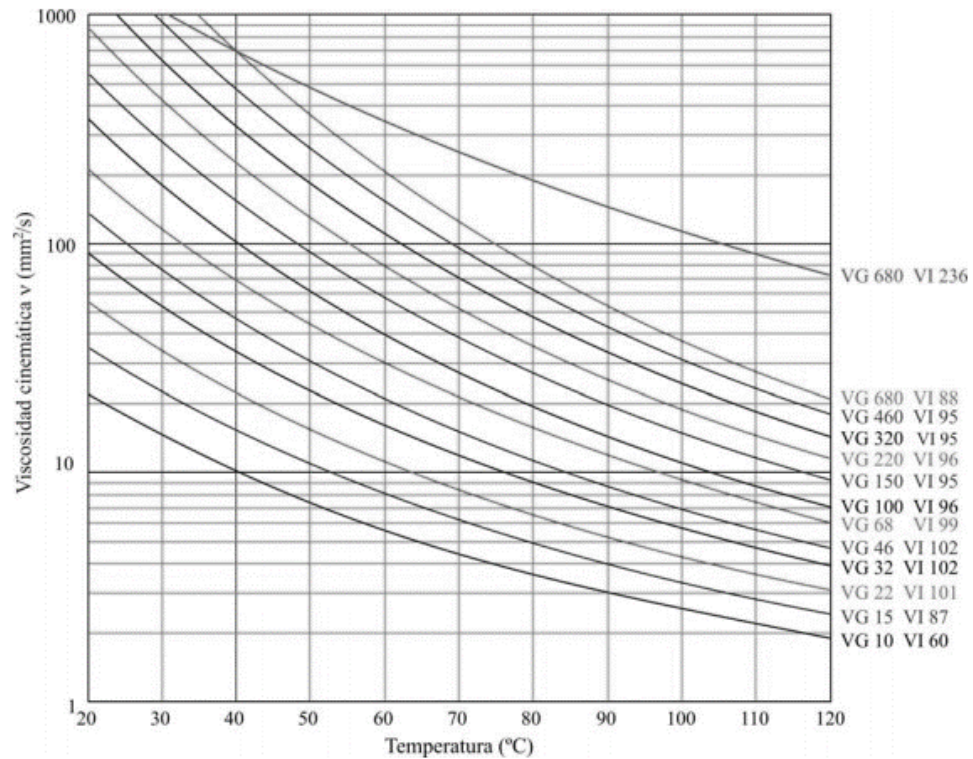


Fig. 6.- Variación de la viscosidad cinemática de aceites con la temperatura.

Inicialmente se seleccionará un aceite SAE 60, cuya viscosidad absoluta ( $\mu$ ) a una temperatura de 40 °C es de 320 mm<sup>2</sup>/s.

Estimando una densidad del aceite ( $\rho$ ) de aproximadamente 800 kg/m<sup>3</sup>, la viscosidad cinemática será:

$$v = \frac{\mu}{\rho} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

## 2.5. Tablas de posibles módulos

### 2.5.1. Etapa 1

Tabla 1	d estim	z1*	z1	dpiñon	z2*	z2	drueda	Dcentros	ireal	¿válido?
0,5	40,85	81,70	82	41,0	218,50	218	109,0	75	2,659	NO (z2>125 dien)
0,6	41,10	68,50	69	41,4	183,86	184	110,4	75,9	2,667	NO (z2>125 dien)
0,8	41,60	52,00	52	41,6	138,56	139	111,2	76,4	2,673	NO (z2>125 dien)
1	42,10	42,10	42	42,0	111,91	112	112,0	77	2,667	SI
1,25	42,73	34,18	34	42,5	90,60	91	113,8	78,125	2,676	SI

1,5	43,35	28,90	29	43,5	77,27	77	115,5	79,5	2,655	SI
2	44,60	22,30	22	44,0	58,62	59	118,0	81	2,682	SI
2,5	45,85	18,34	18	45,0	47,96	48	120,0	82,5	2,667	SI
3	47,10	15,70	16	48,0	42,63	43	129,0	88,5	2,688	SI
4	49,60	12,40	12	48,0	31,97	32	128,0	88	2,667	NO (interferencia)
5	52,10	10,42	10	50,0	26,65	27	135,0	92,5	2,700	NO (interferencia)
6	54,60	9,10	9	54,0	23,98	24	144,0	99	2,667	NO (interferencia)
8	59,60	7,45	7	56,0	18,65	19	152,0	104	2,714	NO (interferencia)
10	64,60	6,46	6	60,0	15,99	16	160,0	110	2,667	NO (interferencia)
12	69,60	5,80	6	72,0	15,99	16	192,0	132	2,667	NO (interferencia)
16	79,60	4,98	5	80,0	13,32	13	208,0	144	2,600	NO (interferencia)
20	89,60	4,48	4	80,0	10,66	11	220,0	150	2,750	NO (interferencia)
25	102,10	4,08	4	100,0	10,66	11	275,0	187,5	2,750	NO (interferencia)

### 2.5.2.Etapa 2

Tabla 2	d estim	z1*	z1	dpiñon	z2*	z2	drueda	Dcentros	ireal	¿válido?
0,5	47,85	95,70	96	48,0	255,80	256	128,0	88	2,667	NO (z2>125 dien)
0,6	48,10	80,17	80	48,0	213,17	213	127,8	87,9	2,663	NO (z2>125 dien)
0,8	48,60	60,75	61	48,8	162,54	163	130,4	89,6	2,672	NO (z2>125 dien)
1	49,10	49,10	49	49,0	130,56	131	131,0	90	2,673	NO (z2>125 dien)
1,25	49,73	39,78	40	50,0	106,58	107	133,8	91,875	2,675	SI
1,5	50,35	33,57	34	51,0	90,60	91	136,5	93,75	2,676	SI
2	51,60	25,80	26	52,0	69,28	69	138,0	95	2,654	SI
2,5	52,85	21,14	21	52,5	55,96	56	140,0	96,25	2,667	SI
3	54,10	18,03	18	54,0	47,96	48	144,0	99	2,667	SI
4	56,60	14,15	14	56,0	37,30	37	148,0	102	2,643	NO (interferencia)
5	59,10	11,82	12	60,0	31,97	32	160,0	110	2,667	NO (interferencia)
6	61,60	10,27	10	60,0	26,65	27	162,0	111	2,700	NO (interferencia)
8	66,60	8,33	8	64,0	21,32	21	168,0	116	2,625	NO (interferencia)
10	71,60	7,16	7	70,0	18,65	19	190,0	130	2,714	NO (interferencia)
12	76,60	6,38	6	72,0	15,99	16	192,0	132	2,667	NO (interferencia)
16	86,60	5,41	5	80,0	13,32	13	208,0	144	2,600	NO (interferencia)
20	96,60	4,83	5	100,0	13,32	13	260,0	180	2,600	NO (interferencia)
25	109,10	4,36	4	100,0	10,66	11	275,0	187,5	2,750	NO (interferencia)

### 2.6. Cálculo de la anchura de los engranajes

Se han realizado los cálculos para obtener el ancho del engranaje m, mediante proceso iterativo utilizando una hoja de cálculo.

### 2.6.1.Etapa 1

Se ha seleccionado un módulo de 1,5 y se ha seleccionado como material un acero aleado templado y revenido tanto en el piñón como en la rueda.

#### Datos generales

X	1,5		
Pot	6637,17	W	
i	2,66458252		
$\omega$ piñon	3000	rpm	314,16 rad/s
$m_n$	2,5	mm	
$\beta$	25	°	0,43633231 rad
$\alpha_v$	20	°	0,34906585 rad
$d_1$	52	mm	

#### Resultados eje por Torsión

G	7,92E+10	N/m <sup>2</sup>
T	21,13	N·m
0,5	23,6	mm
1º en 20-d	14,6	mm
<b>d</b>	<b>23,6</b>	<b>mm</b>
<b>d1</b>	50,4	mm estimado

#### Datos eje

E eje	2,06E+11	N/m <sup>2</sup>	
$\nu$ eje	0,3		
$\theta/\Delta \mu \alpha \xi$	0,5	°/m	0,00872665 rad/m
d eje	25	mm	

#### Datos generales

z1	19	dientes	d1 real	52,41	mm
z2	51	dientes	d2 real	140,68	mm
z1v	25,52	dientes	Dc	96,55	mm
z2v	68,51	dientes	Par (T)	21,13	N/m
F tang	806,20	N	Vz1/100R	1,466	m/s
Vtang	8,23	m/s	i real=	2,6842	

#### Datos Engranajes

Nº Material piñón =	7		
<b>Ac. aleado templado y revenido</b>			
E1	2,06E+05	N/mm <sup>2</sup>	
$\nu_1$	0,3		
Nº Material rueda =	7		
<b>Ac. aleado templado y revenido</b>			
E2	2,06E+05	N/mm <sup>2</sup>	
$\nu_2$	0,3	min	max
HBr1	200	O.K.	200 360
HBr2	200	O.K.	200 360
SHL1	635,6	N/mm <sup>2</sup>	
SFL1	272,0	N/mm <sup>2</sup>	
SHL2	635,6	N/mm <sup>2</sup>	
SFL2	272,0	N/mm <sup>2</sup>	
Sy1	280	N/mm <sup>2</sup>	250 350
Sy2	280	N/mm <sup>2</sup>	
$\nu_{40}$	320	mm <sup>2</sup> /s	
Qiso	5		
K1 r	7,5		
K1 h	6,7		
Rz1	1,4	$\eta\mu$	
Rz2	1,4	$\eta\mu$	
Rz	1,4	$\eta\mu$	
KA	1,5		

#### Datos para KHb

Ajuste	b,c
H1	1,100
H2	1,15E-04
H3	0,180

#### Otros coeficientes

<b>Coef YdrT</b>			
A1	0	A2	0
B1	0	B2	0
<b>Coef YRrT</b>			
Ref1	1,12	Ref2	1,12
A1	1,674	A2	1,674
B1	-0,529	B2	-0,529
exp1	0,1	exp2	0,1
<b>Coef YX</b>			
A1	1,03	A2	1,03
B1	-0,006	B2	-0,006
Cte1	0,85	Cte2	0,85

Material a flexión			1,0174			Material a fallo superficial				
YNT	1,000				ZN	1,000				
YST	2,100				ZL1	1,090	ZL2	1,090		
YdrT1	0,000	0,873	YdrT2	0,000	0,978	ZV1	0,989	ZV2	0,989	
YRrT1	1,097		YRrT2	1,097		ZR1	1,102	ZR1	1,102	
YX1	1,000		YX2	1,000		ZW	1	1,159	1	
SFP1	546,53	N/mm2	SFP2	612,50	N/mm2	SHP1	754,54	SHP2	754,54	N/mm2

bH= 17,6057 Ze2-KHb-Kv mm PIÑÓN

#### Anchura a fallo superficial

bH0	$\epsilon\beta$	Ze	KHb	KAFt/b	Kva	Kvb	Kv	bH
52,41	2,82	0,80	1,286	23,07	1,214	1,172	1,172	16,85
16,85	0,91	0,81	1,121	71,76	1,214	1,172	1,176	15,11
15,11	0,81	0,82	1,117	80,05	1,214	1,172	1,180	15,48
15,48	0,83	0,81	1,117	78,11	1,214	1,172	1,179	15,40
15,40	0,83	0,82	1,117	78,52	1,214	1,172	1,179	15,42
15,42	0,83	0,82	1,117	78,43	1,214	1,172	1,179	15,42
15,42	0,83	0,82	1,117	78,45	1,214	1,172	1,179	15,42
15,42	0,83	0,82	1,117	78,44	1,214	1,172	1,179	15,42
15,42	0,83	0,82	1,117	78,45	1,214	1,172	1,179	15,42
15,42	0,83	0,82	1,117	78,44	1,214	1,172	1,179	15,42
								<b>15,42</b> O.K.

PIÑÓN

#### Coefficiente de seguridad a flexión

Xdeseado = 1,50

NF	KFb	Yb	sF piñón	sF rueda	XF
0,6675	1,077	0,83	<b>110,92</b>	<b>106,19</b>	<b>4,93</b> O.K.
			N/mm2	N/mm3	PIÑÓN
		XF	4,93	5,77	

d1 52,4 mm

bmin 13,1 mm

bmax 104,8 mm

b= **16** mm

### 2.6.2.Etapa 2

Se ha seleccionado un módulo también de 1,5 y se ha seleccionado como material un acero aleado templado y revenido tanto en el piñón como en la rueda.

#### Datos generales

X	1,5		
Pot	6637,17	W	
i	2,66458252		
$\omega\pi)$ (v	1125,87994	rpm	117,90 rad/s
mn	3	mm	
$\beta$	25	°	0,43633231 rad
$\alpha_v$	20	°	0,34906585 rad
d1	63	mm	

#### Resultados eje por Torsión

G	7,92E+10	N/m <sup>2</sup>	
T	56,29	N·m	
	0,5	30,2	mm
1º en 20-d	20,2	mm	
<b>d</b>	<b>30,2</b>	<b>mm</b>	
<b>d1</b>	59,1	mm	estimado

#### Datos eje

E eje	2,06E+11	N/m <sup>2</sup>	
$v_{\text{ε}}$	0,3		
$\theta/\Delta \mu\alpha\xi$	0,5	°/m	0,00872665 rad/m
d eje	30	mm	

#### Datos generales

z1	19	dientes	d1 real	62,89	mm
z2	51	dientes	d2 real	168,82	mm
z1v	25,52	dientes	Dc	115,85	mm
z2v	68,51	dientes	Par (T)	56,29	N/m
F tang	1790,16	N	Vz1/100R	0,660	m/s
Vtang	3,71	m/s	i real=	2,6842	

#### Datos Engranajes

Nº Material piñón =	7		
<b>Ac. aleado templado y revenido</b>			
E1	2,06E+05	N/mm <sup>2</sup>	
v1	0,3		
Nº Material rueda =	7		
<b>Ac. aleado templado y revenido</b>			
E2	2,06E+05	N/mm <sup>2</sup>	
v2	0,3	min	max
HBr1	300	O.K.	200 360
HBr2	300	O.K.	200 360
SHL1	766,9	N/mm <sup>2</sup>	
SFL1	314,5	N/mm <sup>2</sup>	
SHL2	766,9	N/mm <sup>2</sup>	
SFL2	314,5	N/mm <sup>2</sup>	
Sy1	250	N/mm <sup>2</sup>	150 350
Sy2	250	N/mm <sup>2</sup>	
v 40	320	mm <sup>2</sup> /s	
Qiso	5		
K1 r	7,5		
K1 h	6,7		
Rz1	1,4	ημ	
Rz2	1,4	ημ	
Rz	1,4	ημ	
KA	1,5		

#### Datos para KHb

Ajuste	b,c
H1	1,100
H2	1,15E-04
H3	0,180

#### Otros coeficientes

<b>Coef YdrT</b>			
A1	0	A2	0
B1	0	B2	0
<b>Coef YRrT</b>			
Ref1	1,12	Ref2	1,12
A1	1,674	A2	1,674
B1	-0,529	B2	-0,529
exp1	0,1	exp2	0,1
<b>Coef YX</b>			
A1	1,03	A2	1,03
B1	-0,006	B2	-0,006
Cte1	0,85	Cte2	0,85





## 2.7. Resumen de resultados para las dos etapas

Etapa	1	2
<b>m</b> (mm)	1,5	1,5
<b>i</b>	2,665	2,665
<b>Z<sub>1</sub></b>	19	19
<b>Z<sub>2</sub></b>	51	51
<b>F<sub>t</sub></b> (N)	806,2	1790,16
<b>F<sub>r</sub></b> (N)	293,434	651,566
<b>∅<sub>Piñón</sub></b> (mm)	52,41	62,89
<b>∅<sub>Rueda</sub></b> (mm)	140,68	168,82
<b>D<sub>centros</sub></b> (mm)	96,55	115,85
<b>Material</b>	Acero de Nitruración gaseosa de larga duración F-1711	Acero aleado templado y revenido
<b>S<sub>HL</sub></b> (N/mm <sup>2</sup> )	6365,6	6365,6
<b>S<sub>FL</sub></b> (N/mm <sup>2</sup> )	272	272
<b>b<sub>f</sub></b> (mm)	13,1	15,7
<b>b<sub>h</sub></b> (mm)	14,42	18,94
<b>b</b> (mm)	16	19

## 2.8. Comprobación de la viscosidad del lubricante

El método elegido para la comprobación de la viscosidad del lubricante es el Método United que calcula la viscosidad para una  $t^a$  de 38°C.

### 2.8.1. Etapa 1

Para la comprobación por el Método United de la primera etapa de transmisión debe cumplirse que:

$$2,5 \cdot 10^{-4} < k/v_t < 2$$

$$v_t < 20 \text{ m/s}$$

Operando:

$$v_t = 8,23 \text{ m/s}$$

$$\frac{k}{v_t} = \frac{1,07166}{8,23} = 0,130172$$

$$\log(v_{38}) = -0,028 \cdot \left[ \log\left(\frac{k}{Vt}\right) \right]^3 - 0,025 \left[ \log\left(\frac{k}{Vt}\right) \right]^2 + 0,46 \left[ \log\left(\frac{k}{Vt}\right) \right] + 2,593$$

$$v_{38} = 153,2911 \text{ mm}^2/\text{s} < 320 \text{ mm}^2/\text{s} \rightarrow \text{VÁLIDO}$$

### 2.8.2. Etapa 2

Para la comprobación de la segunda etapa ha de cumplirse lo mismo que la anterior. Operando obtenemos:

$$Vt = 3,71 \text{ m/s}$$

$$\frac{k}{Vt} = \frac{1,669898}{3,71} = 0,450402$$

$$\log(v_{38}) = -0,028 \cdot \left[ \log\left(\frac{k}{Vt}\right) \right]^3 - 0,025 \left[ \log\left(\frac{k}{Vt}\right) \right]^2 + 0,46 \left[ \log\left(\frac{k}{Vt}\right) \right] + 2,593$$

$$v_{38} = 270,320 \text{ mm}^2/\text{s} < 320 \text{ mm}^2/\text{s} \rightarrow \text{VÁLIDO}$$

## 3. Diseño de los ejes

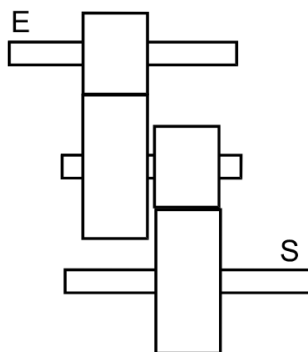
### 3.1. Material

El material de los ejes será el acero F-1140 que tiene las siguientes características mecánicas:

Límite de rotura	Su = 650 Mpa.
Límite de fluencia	Sy = 550 Mpa.
Dureza Brinell	HB= 250.

### 3.2. Configuración

La configuración del reductor seleccionada ha sido la siguiente:



### 3.3. Esquema, cálculo y diagramas de esfuerzos en los ejes

Los diagramas y esfuerzos se calcularán en todos los ejes tanto en sentido horario como en antihorario y en los planos XY e XZ.

Las fórmulas que se han utilizado para calcular Fr, Fa, y M en cada caso han sido:

(1)  $Fr = Ft \cdot \text{tg } 20^\circ$

(2)  $Fa = Ft \cdot \text{tg } 25^\circ$

$$(3) M = F_a \cdot (\varnothing/2)$$

### 3.3.1. Eje de entrada

#### FUERZAS

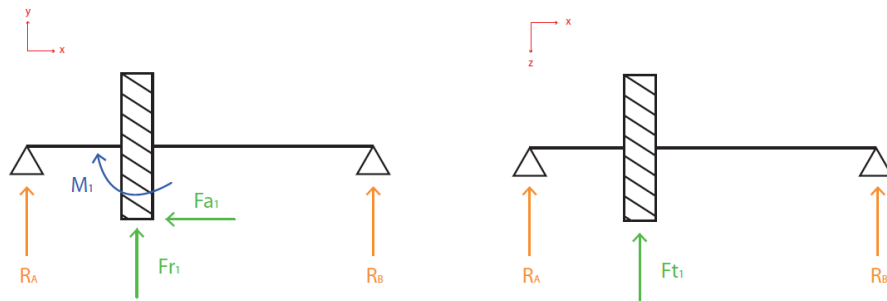
F <sub>t1</sub> [N]	806,20
F <sub>r1</sub> [N]	293,434299
F <sub>a1</sub> [N]	375,939151
M <sub>1</sub> [N·m]	4,69923938

	A		B	
	R <sub>y</sub> [N]	R <sub>z</sub> [N]	R <sub>y</sub> [N]	R <sub>z</sub> [N]
HORARIO	-259,39	598,41	-34,04	207,79
ANTIHORARIO	-176,22	-598,41	-117,22	-207,79

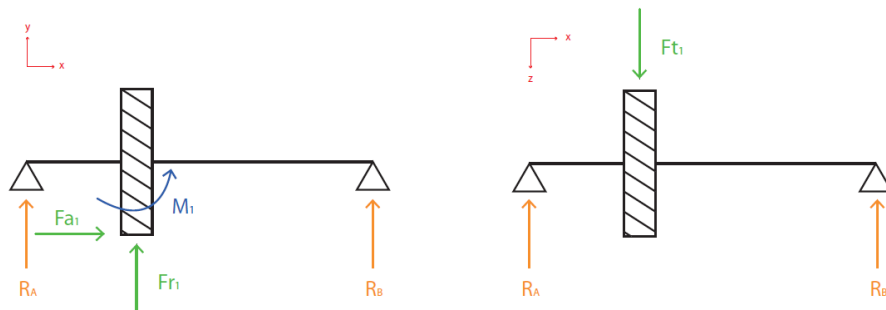
#### ESQUEMA SOLICITACIONES

El esquema de solicitaciones del eje de entrada es el siguiente:

Entrada - **HORARIO**

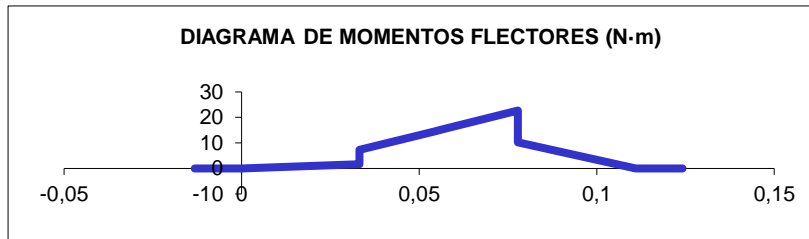


Entrada - **ANTIHORARIO**

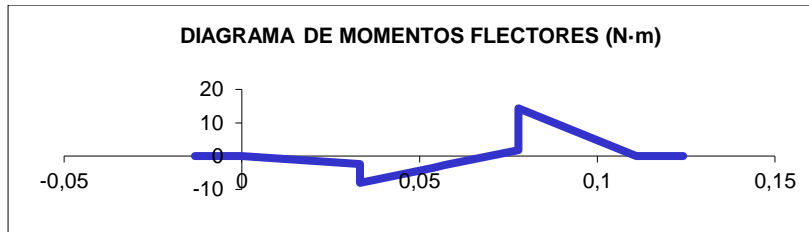


#### DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES

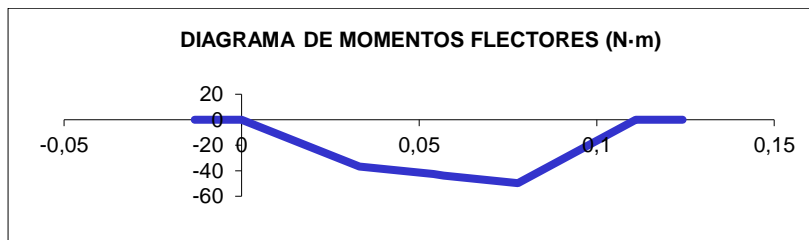
Horario XY



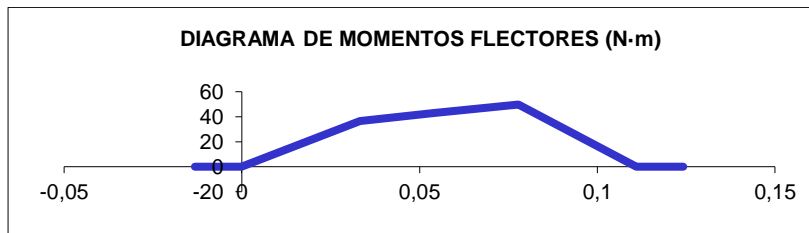
Antihorario XY



Horario XZ



Antihorario XZ



### 3.3.2.Eje intermedio

#### FUERZAS

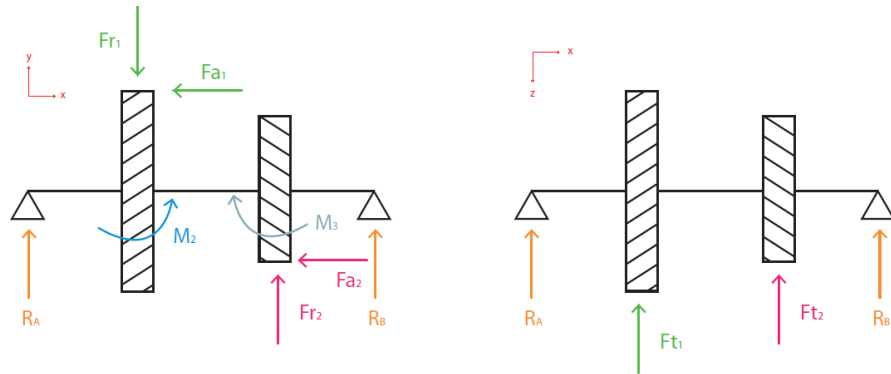
Ft2 [N]	1790,16
Fr2 [N]	651,566586
Fa2 [N]	834,767407
M2 [N·m]	5,63908726
M3 [N·m]	12,5215111

	A		B	
	Ry [N]	Rz [N]	Ry [N]	Rz [N]
HORARIO	-51,64	1100,95	-306,49	1495,42
ANTIHORARIO	72,36	-1100,95	-430,50	-1495,42

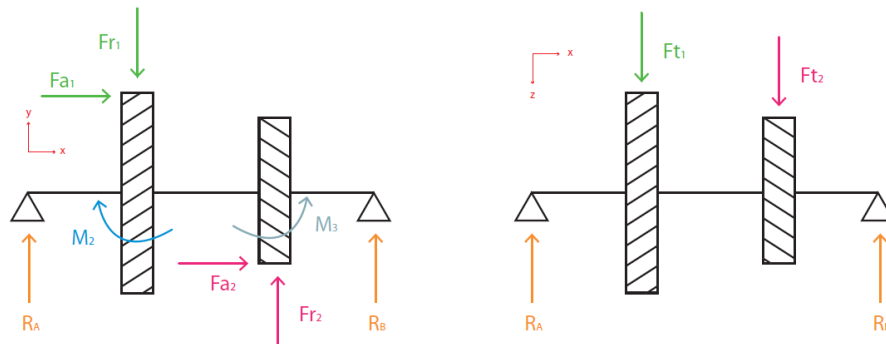
## ESQUEMA SOLICITACIONES

El esquema de solicitaciones del eje de entrada es el siguiente:

Intermedio - **HORARIO**

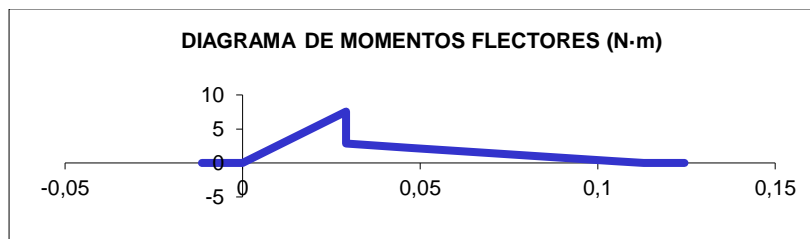


Intermedio - **ANTIHORARIO**

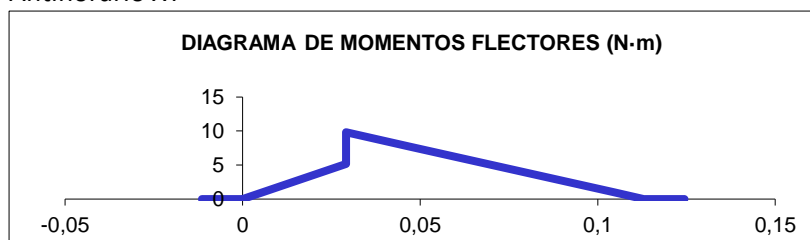


## DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES

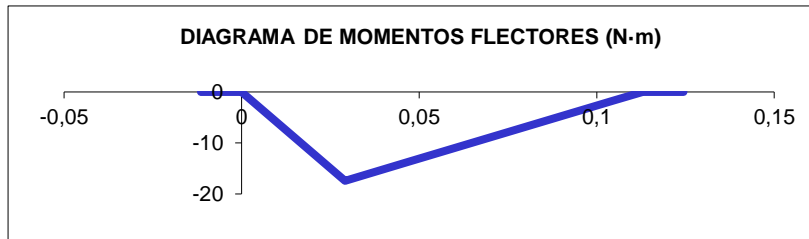
Horario XY



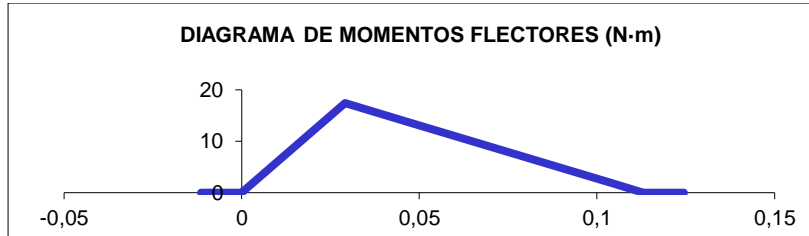
Antihorario XY



Horario XZ



Antihorario XZ



### 3.3.3.Eje de salida

#### FUERZAS

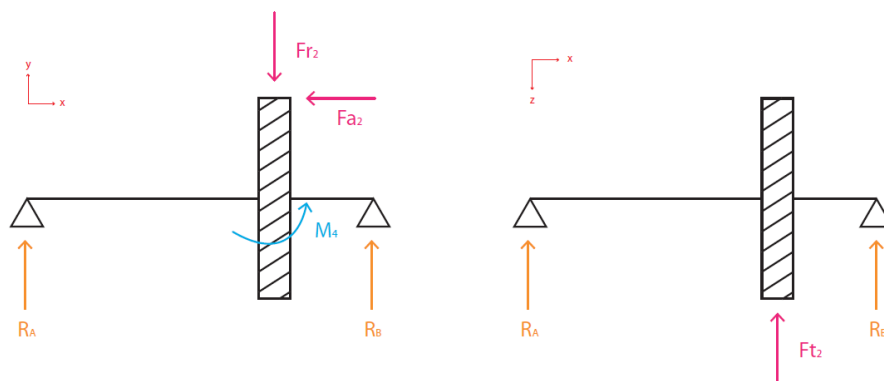
M4 [N·m]	16,6953481
----------	------------

	A		B	
	Ry [N]	Rz [N]	Ry [N]	Rz [N]
HORARIO	408,74	694,31	242,82	1095,85
ANTIHORARIO	96,68	-694,31	554,88	-1095,85

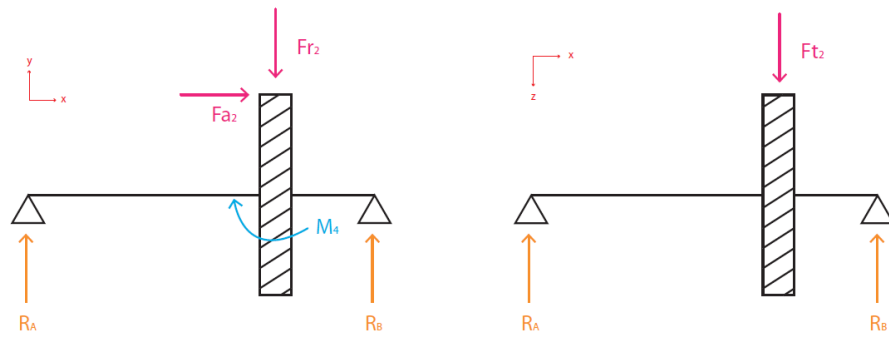
#### ESQUEMA SOLICITACIONES

El esquema de solicitaciones del eje de entrada es el siguiente:

Salida - **HORARIO**

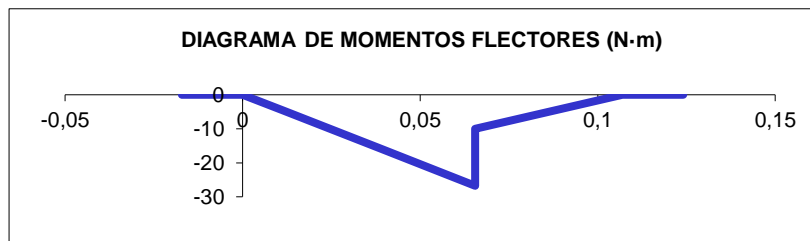


Salida - ANTIHORARIO

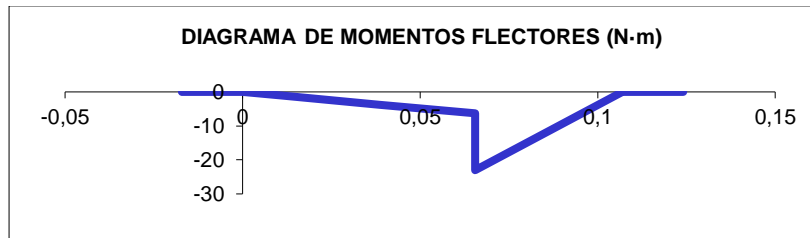


**DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES**

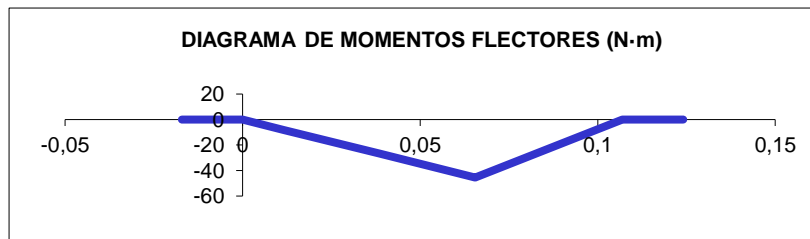
Horario XY



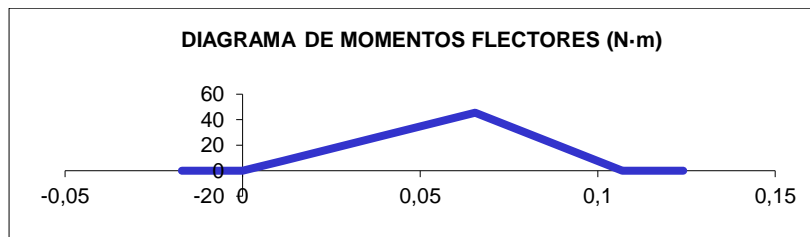
Antihorario XY



Horario XZ



Antihorario XZ



3.4. Deflexión lateral

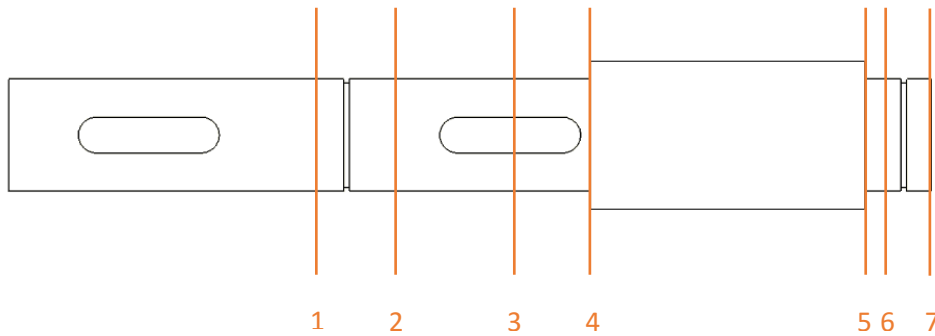
La deflexión lateral de los ejes ha de estar limitada, por lo que se tendrá que comprobar que no supere los siguientes límites:

- Al ser engranajes helicoidales, en las secciones donde aparezcan, es conveniente una separación menor de  $0,005 \cdot m_n$  m ( $m_n$  en mm)
- En la sección donde vayan ubicados los rodamientos la pendiente ha de ser menor que 0,002 rad.

Para el cálculo de las deformaciones laterales por flexión se ha utilizado la ayuda de una hoja de cálculo Excel donde se ha introducido los valores geométricos, constantes de material y esfuerzos a los que está expuesto el eje.

Se ha obtenido los siguientes resultados:

### 3.4.1.Eje de entrada



#### Horario XY

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diámetro 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	-0,01145	0,02500	0,00	0,00	0,00	0,00	3,31E-05	-3,792E-07
2	0,00000	0,02500	0,00	0,00	0,00	0,00	3,31E-05	0,000E+00
3	0,02913	0,02500	293,43	4,70	7,55	2,86	5,27E-06	6,943E-07
4	0,04675	0,03300	0,00	0,00	2,26	2,26	-6,13E-06	6,827E-07
5	0,10450	0,02500	0,00	0,00	0,29	0,29	-1,23E-05	1,060E-07
6	0,11300	0,02500	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,26E-05	0,000E+00
7	0,12445	0,02500	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,26E-05	-1,440E-07

<0,002 rad

<0,0125 m

<0,002 rad

#### Antihorario XY

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diámetro 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	-0,01145	0,02500	0,00	0,00	0,00	0,00	5,03E-05	-5,758E-07
2	0,00000	0,02500	0,00	0,00	0,00	0,00	5,03E-05	0,000E+00
3	0,02913	0,02500	293,43	-4,70	5,13	9,83	3,14E-05	1,281E-06
4	0,04675	0,03300	0,00	0,00	7,77	7,77	-7,89E-06	1,474E-06
5	0,10450	0,02500	0,00	0,00	1,00	1,00	-2,90E-05	2,525E-07
6	0,11300	0,02500	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,01E-05	0,000E+00
7	0,12445	0,02500	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,01E-05	-3,442E-07

<0,002 rad

<0,0125 m

<0,002 rad



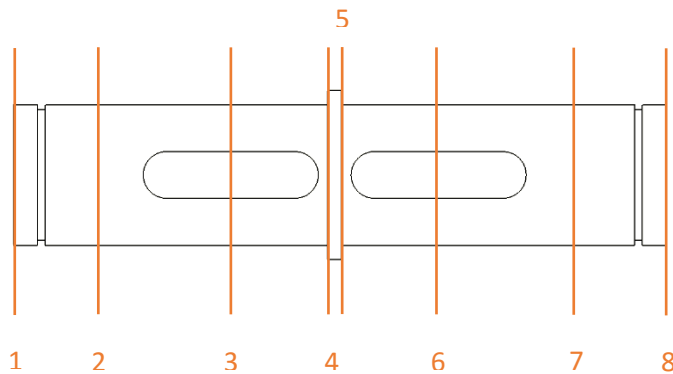
### Horario XZ

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diámetro 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	-0,01145	0,02500	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,15E-04	1,312E-06	
2	0,00000	0,02500	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,15E-04	0,000E+00	<0,002 rad
3	0,02913	0,02500	-806,20	0,00	-17,43	-17,43	-5,03E-05	-2,713E-06	<0,0125 m
4	0,04675	0,03300	0,00	0,00	-13,77	-13,77	1,93E-05	-2,963E-06	
5	0,10450	0,02500	0,00	0,00	-1,77	-1,77	5,67E-05	-4,924E-07	
6	0,11300	0,02500	0,00	0,00	0,00	0,00	5,86E-05	0,000E+00	<0,002 rad
7	0,12445	0,02500	0,00	0,00	0,00	0,00	5,86E-05	6,706E-07	

### Antihorario XZ

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diámetro 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	-0,01145	0,02500	0,00	0,00	0,00	0,00	1,15E-04	-1,312E-06	
2	0,00000	0,02500	0,00	0,00	0,00	0,00	1,15E-04	0,000E+00	<0,002 rad
3	0,02913	0,02500	806,20	0,00	17,43	17,43	5,03E-05	2,713E-06	<0,0125 m
4	0,04675	0,03300	0,00	0,00	13,77	13,77	-1,93E-05	2,963E-06	
5	0,10450	0,02500	0,00	0,00	1,77	1,77	-5,67E-05	4,924E-07	
6	0,11300	0,02500	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,86E-05	0,000E+00	<0,002 rad
7	0,12445	0,02500	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,86E-05	-6,706E-07	

### 3.4.2.Eje intermedio



### Horario XY

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diámetro 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	-0,01320	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	4,35E-05	-5,748E-07	
2	0,00000	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	4,35E-05	0,000E+00	<0,002 rad
3	0,03325	0,03000	-293,43	-5,64	1,72	7,36	4,01E-05	1,409E-06	<0,0125 m
4	0,05400	0,03600	0,00	0,00	14,52	14,52	1,24E-05	1,985E-06	

5	0,05700	0,03000	0,00	0,00	15,55	15,55	9,70E-06	2,018E-06	
6	0,07775	0,03000	651,57	12,52	22,71	10,19	-3,88E-05	1,748E-06	<0,015 m
7	0,11100	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,95E-05	0,000E+00	<0,002 rad
8	0,12420	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,95E-05	-7,848E-07	

### Antihorario XY

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diámetro entre i e i+1 (m)	Fuerza en Sección (N)	Momento en Sección (N-m)	Diagrama de momentos		Deformación		
					anterior (N-m)	posterior (N-m)	angular (rad)	Deflexión (m)	
1	-0,01320	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	-8,09E-06	1,068E-07	
2	0,00000	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	-8,09E-06	0,000E+00	<0,002 rad
3	0,03325	0,03000	-293,43	5,64	-2,41	-8,05	-3,20E-06	-2,148E-07	<0,0125 m
4	0,05400	0,03600	0,00	0,00	-3,46	-3,46	1,14E-05	-1,100E-07	
5	0,05700	0,03000	0,00	0,00	-2,79	-2,79	1,19E-05	-7,507E-08	
6	0,07775	0,03000	651,57	-12,52	1,79	14,31	1,32E-05	2,055E-07	<0,015 m
7	0,11100	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,59E-05	0,000E+00	<0,002 rad
8	0,12420	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,59E-05	-2,094E-07	

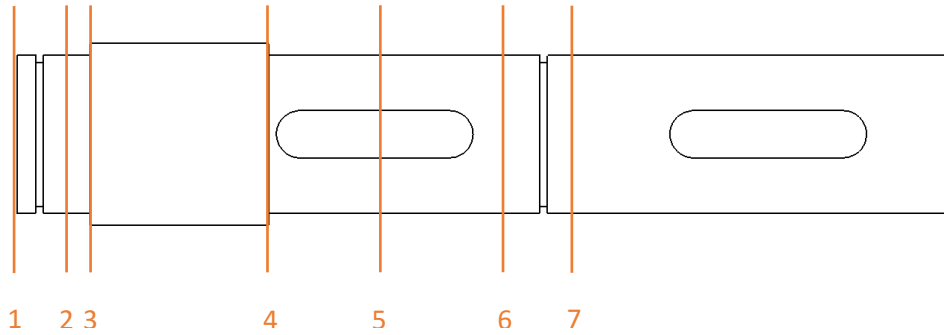
### Horario XZ

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diámetro entre i e i+1 (m)	Fuerza en Sección (N)	Momento en Sección (N-m)	Diagrama de momentos		Deformación		
					anterior (N-m)	posterior (N-m)	angular (rad)	Deflexión (m)	
1	-0,01320	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,90E-04	2,513E-06	
2	0,00000	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,90E-04	0,000E+00	<0,002 rad
3	0,03325	0,03000	-806,20	0,00	-36,61	-36,61	-1,16E-04	-5,507E-06	<0,0125 m
4	0,05400	0,03600	0,00	0,00	-42,72	-42,72	-1,56E-05	-6,901E-06	
5	0,05700	0,03000	0,00	0,00	-43,61	-43,61	-7,99E-06	-6,936E-06	
6	0,07775	0,03000	-1790,16	0,00	-49,72	-49,72	1,10E-04	-5,902E-06	<0,015 m
7	0,11100	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	2,11E-04	0,000E+00	<0,002 rad
8	0,12420	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	2,11E-04	2,787E-06	

### Antihorario XZ

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diámetro entre i e i+1 (m)	Fuerza en Sección (N)	Momento en Sección (N-m)	Diagrama de momentos		Deformación		
					anterior (N-m)	posterior (N-m)	angular (rad)	Deflexión (m)	
1	-0,01320	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	1,90E-04	-2,513E-06	
2	0,00000	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	1,90E-04	0,000E+00	<0,02 rad
3	0,03325	0,03000	806,20	0,00	36,61	36,61	1,16E-04	5,507E-06	<0,0125 m
4	0,05400	0,03600	0,00	0,00	42,72	42,72	1,56E-05	6,901E-06	
5	0,05700	0,03000	0,00	0,00	43,61	43,61	7,99E-06	6,936E-06	
6	0,07775	0,03000	1790,16	0,00	49,72	49,72	-1,10E-04	5,902E-06	<0,015 m
7	0,11100	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,11E-04	0,000E+00	<0,02 rad
8	0,12420	0,03000	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,11E-04	-2,787E-06	

### 3.4.3.Eje de salida



Horario XY

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diámetro entre i e i+1 (m)	Fuerza en Sección (N)	Momento en Sección (N-m)	Diagrama de momentos		Deformación		
					anterior (N-m)	posterior (N-m)	angular (rad)	Deflexión (m)	
1	-0,01710	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,77E-05	3,032E-07	
2	0,00000	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,77E-05	0,000E+00	<0,002 rad
3	0,01150	0,04900	0,00	0,00	-4,70	-4,70	-1,67E-05	-1,999E-07	
4	0,03850	0,04000	0,00	0,00	-15,74	-15,74	-1,20E-05	-5,980E-07	
5	0,06550	0,04000	-651,57	-16,70	-26,77	-10,08	1,02E-05	-6,474E-07	<0,015 m
6	0,10700	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	1,83E-05	0,000E+00	<0,002 rad
7	0,12410	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	1,83E-05	3,128E-07	

Antihorario XY

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diámetro entre i e i+1 (m)	Fuerza en Sección (N)	Momento en Sección (N-m)	Diagrama de momentos		Deformación		
					anterior (N-m)	posterior (N-m)	angular (rad)	Deflexión (m)	
1	-0,01710	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	-8,47E-06	1,449E-07	
2	0,00000	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	-8,47E-06	0,000E+00	<0,002 rad
3	0,01150	0,04900	0,00	0,00	-1,11	-1,11	-8,23E-06	-9,649E-08	
4	0,03850	0,04000	0,00	0,00	-3,72	-3,72	-7,11E-06	-3,062E-07	
5	0,06550	0,04000	-651,57	16,70	-6,33	-23,03	-1,86E-06	-4,334E-07	<0,015 m
6	0,10700	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	1,66E-05	0,000E+00	<0,002 rad
7	0,12410	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	1,66E-05	2,838E-07	

Horario XZ

Sección (i)	Cotas de Secciones (m)	Diámetro entre i e i+1 (m)	Fuerza en Sección (N)	Momento en Sección (N-m)	Diagrama de momentos		Deformación		
					anterior (N-m)	posterior (N-m)	angular (rad)	Deflexión (m)	
1	-0,01710	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,60E-05	6,155E-07	
2	0,00000	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,60E-05	0,000E+00	<0,002 rad
3	0,01150	0,04900	0,00	0,00	-7,98	-7,98	-3,42E-05	-4,072E-07	
4	0,03850	0,04000	0,00	0,00	-26,73	-26,73	-2,62E-05	-1,242E-06	
5	0,06550	0,04000	-1790,16	0,00	-45,48	-45,48	1,15E-05	-1,485E-06	<0,015 m
6	0,10700	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	4,79E-05	0,000E+00	<0,002 rad
7	0,12410	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	4,79E-05	8,196E-07	

### Antihorario XZ

Sección (l)	Cotas de Secciones (m)	Diámetro 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	-0,01710	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60E-05	-6,155E-07	
2	0,00000	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60E-05	0,000E+00	<0,002 rad
3	0,01150	0,04900	0,00	0,00	7,98	7,98	3,42E-05	4,072E-07	
4	0,03850	0,04000	0,00	0,00	26,73	26,73	2,62E-05	1,242E-06	
5	0,06550	0,04000	1790,16	0,00	45,48	45,48	-1,15E-05	1,485E-06	<0,015 m
6	0,10700	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,79E-05	0,000E+00	<0,002 rad
7	0,12410	0,04000	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,79E-05	-8,196E-07	

#### 3.5. Cálculo a fatiga

El cálculo a fatiga de los ejes se estudiará en aquellas secciones en las que M es distinto de 0 tanto para cuando gire en sentido horario como en antihorario. Se empleará el criterio de la máxima tensión tangencial ya que proporciona muy buenos resultados en materiales dúctiles. Las fórmulas a utilizar son:

$$d^3 = \frac{32X}{\pi S_y} \sqrt{\left(M_m + \frac{S_y}{S_e} M_a\right)^2 + \left(T_m + \frac{S_{sy}}{S_{sN}}\right)^2}$$

Como el momento flector medio y el momento torsor alternante son nulos, podemos simplificar la expresión anterior, quedando:

$$d^3 = \frac{32X}{\pi S_y} \sqrt{\left(\frac{S_y}{S_e} M_a\right)^2 + (T_m)^2}$$

O expresado de otra forma:

$$X = \frac{d^3 \cdot \pi \cdot S_y}{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{S_y}{S_e} M_a\right)^2 + (T_m)^2}}$$

Donde:

$d$ : diámetro mínimo para que el componente no falle por fatiga

$X$ : coeficiente de seguridad

$S_y$ : límite elástico del material

$S_e$ : límite de fatiga.

$M_a$ : momento flector alternante inducido

$T_m$ : momento torsor medio aplicado en una sección

---

El cálculo del límite de fatiga se realizará mediante la expresión:

$$S_e = K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_e \cdot \frac{1}{K_f} \cdot S'_e$$

Donde:

Ka = factor de superficie

Kb = factor de tamaño

Kc = factor de tipo de carga

Kd = factor de temperatura

Ke = confiabilidad

Kf = concentrador de tensiones

$K_f$  factor del concentrador de tensiones. Lo podemos calcular como:

$$K_r = 1 + q(K_t - 1)$$

Donde:

$K_t$ : factor del concentrador de tensiones, se obtiene mediante gráficas

$$q = \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{\rho}} = 0,9521284$$

$\alpha$ : Constante del material. Para aceros con  $S_u \geq 550$  MPa y calculando obtenemos:

$$\alpha = 0,025 \left( \frac{2070}{S_u} \right) = 0,2011141$$

$\rho$ : Radio de acuerdo en mm. En este caso = 4mm

#### Datos comunes a los tres ejes:

- Límite de fatiga para el acero =  $S'_e = 0,5 \cdot S_u = 0,5 \cdot 650 = 325$  MPa
- Material de los ejes = Acero F-1140
- Mecanizado;  $K_a = a \cdot (S_u)^b = 4,51 \cdot (650)^{-0,265} = 0,8105028$
- Esfuerzos de flexión;  $K_c = 1$
- Confiabilidad 99% ;  $K_e = 0,814$

#### 3.5.1.Eje de entrada

##### Horario

D	d	r/d	D/d
---	---	-----	-----

25	25	0,16	1
33	25	0,16	1,32
25	17	0,23529412	1,47058824

Sección	Mz	My	M	D	kb	Kt	kf	Se (Mpa)	X
3	7,55	-17,43	19,00	0,025	0,88062214	1,3	1,5	125,88	10,17
4	2,26	-13,77	13,95	0,033	0,8548466	1,5	1,47606419	124,18	31,41
5	0,29	-1,77	1,79	0,025	0,88062214	1,4	1,38085135	136,74	117,20

Antihorario

D	d	r/d	D/d
25	25	0,16	1
33	25	0,16	1,32
25	17	0,23529412	1,47058824

Sección	Mz	My	M	D	kb	Kt	kf	Se (Mpa)	X
3	9,83	17,43	20,01	0,025	0,88062214	1,3	1,5	125,88	9,65
4	7,77	13,77	15,81	0,033	0,8548466	1,5	1,47606419	124,18	27,72
5	1,00	1,77	2,03	0,025	0,88062214	1,4	1,38085135	136,74	103,44

3.5.2.Eje intermedio

Horario

D	d	r/d	D/d
30	30	0,16666667	1
36	24	0,25	1,5
30	18	0,33333333	1,66666667
30	30	0,16666667	1

Sección	Mz	My	M	D	kb	Kt	kf	Se (Mpa)	X
3	1,72	-36,61	36,65	0,03	0,8636091	1,3	1,28839975	143,72	10,40
4	14,52	-42,72	45,12	0,036	0,84692473	1,35	1,33864882	135,66	13,77
5	15,55	-43,61	46,30	0,03	0,8636091	1,3	1,29027042	143,52	8,22
6	22,71	-49,72	54,66	0,03	0,8636091	1,3	1,28839975	143,72	6,97

Antihorario

D	d	r/d	D/d
30	30	0,16666667	1
36	24	0,25	1,5
30	18	0,33333333	1,66666667
30	30	0,16666667	1

Sección	Mz	My	M	D	Kt	kf	Se (Mpa)	X
3	-8,05	36,61	37,48	0,03	1,3	1,28839975	143,72	10,16
4	-3,46	42,72	42,86	0,036	1,35	1,33864882	135,66	14,50
5	-2,79	43,61	43,70	0,03	1,3	1,29027042	143,52	8,71
6	14,31	49,72	51,74	0,03	1,3	1,28839975	143,72	7,36

### 3.5.3.Eje de salida

#### Horario

D	d	r/d	D/d
49	40	0,1125	1,225
40	31	0,14516129	1,29032258
40	40	0,125	1

Sección	Mz	My	M	D	Kt	kf	Se (Mpa)	X
3	-4,70	-7,98	9,27	0,049	1,6	1,57433194	111,61	139,12
4	-15,74	-26,73	31,02	0,04	1,5	1,47860995	121,44	24,60
5	-26,77	-45,48	52,77	0,04	1,35	1,33646637	134,35	16,00

#### Antihorario

D	d	r/d	D/d
49	40	0,1125	1,225
40	31	0,14516129	1,29032258
40	40	0,125	1

Sección	Mz	My	M	D	Kt	kf	Se (Mpa)	X
3	-1,11	7,98	8,06	0,049	1,6	1,57433194	111,61	159,90
4	-3,72	26,73	26,99	0,04	1,5	1,47860995	121,44	28,27
5	-23,03	45,48	50,98	0,04	1,35	1,33646637	134,35	16,56

## 4. Rodamientos

### 4.1. Eje entrada

Los siguientes datos son comunes para el cálculo de los rodamientos del eje de entrada:

C (N)	14800
q	3
n (rpm)	3000
a1 (99%)	0,25
d eje (mm)	25
v1 (mm/s)	16,43168
v (VG320, 70°C)	70
K	4,26

### RODAMIENTO A

Se utilizará el rodamiento rígido de bolas 6205-2Z de SKF con las siguientes características:

Co (N)	7800
fo	14
Pu (N)	335

Calculando se comprueba que se cumple que  $L > 20000$ , por lo tanto es válido.

	Ry	Rz	Fr (N)	Fa (N)	Fr/Fa	fo*Fa/Co	e	x	y	Feq (N)	nc(Pu/F)	aiso	L
HORARIO (FIJO)	-259,39	598,41	652,21	375,93	1,73	0,6747	0,2574	0,56	1,70	1005,79	0,166	15	66.377,06
ANTIHORARIO (LIBRE)	-176,22	-598,41	623,81	0	-	-	-	1	0	623,813	0,268	50	927.379,27

### RODAMIENTO B

Se utilizará el rodamiento rígido de bolas 16005 de SKF con las siguientes características

Co (N)	4800
fo	15
Pu (N)	212

Calculando se comprueba que se cumple que  $L > 20000$ , por lo tanto es válido.

	Ry	Rz	Fr (N)	Fa (N)	Fr/Fa	fo*Fa/Co	e	x	y	Feq (N)	nc(Pu/F)	aiso	L
HORARIO (LIBRE)	-34,04	207,79	210,56	0	-	-	-	1	0	210,56	0,503	50	3.953.111,18
ANTIHORARIO (FIJO)	-117,22	-207,79	238,57	375,93	0,63	1,14	0,29	0,56	1,50	701,01	0,151	15	32.138,35

#### 4.2. Eje intermedio

Para el eje intermedio se utilizará el rodamiento SKF E2.6306-2Z.

Dado que en ambos extremos se pondrá el mismo, los siguientes datos son comunes para su cálculo:

C (N)	29600
q	3
n (rpm)	1125,879938
a1 (99%)	0,25
d eje (mm)	30
v1 (mm/s)	24,4853235
v (VG320, 70°C)	70
K	2,858855429
Co (N)	16000
fo	13,1
Pu (N)	670



Calculando se comprueba que se cumple que  $L > 20000$ , por lo tanto son válidos  
RODAMIENTO A

	Ry	Rz	Fr (N)	Fa (N)	Fr/Fa	fo*Fa/Co	e	x	y	Feq (N)	nc(Pu/F)	aiso	L
HORARIO (FIJO)	-51,64	1100,95	1102,1	1210	0,91	0,99	0,285	0,56	1,55	2501,7	0,133	10	61.299,89
ANTIHORARIO (LIBRE)	72,36	-1100,95	1103,3	0	-	-	-	1	0	1103,3	0,30	50	3.572.990,91

RODAMIENTO B

	Ry	Rz	Fr (N)	Fa (N)	Fr/Fa	fo*Fa/Co	e	x	y	Feq (N)	nc(Pu/F)	aiso	L
HORARIO (LIBRE)	-306,49	1495,42	1526,50	0	-	-	-	1	0	1526,5	0,21	23	620.591,35
ANTIHORARIO (FIJO)	-430,50	-1495,42	1556,15	1210,70	1,28	0,99	0,28	0,56	1,556	2755,9	0,12	7,5	34.389,05

4.3. Eje salida

Para el eje intermedio se utilizará el rodamiento SKF 61908.

Los siguientes datos son comunes para su cálculo:

C (N)	13800
q	3
n (rpm)	422,5352113
a1 (99%)	0,25
d eje (mm)	40
v1 (mm/s)	4,608141284
v (VG320, 70°C)	70
K	15,19050647
Co (N)	10000
fo	15,6
Pu (N)	425

Calculando se comprueba que se cumple que  $L > 20000$ , por lo tanto son válidos

RODAMIENTO A

	Ry	Rz	Fr (N)	Fa (N)	Fr/Fa	fo*Fa/Co	e	x	y	Feq (N)	nc(Pu/F)	aiso	L
HORARIO (FIJO)	408,74	694,31	805,69	834,767407	0,96	1,302	0,302	0,56	1,47	1683,77	0,126	9	48.859,66
ANTIHORARIO (LIBRE)	96,68	-694,31	701,01	0	-	-	-	1	0	701,013	0,303	50	3.761.439,58

RODAMIENTO B

	Ry	Rz	Fr (N)	Fa (N)	Fr/Fa	fo*Fa/Co	e	x	y	Feq (N)	nc(Pu/F)	ais o	L
HORARIO (LIBRE)	242,82	1095,85	1122,4	0	-	-	-	1	0	1122,42	0,18932195	27	494.826,56
ANTIHORARIO (FIJO)	554,88	1095,85	1228,3	834,76	1,47	1,30	0,30	0,56	1,47	1920,45	0,11065113	7,5	27.441,96

## 5. Comprobación de la viscosidad del lubricante

### 5.1. Primera etapa

Ft	806,20
b	16
d1	52,41
i	2,66458252
Ka	0,81050277

K	1,07165985	
Vt	8,23	<20 >0,0025;
K/Vt	0,13017248	<20

log(v38)	2,18551688		
v38	153,29108	<320	OK

### 5.2. Segunda etapa

Ft	1790,16
b	19
d1	62,89
i	2,66458252
Ka	0,81050277

K	1,66989831	
Vt	3,71	<20 >0,0025;
K/Vt	0,45040186	<20

log(v38)	2,43182009		
v38	270,283849	<320	OK

## 6. Chavetas

Las chavetas que se utilizarán son:

Piñón	Entrada	Intermedio	Salida
-------	---------	------------	--------

$\varnothing$ eje (mm)	25	30	40
Anchura (mm)	8	10	12
Altura (mm)	7	8	8
Longitud (mm)	31,25	37,5	50
Profundidad en el eje: h1 (mm)	4	5	5
Profundidad de cubo: h2 (mm)	3,3	3,3	3,3

## Anexo 2: Tablas y graficos.

### Coeficientes para el cálculo a fatiga.

$K_a$

<i>Acabado Superficial</i>	Factor a (Mpa)	Exponente b
<i>Rectificado</i>	1,58	-0,085
<i>Mecanizado o lam frío</i>	4,51	-0,265
<i>Laminado Cal.</i>	57,7	-0,718
<i>Forjado</i>	272	-0,995

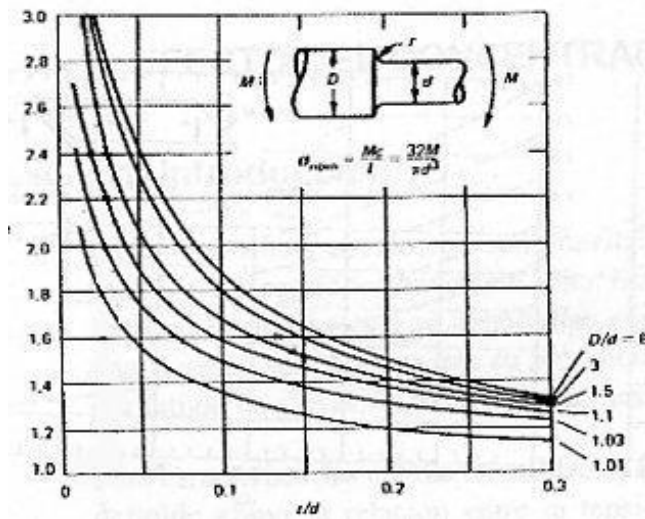
$K_d$

$T$ $^{\circ}C$	20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
$K_d$	1	1,0 1	1,0 2	1,0 3	1,0 2	1	0,9 8	0,9 3	0,9 2	0,8 4	0,7 7	0,6 7	0,5 5

$K_e$

<i>Confiabilidad</i>	0,5	0,9	0,95	0,99	0,999
<i>Factor de corrección</i>	1	0,897	0,868	0,814	0,753

$K_t$



**Coeficiente de aplicación KA para la corrección por condiciones reales de funcionamiento en engranajes cilíndricos de dientes rectos:**

Características de la máquina motriz

Características de la máquina arrastrada

**Uniforme**  
**Choques Ligeros**  
**Choques Moderados**

	<b>Uniforme</b>	<b>Choques moderados</b>	<b>Choques importantes</b>
<b>Uniforme</b>	1	1,25	1,75
<b>Choques Ligeros</b>	1,25	1,5	2 o mayor
<b>Choques Moderados</b>	1,5	1,75	2,25 o mayor

**Cálculo de la fuerza equivalente.**

Cargas axiales y radiales => Fuerzas equivalentes.

Factor de servicio según funcionamiento.

<b>Servicio</b>	<b>Factor(multiplica a F<sub>eq</sub>)</b>	
	<b>Bolas</b>	<b>Rodillos</b>
<i>Carga uniforme</i>	1.0	1.0
<i>Impacto ligero</i>	1.5	1.0
<i>Impacto medio</i>	2.0	1.3
<i>Impacto fuerte</i>	2.5	1.7

Impacto extremo

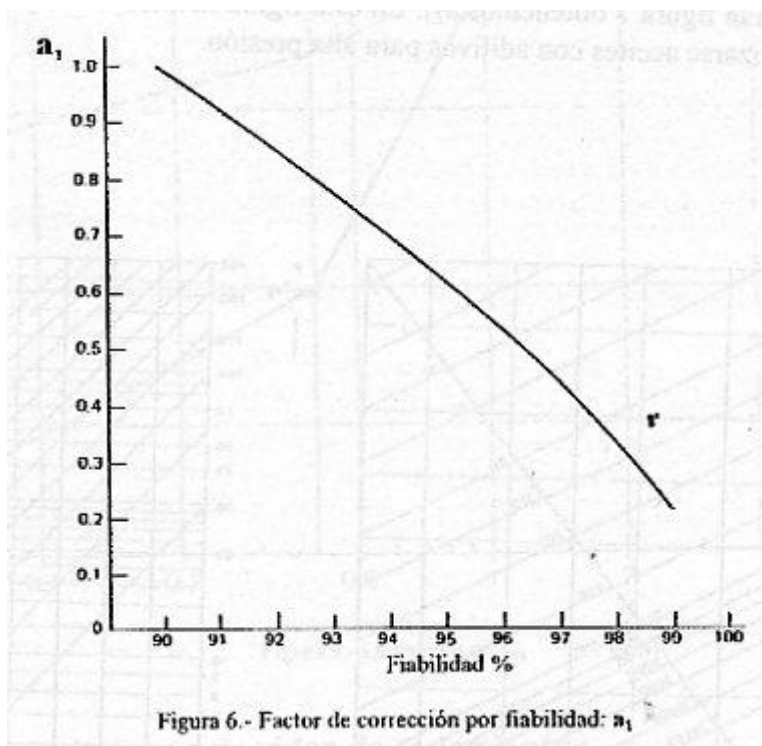
3.0	2.0
-----	-----

**Rígido de bolas.**

$$F_{eq} = x \cdot F_r + y \cdot F_a$$

$F_a/F_r$	$F_a/F_r \leq e$			$F_a/F_r > e$	
	$e$	$x$	$y$	$x$	$y$
$\leq 0,014$	0,19	1,00	0	0,56	2,30
0,021	0,21	1,00	0	0,56	2,15
0,028	0,22	1,00	0	0,56	1,99
0,042	0,24	1,00	0	0,56	1,85
0,056	0,26	1,00	0	0,56	1,71
0,070	0,27	1,00	0	0,56	1,63
0,084	0,28	1,00	0	0,56	1,55
0,11	0,30	1,00	0	0,56	1,45
0,17	0,34	1,00	0	0,56	1,31
0,28	0,38	1,00	0	0,56	1,15
0,42	0,42	1,00	0	0,56	1,04
0,56	0,44	1,00	0	0,56	1,00

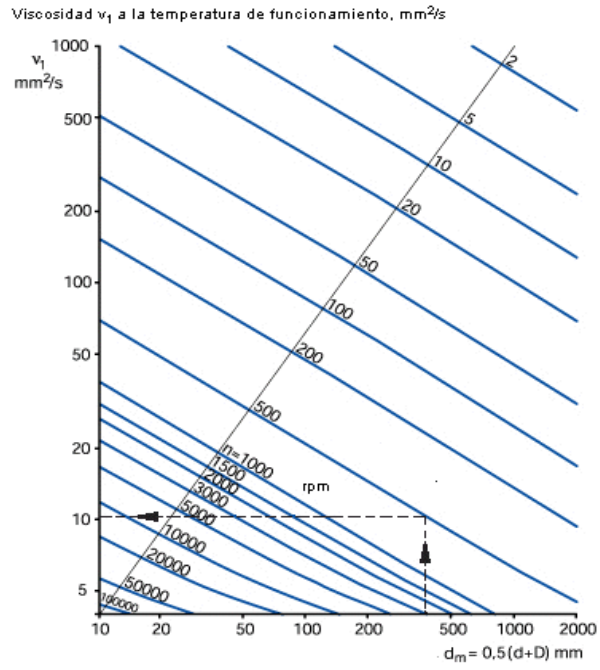
**Factor de corrección por fiabilidad  $a_1$ .**



Fiabilidad,  $F > 90\%$

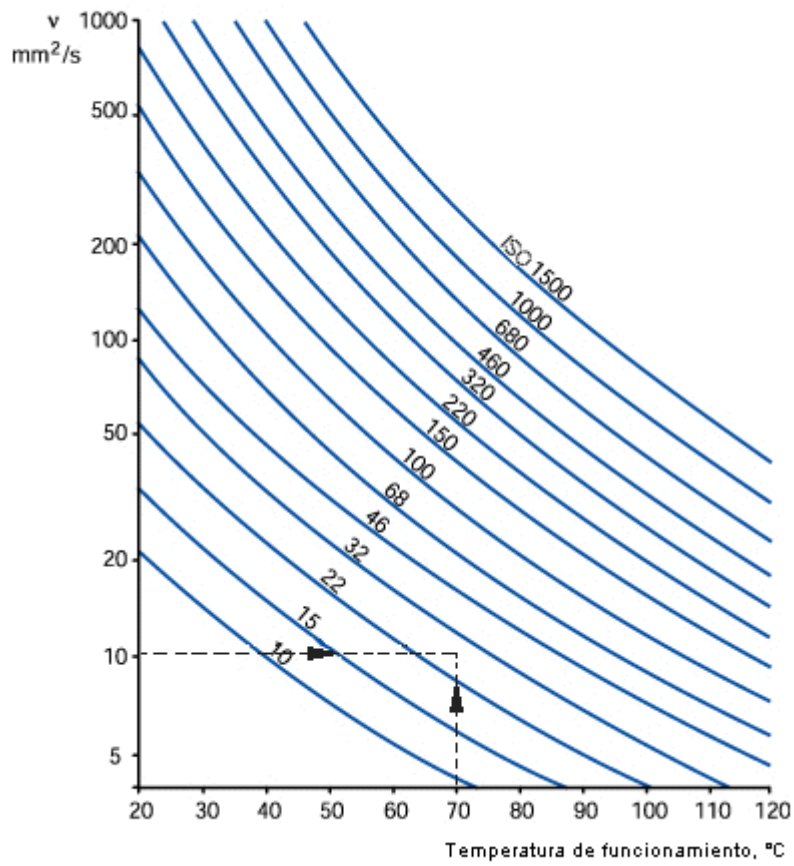
$$a_1 = 4,48 \cdot \left( \ln \left( \frac{100}{F} \right) \right)^{2/3}$$

**Viscosidad relativa en función del diámetro medio del rodamiento:**

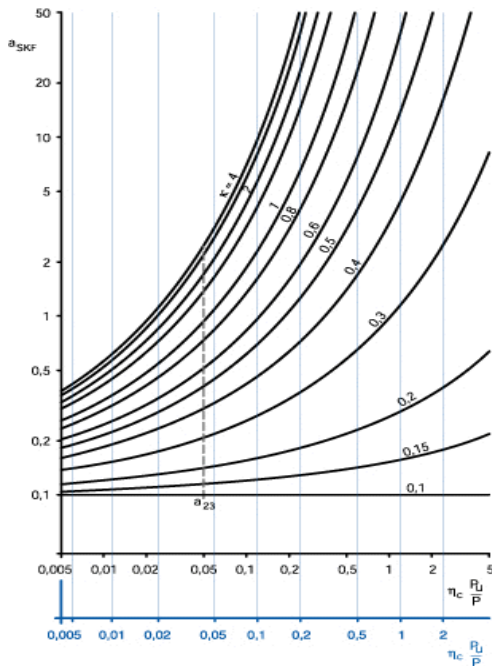


**Viscosidad del aceite a temperatura de funcionamiento:**

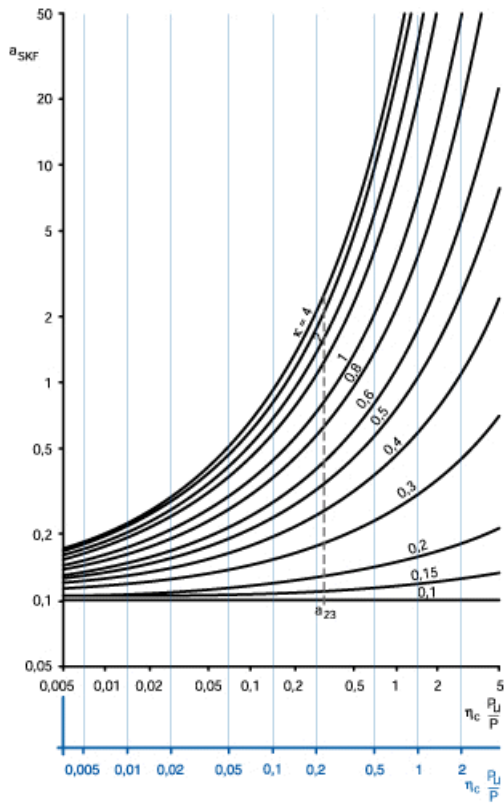
Viscosidad requerida  $v_1$  a la temperatura de funcionamiento,  $\text{mm}^2/\text{s}$



**Factor de corrección para rodamientos de bolas por condiciones de lubricación,  $a_{skf}$ .**



**Factor de corrección para rodamientos de rodillos por condiciones de lubricación,  $a_{skf}$ .**



## Coeficiente de contaminación del lubricante.

Tabla 4: Valores orientativos del factor de ajuste  $\eta_c$  para diferentes grados de contaminación

Condición	Factor $\eta_c$ <sup>1)</sup> para rodamientos con un diámetro	
	$d_m < 100$ mm	$d_m \geq 100$ mm
<b>Limpieza extrema</b> Tamaño de las partículas del orden del espesor de la película de lubricante Condiciones de laboratorio	1	1
<b>Gran limpieza</b> Aceite filtrado a través de un filtro extremadamente fino Condiciones típicas de los rodamientos engrasados de por vida y obturados	0,8 ... 0,6	0,9 ... 0,8
<b>Limpieza normal</b> Aceite filtrado a través de un filtro fino Condiciones típicas de los rodamientos engrasados de por vida y con placas de protección	0,6 ... 0,5	0,8 ... 0,6
<b>Contaminación ligera</b> Contaminación ligera del lubricante	0,5 ... 0,3	0,6 ... 0,4
<b>Contaminación típica</b> Condiciones típicas de los rodamientos sin obturaciones integrales, filtrado grueso, partículas de desgaste y entrada de partículas del exterior	0,3 ... 0,1	0,4 ... 0,2
<b>Contaminación alta</b> Entorno del rodamiento muy contaminado y disposición de rodamientos con obturación inadecuada	0,1 ... 0	0,1 ... 0
<b>Contaminación muy alta</b> (bajo valores de contaminación extremos, $\eta_c$ puede estar fuera de la escala produciendo una reducción mayor de la vida útil de lo establecido por la ecuación $L_{nm}$ )	0	0



## Dimensiones normalizadas para chavetas cuadradas.

Diámetros del eje $d$		Sección de la chaveta $b \times A$	Chavetero										Chafn $F_1$	
			Ancho $A$					Profundidad						
			Tolerancia					Eje $h_1$		Cubo $h_2$				
			Clase de ajuste del enchavetado					Nominal	Tol. $h_1$	Nominal	Tol. $h_2$			
Normal	Libre		Normal		Ajustado	Nominal	Tol. $h_2$				Mínimo	Máximo		
	Eje H 9	Cubo D 10	Eje N 9	Cubo js 9	Eje y cubo P 9									
6	8	2 x 2	2	+ 0,025	+ 0,060	- 0,004	$\pm$ 0,025	- 0,006	1,2	1	0,08	0,16		
8	10	3 x 3	3	0	+ 0,020	- 0,029	$\pm$ 0,025	- 0,031	1,8	+ 0,1	0,08	0,16		
10	12	4 x 4	4	- 0,030	+ 0,078	0	$\pm$ 0,015	- 0,012	2,5	0	0,08	0,16		
12	17	5 x 5	5	0	+ 0,030	- 0,030	$\pm$ 0,015	- 0,042	3	0	0,16	0,25		
17	22	6 x 6	6	0	0	0	$\pm$ 0,015	- 0,042	3,5	0	0,16	0,25		
22	30	8 x 8	8	+ 0,036	+ 0,099	0	$\pm$ 0,018	- 0,013	4	0	0,16	0,25		
30	38	10 x 10	10	0	+ 0,040	- 0,036	$\pm$ 0,018	- 0,051	5	0	0,25	0,40		
38	44	12 x 12	12	0	0	0	$\pm$ 0,0215	0,018	5	0	0,25	0,40		
44	50	14 x 14	14	+ 0,043	+ 0,120	0	$\pm$ 0,0215	0,018	5,5	0	0,25	0,40		
50	58	16 x 16	16	0	+ 0,050	- 0,043	$\pm$ 0,0215	0,061	6	0	0,25	0,40		
58	65	18 x 18	18	0	0	0	$\pm$ 0,0215	0,061	6	0	0,25	0,40		
65	75	20 x 20	20	0	0	0	$\pm$ 0,0215	0,061	7	+ 0,2	0,40	0,60		
75	83	22 x 22	22	+ 0,052	- 0,149	0	$\pm$ 0,026	- 0,022	7,5	0	0,40	0,60		
83	95	25 x 25	25	0	+ 0,065	- 0,052	$\pm$ 0,026	- 0,074	9	0	0,40	0,60		
95	110	28 x 28	28	0	0	0	$\pm$ 0,026	- 0,074	9	0	0,40	0,60		
110	130	32 x 32	32	0	0	0	$\pm$ 0,026	- 0,074	10	0	0,40	0,60		
130	150	36 x 36	36	0	0	0	$\pm$ 0,026	- 0,074	11	0	0,40	0,60		
150	170	40 x 40	40	+ 0,062	+ 0,180	0	+ 0,031	- 0,026	12	0	0,70	1,00		
170	200	45 x 45	45	0	+ 0,090	- 0,062	+ 0,031	- 0,088	13	0	0,70	1,00		
200	230	50 x 50	50	0	0	0	+ 0,031	- 0,088	15	0	0,70	1,00		
230	260	56 x 56	56	0	0	0	+ 0,031	- 0,088	17	0	0,70	1,00		
260	290	63 x 63	63	+ 0,074	+ 0,220	0	$\pm$ 0,037	- 0,032	20	+ 0,3	0,70	1,00		
290	330	70 x 70	70	0	- 0,100	- 0,074	$\pm$ 0,037	- 0,106	20	0	1,20	1,50		
330	380	80 x 80	80	0	0	0	$\pm$ 0,037	- 0,106	22	0	1,20	1,50		
380	440	90 x 90	90	+ 0,087	+ 0,260	0	$\pm$ 0,0435	- 0,037	25	0	2,00	2,50		
440	500	100 x 100	100	0	+ 0,120	- 0,087	$\pm$ 0,0435	- 0,124	28	0	2,00	2,50		

Tabla 6. Dimensiones normalizadas para chavetas cuadradas.

# **Capítulo III**

**PLIEGO**

**DE**

**CONDICIONES**

# ÍNDICE

## 1 INTRODUCCIÓN

## 2 CONDICIONES EJECUCIÓN

## 3 PLIEGO DE CONDICIONES FACULTATIVAS

### 3.1 DELIMITACIÓN DE FUNCIONES TÉCNICAS

### 3.2 OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL FABRICANTE O CONTRATISTA

### 3.3 PRESCRIPCIONES GENERALES RELATIVAS A LOS TRABAJOS, A LOS MATERIALES Y A LOS MEDIOS AUXILIARES

## 4 CONDICIONES ECONÓMICAS

## 5 CONDICIONES DE LOS MATERIALES

### 5.1 ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

### 5.2 CONDICIONES DE SUMINISTRO DE LOS PRODUCTOS SIDERÚRGICOS EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN

### 5.3 DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES

### 5.4 TRATAMIENTOS TÉRMICOS

## 6 CONDICIONES TÉCNICAS

### 6.1 CONDICIONES Y EXIGENCIAS DE LA CARCASA

### 6.2 CONDICIONES Y EXIGENCIAS DE LOS ENGRANAJES

### 6.3 CONTROL DE CALIDAD DE LOS ENGRANAJES

### 6.4 CONDICIONES Y EXIGENCIAS DE LOS ÁRBOLES

#### 6.4.1 MATERIAL

#### 6.4.2 AJUSTES Y TOLERANCIAS

#### 6.4.3 CONTROL DE CALIDAD DE LOS ARBOLES

### 6.5 RODAMIENTOS

### 6.6 RETENES

### 6.7 TAPONES PARA EJE INTERMEDIO

### 6.8 CASQUILLOS DE SEPARACIÓN

### 6.9 MONTAJE

#### 6.9.1 INTRODUCCIÓN

#### 6.9.2 CONDICIONES GENERALES DEL MONTAJE

#### 6.9.3 ORDEN DE ENSAMBLAJE

## 7 CONDICIONES LEGALES

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente documento pretende establecer las especificaciones facultativas, de índole técnica y legal que fijan las normas a seguir para la ejecución del presente proyecto.

Se expone por tanto, toda la documentación necesaria para la correcta elaboración y fabricación del reductor de velocidad.

Una vez aceptadas las normas a seguir de este proyecto por las partes contratantes, se obliga a su cumplimiento sin discusión o modificación y con arreglo al mismo han de decidirse y resolverse todas las cuestiones.

En caso de que exista alguna duda o algún detalle omitido o no suficientemente especificado en este Pliego de Condiciones, bien sea por su poca importancia u obviedad, se aceptarán en la ejecución de las distintas unidades del proceso, las normas de la buena práctica teniendo siempre en cuenta que la calidad debe ser máxima.

Si existe alguna contradicción por parte de los planos, memoria y pliego de condiciones, siempre prevalece el texto de estos dos últimos documentos y en caso de ser estos dos últimos prevalecerá la memoria si la incompatibilidad se refiere a los cálculos y el pliego de condiciones se refiere a cualquier otra causa.

## 2 CONDICIONES DE EJECUCIÓN

En la ejecución de este proyecto la parte contratada tendrá la total libertad sobre el control de las acciones de fabricación, siempre y cuando se pueda garantizar la calidad y condiciones de funcionamiento que se especifican en la parte de los planos y de los cálculos.

Deben de estar abiertos a sugerencias y posibles ayudas por parte de la parte contratante.

## 3 PLIEGO CONDICIONES FACULTATIVAS

### 3.1 DELIMITACION DE FUNCIONES TÉCNICAS

Dentro de las delimitaciones de funciones técnicas encontramos las siguientes:

#### **Correspondientes al ingeniero técnico director:**

- Redactar los complementos o rectificaciones que se precisen del proyecto.
- Asistir al proceso de fabricación tantas veces como sean necesarias con el fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones complementarias que sean precisas.
- Comprobar la adecuación que existe entre el motor y el aparato reductor.
- La aprobación de las certificaciones parciales, la liquidación final y asesorar al promotor.
- Coordinar la intervención en la fabricación de otros técnicos.
- La ordenación y dirección de la ejecución del material de acuerdo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción.
- La realización de pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de fabricación. También realizará las comprobaciones necesarias para asegurar la calidad de fabricación de acuerdo al tipo de proyecto y a la normativa.

-La planificación del control de calidad y económico de fabricación .

**Correspondiente al fabricante o contratista:**

-Ostentar la jefatura de todo aquel personal que intervenga en la fabricación y coordinación de los subcontratistas.

-La custodia del libro de órdenes y seguimiento, así como dar por enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.

-La suscripción con el promotor y las actas de recepción provisiona y definitiva.

-La facilitación del material necesario, con la antelación suficiente, al Ingeniero Técnico Director.

-Asegurar la idoneidad de todos los materiales constructivos que se utilicen, rechazando los materiales que no cuenten con la calidad necesaria antes de la fabricación.

-La organización de todos los trabajos, llevando a cabo la realización de los planos de trabajo que sean necesarios y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares.

**3.2 OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL FABRICANTE O CONTRATISTA**

Las obligaciones y derechos generales del fabricante o contratista serán los siguientes:

-La verificación de los documentos del proyecto, donde, antes de dar comienzo la fabricación, el contratista especificará por escrito que la documentación adoptada será suficiente-

-El constructor proporcionará en el taller una oficina con el material necesario para poder extenderse y consultarse planos. En la oficina el contratista siempre tendrá a disposición toda la documentación del proyecto.

-El contratista deberá de designar a un delegado durante la fabricación

-La creación de un plan de seguridad e higiene, estudiando el proyecto en concreto y con la aprobación de un Ingeniero Técnico Director.

-El control y previsión de los trabajos no estipulados expresamente.

-La presencia del contratista en la fabricación, el cual acompañará durante la jornada legal del trabajo al Ingeniero Técnico Director.

-Las reclamaciones que el contratista desee realizar solo podrá presentarlas a través del Ingeniero Técnico Director, siempre que sean de carácter económico ya que las reclamaciones de carácter técnico no serán admitidas por este.

-Las interpretaciones, aclaraciones y modificaciones se comunicarán por escrito al contratista.

-El constructor no tendrá la capacidad de recusar al Ingeniero Técnico Director o al personal encargado por este para la vigilancia de las operaciones de fabricación.

-Debido a supuestos de desobediencia a sus instrucciones, incompetencia manifestada o negligencia grave se podrá requerir al contratista el cese de este.

### 3.3 PRESCRIPCIONES GENERALES RELATIVAS A LOS TRABAJOS, A LOS MATERIALES Y A LOS MEDIOS AUXILIARES

-El fabricante debe iniciar el proceso de fabricación en el plazo marcado por el pliego de condiciones particulares. Obligadamente y por escrito el contratista deberá de dar cuenta al Ingeniero Técnico Director del comienzo de la fabricación.

-El contratista, de acuerdo a la dirección facultativa, deberá dar todas las facilidades razonables para que otros contratistas intervengan en la fabricación.

-El orden de trabajo, salvo en casos extremos dados por circunstancias técnicas, es facultad de la contrata.

-El proyecto puede ser ampliado por motivo imprevisto o por cualquier accidente sin la interrupción del trabajo.

-Todos los trabajos se ejecutarán con estricta vigilancia al proyecto, a las modificaciones aprobadas y a las órdenes e instrucciones del Ingeniero Técnico Jefe

-Si por causas ajenas al fabricante este no pudiera cumplir los plazos se le proporcionara una posible prórroga. Para esto es necesario que el Ingeniero Técnico Director diera su visto bueno.

-El Contratista no podrá poner como excusa la falta de planos o información técnica para no cumplir los plazos de entrega.

-El responsable del reductor hasta la fecha de entrega es el contratista, por lo que cualquier falta o defecto debe ser revisado por él.

-Si los materiales usados para la fabricación no son los descritos en el pliego el Ingeniero Técnico Director se encargará de proporcionarle los materiales que cumplan.

-Para los trabajos que no dispongan de prescripciones consignadas explícitamente en este pliego, el contratista se atendrá en primer término a las instrucciones que dicte la dirección facultativa.

### 4 CONDICIONES ECONÓMICAS

A continuación se muestran las condiciones exigidas en el ámbito económico tanto por el cliente como por el contratista.

Los elementos necesarios para las condiciones económicas son los siguientes:

-Fianza: La fianza es la cantidad de dinero que deposita la contrata como garantía a la hora de firmar el contrato. Se debe realizar un aval a la firma del contrato, con un pago anticipado de una cantidad estipulada entre ambos.

-Composición de precios: El coste por contrata es el coste total del reductor, mientras que el beneficio, a no ser que se estipule lo contrario, será de un 23%.

-Precios contradictorios: Se producen fenómenos contradictorios cuando el Ingeniero Técnico Director realice cambios de calidad en alguna pieza para afrontar una circunstancia imprevista.

Los precios contradictorios nunca deben superar el 1,5% de la cantidad presupuestada.

-Acopio de Materiales: El contratista debe proporcionar los acopios o aparatos de obra que la propiedad ordene por escrito.

-Revisión de Precios: No se admitirá un incremento del precio con un montaje superior al 3% del importe total del presupuesto de contrato. En caso de que se supere esto, la revisión se hará adecuada a la establecida en el BOE 311 29Dic1970.

-Valoración y abono de trabajos: Los pagos se realizarán por parte del propietario en los plazos previamente establecidos.

-Penalizaciones: Las penalizaciones pueden ser dadas por un incumplimiento de contrato o por la demora de pagos. En caso de que el propietario no efectuase el pago dentro del mes siguiente del plazo estipulado en el contrato, el contratista tendrá además el derecho de percibir un abono de un cuatro y medio por cien anual en concepto de intereses de demora. En caso de incumplimiento de contrato, la penalización de eso será la rescisión de este.

-Seguros: La contrata está en la obligación de asegurarse para, de esta forma, garantizar los posibles daños del personal, maquinaria e instalaciones durante el proceso de ejecución. La contrata además de esto debe de tener un seguro de responsabilidad civil.

-Condiciones de pago: Las condiciones de pago son las mostradas en el contrato acordado. Se abonará un 25% al inicio del trabajo, un 30% en la primera certificación y otro 55% en la segunda certificación. Una vez realizados estos y quedando totalmente cerrado el pago se realiza la devolución del 15% de fianza.

## 5 CONDICIONES DE LOS MATERIALES

### 5.1 ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

Los materiales de los elementos que forman los componentes del reductor deben estar contruidos en el material especificado por la oficina técnica. Para que esto se realice de forma correcta se deberá seguir en todo momento el documento técnico.

En este pliego se especifica el material a utilizar, además de detallar las características finales tras los tratamientos térmicos o los procesos de mecanizados sufridos por el material.

Las características expuestas por los materiales son las mínimas necesarias, razón por la cual los cambios serán de tal forma que Igualen estos valores o los superen, pero nunca se deben tomar materiales con peores características.

Las especificaciones técnicas se le exigirán al suministrador, además de solicitar un tamaño conveniente para que de esta forma su posterior tratamiento se realice de forma más adecuada y rápida.



## 5.2 CONDICIONES DE SUMINISTRO DE LOS PRODUCTOS SIDERÚRGICOS EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN

Las condiciones técnicas generales referidas a indicaciones técnicas del pedido, control y certificación de los productos, derechos y deberes del receptor, número de ensayos y obtención de muestras, criterios de ensayo, análisis químicos, defectos superficiales e internos, tolerancia sobre las dimensiones, sobre la forma y sobre la masa, reclamaciones, interpretación de los resultados de los controles y documentación, vienen especificados por la norma UNE 36007. Los aceros que se utilicen para la fabricación del reductor deberán cumplir lo especificado en la norma UNE 36076, referida a condiciones de suministro para productos calibrados de acero. Los aceros aleados para temple y revenido deberán cumplir lo especificado en la norma UNE 36012, que está referida a los mismos.

Por otra parte, las medidas y tolerancias de los redondos de acero, los arboles de transmisión y las ruedas dentadas vienen dados por la UNE 36541-

Los tratamientos térmicos aplicados al reductor se contemplan en la norma UNE 36006 y para los ensayos de productos de acero laminado y forjado se cumplirá lo estipulado en la norma UNE 7018.

## 5.3 DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES

A continuación se muestran el tipo de material empleado en la construcción del reductor, haciendo mención a sus propiedades tanto físicas como químicas.

### **Fundición Gris FGE 48**

#### **Composición química:**

- Carbono 3.20 %
- Silicio 2,2 %
- Manganeso 0.7 %
- Fósforo 0.2 %
- Azufre 0.1 %
- Cromo < 0.1 %
- Níquel < 0.2 %
- Molibdeno < 0.08 %

#### **Características mecánicas:**

- Carga de rotura: 350 MPa.
- Módulo de elasticidad: 130 GPa.
- Dureza Brinell: 250

#### **Características físicas:**

- Peso específico: 7.1 kg/ dm<sup>2</sup>
- Conductividad térmica: 0.11 unidades c.g.s.
- Dilatación térmica: 6.7
- 10<sup>-6</sup> °F
- Resistencia eléctrica: 80-100 μΩ/cm
- Permeabilidad magnética: (H = 100 Gauss) 9000 H

**Propiedades tecnológicas:**

- Colabilidad: Buena.
- Maquinabilidad: Buena.
- Resistencia al desgaste: Muy buena
- Resistencia a la corrosión: Regular.
- Capacidad de amortiguamiento: Buena.

**Aplicaciones:**

- Engranajes en general.
- Árboles de levas.
- Cigüeñales ligeros
- Discos de embrague
- Cárteres.
- Carcasas de tractores.

**Fundición Gris FG34****Composición química:**

- Carbono 3.20 %
- Silicio 2,2 %
- Manganeso 0.7 %
- Fósforo 0.2 %
- Azufre 0.1 %
- Cromo < 0.1 %
- Níquel < 0.2 %
- Molibdeno < 0.08 %

**Características mecánicas:**

- Carga de rotura: 34 kp/mm<sup>2</sup>
- Modulo de elasticidad: 11000 kp/mm<sup>2</sup>
- Dureza Brinell: 150

**Características físicas:**

- Peso específico: 7.1 kg/ dm<sup>3</sup>
- Conductividad térmica: 0.11 unidades c.g.s.
- Dilatación térmica: 6.7
- 10<sup>-6</sup> °F
- Resistencia eléctrica: 80-100 μΩ/cm
- Permeabilidad magnética: (H = 100 Gauss) 9000 H

**Propiedades tecnológicas**

- Colabilidad: Buena.
- Maquinabilidad: Buena.
- Resistencia al desgaste: Muy buena.
- Resistencia a la corrosión: Regular.
- Capacidad de amortiguamiento: Buena.

**Aplicaciones:**

- Engranajes en general.
- Árboles de levas.
- Cigüeñales ligeros.
- Discos de embrague.

- Cárteres.
- Carcasas de tractores.

### **Acero F1140**

#### **Composición química:**

- Carbono: 0.42 – 0.50 %
- Manganeso: 0.50 – 0.80 %
- Silicio: 0.40 %máx.
- Fósforo: 0.035 % máx
- Azufre: 0.035 % máx.
- Cromo: 0.40 % máx.
- Molibdeno: 0.10 % máx.
- Níquel: 0.40 % máx.
- Cr + Mo + Ni: 0.63 % máx.

#### **Características mecánicas:**

- Carga de rotura: -  $d \leq 16$  mm 700-850 Mpa.
- $16 < d \leq 40$  mm 650-800 MPa.
- $40 < d \leq 100$  mm 630-780 MPa.

Modulo de elasticidad: 21000 kp/mm<sup>2</sup>

Dureza Brinell: 247

#### **Características físicas:**

- Peso específico: 7.6 kg/ dm<sup>2</sup>
- Conductividad térmica: 0.9 unidades c.g.s.
- Dilatación térmica: 5.1
- 10-6 °F
- Resistencia eléctrica: 50-100  $\mu\Omega/cm$
- Permeabilidad magnética: (H = 100 Gauss) 9000 H

#### **Propiedades tecnológicas:**

- Colabilidad: Buena.
- Maquinabilidad: Buena.
- Resistencia al desgaste: Buena.
- Resistencia a la corrosión: Buena.
- Capacidad de amortiguamiento: Buena.

#### **Aplicaciones:**

- Ejes y elementos de máquinas.
- Piezas bastante resistentes.
- Cilindros de motores.
- Transmisiones.

## **5.1 TRATAMIENTOS TÉRMICOS**

Debido a la constante exposición a choques, vibraciones y rozamiento, el acero necesita un tratamiento térmico para que de esta forma aguante de forma óptima el paso del tiempo. El acero será sometido a un proceso de temple y revenido para así adquirir las características mecánicas necesarias. A continuación se detalla el funcionamiento de cada tratamiento:

El temple consiste en calentar y enfriar de forma muy rápida la pieza, con lo que conseguimos una capa superficial de martensita sin que el núcleo experimente una transformación. El temple será de un minuto por milímetro, siendo el tiempo mínimo de 30 minutos.

El revenido se realiza inmediatamente después del temple, enfriando la pieza lentamente en aceite. El tiempo será de unos 2 minutos por milímetro con un tiempo mínimo de 30 minutos.

El verdadero tratamiento acondicionador del acero de la pieza es el revenido, con el que obtiene las propiedades necesarias. El temple es un tratamiento complementario que nos permite convertir la mayor superficie posible en martensita.

## 6 CONDICIONES TÉCNICAS

A continuación se describe el conjunto de trabajos que se deben realizar para obtener cada una de las piezas mecanizadas, definiendo y acotando lo más claramente posible las tolerancias y las fases de montaje, siendo el propio jefe de taller el responsable de diseñar un plan de fabricación más detallado.

En el presente pliego de condiciones técnicas, se estudia las especificaciones de los materiales, así como a la maquinaria y el equipo que intervienen en la fabricación, verificación y montaje del reductor objeto del proyecto.

A la hora de elegir los materiales, se han de tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Especificaciones de los mismos en recepción.
- Controles de calidad. Ensayos, verificaciones a realizar.

Las condiciones de ejecución a tener en cuenta serán las siguientes:

- Descripción del proceso de fabricación. Procedimientos y condiciones específicas.
- Ajustes y comprobaciones.
- Ensayos a realizar.

Los valores mostrados en este documento son los obtenidos a partir de la bibliografía.

Para la mecanización de las piezas, resulta aconsejable realizarlo en máquinas de control numérico, ya que la serie es relativamente pequeña, y se adapta perfectamente a las características de estas máquinas.

Las ventajas de las máquinas de control numérico son las siguientes:

-Reducción del tiempo de maniobra, es decir, en donde la máquina se posiciona para empezar una operación, aquí es donde mayor ganancia directa hay.

-Reducción de tiempos en los ciclos operacionales, debido a que las trayectorias y velocidades son más ajustadas. Pero esta ganancia es pequeña comparada con la anterior.

-Mayor precisión e intercambiabilidad de las piezas lo cual provoca una reducción de rechazos por defectos dimensionales. Además, como consecuencia, se pueden reducir los tiempos de inspección, dados principalmente por la baja probabilidad de la existencia de piezas defectuosas en una serie.

-Reducción del tiempo de cambio de una pieza.

-Posibilidad de trabajar con tamaños de lotes menores.

## 6.1 CONDICIONES Y EXIGENCIAS DE LA CARCASA.

**Material:** Debe ser de una estructura lo bastante rígida para evitar las deformaciones debidas a las cargas aplicadas, que podrían producir deformaciones que introducirían desalineamientos perjudiciales en árboles, engranajes y rodamientos. También ha de absorber las vibraciones que se producen fruto de la rotación de los árboles. Se ha optado como mejor solución constructiva la fabricación del cárter en fundición realizada por moldeo.

**Proceso de fabricación:** La carcasa del reductor está compuesta por tres piezas principales, la carcasa inferior, la tapa intermedia y la tapa superior, con el fin de facilitar el montaje y desmontaje de los elementos. Una solución comúnmente empleada es la de realizar dicha unión por medio de tornillos, que es la empleada en este caso. Según la norma UNE 17052, para asegurar que no existirán fugas y para facilitar el montaje se colocará una junta como elemento sellador entre ambas piezas. Para el acabado exterior se le da una capa de pintura al exterior de la tapa para que tenga una mayor protección frente a la corrosión u a su vez dotar de una buena presentación comercial.

**Control de calidad:** El control de calidad se llevara a cabo por medio del departamento de control de calidad mediante el muestreo durante la fabricación en curso, teniendo en cuenta las normas para su viabilidad técnica y económica.

## 6.2 CONDICIONES Y EXIGENCIAS DE LOS ENGRANAJES

**Material:** Se parte de la base de que debe ser un material capaz de soportar los esfuerzos a los que va a estar sometido, siendo el trabajo a presión superficial el más desfavorable de todos, como se puede comprobar en el apartado dedicado a los cálculos. Debido a estas condiciones de trabajo a presión superficial estaríamos situados entre las fundiciones y los aceros al carbono, y con los resultados obtenidos se ha decidido utilizar una fundición, a pesar de ser más difícil de mecanizar, ya que con un acero el ancho de diente necesario no salía correcto. Con estas premisas, la solución se dirige hacia las fundiciones grises.

**Proceso de fabricación:** La carcasa del reductor está compuesta por tres piezas principales, la carcasa inferior, la tapa intermedia y la tapa superior, con el fin de facilitar el montaje y desmontaje de los elementos. Una solución comúnmente empleada es la de realizar dicha unión por medio de tornillos, que es la empleada en este caso. Según la norma UNE 17052, para asegurar que no existirán fugas y para facilitar el montaje se colocará una junta como elemento sellador entre ambas piezas. Para el acabado exterior se le da una capa de pintura al exterior de la tapa para que tenga una mayor protección frente a la corrosión u a su vez dotar de una buena presentación comercial.

**Control de calidad:** El control de calidad se llevara a cabo por medio del departamento de control de calidad mediante el muestreo durante la fabricación en curso, teniendo en cuenta las normas para su viabilidad técnica y económica.

**Ajuste eje-cubo:** El ajuste entre el árbol y el cubo del engranaje es un ajuste forzado ligero, por tanto la calidad necesaria en el interior del cubo será de ISO 6.

**Chavetero:** Para un ajuste normal del chavetero la zona de tolerancia de las dimensiones del chavetero deberá ser Js9 con lo cual el montaje no presentará dificultad alguna.

**Tolerancias de la rueda dentada:** Las tolerancias del dentado vienen dadas por la norma UNE 18-048-83, que propone doce calidades de fabricación que define en función de la precisión, considerando la aplicación, velocidad y proceso de fabricación, en este caso concreto, teniendo en cuenta que la precisión adoptada para el engranaje es 6, se obtiene el intervalo de la tolerancia que encada caso corresponda, con la clase de precisión definida por: UNE 6 FL

### 6.3 CONTROL DE CALIDAD DE LOS ENGRANAJES

El control de calidad lo realizará el departamento de control de calidad, realizando un muestreo durante el proceso de fabricación de la pieza, teniendo en cuenta las normas de viabilidad técnica y económica

Las principales partes a vigilar son las siguientes:

- Espesor del diente
- El paso
- La dirección de los flancos
- La marcha concéntrica

La verificación de los diferentes componentes se realiza de la siguiente forma:

- El espesor del diente se mide la anchura  $w$  entre varios dientes
- El paso se mide con un medidor de paso, formado por un palpador fijo y otro articulado.
- Los defectos de forma se utilizan calibres.
- La comprobación de la profundidad del chavetero se realiza con un calibre de interiores.

### 6.4 CONDICIONES Y EXIGENCIAS DE LOS ARBOLES

#### 6.4.1 MATERIAL

Se parte de la base de que debe ser un material capaz de soportar los esfuerzos a los que va a estar sometido, siendo la rigidez torsional el criterio de diseño más exigente a la hora de dimensionar los árboles, como se puede comprobar en el apartado dedicado a los cálculos. Los árboles van a estar sometidos a un torsor que le va a producir una deflexión torsional, va a estar sometido a una fuerza radial que le va a producir deflexiones laterales y una serie de cambios de sección necesarios para alojar los distintos componentes, que hacen necesario contemplarlos

al realizar el diseño a resistencia. Con estas premisas, la solución se dirige hacia los aceros al carbono, fáciles de mecanizar.

El acero escogido para el árbol de entrada es un acero F1140 templado y revenido con las siguientes características:

- Límite de rotura  $S_u = 1100$  Mpa
- Límite de fluencia  $S_y = 900$  Mpa
- Módulo de Elasticidad  $E = 2.10 \cdot 10^5$  Mpa
- Módulo de Elasticidad Transversal  $G = 81000$  Mpa
- Dureza HB 247

Los tratamientos térmicos los que ha sido sometido dicho acero son:

	Temperatura	Enfriamiento
Temple	815 °C	Agua
Revenido	700 °C	Aire

-Temple: el acero se calienta a hasta una temperatura dada y en este estado se enfría bruscamente en agua, aceite, sal o aire para obtener una estructura muy dura y finamente estriada que caracteriza a la martensita. La dureza alcanzable aumenta considerablemente con el contenido en C. Ahora bien, con la dureza crece también la fragilidad y con la velocidad de temple aumentan la deformación y las tensiones.

-Revenido: las piezas, una vez templadas y enfriadas bruscamente, son calentadas a la temperatura de revenido y posteriormente enfriadas lentamente, para reducir las tensiones del templado y volver a aumentar la tenacidad.

#### 6.4.2 AJUTES Y TOLERANCIAS

**Chaflandes:** En los extremos del árbol se mecanizará un chaflán de 45° con un ancho de 1.5 mm.

**Ajuste entre el árbol y el anillo interior de los rodamientos:** La calidad necesaria en los asientos de los rodamientos en el eje, es una calidad ISO N6. Es necesario que exista un cierto nivel de apriete en los rodamientos por tanto el ajuste necesario en el rodamiento de bolas es k5 y h5 para los rodamientos de rodillos. Como el ajuste utilizado es de apriete, será necesario un martillo de goma para unir el eje con el rodamiento si dañar ninguna de las dos partes.

**Ajustes de los chaveteros:** Tanto para el chavetero del motor como el del engranaje, los ajustes vienen dados por la norma UNE 1710. El diámetro del eje es 25 mm. y para una ajuste normal del enchavetado es necesario una tolerancia n9 tanto para el ancho como para la profundidad del chavetero, el radio máximo que debe tener el chavetero en el chaflán del fondo es de 0.16 mm.

**Rugosidad del árbol:** La parte de árbol que tiene un diámetro de 20 mm. debe tener una calidad ISO N6 y para obtener un ajuste forzado ligero, la zona de tolerancia debe ser k5. El resto del árbol excepto en los asientos de los rodamientos es suficiente con una calidad ISO N8 por tanto esta calidad puede obtenerse únicamente con el cilindrado en desbaste.

### 6.4.3 CONTROL DE CALIDAD DE LOS ÁRBOLES

El control de calidad se lleva a cabo mediante un muestreo durante la fabricación en curso.

El diámetro de los ejes producidos se miden a través de un compas.

Los posibles errores de conicidad, abombamiento, concavidad u otra forma curva producida en el mecanizado, se mide con el comparador.

Las reglas para el manejo de los calibres de precisión, para realizar una correcta medición, son las siguientes:

- Se deben manejar con cuidado, evitando golpes, ya que es un mecanismo muy delicado y puede estropearse con ellos.
- El operario encargado de realizar las medidas debe conocer el aparato, su funcionamiento y el alcance de la medida del mismo.
- La exactitud del instrumento debe guardar proporción con el propósito de medición. Los calibres de precisión no deben usarse más que cuando resulta necesario.
- Deben estar fijados a sus soportes, pero sin forzarlos.
- Antes de fijar el calibre de medición habrá que limpiar cuidadosamente las superficies de apoyo y la limpieza del patrón.
- Se evitarán los errores de medida, como el paralelaje, y los de posicionamiento del calibre.
- Se debe tener en cuenta la temperatura, verificando que entre la pieza patrón y la que se desea verificar no haya diferencia de temperaturas.

### 6.5 RODAMIENTOS

Los rodamientos son piezas manufacturadas que siguen los valores de conformación y tolerancias marcadas en la norma.

El encargado de verificar que esto se cumple es el propio fabricante.

Es conveniente realizar un muestreo del material que nos suministra el fabricante.

A continuación se enumeran los modelos a comprobar:

Árbol de entrada:



	<b>Rodamiento 1 (bolas)</b>	<b>Rodamiento 2 (bolas)</b>
<b>Diámetro interior (mm)</b>		
<b>Diámetro exterior (mm)</b>		
<b>Ancho (mm)</b>		
<b>Capacidad de carga dinámica (KN)</b>		
<b>Tipo</b>	<b>SKF – 61804</b>	<b>SKF – 618/6</b>

Árbol intermedio:

	<b>Rodamiento 1 (bolas)</b>	<b>Rodamiento 2 (rodillos)</b>
<b>Diámetro interior (mm)</b>		
<b>Diámetro exterior (mm)</b>		
<b>Ancho (mm)</b>		
<b>Capacidad de carga dinámica (KN)</b>		
<b>Tipo</b>	<b>SKF – 6300</b>	<b>SKF – 6300</b>

Árbol de salida:

	<b>Rodamiento 1 (bolas)</b>	<b>Rodamiento 2 (rodillos)</b>
<b>Diámetro interior (mm)</b>		
<b>Diámetro exterior (mm)</b>		
<b>Ancho (mm)</b>		
<b>Capacidad de carga dinámica (KN)</b>		
<b>Tipo</b>	<b>SKF – 6300</b>	<b>SKF - 61810</b>

## 6.6 RETENES

Igual que los rodamientos los retenes son productos manufacturados, cuyos materiales, procesos de conformación y tolerancias se encuentran sujetos a normativa.

El responsable del cumplimiento de estas normas será pues el propio suministrador del material. No obstante, puede resultar conveniente la comprobación de algunos de los parámetros de los productos, el valor de las tolerancias a evaluar se puede encontrar en el catalogo de rodamientos correspondiente.

## 6.7 TAPONES PARA EJE INTERMEDIO

Material: Para la obtención de los tapones de entrada y salida del eje intermedio se subcontrata a la empresa "[Cautxu 2000](#)", empresa especializada en tapones de caucho.

Proceso de conformación: Para el proceso de conformación se confiara en el buen hacer de la empresa, comprobando los certificados aportados por ellos a la recepción de las piezas.

## 6.8. CASQUILLOS DE SEPARACIÓN

Material: Para la obtención de los casquillos de separación se parte de un tocho cilíndrico de latón. Las barras redondas para la obtención de los casquillos se adquirirán normalizadas.

Precisión y tolerancias: El casquillo de separación debe ser fácilmente montable sobre el eje por tanto el ajuste necesario es un K5 ya que el eje en estas zonas tiene una calidad ISO N6.

## 6.9 MONTAJE

### 6.9.1 INTRODUCCIÓN

A continuación se expone como se debe de realizar el montaje del reductor.

Para tener una visión global del montaje se recomienda tener en cuenta el plano general del reductor.

A la hora de llevar a cabo el montaje, se tiene que tener en cuenta:

-Seguridad del operario en todo momento

-Asegurar que todas las piezas que conforman el reductor se montan sin ningún tipo de daño y en perfecto estado.

### 6.9.2 CONDICIONES GENERALES DEL MONTAJE

-Los reductores de velocidad deben ser montados sobre superficies rígidas planas mecanizadas, los anclajes deberán ser sólidos a fin de evitar vibraciones que podrían acortar la vida del reductor. Si se prevén sobrecargas de larga duración, golpes o peligro de bloqueo, instalar salvamotors, limitadores de par electrónicos, acoplamientos hidráulicos de seguridad, u otros dispositivos similares.

-Antes de conectar el motorreductor, asegurarse de que la tensión del motor corresponda a la de la alimentación.

-Si el sentido de rotación no es el adecuado invertir dos fases de la línea de alimentación.

-Hay que asegurar la perfecta alineación de los ejes del reductor con los de la máquina motriz y la accionada.

-Al montar las poleas, piñones o acoplamientos, se debe tener mucho cuidado de no dañar los rodamientos con golpes innecesarios.

Antes de conectar el motorreductor, asegurarse de que la tensión del motor corresponda a la de la alimentación.

### 6.9.3 ORDEN DE ENSAMBLAJE

- a)** Carcasa inferior apoyada sobre una superficie firme.
- b)** Montaje de la rueda dentada en el eje de salida.
- c)** Fijación de la rueda mediante casquillo y colocación del rodamiento de salida B con su respectiva arandela elástica.
- d)** Fijación del rodamiento A del eje de salida mediante la arandela elástica.
- e)** Introducir el eje de salida en la carcasa con la parte del chavetero comercial hacia fuera del reductor encajando el rodamiento en su asiento y asegurando la posición con la arandela elástica correspondiente.
- f)** Montaje del retén correspondiente al eje de salida por la parte exterior del eje.
- g)** Colocamos la tapa intermedia dentro de la carcasa
- h)** Ahora procedemos al ensamblaje del árbol intermedio
- i)** Montaje de la rueda en el eje intermedio.
- j)** Fijación de la rueda mediante la chaveta y el casquillo.
- k)** Fijación del piñón de la etapa intermedia con la chaveta y la arandela elástica.
- l)** Fijación de los rodamientos en el eje mediante los anillos elásticos.

- m)** Introducir el eje intermedio en la carcasa encajando el rodamiento en su asiento y comprobando que engrana bien el piñón con la rueda del eje de salida.
- n)** A continuación empezamos el ensamblaje del árbol de entrada.
- o)** Montaje del piñón de la primera etapa.
- p)** Fijación del piñón mediante el casquillo.
- q)** Fijación de los rodamientos al eje mediante los anillos elásticos.
- r)** Introducir el eje de entrada en la tapa superior y fijar a esta con ayuda de la arandela elástica.
- s)** Montaje del retén correspondiente al eje de entrada.
- t)** Posicionar la junta con mucha delicadeza sobre la cara de la tapa.
- u)** Encajar el rodamiento B del eje de entrada en su asiento en la tapa intermedia, girando el eje para que engranen bien los dientes de la etapa 1ª.
- v)** Atornillar la tapa superior a la carcasa con sus tornillos y arandelas aplicándoles un par de 29 N·m.
- w)** Colocar la arandela elástica correspondiente a la tapa superior y el eje intermedio.
- x)** Colocación de los tapones de llenado y vaciado con par de 51N·m.
- y)** Colocación de los tapones de sellado en los orificios del eje intermedio
- z)** Llenado de aceite hasta el nivel correcto.

Una vez montado, se procede a su puesta en funcionamiento.

## 7 CONDICIONES LEGALES

En esta parte del pliego se muestran las diferentes normas legales que ambas partes han de cumplir y se comprometen con ellas.

El contratista se encarga y es responsable de la ejecución de los trabajos en las condiciones que establece el contrato además de los documentos que componen el proyecto, sin incluir la memoria. Esto hace que se vea obligado a la nueva elaboración de todo lo mal ejecutado durante la fabricación, aunque estas partidas hayan sido abonadas en liquidaciones anteriores. El contratista está obligado a respetar lo que la Ley de Contratos de Trabajo aplica.

Si durante el proceso se producen accidentes, el contratista se atenderá a lo dispuesto, a estos efectos, en la legislación vigente, debiendo de cumplir en todo momento las normas y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada a la Propiedad por responsabilidad. De los accidentes o perjuicios de todo género que, por no cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudiera acaecer o sobrevenir, será este el único responsable ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar, debidamente, dichas disposiciones generales.

El Contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran durante la fabricación, tanto en el taller propio como en uno ajeno. Será por tanto de su cuenta, el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar.

El Contratista tiene derecho a sacar copias, a su costa, de los planos, presupuestos, pliego de condiciones y demás documentos del proyecto. El Ingeniero Técnico Director, si el Contratista lo solicita, autorizará estas copias con su firma, una vez confrontadas.

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

-La muerte o incapacidad del Contratista.

-La quiebra del Contratista. 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 son las siguientes:

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

-La modificación de unidades de obra, siempre que estas modificaciones representen variaciones, en mas 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 ajena a la Contrata, 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 Contrata a 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.

---

# **Capítulo IV**

# **PRESUPUESTO**

---

## ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 COSTE DE MANO DE OBRA
- 3 COSTE DE MAQUINARIA
- 4 COSTE DE AUXILIARES
- 5 COSTE DE ENGRANAJES
  - 5.1 PIÑÓN 1º ETAPA
  - 5.2 RUEDA 1º ETAPA
  - 5.3 PIÑÓN 2º ETAPA
  - 5.4 RUEDA 2º ETAPA
- 6 COSTE DESCOMPUESTO DE LOS EJES
  - 6.1 EJE DE ENTRADA
  - 6.2 EJE INTERMEDIO
  - 6.3 EJE SALIDA
- 7 CARCASA
- 8 MONTAJE
- 9 RESUMEN PRESUPUESTO

---

## 1 INTRODUCCIÓN

El presupuesto es el documento que recoge el coste de la fabricación del reductor que se ha diseñado a lo largo de este proyecto.

El presupuesto comprende las siguientes partes:

- Coste ejecución material: Mano de obra, materiales, maquinarias, herramientas y medios auxiliares.
- Gastos y servicios generales de la ejecución del proyecto.
- Gastos y tasas de la administración.
- Honorarios del ingeniero.

El tiempo empleado es un valor muy a tener en cuenta para crear el presupuesto. Los tiempos se desglosan en:

- Tiempo de mano de obra directa
- Tiempo de mecanizado
- Tiempo de mano de obra indirecta.

Por otra parte, el precio del proceso de fundición se ha calculado en función del volumen en metros cúbicos de la pieza a obtener.

## 2 COSTE DE MANO DE OBRA

El coste de mano de obra es el siguiente:

<b>Mano de obra</b>			
Referencia	Ud.	Descripción	Precio/Ud.
Mano de obra 1 (M.O.1)	h	Oficial de 1º	25,00 €/h
Mano de obra 2 (M.O.2)	h	Oficial de 2º	20,00 €/h



### 3 COSTE DE MAQUINARIA

El coste de la maquinaria es el siguiente:

Maquinaria			
Referencia	Ud.	Descripción	Precio/Ud.
Máquina 1 (M.A.1)	h	Torno	25,00 €/h
Máquina 2 (M.A.2)	h	Fresadora	30,00 €/h

### 4 COSTE DE AUXILIARES

Aquí se muestran el coste de los elementos auxiliares:

Cantidad	Unidad	Denominación	Coste <sub>unit</sub>	Total(€)
2	Ud.	Tapones Ø35	2,10	4,20
1	Ud.	Junta carcasa a medida	15,10	15,10
1	Ud.	Rodamiento SKF – 618/6	5,81	5,81
3	Ud.	Rodamiento SKF - 6300	5,81	17,43
1	Ud.	Rodamiento SKF - 61810	15,09	15,09
1	Ud.	Reten CR 20 x 29,50 x 10	8,04	8,04
1	Ud.	Reten CR 50 x 64,50 x 7	10,06	10,06
1	Ud.	Arand. elástica ejes 20mm	0,13	0,13
1	Ud.	Arand. Elástica ejes 6 mm	0,10	0,10
3	Ud.	Arand. Elástica ejes 10 mm	0,15	0,15
1	Ud.	Arand. Elástica ejes 32 mm	0,19	0,19
1	Ud.	Arand. Elástica ejes 35 mm	0,19	0,19
1	Ud.	Arand. Elástica ejes interior 34 mm	0,29	0,29

1	Ud.	Arand. Elástica ejes 35 mm	0,22	0,22
1	Ud.	Arand. Elástica ejes 50 mm	0,29	0,29
1	Ud.	Chaveta 5 x 4,80 x 3	1,00	1,00
1	Ud.	Chaveta 8 x 8,30 x 4	1,00	1,00
1	Ud.	Chaveta 8 x 7,30 x 3	1,00	1,00
1	Ud.	Chaveta 8 x 5,50 x 5	1,00	1,00
12	Ud.	Tornillo M8 x 25 con arandela	1.25	15,00
2	Ud.	Tornillo M10 x 20 con arandela	1,25	2,50
2	Ud.	Arandela cobre M10	0,40	0,80
1	L.	Aceite SAE 70	1,95	1,95
			<b>TOTAL</b>	<b>101,54</b>

## 5 COSTE DE ENGRANAJES

### 5.1 PIÑÓN 1º ETAPA

Cantidad	Unidad	Denominación	Coste unitario	Total (€)
1	Ud.	Engranaje Z19 M1,5 $\varnothing_p$ 28,5	25,00	25,00
			<b>TOTAL</b>	<b>25,00</b>

### 5.2 RUEDA 1º ETAPA

Cantidad	Unidad	Denominación	Coste unitario	Total (€)
1	Ud.	Engranaje Z19 M1,5 $\varnothing_p$ 28,5	25,00	25,00
			<b>TOTAL</b>	<b>25,00</b>

### 5.3 PIÑÓN 2º ETAPA

Cantidad	Unidad	Denominación	Coste unitario	Total (€)
1	Ud.	Engranaje Z21 M 2 $\varnothing$ 42	26,30	26,30
			<b>TOTAL</b>	<b>26,30</b>

#### 5.4 RUEDA 2º ETAPA

Cantidad	Unidad	Denominación	Coste unitario	Total (€)
1	Ud.	Engranaje Z 159 M 2 Ø 159	43,40	43,40
			<b>TOTAL</b>	<b>43,40</b>

#### 6 COSTE DESCOMPUESTO DE LOS EJES

El acero usado para la creación de los ejes ha sido acero aleado F1140, con una dureza HB247 y un peso específico de 7850 Kg/m<sup>3</sup>, a un precio de 2.2 € / Kg

##### 6.1 EJE DE ENTRADA

Cantidad	Unidad	Denominación	Coste unitario	Total (€)
<b>Materiales</b>				
2	kg	Acero F1140	2.2	4.4
<b>Mecanizado</b>				
0,6	Horas	Torneado cilindrado exterior	25	15
0,15	Horas	Torneado refrentado	25	3,75
0,12	Horas	Ranurado	25	5
0,25	Horas	Fresado de chaveteros	25	6,25
0,15	Horas	Torneado rectificado chaflán	25	3,75
<b>Tratamientos térmicos</b>				
0,5	horas	Temple	14,5	7,25
1	horas	Revenido	9,6	9,6
			<b>TOTAL</b>	<b>55,00</b>

##### 6.2 EJE INTERMEDIO

<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Denominación</b>	<b>Coste</b> unitario	<b>Total (€)</b>
<b>Materiales</b>				
4	Kg	Acero F1140	2,2	8,8
<b>Mecanizado</b>				
0,75	Horas	Torneado cilindrado exterior	25	18,75
0,15	Horas	Torneado refrentado	25	3,75
0,2	Horas	Ranurado	25	5
0,25	Horas	Fresado de chaveteros	25	6,25
0,15	Horas	Torneado rectificado chaflán	25	3,75
<b>Tratamientos térmicos</b>				
0,6	Horas	Temple	14,5	8,7
1,3	Horas	Revenido	9,6	12,48
			<b>TOTAL</b>	<b>67,48</b>

### 6.3 EJE SALIDA

<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Denominación</b>	<b>Coste</b> unitario	<b>Total (€)</b>
<b>Materiales</b>				
10	Kg	Acero F1140	2,2	22
<b>Mecanizado</b>				
0,8	Horas	Torneado cilindrado exterior	25	20
0,2	Horas	Torneado refrentado	25	5
0,15	Horas	Ranurado	25	3,75
0,3	Horas	Fresado de chaveteros	25	7,5
0,15	Horas	Torneado rectificado chaflán	25	3,75
<b>Tratamientos térmicos</b>				
1,10	horas	Temple	14,5	15,95
2,25	horas	Revenido	9,6	12,48

			<b>TOTAL</b>	<b>90,43</b>
--	--	--	--------------	--------------

El coste total de los tres ejes es de 212.91€

#### 7 CARCASA

El coste de la carcasa se divide en dos partes:

Tapa inferior:

<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Denominación</b>	<b>Coste unitario</b>	<b>Total (€)</b>
1	Ud.	Tapa hecha a plano	240,70	240,70
			<b>TOTAL</b>	<b>240,70</b>

Tapa superior:

<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Denominación</b>	<b>Coste unitario</b>	<b>Total (€)</b>
1	Ud.	Tapa hecha a plano	146,52	146,52
			<b>TOTAL</b>	<b>146,52</b>

El coste total de la carcasa es de 287.22€

#### 8MONTAJE

El coste del montaje del reductor es el siguiente:

<b>Denominación</b>	<b>Coste (€)</b>
Engranajes	136,90
Ejes	212,91
Carcasa	287,22
Elementos normalizados	101,54
Montaje	30,10
Medios auxiliares (2%)	15,38

<b>TOTAL</b>	<b>784,04</b>

El coste total es de 784.04€

## 9 RESUMEN PRESUPUESTO

Denominación	Coste
Presupuesto ejecución material	784,04
Gastos generales (15%)	117,60
Beneficio industrial (23%)	180,33
<b>TOTAL</b>	<b>1081,97</b>

En la tabla anterior se muestra el corte total sin IVA de este proyecto.

El coste total es de **mil ochenta y uno Euros con noventa y siete**, 1081,97€.