

CALCULOS Y DISEÑO DE UNA COLUMNA PARA ELEVACIÓN Y VOLTEO.

ZARAGOZA 02 de SEPTIEMBRE de 2013

MIGUEL ÁNGEL ABÓS ESCARTÍN.

E.U.I.T.I.Z.

**ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA
TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA**



**PROYECTO
FIN DE
CARRERA**



**Escuela Universitaria
de Ingeniería Técnica
Industrial de Zaragoza**

INDICE

DESCRIPCIÓN Y PARTES.....	1
SISTEMA DE ELEVACIÓN	3
MODULO DE GIRO.....	8
CUADRO DE MANDOS	10
CALCULOS.....	12
DESCRIPCIÓN CÁLCULOS INICIALES	12
CARGAS EN EL PILAR PRINCIPAL.....	25
ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA COMPLETA	28
ESTRUCTURA EN AMEB	31
SECCIÓN MÁS SOLICITADA.....	37
ESTUDIO POR CÁLCULO INFINITESIMAL.....	38
CARGAS TRANSMITIDAS A LA GUÍA	41
TORNILLO DE POTENCIA	43
HUSILLO TRAPEZOIDAL TECNOPOWER	48
TUERCA DE BRONCE. DIMENSIONES	54
RODAMIENTO Y ALOJAMIENTO.....	59
SECCIÓN CARRO	64
NORMATIVA “CE”	67
NORMATIVA MÁQUINAS. ANEXO I.....	68
SECCIÓN CARRO	64
MANDO	70
MEDIDAS DE SEGURIDAD CONTRA PELIGROS MECÁNICOS	73
RESGUARDOS Y DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.....	76
MEDIDAS DE SEGURIDAD CONTRA OTROS PELIGROS.....	77
MANTENIMIENTO	80
INDICACIONES.....	81
MARCADO “CE”	84
ANEXO V Declaración «CE» de conformidad.....	86
ANEXO VI. Examen «CE» de tipo	88
ANEXO VIII. Consejos cuando se trabaje.....	90
ANEXO IX. Seguridad durante el mantenimiento.....	92

DESCRIPCIÓN Y PARTES.

Se trata del diseño de una máquina constituida por dos columnas, para elevar y voltear útiles. Para ello necesitamos dos movimientos, uno de elevación y otro de rotación. El movimiento de elevación lo realizarán las dos columnas por medio de un motorreductor acoplado a un husillo sinfín.

El movimiento de rotación se realizará por medio de un módulo giro acoplado a una de las dos columnas, con lo que tendremos una columna motriz y otra conducida.

Las características de dicha máquina serán:

Capacidad de carga: 6 Tm.

Par máximo de rotación: 500 Kg x m.

Velocidad de elevación: 40cm/min.

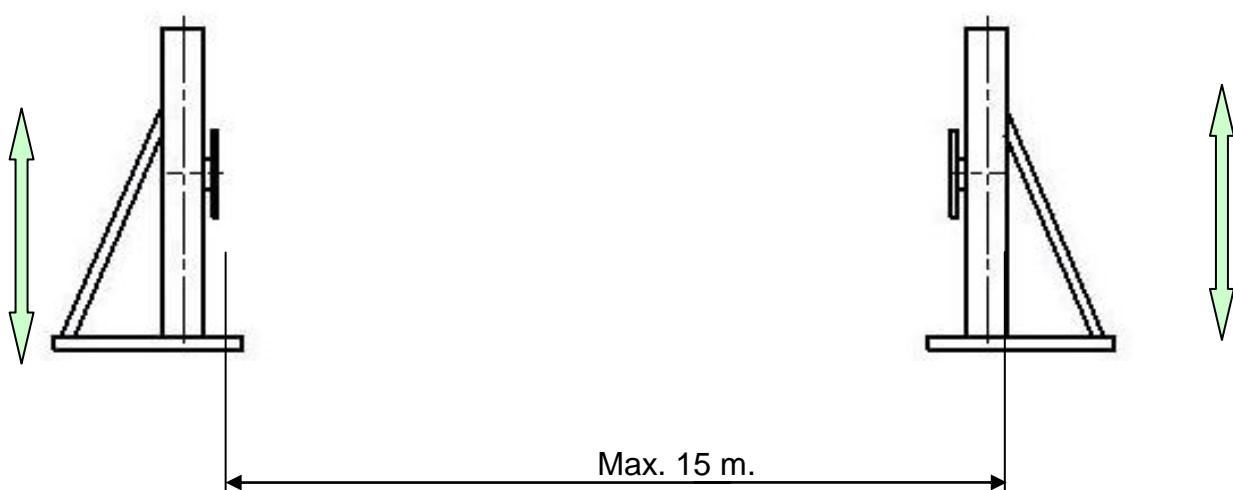
Velocidad de volteo: 0,6 rpm.

Posición mínima de trabajo: 600 mm.

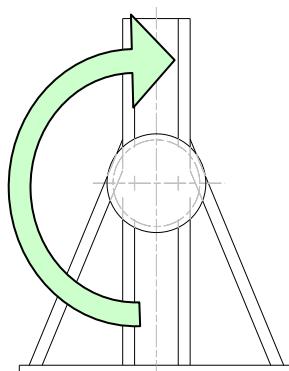
Posición máxima de trabajo: 2500 mm.

Por el tipo de máquina y el trabajo que va a realizar vamos a usar un coeficiente de seguridad de 4.

Croquis de la máquina:



Vista en alzado:



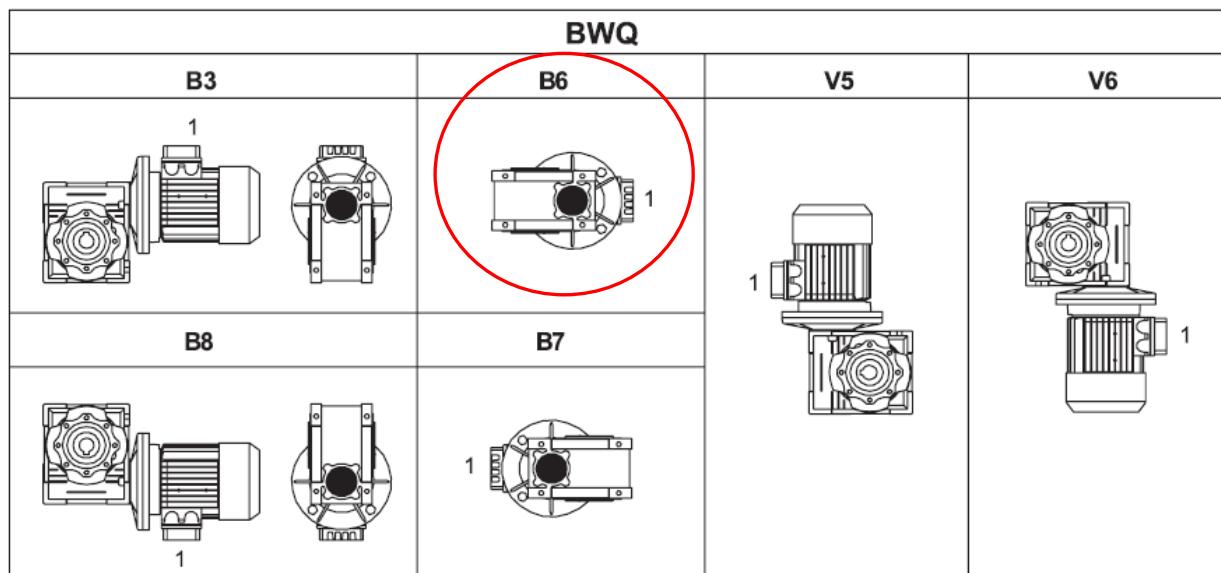
La máquina consta de dos columnas elevadoras y giratorias. Estas columnas nos permitirán amarrar a ellas útiles para soldar conjuntos de piezas. Al ser elevadoras y giratorias nos permitirá posicionar un mismo conjunto para soldar, en posiciones más adecuadas para el proceso de soldeo así como posiciones más ergonómicas para los soldadores de desarrollen dicha actividad.

De las dos columnas, las dos serán motrices para la elevación y para el giro.

SISTEMA DE ELEVACIÓN:

El sistema motriz lo realizará un husillo de rosca trapezoidal unido a un conjunto de motor reductor con freno de 4 Kw. El motor reductor será de corona-sinfín BWQ 75 con motor de 4Kw. Este tipo de reductor, así como el motor con freno nos permitirá posicionar el útil donde queramos, quedándose bloqueado en dicha posición sin la necesidad de colocar un sistema de bloqueo de posición.

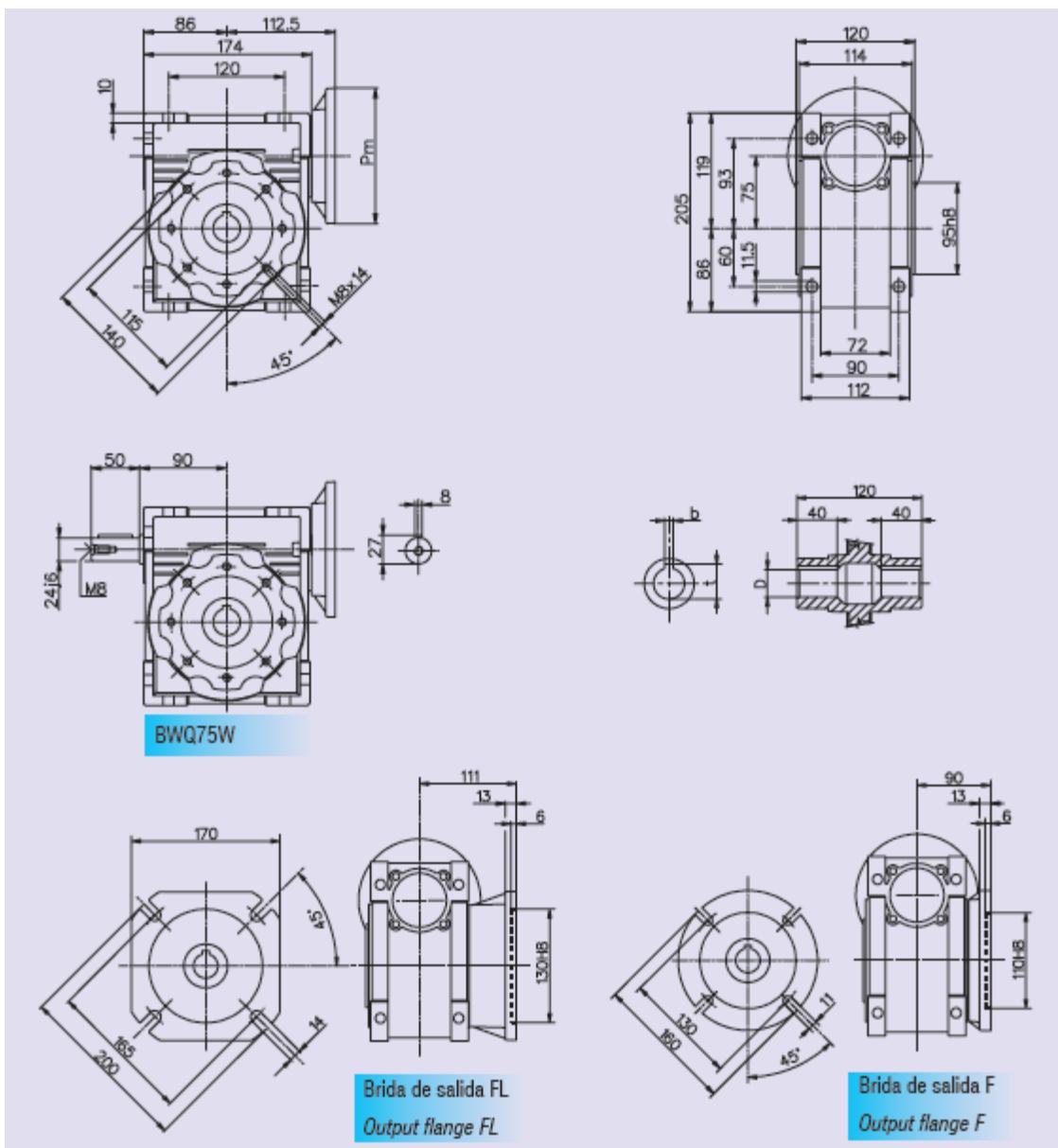
Posición de trabajo B6



Características y dimensiones del reductor:

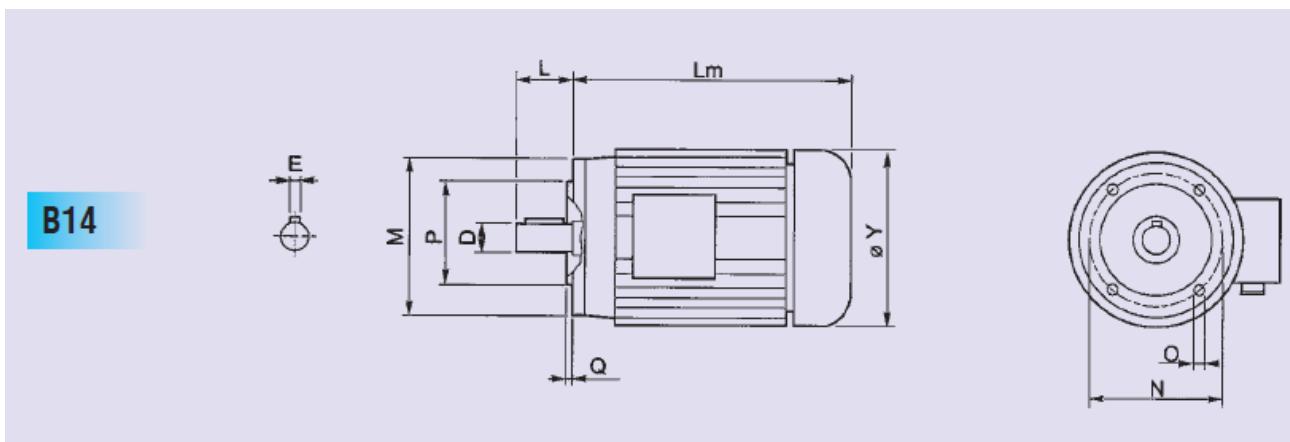
SELECCIÓN / SELECTION

Type	n2	Ratio :1	Max kW	M2 nM	Max M2 nM	Eff %	Motor Frame Size (kW)										
							80	80	90	90	100	100	112	132	132	160	160
BWQ 75	186	7.5:1	5.20	243	596	94			1.1	1.5	2.2	3.0	4.0				
	140	10:1	3.70	242	593	92			1.1	1.5	2.2	3.0	4.0				
	93	15:1	2.50	240	588	90			1.1	1.5	2.2	3.0	4.0				
	70	20:1	2.10	260	636	87	0.55	0.75	1.1	1.5							
	56	25:1	1.80	259	635	81	0.55	0.75	1.1	1.5							
	47	30:1	1.50	250	611	78	0.55	0.75	1.1	1.5							
	35	40:1	1.20	259	635	76	0.55	0.75	1.1	1.5							
	28	50:1	0.90	227	556	71	0.55	0.75	1.1	1.5							
	23	60:1	0.80	232	522	68	0.55	0.75									
	20	70:1	N/A														
	18	80:1	0.60	212	476	62											
	14	100:1	0.50	203	456	57											



Usaremos el modelo de brida de salida FL para su acoplamiento a la máquina.

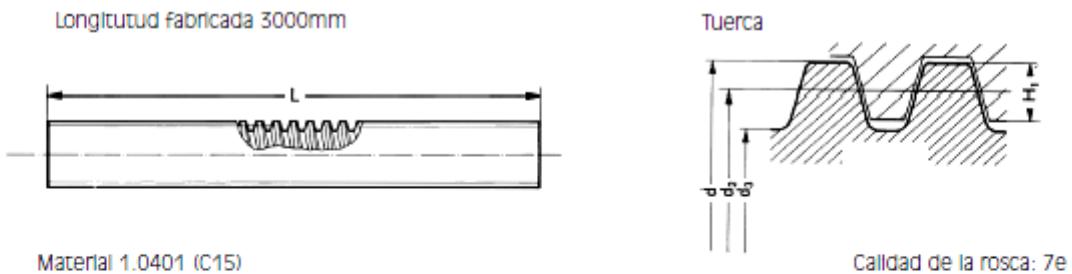
El motor será de brida B14 de 4 KW y las siguientes dimensiones.



	2 / poles			4 / poles			6 / poles			B5-B14					B5					B14					Kg
	kW	Nm	A (400V)	kW	Nm	A (400V)	kW	Nm	A (400V)	D	E	L	Lm	Y	P	N	M	O	Q	P	N	M	O	Q	
56 A	0.09	0.3	0.38	0.06	0.4	0.38	-	-	-	9	3	20	169	107	80	100	120	9	2.5	50	65	80	M5	2.5	2.7
56 B	0.12	0.5	0.53	0.09	0.6	0.43	-	-	-	11	4	23	191	123	95	115	140	9.5	3	60	75	90	M5	2.5	2.9
63 A	0.18	0.6	0.58	0.12	1.0	0.57	0.09	1.0	0.54	14	5	30	213	142	110	130	160	9.5	3.5	70	85	105	M6	2.5	3.8
63 B	0.25	0.9	0.90	0.18	1.4	0.65	0.12	1.4	0.67	19	6	40	237	160	130	165	200	11.5	3.5	80	100	120	M6	3	4.2
71 A	0.37	1.2	1.0	0.25	1.7	0.86	0.18	1.9	0.75	24	8	50	257	180	130	165	200	11.5	3.5	95	115	140	M8	3	5.9
71 B	0.55	1.9	1.5	0.37	2.6	1.3	0.25	2.8	0.9	332	224														6.5
80 A	0.75	2.5	1.8	0.55	3.9	1.6	0.37	4.0	1.4	313	198														8.5
80 B	1.1	3.8	2.5	0.75	5.2	2.2	0.55	5.8	2.0	313	198	180	215	250	13	4	110	130	160	M8	3.5	10			10
90 S	1.5	5.0	3.9	1.1	7.8	3.0	0.75	8.0	2.2	362															12.5
90 L	2.2	7.5	5.5	1.5	10	4.0	1.1	12	3.2	402															15
90 LL	-	-	-	1.8	12	5.2	-	-	-	402															17
100 LA	3	10	6.4	2.2	15	5.9	1.5	15	4.3	402															20
100 LB	-	-	-	3	20	7.5	1.8	19	5.0	402															22
112 M	4	13.8	9.0	4	27	9.6	2.2	23	5.8	402															35
132 S	5.5	18	12.7	5.5	37	12.4	3	31	7.2	402															41
	7.5	25	17.0							402															51
132 M	9	30	18.5	7.5	50	16	4	42	10.8	402															51
132 L	-	-	-	9	62	19.5	5.5	56	14.0	402															61
160 M	11	37	24	11	74	25	7.5	74	17.0	491															102
	15	48	29							491															102
160 L	18.5	63	35	15	98	34	11	113	25	536															115
180 M	22	75	42	18.5	123	41	-	-	-	555															121
180 L	-	-	-	22	147	45	15	150	31	597															140
200 L	-	-	-	30	195	56	18.5	196	37	745															250
	-	-	-	--	-	-	22	233	43	745															250

Los dos motores de elevación llevaran encoder para conocer en todo momento la posición en altura de los carros de elevación, así podemos programar para que el útil siempre esté posicionado a nivel.

El husillo de elevación estará posicionado en el centro de la columna de forma vertical. El reductor se posicionará en la parte superior de la columna, así evitaremos que el eje sufra por pandeo. Esto permitirá reducir el diámetro del husillo trapezoidal.



Laminado

Tipo "	d	Dimensiones				Precisión μmm/ 300 mm	Rectitud μmm/ 300 mm	2)	3)	Peso kg/m	Momento de Inercia polar cm ⁴	Momento de resistencia cm ³	Momento de Inercia kgm ² /m
RPTS Tr 10x2	10	8.739	8.929	6.89	1	300	0.5	4°2'	0.40	0.500	0.011	0.032	0.51.10 ⁻⁵
RPTS Tr 10x3	10	8.191	8.415	5.84	1.5	300	0.5	6°24'	0.51	0.466	0.0057	0.020	0.40.10 ⁻⁵
RPTS Tr 12x3	12	10.191	10.415	7.84	1.5	300	0.5	5°11'	0.46	0.746	0.019	0.047	1.03.10 ⁻⁵
RPTS Tr 14x3	14	12.191	12.415	9.84	1.5	300	0.5	4°22'	0.42	1.04	0.046	0.094	2.04.15 ⁻⁵
RPTS Tr 14x4	14	11.640	11.905	8.80	2	300	0.5	6°3'	0.50	0.888	0.029	0.067	1.60.10 ⁻⁵
RPTS Tr 16x4	16	13.640	11.905	10.80	2	50	0.1	5°11'	0.46	1.21	0.067	0.124	2.96.10 ⁻⁵
RPTS Tr 18x4	18	15.640	15.905	12.80	2	50	0.1	4°32'	0.43	1.58	0.132	0.206	5.05.10 ⁻⁵
RPTS Tr 20x4	20	17.640	17.905	14.8	2	50	0.1	4°2'	0.40	2.00	0.236	0.318	8.10.10 ⁻⁵
RPTS Tr 22x5	22	19.114	19.394	15.50	2.5	50	0.1	4°39'	0.43	2.23	0.283	0.366	1.00.10 ⁻⁴
RPTS Tr 24x5	24	21.094	21.394	17.50	2.5	50	0.1	4°14'	0.41	2.72	0.460	0.526	1.50.10 ⁻⁴
RPTS Tr 26x5	26	23.094	23.394	19.50	2.5	50	0.1	3°52'	0.39	3.26	0.710	0.728	2.0.10 ⁻⁴
RPTS Tr 28x5	28	25.094	25.394	21.50	2.5	50	0.1	3°34'	0.37	3.85	1.05	0.976	3.0.10 ⁻⁴
RPTS Tr 30x6	30	26.547	26.882	21.90	3	50	0.1	4°2'	0.40	4.50	1.13	1.03	4.0.10 ⁻⁴
RPTS Tr 32x6	32	28.547	28.882	23.90	3	50	0.1	3°46'	0.38	5.18	1.60	1.34	5.0.10 ⁻⁴
RPTS Tr 36x6	36	32.547	32.882	27.90	3	50	0.1	3°18'	0.35	6.71	2.97	2.13	9.0.10 ⁻⁴
RPTS Tr 40x7	40	36.020	36.375	30.50	3.5	50	0.1	3°29'	0.37	8.00	4.25	2.79	1.3.10 ⁻⁵
RPTS Tr 44x7	44	40.020	40.275	34.50	3.5	50	0.1	3°8'	0.34	9.87	6.95	4.03	2.0.10 ⁻⁵
RPTS Tr 48x8	48	43.468	43.868	37.80	4	100	0.1	3°18'	0.35	12.0	10.0	5.30	2.9.10 ⁻⁵
RPTS Tr 50x8	50	45.468	45.868	39.50	4	100	0.1	3°10'	0.34	31.1	11.7	5.96	3.4.10 ⁻⁵
RPTS Tr 60x9	60	54.935	55.360	48.15	4.5	200	0.3	2°57'	0.33	18.0	26.4	11.0	6.9.10 ⁻⁴
RPTS Tr 70x10	70	64.425	64.850	57.00	5	200	0.3	2°48'	0.32	26.0	51.8	18.2	1.4.10 ⁻⁴
RPTS Tr 80x10	80	74.425	74.850	67.00	5	200	0.3	2°25'	0.29	34.7	98.9	29.5	2.4.10 ⁻⁵

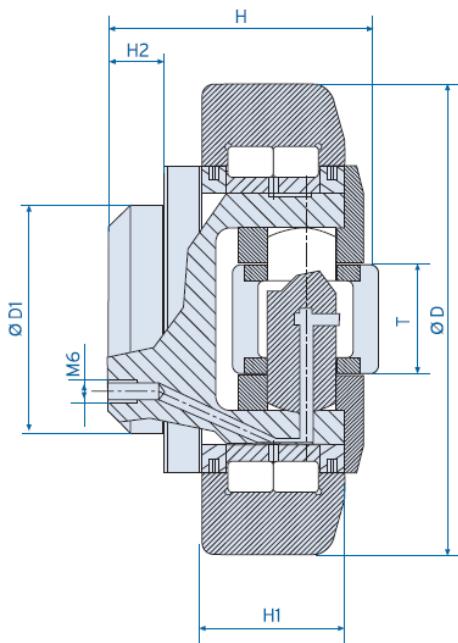
2) Ángulo de Inclinación de la rosca.

3) El coeficiente teórico para convertir el movimiento rotativo a movimiento lineal con coeficiente de fricción $\mu = 0.1$.

Sobre este husillo se desplazará un carro de elevación que se unirá al husillo mediante una tuerca de bronce para evitar el gripaje acero-acero.

El carro irá guiado mediante unos carriles, paralelos y centrados al husillo, colocados en las columnas. Estas guías harán de sobre el husillo solo aparezcan fuerzas producidas por el peso del útil. Todos los momentos recaerán sobre las guías y estos lo transmitirán directamente a los pilares y de allí al suelo.

Los carros de las dos columnas llevarán un final de carrera mecánico en la parte superior y otro en la parte inferior, así tendremos la carrera del carro acotada y evitaremos averías y accidentes.



TIPO con lubricación	TIPO sin lubricación	PERFIL	Ø D (mm)		Ø D1 (mm)	H (mm)	H1 (mm)	H2 (mm)	T (mm)	CARGA RADIAL (N)		CARGA AXIAL (N)		Velocidad max (rev/min)	Placa
			standard	ajustado						ISO 281 dinámico	ISO 76 estático	ISO 281 dinámico	ISO 76 estático		
25-03-52	2700	52,5	25	33						25000	29000	3800	3950	800	DR25.23.62
25-03-62	2890	62,5	63	25	38	18	7	12	25000	29000	3800	3950	800	DR25.23.62	
25-23-70	25-03-70	3018/2867	70,1	70,7	35	44,2	26	8,2	18	43000	51000	14000	13000	800	DR25.23.70
25-23-70/40	25-03-70/40	3018/2867	70,1	70,7	35	40,5	26	9	18	41000	45000	8200	11000	800	DR25.23.70
25-23-78/40	25-03-78/40	3019	77,7	78,5	40	40,5	23	11,5	18	48000	57000	17000	17000	800	DR25.23.78
25-23-78/48	25-03-78/48	3019/2810	77,7	78,5	40	48	26,5	11,3	18	48000	57000	17000	17000	800	DR25.23.78
25-23-88/52	25-03-88/52	3020	88,4	89	45	52	30	13	18	65000	71000	21000	21000	750	DR25.23.88
25-23-88/57	25-03-88/57	3020/2811	88,4	89	45	57	30	13,2	18	65000	71000	21000	21000	750	DR25.23.88
25-23-101	25-03-101	2912	101,2	101,9	50	45,7	28	12,7	26	69000	82000	25000	27000	700	DR25.23.101
25-23-108/53	25-03-108/53	3100	107,7	108,5	55	53	31	14	26	77000	92000	30000	34000	650	DR25.23.108
25-23-108/69	25-03-108/69	3100/2862	107,7	108,5	60	69	36	14	26	77000	92000	30000	34000	650	DR25.23.108
25-23-123	25-03-123	2891	123	60	72,3	37	16,3	26	102000	132000	39000	44000	550	DR25.23.123	
25-23-149	25-03-149	2757	149	150	60	78,5	43	20	40	145000	191000	64000	66000	450	DR25.23.149
25-23-150	25-03-150	2757	150	150	70	95	54	25	45	172000	205000	71000	77000	400	DR25.23.149
25-23-165	25-03-165		165	165	70	95	54	25	45	172000	205000	71000	77000	400	DR25.23.165
25-03-174 - A			174		80	95	55	24	63	280000	520000	13000	210000	300	
25-03-174 - B			185		80	95	55	24	63	280000	520000	13000	210000	300	

PERFIL 2891

kg/m: 42,9

Wx: 250 cm³

Ix: 2185 cm⁴

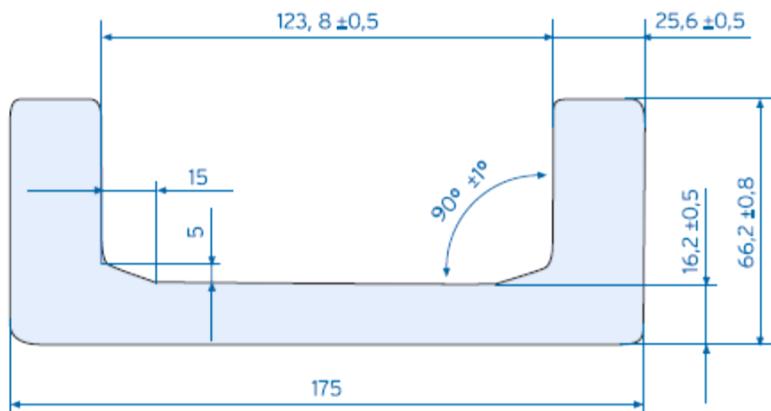
Wy: 48 cm³

Iy: 205 cm⁴

Ix: 6,3 cm

Iy: 1,9 cm

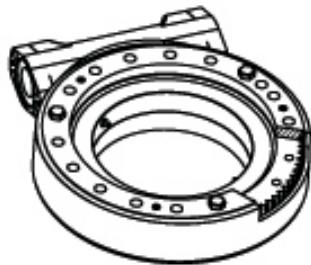
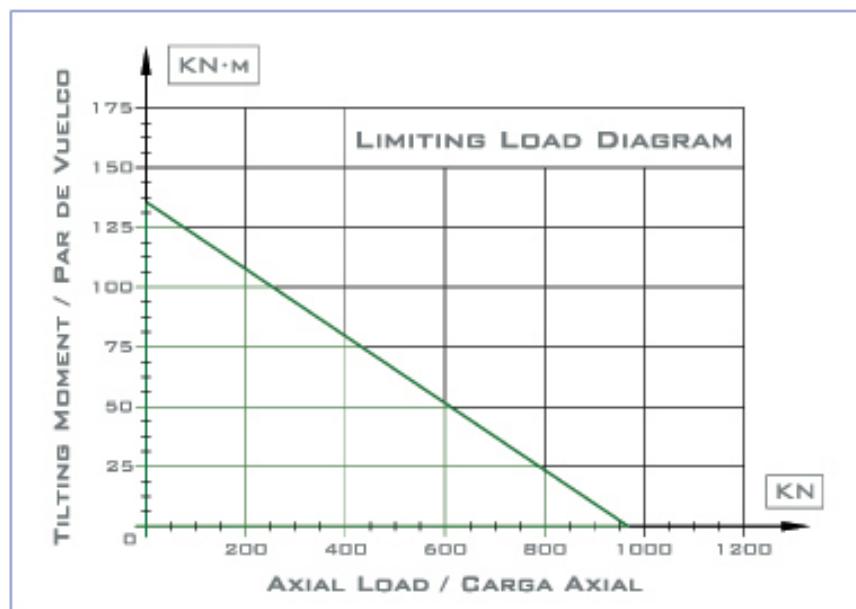
ey: 1,9 cm



MODULO DE GIRO

Para el giro del útil necesitamos el siguiente grupo BA06+BWQ50 y la potencia será 1,1kw.

Se trata de un conjunto comercial suministrado por BRAWN ADVANCE.



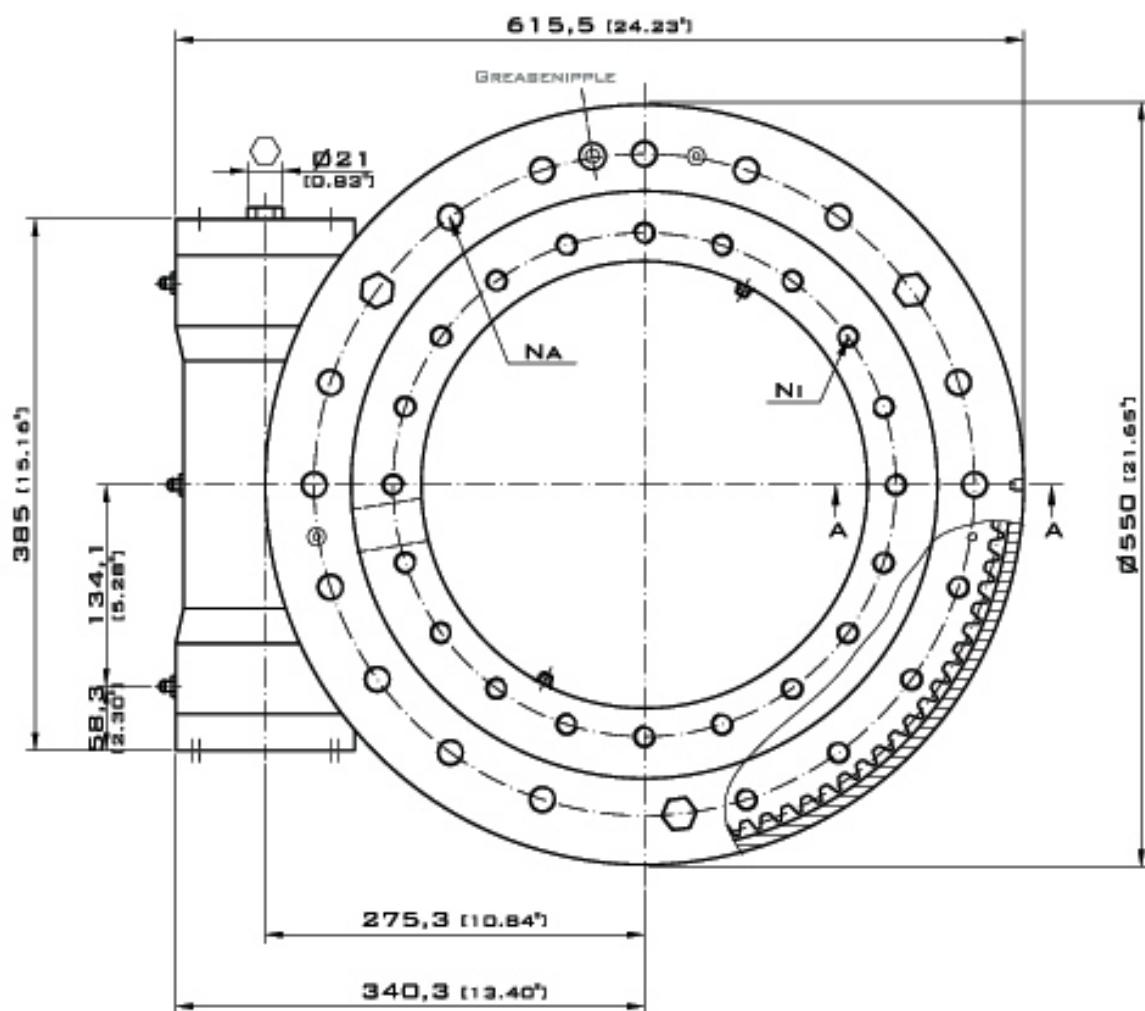
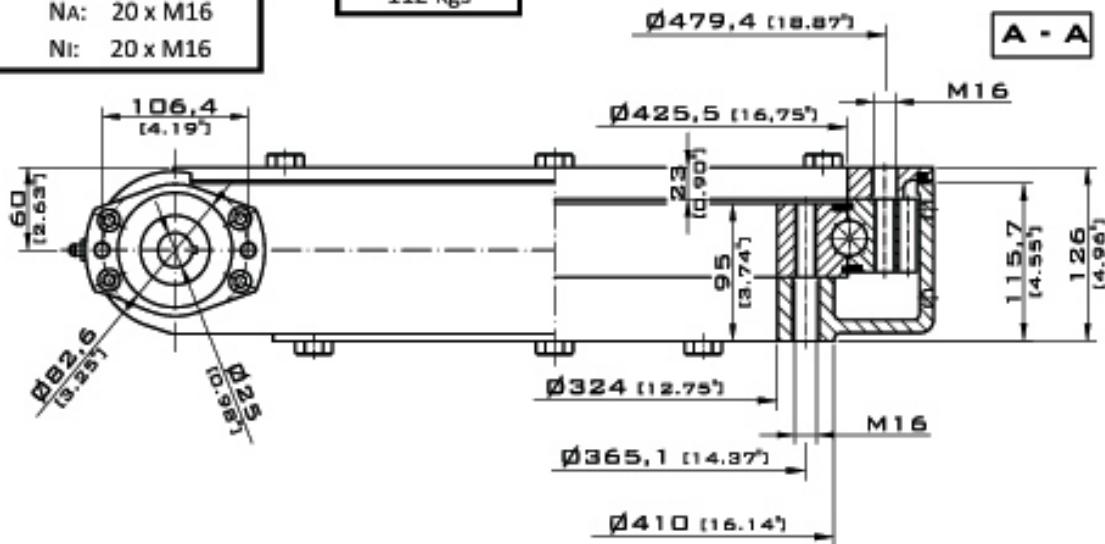
Modulo de giro		REF. BA06	
Slew drive			
MODULE	5	MM	
NUMBER OF WORMS	1	-	
GEAR RATIO	102:1	-	
EFFICIENCY	40%	-	
SELF-LOCKING GEARS	YES	-	
WEIGHT	112	Kg	
HOLDS	- NA	20 (M16)	N°
HOLDS	- NI	20 (M16)	N°
MAXIMUM TORQUE			
	16.034	Nm	
NOMINAL TORQUE			
	15.096	Nm	
TILTING MOMENT			
	135.600	Nm	
STATIC LOAD RATING, RADIAL			
	391	KN	
STATIC LOAD RATING, AXIAL			
	977	KN	
DYNAMIC LOAD RATING, RADIAL			
	205	KN	
DYNAMIC LOAD RATING, AXIAL			
	235	KN	
ALL THE SLEWING DRIVES ARE PRELUBRICATED WITH EXTERNAL AND INTERNAL GREASE-NIPPLES			



REF.: BA06

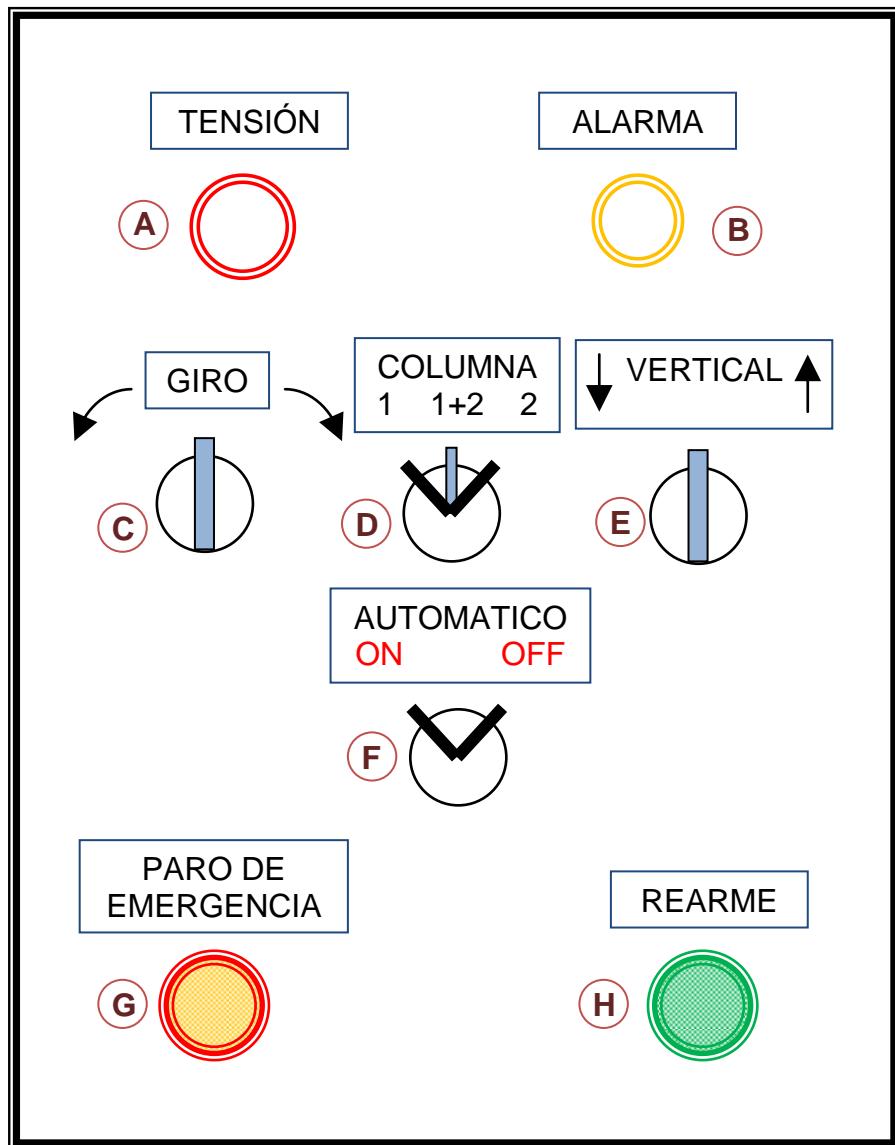
Taladros - Holes
NA: 20 x M16
Ni: 20 x M16

Peso - Weight
112 Kgs



CUADRO DE MANDOS:

El cuadro de mandos de nuestra maquina será igual al siguiente esquema:



- A- Indicador de fuerza eléctrica en máquina.
- B- Indicador de alarma.
- C- Mando de giro del útil Derecha-Izquierda.
- D- Mando de movimiento individual para columna 1 ó 2; movimiento conjunto 1+2.
- E- Mando para el accionamiento de subida y bajada de cargas.
- F- Posición automática (ON), posición manual (OFF).
- G- Pulsador de paro de emergencia.
- H- Pulsador de Rearme en caso de bloqueo.

FUNCIONAMIENTO DEL CUADRO DE MANDOS:

El cuadro de mandos estará provisto de seccionador de corriente para poder cortar la corriente en caso de que sea necesario.

En la parte superior estarán las lámparas de indicación de corriente y alarma de bloqueo. La lámpara de corriente, como su propio nombre indica, estará encendida siempre que haya corriente en la máquina. La lámpara de alarma se encenderá en caso de sobre-calentamiento o cuando el consumo de la máquina aumente de una forma desproporcionada, bien sea por avería o por sobrecarga de la máquina. Cuando la lámpara se encienda la máquina se parará para evitar averías o roturas que puedan provocar accidentes.

El mando de giro activará el módulo de giro haciendo girar el útil a derecha o a izquierda, según convenga.

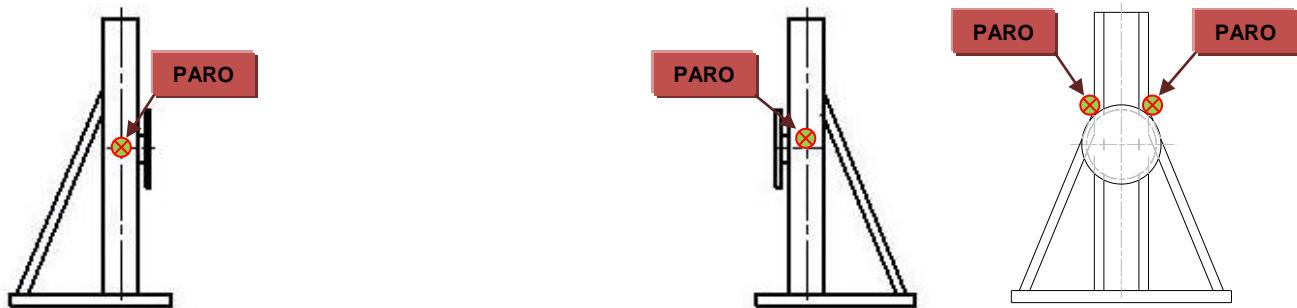
El mando de COLUMNA nos permite elegir con que columna queremos manejar o las dos a la vez. Este mando sirve para la puesta en marcha. Nos permite manejar las columnas por individual para poder nivelar el útil que acoplemos. La posición 1 y 2 solamente se podrán manejar si el mando de AUTOMÁTICO esta en OFF, ya que mientras este en ON solo funcionará la posición 1+2.

El mando AUTOMÁTICO irá pilotado con llave para que no se pueda tocar la posición de nivel del útil.

Para la puesta en marcha se pondrá el selector de AUTOMÁTICO en OFF, con la llave. Se manejará de modo individual las columnas para nivelar el útil. Una vez nivelado el útil se volverá a poner el selector de AUTOMÁTICO en ON y se retirará la llave para que no pueda ser manipulado. En modo AUTOMÁTICO solo se podrá manipular la elevación sincronizada de las dos columnas y el giro.

Cuando el selector de AUTOMÁTICO esté en OFF los finales de carrera actuarán en cada una de las columnas pero si está en ON actuarán en modo general, eso quiere decir que en el momento en que un carro active el final de superior se pararán las dos columnas. Co esto conseguiremos que el útil esté siempre nivelado. Esto se aplicará también para el final de carrera inferior.

El PARO DE EMERGENCIA, como su propio nombre indica parará la máquina ante cualquier imprevisto. A parte del paro de emergencia del cuadro las torres esteran dotados de dos paros de emergencia. Uno a cada lado de la torre y conectados todos en serie para que cuando se active uno, la máquina se quede bloqueada y no pueda ponerse en marcha hasta que no se desenclave el paro y se REARME la máquina.



CALCULOS.

DESCRIPCIÓN CÁLCULOS INICIALES

Tendremos dos cálculos iniciales:

En los platos de amarre del útil (15m. de distancia)

En el sistema de elevación de las torres (16m de separación).

Haciendo un estudio de los útiles que se usaran para este tipo de columnas, llegamos a la conclusión que los útiles deberán tener las siguientes características:

Carga uniformemente repartida a lo largo de los 15m. de un máximo de 5000Kg

Una carga puntual de 1000 Kg a una distancia L de uno de los platos.

Habiendo estudiado los últimos y distintos tipos de útiles que podrían llegar a esas longitudes, Hemos llegado a la siguiente conclusión:

Si tomamos L_T como la longitud total del útil (15m.), la distancia L a la que se encuentra la masa puntual estará comprendida entre $\frac{1}{4}L$ y $\frac{3}{4}L$, llegando a estos extremos solamente en útiles de menos de tres metros de longitud y peso muy inferior a 6000Kg.

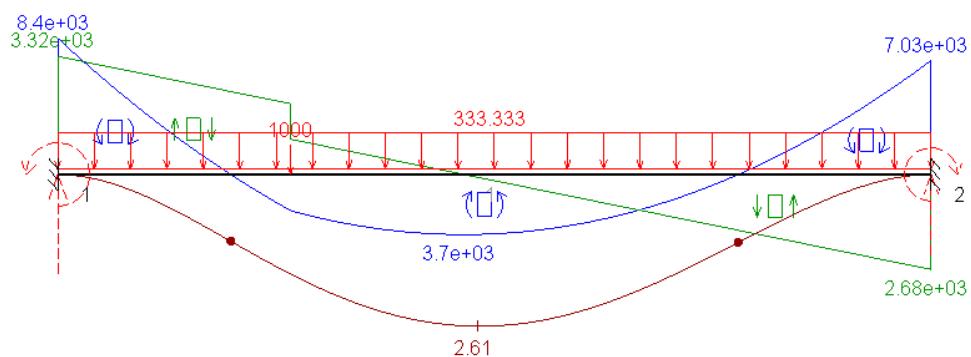
Usando el AMED vamos hacer un barrido desde $L= 4m.$ hasta $L=7.5 m.$ para ver cuando tenemos el máximo momento en los empotramientos.

Cálculo en los platos de amarre. (15m.) Doble empotramiento.

Fuerza puntual a L=4m.

Esfuerzos cortantes y momentos flectores (deformada x 1)

AMEB



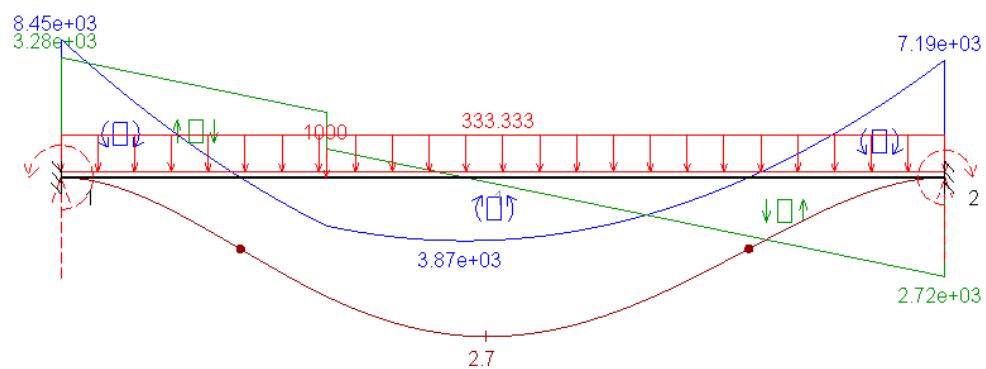
0	2	0	2	0	2000	0	5000
---	---	---	---	---	------	---	------

punto	desplaX	desplaY	giroZ	reacciónX	reacciónY	momentoZ
1	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	3.3246e+03	8.4011e+03
2	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	2.6754e+03	-7.0322e+03
línea	punI	punF	axilI	axilF	axilM	xAxilM
			cortanteI	cortanteF	cortanteM	xCortanteM
			flectorI	flectorF	flectorM	xFlectorM
			desplaI	desplaF	desplaM	xDesplaM
1	1	2	0.0000e+00	0.0000e+00		6.9738e+00
			3.3246e+03	-2.6754e+03		2.9688e+00
			-8.4011e+03	-7.0322e+03	3.7045e+03	1.1688e+01
			0.0000e+00	0.0000e+00	-2.6106e+00	7.2000e+00
tensión equivalente von Mises máxima 1.2865e+07						

Fuerza puntual a L=4.5m.

Esfuerzos cortantes y momentos flectores (deformada x 1)

AMEB

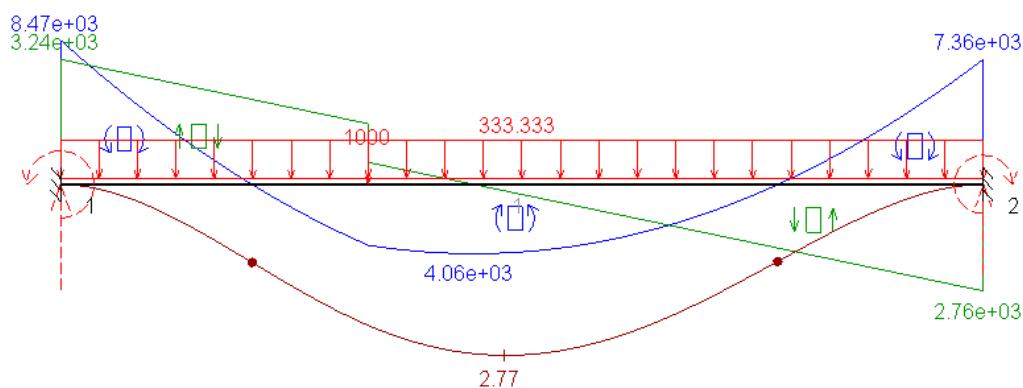


punto	desplaX	desplaY	giroZ	reacciónX	reacciónY	momentoZ
1	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	3.2840e+03	8.4550e+03
2	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	2.7160e+03	-7.1950e+03
<hr/>						
línea	punI	punF	axilI	axilF	axilM	xAxilM
			cortanteI	cortanteF	cortanteM	xCortanteM
			flectorI	flectorF	flectorM	xFlectorM
			desplaI	desplaF	desplaM	xDesplaM
<hr/>						
1	1	2	0.0000e+00	0.0000e+00		6.8520e+00
			3.2840e+03	-2.7160e+03		
			-8.4550e+03	-7.1950e+03	3.8700e+03	6.8520e+00
			0.0000e+00	0.0000e+00	-2.6952e+00	3.0452e+00
					7.2000e+00	1.1671e+01
<hr/>						
tensión equivalente von Mises máxima 1.2947e+07						

Fuerza puntual a L=5m.

Esfuerzos cortantes y momentos flectores (deformada x 1)

AMEB



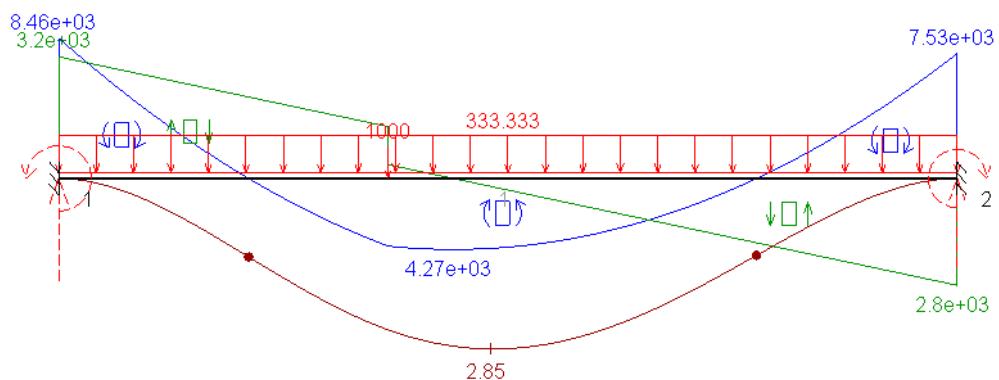
0	2	0	2	0	2000	0	5000
---	---	---	---	---	------	---	------

punto	desplaX	desplaY	giroZ	reacciónX	reacciónY	momentoZ
1	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	3.2407e+03	8.4722e+03
2	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	2.7593e+03	-7.3611e+03
línea	punI	punF	axilI	axilF	axilM	xAxilM
			cortanteI	cortanteF	cortanteM	xCortanteM
			flectorI	flectorF	flectorM	xFlectorM
			desplaI	desplaF	desplaM	xDesplaM
1	1	2	0.0000e+00	0.0000e+00		6.7222e+00
			3.2407e+03	-2.7593e+03		3.1125e+00
			-8.4722e+03	-7.3611e+03	4.0592e+03	1.1657e+01
			0.0000e+00	0.0000e+00	-2.7745e+00	7.2000e+00
<hr/>						
tensión equivalente von Mises máxima 1.2973e+07						

Fuerza puntual a L=5.5m.

Esfuerzos cortantes y momentos flectores (deformada x 1)

AMEB



0	2	0	2	0	2000	0	5000
---	---	---	---	---	------	---	------

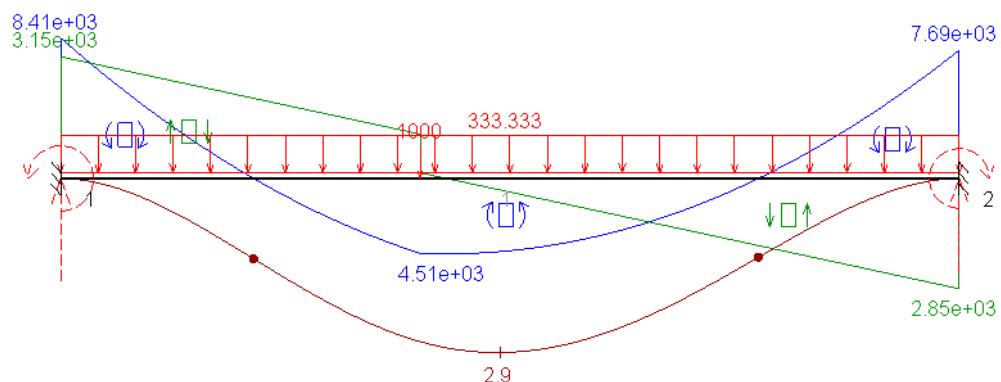
```

----- punto desplaX desplaY giroZ reacciónX reacciónY momentoZ -----
 1 0.0000e+00 0.0000e+00 0.0000e+00 0.0000e+00 3.1953e+03 8.4561e+03
 2 0.0000e+00 0.0000e+00 0.0000e+00 0.0000e+00 2.8047e+03 -7.5272e+03
----- linea punI punF axilI axilF axilM xAxilM xAxil0
                cortanteI cortanteF cortanteM xCortanteM xCortante0
                flectorI flectorF flectorM xFlectorM xFlector0
                desplaI desplaF desplaM xDesplaM
----- 1 1 2 0.0000e+00 0.0000e+00 6.5858e+00
                3.1953e+03 -2.8047e+03 3.1709e+00 1.1649e+01
                -8.4561e+03 -7.5272e+03 4.2726e+03 6.5858e+00
                0.0000e+00 0.0000e+00 -2.8453e+00 7.2000e+00
----- tensión equivalente von Mises máxima 1.2949e+07
-----
```

Fuerza puntual a L=6 m.

Esfuerzos cortantes y momentos flectores (deformada x 1)

AMEB



0	2	0	2	0	2000	0	5000
---	---	---	---	---	------	---	------

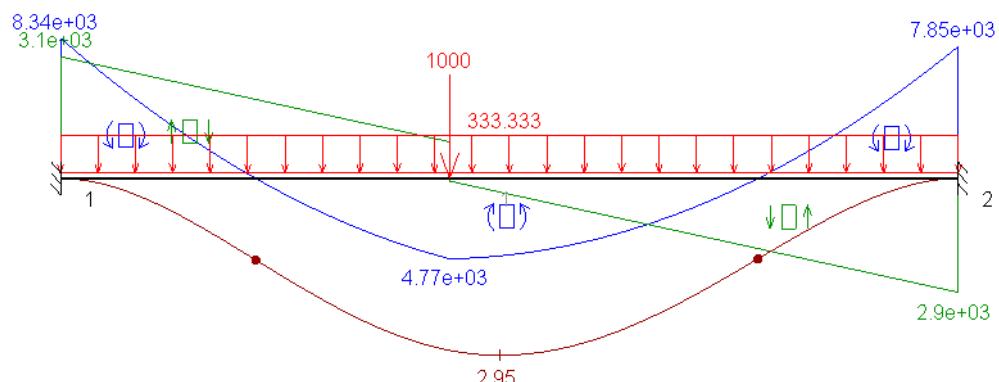
```

punto     desplaX    desplaY      giroZ    reacciónX   reacciónY   momentoZ
----- 1 0.0000e+00 0.0000e+00 0.0000e+00 0.0000e+00 3.1480e+03 8.4100e+03
           2 0.0000e+00 0.0000e+00 0.0000e+00 0.0000e+00 2.8520e+03 -7.6900e+03
-----
línea  punI  punF      axilI      axilF      axilM      xAxilM      xAxil0
          cortanteI  cortanteF  cortanteM  xCortanteM  xCortante0
          flectorI   flectorF  flectorM  xFlectorM  xFlector0
          desplaI    desplaF  desplaM   xDesplaM
-----
1      1      2  0.0000e+00 0.0000e+00
                  3.1480e+03 -2.8520e+03
                  -8.4100e+03 -7.6900e+03  4.5109e+03  6.4440e+00  3.2207e+00  1.1646e+01
                  0.0000e+00 0.0000e+00 -2.9048e+00  7.3500e+00
-----
tensión equivalente von Mises máxima 1.2878e+07
-----
```

Fuerza puntual a L=6.5m.

Esfuerzos cortantes y momentos flectores (deformada x 1)

AMEB

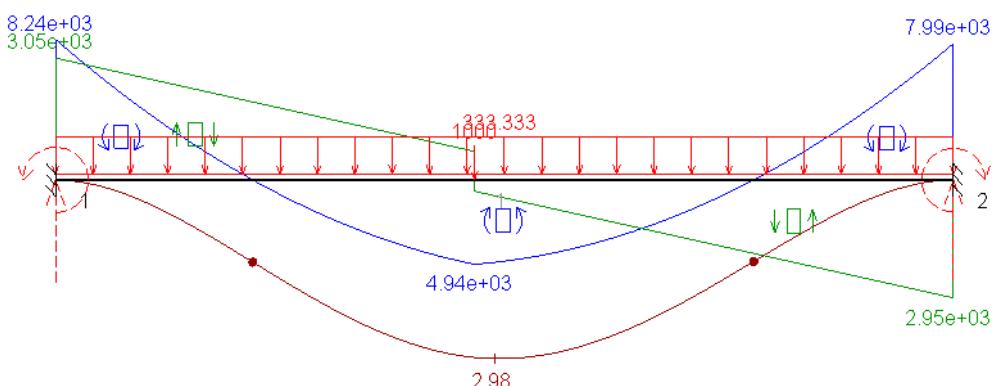


punto	desplaX	desplaY	giroZ	reacciónX	reacciónY	momentoZ
1	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	3.0994e+03	8.3372e+03
2	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	2.9006e+03	-7.8461e+03
línea	punI	punF	axilI	axilF	axilM	xAxilM
			cortanteI	cortanteF	cortanteM	xCortanteM
			flectorI	flectorF	flectorM	xFlectorM
			desplaI	desplaF	desplaM	xDesplaM
1	1	2	0.0000e+00	0.0000e+00		
			3.0994e+03	-2.9006e+03		6.5000e+00
			-8.3372e+03	-7.8461e+03	4.7673e+03	3.2622e+00
			0.0000e+00	0.0000e+00	-2.9506e+00	1.1650e+00
tensión equivalente von Mises máxima 1.2766e+07						

Fuerza puntual a L=7m.

Esfuerzos cortantes y momentos flectores (deformada x 1)

AMEB

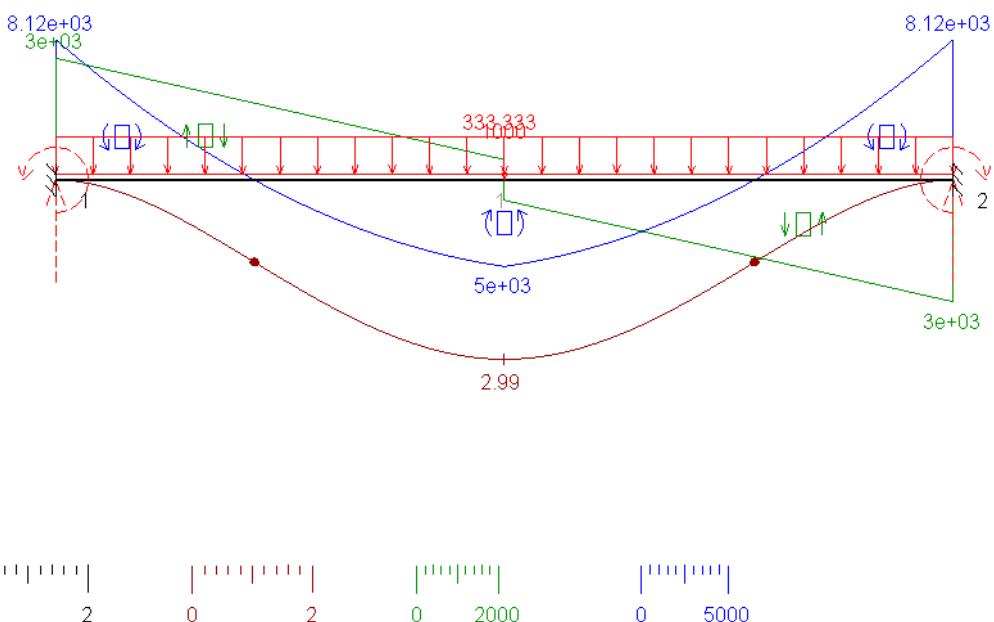


punto	desplaX	desplaY	giroZ	reacciónX	reacciónY	momentoZ
1	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	3.0499e+03	8.2411e+03
2	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	2.9501e+03	-7.9922e+03
línea	punI	punF	axilI	axilF	axilM	xAxilM
			cortanteI	cortanteF	cortanteM	xCortanteM
			flectorI	flectorF	flectorM	xFlectorM
			desplaI	desplaF	desplaM	xDesplaM
1	1	2	0.0000e+00	0.0000e+00		
			3.0499e+03	-2.9501e+03		7.0000e+00
			-8.2411e+03	-7.9922e+03	4.9417e+03	3.2956e+00
			0.0000e+00	0.0000e+00	-2.9790e+00	1.1661e+01
<hr/>						
tensión equivalente von Mises máxima 1.2619e+07						
<hr/>						

Fuerza puntual a L=7.5m.

Esfuerzos cortantes y momentos flectores (deformada x 1)

AMEB



punto	desplaX	desplaY	giroZ	reacciónX	reacciónY	momentoZ	
1	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	3.0000e+03	8.1250e+03	
2	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	3.0000e+03	-8.1250e+03	
línea	punI	punF	axillI	axillF	axilM	xAxilM	xAxil0
			cortanteI	cortanteF	cortanteM	xCortanteM	xCortante0
			flectorI	flectorF	flectorM	xFlectorM	xFlector0
			desplaI	desplaF	desplaM	xDesplaM	
1	1	2	0.0000e+00	0.0000e+00			
			3.0000e+03	-3.0000e+03			7.5000e+00
			-8.1250e+03	-8.1250e+03	5.0000e+03	7.5000e+00	3.3211e+00
			0.0000e+00	0.0000e+00	-2.9895e+00	7.5000e+00	1.1679e+01
tensión equivalente von Mises máxima 1.2441e+07							

RESULTADOS OBTENIDOS:

L= 4m.

- $M_a = 8401 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.
- $R_a = 3325 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.

L= 4.5m.

- $M_a = 8455 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.
- $R_a = 3284 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.

L= 5m.

- $M_a = 8472 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.
- $R_a = 3241 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.

L= 5.5m.

- $M_a = 8461 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.
- $R_a = 3194 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.

L= 6m.

- $M_a = 8410 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.
- $R_a = 3148 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.

L= 6.5m.

- $M_a = 8337 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.
- $R_a = 3100 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.

L= 7m.

- $M_a = 8241 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.
- $R_a = 3050 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.

L= 7.5m.

- $M_a = 8125 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.
- $R_a = 3000 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.

Teniendo en cuenta el mayor momento obtenido damos como caso más desfavorable $L= 5 \text{ m}$. Obteniendo los siguientes resultados:

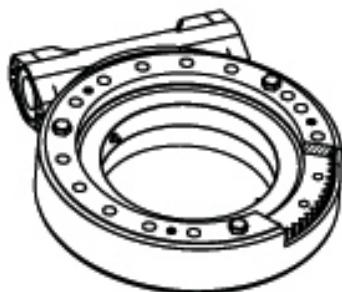
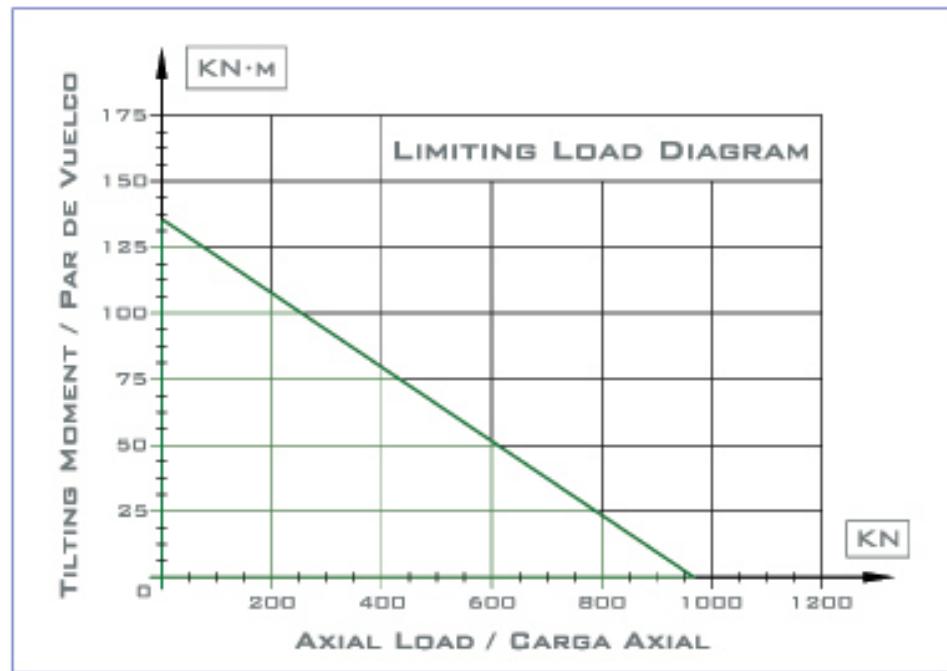
- $M_a = 8472 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.
- $R_a = 3241 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.

Si mayoramos las cargas trabajaremos con los siguientes datos:

- $M_a = 8500 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.

- $R_a = 3300 \text{ Kg}$

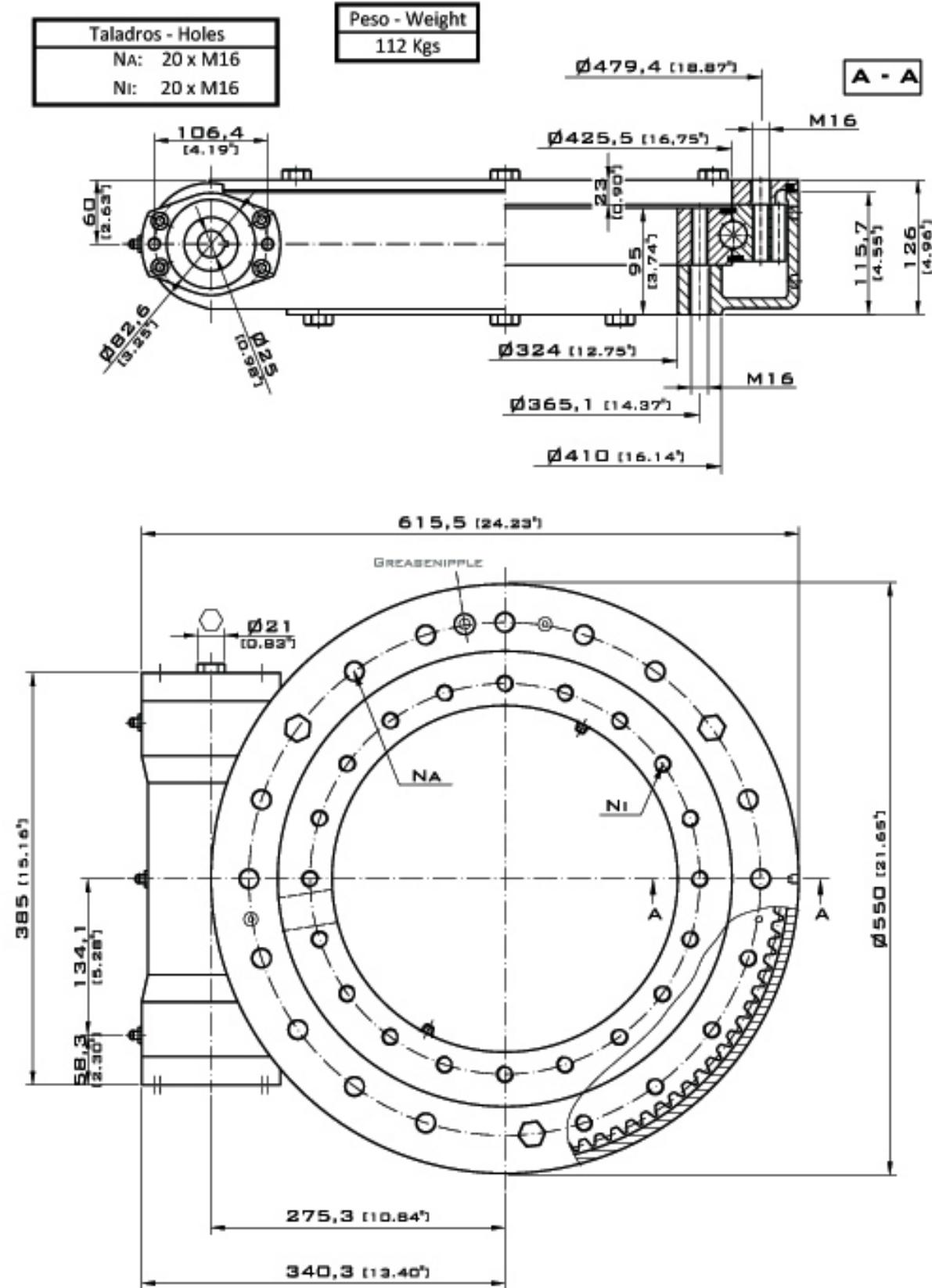
Para el giro del útil necesitamos el siguiente grupo:



Modulo de giro Slew drive		REF. BA06			
MODULE	5	MM	MAXIMUM TORQUE	16.034	NM
NUMBER OF WORMS	1	-	NOMINAL TORQUE	15.096	NM
GEAR RATIO	102:1	-	TLTING MOMENT	135.600	NM
EFFICIENCY	40%	-	STATIC LOAD RATING, RADIAL	391	KN
SELF-LOCKING GEARS	YES	-	STATIC LOAD RATING, AXIAL	977	KN
WEIGHT	112	KG	DYNAMIC LOAD RATING, RADIAL	205	KN
HOLDS	- NA	20 DM160	DYNAMIC LOAD RATING, AXIAL	235	KN
HOLDS	- NI	20 DM160	ALL THE SLEWING DRIVES ARE PRE-LUBRICATED WITH EXTERNAL AND INTERNAL BREASE-NIPPLES		



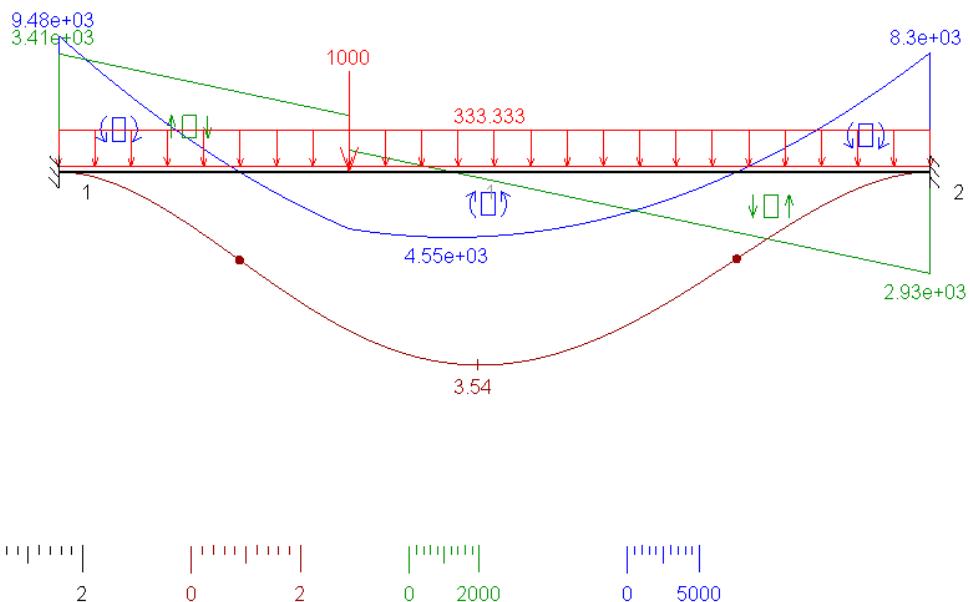
REF.: BA06



Debemos tener en cuenta que estas son las reacciones que genera el útil en los platos de unión, pero aun tenemos medio metro más en cada torre entre los platos de unión y los husillos de elevación. Por lo tanto la distancia entre los husillos y guías de elevación es de 16 m. Haciendo el cálculo por el AMED obtenemos los siguientes resultados:

Esfuerzos cortantes y momentos flectores (deformada x 1)

AMEB



- $M_{ah} = 9480 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.
- $R_{ah} = 3410 \text{ Kg} \cdot \text{m}$.

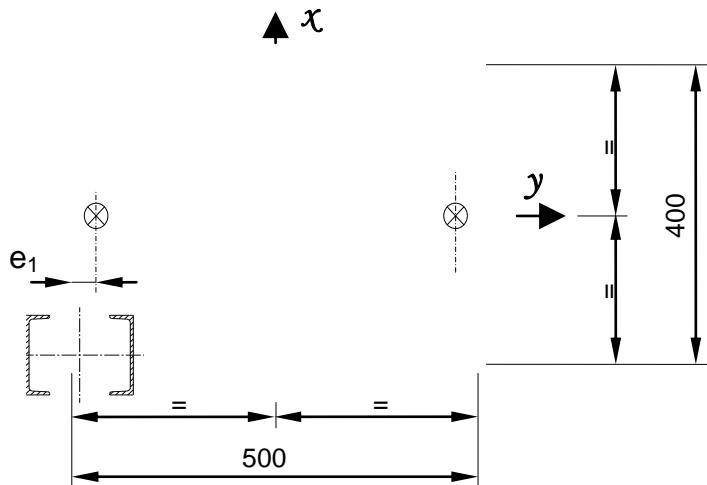
Si mayoramos las cargas trabajaremos con los siguientes datos:

$$- M_{ah} = 9500 \text{ Kg} \cdot \text{m.}$$

$$- R_{ah} = 3500 \text{ Kg}$$

CARGAS EN EL PILAR.

El pilar estará compuesto de dos pilares de perfil UPN 400 enfrentadas



Características del pilar.

PERFIL UPN-400

$$A = 91,35 \text{ cm}^2$$

$$I_{y'} = 20350 \text{ cm}^4$$

$$w_{y'} = 1020 \text{ cm}^3$$

$$i_{y'} = 14,90 \text{ cm}^4$$

$$I_{x'} = 846 \text{ cm}^4$$

$$w_{x'} = 102 \text{ cm}^3$$

$$i_{x'} = 3,04 \text{ cm}^4$$

$$e_1 = 2,65 \text{ cm}^4$$

Inercias de la sección compuesta.

$$I_y = 2 \cdot I_{y'} = 2 \cdot 20350 \text{ cm}^4 = 40700 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 40700 \text{ cm}^4$$

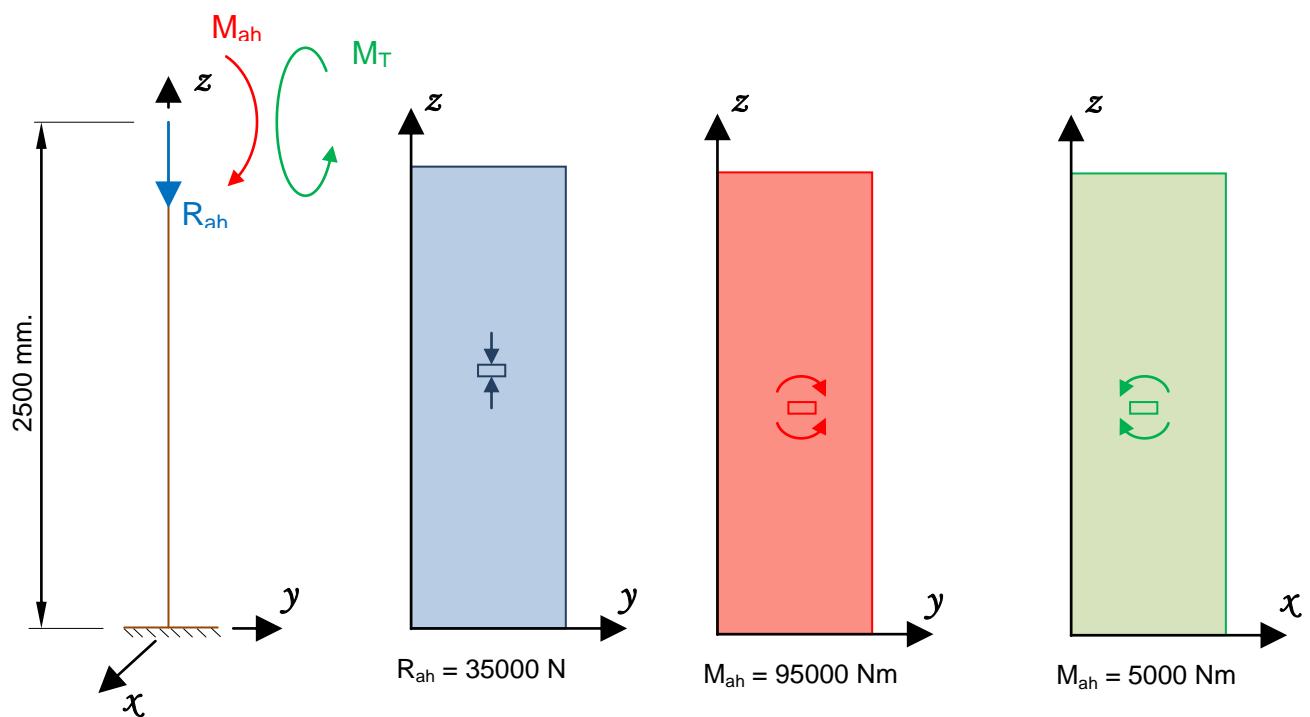
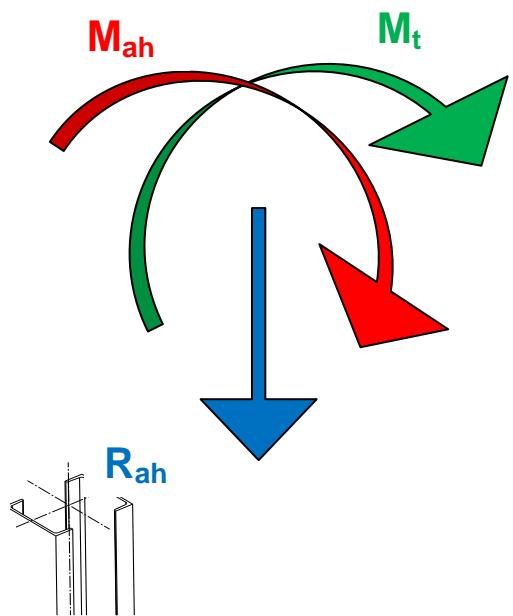
$$I_x = I'_{x1} + I'_{x2}$$

$$I'_{x1} = I_{x'} + A \cdot d^2 = 846 + 91.35 \cdot (20 \text{ cm} - 2,7)^2 = 28186,14 \text{ cm}^4$$

$$I_x = I'_{x1} + I'_{x2} = 2 \cdot I'_{x1} = 2 \cdot 28186,14 = 56372,28 \text{ cm}^4$$

$$I_x = 56372,28 \text{ cm}^4$$

ESFUERZOS SOBRE EL PILAR



$$\sigma_z = \frac{R_A}{A} \cdot z + \frac{M_y}{w_y} \cdot y + \frac{M_x}{w_x} \cdot x$$

$$\sigma_z = \frac{R_A}{A} + \frac{M_y}{I_y} \cdot x_{\max} + \frac{M_x}{I_x} \cdot y_{\max}$$

$$\sigma_z = \frac{35000N}{117,6cm^2} + \frac{9500000Ncm}{40700cm^4} \cdot 20cm + \frac{500000Ncm}{56372,28cm^4} \cdot 25cm$$

$$\sigma_z = 297,62 \text{ N/cm}^2 + 4668,3 \text{ N/cm}^2 + 221,74 \text{ N/cm}^2$$

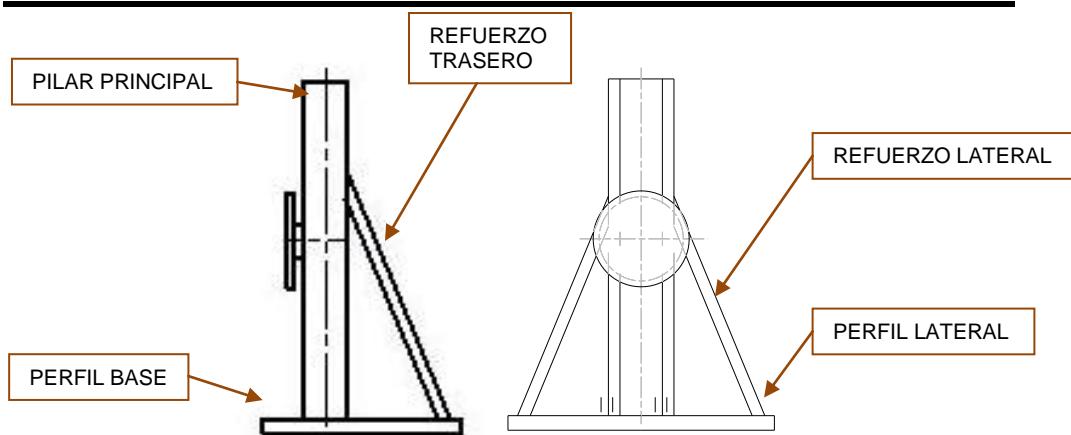
$$\sigma_Z = 297,62 \text{ N/cm}^2 + 4668,3 \text{ N/cm}^2 + 221,74 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_Z = 5187,66 \text{ N/cm}^2 \Rightarrow \sigma_Z = 51,88 \text{ N/mm}^2$$

$$C_{SR} = \frac{\sigma_{máx.adm.}}{\sigma_Z} = \frac{275 \text{ N/mm}^2}{51,88 \text{ N/mm}^2} = 5,3$$

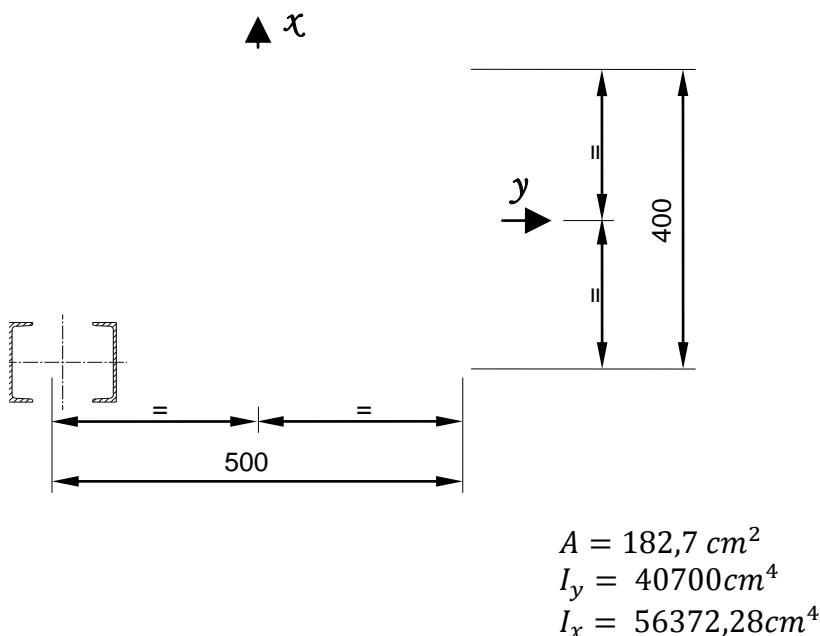
$$\boxed{C_{SR} \\ = 5,3}$$

ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA COMPLETA.

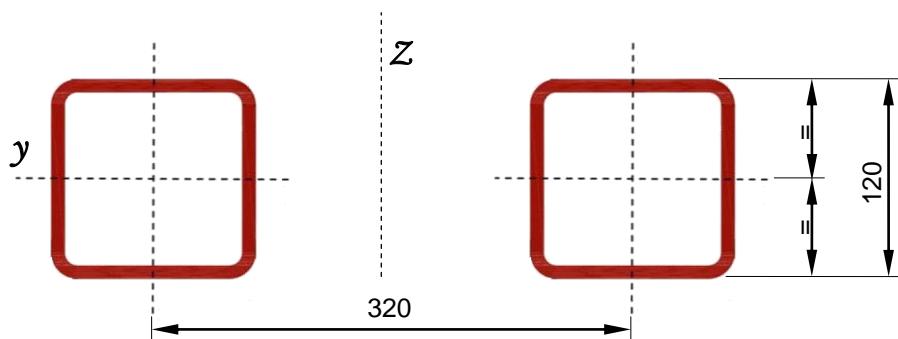


Secciones de la estructura.

PILAR PRINCIPAL.



PERFIL BASE.



Tubo 120x120x6

$$A = 26,10 \text{ cm}^2$$

$$I = 551 \text{ cm}^4$$

Inercias de la sección compuesta.

$$I_y = 2 \cdot I_{y'} = 2 \cdot 551 \text{ cm}^4 = 1102 \text{ cm}^4$$

$I_y = 1102 \text{ cm}^4$

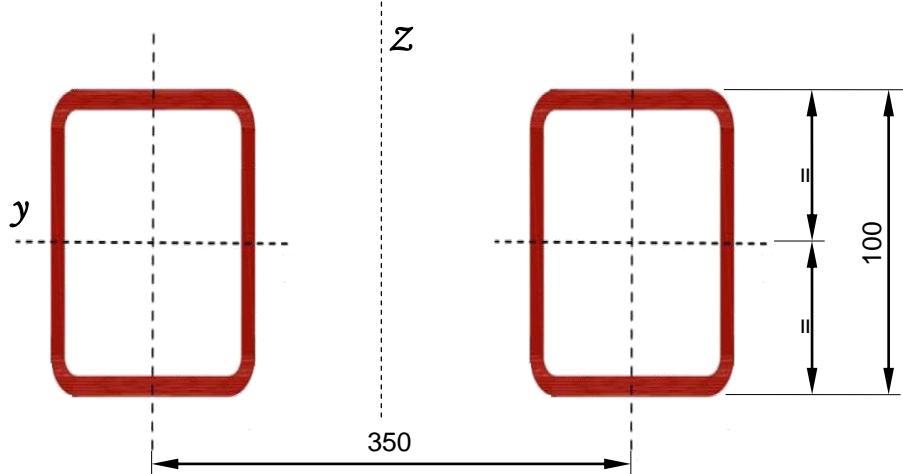
$$I_z = I'_{z1} + I'_{z2}$$

$$I'_{z1} = I_{z'} + A \cdot d^2 = 551 + 26,10 \cdot 16^2 = 7232,6 \text{ cm}^4$$

$$I_z = I'_{z1} + I'_{z2} = 2 \cdot I'_{z1} = 2 \cdot 7232,6 = 14465,2 \text{ cm}^4$$

$I_z = 14465,2 \text{ cm}^4$

REFUERZO TRASERO.



Tubo 100x50x4

$$A = 10,80 \text{ cm}^2$$

$$I_y = 131 \text{ cm}^4$$

$$I_z = 44,1 \text{ cm}^4$$

Inercias de la sección compuesta.

$$I_y = 2 \cdot I_{y'} = 2 \cdot 131 \text{ cm}^4 = 262 \text{ cm}^4$$

$I_y = 262 \text{ cm}^4$

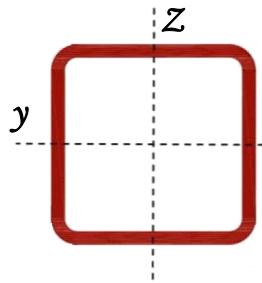
$$I_z = I'_{z1} + I'_{z2}$$

$$I'_{z1} = I_{z'} + A \cdot d^2 = 44,1 + 10,8 \cdot 17,5^2 = 3351,6 \text{ cm}^4$$

$$I_z = I'_{z1} + I'_{z2} = 2 \cdot I'_{z1} = 2 \cdot 3351,6 = 6703,2 \text{ cm}^4$$

$I_z = 6703,2 \text{ cm}^4$

PERFIL LATERAL.

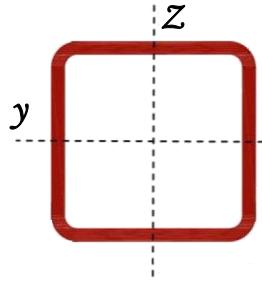


Tubo 120x120x6

$$A = 26,10 \text{ cm}^2$$

$$I = 551 \text{ cm}^4$$

REFUERZO LATERAL.



Tubo 100x100x4

$$A = 14,8 \text{ cm}^2$$

$$I = 223 \text{ cm}^4$$

CALCULOS EN AMEB

Vamos a realizar el estudio de la estructura con el programa AMED, pero como con este programa no podemos trabajar en tres dimensiones vamos a trabajar con el principio de superposición pero omitiendo los esfuerzos de torsión que se producen en la base. Así como nos van dando los resultados, si nos fijamos en el punto que une pilar principal con la base, veremos que el giro que se produce en ese punto es insignificante ya que al estar todo el pilar arriostrado disminuimos los flectores de la parte inferior del pilar.

DATOS INTRODUCIDOS EN AMED.

ESTRUCTURA FRONTAL

PARAMETROS

	par	val	
\$	L1	0.85	\$ m
	L2	1.65	\$ m
	E	210.0e9	\$ Pa
	PA	182.7e-4	\$ m ²
	PIx	50372.28e-8	\$ m ⁴
	BA	26.1e-4	\$ m ²
	BI	551e-8	\$ m ⁴
	TA	14.8e-4	\$ m ²
	TI	223e-8	\$ m ⁴
	Ra	35000	\$ N
	MT	5000	\$ N.m
	MH	95000	\$ N.m

PUNTOS

\$	pun	X	Y
1	0.0	0.0	
2	0.0	L1	
3	0.0	L2	+L1
4	-L1	0.0	
5	L1	0.0	

LINEAS

LINEAS			
\$	lin	tipo	pun
1	POL	3	2
2	POL	2	1
3	POL	1	4
4	POL	1	5
5	POL	2	4
6	POL	2	5

MATERIALES

MATERIALS
\$ mat pro
1 YOU E

PROPIEDADES

\$ pro are iner
1 PA Plx
2 BA Bl
3 TA TI

ELEMENTOS LINEAS

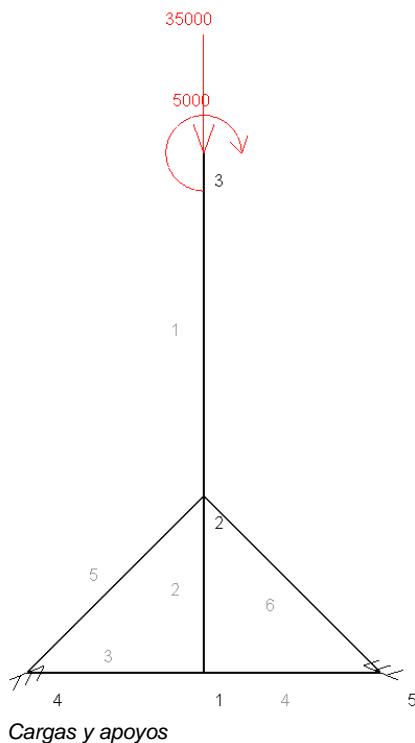
```
$ lin tipo mat pro
  1,2 RIG   1   1
  3,4 RIG   1   2
  5,6 RIG   1   3
```

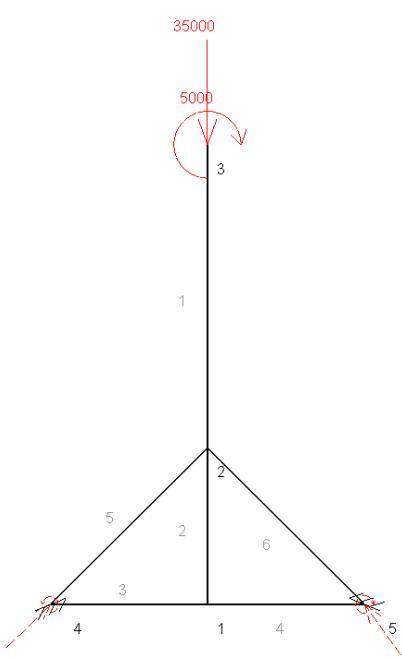
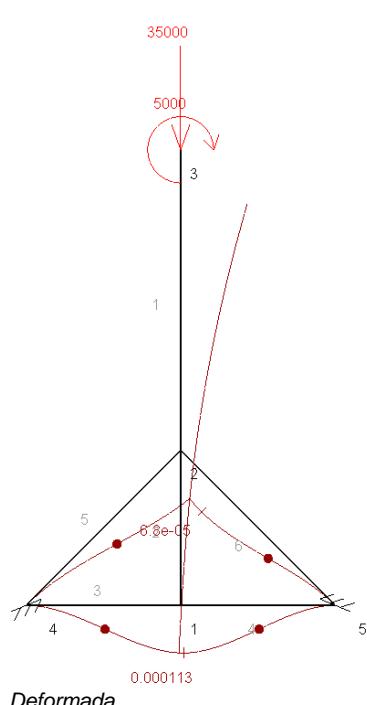
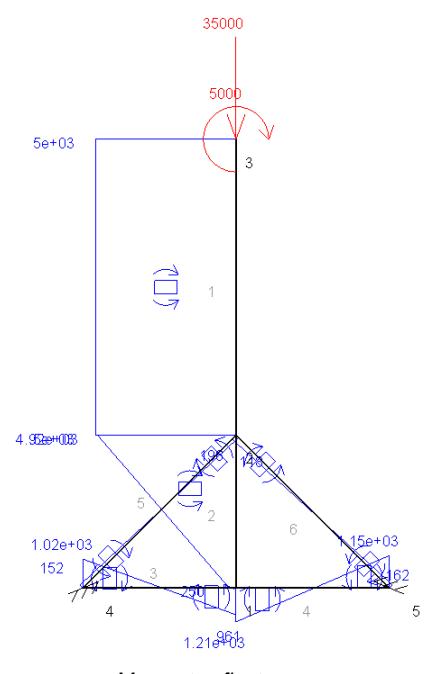
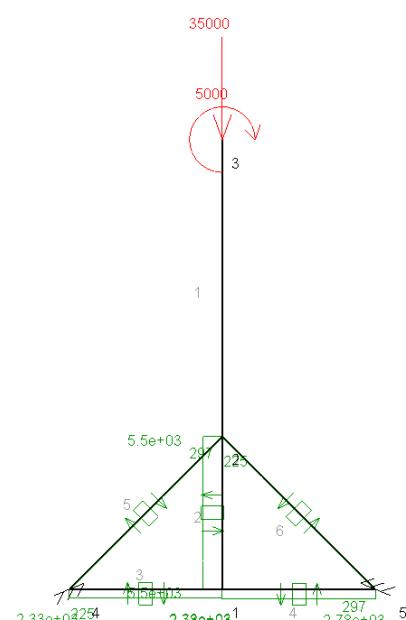
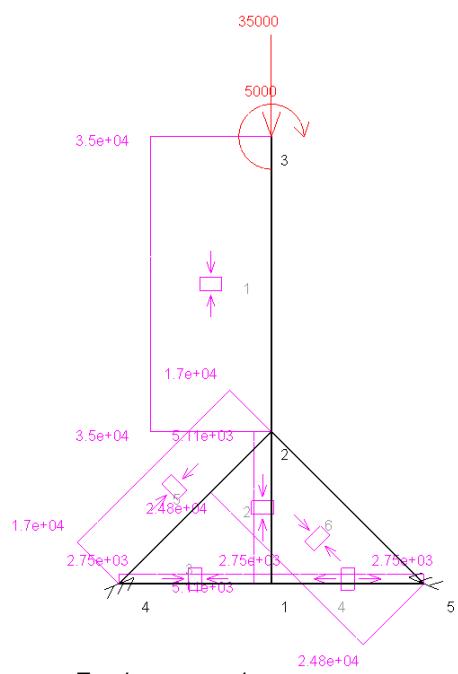
DESPLAZAMIENTOS GLOBALES PUNTOS

\$	pun	est	DX	DY	GZ
	4	1	0.0	0.0	0.0
	5	1	0.0	0.0	0.0

CARGAS GLOBALES PUNTOS

\$ pun est FX FY MZ
3 1 0.0 -Ra -MT





punto	desplaX	desplaY	giroZ	reacciónX	reacciónY	momentoZ	
1	-4.2621e-06	-1.1304e-04	-2.2994e-05				
línea	punI	punF	axilI	axilF	axilM	xAxilM	xAxil0
			cortanteI	cortanteF	cortanteM	xCortanteM	xCortante0
			flectorI	flectorF	flectorM	xFlectorM	xFlector0
			desplaI	desplaF	desplaM	xDesplaM	
1	3	2	-3.5000e+04	-3.5000e+04			
			0.0000e+00	0.0000e+00			
			5.0000e+03	5.0000e+03			
			1.5803e-04	2.1457e-05			
2	2	1	-5.1115e+03	-5.1115e+03			
			-5.4967e+03	-5.4967e+03			
			4.9226e+03	2.5041e+02			
			2.1457e-05	-4.2621e-06			
3	1	4	-2.7483e+03	-2.7483e+03			
			2.3348e+03	2.3348e+03			
			-9.6100e+02	1.0236e+03			4.1159e-01
			1.1304e-04	0.0000e+00			
4	1	5	2.7483e+03	2.7483e+03			
			-2.7767e+03	-2.7767e+03			
			1.2114e+03	-1.1488e+03			4.3627e-01
			-1.1304e-04	0.0000e+00	-1.1329e-04	2.5500e-02	
5	2	4	-1.6950e+04	-1.6950e+04			
			2.2514e+02	2.2514e+02			
			-1.1827e+02	1.5237e+02			5.2529e-01
			9.5903e-05	0.0000e+00			
6	2	5	-2.4796e+04	-2.4796e+04			
			-2.9722e+02	-2.9722e+02			
			1.9570e+02	-1.6159e+02			6.5842e-01
			-6.5559e-05	0.0000e+00	-6.7986e-05	1.2021e-01	
tensión equivalente von Mises máxima 2.2654e+07							

ESTRUCTURA PERFIL

PARAMETROS

```
$ par    val
L1    0.5      $ m
L2    2         $ m
L3    1.5      $ m
L4    0.5      $ m
E     210.0e9   $ Pa
PA   182.7e-4  $ m2
Ply  40700e-8  $ m4
BA   52.2e-4   $ m2
BI   1102e-8   $ m4
TA   10.8e-4   $ m2
TI   262e-8    $ m4
Ra   35000    $ N
MH   95000   $ N.m
```

PUNTOS

```
$ pun   X   Y
1     0.0  0.0
2     0.0  L2
3     0.0  L2+L1
4    -L3   0.0
5     L4   0.0
```

LINEAS

```
$ lin  tipo  pun
1   POL   3 2
2   POL   2 1
3   POL   1 4
4   POL   1 5
5   POL   2 4
```

MATERIALES

```
$ mat  pro
1   YOU E
```

PROPIEDADES

```
$ pro  are  iner
1   PA   Ply
2   BA   BI
3   TA   TI
```

ELEMENTOS_LINEAS

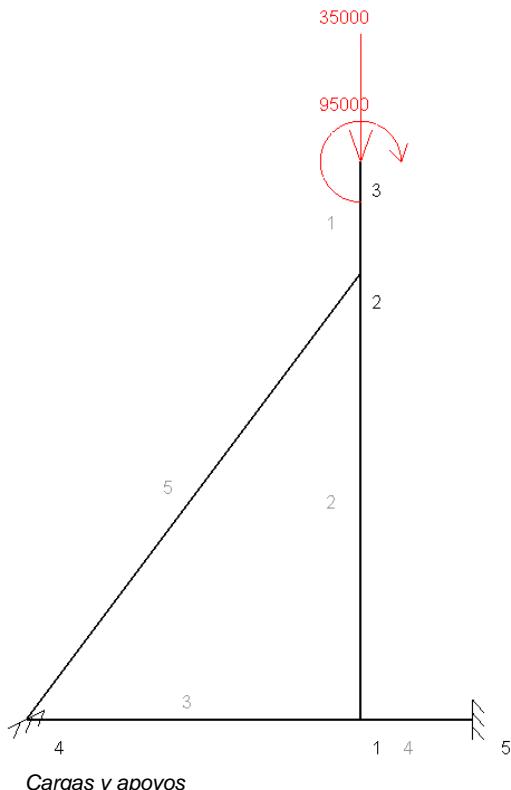
```
$ lin  tipo  mat  pro
1,2  RIG   1    1
3,4  RIG   1    2
5    RIG   1    3
```

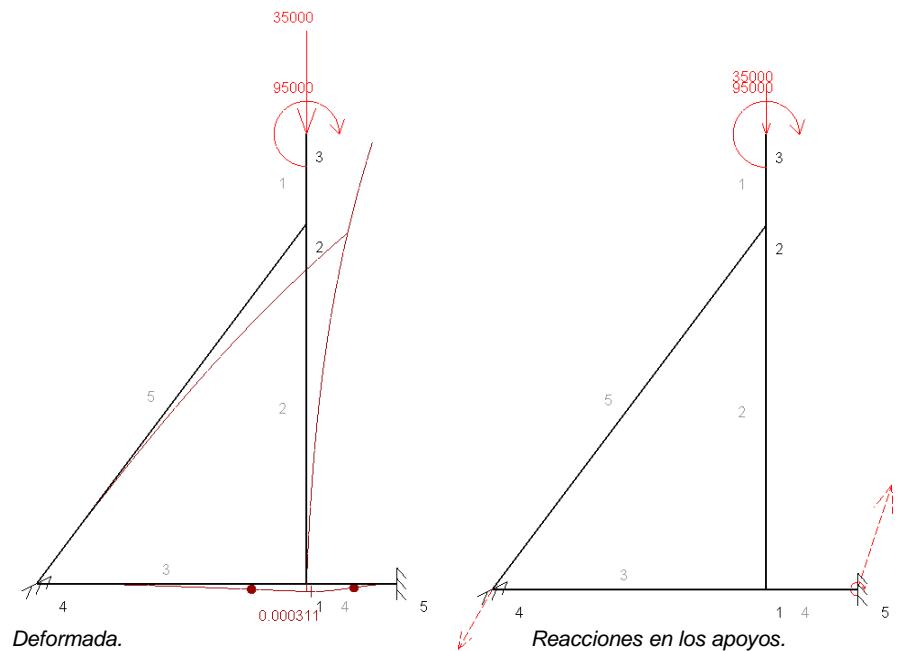
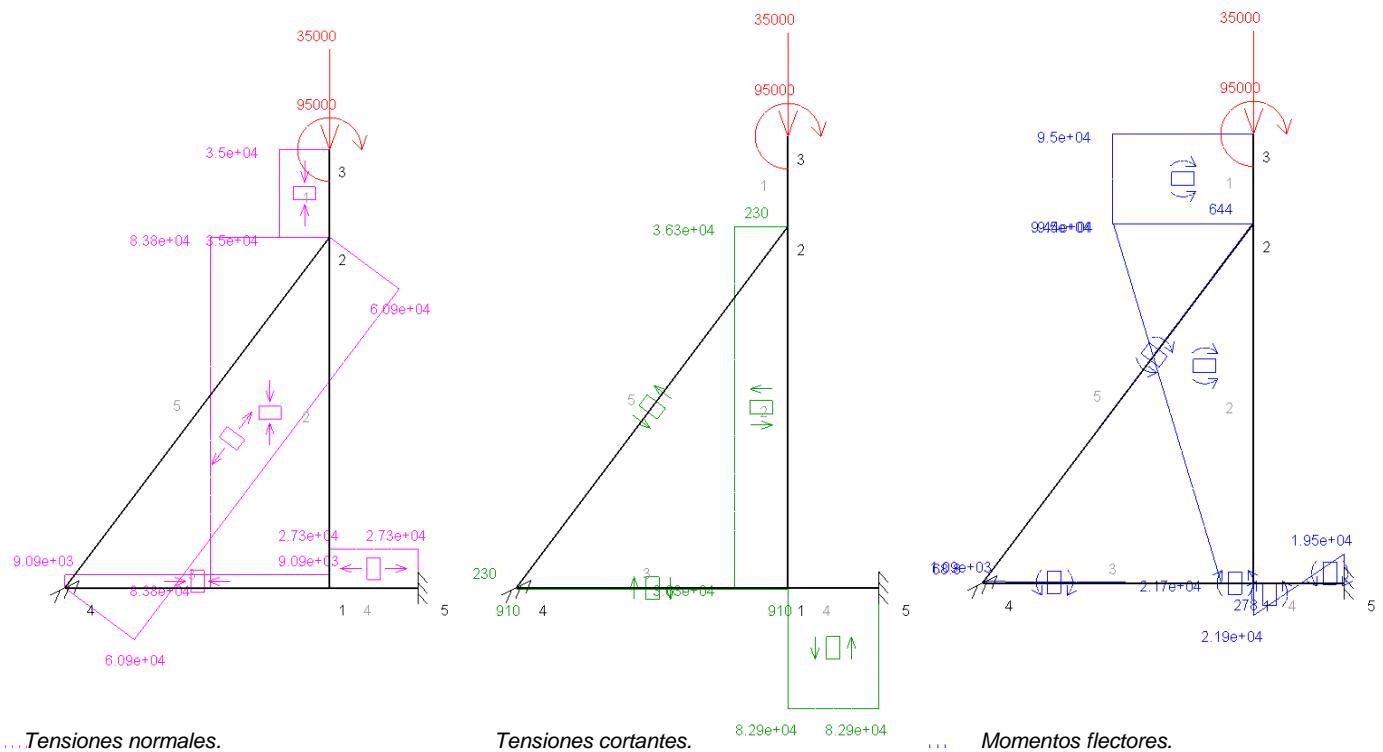
DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_PUNTOS

```
$ pun  est   DX   DY   GZ
4     1     0.0  0.0  0.0
5     1     0.0  0.0  0.0
```

CARGAS_GLOBALES_PUNTOS

```
$ pun  est   FX   FY   MZ
3     1     0.0  -Ra  -MH
```





punto	desplaX	desplaY	giroZ	reacciónX	reacciónY	momentoZ
1	-1.2840e-05	-3.9325e-04	7.7302e-05			
2	8.2773e-04	-4.3849e-04	-1.2106e-03			
3	1.5720e-03	-4.4306e-04	-1.7664e-03			
4	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	-2.8150e+03	-4.8073e+03	2.4797e+02
5	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	2.8150e+03	8.3073e+03	-2.1126e+03
línea	punI	punF	axilI	axilF	axilM	xAxilM
			cortanteI	cortanteF	cortanteM	xCortanteM
			flectorI	flectorF	flectorM	xFlectorM
			desplaI	desplaF	desplaM	xDesplaM
1	3	2	-3.5000e+03	-3.5000e+03		
			0.0000e+00	0.0000e+00		
			9.5000e+03	9.5000e+03		
			1.5720e-03	8.2773e-04		
2	2	1	-8.6786e+03	-8.6786e+03		
			-3.7533e+03	-3.7533e+03		
			9.2573e+03	1.7507e+03		
			8.2773e-04	-1.2840e-05	-2.4849e-05	1.7200e+00
3	1	4	-9.3833e+02	-9.3833e+02		
			3.7129e+02	3.7129e+02		
			-2.9039e+02	2.6654e+02		
			3.9325e-04	0.0000e+00	3.9569e-04	6.0000e-02
4	1	5	2.8150e+03	2.8150e+03		
			-8.3073e+03	-8.3073e+03		
			2.0411e+03	-2.1126e+03		
			-3.9325e-04	0.0000e+00		
5	2	4	6.3949e+03	6.3949e+03		
			-1.0451e+02	-1.0451e+02		
			2.4270e+02	-1.8568e+01		
			9.2528e-04	0.0000e+00	-1.6875e-06	2.1500e+00
<hr/>						
tensión equivalente von Mises máxima 1.5796e+07						
<hr/>						

De los resultados obtenidos podemos observar que puede despreciarse la torsión en los perfiles de la base y que necesitamos unos anclajes en la parte trasera capaces de resistir unas fueras

$$V = 480,7 \text{ Kg (axial)}$$

$$H = 281,5 \text{ Kg (cortante)}$$

SECCIÓN MÁS SOLICITADA.

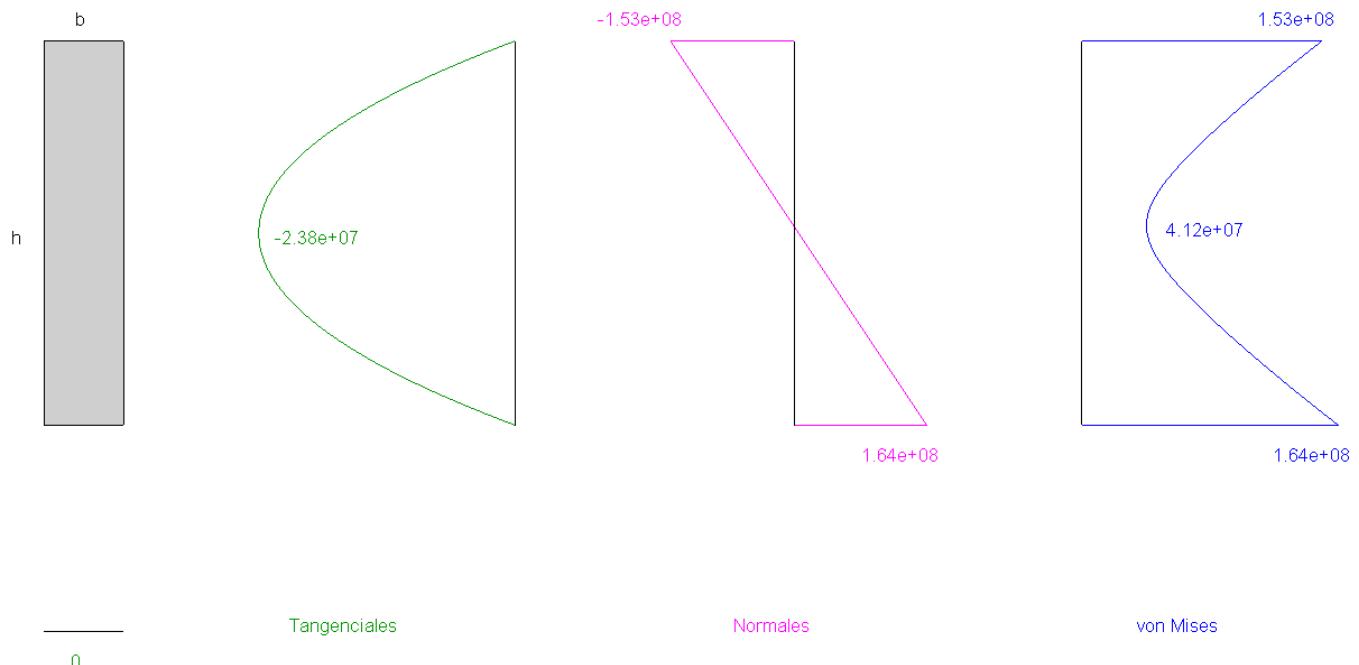
ESTRUCTURA PERFIL (estado 1)

Tensiones tangenciales, normales y de von Mises

AMEB

Axil = 27257, cortante = -82930 y fletor = 21948 (línea = 4, x = 0)

$h = 0.159164$ y $b = 0.0327963$



Tangenciales

Normales

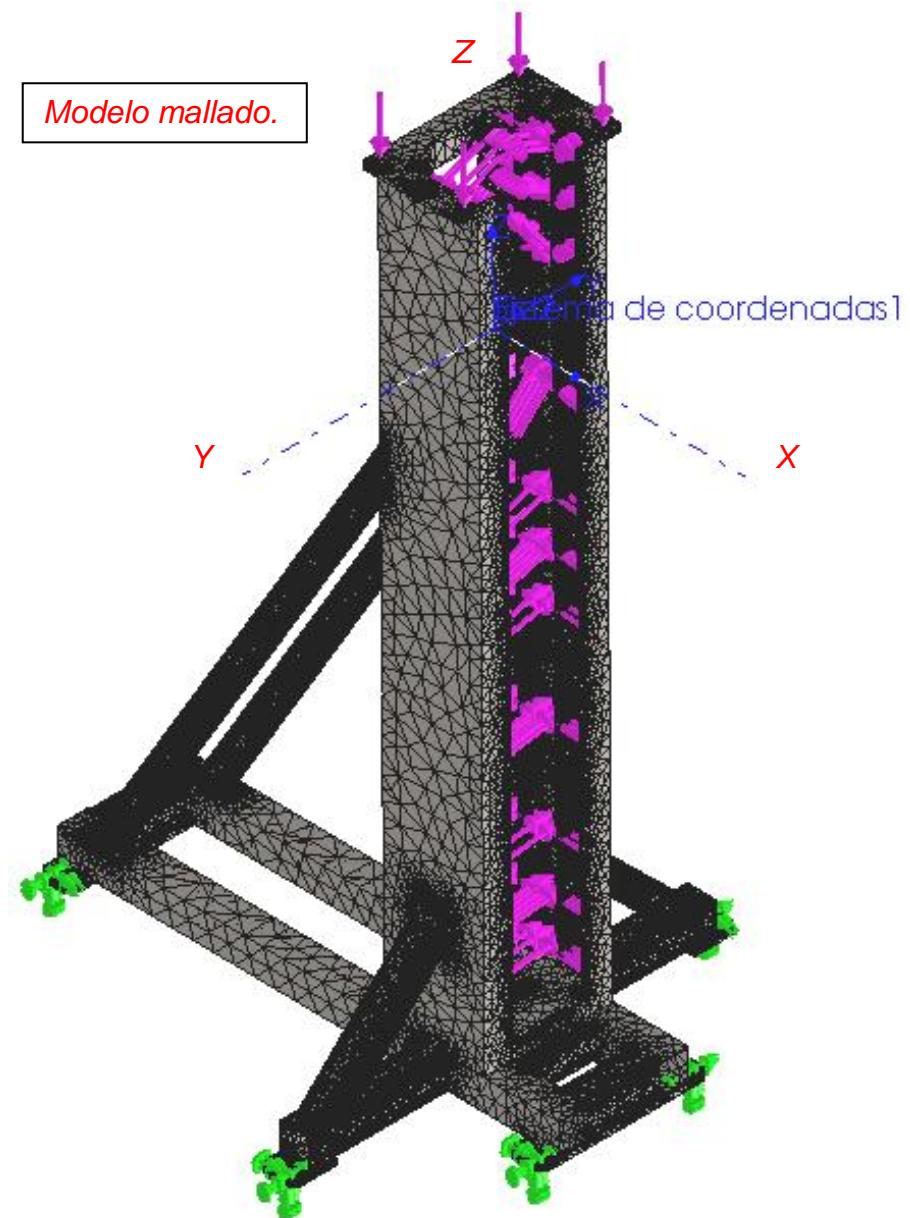
von Mises

0

CALCULOS POR ELEMENTOS FINITOS

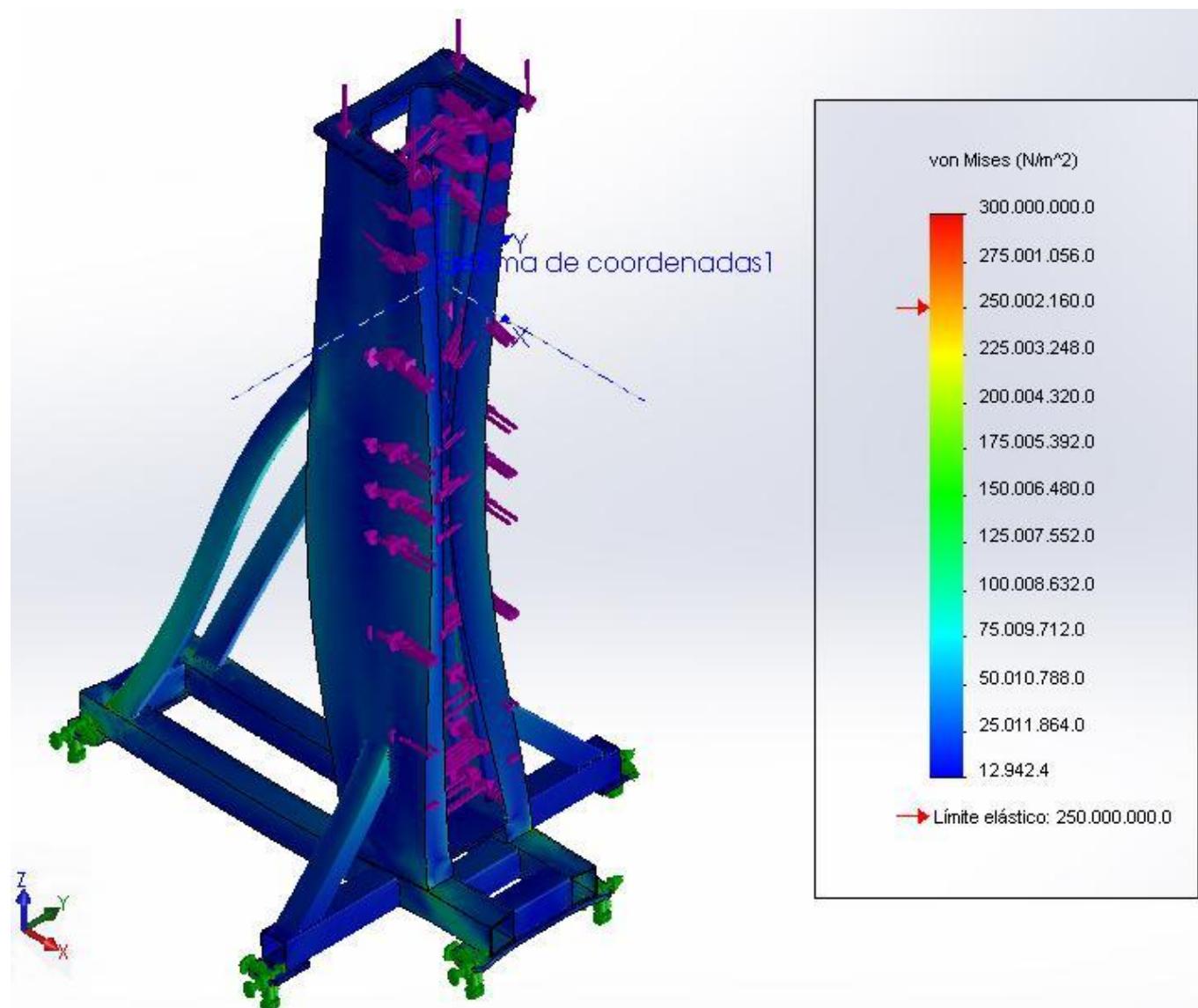
Hemos realizado un modelo en 3D para hacer una simulación por elementos finitos con el módulo Cosmos del programa de diseño SolidWord.

Como podemos comprobar los resultados son semejantes a los calculados anteriormente. Todas las tensiones y desplazamientos están dentro de los rangos que deseamos.

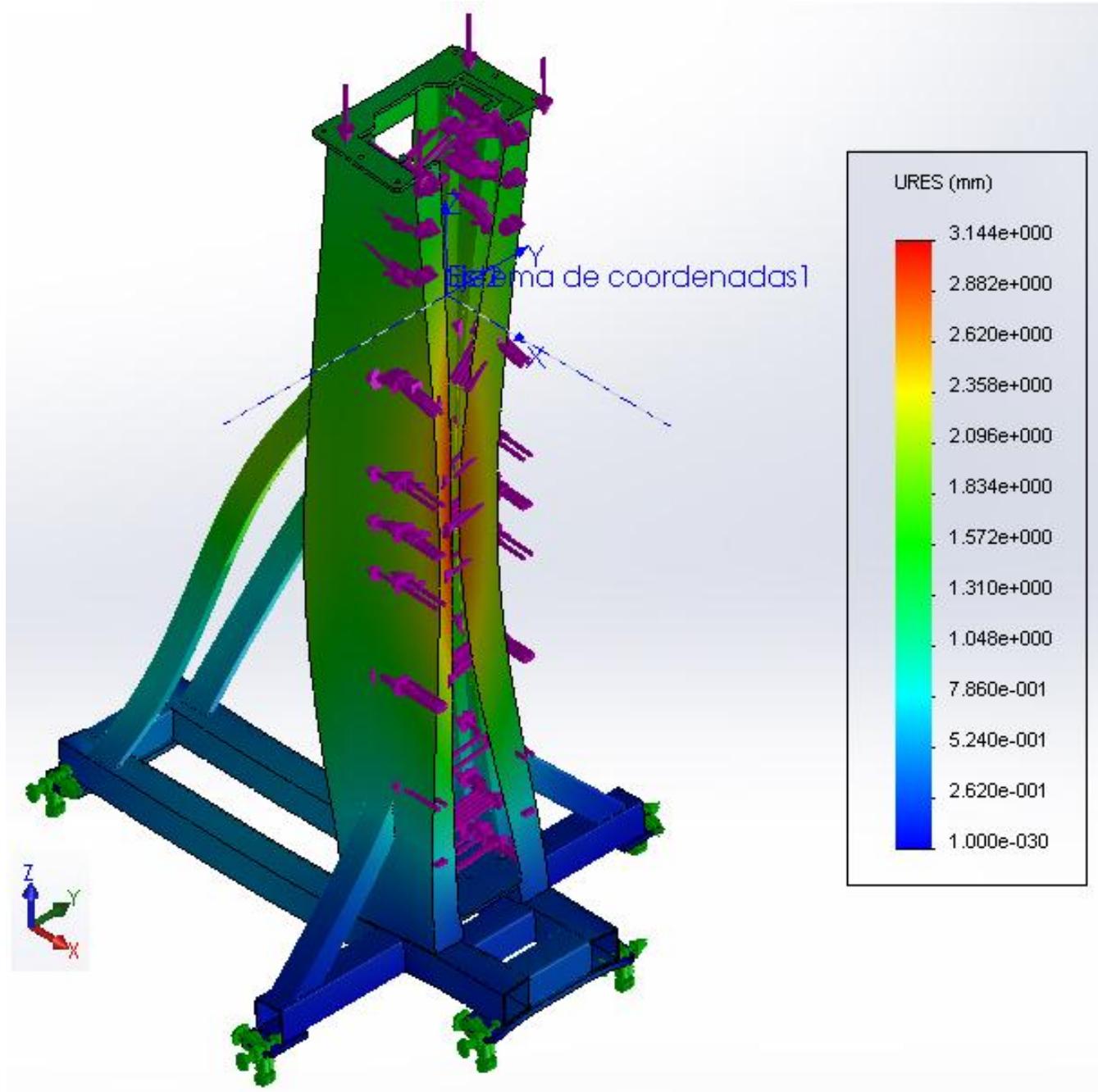


Hemos colocado los momentos flectores a 2500mm. de la base y la carga vertical en cara superior, igual que hemos especificado anteriormente.

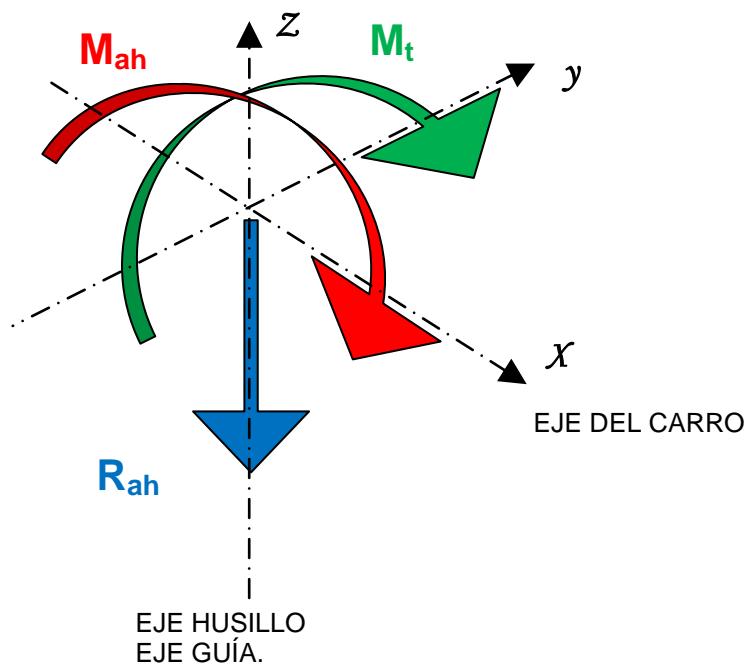
Tensiones.



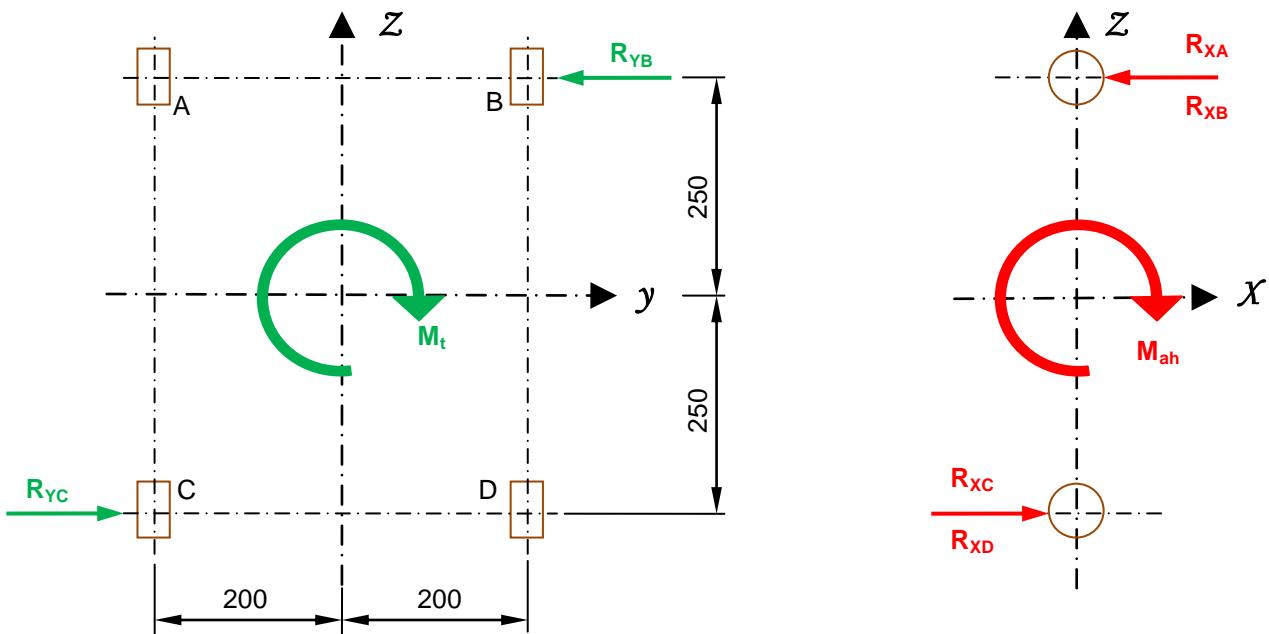
Deformaciones.



CARGA TRASMITIDA A LA GUÍA.



A las guías solo les afecta los momentos ya que R_{ah} recae sobre el husillo y la tuerca.



Aunque las ruedas estén alojadas en el carril guía, cuando se inicie la maniobra del volteo supondremos que el carro realizará un mínimo giro que hará que solo se produzcan estos esfuerzos.

Sumatorio en X

$$\sum M_X = 0 \Rightarrow M_T = d_{ZB} \cdot R_{YB} + d_{ZC} \cdot R_{YC}$$

Como: $d_{ZB} = d_{ZC} = d_Z \Rightarrow R_{YB} = R_{YC} = R_Y$

$$M_T = d_Z \cdot 2 \cdot R_Y \Rightarrow R_Y = \frac{M_T}{d_Z \cdot 2} = \frac{5000 \text{ Nm}}{0,25 \text{ m} \cdot 2} = 10000 \text{ N}$$

Sumatorio en Y

$$\sum M_Y = 0 \Rightarrow M_{AH} = d_{ZA} \cdot R_{XA} + d_{ZB} \cdot R_{XB} + d_{ZC} \cdot R_{XC} + d_{ZD} \cdot R_{XD}$$

Como: $d_{ZA} = d_{ZB} = d_{ZC} = d_{ZD} = d_Z \Rightarrow R_{XA} = R_{XB} = R_{XC} = R_{XD} = R_X$

$$M_{AH} = d_Z \cdot 4 \cdot R_X \Rightarrow R_X = \frac{M_{AH}}{d_Z \cdot 4} = \frac{95000 \text{ Nm}}{0,25 \text{ m} \cdot 4} = 95000 \text{ N}$$

Como la velocidad es muy lenta y el 90% del tiempo va a trabajar en estático miramos el catálogo de ruedas y carriles de IBERACERO y obtenemos los siguientes resultados.

Para carga axial estática 10000 N

Para carga radial estática 95000 N

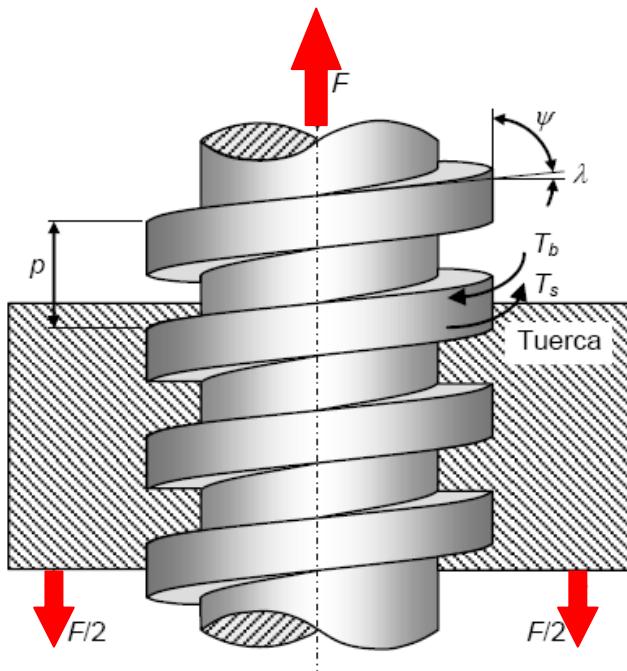
TIPO		PERFIL	$\varnothing D$ (mm)		$\varnothing D1$ (mm)	H (mm)	H1 (mm)	H2 (mm)	T (mm)	CARGA RADIAL (N)		CARGA AXIAL (N)		Velocidad max (rev/min)	Placa
con lubricación	sin lubricación		standard	ajustado						ISO 281 dinámico	ISO 76 estático	ISO 281 dinámico	ISO 76 estático		
	25-03-52	2700	52,5		25	33		6	12	25000	29000	3800	3950	800	DR25.23.62
	25-03-62	2890	62,5	63	25	38	18	7	12	25000	29000	3800	3950	800	DR25.23.62
25-23-70	25-03-70	3018/2867	70,1	70,7	35	44,2	26	8,2	18	43000	51000	14000	13000	800	DR25.23.70
25-23-70/40	25-03-70/40	3018/2867	70,1	70,7	35	40,5	26	9	18	41000	45000	8200	11000	800	DR25.23.70
25-23-78/40	25-03-78/40	3019	77,7	78,5	40	40,5	23	11,5	18	48000	57000	17000	17000	800	DR25.23.78
25-23-78/48	25-23-78/48	3019/2810	77,7	78,5	40	48	26,5	11,3	18	48000	57000	17000	17000	800	DR25.23.78
25-23-88/52	25-03-88/52	3020	88,4	89	45	52	30	13	18	65000	71000	21000	21000	750	DR25.23.88
25-23-88/57	25-03-88/57	3020/2811	88,4	89	45	57	30	13,2	18	65000	71000	21000	21000	750	DR25.23.88
25-23-101	25-03-101	2912	101,2	101,9	50	45,7	28	12,7	26	69000	82000	25000	27000	700	DR25.23.101
25-23-108/53	25-03-108/53	3100	107,7	108,5	55	53	31	14	26	77000	92000	30000	34000	650	DR25.23.108
25-23-108/69	25-03-108/69	3100/2862	107,7	108,5	60	69	36	14	26	77000	92000	30000	34000	650	DR25.23.108
25-23-123	25-03-123	2891	123	123	60	72,3	37	16,3	26	102000	132000	39000	44000	550	DR25.23.123
25-23-149	25-03-149	2757	149	150	60	78,5	43	20	40	145000	191000	64000	66000	450	DR25.23.149
25-23-150	25-03-150	2757	150	150	70	95	54	25	45	172000	205000	71000	77000	400	DR25.23.149
25-23-165	25-03-165		165	165	70	95	54	25	45	172000	205000	71000	77000	400	DR25.23.165
	25-03-174 - A		174		80	95	55	24	63	280000	520000	13000	210000	300	
	25-03-174 - B		185		80	95	55	24	63	280000	520000	13000	210000	300	

Modelo de rueda 25-23-123 y modelo de carril 2891 están diseñados para unos esfuerzos de:

Axial estática 44000 N

Radial estática 132000 N

TORNILLO DE POTENCIA



Material elegido para el husillo por sus características.

Material 1.0401 (C15) con tratamiento superficial: Este es el material empleado en nuestras barras estándar de catálogo o tarifa. También se emplea en la fabricación del 90% de los husillos.

- Resistencia a la tracción (N/mm²):400.
- Alargamiento % :14 - 16.
- Dureza Brinell HB kg/mm²:200 - 240

Propiedades: material de buena resistencia. Admite la soldadura. Buen comportamiento a la fricción. Buen material para temple y revenido consiguiendo alta tenacidad. El límite elástico de los aceros al carbono templados y revenidos es muy superior al de los aceros normalizados.

Como nuestro husillo siempre trabajará ha tracción vamos a hacer un primer cálculo para saber cuál va a ser el diámetro interior mínimo que necesitamos.

ESFUERZO DE TRACCIÓN.

$$C_{SR} = 4$$

$$C_{SR} = \frac{\sigma_{real}}{\sigma_{adm.máx}} \Rightarrow \sigma_{adm.máx} = \frac{\sigma_{real}}{C_{SR}}$$

$$\sigma_{adm.máx} = \frac{400}{4} = 100 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{adm.máx} = \frac{R}{A_i} \Rightarrow A_i = \frac{R}{\sigma_{adm.máx}} = \frac{35000 \text{ N}}{100 \text{ N/mm}^2} = 350 \text{ mm}^2$$

$$A_i = 350 \text{ mm}^2$$

$$A_i = \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} \Rightarrow d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot A_i}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 350}{\pi}} = 21,11 \text{ mm.}$$

Teniendo en cuenta este valor y sabiendo que lo que más sufrirán son los filetes vamos a realizar todos los cálculos para la rosca TR.50X8

MOMENTO ÚTIL DEL EJE.

$$F = 35000 \text{ N}$$

$$V_e = 2 \text{ M/min.}$$

$$p = 8 \text{ mm}$$

$$M_u^{eje} = \frac{F \cdot p}{2 \cdot \pi} = \frac{3500 \text{ N} \cdot 8 \text{ mm}}{2 \cdot \pi} = 44563,38 \text{ Nmm}$$

Y si $w_{motor} = 1490 \text{ rpm}$

$$w_{eje} = \frac{V_e}{p} = \frac{2 \text{ M/min.}}{0,008 \text{ m/rev.}} = 250 \text{ rpm}$$

Como $w_{motor} = i \cdot w_{eje}$

$$i = \frac{w_{motor}}{w_{eje}} = \frac{1490 \text{ rpm}}{250 \text{ rpm}} = 5,96$$

Y si lo aplicamos a los momentos:

$$M_u^m = \frac{M_u^{eje}}{i} = \frac{44563,38 \text{ Nmm}}{5,96} = 7477,1 \text{ Nmm}$$

Según notas sacadas de los apuntes el rendimiento de un tornillo de potencia es:
 $\eta = 0,4$

$$M_m = \frac{M_u^m}{\eta} = \frac{7477,1 \text{ Nmm}}{0,4} = 18692,7 \text{ Nmm}$$

$$M_m = 18,7 \text{ Nm}$$

Requisitos que necesitamos $w_{motor} = 1490 \text{ rpm}$: y $M_m = 18,7 \text{ Nm}$

Si miramos en catálogo tenemos que irnos a $w_{motor} = 1500 \text{ rpm}$ y $M_m = 20 \text{ Nm}$ con un rendimiento de $\eta = 85\%$

Y un reductor de $i = 7,5$

Conjunto comercial de elevación:

REDUCTOR BWQ75

$i = 7,5$

$M_2 = 243 \text{ Nm}$

$n_2 = 186$

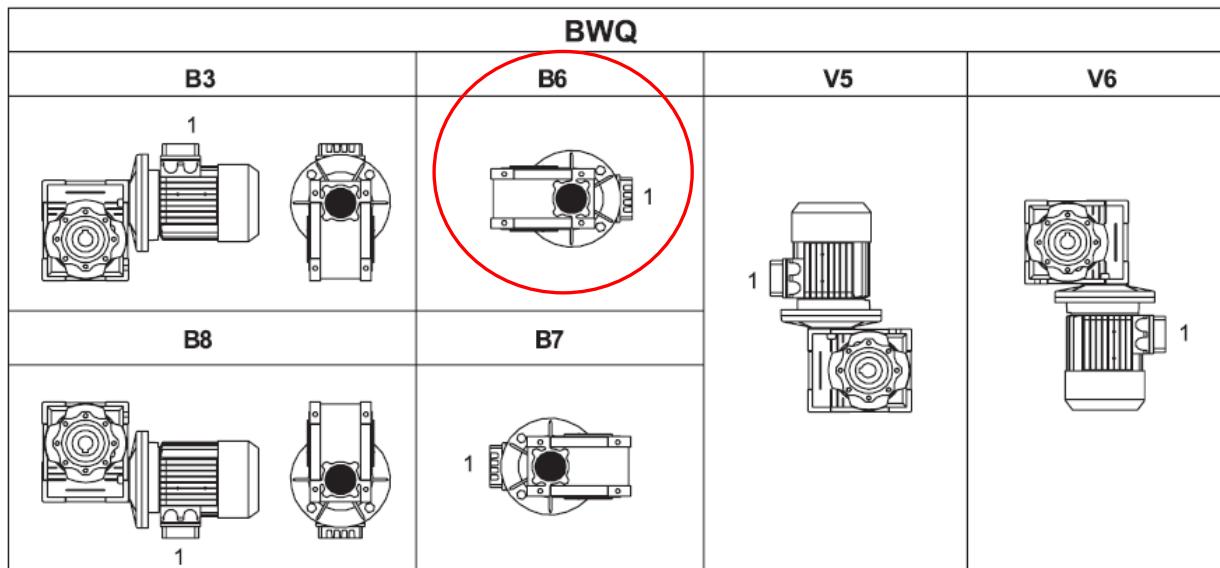
$\eta = 94\%$

MOTOR 100 LB

$w_{motor} = 1400 \text{ rpm}$

$M = 20 \text{ Nm}$

$\eta = 85\%$

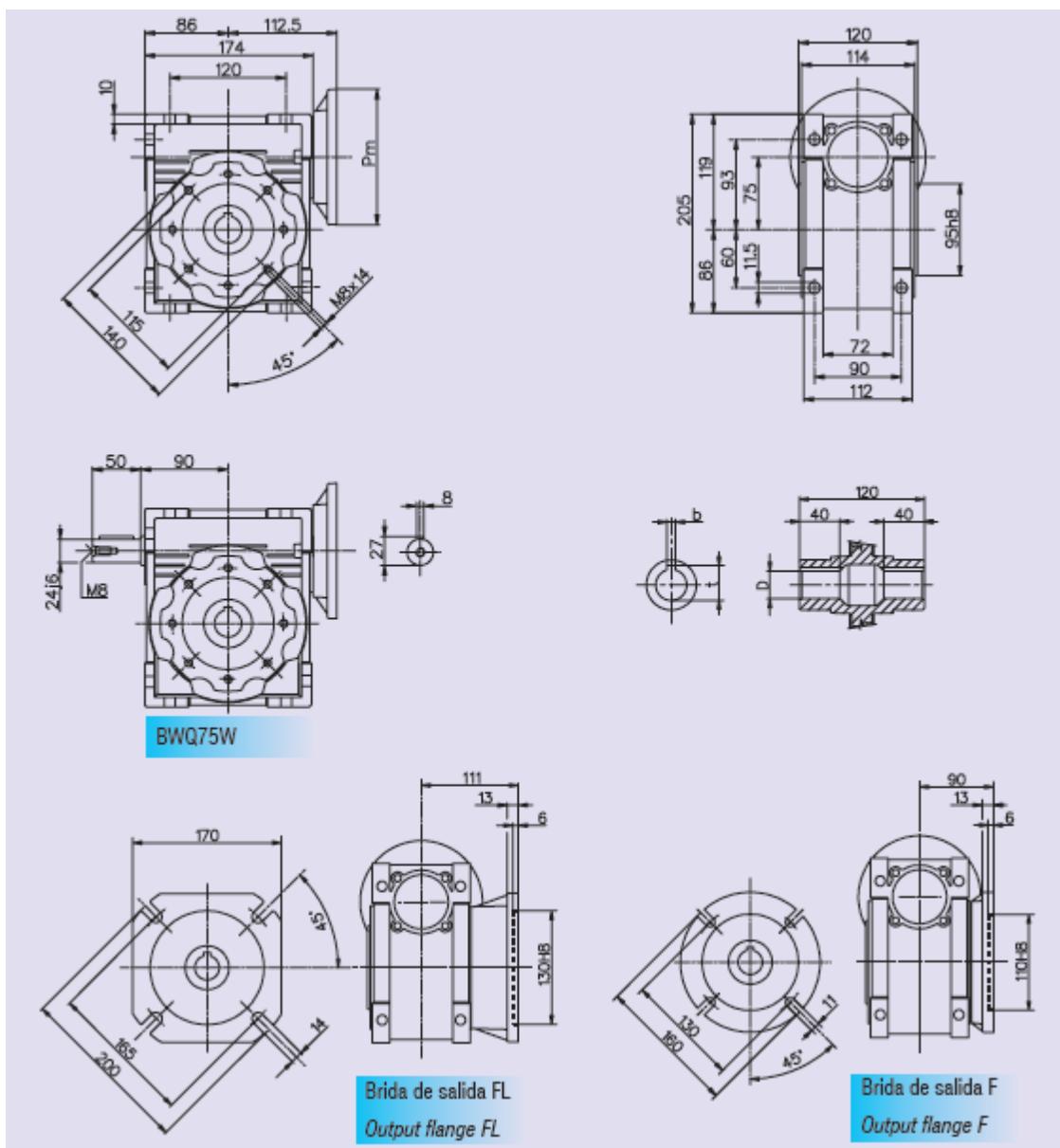


Características y dimensiones del reductor:

SELECCIÓN / SELECTION

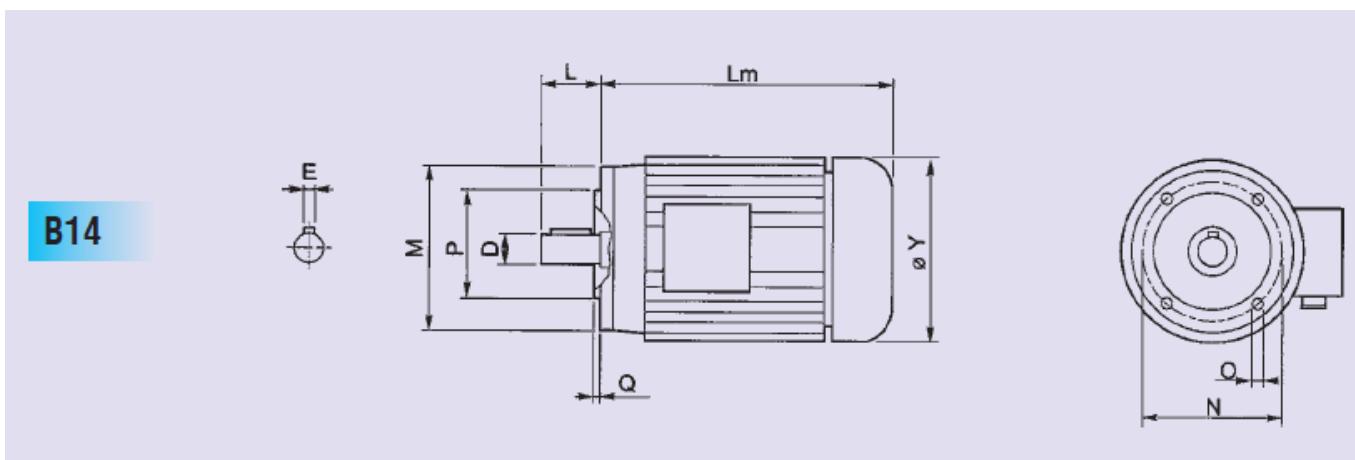
Type	n ₂	Ratio :1	Max kW	M ₂ nM	Max M ₂ nM	Eff %
BWQ 75	186	7.5:1	5.20	243	596	94
	140	10:1	3.70	242	593	92
	93	15:1	2.50	240	588	90
	70	20:1	2.10	260	636	87
	56	25:1	1.80	259	635	81
	47	30:1	1.50	250	611	78
	35	40:1	1.20	259	635	76
	28	50:1	0.90	227	556	71
	23	60:1	0.80	232	522	68
	20	70:1	N/A			
	18	80:1	0.60	212	476	62
	14	100:1	0.50	203	456	57

	Motor Frame Size (kW)											
	80	80	90	90	100	100	112	132	132	160	160	160
186			1.1	1.5	2.2	3.0	4.0					
140			1.1	1.5	2.2	3.0	4.0					
93	0.55	0.75	1.1	1.5								
70	0.55	0.75	1.1	1.5	2.2	3.0						
56	0.55	0.75	1.1	1.5								
47	0.55	0.75	1.1	1.5								
35	0.55	0.75	1.1	1.5								
28	0.55	0.75	1.1	1.5								
23	0.55	0.75										
20	0.55	0.75										
18	0.55											
14	0.55											



Usaremos el modelo de brida de salida FL para su acoplamiento a la máquina.

El motor será de brida B14 de 3 KW y las siguientes dimensiones.



	2 / poles			4 / poles			6 / poles			B5-B14					B5				B14				Kg			
	kW	Nm	A (400V)	kW	Nm	A (400V)	kW	Nm	A (400)	D	E	L	Lm	Y	P	N	M	O	Q	P	N	M	O	Q		
56 A	0.09	0.3	0.38	0.06	0.4	0.38	-	-	-	9	3	20	169	107	80	100	120	9	2.5	50	65	80	M5	2.5	2.7	
56 B	0.12	0.5	0.53	0.09	0.6	0.43	-	-	-																2.9	
63 A	0.18	0.6	0.58	0.12	1.0	0.57	0.09	1.0	0.54	11	4	23	191	123	95	115	140	9.5	3	60	75	90	M5	2.5	3.8	
63 B	0.25	0.9	0.90	0.18	1.4	0.65	0.12	1.4	0.67																4.2	
71 A	0.37	1.2	1.0	0.25	1.7	0.86	0.18	1.9	0.75	14	5	30	213	142	110	130	160	9.5	3.5	70	85	105	M6	2.5	5.9	
71 B	0.55	1.9	1.5	0.37	2.6	1.3	0.25	2.8	0.9																6.5	
80 A	0.75	2.5	1.8	0.55	3.9	1.6	0.37	4.0	1.4	19	6	40	237	160	130	165	200	11.5	3.5	80	100	120	M6	3	8.5	
80 B	1.1	3.8	2.5	0.75	5.2	2.2	0.55	5.8	2.0																10	
90 S	1.5	5.0	3.9	1.1	7.8	3.0	0.75	8.0	2.2				257													12,5
90 L	2.2	7.5	5.5	1.5	10	4.0	1.1	12	3.2	24	8	50	282	180	130	165	200	11.5	3.5	95	115	140	M8	3	15	
90 LL	-	-	-	1.8	12	5.2	-	-	-				282													17
100 LA	3	10	6.4	2.2	15	5.9	1.5	15	4.3				313	198												20
100 LB	-	-	-	3	20	7.5	1.8	19	5.0	28	8	60	313	198	180	215	250	13	4	110	130	160	M8	3.5	22	
112 M	4	13,8	9,0	4	27	9,6	2,2	23	5,8				332	224												35
132 S	5.5	18	12.7		5.5	37	12.4	3	31	7.2			362													41
	7.5	25	17,0										402													51
132 M	9	30	18,5	7,5	50	16	4	42	10,8				402	252	230	265	300	14	4							51
132 L	-	-	-	9	62	19,5	5,5	56	14,0				402													61
160 M	11	37	24		11	74	25	7,5	74	17,0			491													102
	15	48	29										491	316	250	300	350	18	5							102
160 L	18,5	63	35	15	98	34	11	113	25				536													115
180 M	22	75	42	18,5	123	41	-	-	-				555													121
180 L	-	-	-	22	147	45	15	150	31				597	360	250	300	350	18	5							140
200 L	-	-	-	30	195	56	18,5	196	37				745	395	300	350	400	18	5							250
	-	-	-	--	-	-	22	233	43				745													250

MOMENTO MÁXIMO EN EL ARRANQUE.

ARRANQUE EN SENTIDO ASCENDENTE.

$$M_0 = P \cdot r_m \cdot \tan(\theta_s + \alpha)$$

$$P \rightarrow \text{Carga} = 35000N$$

$$r_m \rightarrow \text{radio medio} = 22,85 \text{ mm.}$$

$$\theta_s = \tan^{-1} \mu_{estat.} = 0,18$$

$$\alpha = \frac{p}{2 \cdot \pi \cdot r_m} = \frac{8 \text{ mm.}}{2 \cdot \pi \cdot 22,85 \text{ mm.}} = 0,06$$

$$M_0 = 3290,3 \text{ Nmm}$$

$$M_0 = 3,3 \text{ Nm}$$

Si el par máximo que tenemos en el eje es:

$$M_{husillo}^{util} = M_m \cdot \mu_m \cdot i = 20 \cdot 0,85 \cdot 7,5 \cdot 0,94 = 119,85 \text{ Nm}$$

$$M_{husillo}^{util} = 119,85 \text{ Nm}$$

Comprobamos que tenemos potencia de sobras para realizar el arranque de elevación y como este es mayor que el de descenso, también para este tenemos potencia de sobras.

HUSILLO TRAPEZOIDAL TECNOPOWER.

Vamos a seguir las pautas que nos pide Tecnopolymer para el uso de sus husillos trapezoidales.

Grado de carga de los husillos trapezoidales.

Como principio general, el grado de carga de los husillos trapezoidales depende de su material, calidad de la superficie, condiciones de lubricación, velocidad y temperatura, y por lo tanto del ciclo de trabajo y la previsión para la dispersión del calor.

La presión permitida en la superficie dependerá básicamente de la velocidad del husillo.

Para todos los movimientos la presión en la superficie no deberá exceder los 5 N/mm^2 .

Tabla 1

Factores de pv

Material	Factor de pv ($\text{N/mm}^2 \cdot \text{m/min}$)
G-CuSn 7-ZnPb (Rg 7)	300
G-CuSn 12 (G-SnBz (Rg 12))	400
Plástico NEKU-1	100
Acero de fundición CG 22 / CG 25	200

SUPERFICIE DE CONTACTO REQUERIDA A_{erf}

$$A_{erf} = \frac{F}{P_{zul}} [\text{mm}^2]$$

F = Carga axial (N)

P_{zul} = Presión de la superficie máxima permitida = 5 N/mm^2

$$A_{erf} = \frac{35000 \text{ N}}{5 \text{ N/mm}^2} = 7000 \text{ mm}^2$$

$A_{erf} = 7000 \text{ mm}^2$

VELOCIDAD LINEAL MÁXIMA V_{Gzul}

$$V_{Gzul} = \frac{pv \text{ factor}}{P_{zul}} [\text{m/min.}] \quad \text{Factor de } pv \rightarrow \text{tabla 1}$$

$P_{zul} = \text{Presión de la superficie máxima permitida} = 5 \text{ N/mm}^2$

$$V_{Gzul} = \frac{300 \text{ N/mm}^2 \cdot \text{m/min.}}{5 \text{ N/mm}^2} = 60 \text{ m/min.}$$

$V_{Gzul} = 60 \text{ m/min.}$

VELOCIDAD DE ROTACIÓN MÁXIMA PERMITIDA n

$$n = \frac{V_{Gzul} \cdot 1000}{D \cdot \pi} [1/\text{min.}] \quad V_{Gzul} = \text{velocidad maxima (m/min.)}$$

$D = \text{diámetro primitivo (mm)}$

$$V_{Gzul} = \frac{60 \text{ m/min.} \cdot 1000}{46 \text{ mm} \cdot \pi} = 415,2 \text{ 1/min.}$$

$V_{Gzul} = 415,2 \text{ 1/min.}$

VELOCIDAD s

$$s = \frac{n \cdot P}{1000} [\text{m/min.}] \quad P = \text{paso de la rosca (mm)}$$

$n = \text{velocidad de rotación (rpm)}$

$$s = \frac{418 \cdot 8}{100} = 3,32 \text{ m/min.}$$

$s = 3,32 \text{ m/min.}$

Velocidad crítica en los husillos trapezoidales.

Con husillos de pequeños diámetros y velocidades de rotación rápida, hay peligro de pandeo. El método que se describe a continuación permite que se pueda estimar cuál es la frecuencia de resonancia, asumiendo un montaje lo suficientemente rígido. Las velocidades cerca de la velocidad crítica también incrementan el riesgo de flexión lateral. La velocidad crítica está por tanto incluida en el cálculo de la longitud crítica.

VELOCIDAD DE ROTACIÓN DEL HUSILLO MÁXIMA PERMITIDA n_{zul}

$$n_{zul} = n_{kr} \cdot f_{kr} \cdot C_{kr} [1/min]$$

$$C_{kr} = \frac{n_{zul}}{n_{kr} \cdot f_{kr}}$$

n_{kr} = Velocidad teórica crítica del husillo → *Gráfica 1*

f_{kr} = Factor de corrección por el tipo de montaje → *Tabla 2*

C_{kr} = Factor de corrección por flexión lateral → *Gráfica 2*

Gráfica 1

Velocidad crítica teórica n_{kr} (rpm)

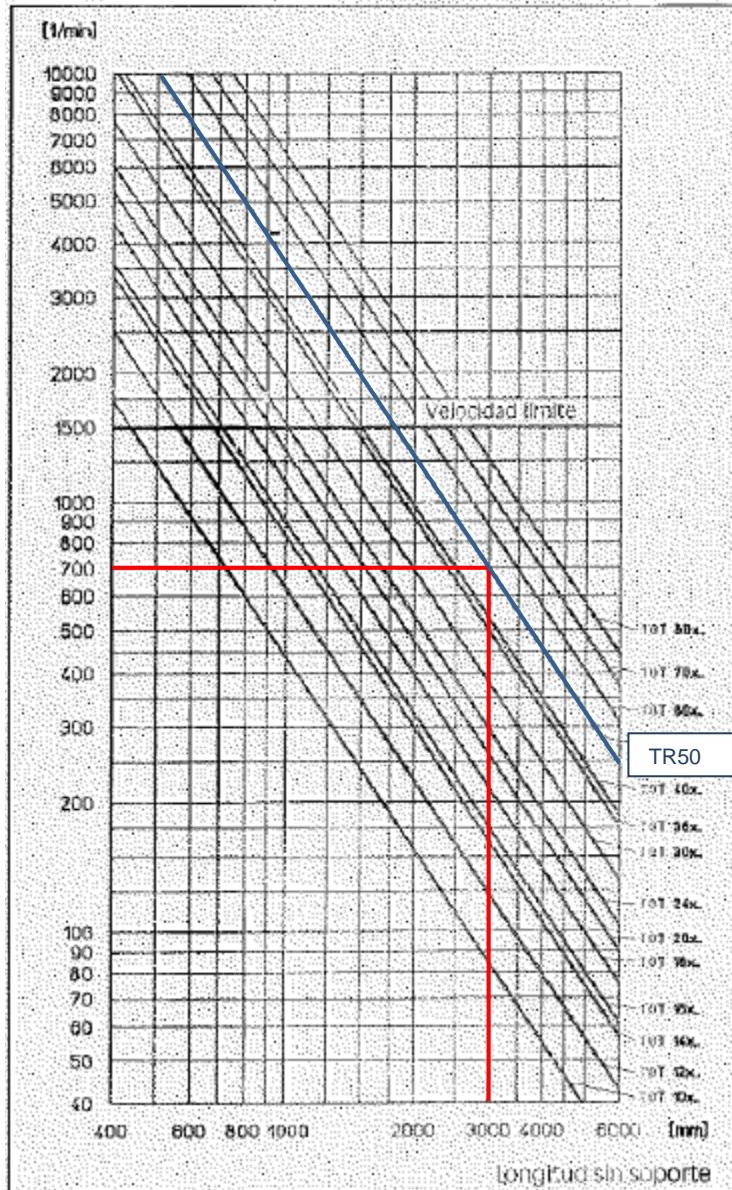
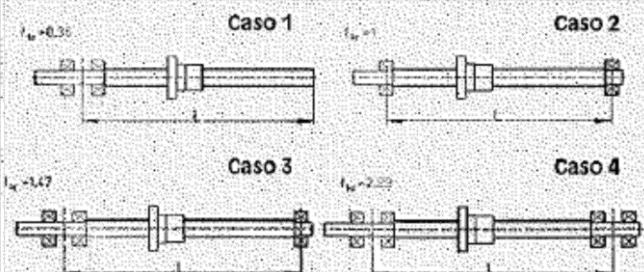


Tabla 2

Los valores típicos del factor de corrección F_{kr} (para calcular la velocidad crítica n_{kr}), corresponden a los tipos de montaje de rodamientos.



$$f_{kr} = 1,47$$

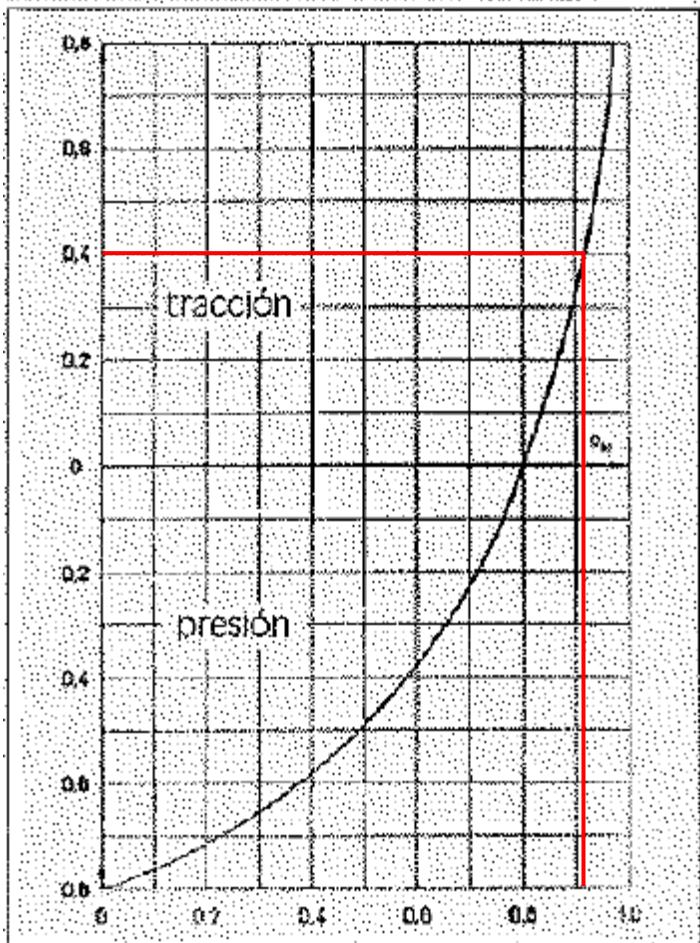
$$n_{kr} = 700 [1/min]$$

$$C_{kr} = \frac{n_{zul}}{n_{kr} \cdot f_{kr}} = \frac{415,2}{700 \cdot 1,47} = 0,4$$

C_{kr}
 $= 0,4$

Gráfica 2

Factor de corrección c_k (C_{kr})



$C_k = 0,91$

FUERZA MÁXIMA AXIAL PERMITIDA F_{zul}

$$F_{zul} = F_k \cdot f_k \cdot C_k [1/min]$$

F_k = Fuerza teórica crítica de flexión (kN) → Gráfica 3

f_k = Factor de corrección por el tipo de fijación → Tabla 3

C_k = Factor de corrección por velocidad crítica → Gráfica 2

Gráfica 3

Fuerza de flexión teórica crítica F_k (kN)

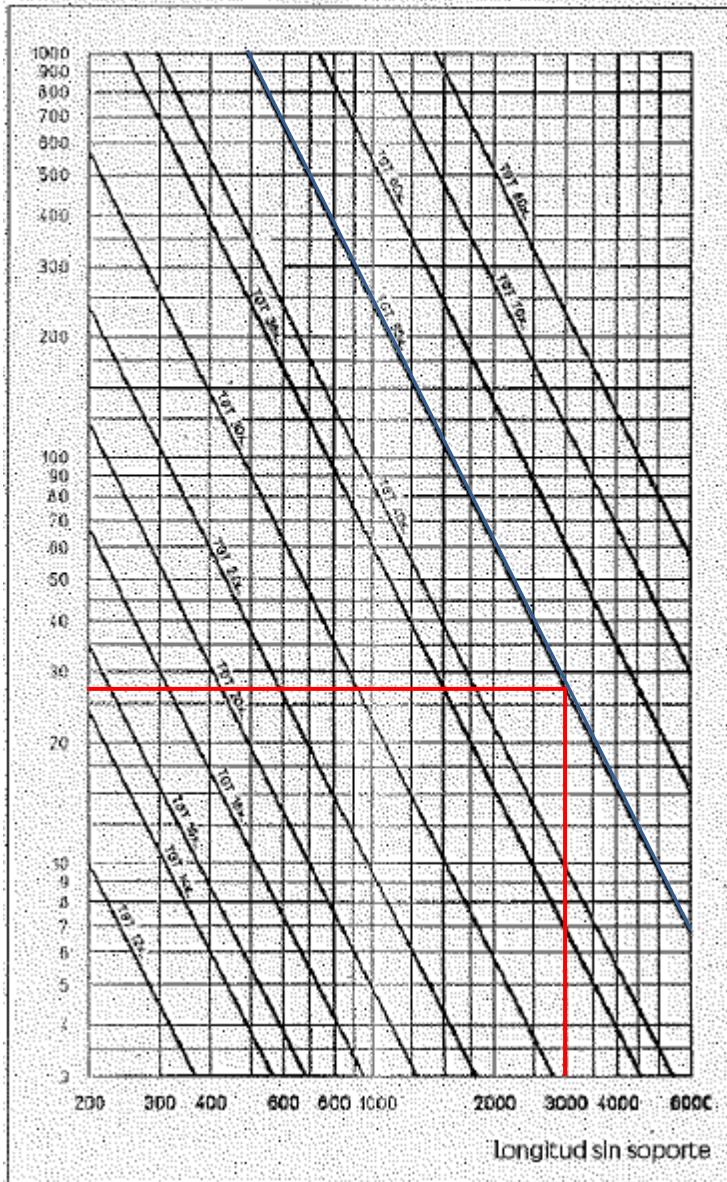
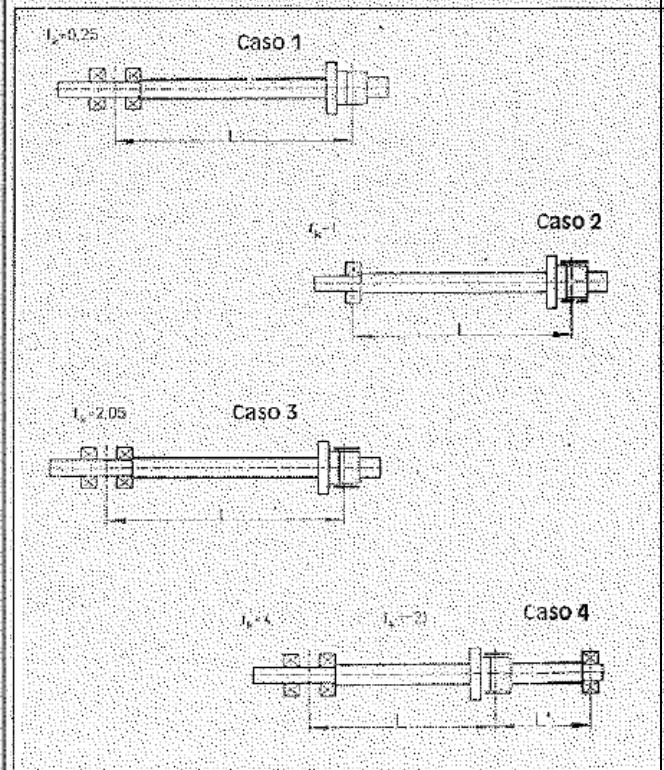


Tabla 3

Los valores típicos del factor de corrección C_k para calcular la fuerza crítica de flexión (F_k) en cuatro tipos de fijación del husillo estándar de NEFF.



$$f_{kr} = 4$$

$$F_k = 27 \text{ [kN]}$$

$$F_{zul} = F_k \cdot f_k \cdot C_k = 27 \cdot 4 \cdot 0,91 = 98,28 \text{ kN}$$

$$F_{zul} = 98,28 \text{ kN}$$

PAR NECESARIO DE APLICACIÓN M_d

El par necesario con husillo depende de la carga axial, el paso del husillo y de los rodamientos.

$$M_d = \frac{F \cdot P}{2000 \cdot \pi \cdot \eta_A} \quad [Nm]$$

$F = \text{Carga axial total (N)}$
 $P = \text{paso del husillo}$
 $\eta_A = \text{rendimiento del sistema}$
 $\eta_{TGT} \cdot \eta_{\text{rod. fijo}} \cdot \eta_{\text{rod. móvil}}$

$$M_d = \frac{35000 \cdot 8}{2000 \cdot \pi \cdot 0,34 \cdot 0,9} = 145,36 \text{ Nm}$$

$M_d = 145,36 \text{ Nm}$

MOVIMIENTO P_a

$$P_a = \frac{M_d \cdot V}{9550} \quad [kW]$$

$M_d = \text{Par requerido (Nm)}$
 $V = \text{Velocidad de rotación del husillo (rpm)}$

$$P_a = \frac{145,36 \cdot 250}{9550} = 6,3 \text{ kW}$$

$P_a = 3,8 \text{ kW}$

¡OJO! Con este resultado acabamos de cambiar de 3 kW a 4 kW.

Así pues a partir de ahora lo deberemos tener en cuenta para nuestros cálculos.

Fuerza máxima que puede soportar nuestro diseño. $F_{zul} = 98,28 \text{ kN}$
 Potencia necesaria para realizar la operación de levante: $P_a = 3,8 \text{ kW}$

Tenemos un pequeño inconveniente. La superficie de contacto que se solicita es de 7000 mm² y la tuerca comercial que lo cumple es la TR60x9 con un área de 7320 mm².

Como el resto de resultados estamos dentro de los parámetros que nuestras especificaciones técnicas, incluso con relativa holgura, vamos a potar por dejar el husillo TR50x8 y fabricar para nuestra máquina una tuerca nueva mecanizada pero con una longitud (Lx) mayor que la comercial, que nos permita alcanzar dicha superficie de contacto.

Si LRM TR0x8 => $L = 100 \text{ mm.} \rightarrow A_r = 5060 \text{ mm.}$
 $L_x = x \text{ mm.} \rightarrow A_r = 7000 \text{ mm.}$

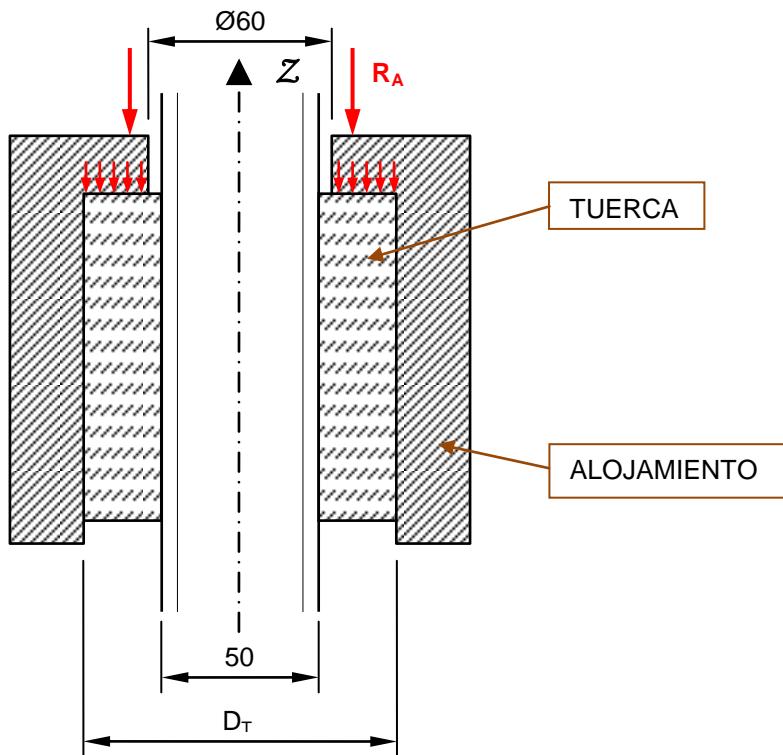
$$L_x = \frac{7000 \cdot 100}{5060} = 138 \text{ mm.}$$

$L_x = 150 \text{ mm.}$

TUERCA DE BRONCE. DIMENSIONES.

FALLO POR APLASTAMIENTO.

El siguiente esquema nos enseña como es el montaje de la tuerca de bronce con el alojamiento del carro de elevación.



$$\sigma_{adm.} = \frac{F}{A_R} \Rightarrow A_R = \frac{R_A}{\sigma_{adm.}}$$

$$\sigma_{adm.} = \frac{\sigma_R}{C_{SR}} = \frac{240 \text{ N/mm}^2}{4} = 60 \text{ N/mm}^2$$

$$A_T = \frac{R_A}{\sigma_{adm.}} = \frac{35000 \text{ N}}{60 \text{ N/mm}^2} = 583,33 \text{ mm}^2$$

$$A_T = \frac{\pi \cdot (D_T^2 - d_r^2)}{4} = 583,33 \text{ mm}^2$$

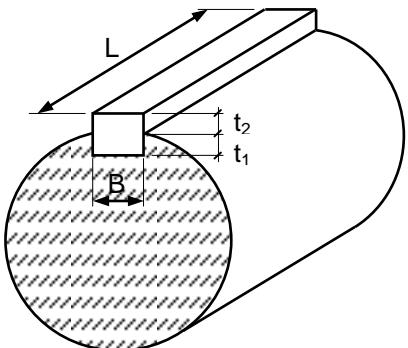
$$\pi \cdot (D_T^2 - d_r^2) = 4 \cdot 583,33 \text{ mm}^2$$

$$D_T = \sqrt{\frac{4 \cdot 583,33 + \pi \cdot 60^2}{\pi}} = 65,899 \text{ mm}$$

$$D_T = 66 \text{ mm}$$

Con esta pared resultaría imposible mecanizar chaveta exterior y la rosca interior.

CÁLCULO DE LA CHAVETA.



Material Tuerca => $\sigma_{tu}=240 \text{ MPa}$

Material Alojamiento => $\sigma_{Al}=275 \text{ MPa}$

$L = 130 \text{ mm.}$

$$M_{\text{máx. Eje}} = M_m \times i_{\text{red}} = 20 \times 7,5 = 150 \text{ Nm}$$

$$C_{SR} = 4$$

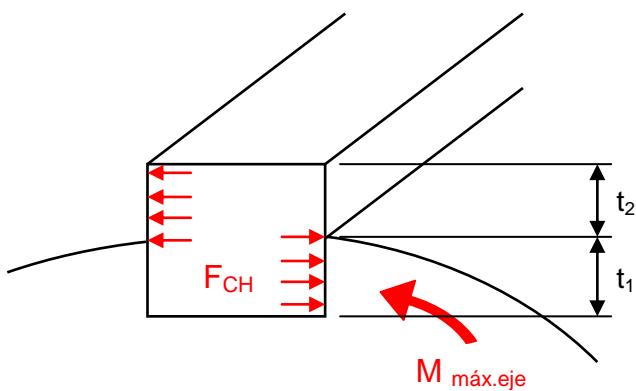
$$\tau_{adm.} = \frac{\sigma_{adm.}}{2}$$

Como el bronce es más débil que el acero vamos a calcular la dimensión de la chaveta tomando como referencia los esfuerzo sobre el bronce.

$$\sigma_{adm.} = \frac{\sigma_{RB}}{C_{SR}} = \frac{240 \text{ MPa}}{4} = 60 \text{ MPa}$$

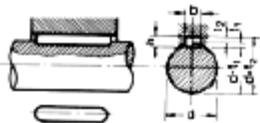
$$\tau_{adm.} = \frac{\tau_{RB}}{C_{SR}} = \frac{240 \text{ MPa} \cdot 0,5}{4} = 30 \text{ MPa}$$

FALLO POR APLASTAMIENTO

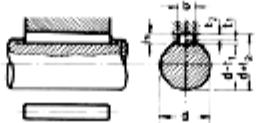


La tuerca comercial para el husillo TR50 tiene un diámetro exterior de 90 mm.

Vamos a realizar los siguientes cálculos con estos datos.



Chaveta paralela
S/DIN-6885/1



Chaveta de cuña
S/DIN-6886



Chaveta de cuña con cabeza
S/DIN-6887

Ø Eje d (mm) desde- hasta	Medidas chaveta b x h mm	Medidas del chavetero en el cubo				Medidas del chavetero en el eje para chavetas paralelas y de cuña		Medidas de los ejes en el cubo de la rueda	
		Chaveta paralela S/DIN 6885/1		Chaveta de cuña S/DIN 6886 y 6887		t ₁ m/m	Tol. admisible (en altura) m/m	Ø m/m desde- hasta	Tol. H-7 m/m
		d + t ₂ m/m	Tol. Admisible (en altura) m/m	d + t ₂ m/m	Tol. admisible (en altura) m/m				
17-22	6x6	d+2,6	+0,1	d+2,1	+0,1	3,5	+0,2	10-18	+0,018 0
22-30	8x7	d+3,0		d+2,4		4,1		30-50	+0,025 0
30-38	10x8	d+3,4		d+2,8		4,7		50-80	+0,030 0
38-44	12x8	d+3,2		d+2,6		4,9		80-120	+0,035 0
44-50	14x9	d+3,6		d+2,9		5,5		120-180	+0,040 0
50-58	16x10	d+3,9		d+3,2		6,2			
58-65	18x11	d+4,3		d+3,5		6,8			
65-75	20x12	d+4,7		d+3,9		7,4			
75-85	22x14	d+5,6		d+4,8		8,5			
85-95	25x14	d+5,4	+0,2	d+4,6	+0,2	8,7			
95-110	28x16	d+6,2		d+5,4		9,9	+0,3	180-250	+0,046 0
110-130	32x18	d+7,1		d+6,1		11,1		250-315	+0,052 0
130-150	36x20	d+7,9		d+6,9		12,3		315-400	+0,057 0
150-170	40x22	d+8,7		d+7,7		13,5		400-500	+0,063 0
170-200	45x25	d+9,9		d+8,9		15,3			
200-230	51x28	d+11,2		d+10,1		17			
230-260	56x32	d+12,9		d+11,8		19,3			
260-290	63x32	d+12,6	+0,3	d+11,5	+0,3	19,6			

Para un diámetro exterior de 90 mm. debemos trabajar con la chaveta 25x14. Comprobamos las medidas de chavetas normalizadas.

Para dicha chaveta obtenemos: $t_1 = 8,7 \text{ mm.}$
 $t_2 = 5,4 \text{ mm.}$

CHAVETA PARALELA - FORMA A

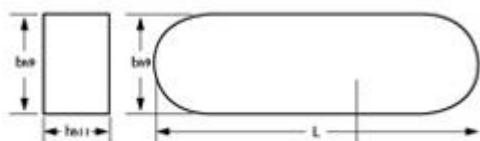
Parallel Key- A Form

Clavettes Parallèles - Forme A



DIN 6885A

Material Acero F -114 / Steel



b (mm)	h (mm)	L (mm)													
2	2	8		10	20				35	110	140				
		10		12	22				36	120	150				
		12		14	25				40	125	160				
		14		15	28				45	130	160				
		16		16	30				50	140	200				
		20							55	160	220				
				8					56	70					
				10					60	80					
									63	90					
									65	100					
3	3	8		18	32				70	110	120				
		10		20	35				80	120	125				
		12		22	36				90	125	140				
		14		25	40				100	130	150				
		15		28	45				110	140	160				
		16		30	50				120	150	180				
		18		32	55				125	160	200				
		20		35	56				130	180	220				
		22		36	60				140	200	100				
		25		40	63				150	200	110				
4	4	8		18	32				160	200	120				
		10		20	35				170	220	140				
		12		22	36				180	220	160				
		14		25	40				190	220	180				
		15		28	45				200	220	200				
		16		30	50				210	220	220				
		18		32	55				220	220	220				
		20		35	60				230	220	110				
		22		36	63				240	160	120				
		25		40	65				250	180	125				
5	5	8		18	32				260	200	140				
		10		20	35				270	150	150				
		12		22	36				280	160	160				
		14		25	40				290	180	180				
		15		28	45				300	200	200				
		16		30	50				310	220	220				
		18		32	55				320	220	220				
		20		35	60				330	220	220				
		22		36	63				340	220	220				
		25		40	65				350	220	220				
6	6	8		18	32				360	220	220				
		10		20	35				370	220	220				
		12		22	36				380	220	220				
		14		25	40				390	220	220				
		15		28	45				400	220	220				
		16		30	50				410	220	220				
		18		32	55				420	220	220				
		20		35	60				430	220	220				
		22		36	63				440	220	220				
		25		40	65				450	220	220				
7	7	8		18	32				460	220	220				
		10		20	35				470	220	220				
		12		22	36				480	220	220				
		14		25	40				490	220	220				
		15		28	45				500	220	220				
		16		30	50				510	220	220				
		18		32	55				520	220	220				
		20		35	60				530	220	220				
		22		36	63				540	220	220				
		25		40	65				550	220	220				
8	8	8		18	32				560	220	220				
		10		20	35				570	220	220				
		12		22	36				580	220	220				
		14		25	40				590	220	220				
		15		28	45				600	220	220				
		16		30	50				610	220	220				
		18		32	55				620	220	220				
		20		35	60				630	220	220				
		22		36	63				640	220	220				
		25		40	65				650	220	220				
9	9	8		18	32				660	220	220				
		10		20	35				670	220	220				
		12		22	36				680	220	220				
		14		25	40				690	220	220				
		15		28	45				700	220	220				
		16		30	50				710	220	220				
		18		32	55				720	220	220				
		20		35	60				730	220	220				
		22		36	63				740	220	220				
		25		40	65				750	220	220				
10	10	8		18	32				760	220	220				
		10		20	35				770	220	220				
		12		22	36				780	220	220				
		14		25	40				790	220	220				
		15		28	45				800	220	220				
		16		30	50				810	220	220				
		18		32	55				820	220	220				
		20		35	60				830	220	220				
		22		36	63				840	220	220				
		25		40	65				850	220	220				

Chaveta de 25x14 longitud 130 mm.

Entonces consideramos $L_{CH} = 130$ mm.

$$M_{\max.eje} = 150 \text{ Nm.} = F_{CH} \cdot \frac{D_T}{2}$$

$$F_{CH} = \frac{150 \text{ Nm} \cdot 2}{D_T}$$

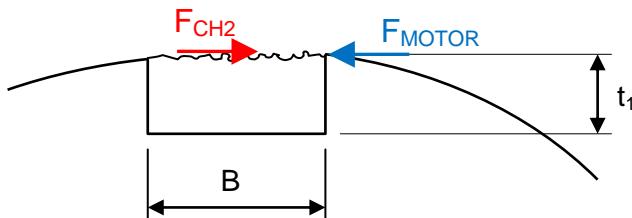
$$\sigma_{adm.} = \frac{F_{CH}}{A_{CH1}} \Rightarrow A_{CH1} = \frac{F_{CH}}{\sigma_{adm.}} = \frac{300000 \text{ Nmm}}{60 \text{ N/mm}^2 \cdot D_T} = \frac{5000}{D_T} \text{ mm}^2$$

$$A_{CH1} = \frac{5000}{90} = 55,56 \text{ mm}^2$$

$$A_{CH1} = t_1 \cdot L_{CH} \Rightarrow t_1 = \frac{55,56}{130} = 0,43 \text{ mm}$$

Teóricamente para nuestras cargas necesitaríamos una altura de chaveta de 0,43 mm con lo que con nuestra chaveta de 25 x 14 no tendremos ningún problema.

FALLO POR CIZALLA.



$$F_{MOTOR} = \frac{150 \text{ Nm} \cdot 2}{90} = 3333,33 \text{ N}$$

$$A_{CH2} = \frac{F_{CH2}}{\tau_{adm.}} = \frac{3333,33 \text{ N}}{30 \text{ N/mm}^2} 111,11 \text{ mm}^2$$

$$A_{CH2} = 111,11 \text{ mm}^2 = B \cdot 130 \Rightarrow B = \frac{111,11 \text{ mm}^2}{130 \text{ mm}} = 0,85 \text{ mm}$$

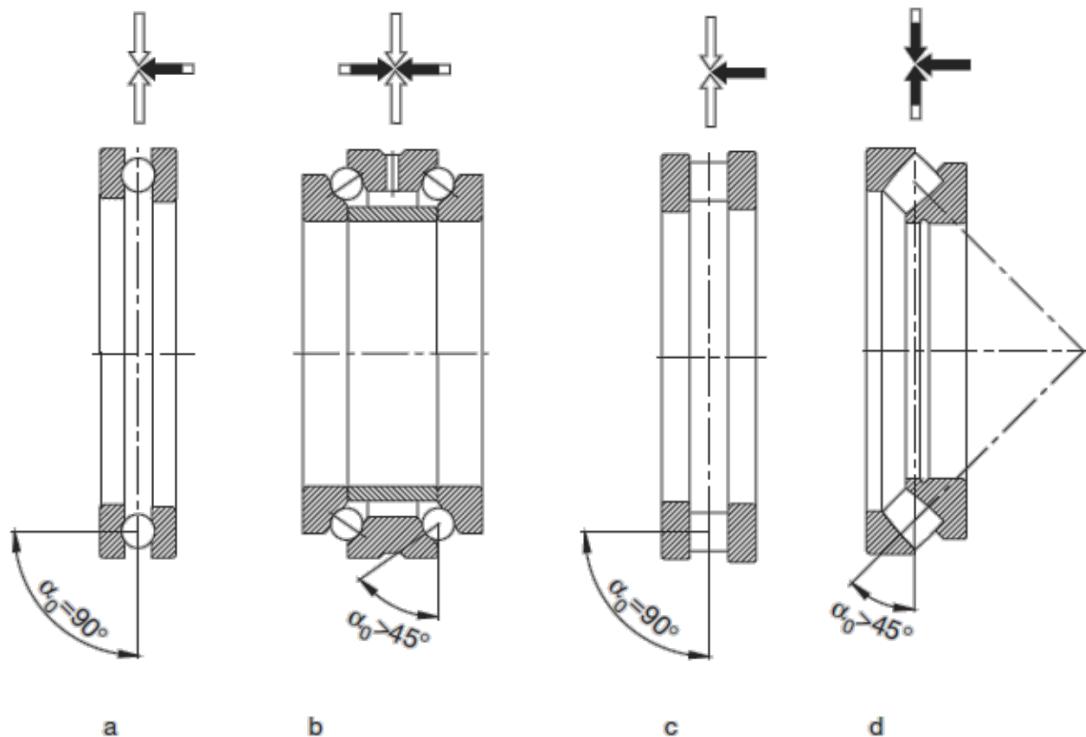
Teóricamente para nuestras cargas necesitaríamos una anchura de chaveta de 0,85 mm con lo que con nuestra chaveta de 25 x 14 no tendremos ningún problema.

RODAMIENTO Y ALOJAMIENTO.

RODAMIENTO.

Solo va a soportar carga axial.

Rodamientos axiales con un ángulo de contacto nominal de $\alpha_0 > 45^\circ$ principalmente para cargas axiales a= rodamiento axial de bolas, b = rodamiento axial de bolas de contacto angular, c = rodamiento axial de rodillos cilíndricos, d = rodamiento axial oscilante de rodillos.

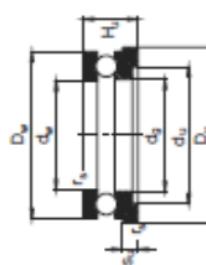
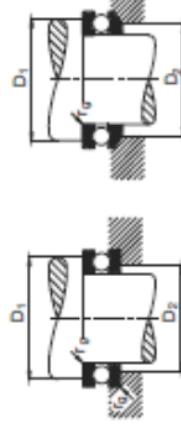
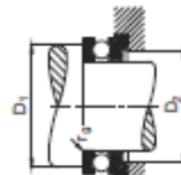


Por nuestro tipo de montaje, necesitamos que el alojamiento del eje interior sea mayor de 50mm ya que debe de pasar a través del husillo TR50

También cogeremos un rodamiento oscilante, así nos permitirá absorber las desviaciones del propio eje así como las desviaciones que se puedan producir en el montaje.



Los rodamientos pueden alcanzar una duración de vida ilimitada si C₄/P > 8, vé Pg 41.

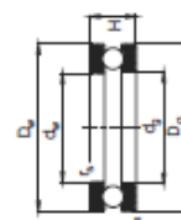


532, 533
Aro de alineamiento U3
y ojete para eje

532, 533
Aro de alineamiento antirroto

511, 512, 513, 514

Rodamientos FAG axiales de bolas de simple efecto



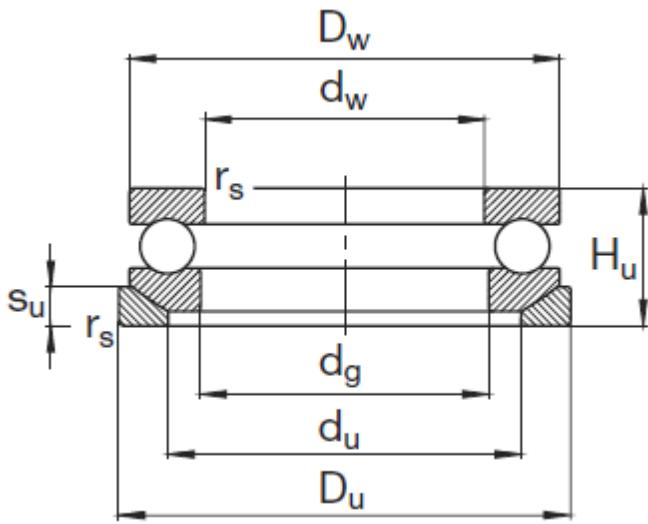
Eje	Dimensiones								Peso kg	Rodamiento rigidez rigidez	Coeficiente de carga mínimo M	Velocidad límite min ⁻¹	Denominación abreviada	Medidas auxiliares						
	D _w	d _b	D _w	H	r _{min}	R	A	d _e	D _w	S _u	H _u			FAG	PG	D ₁ mm	D ₂ mm	r _{max}		
35	35	52	52	12	0.6			0.085		17.6	37.5	0.01	53000	51107		45	42	0.6		
36	37	62	62	18	1	50	24	40	65	7	22	0.198	35.5	51207		51	46	1		
36	37	62	62	19.2	1	50	24	40	65	7	22	0.205	35.7	51207	U307	51	48	1		
36	37	63	63	24	1	55	24	52	72	7.5	28	0.351	50	53000	51307	55	48	1		
36	37	63	63	25.6	1	55	24	52	72	7.5	28	0.357	50	53000	51307	55	52	1		
36	37	60	60	32	1.1			0.055		86.5	156	0.13	30000	51407		62	53	1		
40	40	62	62	60	13	0.6		0.125		23.2	50	0.016	45000	51108		52	48	0.6		
40	42	68	68	19	1	55	24	52	72	7	23	0.257	46.5	51208		57	51	1		
40	42	68	68	20.3	1	55	24.5	56	72	7	23	0.259	50	53008	U308	57	55	1		
40	42	78	78	36	1	64	28	60	82	8.5	31	0.535	61	112	53008	515	55	1		
40	42	78	78	36.5	1	64	28	60	82	8.5	31	0.561	61	112	53008	515	60	1		
40	42	90	90	36	1.1			0.17		112	204	0.22	2400	51408		70	60	1		
45	45	65	65	14	0.6			0.148		24.5	57	0.02	45000	51109		57	53	0.6		
45	47	73	73	20	1	56	26	60	78	7.5	24	0.249	39	80	51209	62	56	1		
45	47	73	73	21.3	1	56	26	60	78	7.5	24	0.250	39	80	51209	62	60	1		
45	47	85	85	36	1	64	25	65	90	10	33	0.612	75	140	53009	U309	62	61	1	
45	47	85	85	36.1	1	64	25	65	90	10	33	0.613	75	140	53009	U309	62	65	1	
45	47	100	100	30	1.1			1.6		129	245	0.32	2200	51409		78	67	1		
50	50	70	70	14	0.6			0.165		25.5	63	0.024	45000	51110		62	59	0.6		
50	52	78	78	22	1	64	32.5	62	82	7.5	26	0.346	50	106	51210	67	61	1		
50	52	78	78	23.5	1	64	32.5	62	82	7.5	26	0.347	50	106	51210	67	62	1		
50	52	95	95	31	1.1	72	25	72	100	11	37	0.532	86.5	170	0.15	2500	51310	77	65	1
50	52	95	95	34.3	1.1	72	25	72	100	11	37	0.57	86.5	170	0.18	2500	51310	77	72	1
50	52	110	110	43	1.5			1.6		156	310	0.48	2000	51410		86	74	1.5		
55	55	78	78	36	0.6			0.247		3.1	76	0.0038	35000	51111		69	64	0.6		
55	57	90	90	25	1	72	35	72	95	9	30	0.302	61	134	0.11	3200	51211	76	69	1
55	57	90	90	27.3	1	72	35	72	95	9	30	0.309	61	134	0.11	3200	51211	76	72	1
55	57	105	105	36	1.1	80	30	80	90	10	37	1.3	102	208	0.28	2400	51311	85	75	1
55	57	105	105	36.3	1.1	80	30	80	90	10	37	1.36	102	208	0.28	2400	51311	85	80	1
55	57	120	120	48	1.5			1.6		180	360	0.67	1800	51411		94	81	1.5		

RODAMIENTO

El modelo del rodamiento elegido es:

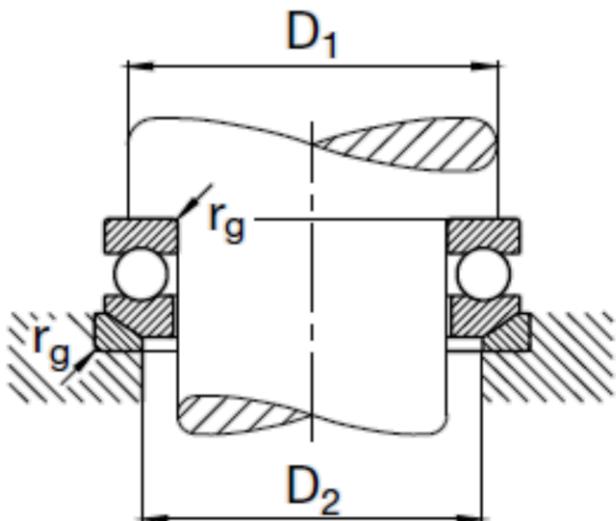
FAG 53221 – U211

Y cuyas características son:



$D_w \rightarrow 90\text{mm}$.
 $d_w \rightarrow 55\text{mm}$.
 $d_g \rightarrow 57\text{mm}$.
 $d_u \rightarrow 72\text{mm}$.
 $D_u \rightarrow 95\text{mm}$.
 $H_u \rightarrow 30\text{mm}$.
 $s_u \rightarrow 9\text{mm}$.
 $r_s \rightarrow 1\text{mm}$. (rodamiento)

DIMENSIONES DE MONTAJE



$D_1 \rightarrow 76\text{mm}$. (mínimo)
 $D_2 \rightarrow 72\text{mm}$. (máximo)
 $r_g \rightarrow 1\text{ mm}$. (máximo)

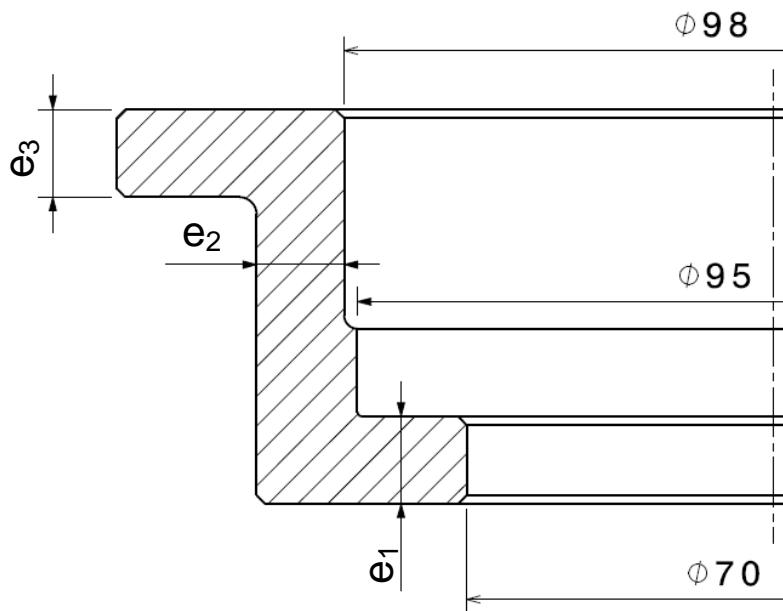
CARGAS ADMITIDAS.

$$C \text{ (dinámica)} \rightarrow 61\text{ KN}$$

$$C_0 \text{ (estática)} \rightarrow 134\text{ KN}$$

Con lo que no tenemos ningún problema.

CÁLCULO DEL ALOJAMIENTO DEL RODAMIENTO



Material S 275 JR $\sigma_R = 275 \text{ MPa}$

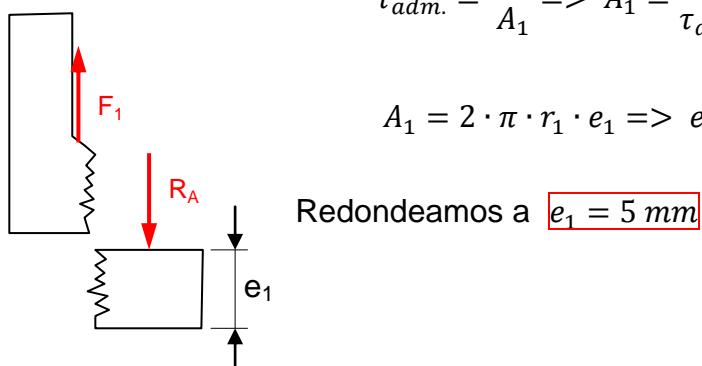
$$\sigma_{adm.} = \frac{\sigma_R}{C_{SR}} = \frac{275 \text{ MPa}}{4} = 68,75 \text{ MPa}$$

$$\tau_{adm.} = \frac{\sigma_R}{2 \cdot C_{SR}} = \frac{275 \text{ MPa}}{2.4} = 34,375 \text{ MPa}$$

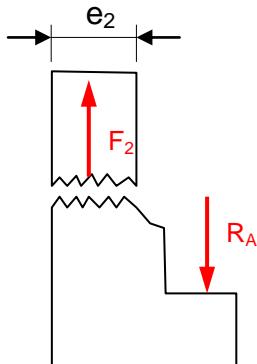
Sección “e₁”:

$$\tau_{adm.} = \frac{R_A}{A_1} \Rightarrow A_1 = \frac{R_A}{\tau_{adm.}} = \frac{3500 \text{ N}}{34,375 \text{ N/mm}^2} = 1018,2 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = 2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot e_1 \Rightarrow e_1 = \frac{A_1}{\pi \cdot d_1} = \frac{1018,2 \text{ mm}^2}{\pi \cdot 95 \text{ mm}} = 3,41 \text{ mm}$$



Sección “e₂”:



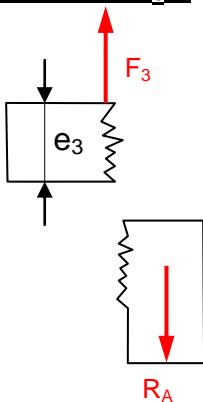
$$\sigma_{adm.} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow A_2 = \frac{R_A}{\sigma_{adm.}} = \frac{3500 \text{ N}}{68,75 \text{ N/mm}^2} = 509,01 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \cdot (D_2^2 - d_2^2) \Rightarrow \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} = A_2 + \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} = 8052,1 \text{ mm}^2$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{8052,1 \cdot 4}{\pi}} = 101,25 \text{ mm} \Rightarrow 102 \text{ mm.} \Rightarrow e_2 = \frac{102 - 98}{2} = 2 \text{ mm.}$$

Redondeamos a $e_2 = 5 \text{ mm}$

Sección “e₃”:



Como el cálculo es el igual a e1 pero con diámetro favorable

$$d_1 < d_3 \Rightarrow e_3 = \frac{A_3}{\pi \cdot d_3}$$

Redondeamos a $e_3 = 5 \text{ mm}$

SECCIÓN CARRO.

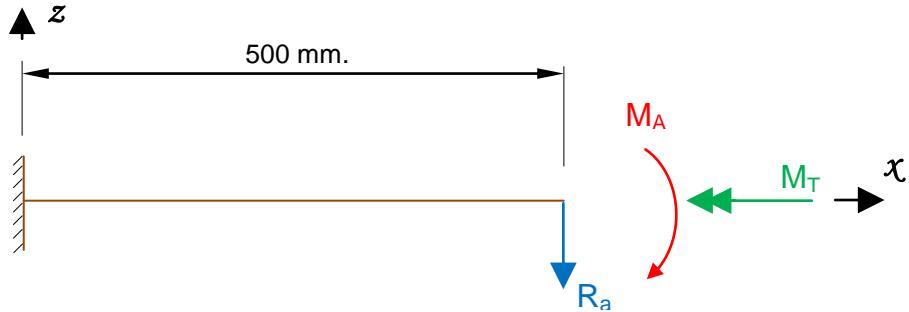
Si sabemos que las cargas en el pilar principal son:

$$- M_{ah} = 95000 \text{ N}\cdot\text{m}$$

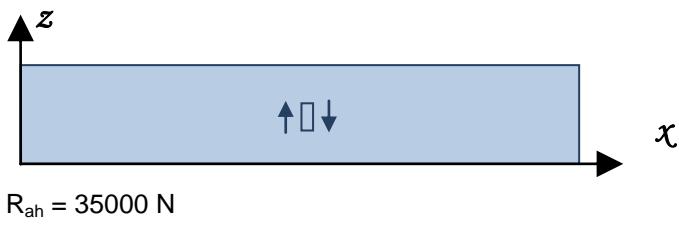
$$- R_{ah} = 35000 \text{ N}$$

Con un momento torsor, producido por el módulo de giro de

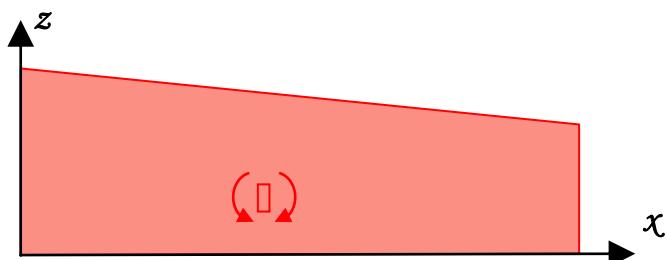
$$- M_{Th} = 5000 \text{ N}\cdot\text{m}$$



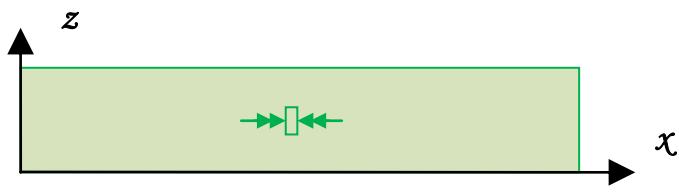
Resultantes en el eje del pilar.



$$R_{ah} = 35000 \text{ N}$$

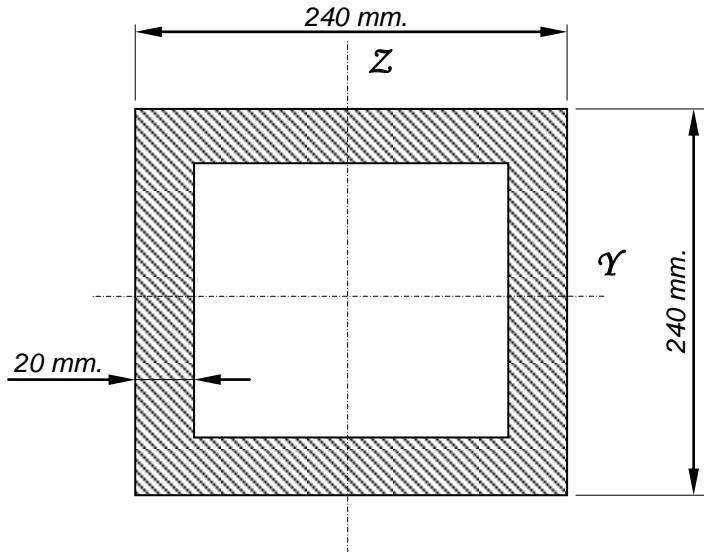


$$M_{ah} = 95000 \text{ N}\cdot\text{m}$$



$$M_{ah} = 5000 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Sección de la viga.



Inercia de la sección.

$$I = \frac{1}{12} \cdot L_{ext.}^4 - \frac{1}{12} \cdot L_{int.}^4 = \frac{1}{12} \cdot 240^4 - \frac{1}{12} \cdot 200^4$$

$$I = 143146666,667 \text{ mm}^4$$

$I = 14314,667 \text{ cm}^4$

Tensión normal debido al momento flector.

$$\sigma_Z = \frac{M_{Ah}}{I_y} \cdot z_{máx} = \frac{95000 \text{ N}}{14314,667 \text{ cm}^4} \cdot 12$$

$\sigma_Z = 79,64 \text{ N/cm}^2$

Tensión tangencial debido al momento torsor.

$$\tau_{yz} = \frac{M_{Th}}{2 \cdot h \cdot b \cdot e} \cdot z_{máx} = \frac{5000 \text{ N}}{2 \cdot 24 \cdot 24 \cdot 2 \text{ cm}^4}$$

$\tau_{yz} = 2,17 \text{ N/cm}^2$

$$\tau_{máx.} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_z}{2}\right)^2 + \tau_{yz}^2} = \sqrt{\left(\frac{79,64}{2}\right)^2 + 2,17^2}$$

$$\tau_{máx.} = 39,88 \text{ N/cm}^2$$

Coeficiente de seguridad.

$$C_{SR} = \frac{\sigma_z}{2 \cdot \tau_{máx.}}$$

$$C_{SR} = \frac{275 \text{ N/mm}^2}{2 \cdot 0,39 \text{ N/mm}^2}$$

C_{SR} => MUY HOLGADO

NORMATIVA “CE”

Toda máquina que se fabrique debe cumplir una normativa “CE” para su posterior venta y utilización. Para que cumpla dicha normativa debe ser conforme a las siguientes directivas:

La directiva sobre maquinas: 2006/42/CE

La directiva de bajo voltaje sobre material eléctrico: 2006/95/CE

La directiva sobre compatibilidad electromagnética: 2004/108/CE

Para el diseño y construcción de la máquina se han utilizado las siguientes normas.

EN-12100-1: 2003	Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño.
EN-418: 1992	Equipo de parada de emergencia, aspecto funcionales. Principios de diseño.
EN-954-1: 1997	Partes de los sistemas de mandos relativos a seguridad. Parte 1: Principios generales de diseño.
EN-1037: 1996	Prevención de una puesta en marcha intempestiva.
EN-1050: 1997	Principios para la elevación de riegos.
EN-60114: 1995	Seguridad de máquinas. Equipo eléctrico de maquinas.



Normativa Máquinas

En este anexo se recoge un acopio de las normativas de seguridad impuestas por la legislación vigente para máquinas con características de la máquina de este proyecto.

ANEXO I

Requisitos esenciales de seguridad y de salud relativos al diseño y fabricación de las máquinas y de los componentes de seguridad.

A efectos del presente anexo, el término "máquina" designa, ya sea la "máquina" como se define en el apartado 2 del artículo 1, ya sea el "componente de seguridad" como se define en ese mismo apartado. Real Decreto 56/1995)

Observaciones preliminares.

1. Requisitos esenciales de seguridad y de salud.

1.1 Generalidades.

1. Definiciones.

Con arreglo al presente anexo, se entiende por:

1. «Zona peligrosa», cualquier zona dentro y/o alrededor de una máquina en la cual la presencia de una persona expuesta suponga un riesgo para la seguridad o la salud de la misma.
2. «Persona expuesta», cualquier persona que se encuentre, enteramente o en parte, en una zona peligrosa.
3. «Operador», la(s) persona(s) encargada(s) de instalar, poner en marcha, regular, mantener, limpiar, reparar, transportar una máquina.

2. Principios de integración de la seguridad.

- a) Por su misma construcción, las máquinas deberán ser aptas para realizar su función y para su regulación y mantenimiento sin que las personas se expongan a peligro alguno cuando las operaciones se lleven a cabo en las condiciones previstas por el fabricante. Las medidas que se tomen deberán ir encaminadas a suprimir los riesgos de accidente durante la vida útil previsible de la máquina, incluidas las fases de montaje y desmontaje, incluso cuando los riesgos de accidente resulten de situaciones anormales previsibles.
- b) Al optar por las soluciones más adecuadas, el fabricante aplicará los siguientes principios, en el orden que se indica:
 - Eliminar o reducir los riesgos en la medida de lo posible (integración de la seguridad en el diseño y fabricación de la máquina).
 - Adoptar las medidas de protección que sean necesarias frente a los riesgos que no puedan eliminarse.
 - Informar a los usuarios de los riesgos residuales debidos a la incompleta eficacia de las medidas de protección adoptadas, indicar si se requiere una

formación especial y señalar si es necesario un equipo de protección individual.

- c) Al diseñar y fabricar la máquina y al redactar las instrucciones, el fabricante deberá prever no solamente un uso normal de la máquina, sino también el uso que de la máquina pueda esperarse de forma razonable. Cuando el empleo anormal de la máquina entrañe un riesgo, ésta deberá estar diseñada para evitar que se utilice de manera anormal. En su caso, en las instrucciones de empleo deberán señalarse al usuario las contraindicaciones de empleo de la máquina que, según la experiencia, pudieran presentarse.
- d) En las condiciones previstas de utilización, habrán de reducirse al mínimo posible la molestia, la fatiga y la tensión psíquica (estrés) del operador, teniendo en cuenta los principios ergonómicos.
- e) El fabricante, en la etapa de diseño y de fabricación, tendrá en cuenta las molestias que puede sufrir el operador por el uso necesario o previsible de equipos de protección individual (por ejemplo, calzado, guantes, etc.).
- f) La máquina deberá entregarse con todos los equipos o accesorios especiales y esenciales para que pueda ser regulada, mantenida y usada sin riesgos.

3. Materiales y productos.

Los materiales que se hayan empleado para fabricar las máquinas, o los productos que se hayan utilizado y creado durante su uso, no originarán riesgos para la seguridad ni para la salud de las personas expuestas.

Especialmente, cuando se empleen fluidos, la máquina se diseñará y fabricará para que pueda utilizarse sin que surjan peligros provocados por el llenado, la utilización, la recuperación y la evacuación.

4. Alumbrado.

El fabricante proporcionará un alumbrado incorporado, adaptado a las operaciones, en aquellos casos en que, a pesar de la presencia de un alumbrado ambiental de un valor normal, la ausencia de dicho dispositivo pudiera crear un peligro. El fabricante velará por que no se produzcan zonas de sombra molesta, ni deslumbramientos molestos, ni efectos estroboscópicos peligrosos debido al alumbrado proporcionado por el fabricante. Si hubiera que inspeccionar con frecuencia algunos órganos internos, éstos llevarán los adecuados dispositivos de alumbrado, lo mismo habrá de ocurrir por lo que respecta a las zonas de regulación y de mantenimiento.

5. Diseño de la máquina con miras a su manipulación.

La máquina o cada uno de sus diferentes elementos:

- Podrá manipularse con seguridad.
- Estará embalada o diseñada para que pueda almacenarse sin deterioro ni peligros (por ejemplo, estabilidad suficiente, soportes especiales, etc.).

Cuando el peso, tamaño o forma de la máquina o de sus diferentes elementos no posibiliten su desplazamiento manual, la máquina o cada uno de sus diferentes elementos deberá:

- Llevar accesorios que posibiliten la prensión por un medio de elevación
- o estar diseñada de tal manera que se la pueda dotar de accesorios de este tipo (por ejemplo, agujeros roscados),

- o tener una forma tal que los medios normales de elevación puedan adaptarse con facilidad.

Cuando la máquina o uno de sus elementos se transporte manualmente, deberá:

- ser fácilmente desplazable,
- llevar medios de prensión (por ejemplo, asas, etc.) con los que pueda desplazar con total seguridad.

Se establecerán disposiciones específicas respecto a la manipulación de las herramientas y/o partes de máquinas, por ligeras que sean, que puedan ser peligrosas (forma, material, etc.).

1.2 Mando.

1. Seguridad y fiabilidad de los sistemas de mando.

Los sistemas de mando deberán diseñarse y fabricarse para que resulten seguros y fiables, a fin de evitar cualquier situación peligrosa. En particular, deberán diseñarse y fabricarse de manera:

- que resistan las condiciones normales de servicio y las influencias externas;
- que no se produzcan situaciones peligrosas, en caso de error, en la lógica en las maniobras.

2. Órganos de accionamiento.

Los órganos de accionamiento:

- Serán claramente visibles e identificables y, si fuera necesario, irán marcados de forma adecuada,
- Estarán colocados de tal manera que se pueda maniobrar con seguridad, sin vacilación ni pérdida inequívoca, de tiempo y de forma.
- Se diseñarán de tal manera que el movimiento del órgano de accionamiento sea coherente con el efecto ordenado,
- Estarán colocados fuera de las zonas peligrosas excepto, si fuera necesario, ciertos órganos, tales como una parada de emergencia, una consola de aprendizaje para robots, etc.,
- Estarán situados de forma que su maniobra no acarree peligros adicionales,
- Estarán diseñados o irán protegidos de forma que el efecto deseado, cuando pueda acarrear un peligro, no pueda producirse sin una maniobra intencional,
- Estarán fabricados de forma que resistan los esfuerzos previsibles; se prestará una atención especial a los dispositivos de parada de emergencia que puedan estar sometidos a esfuerzos importantes.

Cuando se diseñe y fabrique un órgano de accionamiento para ejecutar varias acciones distintas, es decir, cuando su acción no sea unívoca (por ejemplo, utilización de teclados, etc.), la acción ordenada deberá visualizarse de forma clara y, si fuera necesario, requerirá una confirmación.

Los órganos de accionamiento tendrán una configuración tal que su disposición, su recorrido y su esfuerzo resistente sean compatibles con la acción ordenada, habida

cuenta los principios ergonómicos. Deberán tenerse en cuenta las molestias provocadas por el uso, necesario o previsible, de equipos de protección individual (por ejemplo, calzado, guantes, etc.).

La máquina deberá estar equipada con dispositivos de señalización (indicadores, señales, etc.), y con las indicaciones que sean necesarias para que pueda funcionar de manera segura. Desde el puesto de mando, el operador deberá poder advertir las indicaciones de dichos dispositivos. Desde el puesto de mando principal, el operador deberá estar en situación de asegurarse de que ninguna persona se halla expuesta en las zonas peligrosas. Si esto resultara imposible, el sistema de mando deberá diseñarse y fabricarse de manera que cualquier puesta en marcha vaya precedida de una señal de advertencia sonora y/o visual. La persona expuesta deberá tener el tiempo y los medios de oponerse rápidamente a la puesta en marcha de la máquina.

3. Puesta en marcha.

La puesta en marcha de una máquina sólo deberá poder efectuarse mediante una acción voluntaria ejercida sobre un órgano de accionamiento previsto a tal efecto.

Este requisito también será aplicable:

- A la puesta en marcha de nuevo tras una parada, sea cual sea la causa de esta última;
- A la orden de una modificación importante de las condiciones de funcionamiento (por ejemplo, velocidad, presión, etc.);
- Salvo si dicha puesta en marcha tras una parada o la modificación de las condiciones de funcionamiento no presente riesgo alguno para las personas expuestas.

La puesta en marcha tras una parada o la modificación de las condiciones de funcionamiento resultantes de la secuencia normal de un ciclo automático no se incluyen en esta exigencia básica. Si una máquina tuviera varios órganos de accionamiento para puesta en marcha y si por ello los operadores pudieran ponerse mutuamente en peligro, deberán preverse dispositivos complementarios (como por ejemplo, dispositivos de validación o selectores que sólo permitan el funcionamiento de un órgano de puesta en marcha a la vez) para excluir dicho peligro. La puesta en marcha de nuevo, en funcionamiento automático, de una instalación automatizada tras una parada, deberá poder realizarse con facilidad, una vez cumplidas las condiciones de seguridad.

4. Dispositivo de parada.

Parada normal.

Cada máquina estará provista de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones seguras.

Cada puesto de trabajo estará provisto de un órgano de accionamiento que permita parar, en función de los peligros existentes, o bien todos los elementos móviles de la máquina, o bien una parte de ellos solamente, de manera que la máquina quede en situación de seguridad. La orden de parada de la máquina tendrá prioridad sobre las órdenes de puesta en marcha. Una vez obtenida la parada de la máquina o de sus elementos peligrosos, se interrumpirá la alimentación de energía de los accionadores.

Parada de emergencia.

Cada máquina estará provista de uno o varios dispositivos de parada de emergencia por medio de los cuales se puedan evitar situaciones peligrosas que puedan producirse de forma inminente o que se estén produciendo.

Quedan excluidas de esta obligación:

- Las máquinas en las que el dispositivo de parada de emergencia no pueda reducir el riesgo, ya sea porque no reduce el tiempo para obtener la parada normal o bien porque no permite adoptar las medidas particulares que exige el riesgo;
- Las máquinas portátiles y las máquinas guiadas a mano.

Este dispositivo deberá:

- Tener órganos de accionamiento identificables, muy visibles y rápidamente accesibles;
- Provocar la parada del proceso peligroso en el menor tiempo posible, sin crear nuevos peligros;
- Eventualmente, desencadenar o permitir que se desencadenen determinados movimientos de protección.

Cuando deje de accionarse el órgano de parada de emergencia una vez que se haya dado la orden de parada, esta orden deberá mantenerse mediante el bloqueo del dispositivo de parada de emergencia hasta que sea desbloqueado; el dispositivo no deberá poderse bloquear sin que genere una orden de parada; para desbloquear el dispositivo habrá que realizar una maniobra adecuada y este desbloqueo no deberá volver a poner en marcha la máquina, sino sólo autorizar que pueda volver a arrancar.

Instalaciones complejas.

Si se trata de máquinas o de elementos de máquinas diseñados para funcionar solidariamente, el fabricante diseñará y fabricará para que los dispositivos de parada, incluida la parada de emergencia, puedan parar no solamente la máquina, sino también todos los equipos situados antes o después, si el hecho de que sigan funcionando pudiera constituir un peligro.

5. Selector de modo de marcha.

El modo de mando seleccionado tendrá prioridad sobre todos los demás sistemas de mando, a excepción de la parada de emergencia.

Si la máquina ha sido diseñada y fabricada para que pueda utilizarse según varios modos de mando o de funcionamiento con distintos niveles de seguridad (por ejemplo, para permitir la regulación, el mantenimiento, la inspección, etc.), llevará un selector de modo de marcha que pueda ser enclavado en cada posición.

Cada una de las posiciones del selector sólo corresponderá a un único modo de mando o de funcionamiento. El selector podrá sustituirse por otros medios de selección con los que se pueda limitar la utilización de determinadas funciones de la máquina a determinadas categorías de operadores (por ejemplo: Códigos de acceso a determinadas funciones de control numérico, etc.).

Si, en determinadas operaciones, la máquina ha de poder funcionar con los dispositivos de protección neutralizados, el selector de modo de marcha deberá, a la vez,

Excluir el modo de mando automático.

- Autorizar los movimientos únicamente mediante órganos que requieran un accionamiento mantenido.
- Autorizar el funcionamiento de los elementos móviles peligrosos sólo en condiciones de menor riesgo (por ejemplo: Velocidad lenta, esfuerzo reducido, marcha a impulsos u otras disposiciones adecuadas) y evitando cualquier peligro derivado de una sucesión de secuencias.
- Prohibir cualquier movimiento que pueda entrañar peligro actuando de modo voluntario o involuntario sobre los detectores internos de la máquina.

Además, en el puesto de reglaje, el operador deberá poder dominar el funcionamiento de los elementos sobre los que esté actuando.

6. Fallo en la alimentación de energía.

La interrupción, el restablecimiento tras una interrupción o la variación, en el sentido que sea, de la alimentación de energía de la máquina no provocarán situaciones peligrosas.

En particular, no deberá producirse:

- ni una puesta en marcha intempestiva.
- ni un impedimento para detener la máquina si ya se ha dado la orden.
- ni la caída o proyección de cualquier elemento móvil de la máquina o de cualquier pieza sujetada por la misma.
- ni un impedimento de la parada automática o manual de los elementos móviles, cualesquiera que éstos sean.
- ni la ineficacia de los dispositivos de protección.

7. Fallo del circuito de mando.

No crearán situaciones peligrosas los defectos que afecten a la lógica del circuito de mando, ni los fallos o las averías del circuito de mando, ni los fallos o las averías del circuito de mando.

En particular, no deberá producirse:

- ni una puesta en marcha intempestiva.
- ni un impedimento para detener la máquina si ya se ha dado la orden.
- ni la caída o proyección de cualquier elemento móvil de la máquina o de cualquier pieza sujetada por la misma.
- ni un impedimento de la parada automática o manual de los elementos móviles, cualesquiera que éstos sean.
- ni la ineficacia de los dispositivos de protección.

8. Programas.

Los programas de diálogo entre el operador y el sistema de mando o de control de una máquina se diseñarán de forma interactiva.

1.3 Medidas de seguridad contra peligros mecánicos.

1. Estabilidad.

La máquina, así como sus elementos y equipos, se diseñarán y fabricará para que, en las condiciones previstas de funcionamiento (teniendo en cuenta, en su caso, las condiciones climáticas), tenga la suficiente estabilidad para que pueda utilizarse sin peligro de que vuelque, se caiga o se desplace de forma intempestiva.

Si la propia forma de la máquina o la instalación a que se destina no permiten garantizar la suficiente estabilidad, habrá que disponer unos medios de fijación adecuados, que se indicarán en las instrucciones.

2. Peligro de rotura en servicio.

Tanto las partes de la máquina como las uniones entre las mismas tendrán que poder resistir a los esfuerzos a los que se vean sometidas durante el uso previsto por el fabricante. Los materiales utilizados tendrán una resistencia suficiente, adaptada a las características del entorno de utilización previsto por el fabricante, especialmente en lo que respecta a los fenómenos de fatiga, envejecimiento, corrosión, abrasión.

El fabricante indicará en las instrucciones los tipos y la frecuencia de las inspecciones y mantenimientos necesarios por motivos de seguridad. En su caso, indicará las piezas que puedan desgastarse así como los criterios para su sustitución.

Si, a pesar de las precauciones adoptadas, persistieran los peligros de estallido o rotura (en el caso e las muelas, por ejemplo), los elementos móviles afectados estarán montados y dispuestos de modo que, en caso de rotura, se retengan sus fragmentos.

Los conductos rígidos o flexibles por los que circulen fluidos, especialmente a alta presión, tendrán que poder soportar los esfuerzos internos y externos previstos; estarán sólidamente sujetos y/o irán protegidos contra las agresiones externas de todo tipo; se tomarán precauciones para que, si se produce una rotura, no puedan ocasionar peligros (movimientos bruscos, chorros a alta presión, etc.).

En caso de avance automático del material que vaya a trabajarse hacia la herramienta, deberán darse las condiciones que figuran a continuación para evitar riesgos a las personas expuestas (por ejemplo: rotura de la herramienta):

- cuando la herramienta y la pieza entren en contacto, la herramienta tendrá que haber alcanzado sus condiciones normales de trabajo.
- en el momento en que se produzca la puesta en marcha y/o la parada de la herramienta (voluntaria o accidentalmente), el movimiento de avance y el movimiento de la herramienta deberán estar coordinados.

3. Peligros de caída y proyección de objetos.

Se deberán tomar precauciones para evitar las caídas o proyecciones de objetos (piezas mecanizadas, herramientas, virutas, fragmentos, desechos, etc.) que puedan presentar un peligro.

4. Peligros debidos a superficies, aristas, ángulos.

Los elementos de la máquina que sean accesibles no presentarán, en la medida que lo permita su función, ni aristas, ni ángulos pronunciados, ni superficies rugosas que puedan producir lesiones.

5. Peligros relativos a las máquinas combinadas.

Cuando la máquina esté prevista para poder efectuar varias operaciones diferentes en las que se deba coger la pieza con las manos entre operación y operación (máquina combinada), se diseñará y construirá de modo que cada elemento pueda utilizarse por

separado sin que los elementos restantes constituyan peligro o molestia para la persona expuesta.

A tal fin, cada uno de los elementos, si no estuviese protegido, deberá poder ponerse en marcha o pararse individualmente.

6. Peligros relativos a las variaciones de velocidad de rotación de las herramientas.

Cuando la máquina se haya diseñado para efectuar operaciones en diferentes condiciones de utilización (por ejemplo, en materia de velocidad y de alimentación) deberá diseñarse y fabricarse de forma que la elección y la regulación de dichas condiciones puedan efectuarse de manera segura y fiable.

7. Prevención de los peligros relativos a los elementos móviles.

Los elementos móviles de la máquina se diseñarán, fabricarán y dispondrán a fin de evitar todo peligro, o cuando subsiste el peligro estarán equipados de resguardos o dispositivos de protección, de forma que se elimine cualquier riesgo de contacto que pueda provocar accidentes.

Deberán tomarse todas las disposiciones necesarias para evitar el bloqueo inesperado de los elementos móviles de trabajo. En caso de que la posibilidad de bloqueo subsistiese a pesar de las precauciones tomadas, el fabricante deberá facilitar medios de protección específicos, herramientas específicas, indicaciones en el manual de instrucciones y, en su caso, una indicación inscrita en la máquina que permitan desbloquearla sin peligro alguno.

8. Elección de la protección contra los peligros relativos a elementos móviles.

Los resguardos o los dispositivos de protección que se utilicen para proteger contra los peligros relativos a los elementos móviles se elegirán en función del riesgo existente. Las indicaciones siguientes deberán utilizarse para efectuar la elección:

A. Elementos móviles de transmisión.

Los resguardos diseñados para proteger a las personas expuestas contra los peligros ocasionados por los elementos móviles de transmisión (como, por ejemplo, poleas, correas, engranajes, cremalleras, árboles de transmisión, etc.) serán:

- resguardos fijos que cumplan los requisitos **1.4.1** y **1.4.2.1**.
- resguardos móviles que cumplan los requisitos **1.4.1** y **1.4.2.2.A**.

Se recurrirá a esta última solución si se prevén intervenciones frecuentes.

B. Elementos móviles que intervengan en el trabajo.

Los resguardos o los dispositivos de protección diseñados para proteger a las personas expuestas contra los peligros ocasionados por los elementos móviles relativos al trabajo (por ejemplo, herramientas de corte, órganos móviles de las prensas, cilindros, piezas en proceso de fabricación, etc.) serán:

- resguardos fijos que cumplan los requisitos **1.4.1** y **1.4.2.1**, siempre que ello sea posible.
- si no, resguardos móviles que cumplan los requisitos **1.4.1** y **1.4.2.2.B** o dispositivos de protección como los dispositivos sensibles (por ejemplo, barreras inmateriales, alfombras sensibles), dispositivos de protección mediante mantenimiento a distancia (por ejemplo, mandos bimanuales), dispositivos de

protección destinados a impedir mecánicamente el acceso de todo o parte del cuerpo del operador a la zona peligrosa que cumplan los requisitos **1.4.1** y **1.4.3**.

- No obstante, cuando no pueda conseguirse hacer inaccesibles durante su funcionamiento, en todo o en parte, determinados elementos móviles que intervengan en el trabajo debido a que haya que realizar operaciones que exijan la intervención del operador en su proximidad, esos elementos, siempre que ello sea técnicamente posible, llevarán:
- resguardos fijos que cumplan los requisitos **1.4.1** y **1.4.2.1** y que impidan el acceso a las partes de los elementos que no se utilicen en el trabajo;
- y resguardos regulables que cumplan los requisitos **1.4.1** y **1.4.2.3** y limiten el acceso a las partes de los elementos móviles que sean estrictamente necesarias para el trabajo;

1.4 Resguardos y los dispositivos de protección.

1. Requisitos generales.

Los resguardos y los dispositivos de protección:

- serán de fabricación sólida y resistente.
- no ocasionarán peligros suplementarios.
- no deberán ser fácilmente anulados o puestos fuera de servicio con facilidad.
- deberán estar situados a suficiente distancia de la zona peligrosa.
- no deberán limitar más de lo necesario la observación del ciclo de trabajo.
- deberán permitir las intervenciones indispensables para la colocación y/o sustitución de las herramientas, así como para los trabajos de mantenimiento, limitando el acceso al sector donde deba realizarse el trabajo, y ello, a ser posible, sin desmontar el resguardo o el dispositivo de protección.

2. Requisitos específicos para los resguardos:

1. Resguardos fijos.

Los resguardos fijos quedarán sólidamente sujetos en su lugar.

Su fijación estará garantizada por sistemas para cuya apertura se necesite utilizar herramientas.

Siempre que ello sea posible, no podrán permanecer en su puesto si carecen de sus medios de fijación.

2. Resguardos móviles:

A. Los resguardos móviles del tipo A:

- siempre que ello sea posible, habrán de permanecer unidos a la máquina cuando sean abiertos.
- estarán asociados a un dispositivo de enclavamiento que impida que los elementos móviles empiecen a funcionar mientras se pueda acceder a dichos elementos, y que provoque la parada cuando dejen de estar en posición de cierre.

- B. Los resguardos móviles de tipo B estarán diseñados e integrados dentro del sistema de mando, de tal manera que:
- sea imposible que los elementos móviles empiecen a funcionar mientras el operador pueda entrar en contacto con ellos.
 - la persona expuesta no pueda entrar en contacto con los elementos móviles que estén en movimiento.
 - para regularlos se precise una acción voluntaria, por ejemplo, utilización de una herramienta, de una llave, etc.
 - la ausencia o el fallo de uno de sus órganos impida la puesta en marcha o provoque la parada de los elementos móviles.
 - se garantice una protección con un obstáculo adecuado si hubiera peligro de proyección.

3. Resguardos regulables que restrinjan el acceso.

Los resguardos regulables que restrinjan el acceso a las partes de los elementos móviles estrictamente necesarias para el trabajo:

- deberán poder regularse manualmente o automáticamente, según el tipo de trabajo que vaya a realizarse.
- deberán poder regularse sin herramientas y fácilmente.
- reducirán tanto como sea posible el riesgo de accidente por proyección.

3. Requisitos específicos para los dispositivos de protección.

Los dispositivos de protección estarán diseñados e integrados dentro del sistema de mando, de tal manera que:

- sea imposible que los elementos móviles empiecen a funcionar mientras el operador pueda entrar en contacto con ellos.
- la persona expuesta no pueda entrar en contacto con los elementos móviles que estén en movimiento.
- para regularlos se precise una acción voluntaria, por ejemplo, utilización de una herramienta, de una llave, etc.
- la ausencia o el fallo de uno de sus componentes impida la puesta en marcha o provoque la parada de los elementos móviles.

1.5 Medidas de seguridad contra otros peligros.

1. Energía eléctrica.

Si la máquina se alimenta con energía eléctrica, estará diseñada, fabricada y equipada para prevenir o posibilitar la prevención de todos los peligros de origen eléctrico.

La normativa específica en vigor relativa al material eléctrico destinado a ser utilizado dentro de determinados límites de tensión se aplicará a las máquinas sujetas a la misma.

2. Electricidad estática.

La máquina estará diseñada y fabricada para evitar o restringir la aparición de cargas electrostáticas que puedan ser peligrosas y/o dispondrá de medios para poder evacuarlas.

3. Energías distintas de la eléctrica.

Si la máquina se alimenta con energía distinta de la eléctrica (por ejemplo, hidráulica, neumática o térmica), estará diseñada, fabricada y equipada para prevenir todos los peligros procedentes de estos tipos de energía.

4. Errores de montaje.

Los errores cometidos en el montaje o reposición de determinadas piezas que pudiesen provocar peligros, deberán imposibilitarse mediante la concepción de dichas piezas o, en su defecto, mediante indicaciones que figuren en las propias piezas y/o en los «carteros». Las mismas indicaciones figurarán en las piezas móviles y/o en sus respectivos «carteros» cuando, para evitar un peligro, sea preciso conocer el sentido del movimiento. En su caso, el manual de instrucciones deberá incluir información complementaria.

Cuando una conexión defectuosa pueda originar peligros, cualquier conexión errónea de fluidos, incluida la de conductores eléctricos, deberá hacerse imposible por el propio diseño o, en todo caso, por indicaciones que figuren en las conducciones y/o en los bornes.

5. Temperaturas extremas.

Se adoptarán disposiciones para evitar cualquier riesgo de sufrir lesiones por contacto o proximidad con piezas o materiales de alta temperatura o de muy baja temperatura.

Se estudiarán los peligros de proyección de materias calientes o muy frías.

Si existieran, se adoptarán los medios necesarios para evitarlos y, si ello fuera técnicamente imposible, hacer que pierdan su peligrosidad.

6. Incendio.

La máquina estará diseñada y fabricada para evitar cualquier peligro de incendio o de sobrecalentamiento provocado por la máquina en sí o por los gases, líquidos, polvos, vapores y demás sustancias producidas o utilizadas por la máquina.

7. Explosión.

La máquina deberá diseñarse y fabricarse a fin de evitar cualquier peligro de explosión provocada por la misma máquina o por los gases, líquidos, polvos, vapores y demás sustancias que produzca o utilice la máquina.

Para ello, el fabricante tomará las medidas oportunas para:

- evitar concentraciones peligrosas de los productos;
- impedir la inflamación de la atmósfera explosiva;
- limitar las consecuencias de la explosión, si ésta llega a producirse, con el fin de que no tenga efectos peligrosos para su entorno.

Se adoptarán idénticas precauciones cuando el fabricante prevea que la máquina pueda utilizarse en una atmósfera explosiva.

El material eléctrico que forme parte de dichas máquinas, en lo que se refiere a los peligros de explosión, deberá ser conforme a las disposiciones específicas vigentes.

8. Ruido.

La máquina estará diseñada y fabricada para que los riesgos que resulten de la emisión del ruido aéreo producido se reduzcan al más bajo nivel posible, teniendo en cuenta el progreso técnico y la disponibilidad de medios de reducción del ruido, especialmente en su fuente.

9. Vibraciones.

La máquina estará diseñada y fabricada para que los riesgos que resulten de las vibraciones que ella produzca se reduzcan al más bajo nivel posible, teniendo en cuenta el progreso técnico y la disponibilidad de medios de reducción de las vibraciones, especialmente en su fuente.

10. Radiaciones.

La máquina deberá diseñarse y fabricarse para limitar las emisiones de radiaciones de la máquina a lo estrictamente necesario para garantizar su funcionamiento y para que sus efectos en las personas expuestas sean nulos o se reduzcan a proporciones no peligrosas.

11. Radiaciones exteriores.

La máquina deberá diseñarse y fabricarse de forma que las radiaciones exteriores no perturben su funcionamiento.

12. Equipos láser.

- Si se utilizan equipos láser, se deberán tener en cuenta las siguientes disposiciones:
- los equipos láser de las máquinas se diseñarán y fabricarán de forma que se evite toda radiación involuntaria;
- los equipos láser de las máquinas se protegerán de forma que no perjudiquen a la salud ni las radiaciones útiles, ni la radiación producida por reflexión o difusión, ni a radiación secundaria;
- los equipos ópticos para la observación o la regulación de equipos láser de las máquinas no harán que los rayos láser provoquen peligro alguno para la salud.

13. Emisiones de polvo, gases, etc.

La máquina estará diseñada, fabricada y/o equipada para que se puedan evitar los peligros debidos a los gases, líquidos, polvos, vapores y demás residuos producidos por la misma.

Si existiera este peligro, la máquina estará equipada para captar y/o aspirar los productos anteriormente mencionados.

Si la máquina no va cerrada en marcha normal, los dispositivos de captación y/o aspiración a que se refiere el párrafo anterior estarán situados lo más cerca posible del lugar de emisión.

(Añadido por el [Real Decreto 56/1995](#))

14. Encerramiento dentro de una máquina.

Las máquinas deberán diseñarse, fabricarse o equiparse con medios que permitan que la persona expuesta no quede encerrada o, en caso de imposibilidad de conseguir el fin anterior, permitan que pueda pedir ayuda.

15. Caídas.

Las partes de la máquina sobre las que esté previsto que puedan desplazarse o estacionarse personas deberán diseñarse y fabricarse para evitar que las personas resbalen, tropiecen o caigan sobre esas partes o fuera de las mismas.

1.6 Mantenimiento.

1. Conservación de la máquina.

Los puntos de regulación, engrase y conservación estarán situados fuera de las zonas peligrosas. Las operaciones de regulación, mantenimiento, reparación, limpieza y conservación de la máquina deberán poder efectuarse con la máquina parada.

Si al menos una de las anteriores condiciones no pudiera cumplirse por motivos técnicos, dichas operaciones habrán de poder efectuarse sin riesgo (véase, en particular, 1.2.5).

Para las máquinas automatizadas y, en su caso, para otras máquinas, el fabricante proyectará un dispositivo de conexión que permita montar un equipo de diagnóstico para la localización de averías.

Es imprescindible que los elementos de las máquinas automatizadas que deban sustituirse con frecuencia, en particular por cambio de fabricación o por ser sensibles al desgaste o porque se puedan deteriorar a consecuencia de un incidente, puedan desmontarse y volver a montarse fácilmente con total seguridad. El acceso a esos elementos debe permitir que esas tareas se lleven a cabo con los medios técnicos necesarios (utilaje, instrumentos de medición, ...) siguiendo un «modus operandi» definido por el constructor.

2. Medios de acceso al puesto de trabajo o a los puntos de intervención.

El fabricante proyectará medios de acceso (escaleras, escalas, pasarelas, etc.) que permitan llegar con toda seguridad a todos los puestos adecuados para efectuar las operaciones de producción, reglaje y mantenimiento.

3. Separación de las fuentes de energía.

Toda máquina estará provista de dispositivos que permitan separarla de cada una de sus fuentes de energía. Dichos dispositivos serán claramente identificables. Deberán poder ser bloqueados si al conectarse de nuevo pudieran poner en peligro a las personas circundantes. En el caso de las máquinas alimentadas con energía eléctrica mediante una toma de corriente, la desconexión de la clavija será suficiente.

El dispositivo deberá igualmente poder ser bloqueado cuando el operador no pueda comprobar, desde todos los puestos que debe ocupar, la permanencia de dicha separación.

La energía residual o almacenada que pueda permanecer tras la separación de la máquina, deberá disiparse sin peligro para las personas expuestas.

No obstante la exigencia anterior, algunos circuitos podrán no desconectarse de su fuente de energía para posibilitar, por ejemplo, la sujeción de piezas, la protección de informaciones, el alumbrado de las partes internas, etc. En tal caso, deberán adoptarse disposiciones especiales para garantizar la seguridad de los operadores.

4. Intervención del operador.

Las máquinas deberán diseñarse, fabricarse y equiparse de forma que se limiten las causas de intervención de los operadores.

Siempre que no pueda evitarse la intervención del operador ésta deberá poder efectuarse con facilidad y seguridad.

5. Limpieza de las partes interiores.

La máquina deberá ser diseñada y fabricada de modo tal que resulte posible limpiar las partes interiores de la misma que hayan contenido sustancias o preparados peligrosos sin penetrar en dichas partes interiores; asimismo, el posible desagüe de éstas deberá poder realizarse desde el exterior.

Si fuese absolutamente imposible evitar tener que penetrar en las partes interiores, el fabricante deberá adoptar en la construcción de la máquina medidas que permitan efectuar la limpieza con riesgos mínimos.

1.7 Indicaciones.

0. Dispositivos de información.

La información necesaria para el manejo de una máquina deberá carecer de ambigüedades y se deberá comprender fácilmente.

No deberá ser excesiva hasta el punto que constituya una sobrecarga para el operador.

Cuando la salud y la seguridad de las personas expuestas pueda estar en peligro por funcionamiento defectuoso de una máquina que funcione sin vigilancia, ésta deberá ir provista de un sistema que advierta de ello mediante una señal acústica o luminosa adecuada.

1. Dispositivos de advertencia.

Si la máquina lleva dispositivos de advertencia (por ejemplo, medios de señalización, etc.), éstos serán comprensibles sin ambigüedades y se percibirán fácilmente.

Se adoptarán medidas para que el operario pueda verificar si estos dispositivos de advertencia siguen siendo eficaces.

Se aplicarán las prescripciones de las normas específicas que apliquen las Directivas comunitarias sobre colores y señales de seguridad.

2. Señales de advertencia de los riesgos residuales.

Si, a pesar de todas las disposiciones adoptadas o si se trata de peligros potenciales no evidentes (por ejemplo, armario eléctrico de distribución, fuente radiactiva, purga de un circuito hidráulico, peligro en una parte no visible, etc.) los riesgos persistieran, el fabricante deberá colocar señales de advertencia.

Estas señales de advertencia constarán, preferentemente, de pictogramas rápidamente comprensibles y/o estarán redactadas en una de las lenguas del país de utilización y además, si así se solicita, en las lenguas que comprendan los operarios.

3. Marcado.

Cada máquina llevará, de forma legible e indeleble, como mínimo las indicaciones siguientes:

- nombre y dirección del fabricante;
- el marcado «CE» (véase el anexo III).
- designación de la serie o del modelo;
- número de serie, si existiera.

- el año de fabricación. (Añadido por el Real Decreto 56/1995)

Además, cuando el fabricante construya una máquina destinada a utilizarse en atmósfera explosiva, ello se deberá indicar en la máquina.

En función de su naturaleza, la máquina también deberá llevar todas las indicaciones que sean indispensables para un empleo seguro (por ejemplo, velocidad máxima de rotación de determinados elementos giratorios, diámetro máximo de las herramientas que puedan montarse, masa, etc.).

Cuando un elemento de la máquina deba ser manipulado durante su utilización mediante dispositivos de elevación, su masa deberá estar inscrita de forma legible, duradera y no ambigua.

Los equipos intercambiables contemplados en el tercer párrafo del apartado 1 del artículo 1 deberán llevar las mismas indicaciones.

4. Manual de instrucciones.

- a) Cada máquina llevará un manual de instrucciones en el que se indique, como mínimo, lo siguiente:

- el recordatorio de las indicaciones establecidas para el marcado, con excepción del número de serie (véase el apartado 1.7.3), completadas, en su caso, por las indicaciones que permitan facilitar el mantenimiento (por ejemplo, dirección del importador, de los reparadores, etc.,
- las condiciones previstas de utilización, con arreglo al punto 1.1.2.c);
- el o los puestos de trabajo que puedan ocupar los operadores;
- las instrucciones para que puedan efectuarse sin riesgo;
- la puesta en servicio;
- la utilización;
- la manutención, con la indicación de la masa de la máquina y sus diversos elementos cuando, de forma regular, deban transportarse por separado;
- la instalación;
- el montaje, el desmontaje;
- el reglaje;
- el mantenimiento (conservación y reparación);
- si fuera necesario, las características básicas de las herramientas que puedan acoplarse a la máquina;
- en su caso, instrucciones de aprendizaje.

Si fuere necesario, en el manual se advertirán las contraindicaciones de uso.

- b) El fabricante o su representante establecido en la Comunidad Europea elaborará el manual de instrucciones, que estará redactado en una de las lenguas comunitarias. En el momento de su entrada en servicio, toda máquina deberá ir acompañada de una traducción del manual al menos en castellano y del manual original. Esta traducción la realizará, ya sea el fabricante o su representante establecido en la Unión Europea, ya sea quien introduzca la máquina en la zona lingüística de que se trate. No obstante, el manual de mantenimiento destinado al personal especializado que dependa del

fabricante o de su representante establecido en la Comunidad Europea podrá redactarse en una sola de las lenguas comunitarias que comprenda dicho personal.

- c) El manual de instrucciones incluirá los planos y esquemas necesarios para poner en servicio, conservar, inspeccionar, comprobar el buen funcionamiento y, si fuera necesario, reparar la máquina y cualquier otra instrucción pertinente, en particular, en materia de seguridad.
- d) Cualquier tipo de documentación que sirva de presentación de la máquina deberá no estar en contradicción con el manual de instrucciones en lo que respecta a los aspectos de seguridad. La documentación técnica que describa la máquina proporcionará datos relativos a la emisión de ruido aéreo a que hace referencia el párrafo f) y, para las máquinas portátiles o guiadas a mano, las informaciones relativas a las vibraciones a que hace referencia el apartado 2.2.
- e) En el manual de instrucciones se ofrecerán, si fuera necesario, las prescripciones relativas a la instalación y al montaje dirigidas a reducir el ruido y las vibraciones producidas (por ejemplo, utilización de amortiguadores, tipo y masa de la fundación, etc.).
- f) En el manual de instrucciones se darán las siguientes indicaciones sobre el ruido aéreo emitido por la máquina (valor real o valor calculado partiendo de la medición efectuada en una máquina idéntica):
 - El nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A en los puestos de trabajo, cuando supere los
 - 70 dB (A); si este nivel fuera inferior o igual a 70 dB (A), deberá mencionarse.
 - El valor máximo de la presión acústica instantánea ponderada C, cuando supere los 63 Pa (130 dB con relación a 20 uPa).
 - El nivel de potencia acústica emitido por la máquina, si el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A supera, en los puestos de trabajo, los 85 dB (A).

Cuando la máquina sea de muy grandes dimensiones la indicación del nivel de potencia acústica podrá sustituirse por la indicación de los niveles de presión acústica continuos equivalentes en lugares especificados en torno a la máquina.

Cuando no se apliquen las normas armonizadas, los datos acústicos se medirán utilizando el código de medición más apropiado, adaptado a la máquina.

El fabricante indicará las condiciones de funcionamiento de la máquina durante la medición, así como qué métodos se han utilizado para ésta.

Cuando el o los puestos de trabajo no estén definidos o no puedan definirse, la medición del nivel de presión acústica se efectuará a 1 metro de la superficie de la máquina y a una altura de 1,60 metros por encima del suelo o de la plataforma de acceso. Se indicará la posición y el valor de la presión acústica máxima.

- g) Si el fabricante ha proyectado la utilización de la máquina en atmósfera explosiva, en el manual de instrucciones se proporcionarán todas las indicaciones necesarias.
- h) En el caso de las máquinas que también puedan destinarse a su utilización por parte de usuarios no profesionales, la redacción y la presentación del manual de instrucciones, además de cumplir las demás exigencias básicas antes mencionadas, tendrán en cuenta el nivel de formación general y la perspicacia que, dentro de lo razonable, pueda esperarse de dichos usuarios.

3.4 Marcado "CE".

1. Señalización-advertencia.

Las máquinas deberán ir provistas de medios de señalización y/o de placas con las instrucciones de utilización, regulación y mantenimiento, siempre que ello sea necesario para garantizar la salud y seguridad de las personas expuestas. Deberán ser elegidos, diseñados y realizados de forma que se vean claramente y sean duraderos.

Las máquinas con mando a distancia que, en condiciones normales de uso, presentan un peligro de choque y atropello para las personas, deberán estar equipadas de medios adecuados para indicar sus evoluciones, o de medios para proteger de dichos peligros a las personas expuestas.

La máquina se fabricará de forma que no pueda producirse un bloqueo involuntario de todos los dispositivos de advertencia y de señalización.

Siempre que ello sea indispensable por motivos de seguridad, dichos dispositivos deberán estar equipados de sistemas para controlar su funcionamiento correcto y dar a conocer al operador cualquier fallo de los mismos.

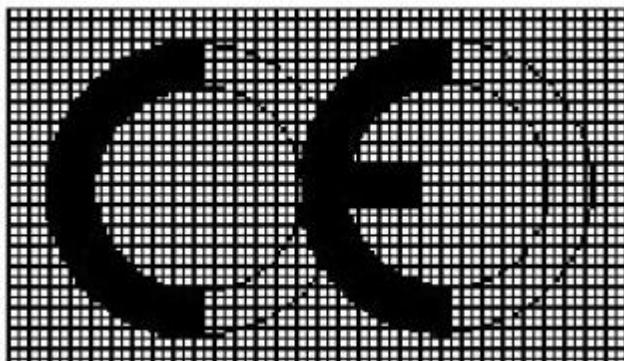
En el caso de máquinas cuyos movimientos, o los de sus herramientas, presenten algún peligro particular, deberá colocarse una inscripción sobre la máquina que prohíba acercarse a la máquina durante el trabajo y que pueda leerse desde una distancia suficiente para garantizar la seguridad de las personas que vayan a trabajar en su proximidad.

2. Marcado.

Las indicaciones mínimas exigidas en el apartado 1.7.3 deberán completarse con las siguientes indicaciones:

- Potencia nominal expresada en kW.
- Masa en kg en la configuración más usual.
- Máximo esfuerzo de elevación previsto por el fabricante expresado en N;
- Máximo esfuerzo de volteo previsto por el fabricante expresado en Nm;
- Velocidad de elevación previsto por el fabricante expresado en m/min.
- Velocidad de volteo previsto por el fabricante expresado en rev/min.

El marcado "CE" de conformidad estará compuesto de las iniciales "CE" diseñadas de la siguiente manera.



En caso de reducirse o aumentarse el tamaño del marcado "CE" deberán conservarse las proporciones de este logotipo.

Los diferentes elementos del marcado "CE" deberán tener apreciablemente la misma dimensión vertical, que no podrá ser inferior a 5 milímetros. Se autorizan excepciones a la dimensión mínima en el caso de las máquinas de pequeño tamaño.

ANEXO V. Declaración «CE» de conformidad

A efectos del presente anexo, el término "máquina" designa, ya sea la "máquina" como se define en el apartado 2 del artículo 1, ya sea el "componente de seguridad" como se define en ese mismo apartado.

1. La declaración «CE» de conformidad es el procedimiento por el cual el fabricante o su representante establecido en la Comunidad, declara que la máquina comercializada satisface todos los requisitos esenciales de seguridad y de salud correspondientes.
2. La firma de la declaración «CE» de conformidad autoriza al fabricante o a su representante establecido en la Comunidad, a colocar en la máquina la **marcado «CE»**.
3. Antes de poder establecer la declaración «CE» de conformidad, el fabricante o su representante legalmente establecido en la Comunidad, deberá asegurarse y poder garantizar que la documentación definida a continuación estará y permanecerá disponible en sus locales a los fines de un control eventual:
 - a. Un expediente técnico de construcción constituido por:

El plano de conjunto de la máquina y los planos de los circuitos de mando.

Los planos detallados y completos, acompañados eventualmente de notas de cálculo, resultados de pruebas, etc., que permitan comprobar que la máquina cumple los requisitos esenciales de seguridad y de salud.

La lista:

- De los requisitos esenciales del anexo I,
- De las normas y
- De las restantes especificaciones técnicas utilizadas para el diseño de la máquina.

La descripción de las soluciones adoptadas para prevenir los peligros presentados por la máquina.

Si lo desea, cualquier informe técnico o cualquier certificado obtenidos de un Organismo o laboratorio **(1)** competente.

Si declara la conformidad a una norma armonizada que lo prevea, cualquier informe técnico que dé los resultados de los ensayos efectuados a su elección, bien por él mismo, bien por un Organismo o laboratorio **(1)** competente.

Un ejemplar del manual de instrucciones de la máquina.

- b. En caso de fabricación en serie, las disposiciones internas que vayan a aplicarse para mantener la conformidad de las máquinas con las disposiciones del presente Real Decreto.

El fabricante deberá efectuar las investigaciones y las pruebas necesarias sobre los componentes, los accesorios o la máquina en su totalidad a fin de determinar si esta última, por su diseño y fabricación, puede montarse y ser puesta en servicio con seguridad.

El hecho de no presentar la documentación en respuesta a un requerimiento debidamente motivado de las autoridades competentes podrá constituir razón suficiente para dudar de la presunción de conformidad con las disposiciones del presente Real Decreto.

4.

- a. La documentación mencionada en el apartado 3 que precede podrá no existir permanentemente en una forma material, aunque habrá de ser posible reunirla y tenerla disponible en un tiempo compatible con su importancia; no deberá incluir los planos detallados ni otros datos precisos sobre los subconjuntos utilizados para la fabricación de las máquinas, salvo si su conocimiento resultase indispensable o necesario para comprobar la conformidad con los requisitos esenciales de seguridad.
- b. La documentación mencionada en el apartado 3 que precede se conservará y se tendrá a disposición de las autoridades nacionales competentes como mínimo diez años a partir de la fecha de fabricación de la máquina o del último ejemplar de la máquina, si se tratase de una fabricación en serie.
- c. La documentación mencionada en el apartado 3 deberá redactarse en una de las lenguas oficiales de la Comunidad, con excepción del manual de instrucciones de la máquina.

(1) Se considerará que un Organismo o un laboratorio son competentes cuando cumplen los criterios de evaluación previstos en las normas armonizadas pertinentes.

ANEXO VI. Examen «CE» de tipo

1. El examen «CE» de tipo es el procedimiento por el que un Organismo de control comprueba y certifica que el modelo de una máquina cumple las disposiciones correspondientes del presente Real Decreto.
2. El fabricante, o su representante legalmente establecido en la Comunidad, presentará la solicitud de examen «CE» de tipo ante un único Organismo de control para un modelo de máquina.

La solicitud incluirá:

- El nombre y la dirección del fabricante o de su representante legalmente establecido en la Comunidad y el lugar de fabricación de las máquinas.
 - Un expediente técnico de construcción que incluya, al menos:
 - Un plano de conjunto de la máquina y los planos de los circuitos de mando.
 - Los planos detallados y completos, acompañados eventualmente de las notas de cálculo, resultados de pruebas, etc., que permitan comprobar que la máquina cumple los requisitos esenciales de seguridad y de salud.
 - La descripción de las soluciones adoptadas para prevenir los peligros presentados por la máquina, así como la lista de las normas utilizadas.
 - Un ejemplar del manual de instrucciones de la máquina.
 - En caso de fabricación en serie, las disposiciones internas que vayan a aplicarse para mantener la conformidad de las máquinas con las disposiciones del presente Real Decreto.
 - La solicitud irá acompañada de una máquina representativa de la producción prevista, o, en su caso, de la indicación del lugar en que pueda examinarse la máquina.
 - La documentación anteriormente mencionada no deberá incluir los planos detallados ni otros datos precisos sobre los subconjuntos utilizados para la fabricación de las máquinas, salvo si su conocimiento resultase indispensable o necesario para comprobar la conformidad con los requisitos esenciales de seguridad.
3. El Organismo de control procederá al examen «CE» de tipo según las normas que se exponen a continuación:

Dicho Organismo de control llevará a cabo el examen del expediente técnico de construcción, para comprobar su adecuación, y el examen de la máquina presentada o puesta a su disposición.

Durante el examen de la máquina, el Organismo de control:

- a. Comprobará que ésta se ha fabricado de conformidad con el expediente técnico de construcción y que puede utilizarse con garantías de seguridad en las condiciones de servicio previstas.
- b. Si se hubiese hecho uso de normas, comprobará si éstas han sido utilizadas correctamente.
- c. Efectuará los exámenes y ensayos apropiados para comprobar que la máquina cumple los correspondientes requisitos esenciales de seguridad y de salud.

4. Cuando el modelo responda a las disposiciones correspondientes, el Organismo de control elaborará un certificado «CE» de tipo y se lo notificará al solicitante. Este certificado reproducirá las conclusiones del examen, indicará las condiciones que eventualmente le correspondan e incluirá las descripciones y diseños necesarios para identificar el modelo autorizado. La Comisión, los Estados miembros y los demás Organismos de control notificados podrán obtener una copia del certificado y, previa solicitud justificada, una copia del expediente técnico y de las actas de los exámenes y ensayos efectuados.
5. El fabricante, o su representante establecido en la Comunidad, deberá informar al Organismo de control acerca de todas las modificaciones, incluso menores, que haya introducido o que se proponga introducir en la máquina correspondiente al modelo. El Organismo de control examinará esas modificaciones e informará al fabricante o al representante de éste establecido en la Comunidad de si sigue siendo válido el certificado «CE» de tipo.
6. El Organismo de control que se niegue a conceder un certificado «CE» de tipo informará de ello a los demás Organismos de control notificados.
El Organismo de control que retire un certificado «CE» de tipo informará de ello a la Administración competente, quien dará traslado de la decisión a la Administración del Estado para su comunicación a los demás Estados miembros y a la Comisión, exponiendo el motivo de dicha decisión.
7. Los expedientes y la correspondencia relativa a los procedimientos del examen «CE» de tipo se redactarán en una lengua oficial del Estado miembro en el que esté establecido el Organismo de control o en una lengua aceptada por éste.

ANEXO VIII. Consejos cuando se trabaje.

1. Mantenga limpia en todo momento la zona de trabajo.
2. No rechace nunca el propósito del bloqueo de seguridad de las entradas al recinto, de dispositivos de protección, de topes limitadores, cortinas de luz y otros dispositivos de seguridad. No trabaje con equipos que no tengan dispositivos de protección o con circuitos de seguridad caducados.
3. Debe saber donde se encuentran todos los botones de PARADA DE EMERGENCIA y los interruptores de ACTIVACIÓN ON/OFF para utilizarlos en caso de urgencia.
4. Asegúrese de que cada una de las personas responsables del funcionamiento del sistema automático tiene un conocimiento absoluto de todos los métodos y prácticas de seguridad. Mantenga todos los accesos de entrada a la máquina cerrados y con la máxima seguridad mientras trabaja con ella.
5. Tenga en cuenta que siempre existe un elemento de riesgo cuando se acerca a una máquina industrial con movimiento. Ésta ejerce una fuerza considerable aun cuando se mueva lentamente.
6. Sea consciente de que cuando el Robot se encuentra en el modo EJECUTAR, la máquina puede empezar a moverse inesperadamente en cualquier momento sin avisar. El programa contiene muchas órdenes que controlan el movimiento de la máquina. Por ejemplo, a una pausa o movimiento lento puede seguirle de forma súbita una aceleración rápida hasta conseguir un movimiento de alta velocidad. Las señales procedentes del equipo periférico pueden afectar también a la secuencia de órdenes enviadas a la máquina. Un modelo repetitivo de movimiento puede variar bruscamente sin avisar.
7. Evite trabajar sólo dentro del entorno de trabajo de la máquina cuando el sistema se encuentre en modo ENSEÑAR. Una persona permanecerá fuera del entorno con la única responsabilidad de activar el botón de PARADA DE EMERGENCIA en el caso de sobrevenir alguna situación peligrosa.
8. Cerciórese de que toda la zona de trabajo está preparada para funcionar de manera segura antes de poner en marcha el sistema automático. Notifique a su supervisor o al personal de mantenimiento cualquier irregularidad que no pueda corregir usted mismo.
9. La persona que realice la carga de utilajes nunca debe intentar manipular un utilaje desde otra ventana que no sea la suya. No se debe entrar nunca al recinto por las ventanas de carga de pieza debido al peligro que ello contrae.
10. Nunca se debe penetrar parcialmente en el recinto por las ventanas de carga de pieza. Las ventanas están diseñadas únicamente para la introducción de las piezas en el utilaje, y la posterior extracción de pieza.

Si tiene que permanecer dentro del entorno de trabajo de la máquina:

1. Asegúrese de que el sistema automático está en el modo de MOTORES OFF el mayor tiempo posible. Mantenga la ejecución del programa al mínimo y vuelva a la posición de MOTORES OFF lo antes posible.
2. Seleccione ENSEÑAR con el selector de funcionamiento que se encuentra en la parte anterior de la caja de mandos de la máquina. Quite la unidad de programación de su compartimento situado en la cabina de control y llévela (con el botón ACTIVAR liberado) al entorno de trabajo. Esta acción garantiza que la potencia útil que va a los motores de la máquina está desconectada y ésta se halla en modo de MOTORES OFF.

Lleve siempre prendas protectoras y el equipo que exige la normativa en cuanto a seguridad. Por regla general, no deben llevarse cerca del Robot ropa holgadas o que hagan bolsas tales como corbatas, bufandas, brazaletes, etc...

ANEXO IX. Seguridad durante el mantenimiento.

Cuando haga el mantenimiento, debe tener presentes las normas de seguridad mencionadas además de éstas:

1. Cerciórese de que todas las personas que se hallan en el entorno de trabajo están completamente familiarizadas con las características de funcionamiento de la máquina y con sus peligros potenciales.
2. Cuando esté trabajando en el controlador de la máquina o mientras ésta se encuentra en el modo de funcionamiento, asegúrese de que no hay nadie en el entorno de trabajo.
3. Desconecte siempre que sea necesario la red principal.
4. Tenga siempre preparada una ruta de escape de emergencia.
5. No ralentice o pare la máquina con ninguna parte del cuerpo ni con ningún dispositivo improvisado.
6. La salida o la pérdida de aire puede dar como resultado el desplazamiento de algunos mecanismos. En ese caso, deben tomarse las precauciones necesarias para evitar cualquier daño al equipo o a las personas.