



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

## TRABAJO DE FIN DE GRADO

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Grado en Ingeniería Mecánica

# **PLAN DE PROCESOS DE FABRICACIÓN PARA LA CARCASA DE UN PLATO DE 4 GARRAS INDEPENDIENTES**

Realizado por: Rubén Fernández Jaramillo

Tutorizado por: Francisco González Conteras

Curso académico: 2020/2021

## RESUMEN

El presente trabajo de fin de grado consiste en el diseño de un plato de 4 garras independientes, así como el desarrollo del plan de procesos de fabricación de la carcasa del plato. A través del documento planos se conocen las dimensiones, así como las tolerancias y rugosidades a tener en cuenta en la fabricación. La pieza se mecanizará a través de herramientas de control numérico.

A través de la memoria descriptiva se desarrolla el plan de procesos completo sirviéndose también de los correspondientes anejos que completan el proyecto describiendo las máquinas – (herramienta) empleadas, así como la programación CNC necesaria para la fabricación de la carcasa.

El proyecto cuenta también con un pliego de condiciones que regula la ejecución del proyecto. Por otra parte, el presupuesto recoge cada uno del procesos de fabricación, así como el material base y las herramientas empleadas, dándoles un valor económico y obteniendo una cotización de la pieza final.

Plan procesos de fabricación para la carcasa de un plato de cuatro garras independientes

## ABSTRACT

This end-of-year project consists of the four-independent-jaw chuck design as well as de development of the chuck case fabrication process plan. Through the plans document it can be known the dimensions, tolerances and rugosity that must consider in the process of fabrication. The piece will be mechanized with numerical control machines.

Through the descriptive memo it is developed the complete process plan, adding the correspondent appendices which complete the project describing the machines, as well as the CNC program necessary for the fabrication of the chuck case.

The project also is completed with a conditions sheet which regulates the project enforcement. On the other hand, the budget group each fabrication process, also the base material and the cutting-tools, giving an economic with the purpose of getting a price for the final piece.

Plan procesos de fabricación para la carcasa de un plato de cuatro garras independientes

## ÍNDICE DE DOCUMENTOS

- DOCUMENTO Nº 1 – MEMORIA DESCRIPTIVA**
- DOCUMENTO Nº 2 – PLIEGO DE CONDICIONES**
- DOCUMENTO Nº 3 – PLANOS**
- DOCUMENTO Nº 4 – PRESUPUESTO**

Plan de procesos de fabricación para la carcasa de un plato de 4 garras independientes



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# TRABAJO DE FIN DE GRADO

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Grado en Ingeniería Mecánica

# DOCUMENTO N.º 1

# MEMORIA

# DESCRIPTIVA

Realizado por: Rubén Fernández Jaramillo

Tutorizado por: Francisco González Conteras

Curso académico: 2020/2021



## Contenido

1. OBJETO DEL PROYECTO .....	6
2. ANTECEDENTES .....	6
3. REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA.....	7
3.1. Seguridad .....	7
3.2. Máquina-herramienta .....	7
3.3. Acero .....	7
3.4. Torno .....	8
3.5. Fresadora .....	8
4. INTRODUCCIÓN.....	8
5. INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA DE FABRICACIÓN.....	12
6. FORMADO DE METALES.....	13
6.1. Introducción .....	13
6.2. Trabajo en frío.....	13
6.3. Trabajo en caliente.....	14
6.4. Procesos de formado .....	14
7. CONFORMADO DE METALES.....	16
7.1. Introducción .....	16
7.2. Tipos de mecanizado por arranque de viruta .....	16
7.2.1. Torneado .....	16
7.2.2. Fresado .....	18
7.3. Geometría de las herramientas.....	20
8. UTILLAJES EN EL MECANIZADO .....	21
8.1. Introducción .....	21
8.2. Sujeción de las piezas en torno .....	22
8.3. Sujeción de piezas en la fresadora .....	25
9. PLANIFICACIÓN DEL PLAN DE PROCESOS DE LA CARCASA .....	27
9.1. Datos iniciales.....	27
9.2. Análisis de la información geométrica del plano.....	29
9.3. Alternativas de procesos – (operación) .....	30
9.4. Selección de máquinas .....	35
9.5. Agrupación de operaciones.....	36
9.6. Secuenciación de máquinas .....	39
9.7. Secuenciación de amarres.....	40

9.8. Selección de utillajes de amarres.....	42
9.9. Secuenciación de procesos – (operación).....	44
10. Bibliografía .....	46
Anejo 1: Características de las máquinas – herramienta .....	48
1. Características del torno CNC.....	49
2. Características de la fresadora CNC.....	50
Anejo 2: Programa CNC del plan de procesos .....	52
Sección 1 .....	53
Sección 2 .....	55
Sección 3.....	56
Sección 4.....	58
Anejo 3: Características de las herramientas empleadas .....	62
Sección 1 .....	63
Sección 2 .....	64
Sección 3.....	65
Sección 4.....	66

## Índice de Figuras

Figura 1. Factores que intervienen en el proceso de fabricación .....	9
Figura 2. Ciclo productivo del sector metal mecánico .....	9
Figura 3. Máquina de Control Numérico .....	11
Figura 4. Sistema de fabricación transfer-flexible .....	11
Figura 5. Sistemas de producción .....	12
Figura 6. Esquema procesos de formado de los metales .....	15
Figura 7. Operaciones a realizar en el proceso de torneado.....	17
Figura 8. Fresado frontal .....	18
Figura 9. Fresado periférico.....	19
Figura 10. Fresado en concordancia .....	19
Figura 11. Fresado en oposición .....	19
Figura 12. Parámetros de corte del mecanizado .....	20
Figura 13. Ángulos de desprendimiento según su posición .....	21
Figura 14. Grados de libertad de una pieza en mecanizado .....	22
Figura 15. Plato de 3 garras autocentrantes.....	22
Figura 16. Amarre con plato y punto.....	23
Figura 17. Luneta fija.....	23
Figura 18. Amarre entre puntos.....	23
Figura 19. Amarre con pinza .....	24
Figura 20. Plato magnético.....	24
Figura 21. Mordaza empleada en la fresadora .....	25
Figura 22. Sistema de amarre por bridas.....	26
Figura 23. Plato divisor para fresadora .....	26
Figura 24. Plano de la pieza y datos iniciales .....	28
Figura 25. Asociación de superficies .....	29
Figura 26. Accesos según pieza prismática.....	37
Figura 27. Accesos según pieza de revolución.....	37
Figura 28. Torno CNC Tongtai .....	49
Figura 29. Fresadora M-6.....	50
Figura 30. Sección 1 del plan de procesos .....	54
Figura 31. Sección 2 del plan de procesos .....	55
Figura 32. Sección 3 del plan de procesos .....	57
Figura 33. Sección 4 del plan de procesos .....	60

## Índice de Tablas

Tabla 1. Análisis de la información geométrica.....	30
Tabla 2. Posibles procesos operación .....	32
Tabla 3. Restricciones y costes por proceso de mecanizado.....	33
Tabla 4. Alternativas de procesos - (operación) para desbaste y acabado.....	34
Tabla 5. Selección de máquinas.....	35
Tabla 6. Posibles accesos según los amarres potenciales .....	39
Tabla 7. Secuenciación en función de las máquinas herramienta.....	40
Tabla 8. Secuenciación según los amarres elegidos .....	41
Tabla 9. Costes establecidos para el mecanizado.....	43
Tabla 10. Utillajes empleados en el plan de procesos de la carcasa .....	44
Tabla 11. Superficies de referencia de los utillajes empleados.....	44
Tabla 12. Plan de procesos de la carcasa .....	45
Tabla 13. Características torno CNC .....	49
Tabla 14. Características fresadora CNC .....	50

## 1. OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene por objeto reflejar y definir las principales características técnicas sobre planificación del plan procesos de fabricación para la carcasa de un plato de 4 garras independientes, el cual se situará en un torno convencional para la sujeción de piezas prismáticas y cilíndricas para su posterior conformado.

A través del estudio de los distintos procesos de fabricación que se pueden llevar a cabo en el sector metal mecánico, se podrán comparar las diferentes alternativas que se proponen para la fabricación de la pieza y llegar a una solución fundamentada por los conocimientos que se obtienen durante la formación universitaria.

Para poder obtener la planificación de la fabricación de la carcasa, primero se deberá hacer un análisis de las condiciones iniciales del diseño basándose en los planos obtenidos, entre otros aspectos. Posteriormente se definirán las diferentes máquinas herramientas, procesos de mecanizado, sistemas de agarre y prioridades en la fabricación.

Se definirá un Pliego de Condiciones Técnicas donde se recogerán cada una de las cláusulas que se deben cumplir para el desarrollo del proyecto en su totalidad.

Por último, se obtendrá un Presupuesto donde se detallará el coste económico de cada uno de los procesos seguidos en el proyecto. De esta forma, se podrá cuantificar el coste del proyecto.

## 2. ANTECEDENTES

Durante el grado universitario, se aprende el proceso de conformado de piezas a partir de un material en bruto a través de las asignaturas Sistemas y Procesos de Fabricación y también en Sistemas de Producción Industrial. El conocimiento adquirido en dichas asignaturas ha fomentado el querer seguir investigando y aprendiendo en la materia dando como resultado el desarrollo del trabajo de final de grado.

Las asignaturas que se han indicado han servido de base para poder estructurar el siguiente proyecto, pudiendo convertir el material teórico estudiado, en un proyecto que puede llevarse a cabo gracias a la información que contienen los apartados del Pliego de Condiciones y del Presupuesto.

Debido a que el desarrollo de mis prácticas curriculares y extracurriculares han sido en una empresa de mecanizados, mayor aún ha sido la motivación de realizar el siguiente proyecto para poder aprender mejor aún el sector metal mecánico.

### 3. REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA

#### 3.1. Seguridad

- UNE-ISO/PAS 45005:2021  
Gestión de la seguridad y la salud en el trabajo. Directrices generales para un trabajo seguro durante la pandemia de COVID-19.
- ISO 23125:2015  
Máquinas-herramienta. Seguridad. Tornos
- UNE-EN 1550:1998 + A1:2008  
Seguridad de máquinas herramienta. Requisitos de seguridad para el diseño y la fabricación de platos porta piezas.
- UNE-EN 12717:2002 + A1:2009  
Seguridad de las máquinas-herramienta. Taladros.
- UNE-EN ISO 16090:2018  
Seguridad de las máquinas herramienta. Centros de mecanizado, centros de fresado, máquinas transfer.

#### 3.2. Máquina-herramienta

- UNE-ISO 19719:2013  
Máquinas-herramienta. Platos de torno. Vocabulario.
- UNE 15450:2000  
Máquinas-herramienta. Condiciones de ensayo de centros de mecanizado.
- UNE-ISO 702:2011  
Máquinas-herramienta. Dimensiones de montaje de la nariz del husillo y de los platos de torno.
- UNE-ISO 26303:2013  
Máquinas-herramienta. Evaluación de la capacidad del proceso de mecanizado en máquinas-herramienta de arranque de viruta.
- UNE-ISO 3089:2013  
Máquinas-herramienta. Condiciones de ensayo para platos autocentrantes manuales con garras monobloque.
- UNE 116001:1988  
Control numérico de máquinas. Nomenclatura de ejes y movimientos
- UNE-ISO 230:2016  
Máquinas-herramienta. Código de verificación de máquinas-herramienta.

#### 3.3. Acero

- UNE-EN 10277:2019  
Productos calibrados de acero. Condiciones técnicas de suministro.
- UNE-EN 10278:2000  
Dimensiones y tolerancias de los productos calibrados de acero
- UNE-EN 10168:2007  
Productos de acero. Documentos de inspección. Lista y descripción de la información.

- ISO 683-4:2019  
Aceros para tratamiento térmico, aceros aleados y aceros de fácil mecanización. Parte 4: Aceros de fácil mecanización.
- ISO 4957:2019  
Aceros para herramientas.
- UNE-EN 10020:2001  
Definición y clasificación de los tipos de aceros.

#### 3.4. Torno

- UNE-ISO 1708:2012  
Condiciones de recepción de tornos paralelos de uso general. Control de la precisión.
- UNE 15331:2005  
Tornos de control numérico y centros de torneado. Condiciones de ensayo.
- UNE 16099:1983  
Herramientas de torno con plaquita de metal duro soldada.
- UNE-ISO 13041:2011  
Condiciones de ensayo para tornos de control numérico y centros de torneado.
- UNE 15331:2005  
Tornos de control numérico y centros de torneado.

#### 3.5. Fresadora

- ISO 15641:2002  
Fresas para mecanizado a alta velocidad. Requisitos de seguridad

## 4. INTRODUCCIÓN

Para poder comprender el contexto en el que se va a desarrollar el siguiente proyecto, se deben conocer una serie de conceptos antes. La fabricación o manufactura es un proceso por el que, partiendo de unos materiales en bruto, se obtienen unos productos finales. Dentro de la fabricación se contemplan una serie de aspectos como pueden ser:

- Diseño del producto final
- Máquinas y herramientas
- Planificación de procesos
- Compra de materiales
- Fabricación
- Control de la producción
- Energía
- ...

En la Figura 1 podemos observar un pequeño esquema de los factores que influyen en el proceso de fabricación, desde que se aporta la materia prima, hasta que se obtiene el producto terminado. En la parte superior, coloreada en rojo, se indican cada una de las operaciones que se han llevado a cabo en este proceso.

Se debe conocer el concepto del valor añadido, que se puede hacer equivalente al valor económico que se le añade a la materia prima cada vez que va superando un proceso de fabricación hasta que se convierte en el producto que se vende al mercado.

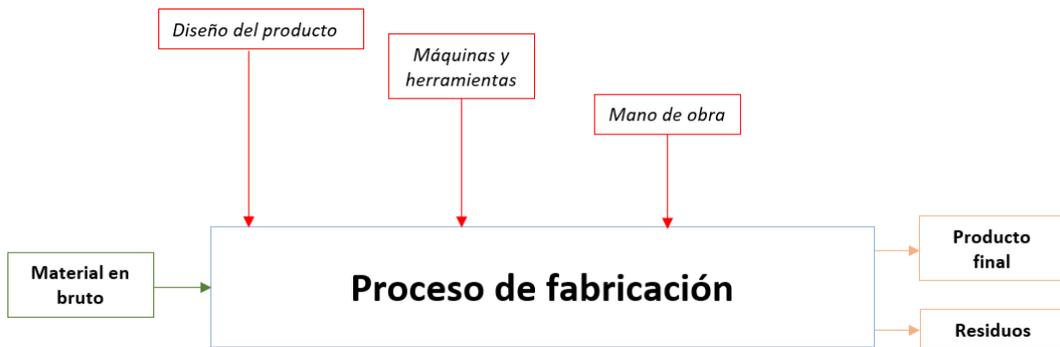


Figura 1. Factores que intervienen en el proceso de fabricación

Cada una de estas actividades se conoce como operación, y se puede definir como cualquier acción realizada por un trabajador o por un equipo. Podemos definir los siguientes tipos de operaciones:

- Operaciones de procesado de material: conformado, montaje...
- Operaciones de control de calidad: se deben comprobar los requisitos a cumplir
- Operaciones de transporte y manipulación
- Operaciones de almacenamiento

Se puede definir el ciclo productivo como la agrupación de una serie de operaciones o actividades planificadas que aseguran, en este caso, la fabricación de una pieza. Las operaciones anteriores son el proceso completo que debe seguir una pieza fabricada en el sector metal



Figura 2. Ciclo productivo del sector metal mecánico

mecánico para poder garantizar un buen ciclo productivo, asegurando aspectos como el cumplimiento de las dimensiones, la seguridad o la trazabilidad de la referencia fabricada. Podemos ver un resumen en la Figura 2.

En el sector industrial, el mercado da la oportunidad de realizar proyectos que van a ser vendidos otra vez al mercado. De esta forma, existe una gran competencia en este sector, de forma que las empresas deben buscar cómo mejorar y actualizar constantemente su ciclo productivo para poder ser pioneras. Algunas acciones que deben realizar las empresas para poder destacar y realizar un buen trabajo, son:

- Mejorar la calidad integral de los productos en cada operación del ciclo productivo
- Optimizar los sistemas de producción con el objetivo de reducir tiempos y poder dar una respuesta competitiva ante la demanda del mercado.
- Automatizar los procesos de conformado para realizar proyectos en menos tiempo y por tanto aumentar la productividad.
- Ser flexibles ante las demandas del mercado
- Control de la producción para poder reducir costes, reduciendo los tiempos de preparación y de parada

La flexibilidad se define como la capacidad que dispone un sistema productivo para dar respuesta a multitud de proyectos de fabricación. Flexibilidad y productividad van ligadas, ya que, si se tiene un sistema productivo capaz de adaptarse a cambios constantes en poco tiempo, se conseguirá aumentar la producción.

Esta flexibilidad se consigue incluyendo en el sistema productivo máquinas inteligentes y por tanto programables, que permitan cambiar el programa de fabricación en cualquier momento para dar respuesta a los diversos proyectos que puede estar desarrollando la empresa en el mismo periodo de tiempo. Una buena flexibilidad se consigue con este aspecto, pero no serviría de nada si no se incluye la planificación de los diferentes procesos a llevar a cabo.

En las empresas se pueden observar 3 tipos de sistemas de fabricación en función de las características del proceso a desarrollar:

**Máquina de Control Numérico (CNC):** básicamente, son máquinas-herramientas controladas por un ordenador que tiene la capacidad de ordenar a la herramienta las acciones que debe realizar para lograr la pieza que se quiere obtener. El grado de automatización puede variar, pudiendo incluso controlar el cambio automático de la herramienta o la gestión del refrigerante. Para poder llevar a cabo estas acciones, el sistema está dotado de un lenguaje de programación donde se definen las operaciones a realizar.

Este tipo de máquinas son las más flexibles ya que permiten someterse a multitud de cambios gracias a la programación. Están orientadas hacia la producción de series largas ya que tiene unos altos costes de parada y de preparación. Se debe destacar que son las menos productivas ya que se trata de una sola máquina para realizar todas las operaciones de conformado de la pieza, mientras que en los demás sistemas de producción existe una cadena que va conectando los diferentes puestos.



Figura 3. Máquina de Control Numérico

**Sistemas de Fabricación Flexible (SFF):** el concepto es parecido al de una cadena de montaje. Se trata de una línea de producción en el que la pieza va pasando por diferentes puestos automatizados linealmente. Los diferentes puestos están interconectados a través de una cinta de transporte, donde cada puesto cuenta con herramientas controladas por máquinas de control numérico. Todas estas máquinas de control numérico al igual que el transporte de las piezas de forma lineal, están conectadas a un único sistema inteligente que controla la producción de lotes de piezas medianos y pequeños.

La flexibilidad de estos sistemas se encuentra en una mayor capacidad de adaptarse a la fabricación de diferentes piezas, reduciendo los tiempos de parada o cambio de herramienta respecto a las transfer. Debido al aumento de la flexibilidad, se reduce la productividad, estando asociadas a la fabricación de lotes más pequeños que el sistema de producción comentado anteriormente.

**Sistemas Transfer-Flexible:** generalmente siempre han estado asociadas a la fabricación masiva de piezas, del orden de miles o millones de piezas al año. Normalmente, se trata de un sistema modular, con distintos puestos donde se encuentra una herramienta de mecanizado asociado a un control numérico. En cada puesto se encuentra una herramienta de mecanizado donde se realiza una parte del conformado total de la pieza, de forma que pieza va rotando, pasando por cada puesto hasta que se obtiene el producto final.

Es un sistema altamente flexible en cuanto a la fabricación de un solo tipo de pieza por lo que se consigue una gran productividad. Como se ha comentado, el concepto de flexibilidad conlleva el poder adaptarse a la fabricación de distintas piezas, por lo que, en este aspecto, se consideran las menos flexibles.

Son máquinas rentables para grandes lotes. Para series cortas, son máquinas que requieren una gran modificación de sus características, por lo que se producen grandes pérdidas en el tiempo de producción, cambio de herramientas...

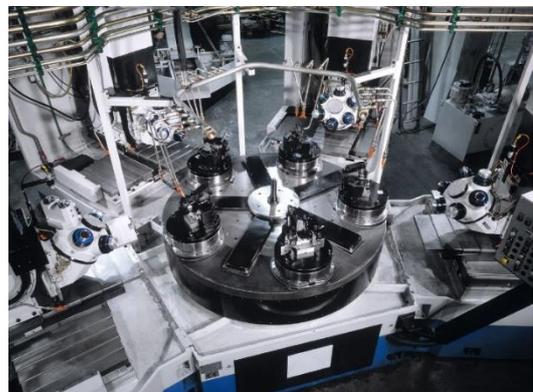


Figura 4. Sistema de fabricación transfer-flexible

En la Figura 5, se puede observar un pequeño diagrama donde a simple vista se puede observar las características principales de los distintos sistemas de fabricación:

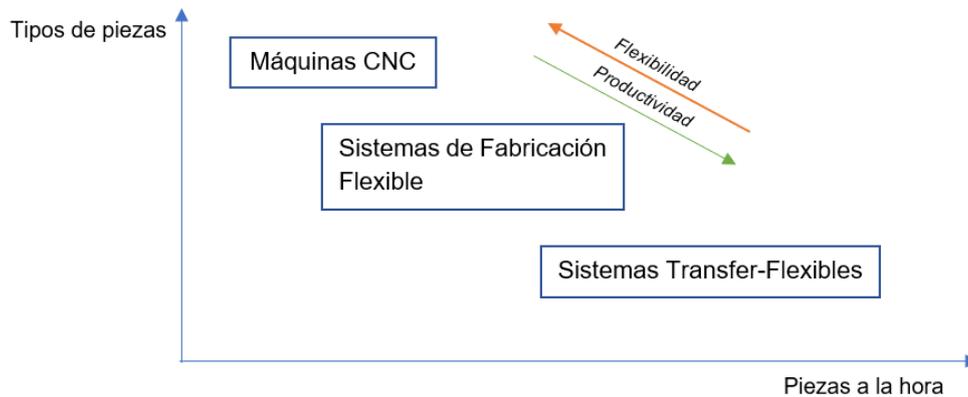


Figura 5. Sistemas de producción

A través del siguiente proyecto, se va a desarrollar íntegramente la planificación del proceso de fabricación de la carcasa de un plato de 4 garras independientes partiendo del diseño desarrollado en el documento Planos. Se van a exponer una serie de operaciones sucesivas de procesado de la materia prima hasta obtener el producto final, dándole un valor añadido tras cada operación que se reflejará en el documento Presupuesto. Esta serie de operaciones se realizarán el marco del cumplimiento del documento Pliego de Condiciones expuesto en el desarrollo de este trabajo final de grado.

## 5. INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA DE FABRICACIÓN

La tecnología de fabricación puede definirse como el estudio de los procesos de transformación que sufre una materia prima hasta convertirse en un producto acabado, asegurando el cumplimiento de la normativa y de las especificaciones requeridas. Todo ello se hace teniendo en cuenta los recursos disponibles y bajo un marco económico, de forma que se tenga en cuenta la rentabilidad y viabilidad del proyecto. Destacan 3 fases por las que debe pasar un proyecto:

- **Adquisición de información:** se hace una recopilación de los detalles del proyecto. Se debe realizar un estudio de las especificaciones a cumplir con el objetivo de dar respuesta a como se va a llevar a cabo el proceso de diseño y de fabricación.
- **Diseño del producto:** se recoge la información de la fase anterior y se planifica como se va a llevar a cabo la fabricación del producto, teniendo en cuenta todos los procesos por los que debe pasar la pieza hasta conseguir el producto objetivo, cumpliendo las especificaciones definidas.
- **Fabricación de la pieza:** proceso productivo desde que se tiene el material en bruto hasta que se tiene el producto terminado, llevando a cabo todas las operaciones que se han definido en la fase de diseño.

Para poder dar respuesta a cada una de las fases del proyecto, debemos conocer las diferentes formas de alterar el material de partida para poder conseguir la pieza final. Podemos destacar dos grandes grupos, el formado y el conformado de los metales.

## 6. FORMADO DE METALES

### 6.1. Introducción

En este método de fabricación de piezas a partir de un material en bruto, tan solo se altera la forma, en principio, por lo que no se produce pérdida de material. Este proceso de manufactura altera las piezas deformándolas plásticamente hasta obtener la forma deseada. Esta deformación del material se puede hacer de diversas formas, estirando, comprimiendo, doblando...

Se debe tener en cuenta una serie de propiedades físicas y mecánicas en el material de partida:

- Baja resistencia a la fluencia, de esta forma permitirá al material adquirir la forma deseada sin tener que aplicar grandes esfuerzos. La temperatura entra en juego ya que, a mayor temperatura, esta característica se reduce, por lo que nos interesa.
- Alta ductilidad, permitirá al material deformarse sin llegar a romperse. Al igual que en la característica anterior, la acción de la temperatura incrementa la ductilidad de los materiales, siendo interesante en algunos procesos de formado.

Como se ha comentado, la temperatura del ambiente de trabajo es importante en los procesos de formado, por lo que se pueden distinguir 3 tipos de trabajos según la temperatura:

### 6.2. Trabajo en frío

La temperatura de trabajo es prácticamente la temperatura ambiente. Podemos destacar una serie de ventajas:

- Permite controlar mejor las dimensiones de las piezas, controlando mejor las tolerancias debido a la poca dilatación del material.
- Mejor acabado superficial, mayor dureza y resistencia.
- Al trabajar a temperatura ambiente, se produce un ahorro energético al no calentar la zona de trabajo. De la misma forma se ahorra tiempo, consiguiendo un aumento de la productividad.

A continuación se indican las desventajas de trabajar el metal a temperatura ambiente:

- Al no calentarse el material, se tiene una mayor resistencia a fluencia y una menor ductilidad, lo que se traduce en emplear mayores esfuerzos en el formado para poder obtener las piezas.
- Algunos metales no pueden trabajarse en frío debido a una baja ductilidad. De la misma forma, otros materiales, tras realizar un trabajo en frío, necesitan un proceso de tratamiento de recocido para poder realizar otros procesos de fabricación.

### 6.3. Trabajo en caliente

La mejor opción para la mayoría de los metales es trabajar en un ambiente de trabajo caliente. Dentro de esta opción debemos distinguir entre trabajar por encima de la temperatura de recristalización o por debajo.

El proceso de recristalización es aquel en el que aparecen granos equiaxiales sin deformación, con una baja densidad de dislocaciones y donde estos granos son los mismos que los de la estructura original del material antes de cualquier proceso de formado. La temperatura de recristalización es aquella que se sitúa entre un tercio y la mitad de la temperatura absoluta de fusión del material.

#### Trabajo en caliente por debajo de la temperatura de recristalización:

El rango de temperatura de trabajo se sitúa entre la temperatura ambiente y aproximadamente un tercio de la temperatura de fusión del metal. Aumentando la temperatura se consigue disminuir un poco la resistencia a fluencia del material y aumenta la ductilidad. En consecuencia, se consiguen procesos de transformación donde se requieren menos fuerzas y potencias en los procesos, así como la posibilidad de eliminar los tratamientos posteriores a los procesos de formado.

#### Trabajo en caliente por encima de la temperatura de recristalización:

Se sigue aumentando la temperatura de trabajo hasta aproximadamente la mitad de la temperatura de fusión del material. Se consiguen mayores deformaciones plásticas gracias a que se sigue reduciendo la resistencia a fluencia y sigue aumentando la ductilidad, permitiendo un mejor moldeo del material.

En el trabajo en caliente encontramos desventajas tales como que el acabado superficial va empeorando a medida que se aumenta la temperatura, así como la posibilidad de mantener las tolerancias estrictamente controladas.

### 6.4. Procesos de formado

Como se ha indicado, los procesos de formado se llevan a cabo a través de la deformación plástica, que permite alterar las características mecánicas del material para poder obtener las piezas requeridas.

En el siguiente esquema se puede observar los dos tipos de formado por deformación plástica y sus correspondientes procesos de transformación del material:

De esta forma, se definen a continuación los conceptos expuestos en la Figura 6.

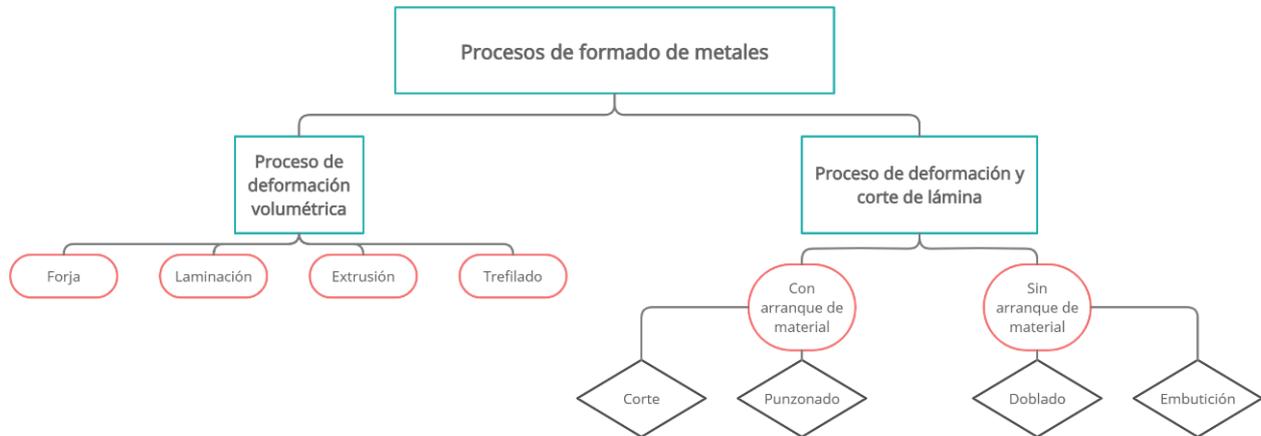


Figura 6. Esquema procesos de formado de los metales

### **Proceso de deformación volumétrica**

- Forja: se consigue la pieza final a partir de un proceso de compresión del material contra una matriz o también a través de impactos, por ejemplo, con un martillo pilón.
- Laminación: el principal objetivo de esta operación es reducir el espesor del material, para ello, se le hace pasar por unos rodillos, los cuáles ejercen presión entre ellos, comprimiendo el material y por tanto reduciendo la sección transversal.
- Extrusión: en esta operación, se hace pasar un material macizo a través de una matriz la cuál le dará la forma. Con este proceso, se pueden conseguir perfiles especiales.
- Trefilado: el objetivo es la fabricación de alambres, de forma que se hace pasar una barra a través de secciones de diámetro menor hasta conseguir la dimensión que se desea.

### **Proceso de deformación y corte de lámina**

- Corte: el propósito es conseguir el material objetivo partiendo de un bruto mayor. Se puede hacer a través del corte láser, por ejemplo, donde se dispone de una chapa y se va cortando sobre ella las figuras que queremos obtener.
- Punzonado: a través de un punzón y una matriz se realizan agujeros sobre la pieza. El beneficio que se obtiene es que no se producen cantos vivos en la cara de presión y es un corte más limpio que en el láser, por ejemplo.

- Doblado: al igual que el punzonado, se dispone de un punzón y una matriz, pero el objetivo es totalmente distinto. La chapa es presionada por el punzón sobre la matriz, la cual tiene la forma deseada, consiguiendo así que el metal se deforme.
- Embutición: De la misma forma que el doblado, se presiona el material contra la matriz, donde el objetivo es conseguir superficies huecas.

## 7. CONFORMADO DE METALES

### 7.1. Introducción

El mecanizado por arranque de viruta o conformado de metales es un proceso por el cual se modifica la forma, dimensiones y el acabado superficial de las piezas eliminando de estas una capa de material, la cual es transformada en viruta a través de una herramienta de corte con los filos bien definidos y de una dureza superior a la pieza a mecanizar. Esta eliminación de material se consigue con un movimiento relativo entre la pieza y la herramienta. Las principales desventajas es la pérdida de material y la energía empleada en la producción de viruta, por lo que es un proceso con un alto coste.

Pese a las desventajas que tiene el conformado de metales, es uno de los procesos más utilizados en el sector por las siguientes razones:

- El proceso de arranque de viruta no se limita solamente a metales, sino que se puede aplicar a otros materiales como plásticos técnicos, metales ferrosos y no ferrosos o cerámicos.
- Se puede conseguir cualquier geometría que se proponga, combinando los distintos procesos – (operación) disponibles. De la misma forma, el conformado puede realizarse tras la aplicación de otros procesos, como por ejemplo la deformación plástica.
- Se consigue una gran precisión dimensional y de la misma forma, un buen acabado superficial.

El arranque de viruta se consigue de forma que la herramienta produce una deformación elástica en el material, por tanto, aumentan las tensiones en la sección de la pieza. En este proceso, se supera el límite de fluencia del material, llegando a la rotura, y, en consecuencia, se desprende el material.

### 7.2. Tipos de mecanizado por arranque de viruta

#### 7.2.1. Torneado

Proceso fundamental en el sector metalmecánico en la fabricación de piezas. El proceso de torneado se realiza en un torno, donde la pieza gira y la herramienta se mantiene inmóvil, la cual incide sobre la pieza en movimiento generando superficies redondas principalmente, aunque también puede producir piezas de trabajo rectas, cónicas, curvadas o ranuradas.

Las operaciones realizadas en un torno son simétricas respecto a un eje de revolución. En cuanto a las herramientas, están formadas normalmente por un filo de corte simple.

A continuación, se pueden observar todas las operaciones a realizar en un torno:

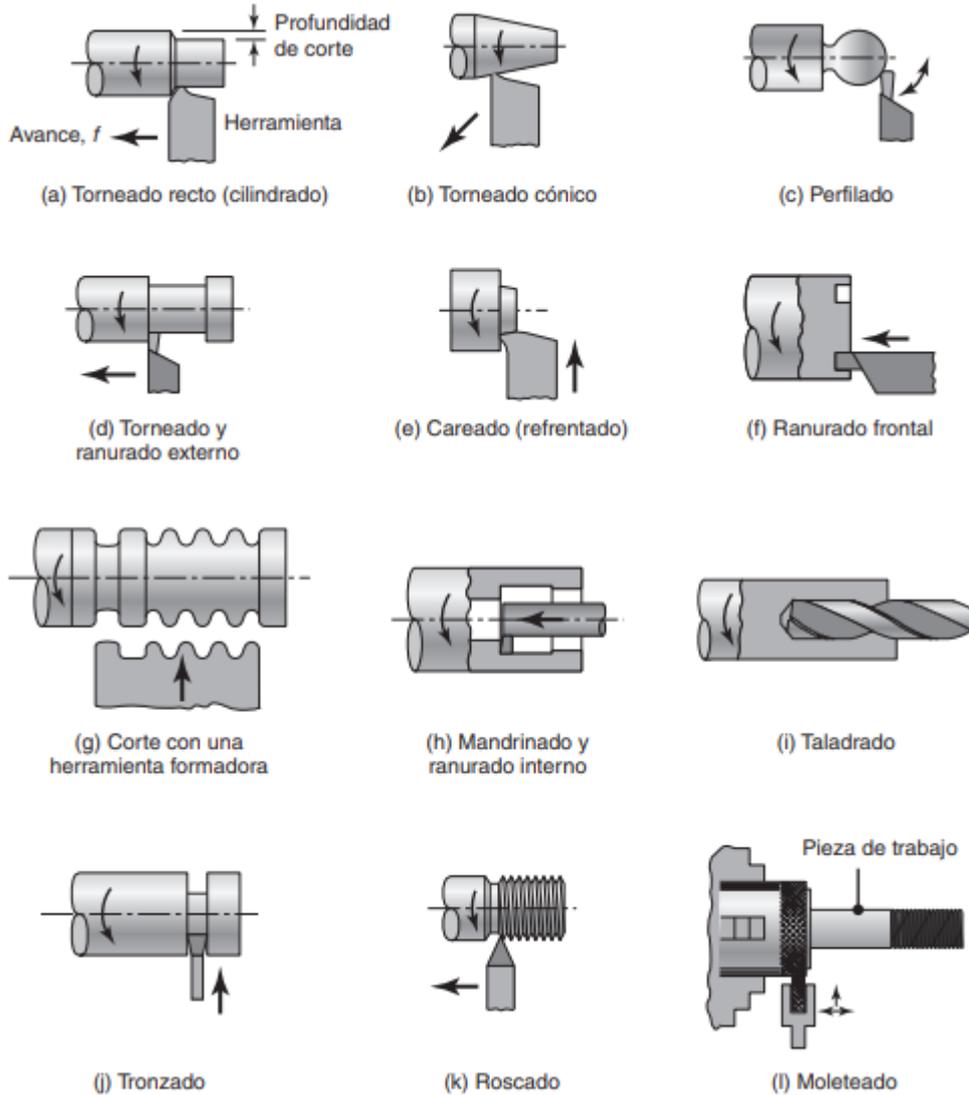


Figura 7. Operaciones a realizar en el proceso de torneado

El proceso de torneado presenta las siguientes ventajas:

- Buen acabado superficial ya que se contempla tanto el desbaste como el acabado.
- Requiere menos energía que otros procesos
- La viruta puede ser controlada fácilmente.

Por otra parte, se encuentran algunos inconvenientes, entre los que destacan:

- Posibles imprecisiones superficiales, como la rugosidad.
- Sólo puede emplearse para piezas de revolución.

- La herramienta, al incidir sobre un pieza que gira a alta velocidad, se desgasta rápidamente.

En el torno, al igual que en los diferentes procesos de mecanizado, podemos estructurar el tiempo de trabajo en tres fases:

1. Tiempo de carga y descarga: es el tiempo empleado en fijar la pieza en su sistema de amarre. Como se explicará a lo largo del siguiente proyecto, existen diferentes amarres en el torno, por lo que el tiempo dependerá de cuál de ellos se escoja en función de su finalidad y de la geometría de la pieza.
2. Tiempo de corte: comprende el tiempo que tardan las herramientas en confeccionar la pieza objetivo mediante el arranque de viruta de la pieza en bruto.
3. Tiempo de sustitución de herramienta: cuando la herramienta se desgasta debido a un mal uso o simplemente porque ha llegado al final de su vida útil, el tiempo que se emplea en cambiarla por una nueva.

#### 7.2.2. Fresado

De la misma forma que el torneado, es un proceso fundamental en la fabricación de piezas. La principal diferencia con el torno es que la pieza en este caso realiza el movimiento de avance, mientras que la herramienta realiza el movimiento de giro sobre su propio eje. En este caso, se pueden llegar a generar superficies planas, contornos, ranuras... Destacamos una serie de factores:

- Las herramientas están compuestas por múltiples filos y tienen un diámetro constante. La velocidad de corte también es constante.
- Es un corte discontinuo, por lo que no se produce una viruta continua y no se precisa de rompevirutas en los elementos de corte de las herramientas.
- A diferencia de los elementos de corte empleados en el torno, que cortan de forma lineal, los elementos de corte de las herramientas en fresado van modificando la superficie de corte a medida que se introducen en la pieza. Es decir, como se corta con un movimiento de giro, se empezará cortando una superficie mayor y se termina cortando una superficie menor, o al revés.

Se pueden encontrar diferentes formas de trabajar en una fresadora, de forma que se puede caracterizar en función de distintos aspectos.

#### Según la posición del eje de giro

*Fresado frontal:* el eje de la fresa es perpendicular a la superficie de trabajo, es decir, a la pieza, la cual se mueve de izquierda a derecha. La profundidad de corte viene condicionada por la dimensiones de los filos periféricos, que son los que producen la viruta. A medida que se va

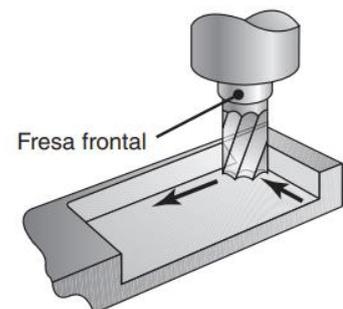


Figura 8. Fresado frontal

produciendo viruta gracias a los filos periféricos, los filos frontales o secundarios, que son los que apoyan en la pieza, van generando la superficie de acabado superficial. Tal y como se ha comentado, el proceso de corte es discontinuo, por lo que la viruta también, y por tanto tendrá forma de “coma”.

*Fresado periférico:* en este caso, el eje de la fresa es paralelo a la superficie de la pieza sobre la que se está trabajando. Tal y como se observa en la Figura 9, los filos que cortan son los periféricos, siendo los filos principales. De la misma forma, la profundidad de corte la determina el diámetro de la herramienta, existiendo limitaciones por altura, al igual que en el fresado frontal.

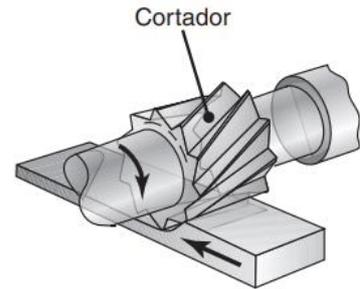


Figura 9. Fresado periférico

*Fresado frontal – periférico:* es una combinación de los dos tipos anteriormente descritos. Se mecaniza de forma simultánea dos superficies de la pieza, de las cuales una es perpendicular al eje de giro y otra paralela al eje de giro de la herramienta. Siempre encontraremos un tipo de fresado predominante, que será aquel que abarque mayor superficie de mecanizado.

#### Según el modo de trabajo

Se van a describir dos métodos de trabajo, en la que la principal diferencia cómo entra herramienta de corte en la pieza, el primer instante en el que el filo principal toca la superficie. En este apartado se debe destacar que sólo afecta al fresado periférico, ya que el fresado frontal no tiene un situación de inicio con la pieza.

*En concordancia:* el movimiento de avance de la pieza coincide con el movimiento de giro de la herramienta. Esto produce que las fuerzas de corte tiendan a empujar la pieza contra la bancada, por lo que el amarre no deberá ser muy elaborado. Tal y como se ha comentado, la viruta es discontinua, y en este caso entra cortando una sección mayor, produciendo un choque a la pieza, y, en consecuencia, vibraciones que supondrán esfuerzos muy altos sobre la máquina.

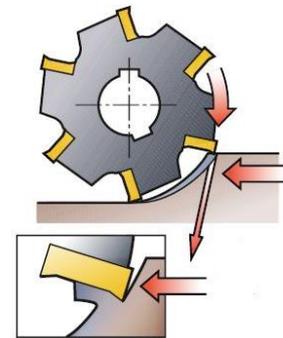


Figura 10. Fresado en concordancia

*En oposición:* el movimiento de avance de la pieza es contrario al movimiento de giro de la herramienta. Como consecuencia, las fuerzas de corte tienden a levantar la pieza, por lo que será muy importante un amarre que sea seguro. De esta forma, se empieza cortando una sección mínima de creces, que resulta más favorable en cuanto a la aparición de vibraciones, pero se produce un gran deterioro en la cara de incidencia de la herramienta, ya que se produce un gran roce con la pieza.

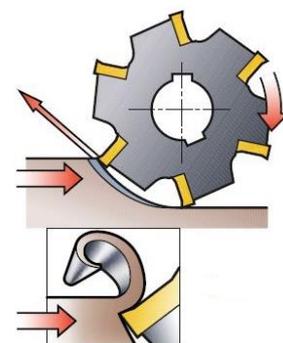


Figura 11. Fresado en oposición

La vida útil de la pieza es muy corta, se producen altas temperaturas y por el desgaste de la cara de incidencia. El acabado superficial es peor que en el modo de trabajo explicado anteriormente. Este método está indicado para el trabajo de materiales duros, ya que al inicio del corte el material se retira elásticamente.

Viendo las diferencias entre ambos, se debe destacar que en los dos métodos se tarda el mismo tiempo en cortar, ya que se utiliza la misma potencia.

### 7.3. Geometría de las herramientas

A continuación, se van a definir los distintos tipos de herramientas en el proceso de torneado y fresado, así como ángulos en la herramienta de corte.

#### Tipos de herramientas

*Enterizas:* tanto el mango como el filo de corte están hechos del mismo material. No se optimiza su función, y para el corte se necesita una alta dureza en caliente y una alta tenacidad. Actualmente están en desuso.

*De plaquitas:* se diferencia el mango de la plaquita, los cuales tienen propiedades diferentes. Las plaquitas son intercambiables.

#### Ángulos de la herramienta de corte

Definen los ángulos reales con lo que se está trabajado. El filo de corte debe estar siempre en la horizontal del eje de giro. De esta forma, se regula la altura de la herramienta para poder conseguirlo. Se comienza explicando los diferentes parámetros que aparecen en la Figura 11, que definen el proceso de corte.

Como se observa en la imagen, el filo es la arista de la herramienta de corte que produce la separación de la viruta de la pieza. Esta viruta se desplaza por la superficie de desprendimiento hasta que se separa de la pieza. En la superficie de desprendimiento se puede si poner un rompe virutas, para evitar que la viruta no salga continua. Al contrario, la superficie de incidencia es aquella que se sitúa en la parte de la pieza que ya ha sido mecanizada.

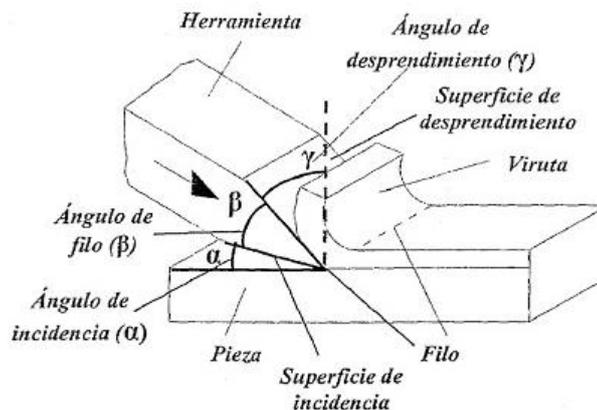


Figura 12. Parámetros de corte del mecanizado

Por otra parte, en la imagen se observan los diferentes ángulos que caracterizan a la herramienta de corte, los cuáles pueden ir variando en función de la finalidad.

*Ángulo de incidencia:* se observa que es el ángulo formado entre la superficie mecanizada y la herramienta. Disponer un ángulo de desprendimiento muy grande supone que el filo de la herramienta se debilite, y su vida útil se reduzca bastante. Por el contrario, un ángulo muy pequeño produciría roces excesivos con la pieza, y como se ha comentado antes, la temperatura aumentaría y la herramienta se debilitaría.

*Ángulo de desprendimiento:* es el ángulo que se produce como diferencia de una línea ficticia perpendicular a la superficie de la pieza y la superficie de la herramienta. En este caso, se puede encontrar un ángulo positivo y negativo, como se puede observar en la Figura 12.



Figura 13. Ángulos de desprendimiento según su posición

El disponer un ángulo de desprendimiento muy grande supondrá la ventaja de cortar mejor la pieza y obtener un mejor acabado, pero la herramienta se desgastará muy rápidamente. Por otra parte, con un ángulo de desprendimiento pequeño se ejercerá mucha resistencia sobre la pieza, haciendo que la vida útil de la herramienta se reduzca rápidamente. La mejor configuración será aquella en la que el ángulo sea el mayor posible, pero sin romper la herramienta.

*Ángulo de filo:* es el ángulo contenido entre el ángulo de desprendimiento y el ángulo de incidencia.

## 8. UTILLAJES EN EL MECANIZADO

### 8.1. Introducción

El utillaje de mecanizado es el elemento empleado en el torno o en la fresadora para sujetar la pieza a mecanizar. Se sitúa entre el plato de la máquina-herramienta y la pieza, por lo que facilita la ejecución de los procesos – (operación).

El utillaje debe asegurar la referencia espacial de la pieza, de forma que debe quedar posicionada dentro del sistema de coordenadas de la máquina. Para ello, se deben limitar los 6 grados de libertad de la pieza, donde 3 son de rotación y 3 de traslación alrededor de cada uno de los tres ejes espaciales.

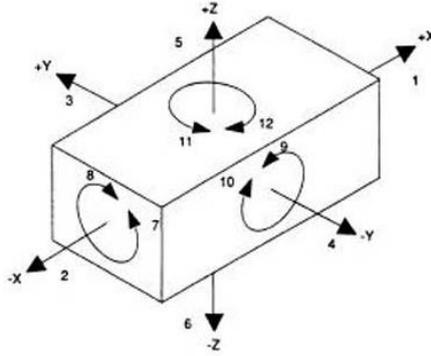


Figura 14. Grados de libertad de una pieza en mecanizado

Los utillajes deben ser bastante rígidos ya que deben soportar los esfuerzos sin llegar a deformarse, incluyendo el no producir deformaciones en la pieza. De la misma forma, la capacidad de amarre y la calidad de los materiales empleados en la superficie de contacto con la pieza deben ser buenos como para no producir marcas en las piezas.

## 8.2. Sujeción de las piezas en torno

A continuación, se van a exponer los diferentes tipos de amarres en el torno, se pueden clasificar en 3 tipos de sujeciones.

Al aire: Cuando la relación entre la longitud y el diámetro es menor a 3

- Plato de garras: las piezas se fijan con platos universales, donde se debe asegurar la coaxialidad entre la pieza y el plato. Se puede emplear para un amarre exterior o interior con garras duras o blandas. Los platos pueden sujetar piezas cilíndricas o prismáticas, empleado de 2 a 6 garras. Podemos encontrar platos de 3 garras autocentrantes, de garras independientes o de ranuras y agujeros. Tiene algunos inconvenientes, ya que puede haber problemas de centrado de las piezas o que las garras marquen la superficie. El disponer de un plato de garras como elemento de sujeción, tapa parte de la superficie axial de la pieza, por lo que se deberá tener en cuenta.



Figura 15. Plato de 3 garras autocentrantes

Entre plato y punto: Cuando la relación entre la longitud y el diámetro es menor que 3 y mayor que 5

- Plato y contrapunto: se amarra la pieza en un plato universal, pero la pieza al tener una gran longitud se fija en el extremo libre, para evitar las vibraciones. La superficie libre, se debe refrentar y puntear para poder alojar el contrapunto. Este tipo de amarre es el más robusto y seguro. Se limitará el acceso axial como se ha comentado, pero también el acceso radial en la superficie opuesta al plato.

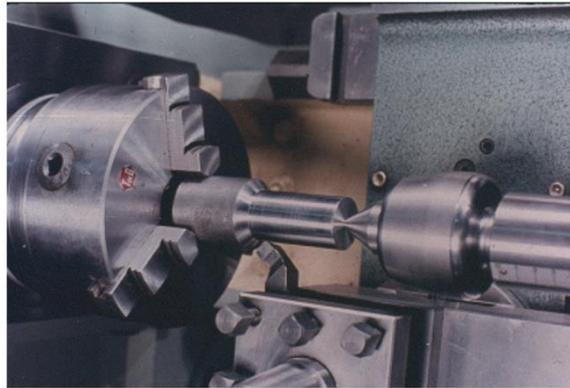


Figura 16. Amarre con plato y punto

- Plato y contrapunto con luneta: es una variante del elemento de sujeción anterior. La luneta evita que la pieza sufra flexiones debido a los esfuerzos soportados, o por una longitud excesiva. Podemos encontrar lunetas fijas o móviles. Las lunetas fijas se utilizan para soportar y estabilizar las piezas largas o pesadas. Las móviles se utilizan para torneear piezas a diámetros pequeños entre centros, por lo que se necesita la luneta para sostener el trabajo cerca del punto de corte.



Figura 17. Luneta fija

Entre puntos: Cuando la relación entre la longitud y el diámetro es superior a 5

- Entre punto y contrapunto: como se indica, cuando las piezas a mecanizar son muy largas o hay que mecanizar ejes con buena concentricidad, se fijaran a través de este elemento de sujeción. Debido a que el punto no transmite el giro con suficiente fuerza, se emplea un perro de arrastre, el cual se fija en el plato del torno y en la pieza de trabajo y transmite el giro del plato por medio de un vástago.

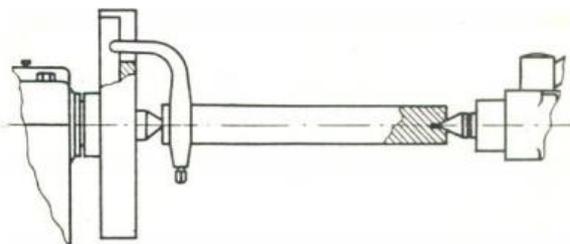


Figura 18. Amarre entre puntos

- Entre punto y contrapunto con luneta: cuando la relación entre la longitud y el diámetro sea superior a 8. Se empleará una luneta igual que en el amarre entre plato y punto. Esta luneta dispondrá de 2 o 3 puntos de apoyo, y de la forma que se ha explicado, pueden ser fijas o móviles. Se seguirá empleando un perro de arrastre.
- Entre punto y contrapunto con mandril: en este caso, las piezas son cortas o de disco y se debe mecanizar la superficie axial. El mandril es una pieza alargada y cilíndrica que asegura la pieza por medio de una tuerca y una arandela, puede ser extensible o fijo. El agujero del mandril debe ajustarse perfectamente con el de la pieza, por lo que el acabado debe ser muy preciso. El mandril extensible es un eje cónico que se ajusta con un manguito cónico interior, de esta forma se puede ir expandiendo, ajustándose a diferentes diámetros, ya que la fijación se hace por presión.

Sistemas de fijación adicionales:

- Amarre con pinza: es el amarre más preciso. Se emplea cuando el diámetro de la pieza es pequeño, y esta se coloca en el centro del husillo. El cabezal y la pinza se ajustan cónicamente mediante un sistema que estira de la pinza, por lo que se sujeta por presión. Una serie de ranuras permiten agarrar o soltar la pieza.

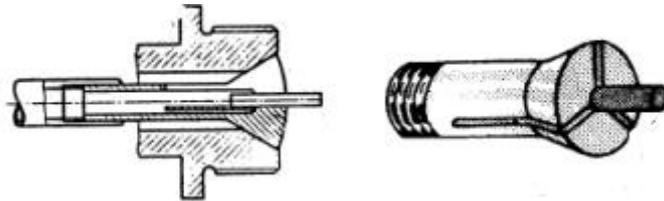


Figura 19. Amarre con pinza

- Amarre con plato magnético: se emplea para piezas especiales, pueden ser con forma de disco o piezas pequeñas. Una de las caras del plato está imantada, la cual se conecta y se desconecta a través de una llave. Se debe emplear un reloj comparador para poder centrar la pieza con el eje de giro.



Figura 20. Plato magnético

### 8.3. Sujeción de piezas en la fresadora

En la fresadora, podemos distinguir entre los amarres genéricos y los amarres específicos.

#### Amarres genéricos

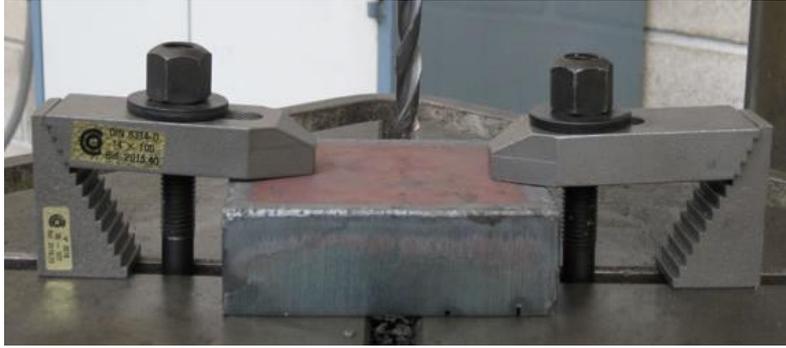
- Plato de garras: como se ha comentado en la sujeción de piezas en el torno, se utiliza para amarrar piezas de revolución. Puede disponerse en forma vertical y horizontal. Se puede emplear un amarre de plato y punto cuando se utilice en horizontal, pero no será posible cuando se utilice de forma vertical.
- Mordaza: se emplea para amarrar piezas prismáticas de pequeña y mediana dimensión. Se debe asegurar un correcto paralelismo entre las caras de la mordaza y el desplazamiento de la mesa a través de un reloj comparador. Se emplea un mecanismo de husillo, donde se sujeta por fricción la pieza, presionándola de forma continua. La mordaza puede ser fija o giratoria, donde estas últimas pueden ir montadas sobre un plano circular graduado. También se dispone del tornillo de máquina, el cual es una mordaza que está fija a la máquina.



Figura 21. Mordaza empleada en la fresadora

#### Amarres específicos

- Bloques en V: es un elemento adicional de las mordazas. Estas permiten el montaje de diferentes tipos de garras, por lo que se pueden amarrar piezas con distintas formas geométricas. Para las piezas cilíndricas en disposición horizontal, se emplea el amarre con garras en forma de V.
- Bridas: se emplea para la sujeción de piezas con forma irregular, al igual que las cuñas. La pieza se apoya sobre la mesa o sobre unos calzos, de esta forma, al igual que con la mordaza, se necesitará comprobar el paralelismo de las superficies con el desplazamiento de la mesa. A través de las bridas, se puede amarrar la pieza por diferentes puntos, gracias a los tornillos de regulación que se introducen en la mesa.



*Figura 22. Sistema de amarre por bridas*

- Plato divisor: se utiliza para el mecanizado de piezas que requieren de ranuras o fresados que están repartidos uniformemente por una superficie. El objetivo del plato divisor es hacer una división de la trayectoria circular del trabajo y sujetar el material sobre el que se trabaja. El plato sujeta la pieza en uno de sus extremos y es posible aplicarle un movimiento giratorio a la pieza en combinación con un movimiento longitudinal de la mesa.



*Figura 23. Plato divisor para fresadora*

## 9. PLANIFICACIÓN DEL PLAN DE PROCESOS DE LA CARCASA

La planificación de procesos de fabricación se define como el método a seguir para la fabricación de una pieza. Para ello, se especifican los procesos a seguir, detallando la utilización de los medios productivos disponibles. De esta forma, se van a seguir los siguientes pasos según la metodología aprendida en las asignaturas estudiadas durante la formación académica, donde se partirán de unos datos iniciales hasta conseguir la secuenciación de todos los procesos necesarios para la fabricación del producto final:

- Datos iniciales
- Análisis de la información geométrica del plano
- Alternativas de procesos – (operación)
- Selección de máquinas
- Agrupación de operaciones
- Secuenciaciones de máquinas
- Secuenciación de amarres
- Selección de utillajes de amarre
- Secuenciación de procesos – (operación)

### 9.1. Datos iniciales

Como datos de partida, encontramos:

- Documento Planos: se especifican las diferentes características dimensionales del producto, así como las tolerancias dimensionales y geométricas. También se especifican las rugosidades a conseguir, teniendo en cuenta que algunas superficies son más restrictivas que otras.
- Especificaciones del proyecto: En este apartado debemos comentar que el material se trata de un acero F-114 sin tratamiento superficial. Este material tiene una resistencia a tracción que oscila entre los 686 – 834 N/mm<sup>2</sup> y una dureza Brinell HB que oscila entre los 200 – 240 kg/mm<sup>2</sup>. El material de partida desde el que se va a partir es un corte de 72 mm una barra maciza de diámetro Ø204 mm. Se mecanizarán todas las caras del material de inicio debido a que el proceso de corte del elemento de partida se realiza con sierra de cinta, dicho proceso induce en la pieza un mal acabado superficial.
- Programa de fabricación: se trata de un lote de 200 piezas a fabricar.
- Medios disponibles: las diferentes máquinas a utilizar, así como las herramientas de fabricación se detallarán en el Anejo 1, mientras que los elementos de sujeción que se emplearán en la sección de utillajes han sido explicados con anterioridad.

Plan de procesos de fabricación para la carcasa de un plato de 4 garras independientes

En resumen, a continuación, podemos ver la pieza a realizar con la información necesaria.

MATERIAL: Acero F-114  
RUGOSIDAD POR DEFECTO: Ra 3,6  $\mu\text{m}$   
TOLERANCIA POR DEFECTO: js11  
LOTE: 200 piezas  
MATERIAL DE PARTIDA:  $\varnothing 204 \times 72$  MM

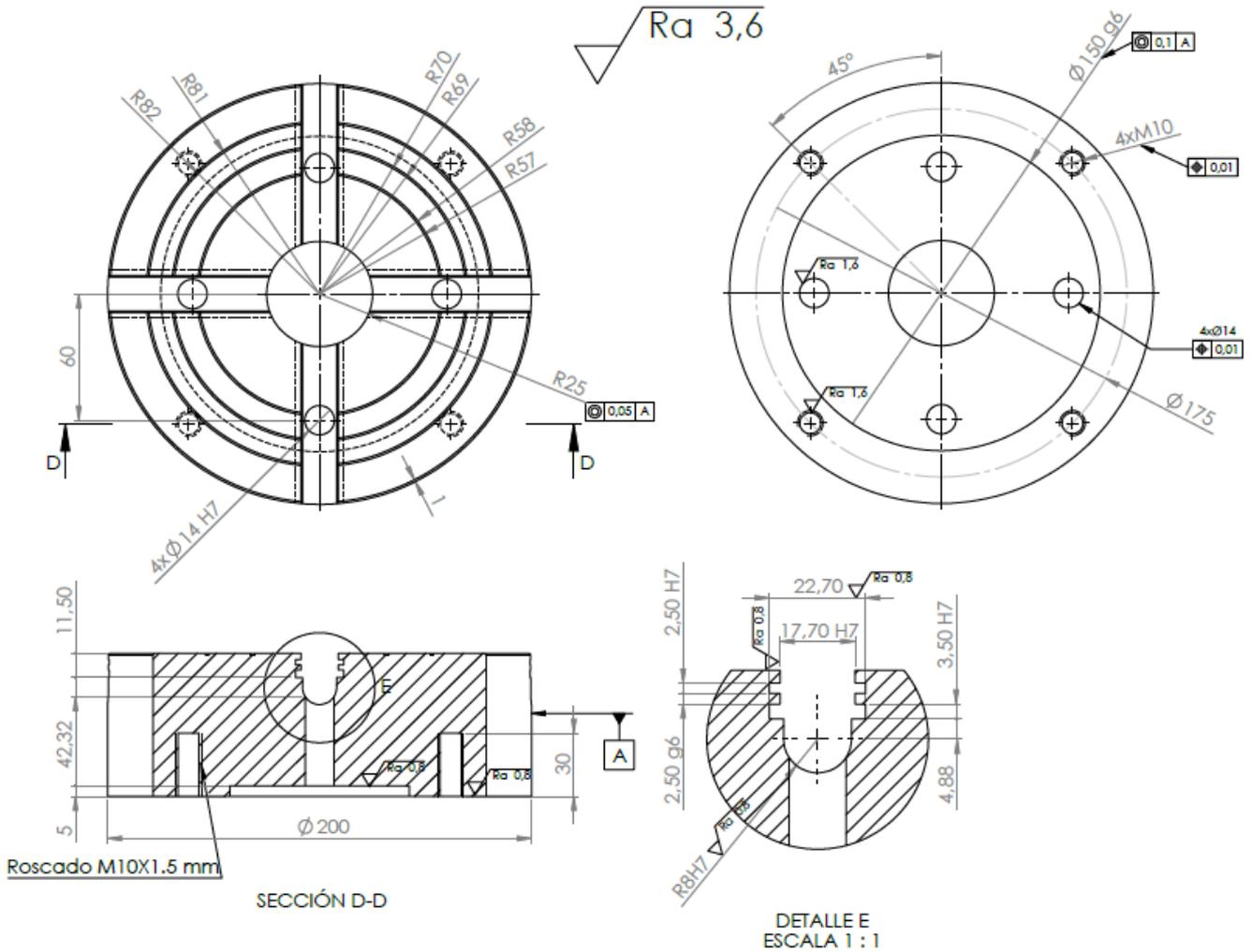


Figura 24. Plano de la pieza y datos iniciales

Para poder realizar la planificación de procesos adecuadamente, se deben enumerar cada una de las superficies simples que componen la pieza. De la misma forma, se numeran las superficies del material en bruto con una "B". A continuación, podemos observar cómo se han numerado las distintas superficies de la carcasa del plato de garras, así como las superficies del material de partida.

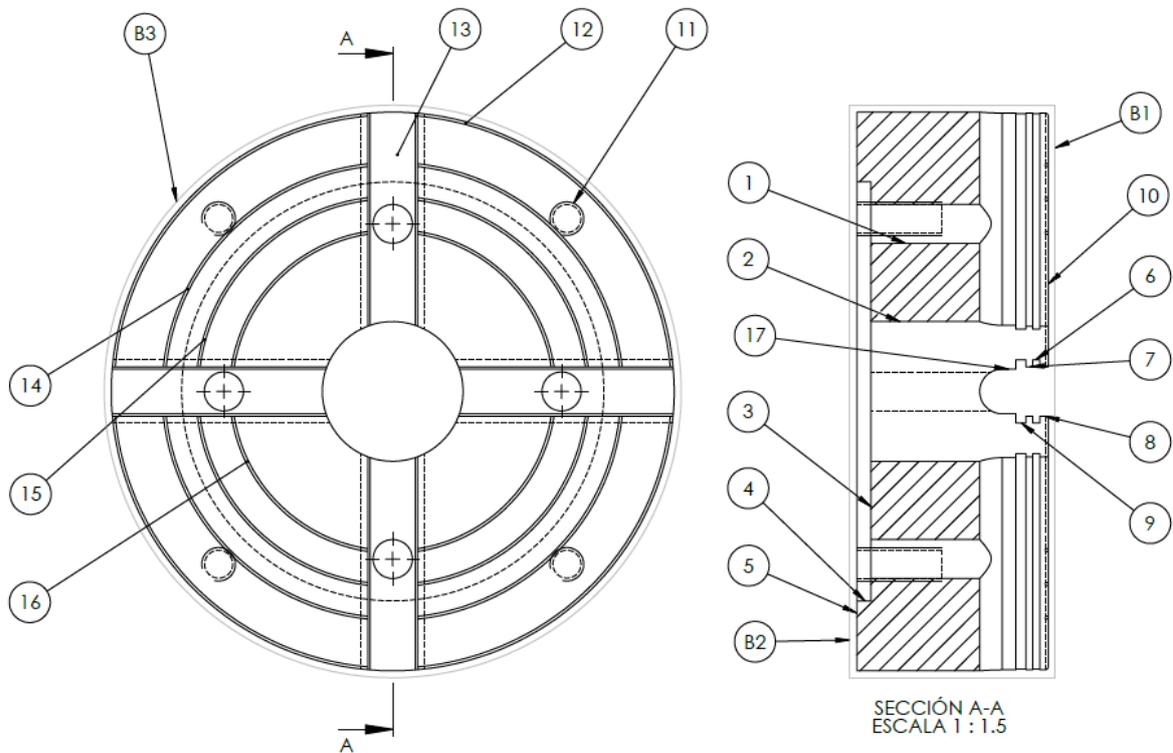


Figura 25. Asociación de superficies

## 9.2. Análisis de la información geométrica del plano

En este apartado se deben especificar las diferentes cotas dimensionales y geométricas del pieza, así como las anotaciones de rugosidad que se encuentran en el plano. A continuación, se definen los conceptos que se han comentado:

- **Rugosidad superficial:** las diferentes imperfecciones que se encuentran en la superficie tras los procesos de mecanizado están reguladas por la rugosidad superficial. De esta forma, se puede encontrar una escala que se especifica, generalmente, a través de la Rugosidad media aritmética "Ra" y que le acompaña un numero en micras que determina la desviación media superficial. Cuanto menor sea este valor, más restrictiva será la rugosidad a conseguir.
- **Cotas dimensionales y geométricas:** todas las cotas del plano estarán influenciadas por una rugosidad y una tolerancia por defecto, de esta forma, se omitirán en las tablas de resumen. Las cotas dimensionales son aquellas a las que se les asigna una tolerancia geométrica, mientras que las cotas geométricas son aquellas que están sometidas a una restricción o tolerancia geométrica.

- Cotas intrínsecas y relativas: Las cotas intrínsecas son aquellas que delimitan únicamente la dimensión de una sola superficie, mientras que las relativas, son aquellas que dependen de otra superficie para poder obtener el valor dimensional de una superficie en concreto.

En este apartado, debemos conocer qué, si de una misma superficie se tienen diferentes cotas, con diferentes tolerancias, para la valoración de esa superficie se tendrá en cuenta aquella que sea más restrictiva, es decir, la que tenga un IT menor.

A través de la siguiente tabla podemos resumir la información geométrica del plano para las diferentes superficies, especificando las tolerancias y rugosidades para las cotas intrínsecas y relativas:

Superficie	INTRÍNSECAS			RELATIVAS	
	Dimensionales (IT)	Geométrica (-/100)	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Dimensionales (IT)	Geométrica (-/100)
1	7	0,01	1,6		
2			3,2		0,05
3			0,8		
4	6		0,8		0,1
5			0,8		
6	7		0,8	6	
7	7		0,8	6	
8	7		0,8		
9	7		0,8	6	
10			3,2		
11		0,01	1,6		
12			3,2		
13	7		0,8		
14			3,2		
15			3,2		
16			3,2		
17	7		0,8	6	

Tabla 1. Análisis de la información geométrica

### 9.3. Alternativas de procesos – (operación)

En este apartado se deben especificar las diferentes operaciones que existen para poder mecanizar cada superficie. De esta forma, se exponen los diferentes procesos de desbaste y acabado, en el caso que se requiera, para cada una de las superficies que se han detallado en la Figura 25.

Para poder llevar a cabo este apartado, y con el objetivo de conseguir una tabla resumen de los diferentes procesos – (operación) de cada superficie, debemos conocer los siguientes conceptos:

- Desbaste: es la primera etapa del mecanizado. En este proceso, se elimina la mayor cantidad de material posible dejando un volumen mínimo de material para proceso posterior de acabado, alrededor de 1 mm de espesor. Durante el desbaste, se debe asegurar que se consigue la geometría de la pieza sin considerar el acabado superficial o de tolerancias, ya que será competencia de la etapa de acabado.
- Acabado: es la última etapa de mecanizado. En este proceso se elimina el material restante de la superficie, en torno a 1 mm, y es donde se consiguen las tolerancias, así como el acabado superficial con la calidad requerida.

Durante los procesos de desbaste y acabado, debemos seguir una serie de reglas y restricciones:

- En los procesos de forma, como son el ranurado, taladrado, lamado y chaveteros, sólo se realizará desbaste. De la misma forma, las operaciones de escariado y ranurado sólo serán de acabado.
- Si las creces de la superficie no superan 1 mm, se realizará solamente operaciones de acabado.
- Consideraremos el rectificadado como un proceso de acabado siempre que se pueda, pero se priorizarán otras operaciones de acabado ya que el rectificadado es muy caro.
- Un sólo proceso – (operación) puede abarcar más de una superficie siempre que las superficies a mecanizar compartan un volumen común o si hay varios elementos iguales repetidos en la pieza.
- El fresado periférico dispuesto en una fresadora vertical está limitado a una altura menor o igual a 100 mm ya que las fresas disponibles sólo disponen voladizos de esa medida.
- El fresado frontal dispuesto en una fresadora horizontal está limitado a una altura de 45 mm, ya que sino el eje de la fresa chocaría con la pieza.

Debemos considerar la siguiente tabla a la hora de definir cada proceso – (operación) que se puede realizar en cada superficie. En la tabla se observa para cada proceso posible en el mecanizado de la pieza, las diferentes operaciones a realizar, diferenciando entre desbaste acabado. En las operaciones de escariado y taladrado podemos ver la limitación dimensional:

<b>Procesos</b>	<b>Procesos – (operación) [D]: desbaste – [A]: acabado</b>
Fresado frontal	Fresado frontal – (planeado) [D – A]
Fresado periférico	Fresado periférico – (planeado) [D – A] ; Fresado periférico – (contorneado) [D – A] ; Fresado periférico – (forma) [D – A]
Fresado frontal – periférico	Fresado frontal – periférico – (general) [D – A] ; Fresado frontal – periférico – (ranurado) [D – A]
Torneado	Torneado – (cilindrado) [D – A] ; Torneado – (refrentado) [D – A] ; Torneado – (cilindrado cónico) [D – A] ; Torneado – (copiado) [D – A] ; Torneado – (ranurado radial o axial) [D] ; Torneado – (mandrinado) [D – A] ;
Rectificado	Rectificado – (planeado) [A] ; Rectificado – (cilindro interior) [A] ; Rectificado – (cilindro exterior) [A]
<b>Operaciones</b>	
Escariado (D<15 mm)	Fresado – (escariado) [A] ; Torneado – (escariado) [A]
Taladrado (broca o fresa) (D<20 mm)	Torneado – (taladrado) [D] ; Fresado – (taladrado) [D] ; Fresado – (lamado) [D] ; Fresado – (avellanado) [D]
Roscado	Torneado – (roscado) [A] ; Fresado – (roscado) [A]

*Tabla 2. Posibles procesos operación*

De la misma forma que debemos utilizar la tabla anterior para poder definir las diferentes alternativas de mecanizado, se deben tener en cuenta una serie de restricciones para la etapa de acabado. A través de la siguiente tabla podemos ver una comparativa entre los diferentes procesos y las restricciones que impone cada uno, debiéndose cumplir estas especificaciones simultáneamente para que se puede llevar a cabo el proceso de mecanizado.

También se puede ver una comparativa en la siguiente tabla en cuanto a los costes de desbaste y acabado, siendo un punto muy importante que considerar en cuanto a la elección de un proceso u otro, porque se debe priorizar la reducción de costes de mecanizado.

Procesos	Dimensión (IT)	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Geométrica (-/100)	Coste desbaste [ $\text{€}/\text{mm}^2$ ]	Coste acabado [ $\text{€}/\text{mm}^2$ ]
Fresado frontal	6	0,4	0,01	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Fresado periférico	8	1,6	0,01	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Torneado	7	0,8	0,01	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$
Rectificado	4	0,1	0,002		$2 \cdot 10^{-3}$
<b>Operaciones</b>					
Escariado	5	0,4	0,01		$3 \cdot 10^{-4}$
Taladrado	9	3,2	0,1	$1 \cdot 10^{-5}$	
Roscado	7	0,4	0,01		$4 \cdot 10^{-4}$

Tabla 3. Restricciones y costes por proceso de mecanizado

A continuación, se van a exponer cada uno de los procesos – (operación), tanto para desbaste como para acabado, para las diferentes superficies de la carcasa. Se tendrá en cuenta la agrupación de superficies según se ha comentado anteriormente.

Superficie	Proceso – (operación) [D]	Proceso – (operación) [A]
1	Fresado – (taladrado)	Fresado – (escariado)
2	Torneado – (mandrinado) Fresado frontal periférico – (general)	Torneado – (mandrinado) Fresado frontal periférico – (general)
3 – 4	Fresado frontal (3) – periférico (4) – (general) Torneado – (mandrinado)	Fresado frontal (3) – periférico (4) – (general) Torneado – (mandrinado)
5	Torneado – (refrentado) Fresado frontal – (planeado) Fresado periférico (planeado)	Torneado – (refrentado) Fresado frontal – (planeado) Rectificado – (planeado)
6	Fresado frontal periférico – (ranurado)	
7	Fresado periférico – (planeado)	Fresado periférico – (planeado) Rectificado – (planeado)
8	Fresado periférico – (planeado)	Fresado periférico – (planeado) Rectificado – (planeado)
9	Fresado frontal periférico – (ranurado)	
10	Torneado – (refrentado) Fresado frontal – (planeado) Fresado periférico (planeado)	Torneado – (refrentado) Fresado frontal – (planeado) Fresado periférico (planeado) Rectificado – (planeado)
11	Fresado – (taladrado)	Fresado – (roscado)

12	Torneado (cilindrado) Fresado periférico – (contorneado)	Torneado – (cilindrado) Fresado periférico – (contorneado) Rectificado – (cilindro exterior)
13	Fresado periférico – (forma)	Fresado periférico – (forma)
14	Fresado frontal – periférico – (ranurado) Torneado (ranurado radial)	
15	Fresado frontal – periférico – (ranurado) Torneado (ranurado radial)	
16	Fresado frontal – periférico – (ranurado) Torneado (ranurado radial)	
17	Fresado frontal – periférico – (ranurado)	

*Tabla 4. Alternativas de procesos - (operación) para desbaste y acabado*

En la Tabla 4 se han tenido en cuenta las restricciones impuestas en cuanto a las tolerancias y al acabado superficial en el proceso de acabado. De la misma forma se puede observar como algunos procesos no requieren de acabado.

#### 9.4. Selección de máquinas

Tal y como se ha descrito a lo largo del proyecto, los diferentes procesos – (operación) que se pueden llevar a cabo en el mecanizado, pueden ser realizados con diferentes máquinas. En la Tabla 4 hemos podido observar como una misma superficie se puede realizar a través de diferentes procesos y, por tanto, con diferentes máquinas.

El objetivo de este apartado del Plan de Procesos es agrupar las diferentes alternativas de fabricación de cada superficie en el mínimo número de máquinas posibles, priorizando el coste mínimo de las máquinas a utilizar. En la siguiente tabla se pueden observar las diferentes máquinas disponibles, especificando si se puede realizar desbaste y acabado, o sólo acabado.

El proceso a seguir es trasladar la información de la Tabla 4 para que podamos decidir qué opción es la mejor en cuanto al mecanizado de la pieza. Se deberá tener en cuenta aquellas superficies que sólo se puede realizar con un tipo de máquina, ya que este aspecto va a ser limitante en cuanto a la elección de las máquinas que se van a utilizar. Otro aspecto muy importante es buscar el coste mínimo de los utillajes a utilizar en cada máquina; pese a que no sabemos todavía los utillajes que se van a emplear, se puede hacer una estimación.

Superficie	Fresadora vertical		Fresadora horizontal		Torno		Rectif. plana	Rectif. cilíndrica
	[D]	[A]	[D]	[A]	[D]	[A]	[A]	[A]
1	X	X						
2	X	X			X	X		
3 – 4	X	X			X	X		
5	X	X	X		X	X	X	X
6	X	X						
7	X	X	X	X			X	
8	X	X	X	X			X	
9	X	X						
10	X	X	X	X	X	X	X	X
11	X	X						
12	X	X			X	X	X	X
13	X	X						
14	X				X			
15	X				X			
16	X				X			
17	X	X						

Tabla 5. Selección de máquinas

El procedimiento a seguir una vez hemos rellenado la tabla, es sombrear aquellos procesos en los que no hay otra alternativa de desbaste o de acabado, como se ha comentado antes, son los que van a limitar la selección de máquinas y por tanto los amarres. También se debe intentar hacer el desbaste y el acabado con la misma máquina, ya que saldrá más barato que rectificar.

Una vez se han sombreado los procesos mencionados, se somborean aquellos procesos que se pueden realizar en la misma máquinas para las distintas superficies, teniendo en cuenta la posibilidad de mecanizar las superficies con un mismo amarre. De esta forma, concluimos el apartado con las aclaraciones siguientes:

- Las superficies que sólo tenían una alternativa de operación son: 1 – 9 – 11 – 13 [D – A] en la fresadora vertical.
- Con el objetivo de que diferentes superficies compartan un utillaje común, se han agrupado las siguiente superficies: 1 – 11 [D – A] en la fresadora vertical, 6 – 7 – 8 – 9 – 13 – 17 [D – A] en la fresadora vertical. Por otra parte, 10 – 12 – 14 – 15 – 16 [D – A] y 2 – 3 – 4 – 5 [D – A] en el torno.

Todas las superficies han sido definidas con las máquinas mínimas a utilizar para desbaste y acabado. Las máquinas que se van a emplear son la fresadora vertical y el torno.

### 9.5. Agrupación de operaciones

En este punto ya se conocen los diferentes procesos – (operación) necesarios para la fabricación de la pieza y las máquinas que se van a emplear para llevarlo a cabo. A continuación, debemos agrupar los distintos procesos – (operación) que se realizan en cada máquina para cada una de las superficies, de forma que sin tener que cambiar de máquina ni cambiar la pieza de posición, podamos mecanizar el mayor número de superficies posibles. De esta forma, conseguimos reducir el número de utillajes a utilizar y por tanto reducimos el coste del proceso.

Para conseguir el objetivo de conocer cuántos amarres necesitamos, debemos seguir una serie de pasos, basándonos en la accesibilidad de la pieza. La accesibilidad se define en función de la dirección del punto de acceso a la pieza para poder realizar las operaciones de mecanizado. Por tanto, los pasos a seguir son los siguientes:

1. Nomenclatura de los distintos accesos.
2. Conocer qué acceso necesita cada operación
3. En función de los accesos de los distintos procesos – (operación) dentro de cada máquina, se definirá el amarre potencial, que es el que agrupa el mayor número de operaciones para cada acceso.

Para ello, se define la nomenclatura de accesos tal que:

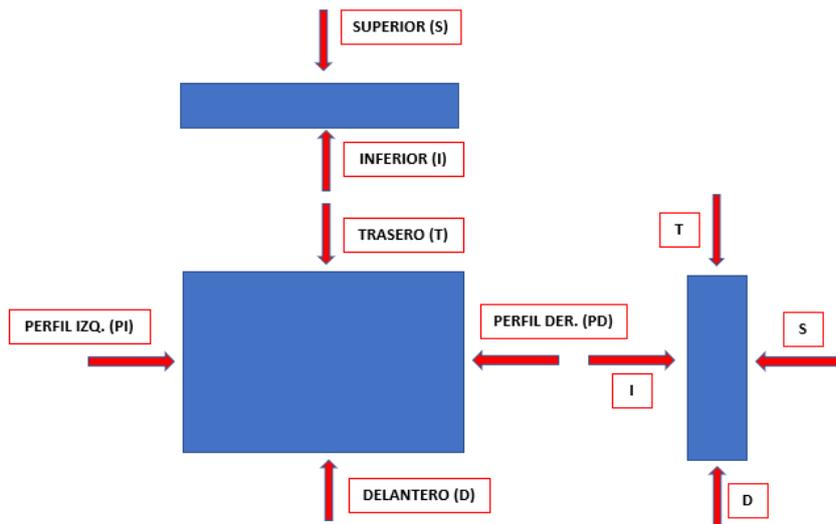


Figura 26. Accesos según pieza prismática

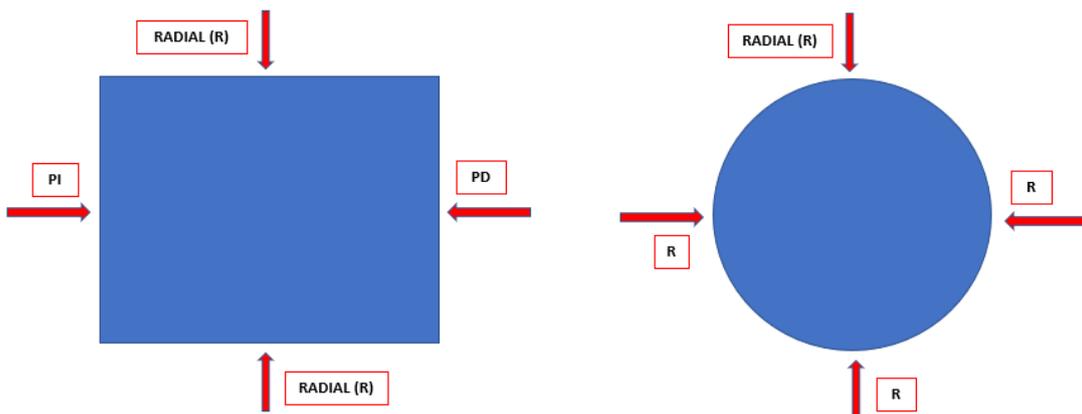


Figura 27. Accesos según pieza de revolución

Conociendo la nomenclatura de los accesos según el tipo de pieza, debemos conocer cuál es la dirección de acceso según la herramienta que tengamos. La dirección de acceso de una herramienta es la dirección que ocupa esta cuando está realizando una operación, de forma que:

- En las herramientas de revolución vertical, la dirección de acceso es el eje de esta.
- En las herramientas de revolución horizontal, la dirección de acceso es el radio de esta.
- En las herramientas que no tienen revolución, la dirección de acceso es la dirección de avance de esta.

En el caso de particular de las piezas de revolución, los amarres pueden llegar a tapar las superficies con acceso radial, como el caso del plato de garras, y perfil, en el caso de utilizar el punto, por lo que es necesario la realización de 2 amarres.

- La parte de la pieza que está cercana al perfil derecho
- La parte de la pieza que está cercana al perfil izquierdo.

Por tanto, para piezas de revolución como el caso que estamos estudiando, será necesario indicar si la superficie se encuentra próxima al perfil izquierdo o derecho.

A continuación, se muestra la tabla resumen de los diferentes amarres necesarios en función de la máquina utilizada y de la agrupación de superficies con el mismo acceso.

Máquina	Acceso	Superficie	Proceso – (operación)
Fresadora vertical	PI	1	Fresado – (taladrado) [D] Fresado – (escariado) [A]
		11	Fresado – (taladrado) [D] Fresado – (roscado) [A]
	PD	6	Fresado frontal periférico – (ranurado) [D]
		7	Fresado periférico – (planeado) [D – A]
		8	Fresado periférico – (planeado) [D – A]
		9	Fresado frontal periférico – (ranurado) [D]
		13	Fresado periférico – (forma) [D – A]
		17	Fresado frontal periférico – (ranurado) [D]
Torno	R (PD)	10	Torneado – (refrentado) [D – A]
	PD	12	Torneado (cilindrado) [D – A]
		14	Torneado (ranurado radial) [D]
		15	Torneado (ranurado radial) [D]

	PI	16	Torneado (ranurado radial) [D]
		2	Torneado – (mandrinado) [D – A]
		3 – 4	Torneado – (mandrinado) [D – A]
		5	Torneado – (refrentado) [D – A]

Tabla 6. Posibles accesos según los amarres potenciales

### 9.6. Secuenciación de máquinas

En cuanto a la secuenciación del Plan de Procesos, no se puede ordenar el orden en el que se utilizarán las distintas máquinas sin tener en cuenta los amarres que se van a utilizar ni el orden de los diferentes procesos – (operación). De esta forma, en este primer paso de la secuenciación se deberá tener en cuenta la secuenciación de estos aspectos para poder establecer un orden entre las máquinas.

Para la secuenciación de las máquinas, amarres y procesos – (operación) debemos tener en cuenta:

- La facilidad de los distintos amarres: a medida que se mecaniza la pieza, el material en bruto va cambiando su geometría de forma que los amarres van siendo cada vez más complejos. De forma que se deben ir eliminando los distintos volúmenes de mecanizado en función de su geometría, de mayor a menor dificultad.
- Precedencias entre operaciones: en este caso se tiene en cuenta la superposición de los volúmenes de mecanizado. No se podrá realizar un roscado sin primero eliminar el volumen para crear el agujero, por ejemplo.

En el caso del proyecto que se está realizando, se ha resumido el Plan de Procesos a dos máquinas de mecanizado, por lo que la secuenciación de máquinas la podemos observar en la tabla siguiente.

Máquina	Acceso	Superficie	Proceso – (operación)
Torno	R (PD)	10	Torneado – (refrentado) [D – A]
	PD	12	Torneado (cilindrado) [D – A]
		14	Torneado (ranurado radial) [D]
		15	Torneado (ranurado radial) [D]

	PI	16	Torneado (ranurado radial) [D]
		2	Torneado – (mandrinado) [D – A]
		3 – 4	Torneado – (mandrinado) [D – A]
		5	Torneado – (refrentado) [D – A]
Fresadora vertical	PI	1	Fresado – (taladrado) [D] Fresado – (escariado) [A]
		11	Fresado – (taladrado) [D] Fresado – (roscado) [A]
	PD	6	Fresado frontal periférico – (ranurado) [D]
		7	Fresado periférico – (planeado) [D – A]
		8	Fresado periférico – (planeado) [D – A]
		9	Fresado frontal periférico – (ranurado) [D]
		13	Fresado periférico – (forma) [D – A]
17	Fresado frontal periférico – (ranurado) [D]		

Tabla 7. Secuenciación en función de las máquinas herramienta

Teniendo en cuenta el factor de la superposición de volúmenes, no tendría sentido mecanizar la superficie 6 o la 13, sin antes haber realizado el proceso – (operación de la superficie 2, la cual se realiza con el torno.

### 9.7. Secuenciación de amarres

En este apartado, siguiendo con las recomendaciones de secuenciación descritas en el apartado anterior, se deben organizar el orden de los amarres dentro de cada máquina. Para ello, se tendrá en cuenta la precedencia de las operaciones a realizar siempre y cuando la facilidad de amarre no se vea afectada.

Máquina	Acceso	Superficie	Proceso – (operación)	
Torno	R (PD)	10	Torneado – (refrentado) [D – A]	
	PD	12	Torneado (cilindrado) [D – A]	
		14	Torneado (ranurado radial) [D]	
		15	Torneado (ranurado radial) [D]	
		16	Torneado (ranurado radial) [D]	
		2	Torneado – (mandrinado) [D – A]	
	PI	12	Torneado (cilindrado) [D – A]	
		3 – 4	Torneado – (mandrinado) [D – A]	
		5	Torneado – (refrentado) [D – A]	
		1	Fresado – (taladrado) [D] Fresado – (escariado) [A]	
	Fresadora vertical	PI	11	Fresado – (taladrado) [D] Fresado – (roscado) [A]
			6	Fresado frontal periférico – (ranurado) [D]
PD		7	Fresado periférico – (planeado) [D – A]	
		8	Fresado periférico – (planeado) [D – A]	
		9	Fresado frontal periférico – (ranurado) [D]	
		13	Fresado periférico – (forma) [D – A]	
		17	Fresado frontal periférico – (ranurado) [D]	

Tabla 8. Secuenciación según los amarres elegidos

Podemos observar que la superficie 12 tiene dos fases de mecanizado. Esto se debe a que se ha previsto utilizar un plato de 3 garras para mecanizar las superficies del torno, y esto implica que no se podría mecanizar toda la superficie. De esta forma, aparece tanto en el amarre realizado en el perfil derecho como en el izquierdo.

### 9.8. Selección de utillajes de amarres

Para poder definir los utillajes que se van a utilizar para cada acceso, se deben tener en cuenta una serie de factores:

- El utillaje debe permitir la correcta sujeción de la pieza y el posterior mecanizado de todas las superficies contempladas en el acceso seleccionado.
- Si no se cumple el criterio anterior, la superficie que no se pueda mecanizar íntegramente con un solo utillaje, se debe dividir el grupo de procesos – (operación) en subgrupos. Por ejemplo, como se ha comentado para la superficie 12.
- Un único utillaje puede permitir la realización de los procesos – (operación) de distintos accesos. Por ejemplo, si se utiliza un utillaje entre puntos en el torno, nos permitiría un acceso radial y por el perfil derecho o izquierdo.

Otro aspecto muy importante a tener en cuenta en este apartado es el coste de los utillajes. Como se ha comentado en el proceso de secuenciación de máquinas, se debía tener en cuenta la secuenciación de utillajes y de procesos – (operación), por lo que hasta este punto se ha podido intuir el coste de los utillajes en función de su complejidad. A continuación, observamos una tabla con los costes de preparación de los utillajes, que será determinante a la hora de escoger uno u otro.

Máquina	Coste de preparación [€]	Utillaje	Coste utillaje [€]
Torno Rectificadora cilíndrica	Máquina: 200 Operación de rectificado: 500	Plato de 4 garras	540
		Plato de 3 garras	70
		Plato y punto	200
		Entre puntos	300
Fresadora vertical y horizontal	Máquina: 200	Mordaza	140
		Plato de 3 garras vertical	200
		Plato de 4 garras horizontal	270
		Plato de 3 garras horizontal y punto	400
		Bridas	540
Rectificadora plana	Máquina: 200	Plato magnético	170

	Operación de rectificado: 500	Mordaza	140
		Plato de 3 garras vertical	200
		Plato de 3 garras horizontal	270
		Plato de 3 garras horizontal y punto	400
		Bridas	540
<b>Información</b>	Las mordazas están disponibles en cualquier dimensión		
<b>Restricción</b>	Longitud mínima de amarre de las garras $L \geq 8 \text{ mm}$		
<b>Restricción</b>	Diámetro mínimo para plato interior $D \geq 25 \text{ mm}$		

Tabla 9. Costes establecidos para el mecanizado

En este apartado encontraremos dos tablas. La primera tabla nos dará la información del utillaje escogido en función de la dirección de acceso escogida para cada máquina, mientras que la segunda nos indicará las diferentes superficies de referencia y de fuerza de los distintos utillajes para cada máquina seleccionada.

Máquina	Utillaje	Acceso	Superficie	Proceso – (operación)
Torno	Plato de 3 garras	PI	2	Torneado – (mandrinado) [D – A]
			3 – 4	Torneado – (mandrinado) [D – A]
			5	Torneado – (refrentado) [D – A]
	Plato de 3 garras	R (PD)	10	Torneado – (refrentado) [D – A]
			12	Torneado (cilindrado) [D – A]
		PD	14	Torneado (ranurado radial) [D]
			15	Torneado (ranurado radial) [D]
			16	Torneado (ranurado radial) [D]
Fresadora vertical	Mordaza	PI	1	Fresado – (taladrado) [D] Fresado – (escariado) [A]
			11	Fresado – (taladrado) [D] Fresado – (roscado) [A]
	Mordaza	PD	6	Fresado frontal periférico – (ranurado) [D]
			7	Fresado periférico – (planeado) [D – A]
			8	Fresado periférico – (planeado) [D – A]
			9	Fresado frontal periférico – (ranurado) [D]
			13	Fresado periférico – (forma) [D – A]

			17	Fresado frontal periférico – (ranurado) [D]
--	--	--	----	--

Tabla 10. Utillajes empleados en el plan de procesos de la carcasa

Una vez se han definido los diferentes utillajes para la realización de los procesos – (operación) a realizar en las diferentes superficies, se define la segunda tabla como se ha comentado.

Máquina	Utillaje	Superficie de referencia	Superficie de fuerza
Torno	Plato de 3 garras	Referencia 1: B1 Referencia 2: B3	B3
	Plato de 3 garras	Referencia 1: 5 Referencia 2: 2	2
Fresadora vertical	Mordaza	Referencia 1: 12 Referencia 2: 12 Referencia 3: 10	12
	Mordaza	Referencia 1: 12 Referencia 2: 12 Referencia 3: 5	12

Tabla 11. Superficies de referencia de los utillajes empleados

Para la selección de las superficies de referencia, se ha seguido el siguiente criterio: “Si hubiese varias superficies posibles para alguna de las referencias, se seleccionará la que tenga la tolerancia más estrecha respecto a las superficies a mecanizar”. (GONZÁLEZ CONTRERAS & MESEGUER CALAS, 2015, pág. 43)

### 9.9. Secuenciación de procesos – (operación)

Este es el último apartado de la Planificación del Plan de Procesos de nuestra pieza objetivo. En este caso, se deben organizar según la precedencia, las diferentes operaciones a realizar en cada superficie, de forma que obtengamos una tabla final con la secuenciación definitiva de los diferentes procesos, junto a los utillajes a utilizar en las diferentes máquinas para las superficies a mecanizar.

Debemos seguir los criterios mencionados anteriormente en el apartado de secuenciación de máquinas, pero debemos tener en cuenta dos factores en este último paso del Plan de Procesos.

- Los volúmenes se eliminan del exterior hacia el interior.
- Para no dañar las superficies finales, los desbastes se realizan antes que los acabados.

Por tanto, la planificación final para la fabricación en serie de 200 carcasas que componen un plato de 4 garras independientes se recoge en la siguiente tabla.

Máquina	Utilaje	Superficie	Proceso – (operación)
Torno	Plato de 3 garras (Sección 1)	5	Torneado – (refrentado) [D]
		3 – 4	Torneado – (mandrinado) [D]
		2	Torneado – (mandrinado) [D]
		5	Torneado – (refrentado) [A]
		3 – 4	Torneado – (mandrinado) [A]
		2	Torneado – (mandrinado) [A]
	Plato de 3 garras (Sección 2)	10	Torneado – (refrentado) [D]
		12	Torneado (cilindrado) [D]
		14	Torneado (ranurado radial) [D]
		15	Torneado (ranurado radial) [D]
		16	Torneado (ranurado radial) [D]
		10	Torneado – (refrentado) [A]
		12	Torneado (cilindrado) [A]
		Fresadora vertical	Plato de 3 garras vertical (Sección 3)
11	Fresado – (taladrado) [D]		
1	Fresado – (escariado) [A]		
11	Fresado – (roscado) [A]		
Plato de 3 garras vertical (Sección 4)	8		Fresado periférico – (planeado) [D]
	6		Fresado frontal periférico – (ranurado) [D]
	7		Fresado periférico – (planeado) [D]
	9		Fresado frontal periférico – (ranurado) [D]
	13		Fresado periférico – (forma) [D]
	8		Fresado periférico – (planeado) [A]
	7		Fresado periférico – (planeado) [A]
	13		Fresado periférico – (forma) [A]
	17		Fresado frontal periférico – (ranurado) [D]

Tabla 12. Plan de procesos de la carcasa

## 10. Bibliografía

- AENOR. (2021). *Buscador de normas*. Obtenido de <https://tienda.aenor.com>
- ARELLANO PALACIOS, J. A. (2014). *Manual de prácticas del torno convencional*. México: Instituto tecnológico de Puebla.
- COROMANT, S. (2021). *Herramientas de mecanizado*. Obtenido de <https://www.sandvik.coromant.com>
- ESTREMS AMESTOY, M. (2003). *Apuntes de Tecnología de Fabricación*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- GONZALEZ CONTRERAS, F. [. (2015). *Control numérico.: marco y fundamentos*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- GONZÁLEZ CONTRERAS, F., & MESEGUER CALAS, M. D. (2015). *Planificación de procesos de mecanizado*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- KALPAKJIAN, S. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología. Quinta edición*. México: Pearson Educación.
- MECÁNICA, D. D. (s.f.). *Torneado - Máquinas*. País Vasco: Universidad del País Vasco.
- PLANES, F. (30 de Noviembre de 2019). *Mecanizado por arranque de viruta*. Obtenido de <https://ferrosplanes.com>
- STANSER. (26 de Septiembre de 2018). *¿Cómo funcionan las fresadoras CNC?* Obtenido de <https://www.stanser.com>





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# TRABAJO DE FIN DE GRADO

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Grado en Ingeniería Mecánica

# DOCUMENTO N.º 1

# MEMORIA

## Anejo 1: Características de las máquinas – herramienta

Realizado por: Rubén Fernández Jaramillo

Tutorizado por: Francisco González Conteras

Curso académico: 2020/2021

## 1. Características del torno CNC

Características Torno CNC Tongtai TD-2500YBC			
<b>Torreta</b>		<b>Potencia</b>	
Tipo	VDI - 40 [VDI - 30] / BMT - 65 [BMT - 55]	Motor husillo	5,5 / 3,7 kW
<b>Carreras y dimensiones</b>		Avance rápido ejes X - Y	30 / 15 / 30 / 30 m/min
Recorrido ejes X - Z	230 / ± 51 / 600 / 630 mm	Velocidad corte	0,001 - 5000 mm/rev
Diámetro del rodamiento del husillo	120 - 130 mm	Motor	18,5 / 15 / 11 kW
Diámetro máximo de volteo	700 mm	<b>Peso y dimensiones</b>	
Diametro máximo de volteo sobre el carro	310 mm	Volumen	3040x2180x2337 mm
Diámetro máximo de torneado	390 [410] / 360 [370] mm	Peso	6600 kg
Distancia entre puntos	560 [570] / 530 [535] mm	<b>Herramientas</b>	
<b>Husillo</b>		Cono	VDI - 40 [VDI - 30] / BMT - 65 [BMT - 55]
Cono	A2 - 8	Número herramientas	12 [16] / 12 [16]
Velocidad	3500 rpm	Diámetro exterior	25x25 [20x20] / 25x25 [20x20]
Tamaño del plato	10"	Diámetro interior	40 [32] / 40 [32]
Diámetro interior	77-86 mm	Diámetro máximo	20 M16 [16 M14] / 20 M16 [16 M14]
Capacidad barras	64-74 mm	Velocidad máxima	6000 rpm
Incremento indexación mínimo eje CS	0,001 °		
<b>Sub husillo</b>			
Cono	A2 - 5		
Tamaño del plato	6"		
Diámetro interior	35 mm		
Diámetro rodamiento	90 mm		
Incremento indexación mínimo eje CS	0,001 °		

Tabla 13. Características torno CNC



Figura 28. Torno CNC Tongtai

## 2. Características de la fresadora CNC

Características Fresadora M-6	
<b>Mesa de trabajo</b>	
Superficie	1340x400 mm
Número de ranuras y medidas	3 - 16x64 mm
Carga máxima admisible	1000 kgs
<b>Carreras y distancias</b>	
Carrera longitudinal en eje X	1000 mm
Carrera longitudinal en eje Y	500 mm
Carrera longitudinal en eje Z	530 mm
Distancia de husillo a la mesa	90 - 630 mm
Distancia de husillo a la columna	460 mm
<b>Cabezal</b>	
Cono agujero husillo	BT-40
Sistema de fijación de la herramienta	Neumático
Gama de velocidades	1 / 6000 rpm
Nariz del husillo	70
<b>Tornillo a bolas y avances</b>	
Diámetro de tonillos X - Z	32 mm
Avances rápidos X - Y	18000 mm/min
Avances rápidos Z	10000 mm/min
Avances de trabajo X - Y - Z	5000 mm/min
<b>Potencia</b>	
Motor principal	15 HP
Servomotores X - Y - Z	14,8 Nm
Motor bomba refrigerante	0,25 HP
<b>Peso y dimensiones</b>	
Volumen	2060x1860x2120 mm
Peso	2900 kg
Marca	Travis

Tabla 14. Características fresadora CNC



Figura 29. Fresadora M-6





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# TRABAJO DE FIN DE GRADO

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Grado en Ingeniería Mecánica

# DOCUMENTO N.º 1

# MEMORIA

## **Anejo 2: Programa CNC del plan de procesos**

Realizado por: Rubén Fernández Jaramillo

Tutorizado por: Francisco González Conteras

Curso académico: 2020/2021

## Sección 1

N010 (ORGX54=0, ORGZ54=0)

N015 G54

N020 G71 G90 G95 G96

N025 G0 X100 Z100

N030 T1.1

N035 M6

N040 S150 M4 M8

N045 G0 X204 Z76

N050 G1 X-10 F0.2

N055 G0 Z78

N060 X204

N065 S175

N070 Z74

N075 G1 X-10 F0.1

N080 G0 X100 Z100

N165 T16.16

N170 M6

N175 S50 M4 M8

N180 G0 X0 Z67

N185 G1 Z0 F0.1

N190 G0 Z100

N195 X100

N075 T2.2

N080 M6

N095 S100 M4 M8

N100 G0 X22 Z72

N105 G1 Z68 F0.1

N110 G0 X150

N115 Z74

N120 G0 X22 Z68

N125 G1 Z66 F0.1

N130 G0 X150

N135 Z68

N140 S175

N145 G0 X16

N150 Z65

N155 G1 X150 F0.05

N160 G0 Z70

N165 X100 Z100

N200 T8.8

N205 M6

N210 S100 M4 M8

N215 G0 X22 Z67

N220 G1 Z0 F0.1

N225 G0 Z67

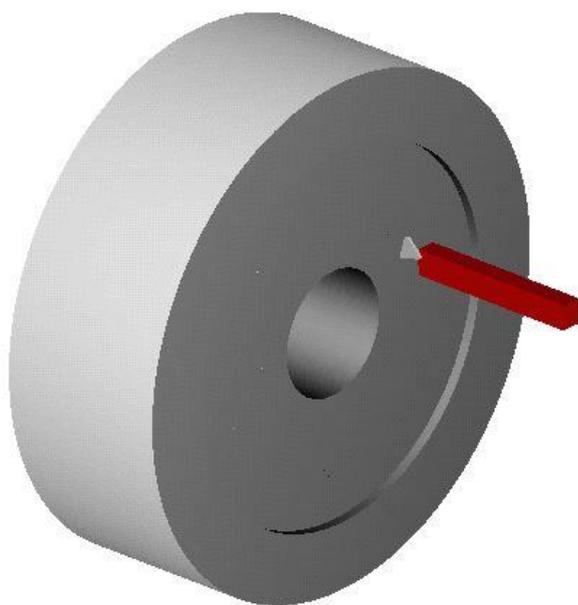
N230 X28

N235 G1 Z0 F0.1

N240 G0 Z67

Plan de procesos de fabricación para la carcasa de un plato de 4 garras independientes

N245 X34  
N250 G1 Z0 F0.1  
N255 G0 Z67  
N260 X40  
N265 G1 Z0 F0.1  
N270 G0 Z67  
N275 X46  
N280 G1 Z0 F0.1  
N285 G0 Z67  
N290 X47  
N295 G1 Z0 F0.1  
N300 G0 Z67  
N305 S125  
N310 G0 X50  
N315 G1 Z0 F0.1  
N320 G0 Z100  
N325 X100  
N330 M2



*Figura 30. Sección 1 del plan de procesos*

## Sección 2

N010 (ORGX54=0, ORGZ54=0)  
N015 G54  
N020 G71 G90 G95 G96  
N025 T1.1  
N030 M6  
N035 S150 M4 M8  
N040 G0 X204 Z76.5  
N045 G1 X-10 F0.2  
N050 G0 Z78  
N055 G0 X204  
N060 Z76  
N065 S175  
N070 G1 X-10 F0.1  
N075 G0 Z100  
N080 X100  
N085 T9.9  
N090 M6  
N095 S200 M4 M8  
N100 G0 X201 Z72  
N105 G1 Z-4 F0.25  
N110 G0 X204  
N115 Z70  
N120 S250  
N125 G0 X200  
N130 G1 Z-4 F0.1  
N135 G0 Z100  
N140 X100  
N145 T5.5  
N150 M6  
N155 S80 M4 M8  
N160 G0 X-164 Z72  
N165 G1 Z69 F0.08  
N170 G4 K2  
N175 G0 Z72  
N180 X-140  
N185 G1 Z69 F0.08  
N190 G4 K2  
N195 G0 Z72  
N200 X-116  
N205 G1 Z69 F0.08  
N210 G4 K2  
N215 G0 Z100  
N220 X100  
N225 M2

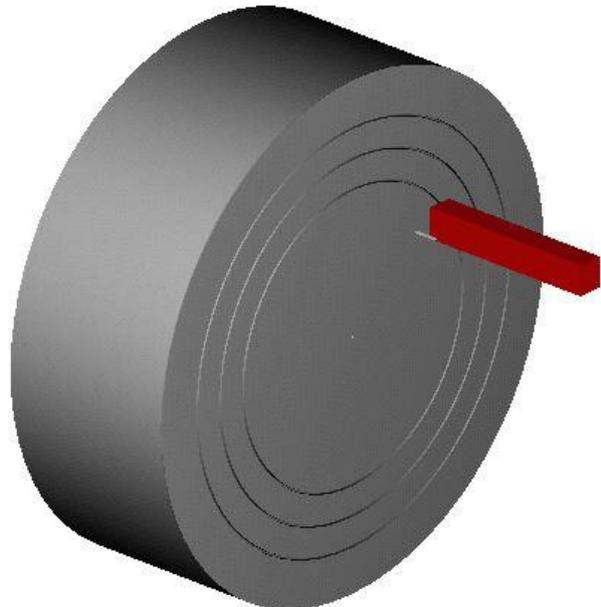


Figura 31. Sección 2 del plan de procesos

### Sección 3

N010 (ORGX54=0,ORGY54=0,ORGZ54=0)

N015 G54

N020 G71 G90 G94 G97

N025 G0 Z100

N030 T6.6

N035 M6

N040 S1500 M3 M8

N045 G0 Z74

N050 X-60 Y0

N055 G1 Z21.68 F150

N060 G4 K2

N065 G0 Z74

N070 X60 Y0

N075 G1 Z21.68 F150

N080 G4 K2

N085 G0 Z74

N090 X0 Y60

N095 G1 Z21.68 F150

N100 G4 K2

N105 G0 Z74

N110 X0 Y-60

N115 G1 Z21.68 F150

N120 G4 K2

N125 G0 Z100

N130 T9.9

N135 M6

N140 S500 M3 M8

N143 G0 Z100

N145 G0 Z74

N150 X0 Y-60

N155 G1 Z21.68 F75

N160 G4 K2

N165 G0 Z74

N170 X0 Y60

N175 G1 Z21.68 F75

N180 G4 K2

N185 G0 Z74

N190 X60 Y0

N195 G1 Z21.68 F75

N200 G4 K2

N205 G0 Z74

N210 X-60 Y0

N215 G1 Z21.68 F75

N220 G4 K2

N225 G0 Z100

N230 T5.5

N235 M6

N240 S1500 M3 M8

Plan de procesos de fabricación para la carcasa de un plato de 4 garras independientes

N245 G0 Z74  
N250 X61.872 Y61.872  
N255 G1 Z38 F150  
N260 G4 K2  
N265 G0 Z74  
N270 X61.872 Y-61.872  
N275 G1 Z38 F150  
N280 G4 K2  
N285 G0 Z74  
N290 X-61.872 Y-61.872  
N295 G1 Z38 F150  
N300 G4 K2  
N305 G0 Z74  
N310 X-61.872 Y61.872  
N315 G1 Z38 F150  
N320 G4 K2  
N325 G0 Z100  
N330 X100 Y100  
N335 T10.10  
N340 M6  
N345 S500 M3 M8  
N350 G0 Z74  
N355 X61.872 Y61.872  
N360 G1 Z38 F70  
N365 G4 K2  
N370 G0 Z74  
N375 X61.872 Y-61.872  
N380 G1 Z38 F70  
N385 G4 K2  
N390 G0 Z74  
N395 X-61.872 Y-61.872  
N400 G1 Z38 F70  
N405 G4 K2  
N410 G0 Z74  
N415 X-61.872 Y61.872  
N420 G1 Z38 F70  
N425 G4 K2  
N430 G0 Z100  
N435 X100 Y100  
N440 M2

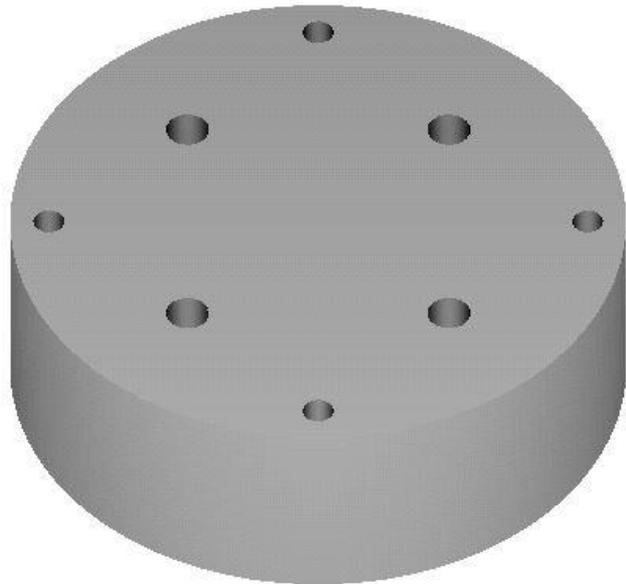


Figura 32. Sección 3 del plan de procesos

## Sección 4

N010 (ORGX54=0,ORGY54=0,ORGZ54=0)

N015 G54

N020 G71 G90 G94 G97

N025 G0 Z100

N030 T11.11

N035 M06

N040 S1200 M3 M8

N045 G0 Z65

N050 X-115 Y0

N055 G1 X115 F150

N060 G0 Z70

N065 X0 Y-105

N070 G0 Z65

N075 G1 Y115 F150

N080 G0 Z100

N085 X200 Y200

N090 T12.12

N095 M06

N100 S1500 M3 M8

N105 G0 X0 Y-112

N110 Z65

N115 G1 Y115 F100

N120 G0 Z70

N125 X-105 Y0

N130 G0 Z65

N135 G1 X115 F100

N140 G0 Z100

N145 X200 Y200

N150 T13.13

N155 M06

N160 S700 M3 M8

N165 G0 X0 Y-115

N170 Z62.5

N175 G1 Y115 F140

N180 G0 Z70

N185 X-105 Y0

N190 G0 Z62.5

N195 G1 X115 F140

N200 G0 Z100

N205 X200 Y200

N220 T11.11

N225 M06

N230 S1200 M3 M8

N235 G0 X-115 Y0

N240 Z60

N245 G1 X115 F150

N250 G0 Z70

N255 X0 Y-105

Plan de procesos de fabricación para la carcasa de un plato de 4 garras independientes

N260 G0 Z60  
N265 G1 Y115 F150  
N270 G0 Z100  
N275 X200 Y200  
N280 T12.12  
N285 M06  
N290 S1500 M3 M8  
N295 G0 X0 Y-115  
N300 Z60  
N305 G1 Y115 F100  
N310 G0 Z70  
N315 X-105 Y0  
N320 G0 Z60  
N325 G1 X115 F100  
N330 G0 Z100  
N335 X200 Y200  
N340 T14.14  
N345 M06  
N350 S700 M3 M8  
N355 G0 X0 Y-115  
N360 Z57  
N365 G1 Y115 F140  
N370 G0 Z70  
N375 X-105 Y0  
N380 G0 Z57  
N385 G1 X115 F140  
N390 G0 Z100  
N395 X200 Y200  
N400 T18.18  
N405 M06  
N410 S1200 M3 M8  
N415 G0 X-115 Y0  
N420 Z52.12  
N425 G1 X115 F150  
N430 G0 Z70  
N435 X0 Y-105  
N440 G0 Z52.12  
N445 G1 Y115 F150  
N450 G0 Z100  
N455 X200 Y200  
N460 T17.17  
N465 M06  
N470 S1500 M3 M8  
N475 G0 X0 Y-115  
N480 Z52.12  
N485 G1 Y115 F100  
N490 G0 Z70  
N495 X-105 Y0  
N500 G0 Z52.12  
N505 G1 X115 F100

Plan de procesos de fabricación para la carcasa de un plato de 4 garras independientes

N510 G0 Z100  
N515 X200 Y200  
N520 T15.15  
N525 M06  
N530 S1500 M3 M8  
N535 G0 X-115 Y0  
N540 Z45.12  
N545 G1 X115 F500  
N560 G0 Z70  
N565 X0 Y-105  
N570 G0 Z45.12  
N575 G1 Y115 F500  
N580 G0 Z100  
N585 X200 Y200  
N590 T16.16  
N595 M06  
N600 S500 M3 M8  
N605 G0 X0 Y-115  
N610 Z45.12  
N615 G1 Y115 F75  
N620 G0 Z70  
N625 X-105 Y0  
N630 G0 Z45.12  
N635 G1 X115 F75  
N640 G0 Z100  
N645 X200 Y200  
N650 M2

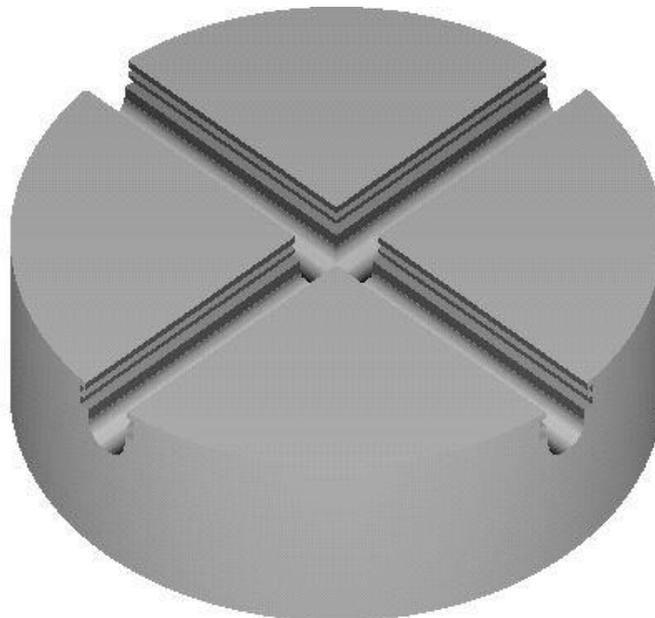


Figura 33. Sección 4 del plan de procesos





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# TRABAJO DE FIN DE GRADO

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño  
Grado en Ingeniería Mecánica

# DOCUMENTO N.º 1

# MEMORIA

## **Anejo 3: Características de las herramientas empleadas**

Realizado por: Rubén Fernández Jaramillo

Tutorizado por: Francisco González Conteras

Curso académico: 2020/2021

## Sección 1

<b>Herramienta:</b>						
Número	Nombre					
1	Cilin.-Refre. Exteriores					
Tipo	Parámetros			Mango		
Cuadrada	Anchura placa:	8.000		Longitud:	70.000	
				Anchura:	12.000	
	Angulo corte:	45.000		Angulo:	5.000	
				Separación X:	5.000	
				Separación Z:	-2.000	
Corrector						
Número	Longitud X	Longitud Z	Radio hta.	Código forma	Desgaste X	Desgaste Z
1	0.000	0.000	0.400	0	0.000	0.000

<b>Herramienta:</b>						
Número	Nombre					
2	Cilin.-Refre. Exteriores					
Tipo	Parámetros			Mango		
Rómbica	Anchura placa:	7.000		Longitud:	70.000	
				Anchura:	12.000	
	Angulo corte:	30.000		Angulo:	30.000	
	Angulo placa:	60.000		Separación X:	-6.000	
				Separación Z:	8.000	
Corrector						
Número	Longitud X	Longitud Z	Radio hta.	Código forma	Desgaste X	Desgaste Z
2	0.000	0.000	0.000	4	0.000	0.000

<b>Herramienta:</b>						
Número	Nombre					
8	Cilin.-Refre. Interiores					
Tipo	Parámetros			Mango		
Triangular	Anchura placa:	10.000		Longitud:	70.000	
				Anchura:	10.000	
	Angulo corte:	135.000		Angulo:	5.000	
				Separación X:	4.000	
				Separación Z:	5.000	
Corrector						
Número	Longitud X	Longitud Z	Radio hta.	Código forma	Desgaste X	Desgaste Z
8	0.000	0.000	0.400	5	0.000	0.000

<b>Herramienta:</b>						
Número	Nombre					
16	Taladro					
Tipo	Parámetros			Mango		
Broca	Longitud:	100.000		Longitud:	70.000	
	Diámetro:	22.000		Anchura:	12.000	
	Angulo placa:	80.000		Angulo:	5.000	
				Separación X:	1.000	
				Separación Z:	80.000	
Corrector						
Número	Longitud X	Longitud Z	Radio hta.	Código forma	Desgaste X	Desgaste Z
16	0.000	0.000	0.000	5	0.000	0.000

## Sección 2

<b>Herramienta:</b>						
Número	Nombre					
1	SCLCL Desbastar Exteriores					
Tipo	Parámetros			Mango		
Cuadrada	Anchura placa:	8.000	Longitud:	70.000		
	Angulo corte:	45.000	Anchura:	12.000		
			Angulo:	5.000		
			Separación X:	1.000		
			Separación Z:	1.000		
Corrector						
Número	Longitud X	Longitud Z	Radio hta.	Código forma	Desgaste X	Desgaste Z
1	0.000	0.000	0.200	0	0.000	0.000

<b>Herramienta:</b>						
Número	Nombre					
5	XLCFL Tronzar-Ranurar Exteriores					
Tipo	Parámetros			Mango		
Ranurar	Altura placa:	1.000	Longitud:	70.000		
	Diámetro:	10.000	Anchura:	12.000		
	Angulo corte:	90.000	Angulo:	0.000		
			Separación X:	0.000		
			Separación Z:	7.000		
Corrector						
Número	Longitud X	Longitud Z	Radio hta.	Código forma	Desgaste X	Desgaste Z
5	0.000	0.000	0.000	4	0.000	0.000

<b>Herramienta:</b>						
Número	Nombre					
9	Cilindrado					
Tipo	Parámetros			Mango		
Rómbica	Anchura placa:	9.000	Longitud:	70.000		
	Angulo corte:	95.000	Anchura:	12.000		
	Angulo placa:	80.000	Angulo:	5.000		
			Separación X:	5.000		
			Separación Z:	2.000		
Corrector						
Número	Longitud X	Longitud Z	Radio hta.	Código forma	Desgaste X	Desgaste Z
9	0.000	0.000	0.200	3	0.000	0.000

### Sección 3

<b>Herramienta:</b>				
Número	Nombre			
5	Broca D9.6			
Tipo	Parámetros		Mango	
Cilíndrica	Diámetro:	9.600	Diámetro:	6.000
	Longitud:	30.000	Longitud:	10.000
Porta Pinzas				
Tipo	Diámetro	Longitud		
Corrector				
Número	Diámetro	Longitud	Desgaste R	Desgaste L
5	6.000	0.000	0.000	0.000

<b>Herramienta:</b>				
Número	Nombre			
6	BrocaD13			
Tipo	Parámetros		Mango	
Cilíndrica	Diámetro:	14.000	Diámetro:	4.000
	Longitud:	30.000	Longitud:	10.000
Porta Pinzas				
Tipo	Diámetro	Longitud		
Cilíndrico	5.000	10.000		
Corrector				
Número	Diámetro	Longitud	Desgaste R	Desgaste L
6	2.000	0.000	0.000	0.000

<b>Herramienta:</b>				
Número	Nombre			
9	Escariar D14			
Tipo	Parámetros		Mango	
Cilíndrica	Diámetro:	14.000	Diámetro:	5.000
	Longitud:	30.000	Longitud:	10.000
Porta Pinzas				
Tipo	Diámetro	Longitud		
Cilíndrico	5.000	10.000		
Corrector				
Número	Diámetro	Longitud	Desgaste R	Desgaste L
9	6.000	0.000	0.000	0.000

<b>Herramienta:</b>				
Número	Nombre			
10	Roscado D10			
Tipo	Parámetros		Mango	
Cilíndrica	Diámetro:	10.000	Diámetro:	5.000
	Longitud:	30.000	Longitud:	10.000
Porta Pinzas				
Tipo	Diámetro	Longitud		
Corrector				
Número	Diámetro	Longitud	Desgaste R	Desgaste L
10	6.000	0.000	0.000	0.000

## Sección 4

<b>Herramienta:</b>				
Número	Nombre			
11	Fresa D17			
Tipo	Parámetros		Mango	
Cilíndrica	Diámetro:	17.700	Diámetro:	6.000
	Longitud:	30.000	Longitud:	10.000
Porta Pinzas				
Tipo	Diámetro	Longitud		
Corrector				
Número	Diámetro	Longitud	Desgaste R	Desgaste L
11	6.000	0.000	0.000	0.000

<b>Herramienta:</b>				
Número	Nombre			
12	Fresa D17.7			
Tipo	Parámetros		Mango	
Cilíndrica	Diámetro:	17.700	Diámetro:	5.000
	Longitud:	30.000	Longitud:	10.000
Porta Pinzas				
Tipo	Diámetro	Longitud		
Corrector				
Número	Diámetro	Longitud	Desgaste R	Desgaste L
12	6.000	0.000	0.000	0.000

<b>Herramienta:</b>				
Número	Nombre			
13	Fresa ranura D22.7X2.5			
Tipo	Parámetros		Mango	
Cilíndrica	Diámetro:	22.700	Diámetro:	5.000
	Longitud:	2.500	Longitud:	30.000
Porta Pinzas				
Tipo	Diámetro	Longitud		
Corrector				
Número	Diámetro	Longitud	Desgaste R	Desgaste L
13	6.000	0.000	0.000	0.000

Plan de procesos de fabricación para la carcasa de un plato de 4 garras independientes

<b>Herramienta:</b>				
Número	Nombre			
14	Fresa ranura D22.7X3.5			
Tipo	Parámetros		Mango	
Cilíndrica	Diámetro:	22.700	Diámetro:	5.000
	Longitud:	3.500	Longitud:	30.000
Porta Pinzas				
Tipo	Diámetro	Longitud		
Corrector				
Número	Diámetro	Longitud	Desgaste R	Desgaste L
14	6.000	0.000	0.000	0.000

<b>Herramienta:</b>				
Número	Nombre			
15	Fresa bola D15			
Tipo	Parámetros		Mango	
Esférica	Diámetro:	15.000	Diámetro:	5.000
			Longitud:	30.000
Porta Pinzas				
Tipo	Diámetro	Longitud		
Corrector				
Número	Diámetro	Longitud	Desgaste R	Desgaste L
15	6.000	0.000	0.000	0.000

<b>Herramienta:</b>				
Número	Nombre			
16	Fresa bola D16			
Tipo	Parámetros		Mango	
Esférica	Diámetro:	16.000	Diámetro:	5.000
			Longitud:	30.000
Porta Pinzas				
Tipo	Diámetro	Longitud		
Corrector				
Número	Diámetro	Longitud	Desgaste R	Desgaste L
16	6.000	0.000	0.000	0.000

Plan de procesos de fabricación para la carcasa de un plato de 4 garras independientes

<b>Herramienta:</b>				
Número	Nombre			
17	Fresa D16			
Tipo	Parámetros		Mango	
Cilíndrica	Diámetro:	16.000	Diámetro:	5.000
	Longitud:	30.000	Longitud:	30.000
Porta Pinzas				
Tipo	Diámetro	Longitud		
Corrector				
Número	Diámetro	Longitud	Desgaste R	Desgaste L
17	6.000	0.000	0.000	0.000

<b>Herramienta:</b>				
Número	Nombre			
18	Fresa D15			
Tipo	Parámetros		Mango	
Cilíndrica	Diámetro:	15.000	Diámetro:	5.000
	Longitud:	30.000	Longitud:	30.000
Porta Pinzas				
Tipo	Diámetro	Longitud		
Corrector				
Número	Diámetro	Longitud	Desgaste R	Desgaste L
18	6.000	0.000	0.000	0.000

Plan de procesos de fabricación para la carcasa de un plato de 4 garras independientes



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# TRABAJO DE FIN DE GRADO

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Grado en Ingeniería Mecánica

# **DOCUMENTO N.º 2**

# **PLIEGO DE**

# **CONDICIONES**

# **TÉCNICAS**

Realizado por: Rubén Fernández Jaramillo

Tutorizado por: Francisco González Conteras

Curso académico: 2020/2021



## Contenido

1. CONDICIONES GENERALES.....	4
1.1. Objeto del pliego .....	4
1.2. Medidas de seguridad.....	4
1.2.1. Seguridad en la pieza final .....	4
1.2.2. Seguridad en las máquinas – herramienta.....	4
1.2.3. Seguridad de los trabajadores .....	5
2. CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES .....	5
2.1. Condiciones de los materiales .....	5
2.1.1. Características del suministro de los materiales .....	5
2.1.2. Características de la materia prima .....	6
2.1.3. Características de las herramientas.....	6
3. CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN ...	6
3.1. Control de la ejecución.....	6
3.2. Control de calidad .....	7
4. PRUEBAS Y AJUSTES FINALES O DE SERVICIO .....	7

## 1. CONDICIONES GENERALES

### 1.1. Objeto del pliego

El presente Pliego de Condiciones Técnicas regula todos aquellos trabajos de los diferentes oficios necesarios para la ejecución del proyecto de fabricación de la carcasa de un plato de 4 garras independientes, que se pretende instalar en un torno CNC, garantizando el cumplimiento de todos los requerimientos de seguridad que establece la normativa vigente.

Por tanto, el presente Pliego ha de servir como documentación técnica necesaria, tanto para la realización del mismo como para la obtención de los correspondientes Permisos Administrativos para su posterior puesta en funcionamiento.

La fabricación de la pieza en cuestión incluye:

- La adquisición de las materias primas, su almacenamiento y correcta utilización en el proceso de fabricación.
- La aplicación de todas las medidas de seguridad y salud que, respecto a la utilización de equipos y máquinas, establece la normativa.
- El desarrollo de un ciclo productivo con capacidad para adaptarse a las variaciones de la demanda.
- El cumplimiento de unas especificaciones de funcionamiento, de seguridad y de calidad en el producto final.

### 1.2. Medidas de seguridad

#### 1.2.1. Seguridad en la pieza final

No debe presentar aristas vivas o cortantes, así como otros elementos no deseados que puedan provocar lesiones.

La carcasa se debe fabricar partiendo de un único bloque, no permitiendo la unión de diferentes piezas para obtener la pieza final.

Se debe asegurar su correcta fijación a los diferentes elementos del plato de garras previamente a su puesta en funcionamiento.

#### 1.2.2. Seguridad en las máquinas – herramienta

Todas las máquinas empleadas en el proceso de fabricación llevarán el marcado CE.

Las características técnicas de las máquinas permanecerán visibles, así como sus manuales y planos constructivos que serán proporcionados por el fabricante.

Se debe asegurar la correcta fijación de las piezas en los diferentes amarres empleados en el torno y en la fresadora antes de iniciar el mecanizado.

Se debe asegurar que los elementos de amarre están correctamente fijados a la máquina empleada antes de iniciar el mecanizado

Las máquinas empleadas deben disponer de un botón de seguridad para detener el trabajo inmediatamente en el caso de ser necesario.

El torno y la fresadora deben disponer de una pantalla de seguridad para proteger al operario frente a las proyecciones que puedan producirse en el mecanizado.

### 1.2.3. Seguridad de los trabajadores

Los trabajadores deben ser informados de los riesgos presentes en el trabajo que desempeñan, así como las medidas de prevención y protección disponibles.

En función de los riesgos que se pueden presentar en el trabajo, los operarios necesitan: casco, guantes, gafas, mono de trabajo, zapatos de seguridad o protección respiratoria.

Mantener el puesto de trabajo libre de objetos que puedan intervenir en el trabajo a desarrollar de forma indeseable, así como mantenerlo limpio con el fin de evitar caídas.

Utilizar, transportar y guardar las herramientas de forma ordenada y responsable

Si se puede producir niveles de sonido superiores a lo permitido, se emplearán protectores auditivos.

## 2. CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES

### 2.1. Condiciones de los materiales

#### 2.1.1. Características del suministro de los materiales

No se aceptarán materiales que no se ajusten a las características acordadas con el proveedor. Se requerirá a la empresa suministradora los certificados de composición, propiedades y características técnicas.

Los materiales que se reciban deberán estar bien sellados e identificados por parte del proveedor.

Plan de procesos de fabricación para la carcasa de un plato de 4 garras independientes

No se aceptará materia prima que presente irregularidades o defectos de embalaje o propio del material.

#### 2.1.2. Características de la materia prima

Se inspeccionará visualmente el estado superficial de la pieza, asegurándose que no presenta golpes, corrosión...

Se comprobará que las dimensiones de la pieza se ajustan a lo que se ha solicitado mediante un proceso de medición.

El material en bruto será acero F-114 y las dimensiones serán Ø204x72 mm

#### 2.1.3. Características de las herramientas

Se comprobará que las herramientas cumplen con la normativa vigente. También se comprobará que no presentan ninguna imperfección y que son aptas para utilizar.

Las herramientas deben ser verificadas periódicamente asegurando que cumplen correctamente su función.

Las herramientas de corte deben estar en perfecto estado antes de comenzar a trabajar. Se debe asegurar que están afiladas para que no se produzcan imperfecciones en las piezas a mecanizar.

Las herramientas deben guardarse cuando no se tengan que emplear, asegurando que no intervienen en ningún proceso de fabricación

### 3. CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

#### 3.1. Control de la ejecución

Se debe seguir estrictamente el orden estipulado en el proyecto en cuanto a la fabricación de las carcasas.

No se debe contemplar otro proceso de fabricación u otras máquinas – herramienta que no sean los especificados en el plan de procesos de fabricación.

La fabricación se hará atendiendo a los planos de diseño y a los comentarios realizados en la memoria y en los anejos. No se deben emplear materiales o herramientas que no sean las especificadas en el proyecto.

Plan de procesos de fabricación para la carcasa de un plato de 4 garras independientes

Se debe proporcionar el plan de procesos al responsable de fabricación, los planos y los recursos materiales necesarios para el mecanizado.

El contratista está obligado a recurrir al director del proyecto con cualquier duda o aclaración que surgiera durante la ejecución.

El contratista se hará responsable de cualquier fallo o mala ejecución del proyecto motivado por la omisión de la obligación y por tanto las consecuencias correrán a su cargo.

Para el desarrollo del proyecto la dirección técnica facultativa se basará en las normas vigentes mencionadas en el proyecto.

### 3.2. Control de calidad

Al finalizar cada proceso – (operación) se examinará visualmente que se cumplen las especificaciones requeridas.

Se seguirán todas las recomendaciones en los centros de mecanizado propuestas por el fabricante.

Se irán escogiendo piezas de muestra para analizar que se cumplen todas las tolerancias y rugosidades impuestas en los planos.

Se analizará que el material cumple con las especificaciones que se indican en el certificado de calidad observando que el comportamiento es bueno a medida que se le realizan los diferentes procesos de fabricación.

Se realizará un control preventivo de las herramientas empleadas para no dañar el material en el proceso de mecanizado.

Las herramientas manuales serán revisadas periódicamente para comprobar su estado. Si presentan deterioros o no cumplen su función, deben ser sustituidas.

## 4. PRUEBAS Y AJUSTES FINALES O DE SERVICIO

Se comprobarán que las superficies que deben estar en contacto con otras piezas cumplen con las exigencias requeridas.

Se ensamblará el plato de 4 garras y se comprobará visualmente que no hay holguras y que las uniones son fuertes. Se comprobarán que las superficies roscadas ensamblan correctamente con las piezas. Se comprobarán mediante un ensamblaje que las tolerancias entre los ejes y los agujeros son las indicadas en los planos.

Se montará el plato de 4 garras en un torno para comprobar la concentricidad con el husillo.

Se ejecutará una prueba tal que se sujetará una pieza cilíndrica o prismática y se comprobarán los siguientes aspectos:

- Que las garras ejercen suficiente presión para sujetar la pieza.
- Que las garras no dejan marcada la pieza en exceso.
- Que durante el giro del plato no se producen deformaciones, holguras o que se pierda sujeción de la pieza.

Plan de procesos de fabricación para la carcasa de un plato de 4 garras independientes



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

## TRABAJO DE FIN DE GRADO

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Grado en Ingeniería Mecánica

# DOCUMENTO Nº. 3 PLANOS

Realizado por: Rubén Fernández Jaramillo

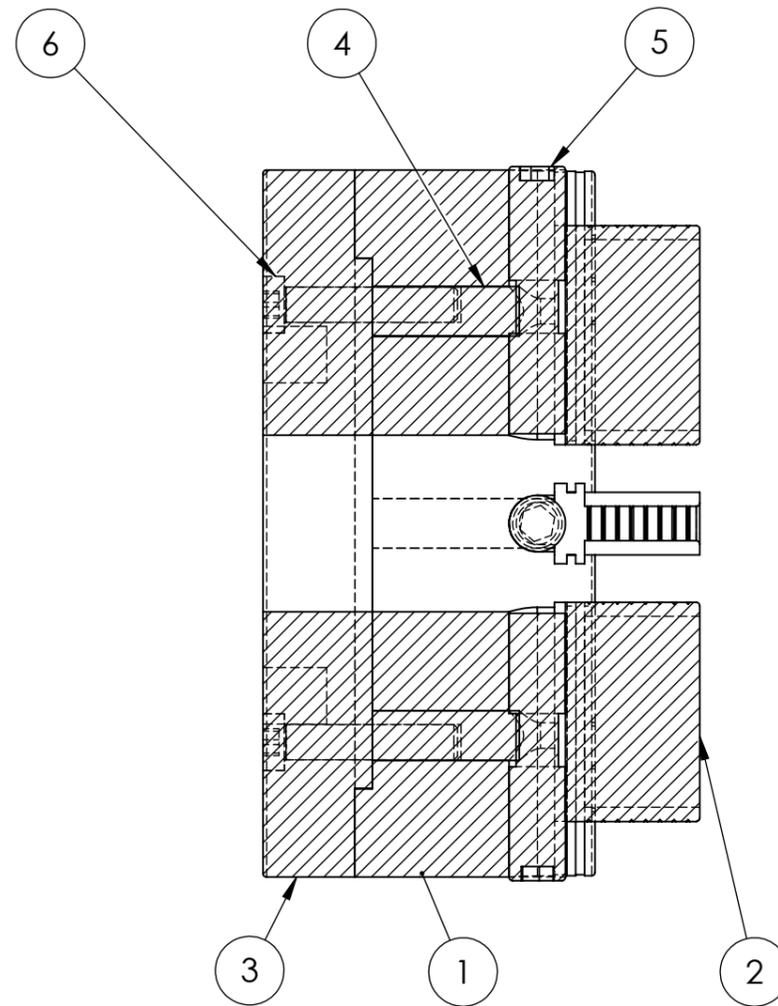
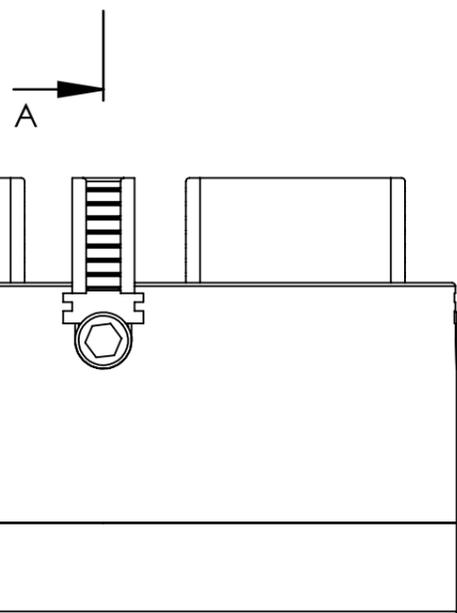
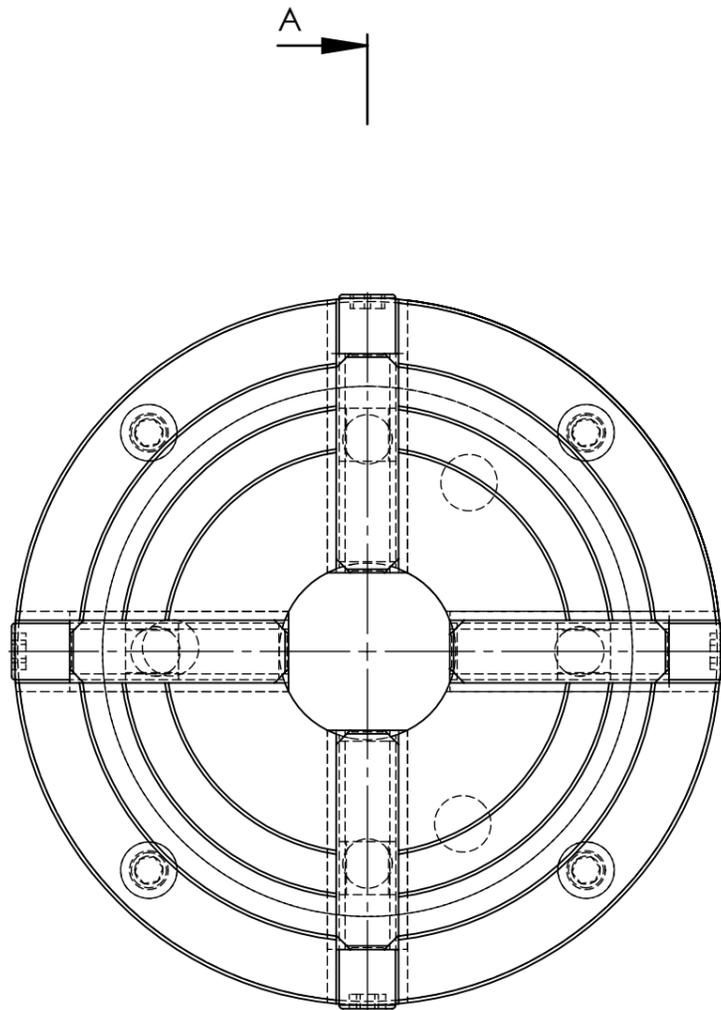
Tutorizado por: Francisco González Conteras

Curso académico: 2020/2021

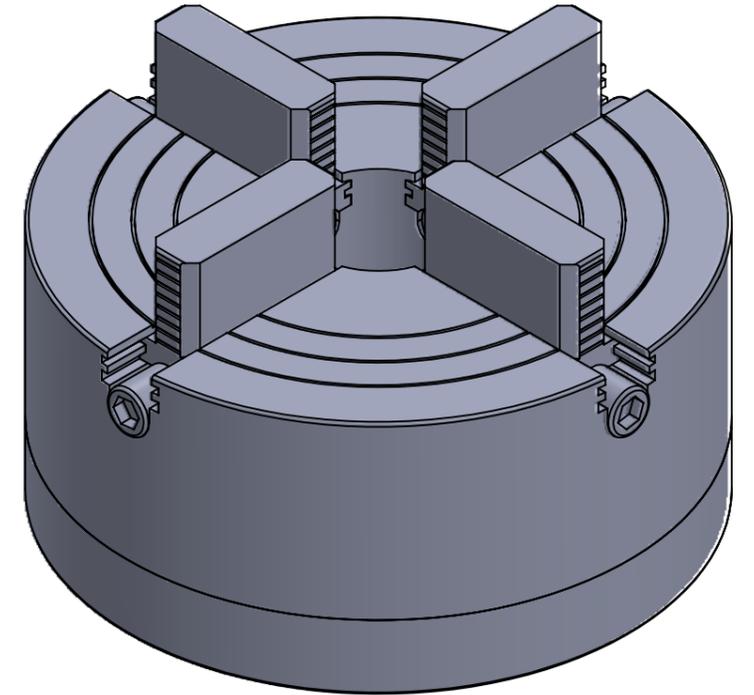
## Plan de procesos de fabricación de la carcasa de un plato de 4 garras independientes

## Contenido

1. PLATO .....	1
2. CARCASA.....	2
2.1. Superficies de la carcasa .....	3
3. GARRA .....	4
4. TAPA.....	5
5. TOPE .....	6
6. TORNILLO ROSCADO.....	7
7. TORNILLO SUJECIÓN.....	8



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 2

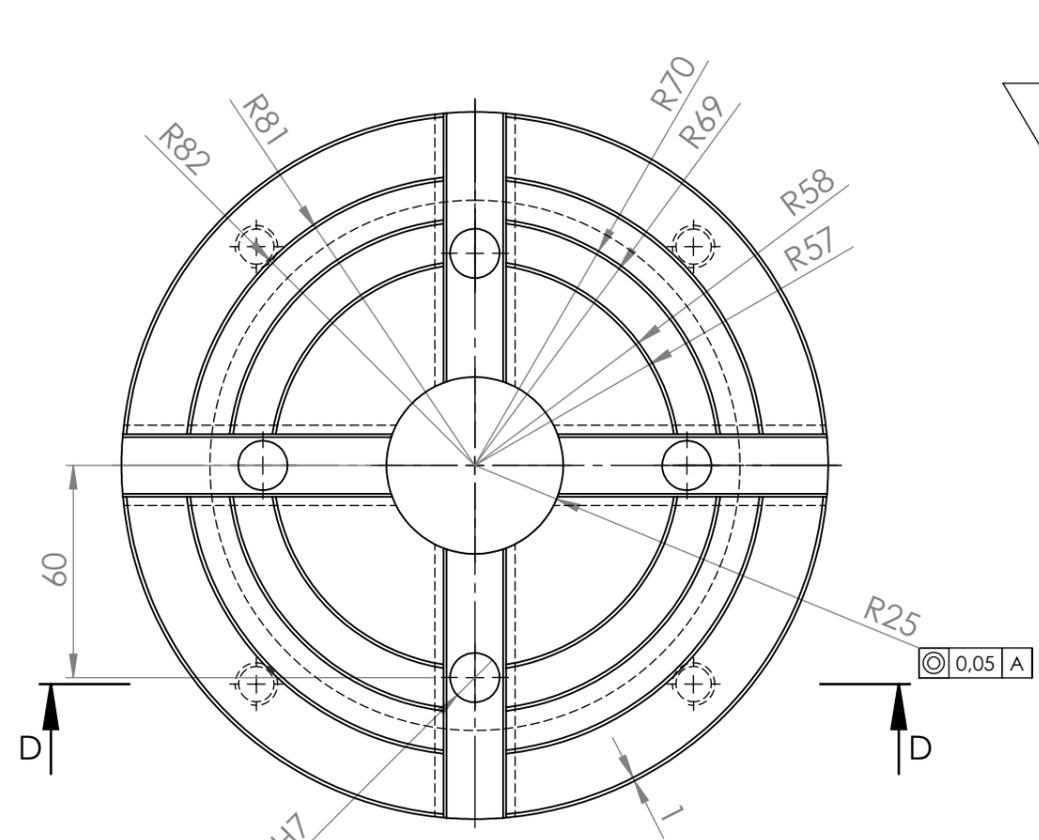


4	Tornillo de sujeción	6	7			
4	Tornillo roscado	5	6			
4	Tope	4	5			
1	Tapa	3	4			
4	Garra	2	3			
1	Carcasa	1	2			
Nº piezas	Denominación y observaciones	Marca	Dibujo nº	Material	Modelo	Peso

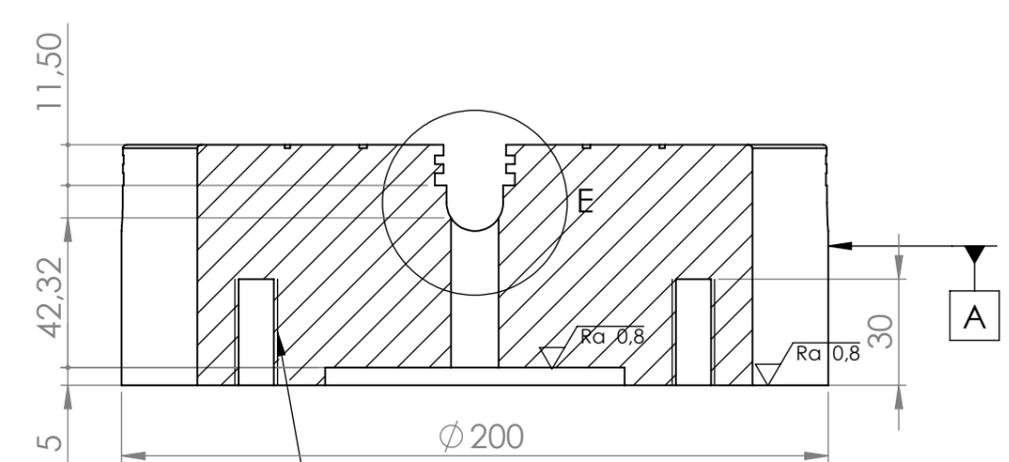
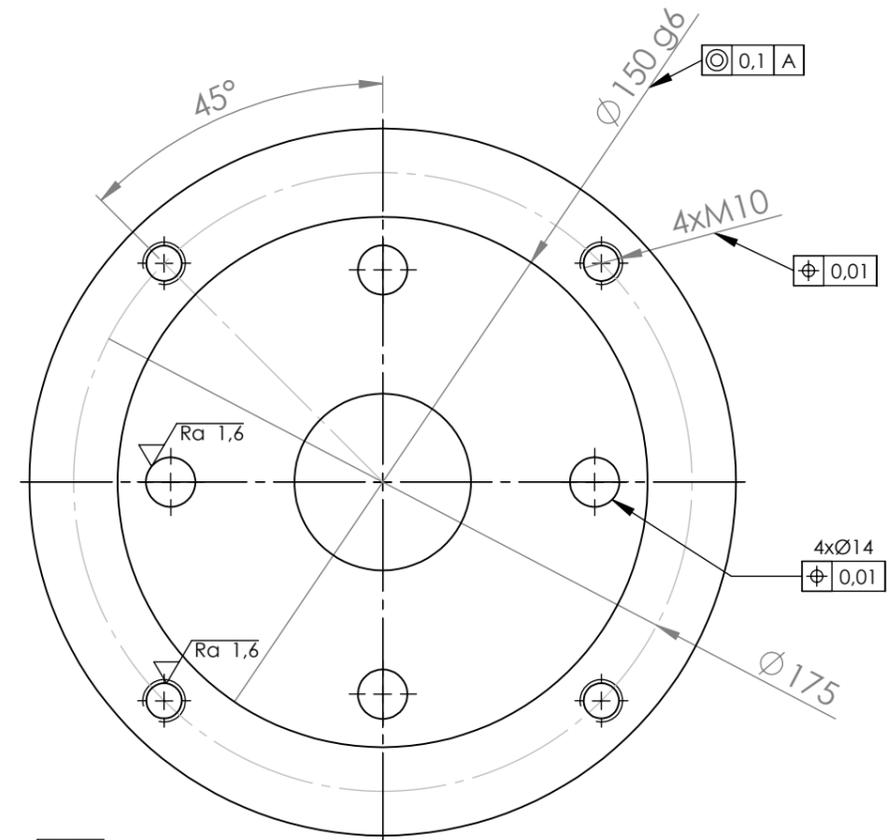
	Fecha	Nombre
Dibujado:	30/05/21	Rubén Fdez.
Comprobado:	30/05/21	Rubén Fdez.
Id.s.norm:		



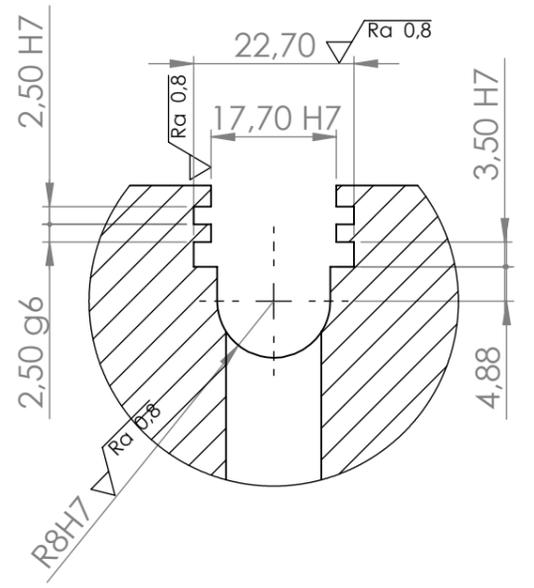
Escala	<b>Plato de 4 garras independientes</b>	Plano Nº: <b>1</b>
<b>1:2</b>		Sustituye a:
		Sustituido por:



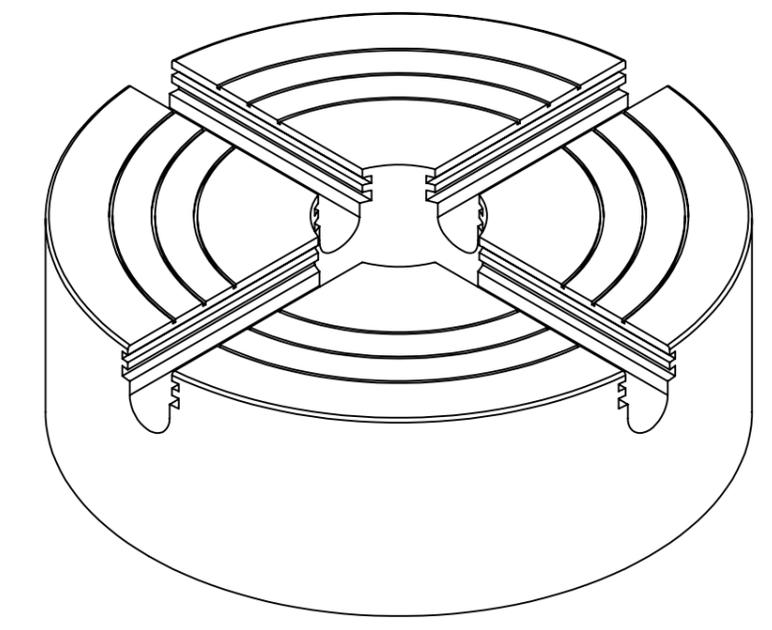
Ra 3,6



SECCIÓN D-D

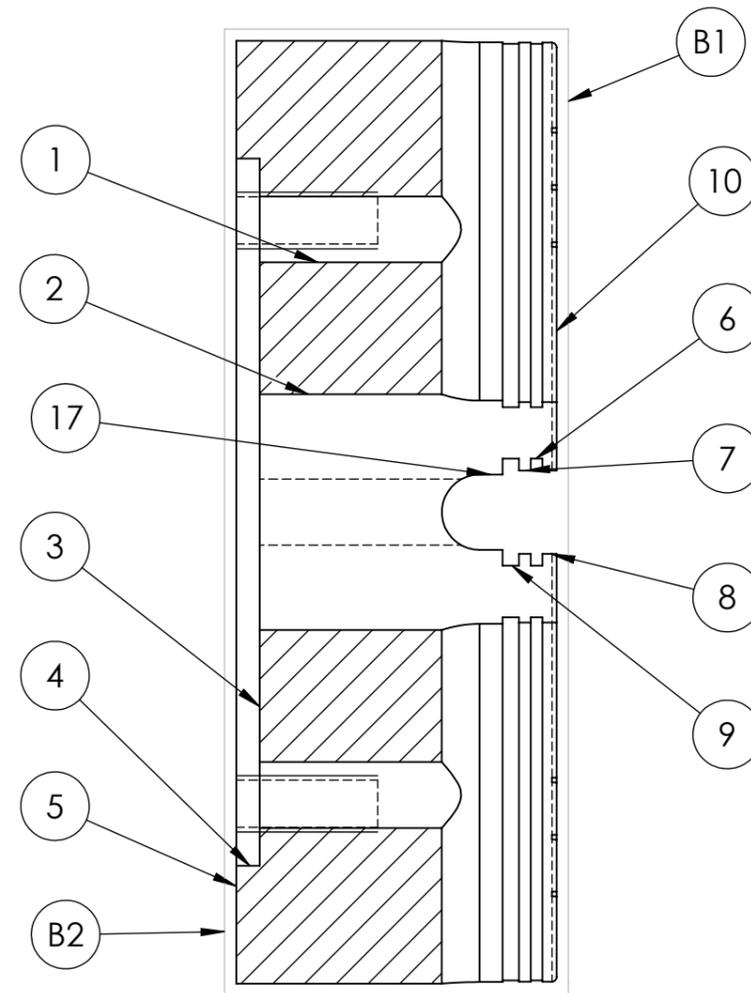
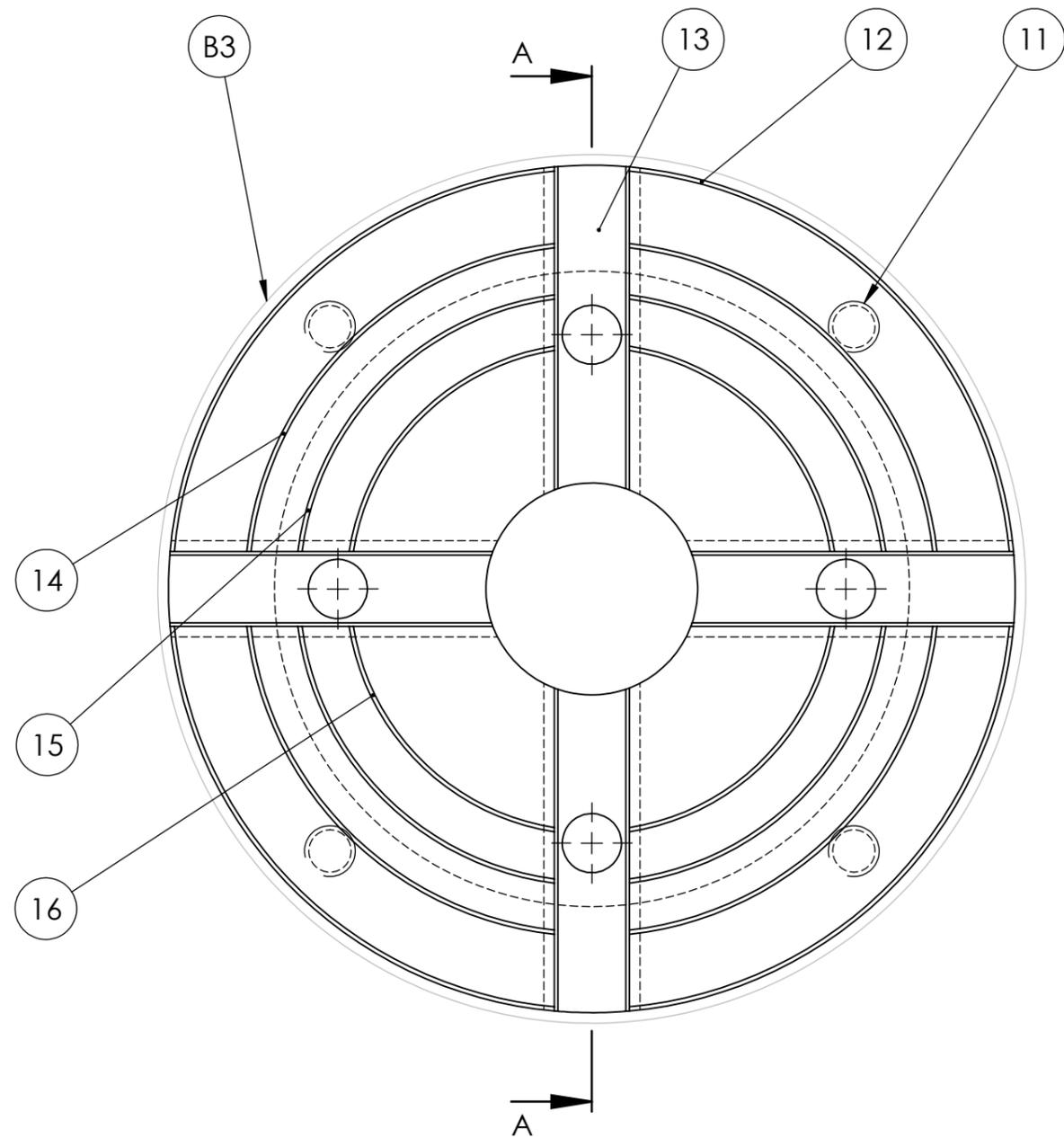


DETALLE E  
ESCALA 1 : 1



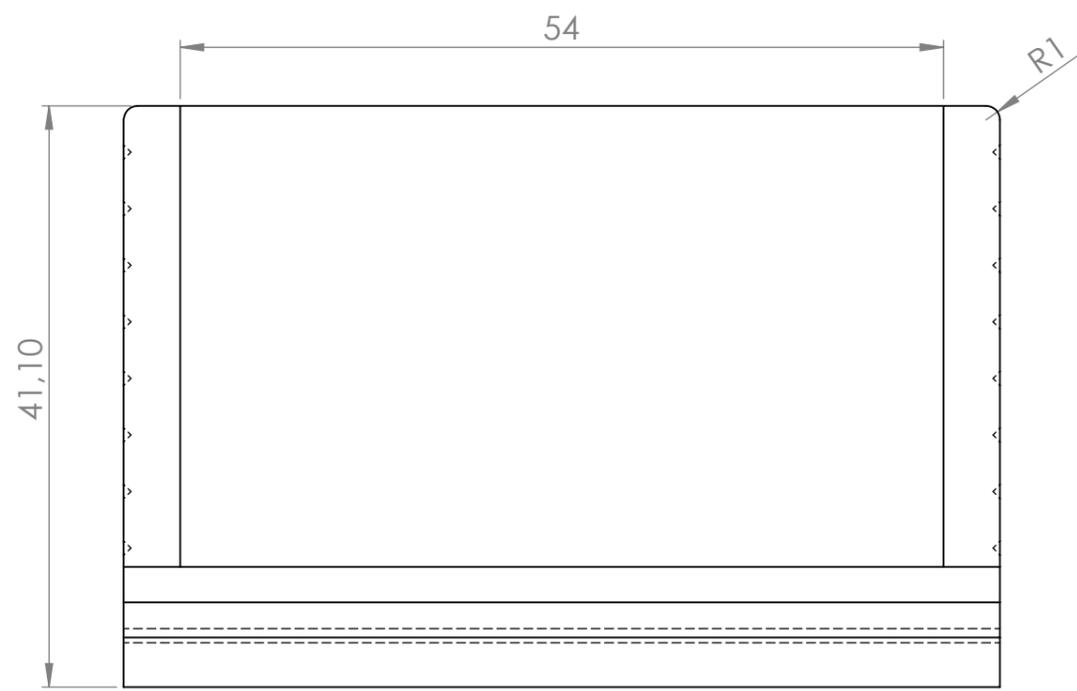
Tolerancias generales según ISO 2768-mK

	Fecha	Nombre	Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño		UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	
Dibujado:	30/05/21	Rubén Fdez.				
Comprobado:	30/05/21	Rubén Fdez.				
Id.s.norm:						
Escala	Carcasa		Plano Nº: 2			
1:2			Sustituye a:			
					Sustituido por:	

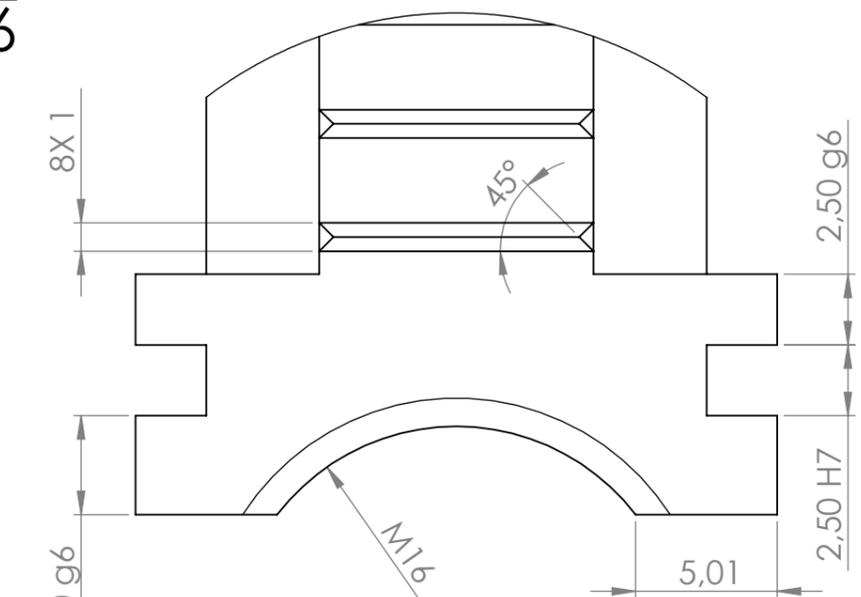
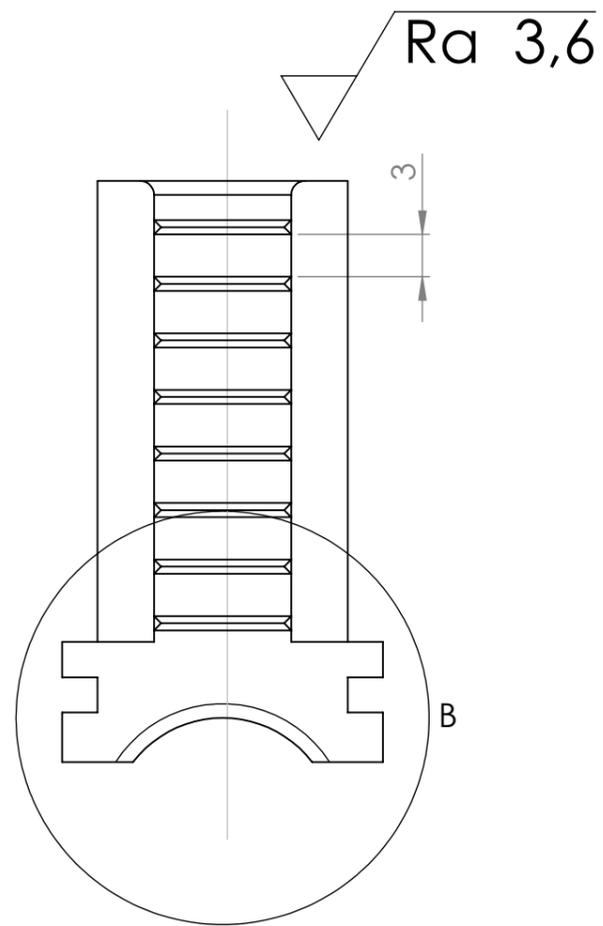


SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 1.5

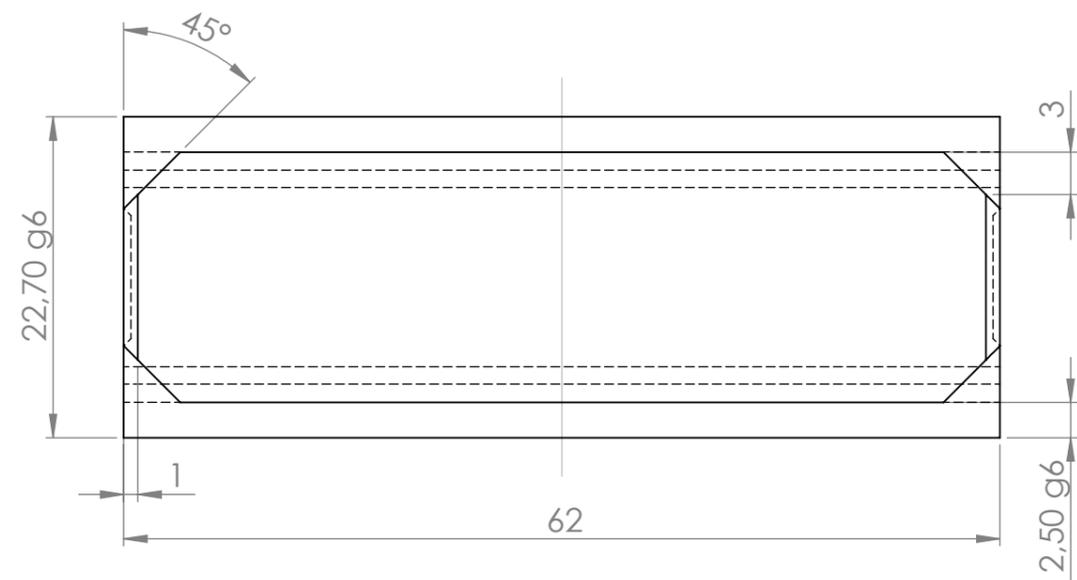
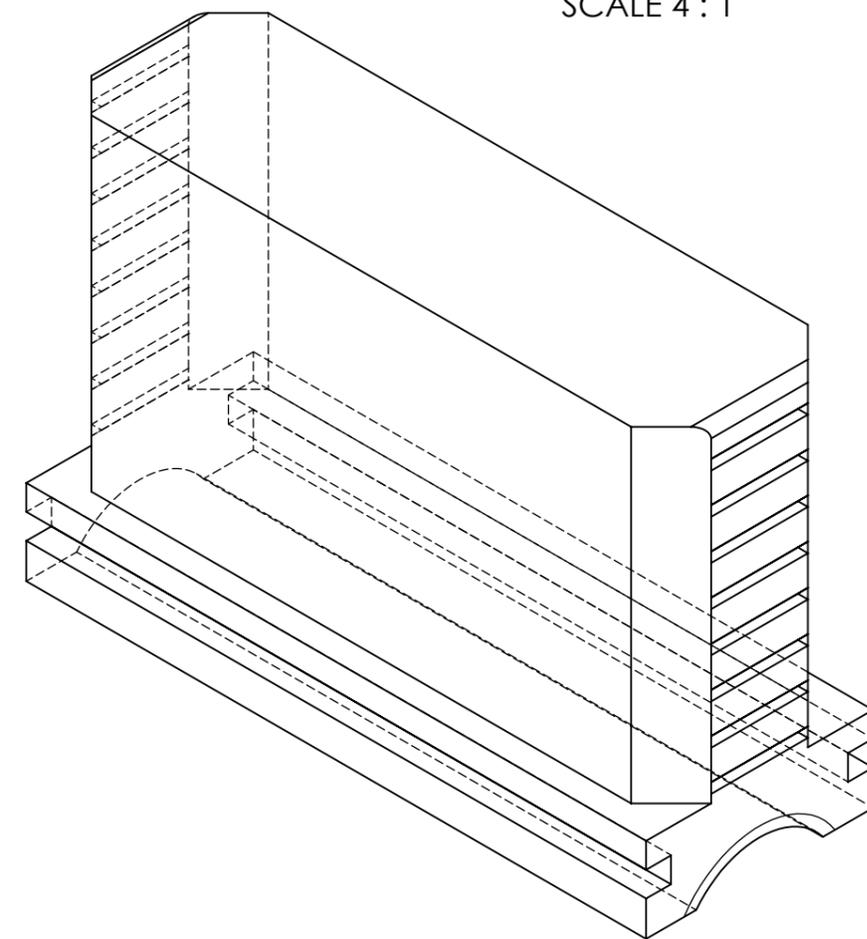
	Fecha	Nombre	 	
Dibujado:	30/05/21	Rubén Fdez.		
Comprobado:	30/05/21	Rubén Fdez.		
Id.s.norm:				
Escala	Asociación de superficies		Plano Nº:	2.1
1:1,5			Sustituye a:	
			Sustituido por:	



Roscado M16x1.5 mm

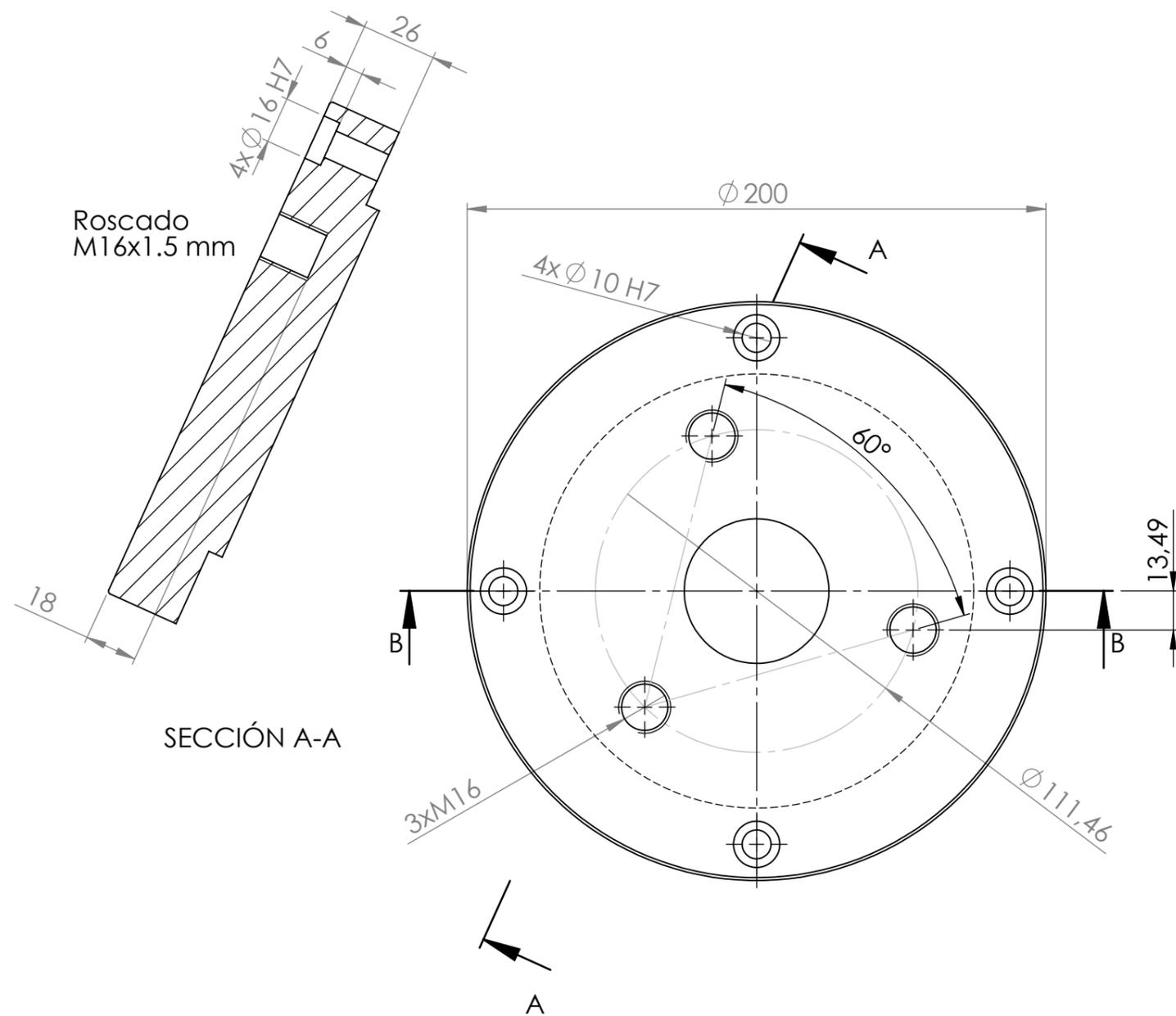


DETAIL B  
SCALE 4 : 1

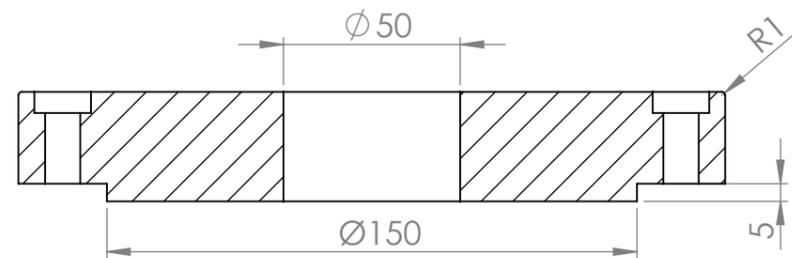
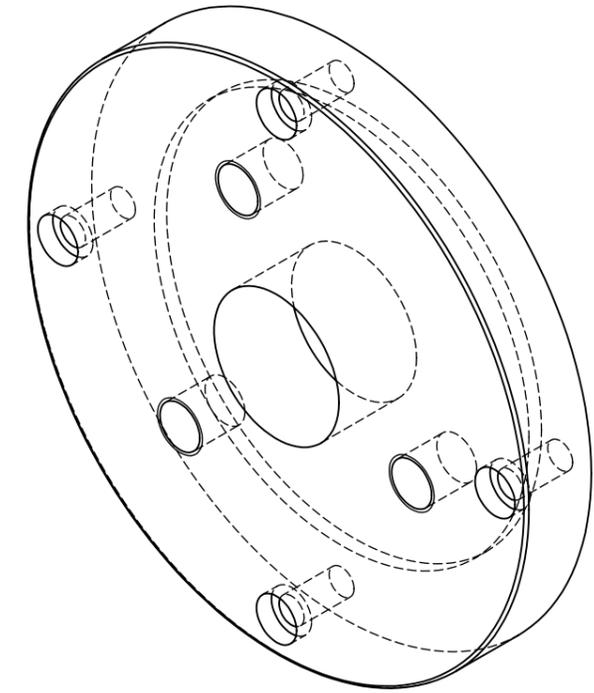


Tolerancias generales según ISO 2768-mK

<b>Dibujado:</b>	30/05/21	Rubén Fdez.	 
<b>Comprobado:</b>	30/05/21	Rubén Fdez.	
<b>Id.s.norm:</b>			
<b>Escala</b>	<b>2:1</b>		<b>Plano Nº: 3</b>
<b>Garra</b>			<b>Sustituye a:</b>
			<b>Sustituido por:</b>



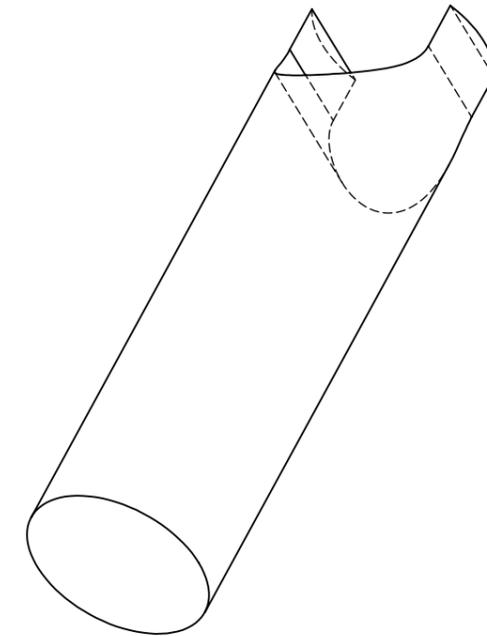
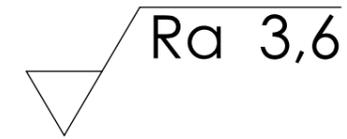
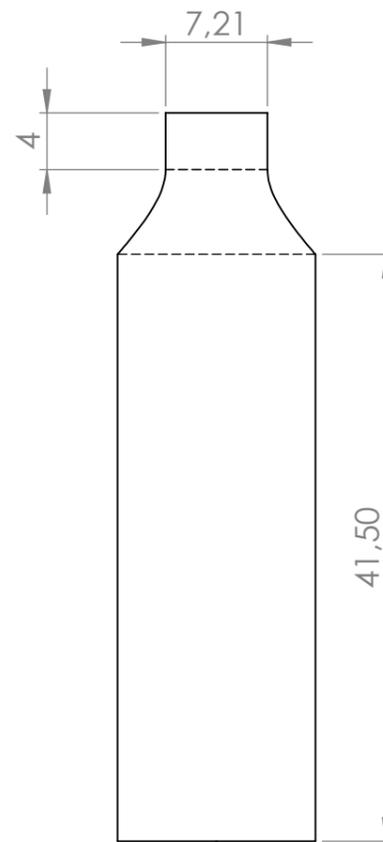
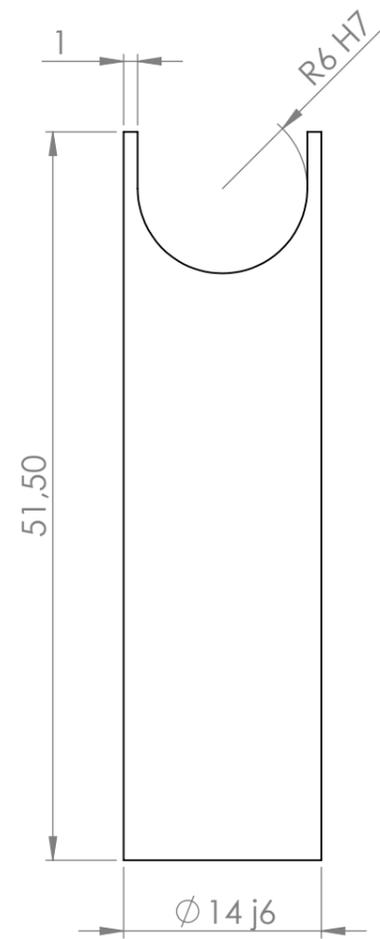
$\sqrt{\text{Ra } 3,6}$



SECCIÓN B-B

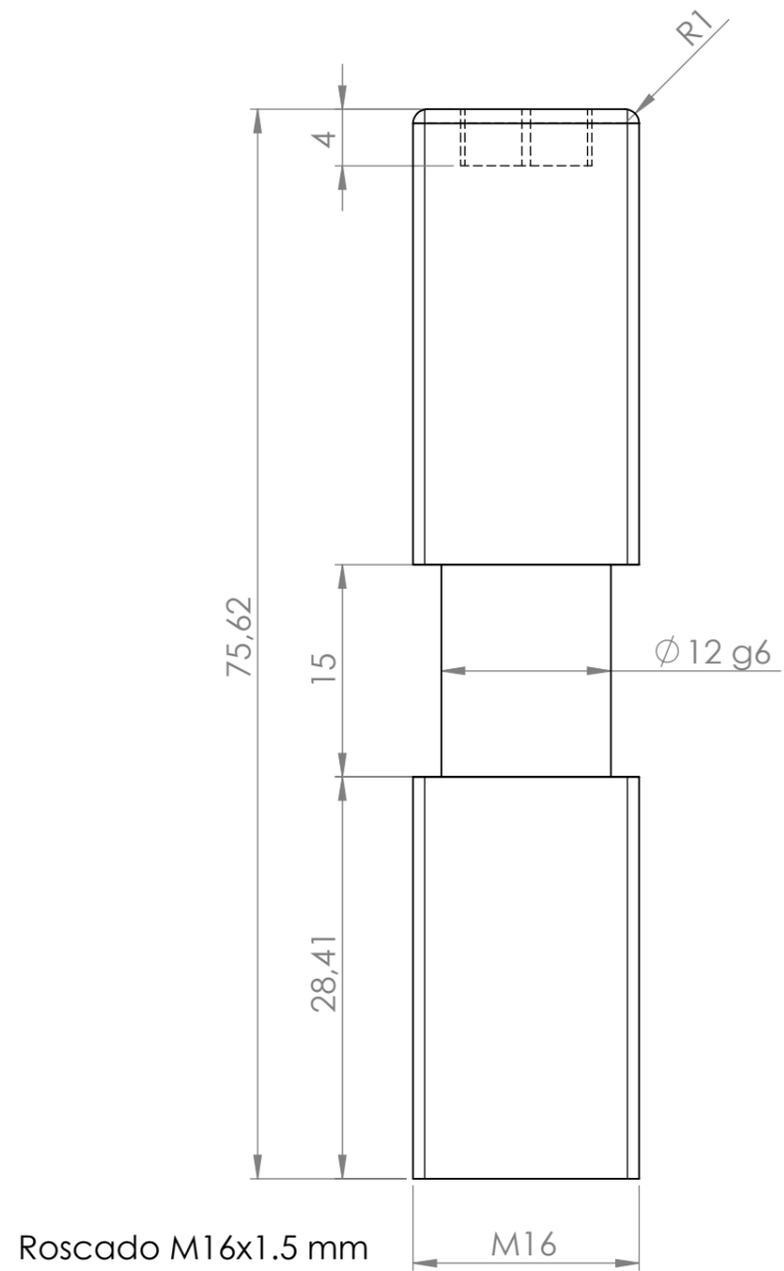
Tolerancias generales según ISO 2768-mK

	Fecha	Nombre		
Dibujado:	30/05/21	Rubén Fdez.	 	
Comprobado:	30/05/21	Rubén Fdez.		
Id.s.norm:				
Escala			<b>Tapa trasera</b>	Plano Nº: <b>4</b>
<b>1:2</b>				Sustituye a:
				Sustituido por:

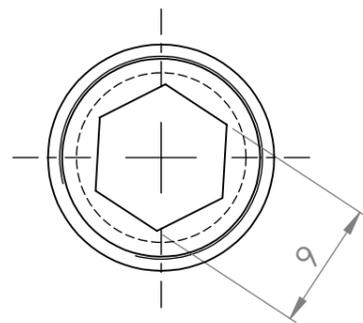
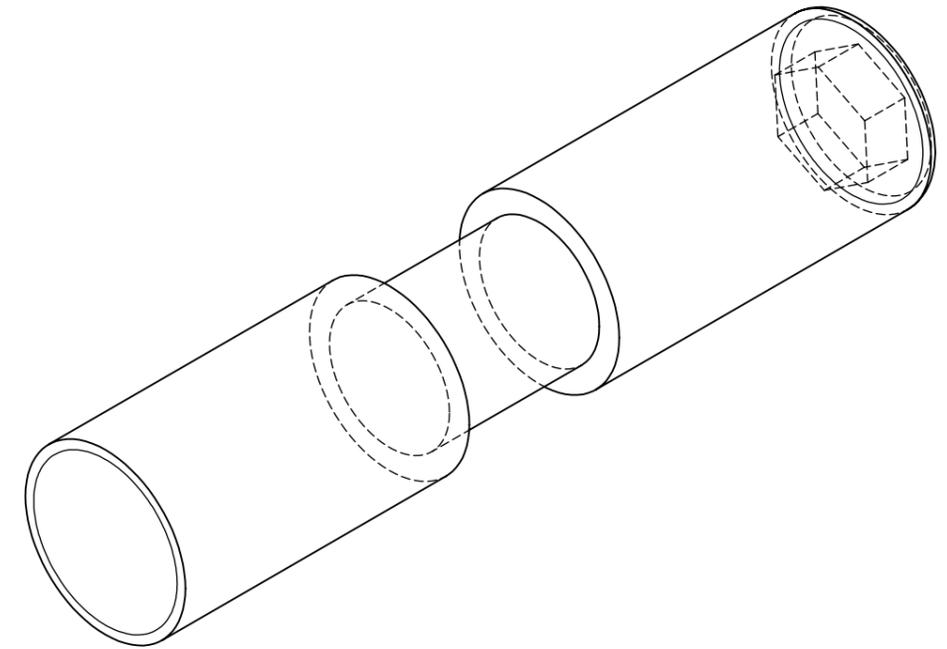


Tolerancias generales según ISO 2768-mK

	Fecha	Nombre		
Dibujado:	30/05/21	Rubén Fdez.	 	UNIVERSITAT POLITÀCNICA DE VALÈNCIA
Comprobado:	30/05/21	Rubén Fdez.		
Id.s.norm:				
Escala			Plano Nº:	<b>5</b>
<b>2:1</b>	<b>Tope</b>		Sustituye a:	
			Sustituido por:	

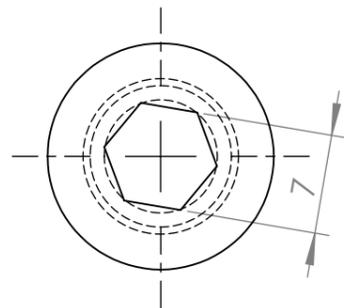
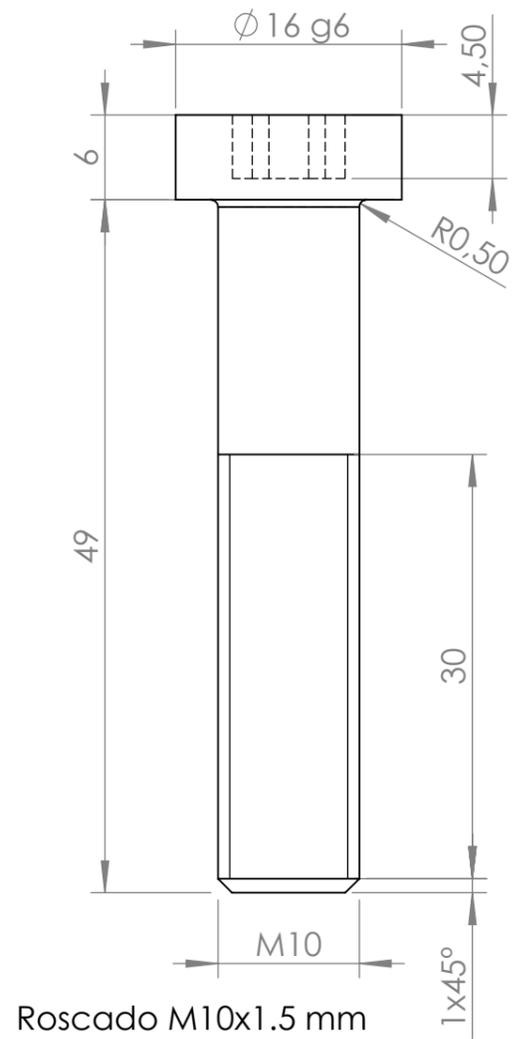


Ra 3,6

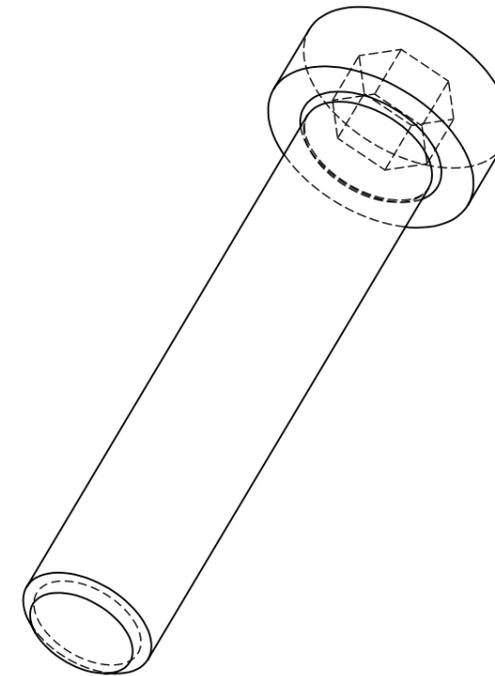


Tolerancias generales según ISO 2768-mK

	Fecha	Nombre		
Dibujado:	30/05/21	Rubén Fdez.	 	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
Comprobado:	30/05/21	Rubén Fdez.		
Id.s.norm:				
Escala			<b>Plano Nº: 6</b>	
<b>2:1</b>				
<b>Tornillo roscado</b>			Sustituye a:	
			Sustituido por:	



$\sqrt{\text{Ra } 3,6}$



Tolerancias generales según ISO 2768-mK

	Fecha	Nombre	 	
Dibujado:	30/05/21	Rubén Fdez.		
Comprobado:	30/05/21	Rubén Fdez.		
Id.s.norm:				
Escala	<b>Tornillo de sujeción</b>		Plano Nº:	7
2:1			Sustituye a:	
			Sustituido por:	

Plan de procesos de fabricación para la carcasa de un plato de 4 garras independientes



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



## TRABAJO DE FIN DE GRADO

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Grado en Ingeniería Mecánica

# DOCUMENTO N.º 4 PRESUPUESTO

Realizado por: Rubén Fernández Jaramillo

Tutorizado por: Francisco González Conteras

Curso académico: 2020/2021

## Plan de procesos de fabricación de la carcasa de un plato de 4 garras independientes

## Contenido

1. CUADRO DE MAQUINARIA.....	1
2. CUADRO DE MANO DE OBRA .....	2
3. CUADRO DE MANO DE MATERIALES .....	3
4. CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS – JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS .....	4
5. CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS – Nº 1 .....	9
6. ESTADO DE MEDICIONES .....	10
7. VALORACIÓN DEL PRESUPUESTO .....	15
8. PRESUPUESTO EJECUCIÓN CONTRATA.....	21

## Cuadro de maquinaria

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad	Total (Euros)
1	Coste de Preparación Fresadora	200,000	1,000 ud	200,00
2	Coste de Preparación Torno	200,000	1,000 ud	200,00
3	Mordaza	70,000	1,000 ud	70,00
4	Mordaza	35,000	1,000 ud	35,00
5	Plato de 3 garras	35,000	1,000 ud	35,00
6	Plato de 3 garras	70,000	1,000 ud	70,00
			Importe total:	610,00

## Cuadro de maquinaria

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad	Total (Euros)
1	Coste de Preparación Fresadora	200,000	1,000 ud	200,00
2	Coste de Preparación Torno	200,000	1,000 ud	200,00
3	Mordaza	70,000	1,000 ud	70,00
4	Mordaza	35,000	1,000 ud	35,00
5	Plato de 3 garras	35,000	1,000 ud	35,00
6	Plato de 3 garras	70,000	1,000 ud	70,00
			Importe total:	610,00

## Cuadro de materiales

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad Empleada	Total (Euros)
1	S16M-SCLCR 09-A	10,960	1,000 ud	10,96
2	HSS RS PRO 618-9008	11,100	1,000 ud	11,10
3	A20Q-SDQCR 11	13,670	1,000 ud	13,67
4	A20Q-SDQCR 11	23,680	1,000 ud	23,68
5	S16M-SCLCR 09-A	10,860	1,000 ud	10,86
6	WALTER G1011 / G1011-P	15,610	1,000 ud	15,61
7	01-J08K-SCLCR06	2,875	1,000 ud	2,88
8	DORMER E003M10	0,770	1,000 ud	0,77
9	DORMER A110-9M	0,230	1,000 ud	0,23
10	DORMER A110-13MM	0,690	1,000 ud	0,69
11	DORMER B100 14MM	0,740	1,000 ud	0,74
12	NEW CENTURY ESH573170	0,370	1,000 ud	0,37
13	NEW CENTURY ESH573177	1,630	1,000 ud	1,63
14	WOODRUFF ML16222E01	1,350	1,000 ud	1,35
15	WOODRUFF ML16222E02	1,350	1,000 ud	1,35
16	NEW CENTURY EHL535150	0,216	1,000 ud	0,22
17	NEW CENTURY EHL535160	0,933	1,000 ud	0,93
18	NEW CENTURY ESH573160	0,151	1,000 ud	0,15
19	NEW CENTURY ESH573150	0,632	1,000 ud	0,63
20	Material bruto F-114 Ø204x72 mm	2,430	18,800 kg	45,68
			Importe total:	143,50

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>1 GASTOS GENERALES</b>				
1.1	DDS_01	ud	<b>Documentación y determinación de soluciones</b>	
	IM_01	40,000 h	Ingeniero Mecánico	15,000
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	600,000
			<b>Precio total por ud .....</b>	<b>612,00</b>
1.2	ESM_01	ud	<b>Elección y suministro de material</b>	
	IM_01	1,000 h	Ingeniero Mecánico	15,000
	TE_01	0,500 h	Técnico especializado	10,000
	MB_01	18,800 kg	Material bruto F-114 Ø204x72 mm	2,430
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	65,680
			<b>Precio total por ud .....</b>	<b>66,99</b>

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>2 SECCIÓN 1</b>				
2.1	HM_01	ud	<b>Herramientas empleadas</b>	
	HM_01_1	1,000 ud	Herramienta 1	10,960
	HM_01_2	1,000 ud	Herramienta 2	13,670
	HM_01_8	1,000 ud	Herramienta 8	23,680
	HM_01_16	1,000 ud	Herramienta 16	11,100
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	59,410
<b>Precio total por ud .....</b>				<b>60,60</b>
2.2	ME_01	ud	<b>Maquinaria empleada</b>	
	TE_01	1,000 h	Técnico especializado	10,000
	CDP_T	1,000 ud	Coste de Preparación Torno	200,000
	PDG1	1,000 ud	Plato de 3 garras	70,000
	CD_T	523,112 cm2	Coste Desbaste Torno	0,025
	CA_T	406,740 cm2	Coste Acabado Torno	0,015
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	299,180
<b>Precio total por ud .....</b>				<b>305,16</b>

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>3 SECCIÓN 2</b>				
3.1	HM_02	ud	<b>Herramientas empleadas</b>	
	HM_02_1	1,000 ud	Herramienta 1	10,860
	HM_02_5	1,000 ud	Herramienta 5	15,610
	HM_02_9	1,000 ud	Herramienta 9	2,875
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	29,350
<b>Precio total por ud .....</b>				<b>29,94</b>
3.2	ME_02	ud	<b>Maquinaria empleada</b>	
	TE_01	0,400 h	Técnico especializado	10,000
	PDG	1,000 ud	Plato de 3 garras	35,000
	CD_T	608,000 cm2	Coste Desbaste Torno	0,025
	CA_T	42,910 cm2	Coste Acabado Torno	0,015
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	54,840
<b>Precio total por ud .....</b>				<b>55,94</b>

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>4 SECCIÓN 3</b>				
4.1	HM_03	ud	<b>Herramientas empleadas</b>	
	HM_03_5	1,000 ud	Herramienta 5	0,230
	HM_03_6	1,000 ud	Herramienta 6	0,690
	HM_03_9	1,000 ud	Herramienta 9	0,740
	HM_03_10	1,000 ud	Herramienta 10	0,770
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	2,430
			<b>Precio total por ud</b> .....	<b>2,48</b>
4.2	ME_03	ud	<b>Maquinaria empleada</b>	
	TE_01	0,800 h	Técnico especializado	10,000
	CDP_F	1,000 ud	Coste de Preparación Fresadora	200,000
	M1	1,000 ud	Mordaza	70,000
	CD_F	63,240 cm2	Coste de Desbaste Fresadora	0,020
	CA_F	160,470 cm2	Coste de Acabado Fresadora	0,020
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	282,470
			<b>Precio total por ud</b> .....	<b>288,12</b>

## Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>5 SECCIÓN 4</b>				
5.1	HM_04	ud	<b>Herramientas empleadas</b>	
	HM_04_11	1,000 ud	Herramienta 11	0,370
	HM_04_12	1,000 ud	Herramienta 12	1,630
	HM_04_13	1,000 ud	Herramienta 13	1,350
	HM_04_14	1,000 ud	Herramienta 14	1,350
	HM_04_15	1,000 ud	Herramienta 15	0,216
	HM_04_16	1,000 ud	Herramienta 16	0,933
	HM_04_17	1,000 ud	Herramienta 17	0,151
	HM_04_18	1,000 ud	Herramienta 18	0,632
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	6,630
<b>Precio total por ud .....</b>				<b>6,76</b>
5.2	ME_04	ud	<b>Maquinaria empleada</b>	
	TE_01	1,500 h	Técnico especializado	10,000
	M2	1,000 ud	Mordaza	35,000
	CD_F	173,720 cm2	Coste de Desbaste Fresadora	0,020
	CA_F	168,050 cm2	Coste de Acabado Fresadora	0,020
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	56,830
<b>Precio total por ud .....</b>				<b>57,97</b>

## Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
	<b>1 GASTOS GENERALES</b>		
1.1	ud Documentación y determinación de soluciones	612,00	SEISCIENTOS DOCE EUROS
1.2	ud Elección y suministro de material	66,99	SESENTA Y SEIS EUROS CON NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
	<b>2 SECCIÓN 1</b>		
2.1	ud Herramientas empleadas	60,60	SESENTA EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS
2.2	ud Maquinaria empleada	305,16	TRESCIENTOS CINCO EUROS CON DIECISEIS CÉNTIMOS
	<b>3 SECCIÓN 2</b>		
3.1	ud Herramientas empleadas	29,94	VEINTINUEVE EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
3.2	ud Maquinaria empleada	55,94	CINCUENTA Y CINCO EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
	<b>4 SECCIÓN 3</b>		
4.1	ud Herramientas empleadas	2,48	DOS EUROS CON CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS
4.2	ud Maquinaria empleada	288,12	DOSCIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS CON DOCE CÉNTIMOS
	<b>5 SECCIÓN 4</b>		
5.1	ud Herramientas empleadas	6,76	SEIS EUROS CON SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS
5.2	ud Maquinaria empleada	57,97	CINCUENTA Y SIETE EUROS CON NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS

**Presupuesto parcial nº 1 GASTOS GENERALES**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>
1.1	Ud	Documentación y determinación de soluciones	
			<b>Total ud .....: 1,000</b>
1.2	Ud	Elección y suministro de material	
			<b>Total ud .....: 1,000</b>

**Presupuesto parcial nº 2 SECCIÓN 1**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>
2.1	Ud	Herramientas empleadas	
			<b>Total ud .....: 1,000</b>
2.2	Ud	Maquinaria empleada	
			<b>Total ud .....: 1,000</b>

**Presupuesto parcial nº 3 SECCIÓN 2**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>
3.1	Ud	Herramientas empleadas	
			<b>Total ud .....: 1,000</b>
3.2	Ud	Maquinaria empleada	
			<b>Total ud .....: 1,000</b>

**Presupuesto parcial nº 4 SECCIÓN 3**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>
4.1	Ud	Herramientas empleadas	
			<b>Total ud .....: 1,000</b>
4.2	Ud	Maquinaria empleada	
			<b>Total ud .....: 1,000</b>

**Presupuesto parcial nº 5 SECCIÓN 4**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>
5.1	Ud	Herramientas empleadas	
			<b>Total ud .....: 1,000</b>
5.2	Ud	Maquinaria empleada	
			<b>Total ud .....: 1,000</b>

**Presupuesto parcial nº 1 GASTOS GENERALES**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
1.1	Ud	Documentación y determinación de soluciones			
		Total ud .....:	1,000	612,00	612,00
1.2	Ud	Elección y suministro de material			
		Total ud .....:	1,000	66,99	66,99
<b>Total presupuesto parcial nº 1 GASTOS GENERALES :</b>					<b>678,99</b>

**Presupuesto parcial nº 2 SECCIÓN 1**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
2.1	Ud	Herramientas empleadas			
			Total ud .....:	1,000	60,60
2.2	Ud	Maquinaria empleada			
			Total ud .....:	1,000	305,16
			Total presupuesto parcial nº 2 SECCIÓN 1 :		365,76

**Presupuesto parcial nº 3 SECCIÓN 2**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
3.1	Ud	Herramientas empleadas			
		Total ud .....	1,000	29,94	29,94
3.2	Ud	Maquinaria empleada			
		Total ud .....	1,000	55,94	55,94
		<b>Total presupuesto parcial nº 3 SECCIÓN 2 :</b>			<b>85,88</b>

**Presupuesto parcial nº 4 SECCIÓN 3**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
4.1	Ud	Herramientas empleadas			
		Total ud .....	1,000	2,48	2,48
4.2	Ud	Maquinaria empleada			
		Total ud .....	1,000	288,12	288,12
		<b>Total presupuesto parcial nº 4 SECCIÓN 3 :</b>			<b>290,60</b>

**Presupuesto parcial nº 5 SECCIÓN 4**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
5.1	Ud	Herramientas empleadas			
			Total ud .....:	1,000	6,76
5.2	Ud	Maquinaria empleada			
			Total ud .....:	1,000	57,97
			<b>Total presupuesto parcial nº 5 SECCIÓN 4 :</b>		<b>64,73</b>

## Presupuesto de ejecución material

1 GASTOS GENERALES	678,99
2 SECCIÓN 1	365,76
3 SECCIÓN 2	85,88
4 SECCIÓN 3	290,60
5 SECCIÓN 4	64,73
<b>Total .....</b>	<b>1.485,96</b>

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS CON NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS.

Proyecto: Presupuesto para la fabricación de la carcasa de un plato de 4 garras

<b>Capítulo</b>	<b>Importe</b>
Capítulo 1 GASTOS GENERALES	678,99
Capítulo 2 SECCIÓN 1	365,76
Capítulo 3 SECCIÓN 2	85,88
Capítulo 4 SECCIÓN 3	290,60
Capítulo 5 SECCIÓN 4	64,73
<hr/>	
Presupuesto de ejecución material	1.485,96
13% de gastos generales	193,17
6% de beneficio industrial	89,16
Suma	1.768,29
21% IVA	371,34
<hr/>	
Presupuesto de ejecución por contrata	2.139,63

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de DOS MIL CIENTO TREINTA Y NUEVE EUROS CON SESENTA Y TRES CÉNTIMOS.

Plan de procesos de fabricación para la carcasa de un plato de 4 garras independientes