



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

*Diseño y estudio técnico de una
herramienta de vástago
telescópico para tornillos de
cabeza cilíndrica con hueco
hexagonal*

MEMORIA PRESENTADA POR:

Daniel Cabezuelo Pérez

TUTOR/A:

Miguel J. Reig Pérez

GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Convocatoria de defensa: Julio 2021



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI



A mis padres, por ser el motor de mi existencia.

A Florentina Nita, por ser mi apoyo incondicional.

*Al equipo IDF ECO MARATHON por las personas y el aprendizaje recibido a lo largo de
estos 4 años de carrera.*

Y a todos esos amigos y familiares que te apoyan en tus proyectos de vida.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI



RESUMEN

Este proyecto se lleva a cabo con la intención de desarrollar la patente de una herramienta innovadora y completamente funcional para el mercado actual, con el objetivo de reducir el número de herramientas necesarias para realizar trabajos. Entre las muchas ventajas que el sistema proporciona, se puede destacar la reducción de tiempos de montaje y la disminución del volumen y el peso.

El proyecto se centra en tornillos de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal, pero el sistema es compatible con infinidad de cabezales existentes en la tornillería.

Se realiza un estudio sobre los esfuerzos en el diseño y su dimensionamiento optimizado con la finalidad de que sea capaz de soportar las cargas a las que se ha de someter durante el trabajo.

También se realiza un estudio sobre los materiales adecuados para los componentes, la viabilidad de su fabricación y que procesos son los más adecuados para ello.

Se pretende obtener un prototipo a escala real mediante la aplicación de la impresión3D.

PALABRAS CLAVE

Herramienta, tornillería, tornillo, par de apriete, útil, destornillador, taller, bricolaje.



RESUM

Aquest projecte es duu a terme amb la intenció de desenvolupar la patent d'una eina innovadora i completament funcional per al mercat actual, amb l'objectiu de reduir el nombre d'eines necessàries per a fer treballs. Entre els molts avantatges que el sistema proporciona, es pot destacar la reducció de temps de muntatge i la disminució del volum i el pes.

El projecte se centra en caragols de cap cilíndric amb buit hexagonal, però el sistema és compatible amb infinitat de capçals existents en els caragols.

Es realitza un estudi sobre els esforços en el disseny i el seu dimensionament optimitzat amb la finalitat que siga capaç de suportar les càrregues a les quals s'ha de sotmetre durant el treball.

També es realitza un estudi sobre els materials adequats per als components, la viabilitat de la seua fabricació i que processos són els més adequats.

Es pretén obtindre un prototip a escala real mitjançant l'aplicació de la impressió 3D.

PARAULES CLAU

Eina, caragols, caragol, parell d'estrenya, útil, tornavís, taller, bricolatge.



ABSTRACT

This project is carried out with the intention of developing the patent of an innovative tool that is completely functional for the current market, with the objective of reducing the number of tools needed to perform a job. Between the many advantages that the system provides, the reduction of assembly times and decrease in volume and weight can be highlighted.

The project is focused on cylindrical head screws with hexagonal socket, but the system is suitable for an infinity of heads existing in screws.

A study is carried out about the design and optimised dimensioning with the goal of withstanding efforts during work.

A study is also performed about the suitable materials for the components, the viability of their fabrication and what processes are more appropriate.

The aim is to obtain a real scale prototype using the 3-D printing application.

KEY WORDS

Tool, screws, bolt, tightening torque, tool, screwdriver, workshop, do-it-yourself (DIY).



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. ANTECEDENTES.....	15
1.1.1. Tornillería.....	15
1.1.2. Herramientas para fijar un tornillo.....	16
2. ANÁLISIS PRELIMINAR DEL ÚTIL.....	18
3. OBJETO DEL TFG.....	20
4. JUSTIFICACIÓN.....	21
5. PROPUESTA SOLUCIÓN TÉCNICA.....	21
5.1. Componentes.....	21
5.2. Funcionamiento del conjunto.....	27
6. SELECCIÓN DE MATERIALES.....	28
6.1. Material vástagos hexagonales:.....	28
6.2. Material de los muelles:.....	34
6.3. Material del mango:.....	38
7. CÁLCULOS.....	44
7.1. Cálculo de muelles.....	44
7.2. Cargas en herramienta.....	45
7.3. Esfuerzos en herramienta.....	48
7.3.1. M12.....	48



7.3.2.	M8.....	53
7.3.3.	M4.....	57
8.	DISEÑO OPTIMIZADO.....	61
9.	FABRICACIÓN COMPONENTES.....	63
9.1.	Fabricación de los vástagos.....	63
9.1.1.	Perfil exterior.....	63
9.1.2.	Perfil interior.....	67
9.2.	Fabricación de muelles.....	72
9.3.	Fabricación del mango.....	73
10.	PRESUPUESTO.....	77
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	80
12.	ANEXO.....	81
12.1.	PLANOS.....	81
12.1.1.	Plano conjunto.....	81
12.1.2.	Plano conjunto sección.....	81
12.1.3.	Plano vástago M12.....	81
12.1.4.	Plano vástago M8.....	81
12.1.5.	Plano vástago M4.....	81
12.1.6.	Plano mango.....	81
12.1.7.	Plano tapa trasera.....	81



12.1.8. Plano muelle..... 81



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Destornilladores punta recta [catálogo BAHCO]	16
Figura 2. Destornilladores punta redondeada [catálogo BAHCO]	17
Figura 3. Destornillador mango en L [catálogo BAHCO]	17
Figura 4. Designación medidas tornillos [ISO 4762]	18
Figura 5. Medidas tornillos [ISO 4762]	19
Figura 6. Vástago M12	22
Figura 7. Vástago M8	23
Figura 8. Vástago M4	24
Figura 9. Muelles.....	25
Figura 10. Mango	26
Figura 11. Tapa roscada mango	26
Figura 12. Vista en sección herramienta completa	27
Figura 13. 1ªetapa selección material vástagos.	29
Figura 14. 2ªetapa selección material vástagos.	29
Figura 15. 3ªetapa selección material vástagos.	30
Figura 16. 4ªetapa selección material vástagos.	30
Figura 17. 5ªetapa selección material vástagos.	31
Figura 18. 6ªetapa selección material vástagos.	31
Figura 19. 7ªetapa selección material vástagos.	32
Figura 20. 7ªetapa selección material cabezales.....	32
Figura 21. 8ªetapa selección material vástagos.	32
Figura 22. 8ªetapa selección material vástagos.	33
Figura 23. Material seleccionado vástagos.....	33
Figura 24. 1ªetapa selección material muelles.....	34
Figura 25. 2ªetapa selección material muelles.....	35
Figura 26. 3ªetapa selección material muelles.....	35
Figura 27. 4ªetapa selección material muelles.....	36
Figura 28. 5ªetapa selección material muelles.....	36



Figura 29. Material seleccionado muelles.	37
Figura 30. 2ªetapa selección material mango.	39
Figura 31. 3ªetapa selección material mango.	40
Figura 32. 4ªetapa selección material mango.	40
Figura 33. 5ªetapa selección material mango.	41
Figura 34. 6ªetapa selección material mango.	41
Figura 35. 7ªetapa selección material mango.	42
Figura 36. Material seleccionado mango.....	43
Figura 37. Composición material tornillos calidad 12.9	45
Figura 38. Características técnicas AISI 1340.....	46
Figura 39. Par de apriete máximo en tornillos ISO 4762. [catálogo ROSMIL]	47
Figura 40. Condiciones de contorno, momento aplicado herramienta M12.....	48
Figura 41. Condiciones de contorno, fuerzas aplicadas herramienta M12.....	49
Figura 42. Error máximo.	51
Figura 43. Factor seguridad.	51
Figura 44. Seguridades en zona crítica M12.	52
Figura 45. Condiciones de contorno, fuerzas aplicadas herramienta M8.....	53
Figura 46. Condiciones de contorno, momento aplicado herramienta M8.....	53
Figura 47. Deformación máxima M8.	54
Figura 48. Deformación máxima M8.	54
Figura 49. Tensión máxima M12.....	55
Figura 50. Error máximo M8.	55
Figura 51. Seguridades en zona crítica M8.	56
Figura 52. Condiciones de contorno, fuerzas aplicadas herramienta M4.....	57
Figura 53. Condiciones de contorno, momento aplicado herramienta M4.....	57
Figura 54. Deformación máxima M4.	58
Figura 55. Deformación máxima M4.	58
Figura 56. Tensión máxima M4.....	59
Figura 57. Tensión máxima localizada M4.....	59



Figura 58. Error máximo M4.	60
Figura 59. Seguridades M4.	60
Figura 60. Renderizado herramienta vástagos acero inoxidable.	61
Figura 61. Renderizado herramienta mango y vástagos.	62
Figura 62. 1ªetapa selección fabricación vástagos perfil exterior.	63
Figura 63. 2ªetapa selección fabricación vástagos perfil exterior.	64
Figura 64. 3ªetapa selección fabricación vástagos perfil exterior.	64
Figura 65. 4ªetapa selección fabricación vástagos perfil exterior.	65
Figura 66. Proceso fabricación seleccionado perfil exterior vástagos.	66
Figura 67. 1ªetapa selección fabricación vástagos perfil interior.	67
Figura 68. 2ªetapa selección fabricación vástagos perfil interior.	67
Figura 69. 3ªetapa selección fabricación vástagos perfil interior.	68
Figura 70. 4ªetapa selección fabricación vástagos perfil interior.	68
Figura 71. 5ªetapa selección fabricación vástagos perfil interior.	69
Figura 72. Proceso fabricación perfil interior vástagos.	70
Figura 73. Filtrado árbol electroerosión.	71
Figura 74. Filtrado árbol laminado en caliente.	71
Figura 75. Bobinado de muelles en frío.	72
Figura 76. 1ªetapa selección proceso fabricación mango.	73
Figura 77. 2ªetapa selección proceso fabricación mango.	73
Figura 78. 3ªetapa selección proceso fabricación mango.	74
Figura 79. 4ªetapa selección proceso fabricación mango.	74
Figura 80. 5ªetapa selección proceso fabricación mango.	75
Figura 81. 6ªetapa selección proceso fabricación mango.	75
Figura 82. Proceso de fabricación seleccionado para el mango.	76



1. INTRODUCCIÓN

En base a los conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera se pretende realizar el diseño y estudio técnico de una herramienta innovadora garantizando la seguridad en el conjunto y la viabilidad técnica de su fabricación.

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. Tornillería

La historia de la tornillería se remonta al año 300a.c., cuando Arquímedes, un filósofo griego, desarrolla un sistema capaz de remontar agua hasta cotas más altas del río Nilo y hacer uso del riego por gravedad, abasteciendo así los cultivos.

Desde entonces se han ido perfeccionando los tipos de rosca de un tornillo, los tipos de cabezales, los materiales utilizados, los métodos de fabricación más idóneos e infinidad de parámetros que intervienen en el desarrollo de la tornillería.

Así, un tornillo, es un elemento de fijación, consta de un cuerpo cilíndrico sobre el que se talla una rosca (macho) y necesita de una rosca (hembra) sobre la que anclarse.

El tornillo, frente a otros elementos de fijación, consta con la particular ventaja de poder roscarse y desenroscarse, permitiendo así el montaje y desmontaje de equipos.

Con el fin de mejorar las propiedades y durabilidad de la tornillería, se emplean diversos tipos de procesos, desde tratamientos superficiales anticorrosión hasta tratamientos térmicos.

Existen infinitas tipologías de tornillos, según su aplicación, este proyecto se centrará en el tornillo de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal, normalizado en la ISO 7462

Las aplicaciones de un tornillo ISO 7462 tienen lugar cuando se requiere un par de apriete y una seguridad en la fijación mayor, así se utilizan en conducciones, cableado, automoción y maquinaria en general.

1.1.2. Herramientas para fijar un tornillo

Cabe destacar, que el uso de llaves o destornilladores tiene lugar en aplicaciones con tornillería de poco tamaño y que requieren de poca fuerza de apriete.

Si la fuerza de apriete requerida es muy elevada existen alternativas al destornillador convencional como son las herramientas de impacto.

En este caso se parte de la necesidad y el uso de destornilladores con punta hexagonal o lo que es más común, las llaves de punta hexagonal.

Actualmente, existen destornilladores hexagonales de cabeza redondeada o de cabeza recta, según la marca BAHCO, líder en el mercado de herramienta manual, la punta redondeada permite encarar mejor la cabeza del tornillo y aplicar una mayor fuerza sin dañar la mano del usuario. (Fig. 1) y (Fig. 2).

Además, se pueden encontrar destornilladores hexagonales de mango recto y en forma de L. (Fig. 3).



Figura 1. Destornilladores punta recta [catálogo BAHCO]

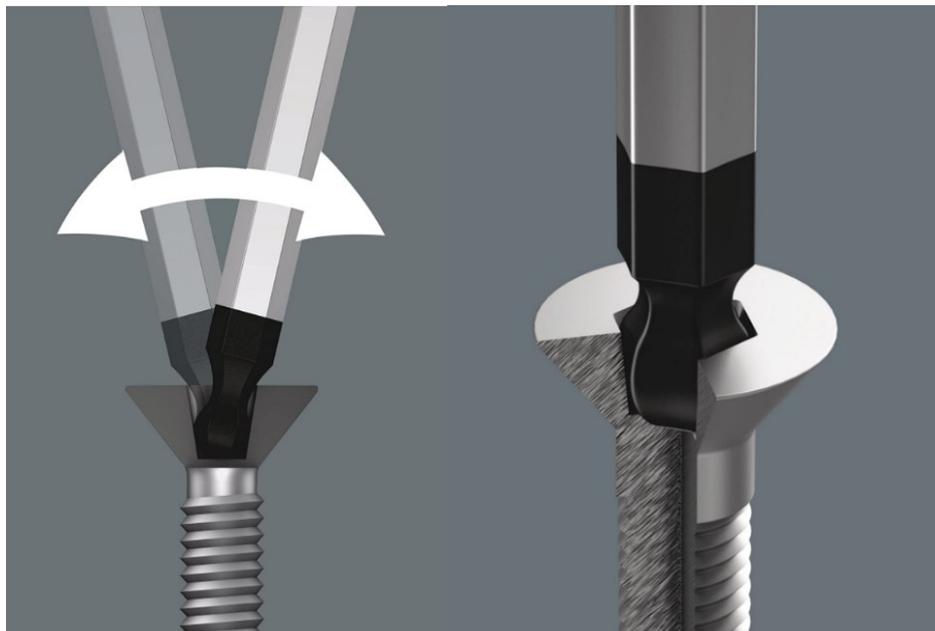


Figura 2. Destornilladores punta redondeada [catálogo BAHCO]



Figura 3. Destornillador mango recto [catálogo BAHCO]



Figura 3. Destornillador mango en L [catálogo BAHCO]

2. ANÁLISIS PRELIMINAR DEL ÚTIL

Se han de tener en cuenta una serie de requisitos que debe cumplir la herramienta, entre ellos se debe destacar:

- El uso para el cual está destinada la herramienta, se trata de un uso diario.
- La aplicación a la cual va destinada la herramienta, para talleres, trabajos de técnicos o como útil de bricolaje.
- Los espesores entre vástagos conviene maximizarlos, con la finalidad de que soporte las cargas de trabajo.
- Se diferenciará entre destornilladores con métricas pares y métricas impares, equipando así con dos útiles distintos al usuario.
- Conviene añadir el máximo número de cabezales en la herramienta para optimizar el tamaño de los equipajes de trabajo.

Por ello, los tamaños de trabajo seleccionados para el diseño y estudio de la presente herramienta son M4, M8 y M12.

Los símbolos y las designaciones de las dimensiones se indican en la Norma ISO 225.

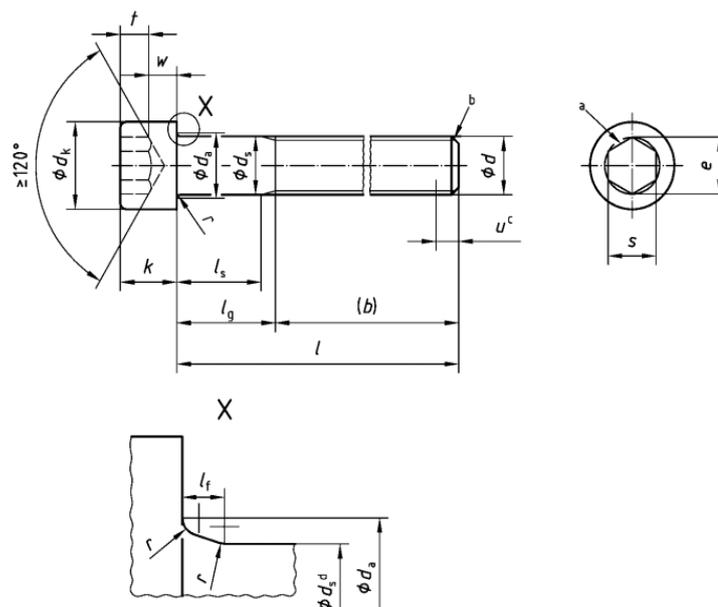


Figura 4. Designación medidas tornillos [ISO 4762]

Tabla 1
Medidas

Medidas en milímetros

Rosca (d)	M1,6	M2	M2,5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	
P^a	0,35	0,4	0,45	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	
b^b ref.	15	16	17	18	20	22	24	28	32	36	
d_k	máx. ^c	3,00	3,80	4,50	5,50	7,00	8,50	10,00	13,00	16,00	18,00
	máx. ^d	3,14	3,98	4,68	5,68	7,22	8,72	10,22	13,27	16,27	18,27
	min.	2,86	3,62	4,32	5,32	6,78	8,28	9,78	12,73	15,73	17,73
d_h	máx.	2	2,6	3,1	3,6	4,7	5,7	6,8	9,2	11,2	13,7
	máx.	1,60	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00	6,00	8,00	10,00	12,00
d_s	máx.	1,60	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00	6,00	8,00	10,00	12,00
	min.	1,46	1,86	2,36	2,86	3,82	4,82	5,82	7,78	9,78	11,73
$e^{e,t}$ min.	1,733	1,733	2,303	2,873	3,443	4,583	5,723	6,863	9,149	11,429	
l_t máx.	0,34	0,51	0,51	0,51	0,6	0,6	0,68	1,02	1,02	1,45	
k	máx.	1,60	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00	6,0	8,00	10,00	12,00
	min.	1,46	1,86	2,36	2,86	3,82	4,82	5,7	7,64	9,64	11,57
r	máx.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,4	0,6	
	min.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,4	0,6	
s^f	nom.	1,5	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
	máx.	1,58	1,58	2,08	2,58	3,08	4,095	5,14	6,14	8,175	10,175
	min.	1,52	1,52	2,02	2,52	3,02	4,020	5,02	6,02	8,025	10,025
t min.	0,7	1	1,1	1,3	2	2,5	3	4	5	6	
v máx.	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	
d_w	máx.	2,72	3,48	4,18	5,07	6,53	8,03	9,38	12,33	15,33	17,23
	min.	0,55	0,55	0,85	1,15	1,4	1,9	2,3	3,3	4	4,8

f^g			Longitud lisa del vástago l_s y longitud de apriete l_g																							
nom.	min.	máx.	l_s min.	l_g máx.	l_s min.	l_g máx.	l_s min.	l_g máx.	l_s min.	l_g máx.	l_s min.	l_g máx.	l_s min.	l_g máx.	l_s min.	l_g máx.	l_s min.	l_g máx.	l_s min.	l_g máx.	l_s min.	l_g máx.	l_s min.	l_g máx.		
2,5	2,3	2,7																								
3	2,8	3,2																								
4	3,76	4,24																								
5	4,76	5,24																								
6	5,76	6,24																								
8	7,71	8,29																								
10	9,71	10,29																								
12	11,65	12,35																								

Figura 5. Medidas tornillos [ISO 4762]

Las medidas de los tornillos de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal están normalizadas según la ISO 4762. (Fig. 4) y (Fig. 5).

Atendiendo a la norma ISO 4762 la medida entre caras (s), la medida entre aristas (e) y la profundidad del hueco (t), se utilizará para el desarrollo de los vástagos de la herramienta.

El prototipo se realizará en base a las métricas M4, M8 y M12. (Tabla 1).

Tabla 1: Medidas herramienta según métrica

MÉTRICAS	M4	M8	M12
Entre aristas (e) mínima (mm)	3,443	6,863	11,429
Entre caras (s) nominal (mm)	3	6	10
Prof. Hueco (t) mínima (mm)	2	4	6



3. OBJETO DEL TFG

Con la premisa de mejorar los destornilladores multiherramienta existentes, se lleva a cabo el trabajo, atendiendo a la optimización del conjunto y de los procesos necesarios para su desarrollo y fabricación.

La finalidad de la herramienta es poder encarar un tornillo de forma rápida y eficaz, así se pueden incorporar la cantidad de vástagos que se deseen de forma escalonada. Tras el diseño preliminar, se ha optado por trabajar de forma simplificada, dotando a la herramienta de únicamente, 3 vástagos telescópicos, además, con un menor número de vástagos, se alcanza un mayor espesor en cada uno de ellos, aumentando entonces la seguridad de la herramienta.

Se realiza un análisis estático de la herramienta mediante el software Ansys, dimensionándola con las seguridades apropiadas. Se ha diseñado la herramienta en SolidWorks.



4. JUSTIFICACIÓN

La realización de montajes, mantenimientos y trabajos donde se requiere un desplazamiento continuo entre distintos lugares obliga al operario o técnico a llevar consigo un conjunto de herramientas. Estas, se pueden llevar en maletines, carros o incluso maletas con ruedas, la cuales facilitan en gran medida el desplazamiento.

Con la finalidad de reducir el peso del conjunto de las herramientas se plantea el desarrollo de destornilladores compactos, capaces de optimizar el juego de llaves o de herramientas en una única.

Además, los trabajos conviene llevarlos a cabo con rapidez, por lo que se estudia la optimización del diseño en la herramienta para que lleve a cabo la actuación sobre el tornillo de forma rápida y eficaz.

5. PROPUESTA SOLUCIÓN TÉCNICA

5.1. Componentes

La herramienta de vástagos telescópicos está compuesta por las siguientes piezas:

- 1 vástago M12
- 1 vástago M8
- 1 vástago M4
- 12 muelles de compresión
- 1 mango
- 1 tapa trasera en el mango

El vástago M12 se ha diseñado acorde a las medidas entrearistas mínima de 11,5 mm, entre caras nominal de 10 mm y la longitud mínima debe ser de 6 mm acorde a la profundidad del hueco hexagonal del tornillo, se han tomado 10 mm dejando entonces un margen de seguridad.

En la parte trasera del vástago se ha diseñado un cilindro que permite el alojamiento y movimiento axial dentro del mango, en este cilindro se han diseñado 6 cavidades cilíndricas cuya finalidad es alojar a los muelles.

Se ha tomado en cuenta un redondeo acusado, de radio 1 mm, entre el cilindro y el vástago, evitando así la concentración de tensiones. (Fig. 6)

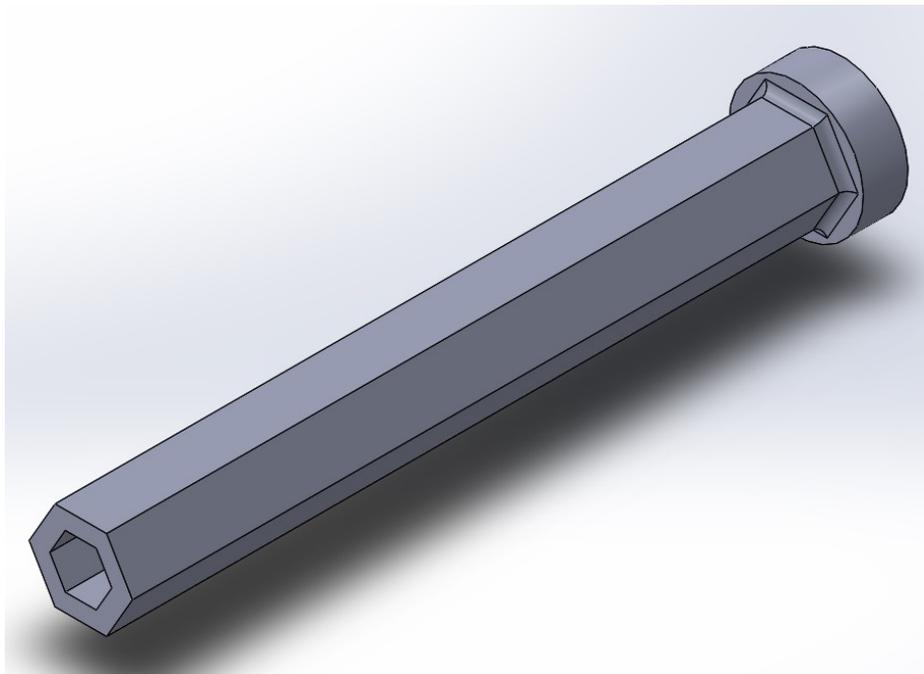


Figura 6. Vástago M12

El vástago M8 se ha diseñado acorde a las medidas entrearistas mínima de 7 mm, entrecaras nominal de 6 mm y la longitud mínima debe ser de 4 mm acorde a lo profundidad del hueco hexagonal del tornillo, por lo que cuando los muelles entre el vástago M8 y M12 están comprimidos y sus cilindros ejercen un tope físico, se ha tomado una diferencia de 6 mm entre ambos extremos dejando así, un margen de seguridad de 2 mm.

En la parte trasera del vástago, también se ha diseñado un cilindro que permite el alojamiento y movimiento axial dentro del mango, en este cilindro se han diseñado 12 cavidades cilíndricas cuya finalidad es alojar los muelles, 6 en la parte frontal y 6 en la trasera.

Se ha tomado en cuenta un redondeo acusado, de radio 1,5 mm, entre el cilindro y el vástago, evitando así la concentración de tensiones. (Fig. 7)

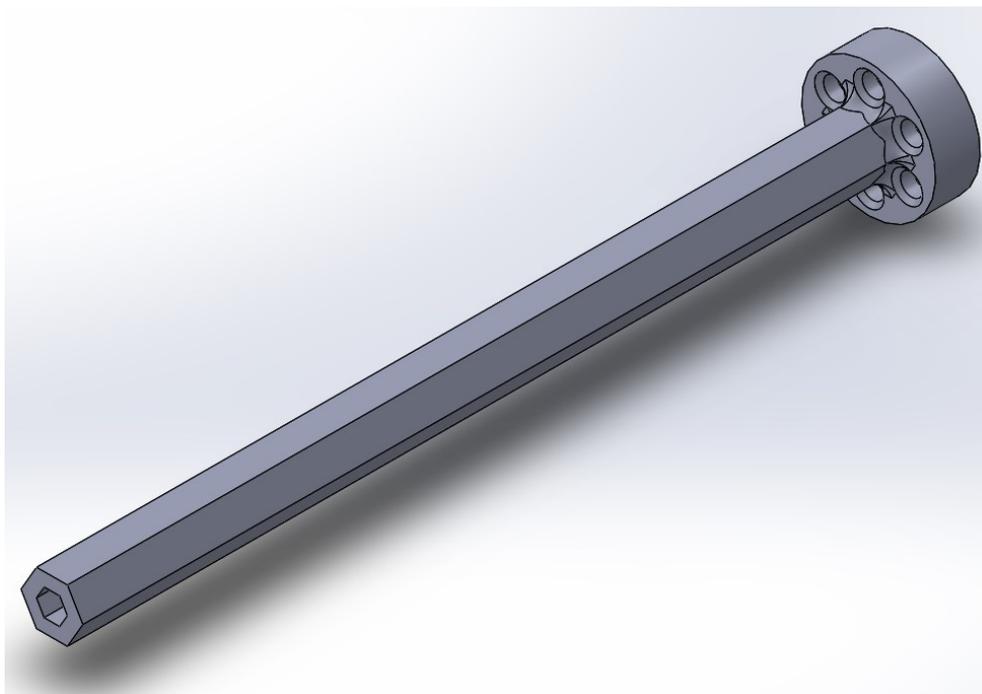


Figura 7. Vástago M8

El vástago M4 se ha diseñado acorde a las medidas entrearistas mínima de 3,5 mm, entrearistas nominal de 3 mm y la longitud mínima debe ser de 2 mm acorde a lo profundidad del hueco hexagonal del tornillo, por lo que cuando los muelles entre el vástago M4 y M8 están comprimidos y sus cilindros ejercen un tope físico, se ha tomado una diferencia de 6 mm entre ambos extremos dejando así, un margen de seguridad de 2 mm.

En la parte trasera del vástago, también se ha diseñado un cilindro que permite el alojamiento y movimiento axial dentro del mango, en este cilindro se han diseñado 6 cavidades cilíndricas en la parte frontal cuya finalidad es alojar los muelles.

El cilindro trasero del vástago M4 tiene la particularidad de estar roscado sobre la cavidad cilíndrica, de esta forma se mantiene fijo axialmente y puede ser desmontado en cualquier momento.

Se ha tomado en cuenta un redondeo acusado, de radio 1 mm, entre el cilindro y el vástago, evitando así la concentración de tensiones. (Fig. 8).



Figura 8. Vástago M4

Los muelles seleccionados son cilíndricos y de compresión, ya que están diseñados para funcionar frente a una carga a compresión, acortando su medida. (Fig. 9)

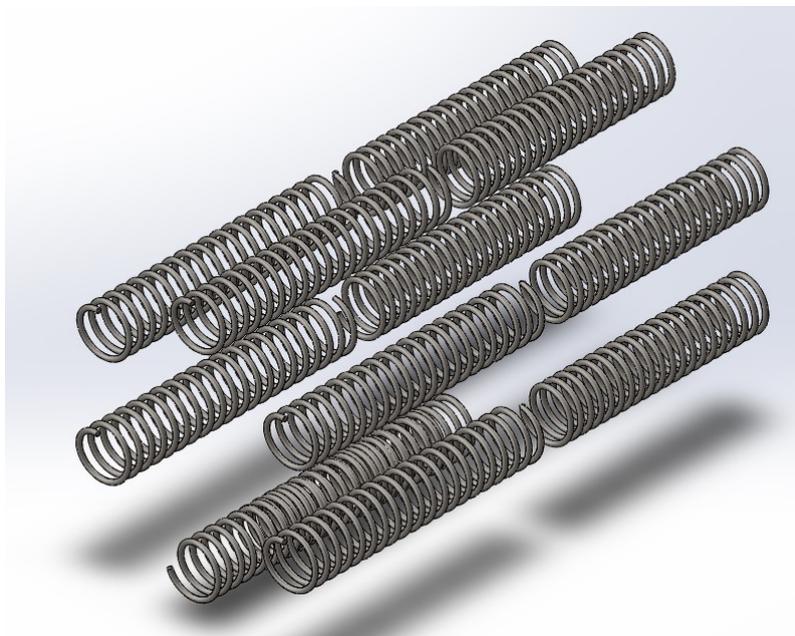


Figura 9. Muelles

El mango presenta un diseño exterior ergonómico para que sea más eficaz y cómodo para el usuario y un diseño interior funcional.

En la parte frontal presenta un alojamiento hexagonal con las medidas exteriores del vástago M12, en la parte central presenta una cavidad cilíndrica donde los 3 vástagos se desplazarán axialmente y en la parte trasera presenta una rosca interior donde fijar el vástago M4 y una rosca trasera donde fijar la tapa del mango. (Fig. 10).

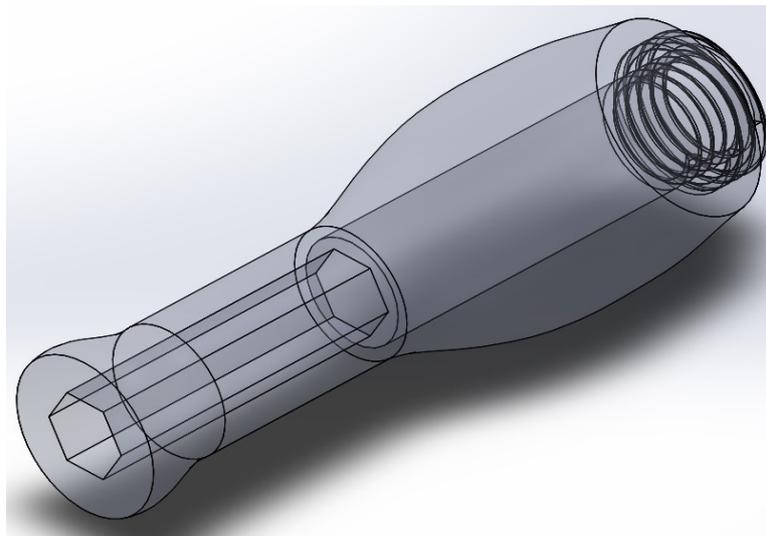


Figura 10. Mango

La tapa forma parte del mango y es desmontable mediante una rosca, presenta un diseño exterior ergonómico y una rosca interior que le permite la fijación a la parte trasera del mango. (Fig. 11).

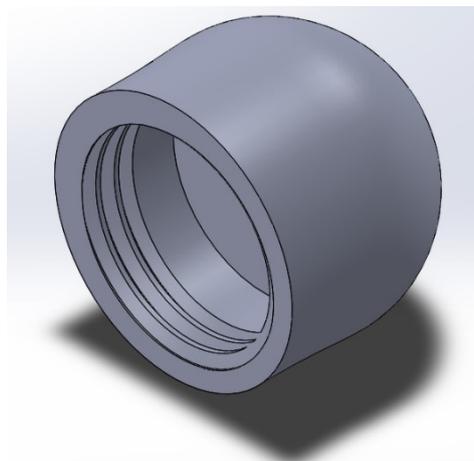


Figura 11. Tapa roscada mango

5.2. Funcionamiento del conjunto

Atendiendo a la funcionalidad, se ha diseñado la herramienta de forma que al encarar un tornillo con la misma y ejercer una fuerza axial sobre ella, el cabezal o conjunto de cabezales de menor tamaño, se introducirá en el interior del hueco hexagonal que presenta el cabezal del tornillo, permitiendo entonces apretar o aflojar el tornillo correspondiente.

Cumpliendo con el requisito de poder sustituir o reparar los componentes internos, se han diseñado varias tapas internas roscadas con el fin de poderla desmontar de manera progresiva.

En la Figura 12, se pueden apreciar los distintos componentes en una vista en sección.

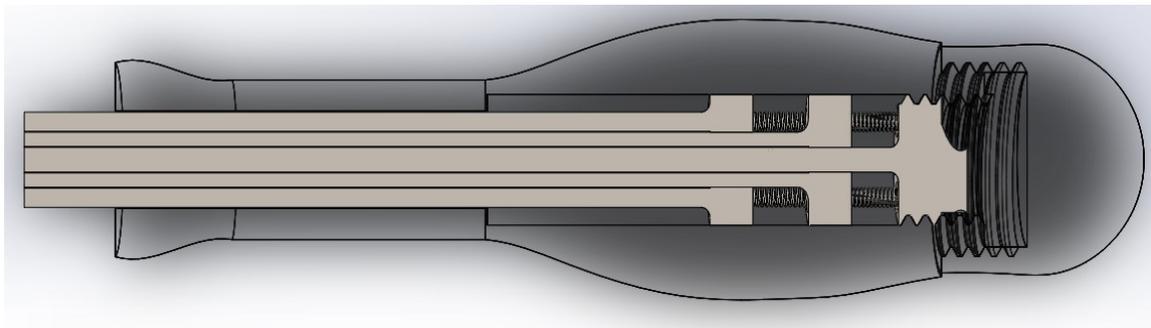


Figura 12. Vista en sección herramienta completa

6. SELECCIÓN DE MATERIALES

La selección de materiales se ha llevado a cabo mediante el programa GRANTA edupack, el cual presenta una base de datos que se rige por la metodología ASHBY.

El filtrado por etapas se ha realizado con el nivel 3, ya que cuenta con más de 4000 materiales entre los que elegir, el nivel 1 y 2 contienen menos materiales.

6.1. Material vástagos hexagonales:

- Definición de requerimientos para la aplicación considerada.
 - Presentar elevada dureza para soportar el desgaste.
 - Resistencia a la corrosión elevada.
 - Resistencia a las temperaturas en servicio entorno 50°C.
 - Menor peso posible, ligereza elevada.
 - Elevada Resistencia
 - Alta rigidez, soportar esfuerzos sin deformarse.
 - Mínimo coste
 - Mínimo impacto ambiental, mínima huella de carbono.
 - Reciclable

- Selección del material utilizando el índice del material y los mapas de selección de materiales mediante las diversas etapas.

En la 1ªetapa se ha comparado el módulo de young con la densidad, con el objetivo de elevar la rigidez del material, evitando deformarse ante las tensiones y minimizar su peso.

$$M = \frac{E^{1/2}}{\rho}$$

El valor de la pendiente de la recta para el cálculo se ha establecido en 2, ya que los vástagos se pueden considerar como vigas. (Fig. 13).

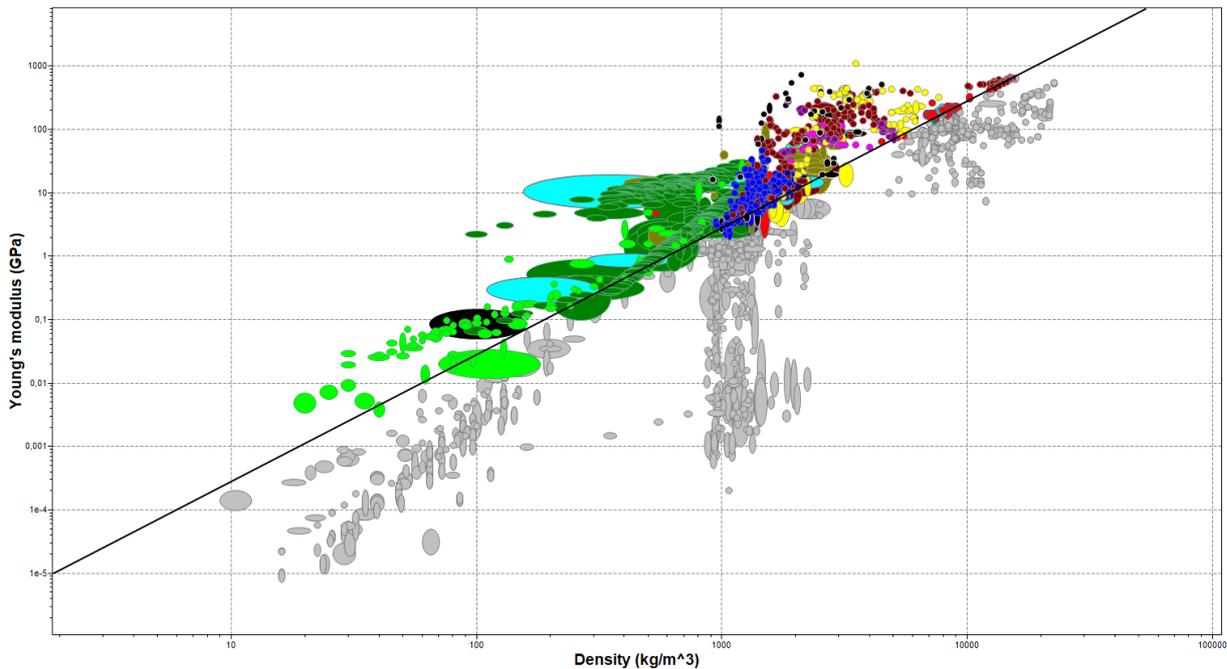


Figura 13. 1ª etapa selección material vástagos.

En la 2ª etapa se han seleccionado los materiales de mayor dureza, con el fin de que la resistencia sea mayor ante el desgaste entre piezas provocado por la fricción. (Fig. 14).

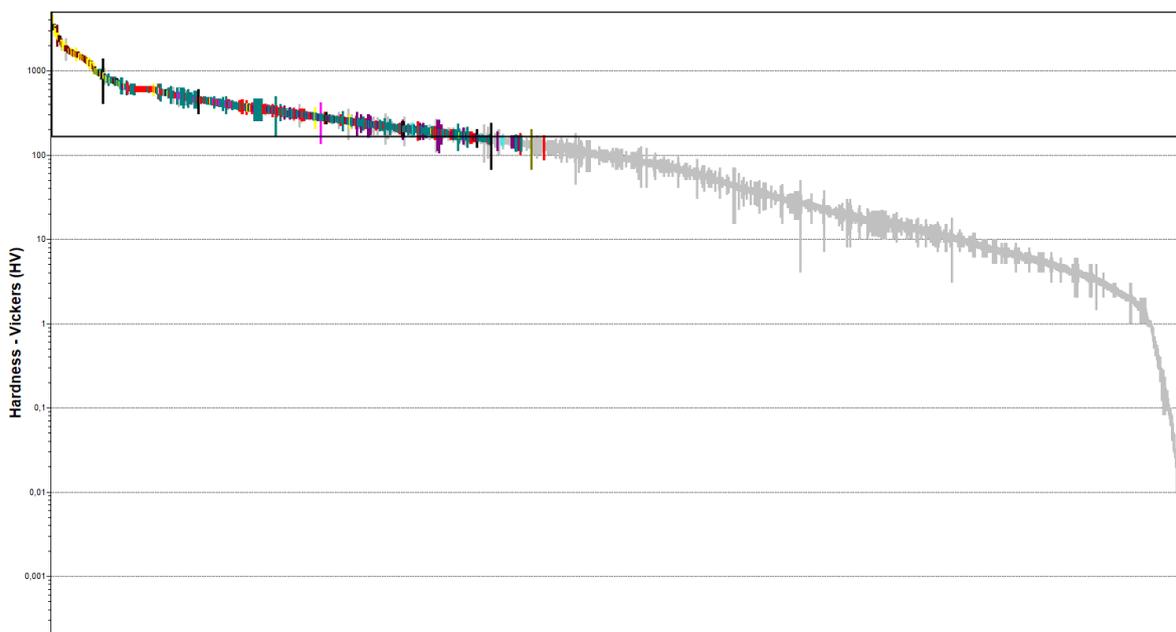


Figura 14. 2ª etapa selección material vástagos.

En la 3ª etapa se ha tenido en cuenta la temperatura de servicio, que son 50°C.

(Fig. 15).

	Existe	Mínimo	Máximo	°C
Melting point	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	°C
Glass temperature	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	°C
Maximum service temperature	<input type="checkbox"/>	50	<input type="text"/>	°C

Figura 15. 3ª etapa selección material vástagos.

En la 4ª etapa se han filtrado aquellos materiales menos contaminantes, es decir, generan menor huella de CO2. (Fig. 16).

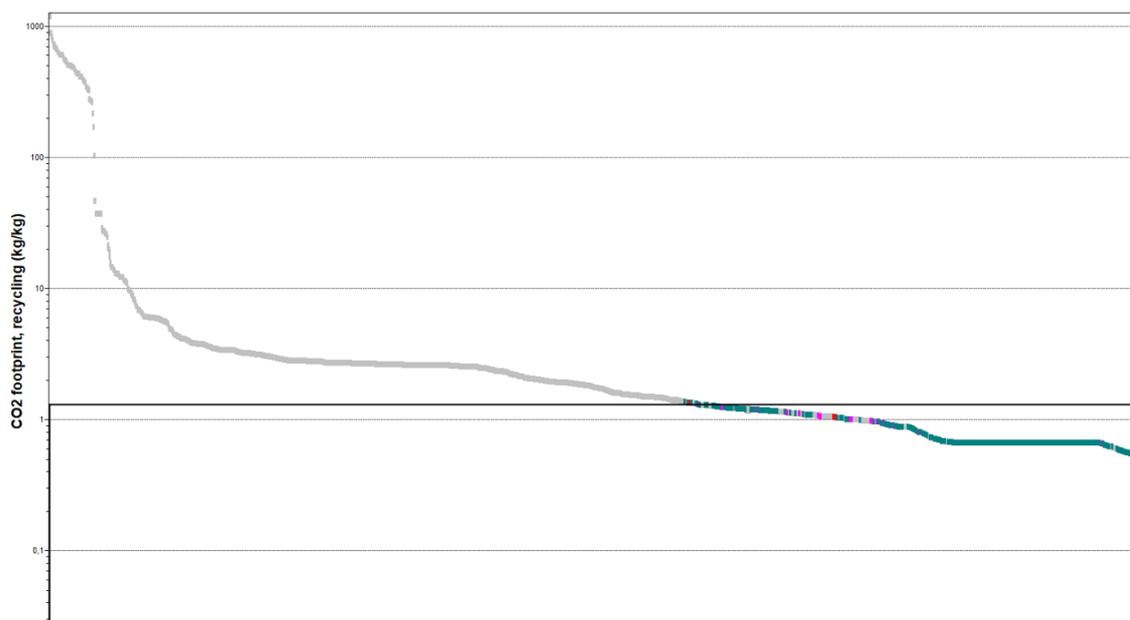


Figura 16. 4ª etapa selección material vástagos.

En la 5ª etapa, se han seleccionado los materiales con mayor tenacidad. (Fig. 17).

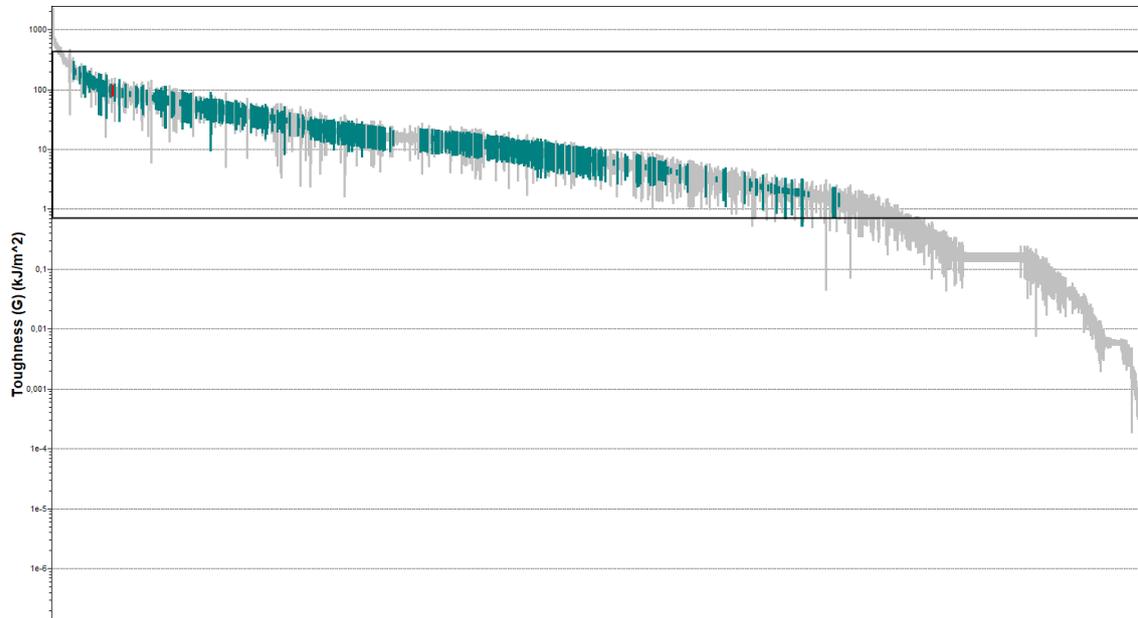


Figura 17. 5ªetapa selección material vástagos.

En la 6ª etapa, se ha fijado un límite elástico mínimo de 1700 MPa ya que se requiere un material muy resistente y que no sufra deformaciones, garantizando entonces una seguridad y calidad adecuadas en los vástagos de la herramienta. (Fig. 18).

Yield strength (elastic limit)

Configuración Aplicar **Borrar**

[¿No encuentras la propiedad que estás buscando?](#)

- ▶ General information
- ▶ Composition overview
- ▶ Composition detail (metals, ceramics and glasses)
- ▶ Composition detail (polymers and natural materials)
- ▶ Price
- ▶ Physical properties
- ▼ Mechanical properties

	Existe	Mínimo	Máximo	
Young's modulus		<input type="text"/>	<input type="text"/>	GPa
Specific stiffness		<input type="text"/>	<input type="text"/>	MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)		1700	<input type="text"/>	MPa

Figura 18. 6ªetapa selección material vástagos.

En la 7ª etapa se han escogido los materiales más económicos, estudiando así su viabilidad económica. (Fig. 19).

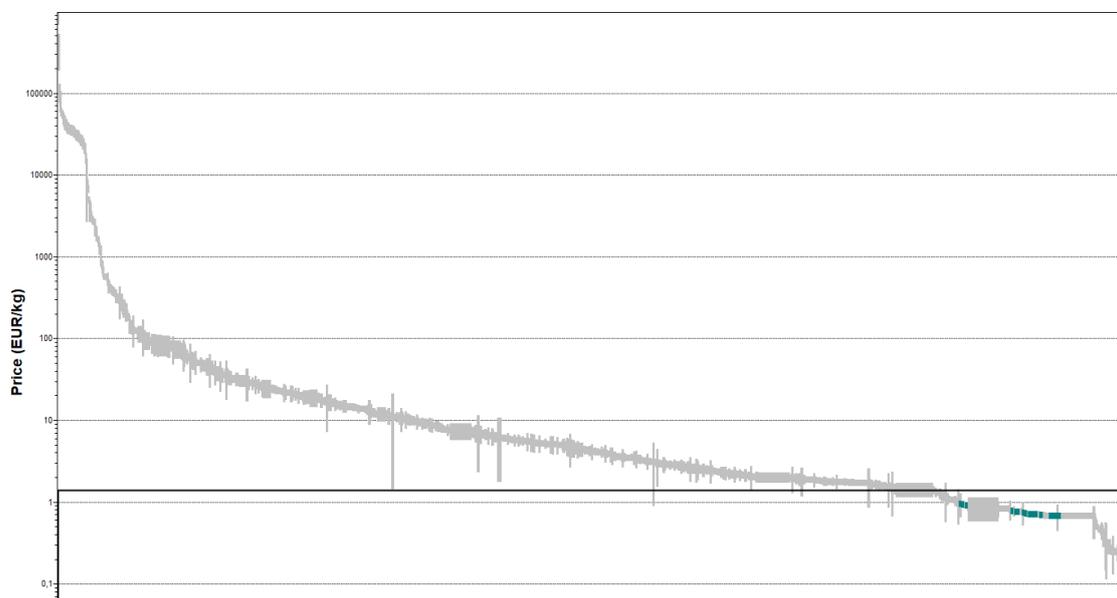


Figura 19. 7ª etapa selección material vástagos.

En la 8ª etapa se ha estudiado el comportamiento de los materiales frente a la corrosión, dando únicamente por válidas la resistencia excelente ante agua dulce (salinidad media). (Fig. 21) y (Fig. 22).

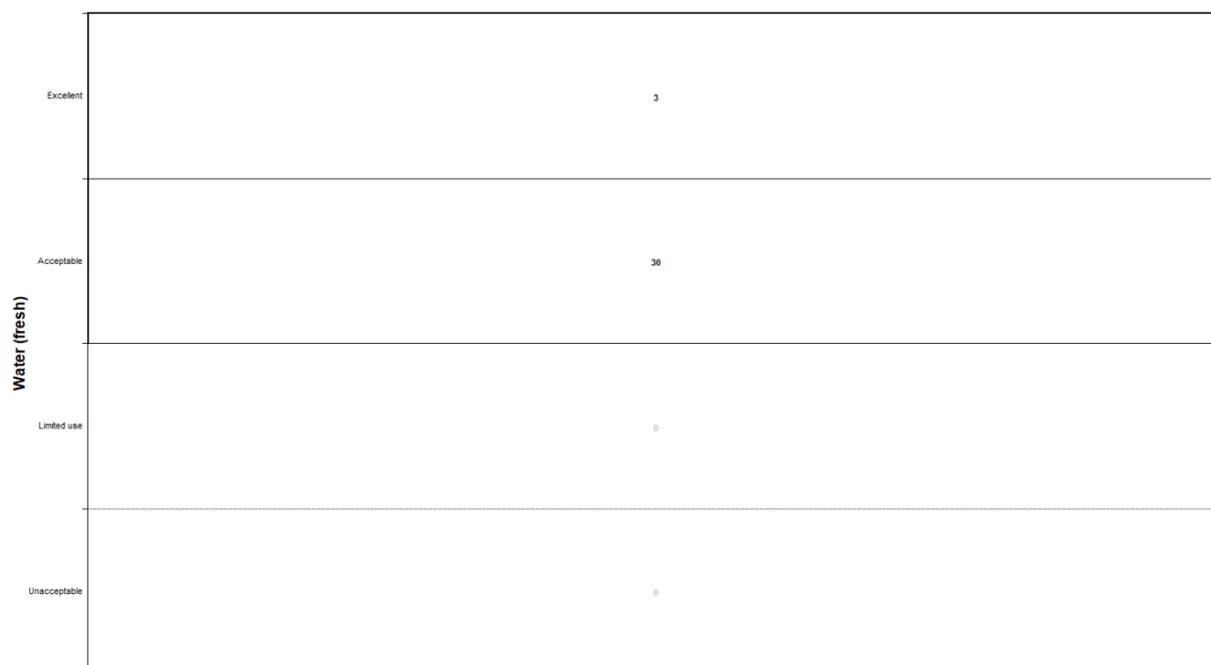


Figura 21. 8ª etapa selección material vástagos.

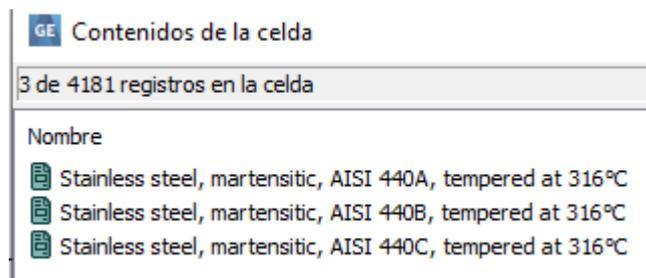


Figura 22. 8ª etapa selección material vástagos.

Entre los tres materiales válidos se ha seleccionado el Stainless steel, 440B, endurecido y templado con designación europea EN name X90CrMoV18. (Fig. 23).

General information			
Ansyes Name	Stainless steel, 440B, hardened & tempered		
Designation ⓘ	Stainless steel, martensitic, AISI 440B, tempered at 316°C, wrought		
Condition ⓘ	Tempered at 316°C		
UNS number ⓘ	S44003		
US name ⓘ	~ASTM S44003		
EN name ⓘ	X90CrMoV18		
EN number ⓘ	1.4112		
Typical uses ⓘ	Processing of potentially corrosive liquids e.g. chemicals/oil/beverages/sewage, structural uses in corrosive environments, e.g. nuclear plants, ships, offshore oil installations, underwater cables and pipes		
Included in Materials Data for Simulation ⓘ	✓		
Composition overview			
Compositional summary ⓘ	Fe78-83 / Cr16-18 / C0.75-0.95 (impurities: Mn<1, Si<1, Mo<0.75, P<0.04, S<0.03)		
Material family ⓘ	Metal (ferrous)		
Base material ⓘ	Fe (Iron)		
Composition detail (metals, ceramics and glasses)			
C (carbon) ⓘ	0,75	- 0,95	%
Cr (chromium) ⓘ	16	- 18	%
Fe (iron) ⓘ	* 78,2	- 83,2	%
Mn (manganese) ⓘ	0	- 1	%
Mo (molybdenum) ⓘ	0	- 0,75	%
P (phosphorus) ⓘ	0	- 0,04	%
S (sulfur) ⓘ	0	- 0,03	%
Si (silicon) ⓘ	0	- 1	%
Price			
Price ⓘ	* 0,86	- 1,02	EUR/kg
Price per unit volume ⓘ	* 6,62e3	- 8,07e3	EUR/m³

Figura 23. Material seleccionado vástagos.

6.2. Material de los muelles:

- Definición de requerimientos para la aplicación considerada.
 - Alto límite elástico.
 - Resistencia a elevadas temperaturas.
 - Elevada resistencia a la corrosión.
 - Elevada rigidez.
 - Bajo peso
 - Apto moldear en caliente.
 - Mínimo coste.
- Selección del material utilizando el índice del material y los mapas de selección de materiales.

En la 1ª etapa de selección se ha comparado el módulo de young con la densidad del material, con el objetivo de aumentar la rigidez y disminuir el peso. (Fig 24).

$$M = \frac{E^{1/2}}{\rho}$$

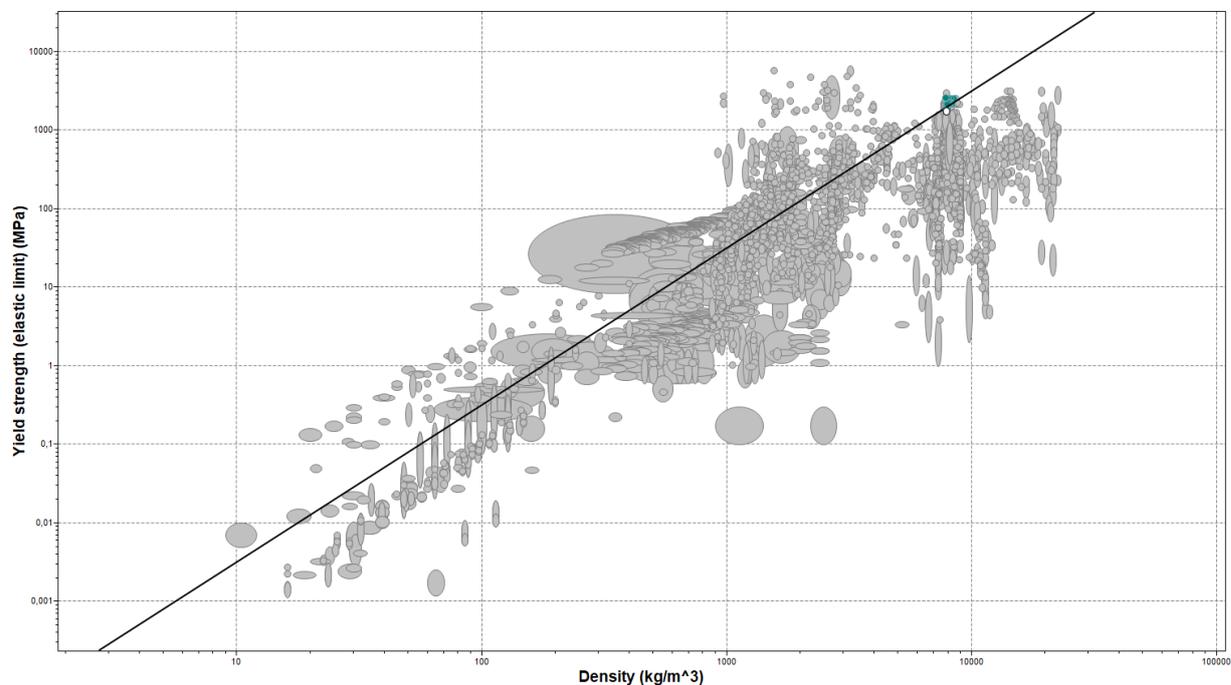


Figura 24. 1ª etapa selección material muelles

En la 2ªetapa, se han seleccionado los materiales con mayor límite elástico. (Fig. 25).

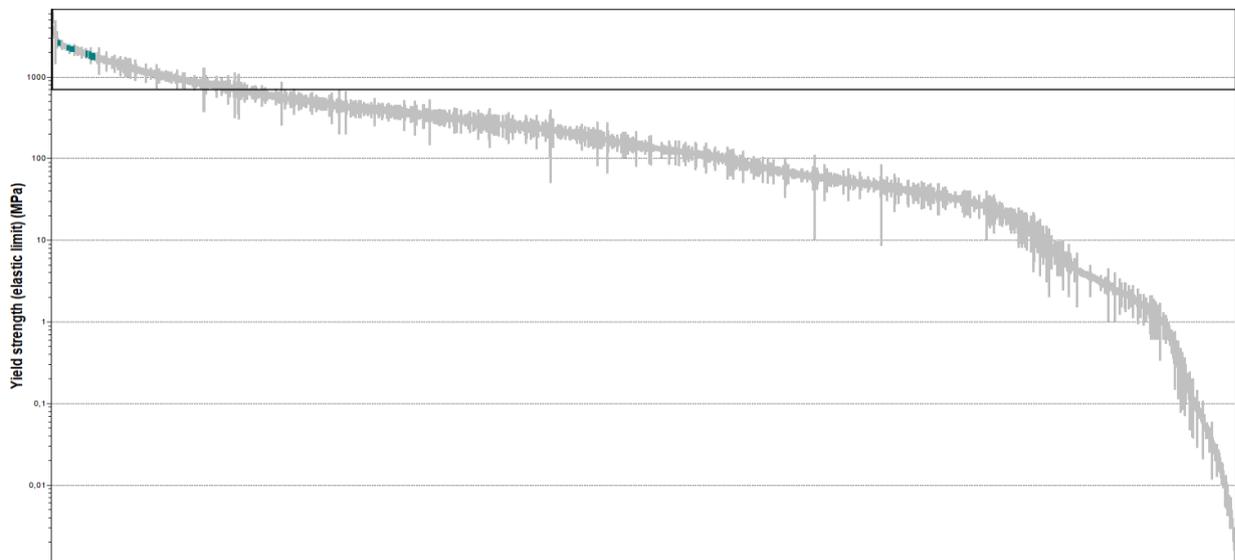


Figura 25. 2ªetapa selección material muelles

En la 3ªetapa, se ha fijado un rango de temperaturas en servicio elevadas. (Fig. 26)

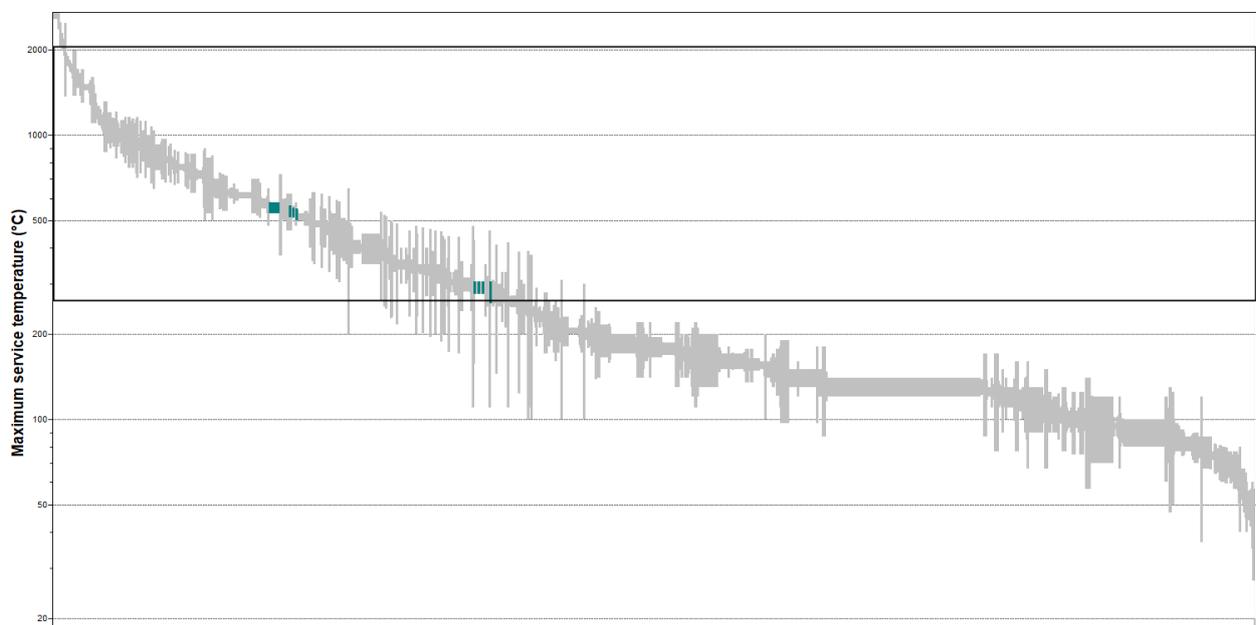


Figura 26. 3ªetapa selección material muelles

En la 4ªetapa se han seleccionado los materiales que resisten de forma excelente y aceptable la corrosión del agua dulce (salinidad media). (Fig. 27).

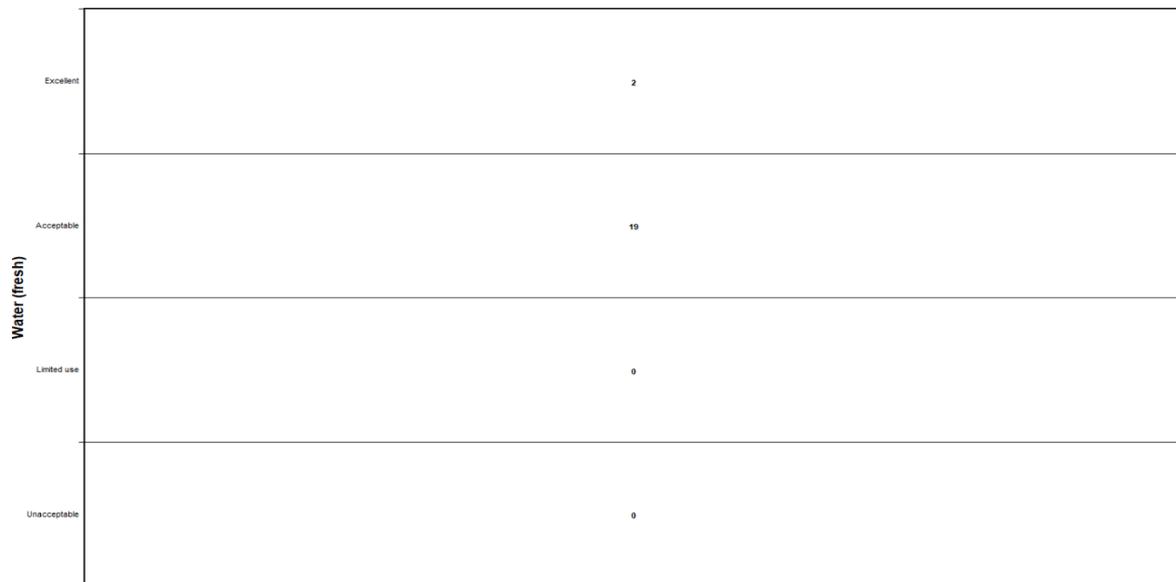


Figura 27. 4ªetapa selección material muelles

En la 5ªetapa se han filtrado los materiales más económicos y que cumplen con las propiedades necesarias. (Fig. 28).

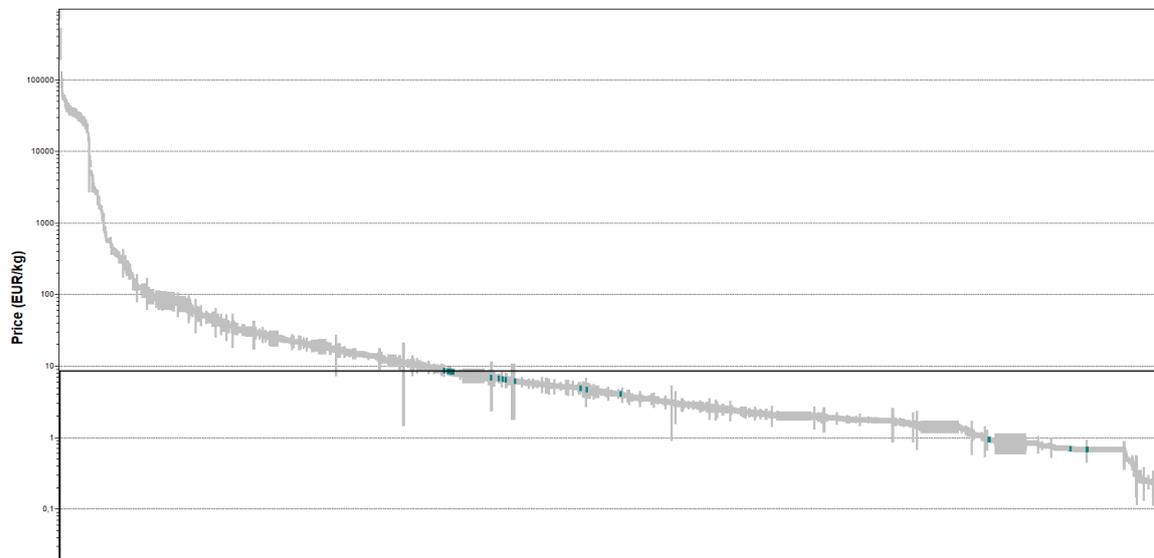


Figura 28. 5ªetapa selección material muelles.

Finalmente, el material seleccionado para los muelles es el acero de baja aleación AISI 9255 templado a 315°. Con designación europea EN name 55Si7, 251A58. (Fig. 29).

General information

Designation ⓘ

Low alloy steel, AISI 9255, oil quenched & tempered at 315°C	
Condition	ⓘ Tempered at 315°C & oil quenched
UNS number	ⓘ G92550
EN name	ⓘ 55Si7, 56Si7, 251A58
EN number	ⓘ 1.5026

Typical uses ⓘ

Laminated springs, coil springs, torsion bars of heavy section
--

Composition overview

Compositional summary ⓘ

Fe96-97 / Si1.8-2.2 / Mn0.7-0.95 / C0.51-0.59 (impurities: S<0.04, P<0.035)	
Material family	ⓘ Metal (ferrous)
Base material	ⓘ Fe (Iron)

Composition detail (metals, ceramics and glasses)

C (carbon)	ⓘ	0,51	-	0,59	%
Fe (iron)	ⓘ	* 96,2	-	97	%
Mn (manganese)	ⓘ	0,7	-	0,95	%
P (phosphorus)	ⓘ	0	-	0,035	%
S (sulfur)	ⓘ	0	-	0,04	%
Si (silicon)	ⓘ	1,8	-	2,2	%

Price

Price	ⓘ	* 0,66	-	0,744	EUR/kg
Price per unit volume	ⓘ	* 5,15e3	-	5,87e3	EUR/m ³

Physical properties

Density	ⓘ	7,8e3	-	7,9e3	kg/m ³
---------	----------------	-------	---	-------	-------------------

Figura 29. Material seleccionado muelles.

6.3. Material del mango:

- Definición de requerimientos para la aplicación considerada.
 - Aislante eléctrico.
 - Aislante térmico.
 - Resistencia a elevadas temperaturas.
 - Resistencia a la corrosión.
 - Elevada rigidez
 - Bajo peso
 - Apto para moldear.
 - Durabilidad
 - Mínimo coste.

- Selección del material utilizando el índice del material y los mapas de selección de materiales.

En la 1ªetapa, se ha comparado el módulo de young con la densidad, para así obtener materiales de elevada rigidez y bajo peso. (Fig. 31).

$$M = \frac{E^{1/2}}{\rho}$$

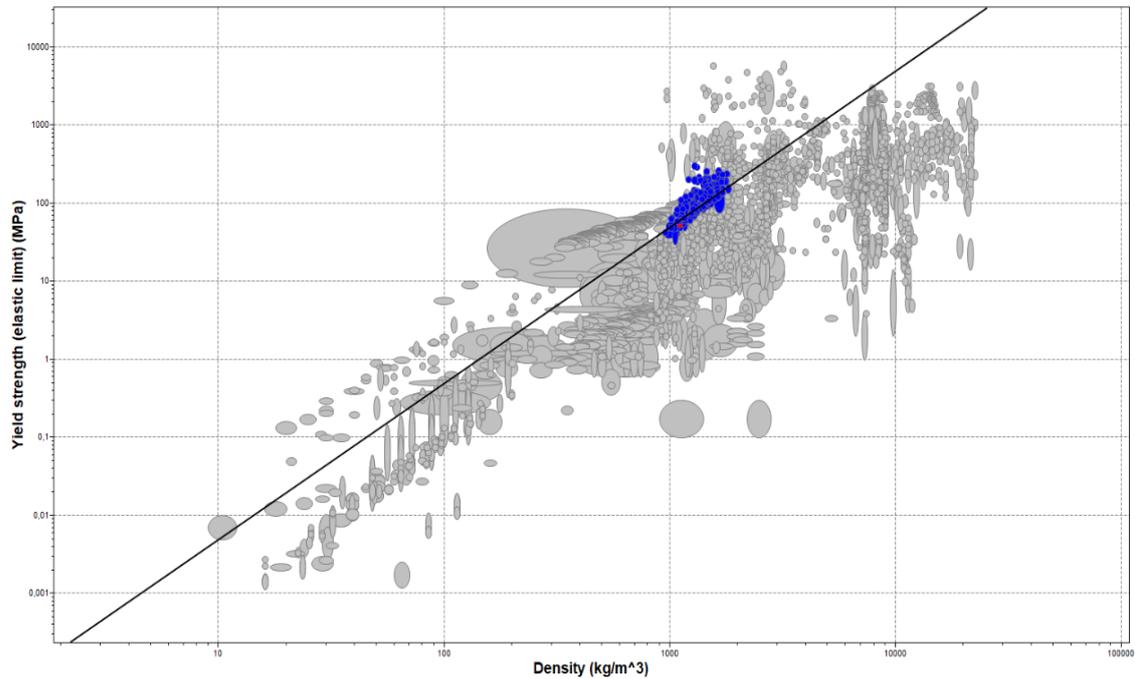


Figura 31. 1ªetapa selección material mango.

En la 2ªetapa, se ha fijado una temperatura en servicio mayor de 150°C. (Fig. 30).

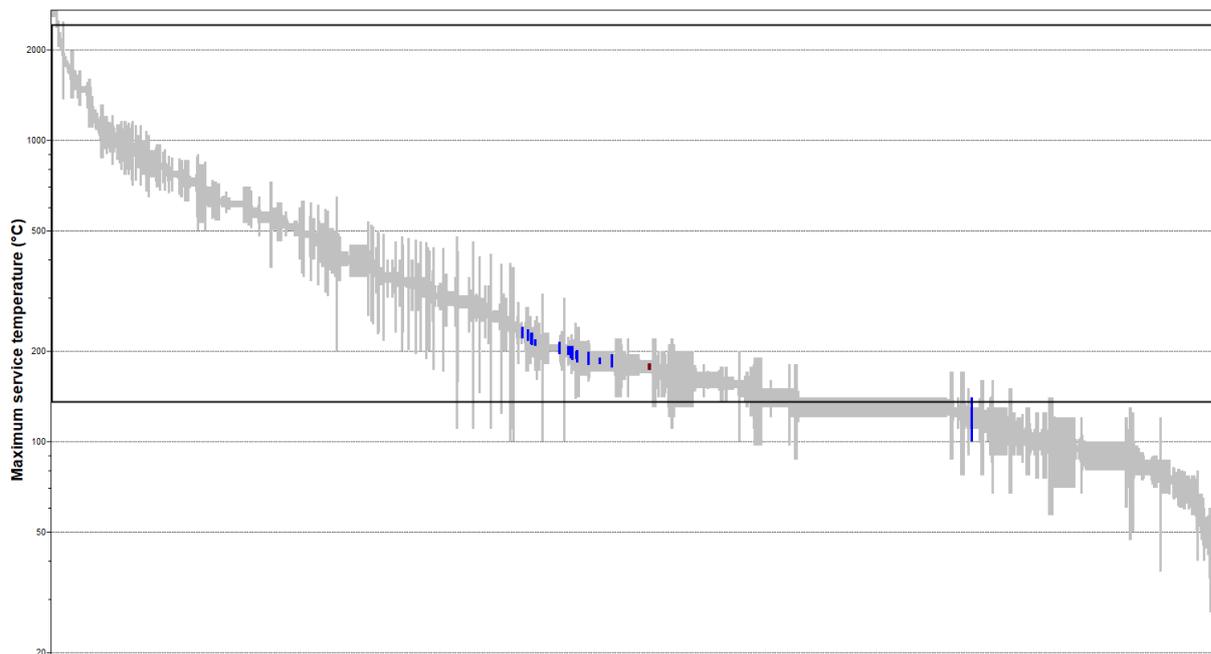


Figura 30. 2ªetapa selección material mango.

En la 3ªetapa, se han seleccionado los materiales con mayor resistividad eléctrica, ya que se requiere de un material aislante, tanto térmica como electricamente, para garantizar la seguridad del usuario. (Fig. 31).

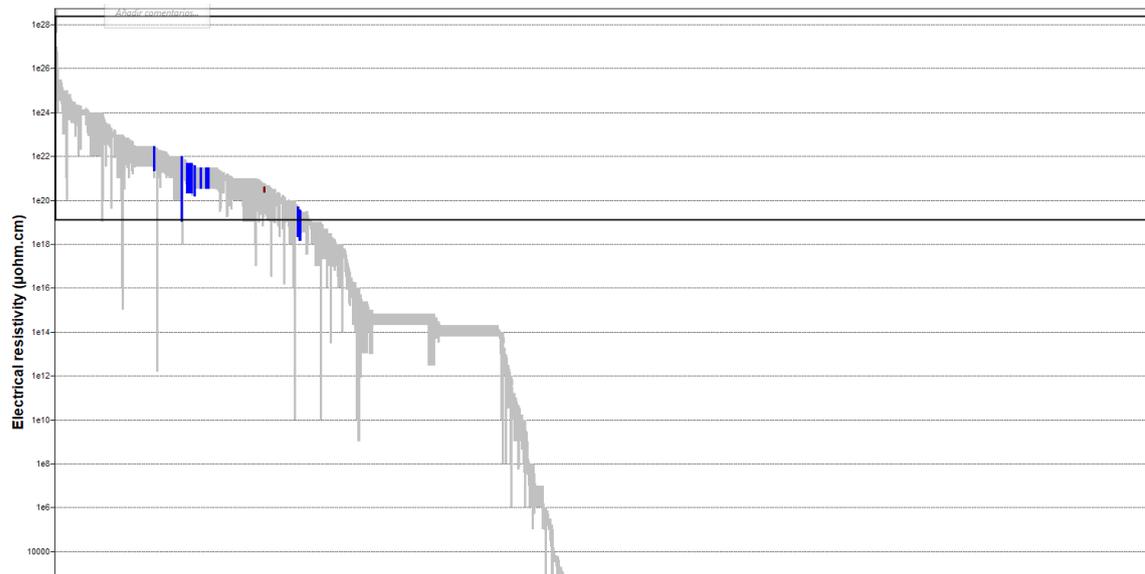


Figura 31. 3ªetapa selección material mango.

En la 4ªetapa, se han filtrado los materiales más económicos, con un precio máximo de 10e/kilo. (Fig. 32).

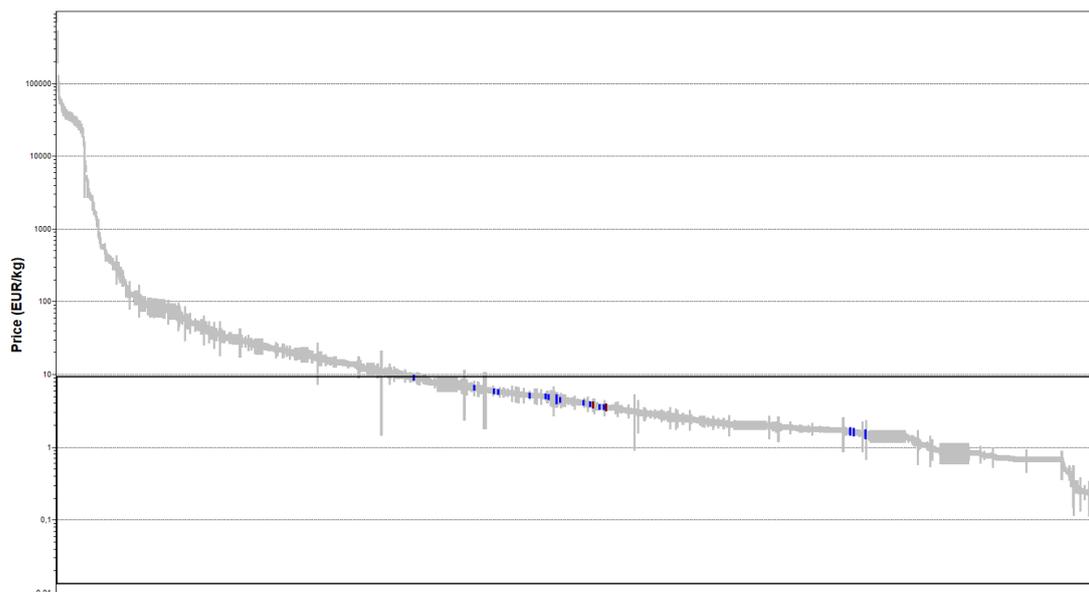


Figura 32. 4ªetapa selección material mango.

En la 5ª etapa, se ha marcado un límite mínimo de 150Mpa para el límite elástico, ya que es el necesario para que la pieza no se deforme ante los esfuerzos.

Y cómo límite máximo 2000Mpa ya que no es necesaria una resistencia mayor ante los posibles esfuerzos. (Fig. 33).

Yield strength (elastic limit) [✎](#)

Configuración Aplicar **Borrar**

[¿No encuentras la propiedad que estás buscando?](#)

- ▶ General information
- ▶ Composition overview
- ▶ Composition detail (metals, ceramics and glasses)
- ▶ Composition detail (polymers and natural materials)
- ▶ Price
- ▶ Physical properties
- ▼ Mechanical properties

	Existe	Mínimo	Máximo	
Young's modulus	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	GPa
Specific stiffness	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)	<input checked="" type="checkbox"/>	150	2000	MPa
Tensile strength	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	MPa

Figura 33. 5ª etapa selección material mango.

En la 6ª etapa, se han filtrado los materiales con mayor dureza. (Fig. 34)

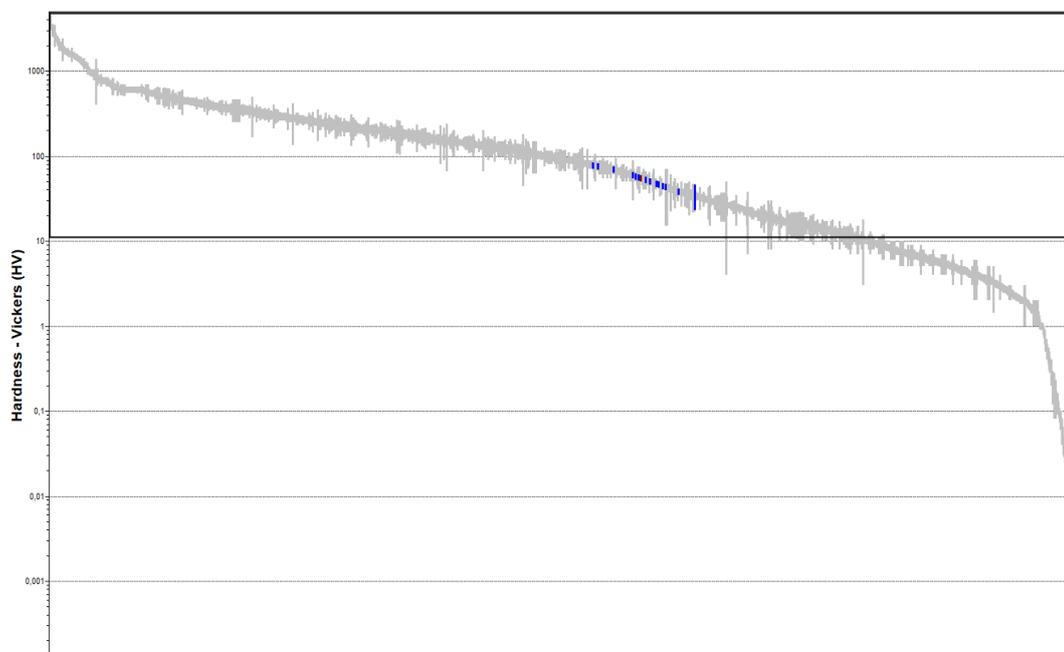


Figura 34. 6ª etapa selección material mango.

En la 7ªetapa se han seleccionado los materiales que resisten la corrosión de forma excelente. (Fig. 35).

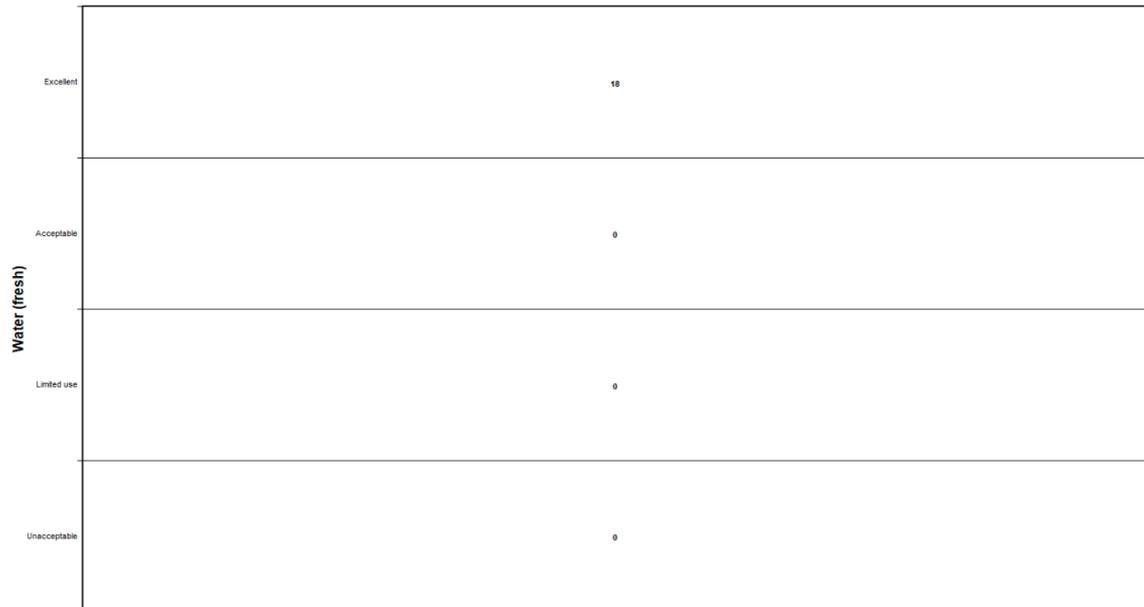


Figura 35. 7ªetapa selección material mango.

Finalmente, el material seleccionado para el mango es el PPA, con código de polímero PPA-GF35. (Fig. 36).

General information

Overview ⓘ

Note: Polyamides are moisture sensitive. Density, mechanical, impact, and electrical properties on this datasheet are for material conditioned at 50% relative humidity and 23°C. These are more typical of in-use performance than the properties of the dry material. Other properties are for the dry-as-molded material.

Designation ⓘ

PPA (33% glass fiber), Polyphthalamide (33% glass fiber)

Tradenames ⓘ

Amodel, Edgetek, Grivory, Zytel

Typical uses ⓘ

Automotive applications, under the bonnet parts, electrical components, connectors, housings, appliances, valves, industrial equipment.

Composition overview

Compositional summary ⓘ

Polyamide co- or ter-polymer comprising of repeat units of PA (nylon) 66, 6T and/or 6I (T=terephthalic acid, I=isophthalic acid), with reinforcing filler (glass fiber). By strict definition, polyphthalamides (PPA) have >55 mol % of phthalic acids (aromatic diacids) and <45% aliphatic diacid.

Material family	ⓘ	Plastic (thermoplastic, semi-crystalline)	
Base material	ⓘ	PPA (Polyphthalamide)	
% filler (by weight)	ⓘ	33	%
Filler/reinforcement	ⓘ	Glass	
Filler/reinforcement form	ⓘ	Short fiber (<5mm)	
Polymer code	ⓘ	PPA-GF35	

Composition detail (polymers and natural materials)

Polymer	ⓘ	67	%
Glass (fiber)	ⓘ	33	%

Price

Price	ⓘ	* 5,58	- 5,96	EUR/kg
Price per unit volume	ⓘ	* 8,15e3	- 8,85e3	EUR/m³

Physical properties

Density	ⓘ	1,46e3	- 1,49e3	kg/m³
---------	---	--------	----------	-------

Figura 36. Material seleccionado mango.

7. CÁLCULOS

7.1. Cálculo de muelles

El cálculo de los muelles se lleva a cabo aplicando la ley de Hooke, ya que representa la ley de la elasticidad y tiene presente el cambio de la fuerza elástica del muelle al variar su morfología cuando se ve afectado por la tracción o compresión.

Por ello, los muelles cilíndricos que trabajan a compresión deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Se requiere de una fuerza de 10N, para que el vástago o conjunto de vástagos sean capaces de introducirse en el hueco hexagonal del tornillo con seguridad.
- Las cavidades donde van alojados los muelles son de 5 mm de diámetro.
- El recorrido entre vástagos es de 5 mm.
- El diámetro de alambre disponible para su fabricación es de 1,5 mm.
- El módulo de corte del material $G = 1700$ MPa.

$$F = \frac{G * d^4 * S}{8 * D^3 * n}$$

$$10[N] = \frac{1700[MPa] * 1,5^4[mm] * 5[mm]}{8 * 5^3[mm] * n}$$

Así, el número de espiras (n) necesarias es de 4,3 por lo que se toman 5 vueltas.

7.2. Cargas en herramienta

Para la realización de los cálculos se pretende estudiar los esfuerzos máximos que soporta un tornillo normalizado antes de romper y tomando como referencia el fallo en el tornillo se dimensiona la herramienta telescópica logrando así su fiabilidad.

Por lo que el tornillo actuaría como fusible mecánico, ante un sobreesfuerzo rompería el tornillo antes que la herramienta.

Con el fin de simular el comportamiento real y más desfavorable de los esfuerzos a los cuáles se puede ver sometida la herramienta, se le aplica el par de apriete máximo para cada tornillo y además se ensaya con los tornillos de máxima calidad 12.9 que se fabrican con una tolerancia de 5g/6g y un acero aleado AISI 1340 con la siguiente composición. (Fig. 37) y (Fig.38)

ISO 898-1:2013

- 14 -

AENOR

Tabla 2 – Aceros

Clase de calidad	Materiales y tratamientos térmicos	Límite de la composición química (análisis de colada %) ^a					Temperatura de revenido °C
		C	P	S	Bb		
		min.	máx.	máx.	máx.	máx.	min.
4.6^d	Acero al carbono y acero al carbono con aditivos	—	0,55	0,050	0,060	No especificado	—
4.8^d							
5.6^c		0,13	0,55	0,050	0,060		
5.8^d		—	0,55	0,050	0,060		
6.8^d		0,15	0,55	0,050	0,060		
8.8^f	Acero al carbono con aditivos (por ejemplo, B, Mn o Cr) templado y revenido	0,15 ^e	0,40	0,025	0,025	0,003	425
	o acero al carbono templado y revenido	0,25	0,55	0,025	0,025		
	o acero aleado templado y revenido ^g	0,20	0,55	0,025	0,025		
9.8^f	Acero al carbono con aditivos (por ejemplo, B, Mn o Cr) templado y revenido	0,15 ^e	0,40	0,025	0,025	0,003	425
	o acero al carbono templado y revenido	0,25	0,55	0,025	0,025		
	o acero aleado templado y revenido ^g	0,20	0,55	0,025	0,025		
10.9^f	Acero al carbono con aditivos (por ejemplo, B, Mn o Cr) templado y revenido	0,20 ^e	0,55	0,025	0,025	0,003	425
	o acero al carbono templado y revenido	0,25	0,55	0,025	0,025		
	o acero aleado templado y revenido ^g	0,20	0,55	0,025	0,025		
12.9^{fh}	Acero aleado templado y revenido ^g	0,30	0,50	0,025	0,025	0,003	425
12.9^{fh}	Acero al carbono con aditivos (por ejemplo, B, Mn, Cr o Mo) templado y revenido	0,28	0,50	0,025	0,025	0,003	380

Figura 37. Composición material tornillos calidad 12.9

General information

Designation ⓘ

Carbon steel, AISI 1340, oil quenched & tempered at 425°C

Condition	ⓘ	Tempered at 425°C & oil quenched
UNS number	ⓘ	G13400, ~H13400
EN name	ⓘ	BS S 156, BS S 157, 38Mn6
EN number	ⓘ	1.1127

Typical uses ⓘ

General construction, general mechanical engineering, automotive, tools, axles, gears, springs.

Composition overview

Compositional summary ⓘ

Fe97-98 / Mn1.6-1.9 / C0.38-0.43 / Si0.15-0.35 (impurities: S<0.04, P<0.035)

Material family	ⓘ	Metal (ferrous)
Base material	ⓘ	Fe (Iron)

Composition detail (metals, ceramics and glasses)

C (carbon)	ⓘ	0,38	-	0,43	%
Fe (iron)	ⓘ	* 97,2	-	97,9	%
Mn (manganese)	ⓘ	1,6	-	1,9	%
P (phosphorus)	ⓘ	0	-	0,035	%
S (sulfur)	ⓘ	0	-	0,04	%
Si (silicon)	ⓘ	0,15	-	0,35	%

Price

Price	ⓘ	* 0,649	-	0,723	EUR/kg
Price per unit volume	ⓘ	* 5,06e3	-	5,71e3	EUR/m ³

Physical properties

Density	ⓘ	7,8e3	-	7,9e3	kg/m ³
---------	---	-------	---	-------	-------------------

Mechanical properties

Young's modulus	ⓘ	200	-	215	GPa
Specific stiffness	ⓘ	25,5	-	27,4	MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)	ⓘ	1,04e3	-	1,27e3	MPa
Tensile strength	ⓘ	1,13e3	-	1,4e3	MPa
Specific strength	ⓘ	132	-	162	kN.m/kg
Elongation	ⓘ	11	-	17	% strain

Figura 38. Características técnicas AISI 1340

Para los ensayos, se ha considerado que los tornillos ISO 4762 presentan una rosca regular y un coeficiente de fricción de 0,14. (Fig. 39).

MONTAJE DE UNIONES ATORNILLADAS

Pares de apriete y fuerzas de tensión previa de los tornillos y tuercas de acero con dimensiones de la cabeza según las normas: DIN 912, 931, 933, 934, **ISO 4762**, 4014, 4017, 4032, ...

En los valores que se dan a M_A en esta tabla 1 se tiene en cuenta los puntos siguientes:

- Coeficiente de fricción $\mu = 0,14$
- Límite de alargamiento (elasticidad) mínimo = 90%
- El momento (par) al apretar

El coeficiente de fricción de $\mu = 0,14$ se aplica para la ejecución de aquellos tipos de tornillos y tuercas que se suministran sin recubrimiento, ligeramente lubricados.

¡Si se vuelven a lubricar la rosca, se modificará considerablemente el coeficiente de fricción lo que provocará situaciones de apriete (precarga) fuera de control!

Roscas regulares, coeficiente de fricción $\mu = 0,14$

Dimensiones		Sección de tensión	Fuerza de pretensión (cifras de precarga) $F_v(N) = 0,7 \times R_{p0,2} \times A_s$					Par de apriete M_A (Nm)				
Diámetro	P	A_s/mm^2	4.6	5.6	8.8	10.9	12.9	4.6	5.6	8.8	10.9	12.9
M 4	0,7	8,78	1.280	1.710	3.900	5.700	6.700	1,02	1,37	3,0	4,4	5,1
M 5	0,8	14,2	2.100	2.790	6.400	9.300	10.900	2,0	2,7	5,9	8,7	10
M 6	1,0	20,1	2.960	3.940	9.000	13.200	15.400	3,5	4,6	10	15	18
M 8	1,25	36,6	5.420	7.230	16.500	24.200	28.500	8,4	11	25	36	43
M 10	1,5	58,0	8.640	11.500	26.000	38.500	45.000	17	22	49	72	84
M 12	1,75	84,3	12.600	16.800	38.500	56.000	66.000	29	39	85	125	145
M 14	2,0	115	17.300	23.100	53.000	77.000	90.000	46	62	135	200	235
M 16	2,0	157	23.800	31.700	72.000	106.000	124.000	71	95	210	310	365
M 18	2,5	193	28.900	38.600	91.000	129.000	151.000	97	130	300	430	500
M 20	2,5	245	37.200	49.600	117.000	166.000	194.000	138	184	425	610	710
M 22	2,5	303	46.500	62.000	146.000	208.000	243.000	186	250	580	830	970
M 24	3,0	353	53.600	71.400	168.000	239.000	280.000	235	315	730	1.050	1.220
M 27	3,0	459	70.600	94.100	221.000	315.000	370.000	350	470	1.100	1.550	1.800
M 30	3,5	561	85.700	114.500	270.000	385.000	450.000	475	635	1.450	2.100	2.450
M 33	3,5	694	107.000	142.500	335.000	480.000	560.000	645	865	2.000	2.800	3.400
M 36	4,0	817	125.500	167.500	395.000	560.000	660.000	1.080	1.440	2.600	3.700	4.300
M 39	4,0	976	151.000	201.000	475.000	670.000	790.000	1.330	1.780	3.400	4.800	5.600

Figura 39. Par de apriete máximo en tornillos ISO 4762. [catálogo ROSMIL]

7.3. Esfuerzos en herramienta

Se procede a realizar el estudio de esfuerzos sobre el útil, aplicando las cargas justificadas anteriormente.

En los siguientes cálculos estáticos se han suprimido las roscas del ensamblaje y los muelles se han sustituido por fuerzas, ya que son operaciones y piezas que crean fallos por interferencia y no influyen en los resultados.

Los contactos entre componentes se han considerado soldados ya que se trata de un cálculo estático y no existe movimiento entre piezas cuando se aplica el momento máximo.

7.3.1. M12

En el primer caso, se han aplicado las condiciones de contorno siguientes:

- Momento máximo sobre el mango de 145 N*m.
- Fuerza axial de los muelles 10 N sobre cada vástago.
- Fijaciones en caras del vástago hexagonal para M12.

En el 1er caso se pueden observar los siguientes resultados:

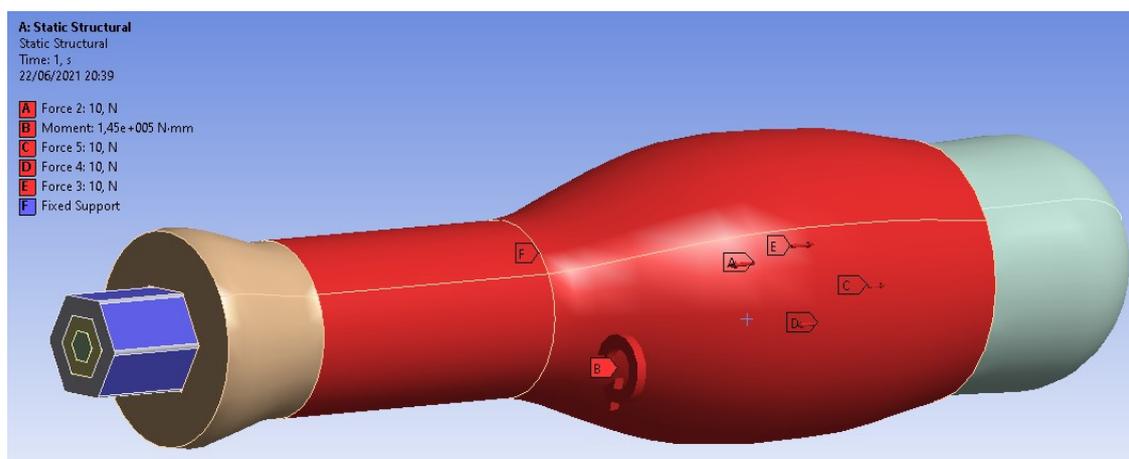


Figura 40. Condiciones de contorno, momento aplicado herramienta M12.

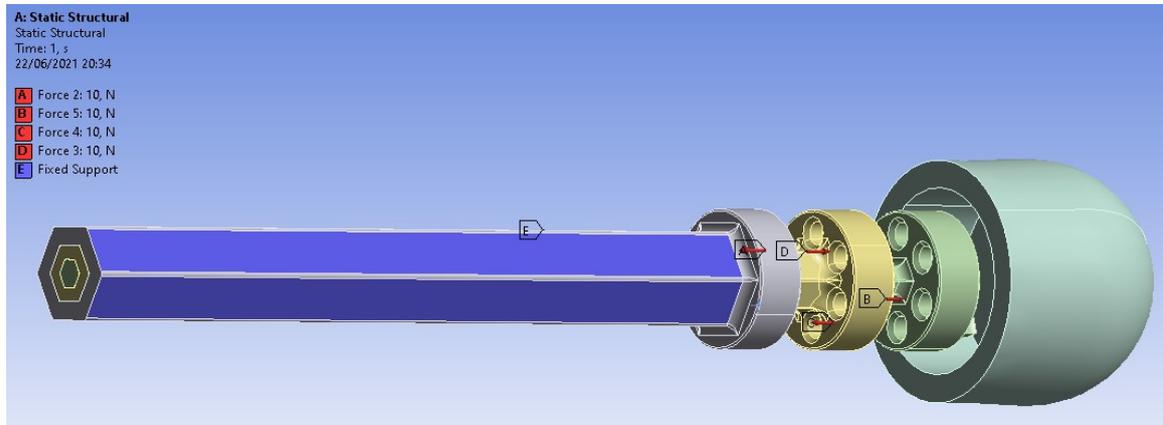


Figura 41. Condiciones de contorno, fuerzas aplicadas herramienta M12.

La deformación máxima del conjunto es de apenas 0,095 mm y se encuentra localizada en la parte superior del mango. (Fig. 43) Y (Fig. 44).

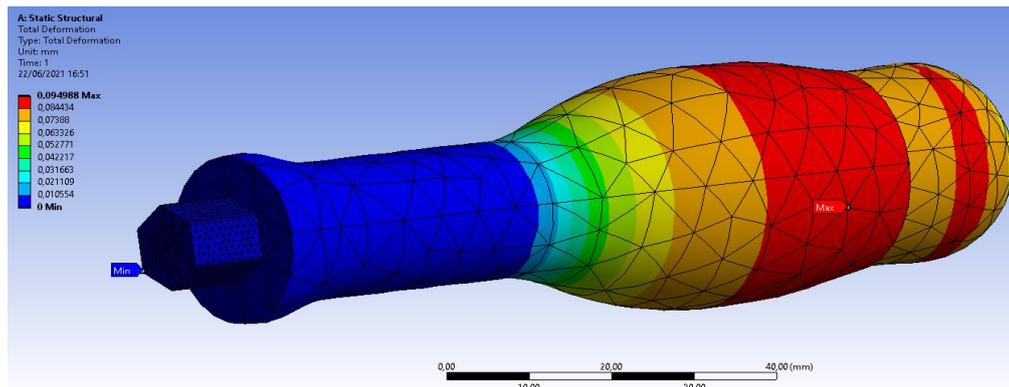


Figura43. Deformación máxima M12.

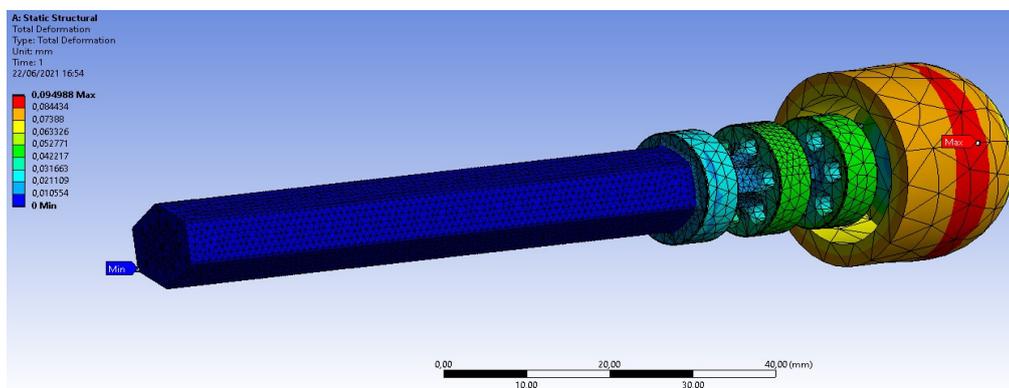


Figura44. Deformación M12.

La tensió màxima en el conjunt es de 1752,6 MPa y se encuentra localizada en la arista redondeada del vástago M12. (Fig. 45).

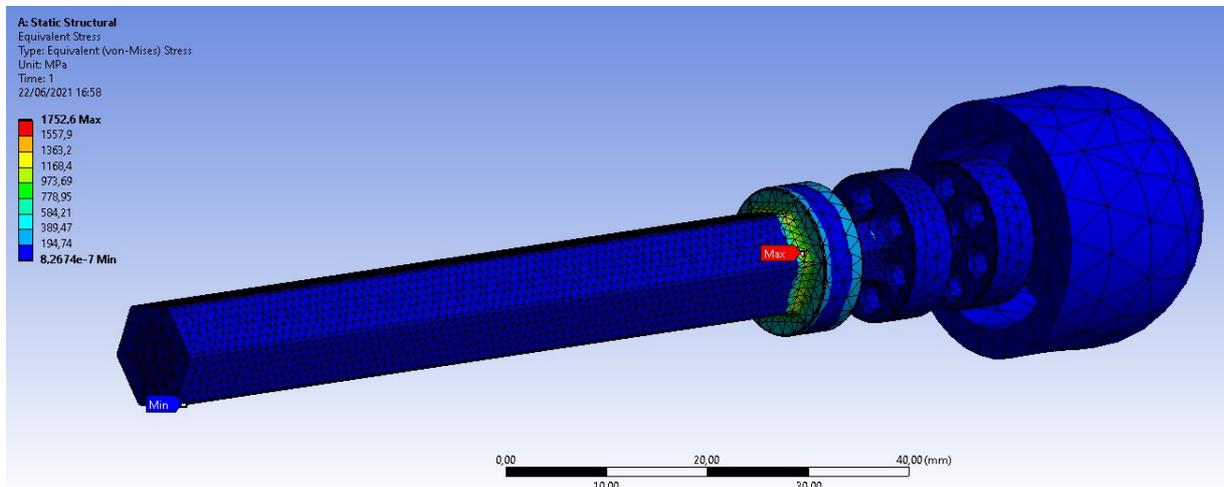


Figura 45. Tensión máxima M12.

El error máximo en el ensamblaje es de apenas 0,74767 mJ. Se encuentra localizado en la arista redondeada del vástago M12. (Fig. 42).

El error de cálculo máximo que sufren las superficies más desfavorables de la herramienta es muy pequeño, por lo que es un error asumible y se puede afirmar que los cálculos son fiables y exactos.

Si se aumenta la calidad del mallado de la pieza se disminuye el error, en este caso la calidad del mallado supera el 70%.

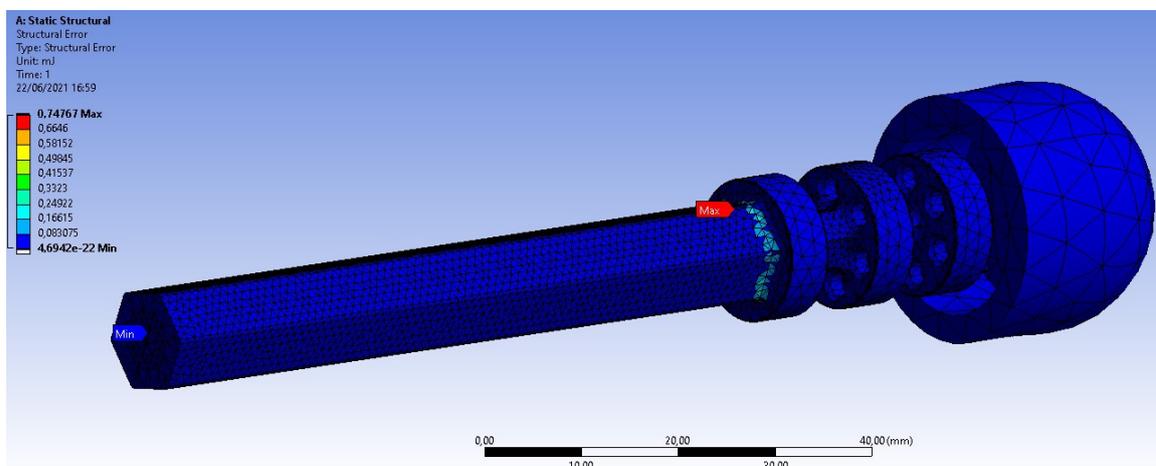


Figura 42. Error máximo.

El factor de seguridad mínimo es superior a la unidad, por lo que no se deforma ningún componente. (Fig. 43).

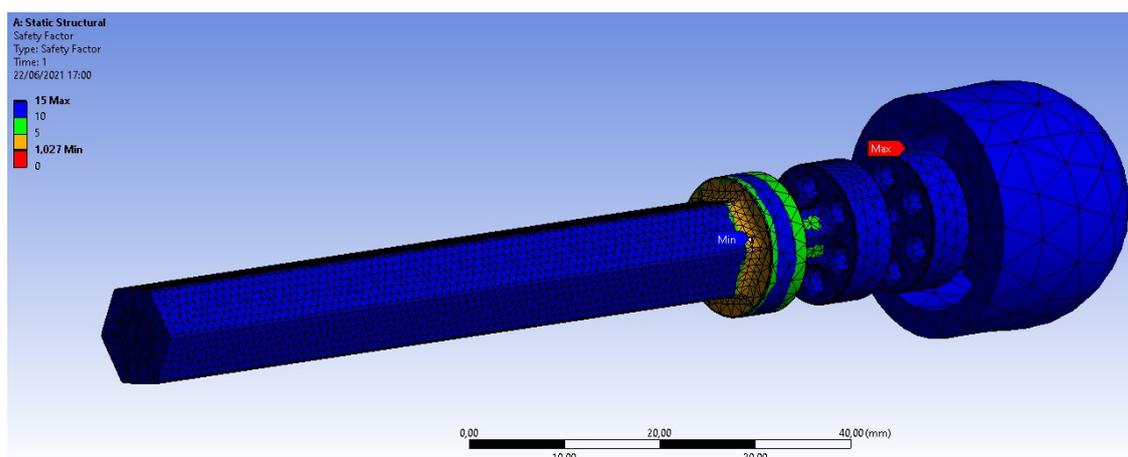


Figura 43. Factor seguridad.

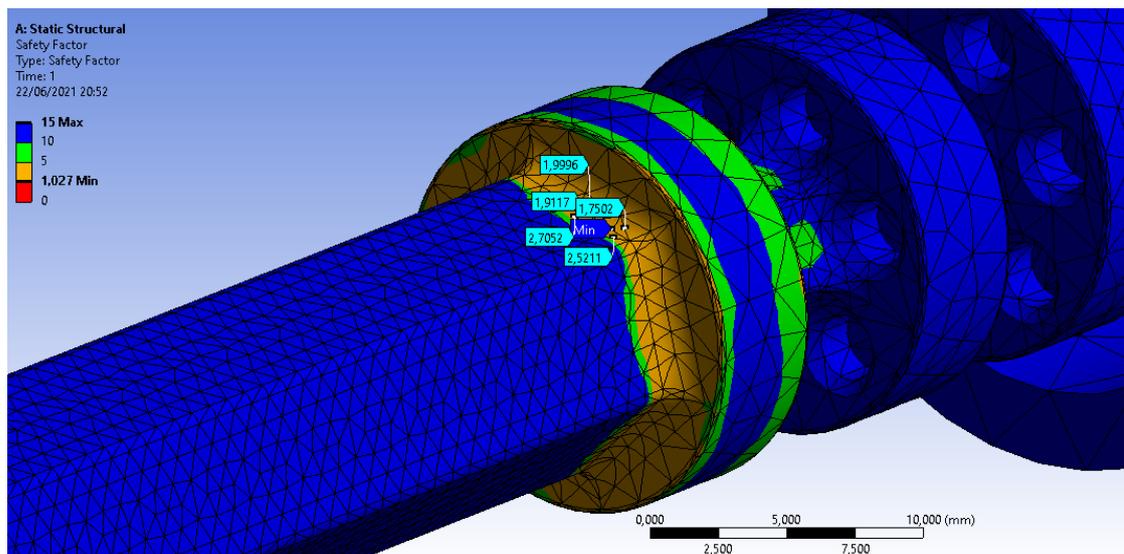


Figura 44. Seguridades en zona crítica M12.

Realmente, las seguridades en la zona más crítica son superiores a la unidad, el valor de 1,027 es muy justo pero equivale a una arista irregular en el mallado. Por lo que se puede considerar que la seguridad en la zona está entre 2 y 5. (Fig. 44).

$$\text{Factor seguridad} = \frac{\text{Límite elástico}}{\text{Tensión máxima resultante}}$$

7.3.2. M8

En el segundo caso, se han aplicado las condiciones de contorno siguientes:

- Momento máximo sobre el mango de 43 N*m.
- Fuerza axial de los muelles 10 N sobre cada vástago.
- Fijaciones en caras del vástago hexagonal para M8.

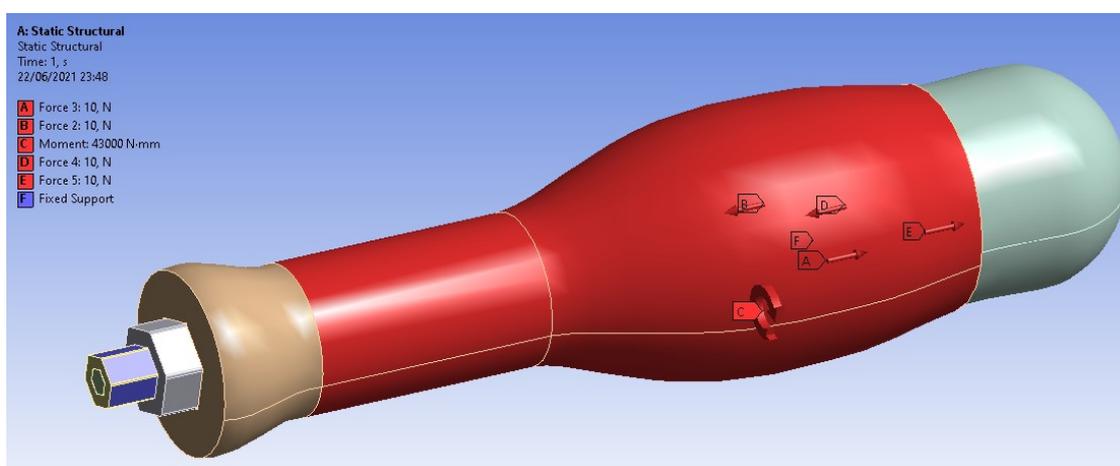


Figura 46. Condiciones de contorno, momento aplicado herramienta M8.

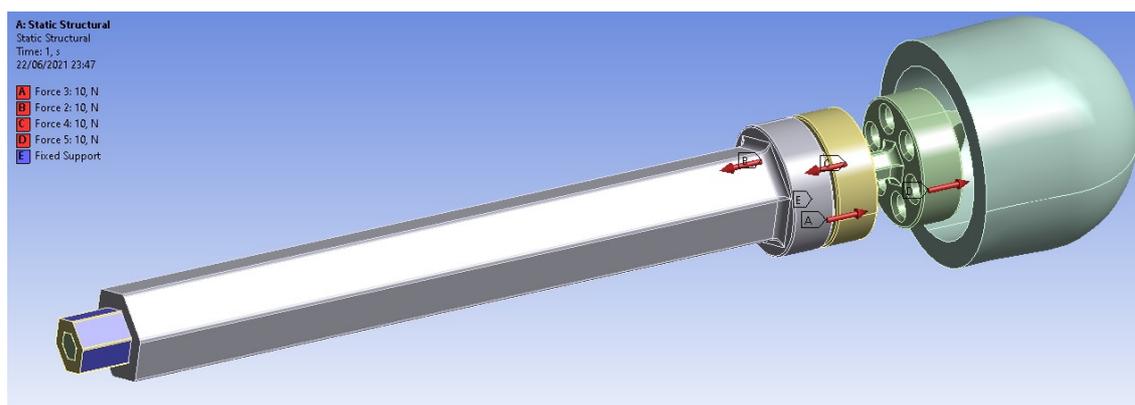


Figura 45. Condiciones de contorno, fuerzas aplicadas herramienta M8.

En el segundo caso se pueden observar los siguientes resultados:

La deformación máxima es de apenas 0,019 mm. (Fig. 47) y (Fig. 48).

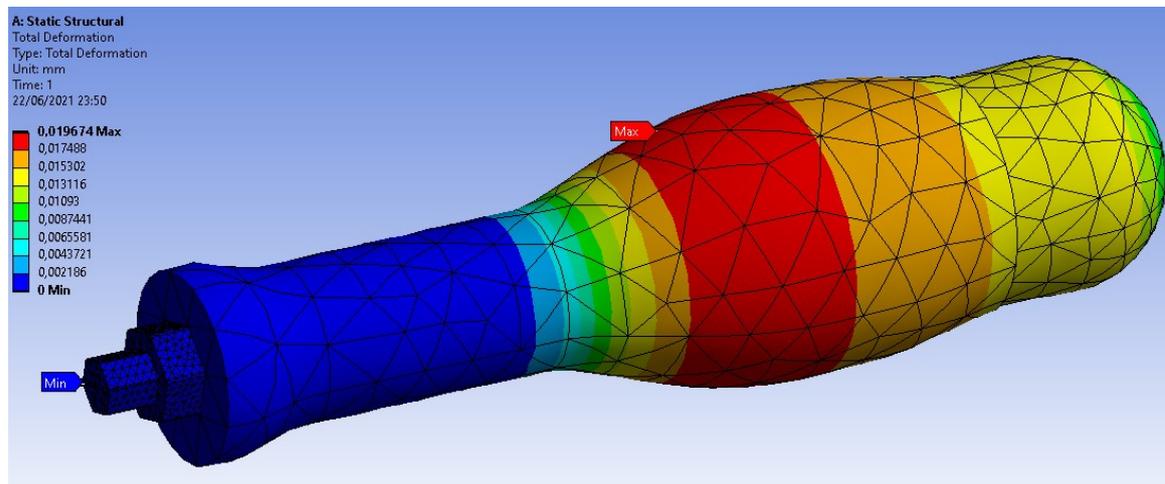


Figura 48. Deformación máxima M8.

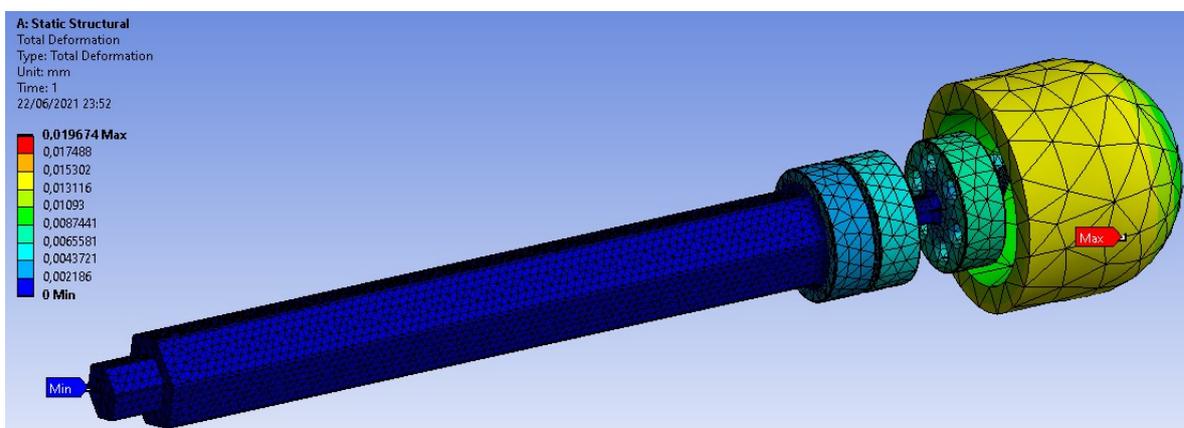


Figura 47. Deformación máxima M8.

La tensión máxima es de 206,76 MPa. (Fig. 49).

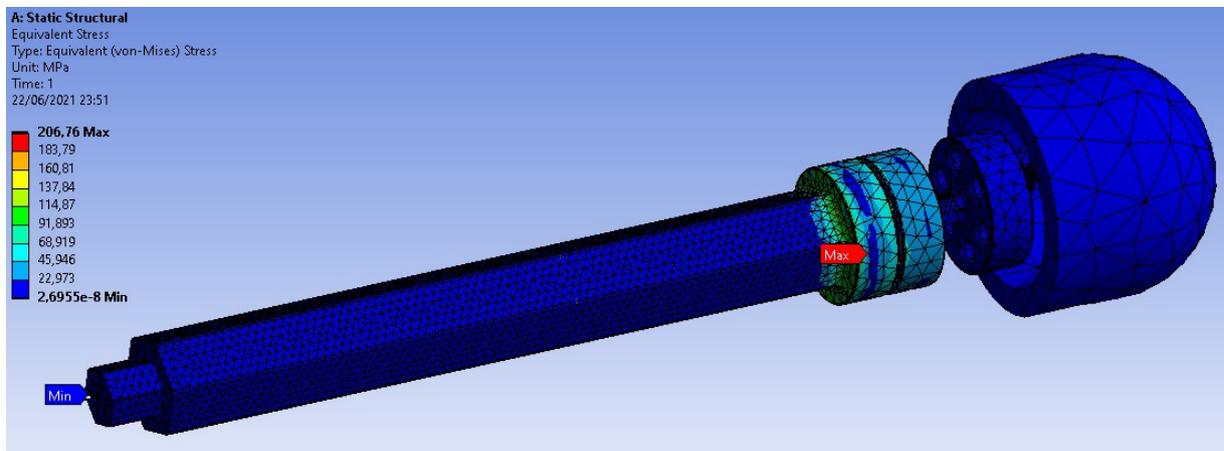


Figura 49. Tensión máxima M12.

El error máximo del ensamblaje es de apenas 0,042 mJ. (Fig. 50).

El error de cálculo máximo que sufren las superficies más desfavorables de la herramienta es muy pequeño, por lo que es un error asumible y se puede afirmar que los cálculos son fiables y exactos.

Si se aumenta la calidad del mallado de la pieza se disminuye el error, en este caso la calidad del mallado supera el 70 %.

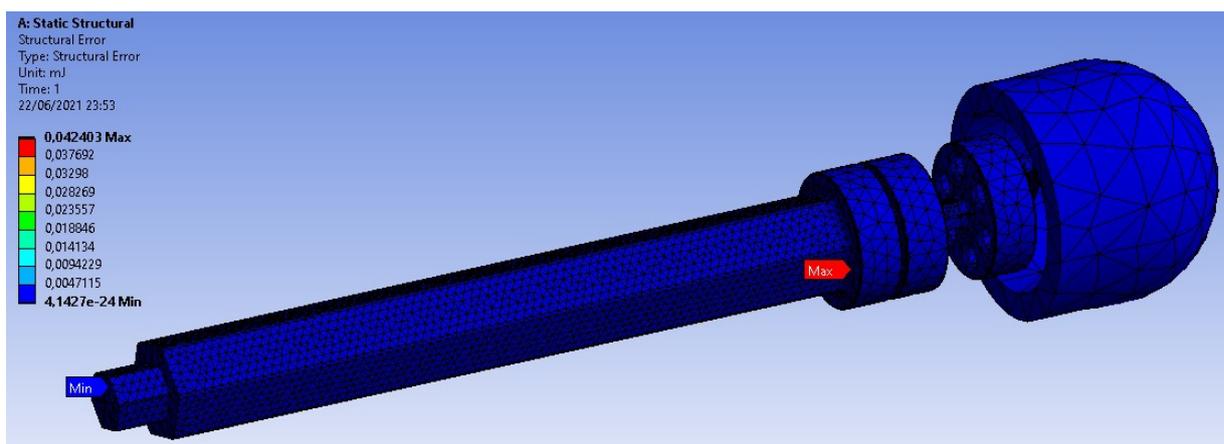


Figura 50. Error máximo M8.

El factor de seguridad mínimo es bastante superior a la unidad, por lo que no se deforma ningún componente, de hecho está entorno a 8. (Fig. 51).

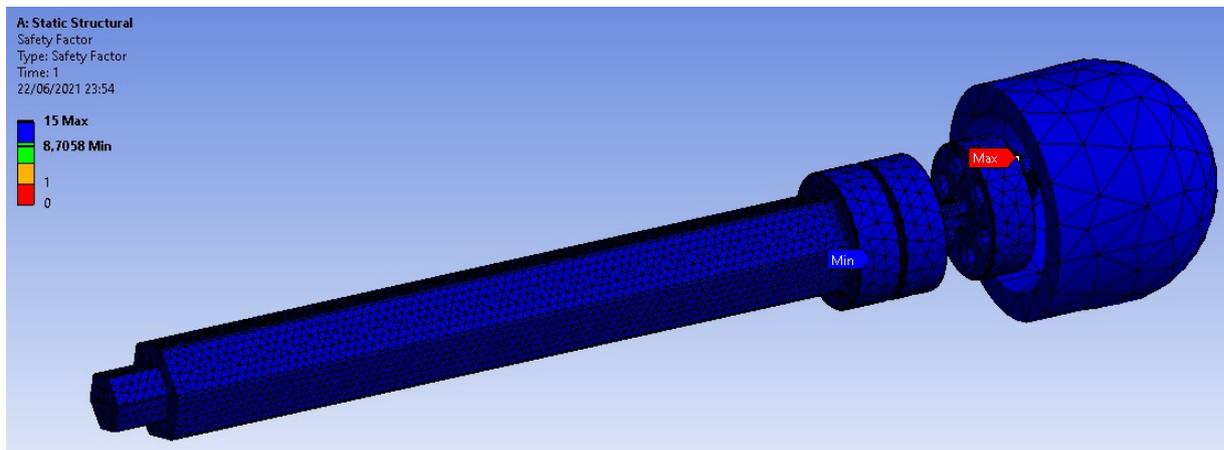


Figura 51. Seguridades en zona crítica M8.

Realmente, las seguridades en la zona más crítica son demasiado elevadas y se puede afirmar que esta parte del componente está incluso sobredimensionada.

$$\text{Factor seguridad} = \frac{\text{Límite elástico}}{\text{Tensión máxima resultante}}$$

7.3.3. M4

En el tercer y último caso, se han aplicado las condiciones de contorno siguientes:

- Momento máximo sobre el mango de 5,1 N*m.
- Fuerza axial de los muelles 10 N sobre cada vástago.
- Fijaciones en caras del vástago hexagonal para M4.

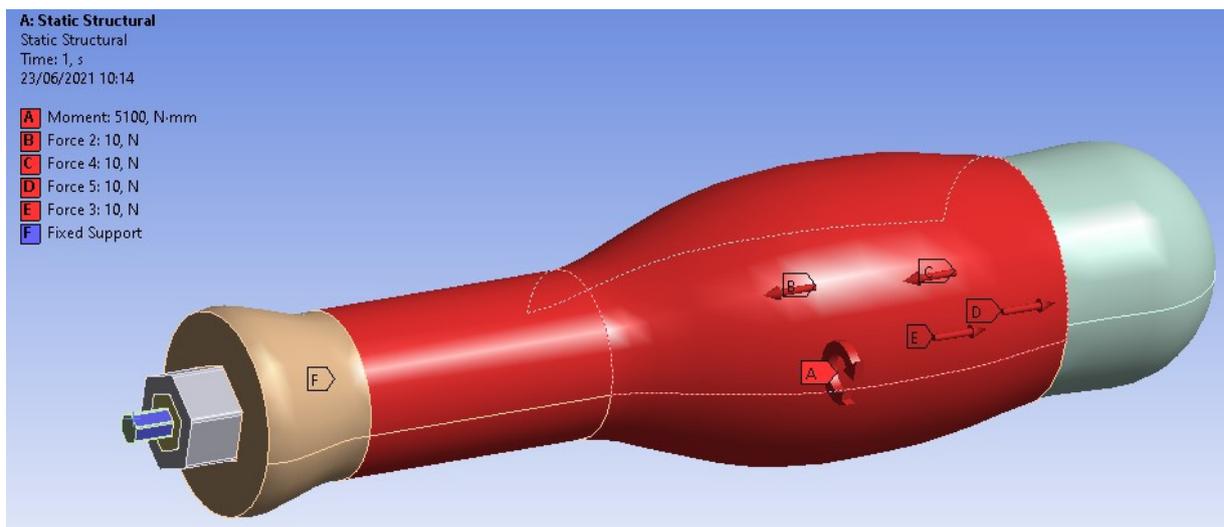


Figura 53. Condiciones de contorno, momento aplicado herramienta M4.

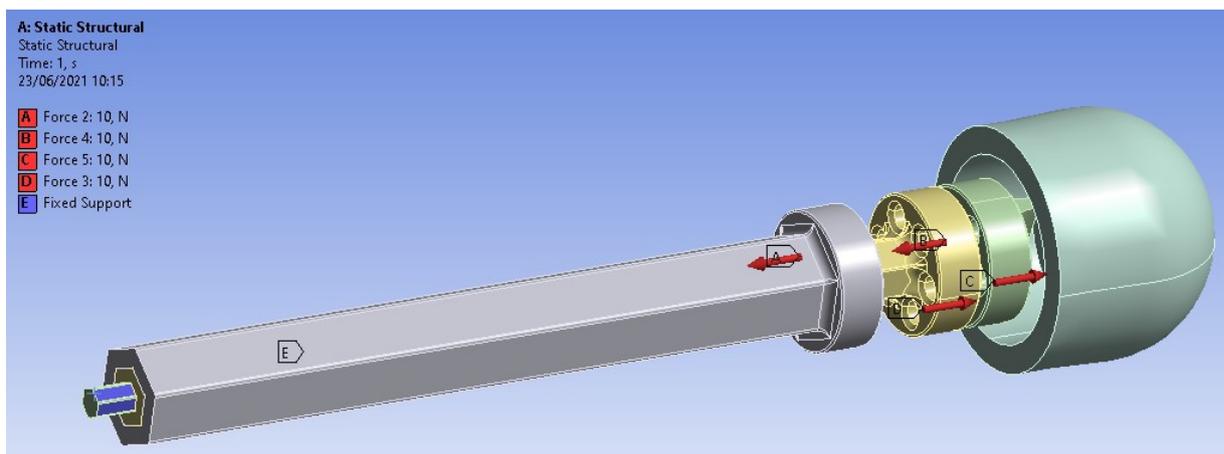


Figura 52. Condiciones de contorno, fuerzas aplicadas herramienta M4.

En el tercer caso, se pueden observar los siguientes resultados:

La deformación máxima en el conjunto es de apenas 0,0026 mm, se encuentra localizada en la zona central del mango. (Fig. 54).

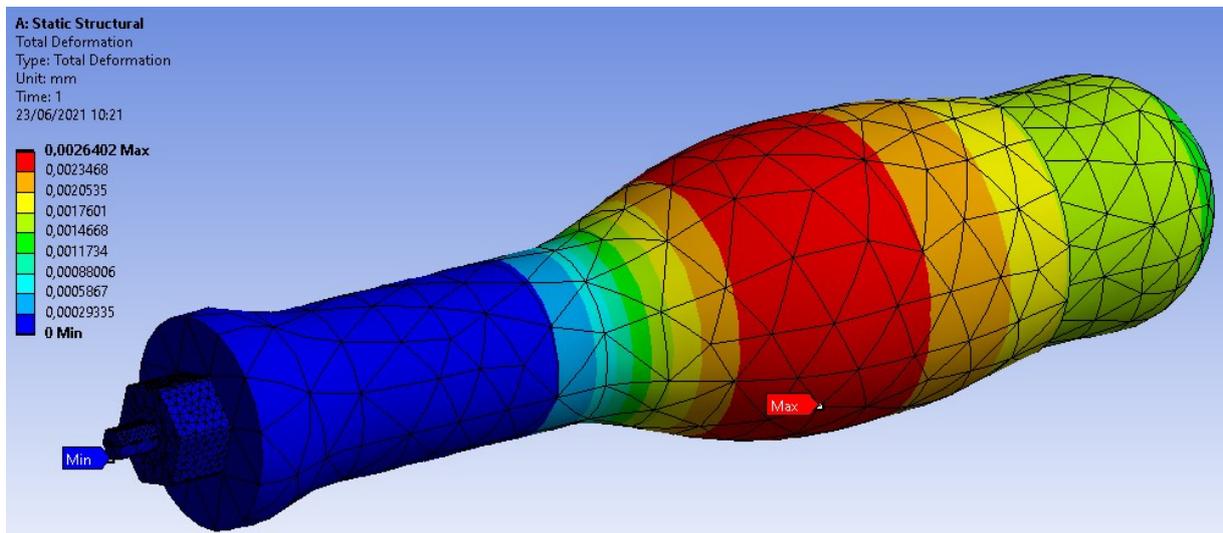


Figura 54. Deformación máxima M4.

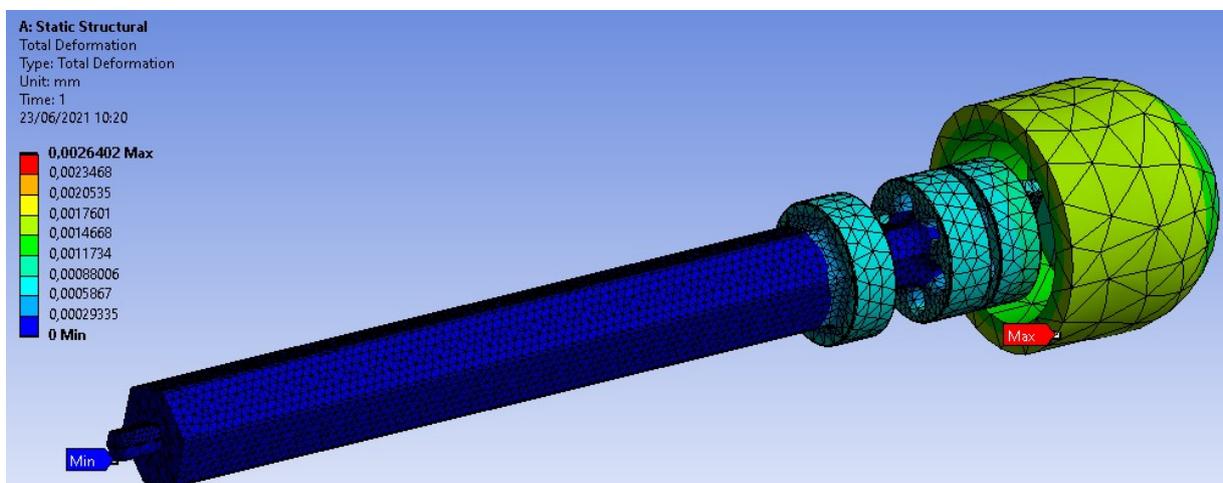


Figura 55. Deformación máxima M4.

La tensió màxima en el ensamblaje es de apenas 30,261 MPa. (Fig. 56).

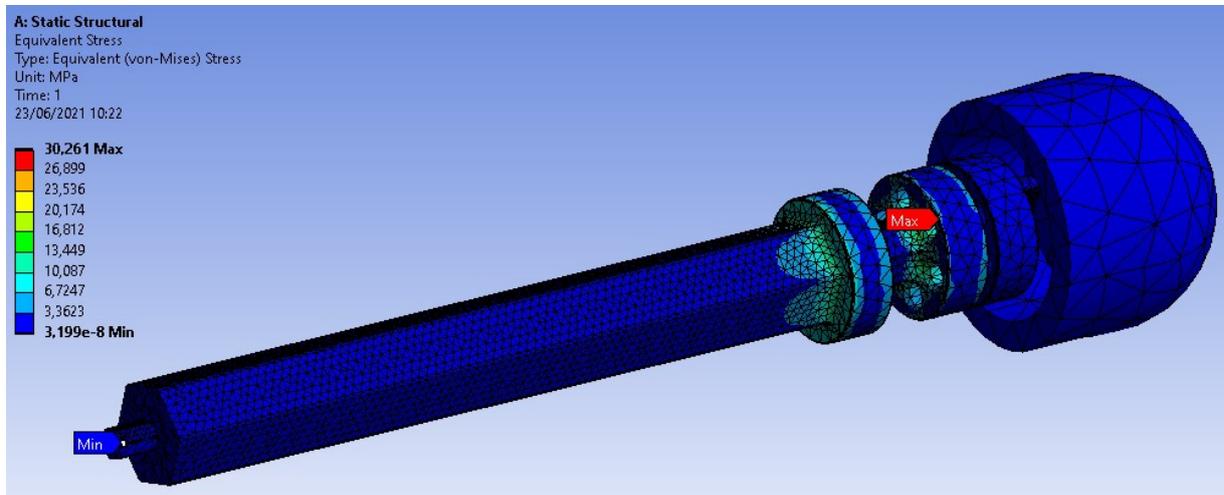


Figura 56. Tensió màxima M4.

La tensió màxima se encuentra localizada en la zona interior del vástago M8. (Fig. 57).

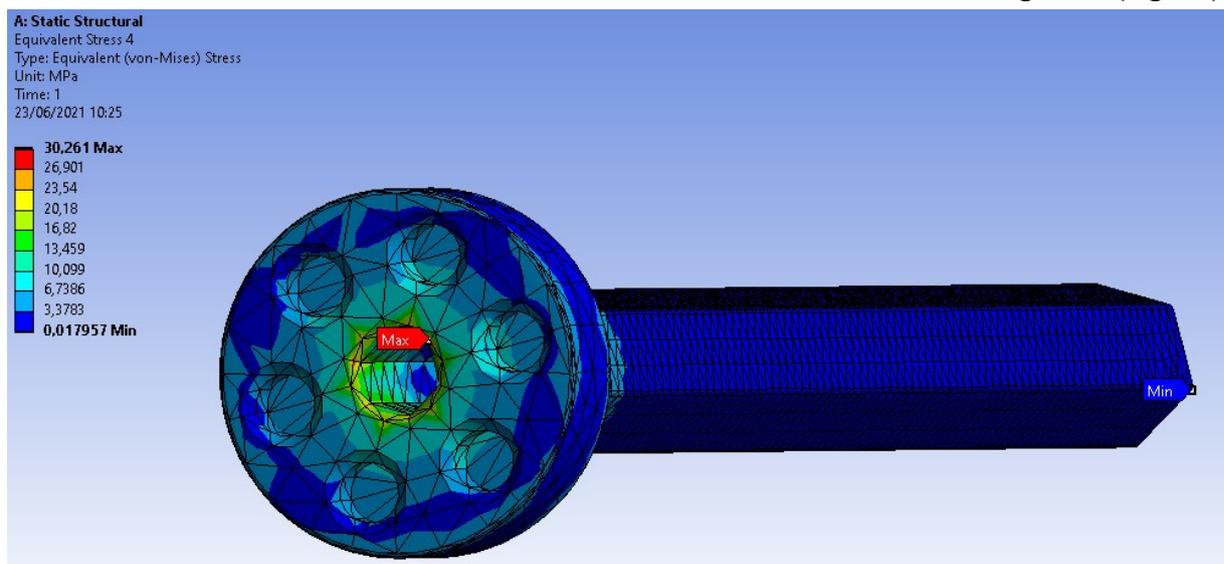


Figura 57. Tensió màxima localizada M4.

El error máximo es de apenas 0,042 mJ.

El error de cálculo máximo que sufren las superficies más desfavorables del útil es muy pequeño, por lo que es un error asumible y se puede afirmar que los cálculos son fiables y exactos. (Fig. 58).

Si se aumenta la calidad del mallado de la pieza se disminuye el error, en este caso la calidad del mallado supera el 70%.

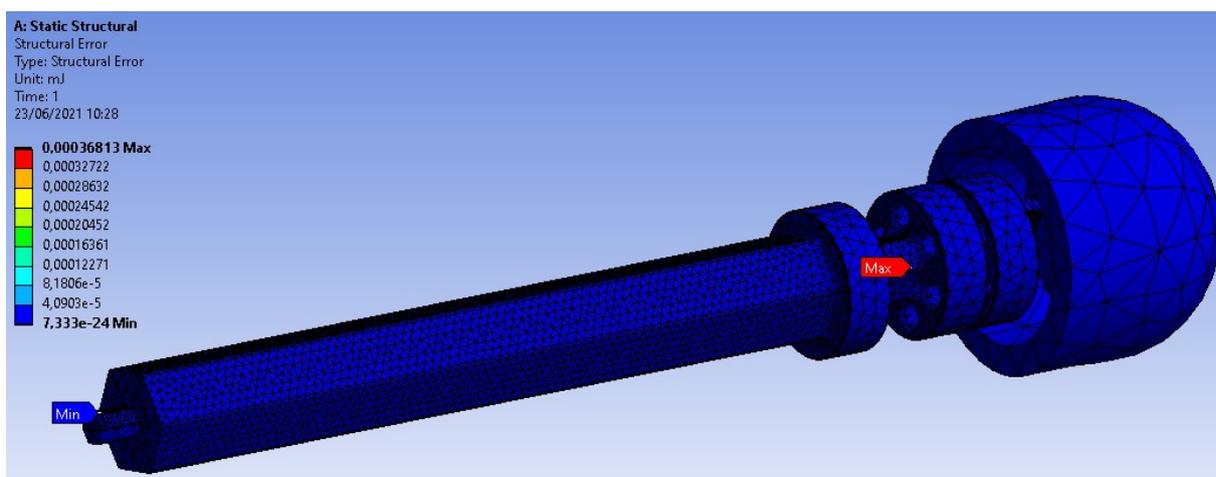


Figura 58. Error máximo M4.

El factor de seguridad mínimo es bastante superior a la unidad, por lo que no se deforma ningún componente, de hecho está entorno a 8. (Fig. 59)

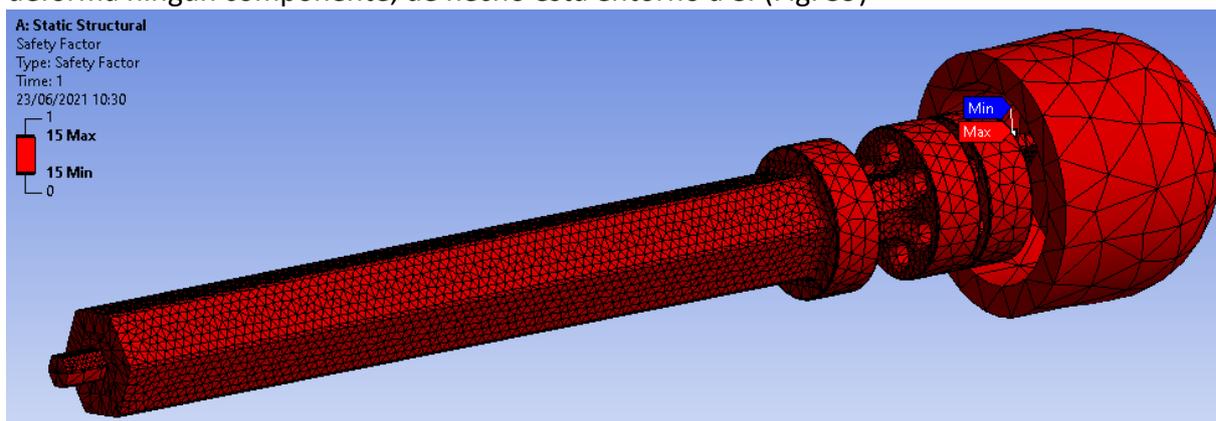


Figura 59. Seguridades M4.

Realmente, las seguridades son demasiado elevadas y se puede afirmar que esta parte del componente está sobredimensionada considerando las cargas que actúan sobre él.

8. DISEÑO OPTIMIZADO

Tras la realización de los cálculos, se obtiene el diseño final, optimizado del conjunto.

Así, se han realizado operaciones de dimensionamiento en aquellas zonas más desfavorables, con menor seguridad. Aumentando espesores y radios de acuerdo, realizando más redondeos y chaflanes, verificando las seguridades tras cada optimización del diseño.

En el primer renderizado se puede observar claramente el mecanismo interno de la herramienta, en la vista se ha aplicado la apariencia del tipo acero inoxidable. (Fig. 60).

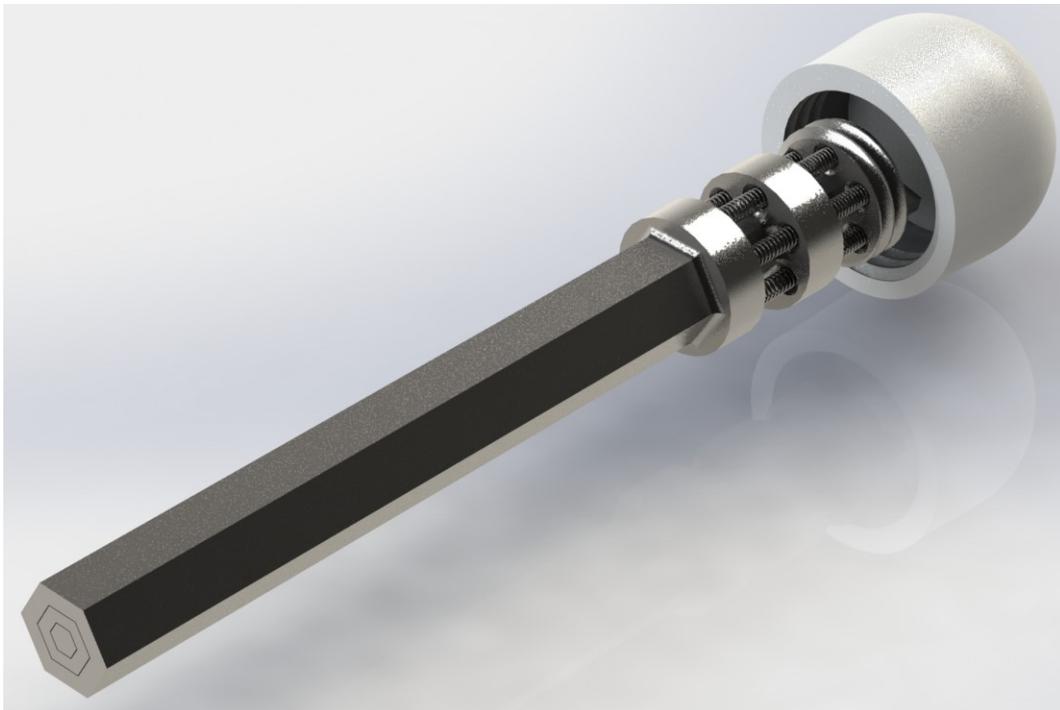


Figura 60. Renderizado herramienta vástagos acero inoxidable.

En el segundo renderizado se puede apreciar el conjunto mecanismo interno y el mango externo, con sus roscas correspondientes. Al mecanismo se le ha aplicado una apariencia de acero inoxidable y al mango una apariencia acrílica. (Fig. 61).

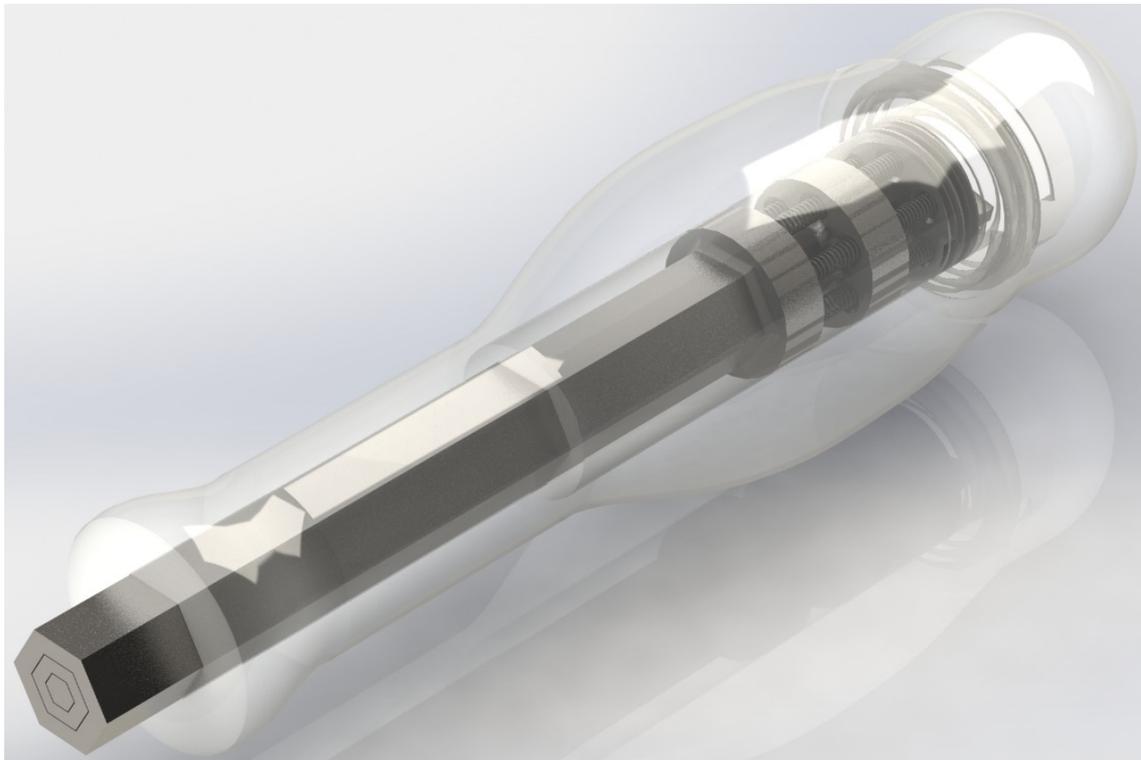


Figura 61. Renderizado herramienta mango y vástagos.

9. FABRICACIÓN COMPONENTES

9.1. Fabricación de los vástagos

La fabricación de los vástagos se va a dividir en dos procesos distintos atendiendo a su morfología, se ha distinguido entre el perfil exterior e interior.

9.1.1. Perfil exterior

En la 1ªetapa de selección, se filtran los procesos que permiten fabricar piezas prismáticas no circulares. (Fig. 62).



Figura 62. 1ªetapa selección fabricación vástagos perfil exterior.

En la 2ªetapa de selección, se escogen los procesos capaces de trabajar con un espesor de entre 1 y 5 mm. (Fig. 63).

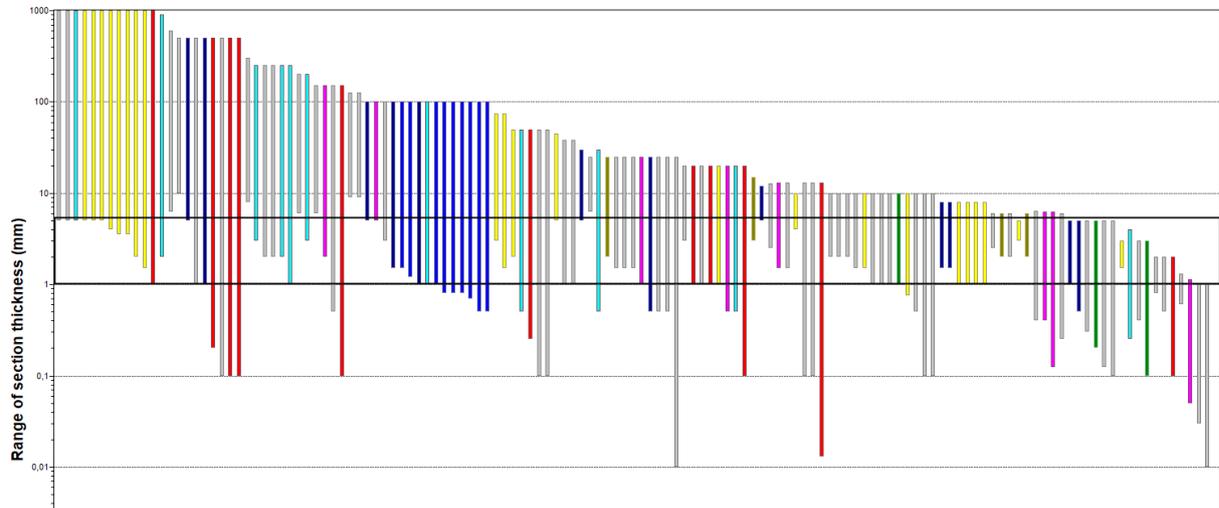


Figura 63. 2ªetapa selección fabricación vástagos perfil exterior.

En la 3ªetapa se filtran los rangos de tolerancia entre 0,5 y 1,1 mm en la fabricación. (Fig. 64).

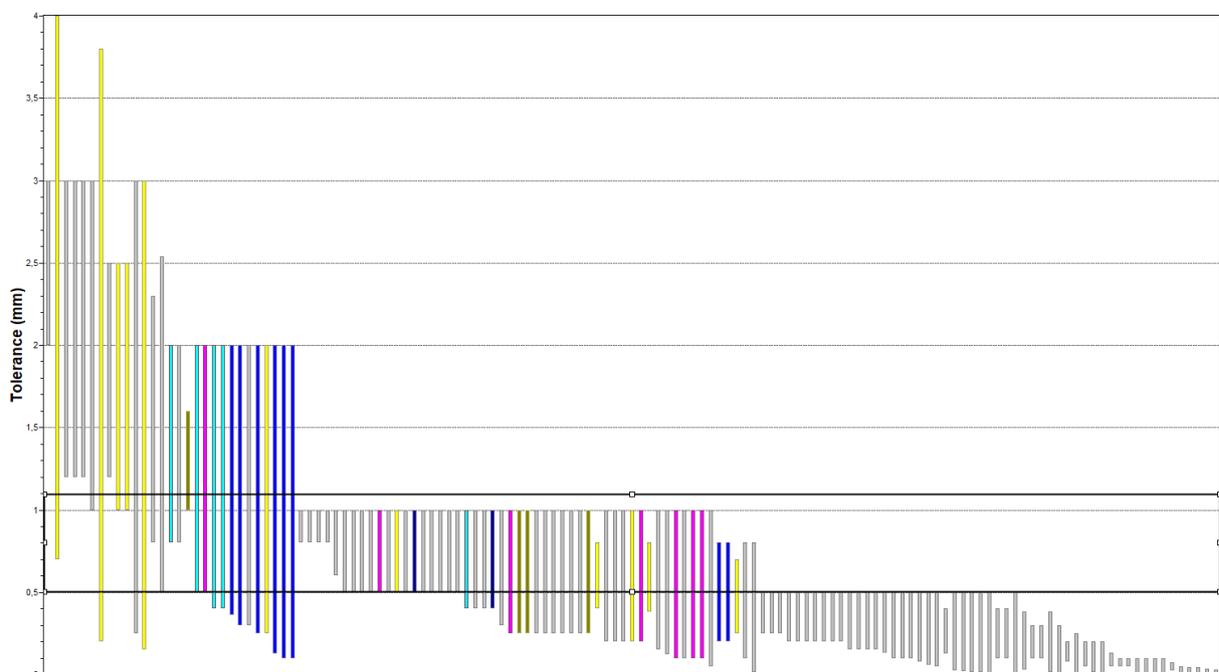


Figura 64. 3ªetapa selección fabricación vástagos perfil exterior.

En la 4ª etapa se han filtrado aquellos procesos que son continuos. (Fig. 65)

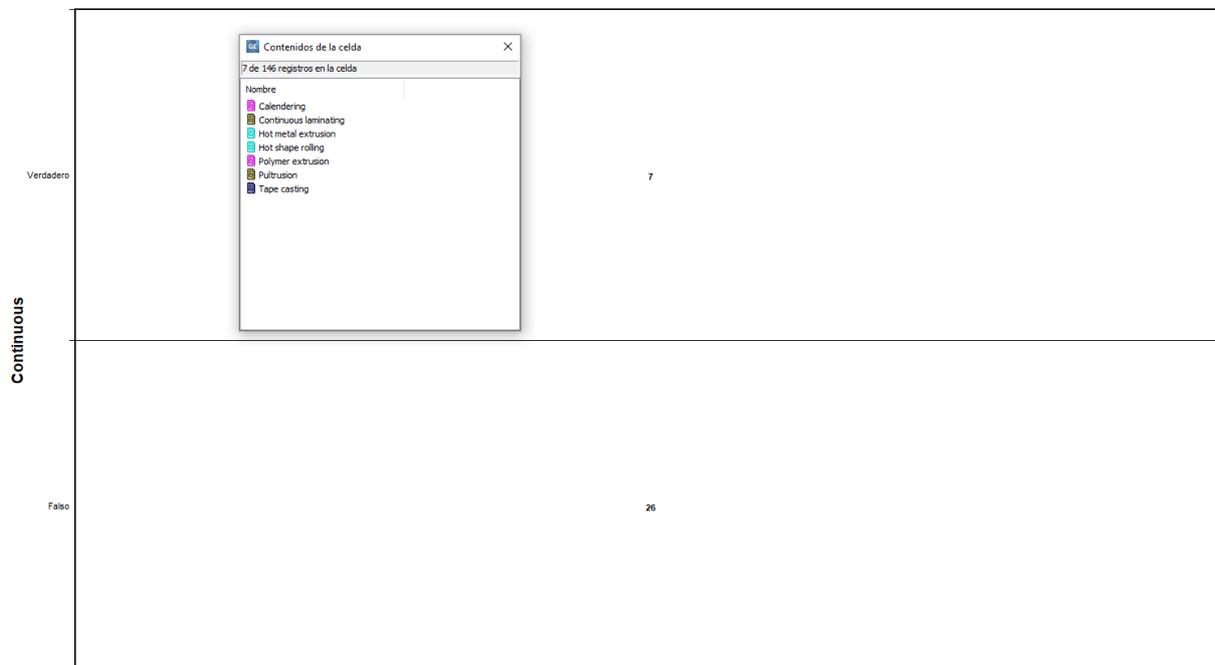


Figura 65. 4ª etapa selección fabricación vástagos perfil exterior.

Por último, se ha seleccionado el moldeo en caliente para la fabricación del perfil exterior de los vástagos. (Fig. 66).

General

Designation ⓘ

Shaping: Deformation **Hot shape rolling**

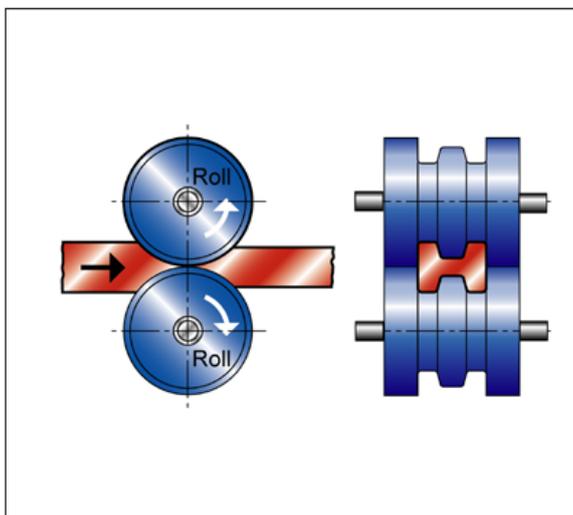
The process

Hot shape rolling involves passing the material through a series of shaped rolls. Prior to deformation, the material is heated up to $0.8 T_m$ (i.e. above recrystallization temperature). Approximately 90% of all steel is hot rolled.

Often used as a primary process for forming ingots and blooms into slabs, plates, sheets and sections which may then be used by other shape-modifying processes (e.g. wire drawing, cold rolling, etc.).

The largest industrial application of hot shape rolling is the rolling of structural shapes such as I-beams.

Process schematic



Shape

Circular prismatic ⓘ

ⓘ

✓

Non-circular prismatic ⓘ

ⓘ

✓

Figura 66. Proceso fabricación seleccionado perfil exterior vástagos.

9.1.2. Perfil interior

En la 1ªetapa, atendiendo a la morfología de la pieza se han seleccionado los procesos de fabricación que pueden trabajar con solidos en 3D. (Fig. 67).



Figura 67. 1ªetapa selección fabricación vástagos perfil interior.

En la 2ªetapa, atendiendo a los espesores de trabajo se ha marcado un rango entre 0,1 y 5 mm. (Fig. 68).

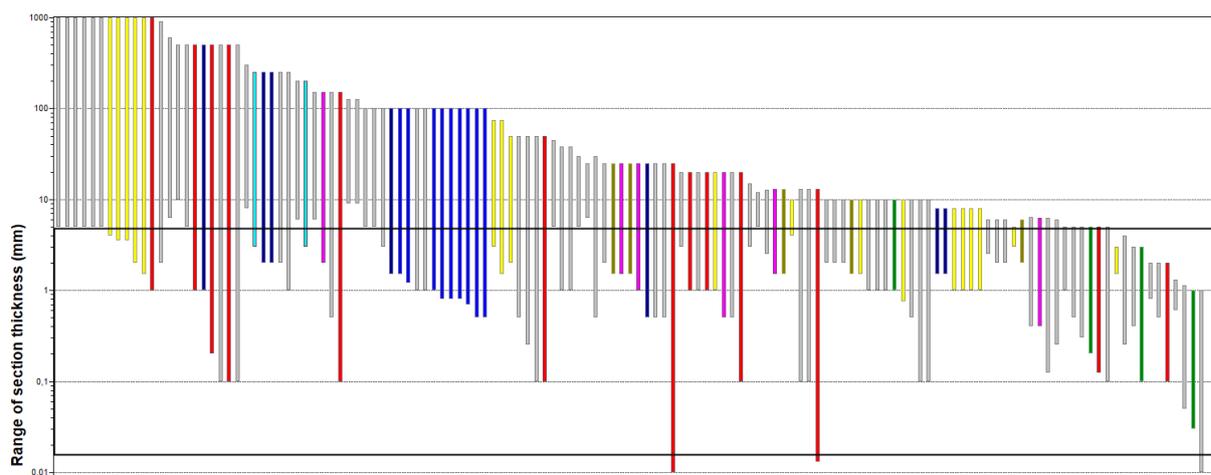


Figura 68. 2ªetapa selección fabricación vástagos perfil interior.

En la 3ªetapa, atendiendo a las tolerancias en los procesos de fabricación, se han seleccionado los procesos de entre un rango de 0 y 0,5 mm. (Fig. 69).

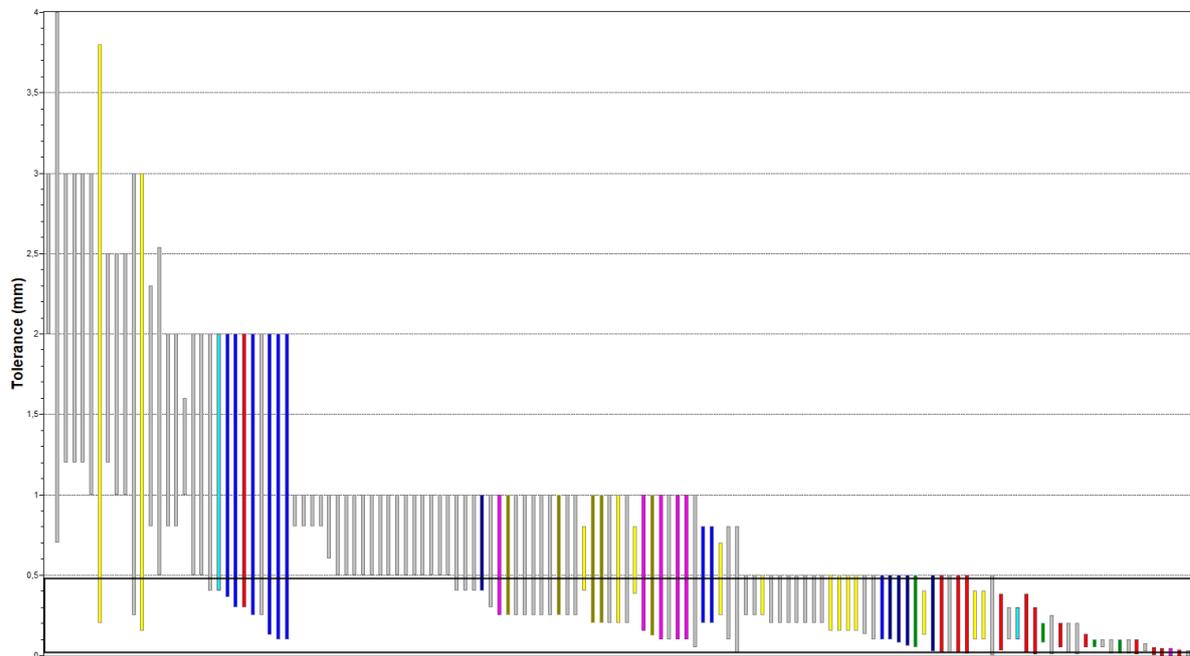


Figura 69. 3ªetapa selección fabricación vástagos perfil interior.

En la 4ªetapa, se han seleccionado los procesos de mecanización. (Fig. 70).

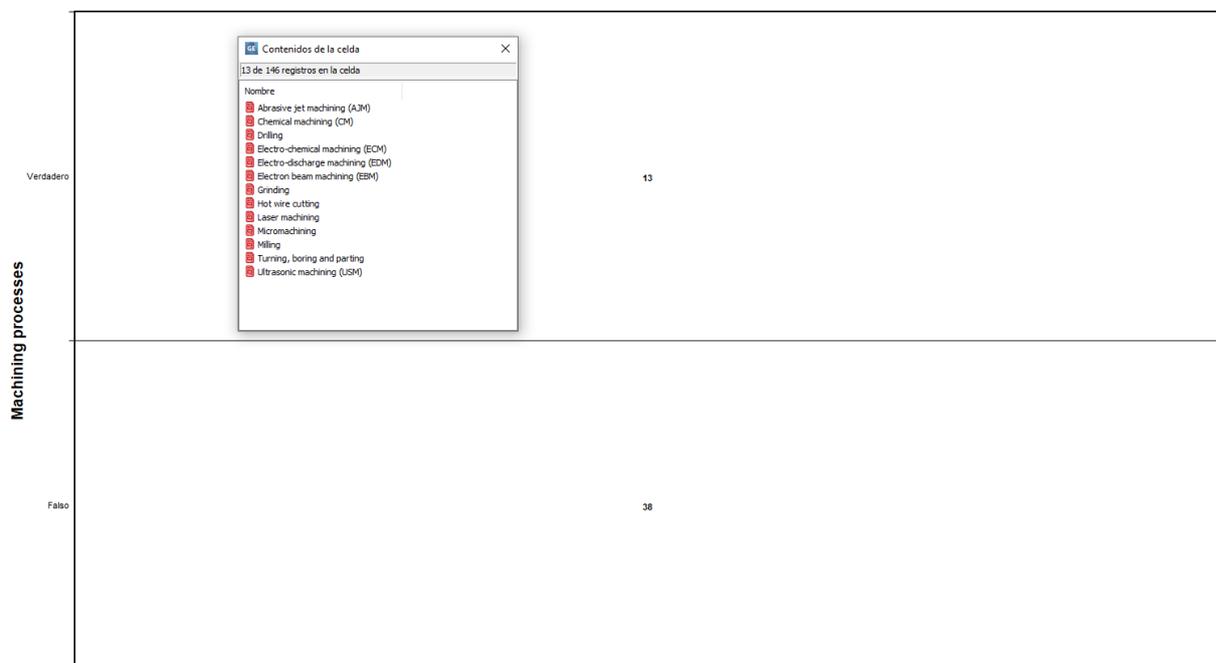


Figura 70. 4ªetapa selección fabricación vástagos perfil interior.

En la 5ªetapa, de forma muy similar al filtrado anterior, se han seleccionado los procesos de corte. (Fig. 71).

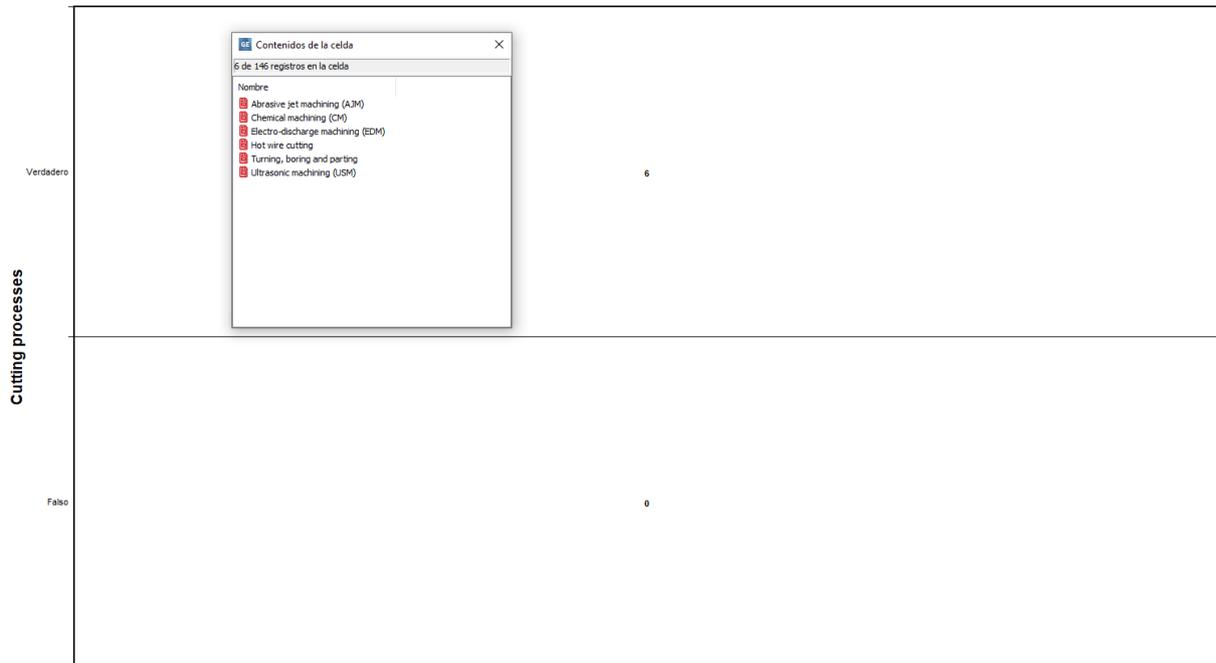


Figura 71. 5ªetapa selección fabricación vástagos perfil interior.

Finalmente, el proceso seleccionado para la fabricación del perfil interior de los vástagos es la electroerosión. (Fig. 72).

General

Designation ⓘ

Shaping: Machining **Electro-discharge machining (EDM)**

Tradenames ⓘ

Spark erosion; EDM

The process

In Electro-Discharge Machining (EDM) the work-piece is held in a jig submerged in a dielectric fluid such as kerosene. A power supply generates rapid electric pulses that create a discharge between the work piece and an electrode (a shaped graphite form) at the point of which the two are closest. The discharge creates a plasma causing the melting (and probably the vaporization) of a minute bite of material, slowly eating into the work piece; the debris is swept away by the dielectric fluid. EDM is remarkable for its ability to shape difficult materials, provided they are conductors, and do so with great precision.

Process schematic

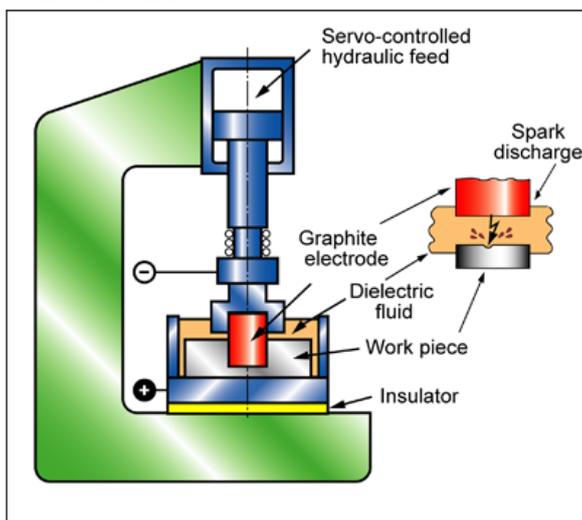


Figure caption

Electro-discharge machining.

Shape

Flat sheet	ⓘ	✓
Solid 3-D	ⓘ	✓
Hollow 3-D	ⓘ	✓

Figura 72. Proceso fabricación perfil interior vástagos.

VERIFICACIÓN

Además, se ha de comprobar, si el material seleccionado se puede fabricar mediante el proceso que se requiere. (Fig. 73) y (Fig. 74).

Para realizar la comprobación se añaden 2 árboles distintos:

- El primero, para filtrar aquellos materiales que admiten la electroerosión (EDM), método mediante el cual se pretende realizar el mecanizado interior de los vástagos.
- El segundo, mediante el cual se filtran aquellos materiales que se pueden procesar mediante laminado en caliente (hot shape Rolling), ya que es el proceso mediante el cual se pretende realizar el conformado exterior de los vástagos.

Tras la verificación, se puede concluir que es un proceso viable para la fabricación de los vástagos con el material seleccionado.

Enlace de registro	Registros incluidos
ProcessUniverse: \ Shaping	4075 <input type="button" value="Mostrar"/>
ProcessUniverse: \ Shaping \ Machining	3908 <input type="button" value="Mostrar"/>
ProcessUniverse: \ Shaping \ Machining \ Electrical/chemical \ Electro-discharge machining (EDM)	542 <input type="button" value="Mostrar"/>

Figura 73. Filtrado árbol electroerosión.

Enlace de registro	Registros incluidos
ProcessUniverse: \ Shaping \ Deformation \ Forging / rolling \ Hot shape rolling	1468 <input type="button" value="Mostrar"/>

Figura 74. Filtrado árbol laminado en caliente.

9.2. Fabricación de muelles

El proceso de fabricación de los muelles no está registrado en la base de datos del programa GRANTA, por ello, se ha realizado un estudio empírico hasta encontrar el proceso que se utiliza. La fabricación de muelles de acero se lleva a cabo mediante el proceso de bobinado o enrollado, en frío (a temperatura ambiente) o en caliente, a una temperatura de 900°C.

El bobinado en caliente permite moldear mejor los muelles y aliviar las tensiones internas del material, este proceso se suele aplicar para muelles de mayor tamaño.

El proceso que se ha seleccionado para la fabricación de los muelles del proyecto es el bobinado en frío. (Fig. 75).

En caso de que el bruto no sea del diámetro apropiado para la fabricación de los muelles, se le realiza un trefilado o laminado previo.

Así, el bobinado en frío se lleva a cabo con máquinas CNC, donde se le ajusta el diámetro del perfil, el diámetro del muelle, la longitud de las espiras y la longitud del muelle, de tal forma que se pueden controlar todos los parámetros morfológicos del muelle.



Figura 75. Bobinado de muelles en frío.

Tras el bobinado se realizan varios postprocesados, granallando los muelles, desbastando las superficies de apoyo e incluso aplicando imprimaciones antioxidantes.

9.3. Fabricación del mango

La fabricación del mango se toma en cuenta considerando el conjunto del cuerpo y la tapa trasera, al igual que en la selección de materiales. Pese a ser dos piezas distintas, forman parte del mismo componente.

En la 1ªetapa, según la morfología del mango, se ha considerado que es un solido 3D. (Fig. 76).

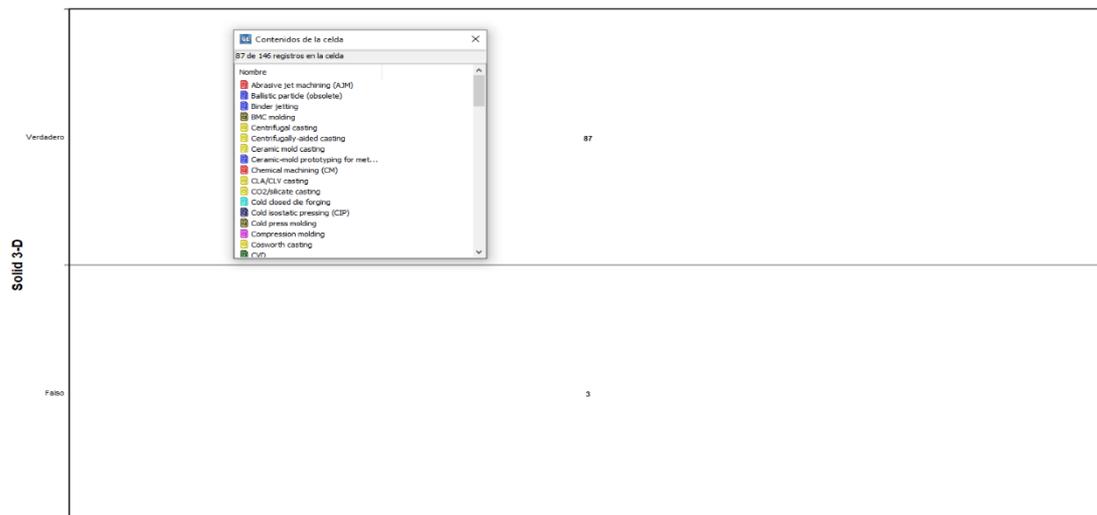


Figura 76. 1ªetapa selección proceso fabricación mango.

En la 2ªetapa de selección de materiales, se ha realizado la criba atendiendo al espesor, considerando un rango entre 2 y 13mm. (Fig. 77).

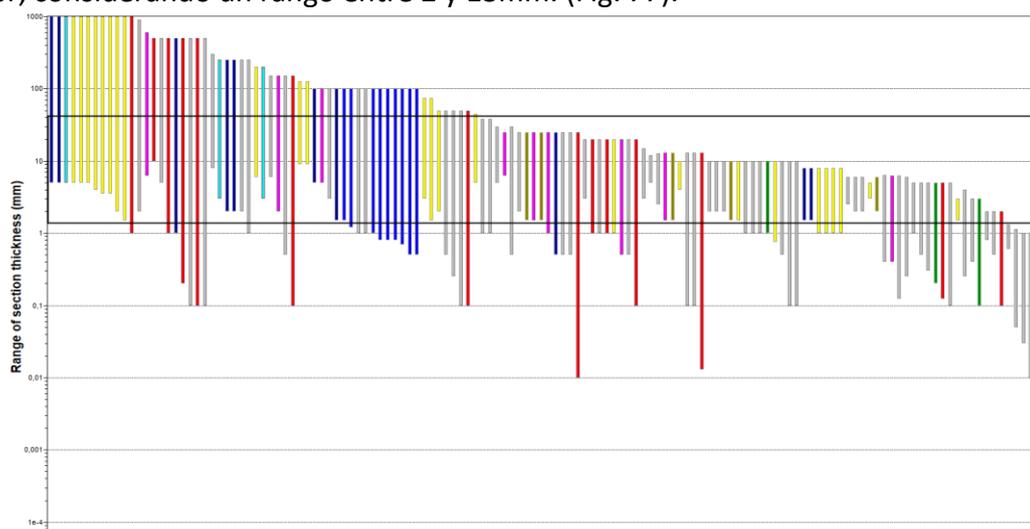


Figura 77. 2ªetapa selección proceso fabricación mango.

En la 3ªetapa, se ha elegido un rango de tolerancias en la fabricación entre 0,1 y 1,1 mm. (Fig. 78).

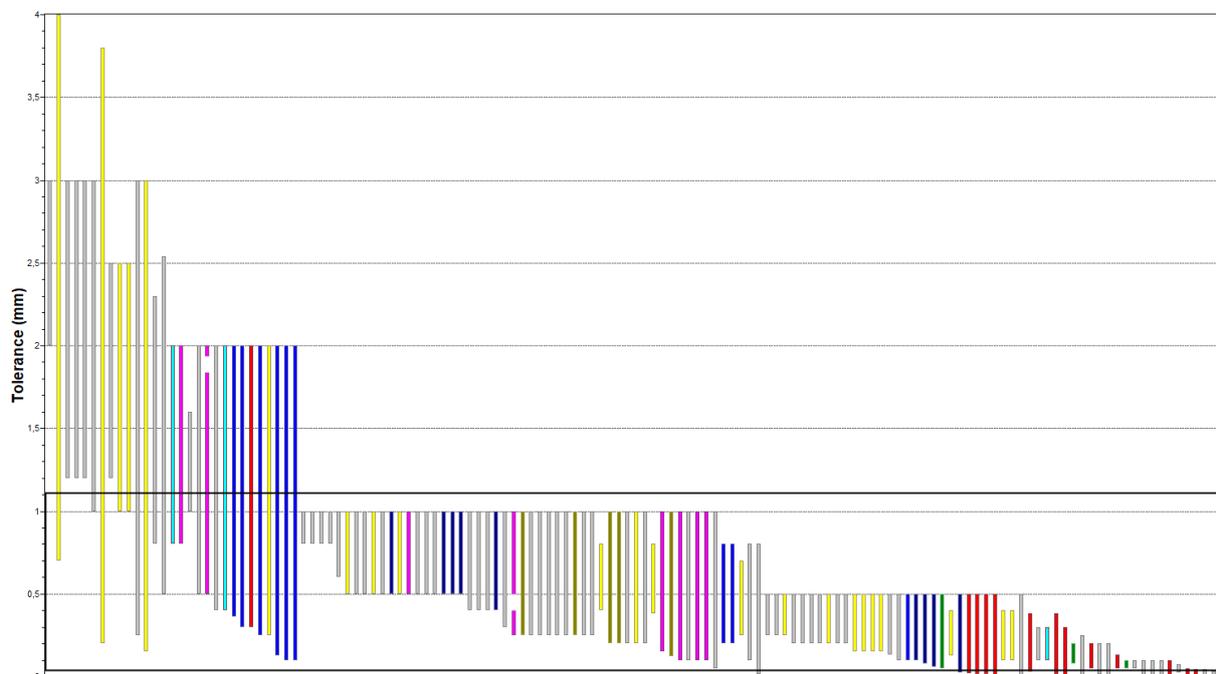


Figura 78. 3ªetapa selección proceso fabricación mango.

En la 4ªetapa, se han seleccionado los procesos primarios de conformado. (Fig. 79).

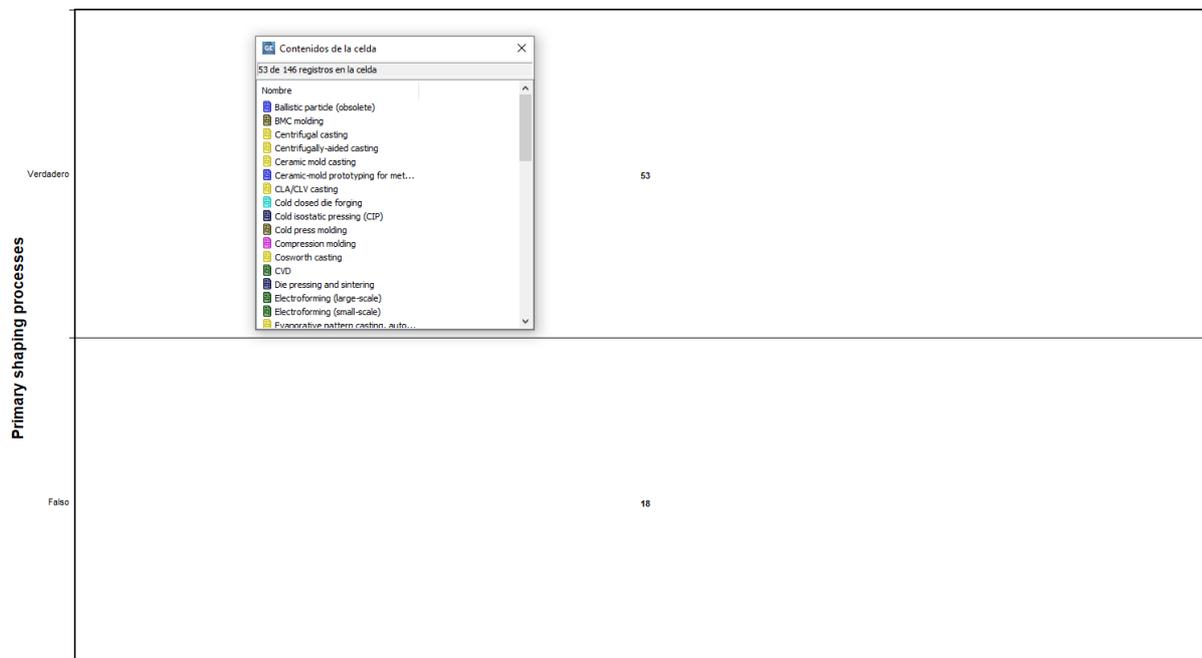


Figura 79. 4ªetapa selección proceso fabricación mango.

En la 5ªetapa, se han seleccionado los procesos más económicos con un tamaño más grande de lote. (Fig. 80).

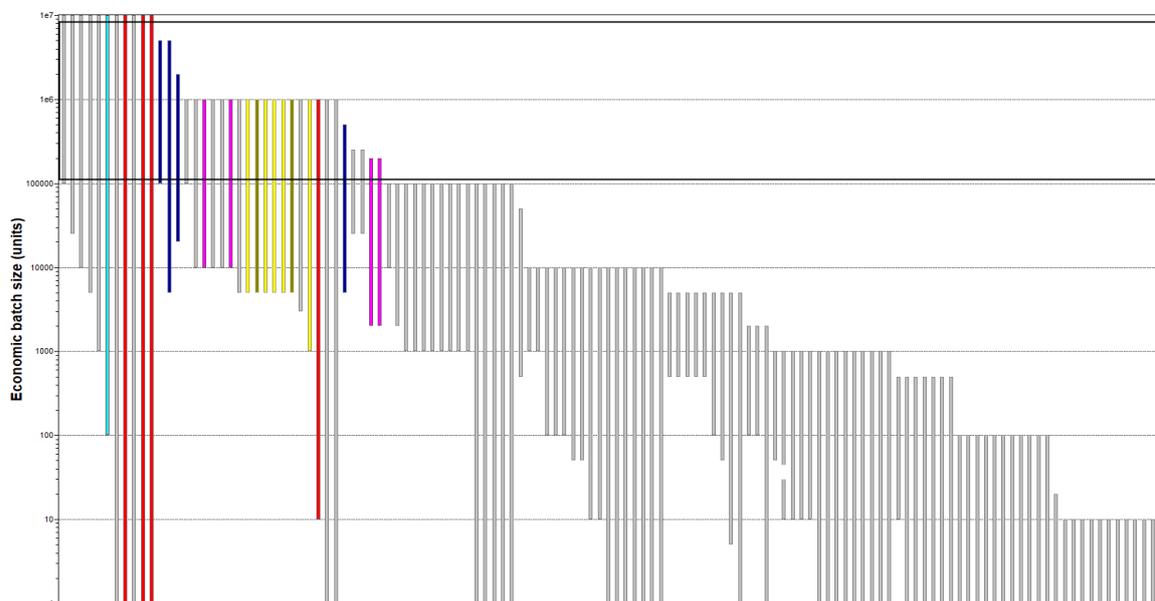


Figura 80. 5ªetapa selección proceso fabricación mango.

En la 6ªetapa, se han filtrado los procesos según la tasa de producción, ya que se requiere de una tasa de producción elevada. (Fig. 81).

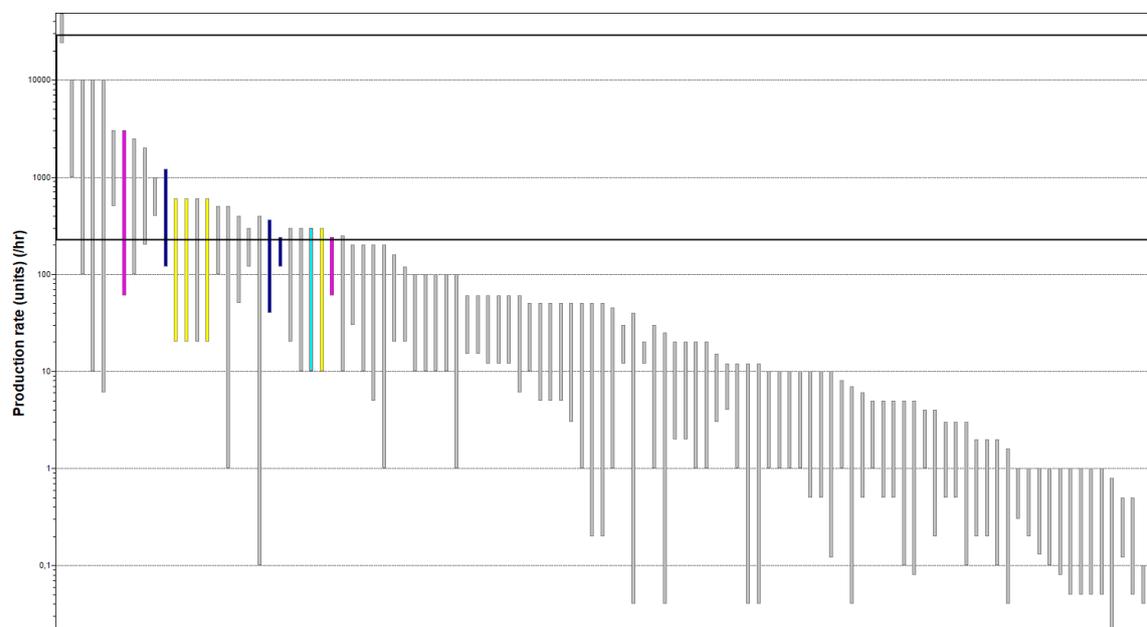


Figura 81. 6ªetapa selección proceso fabricación mango.

Finalmente, se ha seleccionado la inyección de termoplásticos como el método de fabricación más adecuado para el mango. En la Figura 82, aparecen sus principales características en el entorno de visualización del GRANTA.

General

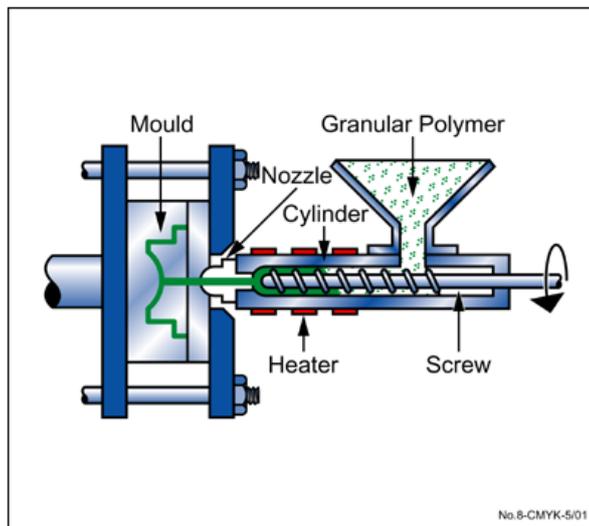
Designation i

Shaping: Molding Injection molding (thermoplastics)

The process

Injection molding of thermoplastics is the equivalent of pressure die casting of metals. Molten polymer is injected under high pressure into a cold steel mold. The polymer solidifies under pressure and the molding is then ejected. Various types of injection molding machines exist, but the most common in use today is the reciprocating screw machine (shown schematically). Capital and tooling costs are very high. Production rate can be high particularly for small moldings. Multicavity molds are often used. The process is used almost exclusively for large volume production. Prototype moldings can be made using cheaper single cavity molds of cheaper materials. Quality can be high but may be traded off against production rate. Process may also be used with thermosets and rubbers. Some modifications are required - this is dealt with separately (see Injection Molding - thermosets). Complex shapes are possible, though some features (e.g. undercuts, screw threads, inserts) may result in increased tooling costs.

Process schematic



Shape

Circular prismatic	i	✓
Non-circular prismatic	i	✓
Solid 3-D	i	✓
Hollow 3-D	i	✓

Figura 82. Proceso de fabricación seleccionado para el mango.



10. PRESUPUESTO

La secuencia de operaciones por la se ha obtenido la estimación de costes es la siguiente:

Coste materias primas: se ha obtenido el coste de las materias primas de cada componente, considerando el peso por el precio de la materia prima. El peso de los componentes se ha extraído del programa ANSYS y el precio de la materia prima del GRANTA.

Coste fabricación: se ha tomado en cuenta el coste de la maquinaria y el coste de los operarios, además de los tiempos necesarios para cada operación en los componentes. Así, el coste de los operarios en la electroerosión y en la bobinadora CNC es ligeramente superior ya que se requiere de un técnico u oficial con mayor formación que en la inyectora o laminadora. Los valores de los costes de la maquinaria se han tomado para grandes lotes, sin tener en cuenta la amortización de la inversión realizada en las máquinas.

Costes de montaje: atendiendo a la cantidad de componentes y su morfología se ha estimado un tiempo de montaje de 10 min = 0,16 h y se ha multiplicado por el coste estimado del operario que realiza el ensamblado.

Coste total: finalmente, se ha sumado el conjunto de costes y se ha añadido un beneficio económico de un 30% para el fabricante y un 21% de IVA.

Finalmente, el coste estimado de la herramienta es de 55,07 €. Cincuenta y cinco euros con 7 céntimos.

Tabla 2. Coste materia prima [base de datos GRANTA].

UNIDADES	COMPONENTES	PESO (KG)	PRECIO MATERIA PRIMA (€/KG)	COSTE MATERIA PRIMA
1	Vástago M12	0,04012	0,9	0,036 €
1	Vástago M8	0,02254	0,9	0,020 €
1	Vástago M4	0,01327	0,9	0,012 €
12	Muelles	0,00146	0,7	0,001 €
1	Mango	0,04909	5,8	0,285 €
1	Tapa trasera mango	0,01079	5,8	0,063 €

Tabla 3. Costes maquinaria [base de datos JUST EXW].

MAQUINA	COSTE MÁQUINA		COSTE TOTAL (€/H)
	(€/H)	COSTE OPERARIO (€/H)	
ELECTROEROSIÓN	21	20	41
LAMINADORA	18	15	33
BOBINADORA CNC	11	20	31
INYECCORA	15	15	30

Tabla 4. Costes fabricación [base de datos JUST EXW].

UNIDADES	COMPONENTES	ELECTROEROSIÓN (H)	LAMINADO (H)	BOBINADO CNC (H)	INYECCIÓN (H)	COSTE FABRICACIÓN (€)
1	Vástago M12	0,16	0,02	-	-	7,22 €
1	Vástago M8	0,14	0,02	-	-	6,40 €
1	Vástago M4	0,12	0,02	-	-	5,58 €
12	Muelles	-	-	0,03	-	0,93 €
1	Mango	-	-	-	0,063	1,89 €
1	Tapa trasera mango	-	-	-	0,025	0,75 €
					TOTAL FABRICACIÓN	22,77 €

Tabla 5. Costes montaje [base datos JUST EXW].

COSTE OPERARIO (€/H)	TIEMPO MONTAJE (H)	COSTE MONTAJE (€)
19	0,16	3,04

Tabla 6. Coste total.

COSTE MATERIA PRIMA	COSTE FABRICACIÓN	TOTAL
0,036 €	7,22 €	7,26 €
0,020 €	6,40 €	6,42 €
0,012 €	5,58 €	5,59 €
0,001 €	0,93 €	11,17 €
0,285 €	1,89 €	2,17 €
0,063 €	0,75 €	0,81 €
	Coste montaje	3,04 €
	Total bruto	36,47 €
	Beneficio (30%)	10,94 €
	IVA (21%)	7,66 €
	TOTAL	55,07 €

11. BIBLIOGRAFÍA

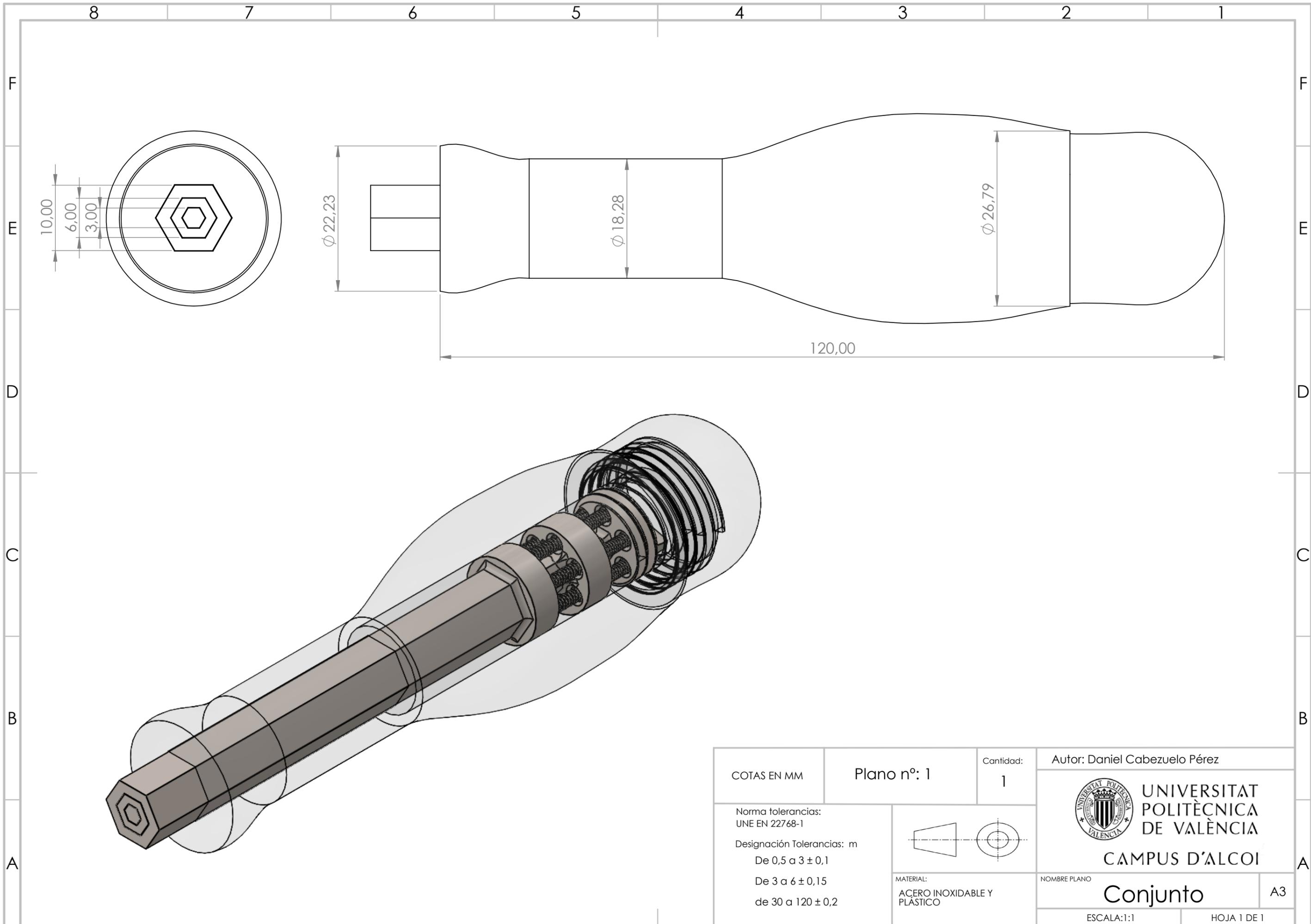
- Norma ISO 4762. (2005) *Tornillos de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal*. Obtenida en la base de datos de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- Norma ISO 225. (2015) *Características mecánicas de los elementos de fijación de acero al carbono y de acero aleado*. obtenida en la base de datos de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- Catálogo ROSMIL. (2021). *Pares de apriete*.
- Proveedor material industrial. *Suministros entaban* (disponible página web).
<https://entaban.es/hexagonales/1455-destornillador-bahco-ergo-hexagonal.html#:~:text=El%20destornillador%20Ergo%20hexagonal%20es,fue rza%20sin%20da%C3%B1arse%20la%20mano>.
- Blog SHAPE CUT. *Proceso conformado*. (web disponible).
<https://www.shapecut.com.au/blog/whats-the-difference-between-hot-and-cold-rolling/>
- ACXESS SPRINGS. *Página fabricación de muelles*. (web disponible).
<https://www.acxesspring.com/springs-manufacturing.html#:~:text=This%20process%20involves%20feeding%20the,coiling%20the%20spring%22%20was%20born>.
- Blog materiales plásticos. (2021). *Inyección de materiales plásticos*. (web disponible).
<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/inyeccion-de-materiales-plasticos-i.html>
- Libro. (1979). *Elementos de máquinas*. Vol. XIII. Decker, Karl-Heinz.
- Libro. (2002). *Diseño en ingeniería mecánica*. Shigley, Joseph Edward, Mischke, Charles R. México. 6ª ed.

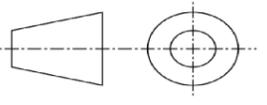


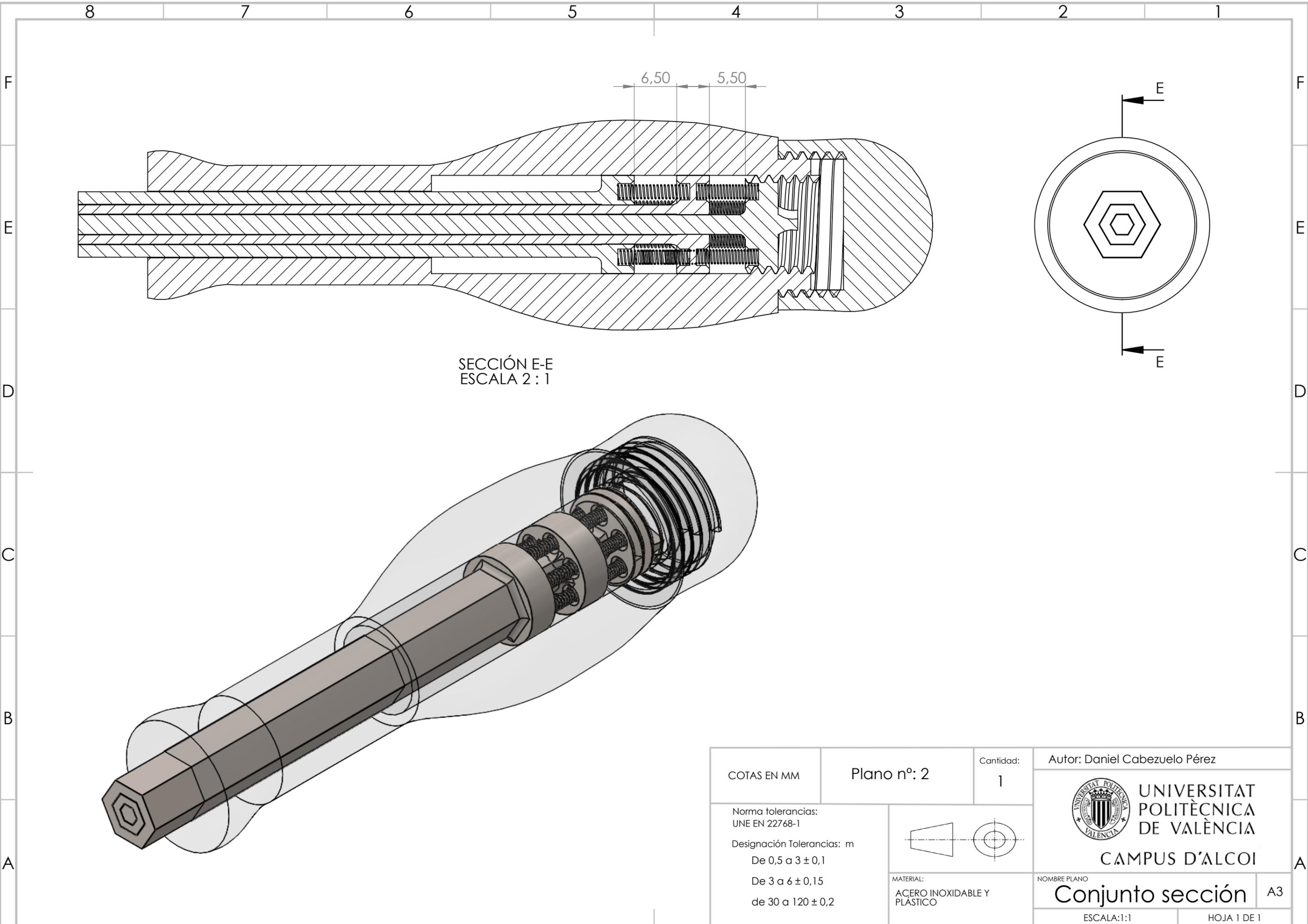
12.ANEXO

12.1. PLANOS

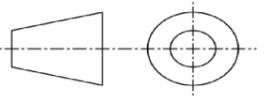
- 12.1.1. Plano conjunto.**
- 12.1.2. Plano conjunto sección.**
- 12.1.3. Plano vástago M12.**
- 12.1.4. Plano vástago M8.**
- 12.1.5. Plano vástago M4.**
- 12.1.6. Plano mango.**
- 12.1.7. Plano tapa trasera.**
- 12.1.8. Plano muelle.**

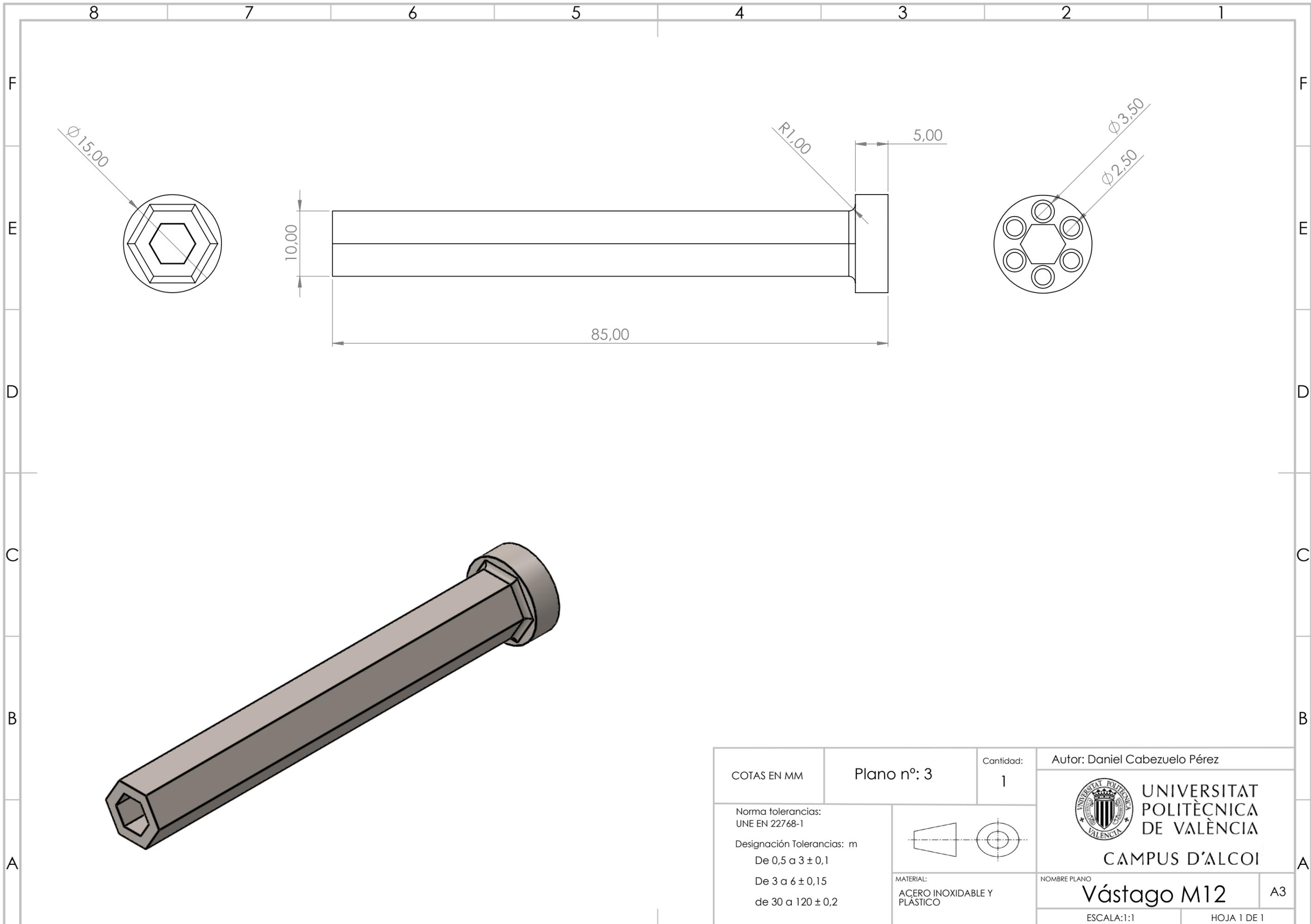


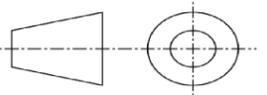
COTAS EN MM	Plano nº: 1	Cantidad: 1	Autor: Daniel Cabezuelo Pérez	
Norma tolerancias: UNE EN 22768-1 Designación Tolerancias: m De 0,5 a 3 ± 0,1 De 3 a 6 ± 0,15 de 30 a 120 ± 0,2				 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE Y PLÁSTICO		NOMBRE PLANO Conjunto		A3
ESCALA: 1:1			HOJA 1 DE 1	

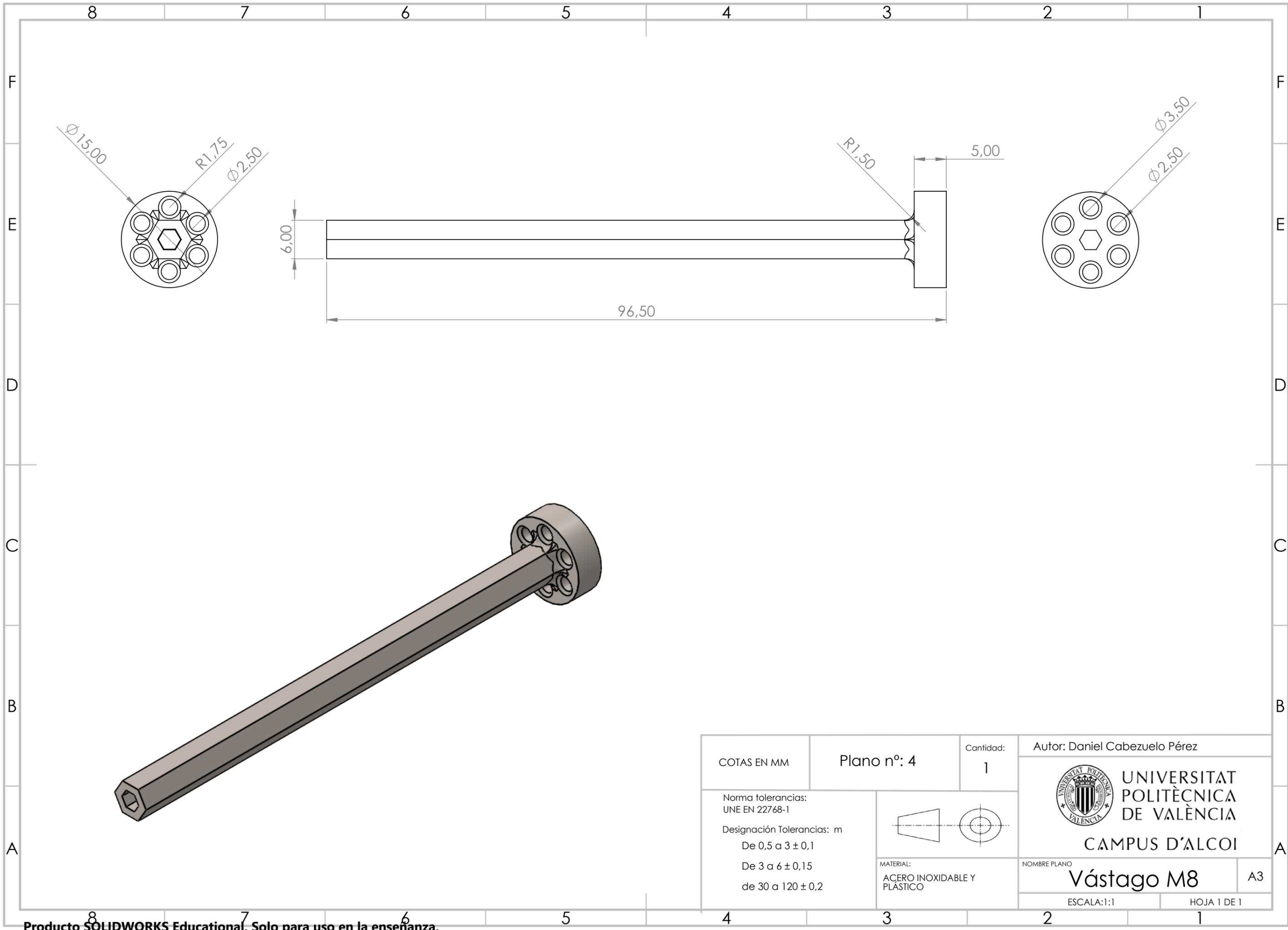


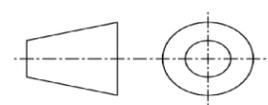
SECCIÓN E-E
ESCALA 2 : 1

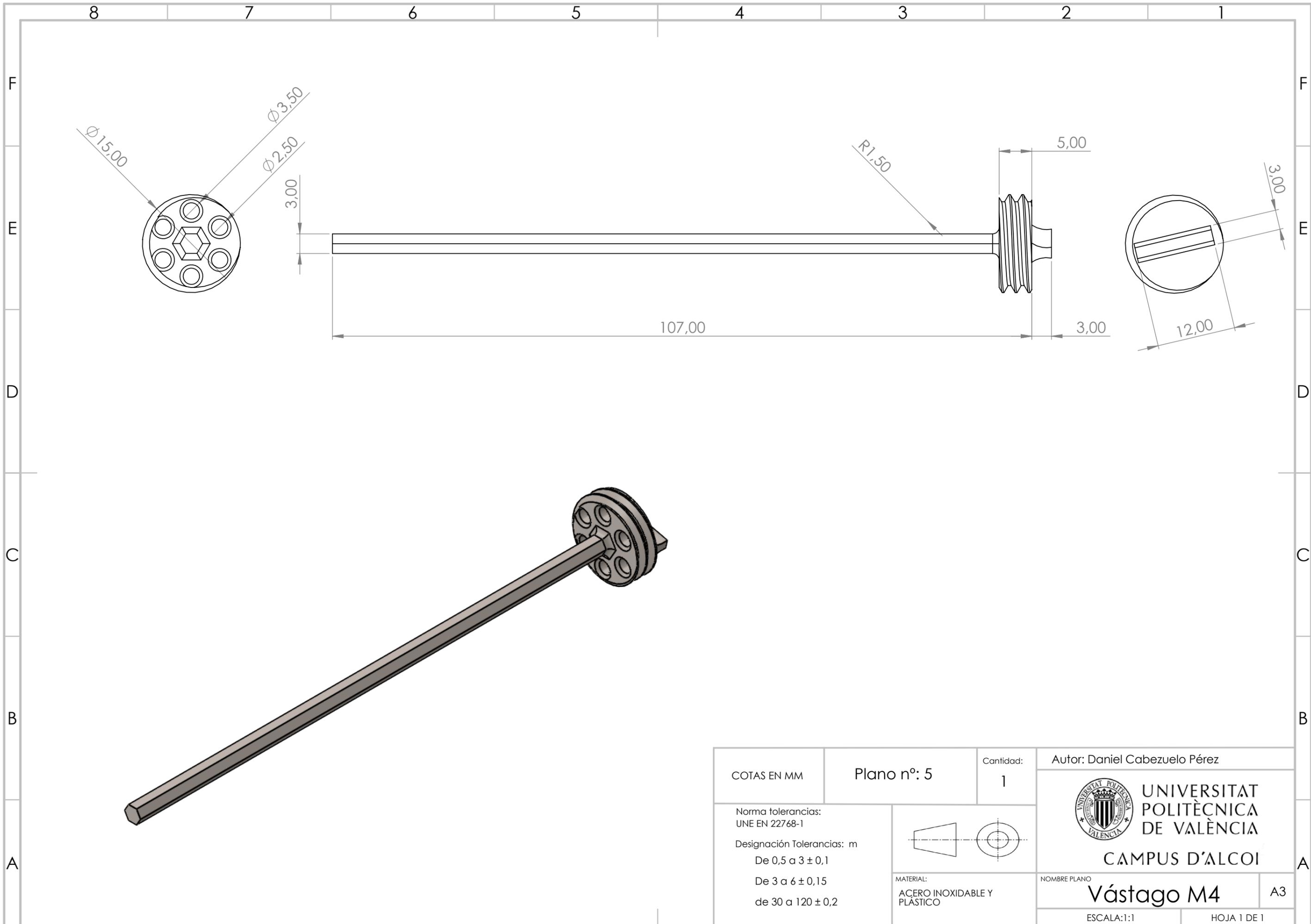
COTAS EN MM	Plano nº: 2	Cantidad: 1	Autor: Daniel Cabezuelo Pérez	
Norma tolerancias: UNE EN 22768-1 Designación Tolerancias: m De 0,5 a 3 ± 0,1 De 3 a 6 ± 0,15 de 30 a 120 ± 0,2				 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE Y PLÁSTICO		NOMBRE PLANO Conjunto sección A3		
		ESCALA:1:1		HOJA 1 DE 1

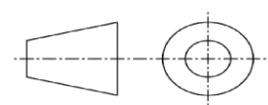


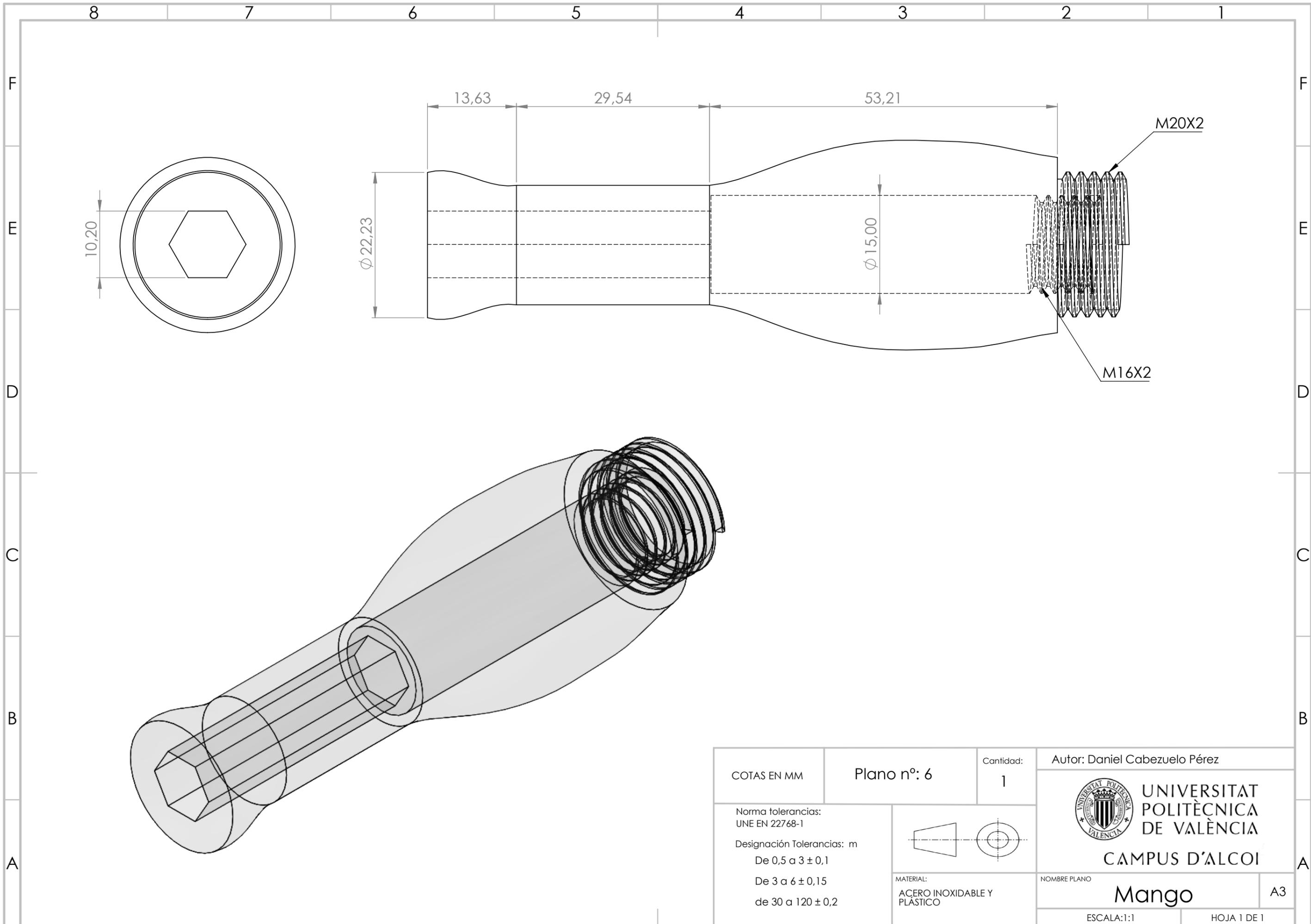
COTAS EN MM	Plano nº: 3	Cantidad: 1	Autor: Daniel Cabezuelo Pérez	
Norma tolerancias: UNE EN 22768-1 Designación Tolerancias: m De 0,5 a 3 $\pm 0,1$ De 3 a 6 $\pm 0,15$ de 30 a 120 $\pm 0,2$				 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE Y PLÁSTICO		NOMBRE PLANO Vástago M12		
ESCALA: 1:1			HOJA 1 DE 1	

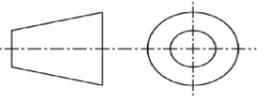


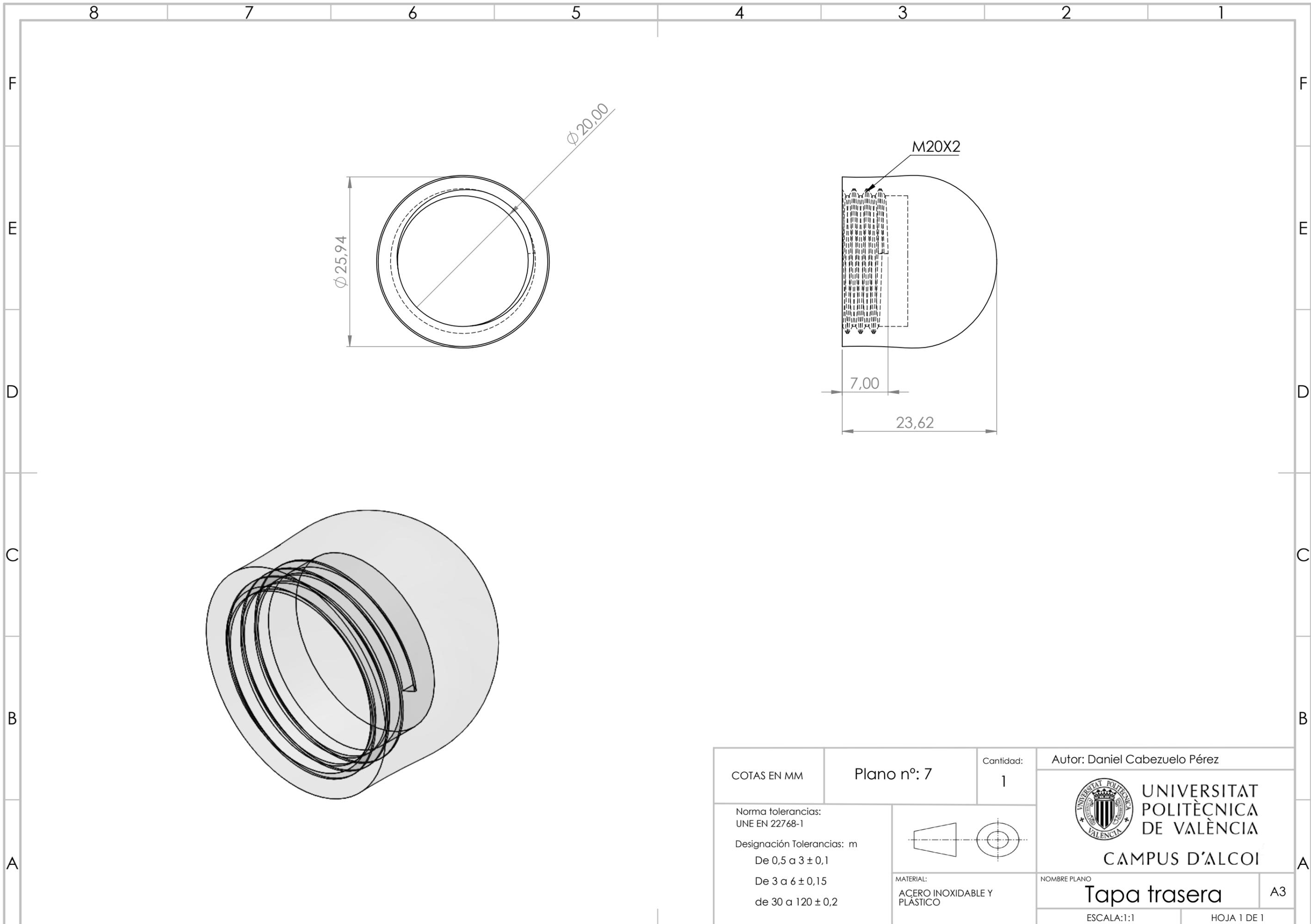
COTAS EN MM	Plano nº: 4	Cantidad: 1	Autor: Daniel Cabezuelo Pérez	
Norma tolerancias: UNE EN 22768-1 Designación Tolerancias: m De 0,5 a 3 $\pm 0,1$ De 3 a 6 $\pm 0,15$ de 30 a 120 $\pm 0,2$				 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE Y PLÁSTICO		NOMBRE PLANO Vástago M8		
ESCALA: 1:1			HOJA 1 DE 1	



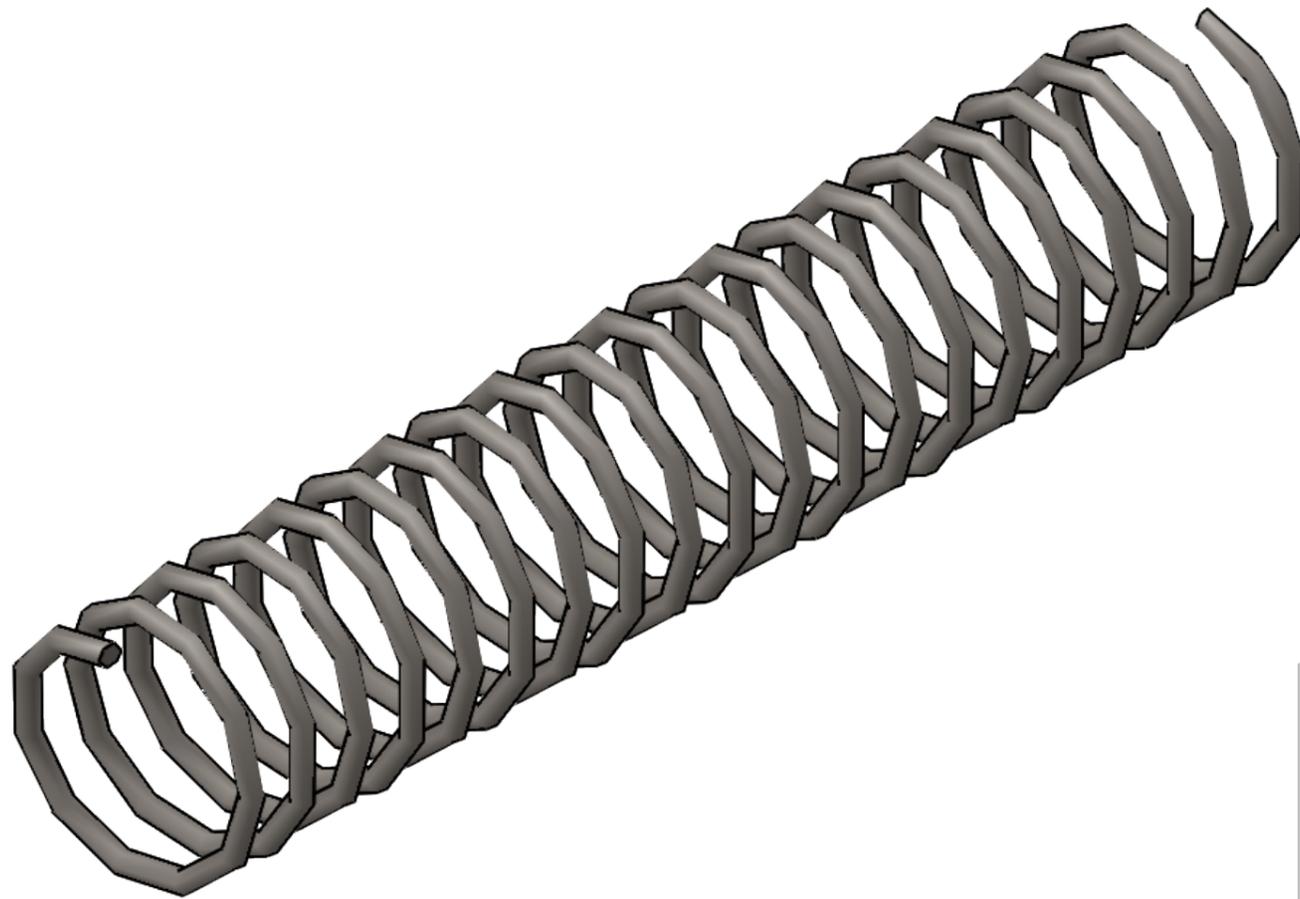
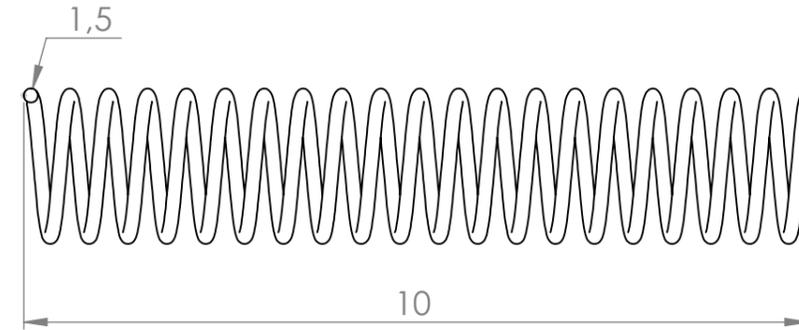
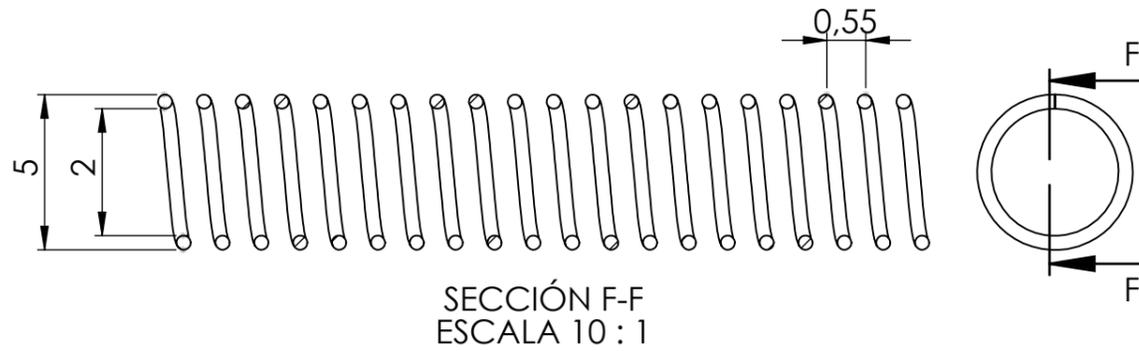
COTAS EN MM	Plano nº: 5	Cantidad: 1	Autor: Daniel Cabezuelo Pérez	
Norma tolerancias: UNE EN 22768-1 Designación Tolerancias: m De 0,5 a 3 ± 0,1 De 3 a 6 ± 0,15 de 30 a 120 ± 0,2				 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE Y PLÁSTICO		NOMBRE PLANO Vástago M4		A3
ESCALA:1:1			HOJA 1 DE 1	

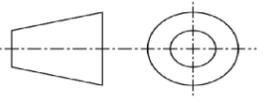


COTAS EN MM	Plano nº: 6	Cantidad: 1	Autor: Daniel Cabezuelo Pérez	
Norma tolerancias: UNE EN 22768-1 Designación Tolerancias: m De 0,5 a 3 ± 0,1 De 3 a 6 ± 0,15 de 30 a 120 ± 0,2				 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE Y PLÁSTICO		NOMBRE PLANO Mango		A3
ESCALA: 1:1			HOJA 1 DE 1	



COTAS EN MM	Plano nº: 7	Cantidad: 1	Autor: Daniel Cabezuelo Pérez	
Norma tolerancias: UNE EN 22768-1 Designación Tolerancias: m De 0,5 a 3 ± 0,1 De 3 a 6 ± 0,15 de 30 a 120 ± 0,2				 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE Y PLÁSTICO		NOMBRE PLANO Tapa trasera		A3
ESCALA: 1:1			HOJA 1 DE 1	



COTAS EN MM	Plano nº: 8	Cantidad: 12	Autor: Daniel Cabezuelo Pérez	
Norma tolerancias: UNE EN 22768-1 Designación Tolerancias: m De 0,5 a 3 ± 0,1 De 3 a 6 ± 0,15 de 30 a 120 ± 0,2				 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE Y PLÁSTICO		NOMBRE PLANO Muelle		A3
ESCALA: 1:1			HOJA 1 DE 1	