



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



TRABAJO FIN DE GRADO

**DISEÑO, CÁLCULO Y DESARROLLO DEL PLAN DE  
PROCESOS DE UN UTILLAJE DE TRACCIÓN DE  
MUELLES PARA EL SECTOR AVIACIÓN**

*Grado en Ingeniería Mecánica*

ALUMNO: TEODORO NICOLÁS, PABLO

TUTORA: ORDEIG FERNÁNDEZ, ISABEL

FECHA: Diciembre 2016



# **ÍNDICE GENERAL DEL TRABAJO FIN DE GRADO**

## **DOCUMENTO Nº1: MEMORIA**

- Memoria descriptiva
- Anejos

## **DOCUMENTO Nº2: PLANOS**

## **DOCUMENTO Nº3: PRESUPUESTO**



## **Prólogo**

El presente trabajo fin de grado se estructura de los siguientes tres documentos:

### Documento 1: Memoria

La memoria es un documento informativo que describe el estudio de necesidades, y las soluciones adoptadas en el proyecto, así como su justificación. Mediante esta parte, se puede obtener una idea concreta de lo que representa el proyecto. Además, se pretende reflejar la sucesión de acontecimientos en su orden lógico temporal. En la primera parte de la memoria descriptiva, se detallan los objetivos del proyecto, y se aporta una introducción al problema con los antecedentes, la motivación y justificación del mismo. También se describe la base teórica del problema, resumiendo los conceptos básicos de conformación de metales con sus procesos más característicos.

Se aborda en profundidad el conformado de metales por arranque de viruta, analizando los diferentes procesos, y especificando el proceso de fresado, que se adapta al proyecto.

Se analiza también la normativa aplicable al proyecto.

El grueso de este documento se centra en la explicación ordenada de las soluciones adoptadas en el proyecto y en los pasos a seguir para lograr su consecución.

Cuenta con anejos en los que se incluye información relevante que se ha seguido para el desarrollo de ciertos apartados de la memoria.

### Documento 2: Planos

El documento incluye la representación gráfica de la pieza a fabricar, así como un plano de ayuda para la asignación de superficies. Así pues, el documento contendrá dos planos. El primero recoge toda la información geométrica y de tolerancias que ha de tener la pieza a fabricar. El segundo, contendrá una representación de la pieza y la asignación de las superficies de modo que sirva de apoyo en el proceso de fabricación.

### Documento 3: Presupuesto

En este documento se recoge el descompuesto de los costes que supone el proyecto. Se detallan los materiales empleados y la mano de obra necesaria para la consecución del mismo.

Se incluye la determinación del presupuesto base de licitación una vez se incluyen los gastos generales, el beneficio industrial y el I.V.A.

# DOCUMENTO 1

## MEMORIA



# Índice

<b>1. OBJETIVO</b>	<b>3</b>
<b>2. ANTECEDENTES, JUSTIFICACIÓN Y MOTIVACIÓN</b>	<b>6</b>
2.1. Antecedentes	6
2.2. Motivación	6
2.3. Justificación	7
<b>3. INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA</b>	<b>8</b>
3.1 Conformación de los metales	8
3.2 Conformación por arranque de viruta mediante el uso de máquina-herramienta	8
3.2.1. Definición máquina-herramienta y movimientos fundamentales	8
3.2.2. Procesos más comunes en el conformado por arranque de viruta	9
3.2.4. Partes y geometría de la herramienta	10
3.2.4. Material de las herramientas	11
<b>4. NORMATIVA</b>	<b>13</b>
4.1. Normativa para aceros	13
4.2. Normativa para aluminios	14
4.3. Normativa máquina-herramienta	14
4.3.1. Seguridad	14
4.3.2. General máquina-herramienta	14
4.3.3. Normativa aplicable a fresado con fresadora vertical	16
<b>5. ÁMBITO DE APLICACIÓN Y RANGO DE SOLUCIONES</b>	<b>17</b>
5.1. Selección del material y suministro del material en bruto	17
5.2. Principios básicos del fresado en mecanizado	18
5.3. Planificación del proceso de fabricación	20
5.3.1. Dibujo, información de la pieza y análisis geométrico de la pieza	21
5.3.2. Volúmenes de mecanizado, asociación de superficies y determinación de procesos de fabricación	23
5.3.3. Secuencia de mecanizado	31
5.3.4. Selección de superficies de referencia y sujeción	37
5.3.5. Justificación de la máquina-herramienta a emplear en el proyecto	41
5.3.6. Selección de herramientas y condiciones de corte	42
5.3.8. Confección del programa máquina	60
5.3.8. Diseño del proceso de inspección	60
5.4. Diseño del modelo y preparación del entorno de trabajo mediante el software Inventor Profesional 2016	61

---

<b>5.5. Programación del mecanizado mediante el software Inventor HSM Pro</b>	<b>63</b>
5.5.1. Programación de mecanizado Subfase 1.1.	65
5.5.2. Programación de mecanizado Subfase 1.2.	66
5.5.3. Programación de mecanizado Subfase 1.3.	67
5.5.4. Programación de mecanizado Subfase 1.4.	68
5.5.5. Programación de mecanizado Subfase 1.5.	69
5.5.6. Obtención de los programas máquina	70
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>73</b>
<b>ANEJO 1: CARÁCTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA HERRAMIENTA</b>	<b>77</b>
<b>ANEJO 2: CÁLCULO DE LAS POTENCIAS DE CORTE</b>	<b>82</b>
<b>ANEJO 3: PROGRAMAS MÁQUINA</b>	<b>85</b>
PROGRAMA MÁQUINA SUBFASE 1.1.	85
PROGRAMA MAQUINA SUBFASE 1.2.	86
PROGRAMA MÁQUINA SUBFASE 1.3.	96
PROGRAMA MÁQUINA SUBFASE 1.4.	102
PROGRAMA MÁQUINA SUBFASE 1.5.	103

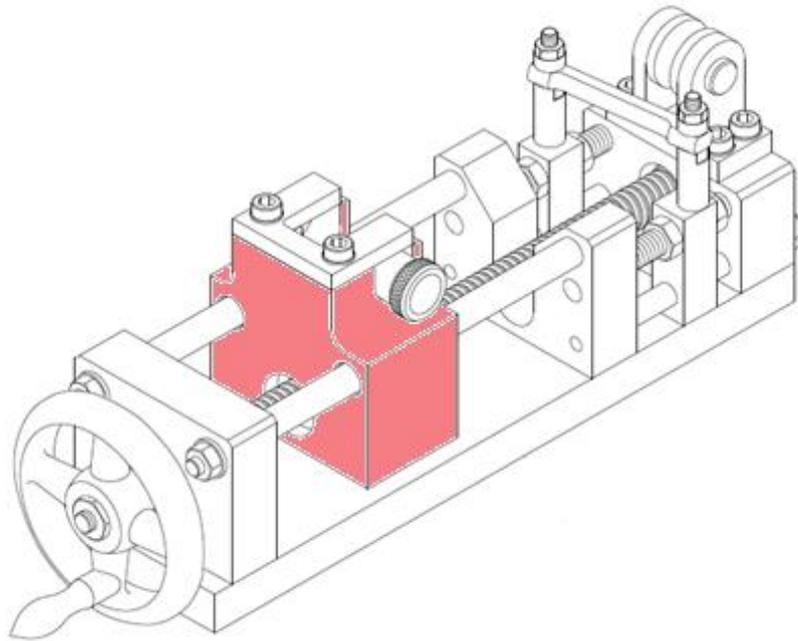
## 1. OBJETIVO

El presente proyecto parte de la estancia en régimen de prácticas en la aerolínea regional española Air Nostrum L.A.M., a la cual le surge la necesidad de diseñar y fabricar un utillaje para dar forma mediante tracción a los muelles que forman parte del brazo articulado del tren de aterrizaje delantero en uno de los modelos de aviones que ellos tienen. Los muelles, cuando se montan nuevos, no poseen la longitud requerida para el montaje, así pues, por medio del utillaje, adquirirán las longitudes necesarias indicadas en la correspondiente tarea de mantenimiento, y después serán instalados con el utillaje correspondiente.

El objeto del proyecto será puramente académico, pues el utillaje, tras un primer diseño por parte de Air Nostrum L.A.M., le fue encargada la fabricación a una empresa externa del sector industrial. La comprobación del resultado final, suscitó la idea para realizar proyecto en cuestión. Así pues, se asumirá que la empresa Air Nostrum L.A.M. encarga el diseño, cálculo y la fabricación del utillaje para realizar el proyecto académico.

El objetivo del presente proyecto, por lo tanto, será llevar a cabo el rediseño del utillaje original, y del cálculo y desarrollo del plan de procesos de una de las piezas que forman el utillaje completo, partiendo de planos que nos facilita el fabricante del avión de la herramienta que ellos emplean, y adaptándolo a las necesidades de la empresa, y su posible empleo en otras tareas del mantenimiento de aeronaves. Estas serán pues las características que limitan el proyecto.

La imagen que se muestra a continuación es una representación del utillaje (Spring Forming Tool), extraída del manual de mantenimiento. Se ha destacado la pieza que va a ser rediseñada y para la cual se va a hacer el plan de procesos en el presente proyecto.



*Ilustración 1. Spring Forming Tool. Fuente: Bombardier Aircraft Maintenance Manual*

El proyecto abarca desde el modelado 3D mediante aplicaciones informáticas CAD/CAM, la elección de material, y el posterior cálculo de herramientas, condiciones de corte, y el desarrollo del plan procesos de la pieza en cuestión, teniendo en cuenta la maquinaria disponible en el departamento DIMM (Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales) de la Universidad Politécnica de Valencia.

Para realizar el mecanizado de la pieza se utilizará de nuevo aplicaciones informáticas CAD/CAM que permitirá obtener el código para la maquinaria de CN (Control numérico).

El resultado del utillaje que Air Nostrum L.A.M. encargó se muestra en la siguiente imagen:

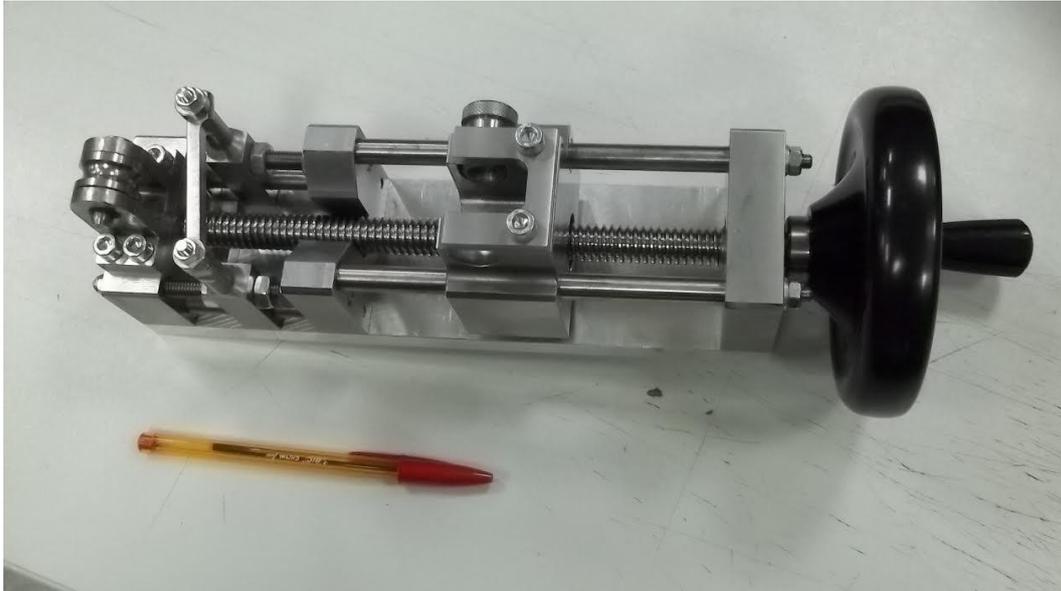


Ilustración 2. Vista superior del utillaje. Fuente: Air Nostrum L.A.M.

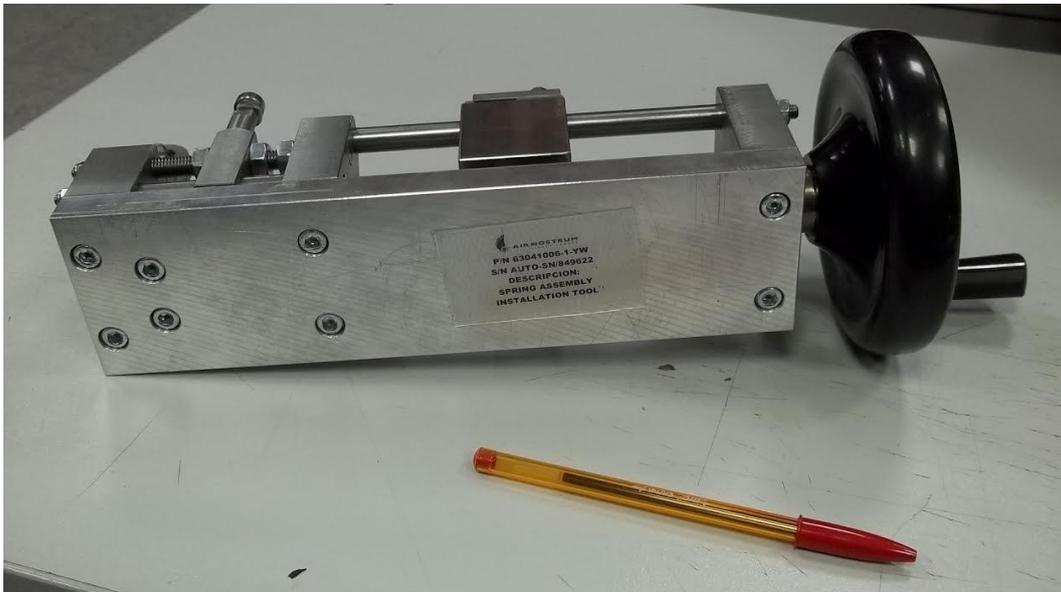


Ilustración 3. Vista inferior del utillaje Fuente: Air Nostrum L.A.M.

## 2. ANTECEDENTES, JUSTIFICACIÓN Y MOTIVACIÓN

### 2.1. Antecedentes

La empresa Air Nostrum L.A.M. es una importante aerolínea regional española, con base en la comunidad valenciana, y cuenta además con su propio hangar para el mantenimiento de sus aeronaves y mantenimiento a terceros.

Desde sus comienzos, ha contado con numerosos profesionales del sector de la aeronáutica e industrial. Su hangar de mantenimiento cuenta con numerosos utillajes de fabricación propia, y otros de diseños propios, pero fabricación externa. Este caso es uno de ellos, la empresa Air Nostrum pone a disposición de una empresa externa, su propio diseño para que esta última lo lleve a cabo.

Cabe añadir, que el proyecto en cuestión está relacionado con la fabricación mediante arranque de viruta, muy extendido en la fabricación industrial y muy vinculado a las asignaturas del grado de Ingeniería Mecánica que el área de los Procesos de Fabricación del departamento imparte en la Universidad Politécnica de Valencia.

El presente proyecto alberga también una etapa de modelización y posterior etapa de mecanizado mediante el uso de aplicaciones CAD/CAM, habituales en el sector industrial, y con una importancia creciente en el sector, pues optimizan el tiempo de fabricación sin necesidad de realizar piezas previas.

### 2.2. Motivación

La motivación principal es abarcar las etapas necesarias para satisfacer la oferta recibida, desde el planteamiento del problema y los bocetos iniciales, hasta el desarrollo final de todo el plan de procesos, teniendo en cuenta todas las variables posibles y ajustándonos a la solución más adecuada. También es principal la motivación académica del mismo, ya que el Trabajo Fin de Grado integra, aplica y valida todos los conocimientos adquiridos durante los estudios de Ingeniero Mecánico.

Por otro lado, se encuentra la posibilidad de profundizar en el manejo de herramientas CAD/CAM, con la que modelizar las piezas a partir de las medidas que se facilitan y obtener los programas CN necesarios para la fabricación de las mismas. Estas aplicaciones CAD/CAM reducen los tiempos de diseño y lanzamiento a la fabricación, aunque pueden ocasionarse algunos problemas para que estos lenguajes sean entendidos por las máquinas de CN y habrá que tener en cuenta que cabe la posibilidad de que haya que realizar modificaciones en el programa.

### 2.3. Justificación

La fabricación del utillaje necesario surge de la necesidad de dar forma previa a su instalación, a los muelles del tren de aterrizaje delantero de uno de los modelos de avión que la empresa Air Nostrum tiene. El proyecto surge de un rediseño del utillaje original, de manera que se abarate el coste y se adapte a las necesidades de la empresa.

En el proyecto se intentará en la medida de lo posible, y siempre que no afecte a la consecución del mismo, tener en cuenta el criterio económico y la simplicidad de las soluciones adoptadas.

Los procesos de conformado básico de metales son por moldeo, por deformación y corte, por soldadura o por arranque de material.

Los procesos de conformado por arranque de viruta están muy extendidos en el ámbito industrial y, por lo tanto, un diseño, cálculo y desarrollo del plan de procesos de una pieza presenta un interés alto para realizar un proyecto académico y se está justificado el mecanizado de esta pieza debido a su complejidad, tolerancias y acabado.

Por último, la realización del presente proyecto se justifica también por ser necesario para la obtención del título de Ingeniero Mecánico en la Escuela Técnica Superior del Diseño de la Universidad Politécnica de Valencia.

### 3. INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA

#### 3.1 Conformación de los metales

La conformación de un material es dotar a ese material de una forma y unas dimensiones establecidas de modo que se obtengan piezas que cumplan una función por sí mismas o acopladas en un conjunto. Los procesos de conformado de metales básicos son:

- *Por moldeo*: Consiste en fundir el material e introducirlo en un molde. Una vez se solidifica el material reproduce la forma y dimensiones que se desean obtener. Existen diversas técnicas de moldeo.

- *Por deformación y corte*: Obtención de piezas mediante choque o presión deformando o seccionando el material. Se puede realizar en frío y en caliente.

- *Por soldadura*: Unión de piezas previamente conformadas.

- *Por arranque de material*: También conocido como arranque de viruta. Se trata de arrancar material en forma de viruta mediante máquinas-herramientas, o bien arrancar material en pequeñas partículas mediante abrasión o por erosión electrolítica. Este proceso produce la geometría final, con las dimensiones y el acabado deseado.

El presente proyecto centra su atención en el conformado de material por arranque de viruta por medio de máquinas-herramientas debido a que la pieza es de alta calidad dimensional, debe ser muy resistente y el tamaño del lote es pequeño, lo que descarta el empleo de otros procesos de conformado.

#### 3.2 Conformación por arranque de viruta mediante el uso de máquina-herramienta

##### 3.2.1. Definición máquina-herramienta y movimientos fundamentales

El Comité Europeo de Cooperación de las Industrias de Máquinas-Herramienta, conocido por las siglas CECIMO define una máquina-herramienta como: *“Las máquinas no portables, que operadas por una fuente exterior de energía conforman los metales, por arranque de viruta, abrasión, choque, presión, procedimientos eléctricos o una combinación de los anteriores”*.

La forma final de la pieza se define mediante la forma de la herramienta, su incidencia en la pieza y dos movimientos principales, que pueden ser aplicados independientemente o de forma simultánea.

- Movimiento fundamental de corte,  $M_c$
- Movimiento de avance,  $M_a$

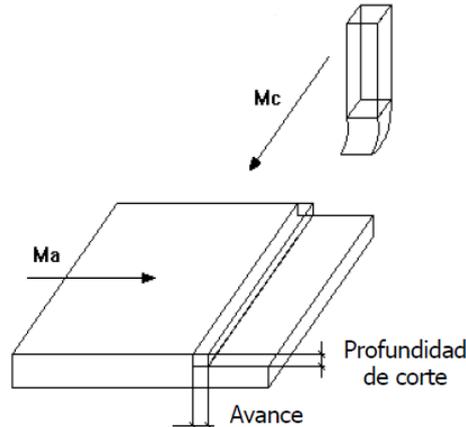


Ilustración 4. Movimientos fundamentales de una máquina-herramienta - Fuente: DIMM - Area de Procesos de fabricación

### 3.2.2. Procesos más comunes en el conformado por arranque de viruta

- *Torneado*: Generación de piezas de revolución. La herramienta tiene un único filo de corte. El movimiento fundamental de corte, lo tiene la pieza que gira con la máquina, mientras que el movimiento de avance, lo lleva la herramienta moviéndose de forma radial y axial. Las principales operaciones que se llevan a cabo en un proceso de torneado son: cilindrado, refrentado, copiado, perfilado y roscado.

- *Taladrado*: Generación de agujeros mediante una herramienta rotativa con dos filos. Tanto el movimiento fundamental de corte, como el movimiento de avance los tiene la propia máquina-herramienta.

- *Fresado*: Generación de piezas mediante herramientas rotativas con múltiples filos. El movimiento fundamental de corte lo lleva la propia máquina, mientras que el movimiento de avance se ejecuta en los tres ejes posibles, y puede llevarlo o bien la máquina-herramienta o la propia mesa donde está amarrada la pieza. Existen numerosas operaciones que se pueden llevar a cabo mediante el fresado. Destacan las

operaciones de planeado, ranurado, perfilado, fresado de cavidades o contorneados superficiales.

El presente proyecto se centra en el proceso de fresado, y sus diversas operaciones debido a la compleja geometría de la pieza.

### 3.2.4. Partes y geometría de la herramienta

La herramienta fundamental está caracterizada por una forma de cuña con un filo recto. Las dos superficies planas principales que la delimitan son, la cara de incidencia cuya superficie es la más próxima a la pieza y la cara de desprendimiento, por donde roza la viruta del material arrancado. La arista que une estas dos superficies es el filo de corte, siendo único en las operaciones de torneado, y múltiple en las de fresado.

En caso de que el avance sea transversal, aparece el contrafilo. Se trata de una arista de corte secundaria, formada por la superficie secundaria de incidencia perpendicular a la pieza con el avance transversal.

En la definición de la geometría, cabe distinguir entre la geometría propia de la herramienta, y la propia del proceso que se lleva cabo. La geometría de las herramientas quedará definida por los ángulos que esta forma si consideramos la normal y la tangente a la pieza, y los diferentes ángulos a considerar son:

- *Ángulo de filo,  $\beta$* : Es el ángulo propio de la cuña de la herramienta que forman la cara de incidencia y la cara de desprendimiento.
- *Ángulo de incidencia,  $\alpha$* : Es el ángulo que forman la cara principal de incidencia con la superficie de la pieza, y está destinado a evitar el rozamiento entre la pieza y la herramienta. Su valor dependerá del material, siendo sus características resistentes y elásticas fundamentales, y se buscará siempre minimizar el ángulo en la medida de lo posible para no debilitar la herramienta.
- *Ángulo de desprendimiento,  $\gamma$* : Es el ángulo que queda entre la cara de desprendimiento y la normal a la superficie de la pieza. Este ángulo influye en la formación de la viruta y como esta se desplaza. El ángulo de desprendimiento puede tener valor negativo. Si  $\gamma > 0$ , la viruta se desprende con facilidad, pero se tiene una herramienta débil al ser el ángulo del filo

pequeño. Si  $\gamma < 0$ , implica que el ángulo va más allá de la normal, teniendo una herramienta robusta puesto que el ángulo de filo es grande, pero por el contrario se tiene mayor dificultad para que la viruta sea desalojada.

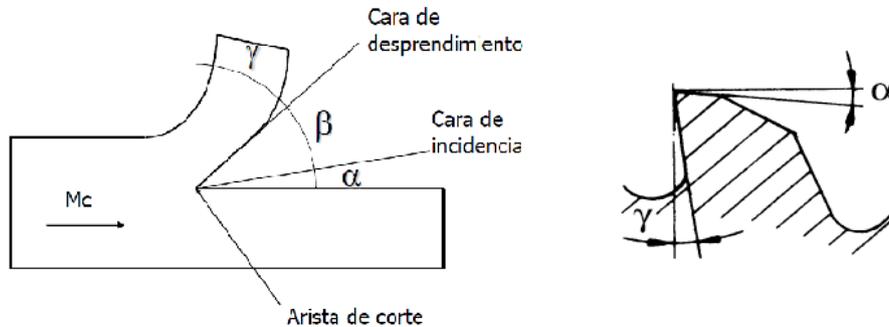


Ilustración 5. Geometría de la herramienta - Fuente: DIMM - Area de Procesos de fabricación

Los tres ángulos deben cumplir:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$$

Por último, se define la geometría del proceso. Se conoce como *ángulo de posición*,  $K$ , al ángulo entre la arista de corte y la dirección del movimiento de avance o superficie de la pieza. Determina los espesores de viruta, la vida útil de la herramienta y las fuerzas de corte necesarias. Un menor ángulo de posición favorece una entrada gradual de la herramienta en la pieza, protegiendo el filo.

El *ángulo de inclinación*,  $L$ , es el ángulo entre la arista de corte y la perpendicular al movimiento de corte. Se considera un corte ortogonal si  $L = 90^\circ$ .

### 3.2.4. Material de las herramientas

Los materiales de las herramientas varían con las condiciones de corte, los acabados y los materiales de las piezas que se van a fabricar.

Aceros al carbono o de baja aleación: Son conocidos como aceros al carbono o aceros para herramientas (WS). Tiene un contenido en carbono entre el 0,5 al 1,5%. Su uso está limitado a bajas temperaturas, con lo que resulta poco apropiado para operaciones con elevadas velocidades de corte (10-20m/min).

Aceros rápidos (HSS): Contienen adiciones de elementos como el tungsteno (W), cromo (Cr), vanadio (V), cobalto (Co) y molibdeno (Mo) formando carburos, de alta resistencia al desgaste. En función de su aleación, se distingue entre aceros débilmente aleados y fuertemente aleados. Las propiedades de la herramienta se ven afectadas por la aleación, y, por consiguiente, sus características varían. Las velocidades de corte son en torno a 40m/min.

Metal duro (Carbides): Son herramientas sinterizadas, formados por carburos de titanio (Ti), tungsteno (W), tántalo (Ta), niobio (Nb) y un aglomerante de cobalto. Las temperaturas de corte aumentan hasta los 900°C, favoreciendo las condiciones de corte permitiendo trabajar a elevadas velocidades (100-300 m/min) y disminuyendo los tiempos de trabajo, así como mejorando las condiciones de acabado.

Materiales cerámicos: Son generalmente empleadas en aplicaciones con elevadas velocidades (300-600 m/min). Muy resistentes al calor, pero tienen un alto grado de fragilidad. Las composiciones más comunes están basadas en un sinterizado de óxido de aluminio. Con el uso de herramientas cerámicas deben evitarse bordes afilados y ángulos de desprendimientos positivos.

Nitruro de boro cúbico: Material compuesto por un núcleo de carburos, tungsteno (W) más carbono (C) y cobalto (Co), y una fina capa de nitruro de boro cúbico. Las temperaturas de trabajo oscilan entre los 1000°C y los 1100°C, lo que permite unas velocidades elevadas de corte (500-800 m/min).

Diamante: El diamante es conocido por ser el material más duro conocido hasta el momento, y, por tanto, tiene una resistencia a la abrasión superior al resto. Es extremadamente frágil y su uso en aceros no es recomendado por su afinidad química con el hierro. Las herramientas tienen un núcleo de carburo con un recubrimiento de polvos de diamante sinterizado. Tiene una temperatura superior de trabajo al resto, 2000°C, y las velocidades de corte son entre 400 – 1300 m/min

## 4. NORMATIVA

En este apartado se hace referencia a las principales normas consultadas y de aplicación al presente proyecto. Se encuentran agrupadas según se hace referencia a las características de los posibles materiales empleados en la construcción del componente y a la máquina-herramienta que se va a emplear para la fabricación.

Debido a la geometría de la pieza del proyecto, se va a realizar mediante fresado, por ello, se empleará la fresadora del departamento, una fresadora vertical KONDIA, de tres ejes, donde la fresa se mueve en el eje vertical, Z, mientras que la mesa se mueve en las coordenadas X e Y, y con una potencia de 5,5kW y 5000 r.p.m.

Se hace referencia a las normas, y, si se considera conveniente, se resumirá el contenido de forma concisa.

### 4.1. Normativa para aceros

- **UNE-EN 10083-1:2008**

“Aceros para temple y revenido. Parte 1: Condiciones técnicas generales de suministro.”

- **UNE-EN 10083-2:2008**

“Aceros para temple y revenido. Parte 3: Condiciones técnicas de suministro de aceros de calidad aleados.”

- **UNE-EN 10083-3:2008**

“Aceros para temple y revenido. Parte 1: Condiciones técnicas de suministro de aceros de calidad no aleados.”

- **UNE-EN 10087:1999**

“Aceros de fácil mecanización. Condiciones técnicas de suministro para semi-productos, barras y alambrón laminados en caliente.”

- **UNE-EN 10283:2010**

“Aceros moldeados resistentes a la corrosión.”

## 4.2. Normativa para aluminios

### **UNE-EN 12258-1:2012**

“Aluminio y aleaciones de aluminio. Términos y definiciones. Parte 1: Términos generales.”

- **UNE-EN 12258-2:2006**

“Aluminio y aleaciones de aluminio. Términos y definiciones. Parte 2: Análisis químico.”

## 4.3. Normativa máquina-herramienta

### 4.3.1. Seguridad

- **UNE-EN 12417:2002+A2:2009**

“Máquinas-herramienta. Seguridad. Centros de mecanizado.”

- **UNE-EN 13128:2002+A2:2009**

“Máquinas herramienta. Seguridad. Fresadoras (incluidas mandrinadoras).”

- **UNE-EN 12717:2002+A1:2009**

“Seguridad de las máquinas-herramienta. Taladros.”

### 4.3.2. General máquina-herramienta

- **UNE 15450-2:2004**

“Máquinas-herramienta. Condiciones de ensayo de centros de mecanizado. Parte 2: Ensayos geométricos de centros de mecanizado con eje principal del cabezal vertical o con cabezales universales con eje principal de rotación vertical (eje Z vertical).”

- **UNE 15450-3:2000**

“Máquinas-herramienta. Condiciones de ensayo de centros de mecanizado. Parte 3: Ensayos geométricos de centros de mecanizado con cabezales universales integrados con eje principal de rotación horizontal (eje Z vertical).”

- **UNE 15450-4:2000**

“Máquinas-herramienta. Condiciones de ensayo de centros de mecanizado. Parte 4: Precisión y repetibilidad de posicionamiento de ejes lineales y giratorios.”

- **UNE 15450-5:2000**

“Máquinas-herramienta. Condiciones de ensayo de centros de mecanizado. Parte 5: Precisión y repetibilidad de posicionamiento de paletas portapiezas.”

- **UNE 15450-6:2000**

“Máquinas-herramienta. Condiciones de ensayo de centros de mecanizado. Parte 6: Precisión de avances, velocidades e interpolaciones.”

- **UNE 15450-7:2000**

“Máquinas-herramienta. Condiciones de ensayo de centros de mecanizado. Parte 7: Precisión de una pieza de ensayo mecanizada.”

- **UNE 15450-8:2001**

“Máquinas-herramienta. Condiciones de ensayo de centros de mecanizado. Parte 8: Evaluación de la precisión del contorneado en los tres planos de coordenadas.”

- **UNE 15701:1993**

“Máquinas-herramienta. Presentación de las instrucciones para la lubricación.”

- **UNE 15006:1975**

“Velocidades y avances en las máquinas-herramienta.”

- **ISO 6983**

De esta norma derivan los lenguajes de programación empleados por las distintas máquinas de control numérico. Esta norma no fija todas las instrucciones necesarias, por ello existen diferencias entre la programación de los diferentes fabricantes y usuarios.

- **ISO 841**

Tiene como objetivo establecer recomendaciones referentes a los ejes y sistemas de referencia de las máquinas de control numérico, definiendo una nomenclatura de ejes y movimientos, de forma que se permita la intercambiabilidad de los programas entre los diferentes fabricantes de máquinas de control numérico.

#### 4.3.3. Normativa aplicable a fresado con fresadora vertical

- **UNE-EN ISO 15641:2002**

“Fresas para mecanizado a alta velocidad. Requisitos de seguridad. (ISO 15641:2001).”

## 5. ÁMBITO DE APLICACIÓN Y RANGO DE SOLUCIONES

En este capítulo se desglosa el conjunto de las soluciones adoptadas en el desarrollo del proyecto y su justificación hasta llegar a la solución final del mismo. Refleja la evolución del proyecto en un orden lógico temporal, describiendo en cada apartado los datos de los que se parte y como se actúa en consecuencia.

### 5.1. Selección del material y suministro del material en bruto

El material a emplear en el utillaje debe ser resistente a la fractura frágil, y ser resistente a la vez que se minimiza su peso. Además, debe ser un material resistente químicamente frente a posibles vertidos de ácidos fuertes. Se va a tener en cuenta también que la parte de la pieza que actúa, está sometida a tracción. Dentro de todas las posibilidades, se va a tener en cuenta el factor económico para la selección del material.

Se considera también que el proceso de conformado se va a realizar mediante arranque de viruta, y más específicamente fresado y taladrado.

Considerando estas características, y ayudándonos del software de selección de materiales CES Edupack, se selecciona el material más adecuado. Introduciendo todos los datos en el software, y teniendo en cuenta el índice  $\sigma_y/\rho$ , que permite diseñar con la mayor resistencia minimizando la masa.

Se selecciona el aluminio 6063, por ser la opción más económica que se ajusta a las necesidades del problema.

Name	Price (EUR/kg)
Aluminum, 6063, T832	2,03 - 2,32
Aluminum, 6005A, T5	2,03 - 2,32
Aluminum, 5754, H19	2,03 - 2,32
Aluminum, 6022, T62	2,03 - 2,33
Aluminum, 6082, T6	2,03 - 2,33

Ilustración 6. Resultados del software Ces Edupack

El material en bruto partirá de una barra maciza de 80x80 mm del suministrador de aluminio Alu-Stock, y se cortará a una longitud de 45mm, puesto que se ajusta a la pieza final a obtener, permitiendo dejar los acabados superficiales necesarios en todas superficies generadas.

## 5.2. Principios básicos del fresado en mecanizado

El fresado es el proceso de fabricación por arranque de viruta en el que una herramienta, generalmente una fresa, con su movimiento de rotación arranca el material de la pieza de trabajo. El movimiento de corte, como indica la definición, se aplica a la herramienta, siendo la pieza la que lleva el movimiento de avance.

En el fresado se distinguen dos tipos, el fresado periférico, en el que el eje de la fresa es paralelo a la superficie mecanizada, y el fresado frontal, en el que el eje de la fresa es perpendicular a la superficie mecanizada. El proceso, mediante la combinación de ambos tipos de fresado, da lugar a la obtención de superficies planas, superficies curvas, ranuras, dientes de engranaje, cajas, etc.

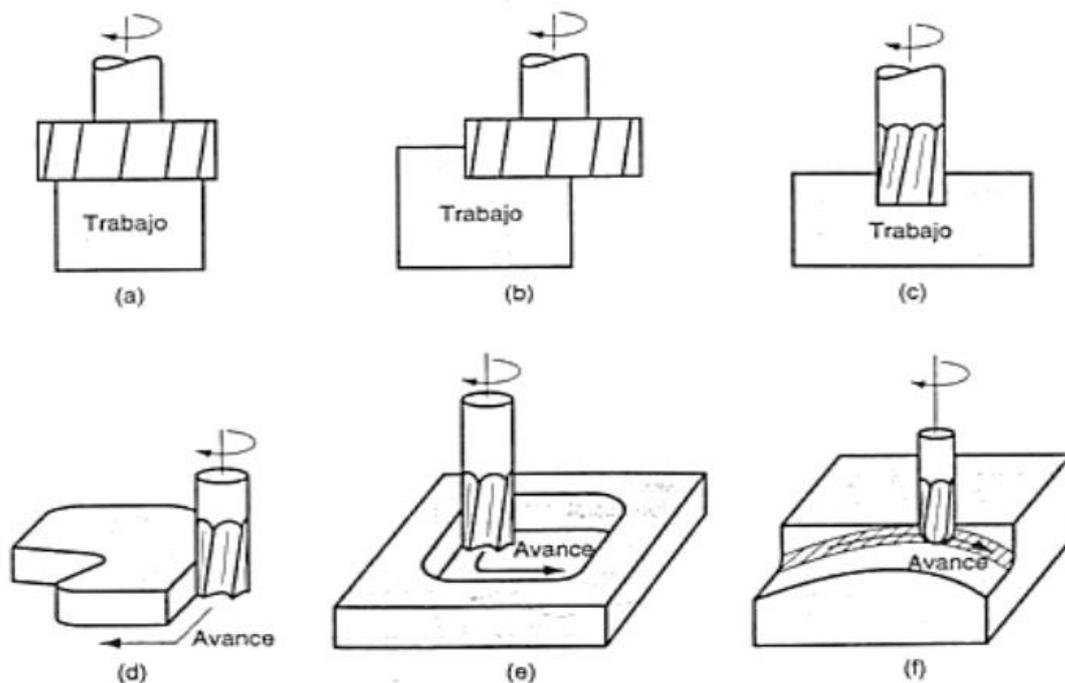


Ilustración 7. Operaciones de fresado - (a) Planeado (b) Fresado combinado (c) Ranurado (d) Fresado de perfiles (Perfilado o contorneado) (e) Fresado de cavidades o cajeadado (f) Fresado de superficies o contornos 3D - Fuente: DIMM - Área de Procesos de fabricación

Los parámetros necesarios para definir la operación de fresado pueden diferenciarse atendiendo a la herramienta, y a las condiciones de corte. Dependiendo de la herramienta, se tiene:

- Diámetro de herramienta (mm)
- Nº de dientes, z
- Paso entre dientes:  $u = \pi \cdot D/z$

Para las condiciones de corte, los parámetros necesarios son:

- Velocidad de corte, Vc (m/min)
- Velocidad de giro de la herramienta, n (r.p.m)
- Avance por diente, fz (mm/diente)
- Avance por vuelta, Sn (mm/vuelta)
- Velocidad de avance, Vf (mm/min)
- Profundidad de pasada axial  $a_a$ (mm)
- Profundidad de pasada radial  $a_r$ (mm)

En cuanto a las fórmulas a emplear referentes a las operaciones de mecanizado en fresadora que se muestran a continuación, han sido extraídas del catálogo online de Sanvik y se muestra la potencia de corte necesaria, la velocidad de corte, el avance por diente y la velocidad de avance, así como una tabla con los valores de Kc a emplear.

$P_C = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f \cdot K_C}{60 \cdot 10^6 \cdot \eta}$	<p><math>P_C</math> (kW) = Potencia de corte  <math>a_p</math> (mm) = Profundidad de corte  <math>a_e</math> (mm) = Ancho de corte  <math>V_f</math> (mm/min) = Velocidad de avance  <math>K_C</math> (N/mm<sup>2</sup>) = Fuerza de corte específica.  <math>\eta</math> = Coeficiente de rendimiento de la máquina</p>
$V_C = \frac{\pi \cdot D_{cap} \cdot n}{1000}$	<p><math>V_C</math> (m/min) = Velocidad de corte  <math>D_{cap}</math> (mm) = Diámetro a profundidad de corte real  n (r.p.m) = Velocidad del husillo</p>
$f_z = \frac{v_f}{z_c \cdot n}$	<p><math>f_z</math> (mm/diente) = Avance por diente  <math>V_f</math> (mm/min) = Velocidad de avance  <math>z_c</math> = Número eficaz de dientes  n (r.p.m) = Velocidad del husillo</p>
$V_f = f_z \cdot z \cdot n$	<p><math>V_f</math> (mm/min) = Velocidad de avance  <math>f_z</math> (mm/diente) = Avance por diente  <math>z_c</math> = Número eficaz de dientes  n (r.p.m) = Velocidad del husillo</p>

Tabla 1. Fórmulas para operaciones de fresado

Material	Resistencia a la tracción (MPa) y dureza	Fuerza de corte específica Kc (MPa)				
		0.1mm/diente	0.2mm/diente	0.3mm/diente	0.4mm/diente	0.6mm/diente
Acero dulce	520	2200	1950	1820	1700	1580
Acero medio	620	1980	1800	1730	1600	1570
Acero duro	720	2520	2200	2040	1850	1740
Acero para herramientas	670	1980	1800	1730	1700	1600
Acero para herramientas	770	2030	1800	1750	1700	1580
Acero al cromo-manganeso	770	2300	2000	1880	1750	1660
Acero al cromo-manganeso	630	2750	2300	2060	1800	1780
Acero al cromo-molibdeno	730	2540	2250	2140	2000	1800
Acero al cromo-molibdeno	600	2180	2000	1860	1800	1670
Acero al cromo-niquel-molibdeno	940	2000	1800	1680	1600	1500
Acero al cromo-niquel-molibdeno	352HB	2100	1900	1760	1700	1530
Acero inoxidable austenítico	155HB	2030	1970	1900	1770	1710
Fundición	520	2800	2500	2320	2200	2040
Fundición dura	46HRC	3000	2700	2500	2400	2200
Fundición meehanita	360	2180	2000	1750	1600	1470
Fundición gris	200HB	1750	1400	1240	1050	970
Latón	500	1150	950	800	700	630
Aleación ligera (Al-Mg)	160	580	480	400	350	320
Aleación ligera (Al-Si)	200	700	600	490	450	390
Aleación ligera (Al-Zn-Mg-Cu)	570	880	840	840	810	720

Tabla 2. Fuerzas de corte específicas, Kc (N/mm<sup>2</sup>). Fuente: Catálogo General Mitsubishi Materials

Como se ha mencionado con anterioridad, el presente proyecto se centra únicamente en el proceso de fresado, y sus diversas operaciones debido a la compleja geometría de la pieza.

### 5.3. Planificación del proceso de fabricación

En este apartado se aborda la planificación de procesos, que es la tarea encargada de preparar las instrucciones necesarias para fabricar la pieza, pasando del material en bruto a la forma final que tiene que adoptar la pieza. Se van a establecer los procesos, las máquinas, herramientas a utilizar, los parámetros de mecanizado, los amarres y sistemas de amarre y la verificación e información complementaria necesaria.

Con la planificación de procesos, se pretende predecir y definir todas las acciones necesarias durante el proceso de fabricación.

Los datos de partida son:

- Planos de diseño del utillaje original del fabricante (No son adjuntados al proyecto puesto que son confidenciales.)
- Planos y especificaciones facilitadas por Air Nostrum L.A.M.

- Programa de fabricación (tamaño de lote, frecuencia, etc.) No es necesario en este caso, pues sólo se va a realizar una unidad de la pieza requerida.
- Medios disponibles y/o proyectados (máquinas, herramientas, utillajes, etc.)

Las etapas que se han de seguir para completar la planificación de procesos son las siguientes:

- Dibujo e información de la pieza
- Estudio de la información geométrica del plano
- Volúmenes de mecanizado y asociación de superficies
- Determinación de procesos y secuencia de mecanizado
- Selección de superficies de referencia y sujeción
- Selección de máquinas herramienta
- Selección de herramientas y condiciones de corte
- Elección del utillaje (queda englobado en “selección de superficies de referencia y sujeción”)
- Confección del programa máquina CN y simulación del proceso.
- Determinación de tiempos y costes de fabricación (no se desarrolla en este proyecto la determinación de tiempos por tratarse del mecanizado de una pieza única)

El objetivo final es conseguir la máxima eficacia en el proceso productivo, teniendo en cuenta todas las restricciones de carácter económico o tecnológico que existan.

En los sucesivos subapartados, se desarrollan las etapas de la planificación de procesos aplicadas en el presente proyecto para la pieza en cuestión.

#### 5.3.1. Dibujo, información de la pieza y análisis geométrico de la pieza

Dado que las superficies de la pieza, salvo en casos que se indicarán a continuación, no tienen que ajustar con otros elementos del utillaje, y puesto que el acabado de la pieza se realizará en máquina de control numérico, se ha indicado en los planos una tolerancia por defecto IT13.

La parte más crítica del mecanizado será los dos taladros pasantes de la superficie 11, ya que será necesario para el agujero un ajuste H7, y tendrá la menor rugosidad superficial de toda la pieza,  $R_a = 0,8\mu\text{m}$ .

Además de las superficies 11, la superficie 9, el taladro pasante de mayor diámetro también tendrá un ajuste H7.

Los taladros y roscas de las superficies 10 y 38 también serán importantes.

El acabado superficial de la pieza por defecto será  $R_a = 6,3\mu\text{m}$  como establecen los planos originales, y puesto que no tendrá consecuencias directas en el funcionamiento del utillaje, se ha optado por mantenerlo. Por lo tanto, todos los procesos se mecanizarán en la máquina de control numérico, y se ajustará la herramienta y los parámetros de corte para el acabado superficial requerido.

En la tabla a continuación, se muestra un análisis de tolerancias más detallado, y como se observa, habrá superficies que requerirán un acabado más preciso. Se detalla la asociación de superficies en el plano N°2 - Asignación de superficies.

Superficie	Intrínsecas			Relativas	
	Dimensiones (IT)	Geométrica (-/100)	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Dimensiones (IT)	Geométrica (-/100)
1			6,3	13	
2			6,3	13	
3			6,3	13	
4			6,3	13	
5			6,3	8	
6			3,2	12	0,02
7	12		6,3		
8			6,3	13	
9	7		3,2		
10	13		6,3		
11	7		0,8		0,02
12			6,3	13	
13			6,3	13	
14			6,3	13	
15			6,3	13	
16			6,3	13	
17			6,3	13	
18			6,3	13	
19			6,3	13	
20			6,3	13	
21			6,3	13	
22			6,3	13	
23			6,3	13	

	Intrínsecas	Relativas		Intrínsecas	Relativas
Superficie	Dimensiones (IT)	Geométrica (-/100)	Superficie	Dimensiones (IT)	Geométrica (-/100)
24			6,3	13	
25			6,3	13	
26			6,3	13	
27			3,2	13	
28	11		3,2		
29			3,2	13	
30			3,2	13	
31	11		3,2		
32			3,2	13	
33			6,3	13	
34			6,3	13	
35			6,3	13	
36			6,3	13	
37			6,3	13	
38	13		6,3		
39			6,3	13	
40			6,3	13	
41			6,3	13	
42			6,3	13	
43			6,3	13	
44			6,3	13	

Tabla 3. Análisis detallado de tolerancias

### 5.3.2. Volúmenes de mecanizado, asociación de superficies y determinación de procesos de fabricación

En este apartado se muestra la determinación de las superficies, la cual se puede encontrar en el plano N°2 - Asignación de superficies de manera completa, o a continuación de manera parcial, los volúmenes de mecanizado y la relación entre las superficies y los volúmenes con el correspondiente proceso de mecanizado. Se indicará únicamente el proceso de mecanizado que se lleva a cabo en la realización del proyecto, que como se ha visto en el apartado de justificación de máquinas herramientas a emplear, será procesos de mecanizado a llevar a cabo en fresadora.

Para la selección de los procesos y sus operaciones, se va a tener en cuenta la siguiente tabla de capacidades, de manera que se pueda cumplir con las calidades y tolerancias exigidas.

Procesos	Dimensión (IT)	Ra	Geométrica (-/100)
Fresado frontal	6	0.4	0.01/100
Fresado periférico	8	1.6	0.01/100
Torneado	7	0.8	0.01/100
Rectificado	4	0.1	0.002/100
<b>Operaciones</b>			
Escariado D < 15	5	0.4	0.01/100
Taladrado D < 20	9	3.2	0. 1/100
Roscado		0.4	

Tabla 4. Tabla de capacidades

En la determinación del plan de procesos, se distinguirá entre fase, subfase y operación, siendo éstas:

- Fase: el trabajo realizado en una máquina. Puede contener distintas subfases y operaciones.
- Subfase: el trabajo realizado en una máquina y para una misma sujeción. Puede estar formado por varias operaciones.
- Operación: parte elemental de un mecanizado, es decir, cada una de las veces que se elimina un volumen de material.

Se va a proceder de manera análoga a la secuenciación de fase y subfases, que se detallará en el siguiente apartado. Para cada subfase, se muestra la asociación de superficies con el volumen de mecanizado y su posterior relación mediante el proceso de mecanizado.

Para la primera subfase, se muestran dos vistas de la pieza tal y como quedaría en el amarre, con la asignación de superficies a trabajar en la subfase, así como las superficies del bruto.

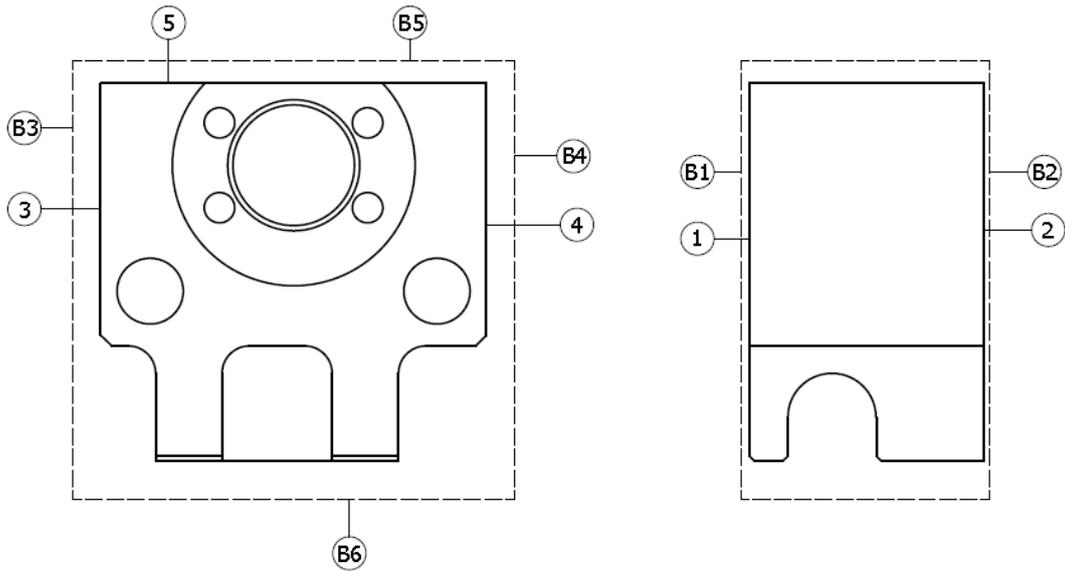


Ilustración 8. Subfase 1.1. - Asignación de superficies

De igual forma, se muestran las mismas vistas, con los volúmenes a mecanizar indicados.

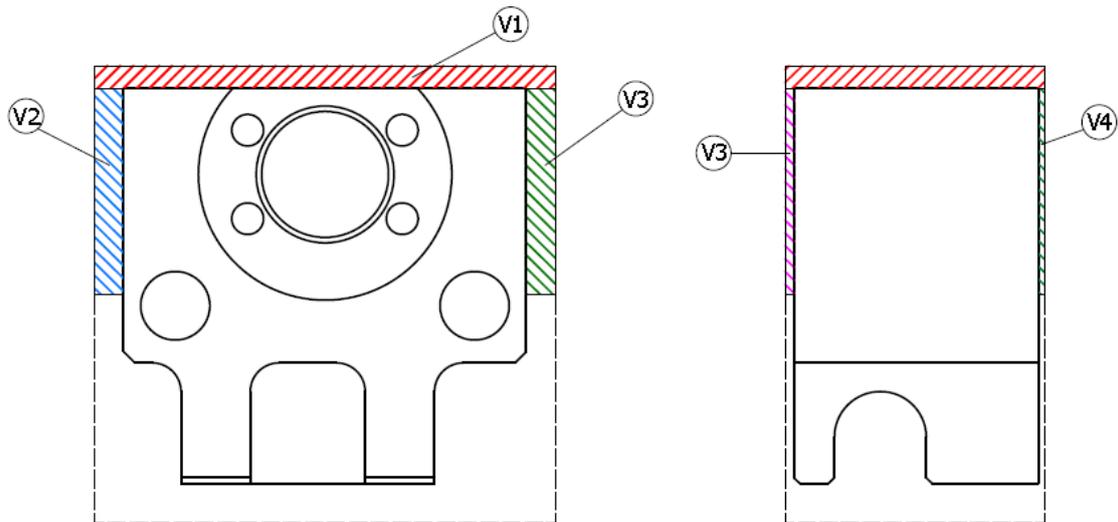


Ilustración 9. Subfase 1.1. - Volúmenes de mecanizado

La asociación de superficies, volúmenes y procesos de fabricación para la subfase serán los siguientes:

Volumen de mecanizado	Superficies asociadas	Proceso de mecanizado
V1	5	En fresadora C.N.: Planeado
V2, V3, V4, V5	1, 2, 3, 4	En fresadora C.N.: Contorneado

Tabla 5 Subfase 1.1. - Proceso de mecanizado

El contorneado de los volúmenes V2, V3, V4 y V5 generan la mitad de las superficies debido al amarre. En la siguiente subfase, se genera la totalidad de dichas superficies.

Se va a proceder de la misma forma para el resto de subfases.

En la siguiente subfase, se muestran 3 vistas de manera que quede claro la asignación de superficies y el posterior proceso de mecanizado.

Para esta subfase, como se verá en el subapartado 5.3.4., Superficies de referencia y sujeción, será necesario el empleo de calzos, para evitar colisiones con el sistema de amarre.

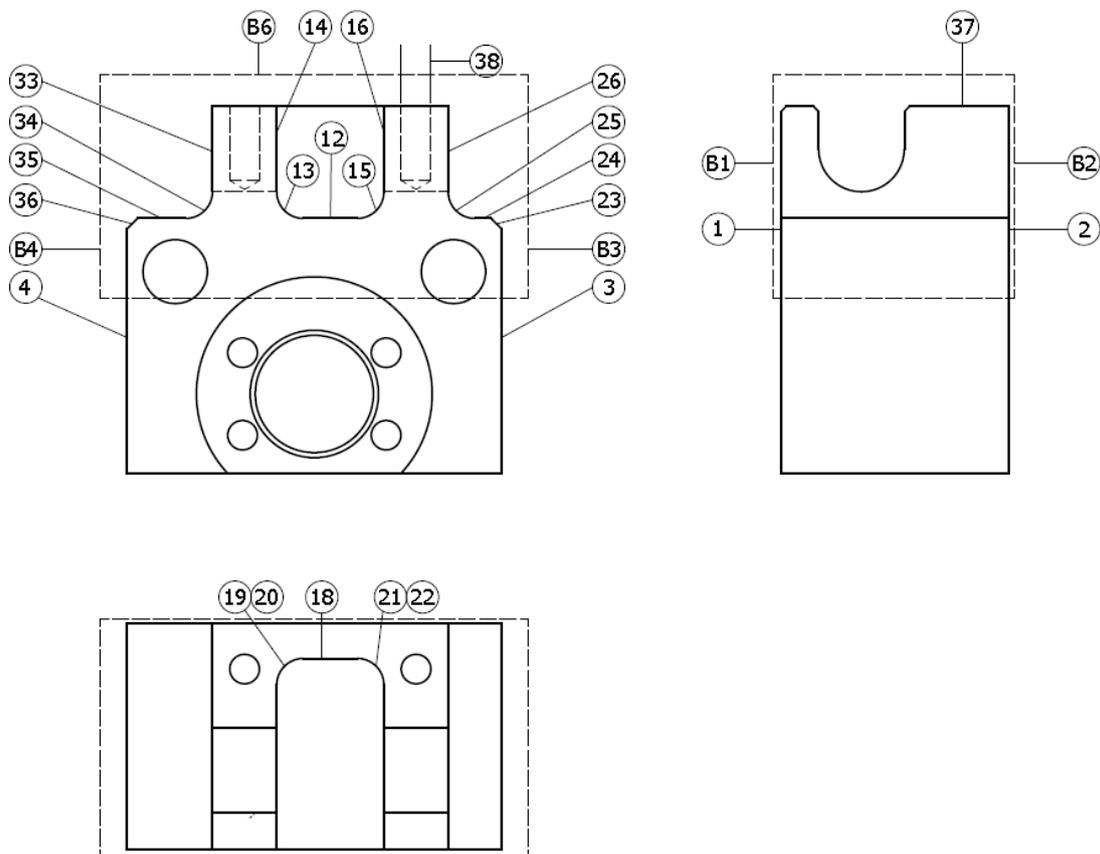


Ilustración 10. Subfase 1.2. - Asignación de superficies

Las superficies 20 y 22 son las correspondientes a la unión de los dos redondeos 19 -13 y 15-21, situadas en las esquinas inferiores de la caja.

Los volúmenes de mecanizado de la subfase son:

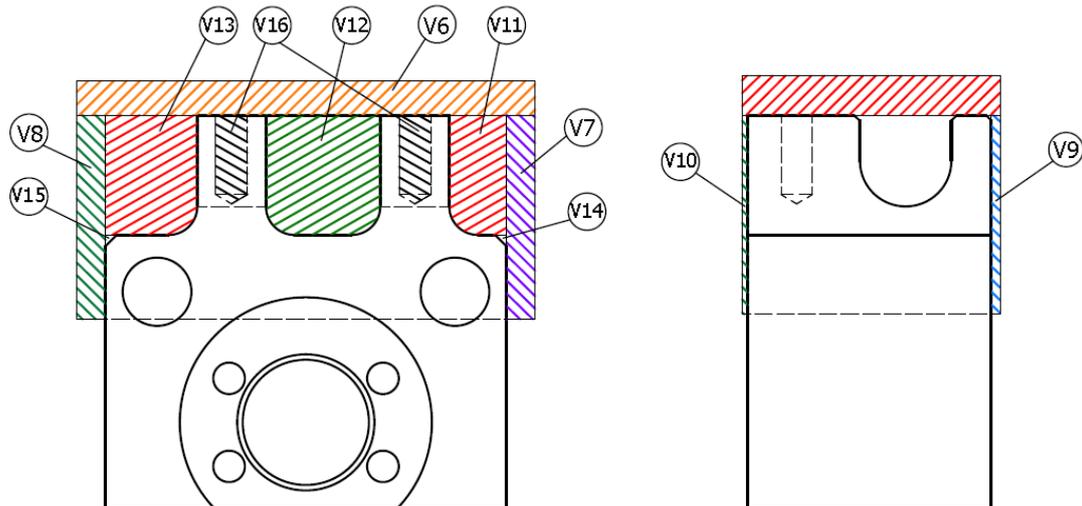


Ilustración 11. Subfase 1.2. - Volúmenes de mecanizado

Las dimensiones del bruto de partida se ajustan al bruto restante en el proceso, de forma que se siga un proceso visualmente cronológico lo más cercano posible al proceso real.

Los procesos de mecanizado de la subfase 1.2. serán los siguientes:

Volumen de mecanizado	Superficies asociadas	Proceso de mecanizado
V6	37	En fresadora C.N.: Planeado
V7, V8, V9, V10	Totalidad de 1, 2, 3, 4	En fresadora C.N.: Contorneado
V11	24, 25, 26	En fresadora C.N.: Contorneado
V13	33, 34, 35	En fresadora C.N.: Contorneado
V12	12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22	En fresadora C.N.: Cajera
V14	23	En fresadora C.N.: Chaflán
V15	36	En fresadora C.N.: Chaflán
V16	38	En fresadora C.N.: Taladrado y roscado

Tabla 6. Subfase 1.2. - Procesos de mecanizado

Para la subfase 1.3., se emplea dos vistas de sección. Se lleva a cabo los taladros pasantes por toda la pieza. Los dos taladros superiores pasantes, tienen asociado los volúmenes de mecanizado 19 y 20 (no representada) y la superficie 11. Se llevan también a cabo los 4 taladros roscados, todos ellos englobados en el volumen de mecanizado 21, y con asignación de superficie 10.

Para esta subfase, como se verá en el subapartado 5.3.4., Superficies de referencia y sujeción, será necesario el empleo de calzos, para separar la pieza y poder taladrar la totalidad de la pieza sin dañar el sistema de sujeción.

La asignación de superficies para esta subfase es la siguiente:

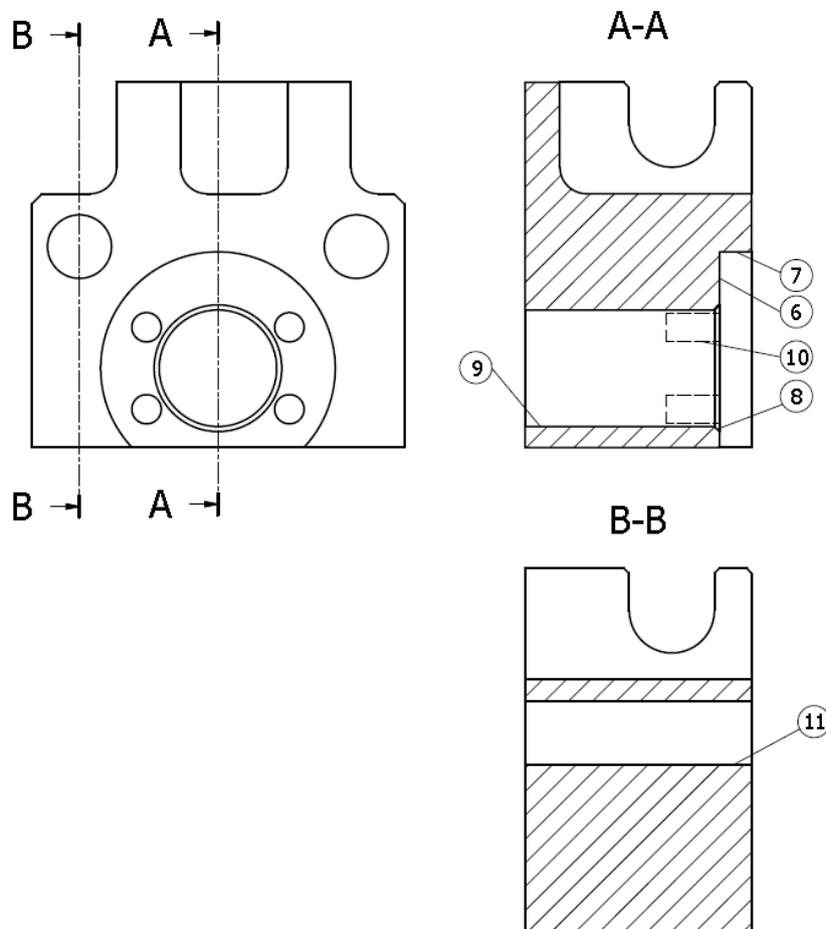


Ilustración 12. Subfase 1.3. - Asignación de superficies

Los volúmenes de mecanizado serán:

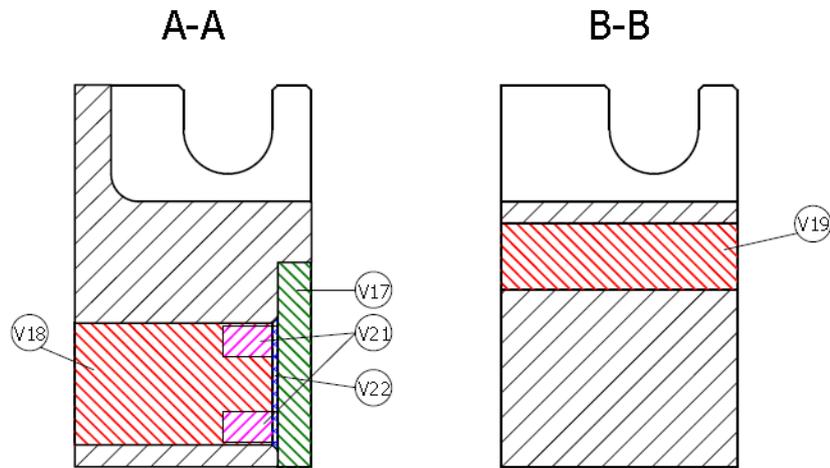


Ilustración 13. Subfase 1.3. - Volúmenes de mecanizado

Los procesos de mecanizado de la subfase 1.3. serán los siguientes:

Volumen de mecanizado	Superficies asociadas	Proceso de mecanizado
V17	6,7	En fresadora C.N.: Cajera
V18	9	En fresadora C.N.: Taladrado
V19, V20	11	En fresadora C.N.: Taladrado
V21	10	En fresadora C.N.: Taladrado y roscado
V22	8	En fresadora C.N.: Chaflán

Tabla 7. Subfase 1.3. - Procesos de mecanizado

Para las últimas subfases, se emplea una única vista. Siguiendo el mismo procedimiento que en las subfases anteriores:

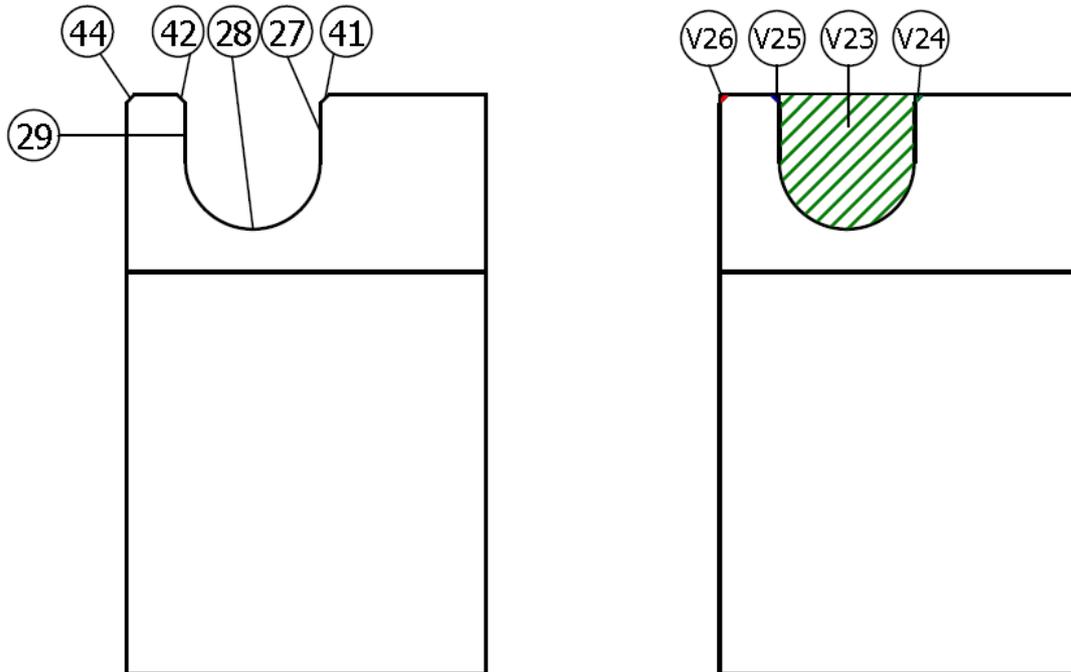


Ilustración 14. Subfase 1.4. - Asignación de superficies y volúmenes de mecanizado

Volumen de mecanizado	Superficies asociadas	Proceso de mecanizado
V23	27, 28, 29	En fresadora C.N.: Contorneado
V24, V25, V26	41, 42, 44	En fresadora C.N.: Chaflán

Tabla 8. Subfase 1.4. - Proceso de mecanizado

Por último, la última subfase del proyecto:

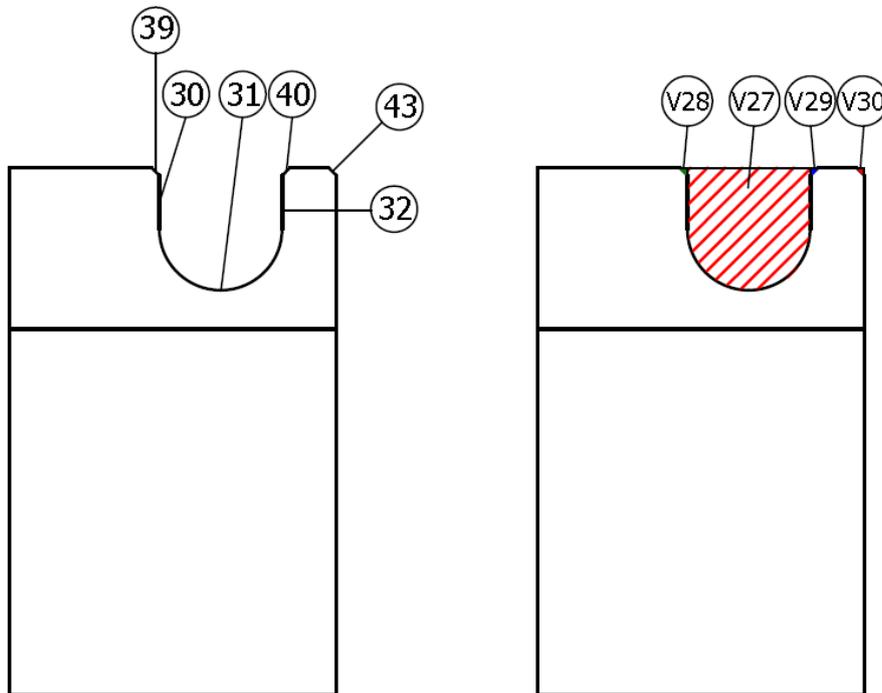


Ilustración 15. Subfase 1.5. - Asignación de superficies y volúmenes de mecanizado

Volumen de mecanizado	Superficies asociadas	Proceso de mecanizado
V27	30, 31, 31	En fresadora C.N.: Contorneado
V28, V29, V30	39, 40, 43	En fresadora C.N.: Chaflán

Ilustración 16. Subfase 1.5. - Procesos de mecanizado

### 5.3.3. Secuencia de mecanizado

Una vez se han determinado los procesos de mecanizado para cada uno de los componentes se procede a determinar la secuencia en la que serán realizados estos procesos.

Se va a tener en cuenta que se busca optimizar el tiempo de fabricación de la pieza. Para ello, se ha buscado minimizar el número de amarres y, por tanto, de las subfases, y se ha buscado emplear el menor número de herramientas posibles, igualando los radios de acuerdo de la pieza. Además, se han agrupado las máximas operaciones posibles en una misma subfase. Dentro de las propias operaciones, se buscarán las trayectorias más eficientes posibles.

En el subapartado anterior, ya se ha indicado el orden de los procesos, y se ha visto cada subfase del proceso con el fin de explicar de forma clara la asignación de superficies y volúmenes de mecanizado. En este apartado se detallan más dichos procesos.

En las subfases que se describen a continuación para cada uno de los componentes se obviará la operación de punteado previa a las operaciones de taladrado que se describen. Por tanto, aunque no se describa, tendrá que tenerse en cuenta para cada taladrado la operación de punteado con la broca de centrar correspondiente, ya que sin esta operación no es posible el correcto centrado del agujero generado en la operación de taladrado.

Se indicará, para cada operación, el volumen de mecanizado definidos en el subapartado anterior.

La pieza tendrá una única fase a realizar en la fresadora de control numérico, y contará con 5 subfases y sus amarres correspondientes.

Para la primera subfase 1.1., se va a amarrar la pieza por la parte superior, de modo que se mecanice la parte inferior de la pieza. La superficie de mecanizado 5 es la más crítica en esta secuencia, ya que tiene una dimensión IT 8. Esta tolerancia se puede alcanzar sin problemas mediante la operación de planear empleada.

Esta subfase consta de las siguientes operaciones:

- Operación 1.1.1.: Se realiza un fresado planeado de toda la superficie en bruto, eliminando 4mm de material. Se realizarán dos pasadas, un desbaste inicial de 3,5mm de profundidad axial, y un acabado de 0,5mm. Se emplea el 95% del diámetro de la herramienta para la profundidad de pasada radial, solapando el 5% restante con la siguiente pasada de manera que no se dejen creces en la superficie. La rugosidad de la pieza es la establecida por defecto.

Volumen de mecanizado V1.

- Operación 1.1.2.: Se realiza un fresado contorneado, eliminando 5mm de material en dos de las caras paralelas del bruto, y asociadas a las superficies 3 y 4; 1,5mm para la superficie 1; y finalmente, 1mm

para la superficie 2. Se establece una profundidad de pasada radial de desbaste de 4,5mm y una de acabado de 0,5; y una profundidad axial de 42mm. Rugosidad por defecto.

Volúmenes de mecanizado V2, V3, V4, V5

La siguiente subfase 1.2., queda amarrada volteando la pieza de modo que amarramos por las superficies mecanizadas. Para esta subfase, como se verá en el subapartado 5.3.4., Superficies de referencia y sujeción, será necesario el empleo de calzos, de forma que se eviten impactos con el amarre de la pieza. Las operaciones a realizar en esta subfase son:

- Operación 1.2.1.: Se realiza un fresado planeado de toda la superficie en bruto, eliminando 6mm de material. Se hará una pasada de desbaste de 5,5mm de profundidad axial y una de acabado de 0,5mm. De igual manera que antes, se emplea el 95% del diámetro de la herramienta para la profundidad de pasada radial, solapando el 5% restante con la siguiente pasada de manera que no se dejen creces en la superficie. La rugosidad de la pieza es la establecida por defecto.

Volumen de mecanizado V6.

- Operación 1.2.2.: Se realiza un fresado contorneado igual que en la operación 1.1.2., de manera que se mecanicen la totalidad de las superficies 1, 2, 3, 4.

Volúmenes de mecanizado V7, V8, V9, V10

- Operación 1.2.3.: Se realiza un fresado contorneado, de manera que se divide la operación en un desbaste y acabado de la base a escuadra, con una fresa enteriza plana; y un acabado con el contorno redondeado empleando la herramienta de punta esférica.

Volumen de mecanizado V11 y V13.

- Operación 1.2.4.: Se realiza un fresado de la cajera para el hueco central. En primer lugar, se realiza un contorneado para desbastar, y posteriormente se fresará la superficie horizontal de la cajera.

Volumen de mecanizado V12.

- Operación 1.2.6.: Taladrado de los dos taladros roscados M5 superiores. Se realiza primero un taladro guía con una broca  $\varnothing 4,6\text{mm}$  con una profundidad de 14mm. Se llevará el taladro de manera progresiva de forma que pueda expulsar toda la viruta y favorezca la entrada de taladrina en el orificio y evitar el sobre calentamiento de la broca.

A continuación, se pasa el macho de rosca para la métrica correspondiente.

- Operación 1.2.5.: Se realizan los chaflanes a  $45^\circ$  con la herramienta correspondiente.

Volúmenes de mecanizado V14 y V15.

Para la siguiente subfase 1.3., se amarrará la pieza de manera que las superficies más grandes queden paralelas a la mesa de trabajo. Para esta subfase será necesario emplear calzos como se explicará en el siguiente apartado, 5.3.4. Selección de superficies de referencia y sujeción, ya que se van a realizar taladros pasantes y así se evita el impacto de la herramienta con el amarre.

Las tolerancias geométricas que afectan a las superficies a mecanizar en esta subfase, están aseguradas al estar todas ellas mecanizadas en el mismo amarre, cumpliendo así con el paralelismo y la perpendicularidad entre superficies.

Las operaciones a realizar en la subfase 1.3. son:

- Operación 1.3.1.: Se realiza un fresado contorneado o cajado abierto. Se lleva a cabo una primera pasada de desbaste de 5,5mm de profundidad axial, y se dejan creces de 0,5mm tanto radial como axialmente. Finalmente, se realiza el acabado de la superficie, con una rugosidad  $R_a = 3,2\mu\text{m}$ . Se van a seguir trayectorias circulares.

Volumen de mecanizado V17

- Operación 1.3.2.: Se realiza un agujero pasante de  $\varnothing 22H7mm$ . Para ello, se decide emplear la fresa enteriza, que seguirá trayectorias circulares hasta obtener el resultado final. Se realiza un primer desbaste con profundidades máximas axiales de 5,5mm y del 95% del diámetro de la herramienta para la máxima profundidad radial, dejando creces radiales de 0,5mm. Finalmente un acabado con una profundidad axial de 42.5mm.

Volumen de mecanizado V18.

- Operación 1.3.4.: Para conseguir las tolerancias de esta operación será necesario realizar un primer taladro con una broca  $\varnothing 11,8mm$ , con varias incursiones, de forma que favorezca la rotura de la viruta y su extracción, así como la entrada de taladrina para evitar el sobrecalentamiento excesivo de la broca.

En segundo lugar, se introducirá un escariador de  $\varnothing 12mm$  obteniendo la tolerancia H7.

Volúmenes de mecanizado V19, V20.

- Operación 1.3.5.: De igual manera que en la operación 1.2.6, se realiza primero 4 taladros guía con una broca  $\varnothing 4,6mm$  con una profundidad de 10mm. Se llevará a cabo el taladrado de manera progresiva de forma que pueda expulsar toda la viruta y favorezca la entrada de taladrina en el orificio y evitar el sobre calentamiento de la broca.

A continuación, se pasa el macho de rosca para la métrica correspondiente.

Volumen de mecanizado V21.

- Operación 1.3.6.: Por último, se realiza el chaflán a  $45^\circ$  en el agujero pasante.

Volumen de mecanizado V22.

Para la subfase 1.4., se amarra la pieza quedando apoyada sobre la superficie 3. La operación a realizar en la subfase es:

- Operación 1.4.1: Se realiza un fresado contorneado. Se lleva a cabo una primera pasada de desbaste, con una profundidad axial de 13mm, y dejando creces radiales de 0,5mm. La segunda pasada de acabado, tiene la misma profundidad axial, y se eliminan las creces de 0,5mm consiguiendo el contorno final.

Volúmenes de mecanizado: V23, V24, V25, V26.

Para la subfase 1.5., se amarra la pieza esta vez sobre la superficie 4, de manera que se pueda acceder por el otro perfil. La operación a realizar es la misma que en la operación anterior.

- Operación 1.5.1: Se realiza un fresado contorneado. Se lleva a cabo una primera pasada de desbaste, con una profundidad axial de 13mm, y dejando creces radiales de 0,5mm. La segunda pasada de acabado, tiene la misma profundidad axial, y se eliminan las creces de 0,5mm consiguiendo el contorno final.

Volúmenes de mecanizado: V27, V28, V29, V30.

A continuación, se muestra una tabla resumen del plan de procesos. Se entiende por fase, la máquina a emplear, en este caso la fresadora vertical; por cada subfase, se refiere a los distintos amarres que se verán en el apartado 5.3.4.; y por operación, el proceso de mecanizado por el cual se asocian las superficies con los volúmenes de mecanizado.

FASE	SUBFASE	OPERACIÓN	VOLUMEN MECANIZADO	SUPERFICIE
Nº Fase	Nº Subfae	OPERACIÓN	VOLUMEN	SUPERFICIE
1	1	FRESADO PLANEADO	V1	5
		FRESADO CONTORNEADO	V2, V3, V4, V5	1, 2, 3, 4
	2	FRESADO PLANEADO	V6	37
		FRESADO CONTORNEADO	V7, V8, V9, V10	1, 2, 3, 4
		FRESADO CONTORNEADO	V11	24, 25, 26
		FRESADO CONTORNEADO	V13	33, 34, 35
		FRESADO DE CAJERA	V12	12, 13 ,14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22
		TALADRADO	V16	
		ROSCADO	V16	38
		CHAFLÁN	V14	23
		CHAFLÁN	V14	36
		3	FRESADO DE CAJERA	V17
	TALADRO		V18	9
	TALADRO		V19, V20	
	ESCARIADO		V19, V21	11
	TALADRO		V21	
	ROSCADO		V21	10
	CHAFLÁN		V22	8
	4	FRESADO CONTORNEADO	V23,V24, V25, V26	27, 28, 29, 41, 42, 44
	5	FRESADO CONTORNEADO	V27, V28, V29, V30	30, 31 32, 39, 40, 43

Tabla 9. Plan de procesos

#### 5.3.4. Selección de superficies de referencia y sujeción

Con el montaje de la pieza en la máquina para los diferentes amarres, será necesario realizarlo de manera precisa y estable de modo que se garantice la posición de la pieza respecto a la máquina.

Debido a la geometría prismática de la pieza, considerando las diferentes operaciones a realizar y sabiendo que se va a necesitar que la parte superior de la pieza esté libre para poder llevarlas a cabo, se han descartado las bridas, y se ha decidido emplear una mordaza fijada a la mesa de la fresadora Kondia.

La pieza se apoyará sobre la base de la mordaza, y sobre una de las caras fijas de la mordaza. La cara opuesta a esta, realizará la fuerza de amarre.

En la producción de grandes lotes de piezas, y con el fin de no tener que estar constantemente localizando el cero pieza, se añade una tercera superficie de referencia, de modo que cada vez que se introduzca un bruto, quedará fijo siempre en la misma situación al anterior. Para este caso, no se emplea esa tercera superficie de referencia. Para los sucesivos amarres, se empleará la siguiente notación:

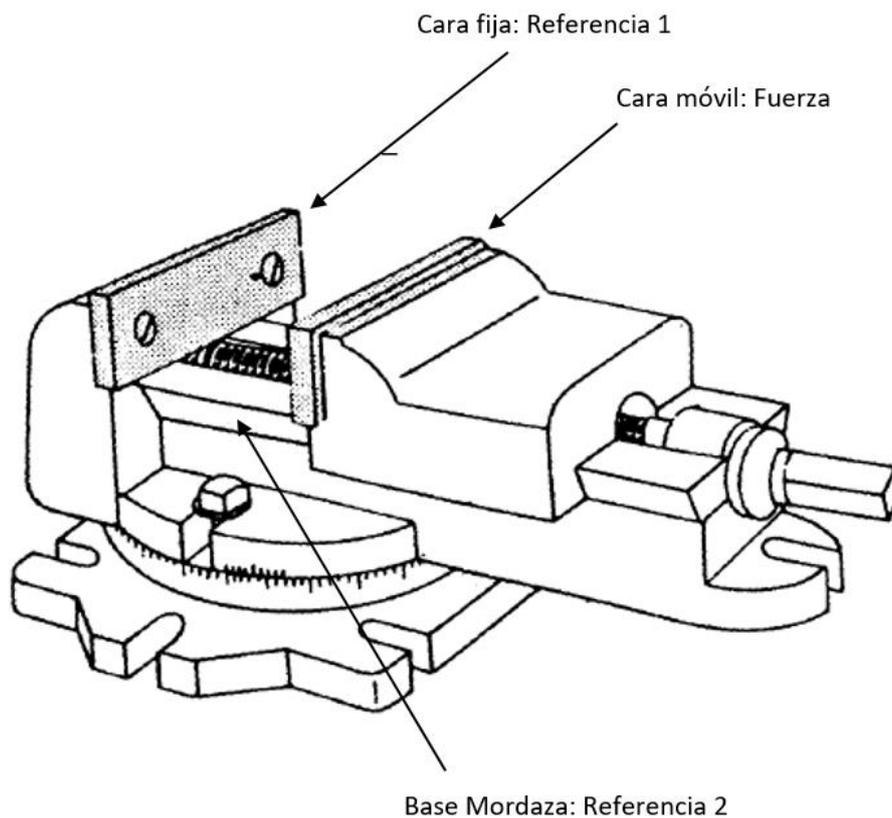


Ilustración 17. Superficies de referencia y fuerza para la mordaza. Fuente: DIMM - Área de Procesos de fabricación

A continuación, se detalla para cada subfase de la secuencia de mecanizado, como se procede para el amarre, y se describe la relación entre las superficies de la pieza y las superficies de referencia de la mordaza. Además, se mencionará las subfases que

necesiten calzos para elevar la pieza y evitar los impactos de la herramienta con la mordaza. Los calzos son piezas cilíndricas de altura determinada, que se colocan en tres puntos de la pieza formando un plano de apoyo. Estos calzos, son piezas de precisión rectificadas y calibradas de modo que el paralelismo entre la superficie de la pieza y la base de la mordaza está garantizado.

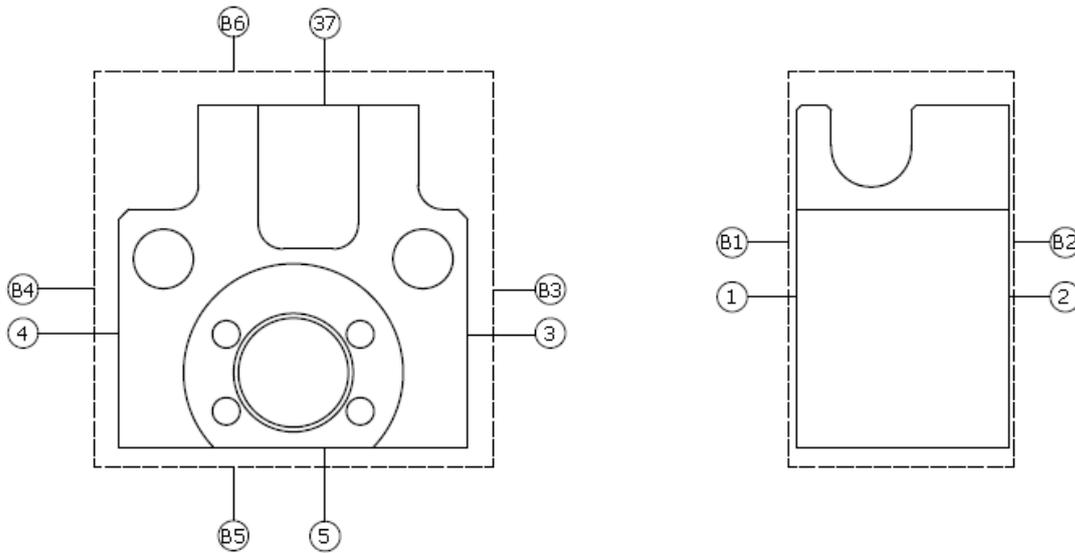


Ilustración 18. Superficies de la pieza involucradas en amarres

Para la subfase 1.1., se apoyará la superficie B6, correspondiente al bruto, sobre la referencia 2, la superficie B2 sobre la referencia 1 y la fuerza se realiza sobre la superficie B1 de la pieza.

La subfase 1.2. requerirá de calzos para que la herramienta no impacte en la mordaza. Se colocarán sobre la base de la mordaza, y sobre estos, se apoyará la superficie 5 de la pieza. Sobre la superficie de referencia 1 de la mordaza, apoyará la superficie 2 de la pieza, mientras que la fuerza se ejercerá sobre la superficie 1.

La subfase 1.3 es la más crítica de todas, pues tiene agujeros pasantes y se debe asegurar que una vez realizados, la herramienta no impacte la base mordaza. Para ello, se distribuyen los calzos sobre la base de la mordaza, de modo que no afecten el taladrado de la pieza. La superficie 2 de la pieza se apoyará sobre estos. Los calzos se distribuirán formando un triángulo, de modo que dos de ellos queden lo más cercanos posibles a la arista de la superficie 5, y hacia los extremos, de forma que se deje espacio

en el centro para el taladro pasante. El tercer calzo, se colocará centrado, en el extremo opuesto.

La superficie de referencia 1 de la mordaza, estará en contacto con la superficie de la pieza, mientras que la fuerza se ejercerá sobre la superficie 4. Por lo tanto, queda definido el amarre para esta subfase.

Para las subfase 1.4., la superficie 4 de la pieza se apoya sobre la base de la mordaza. La superficie de referencia 1 tendrá apoyada la superficie 2 de la pieza, y la fuerza se ejerce sobre la superficie 1 de la pieza.

Por último, para la subfase 1.5., la pieza se gira con respecto a la anterior subfase, de modo que se mecanice el otro lado. Por lo tanto, la superficie 3 se apoya sobre la base de la mordaza, la superficie de referencia 1 de la mordaza tendrá apoyada la superficie 1 de la pieza, y la fuerza se ejerce esta vez sobre la superficie 2 de la pieza.

Quedan por tanto definidos todos los amarres y sujeciones necesarias para llevar a cabo el mecanizado de la pieza. En la siguiente tabla, se muestra un resumen de los amarres y las superficies de referencia:

FASE	SUBFASE			
Nº Fase	Nº Subfae	UTILLAJE	SUPERFICIE DE REFERENCIA	SUPERFICIE FUERZA
1	1	MORDAZA	Referencia 1: B2	B1
			Referencia 2: B6	
	2	MORDAZA Y CALZOS DE PRECISIÓN	Referencia 1: 2	1
			Referencia 2: 5	
	3	MORDAZA Y CALZOS DE PRECISIÓN	Referencia 1: 3	4
			Referencia 2: 2	
	4	MORDAZA	Referencia 1: 2	1
			Referencia 2: 1	
	5	MORDAZA	Referencia 1: 1	2
			Referencia 2: 4	

Tabla 10. Superficies de referencia y fuerza

### 5.3.5. Justificación de la máquina-herramienta a emplear en el proyecto

En apartados precedentes se ha adelantado el empleo de la fresadora vertical debido a la complejidad de la geometría y la imposibilidad de realizarse mediante otros procesos.

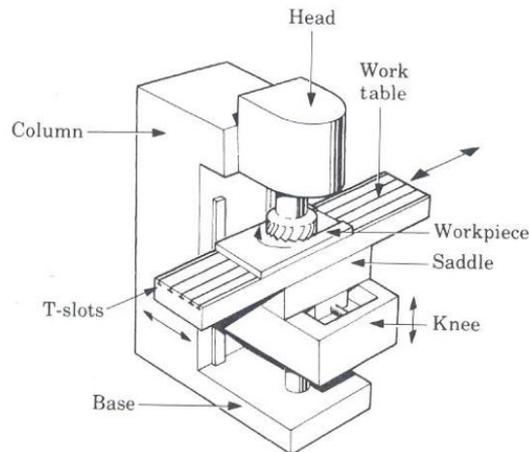


Ilustración 19. Fresadora de eje vertical. Fuente: DIMM - Área de procesos de fabricación

En el proyecto se emplea la fresadora de CNC (Control Numérico Computarizado), que, frente a la fresadora convencional, va a permitir realizar geometrías más complejas como círculos y movimientos en espiral, imposibles de realizar manualmente, y que optimizan el proceso de mecanizado, a la vez que mejoran la precisión y velocidad.

El CNC es la computadora responsable de los movimientos de los motores que incorpora la fresadora para mover los distintos ejes, así como los sistemas de intercambio de herramientas, y otras funciones, a través del correspondiente programa de control numérico. El programa de control numérico, contiene un lenguaje de programación con números y letras, de forma que coordina y controla todas las posibilidades de la máquina CNC.

Además, la posibilidad de introducir las ordenes mediante programación, permite simular y optimizar las estrategias de mecanizado por medio de aplicaciones CAM, antes de llevarlas a cabo.

Para el proyecto, se emplea la fresadora vertical Kondia B-500, del departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales, con control numérico Fagor 8025.

En el Anejo 1, se encuentra la información sobre la máquina herramienta a emplear en el proyecto.

#### 5.3.6. Selección de herramientas y condiciones de corte

En este apartado se detalla todo el procedimiento para la búsqueda de herramientas que van a ser empleadas en cada operación descrita en el apartado 5.3.3., y, como se ha mencionado con anterioridad, se intentará en la medida de lo posible, minimizar el número de herramientas empleadas.

La totalidad de las herramientas han sido seleccionadas del catálogo Sandvik Coromant.

Para la selección de las herramientas, se ha recurrido al catálogo digital y a su asistente virtual ToolGuide. En éste último, se introducen los parámetros de los volúmenes a mecanizar, los acabados de las superficies que se quieren obtener y los datos técnicos de la fresadora a emplear, y el asistente nos facilita las estrategias de mecanizado recomendadas, aunque se han consultado las condiciones de corte también en el catálogo digital para contrastar, y poder barajar otras estrategias.

En primer lugar, se ha configurado en la aplicación de Sandvik la máquina que se va a emplear. Se introducen las características generales, tipo de refrigerante, modelo de refrigeración y parámetros de movimientos de los ejes.

A continuación, se introducen parámetros del husillo de la herramienta, de manera que la aplicación tenga los datos para poder ofrecer las estrategias óptimas que considera.

Los datos introducidos:

- Velocidad de giro mínima = 1 r.p.m.
- Velocidad de giro máxima = 6000 r.p.m.
- Potencia de corte máxima = 5,5 kW
- Par de corte máximo = 35 Nm

Toda la información referente a la fresadora, se ha obtenido de las características que se pueden encontrar en el Anejo 1.

Este proceso nos permitirá adaptar las condiciones de corte a la máquina empleada, de modo que, para las condiciones de corte escogidas, siempre se trabajará dentro de las limitaciones que nos ofrece la máquina. Todos los cálculos de potencia de corte han sido recalculados de modo que se asegure estar por debajo de la potencia máxima de la máquina empleada. Se pueden encontrar todos los cálculos en el Anejo 2.

Para la selección de la herramienta, se va a tener en cuenta una dureza del aluminio 90 HB.

Como todos los fabricantes, Sandvik Coromant tiene su clave de códigos para las diferentes herramientas. Por ejemplo, en el caso de los machos de rosca, será:



<p><b>1 Gama de productos</b></p>	<p><b>2 Material ISO</b></p> <p>P = Acero  M = Acero inoxidable  K = Fundición  S = Superaleaciones termorresistentes    H = Material templado  N = Material no férreo  X = Material cruzado</p>	<p><b>3 Nivel de material</b></p> <p>E = Fácil  M = Medio  D = Difícil</p>
<p><b>4 Número</b></p> <p>1 0 0</p> <p>Núm. diferente para: mango reforzado o recto, chaflán, herramienta, refrigerante, etc. diferentes</p>	<p><b>5 Std</b></p> <p>D = DIN  A = ANSI &amp; DIN/ANSI  J = JIS  I = ISO</p>	<p><b>6 Forma de rosca</b></p> <p>A = M  B = MF  C = MJ  D = UN  E = UNC  F = UNF  G = UNEF  H = UNJC  I = UNJF  J = UNS  K = G  L = NPT  M = NPTF  N = NPSF  O = NPSM  P = EGM  Q = EGMF  R = EGUNC  S = EGUNF  T = PG  U = R  V = Rc  X = Rp  Y = BA</p>
<p><b>7 Dimensión</b></p> <p>Paso solo cuando sea necesario, como en MF.</p> <p>M3  M1 0x1 25 (El tamaño del paso no presenta decimales)</p>		

Ilustración 20. Clave de códigos para machos Sandvik. Fuente: Catálogo digital Sandvik

En el caso de las fresas de metal duro de la serie CoroMill Plura, la clave de códigos será la siguiente:

### Clave de códigos para CoroMill® Plura

<b>2</b>	<b>S</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>1200</b>	<b>-</b>	<b>200</b>	<b>-</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>1640</b>
1	2	3	4	5		6		7	8	9	10	11

<b>1</b> Serie <b>1:</b> Versátil <b>2:</b> Optimizada	<b>5</b> Número consecutivo para diferenciar entre los códigos del tipo de herramienta
<b>2</b> Geometría frontal <b>S:</b> Radio de punta recto, corte central <b>F:</b> Radio de punta recto, sin corte central <b>P:</b> Recta, corte central <b>N:</b> Recta, sin corte central <b>B:</b> Punta esférica <b>C:</b> Herramientas para achatlanar <b>H:</b> Fresa de alto avance <b>U:</b> Radio de chaflán <b>T:</b> Fresa para torneear	<b>6</b> Diámetro de corte (DC) en 1/100. P. ej., 1200 = 12.00 mm
<b>3</b> Ángulo helicoidal de la ranura <b>0:</b> $0^\circ < FHA \leq 15^\circ$ <b>1:</b> $15^\circ < FHA \leq 25^\circ$ <b>2:</b> $25^\circ < FHA \leq 35^\circ$ <b>3:</b> $35^\circ < FHA \leq 45^\circ$ <b>4:</b> $45^\circ < FHA \leq 55^\circ$ <b>5:</b> $55^\circ < FHA \leq 65^\circ$	<b>7</b> Radio de punta, chaflán o radio de chaflán en 1/100. P. ej., Radio de punta 200 = 2 mm. P. ej., Chaflán 045 = 45°
<b>4</b> Longitud media de corte del tipo de herramienta (APM(X)/DC) <b>0:</b> 0-0.5 x DC <b>1:</b> 0.6-1.0 x DC <b>2:</b> 1.1-1.5 x DC <b>3:</b> 1.6-2.0 x DC <b>4:</b> 2.1-2.5 x DC <b>5:</b> 2.6-3.0 x DC <b>6:</b> 3.1-3.5 x DC <b>7:</b> 3.6-4.0 x DC <b>8:</b> 4.1-5.0 x DC <b>9:</b> > 5.0 x DC	<b>8</b> Refrigerante - Sin refrigerante <b>C:</b> Refrigerante de salida radial <b>A:</b> Refrigerante de salida axial
	<b>9</b> Material ISO principal <b>P:</b> ISO P <b>K:</b> ISO K <b>M:</b> ISO M <b>S:</b> ISO S <b>H:</b> ISO H <b>N:</b> ISO N <b>X:</b> Multi
	<b>10</b> Mango <b>A:</b> Cilíndrico <b>B:</b> Weldon <b>C:</b> Cilíndrica con cuello <b>D:</b> Weldon con cuello <b>Y:</b> iLock <b>F:</b> iLock con cuello <b>G:</b> Subdimensionado
	<b>11</b> Calidad

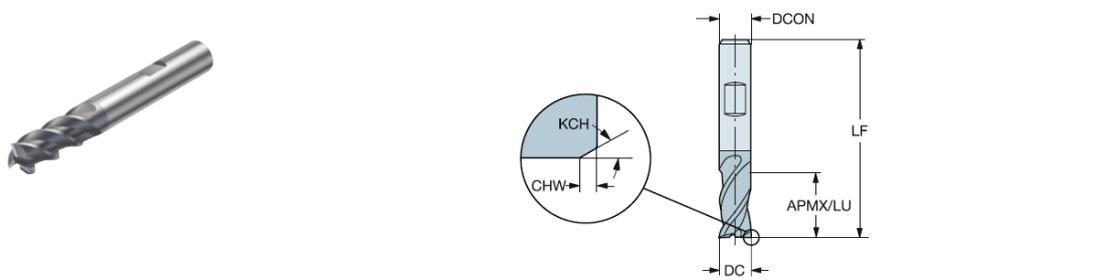
Ilustración 21. Clave de códigos CoroMill Plura. Fuente: Catálogo digital Sandvik

En el catálogo de Sandvik se pueden encontrar el resto de claves de códigos para las herramientas empleadas en el proyecto.

A continuación, se van a seleccionar las herramientas a emplear en el proyecto siguiendo el procedimiento explicado.

➤ PLANEADOS – CoroMill Plura 1P330 – 2000 – XB – 1620

La herramienta que ofrece aplicación de Sandvik es una fresa enteriza de metal duro. La herramienta es de diámetro 20mm con 3 filos de corte. Se presenta a continuación una figura donde se muestran los parámetros geométricos de la herramienta extraídos del catálogo.



Versión métrica

							P	M	K	N	S	Dimensiones, mm		
DC	CZC <sub>ms</sub>	APMX	CHW	KCH	LU	ZEFP	Código de pedido	1620	1620	1620	1620	DCON	RMPX	LF
2.00	6.0	6.00			6.00	3	1P330-0200-XB	☆	☆	☆	☆	6.00	5°	57.00
3.00	6.0	7.00			7.00	3	1P330-0300-XB	☆	☆	☆	☆	6.00	5°	57.00
4.00	6.0	8.00	0.10	45°	8.00	3	1P330-0400-XB	☆	☆	☆	☆	6.00	5°	57.00
5.00	6.0	10.00	0.10	45°	10.00	3	1P330-0500-XB	☆	☆	☆	☆	6.00	5°	57.00
6.00	6.0	10.00	0.10	45°	10.00	3	1P330-0600-XB	☆	☆	☆	☆	6.00	5°	57.00
7.00	8.0	13.00	0.10	45°	13.00	3	1P330-0700-XB	☆	☆	☆	☆	8.00	5°	63.00
8.00	8.0	16.00	0.10	45°	16.00	3	1P330-0800-XB	☆	☆	☆	☆	8.00	5°	63.00
9.00	10.0	16.00	0.10	45°	16.00	3	1P330-0900-XB	☆	☆	☆	☆	10.00	5°	72.00
10.00	10.0	19.00	0.10	45°	19.00	3	1P330-1000-XB	☆	☆	☆	☆	10.00	5°	72.00
12.00	12.0	22.00	0.10	45°	22.00	3	1P330-1200-XB	☆	☆	☆	☆	12.00	5°	83.00
14.00	14.0	22.00	0.15	45°	22.00	3	1P330-1400-XB	☆	☆	☆	☆	14.00	5°	83.00
16.00	16.0	26.00	0.15	45°	26.00	3	1P330-1600-XB	☆	☆	☆	☆	16.00	5°	92.00
18.00	18.0	26.00	0.15	45°	26.00	3	1P330-1800-XB	☆	☆	☆	☆	18.00	5°	92.00
20.00	20.0	32.00	0.15	45°	32.00	3	1P330-2000-XB	☆	☆	☆	☆	20.00	5°	104.00

Ilustración 22. Características geométricas de la fresa CoroMill Plura 1P330-200-XB. Fuente: Catálogo Sandvik Coromant

Los parámetros de corte dependen de la estrategia de mecanizado a seguir. Para el planeado en desbaste, se toma como una profundidad máxima axial  $a_p = 5,5\text{mm}$ , y una máxima pasada radial del 95% del diámetro de la herramienta,  $a_e = 19\text{mm}$ . Por lo tanto, las condiciones de corte para desbaste son:

Avance por diente:

$$f_z = 0.360\text{mm/diente}$$

Velocidad de corte:

$$VC = 358\text{m/min}$$

Velocidad del husillo:

$$n = \frac{1000 \cdot VC}{\pi \cdot DC} = 6000 \text{ r. p. m}$$

Velocidad de avance o 'feedrate':

$$vf = f_z \cdot n \cdot z = 6480 \text{ mm/min}$$

Los parámetros de corte para el acabado serán:

Avance por diente:

$$f_z = 0.325 \text{ mm/diente}$$

Velocidad de corte:

$$VC = 358 \text{ m/min}$$

Velocidad del husillo:

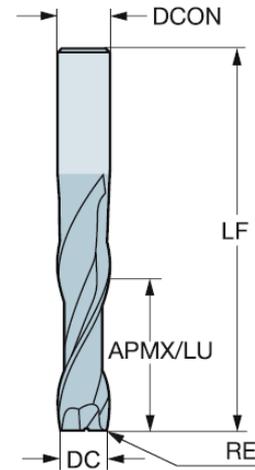
$$n = \frac{1000 \cdot VC}{\pi \cdot DC} = 6000 \text{ r. p. m}$$

Velocidad de avance o 'feedrate':

$$vf = f_z \cdot n \cdot z = 5850 \text{ mm/min}$$

➤ CONTORNEADOS – CoroMill Plura 2P170 – 1400 NA H10F

La herramienta escogida para los contorneados es una fresa de metal duro integral para planeado en escuadra. La herramienta es de diámetro 14mm, con dos filos de corte. Los parámetros geométricos de la herramienta son:



### Versión métrica

							N	Dimensiones, mm	
DC	CZC <sub>MS</sub>	APMX	RE	LU	ZEFP	Código de pedido	H10F	DCON	LF
2.0	3	8.0	0.15	8.0	2	2P170-0200-NA	☆	3.0	50.0
3.0	3	12.0	0.15	12.0	2	2P170-0300-NA	☆	3.0	50.0
4.0	4	16.0	0.15	16.0	2	2P170-0400-NA	☆	4.0	60.0
5.0	5	20.0	0.15	20.0	2	2P170-0500-NA	☆	5.0	60.0
6.0	6	24.0	0.15	24.0	2	2P170-0600-NA	☆	6.0	65.0
7.0	7	28.0	0.15	28.0	2	2P170-0700-NA	☆	7.0	79.0
8.0	8	32.0	0.15	32.0	2	2P170-0800-NA	☆	8.0	79.0
9.0	9	36.0	0.15	36.0	2	2P170-0900-NA	☆	9.0	88.0
10.0	10	40.0	0.15	40.0	2	2P170-1000-NA	☆	10.0	88.0
12.0	12	48.0	0.15	48.0	2	2P170-1200-NA	☆	12.0	99.0
14.0	14	56.0	0.15	56.0	2	2P170-1400-NA	☆	14.0	105.0
16.0	16	64.0	0.15	64.0	2	2P170-1600-NA	☆	16.0	120.0
18.0	18	74.0	0.15	74.0	2	2P170-1800-NA	☆	18.0	120.0
20.0	20	80.0	0.15	80.0	2	2P170-2000-NA	☆	20.0	150.0

Ilustración 23. Características geométricas de la fresa CoroMill Plura 2P170-1400-NA. Fuente: Catálogo Sandvik Coromant

Los parámetros de corte que se establecen en esta ocasión serán, para una profundidad de pasada axial máxima de  $a_p = 42\text{mm}$  y profundidad radial máxima  $a_e = 4,5\text{mm}$  para el desbaste:

Avance por diente:

$$f_z = 0.419\text{mm/diente}$$

Velocidad de corte:

$$VC = 198\text{m/min}$$

Velocidad del husillo:

$$n = \frac{1000 \cdot VC}{\pi \cdot DC} = 4500 \text{ r.p.m}$$

Velocidad de avance o 'feedrate':

$$vf = f_z \cdot n \cdot z = 3772\text{mm/min}$$

Esta herramienta se va a emplear para dos acabados superficiales diferentes. El primero de ellos, el acabado por defecto de la pieza  $Ra = 6,3\mu\text{m}$ , tendrá las siguientes condiciones de corte:

Avance por diente:

$$f_z = 0.243\text{mm/diente}$$

Velocidad de corte:

$$VC = 264\text{m/min}$$

Velocidad del husillo:

$$n = \frac{1000 \cdot VC}{\pi \cdot DC} = 6000 \text{ r.p.m}$$

Velocidad de avance o 'feedrate':

$$vf = f_z \cdot n \cdot z = 2916\text{mm/min}$$

El segundo acabado superficial es más restrictivo con un  $Ra = 3,2\mu\text{m}$ . Para ello, los parámetros de corte son:

Avance por diente:

$$f_z = 0.214\text{mm/diente}$$

Velocidad de corte:

$$VC = 264m/min$$

Velocidad del husillo:

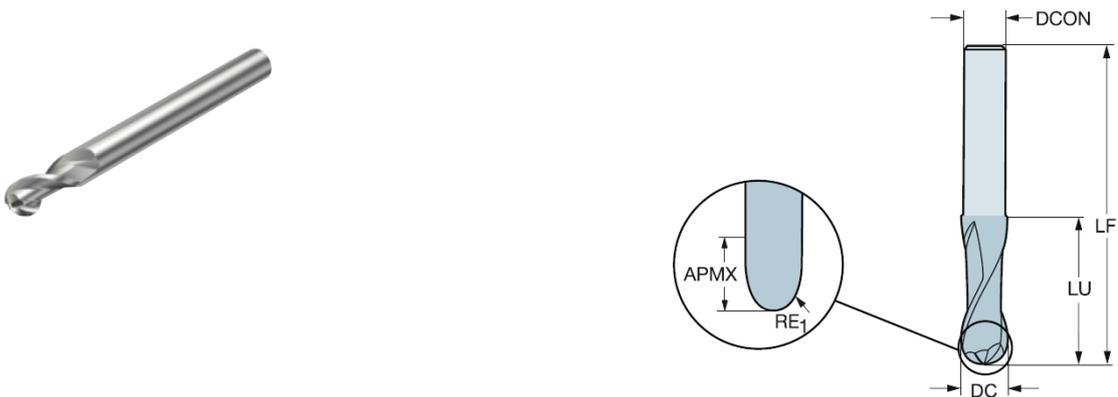
$$n = \frac{1000 \cdot VC}{\pi \cdot DC} = 6000 \text{ r. p. m}$$

Velocidad de avance o 'feedrate':

$$vf = f_z \cdot n \cdot z = 2568mm/min$$

➤ COPIADO – CoroMill Plura 2B320-1000-NG H10F

Es una fresa enteriza de metal duro de punta esférica que se va a emplear para los redondeos de la pieza. El diámetro de la herramienta es de 10mm, con un radio de 5mm y 2 filos de corte. Los parámetros geométricos son se muestran en la siguiente figura.



Versión métrica

							N	Dimensiones, mm	
DC	CZC <sub>MS</sub>	APMX	RE <sub>1</sub>	LU	ZEPF	Código de pedido	H10F	DCON	LF
3.0	2	4.0	1.50	32.0	2	2B320-0300-NG	☆	2.9	60.0
4.0	3	5.0	2.00	32.0	2	2B320-0400-NG	☆	3.8	60.0
5.0	4	8.0	2.50	42.0	2	2B320-0500-NG	☆	4.8	70.0
6.0	5	9.0	3.00	64.0	2	2B320-0600-NG	☆	5.8	100.0
8.0	7	13.0	4.00	64.0	2	2B320-0800-NG	☆	7.8	100.0
10.0	9	15.0	5.00	60.0	2	2B320-1000-NG	☆	9.7	100.0
12.0	11	17.0	6.00	80.0	2	2B320-1200-NG	☆	11.7	125.0
16.0	15	23.0	8.00	77.0	2	2B320-1600-NG	☆	15.7	125.0
20.0	19	26.0	10.00	100.0	2	2B320-2000-NG	☆	19.7	150.0

Ilustración 24. Características geométricas fresa de punta esférica CoroMill Plura 2B320-1000-NG. Fuente: Catálogo Sandvik Coromant

Las condiciones de corte para esta herramienta en desbaste son:

Avance por diente:

$$f_z = 0.262\text{mm/diente}$$

Velocidad de corte:

$$VC = 188\text{m/min}$$

Velocidad del husillo:

$$n = \frac{1000 \cdot VC}{\pi \cdot DC} = 6000 \text{ r. p. m}$$

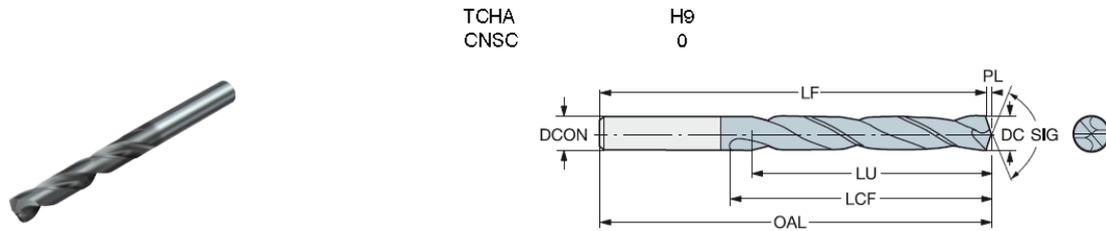
Velocidad de avance o 'feedrate':

$$vf = f_z \cdot n \cdot z = 2568\text{mm/min}$$

Para una pasada en acabado se disminuirá el avance por diente a 0.214mm/diente, y una velocidad de avance de 2561mm/min.

➤ BROCA – CoroDrill 460.1-0460-023A0-XM – GC34

Broca de metal duro con recubrimiento nitruro de titanio – aluminio (Ti,Al)N, que servirá de taladro guía previo a pasar el macho de rosca para los taladros roscados de la pieza. La geometría de la herramienta es la siguiente:



		P	M	K	N	S	H	Dimensiones, mm, pulg.																
DC	DC"	LU	LU"	ULDR	CZ.C.M.S	Código de pedido	GC34	GC34	GC34	GC34	GC34	DCON	DCON"	OAL	OAL"	LF	LF"	LCF	LCF"	PL	PL"	SIG	KG	BSG
3.00	.118	9.4	.370	3	6	460.1-0300-009A0-XM	*	*	*	*	*	6.00	.236	62	2.441	61.6	2.425	20	.787	0.4	.016	140°	0.020	DIN 6537 K
3.00	.118	15.4	.606	5	6	460.1-0300-015A0-XM	*	*	*	*	*	6.00	.236	66	2.598	65.6	2.583	28	1.102	0.4	.016	140°	0.020	DIN 6537 L
3.10	.122	9.7	.382	3	6	460.1-0310-009A0-XM	*	*	*	*	*	6.00	.236	62	2.441	61.6	2.425	20	.787	0.4	.016	140°	0.020	DIN 6537 K
4.50	.177	14.2	.559	3	6	460.1-0450-014A0-XM	*	*	*	*	*	6.00	.236	66	2.598	65.3	2.571	24	.945	0.7	.028	140°	0.023	DIN 6537 K
4.50	.177	23.2	.913	5	6	460.1-0450-023A0-XM	*	*	*	*	*	6.00	.236	74	2.913	73.3	2.886	36	1.417	0.7	.028	140°	0.023	DIN 6537 L
4.60	.181	14.5	.571	3	6	460.1-0460-014A0-XM	*	*	*	*	*	6.00	.236	66	2.598	65.3	2.571	24	.945	0.7	.028	140°	0.023	DIN 6537 K
4.60	.181	23.7	.933	5	6	460.1-0460-023A0-XM	*	*	*	*	*	6.00	.236	74	2.913	73.3	2.886	36	1.417	0.7	.028	140°	0.023	DIN 6537 L
4.70	.185	14.6	.575	3	6	460.1-0470-014A0-XM	*	*	*	*	*	6.00	.236	66	2.598	65.3	2.571	24	.945	0.7	.028	140°	0.023	DIN 6537 K

Ilustración 25. Características geométricas broca CoroDrill 460.1-0760-023A0-XM. Fuente: Catálogo Sandvik Coromant

Las condiciones de corte para la broca son:

Avance por diente:

$$f_z = 0.115 \text{ mm/diente}$$

Velocidad de corte:

$$VC = 86.7 \text{ m/min}$$

Velocidad del husillo:

$$n = \frac{1000 \cdot VC}{\pi \cdot DC} = 6000 \text{ r.p.m}$$

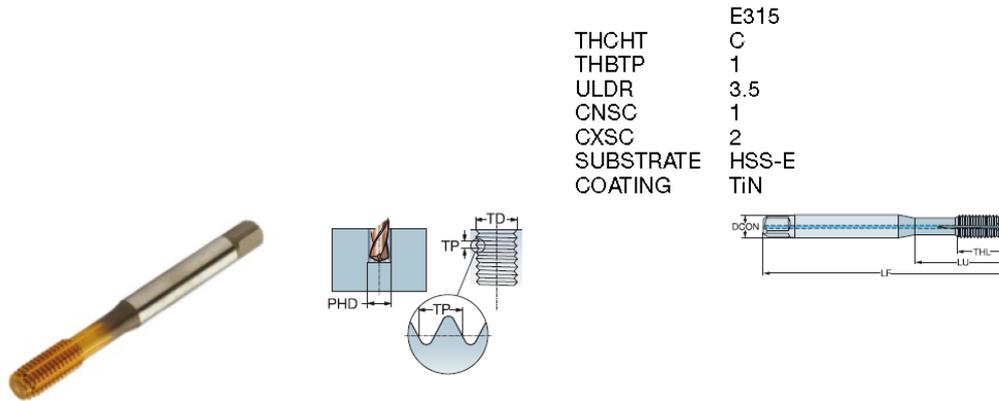
Velocidad de avance o 'feedrate':

$$vf = f_z \cdot n \cdot z = 690 \text{ mm/min}$$



➤ ROSCADO - CoroTap 400 E315M5

Macho de roscar de acero rápido con recubrimiento de nitruro de titanio (TiN), para métrica M5 a derechas. La geometría de la herramienta es la siguiente:



						Dimensiones, mm, pulg.				
TDZ	TP	LU	CZC <sub>MS</sub>	TCTR	Código de pedido	DCON	TD	LF	THL	BSG
M 5	0.80	21.00	6.00 x 4.90	6HX	E315M5	6.0	5.00	70.0	13.0	DIN 2174
		.827				.236	.197	2.756	.512	
M 6	1.00	26.00	8.00 x 4.90	6HX	E315M6	6.0	6.00	80.0	15.0	DIN 2174
		1.024				.236	.236	3.150	.591	
M 8	1.25	30.00	8.00 x 6.20	6HX	E315M8	8.0	8.00	90.0	18.0	DIN 2174
		1.181				.315	.315	3.543	.709	
M 10	1.50	33.00	10.00 x 8.00	6HX	E315M10	10.0	10.00	100.0	20.0	DIN 2174
		1.209				.394	.394	3.937	.787	
M 12	1.75	83.00	9.00 x 7.00	6HX	E315M12	9.0	12.00	110.0	23.0	DIN 2174
		3.268				.354	.472	4.331	.906	

Ilustración 27. Características geométricas macho de roscar CoroTap 400 E315M5. Fuente: Catálogo Sandvik Coromant

Las condiciones de corte para la broca se extraen de la tabla del catálogo:

Valores métricos

					E313 E080		
					ULDR(xTD)		
					1.5	2	2.5
ISO	Núm. MC	Material	N/mm <sup>2</sup>	HB	v <sub>c</sub> m/min		
N	N1.2.Z.UT	Aleaciones con base de aluminio	-	60	67	55	47
	N1.2.Z.AG		-	100	67	55	47
	N1.3.C.UT		-	75	67	55	47
	N1.3.C.AG		-	90	49	40	34
	N3.1.U.UT	Aleaciones con base de cobre	-	100	31	25	21

Ilustración 28. Condiciones de corte macho de roscar CoroTap 400 E315M5. Fuente: Catálogo Sandvik Coromant

Velocidad de corte:

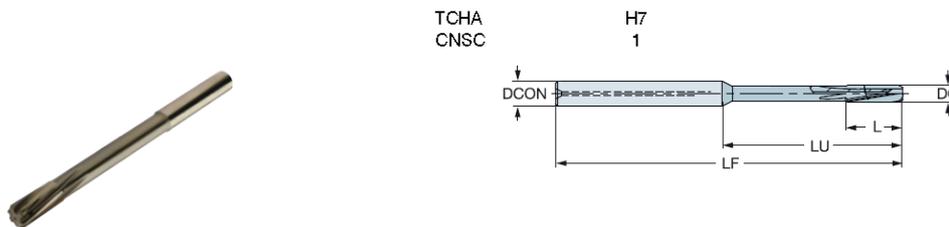
$$VC = 34m/min$$

Velocidad del husillo:

$$n = \frac{1000 \cdot VC}{\pi \cdot DC} = 2164 \text{ r. p. m}$$

➤ ESCARIADOR – *CoroReamer 435.T-1200-A1-XF H10F*

Escariador para conseguir la tolerancia exigida. Es una herramienta de metal duro de 12mm de diámetro. La geometría de la herramienta es la siguiente:



											P	K	N	Dimensiones, mm, pulg.													
DC	DC"	LU	LU"	CZ <sub>QMS</sub>	Código de pedido	H10F	H10E	H10F	H10E	H10F	DCON	DCON"	QAL	QAL"	LCF	LCF"	L	L"	LF	LF"	APMX	APMX"	PHD	PHD"	CP Bar	CP PSI	BSG
11.97	.471	75.00	2.953	12	435.T-1197-A1-XF	☆	☆	☆	☆	☆	12.00	.472	120.00	4.724	26.00	1.024	20.00	.787	118.20	4.654	0.3	.012	11.80	.465	20	290	COROMANT
11.98	.472	75.00	2.953	12	435.T-1198-A1-XF	☆	☆	☆	☆	☆	12.00	.472	120.00	4.724	26.00	1.024	20.00	.787	118.20	4.654	0.3	.012	11.80	.465	20	290	COROMANT
11.99	.472	75.00	2.953	12	435.T-1199-A1-XF	☆	☆	☆	☆	☆	12.00	.472	120.00	4.724	26.00	1.024	20.00	.787	118.20	4.654	0.3	.012	11.80	.465	20	290	COROMANT
12.00	.472	75.00	2.953	12	435.T-1200-A1-XF	☆	☆	☆	☆	☆	12.00	.472	120.00	4.724	26.00	1.024	20.00	.787	118.20	4.654	0.3	.012	11.80	.465	20	290	COROMANT
12.01	.473	75.00	2.953	12	435.T-1201-A1-XF	☆	☆	☆	☆	☆	12.00	.472	120.00	4.724	26.00	1.024	20.00	.787	118.20	4.654	0.3	.012	11.80	.465	20	290	COROMANT
12.02	.473	75.00	2.953	12	435.T-1202-A1-XF	☆	☆	☆	☆	☆	12.00	.472	120.00	4.724	26.00	1.024	20.00	.787	118.19	4.653	0.3	.012	11.80	.465	20	290	COROMANT
12.03	.474	75.00	2.953	12	435.T-1203-A1-XF	☆	☆	☆	☆	☆	12.00	.472	120.00	4.724	26.00	1.024	20.00	.787	118.19	4.653	0.3	.012	11.80	.465	20	290	COROMANT
13.00	.512	85.00	3.346	14	435.T-1300-A1-XF	☆	☆	☆	☆	☆	14.00	.551	130.00	5.118	28.60	1.126	22.00	.866	128.05	5.041	0.3	.012	12.80	.504	20	290	COROMANT
14.00	.551	85.00	3.346	14	435.T-1400-A1-XF	☆	☆	☆	☆	☆	14.00	.551	130.00	5.118	28.60	1.126	22.00	.866	127.90	5.035	0.3	.012	13.80	.543	20	290	COROMANT
15.00	.591	82.00	3.228	16	435.T-1500-A1-XF	☆	☆	☆	☆	☆	16.00	.630	130.00	5.118	28.60	1.126	22.00	.866	127.75	5.030	0.3	.012	14.80	.583	20	290	COROMANT
16.00	.630	102.00	4.016	16	435.T-1600-A1-XF	☆	☆	☆	☆	☆	16.00	.630	150.00	5.906	32.50	1.280	25.00	.984	147.60	5.811	0.3	.012	15.80	.622	20	290	COROMANT
17.00	.669	102.00	4.016	18	435.T-1700-A1-XF	☆	☆	☆	☆	☆	18.00	.709	150.00	5.906	32.50	1.280	25.00	.984	147.45	5.805	0.3	.012	16.80	.661	20	290	COROMANT
18.00	.709	102.00	4.016	18	435.T-1800-A1-XF	☆	☆	☆	☆	☆	18.00	.709	150.00	5.906	32.50	1.280	25.00	.984	147.30	5.799	0.3	.012	17.80	.701	20	290	COROMANT
19.00	.748	100.00	3.937	20	435.T-1900-A1-XF	☆	☆	☆	☆	☆	20.00	.787	150.00	5.906	32.50	1.280	25.00	.984	147.14	5.793	0.3	.012	18.80	.740	20	290	COROMANT
20.00	.787	100.00	3.937	20	435.T-2000-A1-XF	☆	☆	☆	☆	☆	20.00	.787	150.00	5.906	32.50	1.280	25.00	.984	146.99	5.787	0.3	.012	19.80	.780	20	290	COROMANT

Los diámetros redondos producen una tolerancia de agujero H7

Ilustración 29. Características geométricas del escariador CoroReamer 435.T-1200-A1-XF. Fuente: Catálogo digital Sandvik Coromant

Las condiciones de corte para el escariador se obtienen de las tablas del catálogo. Se supone que el aluminio tiene envejecimiento térmico. Las creces que se han dejado son de 0,2mm, ya que se ha empleado la broca de 11,8mm de diámetro.

ESCARIADO Datos de corte

**Datos de corte para CoroReamer™ 435**

Valores métricos

CoroReamer™ 435 -XF					Ø mm					
ISO	Núm. MC	Material	N/mm²	Datos de aplicación	< 5.00	5.00 - 6.20	6.20 - 8.00	8.00 - 12.00	12.00 - 16.00	16.00 - 20.00
N	N1.2.Z.UT	Aleaciones de aluminio Forjadas o forjadas y trabajadas en frío, no envejecidas	400	$v_c$ m/min $f_d$ mm/rev. Creces	0.15 0.10	0.18 0.10	0.20 0.15	50 0.20	0.25 0.20	0.30 0.30
	N1.2.Z.AG	Forjadas o forjadas y envejecidas	650	$v_c$ m/min $f_d$ mm/rev. Creces	0.15 0.10	0.18 0.10	0.20 0.15	50 0.20	0.25 0.20	0.30 0.30
	N1.3.C.UT	Fundidas, no envejecidas	600	$v_c$ m/min $f_d$ mm/rev. Creces	0.15 0.10	0.18 0.10	0.20 0.15	50 0.20	0.25 0.20	0.30 0.30
	N1.3.C.AG	Fundición, o fundición y envejecido	700	$v_c$ m/min $f_d$ mm/rev. Creces	0.15 0.10	0.18 0.10	0.20 0.15	50 0.20	0.25 0.20	0.30 0.30
	N1.4.C.NS	Aleaciones de fundición AISI, Si ≥ 13%	700	$v_c$ m/min $f_d$ mm/rev. Creces	0.15 0.10	0.15 0.10	0.15 0.20	30 0.20	0.20 0.20	0.30 0.30

Ilustración 30. Condiciones de corte del escariador CoroReamer 435.T-1200-A1-XF. Fuente: Catálogo digital Sandvik Coromant

Las condiciones de corte para escariador son:

Avance por diente:

$$f_z = 0.200\text{mm/diente}$$

Velocidad de corte:

$$VC = 50\text{m/min}$$

Velocidad del husillo:

$$n = \frac{1000 \cdot VC}{\pi \cdot DC} = 1326 \text{ r. p. m}$$

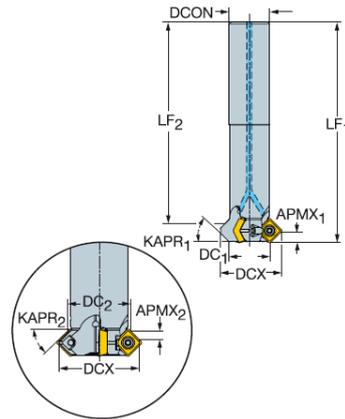
Velocidad de avance o 'feedrate':

$$vf = f_z \cdot n \cdot z = 318.31\text{mm/min}$$

➤ FRESADO DE CHAFLANES – CoroMill 495-012A16-4509L

Para el fresado de los chaflanes se ha escogido un portaplaquitas, ya que las fresas enterizas disponibles limitaban la operación del fresado de los chaflanes de 2mm. Para la herramienta, se han escogido las plaquitas necesarias para el mecanizado del material empleado en el proyecto. En este caso, las plaquitas establecen las condiciones de corte de la operación.

En primer lugar, la geometría del portaplaquitas se muestra en la siguiente figura.



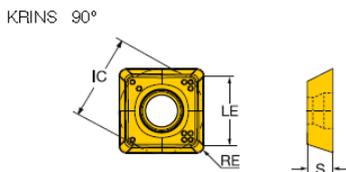
Versión métrica

											Dimensiones, mm										
KAPR <sub>1</sub>	KAPR <sub>2</sub>	DC <sub>1</sub>	DC <sub>2</sub>		CZ <sub>CMS</sub>	APMX <sub>1</sub>	APMX <sub>2</sub>	CNSC		Código de pedido	DCON	DCX	BD <sub>1</sub>	LF <sub>1</sub>	LF <sub>2</sub>	LU			PPMX	CICT	MIID
30°	60°	12.0	18.3	09	16	3.8	6.5	1	1	495-012A16-3009L	16.0	26.0	17.1	100.0	88.7	1.4	0.14	14400	1	495-09T3M-XL	
45°	45°	17.7	09	16	5.4	5.4	1	1	1	495-012A16-4509L	16.0	23.4	11.2	100.0	90.8	51.0	1.4	0.12	14400	1	495-09T3M-XL
60°	30°	13.5	09	16	6.8	3.9	1	1	1	495-012A16-6009L	16.0	20.1	13.5	100.0	92.8	49.0	1.4	0.11	14400	1	495-09T3M-XL
75°		09	16	7.7	1	1	1	1	1	495-012A16-7509L	16.0	16.2	12.9	100.0	92.1	1.4	0.10	14400	1	495-09T3M-XL	
45°	45°	20.5	20.9	09	20	5.4	5.4	1	3	495-020A20-4509M	20.0	31.9	19.7	110.0	98.2	58.0	1.4	0.23	9500	3	495-09T3M-XL
75°		25.5	09	25	7.7	1	1	3	3	495-025A25-7509H	25.0	29.7	25.2	120.0	112.1	1.4	0.41	8100	3	495-09T3M-XL	
30°	60°	31.8	09	25	3.8	6.5	1	4	4	495-025A25-3009H	25.0	39.5	30.6	120.0	108.7	59.0	1.4	0.52	8100	4	495-09T3M-XL
45°	45°	25.9	09	25	5.4	5.4	1	4	4	495-025A25-4509H	25.0	36.9	24.7	120.0	108.2	1.4	0.41	8100	4	495-09T3M-XL	
60°	30°	19.9	09	25	6.8	3.9	1	4	4	495-025A25-6009H	25.0	33.6	18.7	120.0	112.8	59.0	1.4	0.33	8100	4	495-09T3M-XL

Ilustración 31. Características geométricas del portaplaquitas CoroMill 495-012A16-4509L. Fuente: Catálogo digital Sandvik Coromant

Las plaquitas necesarias a emplear son las siguientes:

Plaquita CoroMill® 495 para fresado



			Dimensiones, mm, pulg.								
		RE	Código de pedido	P 1030	M 1040	K 1030	N 1040	S	IC	LE	S
Medio		09 .031	495-09T3M-PM	☆	☆	☆	☆	☆	9.0	7.4	3.51
									.354	.291	.138
		09 .031	495-09T3M-MM	☆	☆	☆	☆	☆	9.0	7.4	3.51
									.354	.291	.138

Ilustración 32. Plaquitas para portaplaquitas CoroMill 495-012A16-4509L. Fuente: Catálogo digital Sandvik Coromant

Las condiciones de corte de la herramienta se obtienen de las tablas que recomienda el fabricante, en función de la plaqueta 495-09T3M-PM:

## Fresado con empañe grande, valores métricos

ISO N			Fuerza de corte específica $K_{c1}$	Dureza Brinell	
Núm. MC	N.º CMC	Material	N/mm <sup>2</sup>	HB	mc
N1.2.Z.UT	30.11	<b>Aleaciones de aluminio</b> Forjadas o forjadas y trabajadas en frío, sin envejecimiento	400	60	
N1.2.Z.AG	30.12	Forjadas o forjadas y envejecidas	650	100	
N1.3.C.UT	30.21	<b>Aleaciones de aluminio</b> Fundida, no envejecida	600	75	0.25
N1.3.C.AG	30.22	Fundición, o fundición y envejecido	700	90	0.25
N1.1.Z.UT	30.3	<b>Aleaciones de aluminio</b> Al >99%	350	30	
N1.4.C.NS	30.41	<b>Aleaciones de aluminio</b> Fundidas, 13-15% Si	700	130	
	30.42	Fundidas, 16-22% Si	700	130	
N3.3.U.UT	33.1	<b>Cobre y aleaciones de cobre</b> Aleaciones de fácil mecanización, ≥1% Pb	550	110	0.25
N3.2.C.UT	33.2	Latón, bronce con plomo, ≤1% Pb	550	90	
N3.1.U.UT	33.3	Bronce y cobre sin plomo, incl. cobre electrolítico	1350	100	0.25

CT530	GC1025	GC1030	H10F	H13A
<b>Espesor de viruta máx., <math>h_{gc}</math> mm</b>				
0.1 - 0.15 - 0.2	0.1 - 0.15 - 0.2	0.1 - 0.15 - 0.2	0.1 - 0.15 - 0.2	0.1 - 0.15 - 0.2
<b>Velocidad de corte <math>v_c</math>, m/min</b>				
1050-960-890	990-910-850	990-910-850	940-870-810	750-700-650
930-860-800	890-820-760	890-820-760	850-780-730	680-630-580
1050-960-890	990-910-850	990-910-850	940-870-810	750-700-650
930-860-800	990-920-850	990-920-850	850-790-730	680-630-580
1050-960-890	990-920-850	990-920-850	950-880-810	760-700-650
415-385-355	395-370-340	395-370-340	380-350-325	300-280-260
310-290-270	300-275-255	300-275-255	285-265-245	225-210-195
520-480-445	495-460-425	495-460-425	470-435-405	375-350-325
520-480-445	495-460-425	495-460-425	470-435-405	375-350-325
365-335-310	345-320-295	345-320-295	330-305-285	265-245-225

Ilustración 33. Condiciones de corte para las plaquetas 495-09T3M-PM. Fuente: Catálogo digital Sandvik Coromant

Las condiciones de corte que recomienda el fabricante superan los límites del husillo de la fresadora empleada. Se van a establecer los parámetros de corte para una velocidad del husillo de 5000rpm:

Velocidad de corte:

$$VC = 28,8m/min$$

Avance por diente:

$$f_z = 0.25mm/diente$$

Velocidad de avance o 'feedrate':

$$vf = f_z \cdot n \cdot z = 1250mm/min$$

En la siguiente tabla, se muestra un resumen de las herramientas, con las condiciones de corte para las operaciones de desbaste y acabado, en los casos que correspondan. Se muestran también las velocidades de corte, el avance por diente, la velocidad de avance, la profundidad axial ( $a_p$ ) y radial ( $a_e$ ) máximas para cada herramienta.

Los datos introducidos en la tabla permitirán después obtener las potencias de corte en el Anejo 2, de modo que todas las operaciones realizadas deben estar dentro de la potencia límite de nuestra máquina.

SUBFASE	HERRAMIENTA	OPERACIÓN	CONDICIONES DE CORTE					
			VC [m/min]	FZ [mm/diente]	VF [mm/min]	ap [mm]	ae [mm]	
1.1.	CoroMill Plura 1P330 – 2000 – XB – 1620	Planeado Desbaste	358	0,360	6480	3,5	19	
		Planeado Acabado Ra = 6,3µm	358	0,325	5850	0,5	19	
	CoroMill Plura 2P170 – 1400 NA H10F	Contorneado Desbaste	198	0,419	3772	42	4,5	
		Contorneado Acabado Ra = 6,3µm	264	0,243	2916	42	0,5	
1.2.	CoroMill Plura 1P330 – 2000 – XB – 1620	Planeado Desbaste	358	0,360	6480	5,5	19	
		Planeado Acabado Ra = 6,3µm	358	0,325	5850	0,5	19	
	CoroMill Plura 2P170 – 1400 NA H10F	Contorneado Desbaste	198	0,419	3772	42	4,5	
		Contorneado Acabado Ra = 6,3µm	264	0,243	2916	42	0,5	
	CoroMill Plura 2P170 – 1400 NA H10F	Contorneado Desbaste	198	0,419	3772	8	13,3	
		Contorneado Acabado base Ra=6,3µm	264	0,243	2916	0,5	13,3	
	CoroMill Plura 2B320-1000-NG H10F	Contorneado Desbaste	188	0,262	3150	15	4,5	
		Contorneado Acabado Ra=6,3µm	188	0,214	2561	15	0,5	
	CoroMill Plura 2B320-1000-NG H10F	Cajera Desbaste	188	0,262	3150	15	4,5	
		Cajera Acabado Ra=6,3µm	188	0,214	2561	15	0,5	
	CoroDrill 460.1-0460-023A0-XM – GC34	Taladrado	86,7	0,115	690	14	4,6	
	CoroTap 400 E315M5	Roscado	28,8	0,8	0,165	14	5	
	1.3.	CoroMill Plura 2P170 – 1400 NA H10F	Cajera Desbaste	198	0,419	3772	5,5	13,3
			Cajera Acabado Ra = 3,2µm	264	0,214	2568	0,5	0,5
CoroMill Plura 2P170 – 1400 NA H10F		Taladro Desbaste	198	0,419	3772	5,5	13,3	
		Taladro Acabado Ra = 3,2µm	264	0,214	2568	42	0,5	
CoroDrill 460.1-1180-059A0-XM – GC34		Taladrado	156	0,250	1050	5,5	11,8	
CoroReamer 435.T-1200-A1-XF H10F		Escariado	28,8	0,200	318,3	0,2	12	
CoroDrill 460.1-0460-023A0-XM – GC34		Taladrado	86,7	0,115	690	10	4,6	
CoroTap 400 E315M5		Roscado	28,8	0,8	0,165	10	5	
1.4.	CoroMill Plura 2P170 – 1400 NA H10F	Contorneado Desbaste	198	0,419	3772	8	13,3	
		Contorneado Acabado base Ra=3,2µm	264	0,243	2916	0,5	13,3	
1.5.	CoroMill Plura 2P170 – 1400 NA H10F	Contorneado Desbaste	198	0,419	3772	8	13,3	
		Contorneado Acabado base Ra=3,2µm	264	0,243	2916	0,5	13,3	

Tabla 11. Resumen herramientas y condiciones de corte

### 5.3.8. Confección del programa máquina

Los programas para la realización del mecanizado en las máquina-herramienta de control numérico se inicia mediante la utilización del software Inventor HSM Pro, software CAM que permite simular las estrategias de mecanizado. Posteriormente, se obtendrá mediante un postprocesado, en función del lenguaje de programación que emplea la máquina de control numérico, los códigos que genera el software. El código obtenido tendrá que ser revisado y modificado en el caso que no se adecuado al lenguaje empleado por los controles numéricos de la máquina.

De forma simultánea, se obtendrán las simulaciones de los diferentes procesos de fabricación.

En los apartados 5.5 se verá en profundidad el procedimiento seguido para la elaboración de los programas de mecanizado.

### 5.3.8. Diseño del proceso de inspección

Dado que es una pieza única, el proceso de inspección de la pieza fabricada se llevará a cabo mediante diferentes instrumentos de medida. En primer lugar, se calcula la incertidumbre en función de las tolerancias, de forma que obtengamos la precisión requerida del instrumento. La tolerancia más restrictiva de la pieza es:  $\pm 0,02\text{mm}$ .

$$3 \leq \frac{T}{2 \cdot I} \leq 10 \rightarrow 0,002 \leq I \leq 0,006$$

Serán necesarios micrómetros milésimales, de diferentes campos de medida para verificar las cotas dimensionales, dos calibres para agujeros tipo 'pasa no pasa',  $\varnothing 22\text{H7}$  y  $\varnothing 12\text{H7}$ , que son calibres estándar y un tampón de roscas M5 para la verificación de las roscas de métrica 5.



Ilustración 34. Calibre para agujeros 'pasa no pasa'. Fuente: [www.instrumentacion-metrologia.es](http://www.instrumentacion-metrologia.es)

Las cotas geométricas de perpendicularidad y paralelismo se verificarán con una máquina de medición por coordenadas. Por último, para la verificar la rugosidad, se utilizará un rugosímetro de palpador.

#### 5.4. Diseño del modelo y preparación del entorno de trabajo mediante el software Inventor Profesional 2016

El software Inventor Profesional 2016 es un software de diseño asistido por ordenador (CAD) de Autodesk, que permite obtener un modelo 3D de la pieza del proyecto para su posterior uso en la aplicación de programación del mecanizado y simulación.

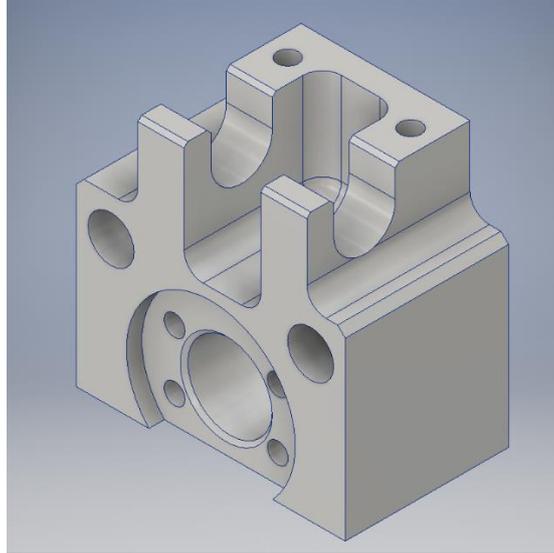
Además, Inventor Profesional 2016, permite realizar ensamblajes del entorno de trabajo de manera que se pueda comprobar en la simulación si la estrategia de mecanizado impacta con alguno de los sistemas de fijación de la pieza.

En este apartado se trata sólo del modelado de la pieza y los ensamblajes necesarios para la simulación de mecanizado. La obtención de los planos definitivos de la pieza, y todos los necesarios para la ejecución del proyecto, también se han llevado a cabo mediante Inventor Profesional 2016.

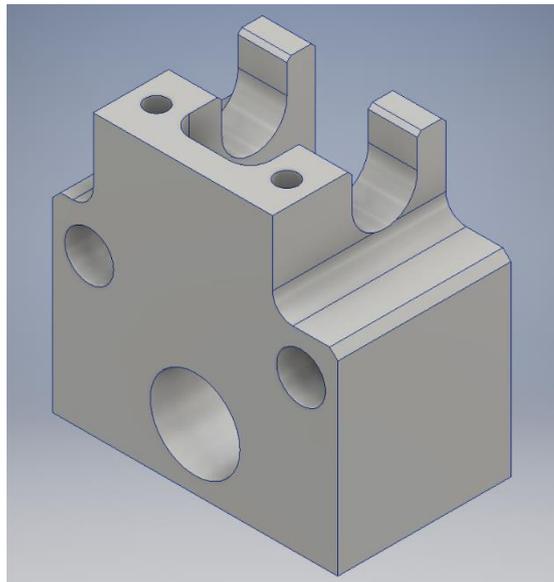
El modelo se crea en el modo pieza, y generan los ficheros pieza de extensión '.ipt'. Al crear el modelo de diseño, toda la información introducida (cotas, tolerancias, fórmulas de relación) se transmiten del modo pieza al siguiente de forma bidireccional.

Por ello, si se realiza cualquier modificación en alguno de los niveles, los cambios se reflejan en todos los niveles de forma automática.

A continuación, se muestran dos imágenes de la pieza extraídas del software.



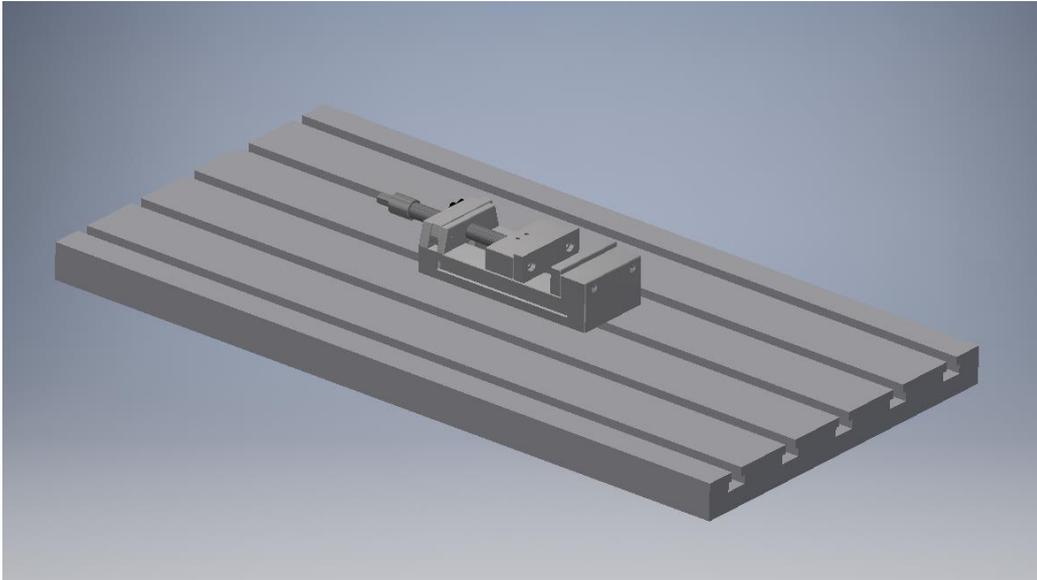
*Ilustración 35. Modelo de la pieza en Inventor Profesional 2016 – Vista frontal*



*Ilustración 36. Modelo de la pieza en Inventor Profesional 2016 - Vista posterior*

Para la creación del entorno de trabajo de modo que se pueda utilizar luego para una correcta simulación, se trabaja en el modo ensamblaje, con extensión 'iam'. Los modelos de la mesa de trabajo y la mordaza van a ser importados de otros proyectos.

Se muestra a continuación el ensamblaje de la mordaza y la mesa, que, a falta de la pieza del proyecto, será el entorno de trabajo empleado en las simulaciones.



*Ilustración 37. Entorno de trabajo para simulaciones*

#### 5.5. Programación del mecanizado mediante el software Inventor HSM Pro

El software Inventor HSM Pro es el módulo interno del software Inventor Profesional 2016, que está dedicado a la fabricación asistida por ordenador, conocido por sus siglas en inglés, CAM. Este módulo permite, a partir de modelos o ensamblajes vistos en el apartado anterior, establecer las estrategias de mecanizado para las piezas que se deseen fabricar.

El software va a permitir obtener los programas de mecanizado para las distintas operaciones planificadas en la fresadora de control numérico, adaptándolas a las diferentes herramientas elegidas en el apartado 5.3.6., y obteniendo las estadísticas de la operación (tiempo de mecanizado, cambios de herramienta, volúmenes de mecanizado, etc) así como la simulación de la misma.

Por lo tanto, el primer paso a seguir, será introducir las herramientas. Se ha creado una librería con todas las herramientas empleadas en el proyecto, caracterizadas por los parámetros principales de geometría y sus condiciones de corte. Para cada operación, será necesario ajustar los parámetros de corte en caso de acabados.

Se muestra a continuación un ejemplo del interfaz para la introducción de datos de una de las herramientas empleadas.

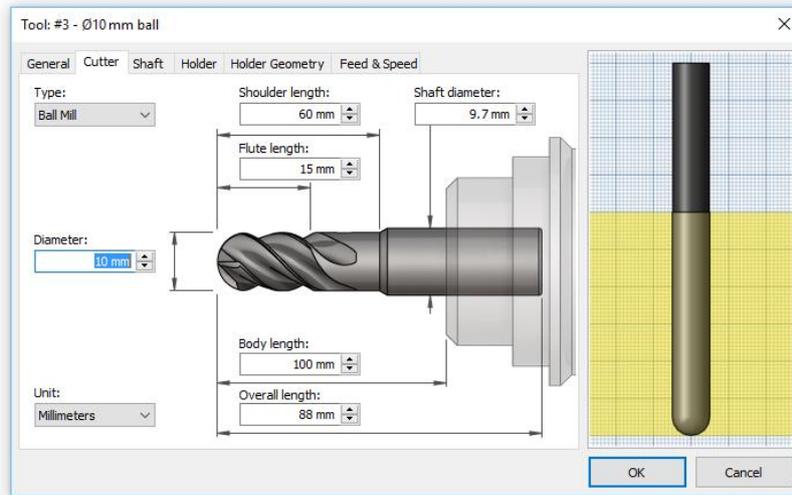


Ilustración 38. Introducción datos herramientas en Inventor HSM Pro

El introducir los parámetros geométricos de las herramientas ayudará al software a tener en cuenta la compensación de radio de las herramientas, para todos los mecanizados con interpolaciones circulares. Las trayectorias que el programa establece serán las trayectorias que seguirá el punto de control de la herramienta, y, que no tienen por qué coincidir con las superficies mecanizadas debido a la propia definición del punto de control.

Por tanto, el control va a determinar la trayectoria que ha de describir la herramienta de forma que mecanice una superficie que coincida con las trayectorias programadas. Así, el control traza con el centro del radio de la herramienta una trayectoria paralela a la programada, a una distancia constante e igual al radio de la misma herramienta.

En la definición de las trayectorias, tendrá una importancia fundamental la situación del cero pieza, u origen del sistema de referencia de la pieza. Este quedará definido para cada subfase, por medio de un 'Setup' o ajuste inicial, en el que se introducen, además, las dimensiones del bruto de partida y su situación con respecto al modelo y el tipo de operación (torneado/fresado o fresado).

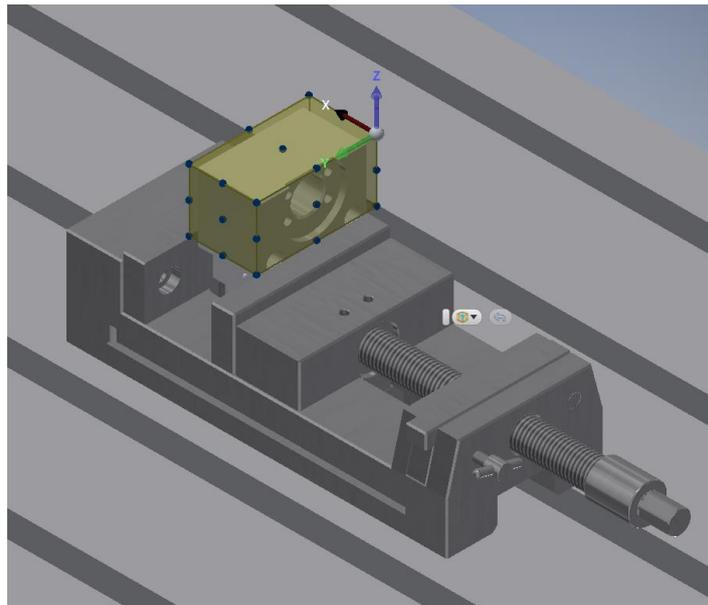
Como se ha mencionado en el apartado 5.1., el bruto de partida es 80x80x45mm. Para cada subfase el bruto se adaptará a las operaciones a realizar, y en función del

bruto restante por mecanizar en la pieza. Se verá en casa subfase el bruto que se ha establecido.

Se generará para cada subfase, un programa máquina diferente, nombrándolos según la fase correspondiente. Dentro de cada una, se van a seleccionar las operaciones, se establecen las herramientas para cada una, y las estrategias de mecanizado (profundidades de pasadas axiales y radiales) atendiendo a las recomendaciones de la aplicación de Sandvik, y corrigiendo las que se salen de los límites de la máquina.

#### 5.5.1. Programación de mecanizado Subfase 1.1.

El bruto de partida se configura con un tamaño de 80x42x45, de manera que sólo ocupa la parte superior de la pieza, la parte que se va a mecanizar, con un desfase con el modelo de 4mm en la dirección +Z, y 1,5mm en la dirección -X. El entorno de trabajo queda de la siguiente manera:



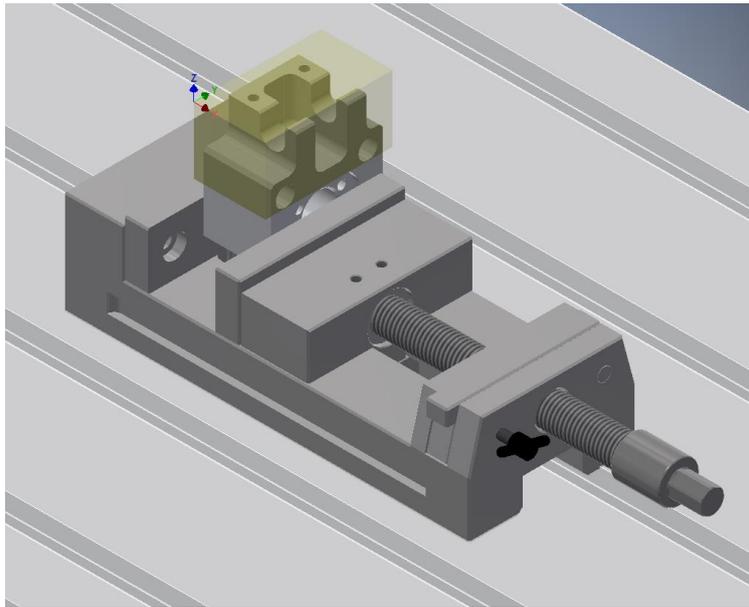
*Ilustración 39. Programación de mecanizado Setup Subfase 1.1.*

- Operación 1.1.1.: Fresado planeado, con la herramienta #1 CoroMill Plura 1P330 – 2000 – XB – 1620, nombrada como T1 en el programa CNC. Una pasada en desbaste, con profundidad axial,  $a_p = 3,5\text{mm}$ , y una pasada en acabado, con misma velocidad de corte y 'Feedrate' = 5840mm/min, para eliminar los 0,5mm de creces restantes en la superficie.
- Operación 1.1.2.: Fresado contorneado, con la herramienta #2 CoroMill Plura 2P170 – 1400 NA H10F, nombrada como T2 en el programa CNC. Se realiza una

primera pasada de desbaste con  $a_p = 42\text{mm}$  y, profundidad radial máxima,  $a_e = 4.5\text{mm}$ , y una pasada en acabado, con misma velocidad de corte y 'Feedrate' =  $2916\text{mm}/\text{min}$ , para eliminar los  $0,5\text{mm}$  restantes de creces en la superficie.

### 5.5.2. Programación de mecanizado Subfase 1.2.

El bruto se configura de la misma manera que en la operación anterior, pero esta vez, se va a colocar con un desfase de  $6\text{mm}$  con respecto a la dirección  $+Z$ , y un desfase de  $1\text{mm}$  en la dirección  $-X$ . El entorno de trabajo queda:



*Ilustración 40. Programación de mecanizado Setup Subfase 1.2.*

Las operaciones 1.2.1. y 1.2.2. son idénticas a la subfase anterior.

- Operación 1.2.3.: Para la operación, se va a realizar en primer lugar un desbaste en escuadra, con la herramienta #2 CoroMill Plura 2P170 – 1400 NA H10F, nombrada como T2 en el programa CNC, mediante dos pasadas, con profundidad máxima axial  $a_p = 7\text{mm}$ , y profundidad radial del 95% del diámetro de la herramienta, y se eliminarán las creces que quedan en la base de la escuadra mediante un acabado con un Feedrate =  $2916\text{mm}/\text{min}$ .

La segunda parte de la operación se lleva a cabo con la herramienta #3 CoroMill Plura 2B320-1000-NG H10F, nombrada como T3 en el programa CNC, se realizan dos pasadas en acabado para realizar el redondeo de radio  $5\text{mm}$ .

- Operación 1.2.4.: Esta operación es la que formará la caja central. Se va a realizar entera con la herramienta #3 CoroMill Plura 2B320-1000-NG H10F. Se realiza un primer desbaste de todo el contorno de la caja dejando 0,5mm en toda la superficie. A continuación, se realiza el acabado de la superficie, con un Feedrate = 2561mm/min.  
Debido a la forma de la herramienta, quedarán creces en la superficie horizontal inferior de la caja. Se realiza el fresado de esa zona, con el mismo 'Feedrate', seleccionando la operación 'Horizontal', en fresado 3D.
- Operación 1.2.5.: Taladros roscados de métrica 5. Se realiza un primer taladro guía con la herramienta #4 CoroDrill 460.1-0460-023A0-XM – GC34, nombrada como T5 en el programa CNC; y a continuación se pasa el macho de rosca, herramienta #5 CoroTap 400 E315M5, nombrada como T6 en el programa CNC.
- Operación 1.2.6.: Se utiliza la herramienta #6 CoroMill 495-012A16-4509L, nombrada como T7 en el programa CNC. para realizar los chaflanes.

### 5.5.3. Programación de mecanizado Subfase 1.3.

La subfase 1.3., es el mecanizado de los agujeros pasantes, el fresado de la caja central y los 4 taladros roscados. El bruto de partida tendrá las mismas dimensiones que la pieza, 70x69,1x42,5mm centrado en el modelo.

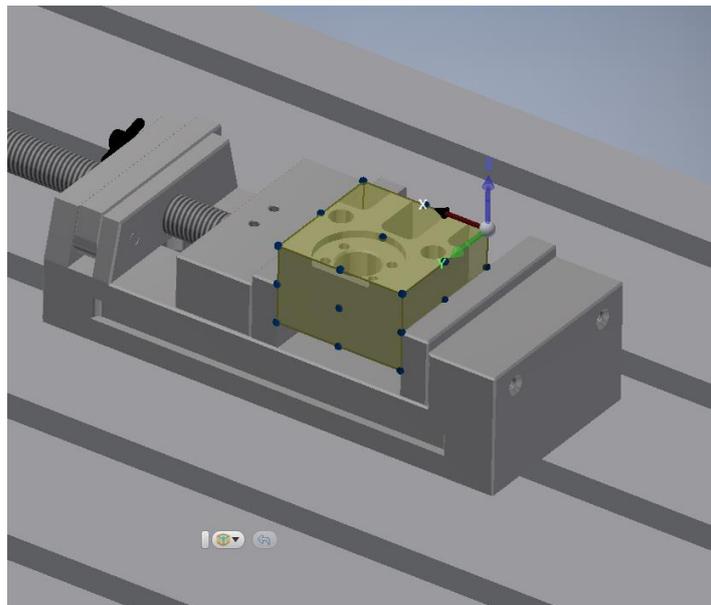


Ilustración 41. Programación de mecanizado Setup Subfase 1.3.

- Operación 1.3.1.: Se realiza el fresado de la cajera circular de la pieza, empleando la herramienta #2 CoroMill Plura 2P170 – 1400 NA H10F, nombrada como T2 en el programa CNC. Se realiza una pasada en desbaste, dejando creces de 0,5mm. El acabado, se realiza con un Feedrate = 2568mm/min, correspondiente al acabado para Ra = 3,2µm.
- Operación 1.3.2.: Continuando con la misma herramienta, se va a realizar el taladro pasante de 22mmH7. Se considera que la herramienta tiene una precisión que permite obtener la tolerancia necesaria sin necesidad de escariar. Se realiza un primer desbaste con incursiones de con una profundidad axial  $a_p = 0,5\text{mm}$ , dejando creces radiales de 0,5mm. Finalmente, se realiza un acabado a la totalidad del agujero, con un Feedrate = 2568mm/min, correspondiente al acabado para Ra = 3,2µm.
- Operación 1.3.4.: Se emplea la broca #7 CoroDrill 460.1-1180-059A0-XM – GC34, nombrada como T7 en el programa CNC, para realizar un taladro guía para el posterior escariador. Se selecciona la opción 'Chip breaking', en las opciones de taladrado, para que haga varias incursiones y provoque la rotura de la viruta. A continuación, se emplea la herramienta, #8 CoroReamer 435.T-1200-A1-XF H10F, nombrada como T8 en el programa CNC, para realizar el escariado.
- Operación 1.3.5.: Se procede de la misma forma que en la operación 1.2.5. para los taladros roscados de métrica 5.

#### 5.5.4. Programación de mecanizado Subfase 1.4.

El bruto de partida para la subfase será de 42,5x69,1x44 con un desfase de 16mm en la dirección +Z. De esta manera, el entorno de trabajo queda como muestra la siguiente figura.

Esta subfase sólo contiene una operación de contorneado.

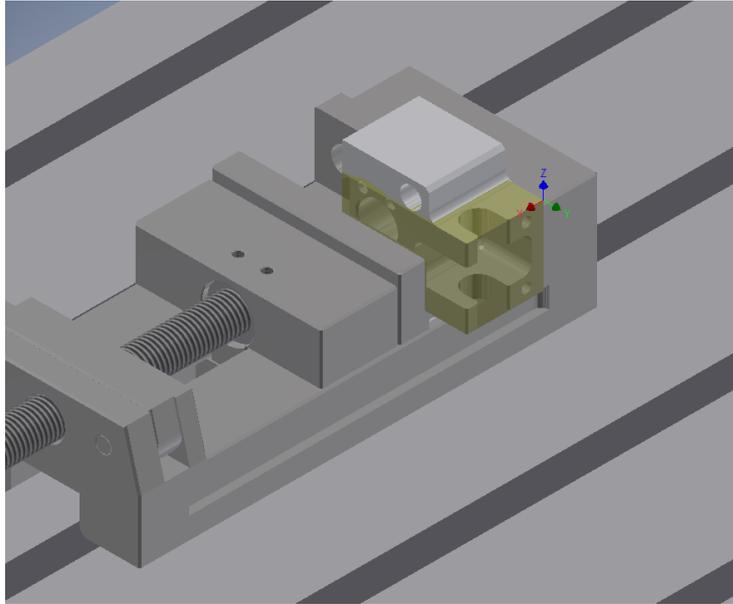


Ilustración 42. Programación de mecanizado Setup Subfase 1.4.

- Operación 1.4.1.: Fresado contorneado, con la herramienta #2 CoroMill Plura 2P170 – 1400 NA H10F. Se lleva a cabo un desbaste dejando 0,5mm de creces radiales, estableciendo una profundidad máxima de pasada axial,  $a_p = 8\text{mm}$ . El acabado, puesto que la rugosidad de la superficie es  $R_a = 3,2\mu\text{m}$ , tiene un Feedrate = 2568mm/min.

#### 5.5.5. Programación de mecanizado Subfase 1.5.

Se configuran las mismas dimensiones del bruto de partida que en la subfase anterior, pero en este caso, el desfase de 16mm en dirección  $-Z$ .

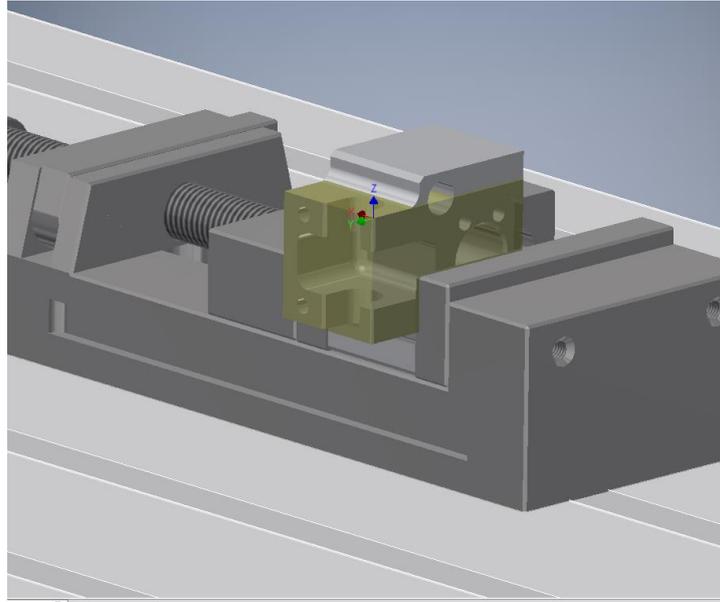


Ilustración 43. Programación de mecanizado Setup Subfase 1.5.

La operación 1.5.1. es idéntica a la operación 1.4.1.

#### 5.5.6. Obtención de los programas máquina

Uno de los parámetros que el programa te permite introducir, son las alturas de trabajo. Permite configurar las alturas de planos a partir de los cuales se establecen los contornos de una operación en la pieza, límites del bruto de partida, o de la pieza, así como la altura de retracción de la herramienta, altura de inicio de mecanizado o altura de seguridad para establecer las trayectorias en vacío o de mecanizado.

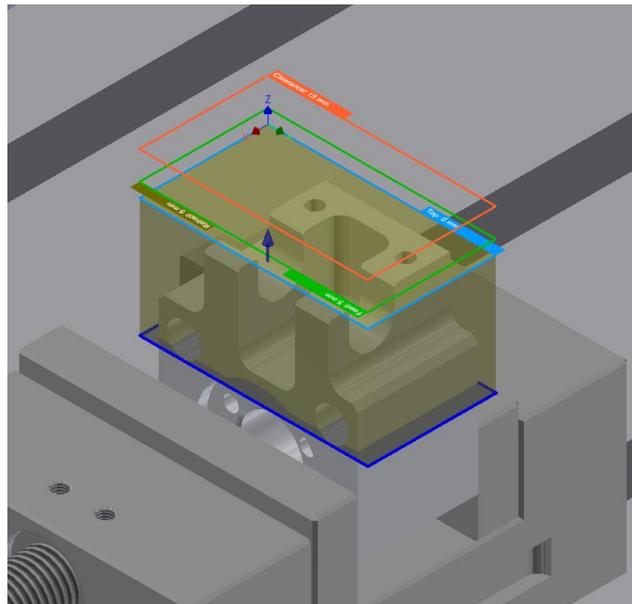


Ilustración 44. Planos de configuración de movimientos

Todas las trayectorias realizadas se visualizan en la simulación, mediante un código de colores, que permite distinguir los diferentes movimientos de mecanizado, avance rápido, incursión o retracción de la herramienta.

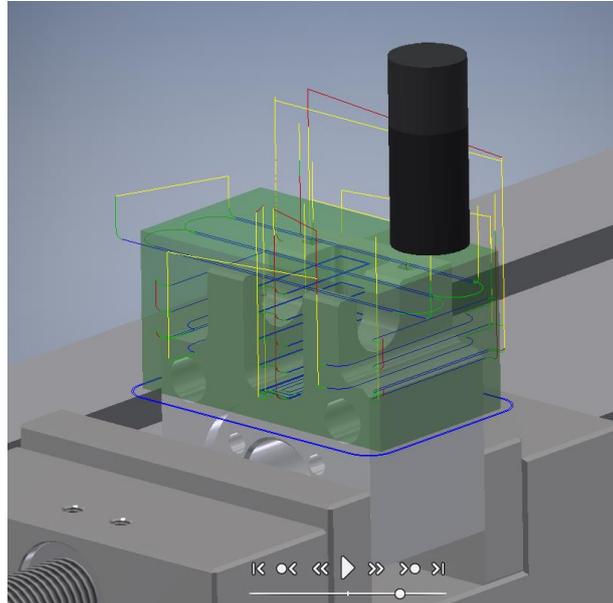


Ilustración 45. Trayectorias en la simulación con Inventor HSM Pro

El siguiente paso a realizar, una vez estén establecidas todas las operaciones con las respectivas trayectorias de las herramientas en el software CAM, será la extracción de los ficheros que contienen el programa máquina, con extensión '.pim'. Para ello, el software tiene su propia base de datos con distintos postprocesadores. Se va a postprocesar con el postprocesador genérico de FAGOR, que será compatible con el control Fagor 8025 que posee la fresadora Kondia de control numérico.

Se va a generar un archivo por cada subfase. Los archivos se encuentran en el Anejo 3.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- González Contreras, F y Meseguer Calas, M D, (2014) *Planificación de procesos y Control Numérico. Ejercicios Resueltos*. Valencia: Universitat Politècnica de València
- González Contreras, Francisco, [et al] (2013) *Control numérico. Marco y fundamentos*. Valencia: Universitat Politècnica de València
- Groover M. P., *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas*. Tercera edición, año 2007, editorial McGraw Hill
- Kalpakjian S, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Quinta edición, año 2008, editorial Pearson Education
- Zamanillo Cantolla, J D, *Procesos de fabricación: tomo I (2t.)*
- Kalpakjian S, *Manufactura, ingeniería y tecnología*
- Groover, M P, *Fundamentals of modern manufacturing : materials, processes, and systems*
- Material de la asignatura Sistemas y Procesos de Fabricación (Iti. 1,3,4); transparencias de clase (Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación.UPV)
- <http://www.cecimo.eu/site/>  
Comité Europeo de Cooperación de las Industrias de Máquinas-Herramienta  
Definición de máquina herramienta
- <http://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/pages/default.aspx>  
Geometría de la herramienta
- [http://sandvik.ecbook.se/SE/es/Solid Round Tools/](http://sandvik.ecbook.se/SE/es/Solid_Round_Tools/)  
Herramientas Rotativas de metal duro integral
- [http://sandvik.ecbook.se/SE/es/Rotating tools 2015/](http://sandvik.ecbook.se/SE/es/Rotating_tools_2015/)  
Herramientas Rotativas
- <http://www.mitsubishicarbide.com/EU/es/product/catalog/catalog.html>  
Catálogo Herramientas Mitsubishi
- <http://www.alu-stock.es/es/>  
Alu-Stock,S.A. - Suministrador de aluminio

- <http://www.instrumentacion-metrologia.es>
- <http://www.aenor.es/>  
AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación
- <http://help.autodesk.com/view/INVHSM/2016/ENU/?guid=GUID-FF288360-F083-48B8-80F9-4AED5ED257EA>  
Autodesk Inventor HSM Pro Help

# DOCUMENTO 1

# ANEJOS



## ANEJO 1: CARÁCTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA HERRAMIENTA

En los talleres del departamento se encuentran disponibles tanto fresadoras y tornos convencionales como fresadoras y tornos de Control Numérico, que presentan unas tolerancias más estrechas que las primeras.

La maquinaria de control numérico disponible a la que se hace referencia en el proyecto es un centro de mecanizado, al que se referencia como fresadora en el proyecto, de la marca Kondia B-500 con control numérico Fagor 8025.



*Ilustración A-1. Centro de mecanizado Kondia B-500*

A continuación, se presentan las hojas con las características de la máquina.



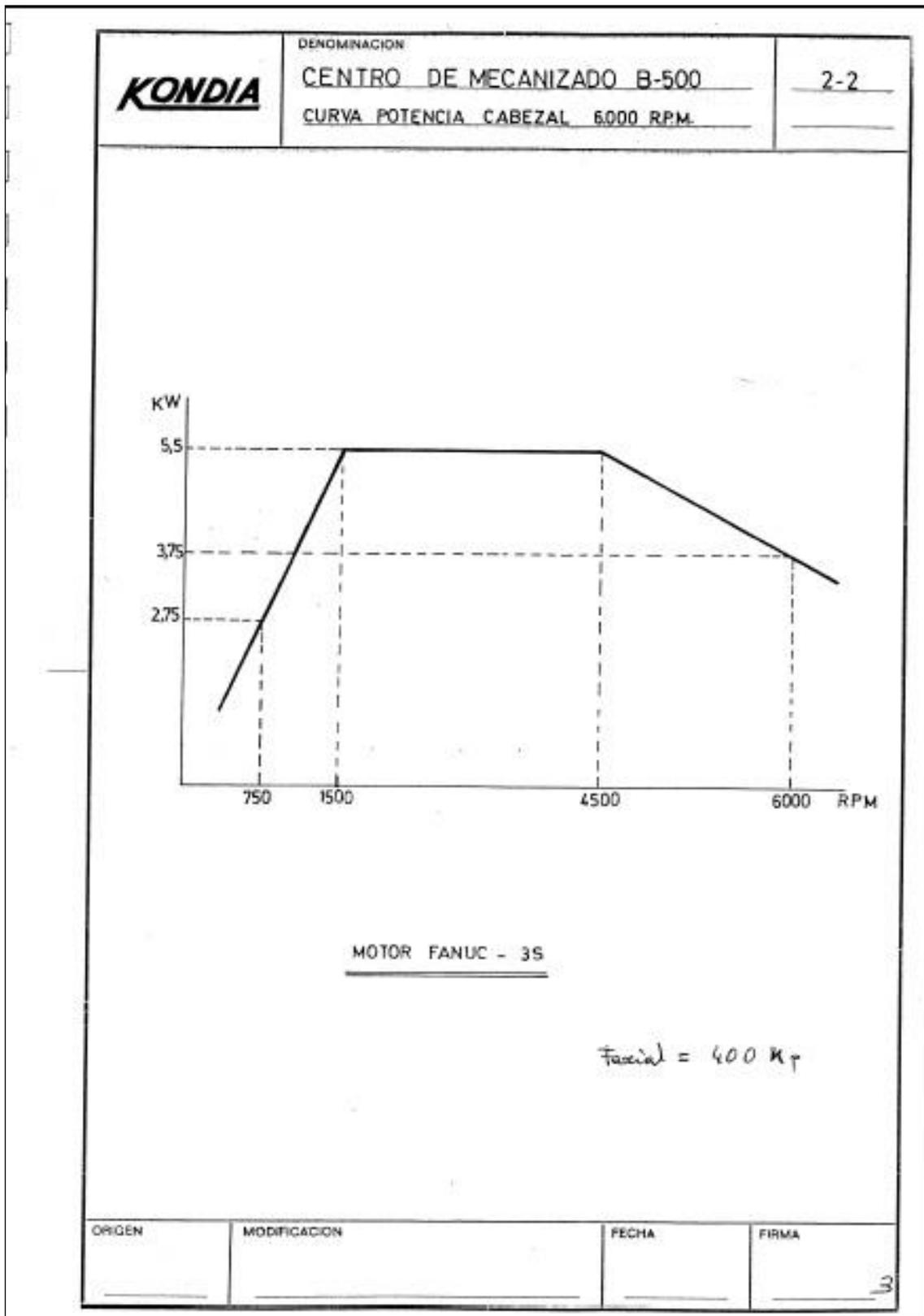
ESPECIFICACIONES DEL CENTRO DE MECANIZADO		FRESADORA VERTICAL KONDIA B-500
MODELO	CARACTERISTICAS	B-500
MESA	Superficie de trabajo	700 x 360 mm.
	Ranuras en T (Nº x anchura x distancia)	3 x 18 x 110 mm.
	Altura de la mesa al suelo	840 mm.
	Máximo peso sobre la mesa	300 kg.
	Curso longitudinal (Eje X)	560 mm.
	Curso transversal (Eje Y)	380 mm.
	Husillos a bolas (X - Y)	Ø 32 x 10 mm. de paso
	Distancia del centro de la mesa a la columna	Mínimo 190 mm. / Máximo 570 mm.
CABEZAL	Cono del eje portafresas	ISO-40
	Curso vertical (Eje Z)	380 mm.
	Gama de velocidades r.p.m.	100 a 6000 / Opcional 150 a 10000
	Número de velocidades	Infinitamente variable
	Husillo a bolas (Z)	Ø 32 x 10 mm. de paso
	Distancia del eje a la mesa	Mínimo 120 mm. / Máximo 500 mm.
	Distancia del eje a la columna	390 mm.
AVANCES	Velocidad de corte	s/Control Numérico
	Velocidad de avance rápido	15.000 mm. minuto
PRESTACIONES	Precisión de posicionamiento	± 0,01 mm.
	Repetibilidad	± 0,005 mm.
	Resolución	0,001 mm.
MOTORES	Eje principal (cabezal). Corriente alterna	3,7/5,5 Kw.
	Eje X: Corriente alterna	1 Kw.
	Eje Y: Corriente alterna	1 Kw.
	Eje Z: Corriente alterna	1,2 Kw.
	Bomba de refrigeración	0,35 Kw.
	Bomba de engrase cabezal	0,25 Kw.
	Enfriador de aceite	0,25 Kw.
CAMBIADOR AUTOMÁTICO DE HERRAMIENTAS	Número de herramientas	16 <sup>15</sup>
	Sistema de selección	secuencial
	Máx. diámetro (herramientas contiguas)	85 mm.
	Máx. diámetro (herramientas alternas)	135 mm.
	Máx. longitud de la herramienta	250 mm.
	Máx. peso admisible para 1 herramienta	6 kg.
	Máx. peso para el total de herramientas	60 kg.
	Portaherramientas	ISO-7388/1 Opcional BT-40
	Perno de tiro para fijación herramienta	ISO-7388/2-A Opcional BT-40-1
	Tiempo de cambio de herramienta	6 segundos
Presión de aire	5/7 kg./cm <sup>2</sup>	
OTRAS	Superficie en planta	1800 x 1950 mm.
	Altura de la máquina	2200 mm.
	Peso de la máquina	2800 kg.
	Potencia total instalada	10 Kw.

**ACCESORIOS STANDAR**

- Sistema de refrigeración.
- Lámpara de alumbrado.
- Soportes de nivelación.
- Carenado completo de la máquina.
- 16 pernos de tiro para fijación de herramientas.
- Señal luminosa de fin de mecanizado.

# KONDIA

Barrio San Antón, s/n - P.O. Box, 50  
 Tfn: (943) 74 04 00 - Télex: 38514 CUR E  
 Fax: (943) 74 32 37  
 20670 ELGOIBAR (Gipuzkoa) ESPAÑA





## ANEJO 2: CÁLCULO DE LAS POTENCIAS DE CORTE

Para el cálculo de las potencias de corte, se va a considerar un coeficiente de rendimiento de la máquina,  $\eta = 0,8$ , y los valores de la fuerza específica de corte de la tabla de Mitsubishi. Con la ayuda de una tabla Excel, se tendrán en cuenta las operaciones más exigentes.

La fórmula de la potencia de corte, vista en la memoria:

$$P_c = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f \cdot K_c}{60 \cdot 10^6 \cdot \eta}$$

Las fuerzas específicas de corte a considerar, serán:

Material	Resistencia a la tracción (MPa) y dureza	Fuerza de corte específica Kc (MPa)				
		0.1mm/diente	0.2mm/diente	0.3mm/diente	0.4mm/diente	0.6mm/diente
Acero dulce	520	2200	1950	1820	1700	1580
Acero medio	620	1980	1800	1730	1600	1570
Acero duro	720	2520	2200	2040	1850	1740
Acero para herramientas	670	1980	1800	1730	1700	1600
Acero para herramientas	770	2030	1800	1750	1700	1580
Acero al cromo-manganeso	770	2300	2000	1880	1750	1660
Acero al cromo-manganeso	630	2750	2300	2060	1800	1780
Acero al cromo-molibdeno	730	2540	2250	2140	2000	1800
Acero al cromo-molibdeno	600	2180	2000	1860	1800	1670
Acero al cromo-niquel-molibdeno	940	2000	1800	1680	1600	1500
Acero al cromo-niquel-molibdeno	352HB	2100	1900	1760	1700	1530
Acero inoxidable austenítico	155HB	2030	1970	1900	1770	1710
Fundición	520	2800	2500	2320	2200	2040
Fundición dura	46HRC	3000	2700	2500	2400	2200
Fundición meehanita	360	2180	2000	1750	1600	1470
Fundición gris	200HB	1750	1400	1240	1050	970
Latón	500	1150	950	800	700	630
Aleación ligera (Al-Mg)	160	580	480	400	350	320
Aleación ligera (Al-Si)	200	700	600	490	450	390
Aleación ligera (Al-Zn-Mg-Cu)	570	880	840	840	810	720

Ilustración A-2. Fuerzas de corte específicas, Kc (N/mm<sup>2</sup>). Fuente: Catálogo General Mitsubishi Materials

La primera operación considerada, pertenece a la subfase 1.1., el contorneado desbaste de la pieza, que será igual para la subfase 1.2.

OPERACIÓN	CONDICIONES DE CORTE					FUERZA ESPECÍFICA DE CORTE	POTENCIA DE CORTE
	VC [m/min]	FZ [mm/diente]	VF [mm/min]	ap [mm]	ae [mm]	Kc [N/mm <sup>2</sup> ]	Pc [kW]
Contorneado Desbaste	198	0,419	3772	42	4,5	350	5,20

Tabla A-112. Potencias de corte Críticas 1

En la subfase 1.2., para el segundo contorneado a escuadra, se ha modificado la profundidad axial de 15,5mm a 8mm con la misma profundidad radial de 13,3mm, y se ha reducido la velocidad de corte con respecto a la velocidad que proporcionaba la aplicación de Sandvik.

OPERACIÓN	CONDICIONES DE CORTE					FUERZA ESPECÍFICA DE CORTE	POTENCIA DE CORTE
	VC [m/min]	FZ [mm/diente]	VF [mm/min]	ap [mm]	ae [mm]	Kc [N/mm <sup>2</sup> ]	Pc [kW]
<del>Contorneado Desbaste</del>	<del>198</del>	<del>0,419</del>	<del>3772</del>	<del>15,5</del>	<del>13,3</del>	<del>350</del>	<del>5,67</del>
Contorneado Desbaste	198	0,419	3772	8	13,3	350	2,93



## ANEJO 3: PROGRAMAS MÁQUINA

### PROGRAMA MÁQUINA SUBFASE 1.1.

```

%Sub_1_1,MX--,
N10 ; SUBFASE 1.1.
N15 ; T1 D=20 CR=0 - ZMIN=-4 - FLAT END MILL
N20 ; T2 D=14 CR=0 - ZMIN=-42 - FLAT END MILL
N25 G90 G94 G17
N30 G71
N35 G53 G0 Z0
N40 ; FACE
N45 T1 M6
N50 ; COROMILL PLURA 330
N55 T2
N60 S6000 M3
N65 G54
N75 G0 X39.77 Y93
N80 G43 Z15
N85 G0 Z5
N90 G1 Z-1.5 F1000
N95 G19 G2 Y91 Z-3.5 J-2 K0
N100 G1 Y80 F6228
N105 Y0
N110 G17 G2 X24.73 I-7.52 J0
N115 G1 Y80
N120 G3 X9.69 I-7.52 J0
N125 G1 Y0
N130 G19 G2 Y-2 Z-1.5 J0 K2 F1000
N135 G0 Z5
N140 X39.77 Y-13
N145 G1 Z-2 F1000
N150 G3 Y-11 Z-4 J2 K0
N155 G1 Y0 F6228
N160 Y80 F5840
N165 G17 G3 X24.73 I-7.52 J0 F6228
N170 G1 Y0 F5840
N175 G2 X9.69 I-7.52 J0 F6228
N180 G1 Y80 F5840
N185 G19 G3 Y82 Z-2 J0 K2 F1000
N190 G0 Z15
N195 M5
N200 G53 Z0
N205 ; CONTOUR
N210 M1
N215 T2 M6
N220 ; COROMILL PLURA 360
N225 T1
N230 S4500 M3
N235 G17
N240 G0 X55.7 Y76.4
N245 G43 Z15
N250 G0 Z3
N255 G1 Z-1 F1000
N260 Z-40.6
N265 G18 G3 X54.3 Z-42 I-1.4 K0
N270 G1 X52.9
N275 G17 G3 X51.5 Y75 I0 J-1.4
N280 G1 Y5 F7542
N285 G2 X44 Y-2.5 I-7.5 J0
N290 G1 X1.5
N295 G2 X-6 Y5 I0 J7.5
N300 G1 Y75
N305 G2 X1.5 Y82.5 I7.5 J0
N310 G1 X44
N315 G2 X51.5 Y75 I0 J-7.5
N320 X51.25 Y74.625 I-0.406 J0
N325 G3 X51 Y74.25 I0.156 J-0.375
N330 G1 Y5 F2916
N335 G2 X44 Y-2 I-7 J0
N340 G1 X1.5
N345 G2 X-5.5 Y5 I0 J7
N350 G1 Y75
N355 G2 X1.5 Y82 I7 J0
N360 G1 X44
N365 G2 X51 Y75 I0 J-7
N370 G1 Y74.25
N375 G3 X52.4 Y72.85 I1.4 J0 F1000
N380 G1 X53.8
N385 G18 G2 X55.2 Z-40.6 I0 K1.4
N390 G0 Z15
N395 G53 Z0
N400 G53 X0 Y0
N405 M30
%
```

## PROGRAMA MAQUINA SUBFASE 1.2.

```
%Sub_1_2_1001,MX--,
N10 ; SUBFASE 1.2.
N15 ; T1 D=20 CR=0 - ZMIN=-6 - FLAT END MILL
N20 ; T2 D=14 CR=0 - ZMIN=-42 - FLAT END MILL
N25 ; T3 D=10 CR=5 - ZMIN=-35.1 - BALL END MILL
N30 ; T5 D=4.6 CR=0 TAPER=118DEG - ZMIN=-20 - DRILL
N35 ; T6 D=5 CR=0 - ZMIN=-20 - RIGHT HAND TAP
N40 ; T7 D=10 CR=0 TAPER=45DEG - ZMIN=-29.1 - CHAMFER MILL
N45 G90 G94 G17
N50 G71
N55 G53 G0 Z0
N60 ; FACE
N65 T1 M6
N70 ; COROMILL PLURA 330
N75 T2
N80 S6000 M3
N85 G54
N95 G0 X39.77 Y93
N100 G43 Z15
N105 G0 Z5
N110 G1 Z-3.5 F1000
N115 G19 G2 Y91 Z-5.5 J-2 K0
N120 G1 Y80 F6228
N125 Y0
N130 G17 G2 X24.73 I-7.52 J0
N135 G1 Y80
N140 G3 X9.69 I-7.52 J0
N145 G1 Y0
N150 G19 G2 Y-2 Z-3.5 J0 K2 F1000
N155 G0 Z5
N160 X39.77 Y-13
N165 G1 Z-4 F1000
N170 G3 Y-11 Z-6 J2 K0
N175 G1 Y0 F6228
N180 Y80 F5840
N185 G17 G3 X24.73 I-7.52 J0 F6228
N190 G1 Y0 F5840
N195 G2 X9.69 I-7.52 J0 F6228
N200 G1 Y80 F5840
N205 G19 G3 Y82 Z-4 J0 K2 F1000
N210 G0 Z15
N215 M5
N220 G53 Z0
N225 ; CONTOUR
N230 M1
N235 T2 M6
N240 ; COROMILL PLURA 360
N245 T3
N250 S4500 M3
N255 G17
N260 G0 X-10.7 Y3.6
N265 G43 Z15
N270 G0 Z5
N275 G1 Z1 F1000
N280 Z-40.6
N285 G18 G2 X-9.3 Z-42 I1.4 K0
N290 G1 X-7.9
N295 G17 G3 X-6.5 Y5 I0 J1.4
N300 G1 Y75 F7542
N305 G2 X1 Y82.5 I7.5 J0
N310 G1 X43.5
N315 G2 X51 Y75 I0 J-7.5
N320 G1 Y5
N325 G2 X43.5 Y-2.5 I-7.5 J0
N330 G1 X1
N335 G2 X-6.5 Y5 I0 J7.5
N340 X-6.25 Y5.375 I0.406 J0
N345 G3 X-6 Y5.75 I-0.156 J0.375
N350 G1 Y75
N355 G2 X1 Y82 I7 J0
N360 G1 X43.5
N365 G2 X50.5 Y75 I0 J-7
N370 G1 Y5
N375 G2 X43.5 Y-2 I-7 J0
N380 G1 X1
N385 G2 X-6 Y5 I0 J7
N390 G1 Y5.75
N395 G3 X-7.4 Y7.15 I-1.4 J0 F1000
N400 G1 X-8.8
N405 G18 G3 X-10.2 Z-40.6 I0 K1.4
N410 G0 Z15
N415 ; 2D CONTOUR4
N420 G0 Z25
N425 X-0.4 Y81.2
N430 Z24
N435 G1 Z-11.6 F1000
```

N440 G19 G2 Y79.8 Z-13 J-1.4 K0  
N445 G1 Y78.4  
N450 G17 G3 X1 Y77 I1.4 J0  
N455 G1 X43.5 F2916  
N460 G3 X44.9 Y78.4 I0 J1.4 F1000  
N465 G1 Y79.8  
N470 G19 G3 Y81.2 Z-11.6 J0 K1.4  
N475 G1 Z-18.6  
N480 G2 Y79.8 Z-20 J-1.4 K0  
N485 G1 Y78.4  
N490 G17 G2 X43.5 Y77 I-1.4 J0  
N495 G1 X1 F2916  
N500 G2 X-0.4 Y78.4 I0 J1.4 F1000  
N505 G1 Y79.8  
N510 G19 G3 Y81.2 Z-18.6 J0 K1.4  
N515 G1 Z-25.2  
N520 G2 Y79.8 Z-26.6 J-1.4 K0  
N525 G1 Y78.4  
N530 G17 G3 X1 Y77 I1.4 J0  
N535 G1 X43.5 F2916  
N540 G3 X44.9 Y78.4 I0 J1.4 F1000  
N545 G1 Y79.8  
N550 G19 G3 Y81.2 Z-25.2 J0 K1.4  
N555 G1 Z-25.7  
N560 G2 Y79.8 Z-27.1 J-1.4 K0  
N565 G1 Y78.4  
N570 G17 G2 X43.5 Y77 I-1.4 J0  
N575 G1 X1 F2916  
N580 G2 X-0.4 Y78.4 I0 J1.4 F1000  
N585 G1 Y79.8  
N590 G19 G3 Y81.2 Z-25.7 J0 K1.4  
N595 G0 Z24  
N600 Y4.8  
N605 G1 Z-11.6 F1000  
N610 G3 Y6.2 Z-13 J1.4 K0  
N615 G1 Y7.6  
N620 G17 G2 X1 Y9 I1.4 J0  
N625 G1 X43.5 F2916  
N630 G2 X44.9 Y7.6 I0 J-1.4 F1000  
N635 G1 Y6.2  
N640 G19 G2 Y4.8 Z-11.6 J0 K1.4  
N645 G1 Z-18.6  
N650 G3 Y6.2 Z-20 J1.4 K0  
N655 G1 Y7.6  
N660 G17 G3 X43.5 Y9 I-1.4 J0  
N665 G1 X1 F2916  
N670 G3 X-0.4 Y7.6 I0 J-1.4 F1000  
N675 G1 Y6.2  
N680 G19 G2 Y4.8 Z-18.6 J0 K1.4  
N685 G1 Z-25.2  
N690 G3 Y6.2 Z-26.6 J1.4 K0  
N695 G1 Y7.6  
N700 G17 G2 X1 Y9 I1.4 J0  
N705 G1 X43.5 F2916  
N710 G2 X44.9 Y7.6 I0 J-1.4 F1000  
N715 G1 Y6.2  
N720 G19 G2 Y4.8 Z-25.2 J0 K1.4  
N725 G1 Z-25.7  
N730 G3 Y6.2 Z-27.1 J1.4 K0  
N735 G1 Y7.6  
N740 G17 G3 X43.5 Y9 I-1.4 J0  
N745 G1 X1 F2916  
N750 G3 X-0.4 Y7.6 I0 J-1.4 F1000  
N755 G1 Y6.2  
N760 G19 G2 Y4.8 Z-25.7 J0 K1.4  
N765 G0 Z25  
N770 M5  
N775 G53 Z0  
N780 ; CONTOUR2  
N785 M1  
N790 T3 M6  
N795 ; COROMILL PUNTA ESFRICA  
N800 T5  
N805 S5984 M3  
N810 G17  
N815 G0 X58.467 Y21.234  
N820 G43 Z-2  
N825 G0 Z-10.01  
N830 G1 Z-20 F1000  
N835 X58.46 Z-20.121  
N840 X58.438 Y21.236 Z-20.239  
N845 X58.402 Y21.238 Z-20.355  
N850 X58.353 Y21.241 Z-20.465  
N855 X58.291 Y21.244 Z-20.568  
N860 X58.216 Y21.249 Z-20.663  
N865 X58.131 Y21.254 Z-20.749  
N870 X58.036 Y21.26 Z-20.823  
N875 X57.933 Y21.266 Z-20.885

N880 X57.823 Y21.272 Z-20.935  
N885 X57.708 Y21.279 Z-20.971  
N890 X57.589 Y21.286 Z-20.993  
N895 X57.469 Y21.294 Z-21  
N900 X49.555 Y21.766  
N905 G3 X48.497 Y20.828 I-0.06 J-0.998  
N910 G1 X48.482 Y20.576 F3136  
N915 X48.454 Y20.324  
N920 X48.413 Y20.072  
N925 X48.359 Y19.82  
N930 X48.291 Y19.568  
N935 X48.246 Y19.426  
N940 X48.208 Y19.316  
N945 X48.11 Y19.064  
N950 X47.996 Y18.812  
N955 X47.993 Y18.807  
N960 X47.864 Y18.56  
N965 X47.741 Y18.351  
N970 X47.714 Y18.308  
N975 X47.542 Y18.056  
N980 X47.488 Y17.985  
N985 X47.346 Y17.804  
N990 X47.236 Y17.677  
N995 X47.121 Y17.552  
N1000 X46.984 Y17.413  
N1005 X46.864 Y17.3  
N1010 X46.731 Y17.184  
N1015 X46.564 Y17.048  
N1020 X46.479 Y16.984  
N1025 X46.227 Y16.809  
N1030 X46.208 Y16.797  
N1035 X45.974 Y16.655  
N1040 X45.769 Y16.545  
N1045 X45.722 Y16.521  
N1050 X45.469 Y16.404  
N1055 X45.217 Y16.304  
N1060 X45.185 Y16.293  
N1065 X44.965 Y16.219  
N1070 X44.712 Y16.149  
N1075 X44.46 Y16.093  
N1080 X44.207 Y16.05  
N1085 X44.136 Y16.041  
N1090 X43.955 Y16.021  
N1095 X43.703 Y16.004  
N1100 X43.45 Y16  
N1105 X1.05  
N1110 X0.797 Y16.004  
N1115 X0.545 Y16.021  
N1120 X0.364 Y16.041  
N1125 X0.293 Y16.05  
N1130 X0.04 Y16.093  
N1135 X-0.212 Y16.149  
N1140 X-0.465 Y16.219  
N1145 X-0.685 Y16.293  
N1150 X-0.717 Y16.304  
N1155 X-0.969 Y16.404  
N1160 X-1.222 Y16.521  
N1165 X-1.269 Y16.545  
N1170 X-1.474 Y16.655  
N1175 X-1.708 Y16.797  
N1180 X-1.727 Y16.809  
N1185 X-1.979 Y16.984  
N1190 X-2.064 Y17.048  
N1195 X-2.231 Y17.184  
N1200 X-2.364 Y17.3  
N1205 X-2.484 Y17.413  
N1210 X-2.621 Y17.552  
N1215 X-2.736 Y17.677  
N1220 X-2.846 Y17.804  
N1225 X-2.988 Y17.985  
N1230 X-3.042 Y18.056  
N1235 X-3.214 Y18.308  
N1240 X-3.241 Y18.351  
N1245 X-3.364 Y18.56  
N1250 X-3.493 Y18.807  
N1255 X-3.496 Y18.812  
N1260 X-3.61 Y19.064  
N1265 X-3.708 Y19.316  
N1270 X-3.746 Y19.426  
N1275 X-3.791 Y19.568  
N1280 X-3.859 Y19.82  
N1285 X-3.913 Y20.072  
N1290 X-3.954 Y20.324  
N1295 X-3.982 Y20.576  
N1300 X-3.997 Y20.828  
N1305 G3 X-5.055 Y21.766 I-0.998 J-0.06 F1000  
N1310 G1 X-5.175 Y21.759 Z-20.993  
N1315 X-5.294 Y21.752 Z-20.971

N1320 X-5.409 Y21.745 Z-20.935  
N1325 X-5.519 Y21.739 Z-20.885  
N1330 X-5.622 Y21.733 Z-20.823  
N1335 X-5.717 Y21.727 Z-20.749  
N1340 X-5.802 Y21.722 Z-20.663  
N1345 X-5.876 Y21.717 Z-20.568  
N1350 X-5.939 Y21.714 Z-20.465  
N1355 X-5.988 Y21.711 Z-20.355  
N1360 X-6.024 Y21.708 Z-20.239  
N1365 X-6.046 Y21.707 Z-20.121  
N1370 X-6.053 Z-20  
N1375 G0 Z2.238  
N1380 X-13.967 Y64.766  
N1385 Z-10.01  
N1390 G1 Z-20 F1000  
N1395 X-13.96 Z-20.121  
N1400 X-13.938 Y64.764 Z-20.239  
N1405 X-13.902 Y64.762 Z-20.355  
N1410 X-13.853 Y64.759 Z-20.465  
N1415 X-13.791 Y64.756 Z-20.568  
N1420 X-13.716 Y64.751 Z-20.663  
N1425 X-13.631 Y64.746 Z-20.749  
N1430 X-13.536 Y64.74 Z-20.823  
N1435 X-13.433 Y64.734 Z-20.885  
N1440 X-13.323 Y64.728 Z-20.935  
N1445 X-13.208 Y64.721 Z-20.971  
N1450 X-13.089 Y64.714 Z-20.993  
N1455 X-12.969 Y64.706 Z-21  
N1460 X-5.055 Y64.234  
N1465 G3 X-3.997 Y65.172 I0.06 J0.998  
N1470 G1 X-3.982 Y65.424 F3136  
N1475 X-3.954 Y65.676  
N1480 X-3.913 Y65.928  
N1485 X-3.859 Y66.18  
N1490 X-3.791 Y66.432  
N1495 X-3.746 Y66.574  
N1500 X-3.708 Y66.684  
N1505 X-3.61 Y66.936  
N1510 X-3.496 Y67.188  
N1515 X-3.493 Y67.193  
N1520 X-3.364 Y67.44  
N1525 X-3.241 Y67.649  
N1530 X-3.214 Y67.692  
N1535 X-3.042 Y67.944  
N1540 X-2.988 Y68.015  
N1545 X-2.846 Y68.196  
N1550 X-2.736 Y68.323  
N1555 X-2.621 Y68.448  
N1560 X-2.484 Y68.587  
N1565 X-2.364 Y68.7  
N1570 X-2.231 Y68.816  
N1575 X-2.064 Y68.952  
N1580 X-1.979 Y69.016  
N1585 X-1.727 Y69.191  
N1590 X-1.708 Y69.203  
N1595 X-1.474 Y69.345  
N1600 X-1.269 Y69.455  
N1605 X-1.222 Y69.479  
N1610 X-0.969 Y69.596  
N1615 X-0.717 Y69.696  
N1620 X-0.685 Y69.707  
N1625 X-0.465 Y69.781  
N1630 X-0.212 Y69.851  
N1635 X0.04 Y69.907  
N1640 X0.293 Y69.95  
N1645 X0.364 Y69.959  
N1650 X0.545 Y69.979  
N1655 X0.797 Y69.996  
N1660 X1.05 Y70  
N1665 X43.45  
N1670 X43.703 Y69.996  
N1675 X43.955 Y69.979  
N1680 X44.136 Y69.959  
N1685 X44.207 Y69.95  
N1690 X44.46 Y69.907  
N1695 X44.712 Y69.851  
N1700 X44.965 Y69.781  
N1705 X45.185 Y69.707  
N1710 X45.217 Y69.696  
N1715 X45.469 Y69.596  
N1720 X45.722 Y69.479  
N1725 X45.769 Y69.455  
N1730 X45.974 Y69.345  
N1735 X46.208 Y69.203  
N1740 X46.227 Y69.191  
N1745 X46.479 Y69.016  
N1750 X46.564 Y68.952  
N1755 X46.731 Y68.816

N1760 X46.864 Y68.7  
N1765 X46.984 Y68.587  
N1770 X47.121 Y68.448  
N1775 X47.236 Y68.323  
N1780 X47.346 Y68.196  
N1785 X47.488 Y68.015  
N1790 X47.542 Y67.944  
N1795 X47.714 Y67.692  
N1800 X47.741 Y67.649  
N1805 X47.864 Y67.44  
N1810 X47.993 Y67.193  
N1815 X47.996 Y67.188  
N1820 X48.11 Y66.936  
N1825 X48.208 Y66.684  
N1830 X48.246 Y66.574  
N1835 X48.291 Y66.432  
N1840 X48.359 Y66.18  
N1845 X48.413 Y65.928  
N1850 X48.454 Y65.676  
N1855 X48.482 Y65.424  
N1860 X48.497 Y65.172  
N1865 G3 X49.555 Y64.234 I0.998 J0.06 F1000  
N1870 G1 X49.675 Y64.241 Z-20.993  
N1875 X49.794 Y64.248 Z-20.971  
N1880 X49.909 Y64.255 Z-20.935  
N1885 X50.019 Y64.261 Z-20.885  
N1890 X50.122 Y64.267 Z-20.823  
N1895 X50.217 Y64.273 Z-20.749  
N1900 X50.302 Y64.278 Z-20.663  
N1905 X50.376 Y64.283 Z-20.568  
N1910 X50.439 Y64.286 Z-20.465  
N1915 X50.488 Y64.289 Z-20.355  
N1920 X50.524 Y64.292 Z-20.239  
N1925 X50.546 Y64.293 Z-20.121  
N1930 X50.553 Z-20  
N1935 G0 Z2.238  
N1940 X58.501 Y21.232  
N1945 Z-26.1  
N1950 G1 X58.493 Z-26.221 F1000  
N1955 X58.472 Y21.234 Z-26.339  
N1960 X58.436 Y21.236 Z-26.455  
N1965 X58.386 Y21.239 Z-26.565  
N1970 X58.324 Y21.243 Z-26.668  
N1975 X58.249 Y21.247 Z-26.763  
N1980 X58.164 Y21.252 Z-26.849  
N1985 X58.069 Y21.258 Z-26.923  
N1990 X57.966 Y21.264 Z-26.985  
N1995 X57.856 Y21.271 Z-27.035  
N2000 X57.741 Y21.277 Z-27.071  
N2005 X57.623 Y21.284 Z-27.093  
N2010 X57.502 Y21.292 Z-27.1  
N2015 X49.555 Y21.766  
N2020 G3 X48.497 Y20.828 I-0.06 J-0.998  
N2025 G1 X48.482 Y20.576 F3136  
N2030 X48.454 Y20.324  
N2035 X48.413 Y20.072  
N2040 X48.359 Y19.82  
N2045 X48.291 Y19.568  
N2050 X48.246 Y19.425  
N2055 X48.208 Y19.316  
N2060 X48.11 Y19.064  
N2065 X47.996 Y18.812  
N2070 X47.993 Y18.806  
N2075 X47.865 Y18.56  
N2080 X47.741 Y18.35  
N2085 X47.714 Y18.308  
N2090 X47.543 Y18.056  
N2095 X47.488 Y17.983  
N2100 X47.347 Y17.804  
N2105 X47.236 Y17.676  
N2110 X47.123 Y17.552  
N2115 X46.984 Y17.412  
N2120 X46.865 Y17.3  
N2125 X46.731 Y17.183  
N2130 X46.566 Y17.048  
N2135 X46.479 Y16.982  
N2140 X46.227 Y16.807  
N2145 X46.211 Y16.797  
N2150 X45.974 Y16.653  
N2155 X45.773 Y16.545  
N2160 X45.722 Y16.519  
N2165 X45.469 Y16.402  
N2170 X45.217 Y16.302  
N2175 X45.191 Y16.293  
N2180 X44.965 Y16.217  
N2185 X44.712 Y16.147  
N2190 X44.46 Y16.091  
N2195 X44.207 Y16.048

N2200 X44.154 Y16.041  
N2205 X43.955 Y16.018  
N2210 X43.703 Y16.002  
N2215 X43.45 Y15.998  
N2220 X1.05  
N2225 X0.797 Y16.002  
N2230 X0.545 Y16.018  
N2235 X0.346 Y16.041  
N2240 X0.293 Y16.048  
N2245 X0.04 Y16.091  
N2250 X-0.212 Y16.147  
N2255 X-0.465 Y16.217  
N2260 X-0.691 Y16.293  
N2265 X-0.717 Y16.302  
N2270 X-0.969 Y16.402  
N2275 X-1.222 Y16.519  
N2280 X-1.273 Y16.545  
N2285 X-1.474 Y16.653  
N2290 X-1.711 Y16.797  
N2295 X-1.727 Y16.807  
N2300 X-1.979 Y16.982  
N2305 X-2.066 Y17.048  
N2310 X-2.231 Y17.183  
N2315 X-2.365 Y17.3  
N2320 X-2.484 Y17.412  
N2325 X-2.623 Y17.552  
N2330 X-2.736 Y17.676  
N2335 X-2.847 Y17.804  
N2340 X-2.988 Y17.983  
N2345 X-3.043 Y18.056  
N2350 X-3.214 Y18.308  
N2355 X-3.241 Y18.35  
N2360 X-3.365 Y18.56  
N2365 X-3.493 Y18.806  
N2370 X-3.496 Y18.812  
N2375 X-3.61 Y19.064  
N2380 X-3.708 Y19.316  
N2385 X-3.746 Y19.425  
N2390 X-3.791 Y19.568  
N2395 X-3.859 Y19.82  
N2400 X-3.913 Y20.072  
N2405 X-3.954 Y20.324  
N2410 X-3.982 Y20.576  
N2415 X-3.997 Y20.828  
N2420 G3 X-5.055 Y21.766 I-0.998 J-0.06 F1000  
N2425 G1 X-5.175 Y21.759 Z-27.093  
N2430 X-5.294 Y21.752 Z-27.071  
N2435 X-5.409 Y21.745 Z-27.035  
N2440 X-5.519 Y21.739 Z-26.985  
N2445 X-5.622 Y21.733 Z-26.923  
N2450 X-5.717 Y21.727 Z-26.849  
N2455 X-5.802 Y21.722 Z-26.763  
N2460 X-5.876 Y21.717 Z-26.668  
N2465 X-5.939 Y21.714 Z-26.565  
N2470 X-5.988 Y21.711 Z-26.455  
N2475 X-6.024 Y21.709 Z-26.339  
N2480 X-6.046 Y21.707 Z-26.221  
N2485 X-6.053 Z-26.1  
N2490 G0 Z2.238  
N2495 X-14.001 Y64.768  
N2500 Z-26.1  
N2505 G1 X-13.993 Z-26.221 F1000  
N2510 X-13.972 Y64.766 Z-26.339  
N2515 X-13.936 Y64.764 Z-26.455  
N2520 X-13.886 Y64.761 Z-26.565  
N2525 X-13.824 Y64.757 Z-26.668  
N2530 X-13.749 Y64.753 Z-26.763  
N2535 X-13.664 Y64.748 Z-26.849  
N2540 X-13.569 Y64.742 Z-26.923  
N2545 X-13.466 Y64.736 Z-26.985  
N2550 X-13.356 Y64.729 Z-27.035  
N2555 X-13.241 Y64.723 Z-27.071  
N2560 X-13.123 Y64.716 Z-27.093  
N2565 X-13.002 Y64.708 Z-27.1  
N2570 X-5.055 Y64.234  
N2575 G3 X-3.997 Y65.172 I0.06 J0.998  
N2580 G1 X-3.982 Y65.424 F3136  
N2585 X-3.954 Y65.676  
N2590 X-3.913 Y65.928  
N2595 X-3.859 Y66.18  
N2600 X-3.791 Y66.432  
N2605 X-3.746 Y66.575  
N2610 X-3.708 Y66.684  
N2615 X-3.61 Y66.936  
N2620 X-3.496 Y67.188  
N2625 X-3.493 Y67.194  
N2630 X-3.365 Y67.44  
N2635 X-3.241 Y67.65

N2640 X-3.214 Y67.692  
N2645 X-3.043 Y67.944  
N2650 X-2.988 Y68.017  
N2655 X-2.847 Y68.196  
N2660 X-2.736 Y68.324  
N2665 X-2.623 Y68.448  
N2670 X-2.484 Y68.588  
N2675 X-2.365 Y68.7  
N2680 X-2.231 Y68.817  
N2685 X-2.066 Y68.952  
N2690 X-1.979 Y69.018  
N2695 X-1.727 Y69.193  
N2700 X-1.711 Y69.203  
N2705 X-1.474 Y69.347  
N2710 X-1.273 Y69.455  
N2715 X-1.222 Y69.481  
N2720 X-0.969 Y69.598  
N2725 X-0.717 Y69.698  
N2730 X-0.691 Y69.707  
N2735 X-0.465 Y69.783  
N2740 X-0.212 Y69.853  
N2745 X0.04 Y69.909  
N2750 X0.293 Y69.952  
N2755 X0.346 Y69.959  
N2760 X0.545 Y69.982  
N2765 X0.797 Y69.998  
N2770 X1.05 Y70.002  
N2775 X43.45  
N2780 X43.703 Y69.998  
N2785 X43.955 Y69.982  
N2790 X44.154 Y69.959  
N2795 X44.207 Y69.952  
N2800 X44.46 Y69.909  
N2805 X44.712 Y69.853  
N2810 X44.965 Y69.783  
N2815 X45.191 Y69.707  
N2820 X45.217 Y69.698  
N2825 X45.469 Y69.598  
N2830 X45.722 Y69.481  
N2835 X45.773 Y69.455  
N2840 X45.974 Y69.347  
N2845 X46.211 Y69.203  
N2850 X46.227 Y69.193  
N2855 X46.479 Y69.018  
N2860 X46.566 Y68.952  
N2865 X46.731 Y68.817  
N2870 X46.865 Y68.7  
N2875 X46.984 Y68.588  
N2880 X47.123 Y68.448  
N2885 X47.236 Y68.324  
N2890 X47.347 Y68.196  
N2895 X47.488 Y68.017  
N2900 X47.543 Y67.944  
N2905 X47.714 Y67.692  
N2910 X47.741 Y67.65  
N2915 X47.865 Y67.44  
N2920 X47.993 Y67.194  
N2925 X47.996 Y67.188  
N2930 X48.11 Y66.936  
N2935 X48.208 Y66.684  
N2940 X48.246 Y66.575  
N2945 X48.291 Y66.432  
N2950 X48.359 Y66.18  
N2955 X48.413 Y65.928  
N2960 X48.454 Y65.676  
N2965 X48.482 Y65.424  
N2970 X48.497 Y65.172  
N2975 G3 X49.555 Y64.234 I0.998 J0.06 F1000  
N2980 G1 X49.675 Y64.241 Z-27.093  
N2985 X49.794 Y64.248 Z-27.071  
N2990 X49.909 Y64.255 Z-27.035  
N2995 X50.019 Y64.261 Z-26.985  
N3000 X50.122 Y64.267 Z-26.923  
N3005 X50.217 Y64.273 Z-26.849  
N3010 X50.302 Y64.278 Z-26.763  
N3015 X50.376 Y64.283 Z-26.668  
N3020 X50.439 Y64.286 Z-26.565  
N3025 X50.488 Y64.289 Z-26.455  
N3030 X50.524 Y64.291 Z-26.339  
N3035 X50.546 Y64.293 Z-26.221  
N3040 X50.553 Z-26.1  
N3045 G0 Z-2  
N3050 ; POCKET  
N3055 G0 Z15  
N3060 X44.5 Y44.6  
N3065 Z8  
N3070 G1 Z-6 F1000  
N3075 G19 G3 Y45.6 Z-7 J1 K0

N3080 G1 Y46.6  
N3085 G17 G3 X43.5 Y47.6 I-1 J0  
N3090 G1 X12.9 F3136  
N3095 Y38.4  
N3100 X43.5  
N3105 G3 X44.5 Y39.4 IO J1 F1000  
N3110 G1 Y40.4  
N3115 G19 G3 Y41.4 Z-6 J0 K1  
N3120 G1 Y45  
N3125 G3 Y46 Z-7 J1 K0  
N3130 G1 Y47  
N3135 G17 G3 X43.5 Y48 I-1 J0  
N3140 G1 X12.5 F2561  
N3145 Y38  
N3150 X43.5  
N3155 G3 X44.5 Y39 IO J1 F1000  
N3160 G1 Y40  
N3165 G19 G3 Y41 Z-6 J0 K1  
N3170 G1 Y44.6  
N3175 Z-13  
N3180 G3 Y45.6 Z-14 J1 K0  
N3185 G1 Y46.6  
N3190 G17 G3 X43.5 Y47.6 I-1 J0  
N3195 G1 X12.9 F3136  
N3200 Y38.4  
N3205 X43.5  
N3210 G3 X44.5 Y39.4 IO J1 F1000  
N3215 G1 Y40.4  
N3220 G19 G3 Y41.4 Z-13 J0 K1  
N3225 G1 Y45  
N3230 G3 Y46 Z-14 J1 K0  
N3235 G1 Y47  
N3240 G17 G3 X43.5 Y48 I-1 J0  
N3245 G1 X12.5 F2561  
N3250 Y38  
N3255 X43.5  
N3260 G3 X44.5 Y39 IO J1 F1000  
N3265 G1 Y40  
N3270 G19 G3 Y41 Z-13 J0 K1  
N3275 G1 Y44.6  
N3280 Z-20  
N3285 G3 Y45.6 Z-21 J1 K0  
N3290 G1 Y46.6  
N3295 G17 G3 X43.5 Y47.6 I-1 J0  
N3300 G1 X12.9 F3136  
N3305 Y38.4  
N3310 X43.5  
N3315 G3 X44.5 Y39.4 IO J1 F1000  
N3320 G1 Y40.4  
N3325 G19 G3 Y41.4 Z-20 J0 K1  
N3330 G1 Y45  
N3335 G3 Y46 Z-21 J1 K0  
N3340 G1 Y47  
N3345 G17 G3 X43.5 Y48 I-1 J0  
N3350 G1 X12.5 F2561  
N3355 Y38  
N3360 X43.5  
N3365 G3 X44.5 Y39 IO J1 F1000  
N3370 G1 Y40  
N3375 G19 G3 Y41 Z-20 J0 K1  
N3380 G1 Y44.6  
N3385 Z-27  
N3390 G3 Y45.6 Z-28 J1 K0  
N3395 G1 Y46.6  
N3400 G17 G3 X43.5 Y47.6 I-1 J0  
N3405 G1 X12.9 F3136  
N3410 Y38.4  
N3415 X43.5  
N3420 G3 X44.5 Y39.4 IO J1 F1000  
N3425 G1 Y40.4  
N3430 G19 G3 Y41.4 Z-27 J0 K1  
N3435 G1 Y45  
N3440 G3 Y46 Z-28 J1 K0  
N3445 G1 Y47  
N3450 G17 G3 X43.5 Y48 I-1 J0  
N3455 G1 X12.5 F2561  
N3460 Y38  
N3465 X43.5  
N3470 G3 X44.5 Y39 IO J1 F1000  
N3475 G1 Y40  
N3480 G19 G3 Y41 Z-27 J0 K1  
N3485 G1 Y44.6  
N3490 Z-33.9  
N3495 G3 Y45.6 Z-34.9 J1 K0  
N3500 G1 Y46.6  
N3505 G17 G3 X43.5 Y47.6 I-1 J0  
N3510 G1 X12.9 F3136  
N3515 Y38.4

N3520 X43.5  
N3525 G3 X44.5 Y39.4 IO J1 F1000  
N3530 G1 Y40.4  
N3535 G19 G3 Y41.4 Z-33.9 J0 K1  
N3540 G1 Y45  
N3545 G3 Y46 Z-34.9 J1 K0  
N3550 G1 Y47  
N3555 G17 G3 X43.5 Y48 I-1 J0  
N3560 G1 X12.5 F2561  
N3565 Y38  
N3570 X43.5  
N3575 G3 X44.5 Y39 IO J1 F1000  
N3580 G1 Y40  
N3585 G19 G3 Y41 Z-33.9 J0 K1  
N3590 G1 Y44.6  
N3595 Z-34.1  
N3600 G3 Y45.6 Z-35.1 J1 K0  
N3605 G1 Y46.6  
N3610 G17 G3 X43.5 Y47.6 I-1 J0  
N3615 G1 X12.9 F3136  
N3620 Y38.4  
N3625 X43.5  
N3630 G3 X44.5 Y39.4 IO J1 F1000  
N3635 G1 Y40.4  
N3640 G19 G3 Y41.4 Z-34.1 J0 K1  
N3645 G1 Y45  
N3650 G3 Y46 Z-35.1 J1 K0  
N3655 G1 Y47  
N3660 G17 G3 X43.5 Y48 I-1 J0  
N3665 G1 X12.5 F2561  
N3670 Y38  
N3675 X43.5  
N3680 G3 X44.5 Y39 IO J1 F1000  
N3685 G1 Y40  
N3690 G19 G3 Y41 Z-34.1 J0 K1  
N3695 G0 Z15  
N3700 ; HORIZONTAL1  
N3705 G0 X49.274 Y43  
N3710 Z15  
N3715 Z-34.1  
N3720 G18 G3 X48.274 Z-35.1 I-1 K0 F1000  
N3725 G17 G3 X48.174 Y42.994 IO J-0.903  
N3730 G1 X40.166 Y42.103  
N3735 G2 X39.164 Y43 I-0.1 J0.897  
N3740 G1 Y43.749 F3136  
N3745 G3 X38.525 Y44.388 I-0.639 J0  
N3750 G1 X16.751 Y44.387  
N3755 G3 X16.112 Y43.749 IO J-0.639  
N3760 G1 Y42.251  
N3765 G3 X16.751 Y41.612 IO.639 J0  
N3770 G1 X38.525  
N3775 G3 X39.164 Y42.251 IO J0.639  
N3780 G1 Y43  
N3785 G2 X40.156 Y44.456 I1.565 J0  
N3790 G3 X39.827 Y46.188 I-0.328 J0.834  
N3795 G1 X14.951 Y46.187  
N3800 G3 X14.312 Y45.549 IO J-0.639  
N3805 G1 Y40.451  
N3810 G3 X14.951 Y39.812 IO.639 J0  
N3815 G1 X40.325  
N3820 G3 X40.964 Y40.451 IO J0.639  
N3825 G1 Y45.549  
N3830 G3 X40.325 Y46.188 I-0.639 J0  
N3835 G1 X39.827  
N3840 G2 X38.47 Y47.093 IO J1.471  
N3845 G3 X37.112 Y47.998 I-1.357 J-0.566  
N3850 G1 X12.506 Y47.997  
N3855 X12.504 Y47.996  
N3860 X12.503 Y47.974  
N3865 X12.502 Y47.55  
N3870 Y38.238  
N3875 X12.504 Y38.008  
N3880 Y38.004  
N3885 X12.506 Y38.003  
N3890 X12.547 Y38.002  
N3895 X42.794  
N3900 X42.796 Y38.004  
N3905 X42.779 Y38.132  
N3910 X42.775 Y38.185  
N3915 X42.774 Y38.238  
N3920 Y47.762  
N3925 X42.775 Y47.815  
N3930 X42.779 Y47.868  
N3935 X42.796 Y47.996  
N3940 X42.794 Y47.998  
N3945 X37.112  
N3950 G3 X37.05 Y47.996 IO J-1 Z-35.098 F1000  
N3955 X36.987 Y47.99 IO.063 J-0.998 Z-35.092

N3960 X36.926 Y47.98 I0.125 J-0.992 Z-35.082  
N3965 X36.866 Y47.967 I0.186 J-0.982 Z-35.069  
N3970 X36.808 Y47.95 I0.246 J-0.969 Z-35.051  
N3975 X36.752 Y47.931 I0.304 J-0.953 Z-35.03  
N3980 X36.699 Y47.908 I0.36 J-0.933 Z-35.005  
N3985 X36.649 Y47.884 I0.413 J-0.911 Z-34.976  
N3990 X36.602 Y47.857 I0.463 J-0.886 Z-34.944  
N3995 X36.558 Y47.83 I0.511 J-0.86 Z-34.909  
N4000 X36.517 Y47.801 I0.555 J-0.832 Z-34.871  
N4005 X36.48 Y47.772 I0.595 J-0.804 Z-34.829  
N4010 X36.446 Y47.743 I0.632 J-0.775 Z-34.785  
N4015 X36.416 Y47.715 I0.666 J-0.746 Z-34.737  
N4020 X36.389 Y47.688 I0.697 J-0.718 Z-34.688  
N4025 X36.365 Y47.662 I0.724 J-0.69 Z-34.636  
N4030 X36.344 Y47.638 I0.748 J-0.664 Z-34.582  
N4035 X36.326 Y47.615 I0.768 J-0.64 Z-34.526  
N4040 X36.311 Y47.596 I0.786 J-0.618 Z-34.468  
N4045 X36.298 Y47.578 I0.801 J-0.598 Z-34.409  
N4050 X36.288 Y47.564 I0.814 J-0.581 Z-34.349  
N4055 X36.281 Y47.553 I0.824 J-0.566 Z-34.287  
N4060 G1 X36.275 Y47.545 Z-34.225  
N4065 X36.272 Y47.54 Z-34.163  
N4070 X36.271 Y47.538 Z-34.1  
N4075 G0 Z15  
N4080 M5  
N4085 G53 Z0  
N4090 ; GUIDE DRILL  
N4095 M1  
N4100 T5 M6  
N4105 ; CORODRILL 460  
N4110 T6  
N4115 S6000 M3  
N4125 G0 X10.5 Y27  
N4130 G43 Z15  
N4140 G0 Z5  
N4145 G98 G81 X10.5Y27Z-1I-20 F690  
N4150 Y59  
N4155 G80  
N4160 Z15  
N4165 M5  
N4170 G53 Z0  
N4175 ; TAPPING  
N4180 M1  
N4185 T6 M6  
N4190 ; COROTAP 400  
N4195 T7  
N4200 S1833 M3  
N4210 G0 X10.5 Y27  
N4215 G43 Z15  
N4225 G0 Z5  
N4230 G84 X10.5Y27Z-1I-20 F1467 R0  
N4235 Y59  
N4240 G80  
N4245 Z15  
N4250 M5  
N4255 G53 Z0  
N4260 ; CHAMFER 45  
N4265 M1  
N4270 T7 M6  
N4275 T1  
N4280 S5000 M3  
N4290 G0 X0 Y79  
N4295 G43 Z15  
N4300 G0 Z5  
N4305 G1 Z1 F500  
N4310 Z-28.1  
N4315 G19 G2 Y78 Z-29.1 J-1 K0  
N4320 G1 Y77  
N4325 G17 G3 X1 Y76 I1 J0  
N4330 G1 X43.5 F1000  
N4335 G3 X44.5 Y77 I0 J1  
N4340 G1 Y78  
N4345 G19 G3 Y79 Z-28.1 J0 K1  
N4350 G0 Z15  
N4355 G53 Z0  
N4360 G53 X0 Y0  
N4365 M30  
%

## PROGRAMA MÁQUINA SUBFASE 1.3.

```

%Sub_1_3_1001,MX--,
N10 ; SUBFASE 1.3.
N15 ; T2 D=14 CR=0 - ZMIN=-42.5 - FLAT END MILL
N20 ; T5 D=4.6 CR=0 TAPER=118DEG - ZMIN=-14 - DRILL
N25 ; T6 D=5 CR=0 - ZMIN=-14 - RIGHT HAND TAP
N30 ; T7 D=11.8 CR=0 TAPER=140DEG - ZMIN=-42.5 - DRILL
N35 ; T8 D=12 CR=0 - ZMIN=-42.5 - REAMER
N40 G90 G94 G17
N45 G71
N50 G53 G0 Z0
N55 ; BORE1
N60 T2 M6
N65 ; COROMILL PLURA
N70 T7
N75 S6000 M3
N80 G54
N90 G0 X44.729 Y48.78
N95 G43 Z15
N100 G0 Z2
N105 G1 Z1.4 F1000
N110 X44.736 Y48.777 Z1.254
N115 X44.758 Y48.769 Z1.109
N120 X44.793 Y48.755 Z0.967
N125 X44.842 Y48.736 Z0.831
N130 X44.904 Y48.711 Z0.7
N135 X44.978 Y48.682 Z0.577
N140 X45.064 Y48.649 Z0.463
N145 X45.16 Y48.611 Z0.36
N150 X45.266 Y48.569 Z0.267
N155 X45.381 Y48.524 Z0.188
N160 X45.502 Y48.477 Z0.121
N165 X45.63 Y48.427 Z0.069
N170 X45.761 Y48.375 Z0.031
N175 X45.896 Y48.322 Z0.008
N180 X46.032 Y48.269 Z0
N185 X46.684 Y48.013
N190 G3 X48.499 Y48.805 I0.511 J1.303
N195 X21.501 Y59.395 I-13.499 J5.295 Z-3 F5028
N200 X23.665 Y45.057 I13.499 J-5.295 Z-4
N205 X46.335 Y63.143 I11.335 J9.043
N210 X23.665 Y45.057 I-11.335 J-9.043
N215 X25.633 Y44.836 I1.094 J0.873 F1000
N220 G1 X26.18 Y45.272
N225 X26.294 Y45.364 Z-3.992
N230 X26.407 Y45.454 Z-3.969
N235 X26.518 Y45.542 Z-3.931
N240 X26.625 Y45.628 Z-3.879
N245 X26.727 Y45.709 Z-3.812
N250 X26.823 Y45.786 Z-3.733
N255 X26.912 Y45.857 Z-3.64
N260 X26.993 Y45.921 Z-3.537
N265 X27.065 Y45.979 Z-3.423
N270 X27.128 Y46.029 Z-3.3
N275 X27.18 Y46.07 Z-3.169
N280 X27.221 Y46.103 Z-3.033
N285 X27.25 Y46.127 Z-2.891
N290 X27.268 Y46.141 Z-2.746
N295 X27.274 Y46.146 Z-2.6
N300 G0 Z5
N305 X45.195 Y48.597
N310 Z-2
N315 G1 Z-2.6 F1000
N320 X45.202 Y48.594 Z-2.746
N325 X45.223 Y48.586 Z-2.891
N330 X45.258 Y48.572 Z-3.033
N335 X45.307 Y48.553 Z-3.169
N340 X45.369 Y48.529 Z-3.3
N345 X45.444 Y48.5 Z-3.423
N350 X45.529 Y48.466 Z-3.537
N355 X45.626 Y48.428 Z-3.64
N360 X45.732 Y48.387 Z-3.733
N365 X45.846 Y48.342 Z-3.812
N370 X45.968 Y48.294 Z-3.879
N375 X46.095 Y48.244 Z-3.931
N380 X46.227 Y48.192 Z-3.969
N385 X46.362 Y48.139 Z-3.992
N390 X46.498 Y48.086 Z-4
N395 X47.15 Y47.83
N400 G3 X48.964 Y48.623 I0.511 J1.303
N405 X21.036 Y59.577 I-13.964 J5.477 F5028
N410 X48.964 Y48.623 I13.964 J-5.477
N415 X48.172 Y50.437 I-1.303 J0.511 F1000
N420 G1 X47.52 Y50.693
N425 X47.384 Y50.746 Z-3.992
N430 X47.249 Y50.799 Z-3.969
N435 X47.118 Y50.851 Z-3.931

```

N440 X46.99 Y50.901 Z-3.879  
N445 X46.869 Y50.948 Z-3.812  
N450 X46.754 Y50.993 Z-3.733  
N455 X46.648 Y51.035 Z-3.64  
N460 X46.552 Y51.073 Z-3.537  
N465 X46.466 Y51.106 Z-3.423  
N470 X46.392 Y51.135 Z-3.3  
N475 X46.33 Y51.16 Z-3.169  
N480 X46.281 Y51.179 Z-3.033  
N485 X46.246 Y51.193 Z-2.891  
N490 X46.224 Y51.201 Z-2.746  
N495 X46.217 Y51.204 Z-2.6  
N500 G0 Z15  
N505 ; DRILL 2MM ROUGH  
N510 G0 X34.489 Y52.797  
N515 Z15  
N520 Z-7.5  
N525 G1 Z-8.1 F1000  
N530 X34.496 Y52.794 Z-8.246  
N535 X34.517 Y52.786 Z-8.391  
N540 X34.553 Y52.772 Z-8.533  
N545 X34.601 Y52.752 Z-8.669  
N550 X34.663 Y52.728 Z-8.8  
N555 X34.738 Y52.699 Z-8.923  
N560 X34.824 Y52.665 Z-9.037  
N565 X34.92 Y52.628 Z-9.14  
N570 X35.026 Y52.586 Z-9.233  
N575 X35.14 Y52.541 Z-9.312  
N580 X35.262 Y52.493 Z-9.379  
N585 X35.389 Y52.443 Z-9.431  
N590 X35.521 Y52.392 Z-9.469  
N595 X35.656 Y52.339 Z-9.492  
N600 X35.792 Y52.285 Z-9.5  
N605 X36.444 Y52.03  
N610 G3 X38.258 Y52.822 I0.511 J1.303  
N615 X31.742 Y55.378 I-3.258 J1.278 F5028  
N620 X38.258 Y52.822 I3.258 J-1.278  
N625 X37.466 Y54.636 I-1.303 J0.511 F1000  
N630 G1 X36.815 Y54.892  
N635 X36.678 Y54.946 Z-9.492  
N640 X36.544 Y54.998 Z-9.469  
N645 X36.412 Y55.05 Z-9.431  
N650 X36.284 Y55.1 Z-9.379  
N655 X36.163 Y55.148 Z-9.312  
N660 X36.048 Y55.193 Z-9.233  
N665 X35.942 Y55.234 Z-9.14  
N670 X35.846 Y55.272 Z-9.037  
N675 X35.76 Y55.306 Z-8.923  
N680 X35.686 Y55.335 Z-8.8  
N685 X35.624 Y55.359 Z-8.669  
N690 X35.575 Y55.378 Z-8.533  
N695 X35.54 Y55.392 Z-8.391  
N700 X35.518 Y55.401 Z-8.246  
N705 X35.511 Y55.403 Z-8.1  
N710 G0 Z5  
N715 X34.489 Y52.797  
N720 Z-13  
N725 G1 Z-13.6 F1000  
N730 X34.496 Y52.794 Z-13.746  
N735 X34.517 Y52.786 Z-13.891  
N740 X34.553 Y52.772 Z-14.033  
N745 X34.601 Y52.752 Z-14.169  
N750 X34.663 Y52.728 Z-14.3  
N755 X34.738 Y52.699 Z-14.423  
N760 X34.824 Y52.665 Z-14.537  
N765 X34.92 Y52.628 Z-14.64  
N770 X35.026 Y52.586 Z-14.733  
N775 X35.14 Y52.541 Z-14.812  
N780 X35.262 Y52.493 Z-14.879  
N785 X35.389 Y52.443 Z-14.931  
N790 X35.521 Y52.392 Z-14.969  
N795 X35.656 Y52.339 Z-14.992  
N800 X35.792 Y52.285 Z-15  
N805 X36.444 Y52.03  
N810 G3 X38.258 Y52.822 I0.511 J1.303  
N815 X31.742 Y55.378 I-3.258 J1.278 F5028  
N820 X38.258 Y52.822 I3.258 J-1.278  
N825 X37.466 Y54.636 I-1.303 J0.511 F1000  
N830 G1 X36.815 Y54.892  
N835 X36.678 Y54.946 Z-14.992  
N840 X36.544 Y54.998 Z-14.969  
N845 X36.412 Y55.05 Z-14.931  
N850 X36.284 Y55.1 Z-14.879  
N855 X36.163 Y55.148 Z-14.812  
N860 X36.048 Y55.193 Z-14.733  
N865 X35.942 Y55.234 Z-14.64  
N870 X35.846 Y55.272 Z-14.537  
N875 X35.76 Y55.306 Z-14.423

N880 X35.686 Y55.335 Z-14.3  
N885 X35.624 Y55.359 Z-14.169  
N890 X35.575 Y55.378 Z-14.033  
N895 X35.54 Y55.392 Z-13.891  
N900 X35.518 Y55.401 Z-13.746  
N905 X35.511 Y55.403 Z-13.6  
N910 G0 Z5  
N915 X34.489 Y52.797  
N920 Z-18.5  
N925 G1 Z-19.1 F1000  
N930 X34.496 Y52.794 Z-19.246  
N935 X34.517 Y52.786 Z-19.391  
N940 X34.553 Y52.772 Z-19.533  
N945 X34.601 Y52.752 Z-19.669  
N950 X34.663 Y52.728 Z-19.8  
N955 X34.738 Y52.699 Z-19.923  
N960 X34.824 Y52.665 Z-20.037  
N965 X34.92 Y52.628 Z-20.14  
N970 X35.026 Y52.586 Z-20.233  
N975 X35.14 Y52.541 Z-20.312  
N980 X35.262 Y52.493 Z-20.379  
N985 X35.389 Y52.443 Z-20.431  
N990 X35.521 Y52.392 Z-20.469  
N995 X35.656 Y52.339 Z-20.492  
N1000 X35.792 Y52.285 Z-20.5  
N1005 X36.444 Y52.03  
N1010 G3 X38.258 Y52.822 I0.511 J1.303  
N1015 X31.742 Y55.378 I-3.258 J1.278 F5028  
N1020 X38.258 Y52.822 I3.258 J-1.278  
N1025 X37.466 Y54.636 I-1.303 J0.511 F1000  
N1030 G1 X36.815 Y54.892  
N1035 X36.678 Y54.946 Z-20.492  
N1040 X36.544 Y54.998 Z-20.469  
N1045 X36.412 Y55.05 Z-20.431  
N1050 X36.284 Y55.1 Z-20.379  
N1055 X36.163 Y55.148 Z-20.312  
N1060 X36.048 Y55.193 Z-20.233  
N1065 X35.942 Y55.234 Z-20.14  
N1070 X35.846 Y55.272 Z-20.037  
N1075 X35.76 Y55.306 Z-19.923  
N1080 X35.686 Y55.335 Z-19.8  
N1085 X35.624 Y55.359 Z-19.669  
N1090 X35.575 Y55.378 Z-19.533  
N1095 X35.54 Y55.392 Z-19.391  
N1100 X35.518 Y55.401 Z-19.246  
N1105 X35.511 Y55.403 Z-19.1  
N1110 G0 Z5  
N1115 X34.489 Y52.797  
N1120 Z-24  
N1125 G1 Z-24.6 F1000  
N1130 X34.496 Y52.794 Z-24.746  
N1135 X34.517 Y52.786 Z-24.891  
N1140 X34.553 Y52.772 Z-25.033  
N1145 X34.601 Y52.752 Z-25.169  
N1150 X34.663 Y52.728 Z-25.3  
N1155 X34.738 Y52.699 Z-25.423  
N1160 X34.824 Y52.665 Z-25.537  
N1165 X34.92 Y52.628 Z-25.64  
N1170 X35.026 Y52.586 Z-25.733  
N1175 X35.14 Y52.541 Z-25.812  
N1180 X35.262 Y52.493 Z-25.879  
N1185 X35.389 Y52.443 Z-25.931  
N1190 X35.521 Y52.392 Z-25.969  
N1195 X35.656 Y52.339 Z-25.992  
N1200 X35.792 Y52.285 Z-26  
N1205 X36.444 Y52.03  
N1210 G3 X38.258 Y52.822 I0.511 J1.303  
N1215 X31.742 Y55.378 I-3.258 J1.278 F5028  
N1220 X38.258 Y52.822 I3.258 J-1.278  
N1225 X37.466 Y54.636 I-1.303 J0.511 F1000  
N1230 G1 X36.815 Y54.892  
N1235 X36.678 Y54.946 Z-25.992  
N1240 X36.544 Y54.998 Z-25.969  
N1245 X36.412 Y55.05 Z-25.931  
N1250 X36.284 Y55.1 Z-25.879  
N1255 X36.163 Y55.148 Z-25.812  
N1260 X36.048 Y55.193 Z-25.733  
N1265 X35.942 Y55.234 Z-25.64  
N1270 X35.846 Y55.272 Z-25.537  
N1275 X35.76 Y55.306 Z-25.423  
N1280 X35.686 Y55.335 Z-25.3  
N1285 X35.624 Y55.359 Z-25.169  
N1290 X35.575 Y55.378 Z-25.033  
N1295 X35.54 Y55.392 Z-24.891  
N1300 X35.518 Y55.401 Z-24.746  
N1305 X35.511 Y55.403 Z-24.6  
N1310 G0 Z5  
N1315 X34.489 Y52.797

N1320 Z-29.5  
N1325 G1 Z-30.1 F1000  
N1330 X34.496 Y52.794 Z-30.246  
N1335 X34.517 Y52.786 Z-30.391  
N1340 X34.553 Y52.772 Z-30.533  
N1345 X34.601 Y52.752 Z-30.669  
N1350 X34.663 Y52.728 Z-30.8  
N1355 X34.738 Y52.699 Z-30.923  
N1360 X34.824 Y52.665 Z-31.037  
N1365 X34.92 Y52.628 Z-31.14  
N1370 X35.026 Y52.586 Z-31.233  
N1375 X35.14 Y52.541 Z-31.312  
N1380 X35.262 Y52.493 Z-31.379  
N1385 X35.389 Y52.443 Z-31.431  
N1390 X35.521 Y52.392 Z-31.469  
N1395 X35.656 Y52.339 Z-31.492  
N1400 X35.792 Y52.285 Z-31.5  
N1405 X36.444 Y52.03  
N1410 G3 X38.258 Y52.822 I0.511 J1.303  
N1415 X31.742 Y55.378 I-3.258 J1.278 F5028  
N1420 X38.258 Y52.822 I3.258 J-1.278  
N1425 X37.466 Y54.636 I-1.303 J0.511 F1000  
N1430 G1 X36.815 Y54.892  
N1435 X36.678 Y54.946 Z-31.492  
N1440 X36.544 Y54.998 Z-31.469  
N1445 X36.412 Y55.05 Z-31.431  
N1450 X36.284 Y55.1 Z-31.379  
N1455 X36.163 Y55.148 Z-31.312  
N1460 X36.048 Y55.193 Z-31.233  
N1465 X35.942 Y55.234 Z-31.14  
N1470 X35.846 Y55.272 Z-31.037  
N1475 X35.76 Y55.306 Z-30.923  
N1480 X35.686 Y55.335 Z-30.8  
N1485 X35.624 Y55.359 Z-30.669  
N1490 X35.575 Y55.378 Z-30.533  
N1495 X35.54 Y55.392 Z-30.391  
N1500 X35.518 Y55.401 Z-30.246  
N1505 X35.511 Y55.403 Z-30.1  
N1510 G0 Z5  
N1515 X34.489 Y52.797  
N1520 Z-35  
N1525 G1 Z-35.6 F1000  
N1530 X34.496 Y52.794 Z-35.746  
N1535 X34.517 Y52.786 Z-35.891  
N1540 X34.553 Y52.772 Z-36.033  
N1545 X34.601 Y52.752 Z-36.169  
N1550 X34.663 Y52.728 Z-36.3  
N1555 X34.738 Y52.699 Z-36.423  
N1560 X34.824 Y52.665 Z-36.537  
N1565 X34.92 Y52.628 Z-36.64  
N1570 X35.026 Y52.586 Z-36.733  
N1575 X35.14 Y52.541 Z-36.812  
N1580 X35.262 Y52.493 Z-36.879  
N1585 X35.389 Y52.443 Z-36.931  
N1590 X35.521 Y52.392 Z-36.969  
N1595 X35.656 Y52.339 Z-36.992  
N1600 X35.792 Y52.285 Z-37  
N1605 X36.444 Y52.03  
N1610 G3 X38.258 Y52.822 I0.511 J1.303  
N1615 X31.742 Y55.378 I-3.258 J1.278 F5028  
N1620 X38.258 Y52.822 I3.258 J-1.278  
N1625 X37.466 Y54.636 I-1.303 J0.511 F1000  
N1630 G1 X36.815 Y54.892  
N1635 X36.678 Y54.946 Z-36.992  
N1640 X36.544 Y54.998 Z-36.969  
N1645 X36.412 Y55.05 Z-36.931  
N1650 X36.284 Y55.1 Z-36.879  
N1655 X36.163 Y55.148 Z-36.812  
N1660 X36.048 Y55.193 Z-36.733  
N1665 X35.942 Y55.234 Z-36.64  
N1670 X35.846 Y55.272 Z-36.537  
N1675 X35.76 Y55.306 Z-36.423  
N1680 X35.686 Y55.335 Z-36.3  
N1685 X35.624 Y55.359 Z-36.169  
N1690 X35.575 Y55.378 Z-36.033  
N1695 X35.54 Y55.392 Z-35.891  
N1700 X35.518 Y55.401 Z-35.746  
N1705 X35.511 Y55.403 Z-35.6  
N1710 G0 Z5  
N1715 X34.489 Y52.797  
N1720 Z-40.5  
N1725 G1 Z-41.1 F1000  
N1730 X34.496 Y52.794 Z-41.246  
N1735 X34.517 Y52.786 Z-41.391  
N1740 X34.553 Y52.772 Z-41.533  
N1745 X34.601 Y52.752 Z-41.669  
N1750 X34.663 Y52.728 Z-41.8  
N1755 X34.738 Y52.699 Z-41.923

N1760 X34.824 Y52.665 Z-42.037  
N1765 X34.92 Y52.628 Z-42.14  
N1770 X35.026 Y52.586 Z-42.233  
N1775 X35.14 Y52.541 Z-42.312  
N1780 X35.262 Y52.493 Z-42.379  
N1785 X35.389 Y52.443 Z-42.431  
N1790 X35.521 Y52.392 Z-42.469  
N1795 X35.656 Y52.339 Z-42.492  
N1800 X35.792 Y52.285 Z-42.5  
N1805 X36.444 Y52.03  
N1810 G3 X38.258 Y52.822 I0.511 J1.303  
N1815 X31.742 Y55.378 I-3.258 J1.278 F5028  
N1820 X38.258 Y52.822 I3.258 J-1.278  
N1825 X37.466 Y54.636 I-1.303 J0.511 F1000  
N1830 G1 X36.815 Y54.892  
N1835 X36.678 Y54.946 Z-42.492  
N1840 X36.544 Y54.998 Z-42.469  
N1845 X36.412 Y55.05 Z-42.431  
N1850 X36.284 Y55.1 Z-42.379  
N1855 X36.163 Y55.148 Z-42.312  
N1860 X36.048 Y55.193 Z-42.233  
N1865 X35.942 Y55.234 Z-42.14  
N1870 X35.846 Y55.272 Z-42.037  
N1875 X35.76 Y55.306 Z-41.923  
N1880 X35.686 Y55.335 Z-41.8  
N1885 X35.624 Y55.359 Z-41.669  
N1890 X35.575 Y55.378 Z-41.533  
N1895 X35.54 Y55.392 Z-41.391  
N1900 X35.518 Y55.401 Z-41.246  
N1905 X35.511 Y55.403 Z-41.1  
N1910 G0 Z15  
N1915 ; DRILL 22MM FINISH  
N1920 G0 X34.954 Y52.614  
N1925 Z15  
N1930 Z-40.5  
N1935 G1 Z-41.1 F1000  
N1940 X34.961 Y52.611 Z-41.246  
N1945 X34.983 Y52.603 Z-41.391  
N1950 X35.018 Y52.589 Z-41.533  
N1955 X35.067 Y52.57 Z-41.669  
N1960 X35.129 Y52.546 Z-41.8  
N1965 X35.203 Y52.516 Z-41.923  
N1970 X35.289 Y52.483 Z-42.037  
N1975 X35.385 Y52.445 Z-42.14  
N1980 X35.491 Y52.403 Z-42.233  
N1985 X35.606 Y52.358 Z-42.312  
N1990 X35.727 Y52.311 Z-42.379  
N1995 X35.855 Y52.261 Z-42.431  
N2000 X35.987 Y52.209 Z-42.469  
N2005 X36.121 Y52.156 Z-42.492  
N2010 X36.258 Y52.103 Z-42.5  
N2015 X36.909 Y51.847  
N2020 G3 X38.724 Y52.639 I0.511 J1.303  
N2025 X31.276 Y55.561 I-3.724 J1.461 F2568  
N2030 X38.724 Y52.639 I3.724 J-1.461  
N2035 X37.932 Y54.454 I-1.303 J0.511 F1000  
N2040 G1 X37.28 Y54.71  
N2045 X37.144 Y54.763 Z-42.492  
N2050 X37.009 Y54.816 Z-42.469  
N2055 X36.877 Y54.867 Z-42.431  
N2060 X36.75 Y54.917 Z-42.379  
N2065 X36.628 Y54.965 Z-42.312  
N2070 X36.514 Y55.01 Z-42.233  
N2075 X36.408 Y55.052 Z-42.14  
N2080 X36.311 Y55.089 Z-42.037  
N2085 X36.226 Y55.123 Z-41.923  
N2090 X36.151 Y55.152 Z-41.8  
N2095 X36.089 Y55.177 Z-41.669  
N2100 X36.04 Y55.196 Z-41.533  
N2105 X36.005 Y55.21 Z-41.391  
N2110 X35.984 Y55.218 Z-41.246  
N2115 X35.977 Y55.221 Z-41.1  
N2120 G0 Z15  
N2125 M5  
N2130 G53 Z0  
N2135 ; DRILL 11,8  
N2140 M1  
N2145 T7 M6  
N2150 ; CORODRILL 460  
N2155 T8  
N2160 S4208 M3  
N2170 G0 X61 Y31.1  
N2175 G43 Z15  
N2185 G0 Z5  
N2190 G98 G69 X61Y31.1Z5I-42.5 B4 D5 H0.236 J7 L4 F1052  
N2195 X9  
N2200 G80  
N2205 Z15

N2210 M5  
N2215 G53 Z0  
N2220 ; REAMING 12H7  
N2225 M1  
N2230 T8 M6  
N2235 ; COROREAMER 435  
N2240 T5  
N2245 S1326 M3  
N2255 G0 X61 Y31.1  
N2260 G43 Z15  
N2270 G0 Z5  
N2275 G85 X61Y31.1Z5I-42.5 F265  
N2280 X9  
N2285 G80  
N2290 Z15  
N2295 M5  
N2300 G53 Z0  
N2305 ; PRE TALADRO  
N2310 M1  
N2315 T5 M6  
N2320 ; CORODRILL 460  
N2325 T6  
N2330 S6000 M3  
N2340 G0 X21.577 Y46.35  
N2345 G43 Z15  
N2355 G0 Z5  
N2360 G81 X21.577Y46.35Z1I-14 F690  
N2365 Y61.85  
N2370 X48.423  
N2375 Y46.35  
N2380 G80  
N2385 Z15  
N2390 M5  
N2395 G53 Z0  
N2400 ; ROSCADO  
N2405 M1  
N2410 T6 M6  
N2415 ; COROTAP 400  
N2420 T2  
N2425 S1833 M3  
N2435 G0 X21.577 Y46.35  
N2440 G43 Z15  
N2450 G0 Z5  
N2455 G84 X21.577Y46.35Z1I-14 F1467 R0  
N2460 Y61.85  
N2465 X48.423  
N2470 Y46.35  
N2475 G80  
N2480 Z15  
N2485 ; CHAMFER 45  
N2490 S5000 M3  
N2495 G0 X32.98 Y51.76  
N2500 Z15  
N2505 Z5  
N2510 G1 Z1 F500  
N2515 Z-2.66  
N2520 G18 G2 X35.32 Z-5 I2.34 K0  
N2525 G1 X37.66  
N2530 G17 G3 X40 Y54.1 I0 J2.34  
N2535 X30 I-5 J0 F1250  
N2540 X40 I5 J0  
N2545 X37.66 Y56.44 I-2.34 J0 F1000  
N2550 G1 X35.32  
N2555 G18 G3 X32.98 Z-2.66 I0 K2.34  
N2560 G0 Z15  
N2565 G53 Z0  
N2570 G53 X0 Y0  
N2575 M30  
%

## PROGRAMA MÁQUINA SUBFASE 1.4.

```
%Sub_1_4_1001,MX--,
N10 ; SUBFASE 1.4.
N15 ; T2 D=14 CR=0 - ZMIN=-13 - FLAT END MILL
N20 G90 G94 G17
N25 G71
N30 G53 G0 Z0
N35 ; CONTORNEADO
N40 T2 M6
N45 ; COROMILL PLURA
N50 S6000 M3
N55 G54
N65 G0 X10.1 Y11.6
N70 G43 Z15
N75 G0 Z5
N80 G1 Z1 F1000
N85 Z-11.6
N90 G19 G2 Y10.2 Z-13 J-1.4 K0
N95 G1 Y8.8
N100 G17 G3 X11.5 Y7.4 I1.4 J0
N105 G1 X18.5 F5028
N110 G2 X23.733 Y5.233 I0 J-7.4
N115 G1 X24.733 Y4.233
N120 G2 X26.9 Y-1 I-5.233 J-5.233
N125 G1 Y-8.1
N130 G2 X26.888 Y-8.516 I-7.4 J0
N135 G3 X27.5 Y-9.163 I0.612 J-0.034
N140 X28.112 Y-8.516 I0 J0.613
N145 G2 X28.1 Y-8.1 I7.388 J0.416
N150 G1 Y-1
N155 G2 X30.267 Y4.233 I7.4 J0
N160 G1 X31.267 Y5.233
N165 G2 X36.5 Y7.4 I5.233 J-5.233
N170 G1 X41.5
N175 G2 X46.733 Y5.233 I0 J-7.4
N180 G1 X47.733 Y4.233
N185 G2 X49.9 Y-1 I-5.233 J-5.233
N190 G1 Y-24.1
N195 G3 X51.3 Y-25.5 I1.4 J0 F1000
N200 G1 X52.7
N205 G18 G2 X54.1 Z-11.6 I0 K1.4
N210 G0 Z5
N215 X10.1 Y11.2
N220 G1 Z1 F1000
N225 Z-11.6
N230 G19 G2 Y9.8 Z-13 J-1.4 K0
N235 G1 Y8.4
N240 G17 G3 X11.5 Y7 I1.4 J0
N245 G1 X18.5 F2568
N250 G2 X23.45 Y4.95 I0 J-7
N255 G1 X24.45 Y3.95
N260 G2 X26.5 Y-1 I-4.95 J-4.95
N265 G1 Y-8.1
N270 G2 X26.489 Y-8.493 I-7 J0
N275 G3 X27.5 Y-9.563 I1.011 J-0.057
N280 X28.511 Y-8.493 I0 J1.013
N285 G2 X28.5 Y-8.1 I6.989 J0.393
N290 G1 Y-1
N295 G2 X30.55 Y3.95 I7 J0
N300 G1 X31.55 Y4.95
N305 G2 X36.5 Y7 I4.95 J-4.95
N310 G1 X41.5
N315 G2 X46.45 Y4.95 I0 J-7
N320 G1 X47.45 Y3.95
N325 G2 X49.5 Y-1 I-4.95 J-4.95
N330 G1 Y-24.1
N335 G3 X50.9 Y-25.5 I1.4 J0 F1000
N340 G1 X52.3
N345 G18 G2 X53.7 Z-11.6 I0 K1.4
N350 G0 Z15
N355 G53 Z0
N360 G53 X0 Y0
N365 M30
%
```

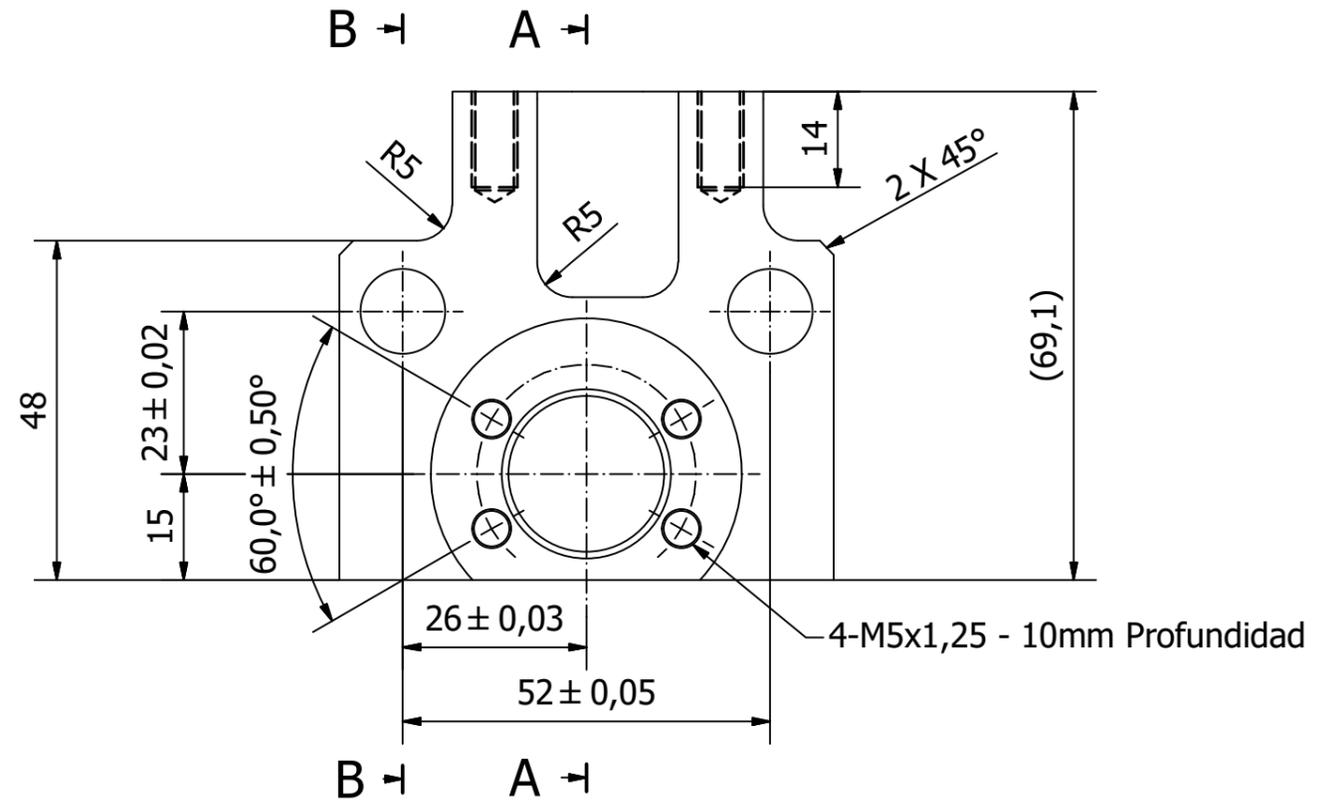
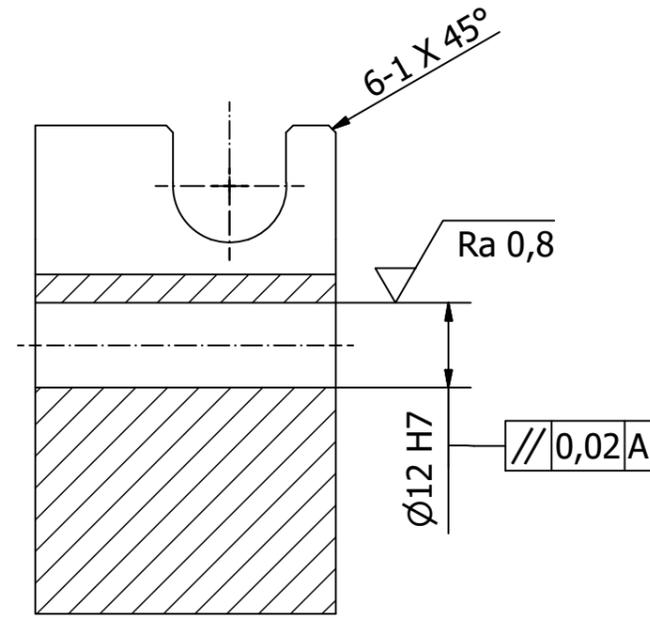
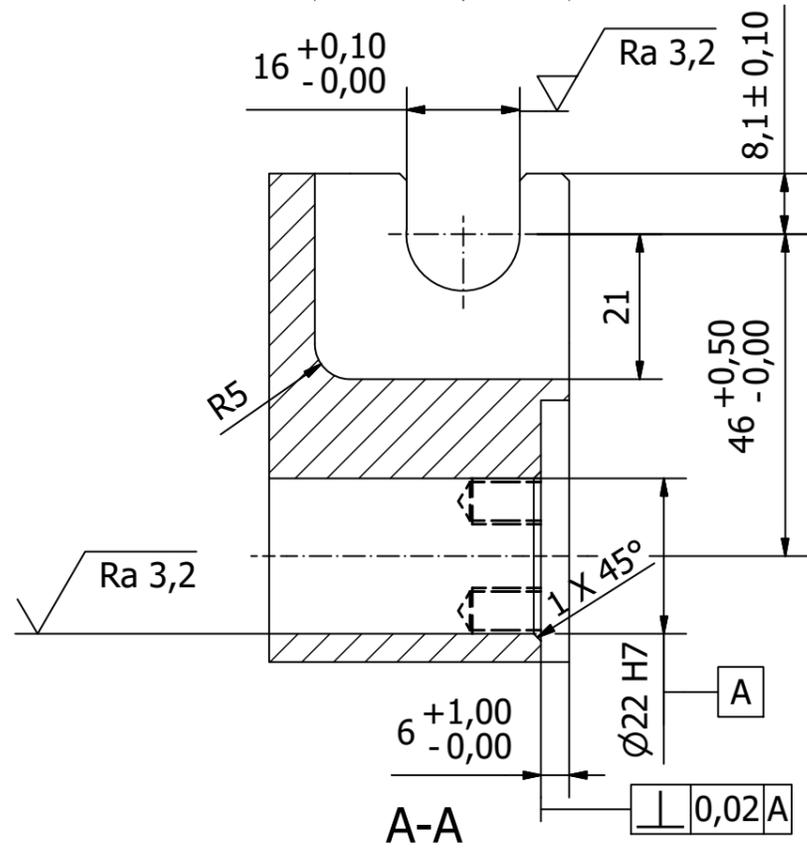
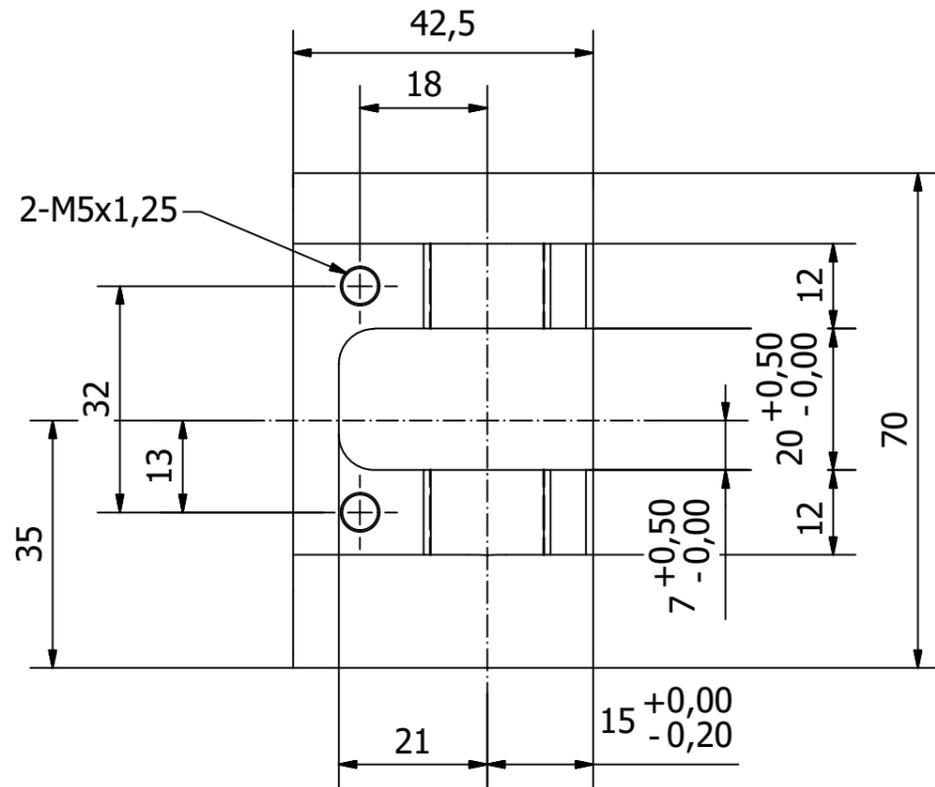
## PROGRAMA MÁQUINA SUBFASE 1.5.

```
%Sub_1_5_1001,MX--,
N10 ; SUBFASE 1.5.
N15 ; T2 D=14 CR=0 - ZMIN=-13 - FLAT END MILL
N20 G90 G94 G17
N25 G71
N30 G53 G0 Z0
N35 ; CONTORNEADO
N40 T2 M6
N45 ; COROMILL PLURA
N50 S6000 M3
N55 G54
N65 G0 X-11.7 Y-25.5
N70 G43 Z15
N75 G0 Z5
N80 G1 Z1 F1000
N85 Z-11.6
N90 G18 G2 X-10.3 Z-13 I1.4 K0
N95 G1 X-8.9
N100 G17 G3 X-7.5 Y-24.1 I0 J1.4
N105 G1 Y-1 F5028
N110 G2 X-5.303 Y4.303 I7.5 J0
N115 G1 X-4.303 Y5.303
N120 G2 X1 Y7.5 I5.303 J-5.303
N125 G1 X6
N130 G2 X11.303 Y5.303 I0 J-7.5
N135 G1 X12.303 Y4.303
N140 G2 X14.5 Y-1 I-5.303 J-5.303
N145 G1 Y-8.1
N150 G2 X14.488 Y-8.521 I-7.5 J0
N155 G3 X15 Y-9.063 I0.512 J-0.029
N160 X15.512 Y-8.521 I0 J0.513
N165 G2 X15.5 Y-8.1 I7.488 J0.421
N170 G1 Y-1
N175 G2 X17.697 Y4.303 I7.5 J0
N180 G1 X18.697 Y5.303
N185 G2 X24 Y7.5 I5.303 J-5.303
N190 G1 X31
N195 G3 X32.4 Y8.9 I0 J1.4 F1000
N200 G1 Y10.3
N205 G19 G3 Y11.7 Z-11.6 J0 K1.4
N210 G0 Z5
N215 X-11.2 Y-25.5
N220 G1 Z1 F1000
N225 Z-11.6
N230 G18 G2 X-9.8 Z-13 I1.4 K0
N235 G1 X-8.4
N240 G17 G3 X-7 Y-24.1 I0 J1.4
N245 G1 Y-1 F5028
N250 G2 X-4.95 Y3.95 I7 J0
N255 G1 X-3.95 Y4.95
N260 G2 X1 Y7 I4.95 J-4.95
N265 G1 X6
N270 G2 X10.95 Y4.95 I0 J-7
N275 G1 X11.95 Y3.95
N280 G2 X14 Y-1 I-4.95 J-4.95
N285 G1 Y-8.1
N290 G2 X13.989 Y-8.493 I-7 J0
N295 G3 X15 Y-9.563 I1.011 J-0.057
N300 X16.011 Y-8.493 I0 J1.013
N305 G2 X16 Y-8.1 I6.989 J0.393
N310 G1 Y-1
N315 G2 X18.05 Y3.95 I7 J0
N320 G1 X19.05 Y4.95
N325 G2 X24 Y7 I4.95 J-4.95
N330 G1 X31
N335 G3 X32.4 Y8.4 I0 J1.4 F1000
N340 G1 Y9.8
N345 G19 G3 Y11.2 Z-11.6 J0 K1.4
N350 G0 Z15
N355 G53 Z0
N360 G53 X0 Y0
N365 M30
%
```

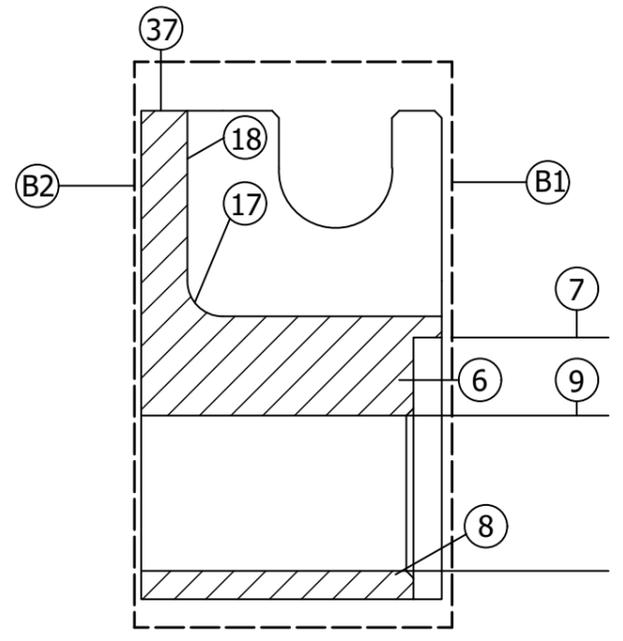
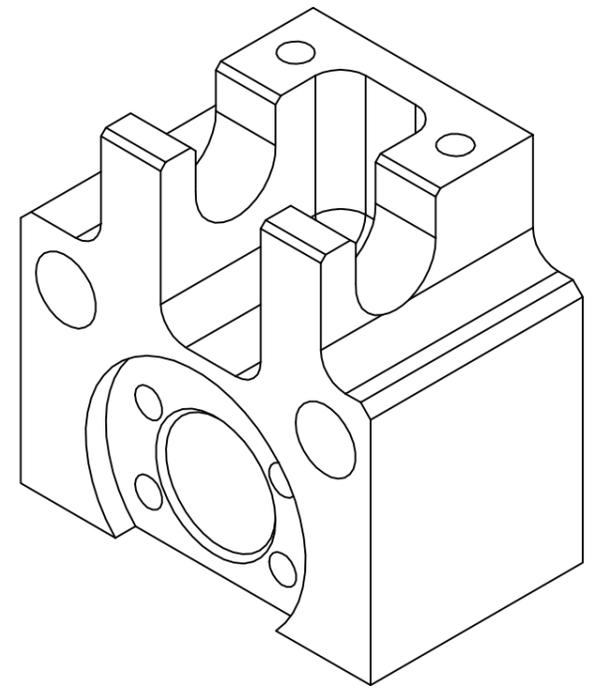
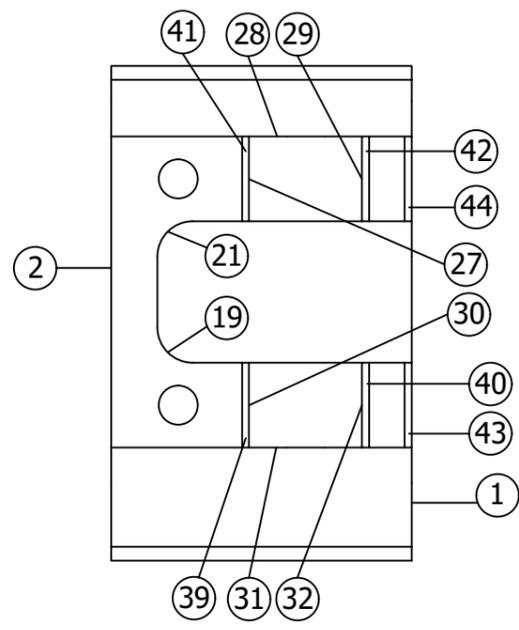
# DOCUMENTO 2

## PLANOS

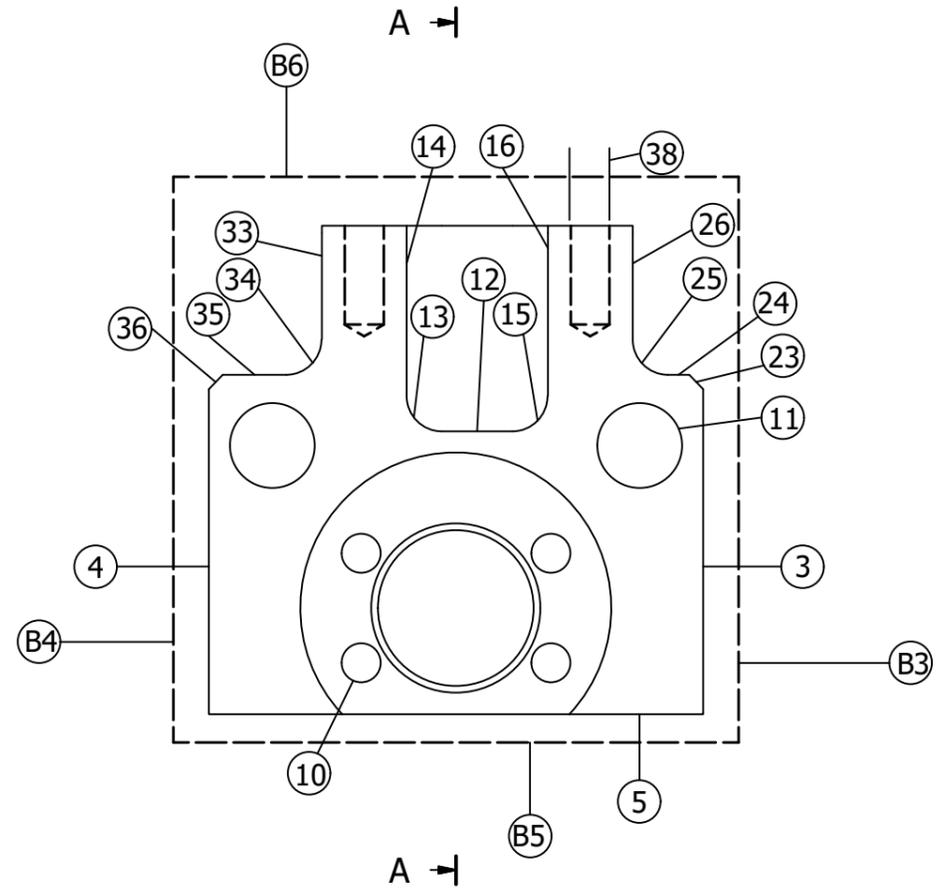




ACAB. SUPERFICIAL POR DEFECTO	TOLERANCIAS POR DEFECTO	TÍTULO DEL PROYECTO		
Ra 6,3 $\mu$ m	13js	Diseño, cálculo y desarrollo del plan de procesos de un utillaje de tracción de muelles para el sector aviación		
UNIDADES	ESCALA	Nº DE PLANO	TÍTULO DEL PLANO	
mm	1 : 1	1	DEFINICIÓN PIEZA	
EDICIÓN	FORMATO		FECHA	AUTOR
PRIMERA	A3		20/11/2016	PABLO TEODORO NICOLÁS



A-A



A →

ACAB. SUPERFICIAL POR DEFECTO	TOLERANCIAS POR DEFECTO	TÍTULO DEL PROYECTO		
Ra 6,3µm	13js	Diseño, cálculo y desarrollo del plan de procesos de un utillaje de tracción de muelles para el sector aviación		
UNIDADES	ESCALA	Nº DE PLANO	TÍTULO DEL PLANO	
mm	1 : 1	2	ASIGNACIÓN DE SUPERFICES	
EDICIÓN	FORMATO		FECHA	AUTOR
PRIMERA	A3		20/11/2016	PABLO TEODORO NICOLÁS

# **DOCUMENTO 3**

## **PRESUPUESTO**



## ÍNDICE

1.	CONSIDERACIONES PREVIAS .....	5
2.	CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS .....	7
3.	PRESUPUESTO DE LICITACIÓN.....	13



## 1. CONSIDERACIONES PREVIAS

En este apartado, se va a llevar a cabo la implementación del presupuesto para llevar a cabo la pieza del proyecto. La elaboración del documento se lleva a cabo bajo la hipótesis de ser una empresa privada a la que se le ha solicitado el proyecto, pues la empresa Air Nostrum realizó la totalidad del utillaje.

Para la realización del proyecto se ha partido de los requerimientos que la empresa Air Nostrum facilitó a nivel de geometría de la pieza.

En el presupuesto se reflejan los costes totales, teniendo en cuenta los costes de los recursos humanos, los materiales empleados para su realización y los costes generales, sin tener en cuenta los costes de amortización de equipos informáticos, ni precio de la licencia de software al ser de libre distribución para estudiantes.



## 2. CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

Para las diferentes unidades de obra, se va a tener en cuenta un rendimiento, que expresa en unidades de tiempo el tiempo dedicado para cada tarea. Se va a considerar para el presupuesto, el tiempo que un profesional con experiencia dedicaría a cada tarea.

Se contará con un coste dentro de cada unidad de obra destinado a costes directos complementarios. Se expresará como un 5% del valor del sumatorio de los importes que componen la unidad de obra. Estos costes directos complementarios englobarán aquellos costes directos de difícil cuantificación, en concepto de mano de obra, materiales, amortizaciones de la maquinaria, etc.

Otro coste dentro de cada unidad de obra será el de costes indirectos, cuantificado como el 2% del valor del sumatorio de los importes que componen la unidad de obra.

Se tomará como coste directo de la mano de obra para el proyecto la cantidad de 60 €/hora en labores de ingeniería y de 50 €/hora en labores de mecanizado en taller realizadas por técnicos especialista. El tiempo de fabricación de la pieza se calculará a partir de la estimación de tiempos que el software Inventor HSM Pro ofrece para cada operación. Se calculará previo a la tabla de precios descompuestos correspondiente.

Para la elaboración del presupuesto, se tendrá en cuenta también el precio de las herramientas empleadas, y una estimación del precio del material de suministro, asumiendo que la longitud para la comercialización de las barras cuadradas macizas es de 3m.

Se presenta a continuación el cuadro de precios descompuestos del proyecto organizado en cuatro capítulos. Los importes para todos los capítulos del cuadro se expresan en euros.

## Capítulo 1. Planteamiento del problema y documentación

Nº de orden	Unidades	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>1.1</b>	<b>uds</b>	<b>Reunión en oficinas hangar de mantenimiento Air Nostrum</b>			
1.1.1	h	Ingeniería	1	60	60,0
	%	Costes directos complementarios			3,0
	%	Costes indirectos			1,2
			Total		64,2
<b>1.2</b>	<b>uds</b>	<b>Búsqueda y estudio de bibliografía referente al proyecto y normativa aplicable</b>			
1.2.1	h	Ingeniería	5	60	300,0
	%	Costes directos complementarios			15,0
	%	Costes indirectos			6,0
			Total		321,0
<b>1.3</b>	<b>uds</b>	<b>Generación de los documentos del proyecto</b>			
1.3.1	h	Ingeniería	20	60	1200,0
	%	Costes directos complementarios			60,0
	%	Costes indirectos			24,0
			Total		1284,0

## Capítulo 2. Determinación de soluciones del proyecto. Diseño, selección y suministro de componentes

Nº de orden	Unidades	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>2.1</b>	<b>uds</b>	<b>Determinación de soluciones generales para el proyecto</b>			
2.1.1	h	Ingeniería	1	60	60,0
	%	Costes directos complementarios			3,0
	%	Costes indirectos			1,2
			Total		64,2
<b>2.2</b>	<b>uds</b>	<b>Elección del material y suministro del bruto de partida</b>			
2.2.1	h	Ingeniería	0,5	30	30,0
2.2.2	h	Técnico especialista	0,2	50	10,0
2.2.3	uds	Perfil barra maciza 80x80 de 3m de longitud (2,03€/kg)	1	106,0	106,0
	%	Costes directos complementarios			7,32
	%	Costes indirectos			2,92
			Total		156,24
<b>2.3</b>	<b>uds</b>	<b>Diseño del modelo y generación de programas de fabricación</b>			
2.3.1	h	Ingeniero de proyectos	4	60	240,0
	%	Costes directos complementarios			12,0
	%	Costes indirectos			4,8
			Total		256,8
<b>2.4</b>	<b>uds</b>	<b>Selección de herramientas y condiciones de corte</b>			
2.4.1	h	Ingeniero de proyectos	6	60	360,0
2.4.2	h	Técnico especialista	1	50	50,0
	%	Costes directos complementarios			20,5
	%	Costes indirectos			8,2
			Total		438,7

Antes de proceder con el cuadro de precios descompuestos para la fabricación del elemento, se calcula el tiempo de fabricación, a partir de la fórmula:

$$T_n = \sum T_c + N_s \cdot T_s + T_r + T_h$$

Donde,  $T_n$ , es tiempo de fabricación de la pieza;  $T_c$  es el tiempo de corte para cada subfase;  $N_s$ , número de subfases;  $T_s$ , el tiempo por maniobra para cambio de subfases;  $T_r$ , el tiempo de reglaje de la máquina y  $T_h$ , el tiempo de cambio de herramienta.

Por lo que, se establece un tiempo de maniobra  $T_s = 20\text{seg}$ ; un tiempo de reglaje,  $T_r = 10\text{min}$  y el cambio de herramienta  $T_h = 6\text{seg}$ .

Se obtiene un tiempo de fabricación:

$$T_n = 13'40''$$

Capítulo 3. Fabricación de la pieza

Nº de orden	Unidades	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>3.1</b>	<b>uds</b>	<b>Pieza</b>			
3.1.1	h	Fabricación de la pieza + Técnico	0,14	50	7,0
3.1.3	uds	CoroMill Plura 1P330 – 2000 – XB – 1620	1	221	221,0
3.1.4	uds	CoroMill Plura 2P170 – 1400 NA H10F	1	219	219,0
3.1.5	uds	CoroMill Plura 2B320-1000-NG H10F	1	135	135,0
3.1.6	uds	CoroDrill 460.1-0460-023A0-XM – GC34	1	53,9	53,9
3.1.7	uds	Fresa 20 mm Izar ref. 4420	1	39,3	39,3
3.1.8	uds	CoroDrill 460.1-1180-059A0-XM – GC34	1	105	105,0
3.1.9	Uds	CoroReamer 435.T-1200-A1-XF H10F	1	219	219,0
3.1.10	uds	CoroTap 400 E315M5	1	68,5	68,5
3.1.11	uds	CoroMill 495-012A16-4509L	1	208	208,0
3.1.12	uds	Plaquita CoroMill 495	1	14,85	14,85
	%	Costes directos complementarios			64,53
	%	Costes indirectos			25,81
			Total		1380,89

Finalmente, se elabora el presupuesto con la unión de las diferentes unidades de obra:

Nº de orden	Unidades	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	uds	Reunión en oficinas hangar de mantenimiento Air Nostrum	1	64,2,6	64,2
1.2	uds	Búsqueda y estudio de bibliografía referente al proyecto y normativa aplicable	1	321,0	321,0
1.3	uds	Generación de los documentos del proyecto	1	1284,0	1284,4
<b>Total capítulo 1</b>					1669,6
2.1	uds	Determinación de soluciones generales para el proyecto	1	64,2	64,2
2.2	uds	Elección del material y suministro del bruto de partida	1	156,24	156,24
2.3	uds	Diseño del modelo y generación de programas de fabricación	1	256,8	256,8
2.4	uds	Selección de herramientas y condiciones de corte	1	438,7	438,7
<b>Total capítulo 2</b>					915,94
3.1	uds	Pieza	1	1380,89	1380,89
<b>Total capítulo 3</b>					1380,89
<b>TOTAL</b>					3966,43



### 3. PRESUPUESTO DE LICITACIÓN

Por último, se tiene:

Descripción	Importe
Presupuesto de ejecución material	3966
<i>Gastos generales 12%</i>	<i>475,97</i>
<i>Beneficio industrial 6%</i>	<i>237,96</i>
Presupuesto total	4679,93
<i>I.V.A. 21%</i>	<i>982,76</i>
<b>Presupuesto base de licitación</b>	<b>5663</b>

El coste global del proyecto DISEÑO, CÁLCULO Y DESARROLLO DEL PLAN DE PROCESOS DE UN UTILLAJE DE TRACCIÓN DE MUELLES PARA EL SECTOR AVIACIÓN asciende a un importe de # CINCOMIL SEISCIENTOS SESEINTA Y 3 EUROS #