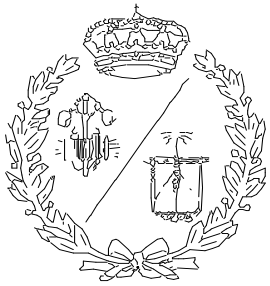
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Grado

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE PORTAHERRAMIENTAS ESPECIAL

Design and manufacturing of specialized toolholder

Para acceder al Título de

GRADUADA EN INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: Xana Vázquez Morris

Julio– 2022

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO I. MEMORIA

DOCUMENTO II. ANEXOS

DOCUMENTO III. PLANOS

DOCUMENTO IV. PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO V. PRESUPUESTO

DOCUMENTO 1. MEMORIA

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto es el diseño junto con la fabricación de unos portaherramientas especiales por petición de un cliente para que Innova4tools, empresa joven, entre en un mercado nuevo dentro del sector del metal. Se comienza dando al lector un contexto empresarial de “Innova4tools”, en donde se realiza el proyecto y una breve introducción describiendo elementos y maquinaria empleadas.

El proceso llevado a cabo para iniciar el proyecto ha comenzado en la búsqueda y selección de un centro de mecanizado para “Innova4tools” que permitiese la fabricación de una amplia variedad de portaherramientas. En la fase posterior, el diseño de dichos portaherramientas, se indican los requerimientos establecidos y las pautas seguidas para la correcta adaptación del producto y el desarrollo de este. Para ello se ha empleado el software CAD-CAM TOP-SOLID, además de emplearse para la simulación del mecanizado antes de comenzar la fase de fabricación. Dicha fase, una vez obtenido el centro de mecanizado, se ha llevado a cabo, desde la obtención de materia prima y preparación de maquinaria, hasta la entrega y aprobación de los portaherramientas al cliente.

La presente autora de este proyecto ha participado en la selección de la maquinaria empleada además de ser la encargada de las fases de diseño y mecanizado de los portaherramientas.

ABSTRACT

The aim of this project is the design together with the manufacture of special toolholders at the request of a client so that Innova4tools, a young company, enters a new market within the metal sector. It begins by giving the reader a business context of "Innova4tools", where the project is carried out and a brief introduction describing the elements and machinery used.

The process to initiate the project began with the search for and selection of a machining centre for “Innova4tools” that would allow the manufacture of a wide variety of toolholders. In the subsequent phase, that is, the design of the toolholders, the established requirements and the guidelines followed for the correct adaptation of the product and its development are indicated. TOPSOLID CAD-CAM software has been used for the design as well as for machining simulation before starting the manufacturing phase. This said phase, once the machining centre is obtained, has been carried out from the sourcing of raw materials and preparation of machinery to the delivery and approval of the toolholders by the client.

The present author of this project has participated in the selection of the machinery used as well as overseeing the design and machining phases of the toolholders.

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 11
2 OBJETIVOS 12
3 MÁQUINA HERRAMIENTA 13
3.1 ANTECEDENTES, ORIGEN 13
3.2 CNC 14
3.3 CAD/CAM 16
3.4 PARTES UN CENTRO DE MECANIZADO 17
3.5 PORTAHERRAMIENTAS ESPECIALES 18
3.6 PARTES DE UN PORTAHERRAMIENTAS 19
3.7 CÓDIGO ISO 23
4 REQUISITOS DE DISEÑO Y FABRICACIÓN 27
5 ELECCIÓN Y ADQUISICIÓN DEL CENTRO DE MECANIZADO Y EQUIPOS AUXILIARES. 28
5.1 ELECCIÓN DE LA MÁQUINA 28
5.1.1 Obtención de la máquina 33
5.2 ELEMENTOS AUXILIARES DEL CENTRO 35
6 ELECCIÓN Y ADQUISICIÓN DEL SOFTWARE CAD/CAM 37
7 DISEÑO 37
7.1 SOLUCIONES DE DISEÑO 38
7.1.1 Portaherramientas 38
7.1.2 Placas 42
7.1.3 Asientos 51
7.1.4 Amarre del portaherramientas 53
7.2 DESARROLLO DEL CAD 55
8 OPERACIONES DE MECANIZADO DEL PORTAHERRAMIENTAS 65
9 BIBLIOTECA DE HERRAMIENTAS 79
10 FABRICACIÓN 81
10.1 PREPARACIÓN DE LA MÁQUINA Y HERRAMIENTAS 81
10.2 PREPARACIÓN DE ÚTIL 88
10.3 TORNEADO 89
10.4 MECANIZADO DE LOS PORTAHERRAMIENTAS 89
10.5 RECUBRIMIENTO 90
10.6 EQUILIBRADO 90
11 CONCLUSIONES 91
12 REFERENCIAS 92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. comparación oferta de proveedores y localización 33
Tabla 2. Comparativa aspectos importantes de los centros de mecanizado 34
Tabla 3. Distribución de placas según cada portaherramientas (Ph). 51
Tabla 4. Esquema de condiciones según cada portaherramientas. 55
Tabla 5. Parámetros operación planos Weldon. 70
Tabla 6. Parámetros operación cajeras grandes portah. 1 72
Tabla 7. Parámetros operación cajeras grandes portah. 2 72
Tabla 8. Parámetros operación cajeras grandes portah.3 73
Tabla 9. Parámetros operación cajeras grandes portah. 4 73
Tabla 10. Parámetros operación desahogos en función de placas. 75
Tabla 11. Parámetros operación asientos. 76
Tabla 12. Parámetros operación punteado. 77
Tabla 13. Parámetros operación taladros asientos 77
Tabla 14. Parámetros operación contorneado asientos. 78
Tabla 15. Datos para el equilibrado de los portaherramientas. 91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Máquina herramienta; torno [15]. 13
Figura 2. Fragmento código CNC. 15
Figura 3. Partes principales físicas centro de mecanizado [16]. 18
Figura 4. Portaherramientas especial [17]. 19
Figura 5. Partes de un portaherramientas [18]. 20
Figura 6. Portaherramientas con refrigeración [19]. 21
Figura 7. Asiento de portaherramientas [20]. 21
Figura 8. Amarres de las plaquitas al portaherramientas. A) por brida. B) por palanca. C) por brida-tornillo. D) por tornillo [21]. 22
Figura 9. Tabla de materiales y sus correspondientes virutas según código ISO 513 [22]. . 24

Figura 10. Símbolos (**XX**XX) de placas correspondientes con geometría y ángulo de incidencia según norma ISO 1832 [23]. 25
Figura 11. Símbolos (XX**X**X) de placas correspondientes con tolerancias según norma ISO 1832 [23]. 26
Figura 12. Símbolos (XXX**X**) de placas correspondientes con fijación y rompevirutas según norma ISO 1832 [23]. 26
Figura 13. Portaherramientas de torneado con ángulo de plaquita negativa [24]. 29
Figura 14. Ángulos de inclinación negativa y positiva para plaquitas [25]. 29
Figura 15. Interior de Centro de Mecanizado de 5 ejes Tongtai GT-800E (Fuente: [11]). 30
Figura 16. Máquina-herramienta de 3 ejes (Fuente [12]). 31
Figura 17. Divisor Lehmann con ejes de giro. Eje rojo correspondiente con eje de giro C. Eje verde correspondiente con eje de giro. 32
Figura 18. centro de mecanizado HWACHEON VESTA 1000. 34
Figura 19. Contrapunto. 35
Figura 20: Divisor Lehmann y punto cero Lang. 35
Figura 21. Mordaza. 36
Figura 22. Interior centro de mecanizado HWACHEON VESTA 1000. 36
Figura 23. Secciones para mecanizar de bombas A, B y C. Cotas en mm. 39
Figura 24. Sección para mecanizar bomba D. Mecanizado de diámetros (izda.). Chaflanes en el perfil rodeadas con una circunferencia roja (dcha.). Cotas en mm. 40
Figura 25. Sección de los perfiles de la pieza a mecanizar vs sección de geometría de portaherramientas. (tres primeros portaherramientas) 40
Figura 26. Disposición radial de las placas en los portaherramientas. Vista en alzado. 43
Figura 27. Conjunto de placas correspondientes al portaherramientas 4. Placas de diámetros + Placas de chaflanes 43
Figura 28. Número total de placas sobre el mismo plano en el caso D. 44
Figura 29. Ángulo de posición de placas de un portaherramientas [26]. 45
Figura 30. Sección de portaherramientas con placa inclinada. 45
Figura 31. Sección de pieza a mecanizar junto con separación entre plaquita de corte y material. 46
Figura 32. Sección de pieza a mecanizar junto con placa adelantada. 47
Figura 33. Distancia entre eje y punto más externo de la plaquita. 48
Figura 34. Amarre por tornillo (S) [21]. 48
Figura 35. Profundidad de corte de un mandrinado (a_p) [27]. 49
Figura 36. Ángulo de incidencia de plaquita [23]. 51
Figura 37. Esquema del movimiento de la fresa visto en planta. 52
Figura 38. Partes del asiento. 52

Figura 39. DIN 6535 planos Weldon en ejes (Fuente [14]). 53
Figura 40. Cono BT con amarre Weldon [28] 54
Figura 41. Paso 1 del diseño; cilindro inicial para casos A, B y C. 56
Figura 42. Paso 1 del diseño; cilindro para caso D. 56
Figura 43. Distancia interna de mecanizado del caso A. Cotas en mm 57
Figura 44. Paso 2; cajeras grandes realizadas a 180º para los casos A, B y C. 58
Figura 45. Paso 2; cajeras grandes realizadas a 120º para el caso D. 58
Figura 46. Placa para diámetros más pequeños en los casos A y B colocada en su asiento. 59
Figura 47. Sección de pieza a mecanizar del caso D con el portaherramientas en su posición más interna en la pieza. Portaherramientas sin placas ni asientos. 60
Figura 48. Silueta de placas de chaflanes sobre contorno de la pieza a mecanizar en verde en su posición correcta. 60
Figura 49. Paso 3; asiento de placas. Vista de la placa cuadrada para menor diámetro en casos A y B. 61
Figura 50. Paso 4; amarre Weldon Ø32 mm para casos A, B y C. 62
Figura 51. Alargamiento de la pared de las cajeras TCMT. 63
Figura 52. Cajera rodeada en la parte posterior de un asiento TCMT. 64
Figura 53. Pieza inicial de torneado superpuesta con diseño del portaherramientas final. .. 64
Figura 54. Producto final caso A. Portaherramientas con amarre cono BT 50 ..... y placas colocadas. 65
Figura 55. Barra de herramientas parte CAM de TOPSOLID. 65
Figura 56. Punto cero de las operaciones de los planos Weldon. 66
Figura 57.Punto cero de la pieza amarrado en divisor. 66
Figura 58. Parámetros de mecanizado. 1-Profundiad de corte Axial, 2-Profundiad de corte Radial, 3- Avance por diente, 4- Velocidad de Corte [29]. 67
Figura 59. Fresado en concordancia [30]. 68
Figura 60. Trayectorias operación de desbaste de los planos Weldon. 70
Figura 61. Trayectorias operación contorneado de los planos Weldon. 70
Figura 62. Trayectorias operación de desbaste en una cajera para la viruta. 71
Figura 63. Trayectorias operación de acabado en una cajera para la viruta. 72
Figura 64. Trayectoria de taladrado para el desahogo de un asiento. 74
Figura 65. Trayectoria del fresado para el desbaste de un asiento. 76
Figura 66. Trayectorias del fresado en el acabado del asiento. 76
Figura 67. Trayectoria contorneado asiento de placa. 78
Figura 68. Diseño herramientas. Broca de puntear HSS 81
Figura 69. Herramienta montada en portapinzas. 81

Figura 70. Pinza ER32 diámetro 16 mm junto con tapa de portapinzas. 82
Figura 71. Adaptador para cono BT40 colocado en base de la máquina de medición..... 84
Figura 72. Bolas metálicas de calibración. 84
Figura 73. Elementos en máquina de medición Zoller. 85
Figura 74. Pantalla de medición 86
Figura 75. Resultado de medición de herramienta de bola con altura de 135.396 87
Figura 76. Panel de HWACHEON VESTA 1000 15" FANUC 88
Figura 77. Disco de conexión entre divisor y conjunto portaherramientas. 89

Todas las Figuras que aparecen sin referencia han sido tomadas por la presente autora de este proyecto.

1 Introducción

El inicio de este proyecto se ha dado con el comienzo de actividad de la empresa innova4tools S.L. en 2020, una empresa joven que tiene el respaldo de años de experiencia en la fabricación y afilado de herramientas rotativas especiales por parte de sus socios fundadores.

En 2021 una empresa consolidada en el mundo del mecanizado -a la que se va a hacer referencia a partir de ahora por cláusulas de confidencialidad como “001”- ha necesitado de un proveedor capaz de proporcionar herramientas nuevas, con diseños especiales y recambios para fabricar sus piezas en un tiempo más reducido del que se le proporcionaba por su proveedor habitual, situado fuera de Cantabria.

El cliente propio de este proyecto trabaja en el sector del mecanizado como una de sus potentes fuerzas junto con la soldadura y el montaje proporcionando a clientes de manera mundial, piezas que pertenecen a diferentes sectores. Entre estos podemos encontrar sectores tan comunes y necesarios como la automoción, que alcanza casi un 30% del PIB de Cantabria, aviación, ferrocarril, naval, nuclear, etc. Opera mecanizando un amplio rango de materiales, pero las materias primas más comunes con las que actúa son el acero, el hierro y el aluminio, aunque recientemente ha invertido en proyectos con nuevos e innovadores materiales en este sector. Otras maneras para la ejecución de su especialización en el mecanizado son partiendo de piezas de fundición, siendo éste el caso tratado en el ejemplo del proyecto.

Innova4tools ve en esa necesidad, una oportunidad para satisfacer las necesidades comerciales de un cliente en el sector del metal que no dispone de un mercado competitivo suficientemente amplio en Cantabria, y poder así consolidar su proyecto empresarial.

Lo que diferencia a Innova4tools de otras empresas dedicadas a la fabricación de herramientas es el valor añadido que se presenta al fabricar y trabajar con herramientas especiales que se diseñan en la misma, a diferencia de otras muchas firmas mundiales que tienen un gran dominio sobre herramientas ya estandarizadas por Organizaciones de normalización pero que no siempre se adecúan a los requerimientos o necesidades de las piezas a mecanizar.

Con el desarrollo de esta idea se consigue entrar en un nuevo mercado para Innova4tools que permite permanecer más sólidamente en la industria del metal y del mecanizado además de comenzar un vínculo técnico y comercial con empresas líderes en mecanizo en Cantabria, y conocidas a nivel mundial.

2 Objetivos

Como se ha expresado en el punto ***1. Introducción***, el proyecto de fin de grado, innovador por estar vinculado intrínsecamente a la creación y consolidación de la empresa innova4tools ha surgido coincidiendo con la realización de las prácticas universitarias durante 6 meses del autor del presente proyecto.

El cliente “001” solicitó a Innova4tools la fabricación de una serie de portaherramientas especiales para la mecanización de unas bombas de vacío, de las cuales ellos son los fabricantes, debido a que no existen portaherramientas en el mercado con las características necesarias.

Como **objetivo general** se marca el diseño y la fabricación de portaherramientas especiales enfocados a un cliente en concreto. Para ello ha sido necesario cumplir una serie de **objetivos más específicos**, siendo estos los que aparecen a continuación:

- Elección de un centro de mecanizado adaptado a las necesidades, tanto de este proyecto como a largo plazo para la empresa de Innova4tools y su esperado recorrido en el ámbito de la fabricación de portaherramientas especiales.

- Elección de un programa de computadora CAD-CAM que acompañará al centro en cada diseño, procesado y simulación ante un mercado cada vez más automatizado y tecnológico.

- Diseño del conjunto portaherramientas más herramienta, que cumpla los requisitos y calidades especificados por el cliente. Elección de las geometrías y materiales para ambos elementos y la correcta disposición de la plaquita para asegurar una larga vida evitando fallos o desgastes prematuros.

- Elección de las estrategias de mecanizado del portaherramientas.

El alcance de estos objetivos desemboca, además, en unos objetivos extrapolables a la empresa de Innova4tools generando la consolidación de la empresa lograda a partir de la satisfacción de las necesidades del sector y la creación de un Departamento de Ingeniería de diseño que contempla la contratación de un responsable para la cual, previamente, se cuenta con la autora de este TFG desde el inicio de la actividad técnico-comercial contratada con la empresa “001”.

3 Máquina herramienta

3.1 Antecedentes, origen

Una máquina herramienta es un tipo de máquina que se utiliza para dar forma a materiales sólidos, principalmente metales. Su característica principal es su falta de movilidad, ya que suelen ser máquinas estacionarias. Algunos ejemplos de estas máquinas son los tornos, las fresadoras, rectificadores, etc. En la *Figura 1* se muestra el ejemplo de un torno. El origen de estas máquinas es claro, pues existe un consenso que considera la primera en ser creada fue por un ingeniero francés en 1751, con un torno como protagonista. Se conoce como el primer caso en el que el elemento de corte se sitúa anexado en un cabezal ajustable mecánicamente, lo que conlleva a la innecesaridad de un operario para manejarla [1].

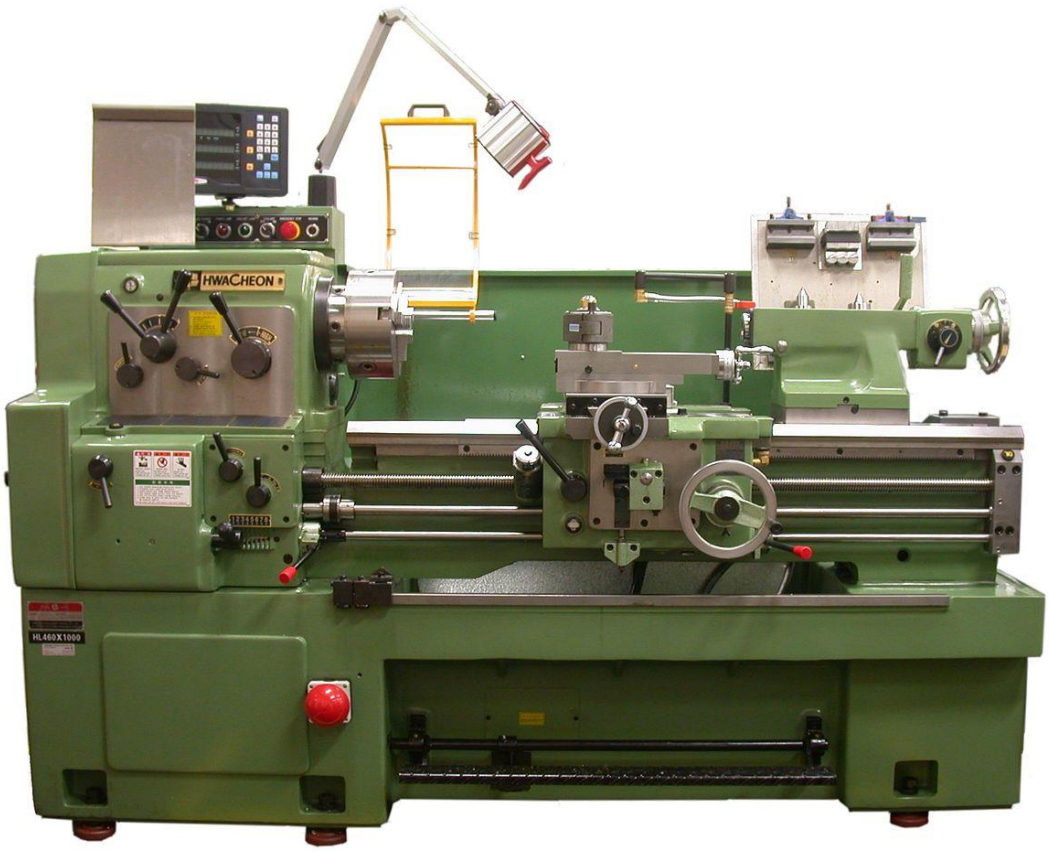


Figura 1. Máquina herramienta; torno [15].

Una de las máquinas herramienta más importantes patentada en 1769, debido al avance técnico de la misma, se remonta a la revolución industrial [2]. Se trata de la famosa máquina de vapor de James Watt y es donde toma protagonismo la primera máquina-herramienta más comúnmente conocida [1]. Existieron varios intentos, seguidos de fallos en la creación de la máquina de vapor debido a las tolerancias que requería su mecanizado ya que empleaban mandrinadoras diseñadas para el mecanizado de cañones. La idea más común defiende que el propulsor de la mandrinadora que consiguió mecanizar la máquina de Watt fue John Wilkinson en 1775, creando una máquina accionada hidráulicamente y con un cabezal giratorio y desplazable, consiguiéndose la suficiente tolerancia para permitir el correcto hermetismo y ajuste entre el pistón y el cilindro con los que contaba la máquina de vapor [3].

Una nueva era fue marcada en 1897 con la creación de un torno que contaba con una estructura plenamente metálica lo que le daba mayor rigidez y estabilidad consiguiendo así una mayor precisión a la hora de mecanizar. Además, para conseguir un movimiento deslizante se introdujeron unas guías que facilitaban este movimiento [1] .Para accionar el movimiento y el avance que supondría este movimiento se incorporaron husillos. Uno de los picos de mayor desarrollo que sufrieron las máquinas herramienta se sitúa en el momento en el que un británico Joseph Whitworth desarrolló un sistema para conseguir obtener piezas metálicas con superficies planas de alta precisión que reducían la fricción entre elementos en un porcentaje muy notable.

3.2 CNC

El control numérico por computadora (CNC) es un sistema mediante el cual se utiliza una computadora para controlar y monitorear los movimientos que realiza una máquina herramienta. El controlador de máquinas CNC, es decir, máquinas automatizadas, recibe unas instrucciones de la computadora en forma de códigos G y M. Mediante el propio software convierte esas instrucciones en señales eléctricas que activan y mueven los servomotores y ponen en marcha el sistema de accionamiento. Las instrucciones del control numérico CNC constan de un conjunto de números, letras y símbolos. En la *Figura 2* se muestra un pequeño fragmento del código empleado en uno de los mecanizados del proyecto en donde se ve esta combinación de caracteres.

```
M1
(FW D12)
N10 T8 M6
T14
S1450 M3
(DESBASTE)
(SIN ROTACION)
G0 G90 G17 X65.157 Y11.64
G43 Z11.5 H8
```

Figura 2. Fragmento código CNC.

Las ventajas que ha supuesto la implementación del CNC respecto a máquinas herramienta manuales son:

- Mejora de la precisión: los programas de ordenador proporcionan más precisión que máquinas operadas manualmente. Además, puede repetir la misma operación con el mismo nivel de perfección.
- Seguridad: el software permite que el trabajador no esté expuesto a las herramientas de corte y en ciertos casos, virutas y altas temperaturas.
- Reducción de residuos: existe una mejora en la gestión de cortes ya que cuentan con sistemas de gestión de virutas, de espaciado entre cortes, etc.
- Reducción de la implicación del trabajador: Se reduce en gran medida los costes de incorporación y formación además de errores humanos y accidentes en las zonas de trabajo.
- Ejecución de procesos complejos: el software permite una simplificación en mecanizados complejos como puede ser el mecanizado en piezas con radios y geometría tridimensionales.

Pueden llevar integrado este sistema máquinas como fresadoras, tornos, prensas, etc. Durante los años 90, comienzan a aparecer unas máquinas de mecanizado en donde se pueden realizar varias operaciones simultáneamente, también bajo este sistema automatizado. Estas máquinas reciben el nombre de centros de mecanizado. Actualmente se hace uso de estas máquinas en todo tipo de sectores industriales. Los centros de mecanizado CNC se clasifican en verticales, horizontales y universales.

3.3 CAD/CAM

El aumento de productividad y las exigencias del mercado para obtener productos complejos, para fabricar productos a precios asequibles y fabricar gran cantidad de productos con la calidad deseada han llevado al mercado a emplear Sistemas de diseño asistido por computadora (CAD) y Manufactura asistido por computadora (CAM). El sistema CAD ha permitido visualizar un producto final mediante su modelado en 2D o 3D, partiendo de puntos, líneas, curvas, superficies y sólidos conjuntamente utilizados y anexados correctamente definiendo las propias características del producto. El CAM nos permite automatizar procesos de fabricación mediante la simulación de distintos procesos en la computadora. Esto minimiza notoriamente el número de veces que se realiza “prueba y error” a la hora de trabajar directamente con máquinas.

Una gran ventaja que supone este método es poder realizar cambios de manera sencilla sin tener que cambiar manualmente el código CNC mencionado en el apartado anterior ya que puede llegar a tener una extensión considerable. Además, la mayoría de los sistemas cuenta con un simulador que, el en caso del mecanizado, cuando se diseña la máquina y los componentes que participan en el arranque de viruta, permite la visualización y antelación a cualquier tipo de colisión que podría suponer una parada de tiempo sustancial, fallos en el sistema o la rotura de la pieza a mecanizar, la herramienta o la propia máquina.

En 1983 se crea el STEP “Standard for the Exchange of Product model data” o lo que se conoce también como el ISO 10303 como estándar internacional para la armonización de representaciones e intercambio de información de manera universal para los productos industriales. Juega un papel interesante en los sistemas CAD puesto que permite un ahorro de tiempo ya que no es necesario diseñar el elemento de 0 sino que es posible importarlo en este formato (ver *3.7 Código ISO – ISO10303*).

El post procesador de este tipo de software es un sistema que transforma los códigos obtenidos de los programas CAD-CAM, en unos códigos que conoce la máquina, es decir, convierte las trayectorias que se han generado en los programas CAD-CAM en un código ISO, o también llamado código G (ver *DOCUMENTO II. ANEXOS – ANEXO II. CÓDIGOS G Y M DEL CENTRO HWACHEON VESTA-100+*) que es el que comprende la máquina.

3.4 Partes un centro de mecanizado

En este apartado se hablará de las principales partes que componen una máquina herramienta, enfocándonos en especial en centros de mecanizado de 3 ejes vertical con elementos auxiliares, ya que es la maquinaria empleada de este proyecto. Las partes que componen a estas máquinas son: la bancada o la mesa, la columna, el cabezal, el husillo y el carro transversal mientras que los elementos auxiliares de los que se hablará son el contrapunto y el divisor. Se muestran en la *Figura 3.*

La bancada: es considerada la base donde se sitúan otros elementos como son las guías, la columna, etc. Además, es posible colocar un contrapunto sobre la bancada. En el caso concreto de esto proyecto, se situará también sobre la bancada el divisor, del que se hablará más adelante.

La columna vertical: sirve de nexo entre la mesa de trabajo y el cabeza junto con el husillo que trabajarán desde el eje Z. Se encarga de proporcionar la rigidez y estabilidad a la máquina.

Cabezal: Este elemento se sitúa sobre la columna ya que, al hablar de un centro vertical, el eje Z actúa desde arriba.

El husillo: se encarga de sujetar directamente la herramienta mediante un tipo específico de amarre, característico de cada máquina. En el centro de mecanizado de este proyecto se tratará de un tipo de amare HSK.

Almacén de herramientas: no es un elemento estrictamente necesario, pero es común encontrarlo integrado en un centro de mecanizado. Se trata de un almacén que, como su propio nombre indica, permite guardar las herramientas facilitando la extracción de la herramienta al cabezal y reduciendo los tiempos en cambios de herramientas.

Contrapunto: Es un elemento que no siempre se emplea. Se puede desplazar manualmente sobre las guías de la bancada y la función que realiza es la de dar un apoyo en uno de los extremos de la pieza de trabajo. En este proyecto sí se hace uso de este elemento.

Divisor: Este elemento como se ha mencionado antes, es auxiliar ya que es el que proporciona un eje de rotación al centro vertical que consta, en nuestro caso, de tres ejes. Se coloca sobre las guías de la bancada y consta de dos movimientos no continuos, es decir, mientras uno se mueve el otro debe de estar fijo.

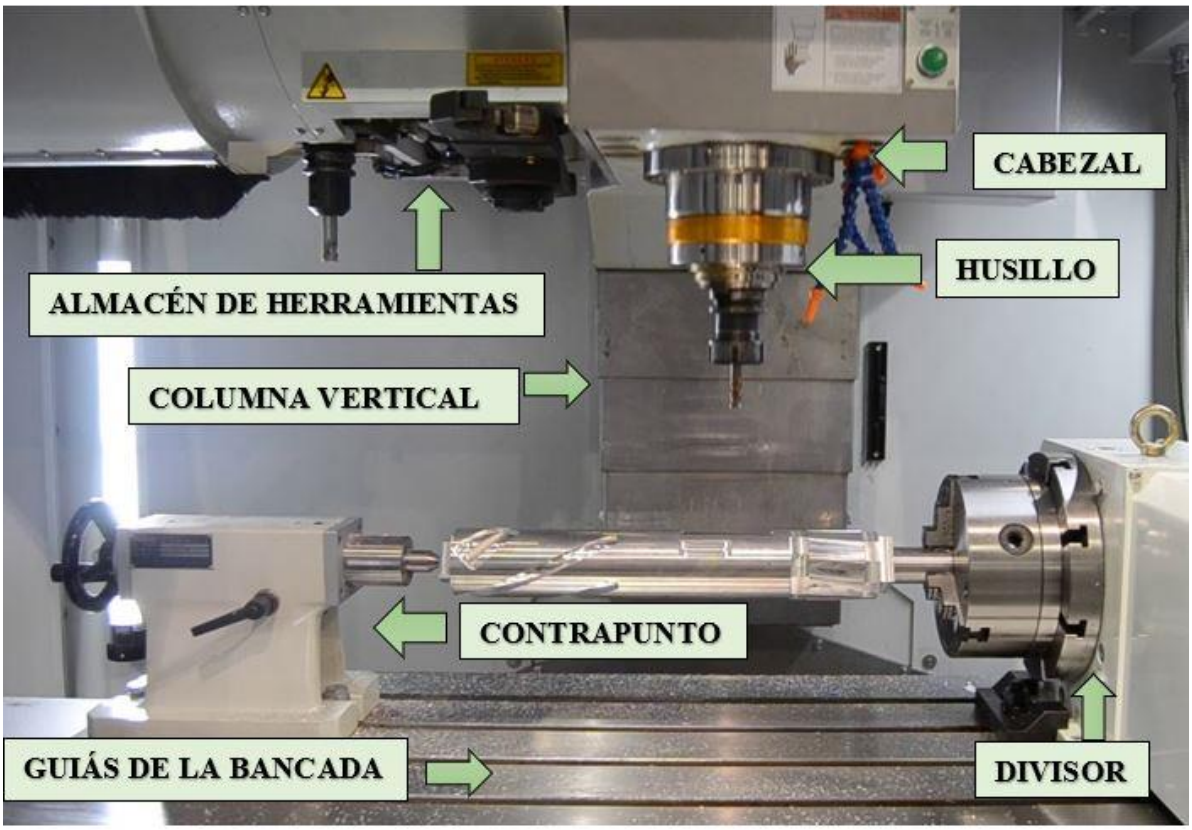


Figura 3. Partes principales físicas centro de mecanizado [16].

3.5 Portaherramientas especiales

Los portaherramientas son elementos que se utilizan para el mecanizado de piezas generalmente metálicas. Grandes marcas que se encuentran en el mercado proporcionan catálogos de variedad de estas herramientas estandarizadas para empresas que se encargan de fabricar piezas que necesitan mecanizados de diferentes características.

En este momento se nos plantea la pregunta, ¿En qué situación podríamos elegir un portaherramientas y por qué?

Suponiendo que hace falta mecanizar una pieza simple, que por ejemplo necesite 3 operaciones para eliminar poco material, es posible elegir un portaherramientas estándar para cada operación. Otra solución que se puede buscar es conseguir realizar las tres operaciones al mismo tiempo. Este método puede conseguir ampliar enormemente las posibilidades económicas de empresas que fabrican industrialmente y su estrategia en el mercado.

Es necesario estudiar la viabilidad de invertir en herramientas especializadas en ciertos casos, ya que el precio es mayor que herramientas estandarizadas, pero implica un ahorro en energía y tiempo que puede ser una disminución en el capital necesario invertido en las herramientas encargadas del mecanizado. En la *Figura 4* se muestra un ejemplo de un portaherramientas especial diseñado para realizar un mecanizado específico.

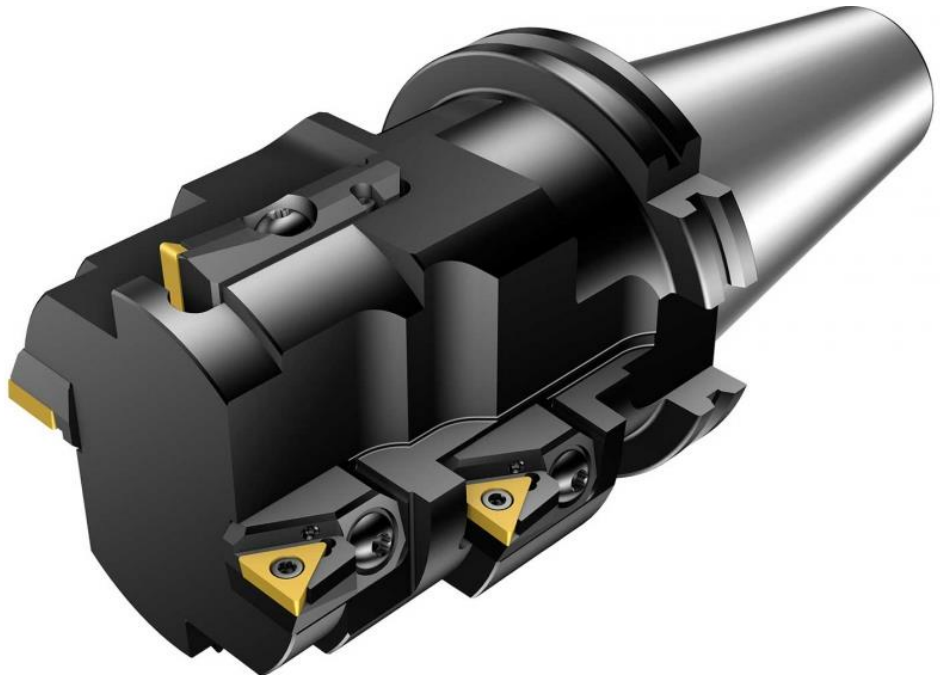


Figura 4. Portaherramientas especial [17].

3.6 Partes de un portaherramientas

En este apartado se hablará de la geometría que pueden presentar los portaherramientas. Las partes más generales que los componen, como se observa en la *Figura 5* son: el cuerpo, los asientos, canales o ranuras para la viruta y el vástago. Como elemento auxiliar están las placas o insertos. En ciertas ocasiones se pueden incluir en el conjunto los conos de amarre. Además, pueden presentar orificios de refrigeración.

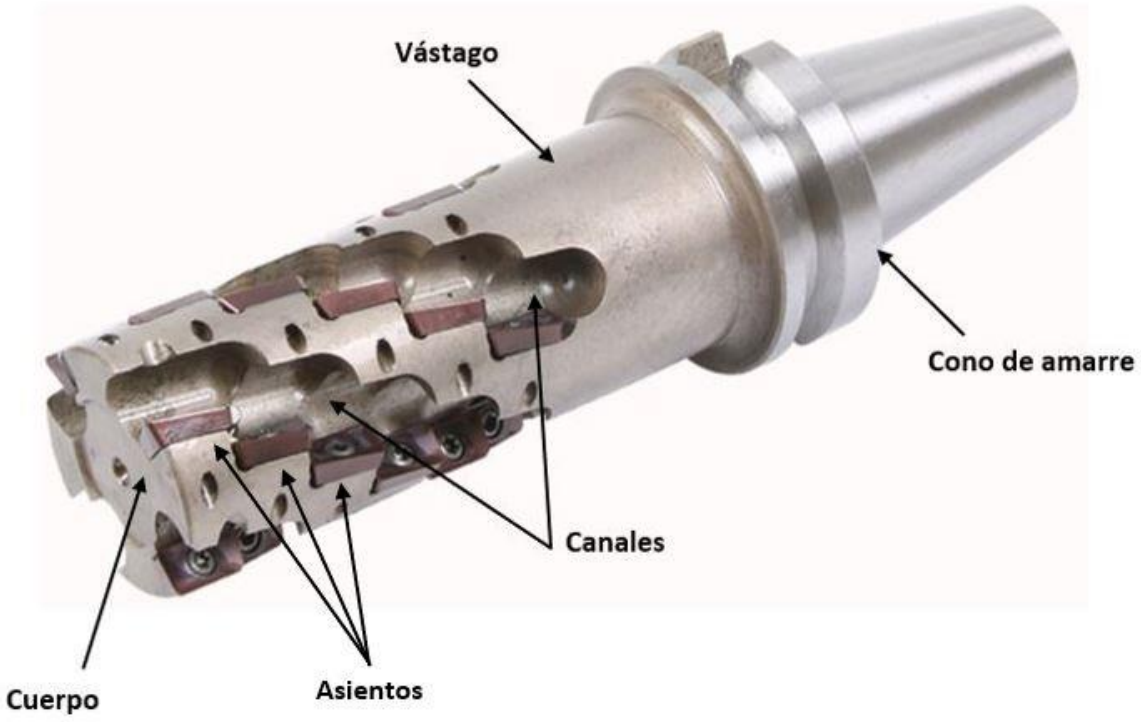


Figura 5. Partes de un portaherramientas [18].

Dependiendo del tipo de portaherramientas, el cuerpo y el vástago pueden conformar una solo rígido. Es posible también que sea una pieza enteriza que tenga incluido el cono de amarre. En la figura se puede observar un ejemplo de un portaherramientas en donde el cuerpo el vástago y el amarre son una pieza única. Cuando se exige una refrigeración para evitar temperaturas excesivas se pueden crear unos orificios por donde pueda pasar agua o refrigerante. En el eje del portaherramientas hay un conducto que conecta con estos orificios y distribuye el refrigerante. Normalmente se disponen de una manera estratégica de forma que se apunte a la esquina o arista de corte de la plaquita. En la *Figura 6* se puede observar la dirección de refrigeración junto con su orificio.

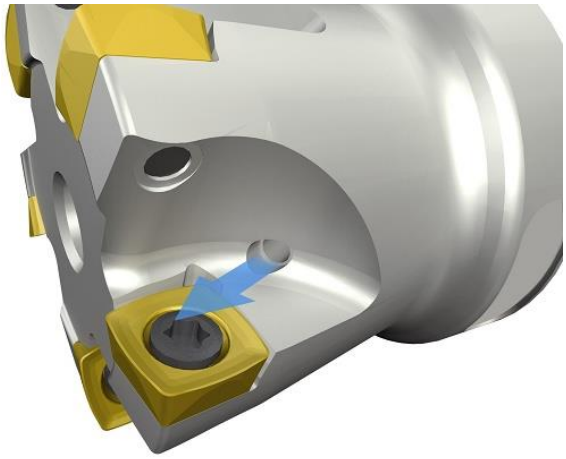


Figura 6. Portaherramientas con refrigeración [19].

Los asientos funcionan como una especie de molde para las plaquitas y el número dependerá del diseño. Puede variar en un rango muy amplio según la función de cada portaherramientas. En la *Figura 7* se aprecian unos surcos en las esquinas. Estos se denominan desahogos y permiten que las placas asienten sin colisionar con el hierro del portaherramientas. También se observa una rosca en la base para poder amarrar las placas, en este caso mediante un amarre mediante tornillo.

Figura 7. Asiento de portaherramientas [20].

Los canales o las ranuras para la viruta no son más que espacios en los que se permite eliminar la viruta sin que colisione con la pieza a mecanizar y pueda ir retirándose, asegurando que no se daña dicha pieza o incluso las placas. Generalmente se crean de la propia fabricación de portaherramientas (al mecanizar los asientos) pero existen portaherramientas con canales alargadas o con formas más concretas según el mecanizado que realizarán los portaherramientas.

Las plaquitas o insertos son los elementos encargados de eliminar material de la pieza a mecanizar. Actualmente, estas plaquitas son, en general, de metal duro pudiendo llevar recubrimientos adicionales para conseguir propiedades específicas y alargar la vida de la plaquita.

- Tipos de amarres

Las plaquitas se colocan en los asientos y pueden llevar distintos tipos de sujeción. Los hay de cuatro tipos: amarre C, P, M, S (ver *Figura 8*).

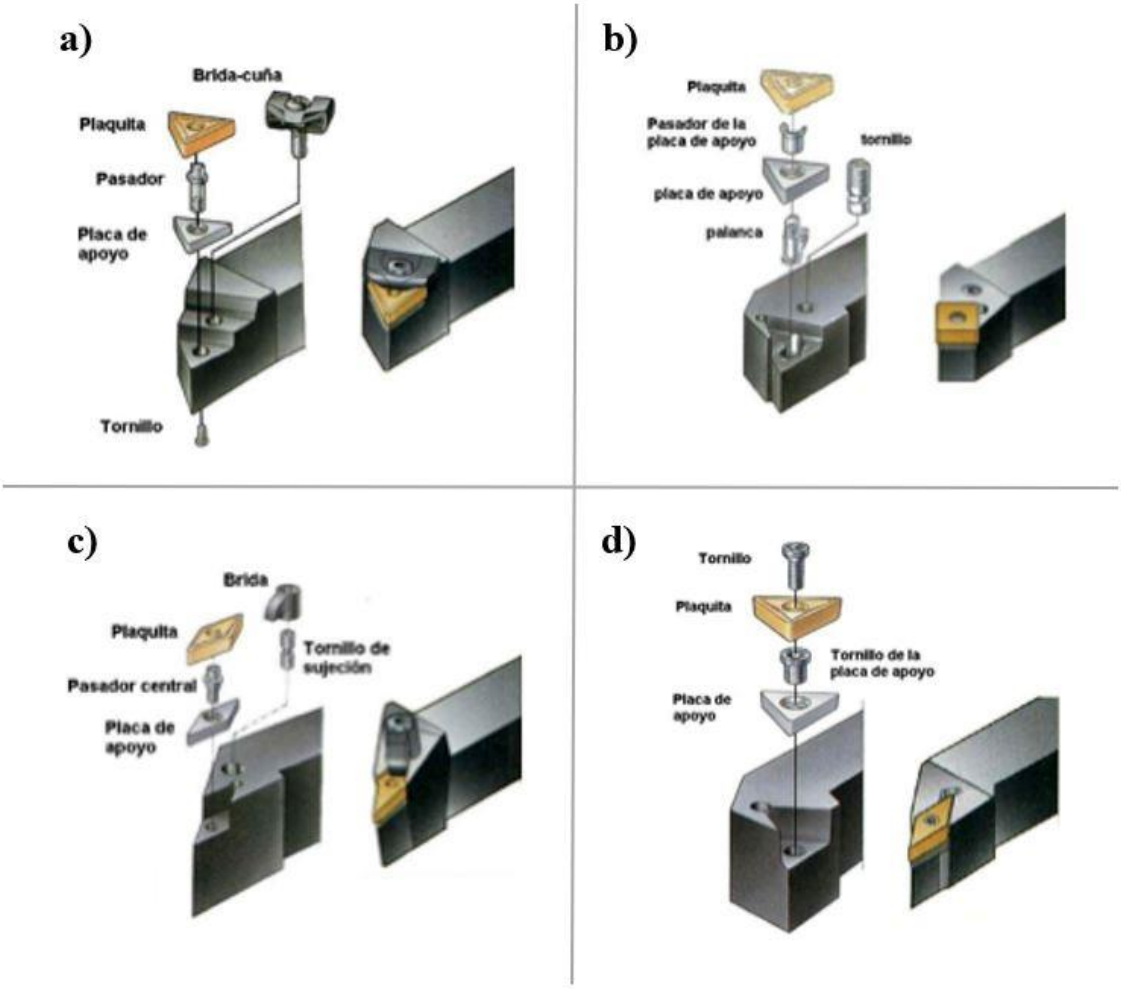


Figura 8. Amarres de las plaquitas al portaherramientas. A) por brida. B) por palanca. C) por brida-tornillo. D) por tornillo [21].

- El amarre C: consta de una brida y es un método capaz de adaptarse a placas que no tienen un agujero central.

- El amarre P: hace uso de un pasador central y una placa de apoyo. El pasador consigue bloquear la placa de apoyo y el inserto al mismo tiempo.

- El amarre M: comúnmente utilizado en operaciones de desbaste con insertos de un tamaño considerable. Al igual que el amarre P, puede contar con una plaquita de apoyo para proporcionar rigidez. Utiliza un pasador para centrar la plaquita, que puede ser sustituido por un tornillo de fijación. Las placas van amarradas mediante unas bridas.

- El amarre S: consta de un tornillo central que bloquea la plaquita de corte y la presiona tanto al su asiento como a las paredes que lo conforman.

3.7 Código ISO

La ISO (International Standard Organization) se dedica a la creación de normas o estándares para certificar y asegurar la calidad, seguridad y eficiencia de productos y/o servicios. En este proyecto se hace referencia en algunos casos a normas ISO para un mejor entendimiento como son: ISO 513, ISO 1832, ISO 10303, ISO DIN 13

- ISO 513

La norma establece seis tipos distintos de materiales a mecanizar según las herramientas a utilizar y maquinabilidad: ISO P, (acero), ISO M (acero inoxidable), ISO K (fundición), ISO N (aluminio), ISO S (super aleaciones termo resistentes), e ISO H (material endurecido).

ISO P: uno de los materiales más empleados en mecanizado. Dependiendo de la cantidad de carbono que presente será más quebradizo o tenaz. También se pueden templar o alear.

ISO M: material que resiste a ambientes corrosivos. El mecanizado presenta grandes esfuerzos en donde se crean superficies endurecidas térmica y mecánicamente.

ISO K: habitualmente utilizado en sector automotriz. Este material presenta fuerzas de corte moderadas al ser mecanizado.

ISO N: material empleado en sector aeroespacial y automoción debido, entre otras características, a su ligereza. Es de fácil maquinabilidad siempre que se empleen filos agudos.

ISO S: empleados en elementos vinculados al sector aeroespacial que requieran altas temperaturas como pueden ser turbinas de gas. Tienen una difícil mecanización. Dependiendo de la aleación puede mejorar la resistencia térmica e incrementar la resistencia tanto a la tracción como a la corrosión.

ISO H: utilizados en sectores de automoción, maquinaria y elementos que requieran altas durezas como matrices. El mecanizado de estos materiales requiere fuerzas de corte y potencias elevadas.

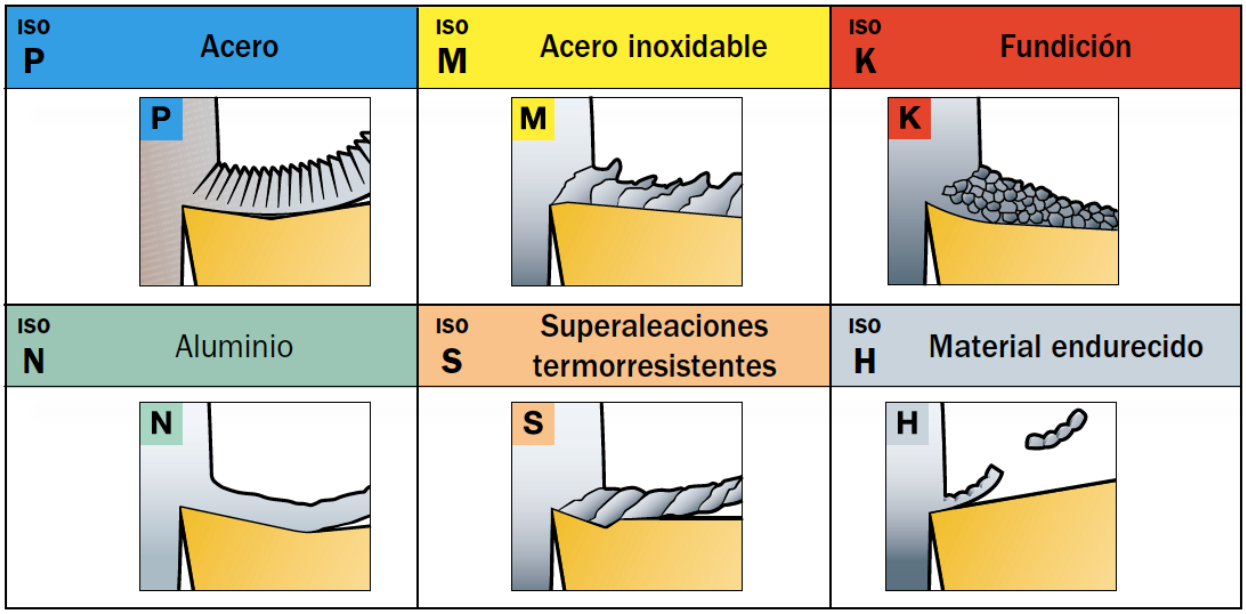


Figura 9. Tabla de materiales y sus correspondientes virutas según código ISO 513 [22].

En la *Figura 9* se puede obervar no solo la clasificación de los materiales según la ISO sino que aparece representada la viruta que se desprende de cada tipo de material en su mecanizado.

- ISO 1832

Esta norma establece una clasificación de plaquitas o insertos basada en una nomenclatura estandarizada con la forma: XXXX NN NN [NN].

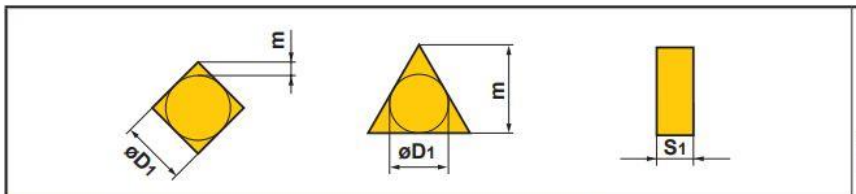
Las cuatro primeras letras corresponden con la geometría, el ángulo de incidencia, la tolerancia y por último el sistema de sujeción-rompevirutas respectivamente (XXXX). Los dos grupos de números siguientes hacen referencia al tamaño que tiene el filo de corte (NN) y el

espesor de la placa (NN). A veces puede darse el caso de que aparezca una letra acompañando un número. El último número indica el radio de la punta del inserto.

Símbolo	Forma de placa
H	Hexagonal
O	Octagonal
P	Pentagonal
S	Escuadra
T	Triangular
C	Rómbica 80°
D	Rómbica 55°
E	Rómbica 75°
F	Rómbica 50°
M	Rómbica 86°
V	Rómbica 35°
W	Trigona
L	Rectangular
A	Paralelogramo 85°
B	Paralelogramo 82°
K	Paralelogramo 55°
R	Redonda
X	Diseño especial

Símbolo	Ángulo de incidencia
A	3°
B	5°
C	7°
D	15°
E	20°
F	25°
G	30°
N	0°
P	11°
O	Otros ángulos de incidencia
	Mayor ángulo de incidencia

*Figura 10. Símbolos (**XX**XX) de placas correspondientes con geometría y ángulo de incidencia según norma ISO 1832 [23].*



③ Símbolos según tolerancias

Símbolo	Tolerancia cota **m** (mm)	Tolerancia del círculo inscrito **øD1** (mm)	Tolerancia de espesor **S1** (mm)
A	±0.005	±0.025	±0.025
F	±0.005	±0.013	±0.025
C	±0.013	±0.025	±0.025
H	±0.013	±0.013	±0.025
E	±0.025	±0.025	±0.025
G	±0.025	±0.025	±0.13
J	±0.005	±0.05−±0.15	±0.025
K*	±0.013	±0.05−±0.15	±0.025
L*	±0.025	±0.05−±0.15	±0.025
M*	±0.08−±0.18	±0.05−±0.15	±0.13
N*	±0.08−±0.18	±0.05−±0.15	±0.025
U*	±0.13−±0.38	±0.08−±0.25	±0.13

La placa tiene una marca en la superficie.

Detalles de tolerancia en placas clase "M"

●Tolerancia cota **m** (mm)

D.I.C.	Triangular	Escuadra	Rómbica 80°	Rómbica 55°	Rómbica 35°	Redonda
6.35	±0.08	±0.08	±0.08	±0.11	±0.16	–
9.525	±0.08	±0.08	±0.08	±0.11	±0.16	–
12.70	±0.13	±0.13	±0.13	±0.15	–	–
15.875	±0.15	±0.15	±0.15	±0.18	–	–
19.05	±0.15	±0.15	±0.15	±0.18	–	–
25.40	–	±0.18	–	–	–	–
31.75	–	±0.20	–	–	–	–

●Tolerancia del círculo inscrito (mm)

D.I.C.	Triangular	Escuadra	Rómbica 80°	Rómbica 55°	Rómbica 35°	Redonda
6.35	±0.05	±0.05	±0.05	±0.05	±0.05	–
9.525	±0.05	±0.05	±0.05	±0.05	±0.05	±0.05
12.70	±0.08	±0.08	±0.08	±0.08	–	±0.08
15.875	±0.10	±0.10	±0.10	±0.10	–	±0.10
19.05	±0.10	±0.10	±0.10	±0.10	–	±0.10
25.40	–	±0.13	–	–	–	±0.13
31.75	–	±0.15	–	–	–	±0.15

③ Símbolos según tolerancias

Figura 11. Símbolos (XXXX) de placas correspondientes con tolerancias según norma ISO 1832 [23].

④ Símbolos según fijación y rompevirutas

Métrica

Símbolo	Agujero	Configuración Agujero	Viruta Rompevirutas	Figura	Símbolo	Agujero	Configuración Agujero	Viruta Rompevirutas	Figura
W	Con agujero	Agujero cilíndrico + Avellanado (40−60°)	No		**A**	Con agujero	Agujero cilíndrico	No	
T	Con agujero		Una cara		**M**	Con agujero	Agujero cilíndrico	Una cara	
Q	Con agujero	Agujero cilíndrico + Cilíndrico cónico dos caras (40−60°)	No		**G**	Con agujero	Agujero cilíndrico	Doble cara	
U	Con agujero		Doble cara		**N**	Sin agujero	–	No	
B	Con agujero	Agujero cilíndrico + Avellanado (70−90°)	No		**R**	Sin agujero	–	Una cara	
H	Con agujero		Una cara		**F**	Sin agujero	–	Doble cara	
C	Con agujero	Agujero cilíndrico + Cilíndrico cónico dos caras (70−90°)	No		**X**	–	–	–	Diseño especial
J	Con agujero		Doble cara						

Figura 12. Símbolos (XXXX) de placas correspondientes con fijación y rompevirutas según norma ISO 1832 [23].

- ISO 10303

A este nombre le corresponde el título oficial de Automatizacion de sistemas industriales e integración-representación e intercambio de datos entre productos. Esta norma, más conocida como STEP (Standard for the Exchange os Product model data) es un estándar internacional que, como bien dice su nombre, permite normalizar una representación e intercambio de información de productos industriales. Mediante esta norma se permite un intercambio el intercambio neutral de archivos, implementar y compartir vases de datos de archivos y productos.

Es habitual este intercambio de datos en sistemas CAD-CAM, CAE, etc. Step soporta modelos de diseño de tipo mecánico, eléctrico, análisis y de manufactura. Además pueden tener información adicional específica de industrial como la aerospacial, automotriz, plantas de proceso etc.

- ISO DIN 13

Esta normativa regula las características de las roscas ISO métricas. Pueden ser internas, externas, me métrica fina o gruesa (variantes de DIN 13) y están presentes en la mayoría de uniones mecánicas y ensamblajes. Se clasifican mediante la distancia entre puntos iguales en dientes adyacentes, el paso (ver *DOCUMENTO II. ANEXOS - ANEXO VII. TABLA DE MÉTRICA Y ROSCAS).*

4 Requisitos de diseño y fabricación

- La utilidad de los portaherramientas solicitados es la de mecanizar 4 zonas específicas de bombas de vacío, en concreto unos orificios interiores.

- Se desea crear un portaherramientas que, en una sola operación, sea capaz de mecanizar simultáneamente los dos diámetros interiores mencionados anteriormente y los chaflanes en caso de haberlos. Por tanto, se necesitará diseñar 4 portaherramientas diferentes, uno para cada modelo de bomba de vacío.

- El cliente solicita utilizar mandrinos, es decir, herramientas que en una sola operación puedan mecanizar los dos diámetros mencionados anteriormente y que además no utilicen interpolación. Esto quiere decir que solo se trabaje en la dirección del eje del portaherramientas, y no se combinen otros ejes para conseguir movimientos circulares con la herramienta.

- El cliente también restringe el tipo de amarre de los portaherramientas a sus máquinas CNC, que será mediante amarres de conos BT 50 Weldon.

- También solicita que solo se emplee una plaquita de metal duro por cada uno de los diámetros a mecanizar. Cada portaherramientas contará con tantas placas como diámetros mecaniza, sin tener en cuenta posibles operaciones de chaflanado.

- El material del que están hechas las bombas de vacío es de fundición. Esto condicionará el tipo, forma y tamaño de plaquitas empleadas.

- Estabilidad de los portaherramientas, minimizando vibraciones, procurando distribuir homogéneamente las fuerzas para reducir desgastes o fallos prematuros.

- El material del que se fabriquen los portaherramientas no está especialmente definido por el cliente. Sin embargo, se deben asegurar ciertas características como resistencia a choque mecánico, tenacidad, resistencia a cargas y choques térmicos…

- Las longitudes totales útiles de los mandrinos han de ser superiores a 210 mm para dos casos y 200 mm para los otros dos casos.

- La geometría de los portaherramientas no está restringida por el cliente ya que necesitan consejo por nuestra parte, los fabricantes.

5 Elección y adquisición del centro de mecanizado y equipos auxiliares.

5.1 Elección de la máquina

El inicio del proyecto comienza con la elección de un centro de mecanizado adecuado. Es importante remarcar que se ha tenido en cuenta no solo adaptarse al proyecto propuesto por el cliente “001” del que se habla en este caso, sino que la idea principal es abordar el mayor número de clientes en este sector y por ello, la máquina tenía que estar capacitada para mecanizar portaherramientas de más complejidad. Es necesario además tener una visión razonable si la empresa es joven y no parte con un presupuesto alto para la demanda de máquinas. Por lo que en los comienzos existe la posibilidad de no poder mecanizar todas las piezas propuestas por clientes debido a tamaño o requisitos mucho más concretos y precisiones fuera del rango habitual. El objetivo se ha planteado en poder realizar un 90-95%

de portaherramientas demandados. Existen varias opciones de máquinas según el tipo de piezas que se deseaba mecanizar:

- Centro de mecanizado de 5 ejes continuos.

Este tipo de centros son capaces de ejecutar movimientos simultáneos en los ejes X Y Z y rotaciones dos ejes. Normalmente es el husillo el eje que no tiene la capacidad de giro, solo el movimiento vertical que corresponde con el eje Z, más el propio de rotación sobre sí mismo. Son máquinas muy especializadas de altos costes ya que permiten realizar tareas complejas y se suelen utilizar para el mecanizado de hélices por su facilidad a la hora de mover los distintos ejes al unísono. Con este tipo de centros se podrían mecanizar portaherramientas que contasen con una inclinación en los asientos, es decir, que las placas tuvieses un ángulo positivo o negativo en función del propio asiento, como el mostrado en la *Figura 13*. El ángulo de inclinación de una placa es el ángulo que forma la cara superior de la misma con el eje perpendicular al avance en la punta de la plaquita. Como se observa en la *Figura 14*, pueden tener un ángulo positivo o un ángulo negativo.

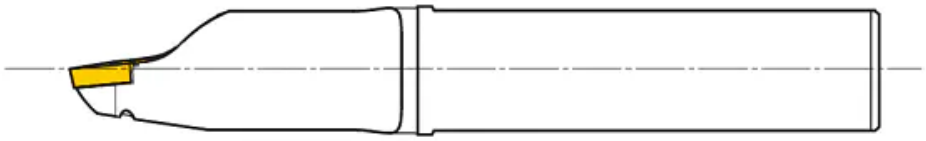


Figura 13. Portaherramientas de torneado con ángulo de plaquita negativa [24].

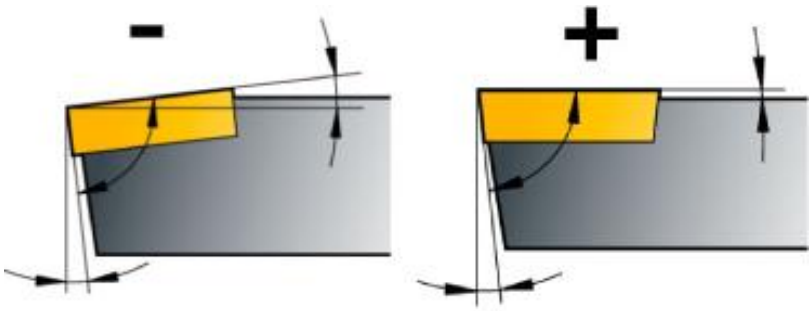


Figura 14. Ángulos de inclinación negativa y positiva para plaquitas [25].

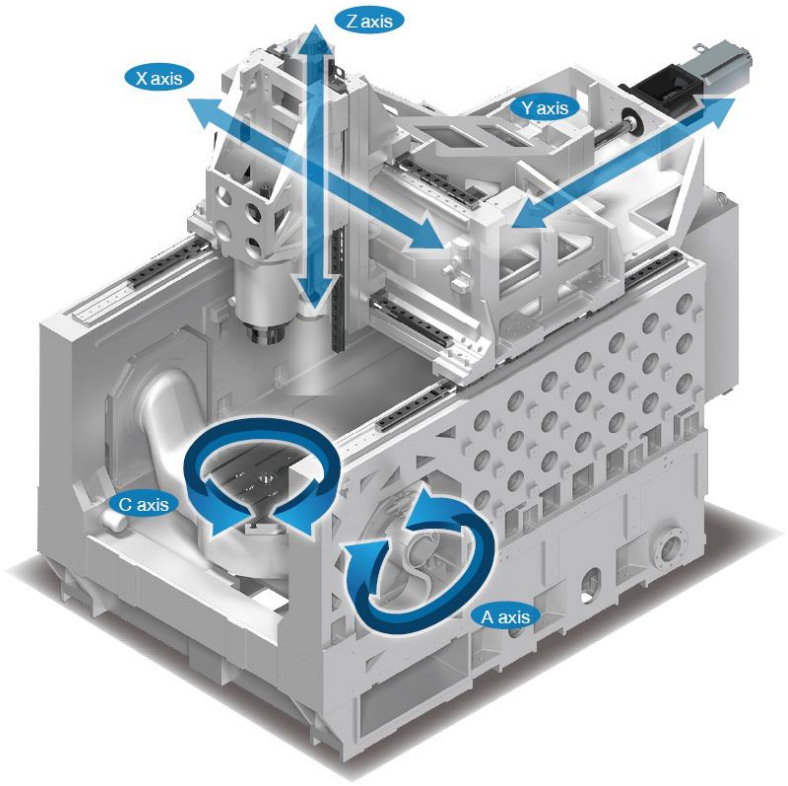


Figura 15. Interior de Centro de Mecanizado de 5 ejes Tongtai GT-800E (Fuente: [11]).

En la *Figura 15* se observa un ejemplo de un centro de 5 ejes continuos junto con los grados de libertad que posee. Los ejes X, Y, Z corresponden con los ejes lineales, siendo Z por lo general el desplazamiento vertical. Los ejes A y C en este caso corresponden con los ejes de rotación, sobre los ejes X y Z respectivamente.

- Centro vertical

La segunda opción que se ha estudiado ha sido la del centro vertical de 3 ejes. En la *Figura 16* se puede observar el diagrama de ejes en una máquina herramienta de este tipo. Al contrario que los centros de 5 ejes, estas máquinas son más económicas ya que presentan el inconveniente de que solo pueden mecanizar superficies paralelas a la mesa de trabajo, donde se apoyaría la pieza. Esta desventaja limita notablemente el mercado de esta industria.

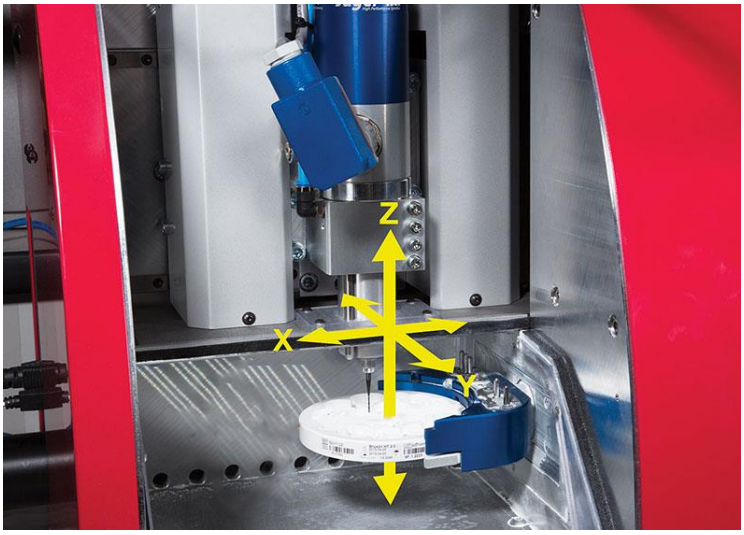


Figura 16. Máquina-herramienta de 3 ejes (Fuente [12]).

- Centro vertical de 3 ejes modificado

Con ayuda de un proveedor se planteó la idea de colocar un dispositivo especial en una máquina originalmente de tres ejes (mencionado en el apartado anterior), convirtiéndolo en un 4/5 eje, también llamado 3+2 o de posicionamiento en 5 ejes [4] .Se trata de un divisor. Este elemento permite el giro en los ejes B y C que se pueden observar en la *Figura 17* y que corresponden con rotaciones sobre los ejes en Y como en X respectivamente. Mientras el husillo de la máquina esté girando y mecanizando se permite realizar el giro sobre el eje X de manera continua pero el giro respecto el eje Y se tendrá que realizar antes, o después de iniciar un programa en el centro ya que éste no podrá mandar órdenes al divisor sobre este giro concreto.

La ventaja de utilizar este método supone la realización de los portaherramientas mayoritarios del mercado puesto que el conjunto permite agarrar la pieza y girarla consiguiendo mecanizar cajeras como la vista en la *Figura 13*. Otra ventaja que se encuentra con este dispositivo es el inmenso ahorro que supondría comprar una máquina que tuviera esta funcionalidad incluida en un mismo sistema en comparación con el precio de una máquina dedicada a mover 3 ejes en continuo y el precio del divisor aparte.

Al igual que se encuentran ventajas, también existen algunos inconvenientes a considerar. La utilización de varios dispositivos unidos equivale a un cúmulo de errores de tolerancias por cada dispositivo. Además, si se desea inclinar la pieza en el plano perpendicular a la mesa no se podrá hacer uso de un contrapunto (eje de portaherramientas forma un ángulo con la mesa de trabajo). El contrapunto es un utensilio de gran importancia cuando se trata de

mecanizar piezas largas ya que, aunque el divisor tenga gran rigidez, a más longitud más vibraciones aparecerán resultando en un peor mecanizado y peores tolerancias. El punto de apoyo de la pieza a mecanizar está en el extremo a la zona donde se realizan las operaciones por lo general, y las dimensiones habituales pueden llegar a considerar grandes voladizos. Lo que permite el contrapunto es colocar otro punto de apoyo en la pieza y cabe destacar además que se coloca en el extremo donde van las cajeras y los asientos proporcionando mucha mayor estabilidad y rigidez al sólido.

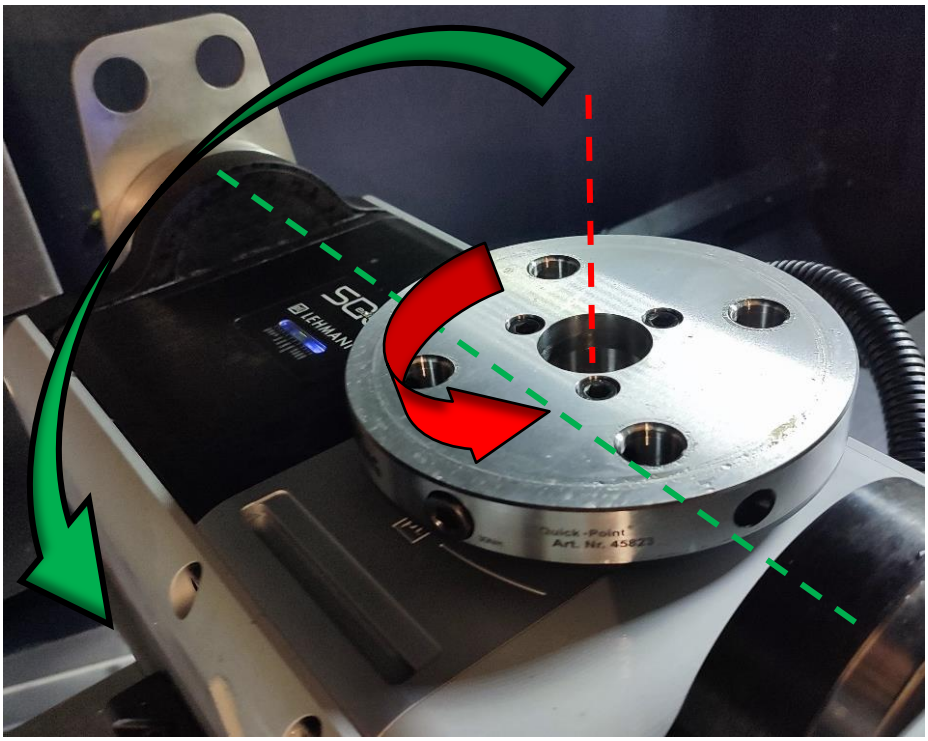


Figura 17. Divisor Lehmann con ejes de giro. Eje rojo correspondiente con eje de giro C. Eje verde correspondiente con eje de giro.

En la *Figura 17* también se puede observar el eje rojo que es donde iría insertada una pieza de conexión entre amarre de portaherramientas y el propio divisor, es decir, actúa como una mordaza articulada.

Debido a la comodidad de esta combinación con relación al precio y cantidad de portaherramientas del mercado se toma la decisión de invertir en un centro de mecanizado vertical de 3 ejes junto con un divisor.

5.1.1 Obtención de la máquina

Tomada una decisión sobre el tipo de centro de mecanizado que se deseaba para cumplir los requisitos se contactó con dos empresas con experiencia en la fabricación de centros, ambas localizadas en el País Vasco, Delteco y Greco.

- oferta de Delteco: centro de mecanizado vertical DOOSAN DNM 4500
- oferta de Greco: centro vertical HWACHEON VESTA 1000

En la *Tabla 1* se pueden observar las localizaciones de ambos proveedores y la oferta inicial de cada centro de mecanizado.

Tabla 1. comparación oferta de proveedores y localización

PROVEEDOR	LOCALIZACIÓN	CENTRO DE MECANIZADO	OFERTA (1)
DELTECO	GIPUZKOA	DOOSAN DNM 4500	121.234 €
GRECO	BIZKAIA	HWACHEON VESTA 1000	122.873 €

(1) Precio sin IVA

Estos proveedores se escogieron por dos motivos:

- Proximidad geográfica: simplicidad a la hora de visitar al proveedor y conocer los productos
- Presupuesto: resultaron ser los más económicos cumpliendo al mismo tiempo los requerimientos técnicos que se necesitaban.

Al reducir la búsqueda de centros de mecanizado a sólo dos opciones es comprensible que las características de cada una sean parecidas puesto que ambas cumplen una serie de requisitos necesarios para lo que necesitaba Innova4tools. Por ello, se disminuyeron aún más las condiciones para la elección de la máquina. Los aspectos que cobraron más importancia fueron:

- las dimensiones de la mesa
- el recorrido que podía realizarse sobre ella

- la forma de pago más cómoda, ya que ambas rondaban precios similares y como ya se ha comentado antes, Innova4tools es una empresa joven que aún no cuenta con un presupuesto excesivamente elevado.

La importancia del recorrido de la mesa surge por la necesidad de poder llegar a mecanizar portaherramientas de hasta 200-300 mm sin que existan los diversos problemas a la hora de mecanizar bien por las vibraciones que genera un largo voladizo o bien por el espacio útil utilizable de la mesa.

Es necesario tener en cuenta que la distancia de mesa útil es menor de la especificada en la *Tabla 2* puesto que, al emplear un divisor, ésta se verá reducida por el espacio utilizado por este dispositivo (ver *DOCUMENTO II.ANEXOS – ANEXO I. ESPECIFICACIONES HWACHEON VESTA -100+*).

Tabla 2. Comparativa aspectos importantes de los centros de mecanizado

MÁQUINA	DIMENSIONES MESA (mm))	CAPACIDAD (Kg)	RECORRIDO (mm)		
			EJE X	EJE Y	EJE Z
DOOSAN	1000 x 450	600	800	450	510
HWACHEON	1100 x 502	700	1000	550	500

Figura 18. centro de mecanizado HWACHEON VESTA 1000.

La capacidad en Kg de ambos centros superaba con creces la máxima que se utilizaría con elementos estimados en una media de 250 mm de longitud y 50 mm de diámetro. Además, debido a la mayor amplitud tanto de mesa como de recorrido que disponía la segunda opción

presentada en la *Tabla 2* y a la forma de pago, en especial, que fue ofrecido de los proveedores a Innova4tools, se terminó optando por la oferta proporcionada por Greco, obteniendo así la HWACHEON VESTA-1000+, visualizada en la *Figura 18*.

5.2 Elementos auxiliares del centro

Dentro del centro de mecanizado se dispone de los siguientes elementos auxiliares:

Contrapunto: El contrapunto es un elemento utilizado en el mecanizado que permite ejercer una presión contra la pieza y sostenerla manteniéndola sólida y recta para evitar vibraciones o deformaciones a la hora de mecaniza. Tiene un elemento móvil que se ajusta a diferentes longitudes de piezas [5] (Ver *Figura 19*).

Figura 19. Contrapunto.

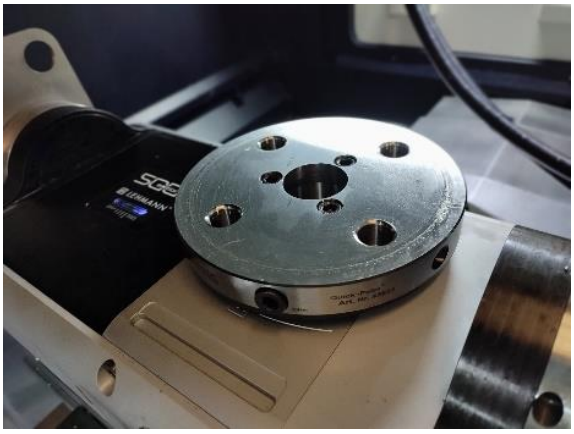


Figura 20: Divisor Lehmann y punto cero Lang.

Divisor y punto cero: El divisor es una pieza utilizada como cuarto eje en una máquina. Permite un giro y un posicionamiento respecto la mesa. El punto cero es el punto de referencia de la máquina que permite una alta estabilidad a la hora de amarrar las piezas [6] (Ver *Figura 20*).

Mordaza: Se trata de una herramienta que dispone de un mecanismo para poder sujetar una pieza mediante la presión que ejercen su parte fija y su parte móvil. En este caso es una mordaza manual de base fija [7] (Ver *Figura 21*).

Figura 21. Mordaza.

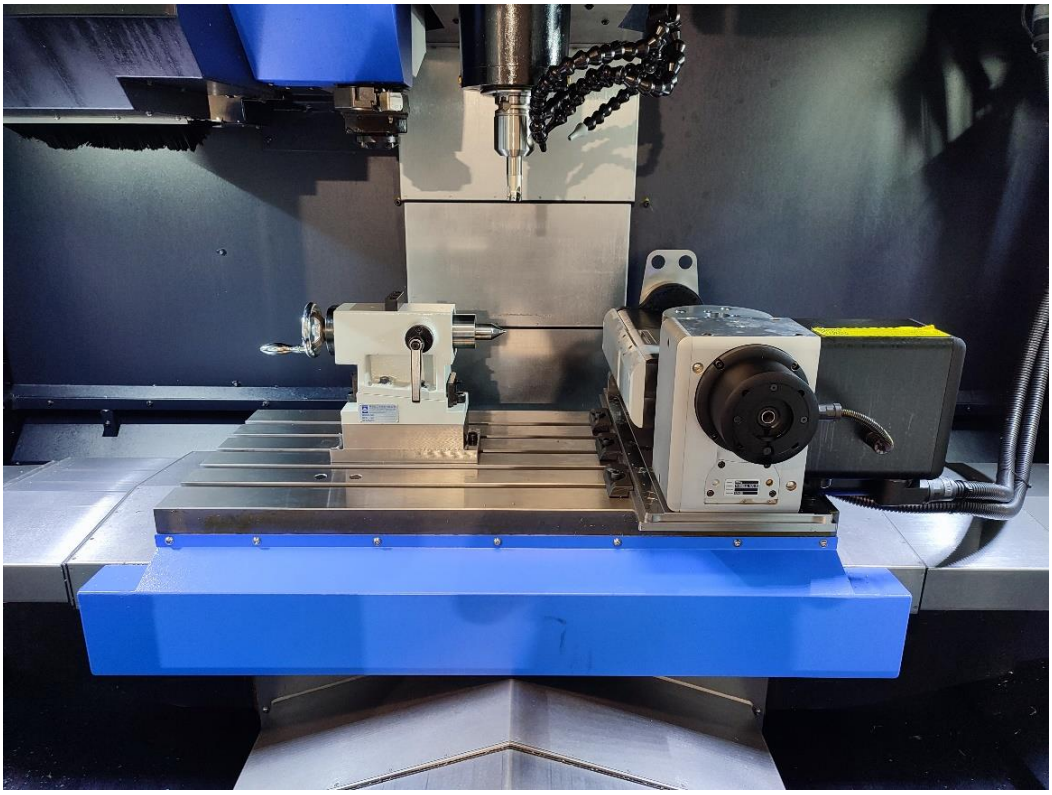


Figura 22. Interior centro de mecanizado HWACHEON VESTA 1000.

En la *Figura 22* se muestra la disposición de los elementos primordiales a la hora de mecanizar los portaherramientas. En la izquierda de la mesa se coloca el contrapunto, y éste se podrá ajustar a la distancia necesaria. A la derecha se instala de forma permanente el divisor, donde se sujetará la pieza a mecanizar, en nuestro caso el portaherramientas. En el caso de necesitar la mordaza, se podría colocar entre el contrapunto y el divisor siempre y cuando ninguno de estos dispositivos pueda actuar como objeto de colisión con el cabezal y la herramienta de mecanizado. En dicho caso, se quitará o apartará el divisor para crear un espacio más amplio para que el cabezal pueda bajar a la altura de la mordaza (donde se agarrará la pieza a mecanizar) sin posibilidad de choque.

6 Elección y adquisición del software CAD/CAM

Una vez elegida la máquina HWACHEON VESTA 1000 fue necesario elegir un software dedicado al diseño y mecanizado. De entre los programas evaluados en el mercado se seleccionaron los dos programas siguientes:

- TOPSOLID
- HYPERMILL

Ambos programas nos fueron recomendados por empresas del sector del mecanizado por ser ampliamente utilizados. Debido al poco conocimiento práctico sobre cada uno de ellos y sobre las diferencias entre ambos, la elección se basó en la aportación gratuita de un periodo de prueba que se nos proporcionó con el software de TOPSOLID.

El programa TOPSOLID consta de la parte de CAD (Sistemas de diseño asistido por computadora (CAD) y por otro lado la parte CAM (Manufactura asistido por computadora (CAM)). En el apartado de CAD se realizan todos los esbozos y diseños tanto de piezas como de conjuntos. En el apartado de CAM se realizará un mecanizado virtual teniendo en cuenta el diseño del centro de mecanizado obtenido por Innova4tools, los elementos que intervienen en la sujeción de la pieza y su mecanizado y las herramientas empleadas de tal manera que se pueda verificar un correcto mecanizado sin ningún tipo de colisión.

7 Diseño

El diseño de los portaherramientas es uno de los procesos más importantes del proyecto ya que proporciona una idea bastante clara de cómo será el resultado final, además de ser clave para el correcto funcionamiento de dichos portaherramientas. Como se verá a continuación, se analizará la forma y geometría necesarias, las medidas tanto en diámetro como en longitud y el por qué se han elegido dichas medidas. También se verá la elección de plaquitas de corte y su posicionamiento.

Para la redacción de este proyecto se ha dividido el apartado en varios subapartados para ordenar las ideas del lector de una manera consecutiva y facilitar el entendimiento.

7.1 Soluciones de diseño

7.1.1 Portaherramientas

- Número de portaherramientas y geometría a mecanizar

Nuestro cliente desea fabricar 4 bombas de vacío de diseño similar, pero con diferencias en ciertas cotas. Una parte de estas bombas consta de un orificio con varios diámetros consecutivos de diferentes cotas. En las *Figura 23 y Figura 24* se muestran las secciones de las geometrías concretas que el cliente desea mecanizar. Además de los diámetros interiores mostrados en el caso A, B y C se requiere un mecanizado de chaflanes sobre varias aristas como se señala en el caso D.

El cliente solicita un portaherramientas capaz de realizar varias operaciones de mecanizado simultáneamente: un portaherramientas especial diseñado para mecanizar dos diámetros interiores (señalados en rojo en la *Figura 13*) a la vez para cada bomba. Para la última bomba (D), se pide otro portaherramientas especial que consiga mecanizar los dos diámetros interiores señalados en rojo al mismo tiempo que sea capaz de realizar los chaflanes mencionados. Por tanto, se diseñarán un total de 4 portaherramientas.

- Geometría del portaherramientas

Otro aspecto para tener en cuenta es la condición por parte de nuestro cliente a utilizar mandrinos, es decir, herramientas que no utilicen interpolación. Esto quiere decir que solo se trabaje en la dirección del eje del portaherramientas, y no se combinen otros ejes para conseguir movimientos circulares con la herramienta. El portaherramientas debe entrar y salir sin más movimientos. Esto es debido a la simetría que presenta el interior de las bombas de vacío. Es por este motivo por el que, durante las explicaciones del proyecto se pueda emplear la palabra “mandrino” en vez de portaherramientas indistintamente.

Teniendo en cuenta la geometría a mecanizar señalada en rojo en las *Figura 23* y *Figura 24*, se toma la decisión de que las medidas de los diámetros de los portaherramientas serán 1 mm menores que las cotas marcadas. Este milímetro de debe a que, como se explicará en futuros apartados, las placas de cada diámetro sobresaldrán radialmente 0,5 mm cada uno.

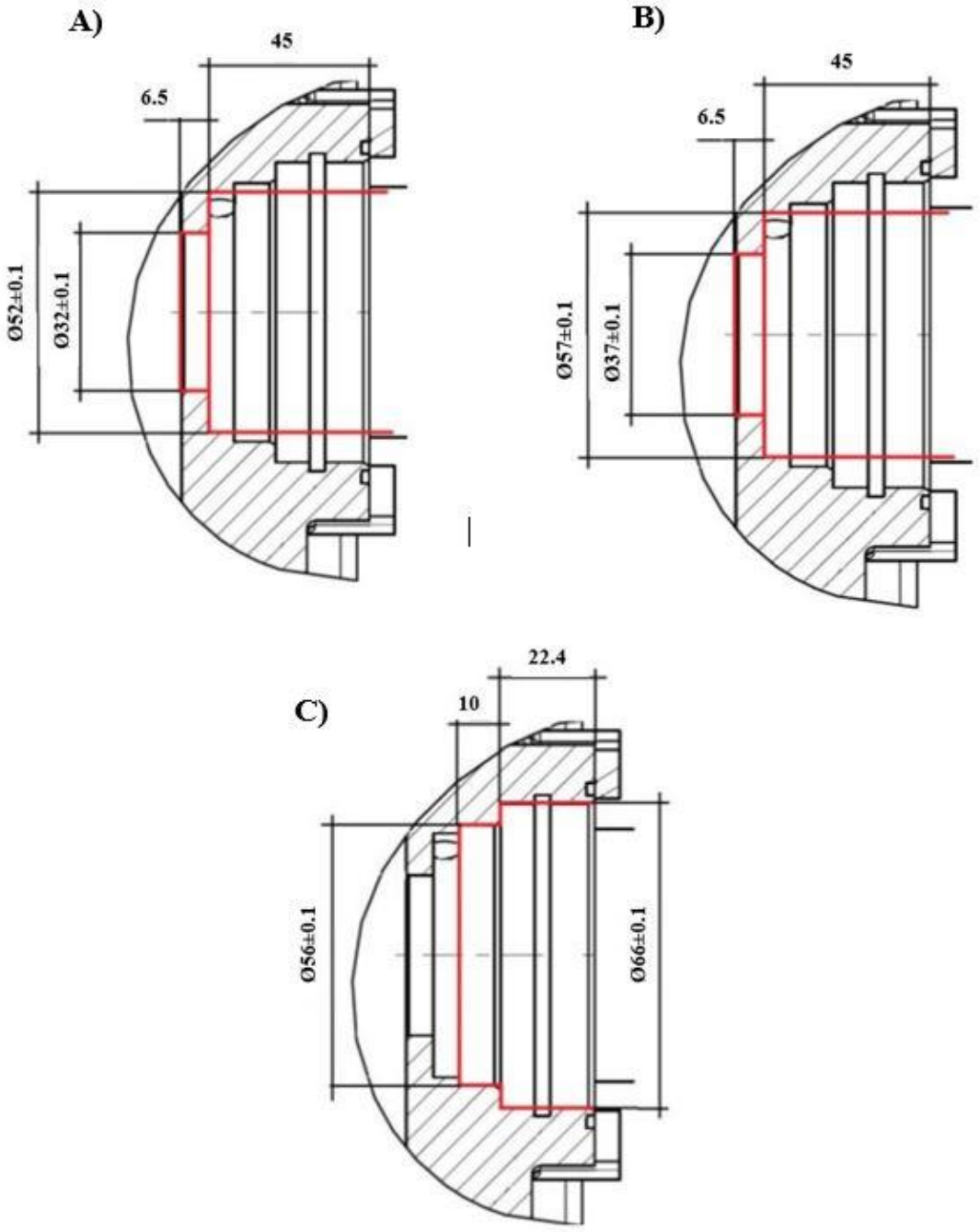


Figura 23. Secciones para mecanizar de bombas A, B y C. Cotas en mm.

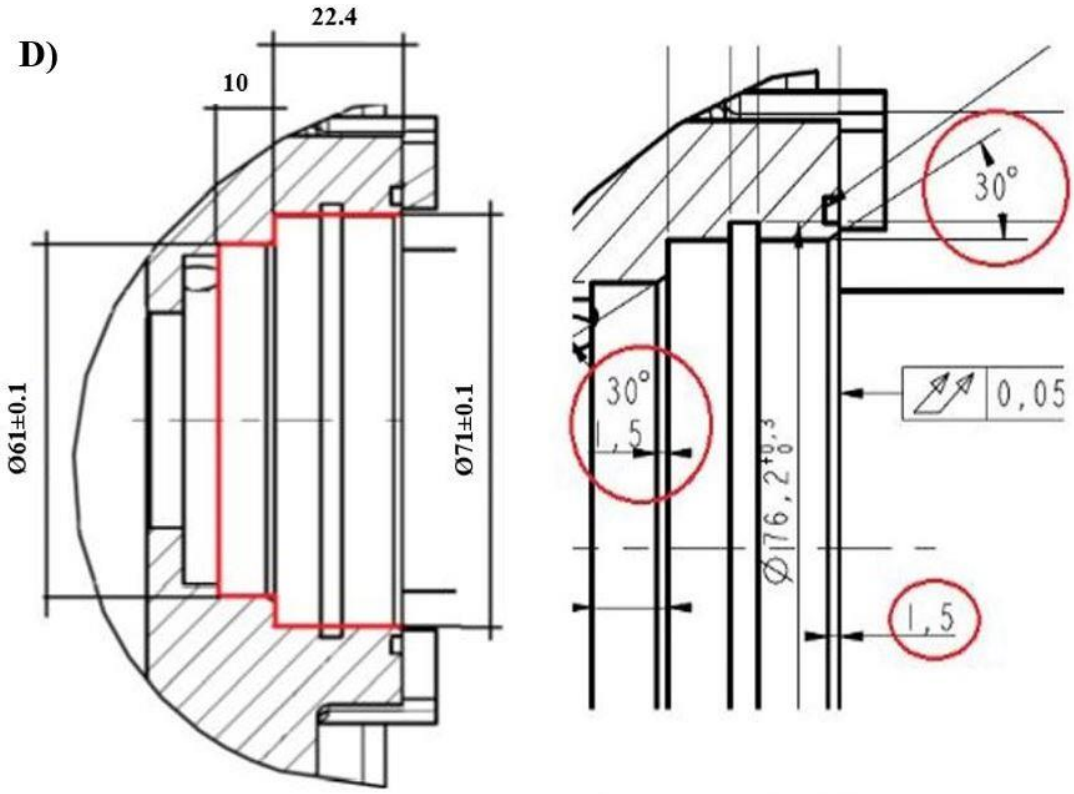


Figura 24. Sección para mecanizar bomba D. Mecanizado de diámetros (izda.). Chaflanes en el perfil rodeadas con una circunferencia roja (dcha.). Cotas en mm.

La geometría que tendrá el cuarto portaherramientas difiere de los tres primeros debido a los chaflanes que hay que realizar. A la hora de diseñar el hierro del mandrino para tornear, es decir, el portaherramientas sin placas es necesario que exista material para soportar las placas en la posición en la que se coloquen.

Figura 25. Sección de los perfiles de la pieza a mecanizar vs sección de geometría de portaherramientas. (tres primeros portaherramientas)

En la *Figura 25* se muestra un esquema sobre el perfil que tendrían los madrinos de los casos A, B y C con respecto a la bomba a mecanizar. En cuanto al último mandrino, el perfil que tendría sería ligeramente diferente. El perfil coincidiría como en el ejemplo de la figura, con sus respectivas cotas, hasta llegar al extremo derecho correspondiente con uno de los chaflanes.

- Longitud de los portaherramientas

Debido a que es necesario mecanizar una zona interna de las bombas de vacío, los portaherramientas necesitan tener una longitud mínima para poder alcanzar los diámetros y chaflanes requeridos. Además de esta longitud, se ha tomado la decisión de añadir una longitud a la mínima para garantizar la seguridad de la bomba y del portaherramientas. Inicialmente se comenzó con la condición de una longitud efectiva de 210 mm para los dos primeros mandrinos y una longitud de 200 mm para los dos últimos madrinos. La longitud efectiva sería la longitud que podría introducirse en la carcasa de la bomba y alcanzar la zona a mecanizar sin colisionar con ninguna de las partes. Como distancia de seguridad se añadirán 15 mm a cada longitud efectiva.

- Material

La elección de un material es fundamental para conseguir que el producto proporcione la durabilidad adecuada. En el ámbito del mecanizado, y más concretamente en nuestro caso, se debe buscar un material que sea lo suficientemente tenaz para evitar deformaciones. Aunque el portaherramientas en sí, no es lo que va a entrar en contacto con la pieza a mecanizar, es lo que va a asegurar que la placa que corta se mantenga correctamente posicionada en su sitio sin que se creen pequeñas deformaciones y sin que esto afecte al rango de tolerancias permitidas por las especificaciones del cliente.

Según la CENIM (Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas) se puede encontrar una clasificación de los productos metalúrigcos en: clases, series, grupos e individuos.

Las clases de designan mediante una letra, en nuestro caso nos hemos centrado en las aleaciones férreas a los cuales les corresponde la letra F. La serie 1, F-100, que es en la que nos hemos enfocado engloba los grupos desde F-110 a F-170 (incrementándose en 10 cada grupo) y dentro de estos hemos elegido aceros aleados de gran resistencia, más concretamente en grupo F-120.

Al ser una primera toma de contacto con el ámbito de la fabricación de estas herramientas se ha tomado la decisión de proporcionar una tenacidad considerable para eliminar la máxima

cantidad de posibilidades de rotura a la hora del mecanido que realizará dicha pieza. Se tomó la decisión, por lo tanto, de emplear un material F-127. Este material presenta buena resistencia al choque y a esfuerzos de torsión y por lo tanto es usado en aplicaciones como cigüeñales, bielas, ejes de dimensiones medias y herramientas. Estas prestaciones son las que hacen este material ideal para un portaherramientas resistente para mecanizados de desbaste debido a las grandes fuerzas que se generan. Se trata de un acero aleado que se emplea en estado tratado, comúnmente el temple en aceite, para aprovechar al máximo sus prestaciones. También soporta elevadas temperaturas, lo cuál es ideal para el mecanizado por el calor que se genera mediante el roce del metal.

7.1.2 Placas

- Número de placas en cada portaherramientas

Por petición del cliente, se colocaría solo una placa por diámetro mecanizado. En tres de las bombas solo es necesario mecanizar dos diámetros, por lo que se colocaría un total de dos placas. En el caso de la bomba que también realiza chaflanes (caso D), sigue siendo necesario colocar dos placas para los dos diámetros existentes pero esta vez se introducirán dos placas adicionales, una para cada chaflán.

- Posicionamiento de las placas

    - Posicionamiento radial

Para conseguir mayor estabilidad en la rotación del mandrino se divide el diámetro del mandrino en tantas partes como placas haya que situar. Al necesitar solo dos plaquitas por mandrino en los casos A, B y C se situarán a 180º entre ellas. La condición de tener una placa por diámetro a mecanizar solo es para el desbaste de diámetros, lo que nos permite colocar dos placas para el acabado de chaflanes sobre el mismo plano ya que no se generan tantos esfuerzos en estas operaciones. Por lo tanto, en el caso D se divide el diámetro en 120º colocando las plaquitas de cilindrar cada una en un plano y las de chaflanar en otro. Todas las placas se colocarán sobre planos que pasen por el eje del portaherramientas.

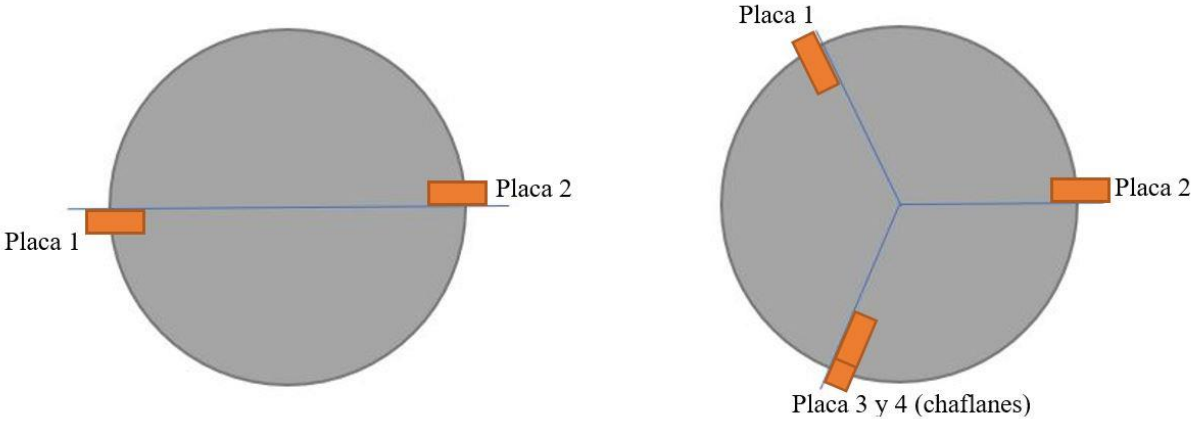


Figura 26. Disposición radial de las placas en los portaherramientas. Vista en alzado.

Esto no implica que la pieza final termine estando equilibrada, es decir, que no exista excentricidad en la rotación, pero facilitaría dicho equilibrado una vez diseñado. En la *Figura 26* es posible observar la disposición de las placas, correspondientes a cada mandrino dependiendo de la bomba que tenga que mecanizar. Las placas se sitúan aproximadamente en las intersecciones de los ejes marcados en azul y el radio visible. Esta aproximación se debe a que, como se ha mencionado anteriormente, al mecanizar diámetros diferentes las placas variarán su distancia al eje.

Otro motivo por el que es necesario separar las placas en el cuarto portaherramientas en planos diferentes, además de conseguir mayor equilibrio, es para evitar un solapamiento entre las placas. En la *Figura 27* se muestra un boceto ficticio de la disposición de todas las placas del caso D si todas se situasen en el mismo plano. Esto sirve también para verificar que las placas podrán tener sus asientos sin solaparse entre ellas pudiendo así afectar al diseño del contorno del mandrino.

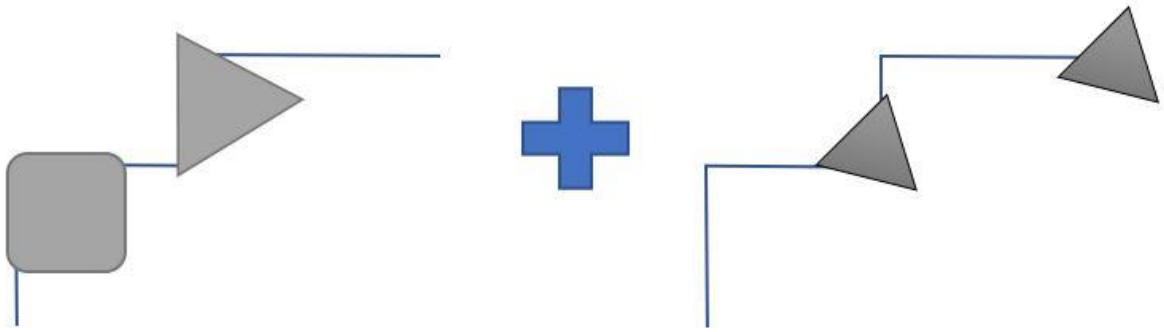


Figura 27. Conjunto de placas correspondientes al portaherramientas 4. Placas de diámetros + Placas de chaflanes

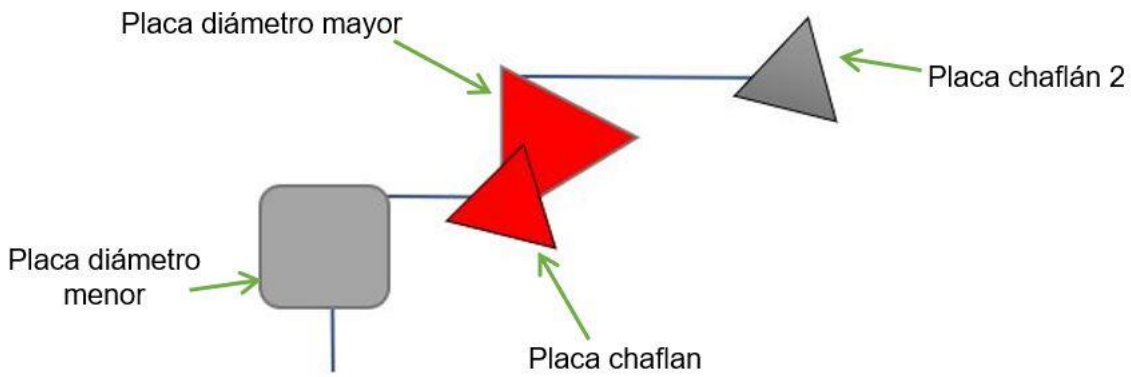


Figura 28. Número total de placas sobre el mismo plano en el caso D.

En la *Figura 28* se puede observar que, si las placas se encontrasen en un mismo plano, al menos la "Placa chaflán" se solaparía junto con "Placa diámetro mayor". Es posible que, dependiendo del tamaño de las placas se solape con la "placa diámetro menor" también. Este aspecto es importante a tener en cuando ya que, como se verá en apartados siguientes, se necesita elegir la geometría del portaherramientas para que éste tenga suficiente material debajo de las placas que actúe como asientos y la placa no quede suspendida en el aire.

- Ángulo de posición

Es el ángulo entre el filo principal de la plaquita y la superficie de la pieza. Puede afectar al espesor de la viruta, fuerzas de corte y vida útil de la herramienta. Generalmente los ángulos de posición suelen ser 0º o 45º. Cuanto menor es este ángulo menor será el espesor de la viruta para un avance concreto. Además, se consigue una entrada al material más gradual reduciendo la precisión y también protege el filo de las plaquitas.

Las fresas de 90º generan fuerzas radiales en el sentido del avance. Esto significa que la superficie que se mecaniza no queda expuesta a una gran presión axial. Esto supone la ventaja de fresar estructuras débiles o de pared delgada y con fijaciones inestables por la reducción de vibraciones. Como se ha mencionado con anterioridad, el factor de reducir las vibraciones juega un papel importante ya que los mandrinos deberán tener una longitud elevada. En la *Figura 29* se muestra como ejemplo el ángulo de posición entre un plato de fresado con placas a 45º con respecto a la pieza que se mecanizaría con esta herramienta.

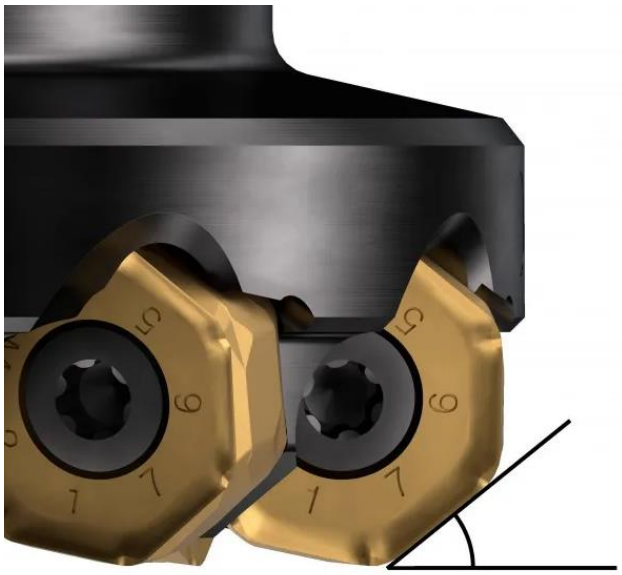


Figura 29. Ángulo de posición de placas de un portaherramientas [26].

El inconveniente principal que se ha visto para nuestra aplicación es que al colocar la placa a 90º pueda talonar, ya que se tiene que introducir en una pieza de fundición y no trabaja con interpolación, sino que es un mandrinado. Esto quiere decir que la parte trasera de la placa, la que no debe cortar, choque con el material a mecanizar, en un posible caso de que la placa no coma el material correctamente. Es por este motivo por el que se ha tomado la decisión de colocar la placa ligeramente por debajo de los 90º, dejándolo a 89º respecto del material a mecanizar y, por lo tanto, a 1º respecto al eje del portaherramientas. Esta posición de placas delanteras queda representada en la *Figura 30.*

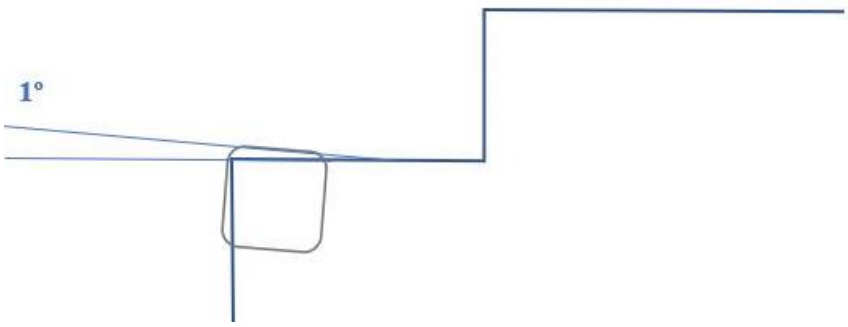


Figura 30. Sección de portaherramientas con placa inclinada.

Como es lógico, el ángulo de posición de las placas que realicen los chaflanes en el cuarto portaherramientas tendrá que coincidir con la inclinación del chaflán de 45º para que el

mecanizado se ajuste lo mejor posible y tenga buen acabado. Estos posicionamientos también dependerán del tipo de placa a utilizar en cada caso.

- Posicionamiento longitudinal entre placas

Es necesario destacar que los diámetros menores que aparecen en las bombas de los casos A y B son diámetros pasantes. En los planos de secciones proporcionados por el cliente se observa la distancia que existe entre los diferentes frentes a mecanizar de los diámetros, en ambos casos, es de 6.5 mm. Este valor debe ser incrementado, ya que si colocamos el frente de las placas a esta distancia no se conseguirá limpiar del todo el diámetro. En la *Figura 31* podemos observar qué ocurrirá si no se adelanta la placa que mecaniza el diámetro más pequeño. Debido al radio de la propia placa quedará una esquina sin mecanizar. Para asegurarnos que elimina todo el material necesario se adelantará la placa respecto la placa que mecaniza el diámetro mayor hasta un valor de 8 mm, en vez de 6,5 mm (ver *Figura 32*). En los casos C y D no hay diámetros pasantes, por lo que no se vería modificada la distancia entre los frentes de corte de las placas. Esta diferencia entre las bombas de vacío también afectará a la elección del tipo de inserto (ver *7.1.2 Placas - Tipo de placa*).

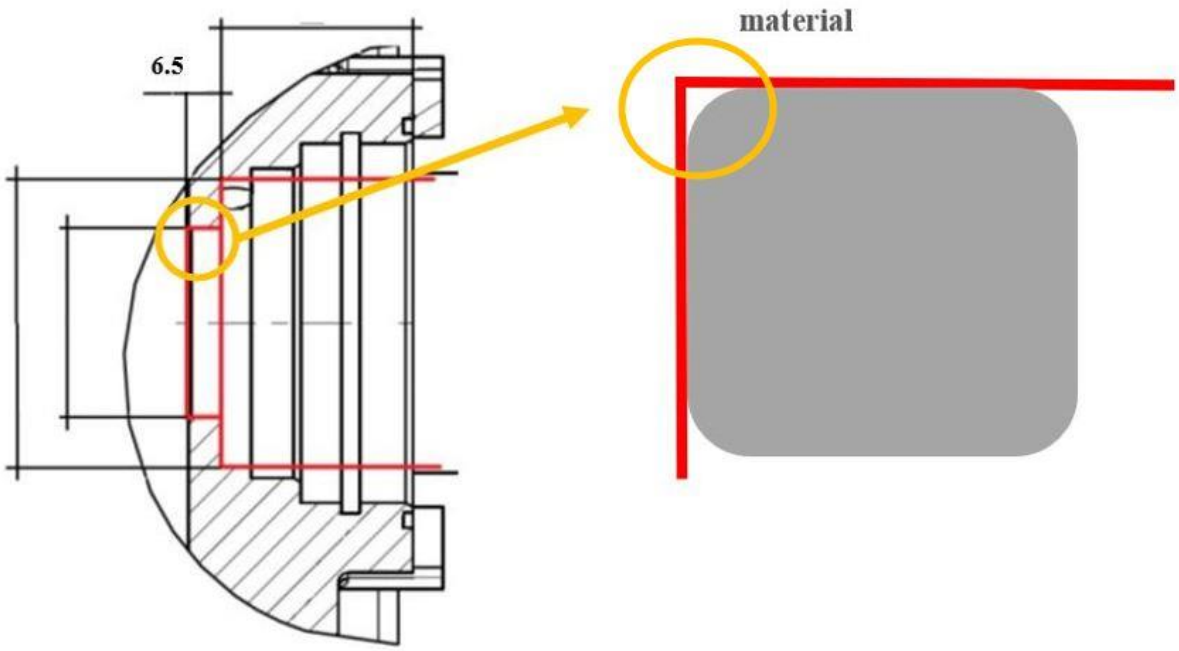


Figura 31. Sección de pieza a mecanizar junto con separación entre plaquita de corte y material.

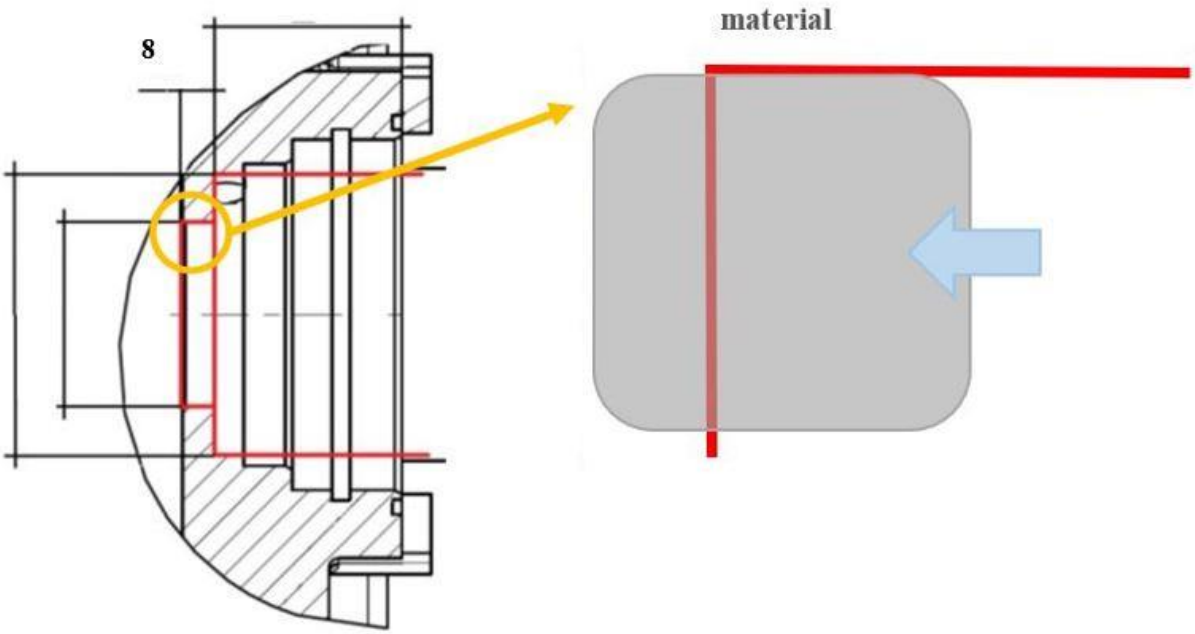


Figura 32. Sección de pieza a mecanizar junto con placa adelantada.

Es necesario tener en cuenta el subapartado anterior, en donde se ha explicado el ángulo de posición que llevará con respecto al eje del mandrino.

- Distancia radial

Anteriormente se ha mencionado el diámetro que tendrían los hierros de los mandrinos. Además, las placas tienen que llegar a mecanizar los diámetros mostrados en las figuras del subapartado *(3.1.1 Portaherramientas – Geometría del portaherramientas)* por lo que las placas deben sobresalir del metal que las soporta 0,5 mm cada una. Es importante tener en cuenta que algunas de las placas están ligeramente inclinadas (las placas delanteras cuadradas), por lo que no puede acotarse a la arista paralela al eje. Debido a que las placas se sitúan todas en planos que pasan por el eje del portaherramientas, es posible acotar desde el eje del portaherramientas a la tangente al radio de la placa, a la distancia requerida. A continuación, en la *Figura 33* se mostrará un ejemplo utilizando las cotas del primer portaherramientas, en concreto, la placa cuadrada.

Figura 33. Distancia entre eje y punto más externo de la plaquita.

- Tipo de placa

Debido a que este proyecto se ha realizado para satisfacer las necesidades de un cliente, es necesario una coordinación entre proveedor y cliente. Por ello, en este apartado se explicará el proceso de elección de placas basado especialmente en las preferencias de "001" conjuntamente con los subapartados anteriores.

Se preferenció el uso de un amarre "S" mediante el uso de tornillo ya que es el método más común y práctico utilizado para el mecanizado de las piezas de nuestro cliente. Al ser elementos utilizados para desbastar es más económico utilizar placas intercambiables que utilicen tornillos habituales en la fábrica.

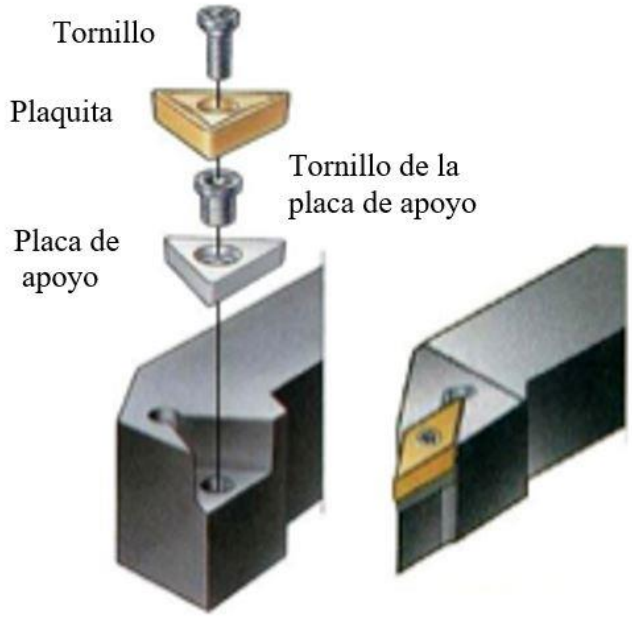


Figura 34. Amarre por tornillo (S) [21].

En la *Figura 34* mostrada se puede observar cómo es el amarre “S” por tornillo. Existen casos como en el de la imagen en el que también se usa una placa de apoyo junto con el tornillo correspondiente pero en el caso concreto de nuestro proyecto no se ha utilizado una placa adicional a las principales.

Cuando se va a tomar una decisión sobre qué plaquita utilizar es necesario conocer qué tipo de material se va a mecanizar y además, el tipo de operación. En ocasiones cada fabricante de placas tiene una nomenclatura propia, pero en general se emplea las denominaciones de calidad establecidas por la ISO 513. El material que deseaban mecanizar era una pieza de fundición. A este tipo de material, se le asigna la letra K y el color rojo (ver apartado *3.7 Código ISO*). El tipo de mecanizado que se deseaba realizar era de desbaste al que se le corresponde con la letra R o M en caso de un mecanizado medio o semidesbaste respectivamente, dependiendo de cuánto material desearían quitar. Como conclusión, se buscarían placas que tuviera las letras KR O KM. Los números que acompañan a estas letras hacen referencia a la relación dureza-tenacidad. Un número menor corresponde con una mayor dureza aunque menor tenizadad, y viceversa.

Para decidir sobre el tamaño y forma de la plaquita hay que tener en cuenta la profundidad de corte, el ángulo de posición y la longitud de arista de corte efectiva. Al ser el portaherramientas un mandrino, la profundidad de corte será constante axialmente. En la *Figura 35* se muestra la profundidad de corte en una operación de mandrinado de dos diámetros marcados cada uno en un color según su tamaño.

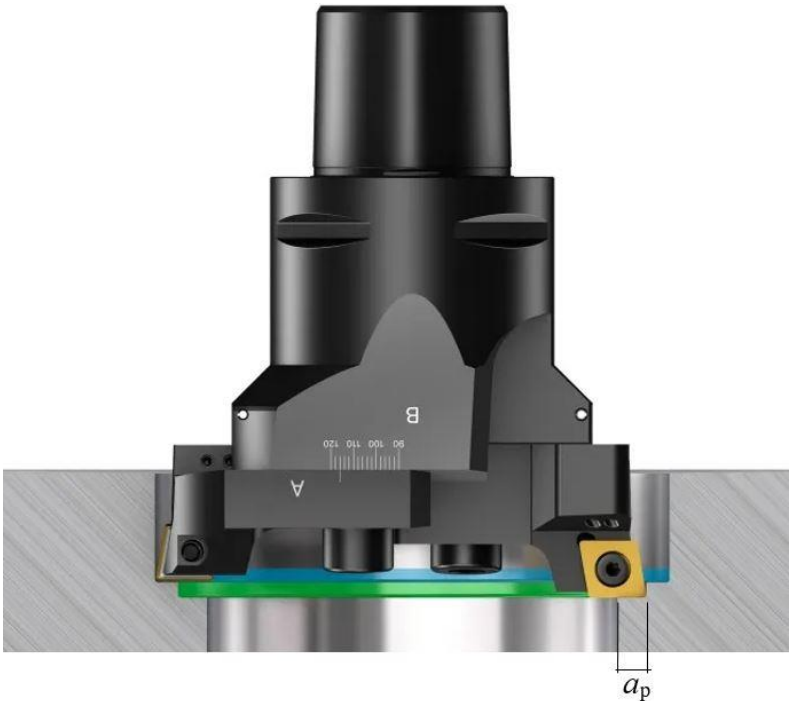


Figura 35. Profundidad de corte de un mandrinado (a_p) [27].

Nuestro cliente solía trabajar con diferente tipo de geometría en insertos por lo que se tuvo libertad a la hora de elegir la geometría de los mandrinos. Se tomó la decisión de utilizar plaquitas cuadradas y triangulares ya que eran las opciones que mejor se adaptaban a las operaciones de mandrinado. Dentro del catálogo de la marca Sandvick se seleccionaron las siguientes plaquitas (ver apartado *3.7 Código ISO – ISO 1832*)

- Desbaste del diámetro menor (pasante) : 880-0604 W08H-P-LM-4344

  Inicialmente se comenzó con la búsqueda de placas SCMW, pero fuimos recomendados las placas 880-0604 W08H-P por el buen funcionamiento al mecanizar fundición. Dentro del catálogo existen variedad de placas de cada formato variando sus características al mecanizar diferentes materiales, pero manteniendo la geometría por lo que la búsqueda se simplificó al aplicar el criterio de mecanizado de fundición K.

- Desbaste diámetro mayor/ diámetro menor (no pasante): TCMT 16 T3 08-PR 4415

  T: placa triangular

  C: ángulo de incidencia 7º

  M: tolerancias (sin relevancia para nuestro caso)

  T: sujeción del tornillo con avellanado y rompevirutas

  16: tamaño del filo de corte

  T3: espesor

  08: radio de la punta

- Acabado de chaflanes: TCMT 11 03 04-PF 4425

  Las letras coinciden con la placa mencionada anteriormente. En este caso, tenemos una placa más pequeña:

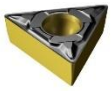
  11: tamaño de filo de corte

  03: espesor

  04: radio de la punta

En la *Tabla 3* queda englobada y distribuida la elección de las plaquitas según el número del portaherramientas y según su uso.

Tabla 3. Distribución de placas según cada portaherramientas (Ph).

	Ph. 1	Ph. 2	Ph. 3	Ph. 4	Uso
880-0604W08H-P-LM-4344	×1	×1	-	-	Desbaste Ø menor (pasante)
TCMT 16T308-PR 4415	×1	×1	×2	×2	Desbaste Ømayor Ømenor (no pasante)
TCMT110304-PF 4425 	-	-	-	×2	Acabado de chalfanes

7.1.3 Asientos

Una vez tomada la decisión sobre las placas a utilizar, los valores presentes en la página de Sandvick se utilizarían como referencia para crear los asientos en los portaherramientas. También ubicada la situación de las plaquitas, es posible crear el asiento de la placa. El asiento, como dice su propio nombre es donde se asienta la placa, es decir, donde queda encajada.

- Pared

Las placas que se utilizarán en este trabajo cuentan con un ángulo de inclinación entre su superficie y sus caras (ángulo de incidencia, ver apartado *3.7 Código ISO – ISO 1832*) como se muestra en la *Figura 36*. Debida a esta restricción geométrica, para asegurar el correcto acople de la plaquita al mandrino los asientos tendrán un tramo de pared perpendicular a la base y otro tramo inclinado con un ángulo igual al de incidencia de la plaquita para cada caso.

Figura 36. Ángulo de incidencia de plaquita [23].

- Desahogos

Otro aspecto para tener en cuenta en el diseño de los asientos son las esquinas de las placas. Las fresas no son capaces de generar aristas vivas, ya que por la propia geometría de la placa siempre va a quedar un pequeño redondeo. Debido a este motivo, es necesario crear un mecanizado adicional, para que la placa pueda encajar correctamente en el asiento. En estos casos lo habitual es generar un mecanizado con una broca o una fresa en la dirección perpendicular a la base. A estos huecos en los vértices se les denomina desahogos.

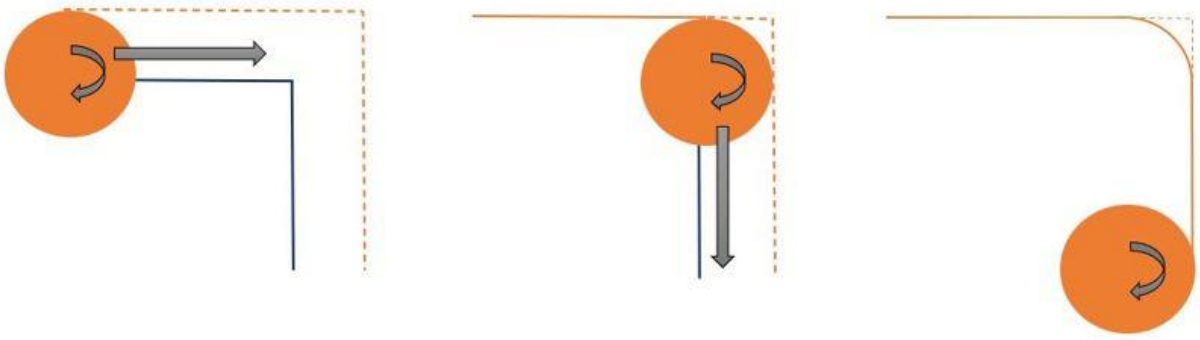


Figura 37. Esquema del movimiento de la fresa visto en planta.

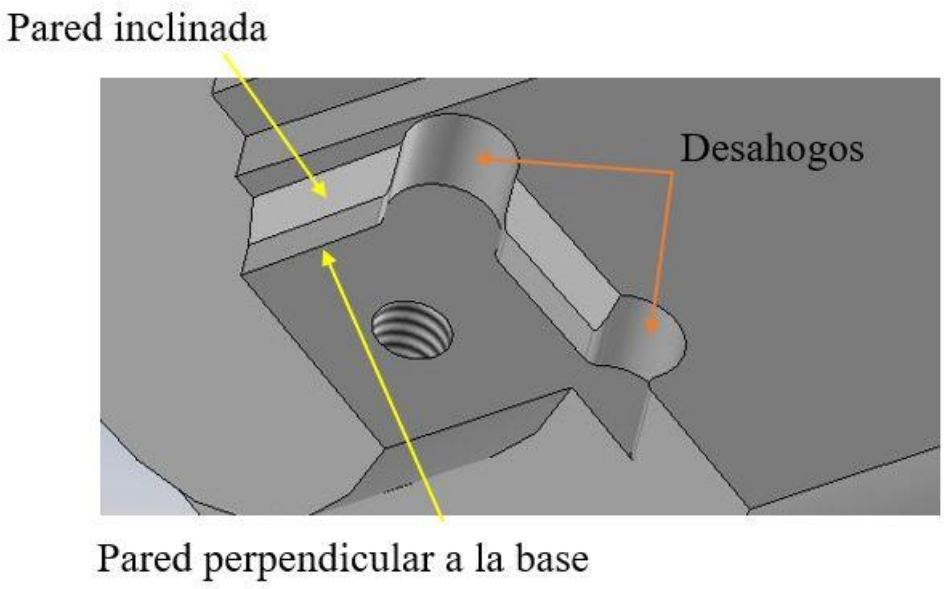


Figura 38. Partes del asiento.

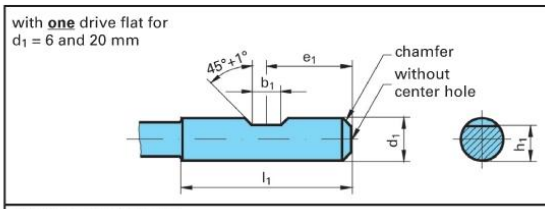
El recorrido que realiza una fresa mecanizando una esquina se representa de forma esquemática en la *Figura 37*. El material para mecanizar se muestra en línea continua azul y se desea obtener la geometría mostrada en línea discontinua naranja (pendiente por

mecanizar). La línea continua naranja muestra el material que deja la fresa al pasar. Como se puede observar, cuando la fresa realiza el último tramo después de pasar por la zona de la esquina vemos como se queda una pequeña parte de material sin mecanizar.

En la *Figura 38* se muestra el diseño de las paredes inclinadas-perpendiculares a la base que se ha comentado anteriormente junto con los llamados desahogos en los vértices.

7.1.4 Amarre del portaherramientas

Existen una amplia variedad de amarres pero desde un inicio el cliente “001” nos indicó cuáles estaban acostumbrados a manejar en la fábrica. Para adaptarnos a sus necesidades se tomó la decisión de ajustarnos lo máximo posible a lo que ellos empleaban; amarres mediante unos conos BT con amarre “Weldon”.



Dimensions in mm

d_1 h6	b_1 +0.05 0	e_1 0 -1	h_1 h11	l_1 +2 0	l_2 +1 0
6	4.2	18	5.1	36	–
8	5.5	18	6.9	36	–
10	7	20	8.5	40	–
12	8	22.5	10.4	45	–
14	8	22.5	12.7	45	–
16	10	24	14.2	48	–
18	10	24	16.2	48	–
20	11	25	18.2	50	–
25	12	32	23	56	17
32	14	36	30	60	19

Figura 39. DIN 6535 planos Weldon en ejes (Fuente [14]).

En la *Figura 39* se muestra la geometría y dimensiones de este tipo de amarre según el diámetro del mango de la herramienta. Consta de dos planos realizados sobre el mismo. En la *Figura 40* se representa la metodología a seguir para amarrar el portaherramientas en un cono con este tipo de amarre. Se introduce el portaherramientas como se refleja en el cono BT y se ajusta mediante un tornillo que asienta en los planos mencionados anteriormente. Este mecanismo consigue que el portaherrameintas no pueda girar libremente respecto al cono BT, que es el nexo de conexión con el cabezal.

Figura 40. Cono BT con amarre Weldon [28] .

Para la obtención de los conos BT con amarre Weldon se visitó en catálogo online de "Ceratizit" y se introdujeron los siguientes filtros:

Mandrinos 1, 2 y 3 (modelo 1):

- Diámetro de sujeción de la pieza: 32 mm
- Longitud de voladizo: 102 mm
- Diámetro del cuerpo: 72 mm

Mandrino 4 (modelo 2):

- Diámetro de sujeción de la pieza: 40 mm
- Longitud de voladizo: 117 mm
- Diámetro del cuerpo: 82 mm

Finalmente se encargaron 3 unidades del modelo 1 y 1 unidad del modelo 2 (modelos no disponibles actualmente).

Tabla 4. Esquema de condiciones según cada portaherramientas.

CONDICIONES	***Ph 1***	***Ph 2***	***Ph 3***	***Ph 4***
Operación	Desbaste			Desbaste+Acabado
Nº placas	1 placa por diámetro			
Diámetros a tratar				
Longitud mínima total útil (mm)	225	225	215	215
Conjunto equilibrado	si			
Chaflanes	no	no	no	detallados en la *Figura 24.*
Material placas	Metal duro			
Amarre	Cono BT 50			

7.2 Desarrollo del CAD

A continuación, se explicará el proceso seguido para el diseño en CAD de los portaherramientas. Se comienza la explicación de una manera generalizada para las pautas de diseño, ya que la metodología es igual para los 4 portaherramientas cambiando geometrías mencionadas en apartados anteriores. En cada apartado se explicarán más concretamente las diferencias si son necesarias para generar correctamente el diseño. Para un mejor entendimiento de la metodología se va a dividir la pieza en segmentos:

- Cuerpo
- Cajera de viruta
- Asientos de las placas
- Amarre Weldon
- Diseños adicionales
- Ensamblaje

Cuerpo: El primer paso es crear el cuerpo de los portaherramientas. Todos los diseños parten de una barra cilíndrica para crear el cuerpo del portaherramientas ya que es así como se comprará el material para mecanizar. La *Figura 41* muestra la geometría inicial de los casos A, B y C. El caso D corresponde con la *Figura 42* en donde se aprecia el diseño del contorno con chaflanes que es ligeramente diferente en el contorno a los demás casos. Estas imágenes muestran además las piezas de torneado de las que partirá innova4tools y este proyecto.

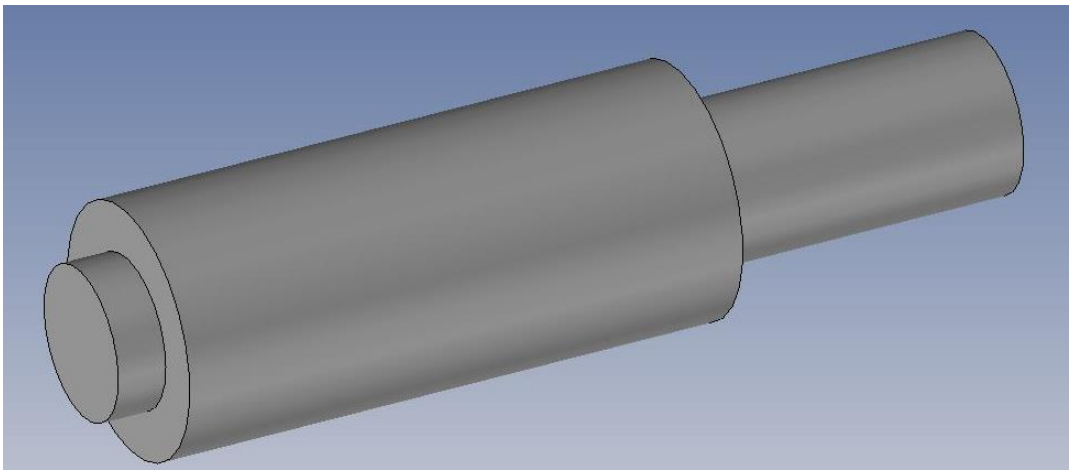


Figura 41. Paso 1 del diseño; cilindro inicial para casos A, B y C.

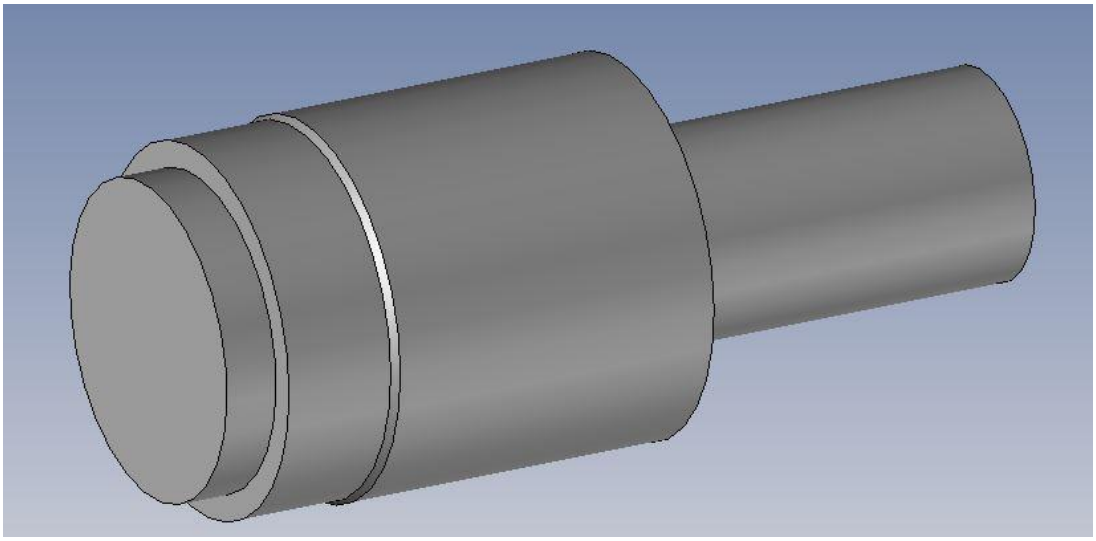


Figura 42. Paso 1 del diseño; cilindro para caso D.

Cajera de viruta: En esta segunda fase de diseño se realizó la cajera por donde sale la viruta al mecanizar. Un aspecto importante de esta segunda fase es generar un espacio suficientemente largo para que la viruta pueda encontrar su salida sin antes chocar con la pieza a mecanizar. En estos portaherramientas no habrá demasiada viruta por el tipo de operación; mandrinado, pero eliminar material ayuda también a aligerar la pieza ya que son de diámetros considerablemente grandes. Como se ha comentado anteriormente, se mecaniza un orificio que se encuentra en el interior de las bombas. El mandrino debe introducirse hasta llegar a este orificio sin colisionar con la pieza. En la *Figura 43* se muestra la sección del caso A. La suma de las distancias acotadas (6,5+45) más la distancia especificada en el apartado *4.1.2 Placas – posicionamiento longitudinal entre placas* (1,5) tiene un total de 53 mm. Esta es la distancia de mandrino que sabemos con certeza que entrará en el orificio. Además, por la imagen sabemos que hay parte de material por fuera de esa acotación. La cajera por donde sale la viruta se tendrá que extender al menos de 60 mm (7 mm de seguridad) a lo largo del eje desde el frente del portaherramientas. Para cada caso (A, B, C y D) estas distancias serán diferentes.

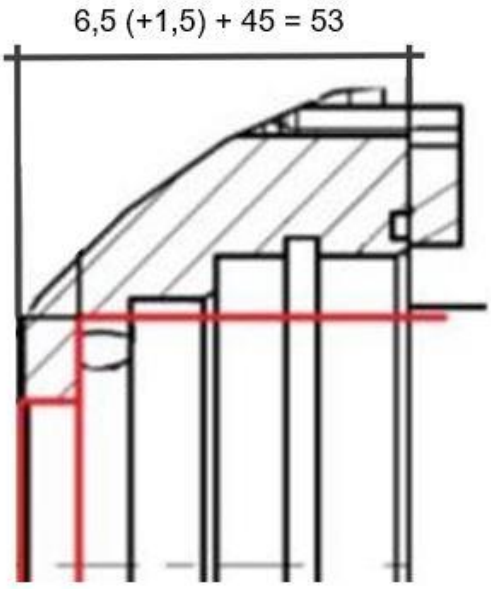


Figura 43. Distancia interna de mecanizado del caso A.
Cotas en mm

Como se menciona en los aspectos del apartado *4.- Requisitos de diseño y fabricación*, por petición del cliente solo se requería una placa por diámetro por lo que solo fueron necesarias una por cada diámetro a eliminar. Se crearon los planos donde se diseñarían los asientos con

sus respectivos espacios para la viruta a 180º en los casos A, B y C (ver *Figura 44*) y a 120º en el caso D (ver *Figura 45*).

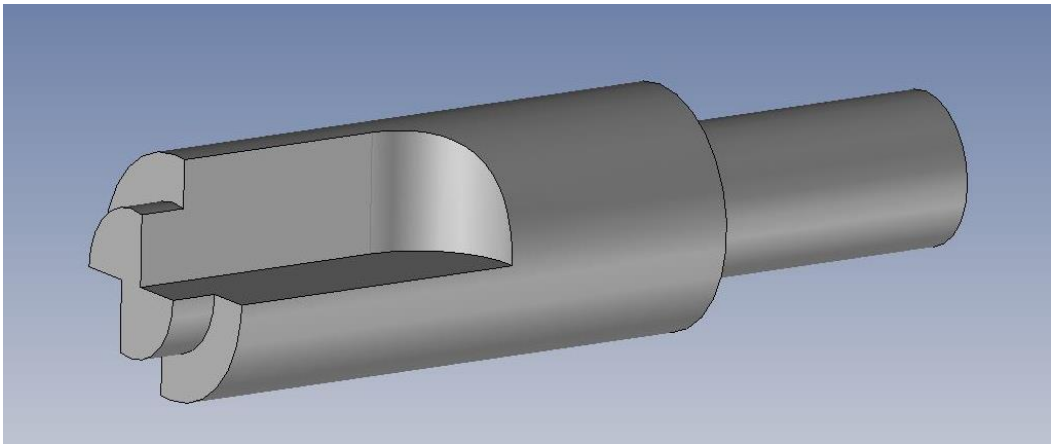


Figura 44. Paso 2; cajeras grandes realizadas a 180º para los casos A, B y C.

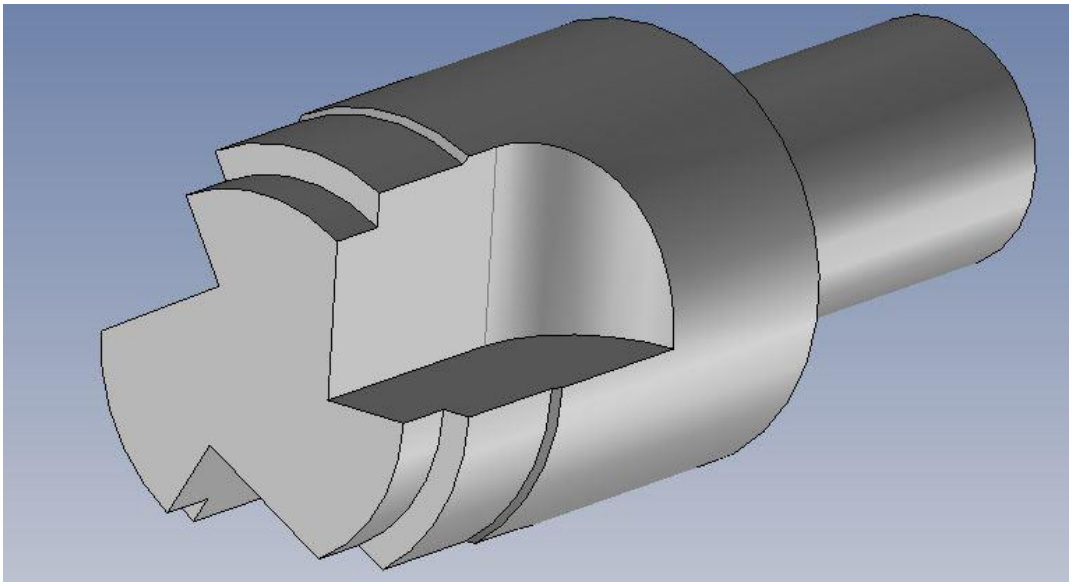


Figura 45. Paso 2; cajeras grandes realizadas a 120º para el caso D.

Asientos de las placas: Este tercer paso (ver *Figura 49*) constituye uno de los procesos más importantes de diseño ya que el resultado de la fabricación de los portaherramientas depende esencialmente de la correcta disposición de las plaquitas de corte. Por ello ha sido necesario emplear una serie de restricciones tanto para el diámetro a conseguir, como en longitud entre las placas de diámetro menor y mayor. En los casos A y B se dispone el asiento de la placa que mecaniza el diámetro menor con el ángulo de 1º y forma rectangular como ya se ha explicado anteriormente.

Existen multitud de maneras para crear este hueco para las placas. En este caso se creó el dibujo de la silueta de las placas sobre los planos realizados anteriormente para eliminar el material con esa geometría. Las paredes del asiento de la plaquita serán perpendiculares a la base hasta la mitad de altura, donde variarán su inclinación para coincidir con el ángulo que de la plaquita que se asiente en dicho hueco, de 7 y 15º respectivamente. En la *Figura 46* se observa el posicionamiento de una de las placas delanteras para los casos A y B apoyada sobre una pared con un mismo ángulo de inclinación que su ángulo de incidencia de 15º. Se tiene en cuenta además el diseño de los desahogos y el taladro central en donde se inserta el tornillo de amarre.

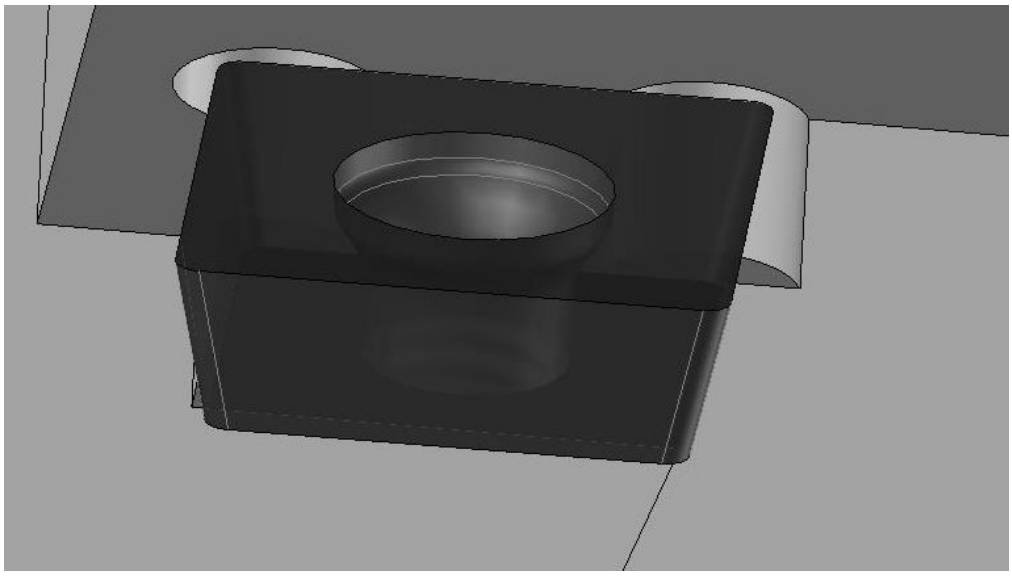


Figura 46. Placa para diámetros más pequeños en los casos A y B colocada en su asiento.

En el portaherramientas del caso D, el diseño de las placas que realizan los chaflanes es más laborioso ya que hay que tener en cuenta que esas placas realizan una operación de acabado, y no de desbaste por lo que debe quedar un mecanizado limpio. El filo de las placas debe coincidir con los valores acotados en los planos proporcionados inicialmente en *7.1.1 Portaherramientas - Número de portaherramientas y geometría a mecanizar* (*Figura 24*) y no deben generar vibraciones ni esfuerzos grandes. A continuación, se indica en la *Figura 47* mediante un ensamblaje la posición del portaherramientas dentro de un boceto de la pieza a mecanizar. En gris oscuro se marca la pieza y en un tono más claro se observa el portaherramientas del caso D. Con esta imagen se puede determinar que la posición de las placas debe ir como se enseña en la *Figura 48*, en donde el contorno de la pieza queda

reflejado en color verde y la silueta de las placas están situadas en el propio contorno simulando la posición de mecanizado.

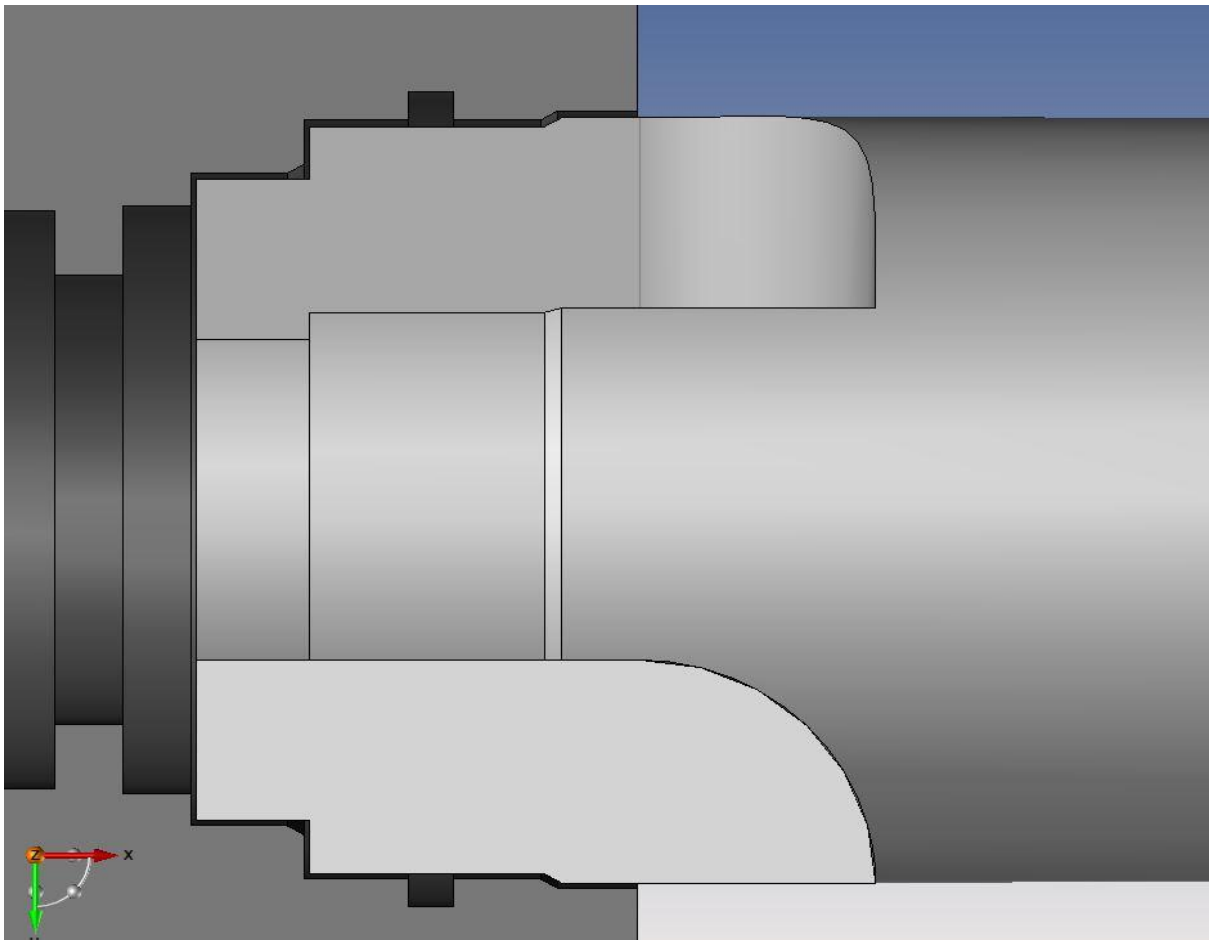


Figura 47. Sección de pieza a mecanizar del caso D con el portaherramientas en su posición más interna en la pieza. Portaherramientas sin placas ni asientos.

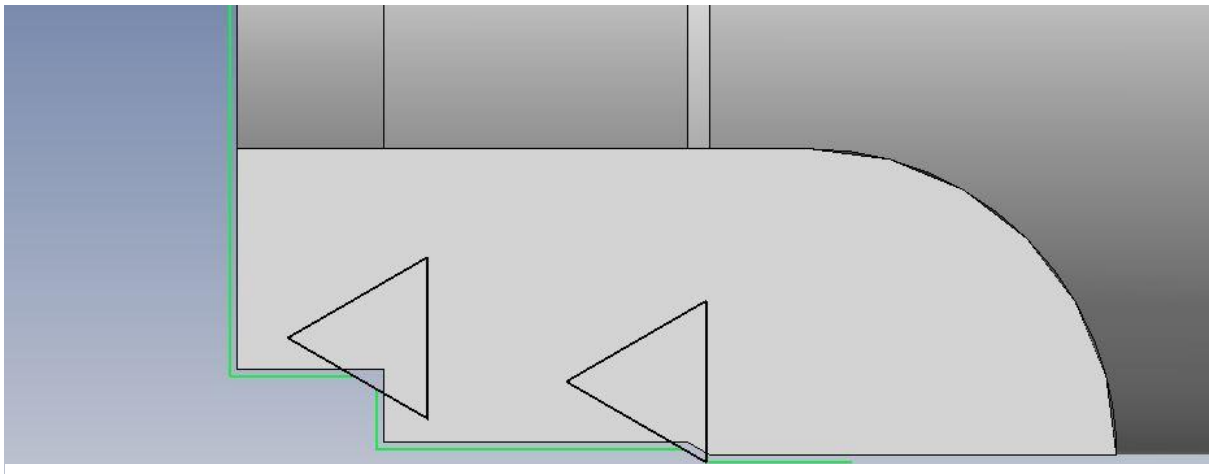


Figura 48. Silueta de placas de chaflanes sobre contorno de la pieza a mecanizar en verde en su posición correcta.

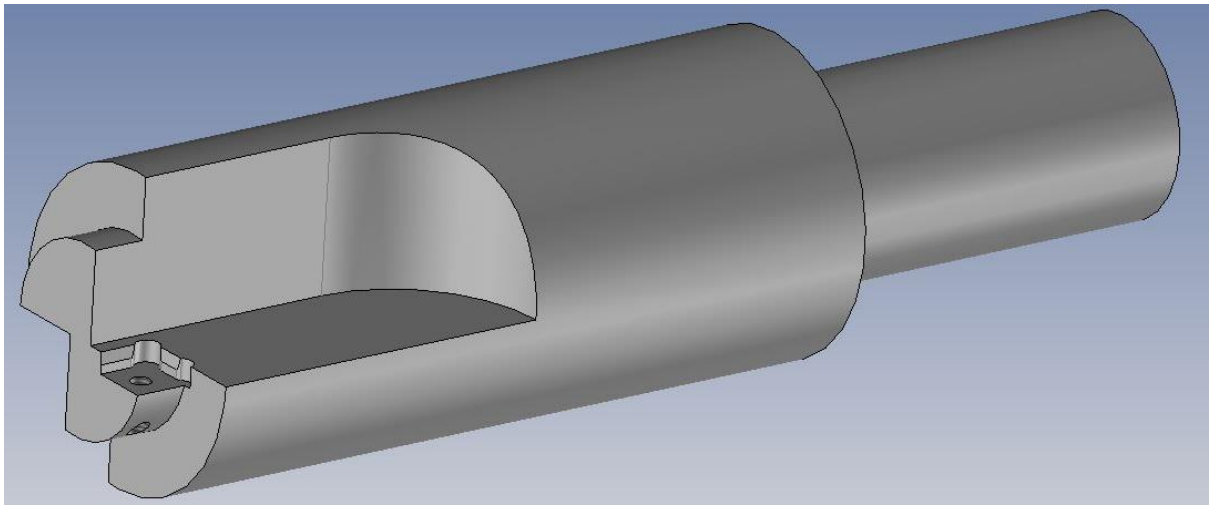


Figura 49. Paso 3; asiento de placas. Vista de la placa cuadrada para menor diámetro en casos A y B.

A la hora de apretar un tornillo en una placa manualmente se puede notar que en la última vuelta y media de rosca tiene un apriete más marcado sin necesidad de un gran esfuerzo. Esto se puede conseguir desplazando ligeramente el eje roscado del portaherramientas respecto el eje de la propia placa. En el caso A y B con la placa rectangular, el eje del agujero de la plaquita se situaría a la mitad del lado de la placa (10,65 mm), es decir, 5,325 mm. Para conseguir este apriete situaremos el centro del agujero del portaherramientas a 0,15 mm menos de los lados donde apoya la placa (5,175 mm). Estas desviaciones pueden variar en medida dependiendo de la calidad de las herramientas a utilizar en la máquina, la precisión de la propia máquina, etc. Para la métrica del agujero roscado se ha seguido la tabla del *DOCUMENTO II. ANEXOS – ANEXO VII. TABLA DE MÉTRICA Y ROSCAS).*

Amarre Weldon: Como se ha comentado en el apartado *7.1.4 amarre del portaherramientas* será un sistema de ajuste Weldon, mediante unos tornillos que apoyarán sobre los planos realizados en el mango del portaherramientas. Las dimensiones quedan especificadas en la *Figura 39* del apartado mencionado. En el caso mostrado en la *Figura 50* corresponde con los casos A, B y C de diámetro 32 mm de mango. Para el mango de 40 mm del caso D no está normalizado por lo que se ha utilizado unas dimensiones aproximadas a las de mango de 32 mm.

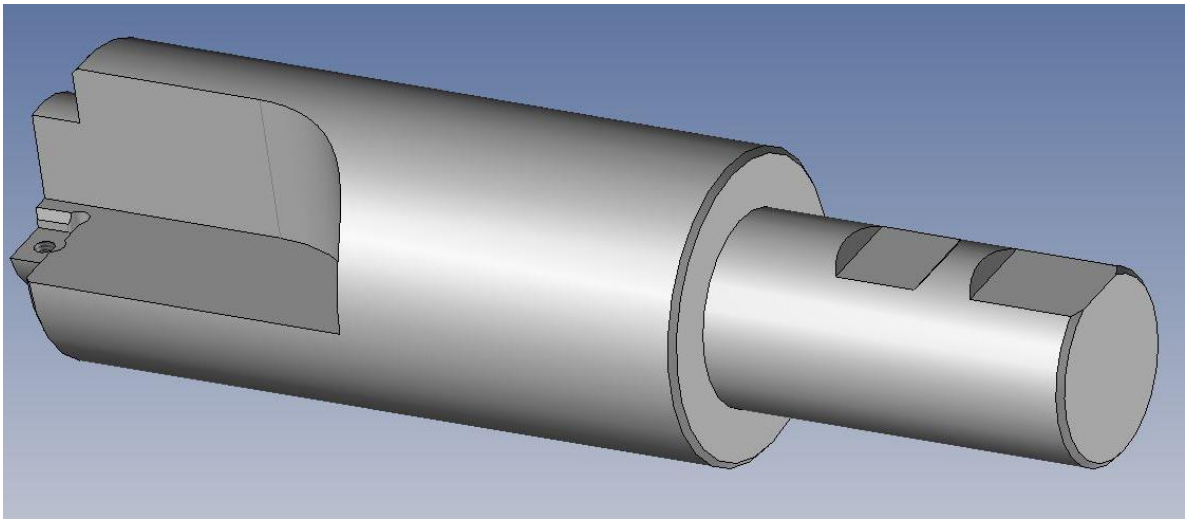


Figura 50. Paso 4; amarre Weldon Ø32 mm para casos A, B y C.

Diseños adicionales: estos diseños se han realizado para buscar un resultado válido a la hora de pasar al mecanizado. Son diseños enfocados a funcionalidad que ayudarán tanto al mecanizado de los portaherramientas como al futuro mecanizado de las piezas del cliente aseguramendo un producto adecuado.

Alargamiento de asientos. En las imágenes siguientes se ejemplifica el motivo del alargamiento del mecanizado de las cajeras. Se toma la placa triangular TCMT como ejemplo ya que es la que se sitúa mecanizando el diámetro mayor y por lo tanto no está en el frente del portaherramientas. En la *Figura 51* se muestra como la placa no tendría todo el filo de corte despejado lo que podría llevar a un mecanizado inadecuado. Además, hay altas posibilidades de que la viruta se pueda quedar atascada entre esta pared y la placa resultando en un mecanizado poco limpio por ligeros movimientos en la placa, choque con la viruta en la pieza, etc. Por estos motivos se crea un espacio amplio como el que se ve en la *Figura 51* para que la placa no tenga ningún obstáculo a la hora de eliminar material en todos los asientos que no se sitúen en el frente del portaherramientas o en donde se necesite.

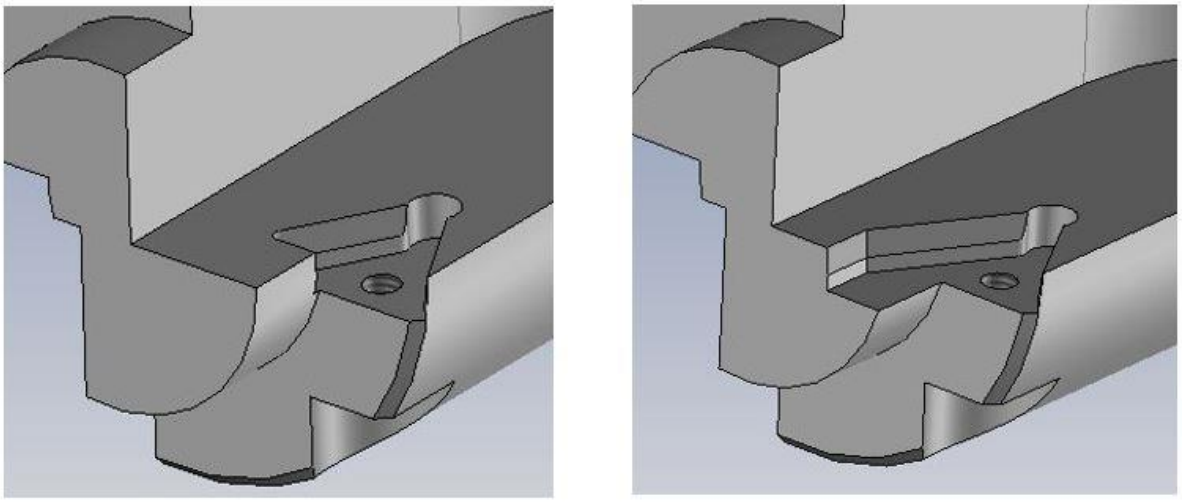


Figura 51. Alargamiento de la pared de las cajeras TCMT.

Esquinas redondeadas en los desahogos de los asientos. En la *Figura 51* anterior también se puede apreciar un pequeño redondeo entre los lados de donde iría la placa y el desahogo. Esto sirve para darle suavidad a la trayectoria que va a realizar la fresa al mecanizar el asiento ya que es un espacio pequeño. En las operaciones de desbaste o acabado de los asientos se necesitan fresas que sean de un diámetro pequeño y largas, porque de lo contrario, el cono BT40 (ver apartado *9.1 PREPARACIÓN DE LA MÁQUINA Y HERRAMIENTAS*) que las sujeta podría chocar contra la pieza a mecanziar. Estas características implican que las herramientas serán frágiles y pueden romperse fácilmente. Si hay una arista puede que la fresa parta al ser un punto de inflexión brusco en el movimiento que supongo un esfuerzo demasiado grande para lo que puede soportar a flexión.

Cajera en la parte posterior de las roscas. En estos portaherramienats se trabaja con métricas pequeñas ya que las placas lo requieren y por lo tanto con herramientas de taladrado y roscado pequeñas y frágiles. A la hora de taladrar o roscar con un macho (como se verá más adelante explicado se decide hacer manualmente) es posible que si las condiciones de corte no son adecuadas o la herramienta esté defectuosa o gastada pueda partir parte de la herramienta dentro del agujero que se esté mecanizando o roscando. Esto puede suponer la pérdida completa de la pieza si se daña el interor de estos agujeros ya que la placa ya no podría colocarse pero en ocasiones es posible que no se dañe simplemente hace falta sacar la parte rota de la herramienta que esté atascada dentro. Para ello se facilita acceder al interior de estos agujeros desde la parte posterior mediante la realización de una cajera (ver *Figura 52*).

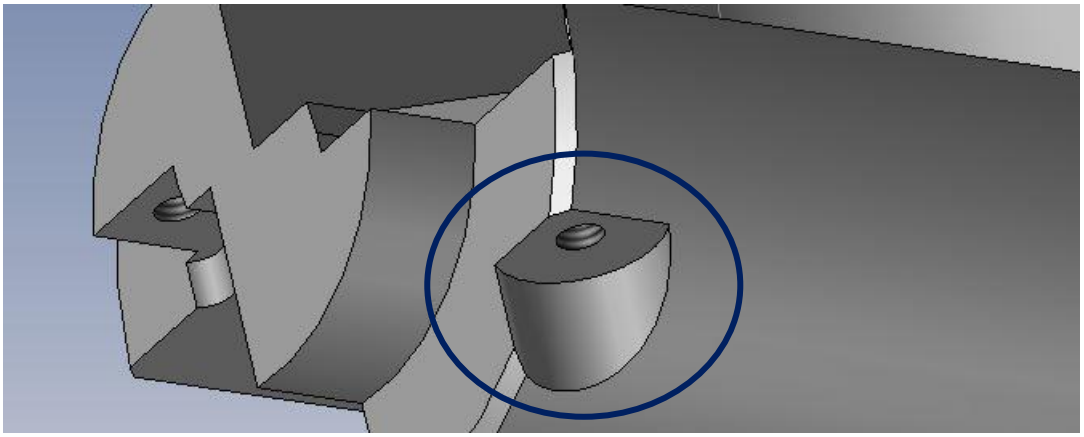


Figura 52. Cajera rodeada en la parte posterior de un asiento TCMT.

Ensamblaje: este es el último paso antes de pasar a la simulación de las operaciones de mecanizado. Es necesario colocar el portaherramientas en su amarre correspondiente, el cono BT 50. Para ello simplemente descargamos el STEP disponible en el catálogo "Ceratizit" y colocamos las restricciones necesarias para que no se mueva el mandrino respecto este amarre. Como el siguiente paso es mecanizar, no es necesario colocar las placas. Además, es necesario indicar al programa la pieza de partida. En nuestro caso, es el propio cilindro del que parte cada portaherramientas, que coincide con la pieza a pedir de torneado. En la *Figura 53* mostrada a continuación se observa la superposición de la pieza de partida con transparecia (pieza de torneado), el diseño final del portaherramientas (pieza diseñada). En la *Figura 54* se enseña uno de los casos, en concreto el caso A, la pieza final deseada por el cliente: el portaherramientas con el amarre del cono BT y con las placas. Tanto este caso A como el resto se encuentran detallados en el *DOCUMENTO III. PLANOS*

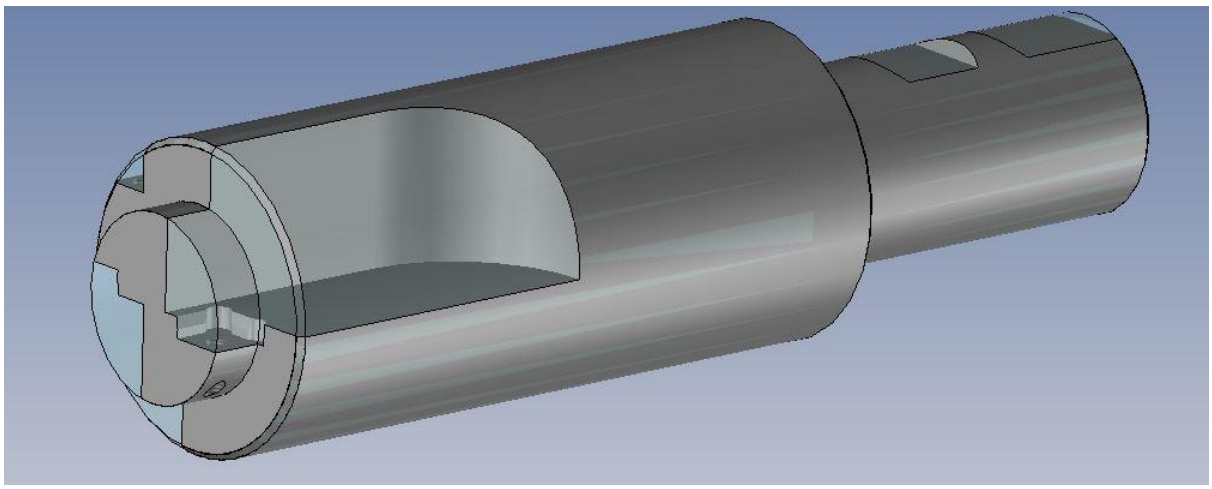


Figura 53. Pieza inicial de torneado superpuesta con diseño del portaherramientas final.

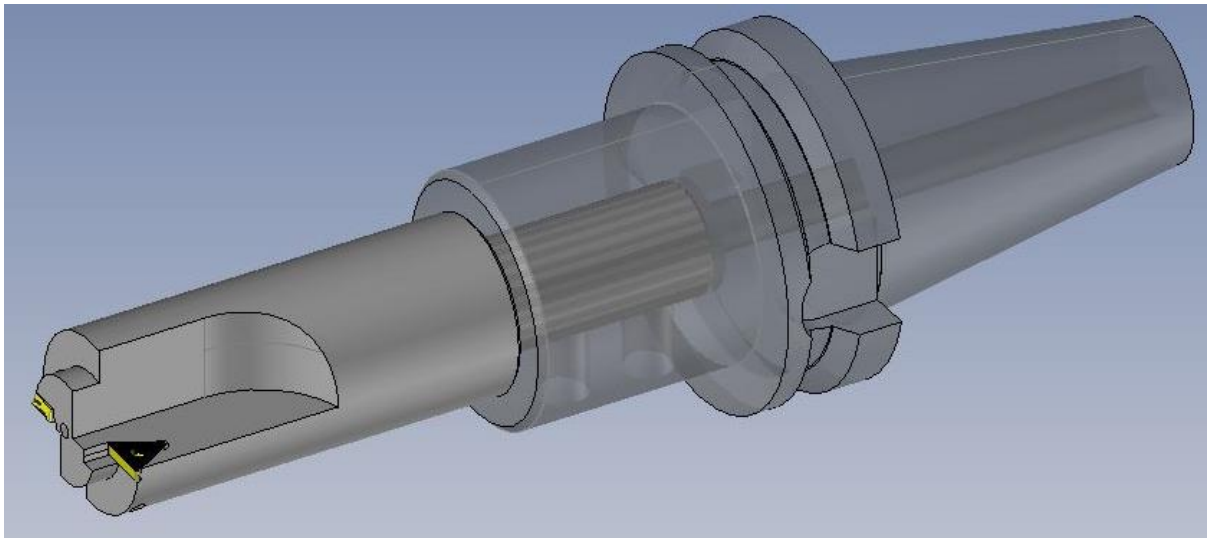


Figura 54. Producto final caso A. Portaherramientas con amarre cono BT 50 y placas colocadas.

8 Operaciones de mecanizado del portaherramientas

En este apartado se va a explicar el proceso para el mecanizado virtual de los cuatro portaherramientas de manera que se agruparán las diferentes operaciones, es decir, primero se hablará de las operaciones comunes en herramientas de todos los madrinos y por último se explicarán las operaciones más específicas. En la *Figura 55* se muestra el entorno con el que se trabajará.

Figura 55. Barra de herramientas parte CAM de TOPSOLID.

A la hora de comenzar el mecanizado hay una fase de preparación en donde se elige la máquina, la pieza final y la pieza de la que se parte. Estos dos últimos se introducen en la simulación en forma de ensamblaje y seleccionando la funcionalidad de cada uno. Deben quedar superpuestos de tal manera que durante la simulación se puede visualizar la eliminación del material (bruto) hasta llegar a la pieza final (pieza diseñada). También es necesario indicar dónde está sujeta la herramienta; en la mesa mediante la mordaza o en el divisor (eje C). Para todos los portaherramientas se elige el eje C a la hora de crear todas las operaciones generales, y la mesa para crear las operaciones de los amarres Weldon.

El CAM toma las referencias para poder generar código G desde la ubicación del origen de coordenadas, llamado “cero pieza”. El cero pieza es elegido por el usuario del CAM. En nuestro caso se elegirán dos puntos. Uno para las operaciones de los planos Weldon, ya que se sujetará la pieza con una mordaza y otro para el resto de las operaciones. El primer punto se situará en la cara entre el mango y el diámetro mayor, sobre el eje del portaherramientas y a la máxima altura, como se muestra en la *Figura 56*. El segundo punto, se situará en el frente del portaherramientas y sobre su eje de rotación (ver *Figura 57*). Ambos puntos serán elegidos de la misma manera para todos los portaherramientas.

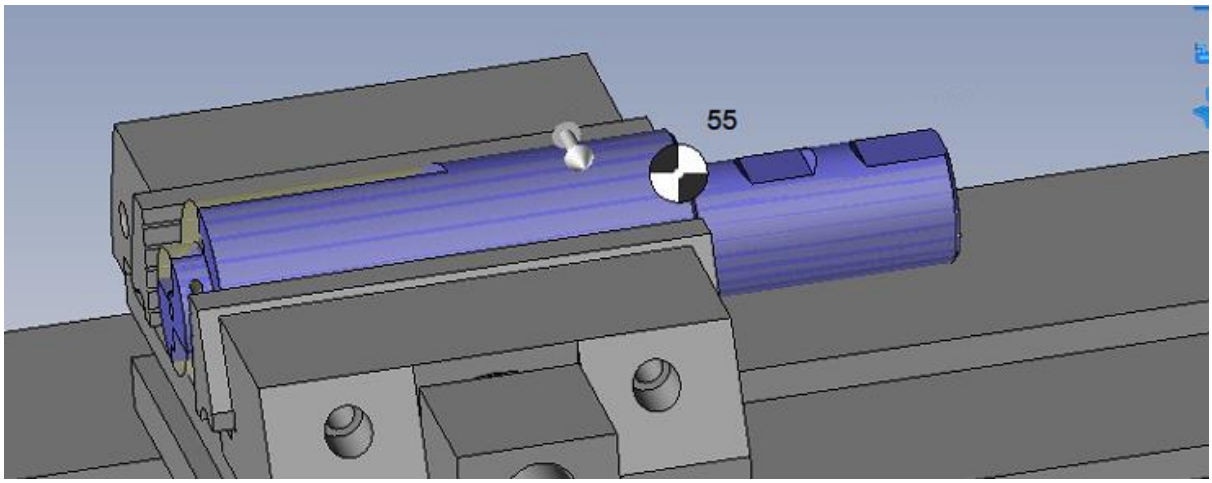


Figura 56. Punto cero de las operaciones de los planos Weldon.

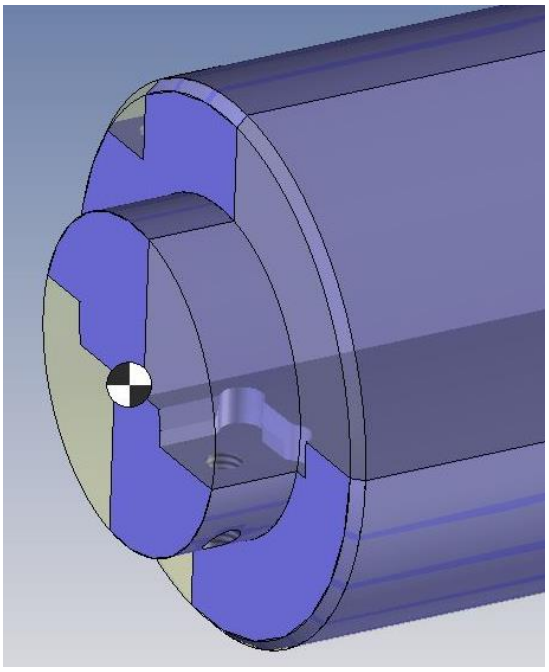


Figura 57.Punto cero de la pieza amarrado en divisor.

De cara al usuario, el programa facilita la elección de parámetros. Cuando seleccionamos (en la pieza final) la zona a mecanizar mediante fresado, por ejemplo, el programa aparentemente tomará la base de la zona como suelo y la pared como pared. Así el usuario podrá elegir los valores que considere en: sobremedida en el suelo y sobremedida en la pared para entrar más o menos en el material según convenga en cada operación. Además, es un sistema progresivo, es decir, una vez mecanizada una parte, se reiniciarán las cotas de suelo y pared para que el usuario no necesite realizar cálculos acumulando medidas. Si quisiéramos, por ejemplo, mecanizar una cajera, la base de esta será la altura 0, y su pared tendrá la distancia de pared a 0 (de cara al usuario).

- Sobremedida en el suelo: es el excedente que se dejará sin mecanizar en el plano perpendicular aj eje de la herramienta hasta llegar al diseño final (>0) o material que se mecanizará de más sobrepasando las medidas finales de diseño (<0).

- Sobremedida en la pared: es el excedente que se dejará sin mecanizar en el plano paralelo al eje de la herramienta hasta llegar al diseño final (>0) o material que se mecanizará de más sobrepasando las medidas finales de diseño (<0).

En la *Figura 58* se visualizan parámetros que se emplearán para la designación de cada operación de fresado. Esto son: velocidad de corte (rpm), avance (mm/min) y profundidad de corte axial (máxima) (mm). No se utilizará el parámetro de profundidad de corte radial ya que el programa lo detectará automáticamente y el usuario no tendrá necesidad de modificar este valor.

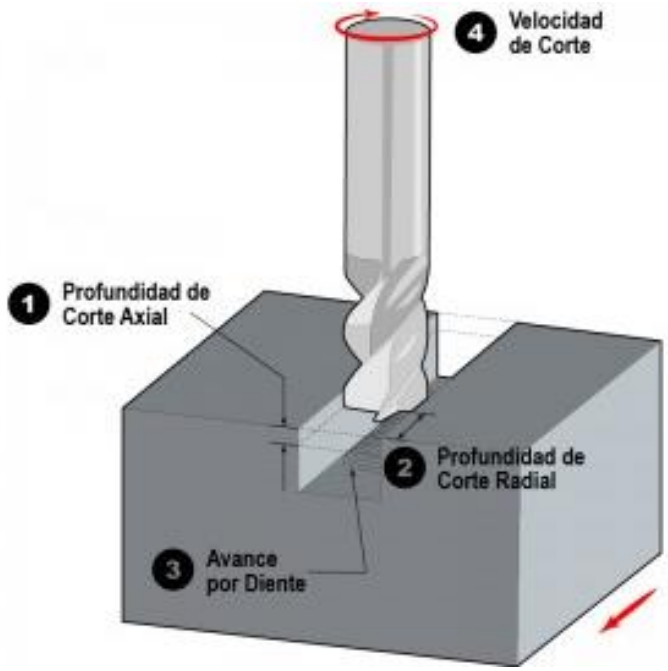


Figura 58. Parámetros de mecanizado. 1-Profundiad de corte Axial, 2-Profundiad de corte Radial, 3- Avance por diente, 4- Velocidad de Corte [29].

La elección de las velocidades de rotación (rpm) de la herramienta y las velocidades de avance (mm/min) se han hecho bajo la experiencia y conocimientos de los operarios. Muchas de las herramientas utilizadas se han fabricado en la propia empresa “Innova4tools” por lo que la recomendación del fabricante de la herramienta son los mismos que han aconsejado sobre estos valores.

Todos los fresados se harán en concordancia, es decir, a favor del avance de la pieza (*Figura 59*). Se emplea este método para evitar que el filo de la fresa roce la superficie creando un mal acabado en el mecanizado, altas temperaturas, o endurecimiento de la superficie de la pieza debido al filo anterior al de corte. Fresar en concordancia proporcionará más vida útil en general y un posible fallo prematuro a la herramienta. Hay que tener en cuenta que en este tipo de fresado la viruta pasará de ser más gruesa a más fina y las fuerzas de corte empujan la pieza hacia la fresa, lo que mantiene el filo en el corte evitando vibraciones en el mecanizado.

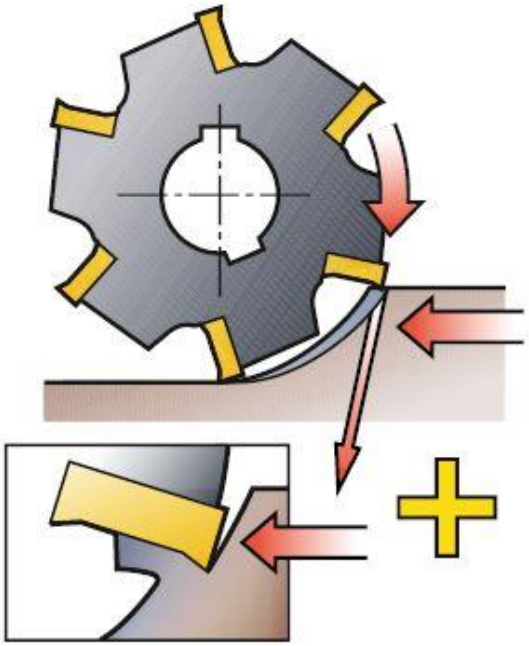


Figura 59. Fresado en concordancia [30].

Después de la explicación de cada apartado, se mostrarán unas tablas recopilando las características concretas requeridas en cada operación, por lo que a cada operación le corresponderá un tipo de tabla diferente. Los parámetros no son iguales para un fresado, para un punteado, o un taladrado. En el caso de las operaciones de las cajeras grandes tanto para el desbaste como el acabado, se dispondrán las tablas de los 4 portaherramientas puesto que es la operación de mecanizado que más material hace falta eliminar. Esto implica que la variación de los tiempos de mecanizado, especialmente en la operación de desbaste pueden

diferir notablemente. En el resto de las operaciones se presentará solo una tabla que muestre la media del tiempo de los portaherramientas en cada operación ya que varía muy poco y no afectará al cálculo de presupuesto (ver *DOCUMENTO III.PRESUPUESTO*) en función de los tiempos. Junto con la mención de las herramientas utilizadas se indicará entre paréntesis el nombre correspondiente de cada herramienta asignado en el programa TOPSOLID para identificarlas (ver *DOCUMENTO II. ANEXOS – ANEXO IV. BIBLIOTECA DE HERRAMIENTAS*).

OPERACIONES COMUNES PARA LOS 4 PORTAHERRAMIENTAS

En los cuatro portaherramientas se realizarán una serie de operaciones en las que solo variarán los parámetros, pero no la estrategia. Estos son: amarre Weldon, fresado de desbaste de las cajeras grandes, fresado de acabado de las cajeras grandes, taladrado de los desahogos, fresado de desbaste de los asientos, punteado del agujero del asiento, taladrado del agujero del asiento, roscado del agujero del asiento (manualmente) y fresado de acabado de los asientos.

- **Amarre Weldon**

Esta operación debe ser la primera en realizarse ya que, sin unos planos en el mango de los portaherramientas, no se podría colocar el cono BT50 y por lo tanto tampoco se podría sujetar en el centro de mecanizado para la fabricación general. No es estrictamente necesario que se mecanicen con mucha precisión estos planos ya que solo servirán para asentar los tornillos del cono y que no gire loco el portaherramientas en las operaciones posteriores.

La pieza se sujeta en la mordaza ya que solo son necesarios dos planos paralelos a la mesa de trabajo. Se empleará una fresa de diámetro 12 mm (FW D11,458 M12) para el desbaste de ambos planos. Se le proporcionará una velocidad de 1450 rpm y un avance de 500 mm /min. No se dejarán sobremedidas puesto que se programará la operación para que la última pasada, en la base, la haga de 0,2 mm (profundidad axial máxima) para realizar desbaste y acabado en la misma operación. Para eliminar material de las partes que se visualizan a 45º se utilizará una fresa de chaflán a 90º acabada en punta (CH D12 90 en punta). Esta herramienta girará a una velocidad de 1600 rpm y tendrá un avance de 500 mm/min. Se indicará que solo realice una pasada en la arista unión entre base y plano inclinado. Esta operación se realizará en un par de pasadas por cada arista puesto que solo se necesita eliminar poco material. En las *Figura 60* y *Figura 61* se puede observar la trayectoria que realiza esta herramienta tanto en el desbaste como el contorneado . En estas imágenes se visualiza la trayectoria general, en donde mediante línea discontinua se muestran los

movimientos rápidos y mediante continua los movimientos propios de la herramienta mecanizando.

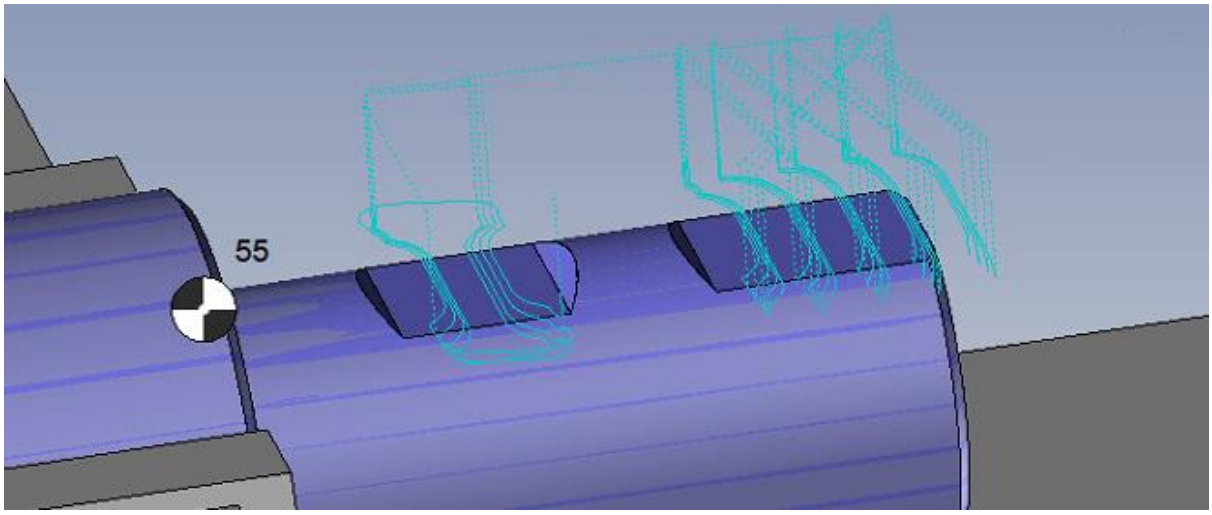


Figura 60. Trayectorias operación de desbaste de los planos Weldon.

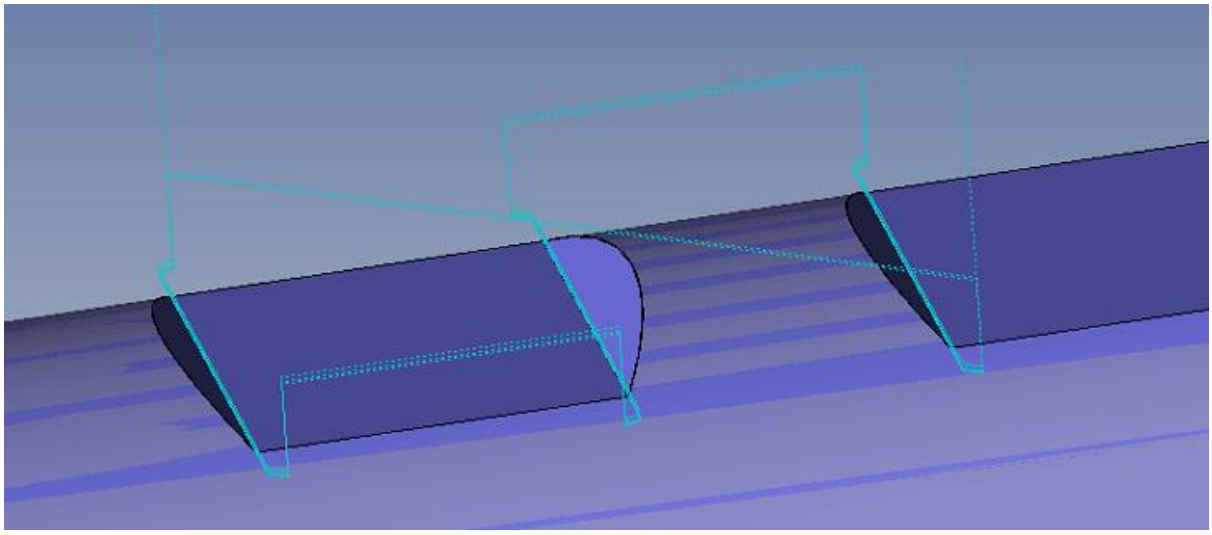


Figura 61. Trayectorias operación contorneado de los planos Weldon.

Tabla 5. Parámetros operación planos Weldon.

	VEL. (rpm)	AV. (mm/min)	SOBREMEDIDA EN EL SUELO (mm)	SOBREMEDIDA EN LA PARED (mm)	PROF. AXIAL MÁXIMA (mm)	TIEMPO OPERACIÓN
DESBASTE	1450	500	0	0	0,5	00:01:51:892
	Pasadas: 4					
CONTORNEADO	1600	500	0	-0,01	0,2	00:00:37:905
	Pasadas: 2					

- **Cajeras Grandes**

Para crear el vaciado de la cajera por donde sale la viruta y en donde se realizará el asiento de la placa se realizarán dos operaciones. Una de desbaste y otra de acabado. Para la operación de desbaste se elige un plato de fresado de diámetro 25 (plato 25), una velocidad de rotación de 1790 rpm y una velocidad de avance de 500 mm/min. La dirección de y la estrategia a utilizar es un contorneado sucesivo para que así la eliminación del material se realice siempre en la misma dirección. Para esta operación la profundidad de corte es de 1 mm. Para la operación de acabado se ha elegido una fresa de diámetro 15 (FW D15 M16 cuello). En este caso no se deja ningún tipo de sobremedida. La profundidad axial máxima (ver *Figura 58*) elegida es de 20mm para que la herramienta de las mínimas pasadas posibles ya que prácticamente no tiene material que comer y por tanto el esfuerzo que tiene que realizar es pequeño. La velocidad utilizada en esta herramienta es de 3820 rpm y una velocidad de avance de 764 mm/min. Por defecto el programa realizará las pasadas en función de la altura que hay que mecanizar y la profundidad axial máxima que se le ha proporcionado a dicha herramienta. Es por ello por lo que en este caso para ahorrar pasadas en vacío que lo único que suman es tiempo, se aplica una estrategia de ajuste que se adapte al excedente dejado por la operación de desbaste anterior.

En las *Figura 62* y *Figura 63* se pueden observar mediante líneas en color amarillo las trayectorias que realiza el centro de la herramienta. En la base se muestra en color naranja y rayado la superficie que ocupa toda la herramienta de manera que se puede comprobar que no existe colisión entre la misma y el contrapunto (elemento gris). En color verde se observan unas líneas que indican los movimientos rápidos que efectúa la fresa fuera de la pieza a la distancia de seguridad que, por defecto, es de 2 mm, aunque dicho valor de puede modificar en función de las preferencias y consideraciones del usuario a la hora de mecanizar.

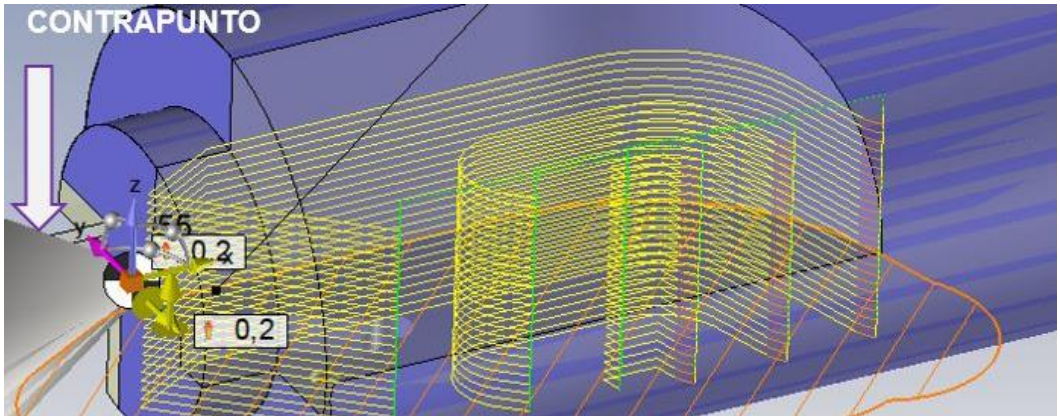


Figura 62. Trayectorias operación de desbaste en una cajera para la viruta.

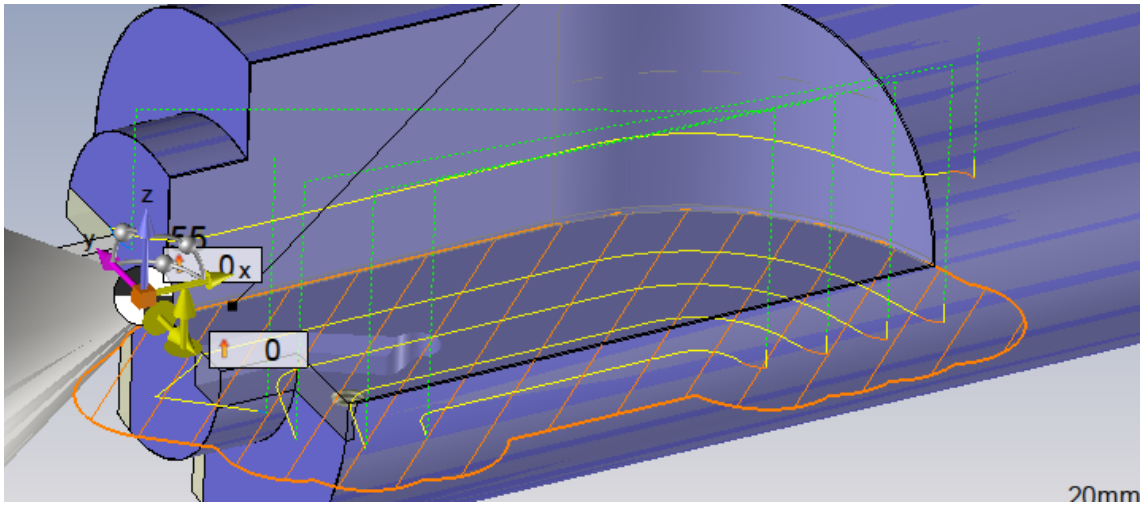


Figura 63. Trayectorias operación de acabado en una cajera para la viruta.

A continuación, se indican los parámetros de dichas operaciones en las siguientes tablas.

Tabla 6. Parámetros operación cajeras grandes portah. 1

	VEL. (rpm)	AV. (mm/min)	SOBREMEDIDA EN EL SUELO (mm)	SOBREMEDIDA EN LA PARED (mm)	PROF. AXIAL MÁXIMA (mm)	TIEMPO OPERACIÓN
DESBASTE	1790	500	0,2	0,2	1	00:09:12:076
	Pasadas: 25					
ACABADO	3820	764	0	0	20	00:00:32:288
	Pasadas: 2					

Tabla 7. Parámetros operación cajeras grandes portah. 2

	VEL. (rpm)	AV. (mm/min)	SOBREMEDIDA EN EL SUELO (mm)	SOBREMEDIDA EN LA PARED (mm)	PROF. AXIAL MÁXIMA (mm)	TIEMPO OPERACIÓN
DESBASTE	1790	500	0,2	0,2	1	00:10:23:309
	Pasadas: 27					
ACABADO	3820	764	0	0	20	00:00:30:284
	Pasadas: 2					

Tabla 8. Parámetros operación cajeras grandes portah.3

	VEL. (rpm)	AV. (mm/min)	SOBREMEDIDA EN EL SUELO (mm)	SOBREMEDIDA EN LA PARED (mm)	PROF. AXIAL MÁXIMA (mm)	TIEMPO OPERACIÓN
DESBASTE	1790	500	0,2	0,2	1	00:09:10:134
	Pasadas: 30					
ACABADO	3820	764	0	0	20	00:00:32:288
	Pasadas: 2					

Tabla 9. Parámetros operación cajeras grandes portah. 4

	VEL. (rpm)	AV. (mm/min)	SOBREMEDIDA EN EL SUELO (mm)	SOBREMEDIDA EN LA PARED (mm)	PROF. AXIAL MÁXIMA (mm)	TIEMPO OPERACIÓN
DESBASTE	1790	500	0,2	0,2	1	00:09:12:076
	Pasadas: 34					
ACABADO	3820	764	0	0	20	00:00:32:288
	Pasadas: 2					

- **Asientos**

Para el mecanizado de los asientos donde se colocan las placas se realizarán 5 operaciones diferentes.

- Taladrado para el desahogo
- Cajera del asiento
- Punteado
- Taladrado central
- Fresado cónico

- Taladro para el desahogo:

Se comienza taladrando el pequeño desahogo de los vértices de las geometrías. En el caso de los asientos triangulares se hará un solo taladro y en los casos en donde el asiento es cuadrado se realizarán dos. Esta operación, aunque comúnmente se pueda pensar que tiene que realizarse con un taladro, se empleará una pequeña fresa de diámetro 4 mm (D4 M6). Al ser dimensiones pequeñas tanto en diámetro y profundidad se puede emplear una fresa que luego continúe realizando la siguiente operación de cara a la reducción de tiempos de mecanizado. Debido a que la fresa se va desgastando a medida que se utiliza, para esta operación de taladrado se le va a dar una sobre profundidad de 0,1 mm. Esto quiere decir que tomando la base de la cajera como cota cero, la herramienta bajará 0,1 mm por debajo de esta referencia comiendo más material del diseñado inicialmente. Esto asegura que terminada la cajera por completo el taladrado será ligeramente más profundo que la cajera evitando que al colocar la placa no se pueda quedar elevada o mal encajada. Se le proporciona a esta herramienta en este caso una velocidad de 5000 rpm y una velocidad de avance de 500 mm/min. En la *Figura 64* se muestra la trayectoria correspondiente con la herramienta de taladro en esta operación. Las líneas discontinuas verdes indican el acercamiento al material. La línea continua amarilla indica la trayectoria en donde la herramienta ya está en contacto con el material a eliminar.

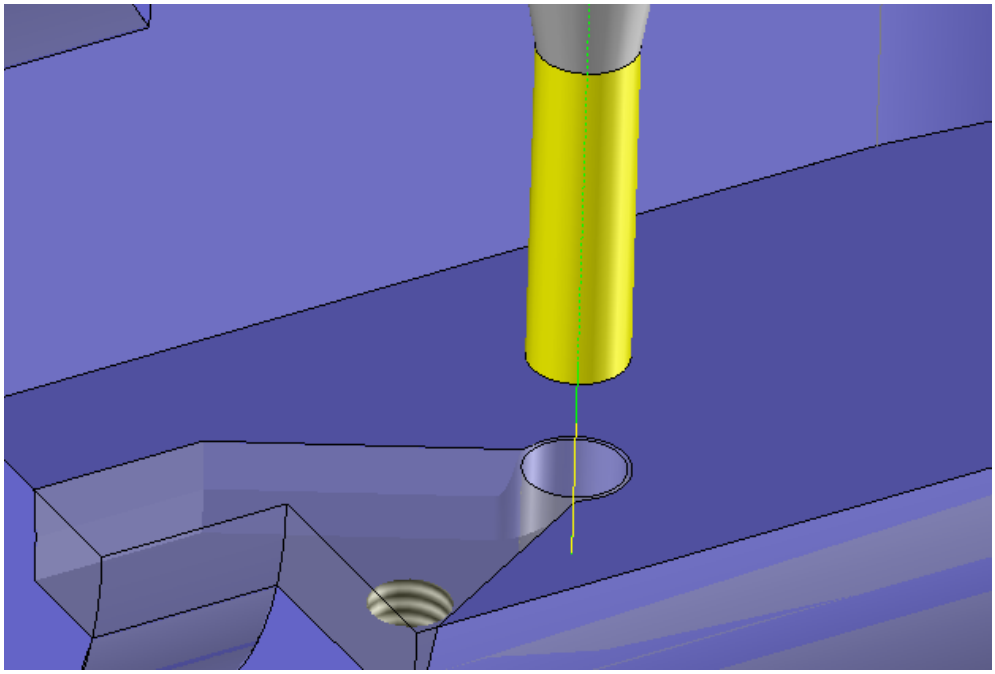


Figura 64. Trayectoria de taladrado para el desahogo de un asiento.

Tabla 10. Parámetros operación desahogos en función de placas.

VEL. (rpm)	AV. (mm/min)	DIÁMETRO (mm)	PROFUNDIDAD MECANIZADO (mm)	SOBREPROFUNDIDAD (mm)	TIEMPO OPERACIÓN
5000	500	4	5,4	-0,1	00:00:05:962
TALADRADO - FWD4M6 - placa: 880-0604W08H-P (2 desahogos)					
5000	500	4	5,87	-0,1	00:00:06:398
TALADRADO – FW D4 M6 – placa: TCMT 16T308					
5000	500	4	5,87	-0,1	00:00:07:409
TALADRADO-FWD4M6-placa: 2 × TCMT 16T308					

- Cajera del asiento:

El desbaste de la cajera se realiza con la misma herramienta, pero en este caso la velocidad de giro será de 5000 rpm y la velocidad de avance de 1000 mm/min ya que se trata de un fresado. Se dejará una sobremedida tanto en el suelo como en la pared de 0,05 mm y una profundidad máxima axial de 0,3 mm. De esta manera hay poco material que eliminar en el acabado dejando un buen mecanizado La operación se realiza de la misma manera independientemente de la geometría del asiento. Ver *Figura 65*.

Para conseguir un buen acabado en el asiento se emplea una fresa de diámetro 3 mm (FW D3 M6 larga) que sea capaz de adentrarse en los espacios realizados para los desahogos sin dejar pequeños radios entre el suelo y la pared. Al ser un acabado no dejamos sobremedida de ningún tipo porque queremos que se ajuste al diseño y le proporcionamos una velocidad de rotación de 5000 rpm y un avance de 1000 mm/min con una profundidad axial máxima de 0,4. Es necesario realizar pequeñas pasadas cuando se utiliza una herramienta tan fina ya que, además, para evitar choque entre el cono que la sujeta y el hierro a mecanizar se deja un voladizo que puede provocar que la herramienta sufra suficiente flexión como para romperse. La estrategia utilizada, al igual que en fresados anteriores es de un contorneado sucesivo para que la herramienta coma material en la misma dirección. Para no realizar trayectos en vacío elegimos que considere el excedente dejado en la operación anterior de desbaste. De esta manera la fresa realizará pasadas por el contorno del asiento

hasta llegar a la base, donde realizará las trayectorias completas por la base como se observa en la *Figura 66*.

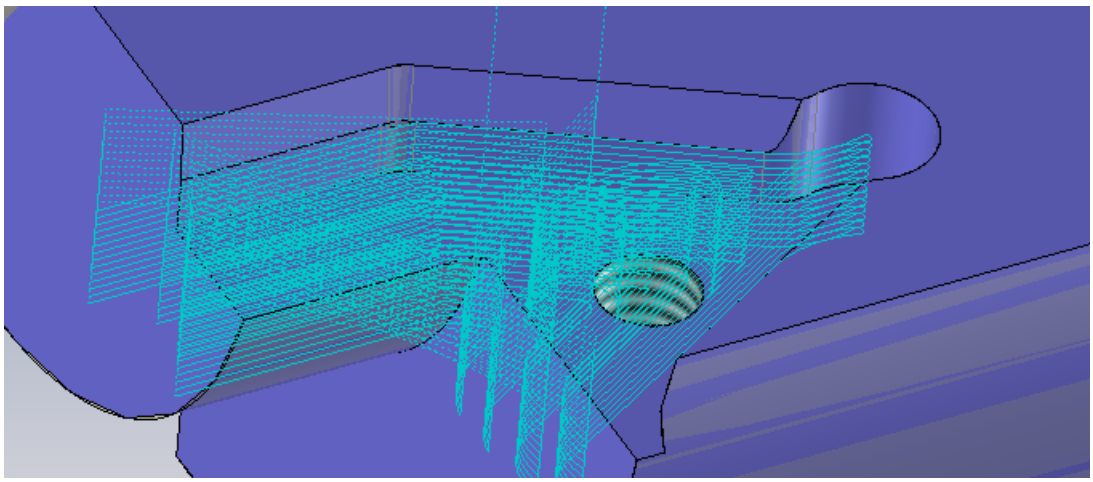


Figura 65. Trayectoria del fresado para el desbaste de un asiento.

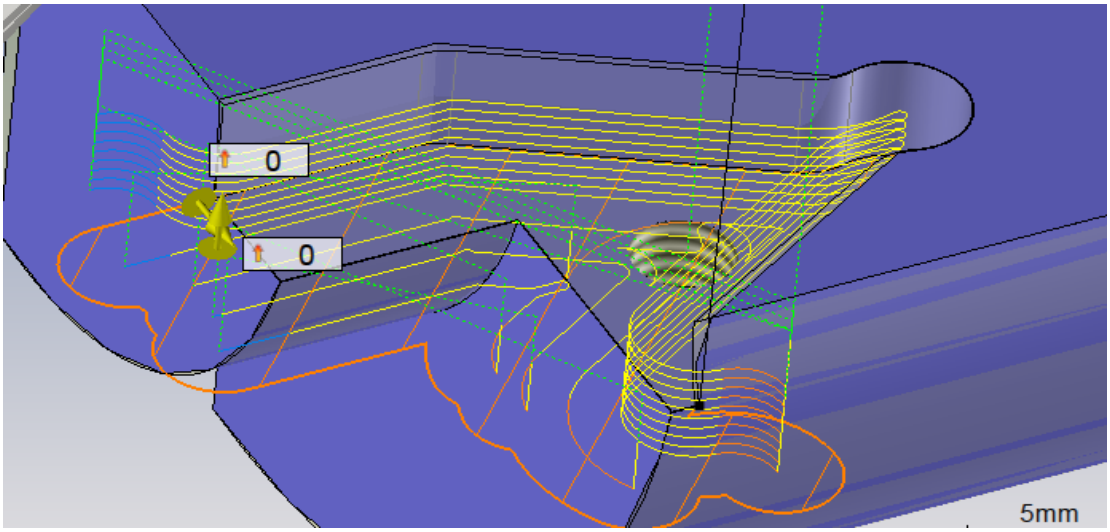


Figura 66. Trayectorias del fresado en el acabado del asiento.

Tabla 11. Parámetros operación asientos.

	VEL. (rpm)	AV. (mm/min)	SOBREMEDIDA EN EL SUELO (mm)	SOBREMEDIDA EN LA PARED (mm)	PROF. AXIAL MÁXIMA (mm)	TIEMPO OPERACIÓN
DESBASTE	5000	1000	0,2	0,2	0,4	00:09:12:076
	Pasadas: 9 FRESADO – FW D4 M6 - placas- todos los tipos					
ACABADO	5000	1000	0	0	20	00:00:32:288
	Pasadas: 9 FRESADO – FW D3 M6 - placas- todos los tipos					

- Punteado:

Antes de realizar un taladrado realizamos siempre un punteado, ya que esto ayudará a guiar el taladro de manera que evitamos que se produzca una flexión y que se clave la punta de la herramienta exactamente donde se desea. La herramienta que se empleará es una broca de puntear HSS (BR PUNTEAR HSS larga) con un diámetro inferior de 3mm y un diámetro superior de 6mm. Una velocidad de giro de 1800 rpm y un avance de 18 mm/min.

Como se ha explicado en el apartado *7.2 Desarrollo del CAD - Diseños adicionales - Cajera en la posterior de las roscas*, se realiza un mecanizado posterior para asegurarnos en caso de rotura de la herramienta dentro del agujero poder sacarlo con más facilidad. Este mecanizado no será de alta importancia ya que no requiere ninguna tolerancia ni requisito, solo hace falta generar un espacio amplio sin importar la calidad de este. Se empleará una fresa de 12 mm de diámetro (FW D11,458 M12) en operación de taladrado. Se proporcionó 1230 rpm y un avance de 95 mm/min.

Tabla 12. Parámetros operación punteado.

VEL. (rpm)	AV. (mm/min)	DIÁMETRO (mm)	PROFUNDIDAD MECANIZADO (mm)	DIÁAMETRO IMPRESO (mm)	TIEMPO OPERACIÓN
1800	18	2,9 (M3,5) 3,3 (M4)	5,1	2,0727	00:00:17:682
TALADRADO- PUNTEADO- BROCA DE PUNTEAR HSS					

Taladro central:

Dependiendo de las placas a utilizar se utilizarán unas brocas de distintas medidas según la tabla del *DOCUMENTO II. ANEXOS – ANEXO VII. TABLA DE MÉTRICA Y ROSCAS.* Las métricas correspondientes con las placas son M3,5 – M4 – M4.

Tabla 13. Parámetros operación taladros asientos

	VEL. (rpm)	AV. (mm/min)	DIÁMETRO (mm)	PROFUNDIDAD MECANIZADO (mm)	PREPROF AGUJERO PASANTE (mm)	TIEMPO OPERACIÓN
	1756	105	2,9 (M3,5)	8,8372	1	00:00:07:172
BROCA 2,9	TALADRADO - PLACAS: 880-0604 W08H-P y TCMT 110304					

	1543	100	3,3 (M4)	9,9526	2	00:00:16:505
BROCA 3,3	TALADRADO - PLACAS: TCMT 16T308					

- Fresado cónico

Esta operación junto con la de la cajera del asiento es una de las más importantes. Para su ejecución y por falta de experiencia con el mecanizado, se ha realizado poco a poco. Se han empleado las fresas cónicas de 7º (FW D2 7º) y de 15º (FW D2 15º) con diámetros inferiores de 2 mm aproximadamente para realizar la pared inclinada de los asientos y se han programado sus parámetros en el TOPSOLID. La diferencia entre estas operaciones y el resto es que, desde la pantalla del centro de mecanizado, se le han designado radios ligeramente mayores a los que tienen las herramientas realmente. La fabricación de las fresas cónicas es compleja sumado a tolerancias de las máquinas que la fabrican, a lo largo de la conicidad que ésta presenta, es probable que el ángulo de corte varíe ligeramente.

Tanto a la fresa de 7º como la de 15º se le proporcionaron una velocidad de 5000 rpm y un avance de 700 mm/min. Esta operación correspondería con un contorneado (ver *Figura 67*) en el que solo se darían un par de pasadas ya que es muy poco material el que hay que eliminar.

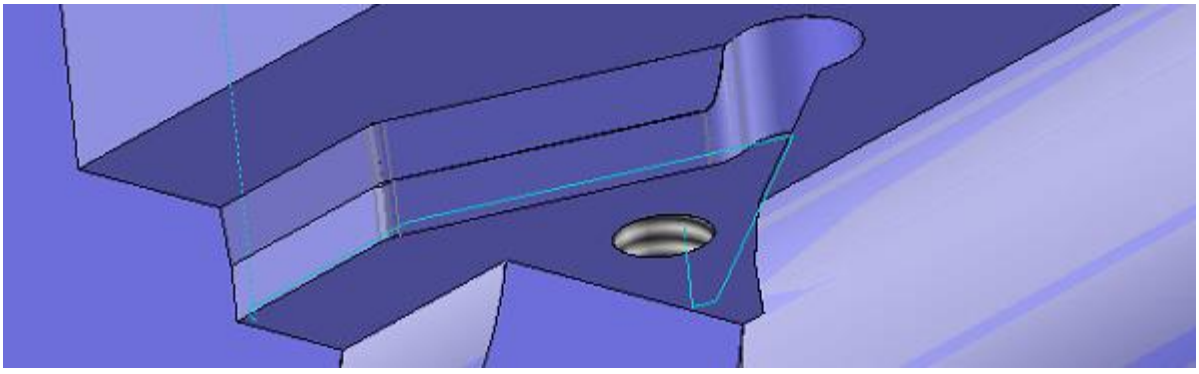


Figura 67. Trayectoria contorneado asiento de placa.

Tabla 14. Parámetros operación contorneado asientos.

	VEL. (rpm)	AV. (mm/min)	SOBREMEDIDA EN EL SUELO (mm)	SOBREMEDIDA EN LA PARED (mm)	PROF. AXIAL MÁXIMA (mm)	TIEMPO OPERACIÓN
	5000	1000	-0,1	0,1228	5	00:00:15:304
FRESA 7º	CONTORNEADO – FW D2 7º - placas -TCMT 16T308 // TCMT 110304					

	5000	1000	-0,1	0,1944	5	00:00:13:555
FRESA 15º	CONTORNEADO – FW D2 15º -placas - 880-0604 W08H-P					

Sumando todos los tiempos proporcionados, y teniendo en cuenta detalles como por ejemplo número de desahogos por placa y número y tipos de placas que tiene cada portaherramientas, se obtiene el tiempo de mecanizado de cada uno de ellos. Se aplica un factor de corrección ya que los valores de tiempo son una estimación del programa y no se están teniendo en cuenta el tiempo de cambios de herramientas. Al calcular los tiempos de cara al presupuesto (DOCUMENTO III. PRESUPUESTO) se tiene en cuenta también los tiempos en los que no se mecaniza, si no que son de preparación de las piezas, el palpado del cero pieza, reducciones de velocidades y avances en casos necesarios puesto que las herramientas igual ya no están afiladas o se escucha golpeteo, etc. Además, se añade un tiempo estimado de preparación de la pieza, que incluye medición de todas las herramientas, su colocación en los útiles y estos a su vez en la máquina.

	Tiempo de mecanizado de operaciones teórico (hh:mm:ss)	**Tiempo aplicando el factor de corrección: 2,5 (hh:mm:ss)**
Portaherramientas 1	0:33:38	1:24:05
Portaherramientas 2	0:34:47	1:26:57
Portaherramientas 3	0:33:42	1:24:15
Portaherramientas 4	0:54:52	2:17:10

9 Biblioteca de herramientas

De cara el mecanizado es necesario saber qué herramientas se van a utilizar. TOPSOLID cuenta con una biblioteca interna de herramientas que se pueden diseñar en función de unas características concretas elegidas por el software, pero cuando las herramientas cuentan con pequeñas variaciones a las que dispone el programa pueden surgir colisiones indeseadas a la hora de mecanizar. Este dato es importante puesto que Innova4tools crea sus propias herramientas y se han podido elegir las geometrías más adecuadas para este proyecto. Por ello el método empleado en este trabajo consta del diseño de las herramientas a utilizar y su asignación, mediante una función de TOPSOLID, como fresa, broca, etc.

Para el diseño de las herramientas de la biblioteca se ha partido de un boceto de la silueta que crearía la herramienta al revolucionarse y la operación de revolución. Para la optimización del diseño de las herramientas y no tener que crear una a una de cero, se han parametrizado, como se ejemplifica en la *Figura 68*, los valores mostrados a continuación:

- Diámetro de corte / Diámetro inferior / Diámetro superior (D / Dinf / Dsup)
- Radio de filo / Angulo de corte
- Longitud de corte (LC)
- Diámetro del mango (D / rmx2)
- Longitud total (LT)
- Distancia mínima (Dismin)
- Distancia máxima (Dismax)
- Distancia inicial (DisIni)

En el *DOCUMENTO II. ANEXOS – ANEXO IV. BIBLIOTECA DE HERRAMIENTAS* se encuentran detallados los valores de los parámetros de todas las herramientas empleadas en el mecanizado de los 4 portaherramientas.

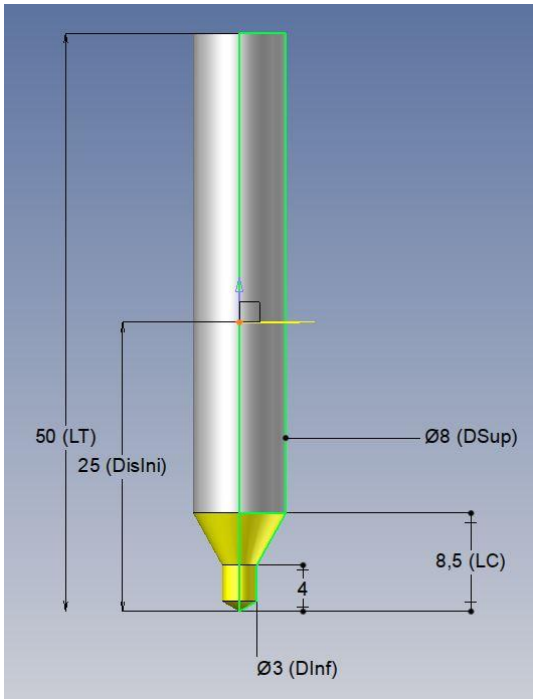


Figura 68. Diseño herramientas. Broca de puntear HSS

Una vez asignadas las herramientas según la función que realizan el siguiente paso fue crear un conjunto con el portapinzas que sujetan a cada elemento y colocar la herramienta a una distancia comprendida entre dos de los parámetros mencionados anteriormente; Distancia máxima y Distancia mínima. Estos parámetros indican cuanto se puede introducir la herramienta en el portapinzas o cuanto se puede sacar, dependiendo de lo que se vaya a mecanizar es interesante que a veces tenga menos voladizo que otras y viceversa.

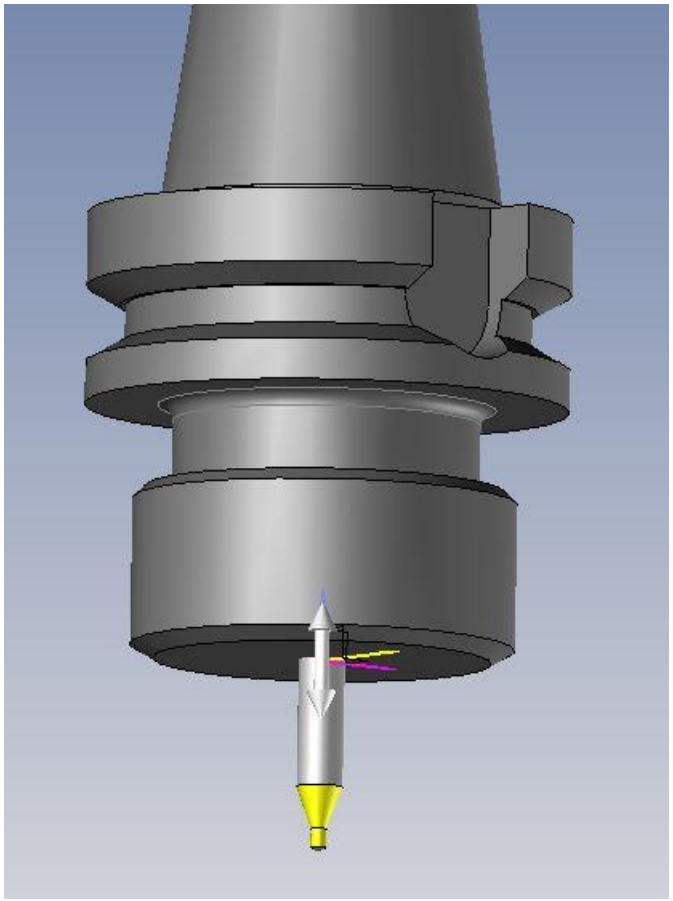


Figura 69. Herramienta montada en portapinzas.

10 FABRICACIÓN

10.1 PREPARACIÓN DE LA MÁQUINA Y HERRAMIENTAS

Para colocar todas las herramientas en la máquina es necesario tener un amarre adaptado a la máquina en cuestión, una pinza con su portapinzas y la propia herramienta. En el caso de este proyecto debido al tipo de máquina el cono de amarre del portapinzas es un BT 40. Todas las herramientas que se introduzcan en el almacén de herramientas de la máquina usarán este dispositivo. Cada herramienta se debe colocar generalmente por su geometría en un portapinzas. Cada portapinzas lleva una pinza insertada que varía el diámetro para elegir una adecuada para cada herramienta. Según el mango de la herramienta se elegirán las pinzas del mismo diámetro. El diámetro de esta aparece en la cara plana de la misma. Generalmente tienen un solo valor de referencia, pero en ocasiones se pueden encontrar pinzas con dos valores. La pinza que se observa en la *Figura 70* se emplea para un mango de herramienta de diámetro 16. La pinza se encaja en el portapinzas y se mete la herramienta deseada. El portapinzas se rosca sobre el cono BT correspondiente mediante una llave dinamométrica, lo que apretará la pinza hasta que se cierre lo suficiente como para sujetar perfectamente la herramienta sin permitir movimiento.

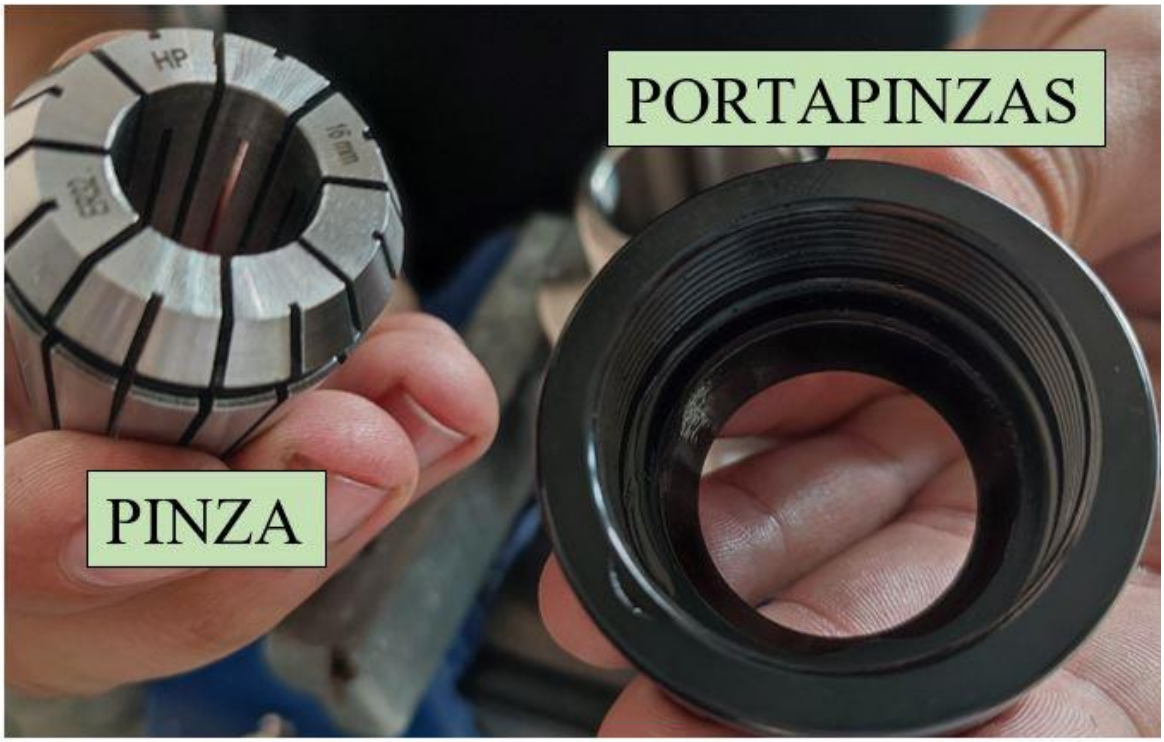


Figura 70. Pinza ER32 diámetro 16 mm junto con tapa de portapinzas.

Antes de introducir todas las herramientas con sus amarres dentro del centro de mecanziado es necesario medir y ajustar las herramientas mediante dispositivos especializados. Los centros CNC necesitan datos exactos sobre las herramientas para poder mecanziar con altas precisiones. Estas operaciones han sido realizadas mediante un dispositivo del taller de “Innova4tools” de la marca “Zoller” que mide, inspecciona y registra los datos de las

herramientas de manera universal y apta para todas las herramientas de corte. Emplea una cámara de alta precisión giratoria que procesa imágenes mediante la incidencia de luz e iluminación LED consiguiendo inspeccionar las geometrías de las herramientas tanto axiales como radiales.

El proceso comienza colocando el adaptador para conos BT que se muestra en la *Figura 71*. Una vez colocada el conjunto herramienta-amarre sobre la base se pasa a calibrar el adaptador. La base cuenta con la disposición de dos pequeñas bolas metálicas de la *Figura 72* que utiliza el programa como referencia desde la que comenzar a tomar medidas. Para ello colocamos el foco de la cámara sobre una muesca que aparece al enfocar a estas dos bolas y desde la pantalla del ordenador elegimos el tipo de adaptar (ya instalado). Es imprescindible que las bolas se limpien con una goma especial para eliminar cualquier resto de suciedad que afecte a la detección de su posición. Los parámetros para medir de la herramienta son dos: voladizo y radio de corte

Es necesario medir el voladizo y el radio de la herramienta para que la máquina CNC detecte los trayectos exactos por los que va a pasar la herramienta. Este proceso es de gran importancia ya que un error en una medición puede conseguir hacer que la máquina elimine más material del debido, o que incluso pueda mandar a la herramienta a una zona donde está la pieza o un dispositivo de amarre provocando un choque. El software de medición muestra en pantalla parámetros tales como medición, filos, detección automática, etc. que se tendrán que elegir para la toma de medidas.

Figura 71. Adaptador para cono BT40 colocado en base de la máquina de medición.

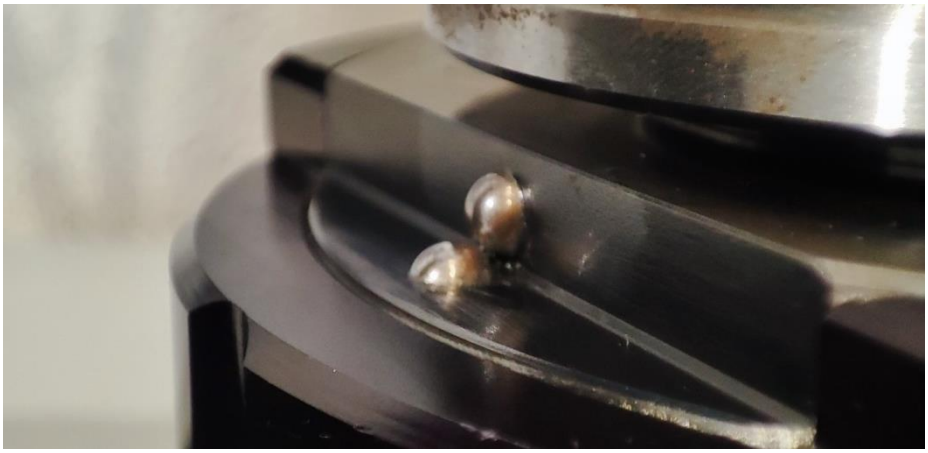


Figura 72. Bolas metálicas de calibración.

Figura 73. Elementos en máquina de medición Zoller.

En la *Figura 74* se observa un ejemplo de medición de una de las herramientas. Una vez calibrada la máquina, en la opción de la parte superior de la pantalla aparecerá con una luz verde el tipo de adaptador, indicando que ya está calibrado y es posible su utilización.

Para nuestra medición solo se emplean 3 parámetros generalmente, que se encuentran en mitad de la pantalla aproximadamente recuadradas en naranja: Foco, Forma de filo y Forma de medición. Hay multitud de opciones diferentes y combinaciones en cada uno de estos tres parámetros. La opción de foco permite realizarlo de forma automática o manualmente, y detecta filos diferentes. En la forma de filo también hay múltiples opciones. Las geometrías son variadas ya que cuentan con distintas formas de detectar el filo dependiendo del tipo de herramienta de corte. La forma de medición cuenta con varios sistemas integrados en la

propia máquina. El que se utilizará en este caso consiste en detectar los puntos más externos de la herramienta girando la base donde se encuentra la misma.

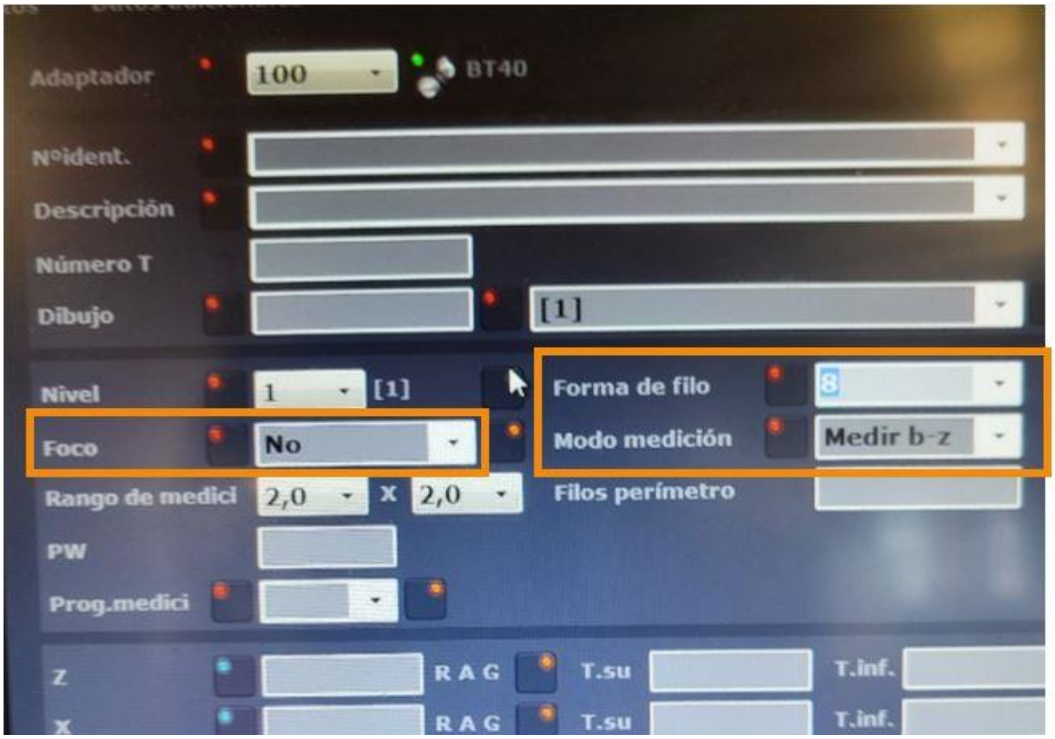


Figura 74. Pantalla de medición .

Para nuestra aplicación no deseamos foco ya que solo necesitamos encontrar la silueta. El modo de medición será “Cris-360” que consiste en girar la pieza e ir creando la silueta pudiendo observar si la herramienta está bien diseñada, tiene algún filo roto, etc. La forma de filo dependerá de si queremos medir la altura de una fresa, por ejemplo, o una broca, ya que los frentes de cada herramienta son diferentes. Para las fresas se elige una forma que tenga el frente plano y detecte el radio de esta. Para las brocas se elige una que tenga un pico para que detecte con más facilidad la altura de la broca. Lo mismo ocurre con los diámetros.

Un posible resultado sería el que se muestra en la *Figura 75*. Es la medición de una herramienta con un frente de bola, una fresa de bola. En la imagen de la pantalla queda indicado que el valor medido es el punto más alto, es decir, la altura de la herramienta respecto el amarre. Debajo de la imagen aparecen las cotas X y Z llegando a la precisión de 0,001 mm. Estos valores pueden reflejarse como radios, diámetros, o que incluso aparezcan los valores respecto otros puntos de referencia. El uso que se le ha dado a esta máquina en este proyecto ha sido más sencillo, teniendo en cuenta como se ha dicho antes, la altura y los radios de las herramientas.

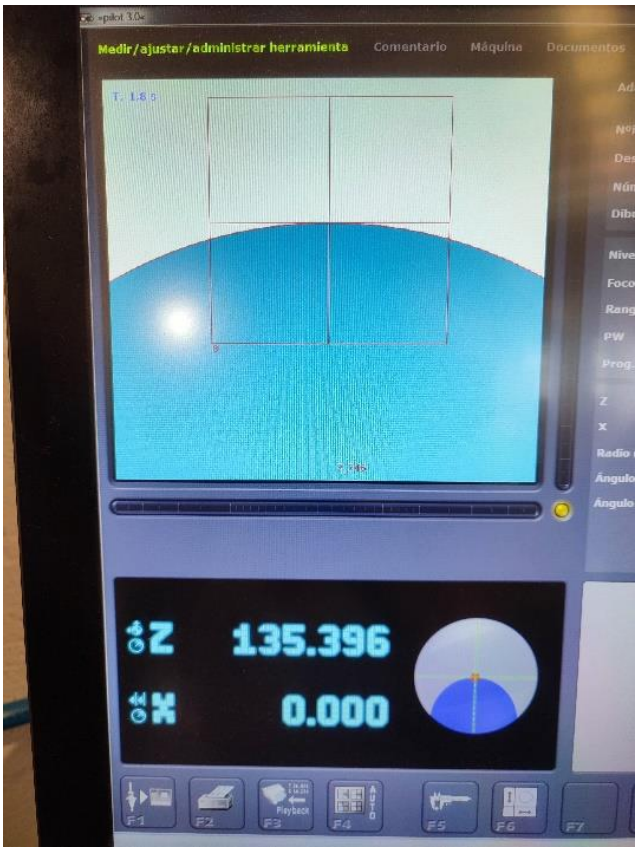


Figura 75. Resultado de medición de herramienta de bola con altura de 135.396

Una vez obtenidos estos datos es imprescindible apuntarlos manualmente en el centro de mecanizado. El centro CNC posee una pantalla en donde se accede al almacén de herramientas (ver *Figura 76*). Hay un total de 30 espacios para colocar herramientas. En la primera columna de “GEOM” (geometría) se apuntan los valores de altura mientras que la tercera columna que también pone “GEOM” es para colocar radios. La máquina conoce la situación geométrica del eje de la herramienta porque coincide con el eje del cabezal. Por este motivo no se trabaja con diámetros, sino con radios (distancia del extremo de la herramienta al eje). Los “DESG” que aparecen a la derecha de cada “GEOM” indican el desgaste que se le puede ir asociando a una herramienta a medida que se mecaniza con ella. Se observa que en la posición 11, se ha colocado la herramienta medida con una altura de 135.396 mm, ningún desgaste de altura, un radio de 8.000 mmy ningún desgaste de radio (datos en la fila 11).

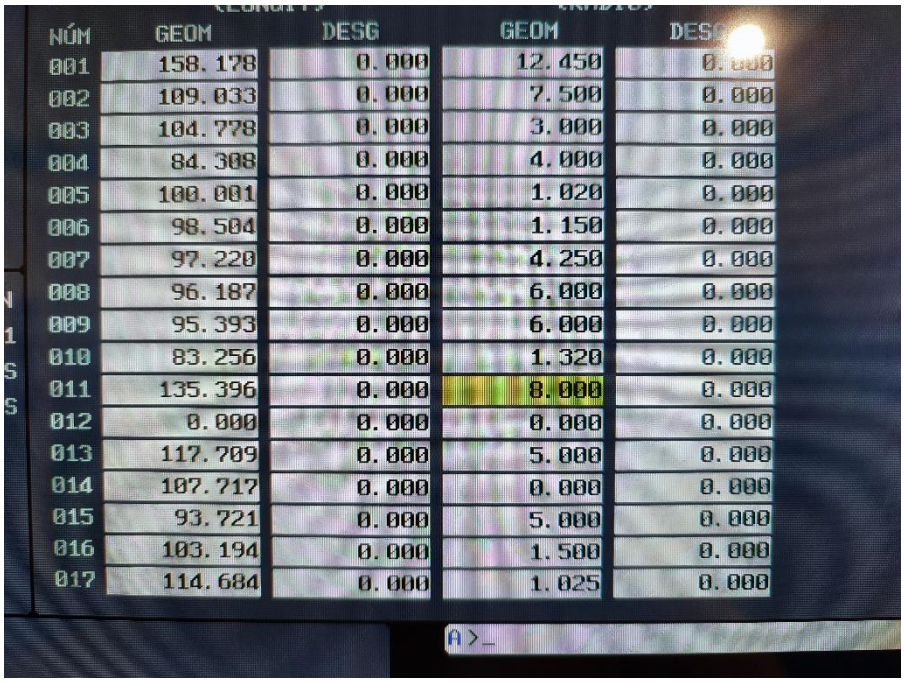


Figura 76. Panel de HWACHEON VESTA 1000 15" FANUC

Es necesario realizar este proceso con todas las herramientas que se vayan a utilizar debido a que la máquina necesita conocer las alturas de las herramintas respecto de la nariz del husillo y radios de manera que se eliminen las colisiones por un incorrecto posicionamiento.

10.2 Preparación de útil

Antes del mecanizado de los mandrinos pedido por el cliente se ha necesitado colocar una pieza intermedia entre el divisor y el mismo portaherramientas ya que el divisor no tiene la capacidad de sujeción necesaria. Para ello se ha diseñado con el programa de Top Solid un disco de diámetro de 170 mm y espesor 60 mm. En la cara que va contra el punto 0 del divisor se han creado cuatro taladros coincidentes con unos bulones que se insertan en el punto 0 del divisor. Además, para conseguir que el punto 0 haga efecto de vacío con el amarre se añadió el sistema de la arandela y tornillo con una holgura mínima para conseguir dicho efecto. En el centro del disco se sitúa un agujero cónico que coincide con la parte más ancha del BT50 y que hizo falta mecanizarla por la otra cara que no se encontraba en contacto con el punto cero ya que era el diámetro más grande. (ver *Figura 77*).

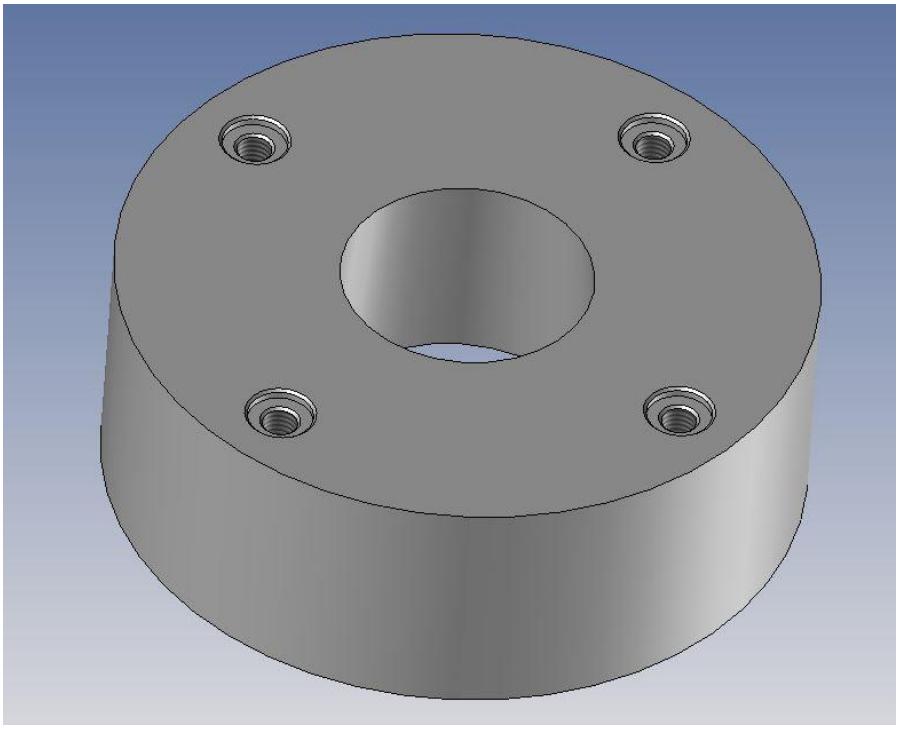


Figura 77. Disco de conexión entre divisor y conjunto portaherramientas.

10.3 Torneado

El inicio del proceso de mecanizado parte de las piezas torneadas. Este servicio ha sido subcontratado. Las geometrías de cada portaherramientas, explicadas en apartados anteriores, se presentan detalladas en el *DOCUMENTO III – PLANOS.*

10.4 Mecanizado de los portaherramientas

El proceso de mecanizado se realiza con las operaciones y herramientas mencionados y descritos en el apartado 8. El primer paso es colocar los portaherramientas uno a uno en la mordaza para realizar los planos Weldon. Una vez realizado este paso, los portaherramientas se colocan con el cono BT50 correspondiente, se introducen en la arandela auxiliar mencionada en el apartado 10.2 y ésta a su vez se coloca en el divisor. Las tuercas de apriete del plato del divisor se ajustan con una fuerza de 20 N mediante una llave dinamométrica. Se coloca cada portaherramientas horizontalmente girando el divisor +90º (sentido antihorario) y se ajusta el contrapunto para que actúe de punto de apoyo. Una vez colocado en posición correcta, se toman las medidas del punto “cero pieza” elegido (corresponde con el cero pieza del programa TOPSOLID) mediante un palpador Blum y se guardarán dichos valores en la G

correspondiente de la máquina. Ejecutados todos estos pasos, se procede al mecanizado de cada uno.

Se extrae mediante un dispositivo externo el código obtenido del post procesador del software TOPSOLID y se introduce el archivo en la máquina de mecanizado. Se selecciona el programa y se comienza a ejecutar. Es importante emplear taladrina durante todos los mecanizados para evitar sobrecalentamientos de las herramientas y las piezas. Una vez mecanizadas las piezas, se sacan y se eliminan aristas vivas y rebabas mediante una lima.

10.5 Recubrimiento

Una vez obtenidas las piezas de fabricación se envían a una empresa que se encarga de aplicar tratamientos varios a elementos metálicos. Para este proyecto se toma la decisión de nitrurar los portaherramientas para mejorar sus propiedades. Además de proporcionar una vida más larga a la herramienta, eleva el nivel de dureza de esta, previene los efectos de la corrosión debido a ambientes o atmósferas húmedos. Otra ventaja importante para mencionar es que mejora la resistencia a fatiga, que como ya se ha explicado es una característica buscada al tomar la decisión sobre el tipo material del acero elegido en el proyecto.

10.6 Equilibrado

Debido a que el diseño de los portaherramientas no ha tenido en cuenta el centro de gravedad por la complejidad que requeriría conocer datos de eliminación de material y geometrías, el último proceso al que se deben someter las piezas para cumplir todos los requerimientos especificados consiste en el equilibrado del conjunto portaherramientas-amarre. El servicio ha sido subcontratado por una empresa especialista. El proceso de equilibrado se realiza mediante un programa específico (el cual se desconoce). El proceso consiste en girar el conjunto sobre una base física marcando un origen concreto y se detecta mediante excentricidad dónde reside la mayor cantidad de peso. Para conseguir equilibrar la pieza se

debe de eliminar material del cono BT50 que se sujeta al portaherramientas con la ayuda de los datos que se han proporcionado por la empresa subcontratada:

Tabla 15. Datos para el equilibrado de los portaherramientas.

	portaherramientas			
Características	Ph1	Ph2	Ph3	Ph4
Ø broca (mm)	5,8	5,8	5,8	5,8
N.º agujeros	2	3	3	3
Profundidad de agujeros (mm)	3,7	3,8	3,9	4,1
Disposición de agujeros (º)	170,6º 179,2º	133, 0º 141,6º 150,2º	128,9º 137,5º 146,2º	114,4º 126,1º 135,8º

11 CONCLUSIONES

Se puede afirmar como conclusión que el proyecto llevado a cabo a resultado completamente innovador. De la necesidad, muy específica de un cliente, se ha desarrollado un proyecto que buscaba cubrir una demanda en el mercado inexistente en empresas de mecanizado del norte de España. De la idea inicial “Innova4tools” consiguió desarrollar unos portaherramientas que cumplieron perfectamente los requerimientos establecidos. Para ello además de localizar la máquina adecuada, el software CAD-CAM idóneo, se buscaron los mejores proveedores tanto para la parte de torneado como la de recubrimiento y equilibrado. Así mismo el liderazgo de la ingeniera Xana Vázquez Morris fue crítico para coordinar todas las fases del proyecto y darle la garantía de seguridad técnica que requería el proyecto. Se puede afirmar sin ningún tipo de dudas que después de la fabricación de estos portaherramientas “Innova4tools”, una empresa relativamente joven ha logrado consolidarse en ese sector del mercado. La satisfacción del cliente mostrada ya desde las primeras fases de colaboración quedo plenamente justificada al ver el resultado final.

12 REFERENCIAS

[1] L. Schvab, Máquinas y herramientas, Buenos Aires: inet, 2011.

[2] B. Vicent Selva y J. F. López, «economipedia,» 25 Septiembre 2016. [En línea]. Available: https://economipedia.com/definiciones/primera-revolucion-industrial.html. [Último acceso: 15 Agosto 2021].

[3] P. Aldabaldetrecu, «interempresas,» 1 Febrero 2002. [En línea]. Available: https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/1435-Evolucion-tecnica-de-la-maquina-herramienta-Resena-historica.html. [Último acceso: 16 Agosto 2021].

[4] Mazak, «Mazakusa,» [En línea]. Available: https://www.mazakusa.com/es/machines/process/5-axis/. [Último acceso: 9 Septiembre 2021].

[5] [En línea]. Available: https://quesignificado.org/que-es-un-contrapunto-de-torno/. [Último acceso: 3 Septiembre 2021].

[6] «izaro,» [En línea]. Available: https://www.izaro.com/divisores-electronicos/c-1339520131/#. [Último acceso: 3 Septiembre 2021].

[7] «wikipedia,» 21 Julio 2021. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Mordaza_(mecanismo). [Último acceso: 3 Septiembre 2021].

[8] «quesignificado,» 03/09/2021 Septiembre 2021. [En línea]. Available: https://quesignificado.org/que-es-un-contrapunto-de-torno/.

[9] X. Borrás, «interempresas,» 20 Septiembre 2010. [En línea]. Available: https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/43391-Evolucion-historica-de-las-herramientas-manuales.html. [Último acceso: 15 Agosto 2021].

[10] «mundocompresor,» [En línea]. Available: https://www.mundocompresor.com/diccionario-tecnico/cnc. [Último acceso: 3 Septiembre 2021].

[11] «ferrotal,» [En línea]. Available: https://www.ferrotall.com/cnc-machinery/5-axes-machining-center-tongtai-gt-800e/. [Último acceso: 9 Setiembre 2021].

[12] «parts-badger,» [En línea]. Available: https://parts-badger.com/cnc-machining-guide/. [Último acceso: 9 Septiembre 2021].

[13] «Tornimatic,» [En línea]. Available: https://www.tornimatic.com/productos/porta-herramientas/conos-bt/. [Último acceso: 10 Septiembre 2021].

[14] «Guhring,» [En línea]. Available: https://www.guhring.com/media/support/technical/DIN-6535/mobile/index.html. [Último acceso: 21 Junio 2021].

[15] «Wikipedia,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Torno. [Último acceso: 23 Enero 2022].

[16] «Maquinaria industrial, Travis,» [En línea]. Available: https://www.traviscnc.com/spa/p/product/product/productos-maquinas-cnc-convencionales/centro-de-mecanizado-m-1000sl.htm. [Último acceso: 2 Marzo 2022].

[17] «Interempresas,» MetalMecanica, [En línea]. Available: https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/239320-nuevas-fresas-mandrinar-permiten-realizar-hasta-cuatro-operaciones-misma-herramienta.html. [Último acceso: 2 Marzo 2022].

[18] «Aliexpress,» [En línea]. Available: https://es.aliexpress.com/item/4000701752248.html?gatewayAdapt=glo2esp. [Último acceso: 7 Marzo 2022].

[19] «interempresas,» MetalMecanica, [En línea]. Available: https://www.interempresas.net/MetalMecanica/FeriaVirtual/Producto-Sistema-de-fresado-HFC-Highlight-34866.html. [Último acceso: 12 Marzo 2022].

[20] «Issuu,» Máquinas y equipos; Edigar S.A., Marzo 2020. [En línea]. Available: https://issuu.com/edigarsa/docs/issuu_me709/s/10343794. [Último acceso: 3 Junio 2022].

[21] «BIRTHLH - ikastaroak,» [En línea]. Available: https://www.demaquinasyherramientas.com/wp-content/uploads/2014/03/Tipos-principales-de-fijacio%cc%81n-del-inserto-al-porta-inserto.png. [Último acceso: 5 Junio 2022].

[22] «demaquinasyherramientas,» 26 Abril 2015. [En línea]. Available: https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/materiales-segun-la-norma-iso. [Último acceso: 18 Marzo 2022].

[23] «Oposiciones y Educación,» 6 Enero 2019. [En línea]. Available: https://oposyeduca.blogspot.com/2019/01/tema-28-herramientas-de-corte-para-el.html. [Último acceso: 24 Enero 2022].

[24] «linkindustrialtools,» [En línea]. Available: https://www.linkindustrialtools.com/es-es/portaherramientas-para-torneado-interior-para-plaquitas-positivas-kerfolg-turn-forma-v-ah-svjcr-l.html. [Último acceso: 28 Marzo 2022].

[25] «Instituto Asteco,» [En línea]. Available: http://institutoasteco.com/disponibles/Curso-15-conceptos-tecnicos-torneado-tronzado-roscado/#/. [Último acceso: 23 Enero 2022].

[26] «Sandvick coromant,» [En línea]. Available: https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/milling/pages/entering-angle-and-chip-thickness.aspx. [Último acceso: 7 Marzo 2022].

[27] «Sandvick Coromant,» [En línea]. Available: https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/boring/pages/how-to-apply-boring.aspx. [Último acceso: 13 Abril 2022].

[28] «SUMTALLFER,» [En línea]. Available: https://www.sumtallfer.com/cono-porta-fresas-din-69871-para-herramientas-mango-cilindrico-weldon-bec/. [Último acceso: 24 Enero 2022].

[29] «HERRAMENTAL,» 4 Julio 2014. [En línea]. Available: https://blog.herramental.com.mx/vibraciones-en-los-procesos-de-mecanizado-como-influyen-los-parametros-de-corte. [Último acceso: 2 Junio 2022].

[30] «BIRTLH-IKASTAROAK,»[Enlínea].Available: https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/DFM/TFM/TFM04/es_DFM_TFM04_

Contenidos/website_12_fresado_en_oposicin_y_fresado_en_concordancia.html. [Último acceso: 28 Enero 2022].

.

DOCUMENTO II. ANEXOS

ÍNDICE

ANEXO I. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS HWACHEON VESTA-1000+ 3

ANEXO II. CÓDIGOS G y M DEL CENTRO HWACHEON VESTA-1000+ 4

ANEXO III. OPERACIONES DE MECANZIADO 8

1 Fresado 8

2 Taladrado 9

3 Punteado 10

ANEXO IV. BIBLIOTECA DE HERRAMIENTAS 12

ANEXO V. PLAQUITAS DE CORTE 13

1 Características 13

2 Catálogos placas empleadas 13

ANEXO VI. MATERIAL 17

ANEXO VII. TABLA DE MÉTRICA Y ROSCAS 18

ANEXO I. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS HWACHEON VESTA-1000+

En este apartado de mostrará una tabla con las especificaciones técnicas de la máquina HWACHEON VESTA 1000 empleada en el proyecto. Las características son tanto físicas (recorridos, dimensiones de la mesa, etc.) como electrónicas (funciones de control de optimización, control térmico, etc.)

El punto 0 de estas máquinas de mecanizado es un punto dentro del sistema de coordenadas de la propia máquina. Es un punto que no varía y es imprescindible para cualquier sistema de medición del centro. En nuestro caso el punto 0 es una pieza no perteneciente al divisor. A partir de este punto se calculan los puntos cero de la pieza que se va a mecanizar y los desplazamientos necesarios.

VESTA-1000+ Centro de mecanizado vertical

COMPOSICION TÉCNICA BASE de la maquina:

- **Recorridos** ejes **X/Y/Z** de **1000/550/500**mm
- **Mesa** de amarre de **1100x502 mm,** con **700 kg** de capacidad
- **Avances rápidos** ejes **X/Y/Z** de **36 m/min**, y una **aceleración** de **0.7 m/s²**
- **Cabezal Directo** de **12.000 rpm – BT-40 – 11/18,5 KW – 70/117,7 Nm** Lubricación y refrigeración aire/aceite
- **Almacén** de herramientas de **30 posiciones. Alta velocidad** (Tool to tool **1,6** seg)
- **Control** numérico Fanuc **0i-MF Plus**, con **manual Guide i**, **roscado rígido**, **volante** electrónico **portátil**, ethernet, interpolación helicoidal, lectura de **200 bloques**.**Pantalla 15" LCD**
- **Refrigeración interna** de **30 bares**, taladrina externa, soplado de aire, pistola de taladrina
- Extractor de virutas sinfín a lateral izquierdo de maquina y **extractor de virutas de cadena** (rascadores o charnelas) con salida trasera.
- **Refrigerador** del **armario eléctrico, Refrigerador** de **cabezales** (aceite)
- La **función HECC (Hwacheon Efficient Contour Control System)**, sistema de control de modo de trabajo, pudiendo obtener **reducciones de tiempo**, **mejora de la precisión de trabajo** obtenida e incluso **aumento de la vida de la herramienta**.
- La **función OPTIMA (Cutting Feed Optimization System)**, prevenir cualquier daño a la herramienta en tiempo real **controlando el avance de trabajo** para mantener una carga de esfuerzo constante durante el mecanizado, y así el tiempo puede ser reducido.
- La **función HTLD (Hwacheon Tool Load Detect System)**, **controla constantemente el desgaste de la herramienta** para evitar accidentes, que pueden ocurrir debido a una herramienta dañada y ayudan a evitar que el desgaste de la herramienta deteriore la pieza de trabajo.
- La **función HTDC (Hwacheon Thermal Displacement Control System)**, compensa el error automáticamente de acuerdo con la temperatura. Los sensores de temperatura de alta sensibilidad están instalados en los elementos integrados de la maquina y procesan la información en tiempo real.
- Calzos de nivelación, tornillos de anclaje, Transformador, central engrase, **Certificado CE**
- **Baliza** luminosa, documentación de maquina y libros cnc, esquemas eléctricos y listado de referencias, Iluminación del interior de la maquina con **lámparas LED**
- Peso de **6.800** kg – Dimensiones ancho/largo/alto **2.850/2800/2862** mm - Espacio en planta necesario de **8 m²**

ANEXO II. CÓDIGOS G y M DEL CENTRO HWACHEON VESTA-1000+

Los códigos G se basan en cuatro códigos base utilizados en todos los controles del mercado.

- G0: movimiento en zona segura
- G1: línea
- G2: arco con dirección horaria
- G3: arco con dirección antihoraria.

El código ISO es capaz de representar cualquier movimiento en una máquina de control numérico utilizando estos 4 códigos base y las coordenadas en un plano cartesiano, pero cabe destacar que la representación de movimientos en este tipo de plano no cubre todas las variables que puede llegar a necesitarse para programar una pieza. Existen operaciones necesarias tales como iniciar/finalizar/pausar el programa, posicionar herramienta, cambiar herramienta, realizar chaflanes y muchas otras que dependen de la máquina en cuestión y que cada fabricante de máquinas CNC debe desarrollar en su control en el caso de no utilizar un control existente en sus máquinas. Es el control CNC el que lee el código G generado a mano, o bien mediante el uso del CAD-CAM. Como se ha explicado antes, todos los controles cuentan con los cuatro códigos base en común, pero varían en el resto de las variables mencionadas, por lo que cada marca tendrá un control específico que no servirá para otras marcas. También dependerá del año de fabricación de la máquina ya que con el paso del tiempo los códigos van aumentando la simplicidad para su utilización ya que son más intuitivos y son más eficientes, aunque pertenezcan a la misma firma. Los códigos G son clasificados por grupos y cada conjunto tendrá un número determinado donde cada uno de ellos es una instrucción especifica.

En la *Figura 78* su muestra un pequeño fragmento del código G en una operación de torneado, equivalente al que se emplea en centros de mecanizado junto con los mandatos y trayectorias de la herramienta correspondiente del torneado.

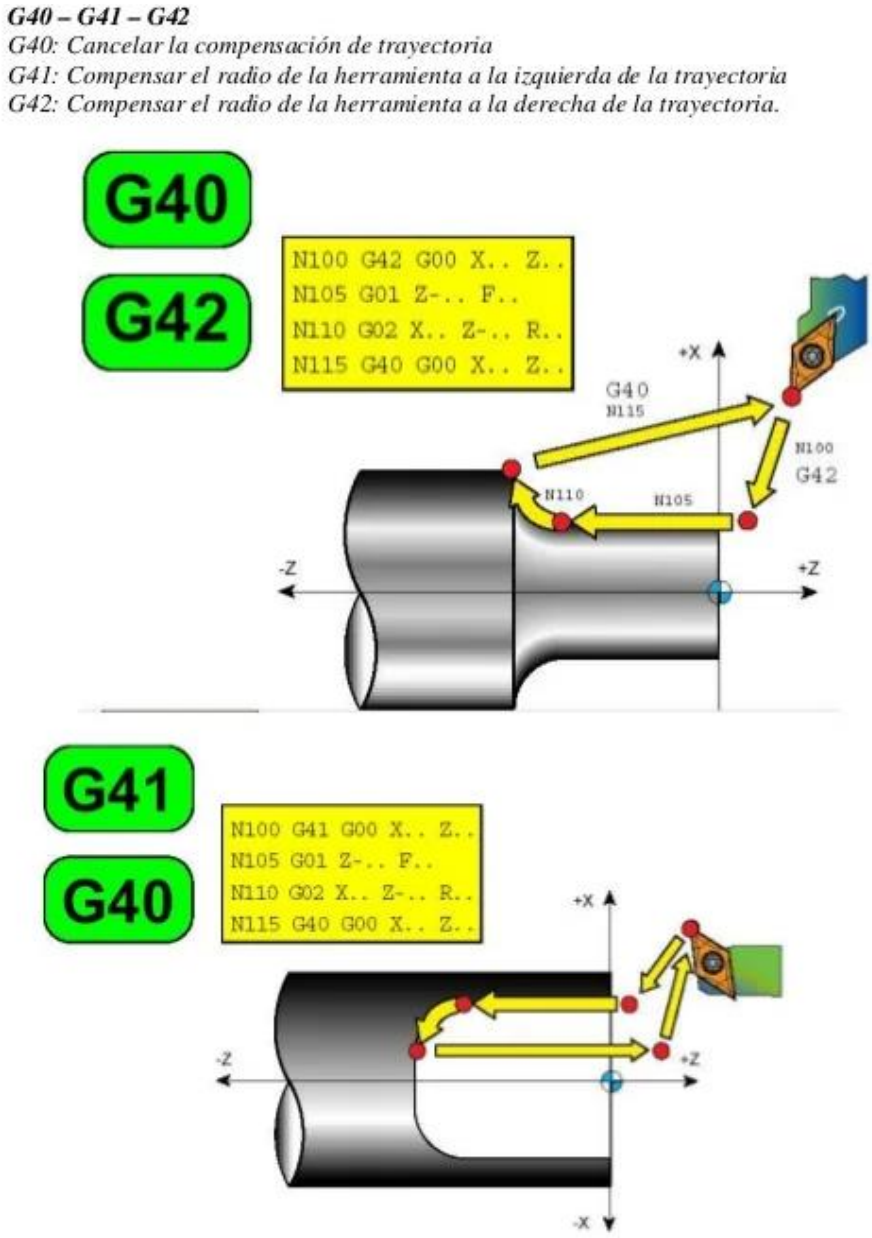


Figura 1.Programación CNC en torno [1].

Un código G del mismo grupo reemplaza a otro que pertenezca al mismo grupo, es decir, no se pueden emplear códigos G que pertenezcan al mismo grupo en un mismo bloque puesto que se cancelarían. Existen códigos llamados no-modales que sólo son efectivos en la línea de programación donde se sitúen, pero inmediatamente son olvidados por el control, el programa no lo tiene en cuenta una vez leído. Por ejemplo, G00 es modal ya que permanecerá activo hasta que se sustituya por otro G modal.

Las funciones Misceláneas, o código M actúan en segundo plano y se emplean para programar las funciones especiales de cada máquina. Los códigos proporcionados por la

firma de la máquina en cuestión de este proyecto, HWACHEON 4000 se designan a continuación:

M00 parada de programa

M01 parada de programa opcional

M02 final de programa

M03 activa giro horario de cabezal

M04 activa giro anti-horario de cabezal

M05 Desactiva giro de cabezal

M06 realiza cambio de herramienta

M08 activa taladrina de herramienta y boquilla de aire

M09 desactiva taladrina de herramienta y boquilla de aire

M10 bloquea 4º eje C

M11 desbloquea 4º eje C

M12 activa eco booster

M13 desactiva eco booster

M16 cambio de herramienta con giro en movimiento lento

M19 orientación de cabezal

M20 desactiva imagen espejo

M21 activa imagen espejo en eje X

M22 activa imagen en eje Y

M25 activa taladrina del lavadero

M26 desactiva taladrina del lavadero

M29 roscado rígido

M30 final de programa

M31 activa evacuador de viruta

M32 activa evacuador de viruta al revés

M33 desactiva evacuador de viruta

M35 abre la puerta automática

M36 cierra la puerta automática

M40 bloque 5º eje B

M41 desbloquea 5º eje B

M42 saca medidor de herramienta

M43 guarda medidor de herramienta

M48 cancela funcionamiento selector % avances (100%)

M49 funciona selector % avances (100%)

M50 activa boquilla de soplido de aire

M55 activa soplido aire palpador herramienta Blum

M56 desactiva soplido de aire de herramienta Blum

M57 abre puerta cambio de herramienta

M58 cierra puerta cambio de herramienta

M75 activa taladrina interior de herramienta (activa la bomba de taladrina de herramienta del depósito)

M76 desactiva taladrina interior de herramienta (desactiva la bomba de taladrina de herramienta del depósito)

M81 baja POT herramienta hacia cabezal

M82 sin función

M83 sube POT herramienta hacia almacén

M88 activa aire por el interior de herramienta del cabezal

M89 desactiva aire por el interior de herramienta del cabezal

M90 baja POT herramienta hacia cabezal y realiza orientación del cabezal (M19)

M100 NO USAR (parámetros de almacén)

M110 bloquea el 4º y 5º eje C y B

M111 desbloquea el 4º y 5º eje C y B

M150-M157 salida de código M opcionales

M250 activa movimiento de los ejes con el cabezal sin girar

M251 desactiva movimiento de los ejes con el cabezal sin girar

ANEXO III. OPERACIONES DE MECANZIADO

1 Fresado

La herramienta que se utiliza es la fresa. Se trata de un conjunto de cuchillas que siguen un patrón circular y gira sobre su propio eje. Tanto el número de dientes como su afilado puede variar considerablemente.

Parámetros:

- n (velocidad del husillo): como indica su propio nombre es la velocidad de giro, o vueltas por minutos que realiza la herramienta sobre el husillo. Se mide en rpm.
- Vc (velocidad de corte): a diferencia de la anterior, esta es la que se denomina para la velocidad lineal que tienen los filos a medida que van mecanizando la pieza.
- *avance por diente (fz): es un valor que determina el avance de la mesa y depende fundamentalmente del valor del espesor máximo recomendado de la viruta formada al cortar. Se mide en mm/diente.
- *avance por minuto (vf): determina el avance relativo entre la herramienta respecto a la pieza a mecanizar. Depende del avance del diente y, por consiguiente, del número de dientes. El número de dientes es utilizado para calcular el avance de la mesa, pero no es necesario que coincida en valor con el número de dientes que realmente participan en el corte de la pieza.
- Profundidad de corte: existen dos tipos de profundidad de corte. Una de ellas es la profundidad de corte axial (ap). Es la zona metálica eliminada de la superficie en dirección del eje de la fresa. La otra es la profundidad de corte radial (ae) que determina la cantidad de material eliminado a lo largo de la superficie, es decir, sobre la que actúa el diámetro de la fresa.
- Potencia neta (Pc): potencia que proporciona la máquina a los filos para que éstos sean capaces de cortar material.
- Par (Mc): es el par de fuerzas que produce la herramienta al mecanizar.
- Fuerza de corte específica (kc): Es una constante que depende del material.

Movimientos de la fresa:

En concordancia: el movimiento rotativo de la fresa coincide con el movimiento de avance por lo que se evita la generación de calor indeseado y se reduce la tendencia al endurecimiento

En contraposición: En este caso el movimiento rotativo de la fresa tiene una dirección opuesta al avance de la pieza.

Cada pieza, cada herramienta, cada filo son diferentes y esto supone que no exista una regla fija para un buen mecanizado sino una serie de recomendaciones generales en las que uno se puede basar para comprender el funcionamiento de las máquinas y herramientas y con el paso del tiempo y de la práctica, comenzar a realizar pequeñas variaciones que vayan produciendo una posible mejoría a la hora de mecanizar. Uno de estos ejemplos puede ser a la hora de elegir la fresa y su diámetro. En general, el diámetro depende de la anchura de la pieza y de cuanto material deseamos eliminar, además de otras condiciones como la potencia de la propia máquina y de si se trata de una operación de desbaste o de acabado. El diámetro de la fresa se recomienda que sea entre un 20 y un 50% mayor que la anchura a mecanizar de tal manera que se vayan realizando “pasadas”. Desplazar la fresa del centro permite una dirección más constante y favorable de las fuerzas de corte y, por lo tanto, se reducen notablemente las posibles vibraciones.

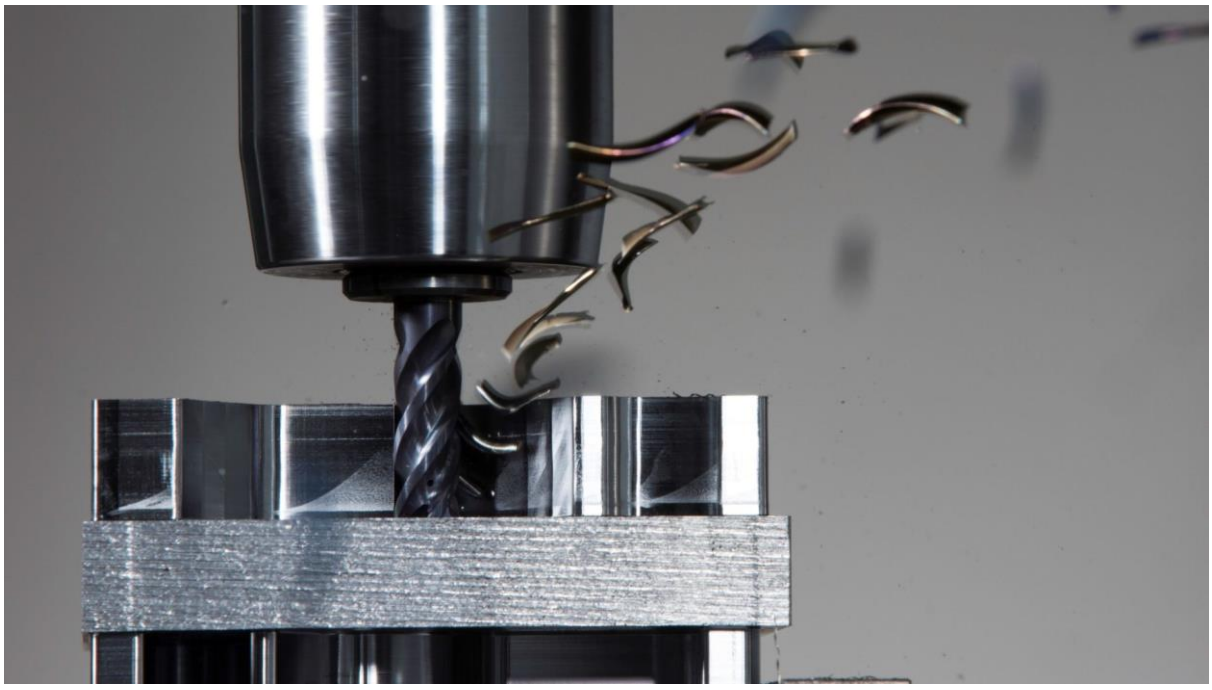


Figura 2. Fresado [2].

2 Taladrado

La operación de taladrado generalmente se realiza mediante una broca, aunque se puede sustituir en algunas ocasiones por la fresa. La operación consiste en hacer un agujero. Al ser una operación en la que, realmente no se ve la perforación al tiempo que la herramienta come

material, es de gran importancia tener un control sobre la viruta debido a que esto puede llegar a causar que la calidad de los agujeros no sea la deseada, puede afectar a la vida útil de la herramienta y puede llegar incluso a dejar la pieza inutilizable.

La profundidad del agujero es la que determina el tipo de herramienta. Se calcula en función del diámetro.

Al igual que las fresas, las brocas también pueden ser un único elemento, también llamadas enterizas o llevar insertos. Los materiales de estas herramientas pueden ser tanto de metal duro como de acero rápido. Una diferencia que prioriza el uso de las brocas de metal duro hace protagonista al filo central. En las brocas de metal duro este filo queda eliminado lo que reduce considerablemente la fuerza en el corte axial y por consiguiente mejoran las propiedades de centrado.

Figura 3. Taladrado [3].

3 Punteado

Esta operación es una variante del taladrado que es recomendable hacer antes del mismo. Consiste en realizar un pequeño agujero con una broca especializada para que

posteriormente, la herramienta del taladrado tenga una guía para seguir y sea más complicado que se desvíe de la trayectoria debido a altas velocidades, materiales duros, herramientas pequeñas, etc.

ANEXO IV. BIBLIOTECA DE HERRAMIENTAS

A continuación, se recogen en una tabla todos los parámetros asignados a cada una de las herramientas empleadas en el mecanizado de los 4 portaherramientas. Los valores medidos corresponden con las mediciones tomadas en la máquina específica de medir, la Zoller.

Tabla 1. Parámetros asignados a las herramientas utilizadas en el mecanizado.

Hta.	Ø	Dm	Rc	Ang.c	D.inf	D.sup	LC	LT	Dis.ini
FW D12M12	11,458	12	-	-	-	-	28	75	37
CH D12 90 en punta	-	12	-	90º	-	11,572	12	100	60
Plato 25	25,016	24,97	4	-	-	-	10,6	165	140
FW D15 M16 cuello	15,32	16	-	-	-	14	32	93	70
FW Ø4M6 larga	4,036	6	-	-	-	-	11,5	80	50
FW 15º Ø2	-	6	-	15º	2,026	-	15	60	40
FW D2 7º	-	4		7º	2,188	-	10	50	25
BR puntear HSS larga 6/2	-	6	-	180º	2	6	8,5	120	40
BR D2,9	2,9	4	-	180	-	-	70	120	80
FW D3,5 M6 larga	3,68	4	-	-	-	-	19	80	30
BR D3,3 larga	3,3	3,4	-	180º	-	-	70	106	80

Tabla 2. Significados parámetros asignados a las herramientas utilizadas en el mecanizado.

SIGNIFICADOS					
Hta.	Herramienta	Ang.c	Ángulo de corte	LC	Longitud de corte
Dm	Diámetro del mango	D.sup	Diámetro superior	LT	Longitud total
Rc	Radio de corte	D.inf	Diámetro inferior	Dis.ini	Distancia inicial

ANEXO V. PLAQUITAS DE CORTE

1 Características

Angulo de posición: Determina el ángulo que forma el filo de corte de la plaquita y la dirección de avance de la herramienta. Viene dado por la posición en la que se coloca la plaquita en el portaplaquitas. Los valores más habituales se comprenden entre los 45º y los 95º.

Redondeo de la punta/ Radio de la punta: Este radio varía según la operación a realizar. Un mayor radio equivale a una mayor robustez del filo y se recomienda utilizar para operaciones de desbaste. Además, disipa mejor el calor y distribuye las tensiones producidas en el filo, aumentando la vida de la plaquita. Un menor radio origina mejores acabados superficiales.

Rompevirutas: Es la forma que aparece en la cara superior e inferior de la plaquita justo detrás de la arista del filo cortante. El diseño de esta zona está pensado para poder controlar la formación de viruta.

Ángulo de corte: se forma entre el plano de la cara superior de la plaquita y su lado lateral en la punta de corte.

Neutras= 90º

Positivas<90º

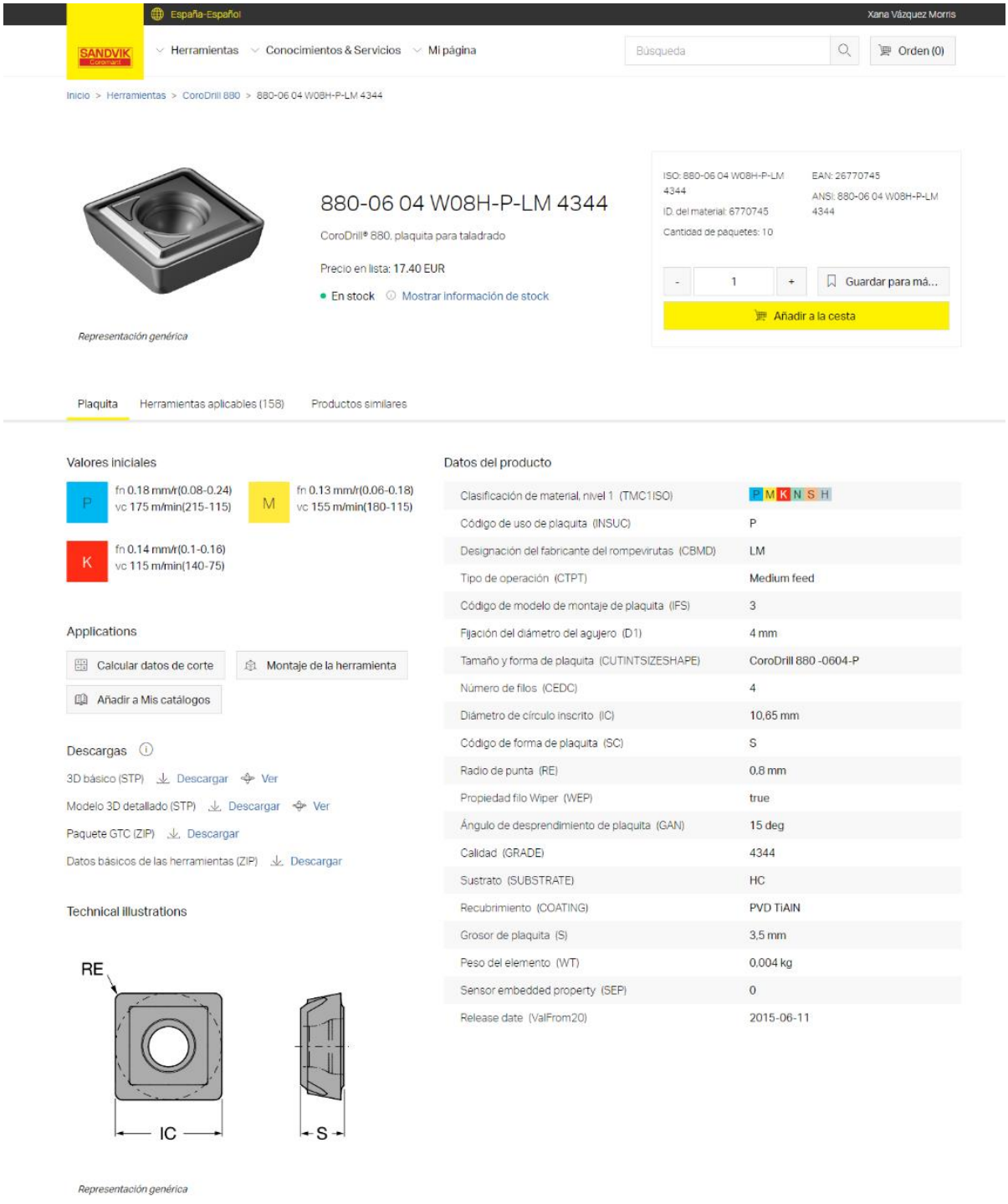
Negativas>90º

Ángulo de incidencia: Este es el ángulo contenido entre la vertical en la punta de la herramienta y la faceta lateral de la plaquita. En operaciones de mandrinado son necesarias geometrías de corte positivas y ángulos de inclinación positivos. Este tipo de placas tienen una superficie en la base menor que en la superior.

2 Catálogos placas empleadas

En este subapartado se muestran las páginas de los catálogos virtual de Sandvick en donde se han consultado tanto dimensiones y geometrías de las placas empleadas para los diseños

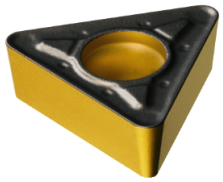
de los portaherramientas como el acceso a las descargas del STEP para su uso en el software TOPSOLID. Las placas son :880-06 04 W08H-P-LM 4344, TCMT 16 T3 08 -PR 4415 y TCMT 11 03 04 – PF 4425



España-Español Xana Vázquez Morris

SANDVIK Coromant | Herramientas | Conocimientos & Servicios | Mi página | Búsqueda | Orden (0)

Inicio > Herramientas > CoroTurn 107 > TCMT 16 T3 08-PR 4415



Representación genérica

TCMT 16 T3 08-PR 4415

Plaquita CoroTurn® 107 para torneado

Precio en lista: 12.80 EUR

● En stock ⓘ Mostrar información de stock

ISO: TCMT 16 T3 08-PR 4415 EAN: 7323225045155
ID. del material: 7860500 ANSI: TCMT 3(2.5)2-PR 4415
Cantidad de paquetes: 10

- 1 + Guardar para má...

Añadir a la cesta

Plaquita | Herramientas aplicables (213) | Productos similares

Valores iniciales

P: ap 2 mm(0.8-4) fn 0.25 mm/r(0.12-0.35) vc 360 m/min(425-325)

K: ap 2 mm(0.8-4) fn 0.25 mm/r(0.12-0.35) vc 255 m/min(285-235)

Applications

Calcular datos de corte | Montaje de la herramienta | Añadir a Mis catálogos

Descargas

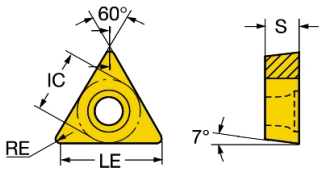
3D básico (STP) Descargar Ver

Modelo 3D detallado (STP) Descargar Ver

Paquete GTC (ZIP) Descargar

Datos básicos de las herramientas (ZIP) Descargar

Technical illustrations



Representación genérica

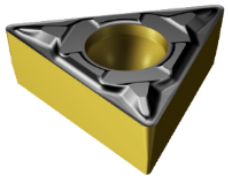
Datos del producto

Clasificación de material, nivel 1 (TMC1ISO)	P K
Tipo de operación (CTPT)	Roughing
Código de modelo de montaje de plaquita (IFS)	3
Fijación del diámetro del agujero (D1)	4,4 mm
Tamaño y forma de plaquita (CUTINTSIZESHAPE)	TC16T3
Número de filos (CEDC)	3
Diámetro de círculo inscrito (IC)	9,525 mm
Código de forma de plaquita (SC)	T
Longitud efectiva del filo (LE)	15,698 mm
Radio de punta (RE)	0,794 mm
Propiedad filo Wiper (WEP)	false
Mano (HAND)	N
Calidad (GRADE)	4415
Sustrato (SUBSTRATE)	HC
Recubrimiento (COATING)	CVD TiCN+Al2O3+TiN
Grosor de plaquita (S)	3,969 mm
Ángulo de incidencia principal (AN)	7 deg
Sensor embedded property (SEP)	0
Peso del elemento (WT)	0,005 kg
Release date (ValFrom20)	2021-02-19

España-Español Xana Vázquez Morris

SANDVIK Coromant | Herramientas | Conocimientos & Servicios | Mi página | Búsqueda | Orden (0)

Inicio > Herramientas > CoroTurn 107 > TCMT 11 03 04-PF 4425



Representación genérica

TCMT 11 03 04-PF 4425

Plaquita CoroTurn® 107 para torneado

Precio en lista: 10.25 EUR

● En stock ⓘ Mostrar información de stock

ISO: TCMT 11 03 04-PF 4425 EAN: 7323225050012
ID. del material: 7861044 ANSI: TCMT 221-PF 4425
Cantidad de paquetes: 10

\- 1 + Guardar para má...

Añadir a la cesta

Plaquita | Herramientas aplicables (305) | Productos similares

Valores iniciales

P	ap 0.3 mm(0.1-1.7) fn 0.1 mm/r(0.05-0.19) vc 430 m/min(465-385)
K	ap 0.3 mm(0.1-1.7) fn 0.1 mm/r(0.05-0.19) vc 265 m/min(285-225)

Applications

Calcular datos de corte | Montaje de la herramienta | Añadir a Mis catálogos

Descargas

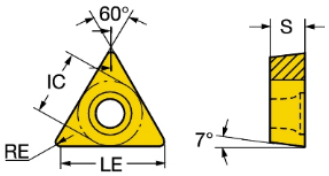
3D básico (STP) Descargar Ver

Modelo 3D detallado (STP) Descargar Ver

Paquete GTC (ZIP) Descargar

Datos básicos de las herramientas (ZIP) Descargar

Technical illustrations



Representación genérica

Datos del producto

Clasificación de material, nivel 1 (TMC1ISO)	P K
Tipo de operación (CTPT)	Finishing
Código de modelo de montaje de plaquita (IFS)	3
Fijación del diámetro del agujero (D1)	2,8 mm
Tamaño y forma de plaquita (CUTINTSIZESHAPE)	TC1103
Número de filos (CEDC)	3
Diámetro de círculo inscrito (IC)	6,35 mm
Código de forma de plaquita (SC)	T
Longitud efectiva del filo (LE)	10,34 mm
Radio de punta (RE)	0.397 mm
Propiedad filo Wiper (WEP)	false
Mano (HAND)	N
Calidad (GRADE)	4425
Sustrato (SUBSTRATE)	HC
Recubrimiento (COATING)	CVD TiCN+Al2O3+TiN
Grosor de plaquita (S)	3,175 mm
Ángulo de incidencia principal (AN)	7 deg
Sensor embedded property (SEP)	0
Peso del elemento (WT)	0,002 kg
Release date (ValFrom20)	2021-02-19

ANEXO VI. MATERIAL

La composición química del material empleado en las piezas a mecanizar F-127 normalizado:

Tabla 3. Composición química material F-127 normalizado.

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo
0,37 0,43	0,55 0,85	0,15 0,40	0,65 0,95	1,6 2	0,15 0,30

En función de las dimensiones presenta las siguientes características mecánicas.

Tabla 4. Características mecánicas del material en función de los diámetros de barra.

DIMENSIONES		Re	Rm		A(%)	KV (J)	DUREZA ORIENTATIVA
mm.		min.	min.	máx.	min.	min.	HB
	≤16	930	1130	1320	11	29	331-388
>16	**≤40**	830	1030	1220	11	29	302-363
>40	**≤100**	690	880	1080	12	29	262-321
>100	**≤160**	590	780	980	12	29	232-294
>160	**≤250**	540	740	880	12	29	217-265

Tabla 5. Significados propiedades mecánicas.

	SIGNIFICADOS	A(%)	alargamiento
RE	Límite elástico	KV (J)	Energía absorbida por choque
Rm	Resistencia a tracción	Dureza orientativa (HB)	Dureza Brinell

ANEXO VII. TABLA DE MÉTRICA Y ROSCAS

A continuación se muestra la parte correspondiente a los valores utilizados en el proyecto equivalentes a las medidas de roscas y métricas según la norma ISO DIN 13. (métrica normal). En dicha tabla se tomaron los valores referentes a las métricas M3,5 y M4.

tornillera aragonesa

Tablas de roscas normalizadas

M

Rosca métrica ISO DIN 13

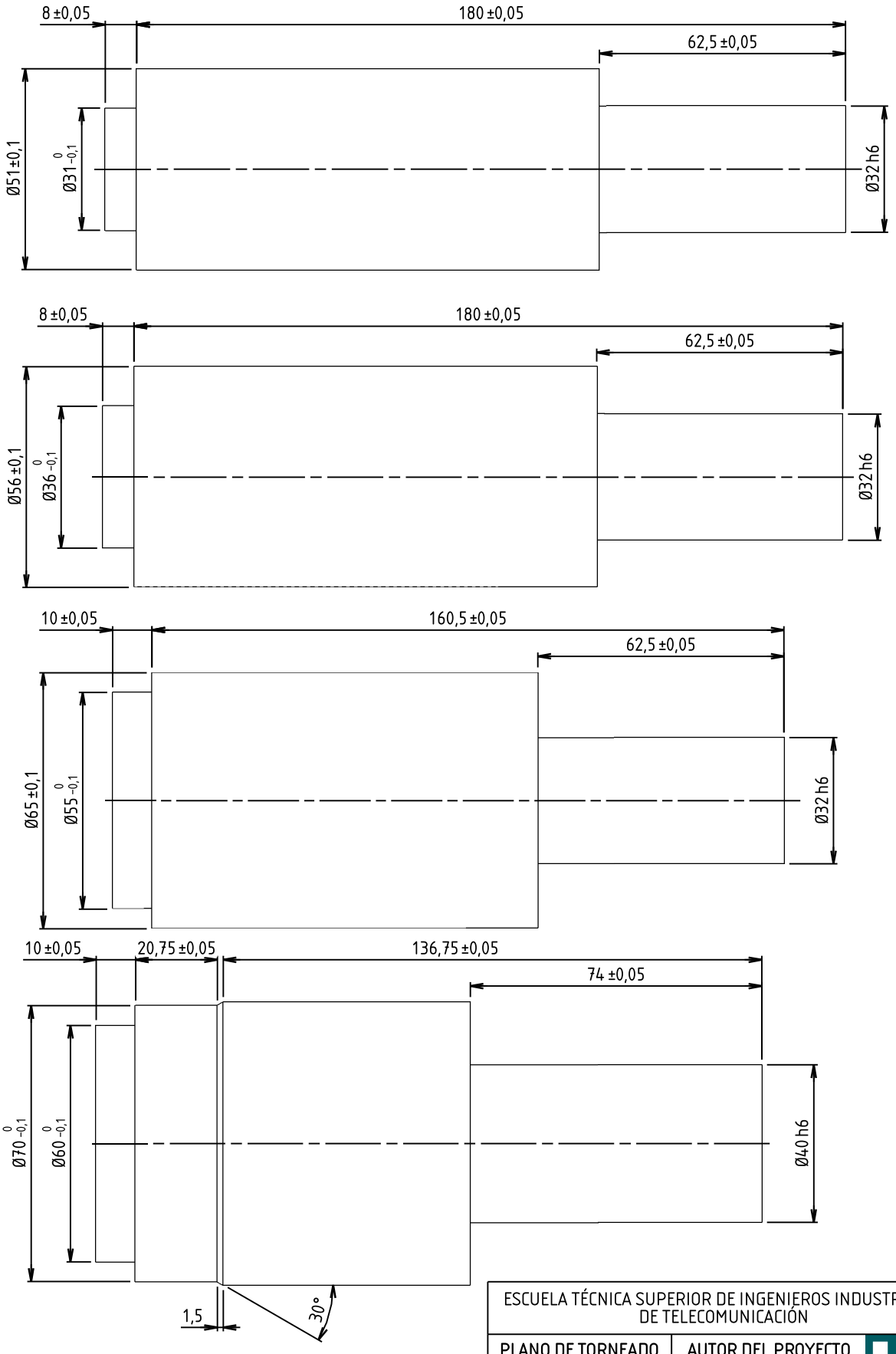
Metric ISO thread DIN 13

Metric ISO thread DIN 13 • 8 • Rosca métrica ISO DIN 13

Rosca *Thread*	Paso *Pitch*	Ø Broca *Ø Drill*
M 1	0,25	0,75
M 1,1	0,25	0,85
M 1,2	0,25	0,95
M 1,4	0,30	1,1
M 1,6	0,35	1,25
M 1,7	0,35	1,35
M 1,8	0,35	1,45
M 2	0,40	1,6
M 2,2	0,45	1,75
M 2,3	0,40	1,85
M 2,5	0,45	2,05
M 2,6	0,45	2,1
M 3	0,5	2,5
M 3,5	0,6	2,9
M 4	0,7	3,3
M 4,5	0,75	3,7
M 5	0,8	4,2
M 6	1	5
M 7	1	6
M 8	1,25	6,8
M 9	1,25	7,8
M 10	1,5	8,5
M 11	1,5	9,5
M 12	1,75	10,2
M 14	2	12
M 16	2	14

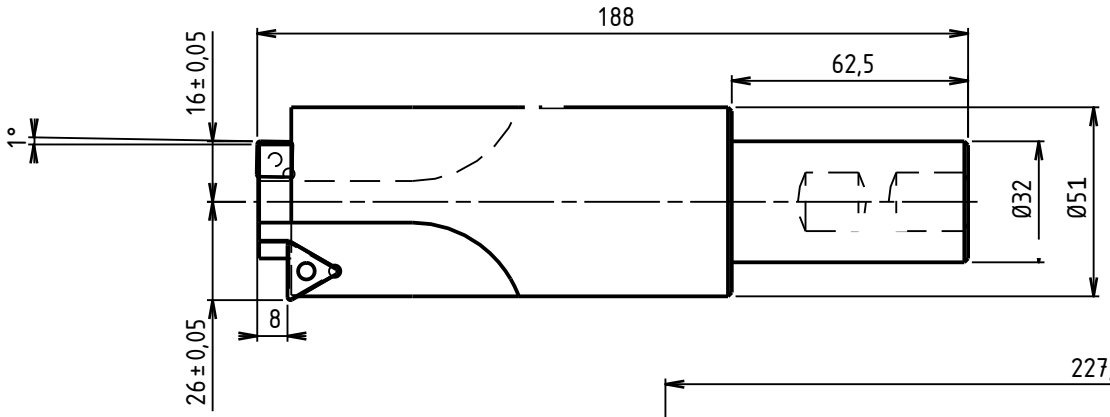
Rosca *Thread*	Paso *Pitch*	Ø Broca *Ø Drill*
M 18	2,5	15,5
M 20	2,5	17,5
M 22	2,5	19,5
M 24	3	21
M 27	3	24
M 30	3,5	26,5
M 33	3,5	29,5
M 36	4	32
M 39	4	35
M 42	4,5	37,5
M 45	4,5	40,5
M 48	5	43
M 52	5	47
M 56	5,5	50,5
M 60	5,5	54,5
M 64	6	58
M 68	6	62
M 70	6	64
M 72	6	66
M 75	6	69
M 76	6	70
M 80	6	74
M 85	6	79
M 90	6	84
M 95	6	89
M 100	6	94

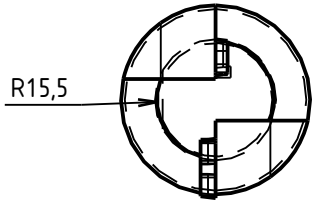
DOCUMENTO III. PLANOS

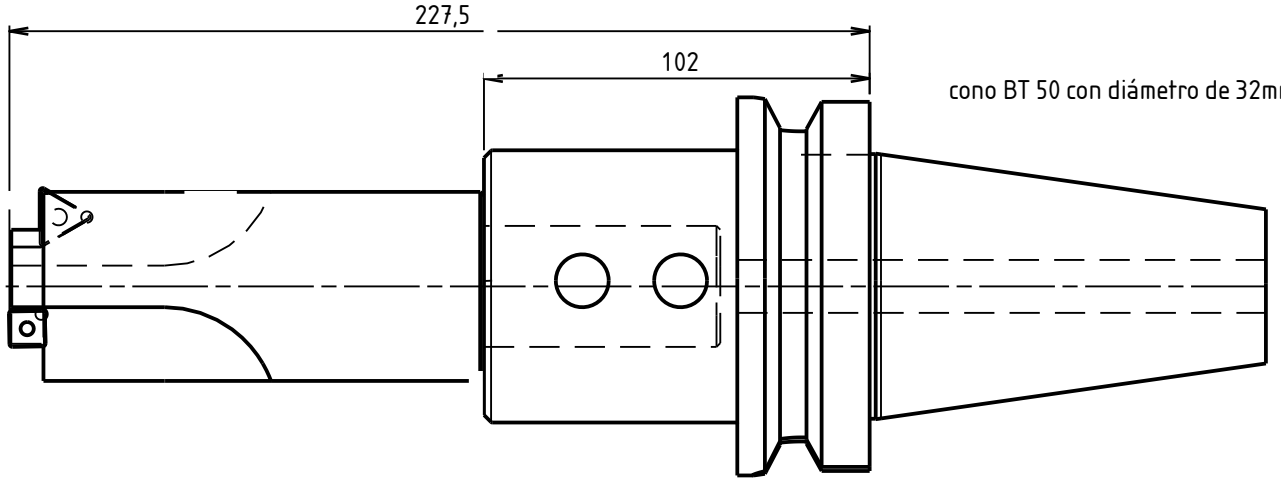


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE TELECOMUNICACIÓN		
PLANO DE TORNEADO		AUTOR DEL PROYECTO
E: 1/2	26/09/2021	XANA VAZQUEZ MORRIS
MATERIAL F-127		INNOVA4TOOLS

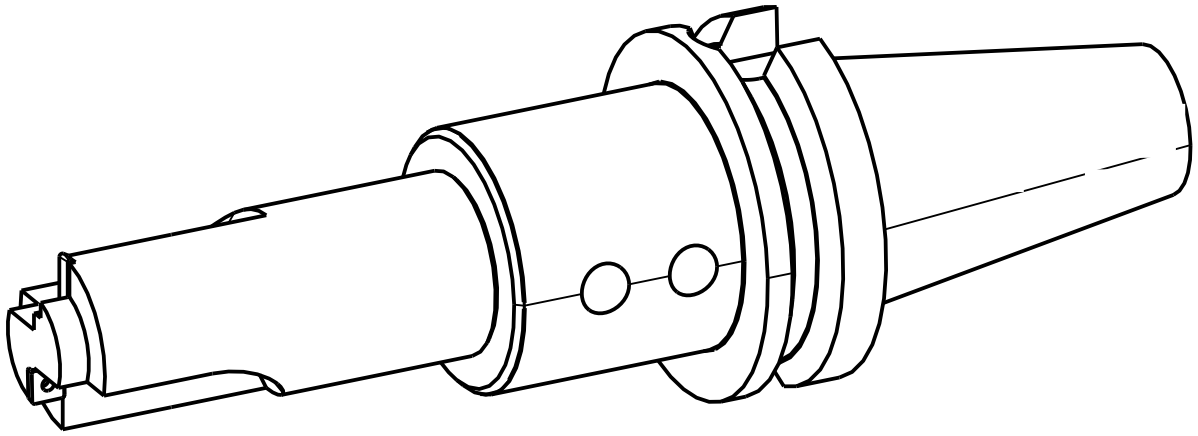
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA





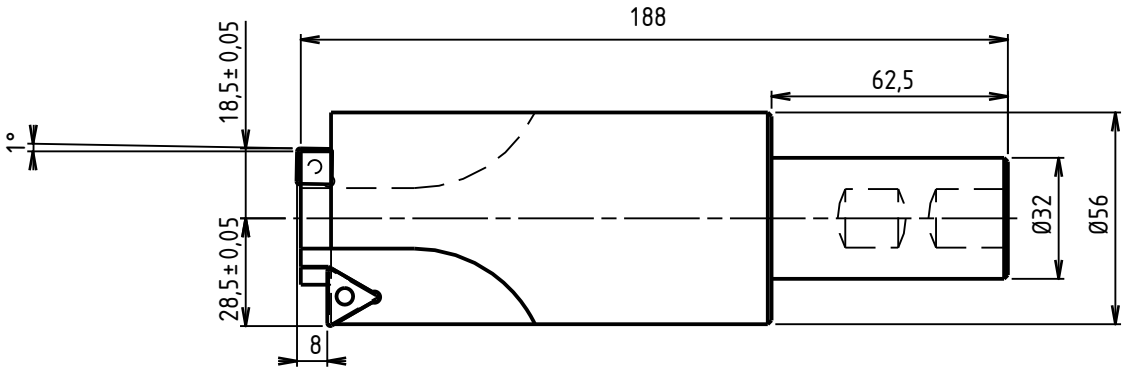


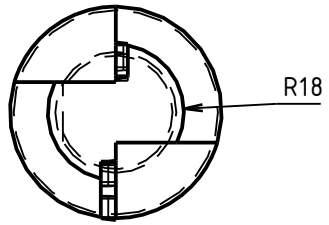
cono BT 50 con diámetro de 32mm

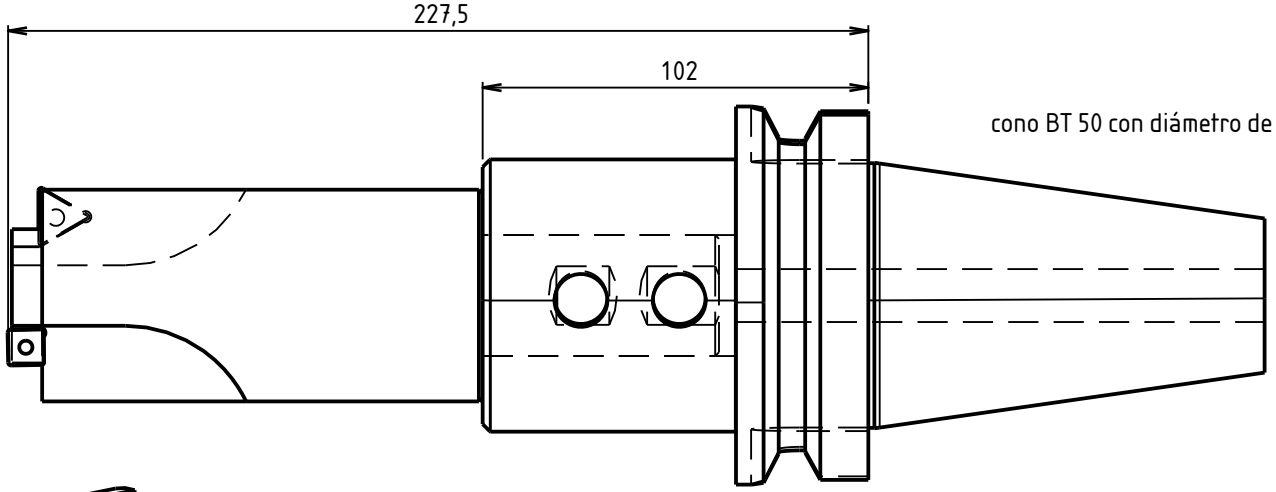


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE TELECOMUNICACIÓN	
Portaherramientas 1	AUTOR DEL PROYECTO
E: 1/2 26/09/2021	XANA VAZQUEZ MORRIS
MATERIAL F-127	INNOVA4TOOLS

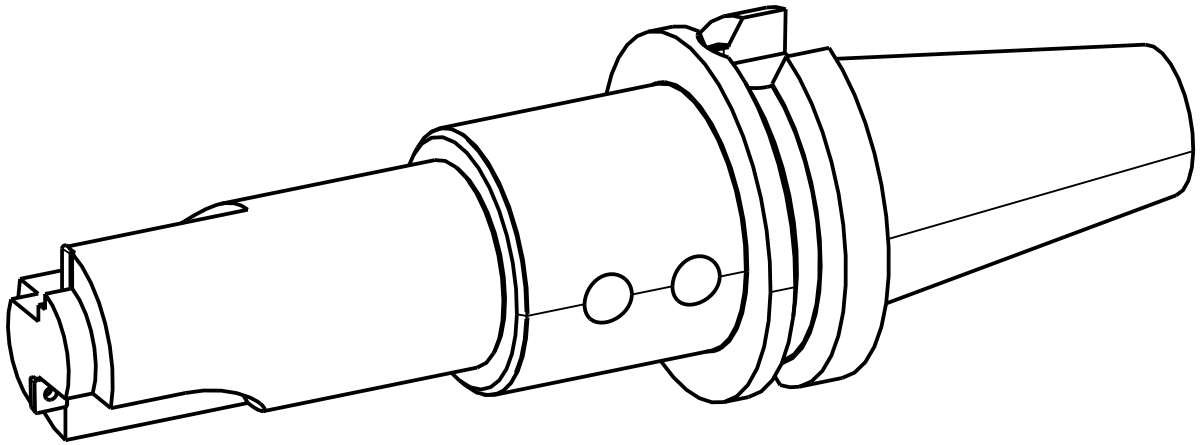
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA





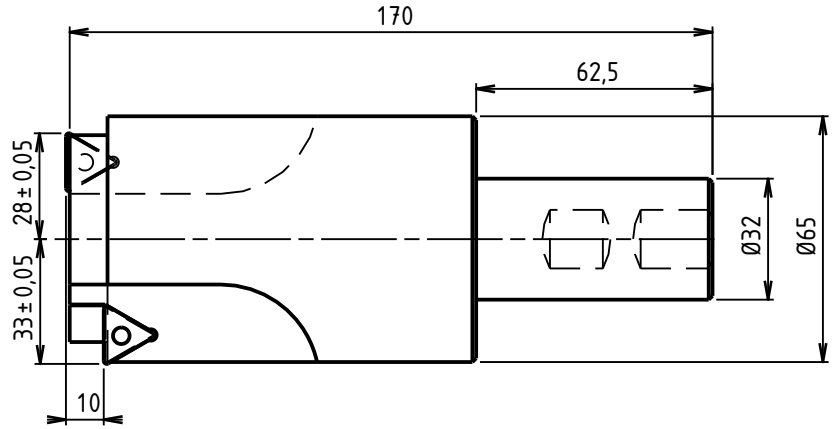


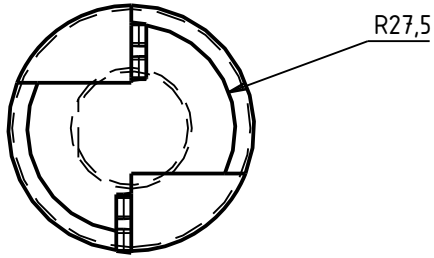
cono BT 50 con diámetro de 32mm

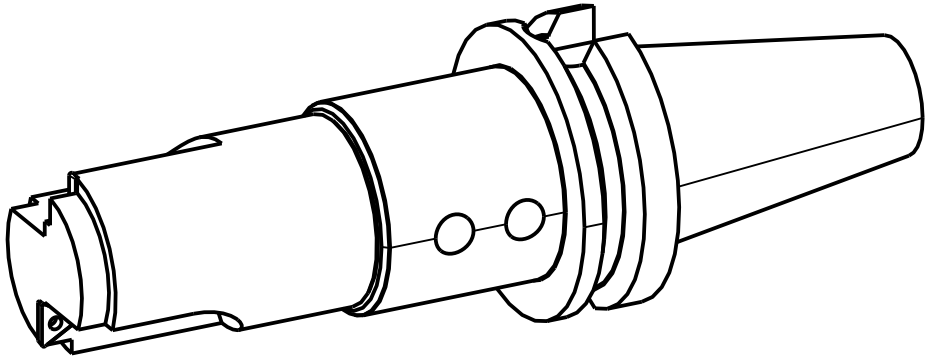


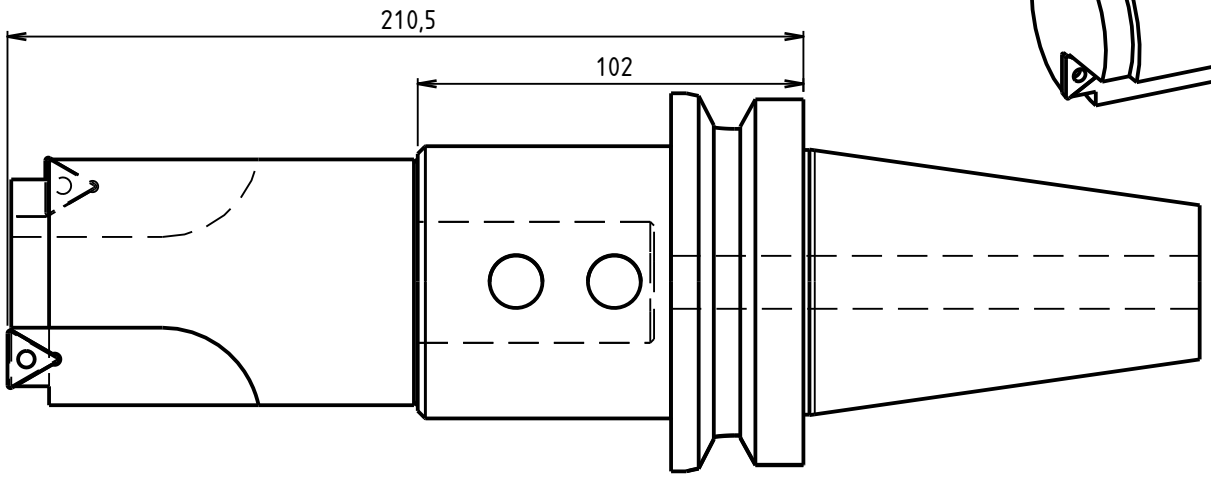
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE TELECOMUNICACIÓN	
Portaherramientas 2	AUTOR DEL PROYECTO
E: 1/2 26/09/2021	XANA VAZQUEZ MORRIS
MATERIAL F-127	INNOVA4TOOLS

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA





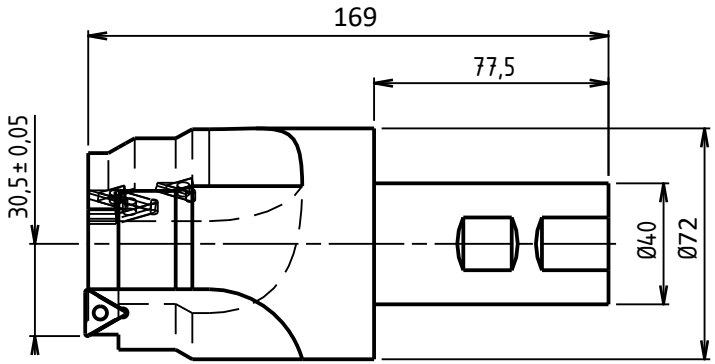


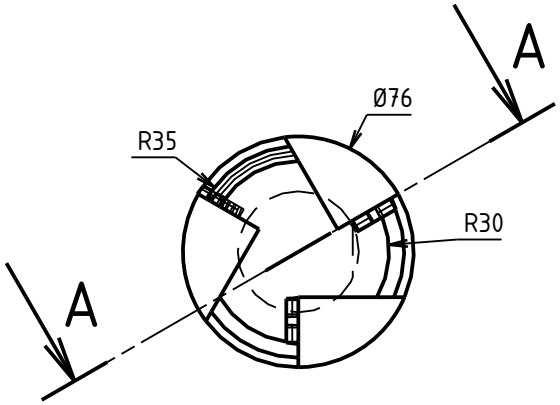


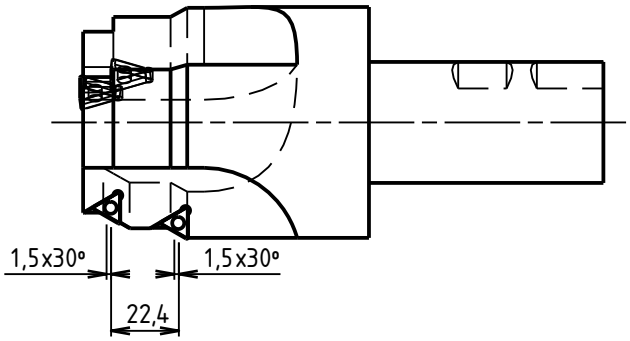
cono BT 50 con diámetro de 32mm

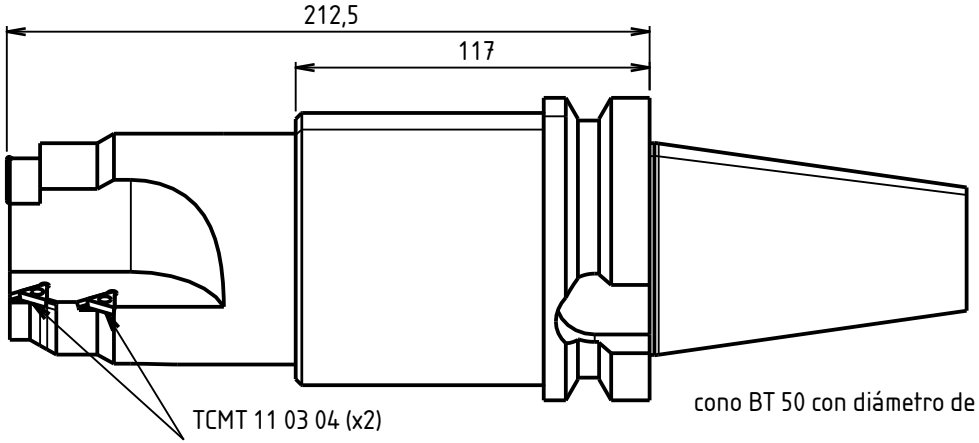
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE TELECOMUNICACIÓN	
Portaherramientas 3	AUTOR DEL PROYECTO
E: 1/2 26/09/2021	XANA VAZQUEZ MORRIS
MATERIAL F-127	INNOVA4TOOLS

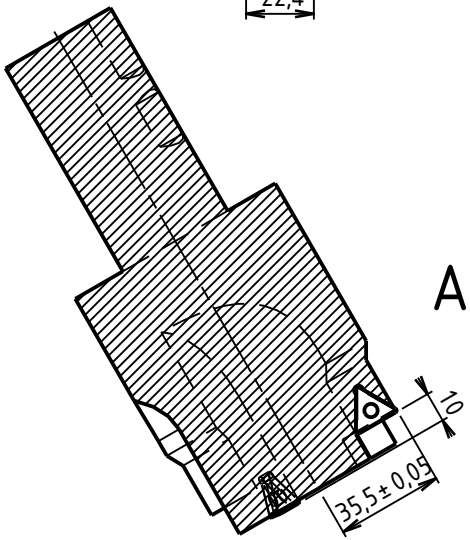
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

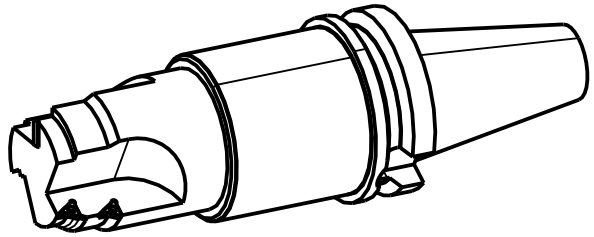












ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE TELECOMUNICACIÓN	
Portaherramientas 4	AUTOR DEL PROYECTO
E: 1/2 26/09/2021	XANA VAZQUEZ MORRIS
MATERIAL F-127	INNOVA4TOOLS

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

DOCUMENTO IV. PLIEGO DE CONDICIONES

INDICE

1 Introducción 2
2 Pliego de condiciones generales y administrativas 2
2.1 Garantías 2
2.2 Impuestos 2
2.3 Gastos y precios contradictorios 2
2.4 Revisión de precios 3
2.5 Cláusula de penalización 3
2.6 Objeto del Pliego 3
2.7 Estructura del Documento 4
2.8 Medioambiente y seguridad y salud 4
2.8.1 Taladrinas 4
2.8.2 Seguridad en el producto fabricado 5
2.8.3 Seguridad y salud en el manejo del centro de mecanizado 5
3 Disposiciones facultativas 5
3.1 Jefe de fabricación y compras 6
3.2 Obligaciones del contratista 6
3.3 Preparación y plazo de ejecución 6
3.4 Garantía 6
4 Pliego de condiciones técnicas 6
4.1 Adquisición de máquinas y equipos 7
4.2 Planificación del proceso de fabricación 7
4.3 Control de calidad 7
4.4 Condiciones de entrega del producto 8
4.5 Requisitos generales y específicos 8
4.6 Especificaciones de ejecución 9
4.7 Materiales 10
4.8 Herramientas 11
5 Pliego de condiciones legales 11
5.1.1 Marco jurídico 11
5.2 Disposiciones legales y normativa 12

1 Introducción

En el presente Documento se presentan los requisitos generales para la realización del proyecto “Diseño y fabricación de portaherramientas especial”.

Se especifica en el pliego las condiciones legales, técnicas facultativas y económicas llevadas a cabo para la correcta realización de dicho proyecto. Se determinan también las obligaciones de todos los agentes intervinientes en el proceso de ejecución.

2 Pliego de condiciones generales y administrativas

A raíz de la contratación de los servicios de “Innova4tools” se establecerá la formalización de un contrato entre ésta y el cliente en base a la aceptación de un presupuesto con el correspondiente pedido aceptado. En el contrato quedará reflejado el alcance de servicio en cuanto a tipo de producto, características, precio unitario, precio total, así como el pago de los servicios de acuerdo con la forma establecida (transferencia, cheque, pagaré, etc.). Dicho contrato en caso de litigio se dirimirá en los tribunales de Santander. El contrato se establecerá con un plazo de ejecución, una penalización y se extenderá por duplicado ajustándose todo ello a la normativa civil, fiscal y mercantil en vigor.

Como anexo al mismo se adjuntarán el pedido aceptado, los planos constructivos y toda aquella documentación que haya servido de base para el establecimiento del acuerdo contractual.

2.1 Garantías

El fabricante “Innova4tools” podrá exigir al cliente garantías económicas para realizar la inversión que podrán consistir en avales bancarios o un porcentaje de adelanto sobre el presupuesto total aprobado.

2.2 Impuestos

Todos aquellos impuestos o tasas involucradas en el presente proyecto será su pago responsabilidad del fabricante con excepción del IVA (21%) que se aplicará en la facturación al cliente repercutiéndose de esta manera.

2.3 Gastos y precios contradictorios

Aquellos gastos surgidos de modificaciones sobre los requerimientos iniciales y presupuesto aprobado serán a cargo del cliente. Dichos modificados deberán ser aprobados así mismo por el fabricante “Innova4tools”; para ello se realizará por escrito el nuevo presupuesto con el visto bueno del ingeniero del Proyecto.

2.4 Revisión de precios

Dado el periodo corto de fabricación establecido no se contemplan revisiones de precio por:

- elevación de los costes de materiales
- incremento de los costes laborales
- cualquier otro que sea de aplicación que no entre en el apartado 2.3

2.5 Cláusula de penalización

En caso de que el fabricante no entregue el producto en la fecha establecida llevará una penalización del 3% diario sobre el presupuesto aprobado que deberá descontar al cliente de la factura final.

2.6 Objeto del Pliego

El objeto del presente documento es establecer y regular todas las condiciones que deberán emplearse en el diseño y fabricación de portaherramientas especiales, garantizando el cumplimiento de todos los requerimientos de seguridad que establece la actual normativa vigente. Se determinan también las condiciones de obtención de la materia prima, las normas de seguridad durante la fabricación y la metodología a seguir por parte de “Innova4tools” para adquirir el producto final acorde todos los reglamentos y su posterior venta.

Las condiciones reflejan:

- La forma de adquisición de la materia prima junto con su verificación para el cumplimiento de los requerimientos establecidos por el fabricante.
- La metodología en base al programa TOPSOLID para conseguir el diseño mediante el desarrollo de ingeniería cumpliendo requisitos tanto del cliente como los marcados por el fabricante.
- La aplicación de las medidas de seguridad personales y colectivas como las propias de la máquina empleada en el mecanizado.

- El cumplimiento de unas pautas establecidas por el fabricante para la obtención del producto final adquiriendo la calidad y fiabilidad necesarias para la correcta ejecución del proyecto.

2.7 Estructura del Documento

La realización del Proyecto se efectuará en base a unas condiciones reflejados en los documentos siguientes, los cuales serán entregados por el fabricante al finalizar el proyecto:

- **DOCUMENTO I. MEMORIA**: en este documento se describe el objeto del proyecto, así como la solución adoptada y el proceso que se ha seguido para la realización del proyecto "Diseño y fabricación de portaherramientas especial"
- **DOCUMENTO II. ANEXO**: este documento describe las características técnicas de aquellos elementos involucrados durante todo el desarrollo del proyecto. Se incluyen catálogos donde seleccionar los elementos externos implicado y composición química y propiedades de materiales empleados en la fabricación.
- **DOCUMENTO III. PLANOS**: este documento recoge todos los planos de detalle de todas las piezas y elementos del proyecto. Deben expresar gráficamente y definir geométricamente todo lo mostrado. La información que se presenta en este documento es imprescindible para la correcta fabricación del proyecto.
- **DOCUMENTO IV. PLIEGO DE CONDICIONES:** regula las normas para la realización del proyecto desde el punto de vista técnico, facultativo, económico y legal.
- **DOCUMENTO V. PRESUPUESTO:** documento que describe tanto los precios unitarios como por partidas involucrados en el proyecto.

2.8 Medioambiente y seguridad y salud

2.8.1 Taladrinas

Las taladrinas utilizadas se consideran como residuo peligroso por la actual normativa ya que pueden contener metales pesados, aditivos…que representan un peligro para el medioambiente e incluso para la salud personal de los operarios ya que pueden provocar irritaciones en vías respiratorias, fibrosis pulmonar, etc.

Por todo ello la manipulación de aceites y taladrinas producto de los procesos de fabricación, han de ser tratados por una empresa certificada de gestión y tratamiento de residuos peligrosos, ya que el código de la Lista Europea de Residuos (Código LER) cataloga estos residuos como tales.

No existen emisiones a la atmosfera ni otro residuo que se genere en el presente proceso desde un criterio medioambiental.

2.8.2 Seguridad en el producto fabricado

Los productos fabricados no deberán presentar ningún peligro para las personas que los manipulen durante el proceso de fabricación ni posterior a su venta. Se requiere que los elementos no deban presentar partes cortantes como aletas o salientes ni poseer aristas vivas que puedan ocasionar lesiones por corte.

2.8.3 Seguridad y salud en el manejo del centro de mecanizado

Los trabajadores estarán obligados a emplear los EPI siguientes:

- Calzado de seguridad con puntera resistente a impactos, suela antideslizante y antiperforación.
- Guantes de resistencia mecánica
- Gafas y/o pantallas faciales de seguridad contra proyecciones de partículas
- Protección auditiva
- Ropa adecuada

La máquina empleada en el proceso de fabricación deberá cumplir unos requisitos y su utilización estará regida por unas normas:

- La máquina deberá llevar el marcado CE
- La máquina dispondrá de la tabla de características visible
- El fabricante de la máquina deberá facilitar y proporcionar los manuales y planos constructivos
- Se sujetará la pieza correctamente en la zona de trabajo.
- La puerta de la zona de trabajo permanecerá cerrada durante el funcionamiento de la máquina. Si esta se abre, el proceso se parará.
- La máquina dispondrá de una seta de emergencia, para parar la máquina de modo urgente en caso de necesidad.

3 Disposiciones facultativas

La dirección de fabricación estará liderada por la ingeniera de proyecto Xana Vázquez con obligación de comprobar que se marcan las pautas correctas de ejecución durante el proyecto.

3.1 Jefe de fabricación y compras

El jefe de fabricación será el encargado de hacer cumplir de forma clara y con autoridad lo estipulado en el proyecto desde la fase de compras hasta la ejecución de las pruebas finales. Seguirá las recomendaciones de la Dirección facultativa.

3.2 Obligaciones del contratista

El contratista o fabricante “Innova4tools” será el responsable final de la fabricación. Deberá facilitar, en caso necesario, cualquier certificado de calidad de los materiales, maquinaria y equipo empleado en la fabricación en caso de solicitarlos el cliente.

El ingeniero de proyecto realizar todas aquellas reuniones entre el fabricante y el cliente que sean necesarias para recabar documentación, requerimientos y otros datos necesarios para el proyecto.

3.3 Preparación y plazo de ejecución

El fabricante llevará a cabo los preparativos de definición del proyecto, adquisiciones y fabricación en el plazo de 6 semanas tal y como requiere el cliente. Dicho plazo podrá ser modificado en función de nuevos desarrollos tecnológicos que pudieran variar el proceso de fabricación, así como a petición del cliente, en función de sus nuevos requerimientos.

3.4 Garantía

El producto final realizado por el fabricante deberá tener una garantía de 12 semanas desde la fecha de entrega al cliente de las piezas. La garantía consistirá en sustitución del elemento defectuoso.

4 Pliego de condiciones técnicas

El cliente deberá poner a disposición del fabricante “innova4tools” aquellos datos que sean necesarios y fundamentales de los elementos a diseñar y fabricar para la correcta ejecución del proyecto. Dichas esas especificaciones deberán quedar por escrito.

En el caso de que el fabricante subcontrate parte de la ejecución del proyecto deberá contratarse con empresas de reconocido prestigio profesional en el sector para garantizar la idoneidad en la ejecución del proyecto.

4.1 Adquisición de máquinas y equipos

El mecanizado CNC de las piezas, se realizarán mediante un centro de mecanizado vertical de 3 ejes con marcado CE junto con un divisor 4º/5º eje.

4.2 Planificación del proceso de fabricación

Con el cliente se llevará a cabo una primera planificación que incluirá plazos estimados de aportes de materiales, transformaciones de los mismo y entrega final. Dicho cronograma sufrirá tantas modificaciones como sean precisas en función del estado de la técnica, evolución de materiales y/o requisitos del cliente. En la estimación ¡se considerarán las jordanas laborales del personal implicado, valoración económica del tiempo empleado, así como costes de materiales.

Se contemplará la subcontratación del torneado de las piezas, así como del recubrimiento y equilibrado; para ello se elegirán empresas especializadas y de alto valor añadido.

Se mantendrá informado al cliente del progreso de la ejecución del proyecto para poder tener retroalimentación y avanzar juntos en la toma de decisiones.

Los portaherramientas se fabricarán de acuerdo con los planos de diseño una vez aceptados por el cliente, así como las especificaciones que se acuerden.

Todo el personal implicado recibirá instrucciones claras, concisas y detalladas de cada tarea que constituyan los procesos.

4.3 Control de calidad

Se establece que el mismo se ha llevado a cabo por el cliente a costa del fabricante asumiendo este último todos los gastos que implique cualquier deficiencia y cualquier renovación en las muestras entregadas.

El objetivo es conseguir la satisfacción del cliente que demanda el producto en función de sus propios requerimientos y especificaciones.

“Innova4tools” por su parte se encargará de que todos los procesos de selección y adquisición de materiales, selección y encargo de proveedores y fabricación de los portaherramientas se hagan con la mayor eficiencia y de acuerdo con el manual de calidad de la empresa fabricante.

En la fase de mecanizado, actividad propia del fabricante se cumplirán el programa de mantenimiento de la máquina indicado por el fabricante de esta, la eliminación de aristas cortantes mediante chaflanes y el aseguramiento de las tolerancias necesarias, así como el acabado superficial.

En caso de no encajar las placas en sus correspondientes asientos se procederá a su sustitución.

4.4 Condiciones de entrega del producto

El cumplimiento del contrato “Innova4tools” entregará los portaherramientas encargados debidamente embalados con espuma expandible de relleno y con las protecciones exteriores adecuadas ante impactos y golpes que pudieran deteriorar las piezas.

4.5 Requisitos generales y específicos

Por parte de “Innova4tools” se requiere de la colaboración de la ingeniera Xana Vázquez Morris para llevar a cabo un proyecto consistente en el diseño y fabricación de unos portaherramientas con unas características determinadas. Un cliente, ante la escasez de fabricantes en la zona norte de España, solicitó de innova4tools del desarrollo de esos portaherramientas que ellos no encontraban en el mercado.

Con el envío de planos a los que se hace referencia en el *DOCUMENTO I. MEMORIA – 7.1.1 Portaherramientas – Geometría del portaherramientas*, se comenzó el diseño y la fabricación de 4 tipos de portaherramientas diferentes por su dimensionamiento y funcionalidad para el cliente.

Portaherramientas caso A: dimensiones de diámetros 31 mm, 51 mm y 32 mm consecutivamente y sus respectivas longitudes 8 mm, 117 mm y 62,5 mm para cada diámetro. Admitiendo 1 placas por cada diámetro de mecanizado y una superficie para sujeción en el diámetro de 32 mm.

Portaherramientas caso B: dimensiones de diámetros 36 mm, 56 mm y 32 mm consecutivamente y sus respectivas longitudes 8 mm, 117 mm y 62,5 mm para cada diámetro. Admitiendo 1 placas por cada diámetro de mecanizado y una superficie para sujeción en el diámetro de 32 mm.

Portaherramientas caso C: dimensiones de diámetros 55 mm, 65 mm y 32 mm consecutivamente y sus respectivas longitudes 10 mm, 97,5 mm y 62,5 mm para cada diámetro. Admitiendo 1 placas por cada diámetro de mecanizado y una superficie para sujeción en el diámetro de 32 mm.

Portaherramientas caso D: dimensiones de diámetros 60 mm, 70 mm, 76 mm y 40 mm consecutivamente y sus respectivas longitudes 6,65 mm, 22,25 mm, 65,5 mm y 74 mm para cada diámetro. Admitiendo un total de 4 placas divididas en 1 placa por cada diámetro de mecanizado y 2 para mecanizado de chaflanes además de una superficie para sujeción en el diámetro de 40 mm.

Los casos A y B junto con un elemento auxiliar no deberán ser menores a una longitud de 225 mm, así como los casos C y D no deberán ser menores de 215 mm en su longitud efectiva explicada en el *DOCUMENTO I. MEMORIA – 7.1.1 Portaherramientas – Longitud de los portaherramientas.*

Todos los casos presentados cuentan con unas tolerancias en el dimensionamiento especificados en los planos. También deberán disponer de un recubrimiento de nitrurado por decisión del fabricante además de un equilibrado.

4.6 Especificaciones de ejecución

Serán las siguientes:

- Fase 1 – diseño: en base al programa CAD-CAM TOPSOLID (ver *DOCUMENTO I. MEMORIA – 7.2 Desarrollo del CAD)*.

- Fase 2 – fabricación:

  - Torneado: una vez adquirido el material se envía para su torneado a una empresa especialista. Recibidas las piezas torneadas se comprueba que cumplen los requisitos y dimensiones de acuerdo con el Plano de Torneado (ver DOCUMENTO III. PLANOS).
  - Mecanizado: en base al diseño se realiza la mecanización de todas las piezas por parte de “Innova4tools” (ver *DOCUMENTO I. MEMORIA – 7 DISEÑO*). La máquina

de mecanizado es una HWACHEON VESTA -1000 + de 6800 Kg y dimensiones 2,850x2800x2862 mm ocupando una superficie de 8 m^2. Una característica significativa de la máquina es que dispone de una función (HECC) que permite obtener reducciones de tiempo, mejorar la precisión del trabajo y un aumento de la vida útil de la herramienta. Así mismo su función OPTIMA previene daños a la herramienta de corte en tiempo real controlando el avance de trabajo para mantener una carga de esfuerzo constante durante el mecanizado, y así el tiempo puede ser reducido. Dispone de otra función: HTDC que compensa el error automáticamente en función de la temperatura. Los sensores de temperatura de alta sensibilidad están instalados en los elementos integrados de la maquina y procesan la información en tiempo real.

- Fase 3 – tratamiento: obtenidas las piezas mecanizadas se envían a una empresa especializada con tratamientos térmico de metales para recubrir las piezas con un nitrurado, obteniendo un incremento superficial de los productos y aumentando la resistencia a la corrosión y a la fatiga.

- Fase 4 – equilibrado: en esta última fase se envía a una última empresa para realizar orificios de la pieza. Esto resulta fundamental para que el perfecto equilibrado del portaherramientas junto con el tratamiento superficial le proporcione más duración a la pieza protegiéndola del desgaste de vibraciones al haber aumentado progresivamente la velocidad de giro del husillo de las máquinas actuales (ver *DOCUMENTO I. MEMORIA – 9.4 Tratamientos*).

Terminadas estas cuatro fases se procede al envío de los productos finales al cliente.

4.7 Materiales

La materia prima empleada en el proyecto es el siguiente:

- Barras de acero F-127. Una vez adquirida se comprobará que cumple los requerimientos siguientes: dimensiones y Certificado del fabricante asegurando que es del material y características exigidas. Una vez comprobados todos estos aspectos se envía las barras al proveedor seleccionado para el torneado.

Se hará una inspección visual para asegurarse de que no muestran golpes, signos de corrosión, picaduras, etc. Se comprobará mediante una medición, que el diámetro del eje

cumple la tolerancia de h9. Se comprobará su rectitud. De este modo se garantizará el correcto funcionamiento en el giro del eje.

4.8 Herramientas

Se comprobarán que todas las herramientas empleadas en el mecanizado de los productos sean aptas para el uso. Esto implicará que se corresponderán con las dimensiones de herramientas decididas en el proceso de fabricación virtual en base al programa TOPSOLID y estén correctamente fabricadas en la propia empresa “Innova4tools”. Se realizará un seguimiento una vez usadas en cada uno de los portaherramientas o cuando el encargado del mecanizado lo considere oportuno, comprobando que sigan estando suficientemente afiladas. En caso contrario, se procederá al afilado de ellas y si esto no fuese posible, a la creación de una herramienta equivalente con ayuda de un operario perteneciente a la empresa de fabricación “Innova4tools”.

Todas las herramientas deberán estar correctamente ordenadas en la biblioteca del programa del software y coincidir con el listado de herramientas dispuesto en el almacén del centro de mecanizado CNC.

En cuanto a los dispositivos de amarre serían los siguientes:

- pinzas (15 uds.)
- portapinzas (15 uds.)
- conos BT 50 (4 uds.)
- tirantes (10 uds.)

Las pinzas abarcarán tantos diámetros como sean necesarios para la correcta sujeción de las herramientas diseñas para el mecanizado. Los portapinzas estarán estandarizados para encajar con conos de amarre BT 40. Los conos BT 50 se seleccionarán de manera que empleen un método de amarre Weldon.

5 Pliego de condiciones legales

5.1.1 Marco jurídico

El proyecto tendrá que realizarse respetando las leyes vigentes españolas, así como las que pudieran afectarle en el ámbito europeo e internacional. Dichas leyes contemplarán tanto los aspectos civiles, mercantiles, laborales o incluso penales.

5.2 Disposiciones legales y normativa

- Ley 7/2022, de 8 de abril, de Residuos y Suelos Contaminados para una Economía Circular.
- Reglamento 1357/2014, que sustituye Anexo III de la Directiva 2008/98/CE
- Real Decreto 1644/2008, de comercialización y puesta en servicio de máquinas (Directiva 2006/42/CE).
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2003, de 12 de noviembre, de reforma del marco normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 679/2006 que regula la gestión de los aceites industriales usados y Orden ARM /795/2011, de 31 de marzo que modifica su Anexo III.
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1801/2003, de 26 de diciembre, sobre seguridad general de los productos.
- Directiva 89/391/CEE, relativa a la aplicación de las medidas para promover la mejora en la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Real Decreto Legislativo 5/2000, de 4 de agosto, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social.
- Convenio 155 de la OIT sobre seguridad y salud de los trabajadores, de 22 de junio de 1981.
- Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria.
- Real Decreto 825/1993, de 28 de mayo, que determina Medidas Laborales y de Seguridad Social específicas a las que se refiere el artículo 6 de la Ley 21/1992.
- Orden de 29 de julio de 1993, que desarrolla el Real Decreto 825/1993.
- Real Decreto 697/1995, de 28 de abril, que desarrolla el Reglamento de Registro de Establecimientos Industriales de la Ley 21/1192.
- Real Decreto 2526/1998, de 27 de noviembre, que modifica el artículo 17.1 del anexo al Real Decreto 697/1995 relativo al Registro de Establecimientos Industriales.

- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los equipos de trabajo.
- CALIDAD ISO 9001: Satisfacción de las necesidades del cliente (de acuerdo con el Manual de Calidad de “Innova4tools”).

DOCUMENTO V. PRESUPUESTO

1 Introducción

El presupuesto de este proyecto se divide en dos clases. La primera de ellas constará de todos los elementos involucrados en la fabricación del producto vendido, los 4 portaherramientas, incluyendo el coste de maquinaria empleada en función de los tiempos, materiales, herramientas y posibles costos en personal de maquinaria y herramientas o útiles necesitados durante la ejecución del proyecto. El segundo presupuesto hará referencia al diseño e ingeniería llevada a cabo incluyendo también tiempos de diseño, licencias del software empleado y dispositivos involucrados en este proceso.

Al ser un proyecto nuevo para la empresa los tiempos reales empleados tanto en el resultado del diseño, búsqueda y obtención de elementos auxiliares (amarres, placas, etc.), tiempos por cada operación de mecanizado, tiempos generales de preparación y cambio de piezas, no son los tiempos que se expresarán en este documento. Para tener una visión de un proceso como el llevado a cabo en este proyecto se ha estimado en función al tiempo real empleado, un tiempo ficticio objetivo. Esto quiere decir que los tiempos que se mostrarán a continuación en los siguientes presupuestos serán una estimación de lo que podría llegar a tardar si la máquina, el procedimiento y las pautas a la hora de fabricar son conocidas.

El presupuesto se va a dividir en dos secciones. La primera sección representará todas las partidas asociadas con el diseño, desde elementos empleados durante el diseño, como el personal que ha intervenido. La segunda sección englobará todos los agentes implicados en la ejecución de la fabricación de los portaherramientas, así como las máquinas empleadas en función del tiempo de utilización. Las tablas de las partidas se representarán en verde mientras que en azul se expondrán datos necesarios para realizar el cálculo de dichas partidas. Al final de la exposición de estas dos partes, se realizará un sumatorio de partidas totales para asociar al proyecto un precio.

2 DISEÑO

Este apartado se divide en:

PARTIDA I – EQUIPOS INFORMÁTICOS
PARTIDA II – PERSONAL

PARTIDA I - EQUIPOS INFORMÁTICOS						
N.º Orden	Descripción	Uds	Precio/Ud	Tiempo diseño (h)	Coste Hora (€/h)	Coste diseño (€)
1	Ud. Ordenador	1	1.200,00 €	8 h	0,69 €/h	5,52 €
2	Licencias					
2.1	Ud. TOPSOLID	1	11.000,00 €	8h	6,3 €/h	50,40 €
2.2	Ud. Microsoft Office	1	10,50 €	2 h	0,006 €/h	0,01 €
3	Ud. Impresora	1	61,50 €	0,5 h	0,03 €/h	0,02 €
Total, PARTIDA I.....						**55,95 €**

PARTIDA II - PERSONAL					
Descripción	Sueldo bruto	Coste Hora	Proyecto (h)	Diseño (h)	Total €
Ingeniero	40.000,00 €	22,94 €	20	14	779,96 €
Administrativo	36.000,00 €	20,64 €	6		123,84 €
Total, PARTIDA II.....					**903,80 €**

3 FABRICACIÓN

Este apartado se divide en:

PARTIDA III - MATERIALES

PARTIDA IV – COSTES MÁQUINAS FABRICACIÓN

PARTIDA V – COSTE DE MANO DE OBRA

PARTIDA V – MANO DE OBRA

PARTIDA III - MATERIALES				
N.º Orden	Descripción	Uds.	Precio/Ud.	Total (€)
1	MATERIAL			
1.1	Ud. Acero F127 redondo 65 (× 190) mm + torneado	1	42,50 €	42,50 €
1.2	Ud. Acero F127 redondo 65 (× 190) mm + torneado	1	42,50 €	42,50 €
1.3	Ud. Acero F127 redondo 65 (× 175) mm + torneado	1	42,50 €	42,50 €
1.4	Ud. Acero F127 redondo 65 (× 171) mm + torneado	1	48,50 €	48,50 €
2	AMARRES			
2.1	Ud. Cono BT50 para diámetro de 32 mm	3	54,00 €	162,00 €
2.2	Ud. Cono BT50 para diámetro de 40 mm	1	54,00 €	54,00 €
2.3	Ud. Portapinzas + pinzas	12	47,95 €	535,12 € (Dto 7%)
Total, PARTIDA III				**927,12 €**

MAQUINARIA Y COMPLEMENTOS PARA EL MECANIZADO				
N.º Orden	Descripción	Uds.	Precio / Ud	Total (€)
1	HWACHEON VESTA 1000	1	73.000 €	73.000 €
2	Divisor 4°/5° eje LEHMAN T1-510520	1	37.000 €	37.000 €
2.1	Placa punto cero Quick point 96	1	975 €	975 €
2.2	Sonda de medición de pieza BLUM TC 50	1	3.000 €	3.000 €
3	Extras (instalación, taladrina, cursos, etc)	1		23.025 €
Total, Maquinaria y complementos.....				137.000 €

TIEMPOS DE FABRICACIÓN (hh:mm:ss)					
HUACHEWON					
ELEMENTO	Operaciones mecanizado (FC)	Cambios herramienta	Preparación y palpado	Paradas	Total
PORTAH. 1	1:24:05	0:02:40	0:30:00	0:30:00	2:26:45
PORTAH.2	1:26:57				2:29:37
PORTAH. 3	1:24:15				2:26:55
PORTAH.4	2:17:10				3:19:50
Total, tiempo HUWACHEON……..					10:43:07
ZOLLER					
	Mediciones		N.º herramientas	cambios	Total
HERRAMIENTAS	0:01:30		11	0:01:00	0:17:30
Total, tiempo ZOLLER…….					0:17:30

A la hora de calcular los precios de cada trabajador o máquina se han tomado 218 días laborables en un año, y por lo tanto 1744 horas disponibles de jornada. Eliminando las vacaciones correspondientes a lo largo de un contrato.

PARTIDA IV - COSTES MÁQUINAS FABRICACIÓN					
MÁQUINAS	€	amortización (años)	€ / h	€ / min	€ fabricación
HWACHEON	137.000,00 €	5	15,71 €	0,26 €	168,54 €
ZOLLER	15.000,00 €		1,72 €	0,03 €	0,54 €
Total, PARTIDA IV…….					**169,08 €**

PARTIDA V - COSTES MANO DE OBRA				
Descripción	Coste / h	tiempo Hwacheon (h)	tiempo Zoller (h)	Total
Operario	12,61 €	16	8,00 €	302,64 €
Ingeniero	22,94 €	6	3,00 €	206,46 €
Total, PARTIDA IV…….				**509,10 €**

4 COSTES TOTALES

COSTE TOTAL	
PARTIDA I	55,95 €
PARTIDA II	903,80 €
PARTIDA DE DISEÑO	959,75 €
PARTIDA III	927,12 €
PARTIDA IV	169,08 €
PARTIDA V	509,10 €
PARTIDA DE FABRICACIÓN	1.605,30 €
PARTIDA TOTAL	**2.565,05 €**

La partida total de coste de los cuatro portaherramientas asciende a los 2.565,05 Q para poner precios de venta unitarios no nos hemos basado en los costes individualizados de cada portaherramientas si no en criterios comerciales como son:

- Demanda presente y futura de cada uno de los portaherramientas
- Adecuación en el precio a un entorno competitivo de modo que el producto se pueda introducir habiendo un interés en la demanda.

5 PRECIO DE VENTA

Al coste de fabricación de los cuatro portaherramientas se le añade a continuación el margen de beneficio o comercial, así como los impuestos repercutidos (IVA 21%).

PRODUCTO	COSTE	10 % BENEFICIO	BASE	CUOTA IVA (21%)	**PRECIO PVP**
PH1	580 €	58 €	638 €	133,98 €	**771,98 €**
PH2	600 €	60 €	660 €	138,60 €	**798,60 €**
PH3	630 €	63 €	693 €	145,53 €	**838,53 €**
PH4	755,05 €	75,5 €	830,55 €	174,41 €	**1004,96 €**

Desde el comienzo del proyecto hasta la entrega del producto al cliente los costes de material tuvieron un incremento de cerca de 25%. Afortunadamente desde el principio, una vez conocido la cantidad de portaherramientas que el cliente necesitaba, se hizo una reserva con los precios establecidos antes del incremente, lo que ayudó a la mejora del margen comercial.