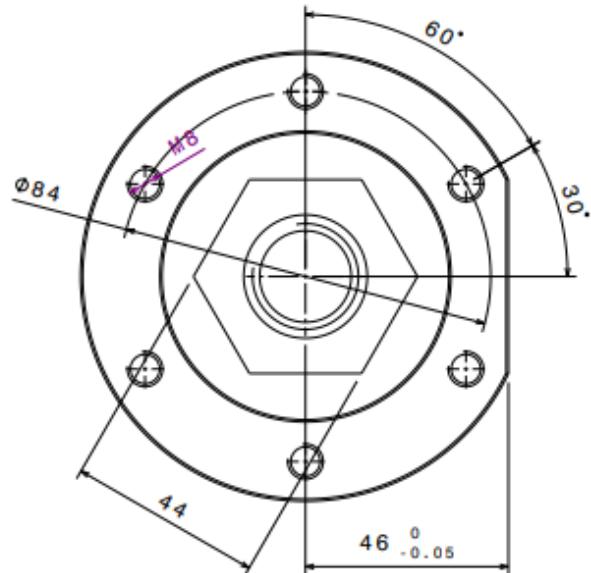
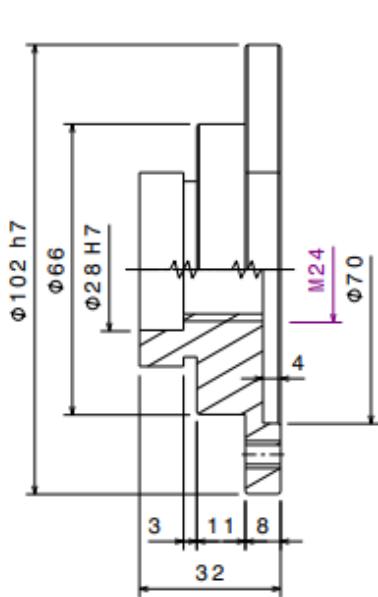


Diseño Proceso de Fabricación

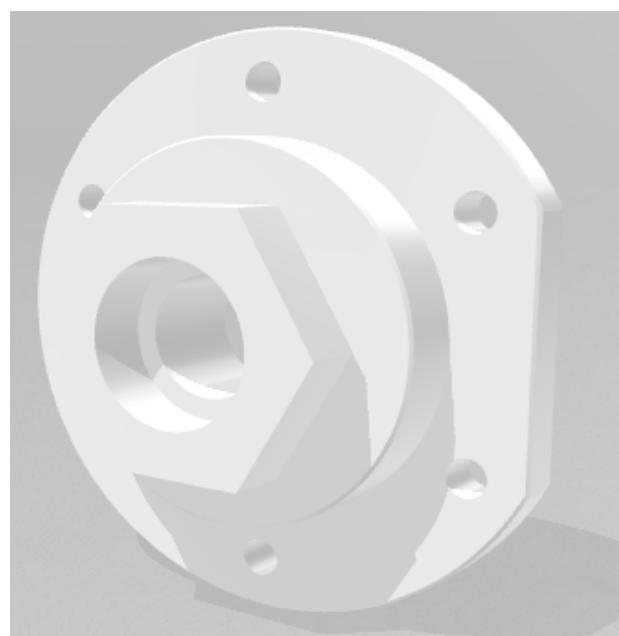


Chaflanes a 0.5x45°

Pieza 14 - Empresa 7

Equipo 2 - T2:

Pedro Belmonte Navarrete - 18034
Álvaro Barrientos Gonzalez - 18031
Álvaro Morales Sánchez - 18240

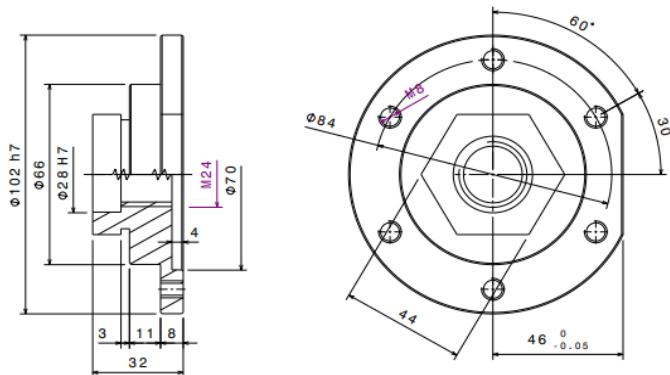


ÍNDICE:

1. Introducción.....	2
2. Planificación general del proceso de fabricación.....	3-4
3. Desarrollo de las fases.....	5-23
3.1. Fase 1: Sierra	
3.2. Fase 2: Torneado	
3.2.1. Fase 2.1: Torneado exterior	
3.2.2. Fase 2.2: Torneado interior	
3.3. Fase 3: Mecanizado vertical	
3.4. Fase 4: Taladrado	
3.5. Fase 5: Verificación de tolerancias	
4. Utillajes.....	24-27
5. Cálculo de tiempos.....	28-29
6. Cálculo de los costes generales.....	30-35
6.1. Coste del personal	
6.2. Coste horario	
6.2.1. Coste de amortización-año	
6.2.2. Otros datos y cálculo	
6.3. Coste de herramientas	
6.3.1. Herramientas de plaquita	
6.3.2. Herramientas enterizas	
6.4. Coste de utillaje	
6.5. Coste de materia prima	
6.6. Conclusión	
7. Bibliografía.....	36

1. Introducción

Mediante este documento se ha diseñado el proceso de fabricación de la siguiente pieza, la cual está hecha del material 1.0503, siendo un acero bonificado del grupo iso P:

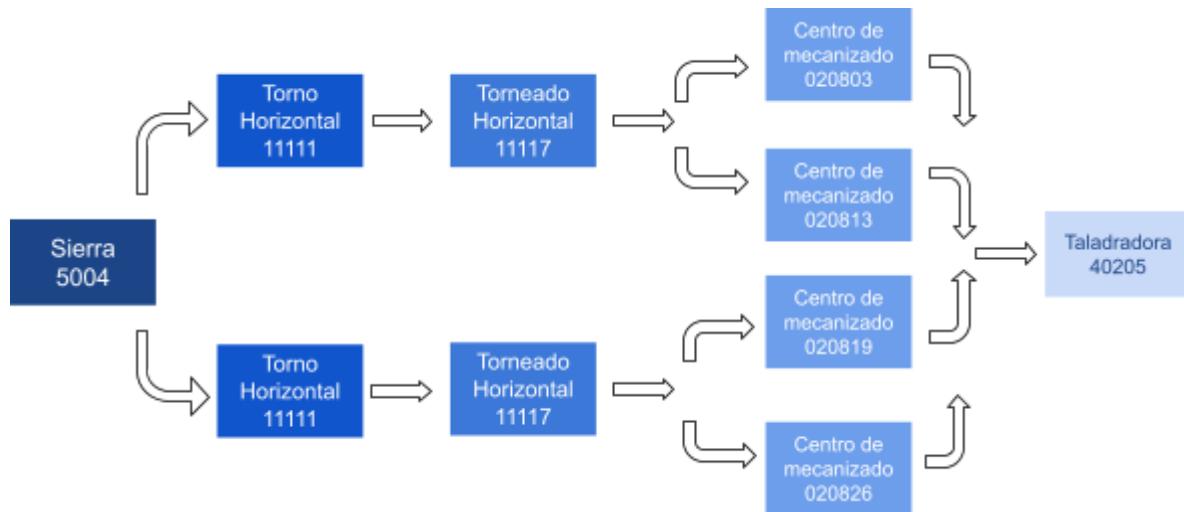


Llevando a cabo un estudio detallado del proceso de conformado y la selección de las herramientas necesarias para ello, hemos cuantificado el coste de la fabricación de un lote de 1000 piezas. Para todo lo anterior partíamos de las siguientes máquinas y sus correspondientes operarios:

MAQUINAS	Nº	CODIGO	AÑO	PRECIO	OPERARIO FIJO	ESTADO
Torno horizontal	2	11111	2010	120	2	N
Torno horizontal	2	11117	2010	95	2	N
Centro de mecanizado vertical	1	20803	2009	100	1	N
Centro de mecanizado vertical	1	20813	2010	125	1	N
Centro de mecanizado vertical	1	20819	2009	200	1	N
Centro de mecanizado vertical	1	20826	2010	180	1	N
Taladradora columna	1	40205	2010	6	-	N
Sierra de cinta	1	50004	2009	10	-	N

2. Planificación general del proceso de fabricación

Tras esta introducción, comenzamos con la explicación en detalle del proceso anteriormente mencionado. Incluyendo un esquema y tabla de fases.



Nº	FASE	MÁQUINA	UTILLAJE	TIEMPOS		
				Ciclo:	Total:	
1	Sierra		Sierra de cinta	Mesa de la máquina	56''	15 horas 29' 50"
2	Torneado		Torno horizontal	Plato de garras	4'44" (2.1) + 5'22"(2.2)	78 horas 54' 19" (2.1) + 89 horas 31' 21" (2.2) *
3	Fresado (mecanizado vertical)		Centro de mecanizado	Utilaje de diseño especial	8'53"	148 horas 12' 29" *
4	Taladrado		Taladradora de columna	Utilaje de diseño especial	6'16"	104 horas 30'
5	Verificación de tolerancias		Instrumentos de medida	Utilaje de la mesa	20"	5 horas 33'

*Dos tornos de cada subfase trabajando en paralelo. Y cuatro centros de mecanizado trabajando en paralelo.

INDICACIÓN:

Las herramientas de las fases 2 y 3 las hemos seleccionado con las recomendaciones de la página web de www.sandvik.coromant.com/es-es/pages/default.aspx?country=es&language=3082 para lo cual hemos introducido las características tanto del material de la pieza como de la máquina. No obstante, no hemos conseguido encontrar limitaciones en la dimensión del portaherramientas de la máquina el cual suele venir dado en pulgadas en el plano de la máquina, pero esto es algo que se debería tener también en cuenta.

Las herramientas de la fase 4 nos hemos apoyado en el catálogo de Izar cutting tools, buscando herramientas propias para el material acero inoxidable martensítico (ISO P), en concreto, en este catálogo sería el grupo 2.2 de material.

3. Desarrollo de las fases

3.1. Fase 1: Sierra de cinta

En esta primera fase cortaremos las barras cilíndricas que nos lleguen de la fábrica utilizando la sierra de cinta. Tras esta fase, tendremos barras con 37 mm de longitud y 107 mm de diámetro.

HOJA DE OPERACIONES DE MECANIZADO									
Pieza:		14							
Máquina:		Sierra de cinta 50004				Tiempo carga/descarga:	de	180/150	
Fase nº:		1							
OPERACIÓN			HERRAMIENTA	CONDICIONES DE CORTE					Tiempo operación (s)
Op:	Designac.	Croquis	Designación/ croquis	v (m/min)	n (rpm)	vf (mm/ min)	f (mm)	ap (mm)	
1	Cargar la barra de material		-	-	-	-	-	-	180*
2	Reglaje precorte (medidas con creces)		-	-	-	-	-	-	5
3	Corte		-	60-75	-	-	-	-	30
4	Descargar		-	-	-	-	-	-	150*
							Tiempo total(s):		365

*180"/barra , 150"/barra y 16 piezas/barra. Por lo que en el total se añaden 63 veces, no 1000.

3.2. Fase 2: Torneado

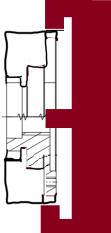
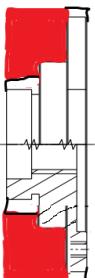
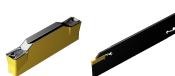
En esta fase, vamos a realizar dos procesos de torneado distintos, uno para los torneados exteriores y otro para los interiores. Esto podemos hacerlo debido a que tenemos 4 tornos que pueden trabajar simultáneamente, por lo que usaremos dos de cada tipo para cada una de las operaciones anteriormente mencionadas. A continuación se expone lo dicho en las dos tablas siguientes.

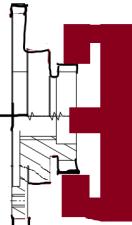
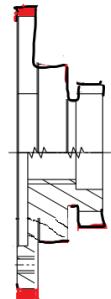
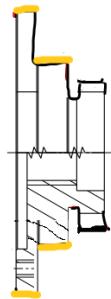
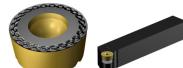
3.2.1: Torneado exterior

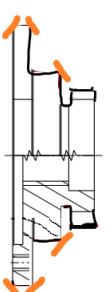
En este primer torno haremos los cilindrados exteriores. El orden de los procesos será el siguiente:

- Cilindrado del diámetro de 50.8 mm (la circunferencia en la que está inscrito el hexágono) y del diámetro de 66 mm.
- Ranurado.
- Cilindrado del diámetro de 102 mm consiguiendo su respectiva tolerancia.
- Achaflanado (chaflanes de 0.5x45°).

HOJA DE OPERACIONES DE MECANIZADO									
Pieza:		14							
Máquina:		Torno Horizontal 11111				Tiempo carga/descarga: de		35/11	
Fase nº:		2.1							
OPERACIÓN			HERRAMIENTA	CONDICIONES DE CORTE				Tiempo operación (s)	
Op:	Designac.	Croquis	Designación/croquis	v (m/min)	n (rpm)	vf (mm/min)	f (mm)	ap (mm)	
	Cargar Herramientas	Primera pieza, y cambio por vida útil		-	-	-	-	-	3 x 35
	Reglaje	El reglaje no sería necesario en el primer ciclo, pero si en posteriores.		-	-	-	-	-	3 x 45

	Colocar utilaje	Solo una vez, para el ciclo dividimos entre el total de piezas		-	-	-	-	-	9000 (total)
	Cargar material			-	-	-	-	-	35
	Apretar utilaje			-	-	-	-	-	5
	Movimiento herramienta en vacío			-	-	-	-	-	3+1
	Cilindrado exterior (desbaste)		 CNMG 19 06 16-PR 4425 DCLNR 2525M 19 (220 vida)	251	1540	770	0.5	5.52	8.16 + 6
	Movimiento herramienta en vacío			-	-	-	-	-	1+3+1
	Ranurado exterior		 N123G2-0300-0004 -TM 4325 N123G55-25A2 (1660 vida)	199	1420	170. 4 (0.1 2)	0.12	3	2.25
	Alejar herramienta			-	-	-	-	-	1
	Desapretar utilaje			-	-	-	-	-	2

	Descargar pieza		-	-	-	-	-	11	
	Cargar pieza (girada)		-	-	-	-	-	25	
	Apretar utillaje		-	-	-	-	-	2	
	Cambiar herramienta		-	-	-	-	-	3	
	Acercar herramienta		-	-	-	-	-	1	
	Cilindrado exterior (desbaste)		  CNMG 19 06 16-PR 4425 DCLNR 2525M 19 (1890 vida)	378	1170	692	0.592	2	0.846
	Movimiento herramienta en vacío		-	-	-	-	-	1+3+1	
	Cilindrado exterior (acabado, con tolerancia h7 en el diámetro de 102)		  RCMT 16 06 MP-L3 4425 PRGCR 2525M 16 (971 vida) cada superficie	530	1650	475 .2	0.2 88	0.5	3.198
	Movimiento herramienta en vacío		-	-	-	-	-	1	

	Achaflanado		 RMCT 16 06 MP-L3 4425 PRGCR 2525M 16 (971 vida)	530	1650	475 .2	0.2 88	0.5	0.5
	Alejar herramienta			-	-	-	-	-	1
	Aflojar utilaje			-	-	-	-	-	2
	Descargar pieza			-	-	-	-	-	11
	Verificar medidas		 Micrómetro de exteriores	-	-	-	-	-	15
							Tiempo total (s):	284	

*Movimiento de la herramienta en vacío puede incluir: acercarse (1''), cambio (3'') y alejarse (1'').

Tiempo de preparación (Torno 2.1) = $2 \times t_{\text{ciclo}} + 8 \text{ min} / \text{operación} = 17' 28'' / \text{operación}$

Para este primer torno hemos seleccionado un utilaje de garras universal, el cual es relativamente sencillo pero eficaz. En primer lugar sujetaremos la pieza por la parte de diámetro 107 mm (con creces). Posteriormente lo haremos por la parte de diámetro 50.8 mm (sin creces ya que ya han sido quitadas).

Herramientas del proceso:

Por motivos de claridad exponemos aquí las herramientas utilizadas en este proceso junto a su precio:

Herramienta	Plaquita	Precio Sandvick	Precio catálogo	Vida útil (piezas)
DCLNR 2525M 19	CNMG 19 06 16-PR 4425	$92+28.20=120.20\text{€}$	$76.50+28.20=104.70\text{€}$	220 1860 *
N123G55-25A2	N123G2-0300-0004-TM 4325	$109+28.65=137.65\text{€}$	$90.50+28.65=119.15\text{€}$	1660
PRGCR 2525M 16	RCMT 16 06 MP-L3 4425	$92+24.20=116.20\text{€}$	$76.50+24.20=100.70\text{€}$	971/2 971

*Usadas en dos cilindradados distintos dentro de la misma operación teniendo en el primer proceso una vida útil de 220 piezas y en el segundo de 1860 piezas.

Hemos elegido un utilaje de plato de garras universal. Este utilaje es muy común y bastante simple a la vez que efectivo. Sujetaremos en primer lugar la pieza por la parte derecha de la misma con un diámetro de 107 mm (contando con las creces) para poder hacer los cilindrados de diámetros 66 y 50.8 (para el hexágono) mm. Posteriormente cambiaremos y sujetaremos por el diámetro de 50.8 mm para hacer el cilindrado de 102 mm y los chaflanes. Ambas operaciones se realizarán con la misma herramienta y plaquita que las de la posición anterior, con la única diferencia el sentido de la pieza y las dimensiones de los cilindrados.

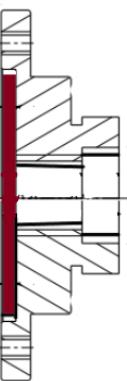
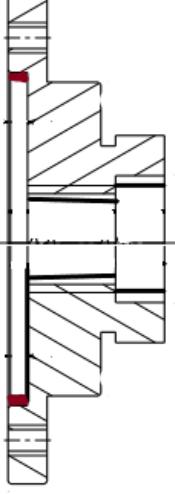
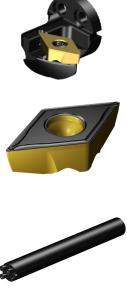
3.2.2: Torneado interior

En este segundo torneado procedemos a realizar los torneados interiores, así como el roscado del agujero central pasante. Así, poniendo las operaciones realizadas en orden:

- Cilindrado interior agujero pasante (hacemos a la vez el de la rosca y el de diámetro 28), realizando solo el desbaste en esta fase.
- Cilindrado interior de la cara derecha del diámetro de profundidad 4 mm y diámetro 70 mm.
- Roscado interior de M 24.

HOJA DE OPERACIONES DE MECANIZADO									
Pieza:		14							
Máquina:		Torneado Horizontal 11117							
Fase nº:		2.2							
OPERACIÓN			HERRAMIENTA		CONDICIONES DE CORTE			Tiempo operación (s)	
Op:	Designac.	Croquis	Designación/croquis	v (m/min)	n (rpm)	vf (mm/min)	f (mm)		
	Cargar herramientas	Primera pieza, y cambio por vida útil		-	-	-	-	-	4 x 35
	Reglaje	El reglaje no sería necesario en el primer ciclo, pero si en posteriores.		-	-	-	-	-	4 x 45
	Colocar utilaje			-	-	-	-	-	9000(total)
	Cargar pieza			-	-	-	-	-	25

	Apretar utilaje		-	-	-	-	-	2
	Movimiento herramienta en vacío		-	-	-	-	-	4+1
	Cilindrado interior (desbaste)		SCMT 09 T3 12-PR 4335 A16R-SSKCR 09-R (1780 vida)	229 00	28 .8	870 11	0.3 11	2 1.4
	Movimiento herramienta en vacío		-	-	-	-	-	1
	Aflojar utilaje		-	-	-	-	-	2
	Descagar pieza		-	-	-	-	-	11
	Cargar pieza (Girada)		-	-	-	-	-	25
	Apretar utilaje		-	-	-	-	-	2
	Movimiento herramienta en vacío		-	-	-	-	-	4+1

	Cilindrado interior (desbaste)		 SCMT 09 T3 12-PR 4335 A16R-SSKCR 09-R (203 vida)	229	28 00	870 .8	0.3 11	2	6.48
	Movimiento herramienta vacío			-	-	-	-	-	1+4+1
	Cilindrado interior (acabado)		 TR-SL-D13XCR -25 TR-DC1312-M 4425 SL-2C 25 200 (2570 vida)	334	15 20	513 .76	0.3 38	1	0.511
	Movimiento herramienta vacío			-	-	-	-	-	1+4+1

Roscado interior		 266RKF-16-16-R 266RL-16MM01A 300M 1125 (357 vida)	168	22 30	*	*	*	3.75
Movimiento herramienta en vacío			-	-	-	-	-	1
Aflojar utilaje			-	-	-	-	-	2
Descargar pieza			-	-	-	-	-	11
Verificar medidas		 Micrómetro de interiores	-	-	-	-	-	18
					Tiempo total (s):			322.281

Tiempo de preparación (Torno 2.2) = 2 x tciclo + 8 min (/ operación) = 18' 45" (/ operación)

Herramientas del proceso:

Herramienta	Plaquita	Precio Sandvick	Precio catálogo	Vida útil (piezas)
A16R-SSKCR 09-R	SCMT 09 T3 12-PR 4335	110+9.98=119.98€	92+9.88=101.88€	1780
TR-SL-D13XCR-25 SL-2C 25 200 *	TR-DC1312-M 4425	234+400+14.1=648.1€	195+400+14.10=609.10€	2570
266RKF-16-16-R	266RL-16MM01A300M 1125	141+23.9=164.9€	141+19.15=160.15€	357

*Hace falta un adaptador (SL-2C 25 200)

3.3. Fase 3: Mecanizado vertical

En esta fase lo que vamos a realizar es un fresado para dar forma al hexágono partiendo del diámetro de 50.8 mm realizado previamente en el torno horizontal y otro para la incursión que tiene el diámetro de 102 mm. Además garantizaremos la tolerancia del diámetro de 28 mm, la cual es H7. Por último realizaremos dos refrentados para obtener un acabado óptimo.

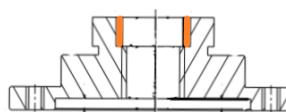
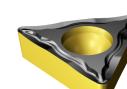
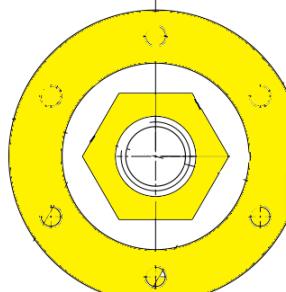
Poniéndolo de forma esquemática:

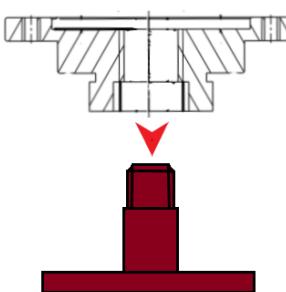
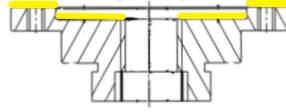
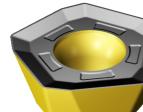
- Fresado periférico al diámetro de 50.8 mm para obtener la forma hexagonal.
- Fresado periférico al diámetro de 102 mm para dejar recta la parte que está a 46 mm del centro.
- Mandrinado periférico al diámetro interior central de 28 mm para conseguir una tolerancia H7.
- Fresado frontal para conseguir el acabado deseado del refrentado.

HOJA DE OPERACIONES DE MECANIZADO									
Pieza:		14							
Máquina:		Centro de mecanizado vertical				Tiempo de carga/descarga:		65/40	
Fase nº:		3							
OPERACIÓN			HERRAMIENTA	CONDICIONES DE CORTE					
Op:	Designac.	Croquis	Designación/ croquis	v (m/min)	n (rpm)	vf (mm/min)	f (mm)	ap mm	
	Cargar herramientas	Primera pieza, y cambio por vida útil		-	-	-	-	-	7x186
	Reglaje	El reglaje no sería necesario en el primer ciclo, pero si en posteriores.		-	-	-	-	-	285
	Colocar utilaje			-	-	-	-	-	9000 (total)
	Cargar pieza			-	-	-	-	-	65

	Apretar utilaje			-	-	-	-	-	5
	Movimiento herramienta en vacío			-	-	-	-	-	6.9*+1
	Fresado Periférico **(desbaste)		 490R-140408M-PH 4330	400	3180	1586.82	0.499	10	2.544
	Movimiento herramienta en vacío		 490-040B32-1 4H (7540 vida) cada perfil						
	Fresado Periférico** (acabado)		 2S342-0635-0 38-PA 1730 (3580 vida)	160	8000	510.4	0.0638	10	10.332
	Movimiento herramienta en vacío			-	-	-	-	-	1+6.9*+1

	Fresado Periférico (desbaste)			263	4190	620.1 2	0.14 8	8	0.557
	Movimiento herramienta en vacío			-	-	-	-	-	1+6.9*+1
	Fresado Periférico (acabado)			201	8000	528	0.06 6	8	2.346
	Movimiento herramienta en vacío			-	-	-	-	-	1+6.9*+1

	Mandrinado periférico (Tolerancia H7)		  	220	2500	1250	0.5	1	0.5
	Movimiento herramienta en vacío			-	-	-	-	-	1+6.9*+1
	Fresado frontal (acabado)		 	342	3710	2968	0.8	1	4.2
	Movimiento herramienta en			-	-	-	-	-	1

	vacío								
	Aflojar utilaje			-	-	-	-	-	5
	Cambiar posición pieza			-	-	-	-	-	2
	Apretar utilaje			-	-	-	-	-	5
	Fresado frontal (acabado)		 	300	1420	1136	0.8	1	4.35
	Aflojar utilaje			-	-	-	-	-	5
	Descargar pieza			-	-	-	-	-	40
	Verificar medidas	 	 	Pie de Rey + Micrómetro de interiores	-	-	-	-	15+18
							Tiempo total (s):		533.549

*Dentro del centro de mecanizado vertical se incluyen: 20803(tc=6.5), 20813(tc=12), 20819(tc=6), 20826(tc=3).

** Mediante CNC haremos que la herramienta de forma al hexágono.

Tiempo de preparación (Centro de mecanizado) = $2 \times tciclo + 10 \text{ min} (/ \text{ operación})$
 $= 27' 47'' (/ \text{ operación})$

Herramientas de la operación:

Herramienta	Plaquita	Precio Sandvick	Precio catálogo	Vida útil (piezas)
490-040B32-14H	490R-140408M-PH 4330	$405+17.25=422.25\text{€}$	$336+17.25=353.25\text{€}$	7540/6
2S342-0635-038-PA 1730	-	73€	-	3580/6
316-20FM850-20000L 1730 + EH-ER32-20-022 *	-	163+325=488€	-	9760
2S342-0800-050-PA 1730	-	103€	-	4080
BR20-36TC09F-EH25 + EH-ER32-25-025*	TCMT 09 02 08-UM 4325	$353+1106+8.17=146.17\text{€}$	-	3280
A419-038C3-14M	419R-1405M-PM 4330	$409+16.45=425.25\text{€}$	-	725
A419-076R25-14H	419R-1405M-PM 4330	$694+16.45=710.45\text{€}$	-	249

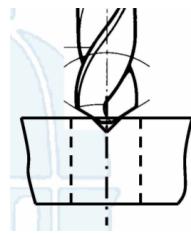
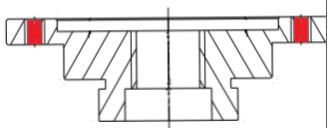
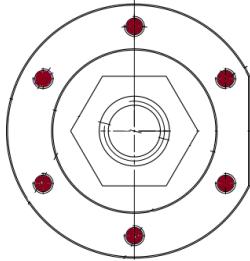
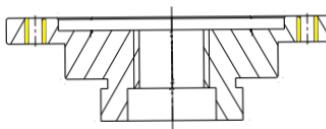
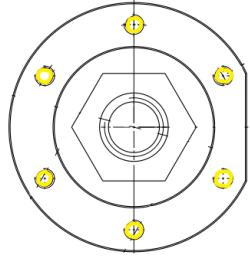
*Artículo adaptativo

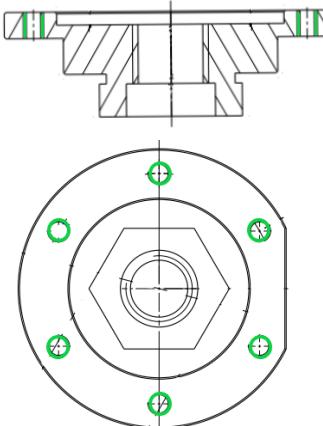
Para los centros de mecanizado vertical se ha decidido crear un utillaje de diseño especial, el cual consistirá en un tornillo en la parte superior para que sea roscado en la rosca de M24 introduciendo el utillaje por el extremo del diámetro de 102 mm o por el de 28mm, dependiendo de la operación. El diseño de dicho utillaje está más detallado en el apartado correspondiente, acompañado de su croquis.

3.4. Fase 4: Taladrado

En este punto realizaremos las 6 roscas de M8 pasantes, los cuales debemos tener presente que sus centros están separados un ángulo de 60° y que sus centros están en una circunferencia de diámetro de 84 mm.

HOJA DE OPERACIONES DE MECANIZADO									
Pieza:		14							
Máquina:		Taladradora de columna 40205				Tiempo carga/descarga: de			
Fase nº:		4							
OPERACIÓN			HERRAMIENTA	CONDICIONES DE CORTE				Tiempo operación (s)	
Op:	Designac.	Croquis	Designación/croquis	v (m/min)	n (rpm)	vf (mm/min)	f (mm)	ap (mm)	
	Carga herramienta								25
	Preparación taladradora								65 (/operación)
	Colocación utilaje								9000 (total)
	Cargar pieza								8
	Ajustar utilaje								5
	Movimiento herramienta en vacío		Posicionamiento respecto utilaje						6

	Puntar	  REF 1301 69195	6-1 0	21 2-3 54	19. 08- 31. 86	0.0 9	1	0.5x6=3 (6 punteados/pieza)
	Girar*	Rotar la pieza 60°						2
	Movimiento herramienta en vacío							2x25
	Taladrado	   REF 1016 19292	8-1 2	31 8.3 -47 7.5	28. 65- 42. 98	0.0 9	8	0.5x6=3 (6 taladrados/pieza)
	Girar*	Rotar la pieza 60°						2
	Movimiento herramienta en vacío							2x25
	Escariado**	   REF 2060 74448	4-6	15 9.1 5-2 38. 7	17. 5-2 6.2 6	0.11	8	0.5x6=3

	Girar*	Rotar la pieza 60°							2
	Movimiento herramienta en vacío								2x25
	Roscar	  REF 3125 28064		-	-	-	-	0.7x6=4.2	
	Girar*	Rotar la pieza 60°							2
	Movimiento herramienta en vacío								25
	Aflojar utilaje								2
	Descargar pieza								60
							Tiempo total (s):		376.2

*Girar la pieza, respecto del utilaje, para realizar el proceso anterior en las 6 posiciones deseadas

**Escariado al diámetro interior de la rosca

Tiempo de preparación (Taladradora de columna) = 65" (/ operación)

Para la broca de roscado hemos optado por una de laminación ya que las de arranque de material o fresado realizan operaciones innecesarias como la evacuación de viruta, la cual la hemos realizado previamente, aumentando el coste.

Herramientas usadas en la operación:

Herramienta	Precio catálogo Izar (€)
REF 1301 69195	20.53
REF 1016 19292	3.34
REF 2060 74448	18.71

REF 3125 28064	27.59
-------------------	-------

INDICACIÓN: En el catálogo buscado no hemos conseguido encontrar la vida útil de las herramientas.

3.5. Fase 5: Verificación de medidas

Aunque se indique como fase extra, se ha realizado una medición y verificación al final de las fases anteriores, por lo que solo se reservan 20" tras finalizar el proceso por si se quisiese o necesitase verificar algo más. Por eso no se especifica el instrumento de medida. Además puede ser una inspección rutinaria tras cierto número de piezas para asegurar que el lote cumpla unas características mínimas.

4. Utilajes

El utilaje es aquel elemento que ejerce de interfase entre la pieza y la máquina. Por lo que tendrá dependencia directa con esta. Además necesita cumplir con dos objetivos: posicionar y orientar la pieza correctamente, y asegurarse de que se mantenga fija y aguante las operaciones llevadas a cabo en cada máquina.

Como a lo largo del proceso se emplean distintos utilajes, separaremos estos según la máquina donde se sitúan:

4.1. Sierra (Fase 1)

No es necesario usar un utilaje extra, la propia sierra dispone de una parte donde se alimentarán las barras y sujetarán cuando se estén cortando.



4.2. Torno Horizontal (Fase 2.1)

Para cumplir con todas las operaciones que se realizarán en dicho torno de manera segura optamos por un plato de tres garras universal, necesitando un diámetro mayor de 107 mm. Creemos que es la opción más segura tanto para fijarlo como para aguantar los distintos procesos llevados a cabo en el exterior de la pieza. Otra opción que se ha estudiado es el empleo del contrapunto que dispone el torno (11111). Pero veíamos dificultades a la hora de optimizar el tiempo de posicionamiento de la pieza y dudas para aguantar. Los platos serían utilaje fijo en máquina.



4.3. Torno Horizontal (Fase 2.2)

Como en el proceso anterior, utilizaremos un plato de garras universal. En este torno no se puede optar por el contrapunto, ya que la mayoría de procesos son interiores y las herramientas no podrían realizar sus operaciones de manera correcta.

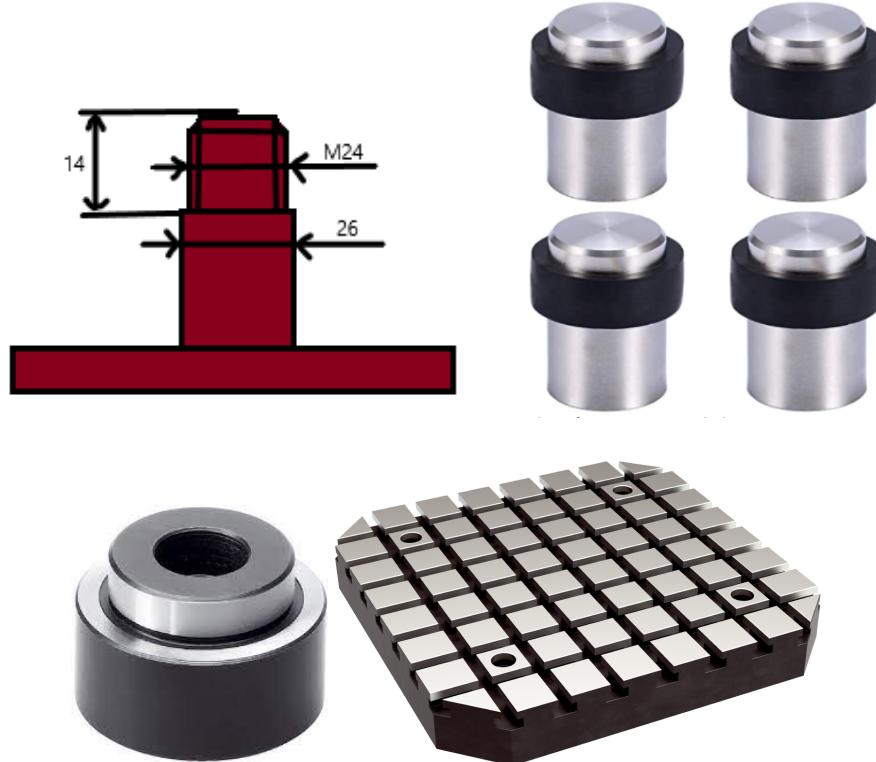


4.4. Centros de Mecanizado (Fase 3)

Para los cuatro centros de mecanizado optamos por un utilaje fijo en máquina de diseño especial, junto con apoyos modulares. Tras recorrer las distintas opciones veímos más sencillo crear nuestro propio utilaje, usando partes universales. Facilitando tanto el proceso de carga como el de descarga.

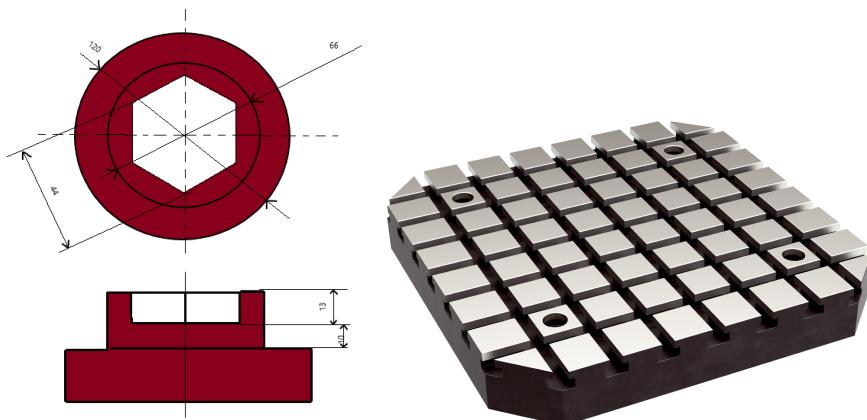
Como podemos observar en el croquis correspondiente, la parte principal del utilaje estaría formada por una base cilíndrica con una rosca. Gracias a la forma y la rosca podríamos fijar la pieza, que vendría de los tornos, en dos posiciones verticales distintas, gracias al proceso de roscar. Además para verificar que el utilaje cumple con sus objetivos (fijar y soportar) rodeamos a la pieza con cuatro cilindros de posicionamiento o topes cilíndricos. Debemos asegurar que están situados en puntos que no estorben a los distintos

fresados de la fase 3, y que cumplen medidas no superiores a las bases de la pieza para el fresado frontal. Tanto los topes como el utillaje principal estarían montados en un plato de fijación situado en la máquina, fijo.



4.5. Taladradora de columna (Fase 4)

Como en la fase anterior, optamos por un utillaje de diseño especial fijo en la máquina. Necesitaríamos crear una base que rodee a la pieza hasta el diámetro de 66 mm y en la base tenga un agujero hexagonal donde encajaría la pieza y bloquearía de este modo su giro. Pero sería fácil y rápido para la carga, cambio de posición y descarga de la pieza. El cambio de posición sería tan sencillo como sacar la pieza y girar respecto de las paredes del hexágono, ya que cada agujero está enfrentado a una de esas paredes. Como en el anterior, estaría situado sobre un plato de fijación.



En el catálogo de Halder de drive disponemos de distintos platos de fijación para adaptar nuestro utillaje.

5. Cálculo de tiempos

En este apartado se hará un recuento minucioso de los tiempos de cada fase incluyendo todos los procesos en cada una de ellas con el fin de que sea más esquemático y de que el cálculo de los costes sea más claro y conciso.

Partiendo de los tiempos de fase del apartado 2. Dichos tiempos incluyen ya los tiempos de corte, mecanizado, cambio de herramientas y otros tiempos no productivos. A continuación se les añadirán los tiempos no productivos a cada fase, y los generales independientes de la fase.

Tiempos no productivos (por fase): Solo faltaría añadir el tiempo de preparación a cada fase.

- Fase 1 - Sierra: Esta primera fase no dispone de tiempo de preparación.
- Fase 2 - Torneado: Cada uno de los tornos tendrá un tiempo de preparación y número de operaciones distinto:

Tiempo de preparación (Torno 2.1) = $2 \times \text{tciclo} + 8 \text{ min} (\text{/ operación}) = 17' 28'' (\text{/ operación})$

Número de operaciones (Torno 2.1) = 5

Tiempo de preparación Total (Torno 2.1) = 1 hora 27' 20"

Tiempo de preparación (Torno 2.2) = $2 \times \text{tciclo} + 8 \text{ min} (\text{/ operación}) = 18' 45'' (\text{/ operación})$

Número de operaciones (Torno 2.2) = 4

Tiempo de preparación Total (Torno 2.2) = 1 hora 15'

- Fase 3 - Fresado (Centros de mecanizado):

Tiempo de preparación (Centro de mecanizado) = $2 \times \text{tciclo} + 10 \text{ min} (\text{/ operación}) = 27' 47'' (\text{/ operación})$

Número de operaciones = 6

Tiempo de preparación Total = 2 horas 46' 42"

- Fase 4 - Taladradora de Columna:

Tiempo de preparación (Taladradora de columna) = 65" (/ operación)

Número de operaciones = 4

Tiempo de preparación Total = 4' 20"

Tiempos no productivos (generales): Se aplican al proceso de fabricación de las 1000 piezas, no a una fase en particular.

- Mantenimiento: Se realizará semanalmente y corresponderá aproximadamente a 45'.
- Auxiliares: Incluirá los tiempos humanos, descansos, esperas, inspección o comprobación de máquina, etc. No disponemos de un porcentaje exacto respecto del tiempo total de mecanizado. Por lo que no podríamos dar un valor.
- Transporte: Deberíamos incluir el transporte entre los distintos puestos dentro de la fábrica, pero no disponemos de datos como la distribución ni el modo de transporte. No podemos estimar un valor.

Añadiendo estos tiempos a los que disponemos en la tabla de fases, punto 2, obtendremos el total y el de una única pieza. Los tiempos de ciclo de dicha tabla son aproximados, ya que hay pasos en las tablas de operaciones, como el montaje de las herramientas, que aumentan el tiempo del primer ciclo pero en el resto no se tendría en cuenta. Siendo el tiempo medio de un ciclo o pieza.

Tiempo final ciclo/pieza: $t_{ciclosierra} + t_{ciclotorneado} + t_{ciclofresado} + t_{ciclotaladrado} + t_{cicloverificación} + t_{np/pieza} = 56'' + 10'6'' + 8'53'' + 6'16'' + 20'' + 20''$

Tiempo final ciclo/pieza: 26' 51"

Tiempo final lote: $t_{totalsierra} + t_{totaltorneado} + t_{totalfresado} + t_{totaltaladrado} + t_{totalverificación} + t_{nptotal} = 15 \text{ horas } 29' 50'' + 7 \text{ días } 25' 40'' + 6 \text{ días } 4 \text{ horas } 12' 29'' + 4 \text{ días } 8 \text{ horas } 30' + 5 \text{ horas } 33' + 6 \text{ horas } 18' 22''$

Tiempo final lote: 18 días 16 horas 29 min (sin máquinas en paralelo)

El tiempo final del lote en la práctica sería inferior. Debido a que disponemos de dos tornos de cada tipo trabajando en paralelo y lo mismo sucede con los centros de mecanizado, donde los cuatro disponibles trabajan en paralelo. Pero puede que dicho planteamiento sufra un cuello de botella en el taladrado, por lo que sería más difícil calcular los tiempos. Pero teniendo en cuenta el trabajo en paralelo:

Tiempo final lote: 9 días 1 hora 7' 9" (aproximado)

6. Cálculo de costes generales

6.1 Coste del personal

En primer lugar, calcularemos el coste del personal tanto directo (operarios) como indirecto (por ejemplo, administrativos).

Personal directo:

Personal	Nº	Salario anual	Total anual
Operarios	8	17.010€	136.080 €
Operarios auxiliares	2	15.805,73 €	31.611,46 €
Jefe de equipo	1	18.283,60€	18.283,60 €
Transportista	1	15.805,73€	15.805,73 €
		Coste total:	201.780,79 €

Personal indirecto:

Personal	Nº	Salario anual	Total anual
Directivos y jefes	2	27.030,38 €	54.060,76 €
Administrativos y personal de oficina	2	27.030,38 €	54.060,76 €
Procesista	1	22.683,86 €	22.683,86 €
		Coste total:	130.805,38 €

6.2. Coste horario

En segundo lugar, calcularemos el coste horario mediante la siguiente expresión:

$$c = \left(\frac{C_{amortización-año}}{n_{turnos}} + n_{operarios-asig} \cdot C_{laboral} \right) \frac{1}{1 - \eta_{costes-indirectos}} \cdot \frac{1}{h_{horas-disponibles} \cdot t_{tasa-ocupación}}$$

Para ello, lo primero que necesitamos conocer es el Coste de amortización-año, así:

6.2.1. Coste de amortización-año

Lo calcularemos aplicando la fórmula dada por:

Coste maquina $\left(\frac{1 + \text{coste de dinero} \times \text{año de amortización}}{\text{años de amortización}} \right)$

Máquina	Código	Cantidad	Precio	Años de amortización	Coste de amortización/ máquina
Torno horizontal	11111	2	120.000 €	11	15.700,1 €
Torno horizontal	11117	2	95.000 €	11	12.436,36 €
Centro de mecanizado vertical	20803	1	100.000 €	12	12.333,33 €
Centro de mecanizado vertical	20813	1	125.000 €	11	16.363,64 €
Centro de mecanizado vertical	20819	1	200.000 €	12	24.666,67 €
Centro de mecanizado vertical	20826	1	180.000 €	11	23.563,64 €
Taladradora columna	40205	1	6.000 €	11	785,45 €
Sierra de cinta	50004	1	10.000 €	12	1.233,33 €

INDICACIÓN: Para la realización de estos cálculos hemos tenido en consideración una tasa del dinero del 4%.

6.2.2. Otros datos necesarios y cálculo

Suponemos un número de turnos de trabajo en la empresa para la máquina de 1, ya que no se nos dice nada al respecto.

Por otro lado, en cuanto al coeficiente de costes indirectos, estimamos un 18%. Además tomaremos unas horas de trabajo en el convenio indicado de 1.764 h y una tasa de ocupación del 80%.

Por último, reflejaremos en la siguiente tabla el número de operarios de cada máquina junto con su respectivo coste de amortización y coste horario (sabiendo que el coste laboral es de 17.010 €).

Máquina	Código	Cantidad	Nº operarios	Coste de amortización / máquina	Coste horario	Tiempo de operación	Coste/pieza
Torno horizontal	11111	2	2	15.700,1 €	42,966 €/h	10'6"/2=5'3"	3,6163 €/pieza
Torno horizontal	11117	2	2	12.436,36 €	40,232 €/h	10'6"/2=5'3"	3,3862 €/pieza
Centro de mecanizado vertical	20803	1	1	12.333,33 €	25,358 €/h	8'53"/4=2'13,25"	0,9386 €/pieza
Centro de mecanizado vertical	20813	1	1	16363,64 €	28,84 €/h	8'53"/4=2'13,25"	1,067 €/pieza
Centro de mecanizado vertical	20819	1	1	24.666,67 €	36,02 €/h	8'53"/4=2'13,25"	1,333 €/pieza
Centro de mecanizado vertical	20826	1	1	23.563,64 €	35,06 €/h	8'53"/4=2'13,25"	1,2977 €/pieza
Taladradora columna	40205	1	1*	785,45 €	14,34 €/h	6'16"	1,4977 €/pieza
Sierra de cinta	50004	1	1*	1233,33 €	14,72 €/h	56"	0,229 €/pieza
						Precio total/pieza (sumando a cada proceso una parte de los t _{no} productivos.)	13.3655+0,2639 = 13,6294 €/pieza
						Precio total/lote	13.629,4 €/lote

*Dichos empleados serán contrataciones extra. Creemos necesario aumentar el número de empleados, para lograr el correcto funcionamiento de la línea de trabajo y la fabricación de las 1000 piezas. Estos empleados serían operarios auxiliares, ya que el coste anual es bajo y las operaciones de taladrado y serrado no requieren ningún tipo de conocimiento o destreza determinada ya que son bastante simples.

Finalmente, sabiendo el tiempo de cada proceso, calculamos el coste por pieza:

6.3. Costes de herramienta

6.3.1. Herramientas de plaquita

Fórmula que aplicaremos:

$$C_{hf} = \frac{C_{portaherramientas}}{n_{plaquitas} \times n_{filos} \times vida_{portaherramientas}} + \frac{c_{plaquita}}{n_{filos}}$$

Para herramientas de una única plaquita

$$C_{hf} = \frac{C_{portaherramientas}}{n_{plaquitas} \times n_{filos} \times vida_{portaherramientas}} + z \frac{c_{plaquita}}{n_{filos}}$$

Para herramientas de z plaquitas

Herramienta	C _{Herramienta} (€)	Plaquita	C _{Plaquita} (€)	n _{filos}	Vida en piezas	n _{plaquitas} herramienta	Z	C _{hf} (€)	Unidades
DCLNR 2525M 19	76.50	CNMG 19 06 16-PR 4425	28.20	4	200	10	1	8.96	2
N123G55-25A2	90.50	N123G2-0 300-0004-TM 4325	28.65	2	1660	1	1	59.58	2
PRGCR 2525M 16	76.50	RCMT 16 06 MP-L3 4425	24.20	6	971	3	1	8.28	2
A16R-SSKCR 09-R	92	SCMT 09 T3 12-PR 4335	9.98	4	203	10	1	4.795	2
TR-SL-D13XCR-2 5 SL-2C 25 200	195	TR-DC131 2-M 4425	14.1	2	2570	1	1	104.55	2
266RKF-16-16-R	141	266RL-16 MM01A300 M 1125	23.9	3	357	3	1	23.63	2
490-040B32-14H	336	490R-1404 08M-PH 4330	17.25	4	1256.66	1	4	101.25	4
BR20-36TC09F-E H25 + EH-ER32-25-025	353+1106	TCMT 09 02 08-UM 4325	8.17	3	3280	1	2	491.78	4
A419-038C3-14M	409	419R-1405 M-PM 4330	16.45	5	362	3	3	37.136	4
A419-076R25-14 H	694	419R-1405 M-PM 4330	16.45	5	125	9	6	35.16	4
							C _h total	3080.90 €	

6.3.2. Herramientas enterizas

Expresión aplicada:

$$C_{hf} = \frac{C_h + n_{reafilados} \times c_{reafilado}}{n_{reafilados} + 1}$$

Herramienta	C _h (€)	Vida en piezas	n _{reafilados}	C _{reafilado} (€)	C _{hf} (€)	Unidades
2S342-0635-038-PA 1730	73	596	0	30	73	4
316-20FM850-20000L 1730	163	9700	0	30	163	4
2S342-0800-050-PA 1730	103	4080	0	30	103	4
REF 1301 69195	20.53	?	?	-	20.53	1
REF 1016 19292	3.34	?	?	-	3.34	1
REF 2060 74448	18.71	?	?	-	18.71	1
REF 3125 28064	27.59	?	?	-	27.59	1
						C_{hf total}: 1426.17€

Las herramientas enterizas de los centros de mecanizado no se desgastan lo suficiente como para reafilárlas ya que trabajan 4 en paralelo, mecanizando cada máquina 250 piezas. En cuanto a las brocas de la taladradora no tenemos el dato de vida por lo que no seríamos capaces de realizar la operación. Además, no disponemos del coste de refilado, estimando un coste de 30€ para las de los centros de mecanizado.

6.4. Coste de utilajes

Los utilajes se han descrito de manera detallada en el punto 4, aquí unificamos sus costes.

Utilaje	Cantidad	Precio
Plato de tres garras universal	2	2 x 409 = 818 €
Utilaje de diseño especial	2	Estimamos 1500€ → 2x1500=3000€
	Total:	3.818 €

6.6. Coste de materia prima

- Precio por kilo de acero F114: 0,8 €
- Peso de nuestra pieza inicial ($(\pi \times 107^2/4) \times \text{mm}^3$): 2,47 kg/pieza
- Coste / pieza = 1,976 € / pieza
- Coste / lote = 1.976 €/lote

6.5. Conclusión

Como aportación final queríamos hacer un recuento total de los costes:

- Personal directo: 201.780,79 €/año
- Personal indirecto: 130.805,38 €/año
- Coste/lote a partir del $C_{horario}$: 13.629,4 €/lote
- Coste de herramientas: 3.080,90 € + 1.426,17 € = 4.507,07 €/lote
- Coste de utilajes: 3.818 €/lote
- Coste de materia prima: 1.976 €/lote

Por tanto el coste total del lote es 23.930,47 €/lote.

7. BIBLIOGRAFÍA

La información empleada a lo largo del trabajo se ha extraído de:

- Cátalogo GLG - Blades: <https://www.glg.org/es/>
- Buscador de herramientas de Sandvick: www.sandvik.coromant.com/es-es/pages/default.aspx?country=es&language=3082
- Cátalogo Sandvick (UPMDrive)
- Cátalogo Izar Cutting Tools (UPMDrive)
- Convenio Metal (UPMDrive)
- Cátalogos Utillajes Norelem y Halder (UPMDrive)

Además en todo momento nos hemos apoyado en el temario de la asignatura y empleado las diapositivas necesarias.