



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

“DISEÑO, PROGRAMACIÓN, SIMULACIÓN Y FABRICACIÓN
EN CNC CON PROGRAMAS DE CAD/CAM”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTA:

ÁNGEL EFRÉN JIMÉNEZ MORA

ASESOR:

M. en I. FELIPE DÍAZ DEL CASTILLO RODRÍGUEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
ASUNTO: **VOTO APROBATORIO**

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CONTRAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
Departamento de Exámenes Profesionales
Cuautilán.**



Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Diseño, Programación, Simulación y Fabricación en CNC con Programas de CAD/CAM

Que presenta el pasante: ÁNGEL EFRÉN JIMÉNEZ MORA

Con número de cuenta: 41200244-9 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería Mecánica Eléctrica

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautilán Izcalli, Méx. a 04 de junio de 2018.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Ing. Enrique Cortés González	
VOCAL	M. en I. Felipe Díaz Del Castillo Rodríguez	
SECRETARIO	M. en I. Sergio Martín Durán Guerrero	
1er. SUPLENTE	Ing. Eusebio Reyes Carranza	
2do. SUPLENTE	Ing. José Armando González Urbina	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/ntm*

ÍNDICE

OBJETIVOS.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2

CAPÍTULO 1

CONTROL NUMÉRICO

1.1 VENTAJAS DE LAS MÁQUINAS DE CONTROL NUMÉRICO.....	5
1.2 DESVENTAJAS DE LAS MÁQUINAS DE CONTROL NUMÉRICO.....	6
1.3 CLASIFICACIÓN DE CONTROLES.....	7
1.4 CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN.....	10
1.5 SISTEMAS AUTOMÁTICOS.....	21
1.6 SITEMAS DE COORDENADAS.....	25
1.7 CORRECTORES DE HERRAMIENTAS.....	29
1.8 COMPENSACIÓN DEL RADIO DE HERRAMIENTA.....	32

CAPÍTULO 2

PROGRAMACIÓN MANUAL

2.1 FORMATO DE PROGRAMACIÓN ISO.....	36
2.2 CÁLCULOS DE CORTE Y REVOLUCIONES.....	43
2.3 PROGRAMACIÓN EN TORNO CNC.....	49
2.4 PROGRAMACIÓN EN FRESADORA CNC.....	56

CAPÍTULO 3

DISEÑO EN SOLIDWORKS 2015

3.1 ENTORNO.....	61
3.2 DISEÑO.....	65
3.3 CROQUIS.....	66
3.4 FUNCIÓN REVOLUCIÓN.....	73

CAPÍTULO 4

MECANIZADO DE TORNO EN MASTERCAM X9 DE UN MODELADO DE SOLIDWORKS

4.1 ENTORNO.....	78
4.2 COFIGURACIÓN.....	79
4.3 IMPORTAR ARCHIVO.....	81
4.4 SELECCIÓN DE MÁQUINA.....	84
4.5 STOCK.....	88
4.6 REFRENTADO.....	96
4.7 DESBASTE.....	99
4.8 ACABADO DESBASTE.....	102
4.9 DESBASTE CURVA	105
4.10 ACABADO CURVA.....	113
4.11 RANURADO.....	117
4.12 TALADRO.....	125
4.13 DESBASTE INTERIOR.....	130
4.14 ACABADO RÁPIDO INTERIOR.....	135
4.15 TRONZADO.....	138
4.16 SIMULACIÓN.....	141
4.17 PROGRAMACIÓN EN CODIGO ISO.....	143

CAPITULO 5

DISEÑO EN MASTERCAM

5.1 PARÁMETROS.....	147
5.2 CROQUIS.....	149
5.3 EXTRUIR.....	158

CAPÍTULO 6
FRESADO EN MASTERCAM

6.1 CARGA DE ARCHIVO.....	169
6.2 SELECCIÓN DE MÁQUINA.....	171
6.3 STOCK.....	174
6.4 PLANEADO.....	179
6.5 CAJERA.....	186
6.6 TALADRO.....	194
6.7 SEGUNDA CAJERA.....	200
6.8 MECANIZADO CIRCULAR.....	207
6.9 SIMULACIÓN.....	214
6.10 PROGRAMACIÓN EN CÓDIGO ISO.....	216
CONCLUSIONES.....	218
BIBLIOGRAFÍA.....	219

OBJETIVOS

Se tiene como objetivo principal conseguir que mediante el funcionamiento adecuado de un sistema integrado CAD/CAM, el que se vincule exitosamente con un equipo de fabricación (para esta tesis se contempla utilizar un torno CNC y una fresadora CNC con las cuales cuenta la FESC) y así a partir de un buen diseño, lograr de la mejor manera la fabricación de nuestro producto o pieza, teniendo las ventajas de generar el código para su manufactura y visualizar la simulación de esta misma para ello se tendrán en cuenta los siguientes objetivos:

1. Diseñar piezas en 3D con ayuda de los programas Solidworks y Mastercam X9.
2. Generar el código de programación CNC de las piezas diseñadas mediante el software Mastercam X9.
3. Simular las trayectorias de las herramientas de corte previo al proceso de fabricación.
4. Fabricar piezas en torno CNC o fresadora CNC con los códigos de programación generados por programas de CAM.

Se hace notar que en la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica se brinda el conocimiento y manejo de programas CAD, pero existe una carencia cuando nos referimos a programas CAM, por lo que esta tesis sería un gran aporte para la comunidad estudiantil ya que brinda importantes ventajas en el área de diseño y manufactura, que pueden ser aprovechadas por los diseñadores, ingenieros y fabricantes, y pueden acoplarse a las necesidades específicas dependiendo de las diversas situaciones.

INTRODUCCIÓN

El diseño asistido por computadora y manufactura asistida por computadora conocidos como CAD/CAM son la unión de software que se utilizan en la industria manufacturera.

La parte CAD contiene el modelo diseñado en 3D que permite ver su estructura de una forma completa y detallada teniendo la facilidad de poder realizar cambios sin tener que fabricar la pieza mientras que el lado CAM es la parte que contiene el código de mecanizado para poder fabricar la pieza haciendo los cálculos pertinentes de las trayectorias de fabricación de acuerdo a la geometría del diseño en CAD (figura 1.1).

Una vez que se cuenta con el diseño elaborado en un programa CAD, se podría generar su código a través de un programa CAM, y obteniendo estos datos, proceder a introducirlos e incluso transferirlos, a un equipo de fabricación, en este caso una máquina CNC, para su elaboración. Cuando los sistemas CAD se conectan a equipos de fabricación también controlados por ordenador, conforman un sistema integrado CAD/CAM.

En la actualidad ya no se necesitan de computadoras tan sofisticadas para la implementación de este tipo de tecnología, solo basta con una computadora personal para controlar una serie de máquinas CNC como tornos, fresadoras, cortadoras láser, rectificadoras etc.; además de que se pueden estar monitoreando en cualquier momento para saber cuáles son las condiciones en las que se están operando.

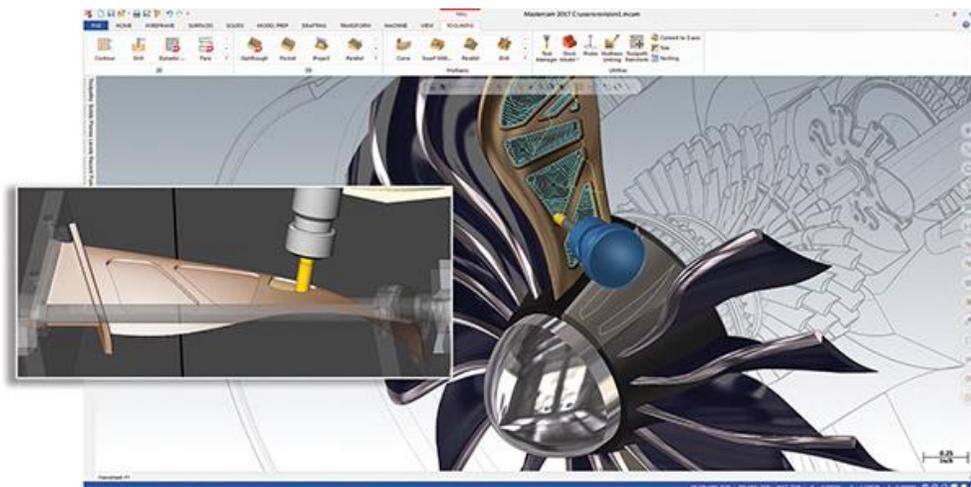


Figura 1.1 Programa CAM.

CAPÍTULO 1

CONTROL NUMÉRICO

Se define como control numérico (CN) a la manera en que se controlan con precisión las operaciones que realiza una máquina las cuales son instrucciones codificadas que se componen de letras, números y símbolos que la unidad de control de la máquina (MCU) puede traducir.

Las letras, números y símbolos hacen referencia a posiciones, distancias, movimientos o funciones específicas; dichas instrucciones son ejecutadas en la máquina CNC por medio de pulsos eléctricos que mueven los servomotores para realizar operaciones de maquinado.

El control numérico por computadora (CNC) ofrece un alto grado de precisión en el maquinado debido a que las máquinas de control numérico incorporan diversos dispositivos de medición y registro, lo que permite que las piezas manufacturadas tengan dimensiones mucho más exactas además de que se reduce en gran medida el error humano.

La automatización programable está directamente ligada a máquinas de control automático en las que su funcionamiento es manejado por algún programa.

Este tipo de máquinas tienen la gran ventaja a la flexibilidad mejor conocida como la adecuación al cambio en sus operaciones a través de programas y la universalidad propia de cada máquina.

Las acciones de una operación en una máquina de este tipo conlleva movimientos específicos de sus ejes y es aquí donde el CN realiza el control de los movimientos en la posición, así como la velocidad de acuerdo a las instrucciones que ejecuta, indicadas en el programa de tal modo que si en un determinado momento se requiere cambiar el trabajo que está realizando la máquina, solo basta con cambiar el programa y con esta característica es lo que le proporciona al CN su flexibilidad debido a que es mucho fácil y económico el cambiar un programa de instrucciones que hacer modificaciones a las máquinas de producción.

El control numérico no solo se basa a los procesos de mecanizado, sino que por su flexibilidad se ha ampliado a otros procesos como la electroerosión, el corte con láser, la impresión 3D,

etc., este tipo de implementación es más eficiente y rentable que los procesos en los que los usuarios tienen que realizar operaciones de repeticiones constantes y precisas.

Una máquina de control numérico requiere de una serie de elementos para que pueda realizar operaciones de manera automática, para ello necesita de servomotores que accionen diversos elementos móviles, además de sensores para controlar la posición y la velocidad de movimiento de cada uno de sus ejes y de poseer un sistema de control que ejecuta y coordina las acciones de la máquina, por último y más importante, el programa que contiene las acciones sucesivas que realiza la máquina y que permite que opere de manera automática.

Todo esto conforma una máquina de CN que bien puede realizar trabajos de manera automática sin la intervención humana pero sí es indispensable para la elaboración de un programa (figura 1.2)



Figura 1.2 Máquina de control numérico.

1.1 VENTAJAS DE LAS MÁQUINAS DE CONTROL NUMÉRICO

Las principales ventajas que ofrecen las máquinas de control numérico frente a las máquinas convencionales son:

- La reducción de tiempo, dentro del cual destacan diversos factores como lo son las velocidades y trayectorias que se pueden ajustar con mayor exactitud, la eliminación del tiempo dedicado a la verificación de los planos además de la supresión de corroborar medidas entre operaciones, puesto que en las máquinas convencionales la revisión de los planos y medidas son constantes.

Aunado a esto se reducen los tiempos no productivos debido a que el tiempo productivo se aprovecha hasta en un 80% en las máquinas de CN mientras que el tiempo productivo de una máquina convencional puede llegar al 10%, la principal razón de dicha diferencia radica en el tiempo de ajuste en maniobras, consulta de plano, movimientos de aproximación y verificación de medidas.

- Alta precisión. Los movimientos son controlados por control numérico con lo que se evita el error humano que se presenta en las máquinas convencionales.
- Repetitividad. Es posible fabricar series de piezas con las mismas características y de calidad uniforme sin la necesidad de estar ajustando nuevamente los parámetros de la máquina.
- Mecanizado de geometrías complejas. Este tipo de operaciones suelen ser llevadas únicamente con máquinas de CN debido a que serían imposibles de llevarse a cabo en máquinas convencionales y es por este tipo de geometrías que dio origen al control numérico.
- Reducción de operarios. Una máquina de control numérico no requiere de mucha supervisión incluso es posible que un solo operador pueda manipular varias máquinas.

- Reducción de desperdicio. Por el alto grado de precisión de los sistemas de CNC el desperdicio de material se reduce considerablemente.
- Ahorro en los costos de herramental. Esto se debe principalmente a las condiciones de corte porque se tiene un mayor control de la velocidad de corte, así como en las entradas y salidas de las herramientas y un suministro eficiente de refrigerante.
- Mayor seguridad. Este tipo de máquinas operan bajo sistemas de mecanizado aislado con controles de acceso como cierre de puertas automáticas y paros de emergencia, esto permite que las operaciones se lleven a cabo en un espacio cerrado y el operador no queda expuesto a elementos móviles de la máquina que puedan provocarle un daño.
- Menor espacio requerido. La ubicación de estas no requiere un área muy grande porque en estas máquinas no se necesitan elementos como plantillas o manivelas ya que todos los movimientos son realizados por motores eléctricos y husillos compactos.

1.2 DESVENTAJAS DE LAS MÁQUINAS DE CONTROL NUMÉRICO

- Altos costos de las máquinas.
- Se necesita mantener un volumen alto de producción con el fin de compensar el costo de la máquina.
- Mantenimiento de alto coste, debido a que los componentes de las máquinas son costosos y en la mayoría solo pueden repararse por personas calificadas.
- Es necesario una capacitación elevada de personal tanto de programación como de operación.

1.3 CLASIFICACIÓN DE CONTROLES

Control numérico cableado

El control numérico cableado fue el primer tipo de control numérico, este tipo de control carece de una memoria y debido a esto, los programas se almacenan en medios externos como cintas perforadas, este tipo de controles se limitan a ejecutar funciones bloque por bloque mecánicamente en una misma secuencia, por lo que no se puede modificar el programa y hoy en día este tipo de control está obsoleto.

Máquinas de control numérico por computadora (CNC)

El control numérico por computadora es básicamente el emplear un ordenador como la unidad de control. Este tipo de máquinas están constituidas por dispositivos de entrada y salida, así como una unidad de memoria y cálculo (figura 1.3 y figura 1.4).

Las ventajas que presentan son:

- Contienen una memoria que le permite almacenar los programas de mecanizado siendo posible su edición y combinación de programas auxiliares.
- En la mayoría de estas máquinas se pueden hacer simulaciones de los programas e inclusive se posibilita la generación automática de código.
- Posibilita el uso de controles adaptativos que tienen el objetivo de optimizar el proceso productivo.



1.3 Torno CNC.



1.4 Fresadora CNC (Centro de maquinado).

Control numérico directo (DNC)

Este tipo de control posee la gran versatilidad de recibir y transmitir datos desde un ordenador remoto por medio de red. Las órdenes que se envían a la máquina de forma remota son similares a los programas que se introducen manualmente por el programador u operador.

La conexión entre servidor y máquina por lo general es una conexión en red local o una conexión directa RS232 y las funciones adicionales que permite este tipo de control son:

- Comunicación entre máquinas y computadoras donde se almacenan los programas.
- Monitoreo del estado de la máquina en cualquier momento.
- Se pueden ejecutar los programas de forma remota ya que en ocasiones los programas son extensos y no caben en la memoria de la máquina por lo cual se almacenan en un servidor remoto.

Control numérico adaptativo

Este control es una mejora que puede presentar el control numérico por computadora (CNC) y la principal característica es la optimización de los procesos de mecanizado por lo que los tiempos productivos se incrementan considerablemente.

Las máquinas de este tipo tienen sensores que se encargan de enviar la información de cada proceso como lo son las revoluciones, velocidad, potencia consumida, piezas producidas etc.

La implementación de este control implica el uso de variables que se pueden modificar para optimizar los tiempos de maquinado en la velocidad de corte, avances y la profundidad.

La modificación de variables implica tener en cuenta las limitaciones que se le pueden agregar como pueden ser la profundidad máxima de desbaste sin que se afecte al desgaste prematuro de las herramientas, vibraciones en la máquina o consumo excesivo de potencia de la máquina que puedan ocasionarle daños etc.

Este tipo de control ofrece un importante ahorro económico ya que se alarga la vida de las herramientas y se disminuye el mantenimiento de las máquinas por lo que sufren menor

desgaste además de que los procesos pueden mejorarse considerablemente e inclusive delimitar ciertas operaciones y trayectorias en un proceso de mecanizado; el programador puede indicar claramente mediante variables donde se pueden llevar a cabo estas modificaciones y el operador puede visualizar y modificar si es necesario por ejemplo, si en un proceso de maquinado se requiere que se desbaste aún más de lo indicado en el programa de mecanizado, se le puede agregar una variable que pueda modificarse por un operador para que se desbaste un poco más sin necesidad de tener que modificar las trayectorias originales del programa y sin que sea necesario la constante intervención del programador, solo basta con modificar esa variable hasta tener las condiciones óptimas deseadas y delimitando la profundidad máxima en el mismo programa para evitar colisiones o fracturas en las herramientas.

Las principales ventajas de este tipo de control son:

- Disminución en el tiempo de mecanizado.
- Limitaciones de corte.
- Menor desperdicio de material.
- Mejor fuerza de corte.
- Mayor vida de las herramientas.
- Mayor rendimiento de la máquina.
- Menor desgaste en las máquinas y en las herramientas.

Desventajas:

- Alto costo de las máquinas.
- Necesidad de alta capacitación de personal de programación.

1.4 CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN

Las máquinas de control numérico por computadora presentan elementos muy variados con respecto a las máquinas convencionales como los accionamientos y sistemas de medida, además están diseñadas para sufrir menor desgaste.

Las principales partes que sufren desgaste son las guías de los ejes que son elementos que dan precisión a las trayectorias de los elementos móviles como las torretas y la mesa porta piezas, al mismo tiempo deben tener una muy baja fricción para evitar el desgaste prematuro y tener un mejor movimiento con menor fuerza requerida y menor gasto de energía.

Hoy en día las guías más usadas son las guías convencionales, guías con rodadura y las guías hidrostáticas.

Las guías convencionales tienen superficies de contacto que rozan entre sí, sus superficies son planas y para que tengan un deslizamiento óptimo se lubrican con aceite, este tipo de guías tienen aplicación en situaciones donde se requieren de grandes esfuerzos (figura 1.5).



Figura 1.5 Guía convencional.

Las guías con rodadura tienen muy poca fricción y sus grandes dimensiones le proporcionan una larga vida útil, las guías de rodadura se componen de un carro y un perfil guía. Tienen las ventajas de que son fáciles de montar, tienen gran capacidad de carga, se pueden hacer a cualquier longitud y se pueden desplazar a una alta velocidad (figura 1.6).



Figura 1.6 Guía con rodadura.

Las guías hidrostáticas principalmente evitan el rozamiento entre las partes mecánicas, esto se logra mediante aceite a presión para mantener una separación entre las partes que se deslizan, en este sistema no hay desgaste por la fricción y los movimientos son suaves y sin vibraciones (figura 1.7).



Figura 1.7 Guía hidrostática.

Accionamientos

Para que las máquinas CNC tengan una excelente precisión requieren de accionamientos que controlan las posiciones de los ejes, estos se clasifican en lineales y rotativos.

Accionamientos lineales: son los dispositivos que efectúan un movimiento lineal transmitiendo una fuerza que realiza un trabajo en específico y son difíciles de controlar tanto en su posición como en su fuerza, dependiendo el tipo se utilizan para abrir o cerrar las puertas de las máquinas o en los movimientos de los ejes. Este tipo de accionamientos se clasifican en dos tipos hidráulicos y eléctricos.

- **Accionamientos lineales hidráulicos:** estos dispositivos son alimentados con fluido a presión como aceite o aire y se obtiene un movimiento con una determinada velocidad y fuerza, o bien velocidad angular y momento a partir de la pérdida de presión de un determinado caudal del fluido en cuestión. Este tipo de accionamientos no son muy precisos y son difíciles de controlar por lo que no se usan en el movimiento de los ejes (figura 1.8).



Figura 1.8. Accionamiento lineal hidráulico.

- **Accionamientos lineales eléctricos:** Estos sistemas son accionados por motores eléctricos, son más económicos que sus contrapartes hidráulicas y neumáticas, tienen el beneficio de una transmisión de energía más limpia, más simple y más eficiente. La integración es más sencilla, con controles programables. El mantenimiento se minimiza porque no se requiere cambiar partes o lubricar, excepto en condiciones extremas. Se utilizan para el accionamiento de los movimientos principales de las máquinas CNC como los ejes, estos pueden ser instalados directamente en los desplazamientos eliminando las cadenas de transmisión disminuyendo los juegos y las vibraciones (figura 1.9).



Figura 1.9 Accionamiento lineal eléctrico.

Accionamientos rotativos: El objetivo de este tipo es generar un movimiento giratorio directo a un eje. El movimiento debe estar limitado a un ángulo máximo de rotación. Normalmente se habla de actuadores de cuarto de vuelta o 90° ; fracción de vuelta para ángulos diferentes a 90° ,

por ejemplo 180°; y de actuadores multi vuelta, para válvulas lineales que poseen un eje de tornillo o que requieren de múltiples vueltas para ser actuados. Se clasifican en hidráulicos y eléctricos; dentro de los hidráulicos están los oleo hidráulicos y neumáticos y dentro de los eléctricos están los paso a paso, los de C.D. y los de C.A.

- **Motores oleohidráulicos:** Funcionan con una presión de aceite que mueve a uno de los lados del émbolo o veleta lo que genera una fuerza de expansión entre la pared del cilindro y el émbolo. Estos dispositivos tienen la desventaja de que requieren de un sistema externo para su funcionamiento como un motor eléctrico que hace funcionar la bomba de aceite y la ventaja es que tienen un gran par específico y una rápida respuesta (figura 1.10).

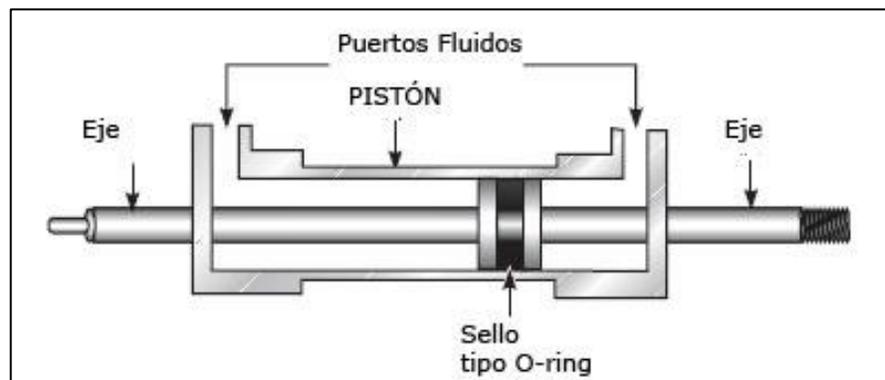


Figura 1.10 Motor oleohidráulico.

- **Motores neumáticos:** Funcionan con aire comprimido y mueve uno de los lados del émbolo o veleta al igual que los oleohidráulicos, funcionan generando una fuerza en sentido de la expansión del espacio entre el émbolo y la pared del cilindro o el cuerpo, pero al funcionar con aire tiene menos fuerza, también requieren de un sistema externo que le suministre aire, generalmente se usan en pequeñas fresas que no requieren de mucha fuerza pero sí de altas velocidades de giro. (figura 1.11).



Figura 1.11 Motor neumático.

- **Motores paso a paso:** Mientras que un motor convencional gira libremente al aplicarle una tensión, el motor paso a paso gira un determinado ángulo de forma incremental (transforma impulsos eléctricos en movimientos de giro controlados), lo que le permite realizar desplazamientos angulares fijos muy precisos (pueden variar desde 1.80° hasta unos 90°) (figura 1.12).



Figura 1.12 Motor paso a paso.

- **Motores de corriente continua:** Son de los más versátiles en la industria por su fácil control de posición y velocidad, los han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. Pero con la llegada de la electrónica su uso ha disminuido en gran medida, pues los motores de corriente alterna,

del tipo asíncrono, pueden ser controlados de igual forma a precios más accesibles para el consumidor medio de la industria. A pesar de esto los motores de corriente continua se siguen utilizando en máquinas de precisión.

- **Motores de corriente alterna asíncronos:** Son probablemente los más sencillos y robustos de los motores eléctricos. En estos motores la frecuencia de la corriente alterna de la alimentación determina la velocidad a la cual rota el campo magnético del estator. El rotor sigue a este campo, girando más despacio. La diferencia de velocidades se denomina deslizamiento. Tienen la ventaja de tener mayor potencia que los de C.D. pero presentan la desventaja de difícil control de par y velocidad de giro.

- **Motores de corriente alterna síncronos:** El motor síncrono, como su nombre indica, opera exactamente a la misma velocidad que el campo del estator, sin deslizamiento.

En los motores síncronos la velocidad de giro depende únicamente de la frecuencia de la tensión que alimenta el inducido. Para poder variar esta precisión, el control de velocidad se realiza mediante un convertidor de frecuencia. Para evitar el riesgo de pérdida de sincronismo se utiliza un sensor de posición continuo que detecta la posición del rotor y permite mantener en todo momento el ángulo que forman los campos del estator y rotor. Este método de control se conoce como autosíncrono o autopilotado. El control de posición se puede realizar sin la utilización de un sensor adicional, aprovechando el detector de posición del rotor que posee el propio motor. Además permite desarrollar una potencia mayor que el motor de corriente continua. Tienen la ventaja de que prácticamente no generan calor en el rotor pero por otra parte su costo es más elevado.

Frenos

Los sistemas de frenado en las CNC son indispensables para tener un límite en las trayectorias de los ejes y evitar que se sobrepasen los límites. Regularmente el frenado está controlado en

los mismos motores, aunque también disponen de mecanismos que desactivan el embrague de los ejes que no solo evitan que la máquina sufra daños por colisiones, sino que también protegen al operador en caso de algún posible accidente.

Cadenas de transmisión

Las máquinas de control numérico por lo general usan sistemas de transmisión por husillos controlados por un motor eléctrico, sin embargo, para máquinas pequeñas se emplean transmisiones de correas dentadas y poleas que tienen la ventaja de no transferir las vibraciones bruscamente hacia la máquina además en ocasiones se puede conectar directamente el motor con la banda y así tener un menor peso y volumen de la máquina (figura 1.13).

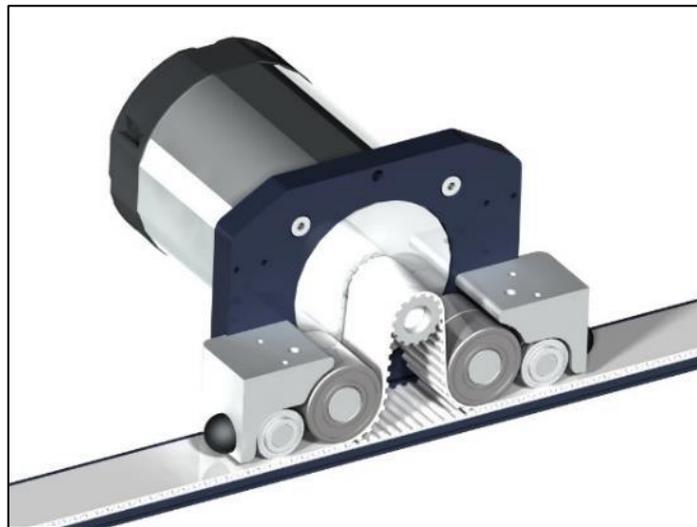


Figura 1.13 Cadena de transmisión.

En sistemas tradicionales se usa el sistema de husillo-tuerca, este está constituido por un tornillo (husillo) y una tuerca. Su funcionamiento es tal que, si se mantiene fija la tuerca, el movimiento giratorio del tornillo produce su desplazamiento longitudinalmente y viceversa. Mediante este sistema se consigue convertir el movimiento circular del tornillo en movimiento rectilíneo de la tuerca, es decir, la tuerca no gira solo se desplaza y el husillo es el que gira (figura 1.14). La ventaja es que se tiene un control muy exacto, pero a su vez se genera un desgaste mayor y se requiere de más fuerza para el desplazamiento, actualmente para evitar la fricción excesiva se emplean sistemas con rodaduras de bolas (figura 1.15) lo que provoca un desplazamiento más suave y elimina en gran medida el juego entre husillo-tuerca.



Figura 1.14 Husillo- tuerca.



Figura 1.15 Husillo con rodadura de bolas

Bucle de servomecanismo

Para que las máquinas de control numérico puedan ejecutar las órdenes de desplazamiento requieren de un sistema de control que se encargue de dar las órdenes y las ejecute de manera correcta para ello hay dos sistemas de control, el de bucle cerrado y el de bucle abierto.

Sistema de bucle abierto: En este sistema solo actúa el proceso sobre una señal de entrada y da como resultado una señal de salida independiente a la señal de entrada, pero basada en la primera. Esto significa que no hay retroalimentación hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control. Es decir, la señal de salida no se convierte en señal de entrada para el controlador.

Estos sistemas se caracterizan por:

- Ser sencillos y de fácil concepto.
- Nada asegura su estabilidad ante una perturbación.
- La salida no se compara con la entrada.
- Ser afectado por las perturbaciones. Estas pueden ser tangibles o intangibles.
- La precisión depende de la previa calibración del sistema.

Sistema de bucle cerrado: Son los sistemas en los que la acción de control está en función de la señal de salida. Los sistemas de circuito cerrado usan la retroalimentación desde un resultado final para ajustar la acción de control en consecuencia.

El control en lazo cerrado es imprescindible cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- Cuando un proceso no es posible de regular por el hombre.
- Una producción a gran escala que exige grandes instalaciones y el hombre no es capaz de manejar.
- Vigilar un proceso es especialmente difícil en algunos casos y requiere una atención que el hombre puede perder fácilmente por cansancio o despiste, con los consiguientes riesgos que ello pueda ocasionar al trabajador y al proceso.

Sus características son:

- Ser complejos, pero amplios en cantidad de parámetros.
- La salida se compara con la entrada y le afecta para el control del sistema.
- Su propiedad de retroalimentación.
- Ser más estable a perturbaciones y variaciones internas.

Sistemas de medida

Los medidores que se utilizan en el proceso de maquinado se calibran para medir un determinado diámetro y la integración con el CNC se realiza de una forma sencilla mediante señales digitales que se activan durante el proceso cuando el sobre material existente alcanza unos determinados valores.

Estas señales se utilizan para cambiar los avances del proceso de rectificado y determinan cuando la pieza ha alcanzado la dimensión programada interrumpiendo el avance de las herramientas y finalizando el proceso de rectificado. A este tipo de medición se denomina en-proceso.

Una vez finalizado el proceso de producción, en función de los procedimientos de calidad existentes, las piezas producidas se miden en equipos de medición externos para verificar que estas cumplen los requerimientos de precisión exigidos. Los parámetros que se suelen verificar son la redondez, cilindridad, conicidad, rugosidad, etc. Estos equipos emiten determinados informes de las mediciones realizadas. A este tipo de medición se denomina post-proceso.

Los fabricantes de CNC's actuales están apostando cada vez más por los denominados controles abiertos, los cuales básicamente aprovechan la arquitectura PC para permitir al usuario implementar funciones propias, poniendo a su alcance muchos recursos internos del control. Este tipo de arquitectura de CNC's posibilita el desarrollo de sistemas de medición integrados con el propio CNC que permiten incluir en la máquina la funcionalidad de medición en-proceso y post-proceso sin tener que recurrir a equipos externos.

Además existen ciertos procesos de rectificado cuya medición no puede ser satisfecha con la utilización de equipos comerciales, por lo tanto requieren de soluciones específicas a la medición.

La integración de funciones para medición post-proceso en la máquina hace que ésta también se convierta en una máquina de medición y además de las funciones de mecanizado propiamente dichas, tienen que soportar las funciones de medición tales como almacenamiento de resultados, generación de informes e impresiones, etc. Se debe dotar a estos sistemas de calibración que permitan una trazabilidad de las mediciones de acuerdo a los estándares nacionales e internacionales (figura 1.16).

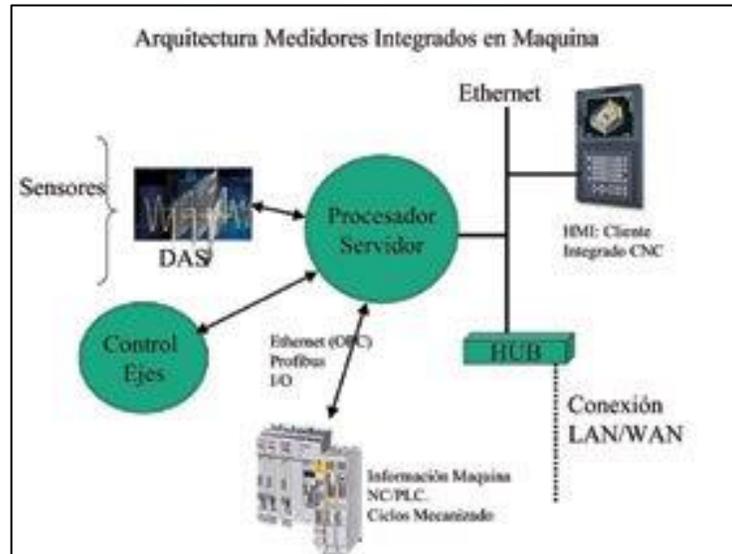


Figura 1.16 Medidores integrados.

1.5 SISTEMAS AUTOMÁTICOS

Las CNC incorporan sistemas automáticos que disminuyen en gran medida los tiempos no productivos, estos automatismos son básicamente clamps, cambios automáticos de herramientas, extractores de viruta etc.

- **Clamp:** Son dispositivos que sirven para sujetar los materiales a maquinar en una CNC, su función es de manera automática, solo basta con pulsar un botón o en algunos casos con colocar el material o pieza un sensor la detecta y sujeta de manera automática, esto permite disminuir el tiempo de sujeción.
- **Cambio automático de herramientas:** Las máquinas CNC tanto en los tornos como en las fresadoras tienen la ventaja de poseer este tipo de sistema que consiste en poder almacenar un cierto número de herramientas y poder intercambiarlas de manera automática, estas herramientas se identifican y activan mediante un código que al ejecutarse, la máquina automáticamente realiza la selección de la herramienta y la carga en el porta herramientas (figura 1.17 y figura 1.18).

Este sistema reduce significativamente los tiempos no productivos debido a que las acciones de cambio de herramientas se producen en cuestión de segundos. En los tornos las herramientas se almacenan en una torreta giratoria mientras que en las fresadoras por lo regular se almacenan en un carrusel.



Figura 1.17 Torreta porta herramientas.



Figura 1.18 Carrusel porta herramientas.

Carga automática de piezas

En muchas ocasiones en la industria manufacturera se implementan métodos para aumentar la producción como lo es el método de carga automática de piezas en las maquinas CNC, para ello se implementan robots que cargan y descargan las piezas automáticamente de forma rápida y de gran precisión, con ello se aumentan los tiempos productivos y se reduce el error humano. Las desventajas que se tienen al utilizar este tipo de automatismo es que el costo de los robots es muy elevado al igual que su mantenimiento, pero pueden mantenerse en operación durante mucho tiempo compensando así la inversión-producción. Al implementar robots estos también pueden realizar otras funciones en las mismas CNC como cargar las herramientas, retirar viruta etc. (figura 1.19).



Figura 1.19 Robot.

Extracción automática de viruta

Las máquinas CNC generalmente tienen sistemas automáticos para la extracción de viruta producidos por los mecanizados, estos sistemas pueden ser de dos tipos ya sea mediante una banda transportadora o un sistema sin fin. Al tener estos sistemas incorporados evita que se acumule la viruta en la máquina, si no se tuviera este tipo de extracción automática, se tendría

que retirar de manera manual por parte del operario por lo que se reduciría el tiempo de producción (figura 1.20 y figura 1.21).



Figura 1.20 Extractor de banda.



1.21 Extractor de sin fin.

1.6 SISTEMAS DE COORDENADAS

La programación de las máquinas de CN se rige bajo la norma ISO (International Organization for Standardization) y las órdenes son representadas en formas de códigos y coordenadas que a su vez controlan los diferentes movimientos de los dispositivos y ejes de la máquina. Los movimientos son de dos tipos básicos: punto a punto (movimientos rectilíneos) y trayectoria continua (movimientos de contorneado).

Para que los sistemas de coordenadas puedan ser desplazados en un punto específico debe ser descrito en forma matemática a lo largo de tres ejes que básicamente las máquinas de CN basan su construcción y sus movimientos están representados por los ejes X, Y, Z.

En el diseño de las máquinas de control numérico se tienen los ejes de la siguiente manera: el eje X como movimiento horizontal (hacia a la derecha o izquierda), el eje Y como movimiento transversal (alejándose o acercándose de la columna) y el eje Z como movimiento vertical. (Figura 1.22)

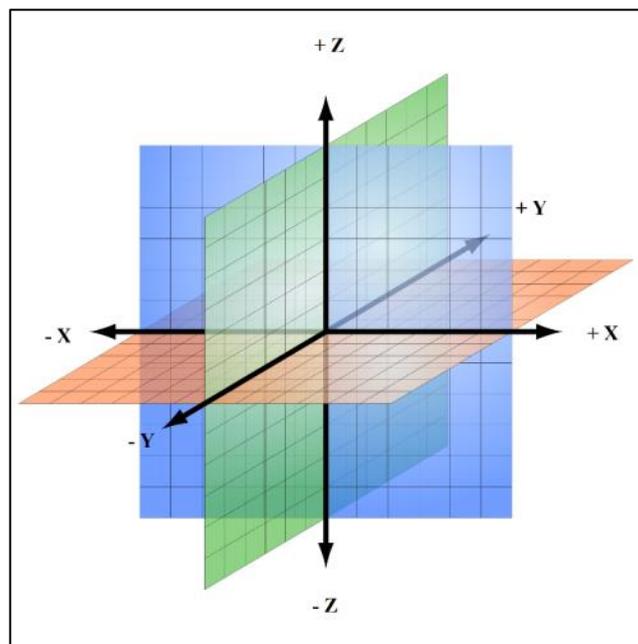


Figura 1.22 Sistemas de coordenadas.

Como ya se dijo, los ejes están definidos por la norma ISO los cuales indica como X, Y, Z, y forman el sistema de referencia, con esta norma se puede realizar los programas con los mismos

códigos para que las máquinas decodifiquen las órdenes y puedan ejecutarlas sin importar la marca o modelo permitiendo una universalidad en los códigos de programación.

Eje Z: Generalmente representa al eje del husillo que proporciona el movimiento de corte. Si no hay husillo este eje es perpendicular a la superficie de sujeción de la pieza.

Eje X: Regularmente este eje es horizontal y paralelo a la superficie de sujeción de la pieza, sin embargo, en las máquinas en donde ni las piezas ni la herramienta son giratorias, el eje X es paralelo a la dirección de corte con sentido positivo el del corte.

Eje Y: Este eje es transversal y se mueve perpendicularmente al eje X.

Movimientos de rotación

Hay movimientos de rotación alrededor de los ejes X, Y, Z y se designan como A, B, C, el movimiento de rotación es en sentido positivo a la derecha según el sentido positivo del eje se asocian, pero si además existen movimientos de rotación secundarios paralelos se designan por D y E.

Ejes adicionales

En caso de que existan movimientos de traslación paralelos a los ejes X, Y, Z se designan como U, V, W, y si hay otros movimientos paralelos más alejados al husillo, se les estima como terciarios y se designan por las letras P, Q, R; en caso de haber movimientos lineales no paralelos a X, Y, Z pueden ser designados como U, V, W, P, Q, R según sea el caso.

Las coordenadas en los tornos convencionales, así como los centros de torneado opera en dos ejes el eje X y eje Z; el eje X controla el movimiento transversal de la torreta porta herramientas mientras que el Z controla en movimiento longitudinal de la torreta porta herramientas acercándose o alejándose del cabezal. (Figura1.23)

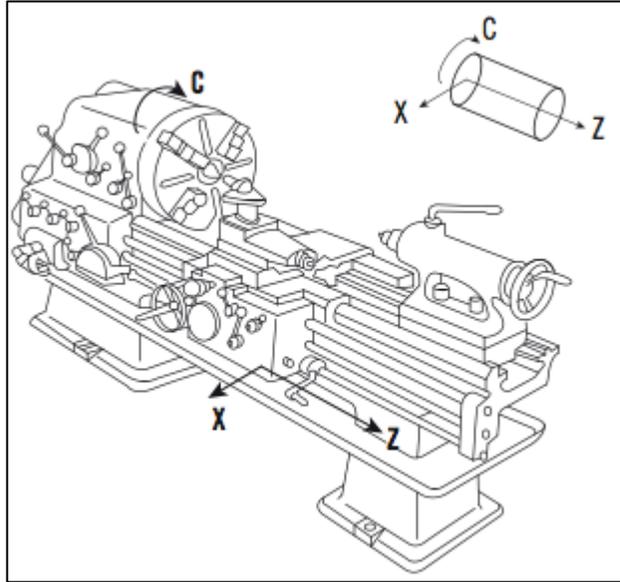


Figura 1.23 Ejes en el torno.

Las coordenadas en los centros de maquinado (fresadoras CNC) operan en tres ejes X, Y, Z; el eje X controla el movimiento hacia la izquierda o derecha de la mesa, el eje Y controla el movimiento perpendicular respecto al eje X alejándose de la columna y el eje Z controla el movimiento vertical (hacia arriba o hacia abajo) del husillo (figura 1.24).

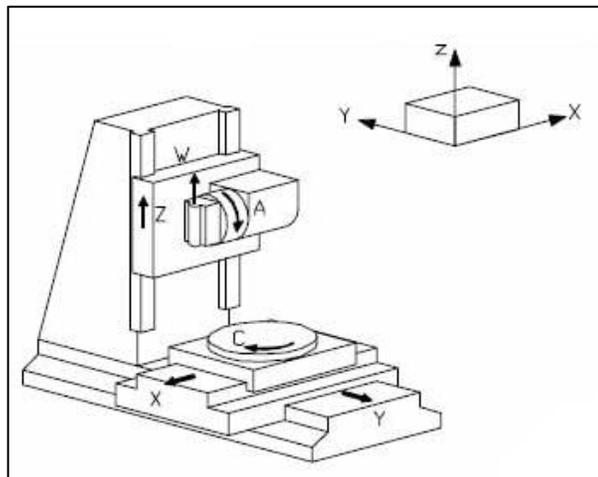


Figura 1.24 Ejes en fresadora.

Orígenes de referencia

En las máquinas de CN existen dos tipos de orígenes, el origen máquina es el que viene por defecto de fábrica al momento de su arranque mejor conocido como home y el origen móvil que es definido por el operario y puede posicionarlo en cualquier lugar permitido por los límites de la máquina.

El punto de control es punto de la herramienta en el cual la máquina conoce las coordenadas y este punto puede estar definido en cualquier posición.

El origen pieza o móvil puede ser establecido en cualquier lugar de la máquina de CN, este tipo de origen se ajusta dependiendo de las necesidades del trabajo a realizar y puede ser definido en la misma máquina o en el programa, de este modo se pueden emplear varios orígenes para el maquinado de una pieza lo que hace más fácil la elaboración de programas.

El origen móvil marca el sistema de referencia respecto al material de partida y de ahí se parte para que la máquina haga los recorridos pertinentes de los ejes (figura 1.25).

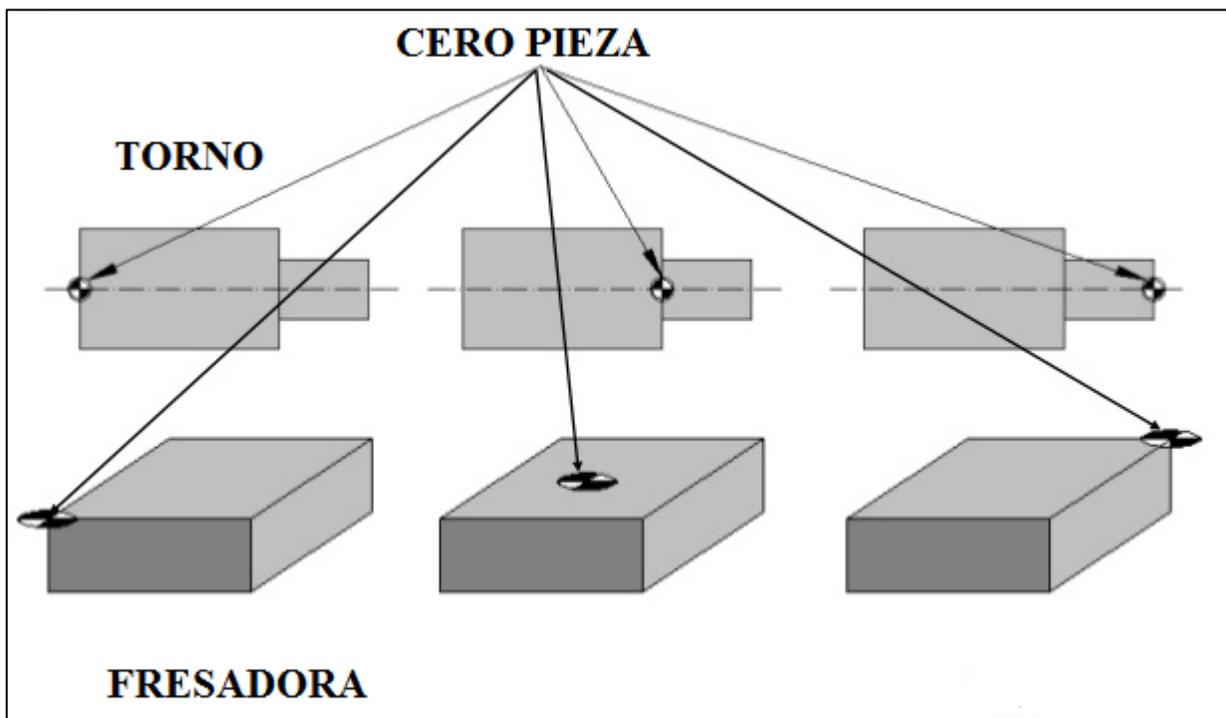


Figura 1.25 Cero pieza.

1.7 CORRECTORES DE HERRAMIENTAS

Para poder elaborar los programas es necesario conocer las dimensiones de las herramientas, así como el porta herramientas, esto es con el fin de tener un punto de control y no tener errores en los desplazamientos, pero principalmente para evitar colisiones de las herramientas en las piezas a desbastar.

Las máquinas CNC cuentan con un posicionamiento automático de herramienta, pero este debe ser especificado en un lugar en concreto para cada herramienta. El posicionamiento depende de la geometría de cada herramienta. Cuando ya se tienen compensadas las trayectorias de las herramientas es posible obtener las dimensiones indicadas en los programas.

El uso de correctores tiene la principal ventaja el poder elaborar los programas independientemente de las herramientas. Esto da como resultado una programación más rápida y precisa porque se pueden ubicar las trayectorias en los puntos exactos donde lo indique la pieza a maquinar sin tener que realizar reglajes para compensar las dimensiones de las herramientas lo que puede generar un redimensionamiento en los recorridos o trayectorias.

Correctores de herramientas en torno

Los correctores en los tornos CNC se clasifican en tres tipos: correctores de longitud en los ejes X y Z, el radio de la punta de la herramienta y el factor de forma de la herramienta.

En los correctores de X y Z se indica la posición del punto de control definido por el operario y no por el punto de control por defecto de la máquina, este último es el punto que se sitúa en un lugar de la torreta.

Como ejemplo se muestra en la figura 1.26 en la que se muestra que XHCD son los correctores, H es el punto de control de la herramienta, D es el punto de control por defecto y se forma cuando se juntan los ejes y forman una doble tangente.

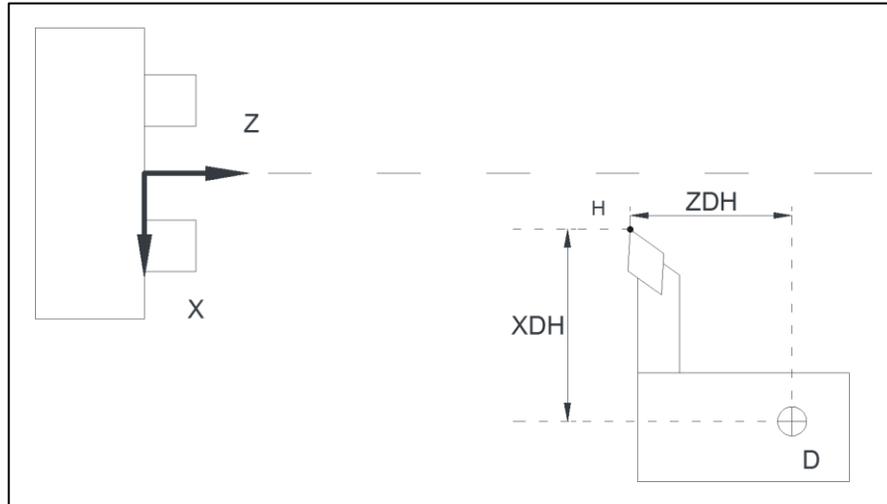


Figura 1.26 *Correctores de herramienta Torno.*

En las herramientas de torneado el radio de la punta de las herramientas es el radio que existe entre el filo primario de corte y el secundario, este tipo de radio no es necesario para situar el punto de control, pero si se debe tener en consideración al momento de definir las geometrías de las herramientas para una correcta trayectoria de la herramienta (Figura 1.27).

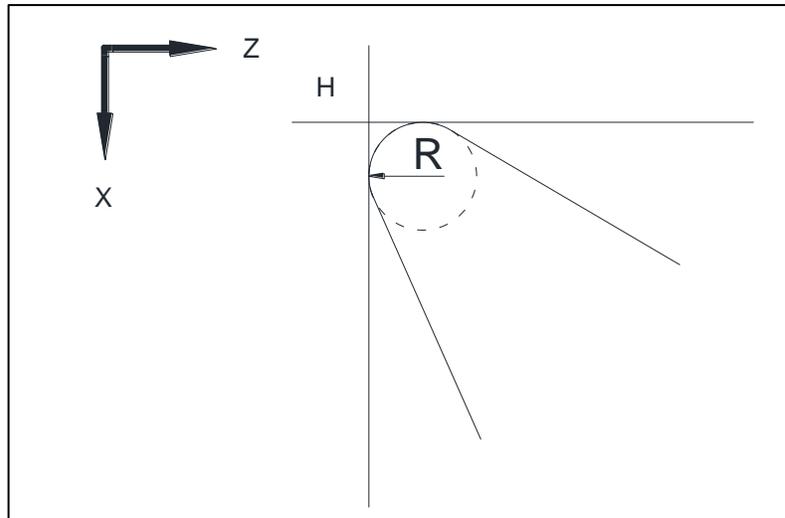


Figura 1.27 *R indica el radio de la herramienta de corte.*

El factor de forma indica la orientación de la punta de la herramienta de corte respecto con los ejes, en los códigos ISO se indica esta información mediante las funciones G que corresponden a un parámetro específico respecto a la orientación de la punta de la herramienta. (Figura 1.28)

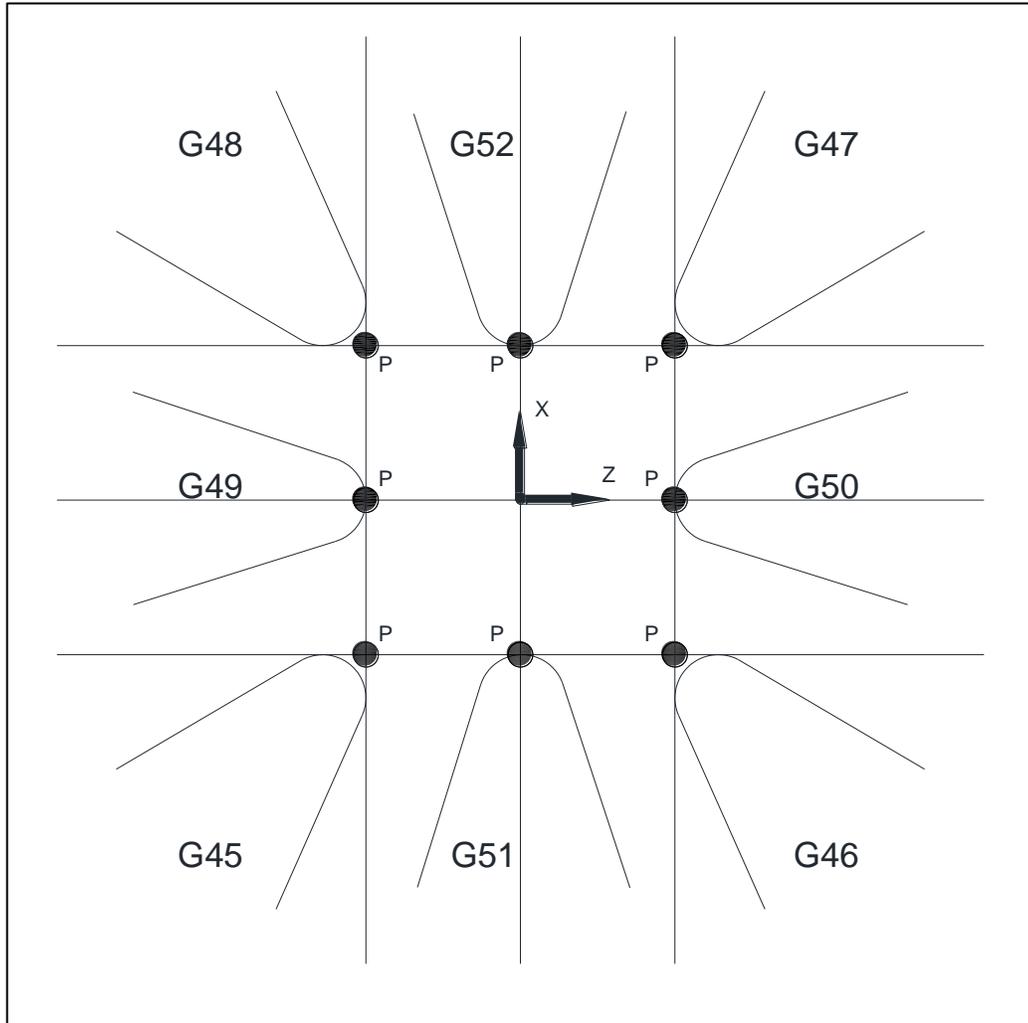


Figura 1.28 Orientación de la punta de la herramienta.

Correctores de herramientas en fresadora

El punto de control se sitúa por defecto en el eje del husillo (D) y una altura determinada de este mismo. Para una fresa al igual que una broca el punto de control se sitúa en el punto inferior de las paredes de corte de la herramienta en su eje de giro.

En los correctores de herramientas en las fresadoras se pueden identificar dos tipos, el de longitud y el de radio de la herramienta. El corrector en longitud ZDH es la distancia en el eje Z del punto de control por defecto (D) a la punta de la herramienta (H). No es necesario el radio de la herramienta (R) para posicionar el punto de control de la misma, pero si es necesario para el modo de compensación de radio. (Figura tal 1.29)

Para establecer un punto de control diferente al establecido por defecto solo se corrige el valor de los correctores al igual en los traslados de los orígenes. Para las fresadoras no se necesita hacer correcciones en los ejes X, Y para los puntos de control.

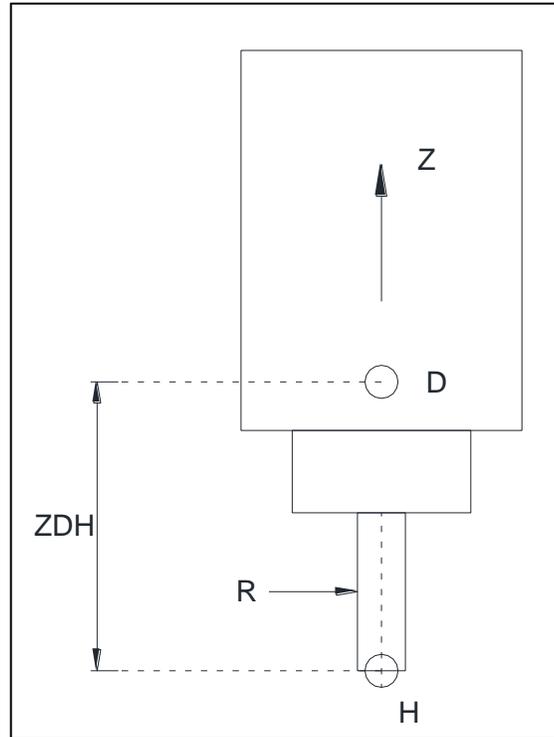


Figura 1.29 Corrector de herramienta fresadora.

1.8 Compensación del radio de herramienta

Para tener una correcta programación es necesario tener en cuenta que las trayectorias programadas deben coincidir con el punto de control de las herramientas y deben coincidir exactamente con las superficies a mecanizar, por el contrario, se deben despreciar por parte del operador lo que ocasiona que tengan que ser corregidas por el programador. Para solucionar esta problemática el control numérico permite el modo de compensación de radio, de esta manera se pueden trazar las trayectorias para que coincidan con el perfil de mecanizado.

En este modo de compensación, el punto de control es determinante para la descripción de las trayectorias. Para realizar la compensación del radio de las herramientas se toma en cuenta el

centro del radio de la herramienta y se traza una trayectoria paralela a la que se programó y esta tiene que ser constante, igual y paralela en todo momento al radio de la herramienta.

En las herramientas de torneado el punto de control se ubica fuera de la punta redondeada de la herramienta de este modo es posible mecanizar de manera que el recorrido de las herramientas coincida con la superficie a mecanizar en cilindrado y refrentado pero en el caso de superficies curvas o inclinadas no están paralelas a los ejes por lo que las trayectorias no coinciden a las programadas teniéndose que emplear las compensaciones de radio. (Figuras 1.30 y 1.31).

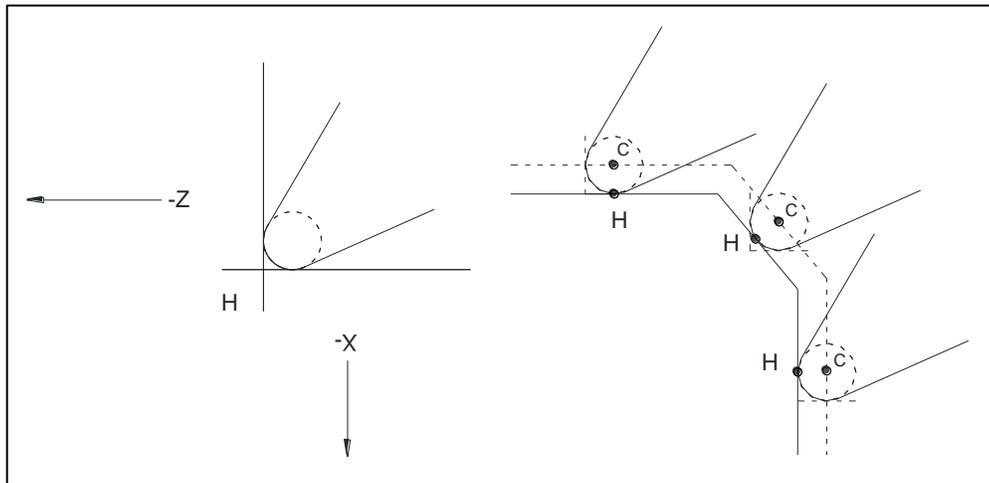


Figura 1.30 *Compensación de radio chaflán.*

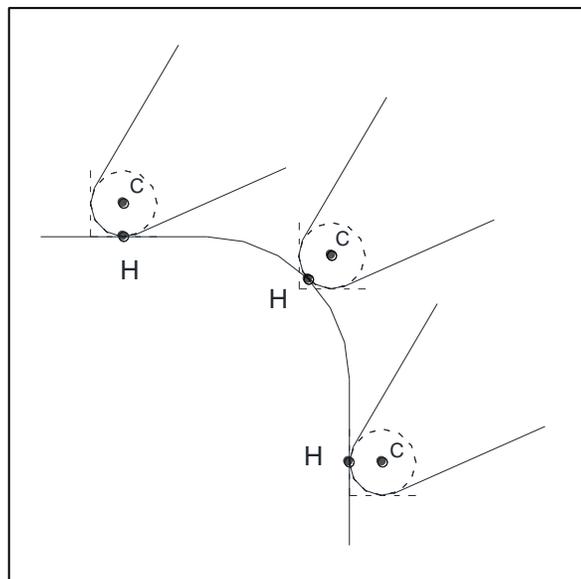


Figura 1.31 *Compensación de radio curva.*

Para fresado el punto de control se ubica en el centro de la herramienta y se debe de compensar el radio de la herramienta a lo largo de toda la trayectoria del perfil. (Figura 1.32).

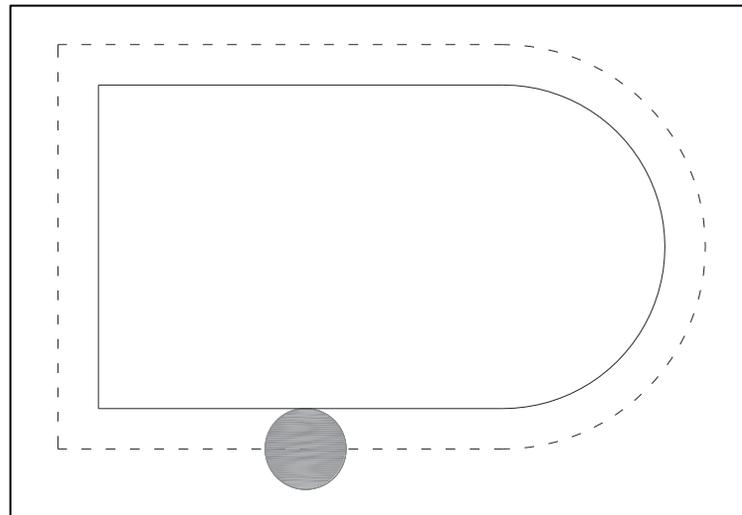


Figura 1.32 Punto de control.

CAPITULO 2

PROGRAMACIÓN MANUAL

La programación manual es realizar las instrucciones de fabricación en un programa de control numérico mediante coordenadas y códigos.

Antes de que el programador elabore los programas tiene que saber información de diversas condiciones de la máquina y de otros factores como el plano de la pieza, las dimensiones de las herramientas, material etc. Además, deberá saber el tipo de lenguaje y el plan de trabajo.

La programación CNC se basa en las normas ISO aunque estas normas no definen la totalidad de los códigos para las máquinas en general pero si la gran mayoría, dejando a los fabricantes de las máquinas de CN, adaptar ciertas variantes en algunos códigos con el fin de que se adapten a sus necesidades.

Para elaborar un programa se debe tener en cuenta la siguiente información:

- El plano de la pieza: Debe contener todas las dimensiones debidamente señaladas.
- Datos de las herramientas.
- Plan de trabajo: Contiene una serie de procedimientos que se seguirán para el mecanizado de la pieza como lo es la secuencia en la máquina, los materiales, el refrigerante, las herramientas, las condiciones de corte etc.
- Origen de mecanizado.
- Tipo de control.
- Condiciones de la máquina como dimensiones, potencia, herramientas, posicionamientos, refrigerante, aire, nivel de aceite etc.

2.1 FORMATO DE PROGRAMACIÓN ISO

Un programa de control numérico contiene información en forma de códigos en una secuencia específica, su ejecución ocurre en forma cronológica de cada bloque. Cuando se ejecuta un bloque se hace de una manera ordenada de acuerdo a las indicaciones especificadas.

Los bloques van numerados de modo que la función que realiza cada uno es por medio de caracteres que indican la acción a ejecutar y diversos valores numéricos para hacer más precisa la acción.

Existen diversos caracteres en el código ISO unos se identifican como especiales y otros como alfanuméricos, Dentro de los caracteres se describen los códigos G y M que son instrucciones generales y misceláneas, los formatos de bloque, las sentencias de control de flujo, funciones paramétricas y funciones complementarias.

A continuación, se describen una lista de códigos tanto para torno como fresadora.

Códigos para torno:

Formato de bloque

- O: Número del programa.
- ; Comienzo programa/final del programa.
- () Definición de comentarios.
- G: Lenguaje ISO
- N: Etiqueta de bloques

Funciones complementarias

- F: Velocidad de avance.
- S: Velocidad de giro de cabezal.
- T: Definición de herramienta.

Control de trayectorias

- C: Achaflanado de aristas.
- R: Redondeado controlado de aristas.

Códigos generales

- G00: Posicionamiento rápido (sin maquinar).

- G01: Interpolación lineal (maquinando).
- G02: Interpolación circular (horaria).
- G03: Interpolación circular (anti horaria).
- G04: Compás de espera.
- G10: Ajuste del valor de offset del programa.
- G20: Comienzo de uso de unidades imperiales (pulgadas).
- G21: Comienzo de uso de unidades métricas.
- G28: Volver al home de la máquina.
- G32: Maquinar una rosca en una pasada.
- G36: Compensación automática de herramienta en X.
- G37: Compensación automática de herramienta en Z.
- G40: Cancelar compensación de radio de curvatura de herramienta.
- G41: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la izquierda.
- G42: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la derecha.
- G70: Ciclo de acabado.
- G71: Ciclo de maquinado en torneado.
- G72: Ciclo de maquinado en refrentado.
- G73: Repetición de patrón.
- G74: Taladrado intermitente, con salida para retirar virutas.
- G76: Maquinar una rosca en múltiples pasadas.
- G96: Comienzo de desbaste a velocidad tangencial constante.
- G97: Fin de desbaste a velocidad tangencial constante.
- G98: Velocidad de alimentación (unidades/min).
- G99: Velocidad de alimentación (unidades/revolución).

Códigos Misceláneos

- M00: Parada del programa.
- M01: Parada opcional.
- M02: Reset del programa.

- M03: Hacer girar el husillo en sentido horario.
- M04: Hacer girar el husillo en sentido antihorario.
- M05: Frenar el husillo.
- M06: Cambiar de herramienta.
- M07: Abrir el paso del refrigerante B.
- M08: Abrir el paso del refrigerante A.
- M09: Cerrar el paso de los refrigerantes.
- M10: Abrir mordazas.
- M11: Cerrar mordazas
- M13: Hacer girar el husillo en sentido horario y abrir el paso de refrigerante.
- M14: Hacer girar el husillo en sentido antihorario y abrir el paso de refrigerante.
- M30: Finalizar programa y poner el puntero de ejecución en su inicio.
- M31: Incrementar el contador de partes.
- M37: Frenar el husillo y abrir la guarda.
- M38: Abrir la guarda.
- M39: Cerrar la guarda.
- M40: Extender el alimentador de piezas.
- M41: Retraer el alimentador de piezas.
- M43: Avisar a la cinta transportadora que avance.
- M44: Avisar a la cinta transportadora que retroceda.
- M45: Avisar a la cinta transportadora que frene.
- M48: Inhabilitar Spindle y Feed override (maquinar exclusivamente con las velocidades programadas).
- M49: Cancelar M48.
- M62: Activar salida auxiliar 1.
- M63: Activar salida auxiliar 2.
- M64: Desactivar salida auxiliar 1.
- M65: Desactivar salida auxiliar 2.
- M66: Esperar hasta que la entrada 1 esté en ON.

- M67: Esperar hasta que la entrada 2 esté en ON.
- M70: Activar espejo en X.
- M76: Esperar hasta que la entrada 1 esté en OFF.
- M77: Esperar hasta que la entrada 2 esté en OFF.
- M80: Desactivar el espejo en X.
- M98: Llamada a subprograma.
- M99: Retorno de subprograma.

Sentencias de control de flujo

- GOTO: Salto incondicional.
- IF: Salto condicional (SI).
- THEN: Salto condicional (ENTONCES).
- WHILE: Repetición

Programación paramétrica:

- #: Variable del sistema.
- Op: Operaciones y utilización de operaciones.

Códigos para fresadora

Formato de bloque

- O: Número del programa.
- ; Comienzo programa/final del programa.
- () Definición de comentarios.
- G: Lenguaje ISO
- N: Etiqueta de bloques

Control de trayectorias

- C: Achaflanado de aristas.
- R: Redondeado controlado de aristas.

Funciones complementarias

- F: Velocidad de avance.
- S: Velocidad de giro de cabezal.
- T: Definición de herramienta.
- D: Definición del corrector (radio).
- H: Definición de corrector (longitud).

Códigos Generales

- G00: Posicionamiento rápido (sin maquinar).
- G01: Interpolación lineal (maquinando).
- G02: Interpolación circular (horaria).
- G03: Interpolación circular (anti horaria).
- G04: Compás de espera.
- G09: Parada exacta.
- G15: Anulación de programación en coordenadas polares.
- G16: Programación en coordenadas polares.
- G17: Selección del plano XY.
- G18: Selección del plano XZ.
- G19: Selección del plano YZ.
- G20: Comienzo de uso de unidades imperiales (pulgadas).
- G21: Comienzo de uso de unidades métricas.
- G28: Volver al home de la máquina.
- G40: Cancelar compensación de radio de curvatura de herramienta.
- G41: Compensación de radio de herramienta a la izquierda.
- G42: Compensación de radio de herramienta a la derecha.
- G43: Compensación de longitud de la herramienta.
- G49: Anular compensación de longitud de la herramienta.
- G50: Cambio de escala.
- G51: Factor de escala.
- G52: Definición de sistema local de coordenadas.

- G53: Programación respecto al cero máquina.
- G54: Traslado de origen absoluto 1.
- G55: Traslado de origen absoluto 2.
- G56: Traslado de origen absoluto 3.
- G57: Traslado de origen absoluto 4.
- G58: Traslado de origen absoluto 5.
- G59: Traslado de origen absoluto 6.
- G61: Para exacta (modal).
- G62: Control automático de esquinas (modal).
- G64: Modo de mecanizado.
- G68: Rotación de coordenadas.
- G69: Anulación de giro de sistema de coordenadas.
- G73: Ciclos encajonados.
- G74: Perforado con ciclo de giro anti horario para descargar virutas.
- G76: Alesado fino.
- G80: Cancelar ciclo encajonado.
- G81: Taladrado.
- G82: Taladrado con giro anti horario.
- G83: Taladrado profundo con ciclos de retracción para retiro de viruta.
- G84: Ciclo fijo de roscado con macho.
- G85: Ciclo fijo de mandrinado/escariado.
- G86: Ciclo fijo de mandrinado.
- G87: Ciclo fijo de mandrinado fijo.
- G88: Ciclo fijo de mandrinado (retroceso manual).
- G89: Ciclo fijo de mandrinado/escariado (con temporización).
- G90: Coordenadas absolutas.
- G91: Coordenadas relativas.
- G92: Desplazamiento del área de trabajo.
- G94: Velocidad de corte expresada en avance por minuto.
- G95: Velocidad de corte expresada en avance por revolución.

- G96: Velocidad de corte constante.
- G98: Retorno al nivel inicial.
- G99: Retorno al nivel R.
- G107: Programación del 4o eje.

Códigos Misceláneos

- M00: Parada.
- M01: Parada opcional.
- M02: Reset del programa.
- M03: Hacer girar el husillo en sentido horario.
- M04: Hacer girar el husillo en sentido antihorario.
- M05: Frenar el husillo.
- M06: Cambiar de herramienta.
- M08: Abrir el paso del refrigerante.
- M09: Cerrar el paso de los refrigerantes.
- M10: Abrir mordazas.
- M11: Cerrar mordazas.
- M13: Hacer girar el husillo en sentido horario y abrir el paso de refrigerante.
- M14: Hacer girar el husillo en sentido anti horario y abrir el paso de refrigerante.
- M30: Finalizar programa y poner el puntero de ejecución en su inicio.
- M38: Abrir la guarda.
- M39: Cerrar la guarda.
- M62: Activar salida auxiliar 1.
- M67: Esperar hasta que la entrada 2 esté en ON.
- M71: Activar el espejo en Y.
- M80: Desactivar el espejo en X.
- M81: Desactivar el espejo en Y.
- M98: Llamada a subprograma.

- M99: Retorno de subprograma.

Sentencias de control de flujo

- GOTO: Salto incondicional.
- IF: Salto condicional (SI).
- THEN: Salto condicional (ENTONCES).
- WHILE: Repetición

Programación paramétrica:

- #: Variable del sistema.
- Op: Operaciones y utilización de operaciones.

2.2 CÁLCULOS DE CORTE Y REVOLUCIONES

Una condición que se tiene que presente para poder llevar a cabo un mecanizado correcto es tener en cuenta las propiedades tanto de los materiales a mecanizar como también las propiedades de las herramientas de corte para tener una mejor optimización de tiempo y una vida útil más larga de las herramientas.

La mayoría de los fabricantes de materiales para mecanizado especifican las propiedades de composición de sus productos, así como los fabricantes de herramientas proporcionan las características óptimas para mecanizado de materiales, pero en ocasiones cuando se no tienen estos parámetros es necesario realizar una serie de cálculos en base a las condiciones de los materiales a mecanizar, de las herramientas y de las capacidades de la máquina.

Parámetros de corte en el torno CNC:

- Velocidad de avance (Va)
- Velocidad de corte (Vc)
- Profundidad de corte o pasada (Pp)
- Velocidad de giro de cabezal (RPM)

La V_a corresponde al deslizamiento de la herramienta en dirección hacia el cabezal (figura 2.1) para ello se expresa de dos maneras: milímetros por minuto (m/min) ó en milímetros por revolución (m/rev).

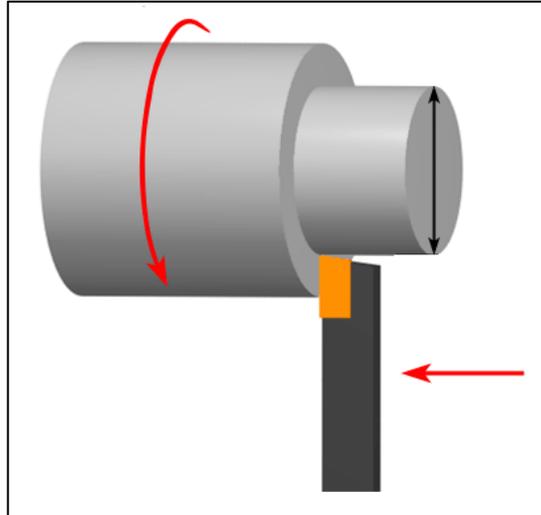


Figura 2.1 Dirección de avance.

Para calcular la velocidad de avance en mm/min se contemplan la profundidad de pasada de la herramienta, dependiendo del material a mecanizar, el acabado del perfil y el tipo de herramienta que se va usar.

Como ya se mencionó los fabricantes de herramientas proporcionan las propiedades más óptimas para realizarles mecanizados y en base a eso se usa la ecuación 2.1:

$$V_a \text{ mm/min} = V_a \text{ mm/rev} \times \text{RPM} \dots \dots \dots \text{(Ecuación 2.1)}$$

Por ejemplo, si se quiere obtener el avance en mm/min de cierto material que gira a unas 900 RPM y el avance por vuelta a 0,08 mm el cálculo se hace de la siguiente manera (ecuación 2.2):

$$V_a = 0.08 \times 900 = 72 \text{ mm/min} \dots \dots \dots \text{(Ecuación 2.2)}$$

Entonces la V_a quedaría en 72 mm/min

Para calcular la velocidad de avance en mm/rev se utiliza la información de la formula en mm/min para calcularla (ecuación 2.3):

$$V_a \text{ mm/rev} = \frac{V_a \text{ mm/min}}{RPM} \dots\dots\dots (\text{Ecuación 2.3})$$

Por ejemplo si se desea calcular la velocidad de avance en mm/rev de mecanizado de un perfil donde las RPM son de 900 y el avance es de 100 mm/min (ecuación 2.4):

$$V_a = \frac{100 \text{ mm/min}}{900} = 0.111 \text{ mm/rev} \dots\dots\dots (\text{Ecuación 2.4})$$

Para calcular la profundidad de corte se toma como parámetro una parte del área de la herramienta de corte esta consiste en la diferencia entre la coordenada vertical del punto cero herramienta y el tamaño de la pieza después del corte.

Los fabricantes de herramientas determinan la profundidad máxima con la que se debe mecanizar con dicha herramienta y es muy importante no exceder ese límite porque se puede desgastar más rápido o en el peor de los casos se puede llegar a romper.

En ocasiones se tiene que calcular la profundidad de corte debido a que la superficie de los materiales no es uniforme y se tiene que acoplar la profundidad de corte para no llegar a afectar los límites de la máquina.

La profundidad y el avance determinan el tamaño de la viruta que tiene forma de un paralelogramo definido por el ángulo de colocación de la herramienta (figura 2.2).

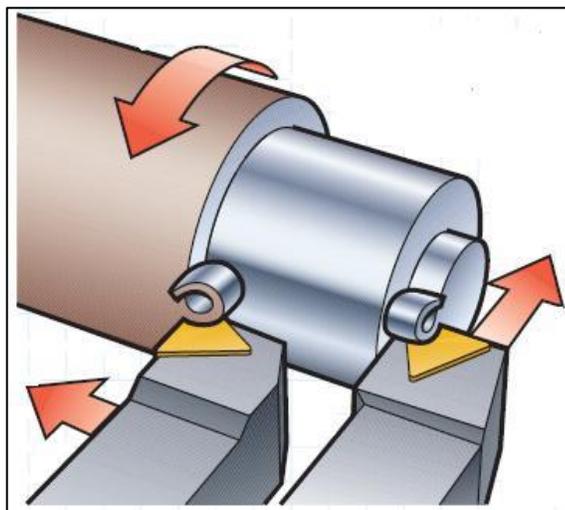


Figura 2.2 Profundidad de corte.

La profundidad de corte se calcula mediante la siguiente expresión (ecuación 2.5):

$$a_v = F \times p_c \dots\dots\dots(\text{Ecuación 2.5})$$

Siendo: a_v = Sección transversal de viruta, mm^2

F = Avance por vuelta, mm.

p_c = Profundidad de corte.

El volumen de viruta se expresa de la siguiente manera (ecuación 2.6):

$$V_v = a_v \times S \dots\dots\dots(\text{Ecuación 2.6})$$

Siendo: V_v = volumen de viruta removido, mm^3/min

S = Velocidad de corte mm/min.

a_v = Sección viruta, mm^2

La velocidad de corte es el punto de contacto entre el material de trabajo y la herramienta.

Esta velocidad está directamente relacionada con la vida útil de la herramienta y con los acabados.

Para calcular la relación entre la velocidad de corte y el giro del cabezal se utilizan las ecuaciones 2.7 y 2.8:

$$V_c = \frac{\pi \times D \times N}{1000} \dots\dots\dots(\text{Ecuación 2.7})$$

$$N = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D} \dots\dots\dots(\text{Ecuación 2.8})$$

Calculo de velocidad de corte

Cálculo de número de revoluciones

Siendo: V_c = Velocidad de corte.

N = Velocidad de giro del cabezal (RPM).

D = Diámetro del material (mm).

Parámetros de corte en Fresadora CNC.

Para llevar a cabo los cálculos de velocidad de avance se toman en cuenta los parámetros del torneado, pero agregando unos factores más como el número de dientes de los cortadores, el diámetro de las fresas, la potencia de la máquina, la forma de los perfiles a maquinar etc. (Figura 2.3).

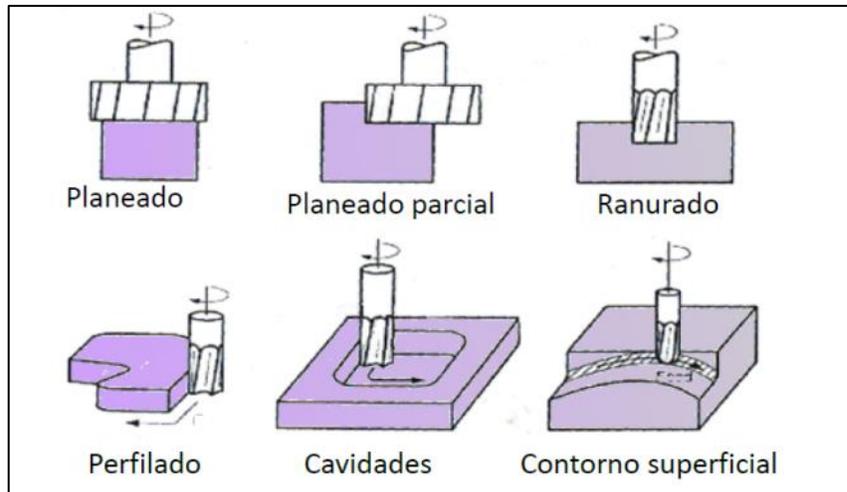


Figura 2.3 Tipos de fresado.

Parámetros:

- Velocidad de avance (V_a)
- Velocidad de corte (V_c)
- Profundidad de corte o pasada (P_p)
- Velocidad de giro de cabezal (RPM)
- Anchura de corte.
- Esfuerzos de corte.

Velocidad de avance.

Se puede expresar en mm/rev ó en mm/min pero a diferencia del torno se tiene que considerar el número de dientes de la herramienta y multiplicar por el total del número de dientes.

Velocidad de avance en mm/min.

Cuando se da la información de la velocidad de corte en mm/rev por el fabricante de las herramientas y las RPM el cálculo se hará de la siguiente manera (ecuación 2.9):

$$V_a \text{ mm/min} = V_c \text{ mm/rev} \times N_d \times \text{RPM} \dots\dots\dots (\text{Ecuación 2.9})$$

Siendo N_d = Número de dientes.

Por ejemplo: calcular la de velocidad de avance en mm/min de un mecanizado donde las RPM son 600 y el avance por vuelta es 0.09 mm y el número de dientes de la fresa es de 8 (ecuación 2.10).

$$V_a = 0.09 \times 8 \times 600 = 432 \text{ mm/min} \dots\dots\dots (\text{Ecuación 2.10})$$

La V_a será de 432 mm/min.

Velocidad de avance en mm/rev.

Para realizar este cálculo se usa la ecuación 2.11:

$$V_a \text{ mm/rev} = \frac{V_a \text{ mm/min}}{N_d \times \text{RPM}} \dots\dots\dots (\text{Ecuación 2.11})$$

Por el ejemplo: Calcular la velocidad de avance en mm/rev de un mecanizado donde las RPM son 600 y el avance es de 500 mm/min y el número de dientes es de 10 (ecuación 2.12).

$$V_a = \frac{500 \text{ mm/min}}{10 \times 600} = 0.083 \text{ mm/rev} \dots\dots\dots (\text{Ecuación 2.12})$$

La velocidad de avance es de 0.083 mm/rev.

Profundidad de corte.

La profundidad de corte hace referencia a la profundidad que penetra la fresa en la dirección del avance y la anchura de corte es con el giro horizontal.

La profundidad de corte se limita al desplazamiento y el tamaño y forma de la herramienta.

2.3 PROGRAMACIÓN EN TORNO CNC

En la figura 2.4 se muestra una pieza a la cual le realizaremos el programa de maquinado, la figura está acotada en mm, el material es aluminio y el material mide 130mm de largo por 85mm de diámetro.

Antes de comenzar con el programa se tiene un plan de trabajo el cual nos indicara las condiciones de trabajo, así como las herramientas a emplear y el origen del material.

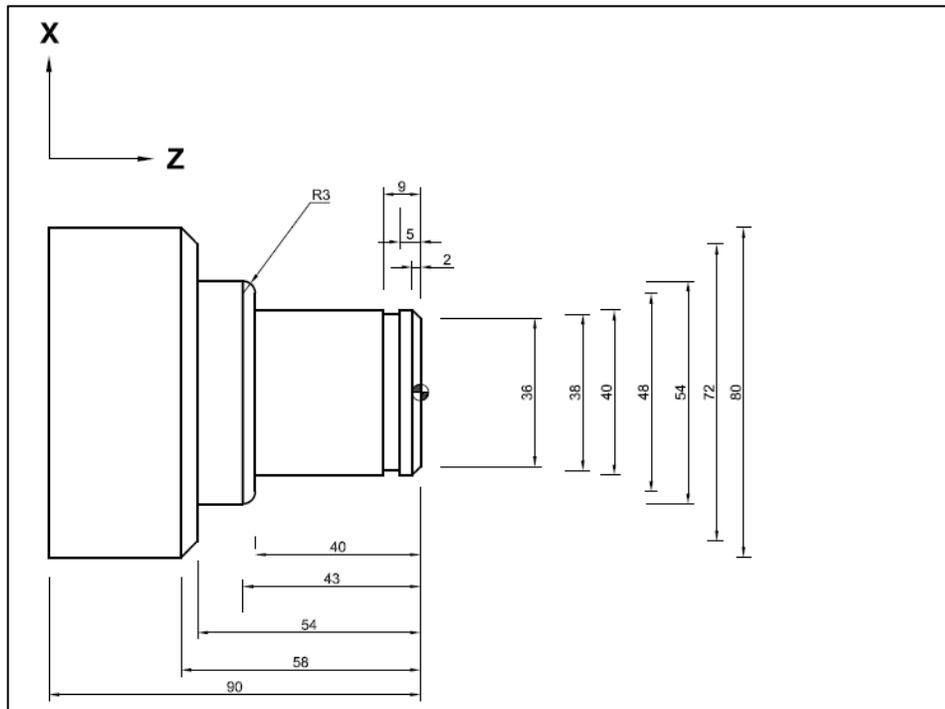


Figura 2.4 Pieza Torno.

Plan de trabajo

- El origen del programa será en las coordenadas Z0 X0.
- Se va a realizar refrentado, desbaste, acabado, ranurado y tronzado.
- Material: Aluminio
- Herramientas: T01 herramienta de desbaste con radio de 0.1 mm.

T02 herramienta de tronzado de 4 mm.

-Velocidad de corte en mm/min: 120 mm/min.

-RPM (ecuación 1.5):

$$N = \frac{1000 \times 120}{\pi \times 85} \approx 450 \text{ RPM} \dots \dots \dots \text{(Ecuación 2.13)}$$

-Dejar un sobre material de 0.3 mm para acabado.

Elaboración del programa y su descripción.

%	(Inicio del programa de transferencia a la Máquina CNC)
O0001(PIEZA 1)	(Nombre del programa, () comentario)
BIILET X85 Z130	(Tamaño del material)
TOOLDEFT T0101 T0202	(Definición de las herramientas con correctores)
N10 M11 M08 G97 G98 F120	(N es el número de línea, aquí comienza el Programa, M11 cerrar puerta, M08 activa refrigerante G97 giro constante de cabezal, G98 avance de corte en mm/min, F120 es el avance)
N20 M06 T06	(M06 indica cambio de automático de herramienta, T indica la herramienta a usar)
N30 G21 G40	(G21 indica sistema en milímetros, G40 anula compensación de radio)
N40 M03 S450	(M03 giro en sentido horario, S revoluciones)
N50 G00 X86 Z2	(G00 posicionamiento rápido, X y Z en este caso se usaran como punto de referencia de inicio)
N60 G01 Z-.07 (CAREADO)	(G01 posicionamiento lento)

N70 X0
N80 Z2
N90 G00 X86
N100 G01 X83 (DESBASTE)
N110 Z-91
N120 X86
N130 G0 Z2
N140 G01 X80.3
N150 Z-91
N160 X86
N170 G00 Z2
N180 G01 X76.4
N190 Z-55 (CHAFLÁN) (Figura 2.5)
N200 X80.4 Z-57
N210 X86
N220 G00 Z2
N230 G01 X73
N240 Z-55
N250 X80.4 Z-58.7
N260 X86
N270 G00 Z2
N280 G01 X70
N290 Z-54.7
N300 X86
N310 G00 Z2
N320 G01 X67
N0330 Z-54.7
N340 X86
N350 G00 Z2
N360 G01 X64

N370 Z-54.7
N380 X86
N390 G00 Z2
N400 G01 X61
N410 Z-54.7
N420 X86
N430 G00 Z2
N440 G01 X58
N450 Z-54.7
N460 X86
N470 G00 Z2
N480 G01 X54.6
N490 Z-54.7
N500 X86
N510 G00 Z2
N520 G01 X52.6
N530 Z-40.7 (REDONDEO) (Figura 2.6)
N540 G03 X54.6 Z-41.7 R3 (G03 Redondeo hacia la izquierda, R radio)
N550 G01 X86
N560 G00 Z2
N570 G01 X50.6
N580 Z-40.7
N590 G03 X54.6 Z-42.7 R3
N600 G01 X86
N610 G00 Z2
N620 G01 X46
N630 Z-40.7
N640 X86
N650 G00 Z2
N660 G01 X43

N670 Z-40.7
N680 X86
N690 G00 Z2
N700 G01 X40.6
N710 Z-40.7
N720 X86
N730 G00 Z2
N740 G01 X36.248
N750 Z-1.3 (CHAFLÁN) (Figura 2.7)
N760 X40.6 Z-2.875
N770 X86
N780 G00 Z2
N790 S2500
N800 G01 X36 (ACABADO)
N810 Z-1
N820 X-0.5
N830 X36
N840 X40 Z-3
N850 Z-41
N860 X48
N870 G03 X54 Z-44 R3
N880 G01 Z-55
N890 X72
N900 X80 Z-59
N910 Z-91
N920 X86
N930 G00 Z2
N940 T0202
N950 G00 Z-11 (RANURA) (Figura 2.8)
N960 G01 X38

N970 X86	
N980 G00 Z-95 (TRONZADO)	(Figura 2.9)
N990 G01 X-0.5	
N1000 X86	
N1010 G00 Z2	
N1020 G28 U0 W0	(G28 U0 W0 regreso automático al punto de referencia)
N1040 M09 M10	(M09 Desactivar refrigerante, M11 abrir puerta)
N1030 M30	(M30 Fin de programa)
%	(Termina programa para transferencia a la máquina CNC)

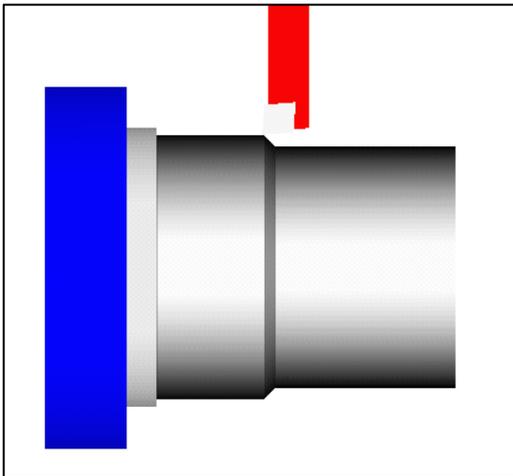


Figura 2.5 Chaflán.

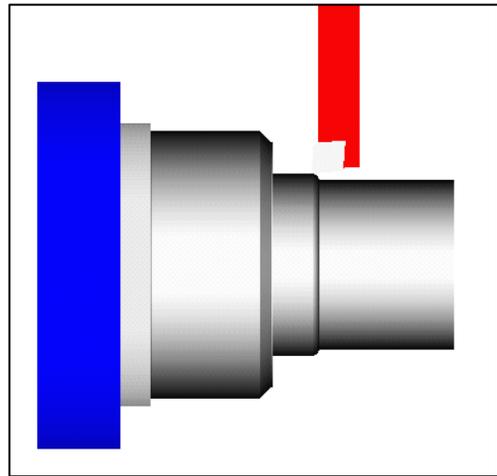


Figura 2.6 Redondeo.

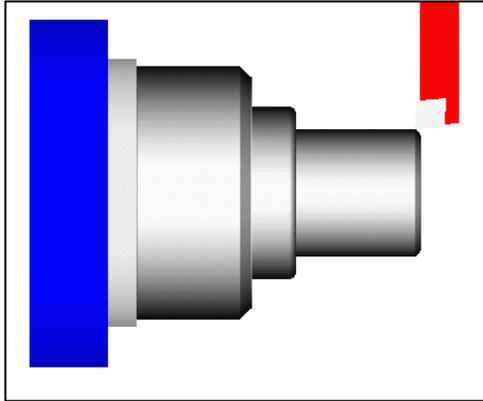


Figura 2.7. Chaflán.

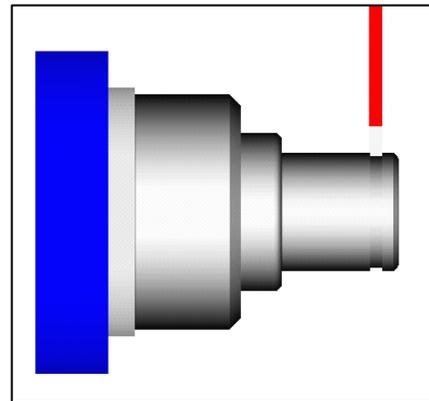


Figura 2.8 Ranura.

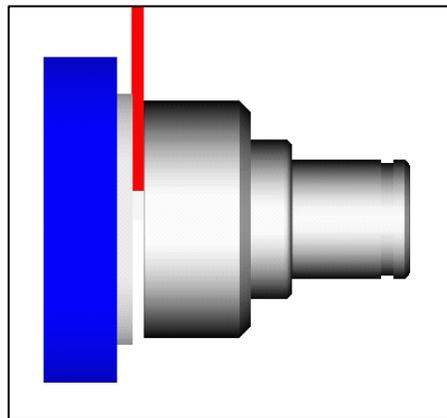


Figura 2.9 Tronzado.

En la figura 2.10 se observan las trayectorias que recorrieron las herramientas y en la figura 2.11 se observa la pieza terminada.

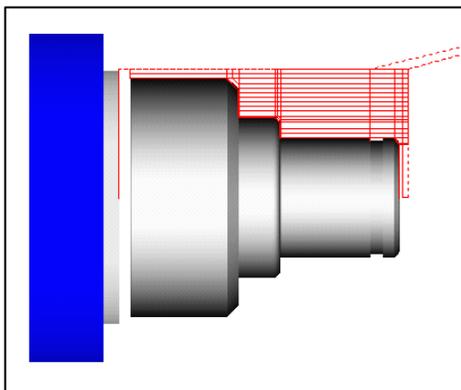


Figura 2.10 Trayectorias.

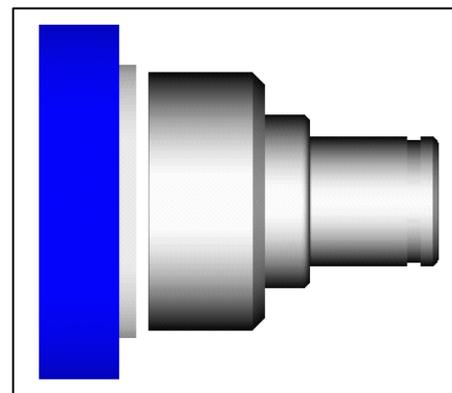


Figura 2.11 Pieza terminada.

2.4 PROGRAMACIÓN EN FRESADORA CNC

En la figura 2.12 se muestra una pieza a la cual le realizaremos el programa de maquinado, la figura está acotada en mm, el material es aluminio y el material mide 200mm x 100mm x 20mm.

Antes de comenzar con el programa se tiene un plan de trabajo el cual nos indicara las condiciones de trabajo, así como las herramientas a emplear y el origen del material.

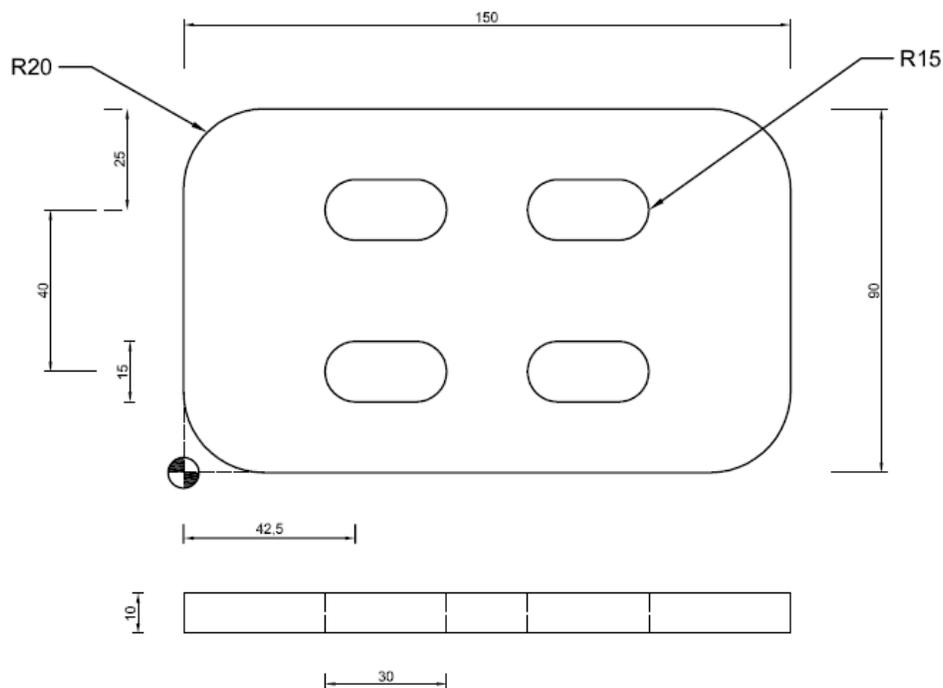


Figura 2.12 Pieza Fresadora.

Plan de trabajo.

-El origen del programa será en las coordenadas X0 Y0 Z0.

-Se va a realizar planeado y cajeado.

-Material: Aluminio.

-Herramientas: T01 fresa con radio de 20 mm con 10 dientes.

T02 broca 15mm.

-Velocidad de corte 120 mm/min.

-RPM=1000.

Elaboración del programa y su descripción.

%	(% inicio de programa para enviar a la maquina CNC)
O0002(PIEZA2)	(O nombre del programa, () comentario)
N10 G54 X0 Y0 Z10	(N número de línea, G54 definición del origen)
N20 M11 G94 G96 F120 S1000	(M11 cerrar puerta, G94 velocidad de avance en mm/min, G96 velocidad de corte constante, F velocidad de avance, S revoluciones)
N30 G90 G40 M03	(G90 coordenadas absolutas, G40 anulación de compensación de radio M03 giro en sentido horario)
N40 M06 T0101	(M06 cambio automático de herramienta, T selección de herramienta)
N50 M08 G00 X15 Y-11 Z10	(M08 activación de refrigerante, G00 posicionamiento rápido)
N60 G01 Z-10	(G01 maquinado lento)
N70 Y75	
N80 G02 X45 Y105 R30 (REDONDEO)	(G02 giro horario, R radio)
N90 G01 X155	
N100 G02 X185 Y75 R30 (REDONDEO)	
N110 G01 Y25	
N120 G02 X155 Y-5 R30 (REDONDEO)	

N130 G01 X45	
N140 G02 X15 Y25 R30 (REDONDEO)	(Figura 2.13)
N150 G01 Z10	
N160 G00 X0 Y0	
N170 T0202	
N180 G00 X67.5 Y70	
N190 G01 Z-10 (BARRENADO)	
N200 X82.5	
N210 Z10	
N220 G00 X117.5	
N230 G01 Z-10 (BARRENADO)	
N240 X132.5	
N250 Z10	
N260 G00 Y30	
N270 G01 Z-10 (BARRENADO)	
N280 X117.5	
N290 Z10	
N300 G00 X82.5	
N310 G01 Z-10 (BARRENADO)	(Figura 2.14)
N320 X67.5	
N330 Z10	
N340 X0 Y0 Z10	
N350 G28	(Regreso a punto de referencia)
N360 M09 M10	(M09 desactivación de refrigerante, M10 abrir puerta)
N370 M30	(M30 fin de programa)
%	(Termina programa para transferencia a la máquina CNC)

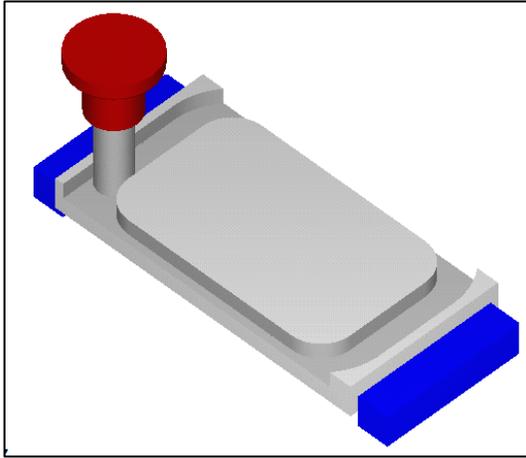


Figura 2.13 Redondeo.

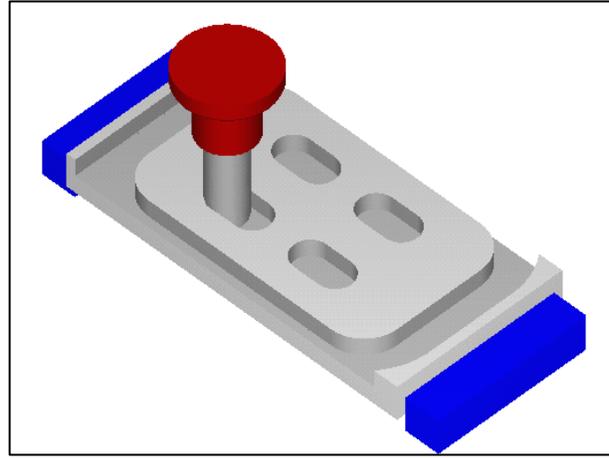


Figura 2.14 Barrenado.

En la figura 2.15 se observan las trayectorias de las herramientas y en la figura 2.16 se aprecia la pieza terminada.

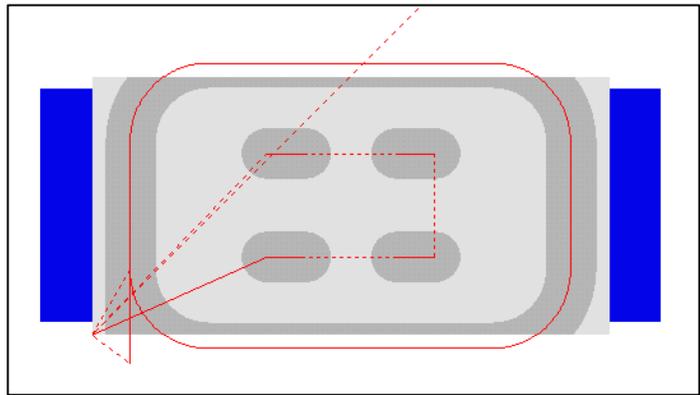


Figura 2.15 Trayectorias.

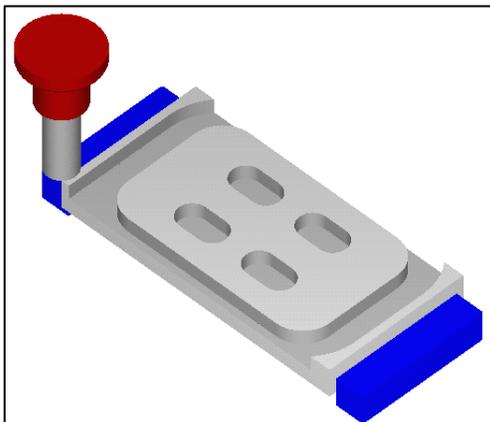


Figura 2.16 Pieza terminada.

CAPITULO 3

DISEÑO EN SOLIDWORKS 2015

SolidWorks es un programa de diseño mecánico en 3D con el que se pueden crear geometrías 3D usando sólidos paramétricos, la aplicación está enfocada a diseño de producto, diseño mecánico, ensambles, y dibujos para taller. Al elaborar los diseños va dejando un historial de operaciones para que se pueda hacer referencia a ellas en cualquier momento, además tiene soluciones para industrias de plásticos, lámina delgada, eléctrica, simulación y análisis por elementos finitos, el programa incluye un módulo inteligente de detección de errores de diseño y módulos para diseño sustentable. Como herramienta de diseño 3D es fácil de usar, acompaña al ingeniero mecánico y el diseñador industrial en su desempeño diario.

Se pueden diseñar piezas mecánicas en 3D, evaluar ensambles de varias piezas y producir dibujos de fabricación para el taller, además se pueden manejar los datos de diseño en su sistema de administración PDM y llevar un control de las versiones de dibujos.

Al diseñar se puede evaluar el impacto ambiental del diseño, simular virtualmente las condiciones y análisis del diseño en situaciones reales y optimizar su desempeño. El programa está basado en un motor de modelado de sólidos y también contiene comandos de creación, edición de superficies complejas, además es asociativo entre los modelos 3D y sus dibujos.



3.1 ENTORNO

SolidWorks es un programa que tiene una interfaz de fácil versatilidad para modelar sólidos, crear ensambles y hacer simulaciones diversas con relativa facilidad, además posee una gran cantidad de comandos y funciones enfocadas al diseño.

Para comenzar primero se debe conocer la pantalla que aparece al iniciar el programa, esto es muy importante porque en ella se encuentran las primeras acciones que se deben dominar para acceder a los diversos apartados y las acciones que se llevaran a cabo al comenzar a crear un documento.

Al iniciar el programa SolidWorks la primera pantalla que aparece es la siguiente (figura 3.1):

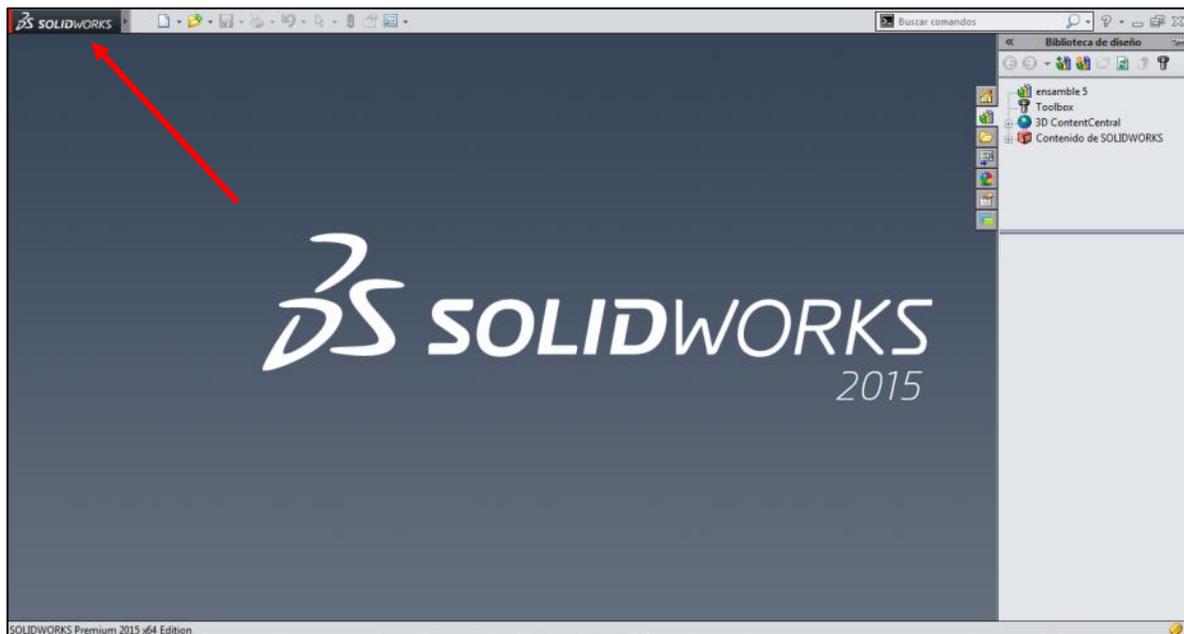


Figura 3.1 Pantalla de inicio SolidWorks.

En la parte superior izquierda se encuentra una pestaña después de la palabra **SOLIDWORKS**, esta es la **barra de herramientas** la cual contiene diversos paneles con las opciones de **archivo**, **ver** y **herramientas** (figura 3.2).

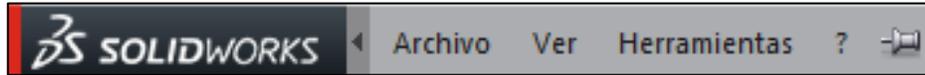


Figura 3.2 Barra de herramientas.

Para comenzar con el diseño de la primera pieza se da clic izquierdo del botón del mouse en la pestaña de **archivo** y luego en **nuevo** (figura 3.3).

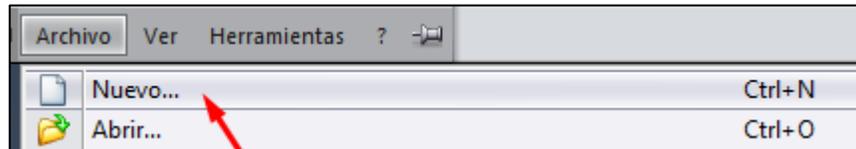


Figura 3.3 Menú archivo.

Al hacer esto se abre una ventana con las opciones de **ensamblaje**, **pieza** y **dibujo**, se selecciona la opción de **pieza** y se da clic en **aceptar** (figura 3.4).

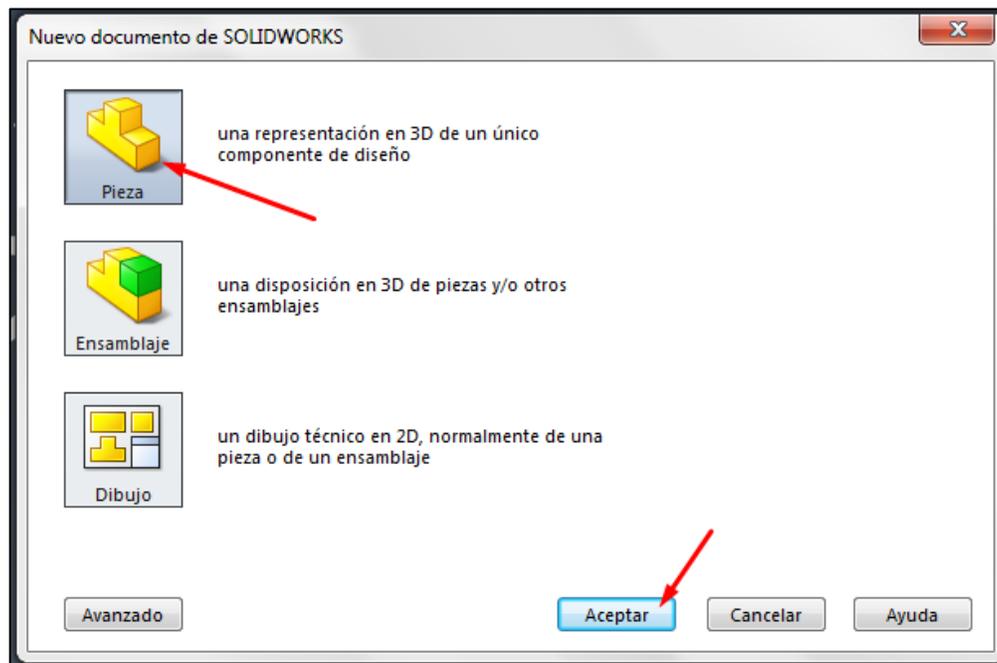


Figura 3.4 Nuevo documento.

Ahora aparece la ventana **pieza**, en la que se puede empezar a dibujar (figura 3.5).

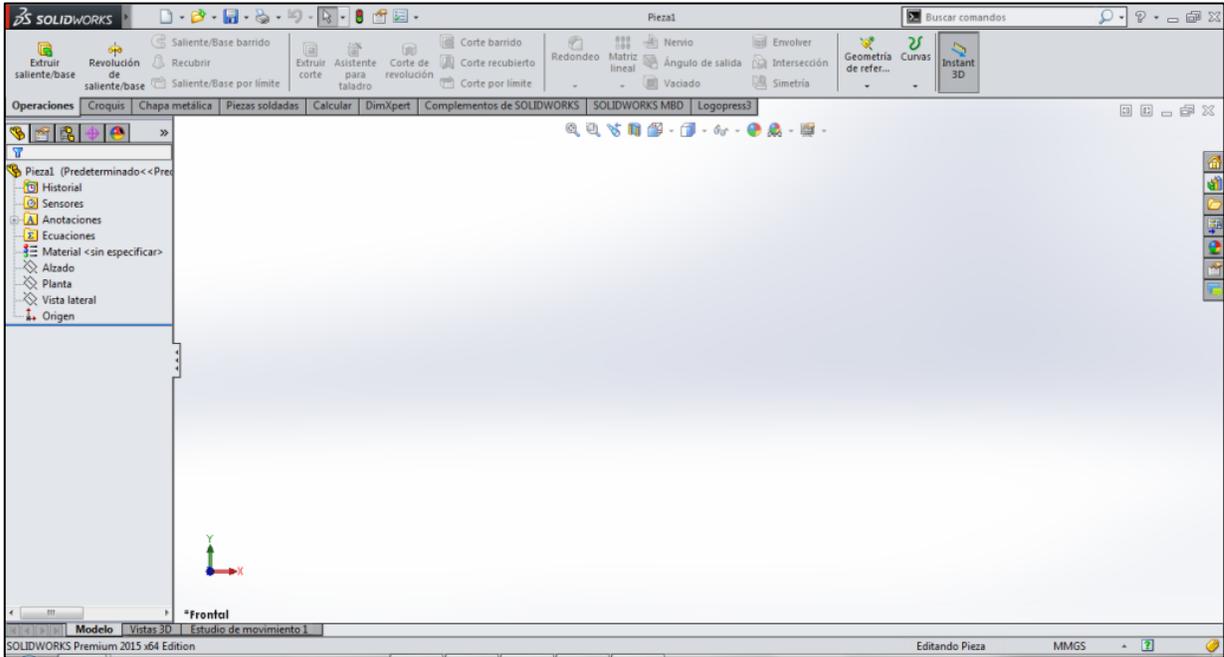
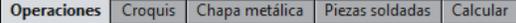
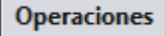
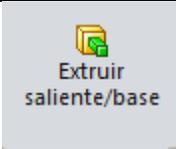
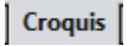
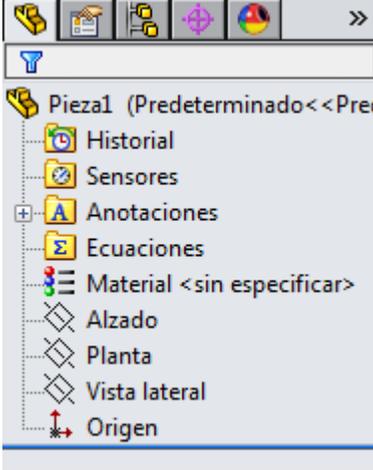


Figura 3.5 Área de trabajo.

Antes de comenzar a diseñar, se explicará brevemente algunos apartados y pestañas que se utilizarán durante el diseño de la pieza.

PESTAÑAS	ICONO	DESCRIPCIÓN
Barra de herramientas		Es el menú que contiene las funciones de nuevo, abrir, guardar, imprimir, configuración.
Command manager		Estas opciones contienen las operaciones para llevar el modelado de una figura o croquis. (Solo se utilizarán las opciones de operaciones y croquis)
Operaciones		Contiene las funciones para crear sólidos.
Extruir		Extruye un croquis o

saliente/base		contornos de croquis seleccionados en una o dos direcciones para crear una operación sólida.
Revolución de saliente/base		Crea una revolución de un croquis o contornos de croquis seleccionados con respecto a un eje para crear una operación sólida.
Croquis		Este menú contiene las opciones para realizar croquis.
Croquis		Crea un nuevo croquis o edita un croquis existente.
Cota inteligente		Crea una cota para una o varias entidades seleccionadas.
Opciones de líneas		Estas opciones realizan las funciones primarias para dibujar un croquis.
Paleta de operaciones		Este apartado muestra las diversas operaciones creadas secuencialmente de una pieza además de mostrar otras propiedades.

3.2 DISEÑO

Ahora se va a diseñar una pieza para maquinado en torno CNC (figura 3.6), esta pieza se realiza mediante la función de Revolución de saliente/base para que posteriormente se importe a un programa de CAM y se lleven a cabo las operaciones de mecanizado.

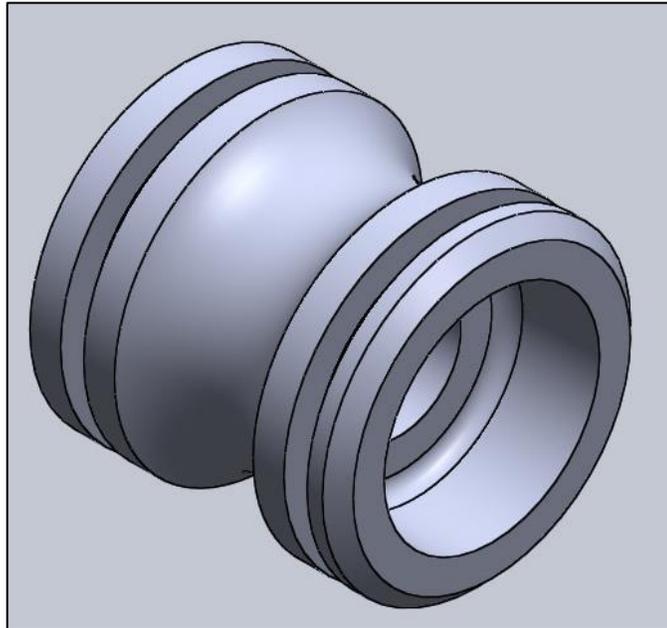


Figura 3.6 Pieza de revolución.

Para comenzar a dibujar primeramente se tiene que definir las unidades en las cuales se va a trabajar, en este caso serán pulgadas y para ello se sitúa el cursor en la parte inferior derecha y se da clic en la pestaña de **sistema de unidades**, por defecto tiene marcada la opción de **MMGS (milímetro, gramo, segundo)** se cambia seleccionando **IPS (pulgada, libra, segundo)** (figura 3.7)

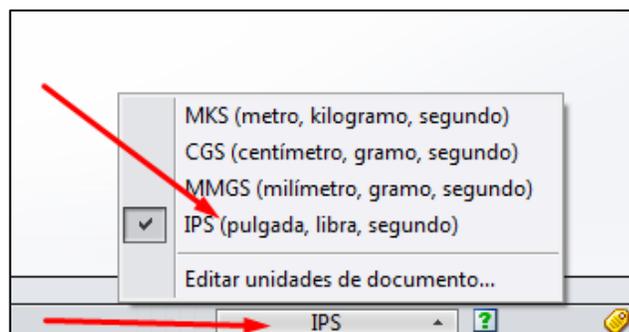


Figura 3.7 Unidades de documento.

3.3 CROQUIS

En la pestaña de **croquis** se selecciona la opción de **croquis** (figura 3.8).

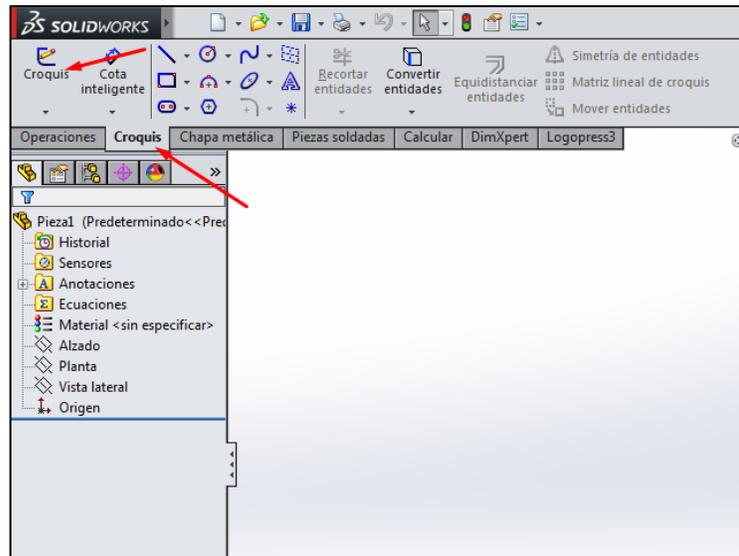


Figura 3.8 Pestaña croquis.

Al seleccionar esta opción nótese que cambia el espacio de trabajo y aparecen los planos de trabajo (figura 3.9) para poder visualizar los planos en 3D, se da clic en el icono **ver orientación** y se selecciona la vista **dimétrica** (figura 3.10).

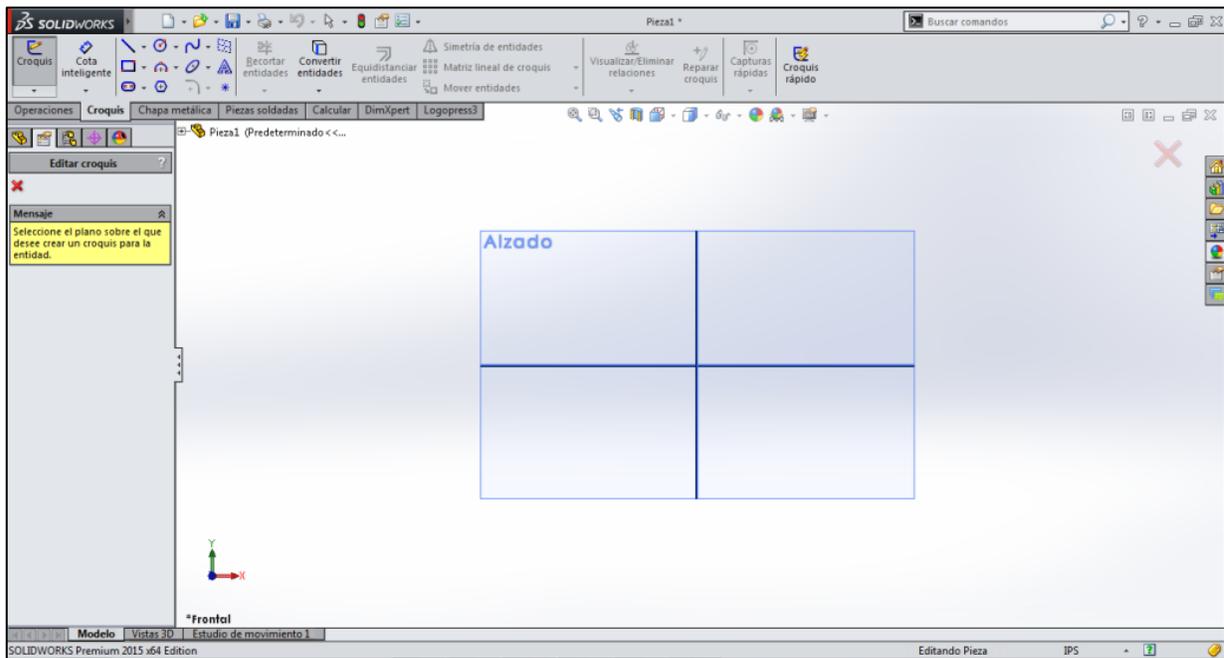


Figura 3.9 Plano alzado.

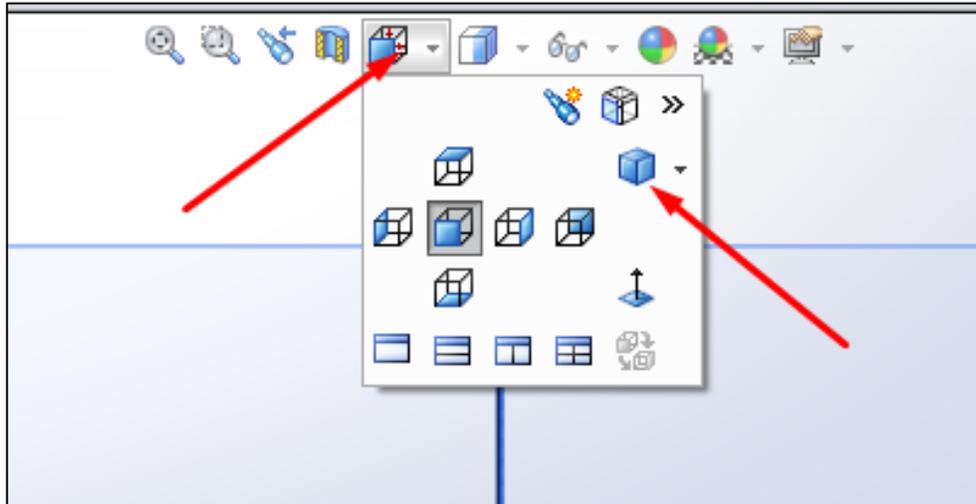


Figura 3.10 Vista dimétrica.

Con este tipo de vista ya se pueden visualizar los planos de trabajo, ahora se selecciona el plano de **alzado** (figura 3.11).

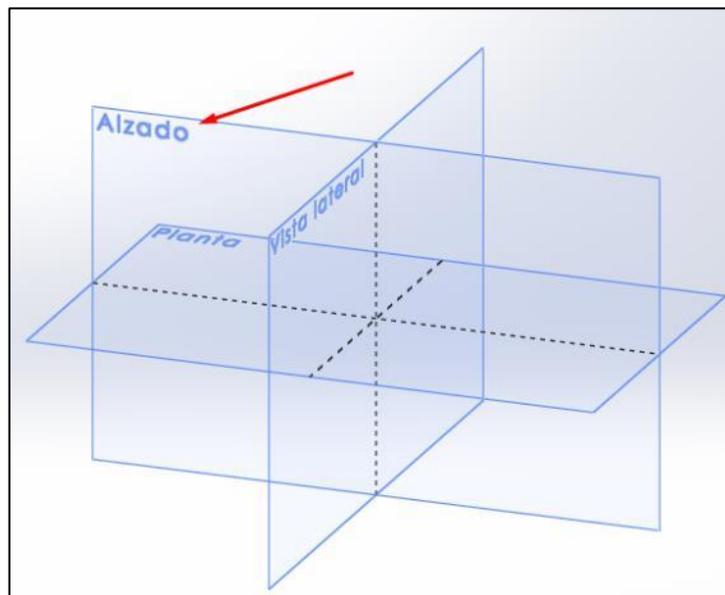


Figura 3.11 Plano alzado.

Se va a comenzar a trazar una línea que servirá de referencia para el croquis para ello se da clic en la pestaña del icono de **línea** y se selecciona **línea constructiva** (figura 3.12).

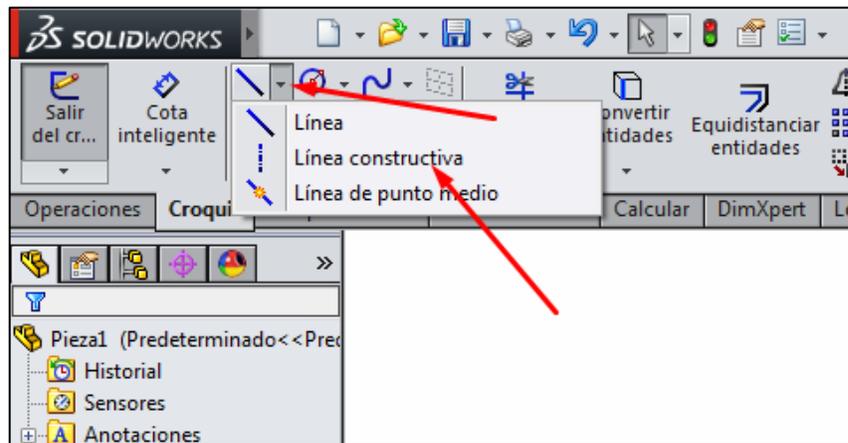


Figura 3.12 Línea constructiva.

Con el comando activo se posiciona el cursor en el centro del espacio de trabajo, se da clic en medio de las flechas que indican el origen, se desplaza el cursor hacia la derecha y se da un clic en el espacio de trabajo para terminar con la operación (figura 3.13).

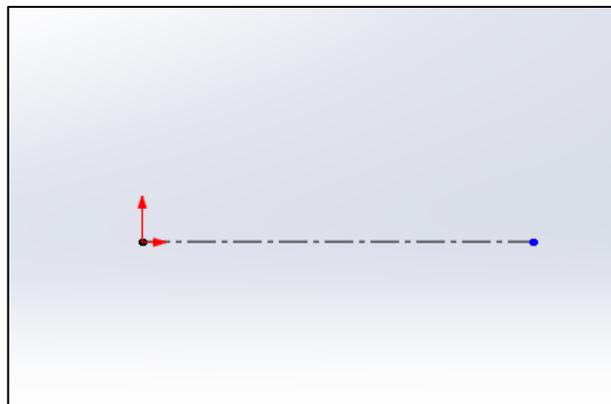


Figura 3.13 Línea constructiva.

Para definir la longitud de la línea se da clic en la opción de **cota inteligente**, se selecciona la línea que se dibujó, se desplaza el cursor hacia abajo, se da clic en el espacio de trabajo y se abrirá un pequeño apartado, dentro de este apartado se introduce la medida de **2.5** y se selecciona la palomita verde o se tecléa **ENTER** y para salir de esa opción se pulsa la tecla **ESC** (figura 3.14).

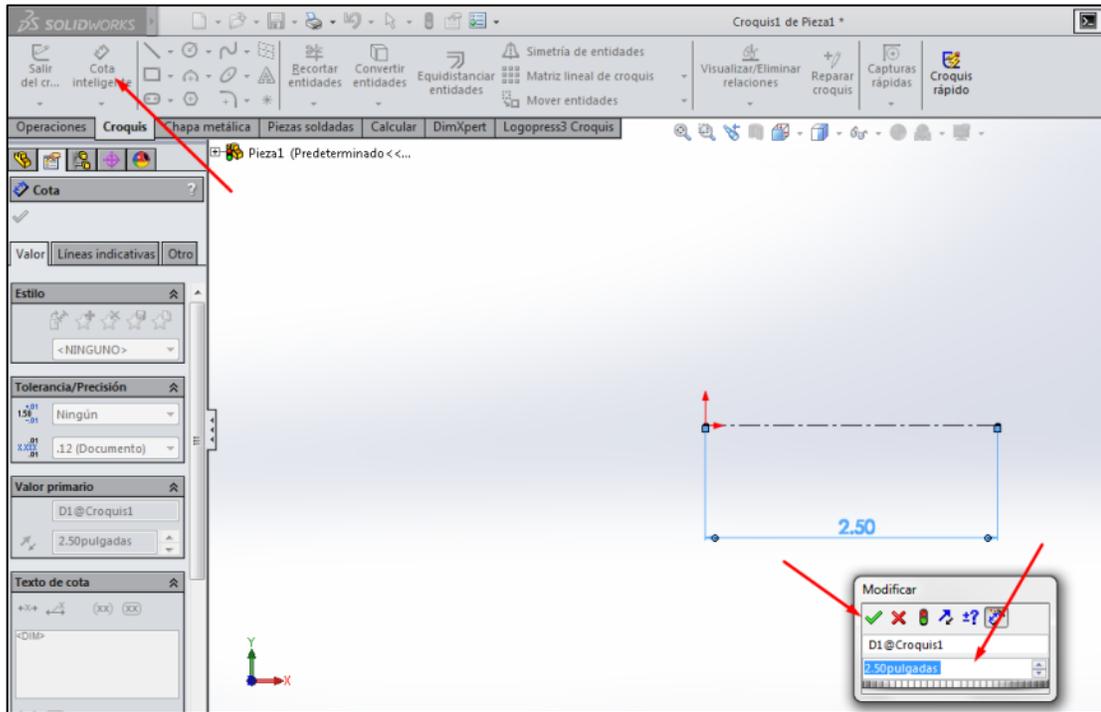


Figura 3.14 Cota inteligente.

Se traza otra línea de referencia desde el origen, pero esta vez hacia arriba y con una longitud de **0.5** (figura 3.15).

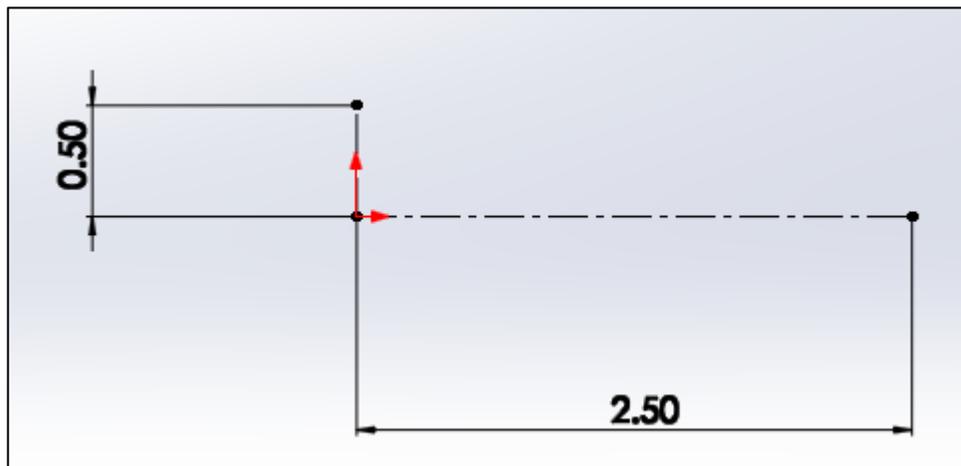


Figura 3.15 Línea de referencia vertical.

Se traza una línea, pero esta vez con la opción de línea normal, se traza desde el punto final de la línea constructiva vertical con una longitud de **0.75** (figura 3.16).

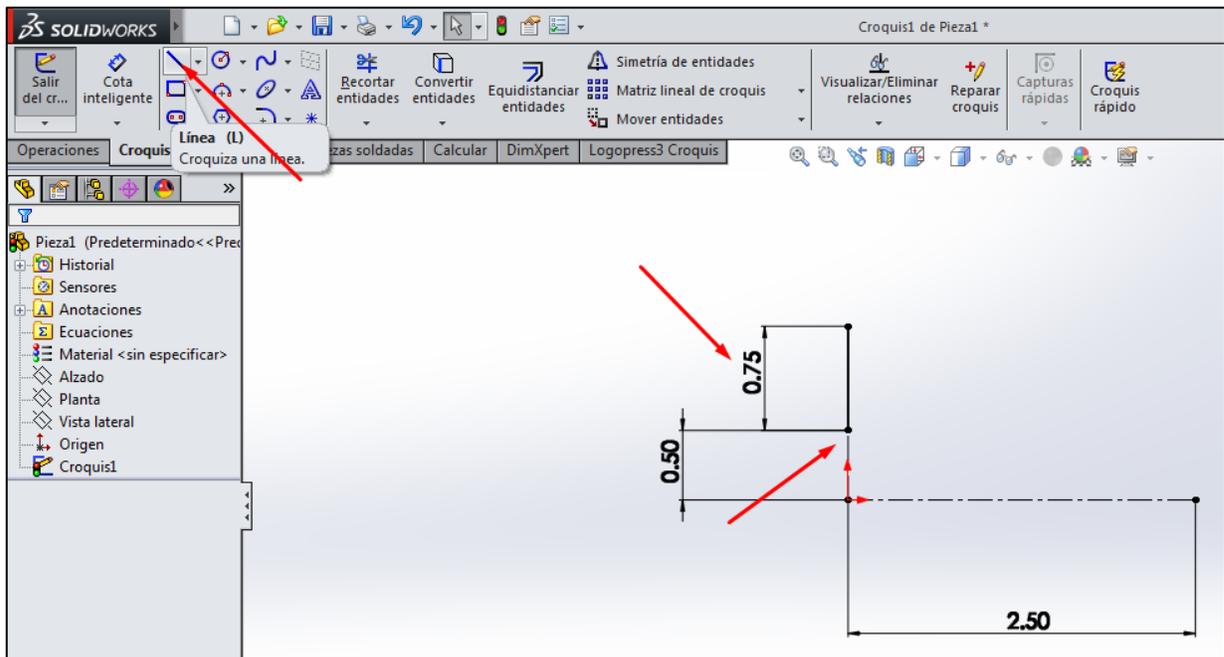


Figura 3.16 Línea constructiva.

Ahora que ya se conoce el comando de línea, se trazan las demás líneas del croquis con las medidas que se muestran en la figura 3.17.

****NOTA:** Las valores que se indican en las cotas, no estas representados con su valor real, debido a que el software las redondea al número más cercano de dos dígitos, por lo tanto las medias que se indican con 0.19 en realidad es 0.1875 y 0.38 es 0.375, estos valores son los que deben digitarse.

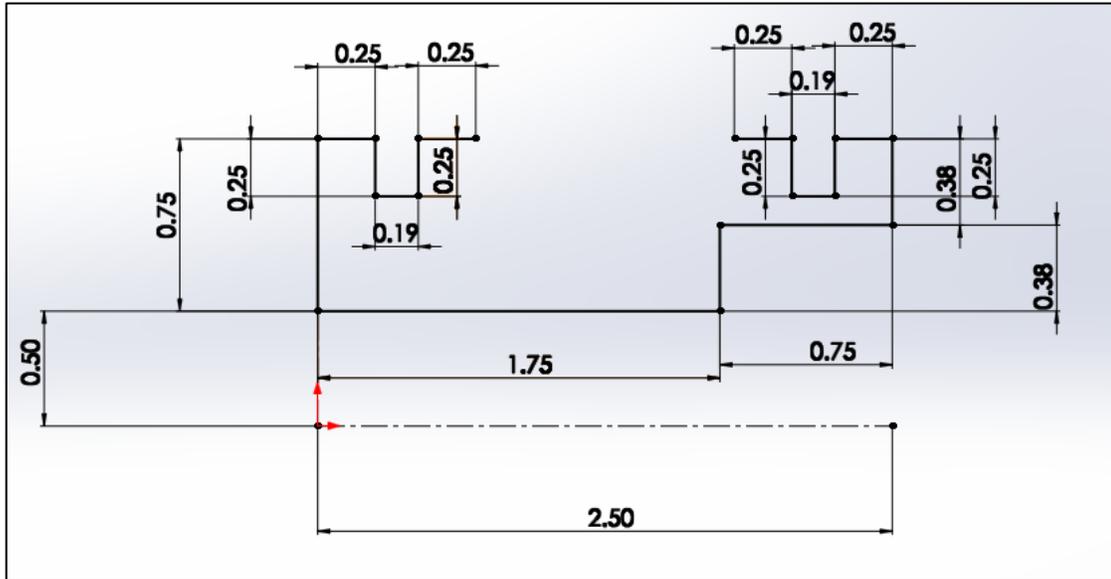


Figura 3.17 Croquis cerrado.

Cuando ya se tiene el croquis completo, se le realiza una línea curva para ello se selecciona la opción de **arco de tres puntos** de la pestaña de **arco**, y se traza con un valor de **0.6875** (figura 3.18).

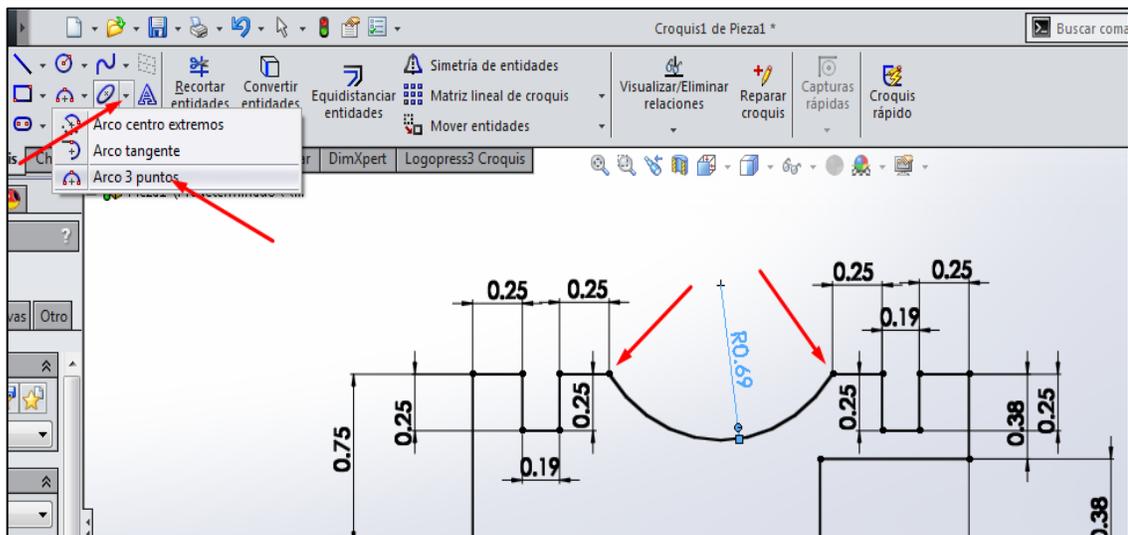


Figura 3.18 Arco tres puntos.

Ahora se va a realizar uno redondeo, para ello se selecciona la opción de **redondeo** de la pestaña de **redondeo** y se le da un valor de **1/8** (al introducir este valor automáticamente se

hace la conversión en mm), se seleccionan las dos aristas como se muestra en la figura 3.19 y se teclea **ENTER**.

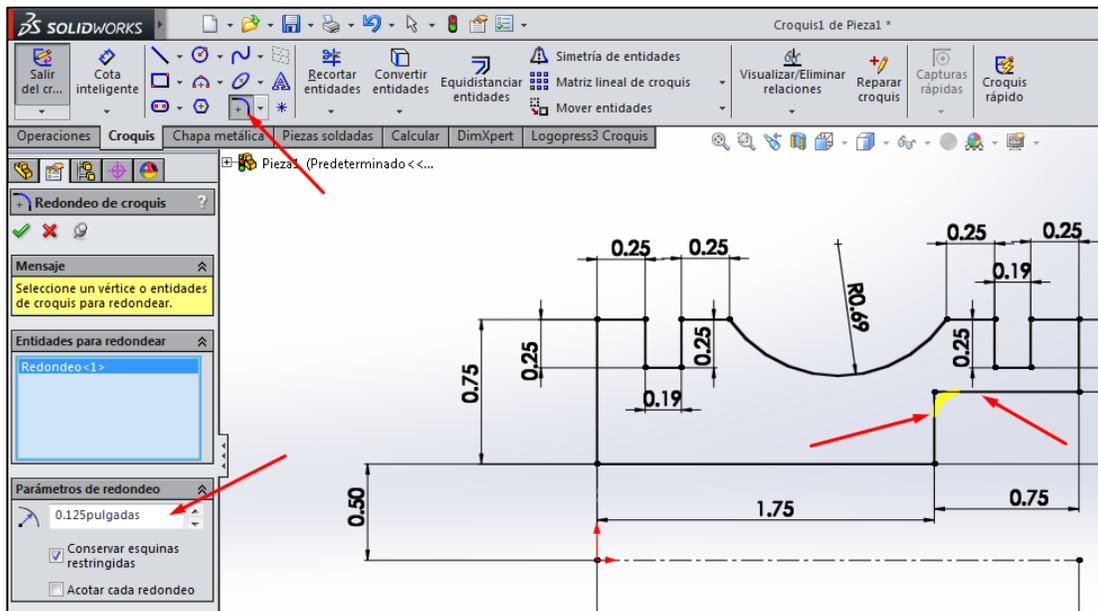


Figura 3.19 Redondeo.

Por último, queda por realizar un chaflán para terminar con el croquis, para llevarlo a cabo se da clic en la opción de **chaflán** de la pestaña de **redondeo**, se introduce un valor de **1/8** y se seleccionan las aristas que se muestran en la figura 3.20.

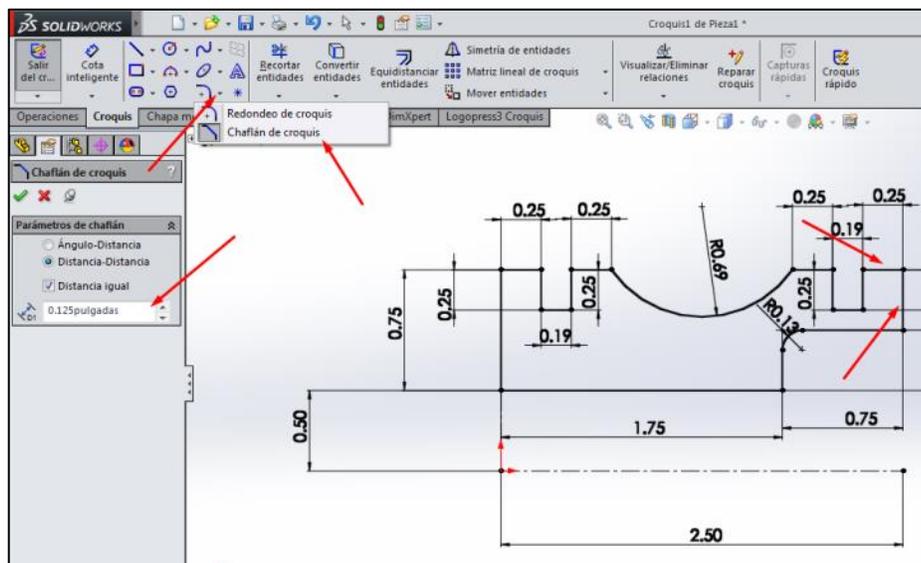


Figura 3.20 Chaflán.

Ahora ya se tiene el croquis terminado y definido para generar el sólido (figura 3.21).

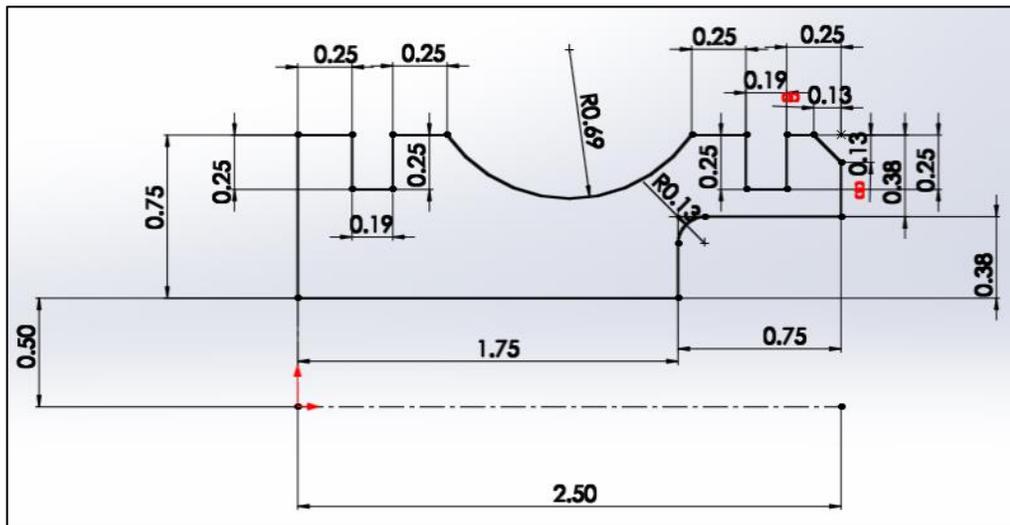


Figura 3.21 Croquis definido.

****NOTA:** Una vez que se tiene terminado el croquis este debe estar en color negro, esto indica que las líneas están definidas y el croquis está cerrado, en caso de que contenga líneas azules es probable que no todas estén definidas o no esté cerrado el croquis por lo que podría generar algún error al tratar de generar un sólido.

3.4 FUNCIÓN REVOLUCIÓN

Para generar el sólido, se dirige al menú de **Operaciones** y se selecciona la opción de **Revolución de saliente/base** (figura 3.22), se abrirá una ventana del lado izquierdo y cambiara la vista del croquis, se introduce un valor de **360** y se selecciona el eje de referencia el cual es la línea de referencia que se trazó al iniciar el croquis, al seleccionarla se ve cómo se genera automáticamente la pieza de revolución, para terminar se da **ENTER** o se marca la palomita verde y se da un clic en el espacio de trabajo en blanco o pulsamos **ESC** para desmarcar cualquier selección (figura 3.23).

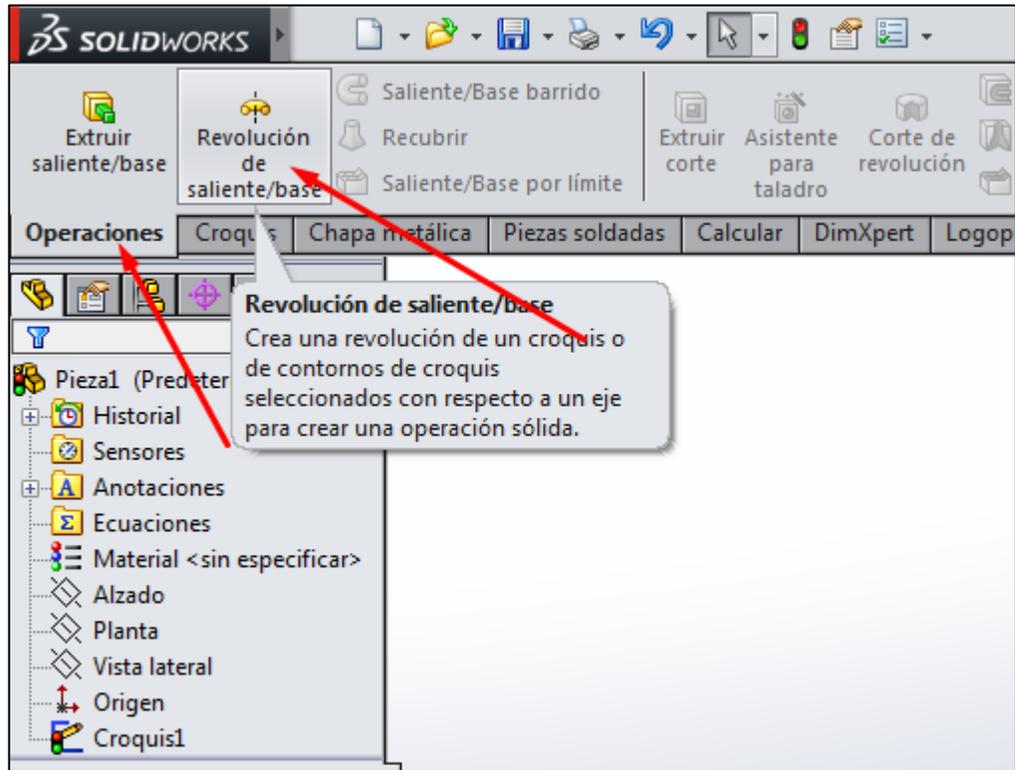


Figura 3.22 Revolución de saliente/base.

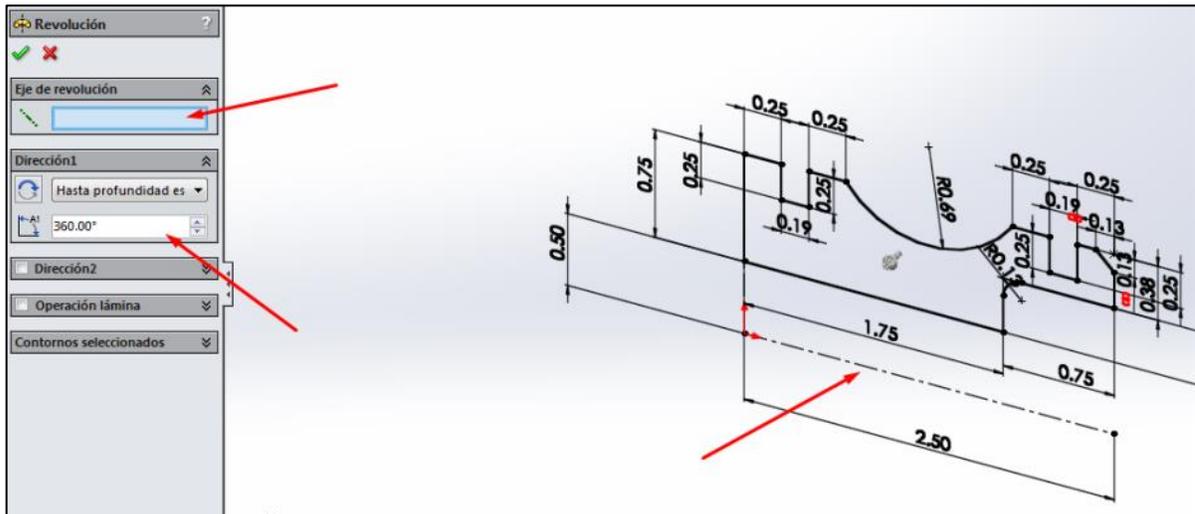


Figura 3.23 Función revolución.

Ya se tiene la figura terminada (figura 3.24).

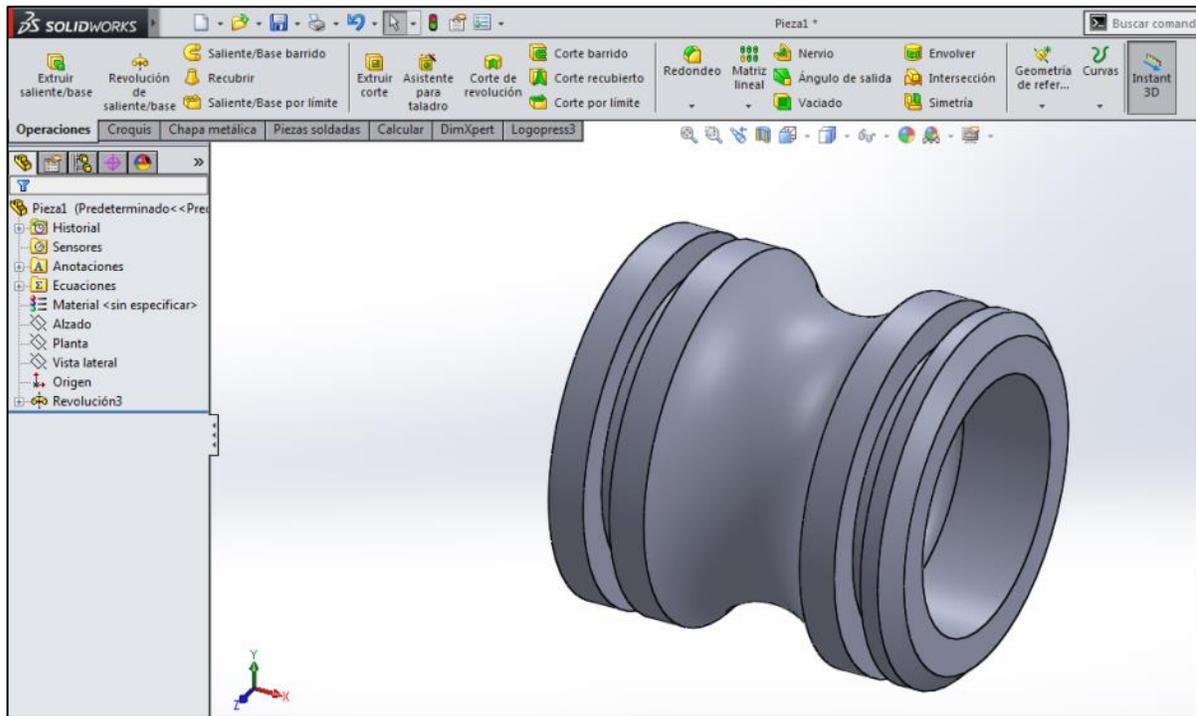


Figura 3.24 Pieza terminada.

Ahora solo queda guardar el archivo, para ello se dirige a la **barra de herramientas** y se selecciona la opción de **guardar como** (figura 3.25), se abrirá una ventana y se marca una ubicación para guardar el archivo, se le indica el nombre de **PIEZA 1 TORNO** y se da clic en aceptar (figura 3.26).

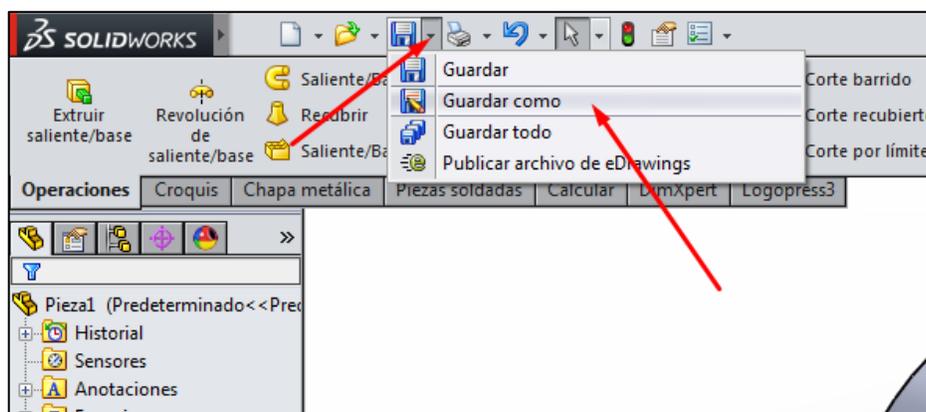


Figura 3.25 Menú guardar.

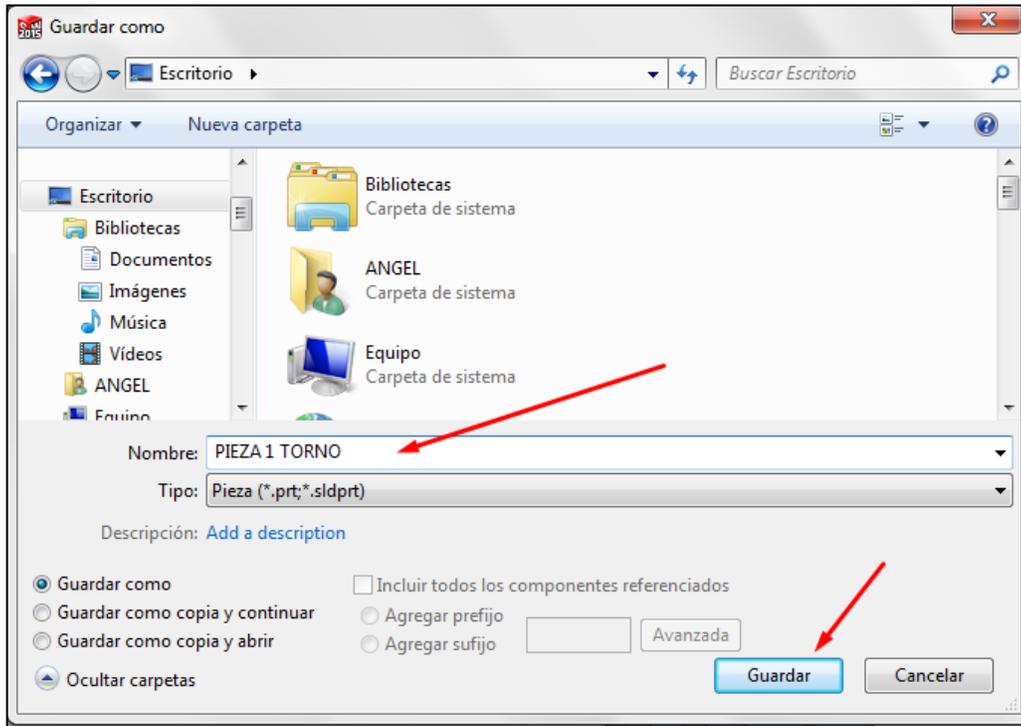


Figura 3.26 Guardar como.

Con esto ya se tiene creado el archivo y ya puede cerrar el programa.

CAPITULO 4

MECANIZADO DE TORNO EN MASTERCAM X9 CON IMPORTACIÓN DE UN MODELADO DE SOLIDWORKS

CNC Software, Inc. es uno de los desarrolladores más antiguos de software de diseño asistido por computadora CAD / CAM (Computer-Aided Manufacturing). CNC Software, Inc se fundó en 1983, actualmente se encuentra en Tolland, Connecticut. Fueron de los primeros en crear el software CAD / CAM diseñado tanto para programadores como para ingenieros. Mastercam, el principal producto de Software CNC, sin embargo, comenzó como un sistema CAM 2D con herramientas CAD que permitían a los programadores diseñar piezas en computadora y guiaron a las máquinas herramientas controladas numéricamente por computadora (CNC) en la fabricación de piezas.

Mastercam es el programa CAD/CAM más popular para manufactura en máquinas de control numérico y centros de maquinado CNC. El programa abarca la programación de fresadoras, centros de maquinado, tornos, el módulo blade expert para alabes, electro erosionadoras, cortadoras por alambre, cortadoras por láser, oxicorte, routers, y más.

Este programa ofrece una gama de módulos para aplicaciones especiales, también incluye módulos de modelado 3D con producción de dibujos 2D para la preparación de la geometría 3D antes del CAM.

También ofrece un nivel de flexibilidad que permite la integración de aplicaciones de terceros, denominadas C-hooks, para abordar escenarios específicos de máquinas o procesos únicos.

The logo for Mastercam X9. The word "Mastercam" is written in a bold, italicized sans-serif font, with "Master" in black and "cam" in red. A registered trademark symbol (®) is located to the right of "cam". To the right of "Mastercam" is a large, bold, black "X" with a superscript "9" to its upper right.

4.1 ENTORNO

Mastercam es un programa que tiene una excelente versatilidad para realizar mecanizados dentro de un entorno sencillo que además de ofrecer funciones para mecanizado, permite modelar piezas en 2D y 3D.

Antes de comenzar a usar este programa primero se debe conocer el entorno de la primera pantalla que aparece al abrir el programa, ya que es importante tener un conocimiento de las funciones básicas y comandos que se muestran en esta primera pantalla (figura 4.1).

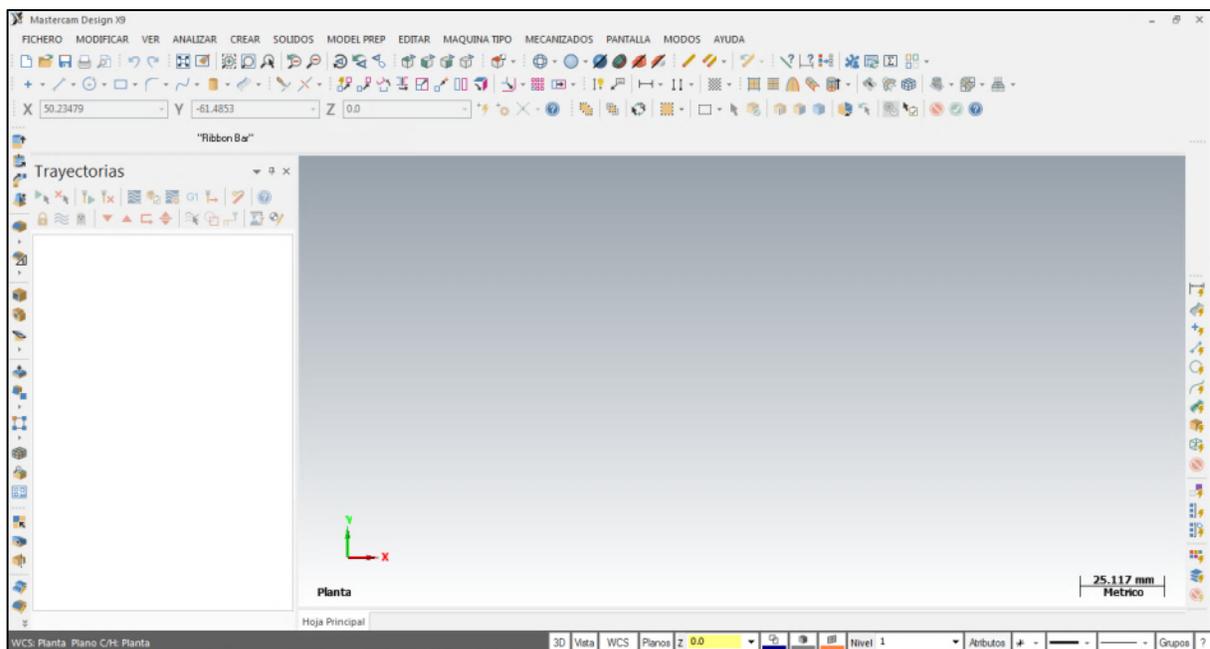


Figura 4.1 Pantalla de inicio.

****NOTA:** En algunas ocasiones puede que no se muestre el apartado de **Trayectorias** o **Toolpaths** que se encuentra al lado izquierdo de la figura 4.1 esto se activa al seleccionar el tipo de máquina (más adelante se explicara con más detalle).

4.2 CONFIGURACIÓN

Para comenzar con la interfaz, primero se definirán las unidades en las cuales se va a trabajar, para ello puede notarse que en la parte inferior del área de trabajo se encuentran indicadas las unidades por defecto que es en milímetros (figura 4.2). Para cambiar las unidades se dirige a la parte superior, se da clic en el apartado de **MODOS** y luego en **Configuración** (figura 4.3).

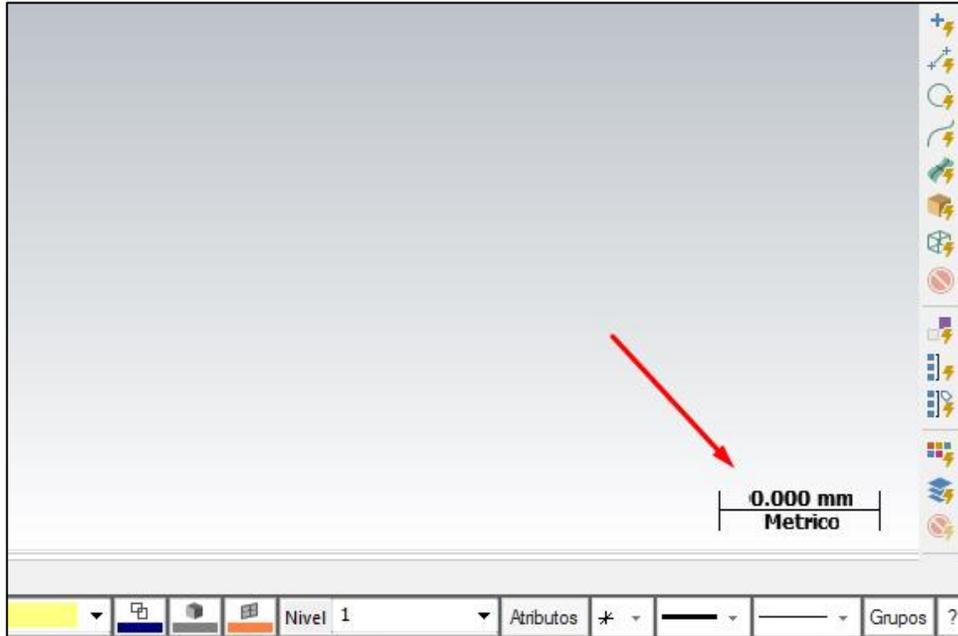


Figura 4.2 Unidades de trabajo.

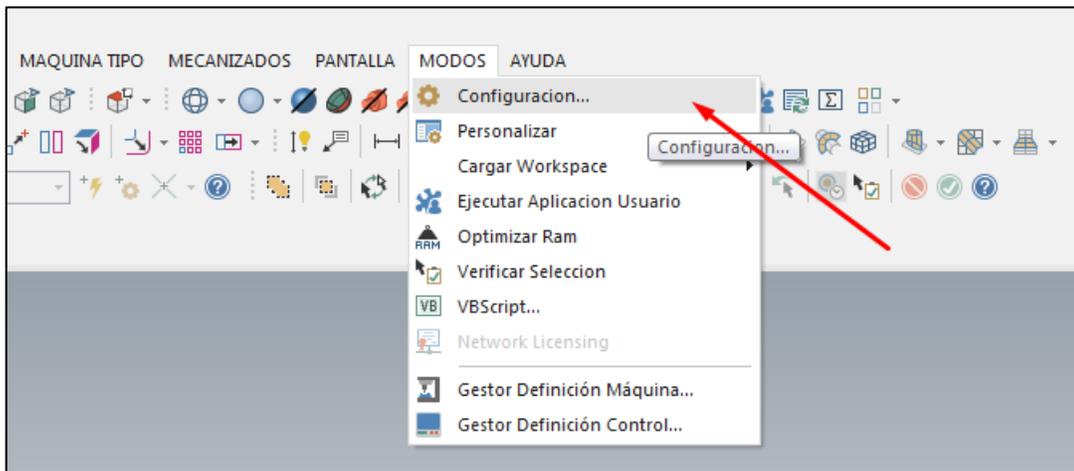


Figura 4.3 Menú configuración.

Ahora aparece la ventana de configuración, se selecciona **analiza** y dentro de este apartado se despliega el menú de **unidades para analizar**, se selecciona **pulgadas**, se despliega el menú de **actual**, se selecciona **<Ingles>** y se da en **OK** que es la **palomita verde** (figura 4.4).

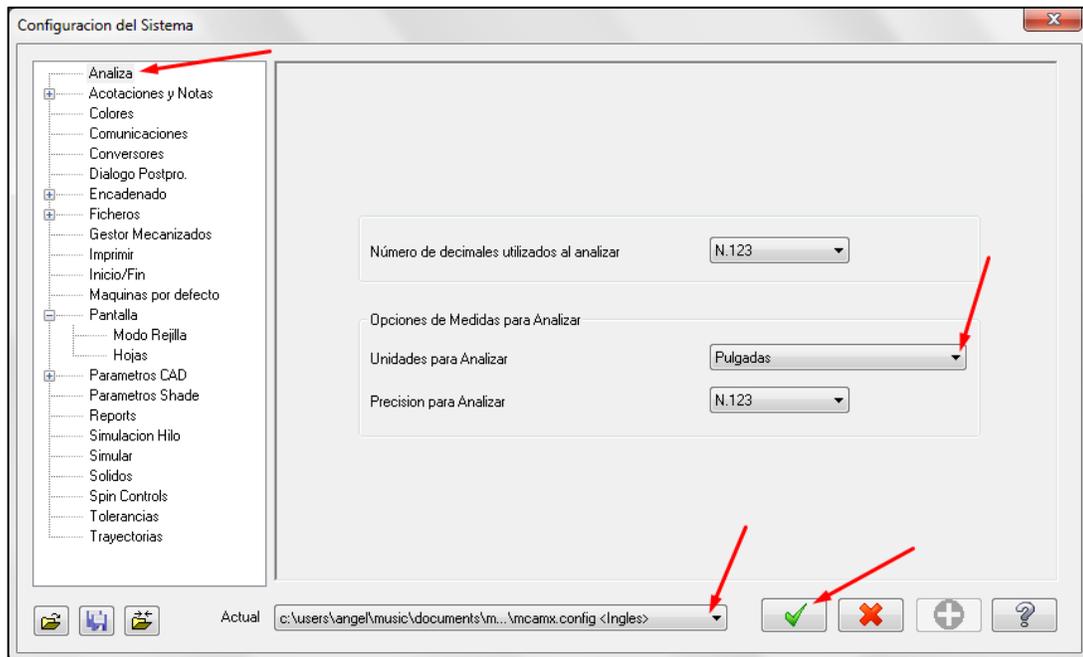


Figura 4.4 Analiza.

Al cambiar las unidades se puede ver que en el área de trabajo el sistema de unidades cambio y también aparece una rejilla que indica el origen o punto medio de las coordenadas (figura 4.5).

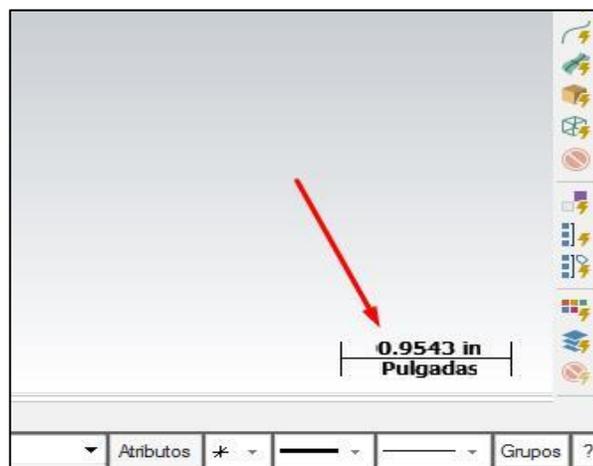


Figura 4.5 Unidades en Pulgadas.

4.3 IMPORTAR ARCHIVO

Para importar una pieza modelada de otro programa se dirige a la parte superior izquierda y se despliega el menú del apartado de **FICHERO** y se selecciona la opción de **abrir** (figura 4.6).

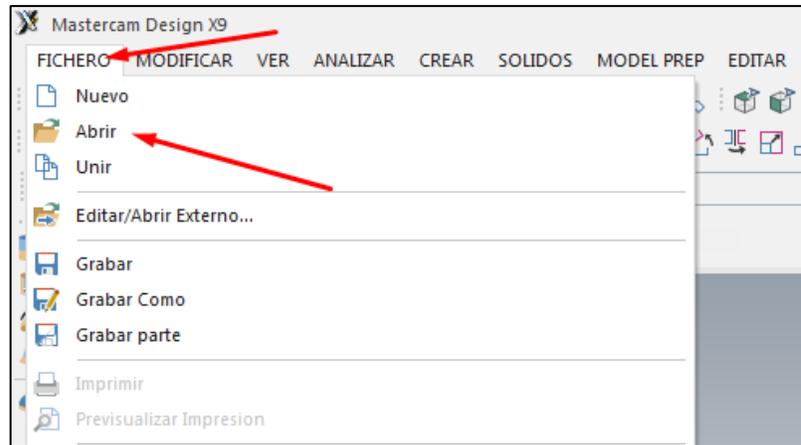


Figura 4.6 Menú fichero.

Se abrirá una ventana en la que se tiene que ubicar el archivo de solidworks que se realizó con anterioridad, pero para que pueda ser reconocido por el programa se despliega el menú de **opciones de tipo de archivos** (figura 4.7).

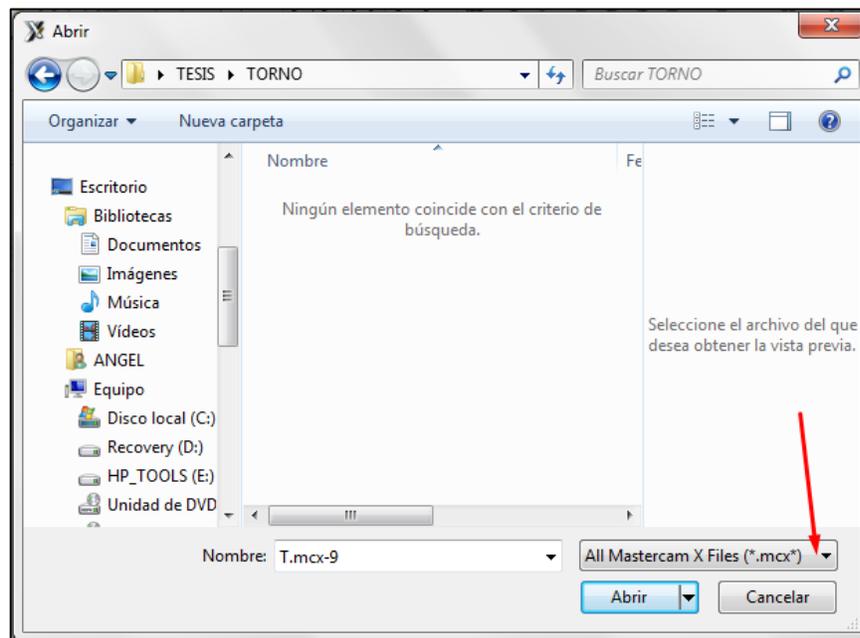


Figura 4.7 Ventana abrir.

Se desplegara una lista con diversos tipos de extensiones de archivos, se selecciona **SOLIDWORKS Files (*.sldprt,*.sldasm)** (figura 4.8), con esto ya aparece el archivo de solidworks, se selecciona y se da clic en **Opciones** (figura 4.9).

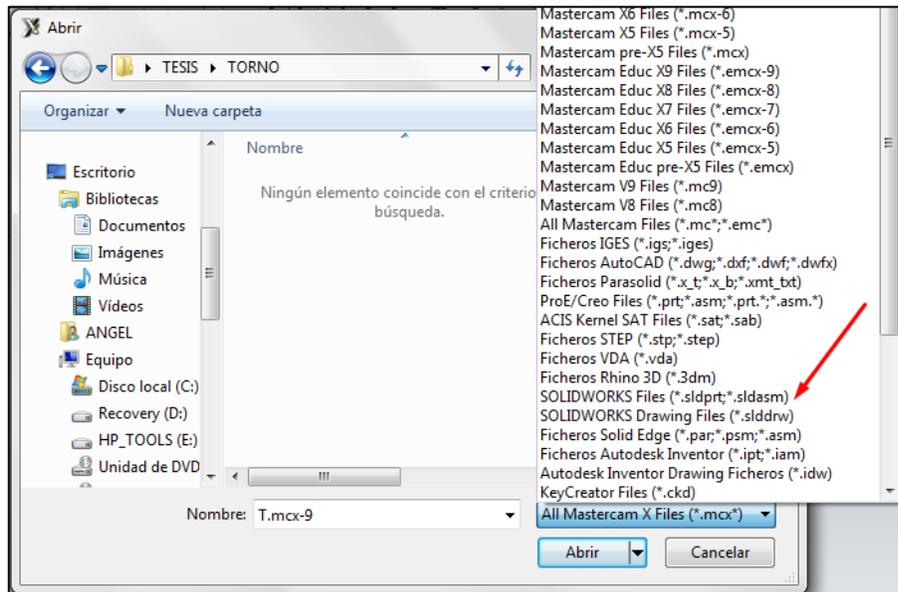


Figura 4.8 Extensión sldprt.

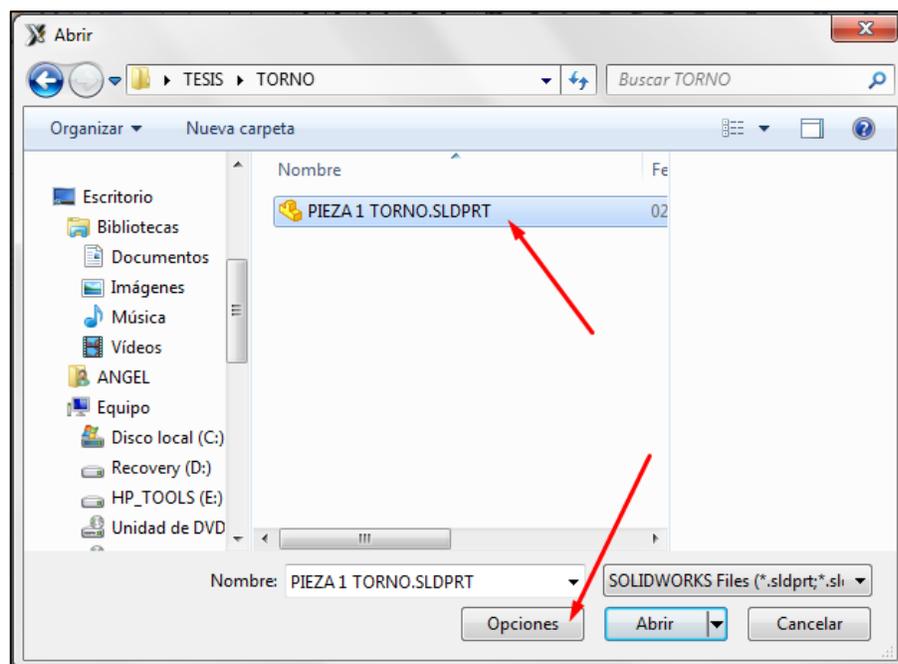


Figura 4.9 Archivo sldprt.

Se abrirá la ventana de opciones de **SOLIDWORKS File Parameters**, se marca la opción de **curvas límite** y se da clic en **OK** (figura 4.10), por último, se da clic en **abrir** (figura 4.11).

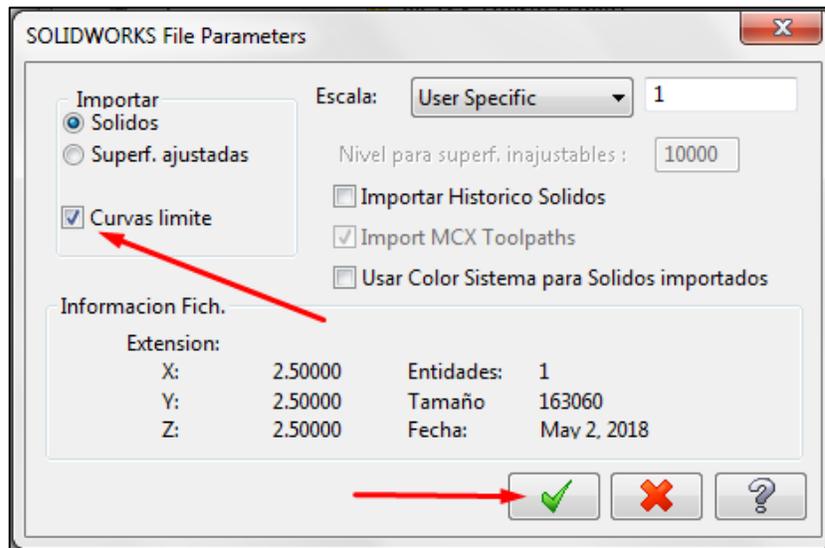


Figura 4.10 Curvas límite.

****NOTA:** La opción de curvas límite permite que el programa reconozca todas las entidades del archivo importado como si se hubiesen realizado en este programa.

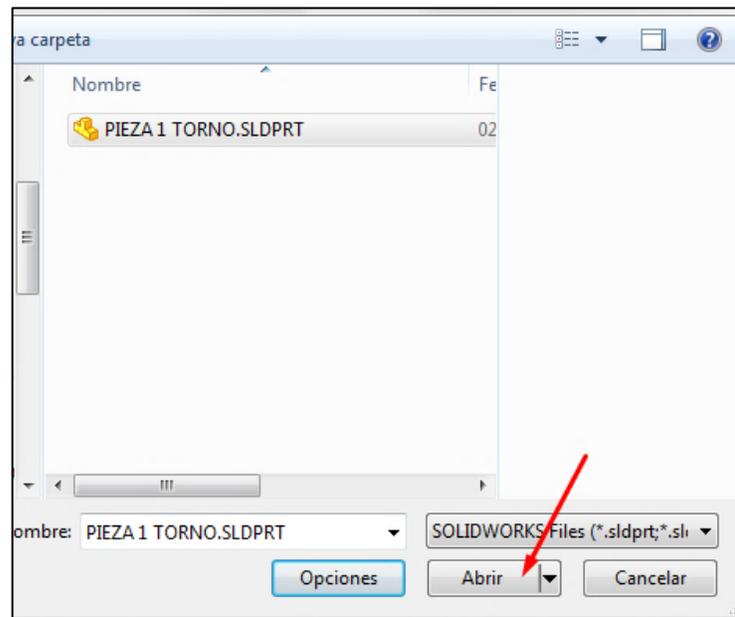


Figura 4.11 Abrir.

En la figura 4.12 se observa la pieza importada en el área de trabajo.

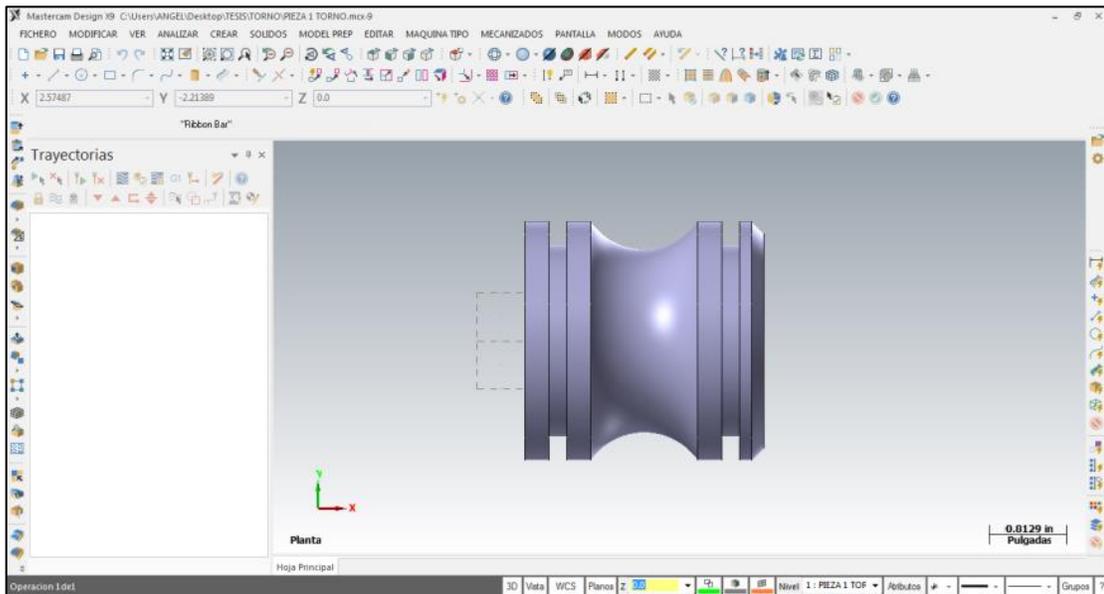


Figura 4.12 Pieza importada.

4.4 SELECCIÓN DE MÁQUINA

Para iniciar con el mecanizado se tiene que definir el tipo de máquina que se va a utilizar que en este caso por el tipo de pieza se utilizara un torno, para ello se dirige al menú de **MÁQUINA TIPO**, se elige **Torno** y a continuación se selecciona **Defecto** (figura 4.13).

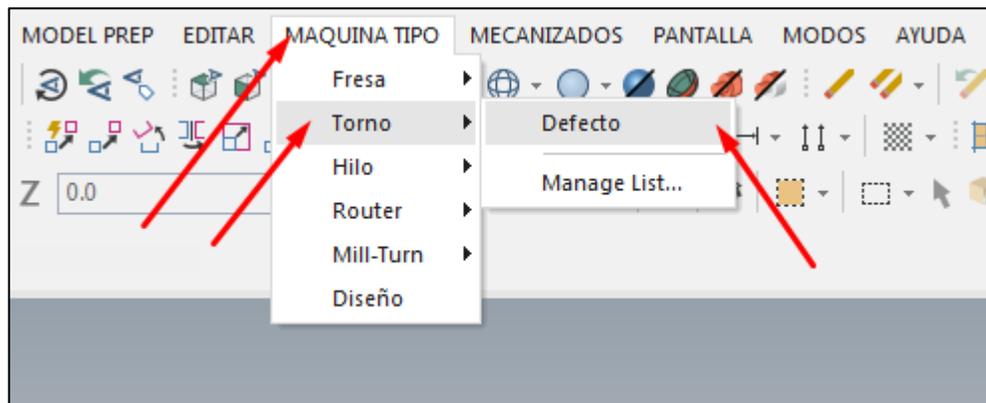


Figura 4.13 Máquina tipo.

Al seleccionar el tipo de máquina aparece el **Machine Group** del apartado de **Trayectorias** que se encuentra del lado izquierdo de la pantalla principal (figura 4.14).

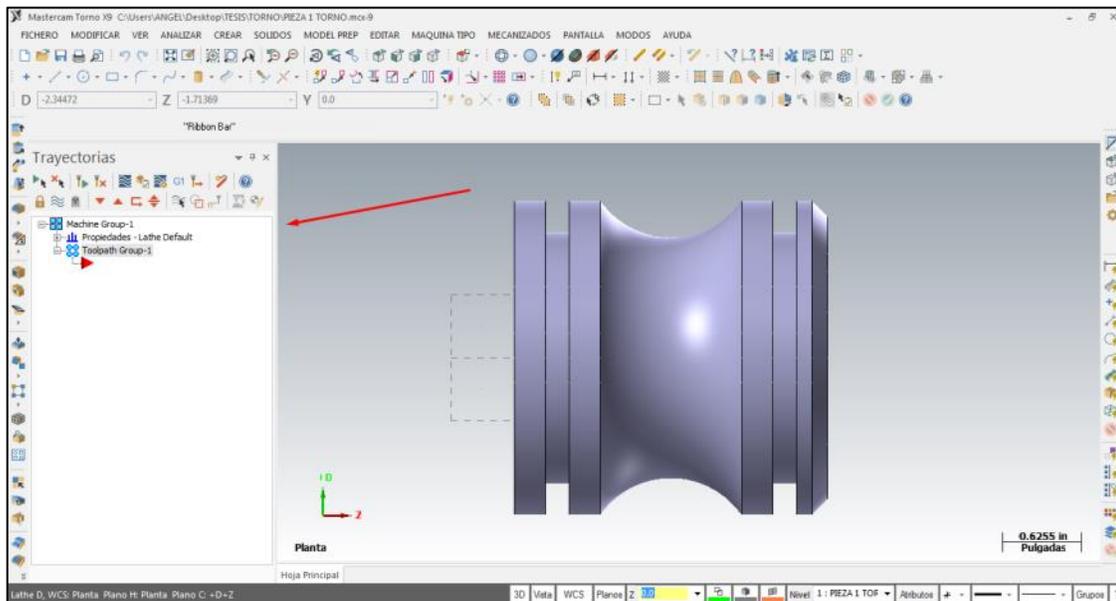


Figura 4.14 Apartado Trayectorias.

Para visualizar u ocultar este apartado se despliega el menú **VER** y se selecciona **Conmutar gestor de operaciones** (figura 4.15)

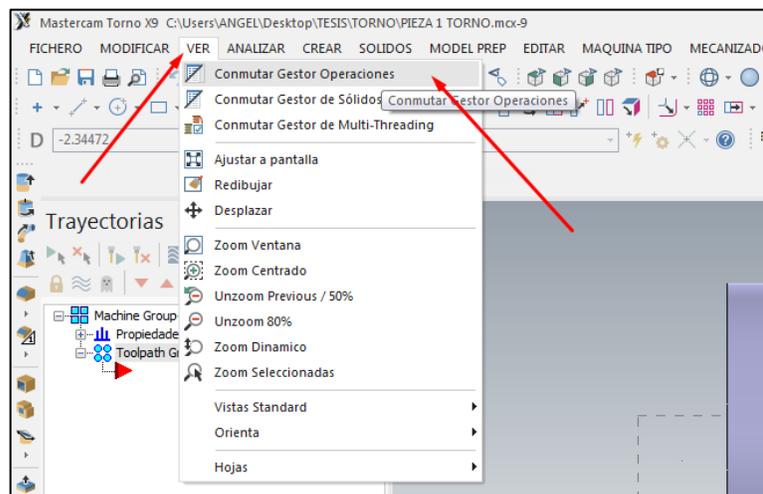


Figura 4.15 Menú VER.

Ahora se define el origen de las coordenadas que será el punto de origen del programa de mecanizado o cero pieza, para ello se dirige al menú **WCS** que está en la parte inferior del área de trabajo, y a continuación se selecciona la opción de **Gestor de planos** (figura 4.16).

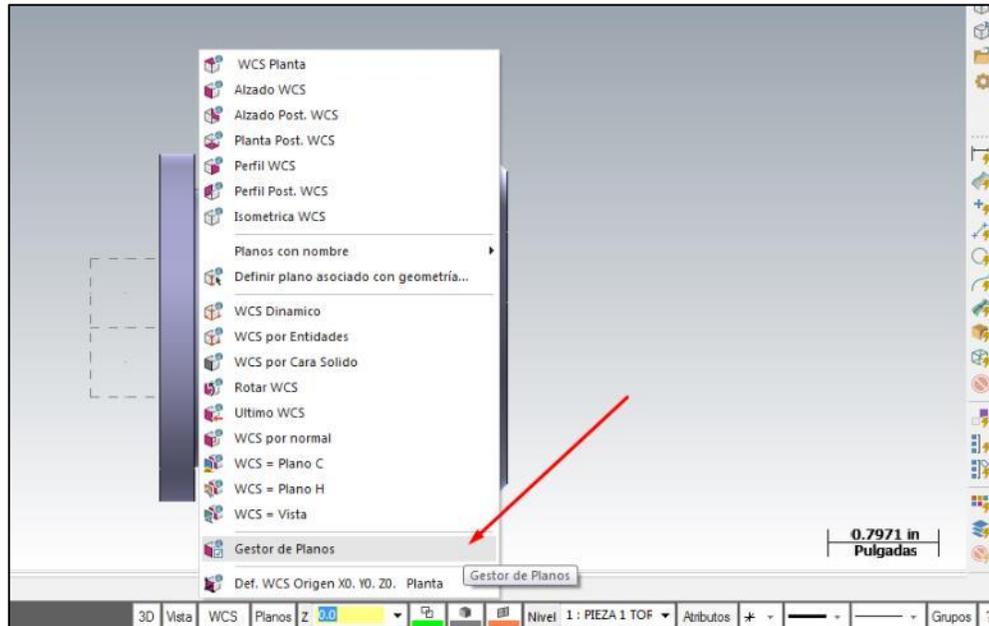


Figura 4.16 WCS.

Se abrirá el apartado de **plano gestor**, en este apartado se selecciona la opción de **Planta** y a continuación se selecciona la opción de **copiar**, se creará otra opción del **plano planta**, ahora se introducen los valores en **X** de **2.5**, se selecciona = y se da clic en **OK** (figura 4.17)

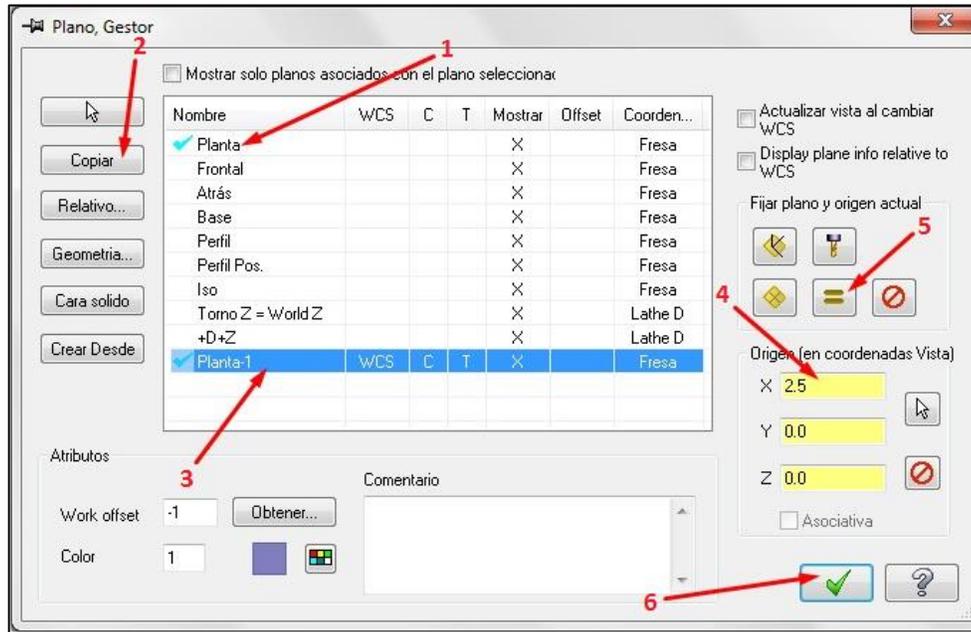


Figura 4.17 Plano gestor.

Con esta acción se posiciono el origen de coordenadas al final y al centro de la pieza (figura 4.18).

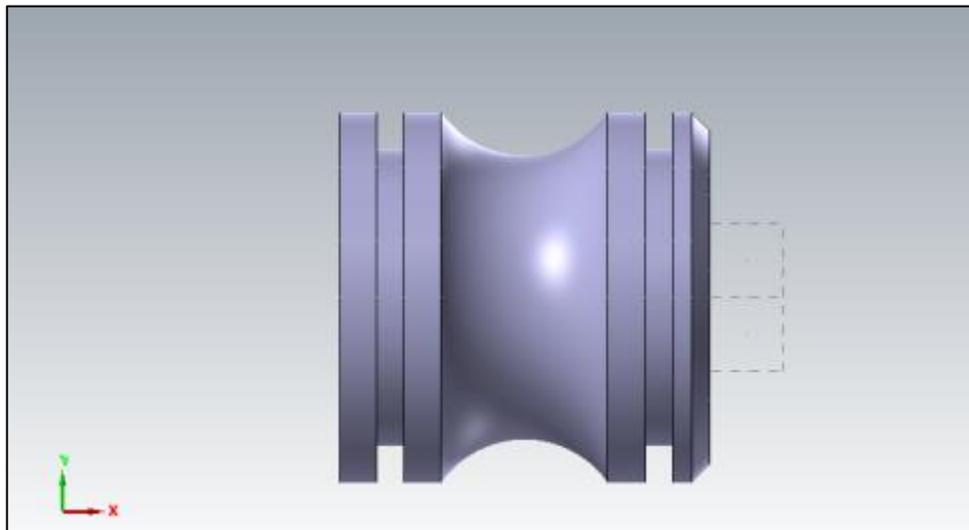


Figura 4.18 Origen de coordenadas.

Si se quiere visualizar la pieza desde una perspectiva isométrica se da clic derecho sobre el espacio de trabajo vacío y se selecciona la opción de **Isométrica** (figura 4.19), para regresar a

la vista en la que se estaba trabajando se tiene que seleccionar la vista de **Planta** y para ajustar la pieza al tamaño de la pantalla se selecciona la opción de **Ajustar a pantalla**.

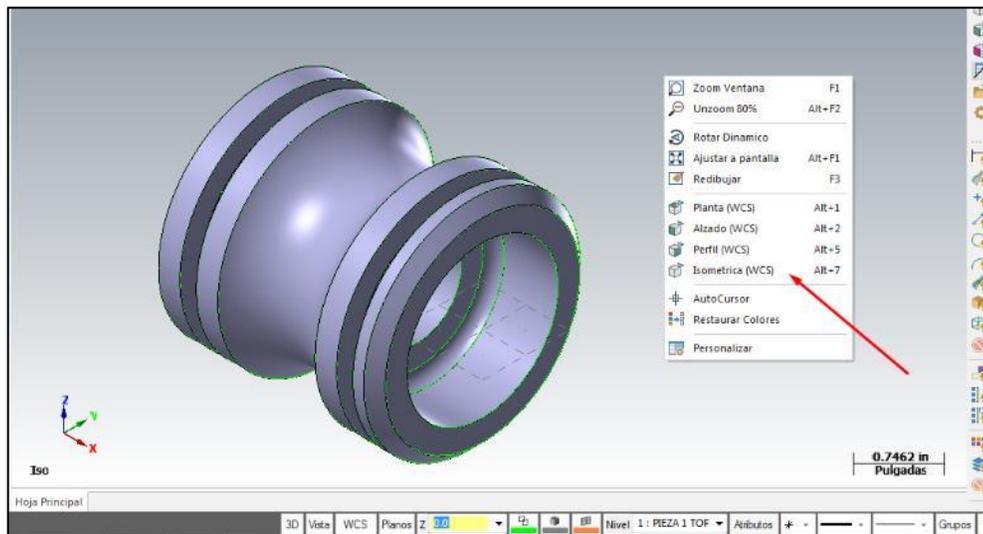


Figura 4.19 Vista Isométrica.

4.5 STOCK

Ahora se va a definir el material o stock, para ello se dirige al apartado de **Trayectorias** y se selecciona la opción **Inicializar Stock** (figura 4.20).

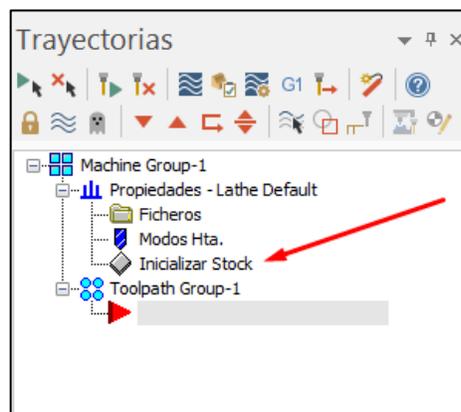


Figura 4.20. Inicializar Stock.

Se abrirá el apartado de **Propiedades del Grupo de Maquinas**, en **Inicializar stock** se abre la opción de **Stock Plane** (figura 4.21), se marca el plano de **Planta-1** y se da clic en **OK** (figura 4.22), ahora se selecciona **Cabezal izquierdo** y se da clic en **propiedades** (figura 4.23).

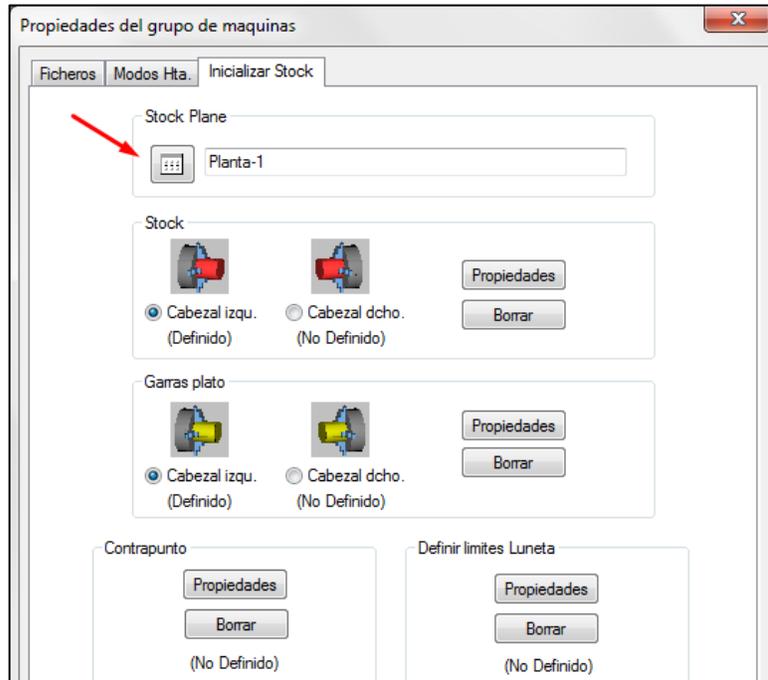


Figura 4.21 Stock Plane.

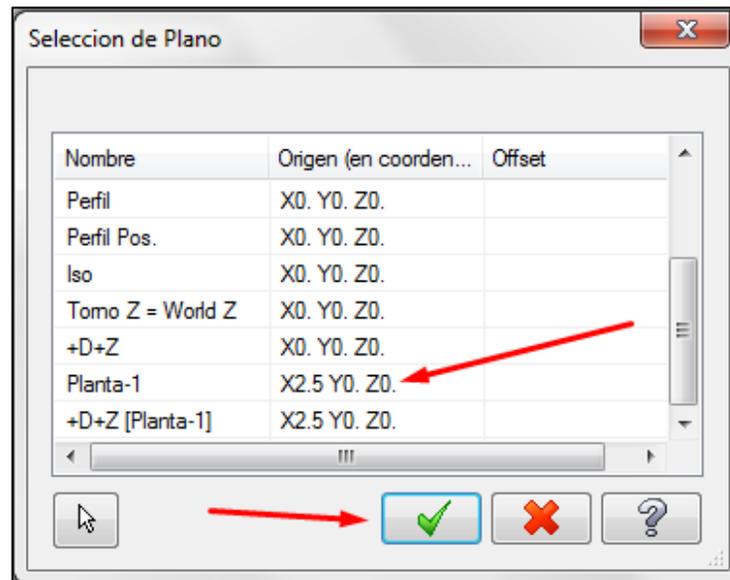


Figura 4.22 Selección de plano.

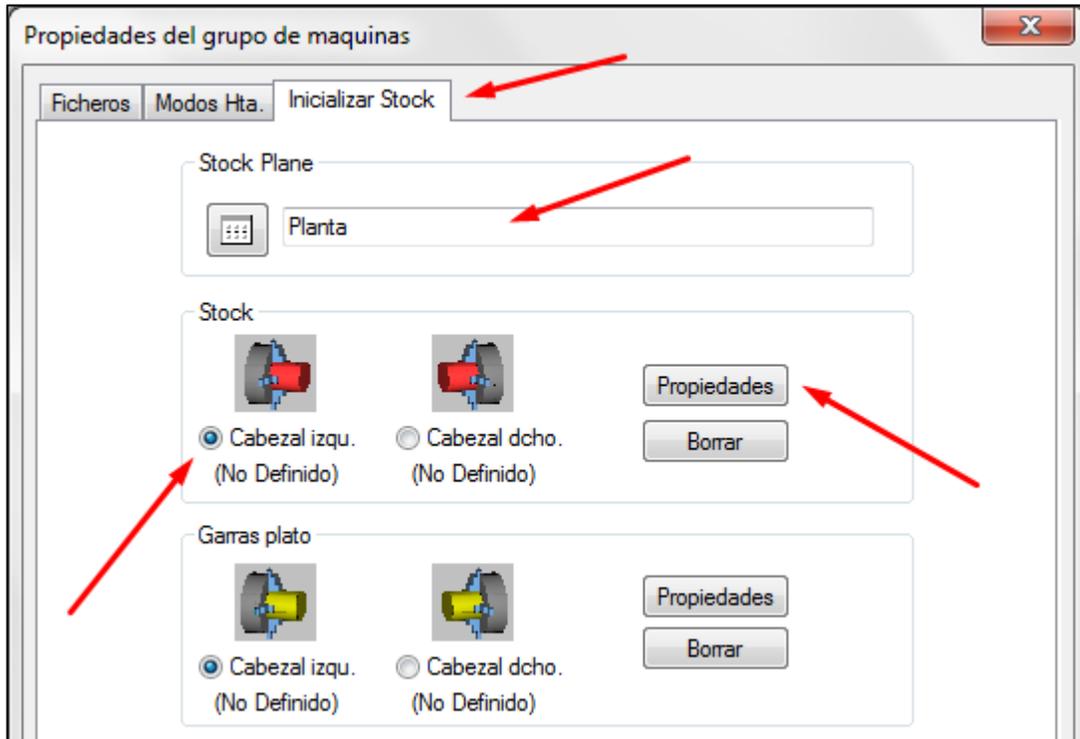


Figura 4.23 Cabezal Izquierdo.

Se marca la opción de **cilindro** del menú de **Geometría**, se selecciona la opción de **-Z** en el menú de **Ejes**, se marca la opción de **Usar márgenes**, se introducen todos los valores que se muestran en la figura 4.24 y se da clic en **OK**.

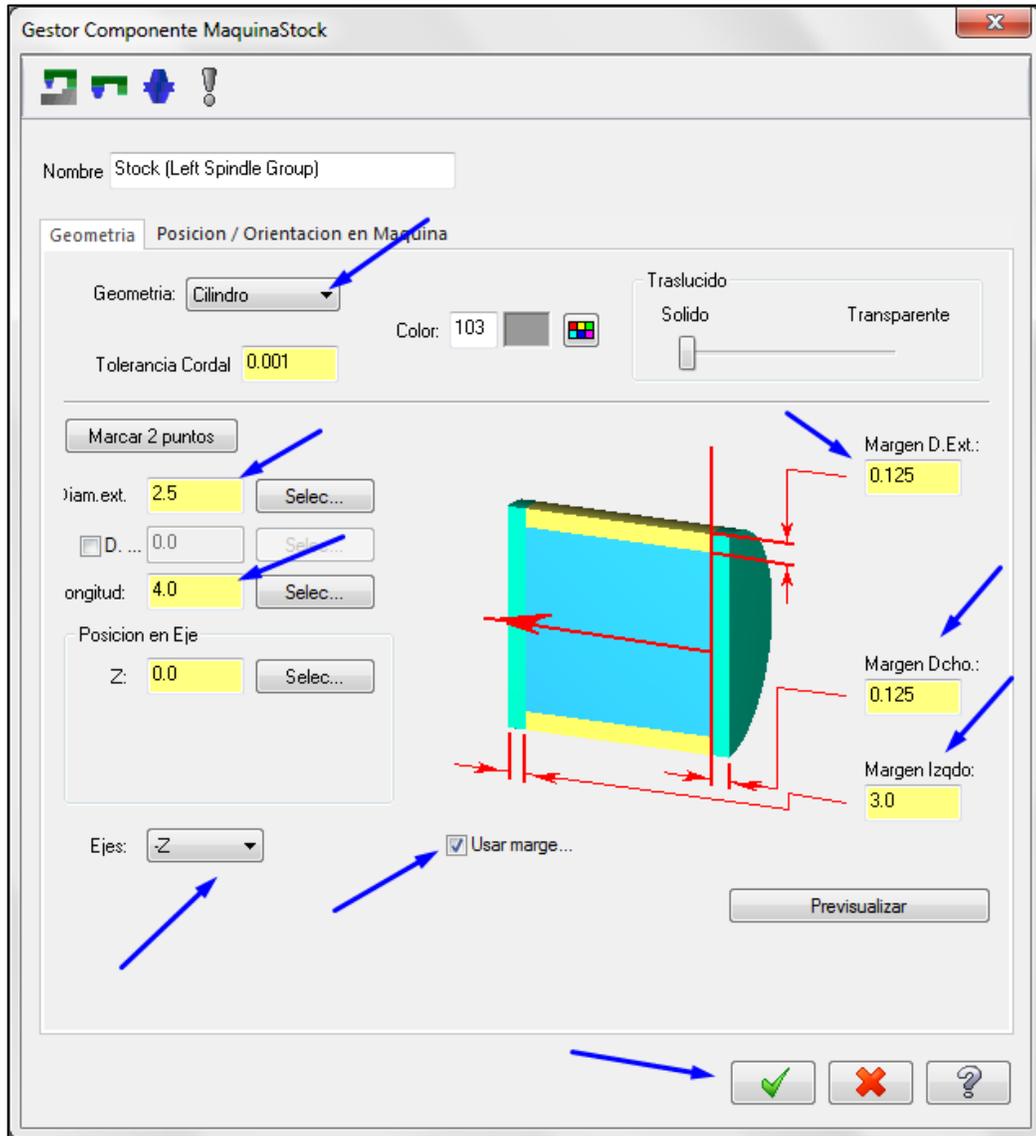


Figura 4.24 Propiedades Stock.

Posteriormente se tienen que definir los parámetros de las **Garras del plato** para ello se selecciona la opción de **Cabezal izquierdo**, se marca la opción de **ajustar pantalla a límites** y se da clic en **propiedades** (figura 4.25).

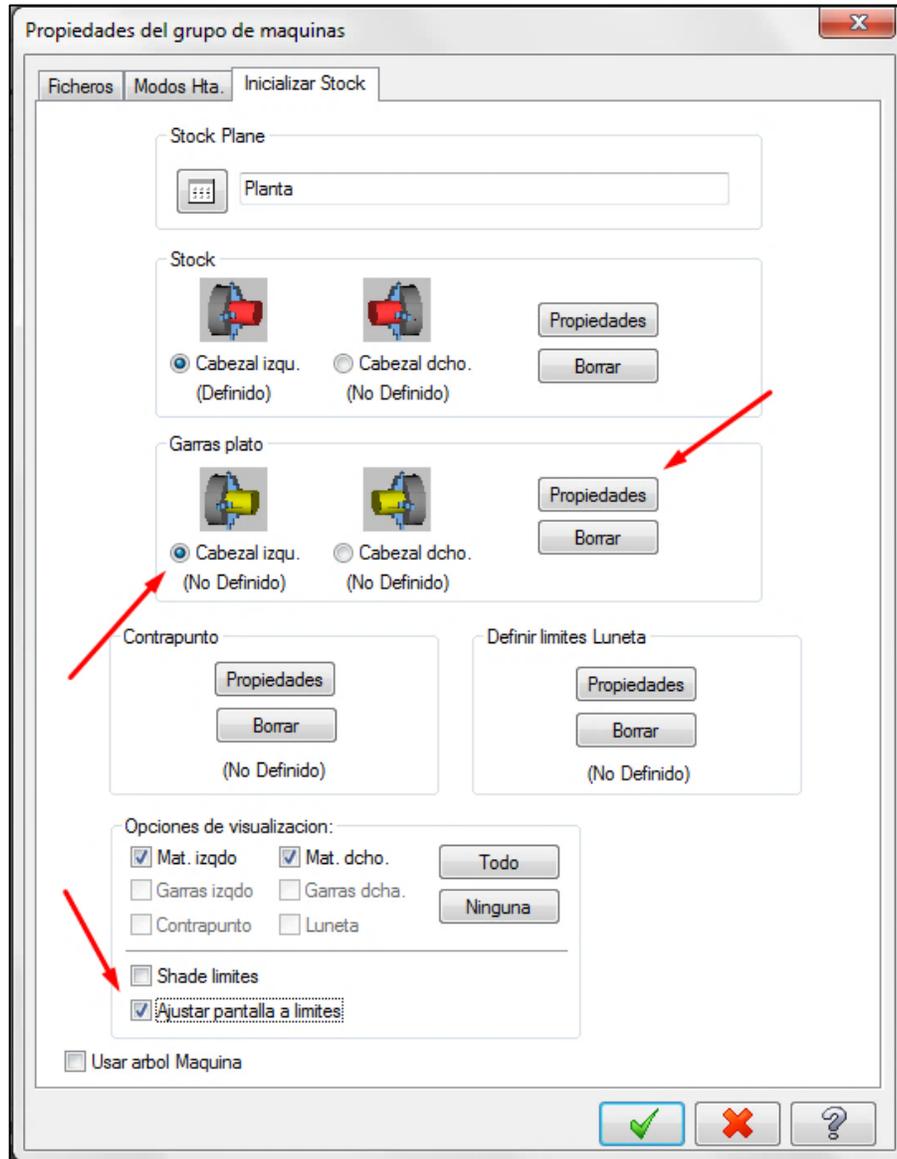


Figura 4.25 Garras plato.

Dentro del apartado del **Gestor de Garras plato** se selecciona la primera opción de **métodos de cierre** elegimos **Ext #1**, en **posición** se marca la opción **De material** y **Amarre en dim. máximo**, en **longitud agarre** se introduce un valor de **3** y se da clic en **OK** (figura 4.26).

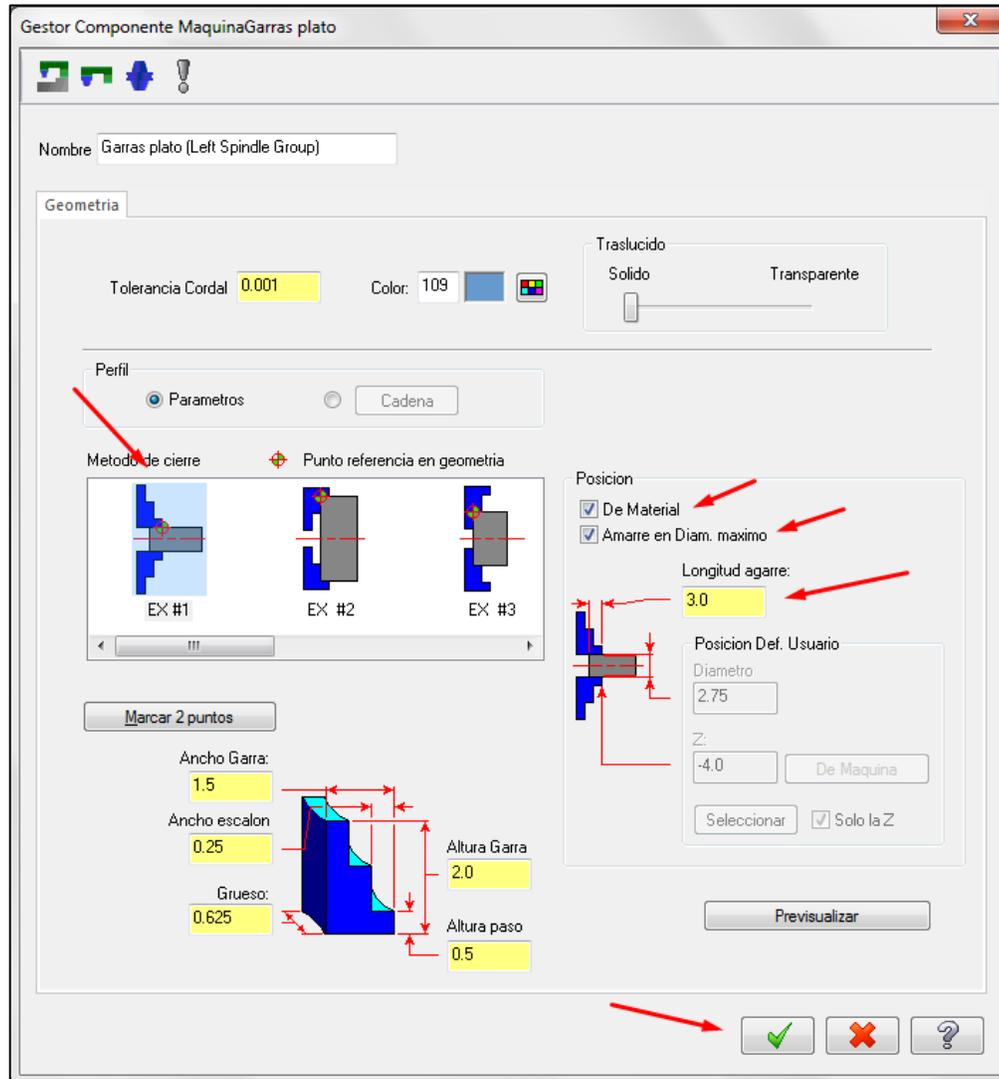


Figura 4.26 Propiedades Garra Plato.

Ahora se van a definir los parámetros de modos de herramienta, para ello se dirige al apartado de **Modos Hta.** y en **programa** se introduce el valor de **1** que es número del programa y en **Configuración del mecanizado** se marca las opciones de **Asignar num. hta. secuencialmente** y **Avisar si hay nums. hta. duplicados**, en **número de bloque** se introduce un valor de **10** en **Inicio** y **10** en **Incremento** y se da clic en **Select** (figura 4.27).

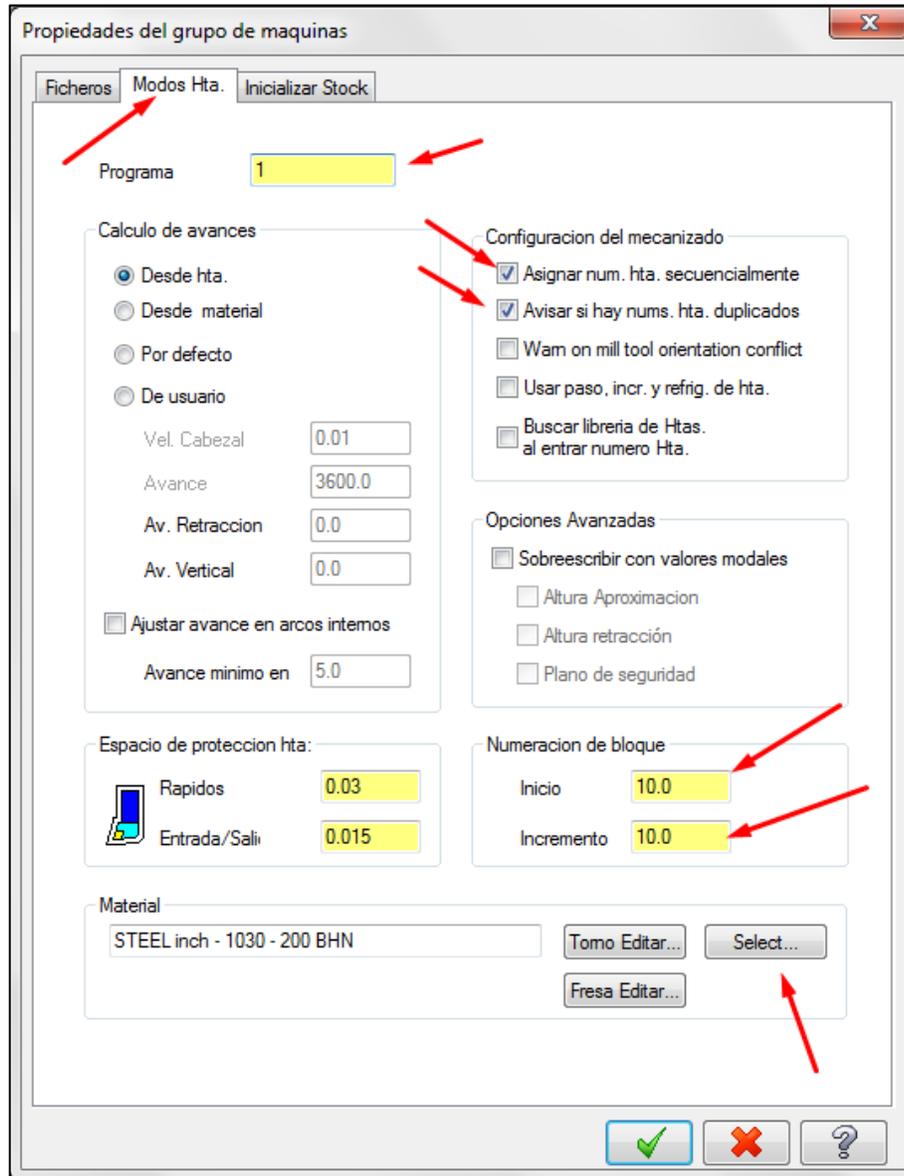


Figura 4.27 Modos Herramienta.

En esta ventana se define el tipo de material, se marca la opción de **Pulgadas**, se despliega el menú de origen y se selecciona **Torno-librería**, al hacerlo se va a desplegar un lista de materiales, se selecciona **ALUMINIUM inch – 6061** y se da clic en **OK** (figura 4.28) y para terminar en la ventana de **Propiedades del grupo de máquinas** se da clic en **OK**.

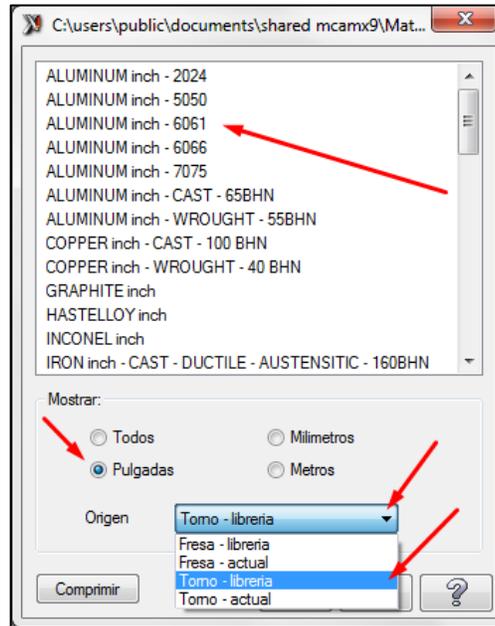


Figura 4.28 Selección de material.

****NOTA:** Al definir todos estos parámetros del apartado Propiedades del grupo de máquinas el programa automáticamente calcula las condiciones de corte y las posibles colisiones que se pudiesen presentar en el maquinado.

Cuando se sale de la pantalla de propiedades del grupo de máquinas, se observan los cambios como líneas punteadas alrededor de la pieza que reflejan el material y las mordazas (figura 4.29).

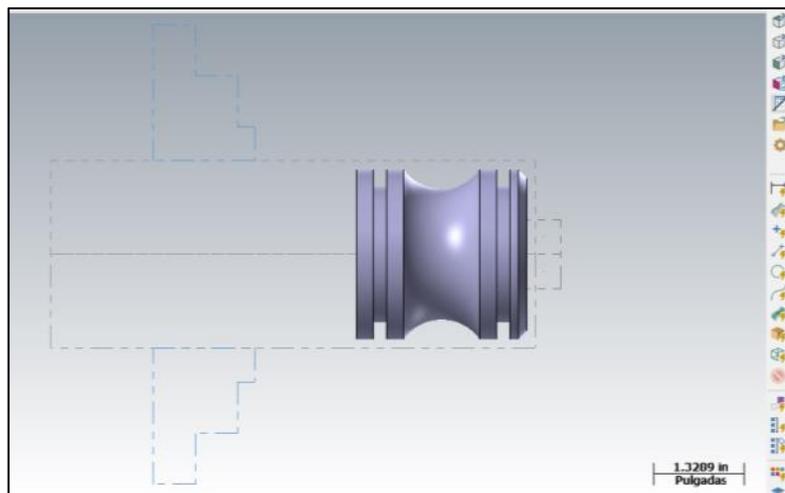


Figura 4.29 Stock y Mordazas.

4.6 REFRENTADO

Se va a realizar la primera operación que es refrentado, para llevarla a cabo se dirige al menú de **MECANIZADOS** y se selecciona **Refrentado Torno** (figura 4.30).

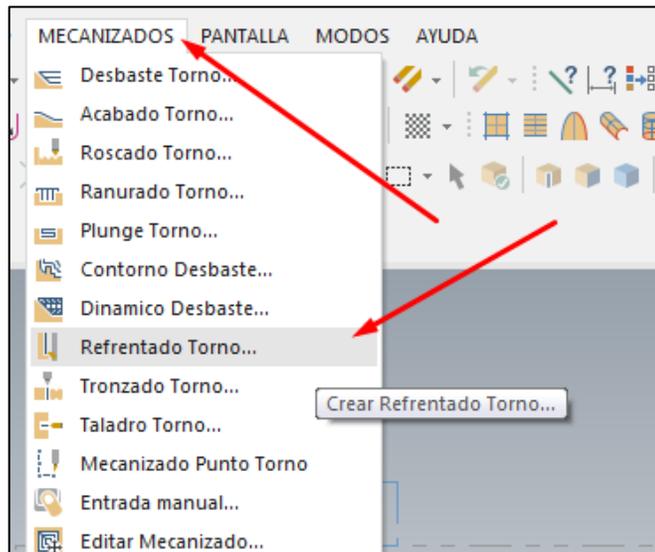


Figura 4.30 Refrentado Torno.

Se abre una pequeña ventana para editar el nombre del programa, se deja tal como está y se da clic en **OK** (figura 4.31).



Figura 4.31 Nuevo nombre NC.

Se abrirá la ventana de **parámetros de las herramientas de refrentado**, en esta ventana se selecciona la herramienta **R0.0313 OD ROUGH RIGHT – 80 DEG**, y se cambia **Max. RPM cabezal** a **5000** y se dirige a la opción **Coolant** (figura 4.32).

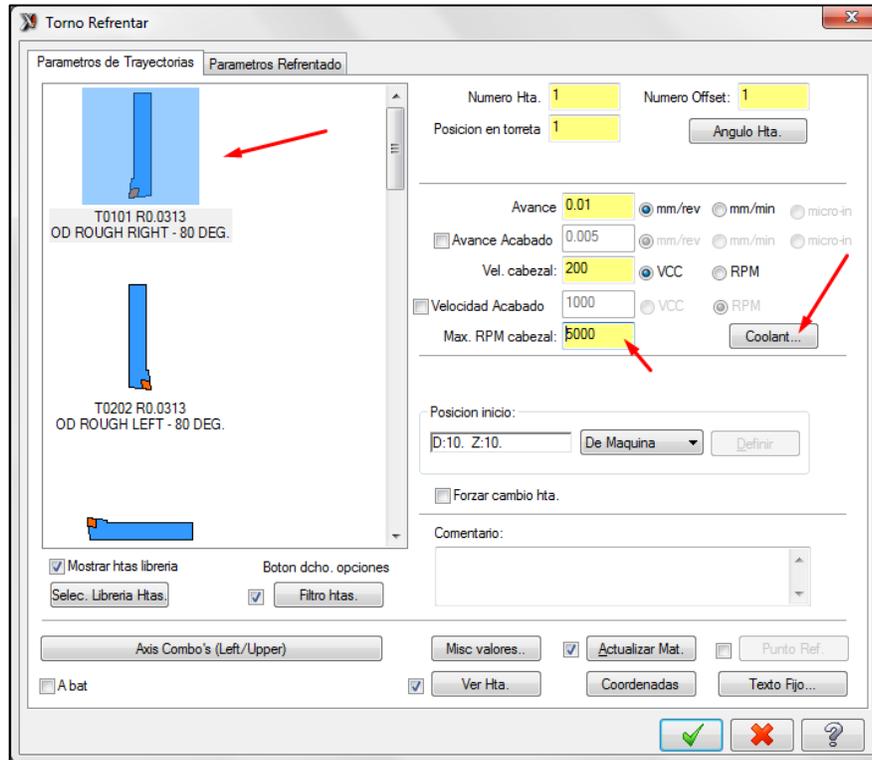


Figura 4.32 *Parámetros de Herramienta.*

Se abre una ventana para activar el refrigerante y en la opción de **Flood** se cambia a **On** y se da clic en **OK** (figura 4.33).

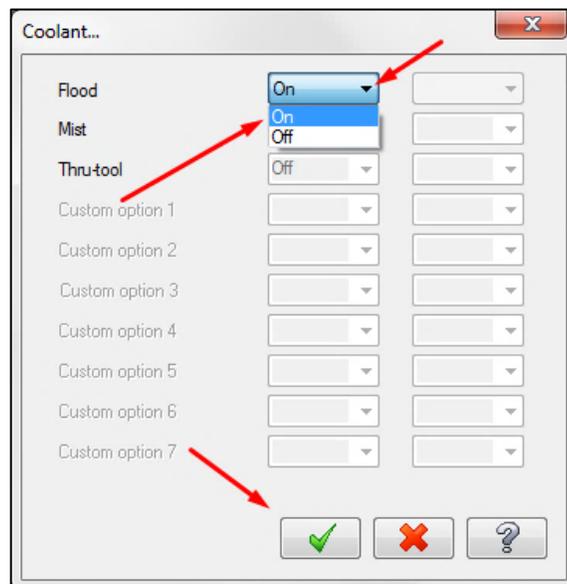


Figura 4.33 *Coolant.*

Ahora se dirige al apartado de **Parámetros Refrentado** y se introducen todos los valores que se indican en la figura 4.34 y se da clic en **OK**.

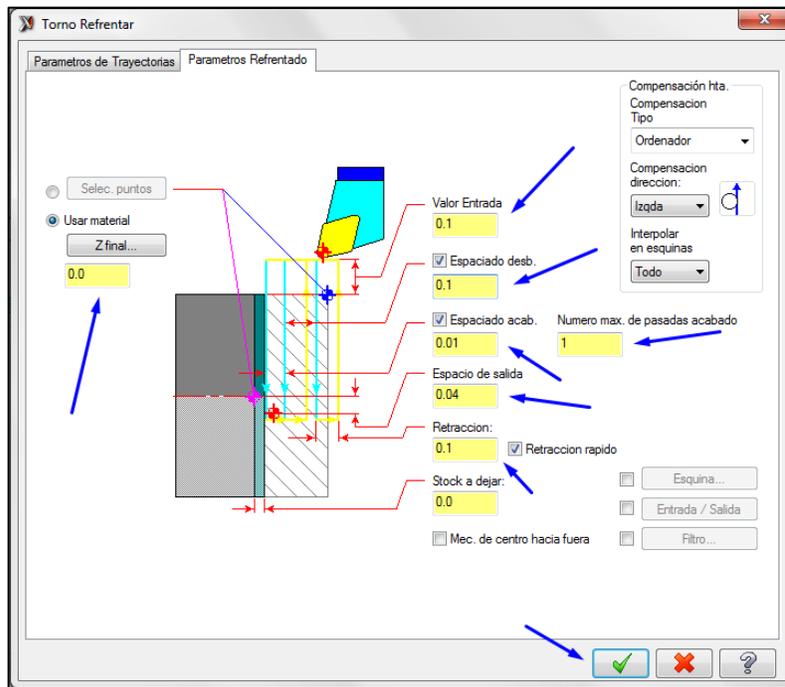


Figura 4.34 Parámetros Refrentado.

Se observa que se crearon las trayectorias del refrentado y está representado por las líneas de color azul y amarillo (figura 4.35).

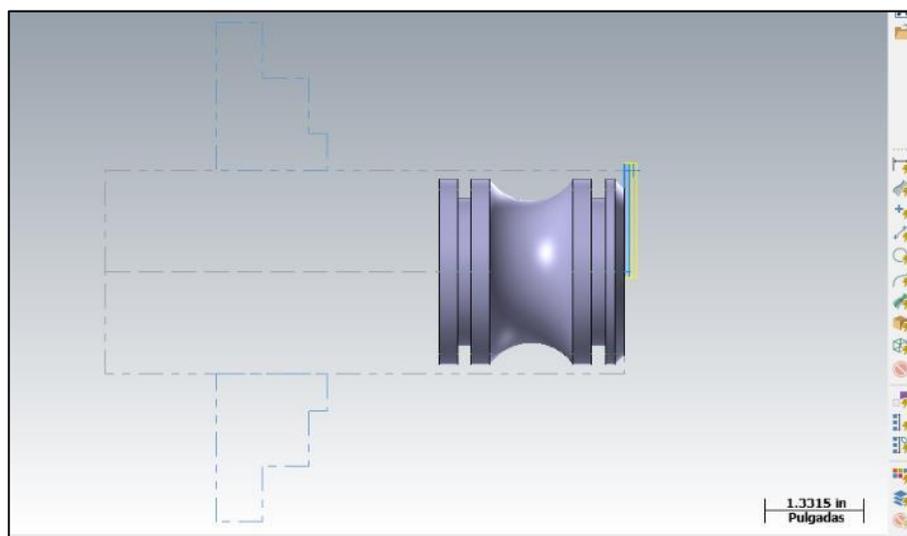


Figura 4.35 Trayectorias del refrentado.

4.7 DESBASTE

Para realizar esta operación se dirige al menú de **MECANIZADOS** y se elige la opción de **Desbaste Torno** (figura 4.36).

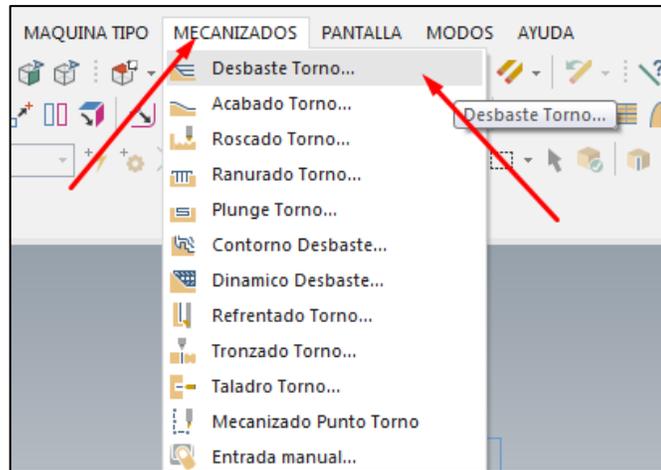


Figura 4.36 Desbaste.

Se abrirá la ventana de **Encadenado**, se elige la opción de **SÓLIDO**, y a continuación se marca el inicio de la trayectoria en el chaflán de la pieza y el final de la misma como se muestra en la figura 4.37 indicadas con líneas negras y se da clic en **OK**.

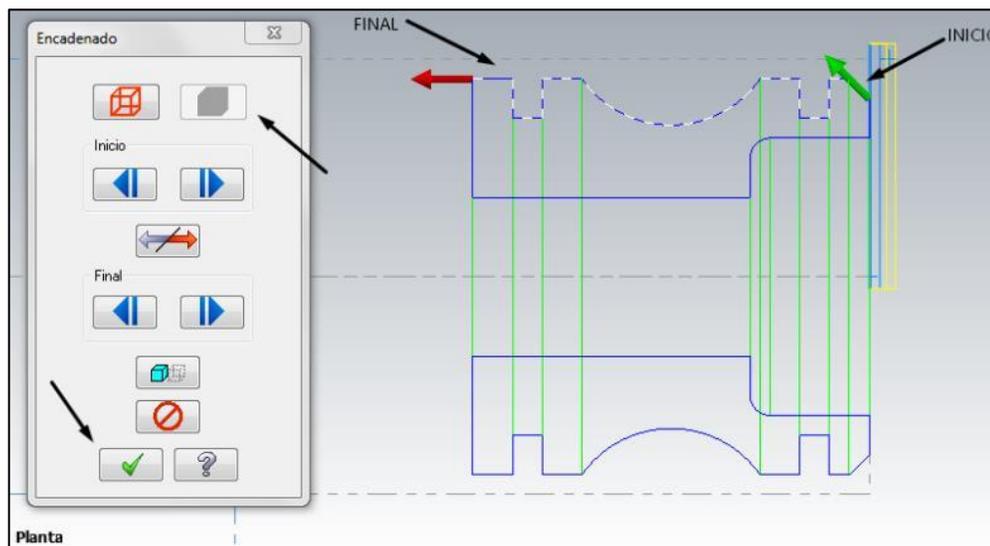


Figura 4.37 Encadenado.

****NOTA:** La posición de las flechas deben de estar en el mismo sentido.

Se abrirá la ventana de parámetros de trayectorias y desbaste, en **Parámetros de Trayectorias** se elige la herramienta **R0.0313 OD ROUGH RIGHT - 80 DEG**, y se cambian las **Max. RPM cabezal** a **5000** y se dirige a la opción **Coolant** (figura 4.38).

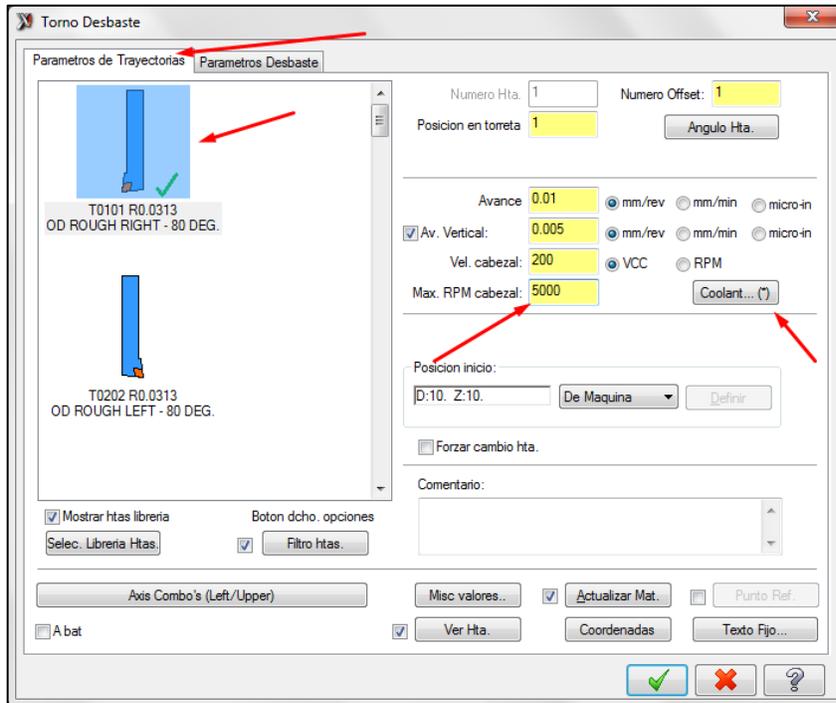


Figura 4.38 *Parámetros de Trayectorias.*

En la ventana de **Coolant** el refrigerante se activa cambiando a **On** en la opción de **Flood** y se da clic en **OK** (figura 4.39).

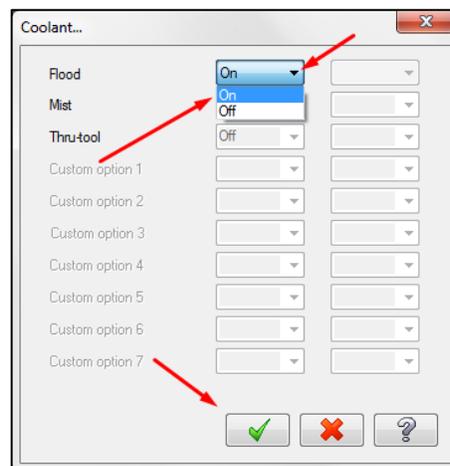


Figura 4.39 *Coolant.*

En parámetros de desbaste se introducen todos los valores indicados como se muestra en la figura 4.40 y se marca la opción de **Entrada/Salida**.

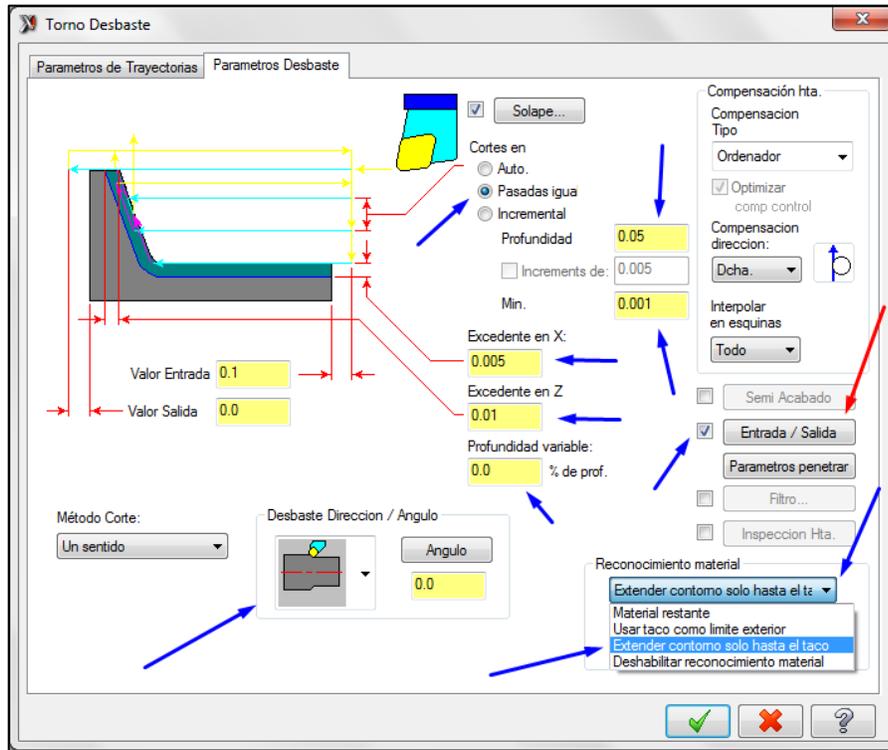


Figura 4.40 Parámetros de desbaste.

En la ventana de **Entrada /Salida** se dirige al apartado de **Salida**, se marca la opción de **Extender/acortar final contorno** y se introduce un valor de **0.1** en **Valor** (figura 4.41).

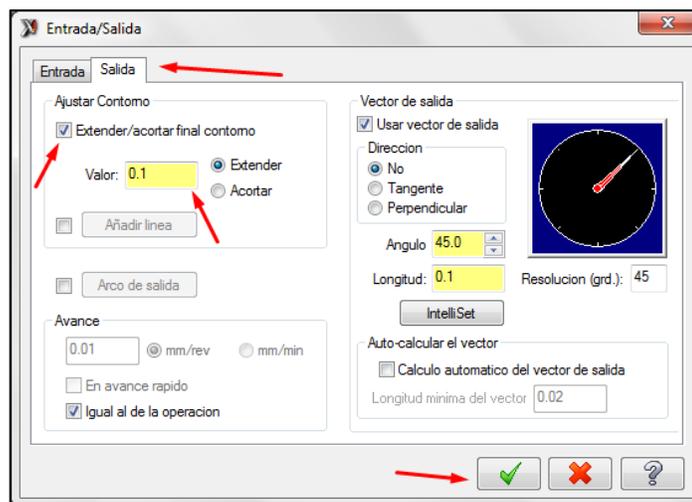


Figura 4.41 Salida.

Solo queda dar clic en **OK** y ahora se ven las trayectorias de desbaste en la pieza (figura 4.42).

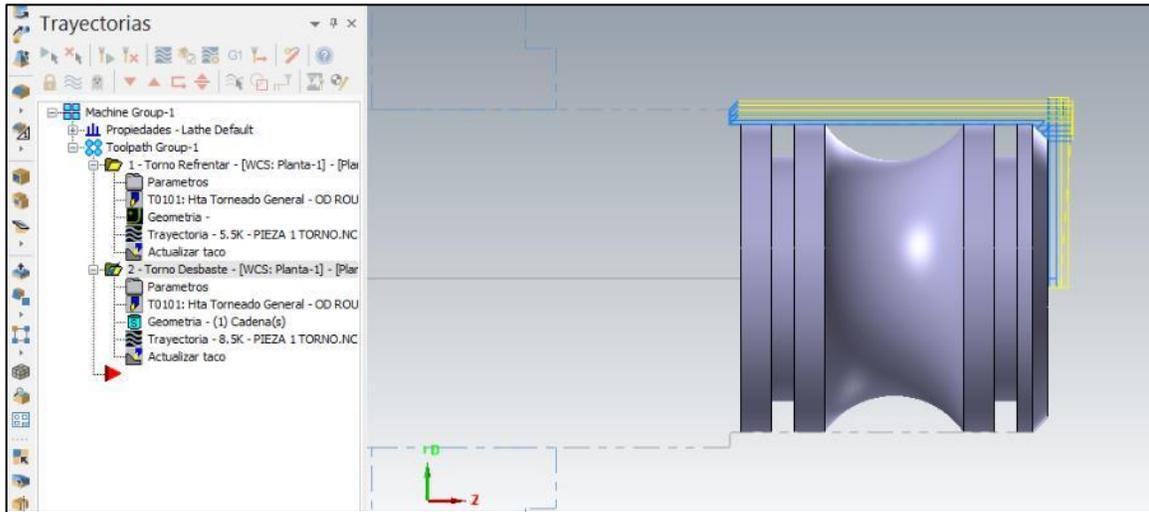


Figura 4.42 Trayectorias del desbaste.

4.8 ACABADO DESBASTE

En esta operación se va a realizar un acabado para ello se va al menú de **MECANIZADOS** y se selecciona **Acabado Rápido Torno** (figura 4.43).

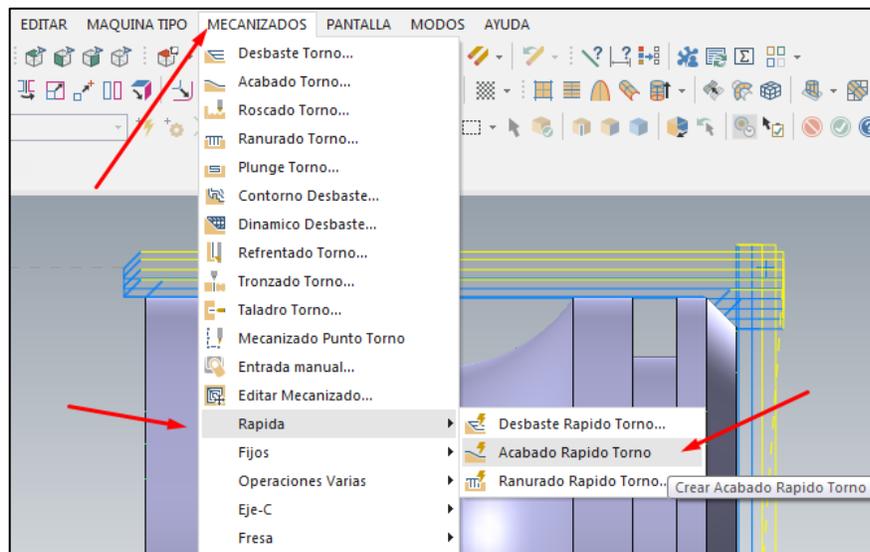


Figura 4.43 Acabado Rápido Torno.

Se abrirá la ventana de **parámetros de herramienta y acabado rápido**, en **parámetros de herramienta** se escoge la herramienta **R0.0156 OD FINISH RIGHT – 35 DEG** y se introducen todos los valores de la figura 4.44 y se da clic en la opción de **Coolant**.

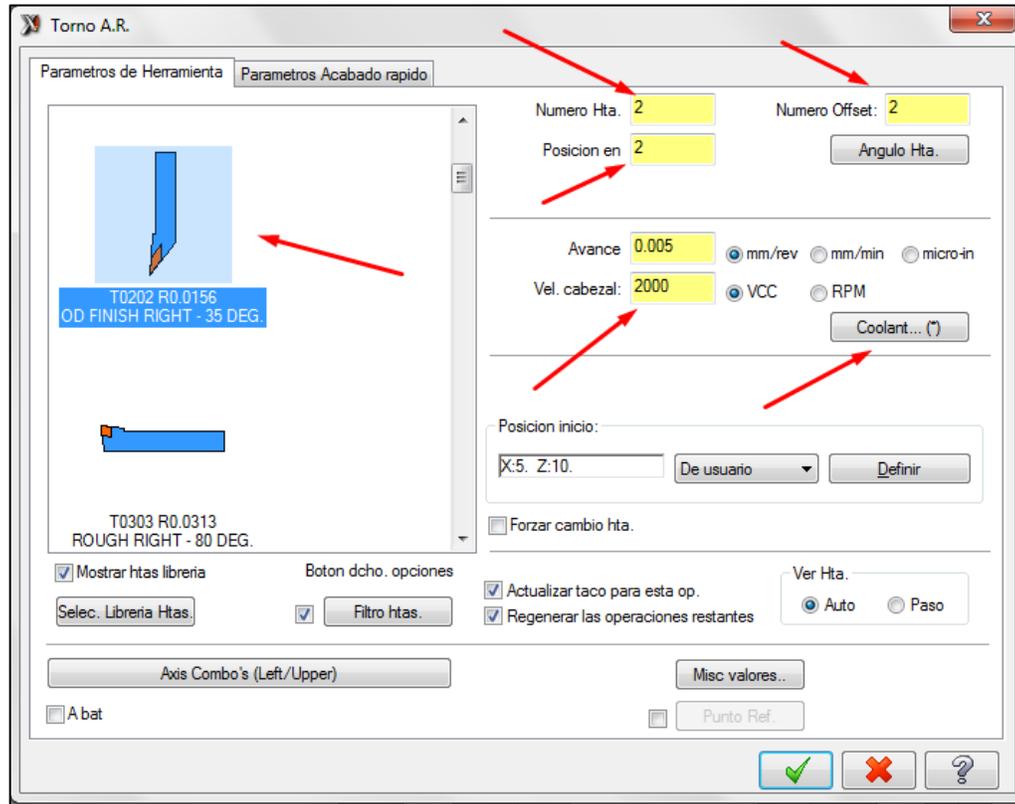


Figura 4.44 *Parámetros de Herramienta.*

En el apartado de **Coolant** que se abrió se despliega el menú de **Flood**, se cambia a **On** y se da clic en **OK** (figura 4.45).

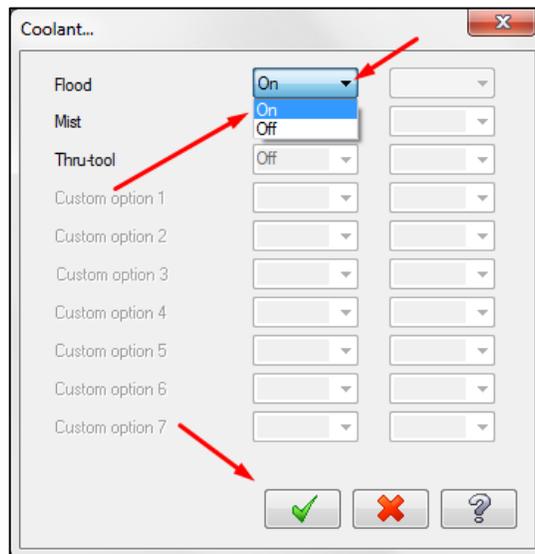


Figura 4.45 *Coolant.*

En parámetros de acabado se marca **Ajustar contorno a material** y se introduce un valor de **0.01** en **Espaciado acab**, en **Número pasadas acabado** se introduce **1** y por último en **dirección de acabado** se selecciona el que se muestra en la figura 4.46 y se da en clic en **OK**.

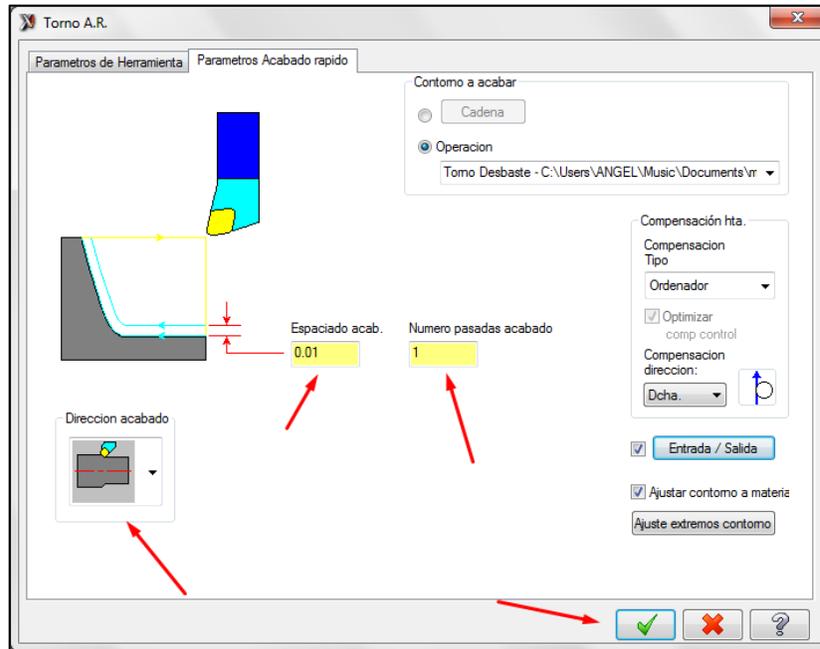


Figura 4.46 Parámetros acabado rápido.

Ahora se ve que ya se agregaron otras líneas de trayectorias de maquinado en la pieza (figura 4.47).

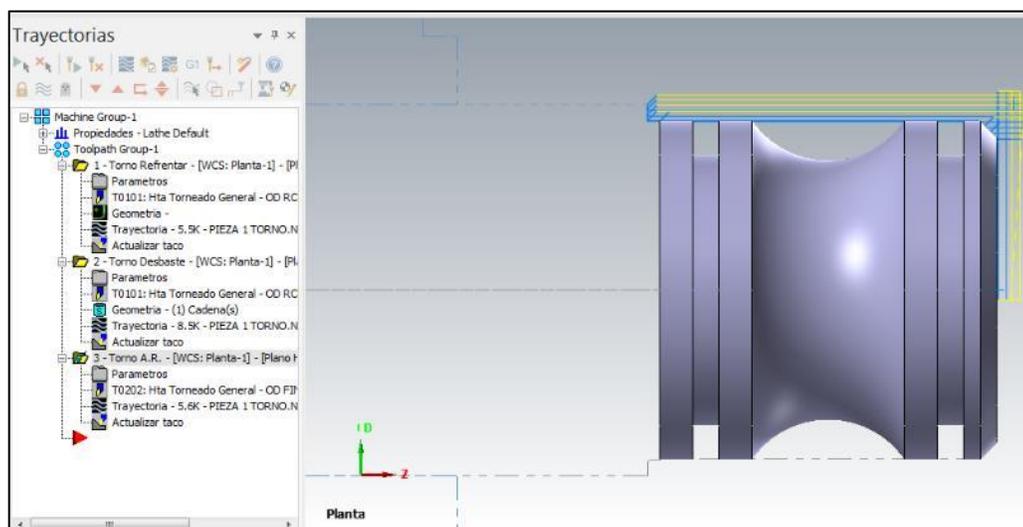


Figura 4.47 Trayectorias de acabado de desbaste.

4.9 DESBASTE CURVA

Se va a realizar otro desbaste, pero esta vez será para la curva exterior de la pieza para llevar a cabo esta operación se dirige al menú de **MECANIZADO** y se selecciona la opción de **Desbaste Torno** (figura 4.48).

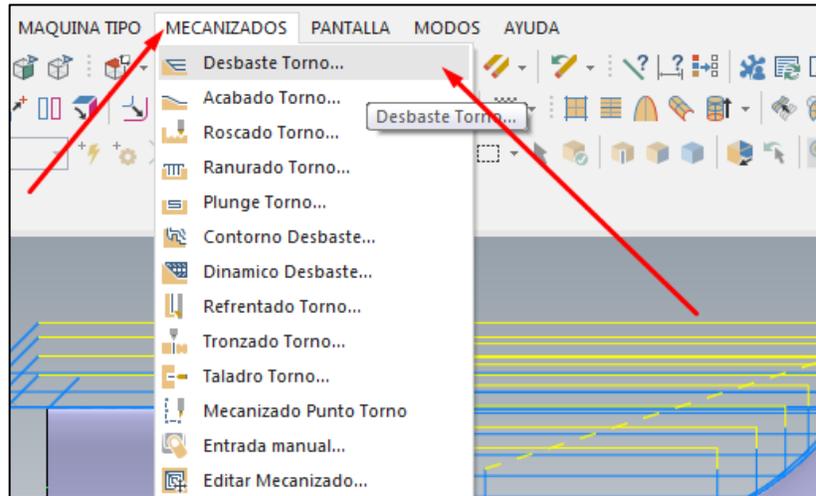


Figura 4.48 Desbaste.

Se abrirá la ventana de **selección de contorno**, se selecciona la opción de **SÓLIDO** y se selecciona la curva indicada por la línea negra (figura 4.49).

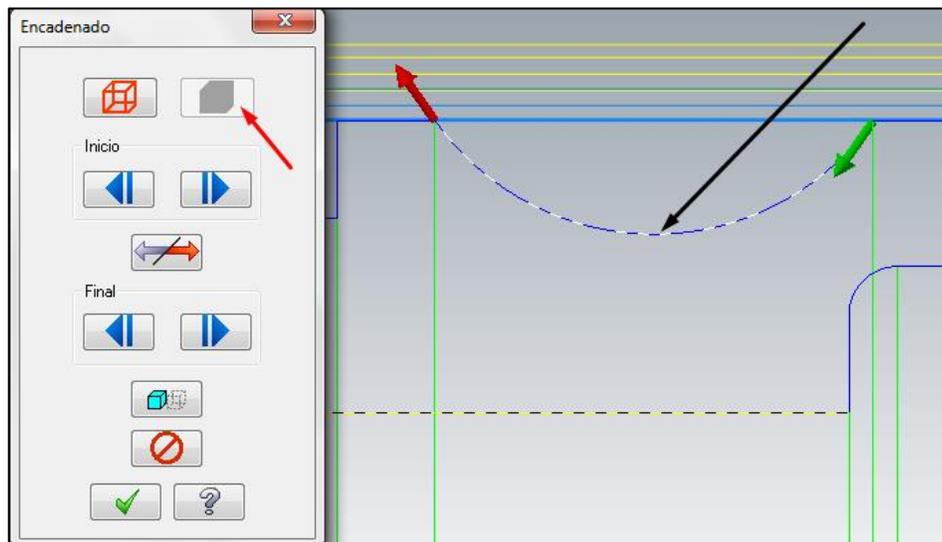


Figura 4.49 Encadenado.

****NOTA:** La posición de las flechas deben de estar en el mismo sentido.

Se abrirá la ventana de parámetros de **herramientas y desbaste**, se da clic derecho en el espacio en blanco de las figuras de las herramientas y se selecciona **Crear nueva Hta** (figura 4.50).

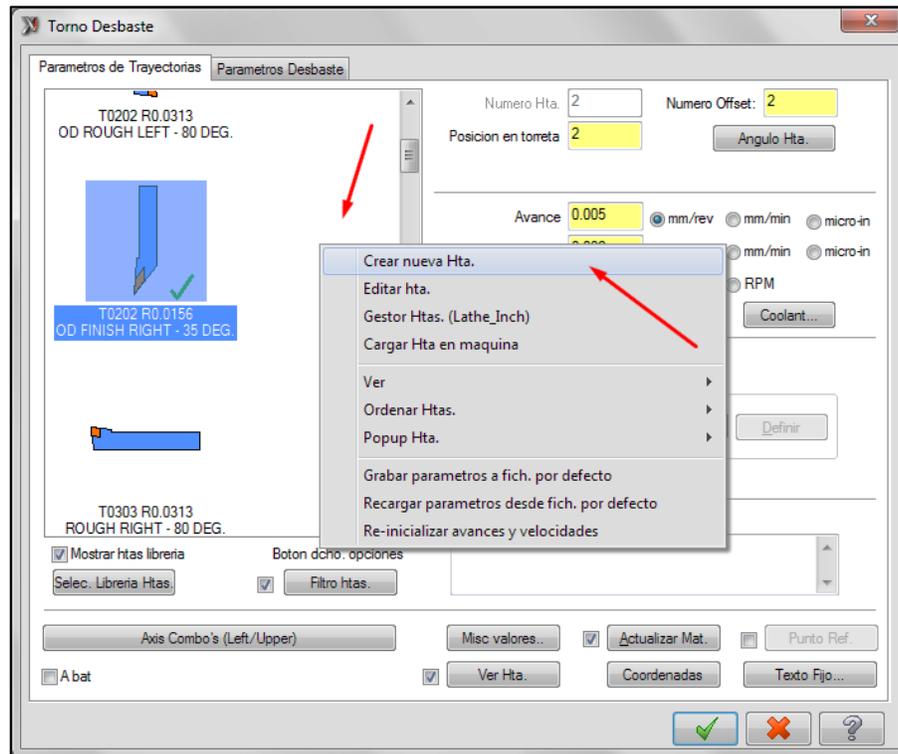


Figura 4.50 Parámetros de Trayectorias.

Se abrirá la ventana de **Define herramienta**, en el apartado de **Tipo – Torneado general** se selecciona **torneado general** (figura 4.51).

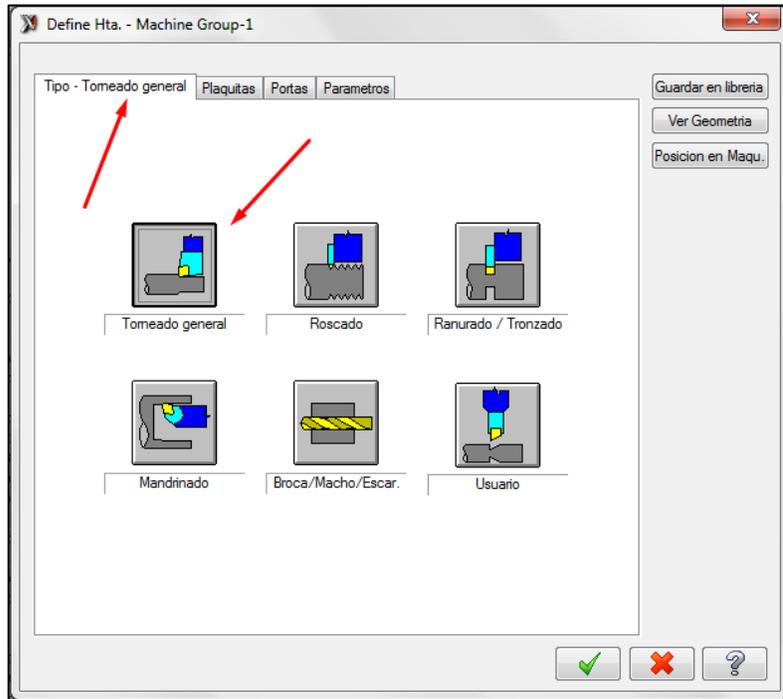


Figura 4.51 Torneado general.

En el apartado de **Plaquitas** se selecciona el tipo **V (35 grd. diamante)** y en **groseso 3/32** (figura 4.52).

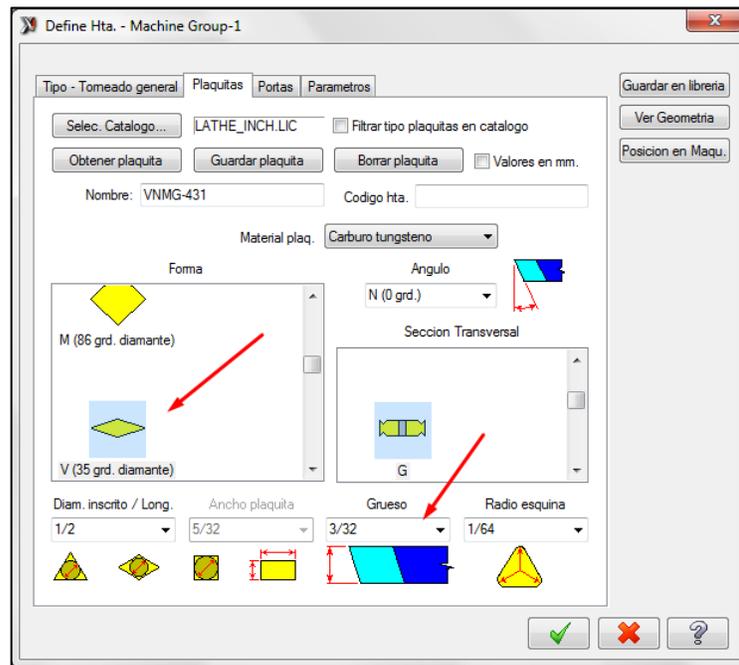


Figura 4.52 Plaquitas.

En el apartado de **Portas**, se dirige a **Estilo** y se elige la de **V (17.5 grd. side clr.)** y se da clic en **OK** (figura 4.53).

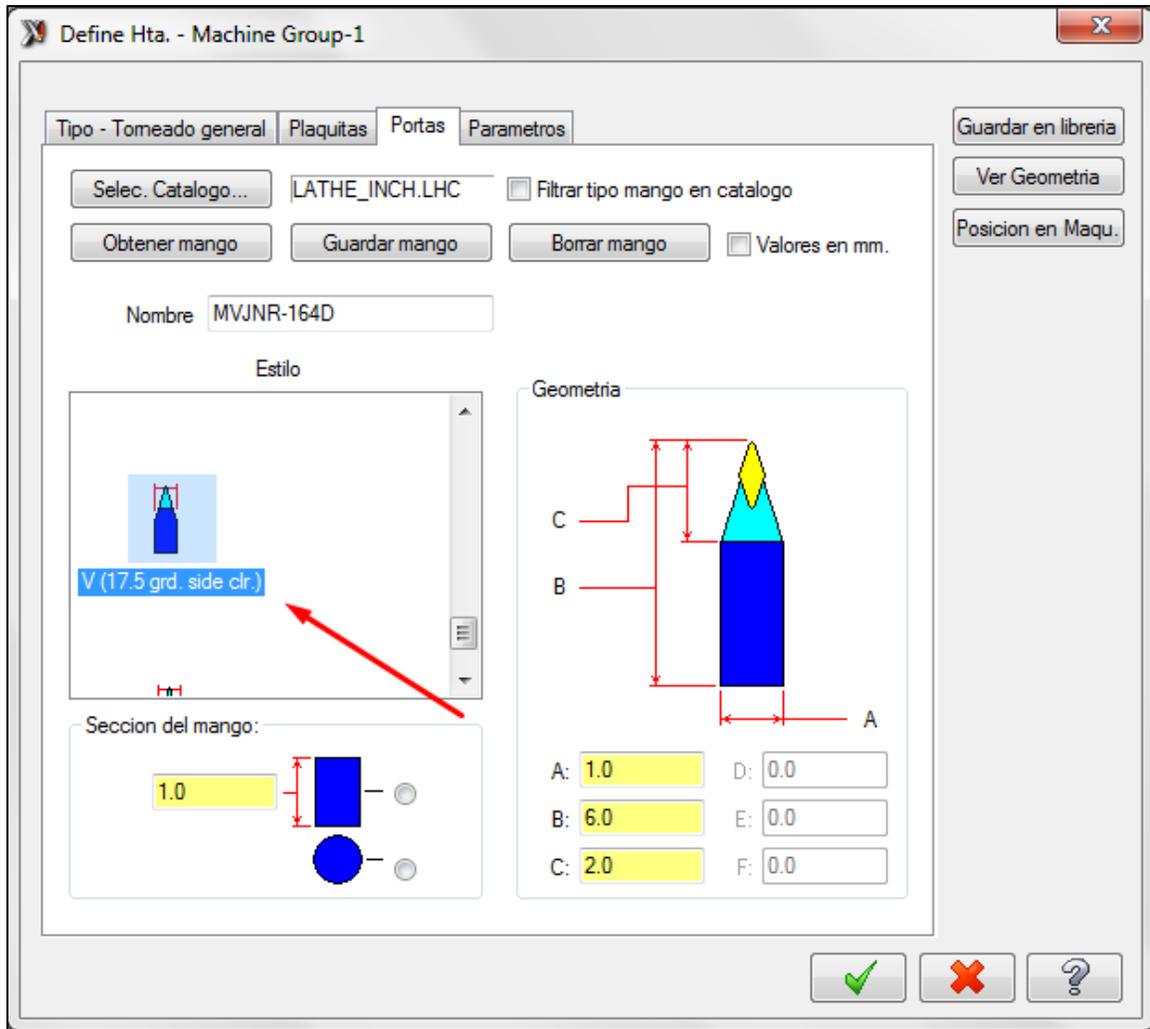


Figura 4.53 Portas.

En **parámetros de desbaste** se marcan y se introducen los valores y opciones indicados en la figura 4.54 y se da clic en la opción de **Entrada /Salida**.

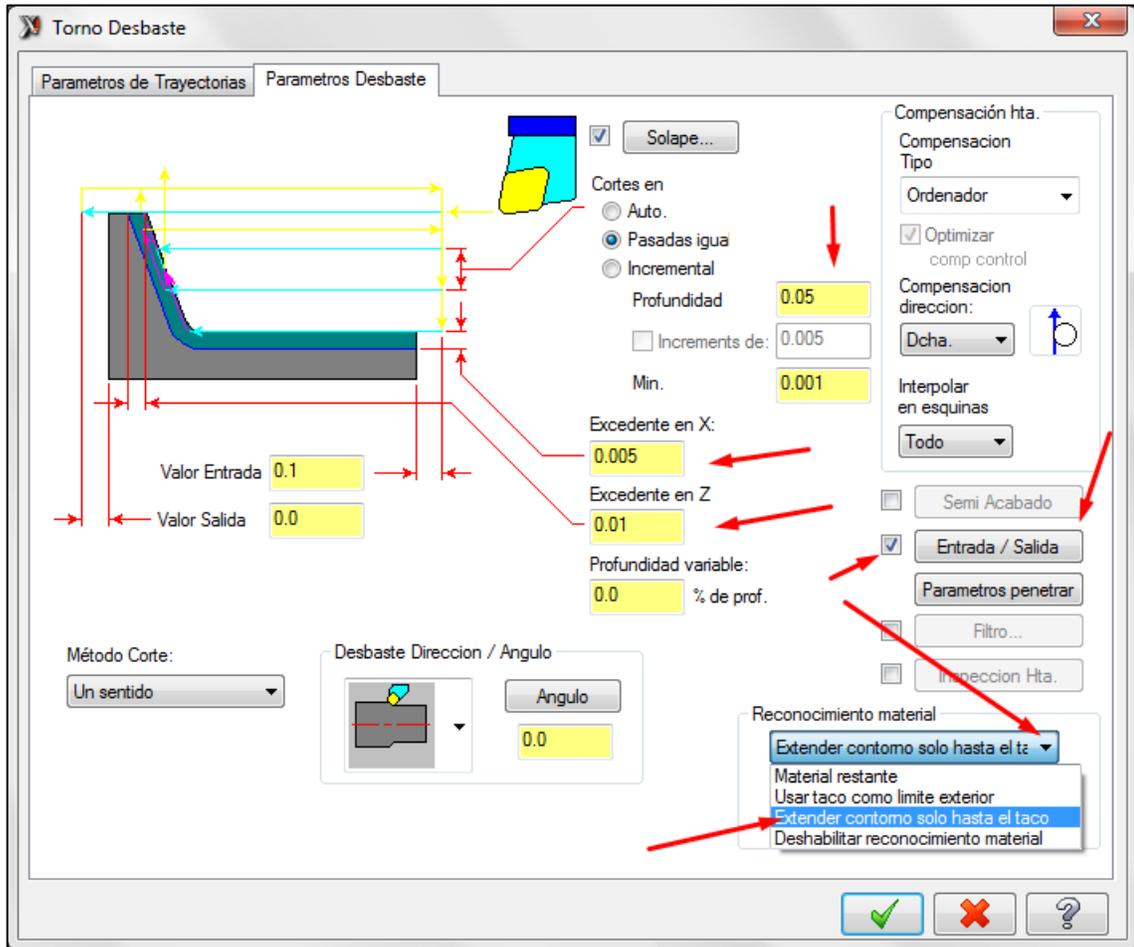


Figura 4.54 Parámetros Desbaste.

Dentro del apartado de **Entrada** se marca la opción de **Extender/acortar inicio contorno** y se le da un valor de **0.01**, en **Ángulo** se le da un valor de **-90** y en **resolución (gdr)** se le da un valor de **45** (figura 4.55).

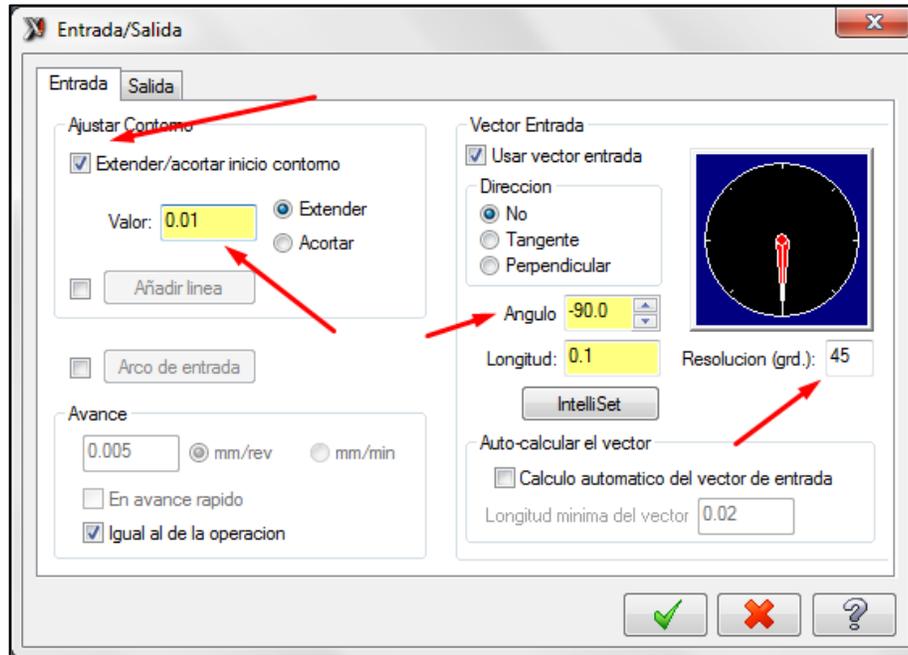


Figura 4.55 Entrada.

Dentro del apartado de **Salida** se marca la opción de **Extender/acortar final contorno** y se le da un valor de **0.01**, en **Ángulo** se le da un valor de **90**, en **resolución (gdr)** se le da un valor de **45** (figura 4.56) y se da clic en **OK**.

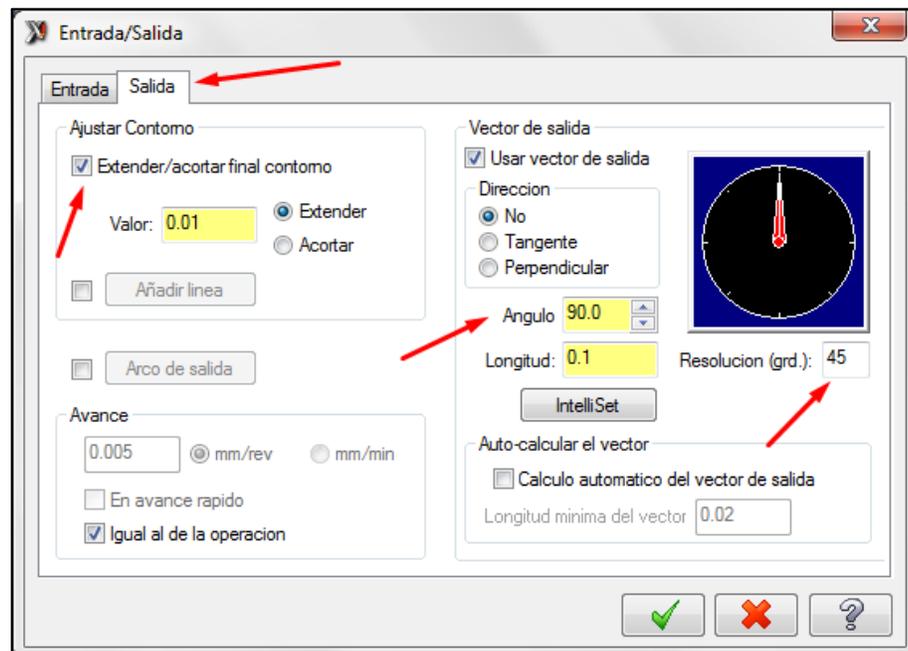


Figura 4.56 Salida.

En la ventana de **Parámetros de desbaste** se da clic en la opción de **Parámetros penetrar**, se abrirá el apartado de **Parámetros penetración**, se selecciona la segunda opción y se da clic en **OK** (figura 4.57).

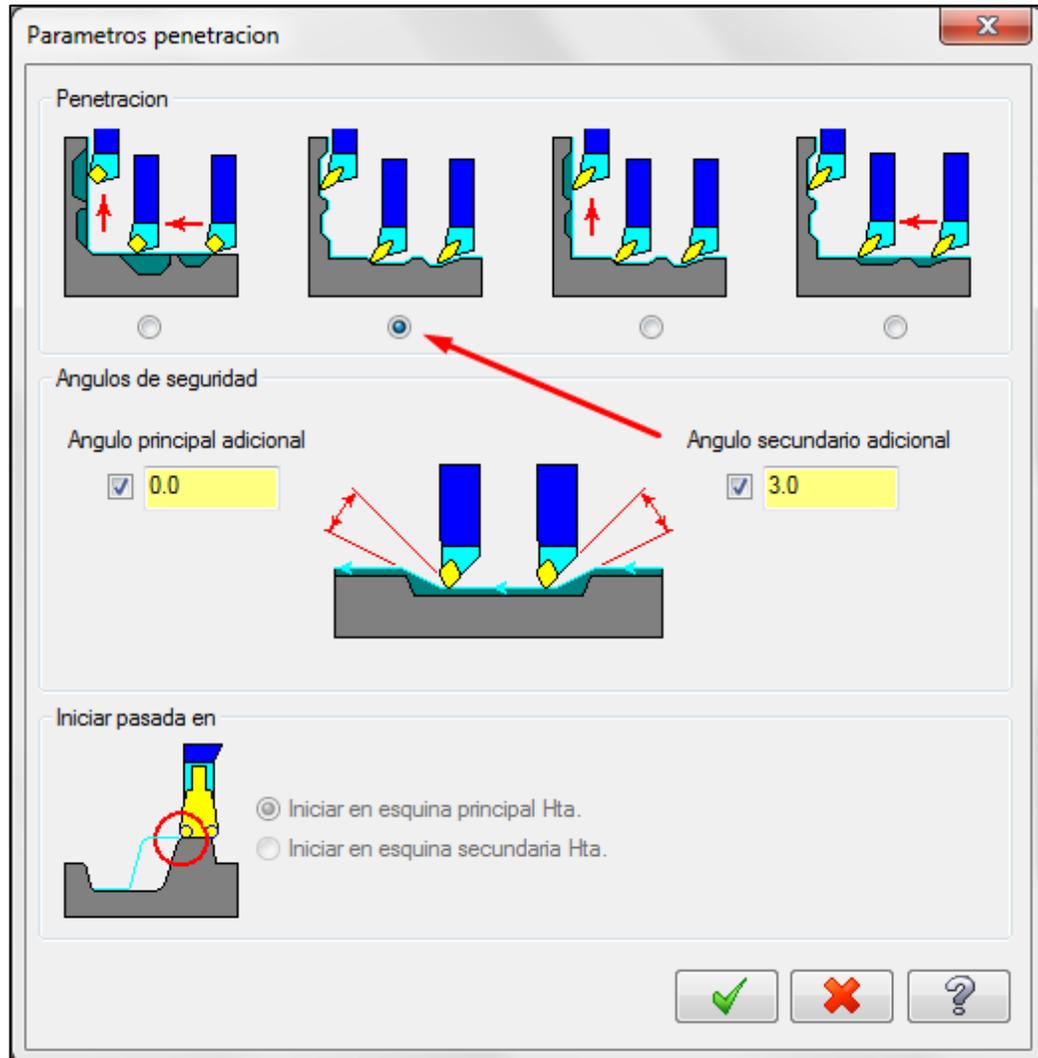


Figura 4.57 Penetración.

Por último, en el apartado de **trayectorias** se da un valor de **5000** en **Max. RPM cabezal**, se activa el refrigerante en la opción de **Coolant** (figura 4.58) y se da clic en **OK**.

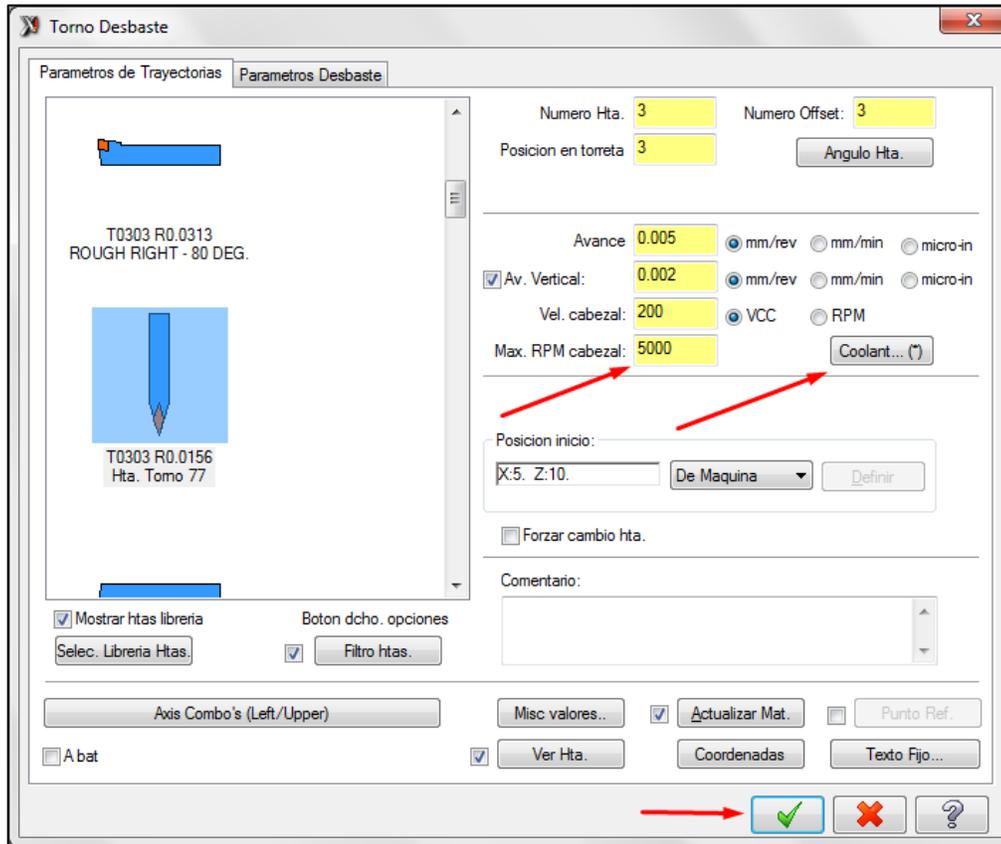


Figura 4.58 *Parámetros de Trayectorias.*

Ahora se observa el recorrido de desbaste en la curva de la pieza (figura 4.59)

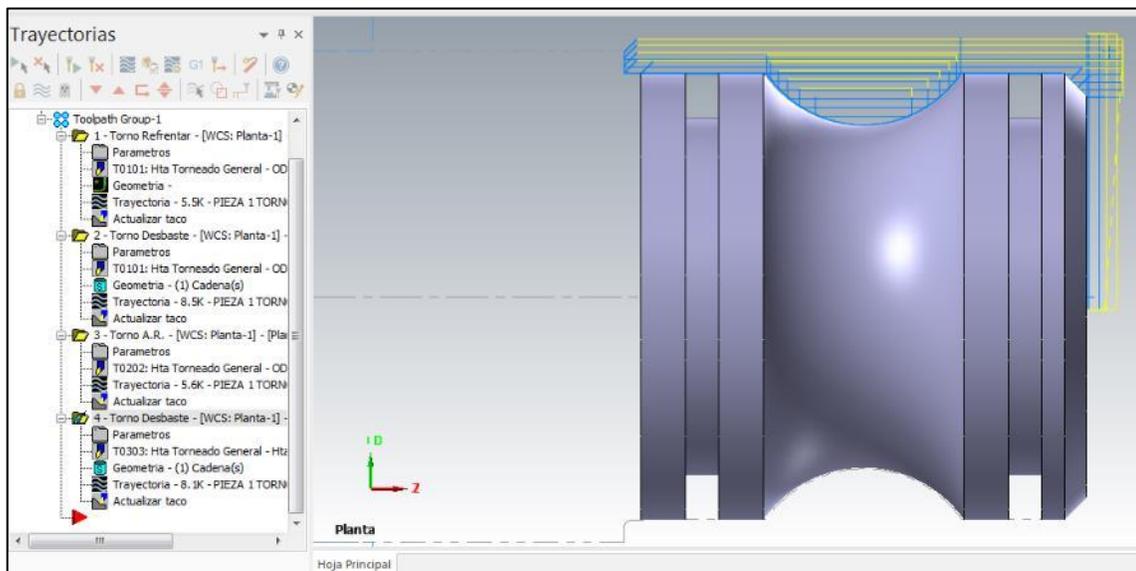


Figura 4.59 *Trayectorias de desbaste de curva.*

4.10 ACABADO CURVA

Se va a realizar un acabado en la curva para ello se dirige al menú de **MECANIZADO** y se selecciona la opción de **Acabado Torno** (figura 4.60)

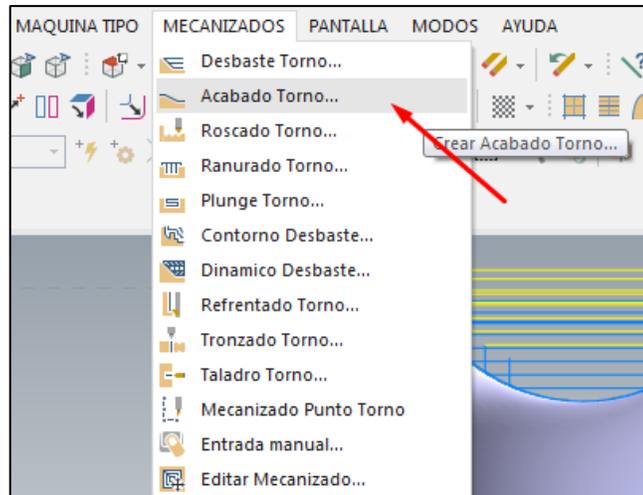


Figura 4.60 Acabado torno.

Se abrirá una nueva ventana para seleccionar la trayectoria, se selecciona la curva indicada por la línea negra de la figura 4.61 y se da clic en **OK**.

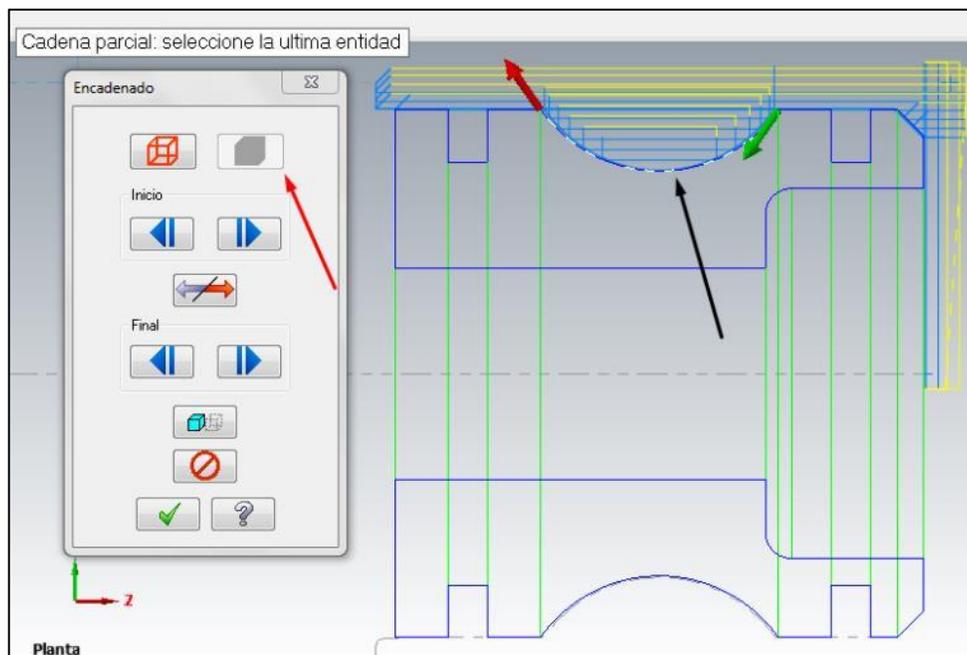


Figura 4.61 Encadenado.

A continuación, se abre la ventana de **parámetros de trayectorias y acabado**, en el apartado de **Parámetros de trayectorias** se selecciona la herramienta **R0.0156 Hta. Torno 77** que fue la herramienta que se creó anteriormente, se le cambia el valor de **Max. RPM cabezal** a **5000** y se activa el refrigerante en la opción de **Coolant** (figura 4.62).

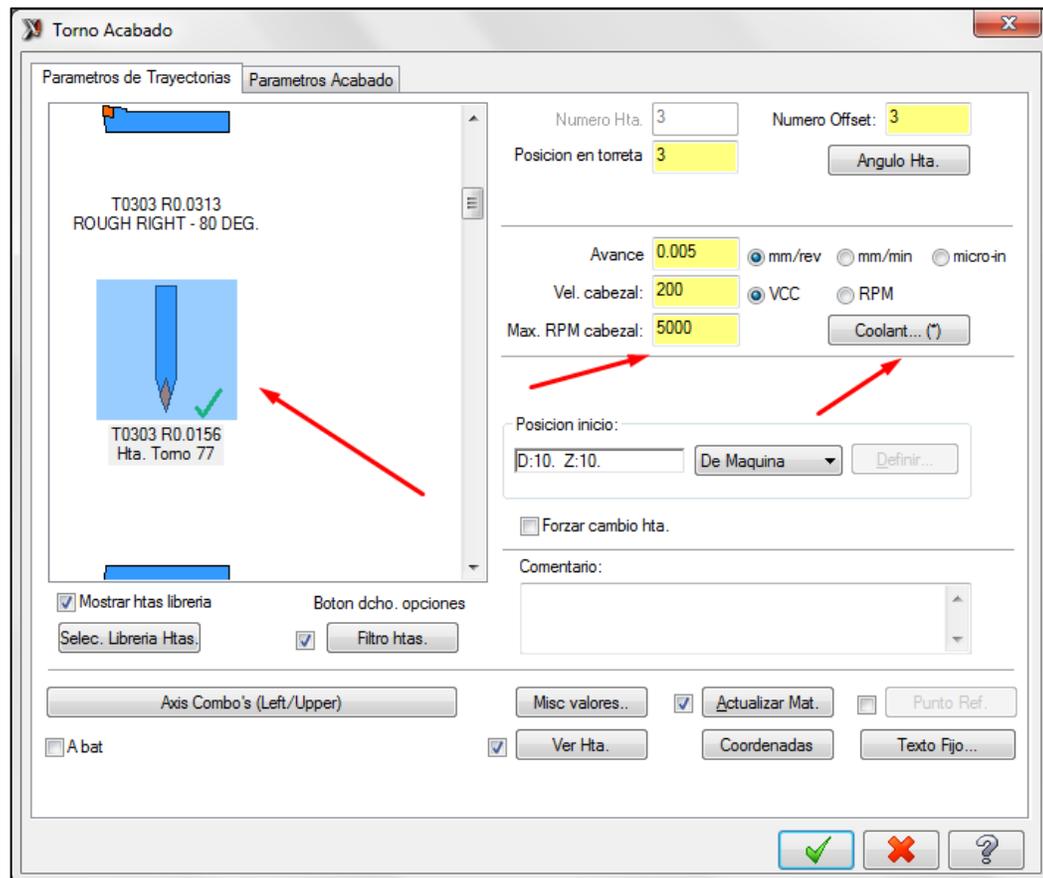


Figura 4.62 Parámetros de Trayectorias.

En el apartado de **Parámetros acabado** se introducen los valores de la figura 4.63, se marca la opción de **Ajustar contorno a material** y se da clic en la opción de **Entrada/Salida**.

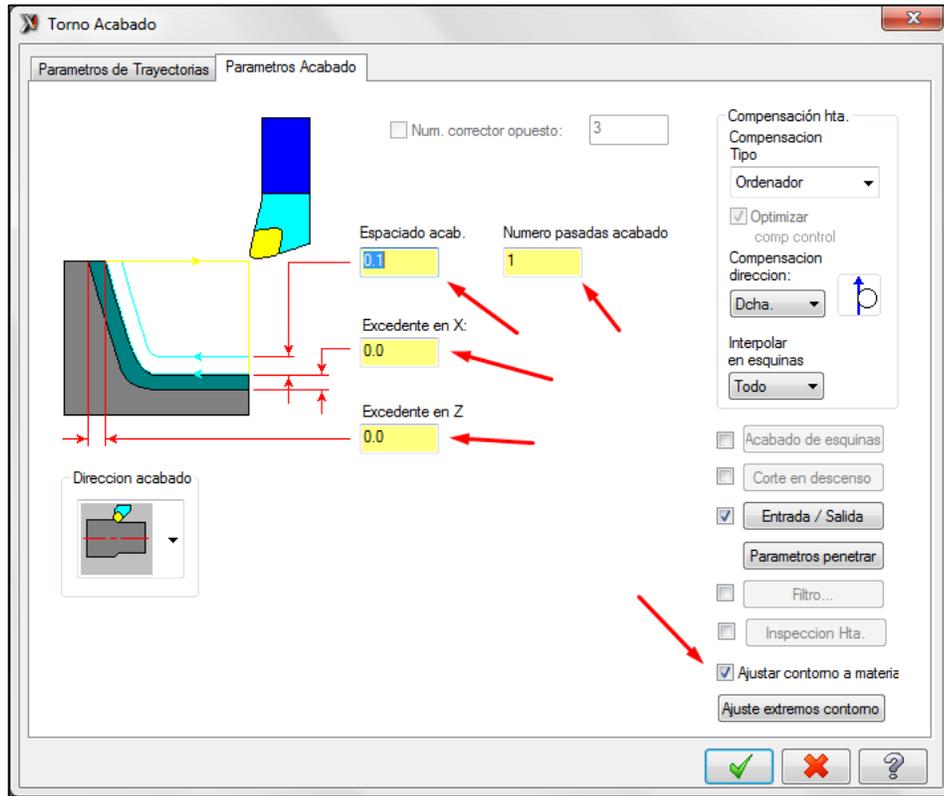


Figura 4.63 Parámetros de acabado.

En el apartado de **Entrada/Salida** se marca la opción de **Extender/acortar inicio contorno** y se le da un valor de **0.01** y en **Ángulo** se le da un valor de **-90** (figura 4.64).

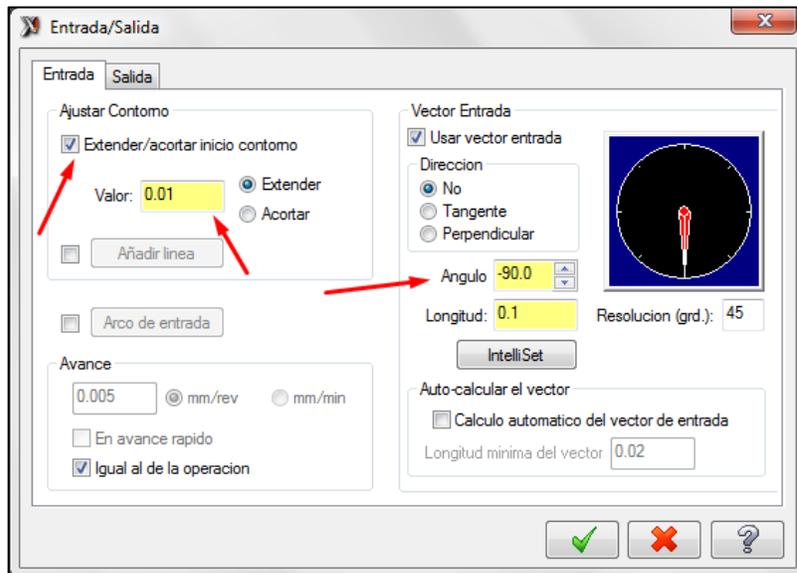


Figura 4.64 Entrada.

Dentro del apartado de **Salida** se marca la opción de **Extender/acortar final contorno**, en **valor** se introduce **0.01**, en **Ángulo** se le da un valor de **90** y se da clic en **OK** (figura 4.65), después en la ventana de **parámetros de trayectorias y acabado** se da clic en **OK**.

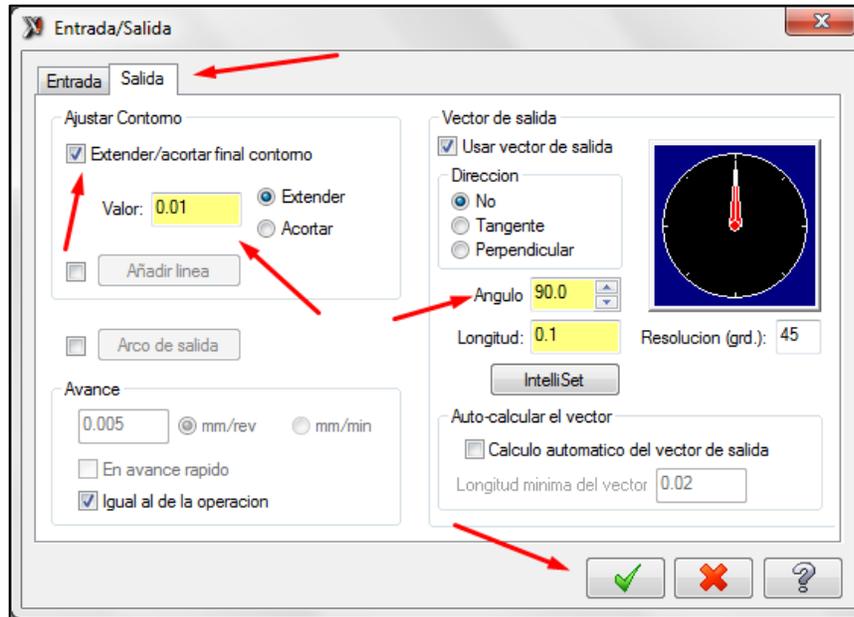


Figura 4.65 Salida.

Se observa ligeramente la trayectoria del acabado en la curva de pieza (figura 4.66).

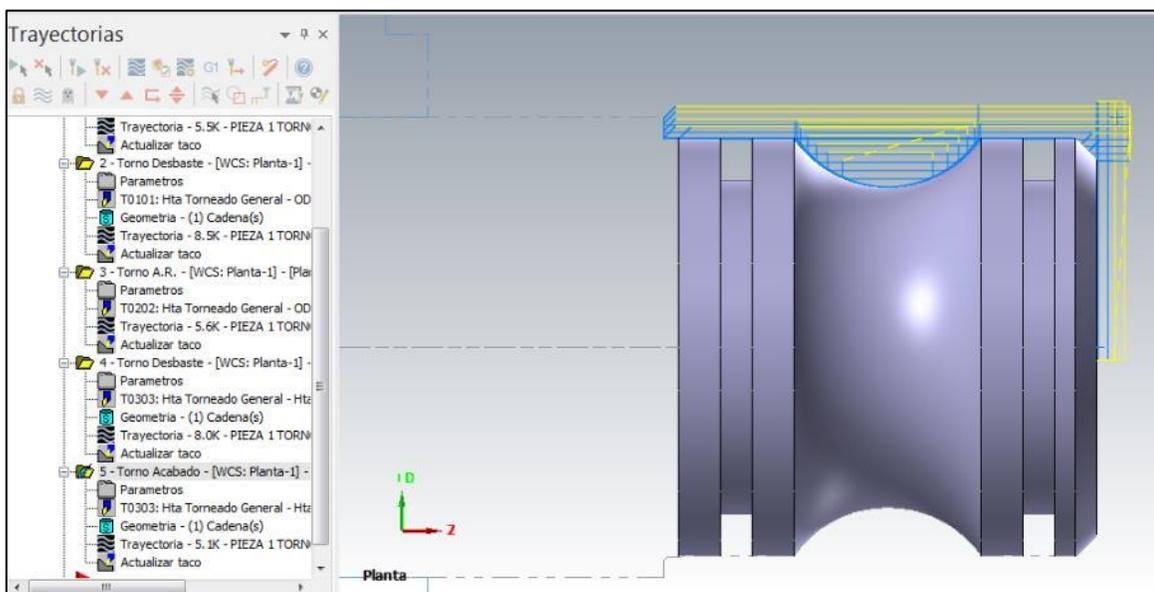


Figura 4.66 Trayectoria del acabado de curva.

4.11 RANURADO

1er RANURADO.

La siguiente operación es la de ranurado, para realizarla se dirige al menú de **MECANIZADOS** y se elige la opción de **Ranurado Torno** (figura 4.67).

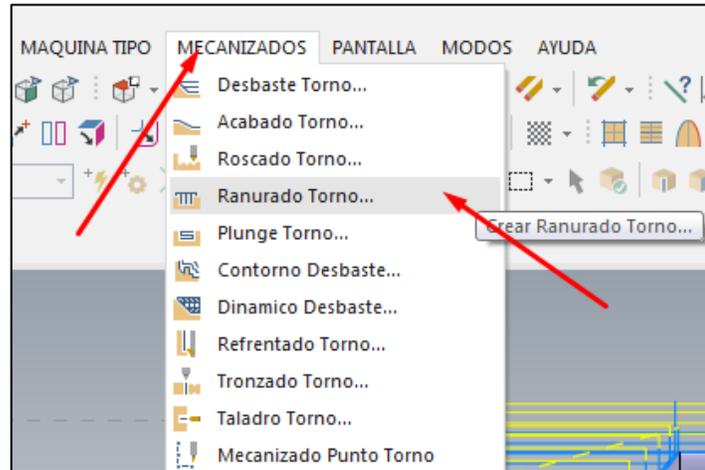


Figura 4.67 Ranurado.

Se abre la ventana de **Opciones Ranura**, se elige la opción de **Cadena** y se da clic en **OK** (figura 4.68).

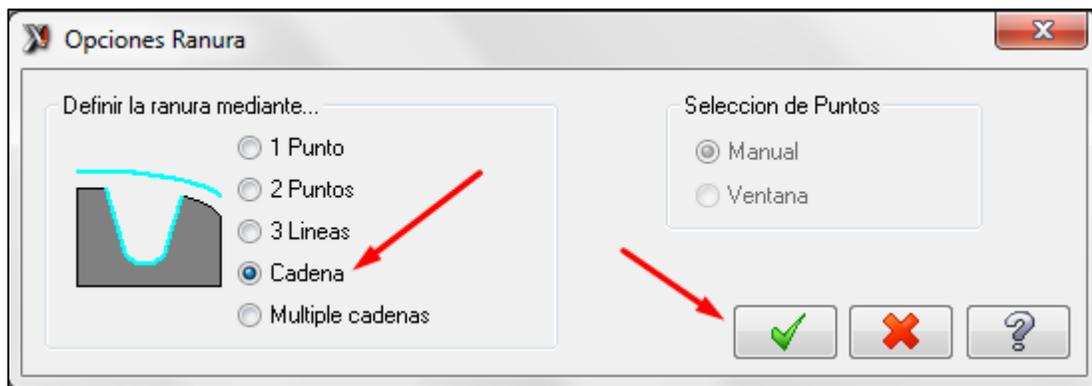


Figura 4.68 Opciones Ranura.

Se abre la ventana para indicar la trayectoria, se dirige al apartado de **SÓLIDO** y se marca la trayectoria indicada por las flechas negras y se da clic en **OK** (figura 4.69).

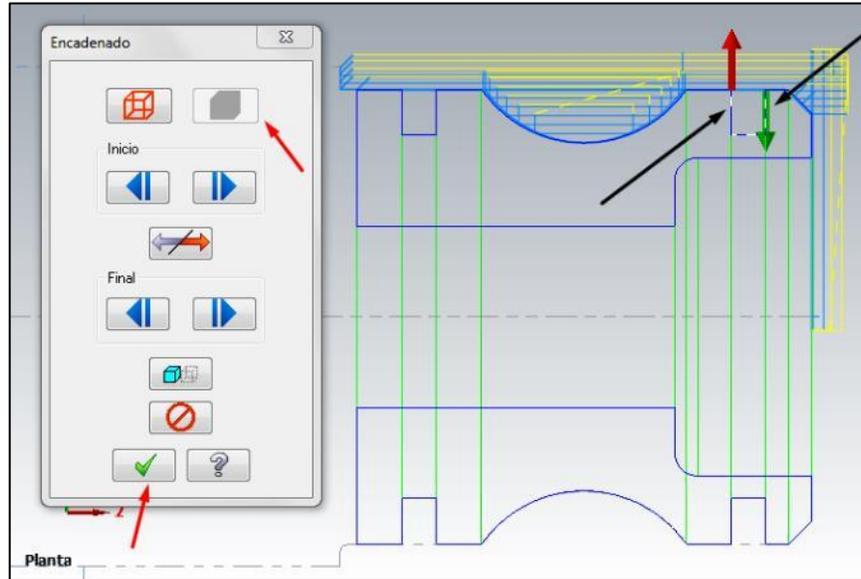


Figura 4.69 Encadenado.

Ahora se abre la ventana de ranurado, se dirige al apartado de **Parámetros de Trayectorias** y se elige la herramienta de **R 0.01 W0.125 OD GROVE CENTER-NARROW**, se le cambia el valor de **Max. RPM cabezal** a **5000**, se cambia el valor de **Posición en torreta** a **4** y se activa el refrigerante en la opción de **Coolant** (figura 4.70).

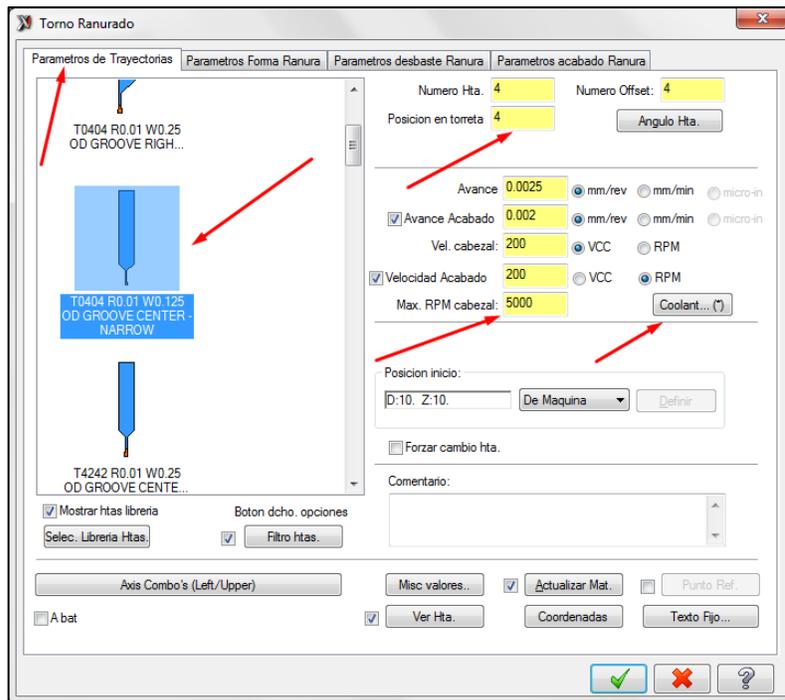


Figura 4.70 Parámetros de Trayectorias.

Se dirige al apartado de **Parámetros desbaste Ranura**, se marca la opción de **Suavizar** y se le cambian los valores de **Excedente en X** y **Excedente en Z** a **0.005** (figura 4.71).

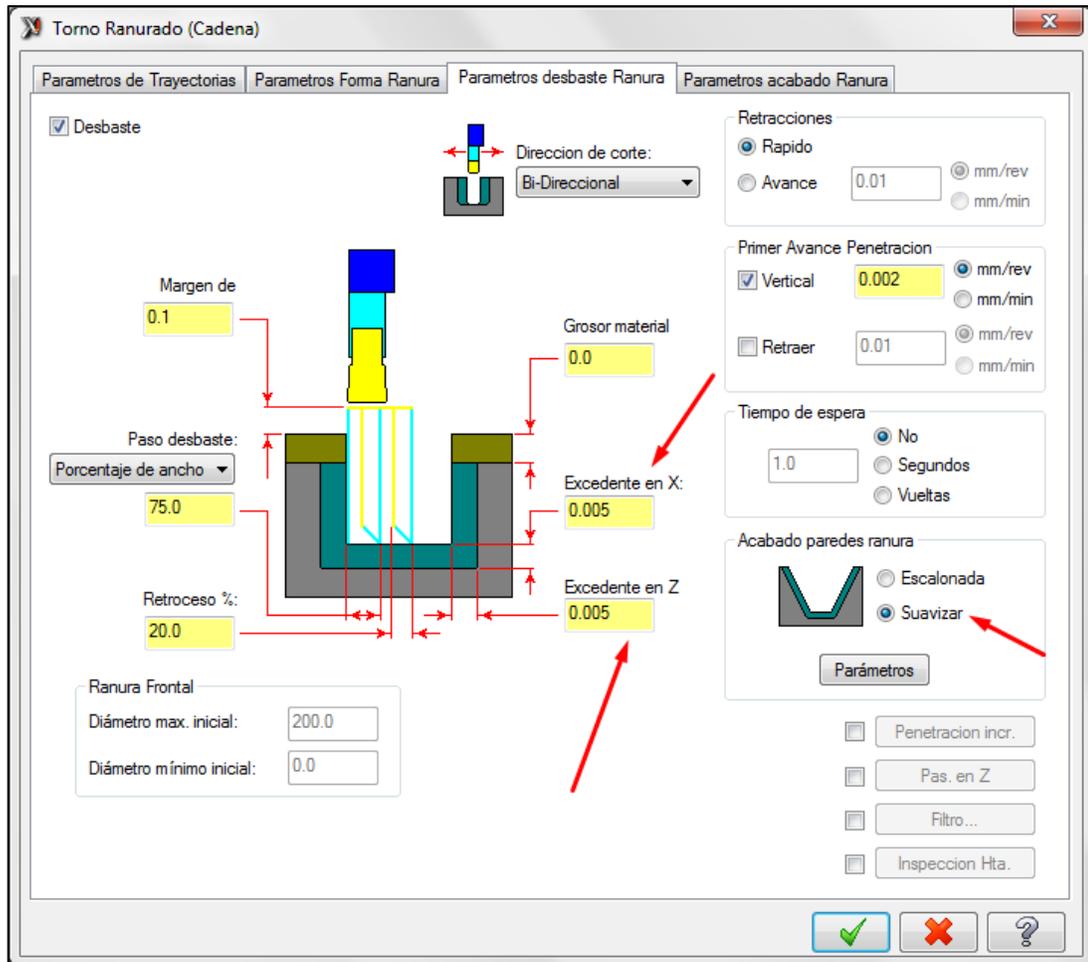


Figura 4.71 Parámetros Desbaste Ranura.

Ahora se dirige al apartado de **Parámetros acabado Ranura**, se marca la opción de **acabado** y se da clic en **OK** (figura 4.72).

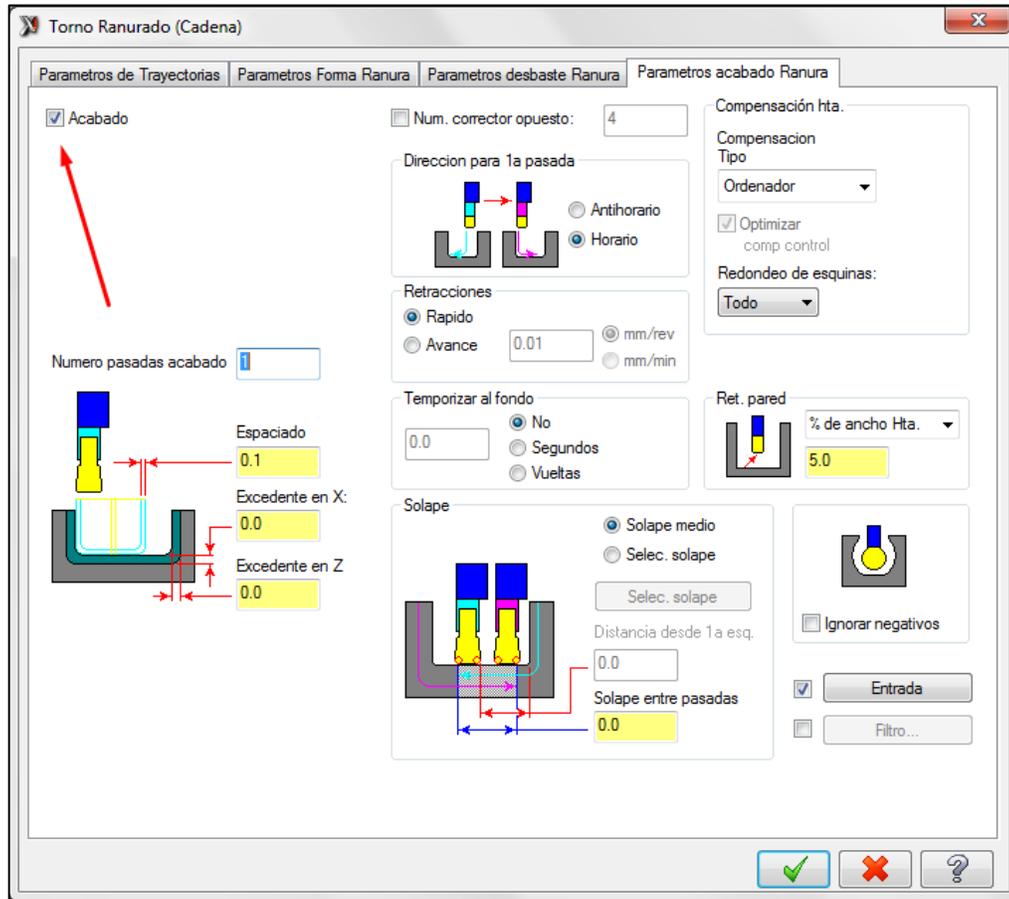


Figura 4.72 Parámetros Acabado Ranura.

Se observa en la pieza que ya tiene marcadas las trayectorias del Ranurado (figura 4.73).

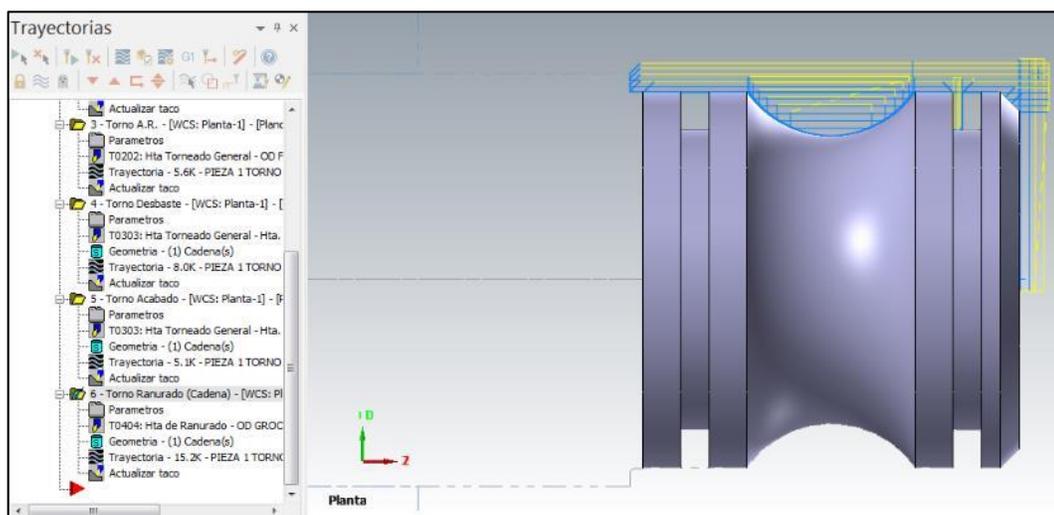


Figura 4.73 Trayectorias del ranurado.

2do Ranurado

Se va a realizar el siguiente ranurado de la figura para ello se dirige al menú de **MECAZANIZADOS** y se elige la opción de **Ranurado Torno** (figura 4.74).

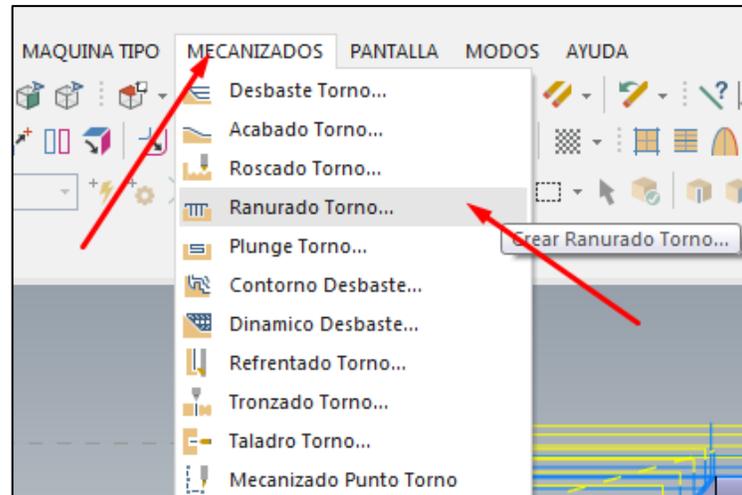


Figura 4.74 Ranurado.

Se abre la ventana de **Opciones Ranura**, se elige la opción de **Cadena** y se da clic en **OK** (figura 4.75).

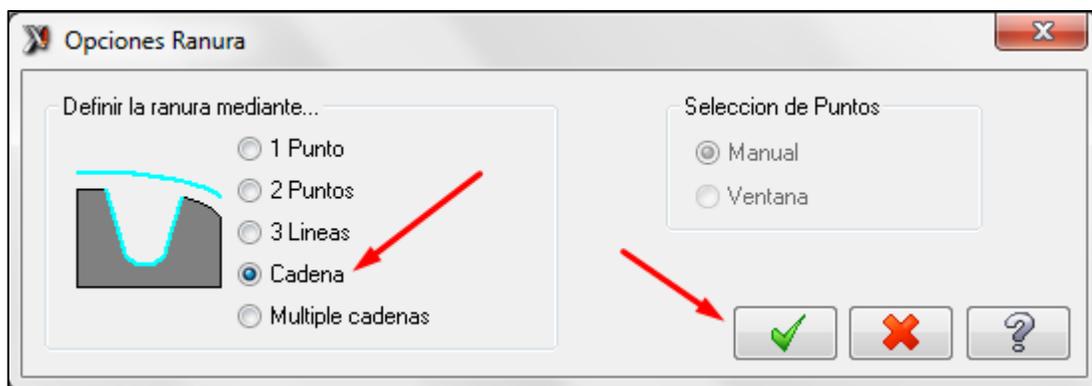


Figura 4.75 Opciones Ranura.

Se abre la ventana para indicar la trayectoria, se dirige al apartado de **sólido** y se marca la trayectoria indicada por las flechas negras y se da clic en **OK** (figura 4.76).

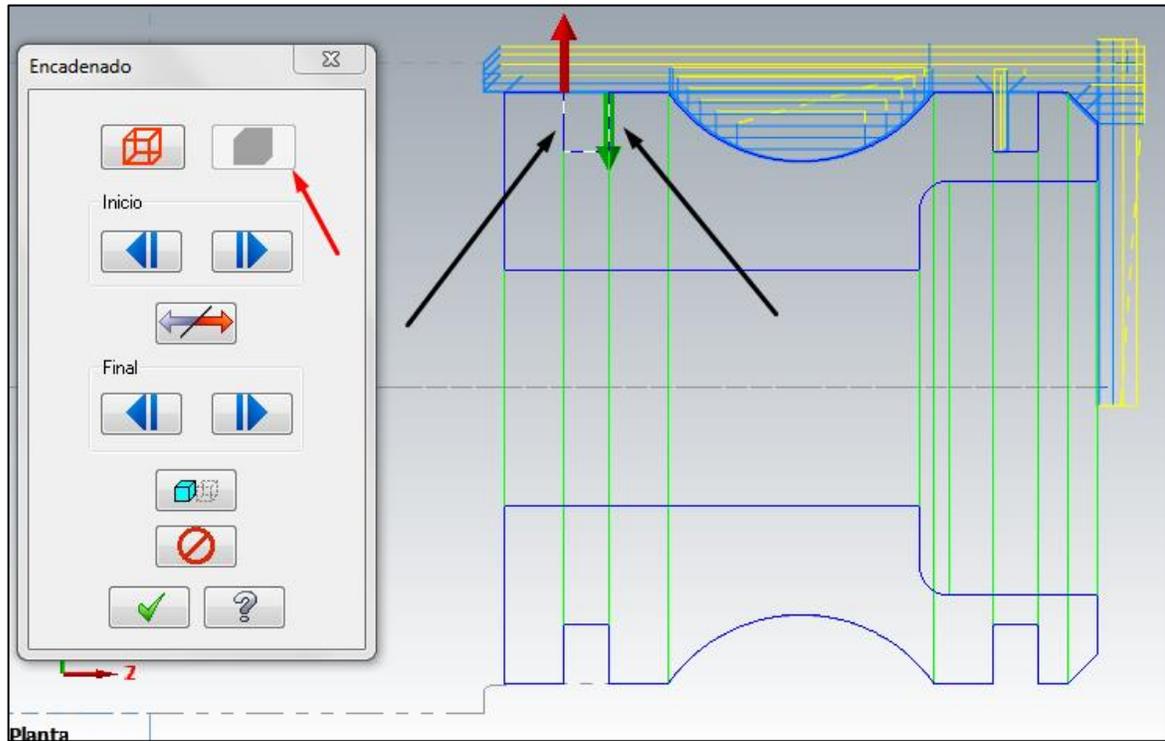


Figura 4.76 Encadenado.

Ahora se abre la ventana de ranurado, se va al apartado de **Parámetros de Trayectorias** y se elige la herramienta **R 0.01 W0.125 OD GROVE CENTER-NARROW**, se cambia el valor de **Max. RPM cabezal** a **5000**, el valor de **Posición en torreta** a **4** y se activa el refrigerante en la opción de **Coolant** (figura 4.77).

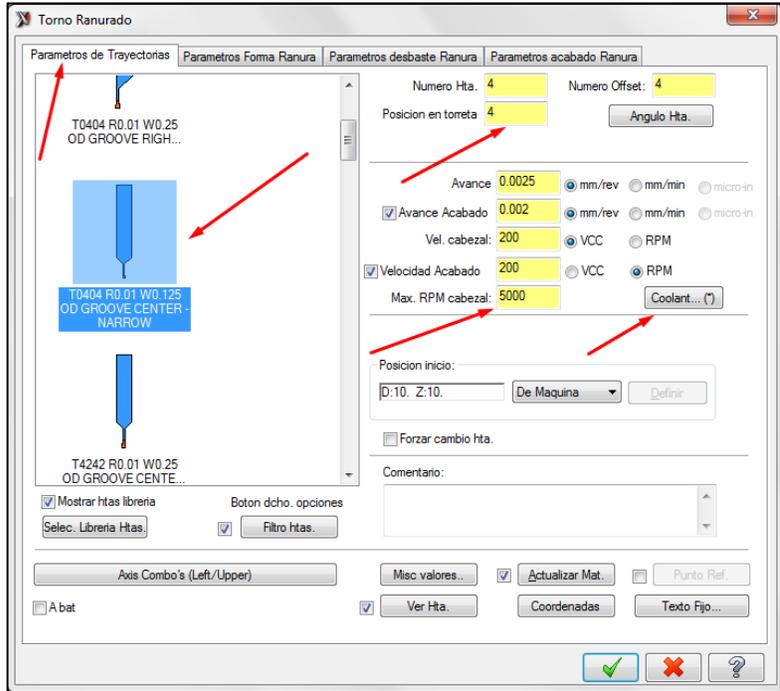


Figura 4.77 Parámetros trayectorias.

Se dirige al apartado de **Parámetros desbaste Ranura**, se marca la opción de **Suavizar** y se cambian los valores de **Excedente en X** y **Excedente en Z** a **0.005** (figura 4.78).

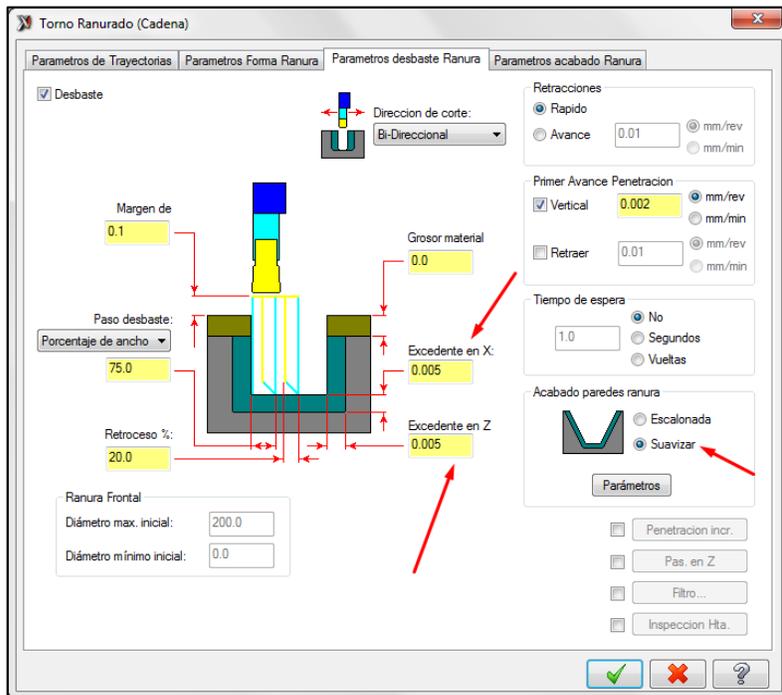


Figura 4.78 Parámetros Desbaste Ranura.

Ahora se dirige al apartado de **Parámetros acabado Ranura**, se marca la opción de **acabado** y se da clic en **OK** (figura 4.79).

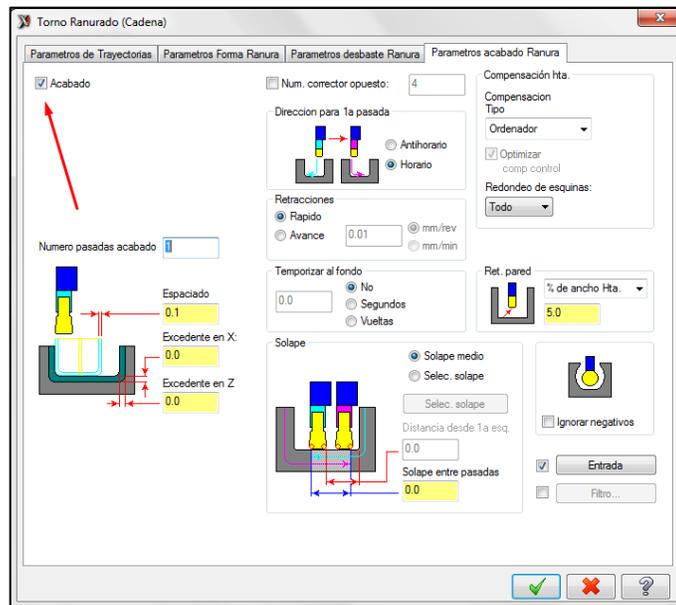


Figura 4.79 Parámetros Acabado Ranura.

Se observa en la pieza que ya tiene marcadas las trayectorias de Ranurado (figura 4.80).

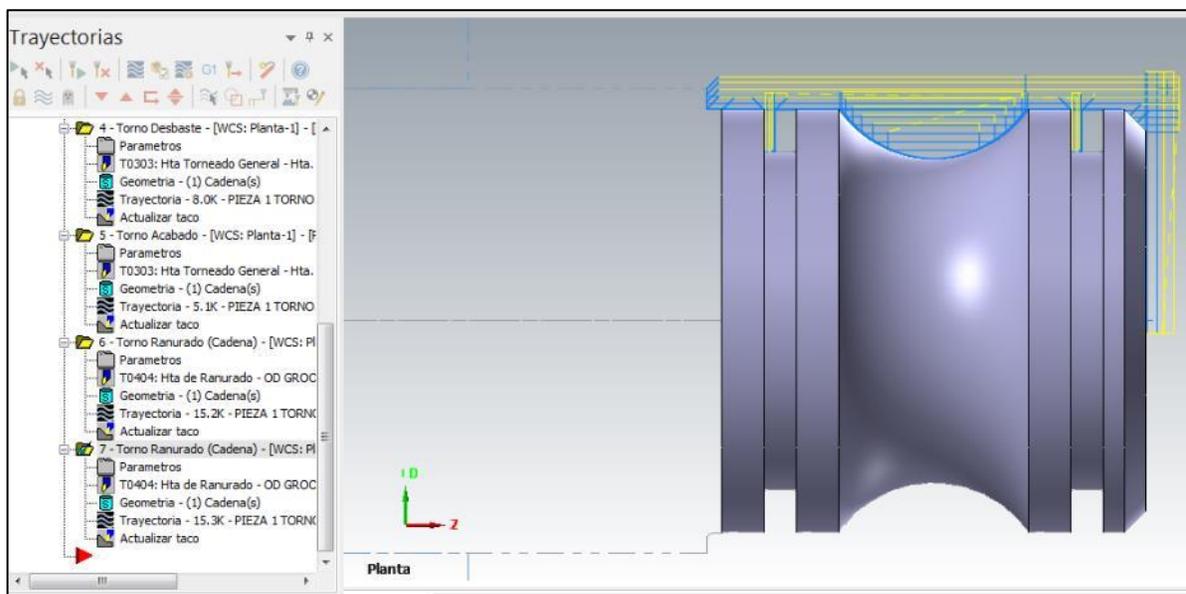


Figura 4.80 Trayectorias ranurado.

4.12 TALADRO

Se va a realizar una operación de taladro para ello se dirige al menú de **MECANIZADO** y se elige la opción de **Taladro Torno** (figura 4.81).

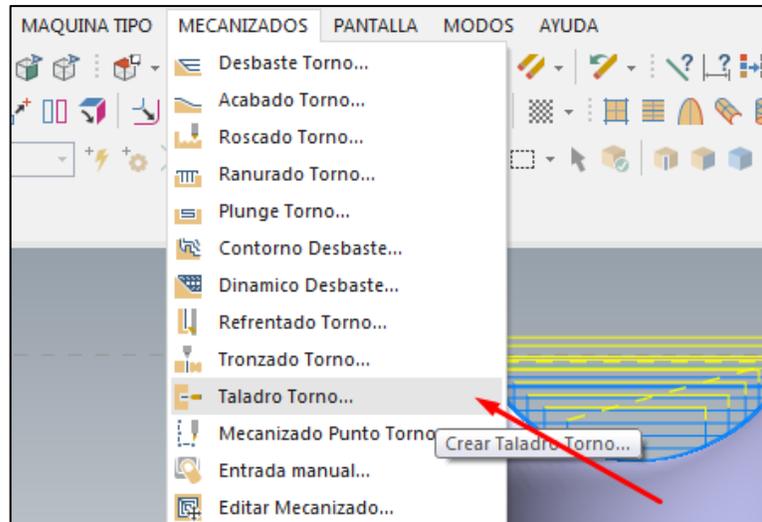


Figura 4.81 Taladro.

Se abre la ventana de **parámetros de taladro**, se dirige al apartado de **Parámetros de Trayectorias** y se elige la herramienta **0.25 Dia. CENTER DRILL- .25 DIA**, se le cambia el valor de **posición en torreta** a **5** y se le cambia el valor de **Max. RPM cabezal** a **5000** (figura 4.82).

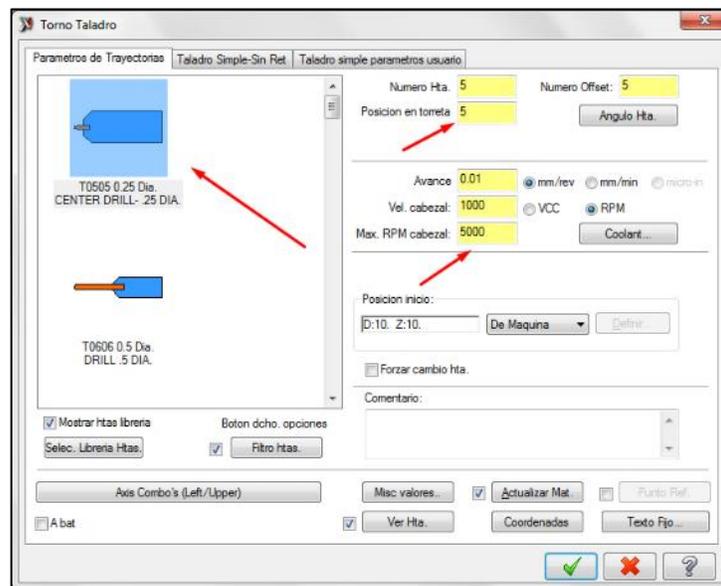


Figura 4.82 Parámetros de trayectorias.

En el apartado de **Taladro Simple-Sin Ret** se marcan las opciones y se introducen los valores de la figura 4.83 y se da clic en **OK**.

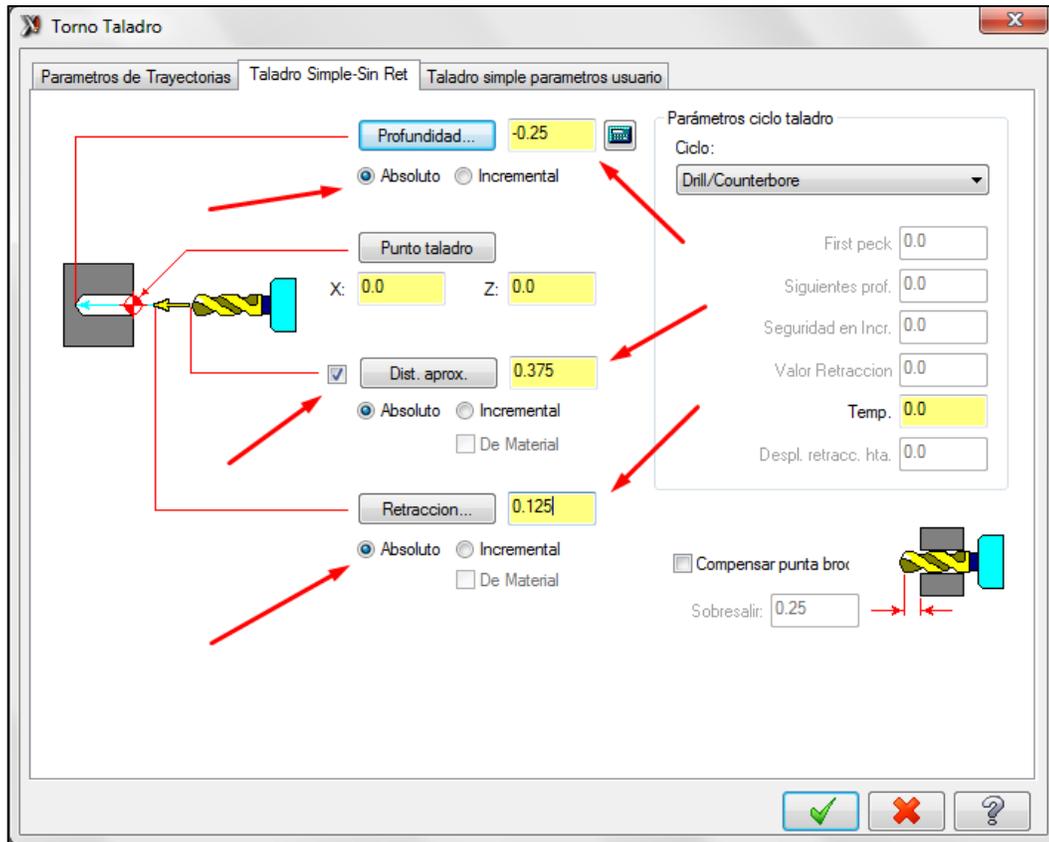


Figura 4.83 Taladro Simple-Sin Ret.

Ya se tiene la primera operación de Taladro, para visualizar la trayectoria, se da un clic derecho en el espacio de trabajo y se selecciona la vista **Isométrica (WCS)** (figura 4.84) y para volver a la vista anterior se vuelve a hacer clic derecho y se selecciona la vista de **Planta**.

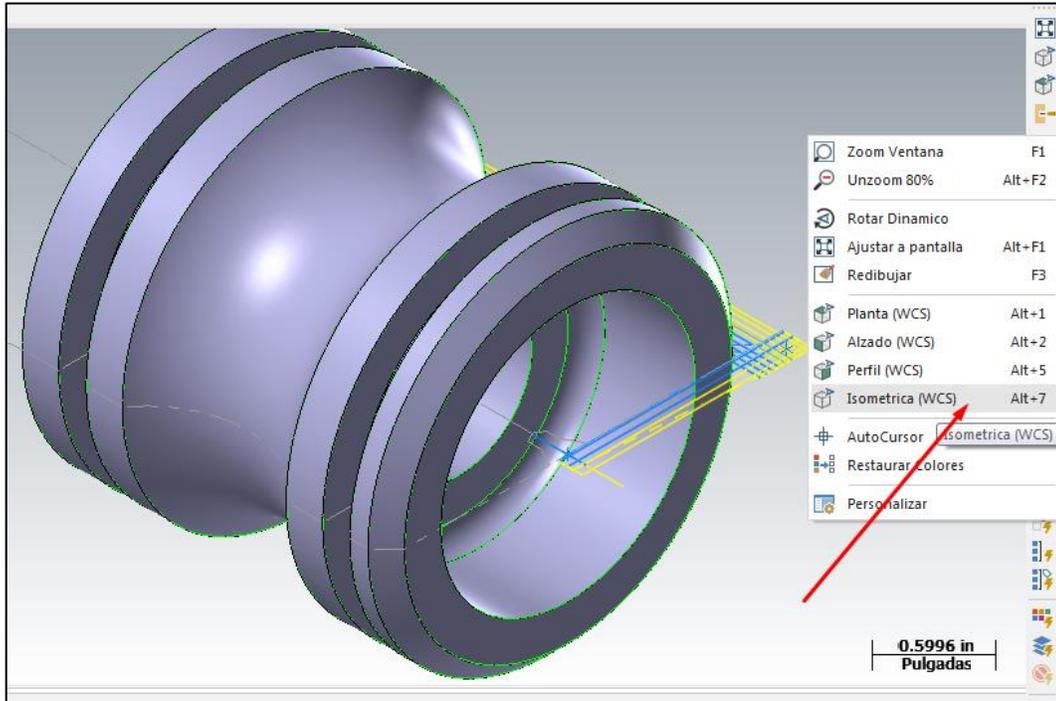


Figura 4.84 Vista Isométrica.

2° Operación de taladro

Se va a realizar otra operación de taladro para ello se dirige al menú de **MECANIZADO** y se elige la opción de **Taladro Torno** (figura 4.85).

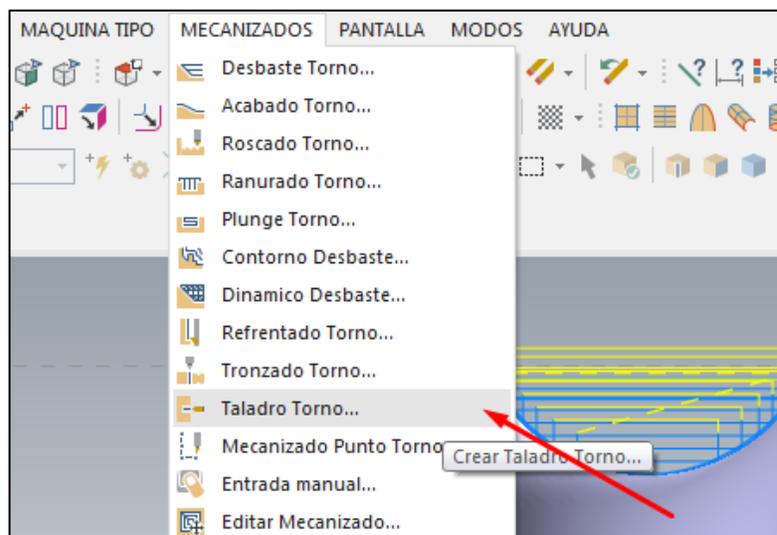


Figura 4.85 Taladro Torno.

Se abre la ventana de parámetros de taladro, se va al apartado de **Parámetros de Trayectoria** y se elige la herramienta **0.5 Dia. DRILL .5 DIA**, se cambia el valor de **posición en torreta** a **6**, se activa el refrigerante en la opción de **Coolant** y se le cambia el valor de **Max. RPM cabezal** a **5000** (figura 4.86).

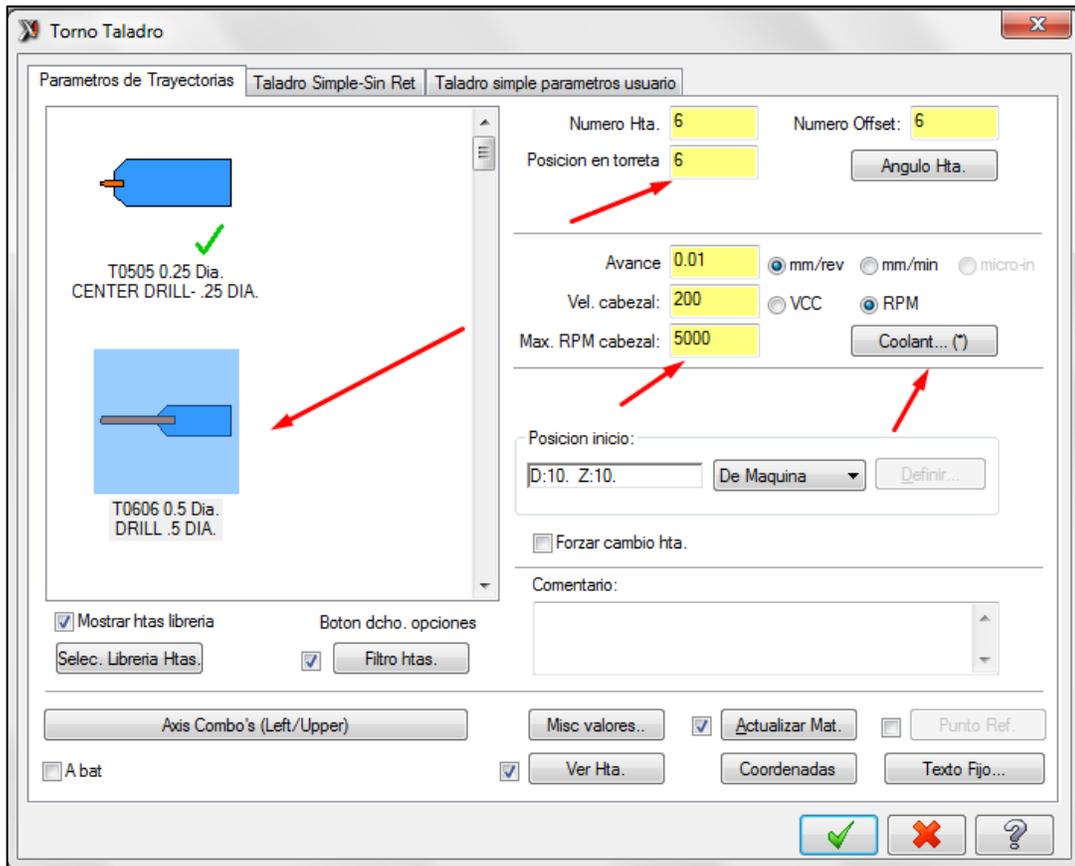


Figura 4.86 Parámetros de trayectorias.

En el apartado de **Taladro Simple-Sin Ret** se marcan las opciones y se introducen los valores de la figura 4.87 y se da clic en **OK**. Se observa la trayectoria de la operación en la figura 4.88.

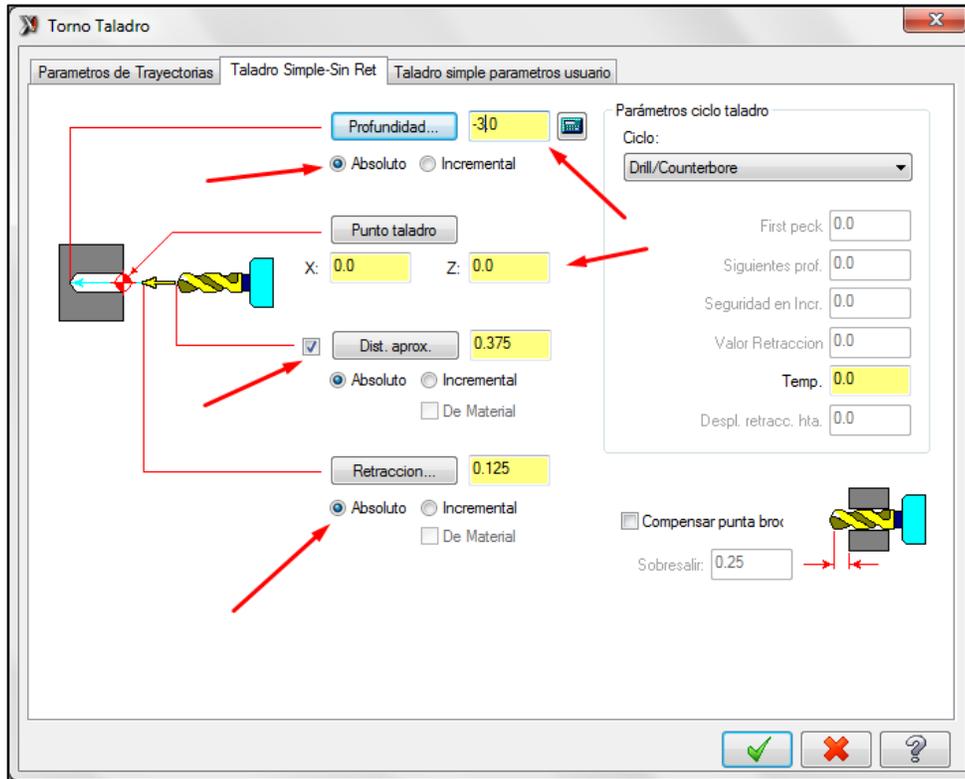


Figura 4.87 Taladro Simple-Sin Ret.

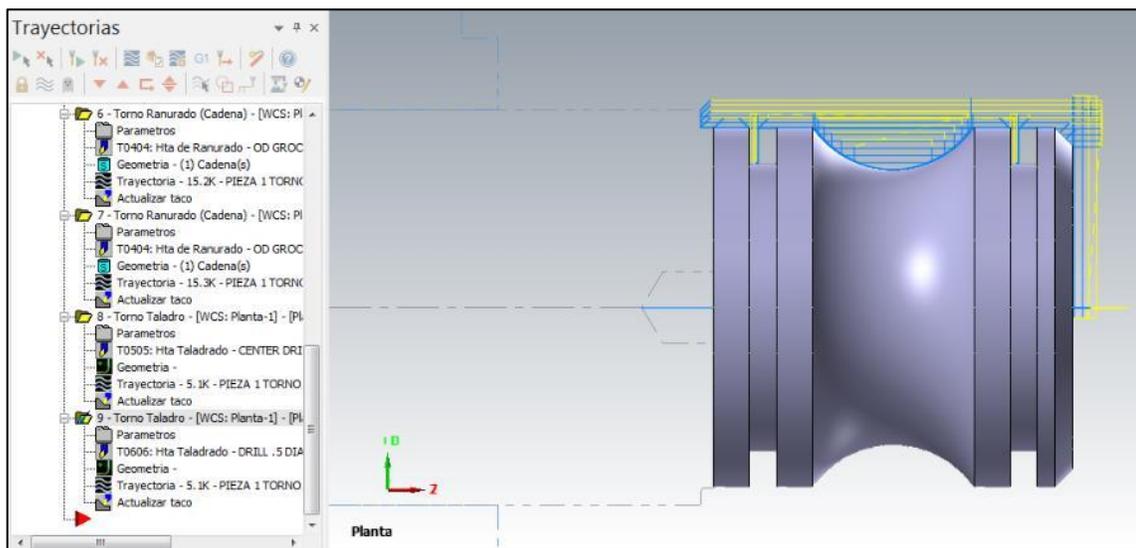


Figura 4.88 Trayectoria Taladro.

4.13 DESBASTE INTERIOR

En esta operación se va a realizar un desbaste para la parte interior de la pieza para ello se dirige al menú de **MECANIZADO** y se elige la opción de **Desbaste Torno** (figura 4.89).

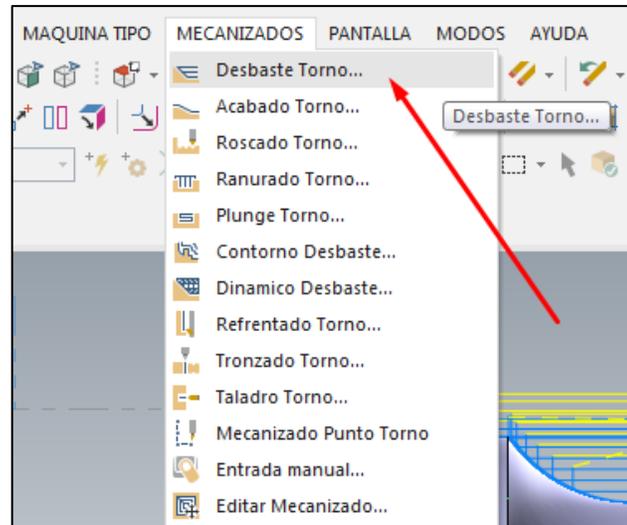


Figura 4.89 Desbaste Torno.

Se abrirá la ventana para seleccionar la trayectoria, para ello se selecciona la opción de **SÓLIDO** y se selecciona la trayectoria marcada por las líneas negras y se da clic en **OK** (figura 4.90).

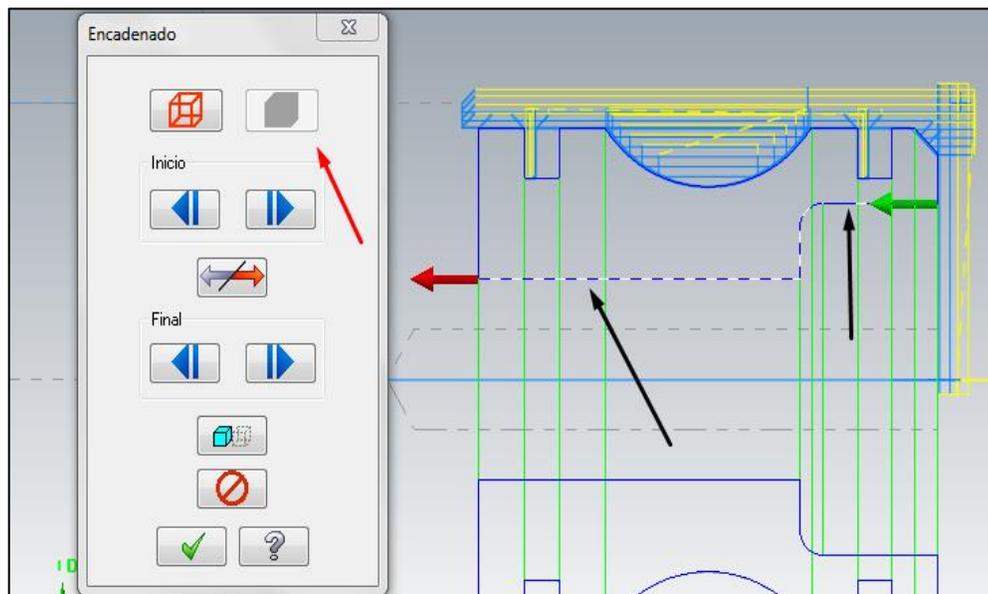


Figura 4.90 Encadenado.

Se abrirá la ventana de parámetros de trayectorias y desbaste, en **Parámetros de trayectorias** se elige la herramienta de **RO.0156 ID ROUGH MIN .375 DIAM- 75 DEG**, en **Posición de torreta** se le cambia el valor a **7** al igual que en **Max. RPM cabezal** a **5000**, activamos el refrigerante en la opción de **Coolant** (figura 4.91).

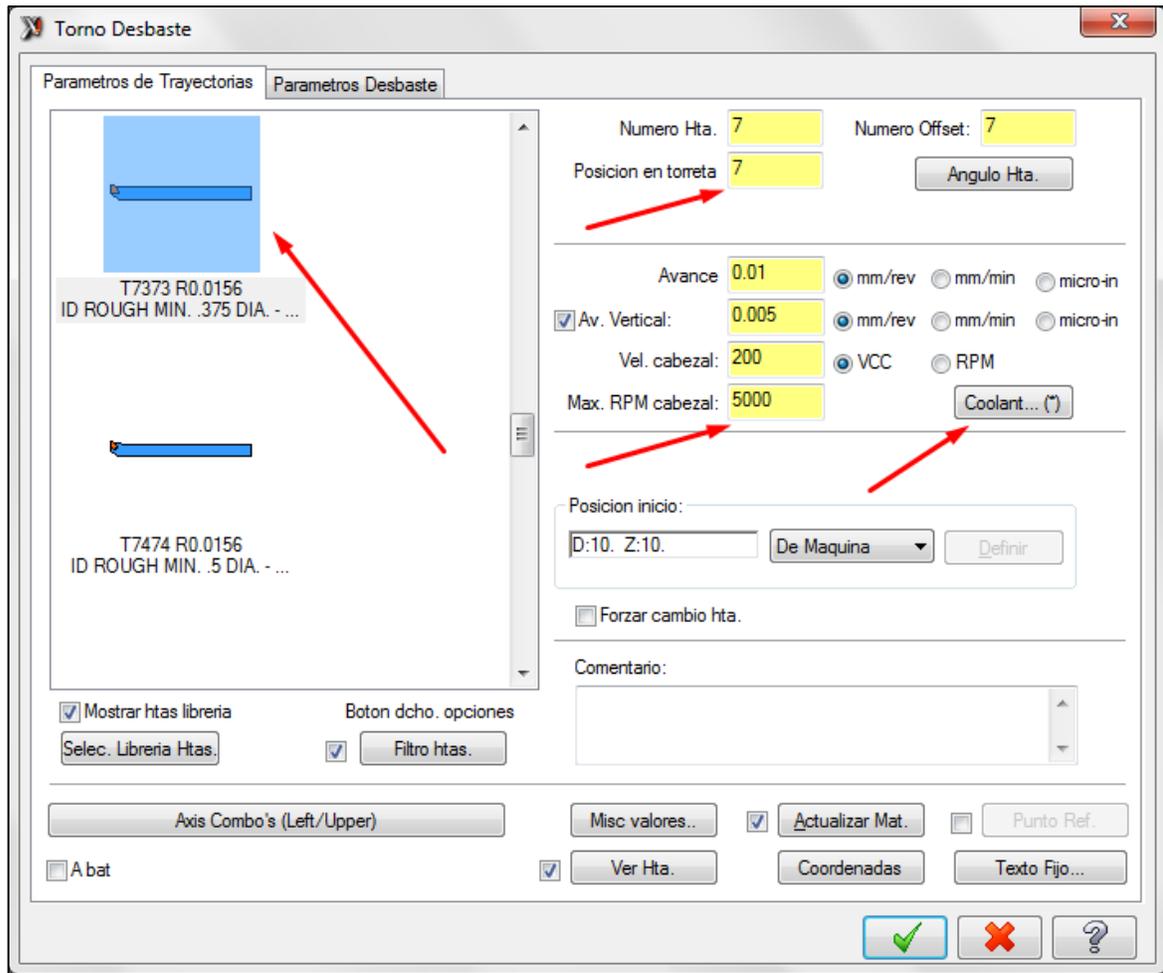


Figura 4.91 Parámetros de trayectorias.

Se da doble clic sobre la herramienta seleccionada para entrar a la ventana de **propiedades** de la misma, se despliega el menú de **Grueso**, se elige **1/32** y se da clic en **OK** (figura 4.92).

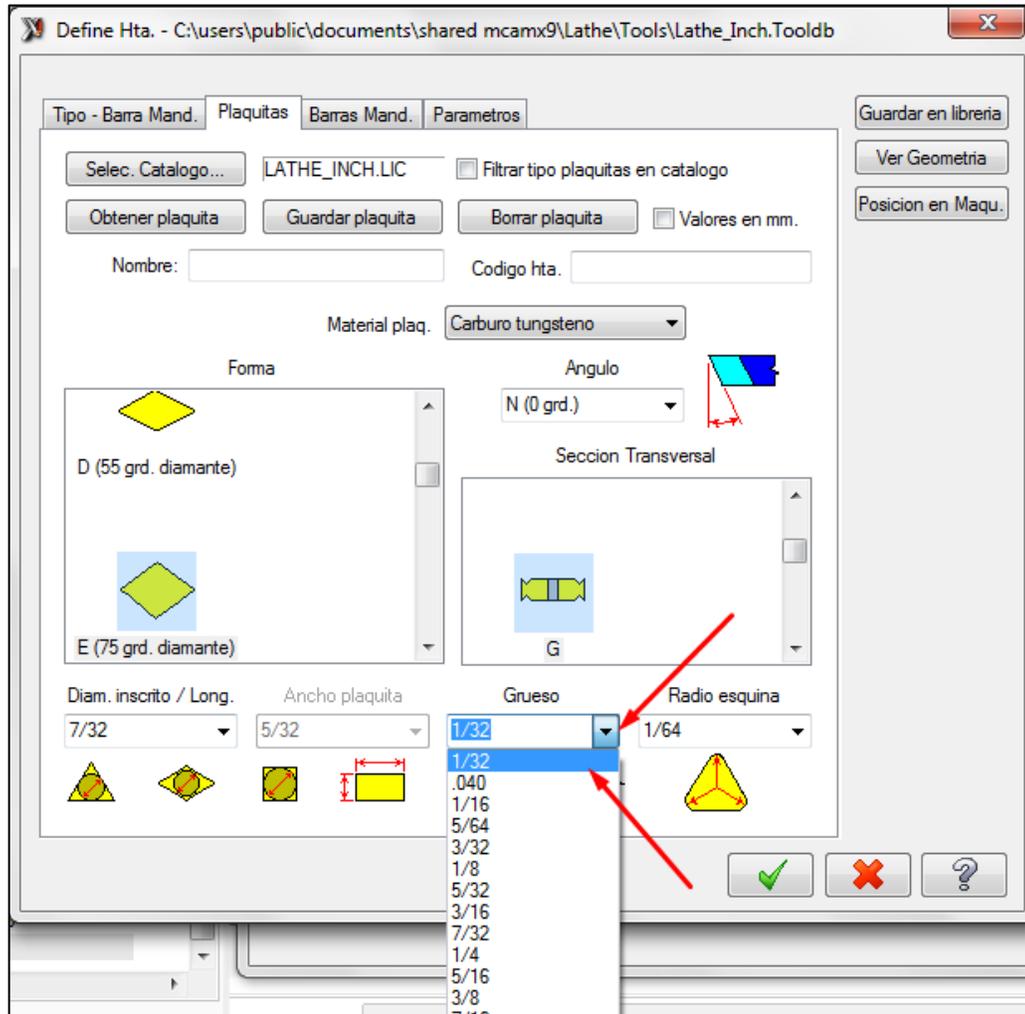


Figura 4.92 Plaquitas.

Ahora en **Parámetros de Desbaste** se introducen los valores indicados en la figura 4.93 y en el menú de **Reconocimiento material** se elige **Extender contorno solo hasta el taco** y se da clic la opción de **Entrada / Salida**.

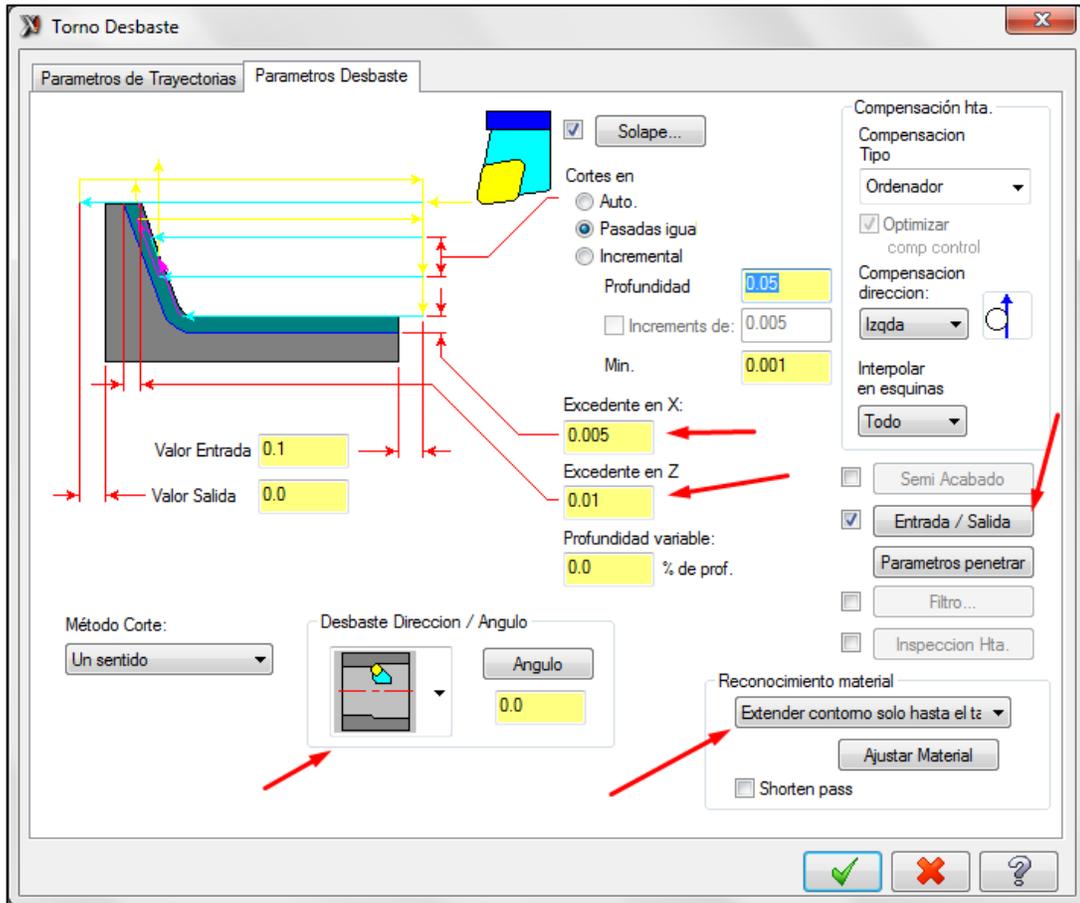


Figura 4.93 Parámetros de desbaste.

En la ventana de **Entrada / Salida** se dirige al apartado de **Salida**, se marca la opción de **Extender/acortar final contorno**, en **Valor** se introduce **0.1**, en **Ángulo** se le cambia el valor a **0.0**, en **Longitud** se le da un valor de **0.05** y se da clic en **OK** (figura 4.94) ahora en la ventana de **Parámetros Desbaste** se da clic en **OK**.

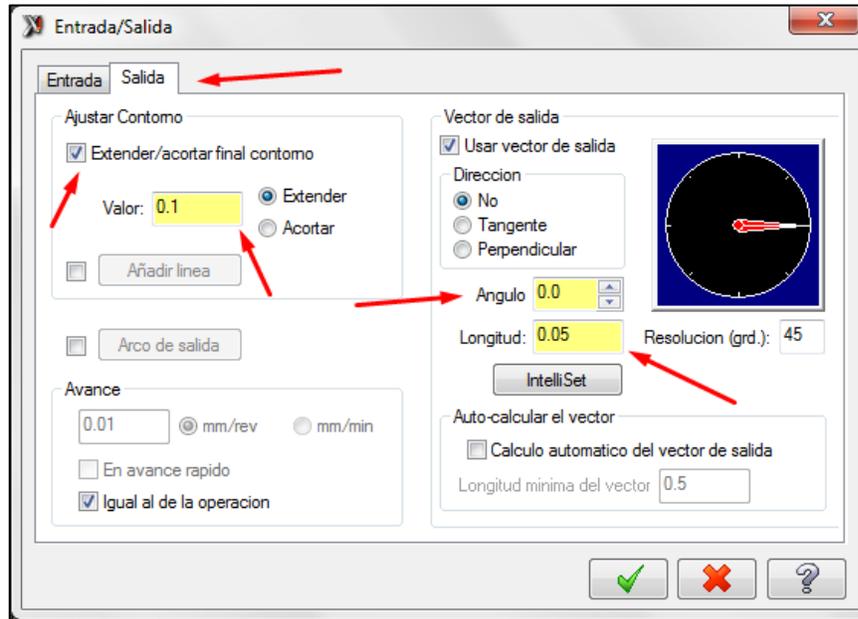


Figura 4.94 Salida.

Ahora si se cambia la vista de la pieza a una vista isométrica se observan las trayectorias del mecanizado (figura 4.95).

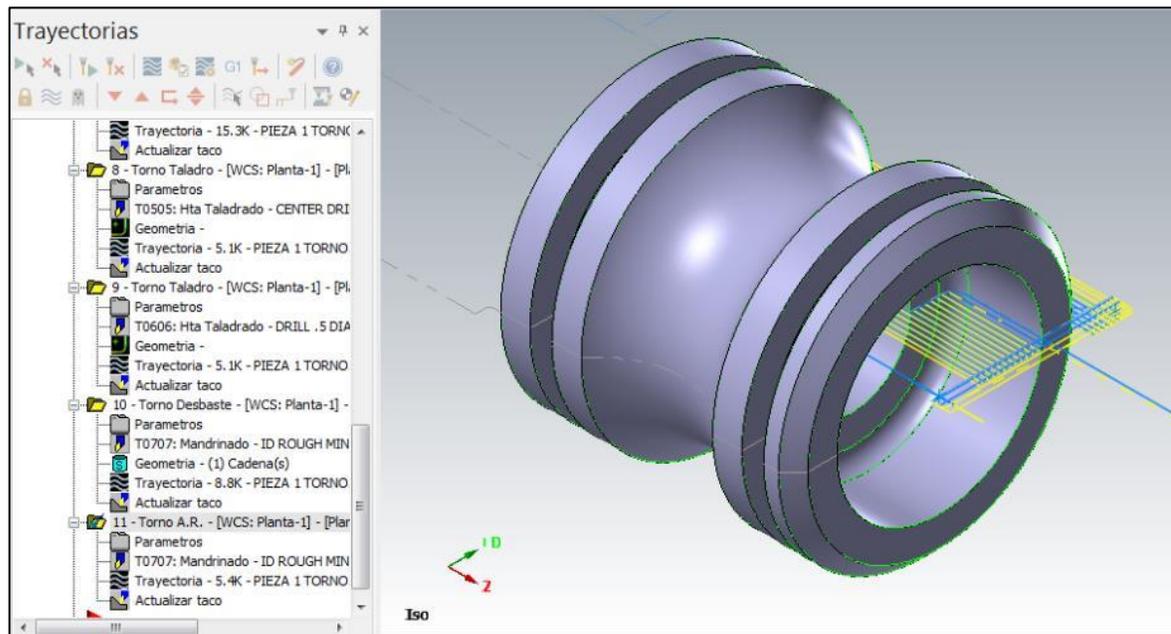


Figura 4.95 Trayectorias de desbaste interior.

4.14 ACABADO RÁPIDO INTERIOR

Para realizar la operación de acabado en el desbaste interior, se cambia la vista a **Planta** y se dirige al menú de **MECANIZADOS**, en el apartado de **Rápida** se selecciona la opción de **Acabado Rápido torno** (figura 4.96).

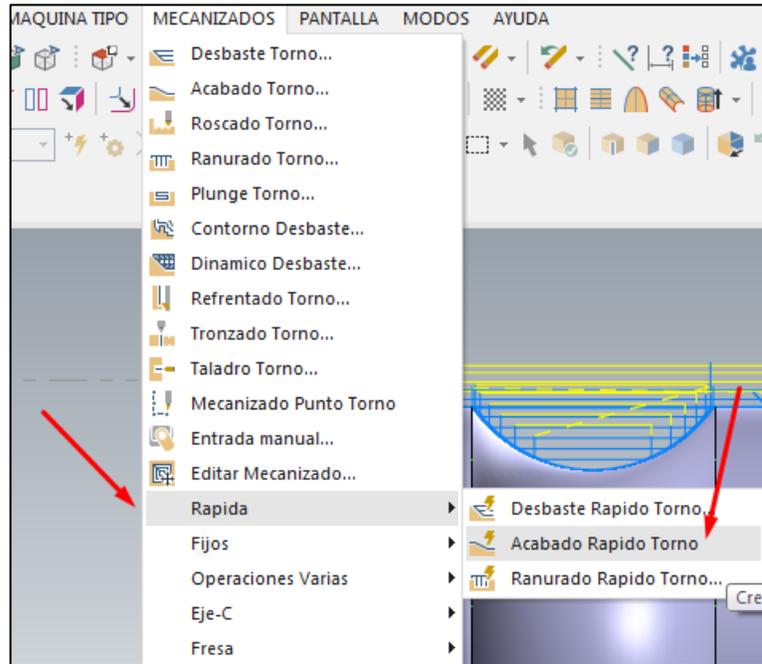


Figura 4.96 Acabado rápido torno.

Se abrirá la ventana parámetros de **trayectorias y desbaste**, en **Parámetros de trayectorias** se elige la herramienta de **RO.0156 ID ROUGH MIN .375 DIAM- 75 DEG** y se activa el refrigerante en la opción de **Coolant** (figura 4.97).

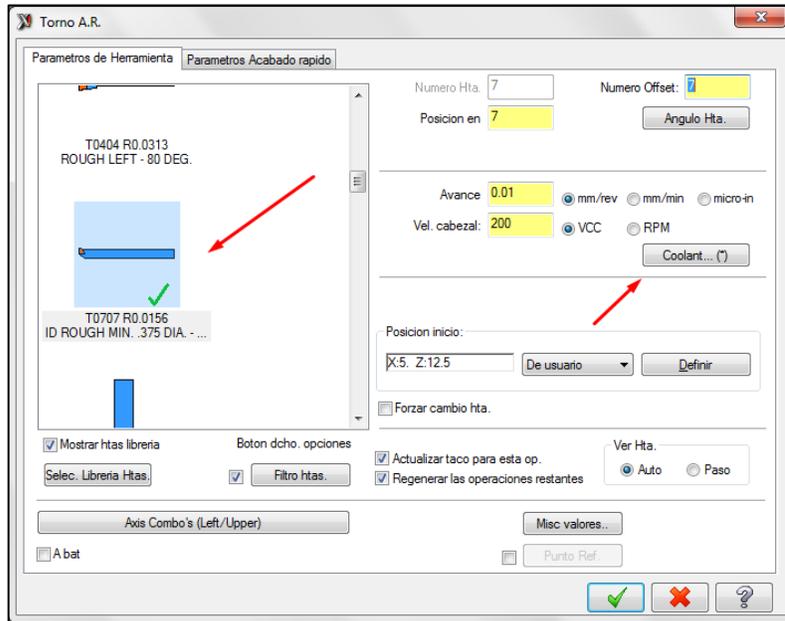


Figura 4.97 *Parámetros de herramienta.*

En el apartado de **parámetros de acabado rápido** se despliega el menú de **operación** y se selecciona la tercera opción, en el menú de **Dirección de acabado** se elige la opción de **interior** y se da clic en **Entrada / Salida** (figura 4.98).

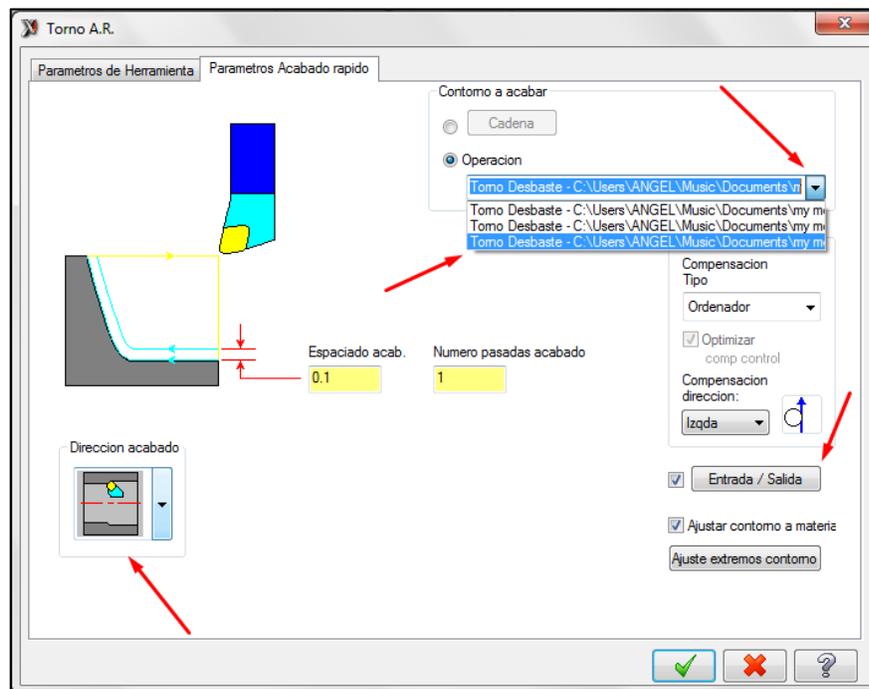


Figura 4.98 *Parámetros acabado rápido.*

En la ventana de **Entrada / Salida** se va al apartado de Salida, en **Ángulo** se le cambia el valor a **0** y se marca la opción de **Extender final contorno**, se introduce un valor de **0.1** y se da clic en **OK** (figura 4.99).

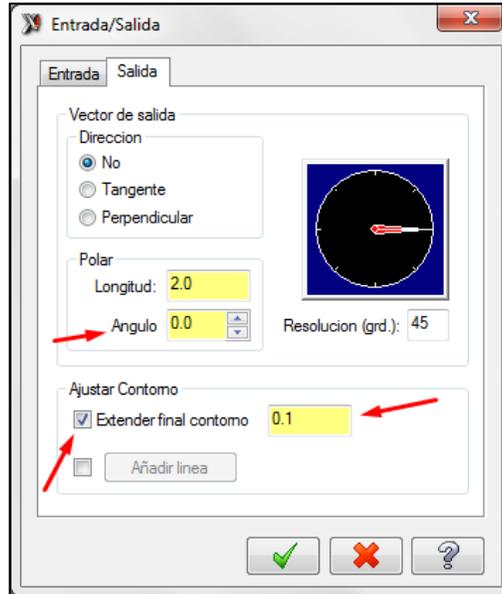


Figura 4.99 Salida.

En la figura 4.100 se observan las trayectorias del mecanizado del acabado interior.

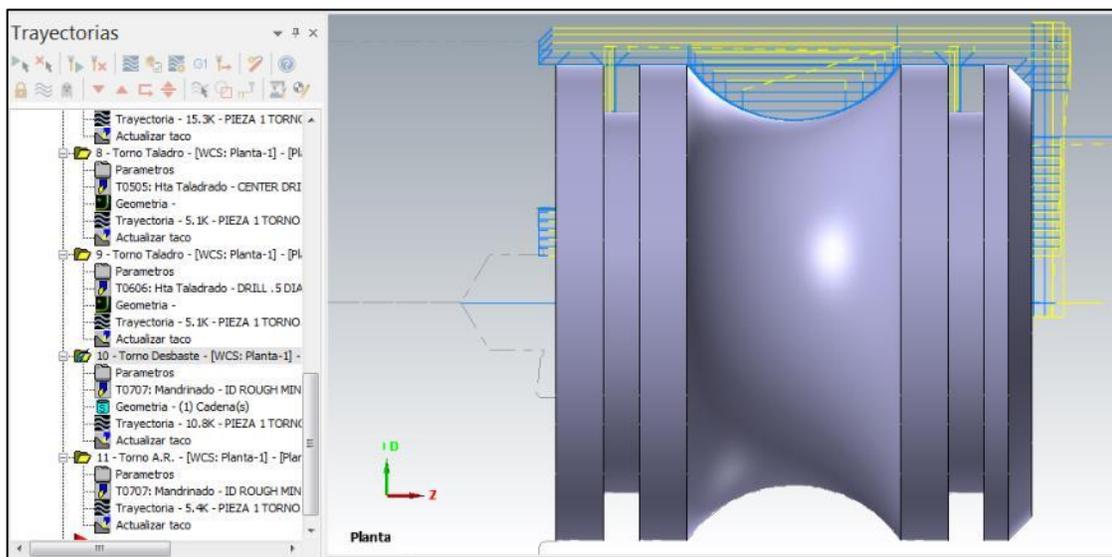


Figura 4.100 Trayectorias del acabado interior.

4.15 TRONZADO

La última operación del mecanizado es el tronzado final, para realizar esta operación se dirige al menú de **MECANIZADO** y se elige la opción de **Tronzado Torno** (figura 4.101).

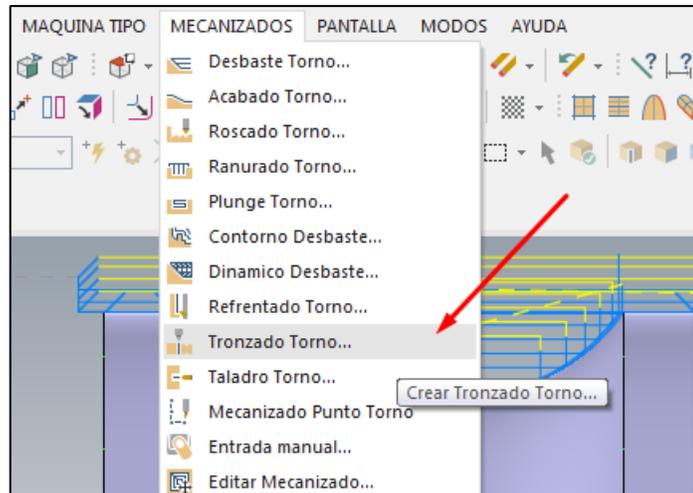


Figura 4.101 Tronzado.

Ahora se marca el vértice indicado en la figura 4.102.

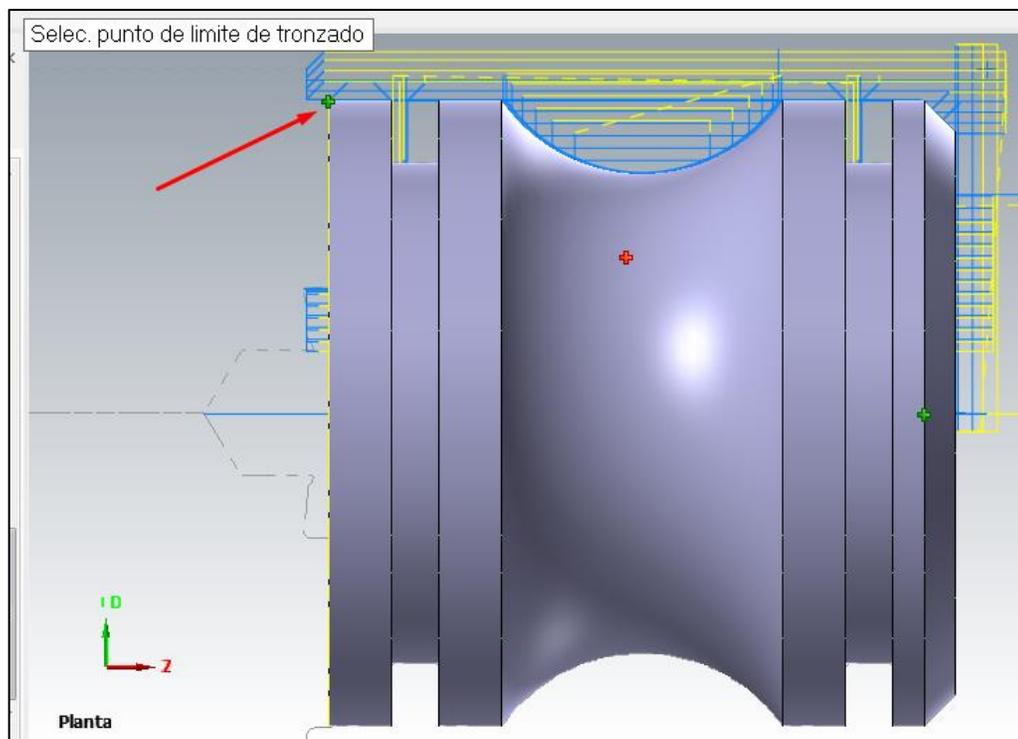


Figura 4.102 Seleccionar punto límite de tronzado.

Se abrirá la venta de **parámetros de trayectorias y tronzado**, en el apartado de **Parámetros de trayectorias** se elige la herramienta **W0.125 OD GROOVE RIGHT- NARROW**, en **Posición en torreta** se le cambia el valor a **8**, también en **Max. RPM cabezal** a **5000** y se activa el refrigerante en la opción de **Coolant** (figura 4.103).

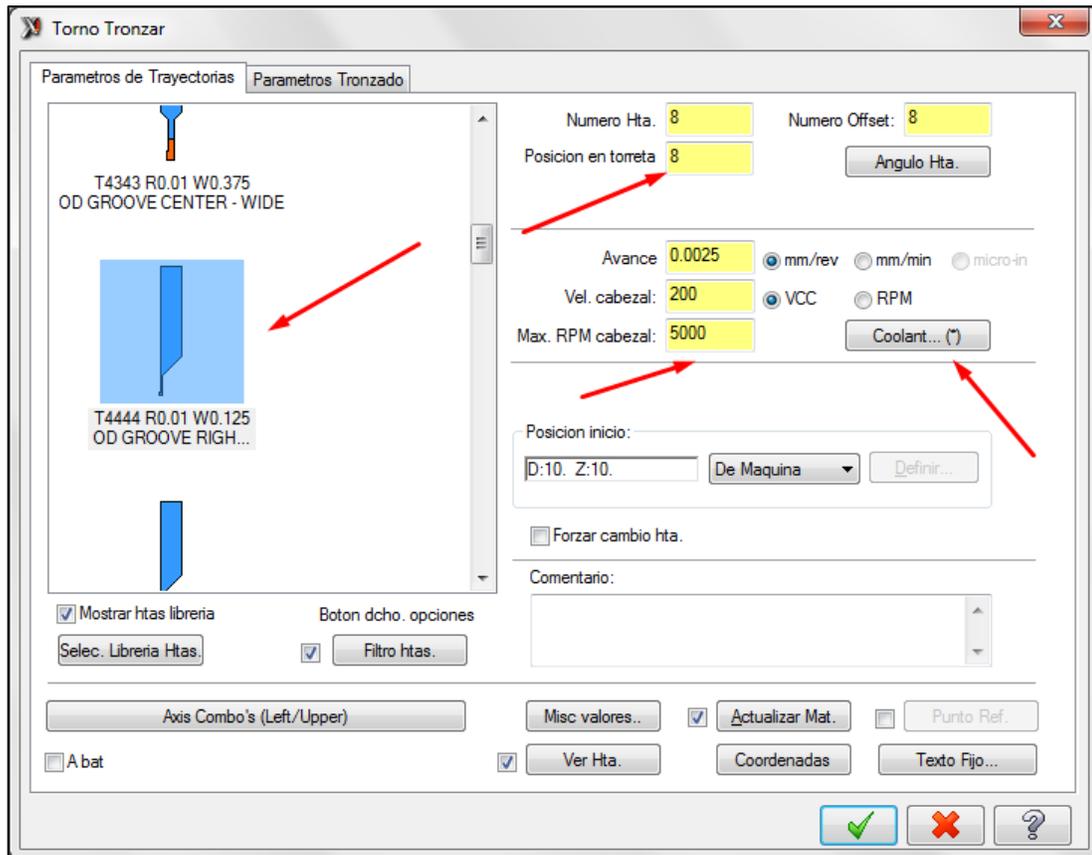


Figura 4.103 Parámetros de trayectorias.

En el apartado de **Parámetros Tronzado** se cambia el valor de **Punto final en X** a **0.4** y se da clic en **OK** (figura 4.104).

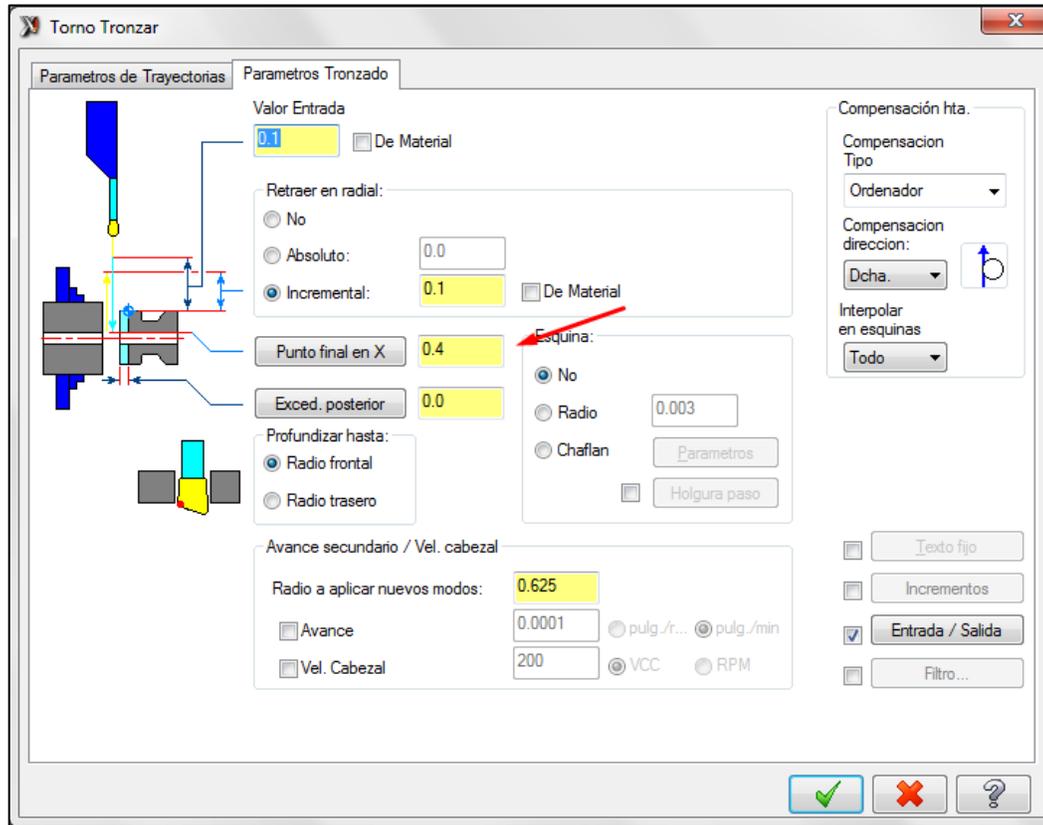


Figura 4.104 Parámetros tronzado.

En la figura 4.105 se puede observar la trayectoria del mecanizado de tronzado.

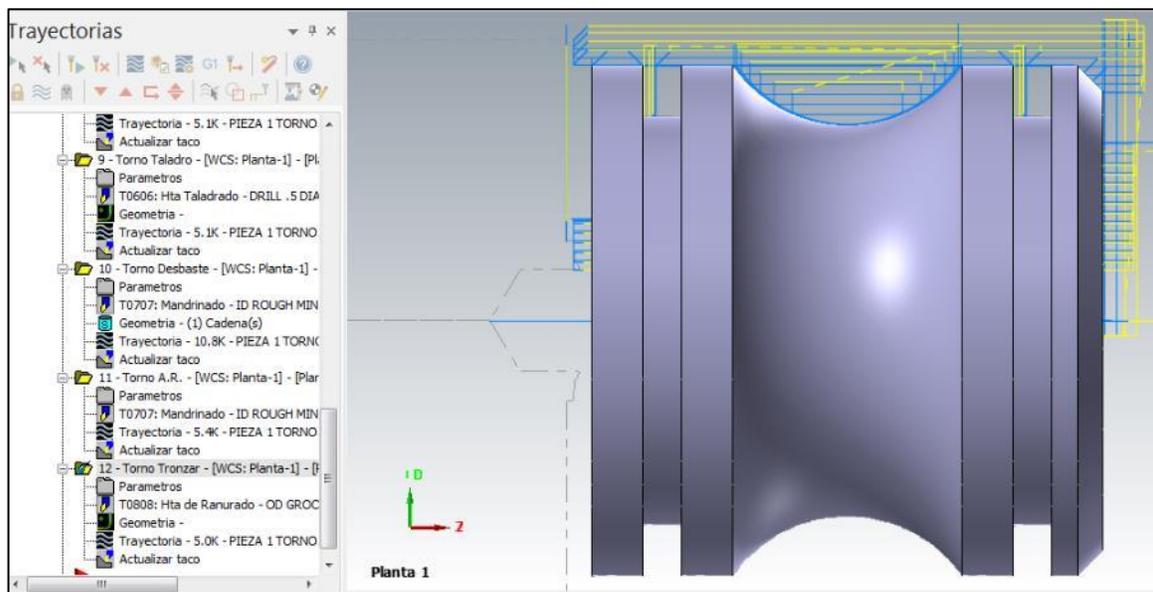


Figura 4.105 Trayectoria de tronzado.

4.16 SIMULACIÓN

Ya se tienen terminadas todas operaciones de mecanizado de la pieza, para ver una simulación rápida en 3D de las trayectorias de las herramientas se dirige al apartado de **trayectorias** y se marca la opción de **Selec. todas las operaciones** (figura 4.106) y luego se selecciona la opción de **Regenerar todas las op. seleccionadas** (figura 4.107).

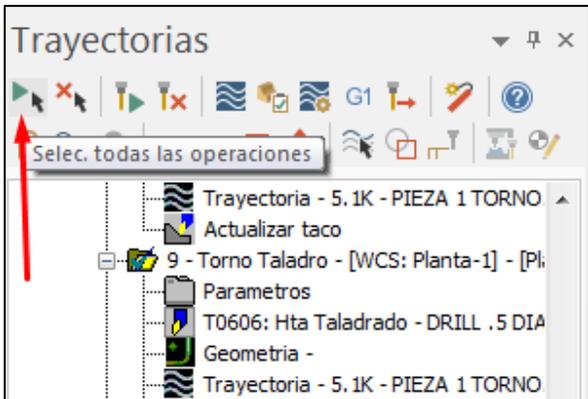


Figura 4.106 Seleccionar todas las op.

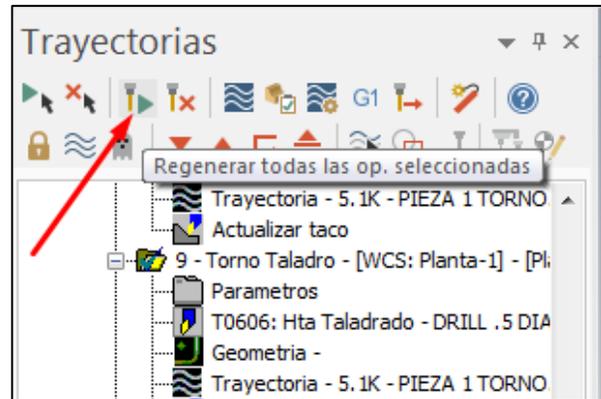


Figura 4.107 Regenerar todas las op.

Se observa cómo se simularon las trayectorias de las herramientas de una manera rápida, para ver una simulación en 3D se dirige al apartado de **TRAYECTORIAS** y se selecciona la opción de **Verificar operaciones seleccionadas** (figura 4.108)

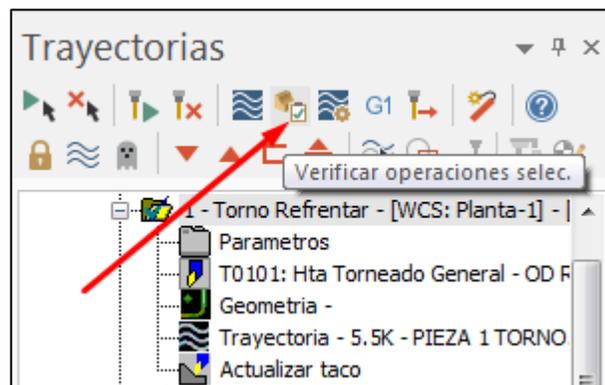


Figura 4.108 Verificar operaciones seleccionadas.

Ahora se abre la ventana de **Mastercam Simulator** (figura 4.109).

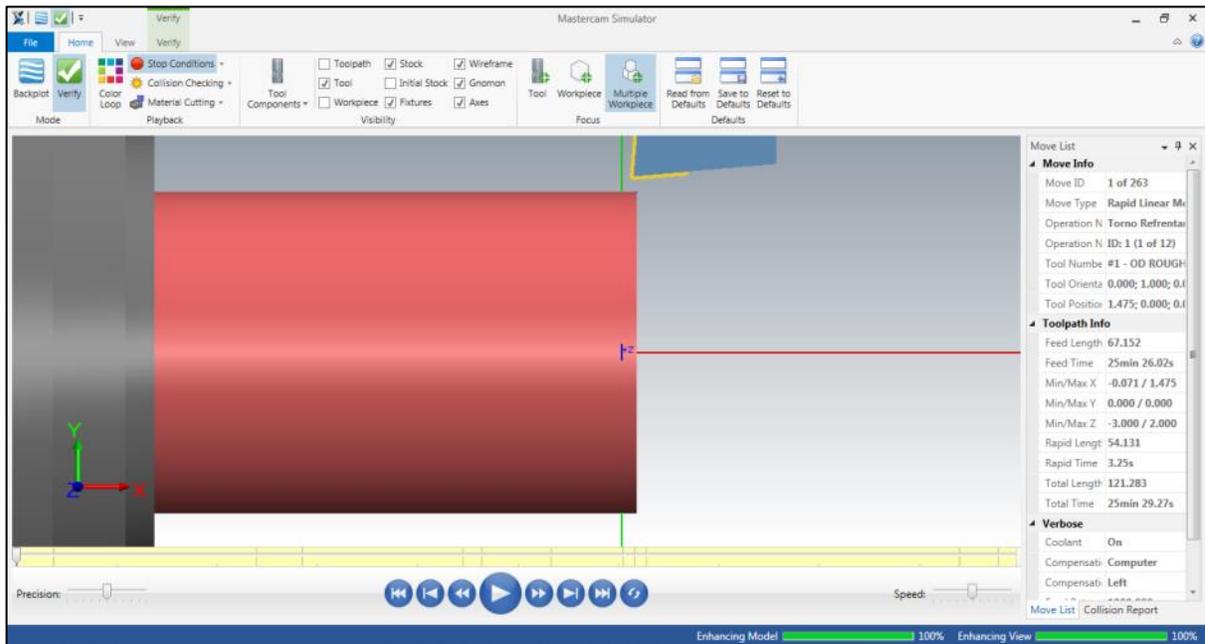


Figura 4.109 Mastercam Simulator.

Dentro de esta ventana se selecciona la opción de **Color Loop** y en el menú **Stop Conditions** se marca la opción de **Collision** (figura 4.110).

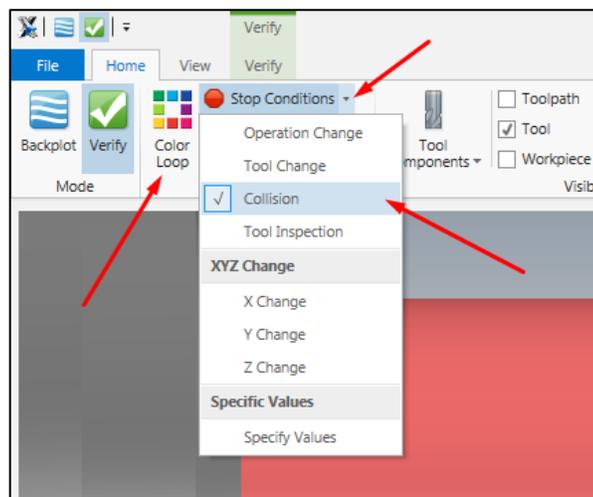


Figura 4.110 Stop Conditions.

Se da clic en el botón de **Play** y se observa cómo se lleva a cabo la simulación del mecanizado en 3D, para que se lleve a cabo más lento o más rápido se desplaza la **barra de velocidad** (figura 4.111) y para salir de la pantalla se da clic en **cerrar**.

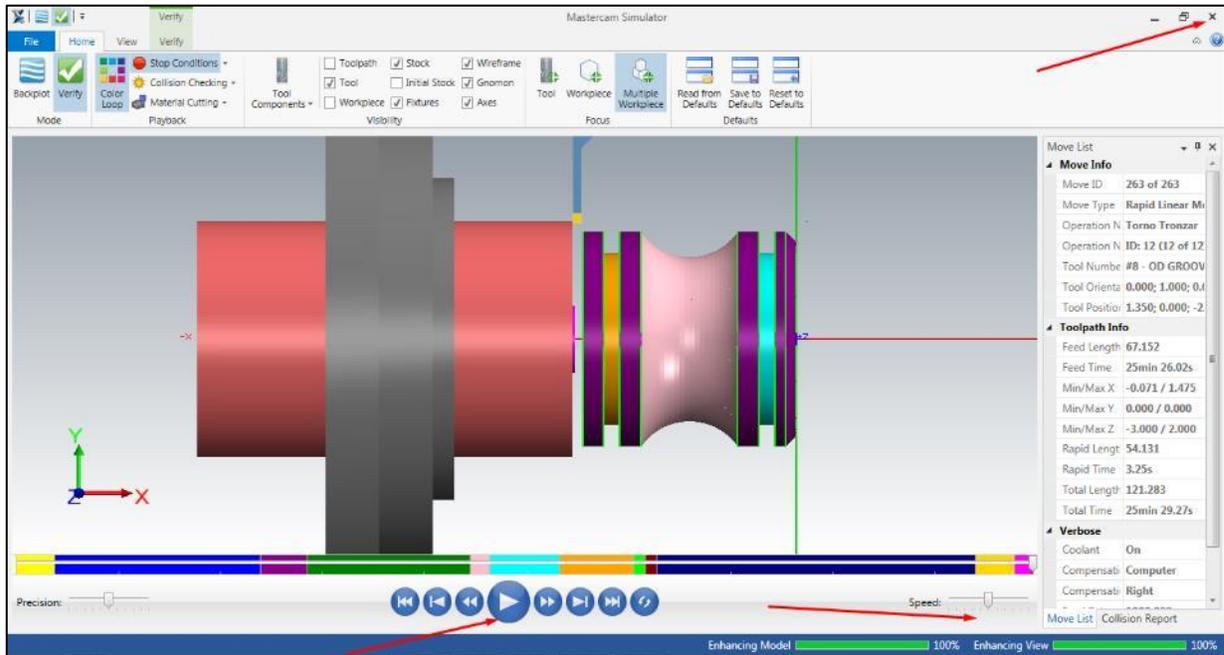


Figura 4.111 Simulación completa.

4.17 PROGRAMACIÓN EN CODIGO ISO

Por último para generar el **código G** se dirige al apartado de **TRAYECTORIAS** y se selecciona la opción de **Post. Operaciones seleccionadas** (figura 4.112).

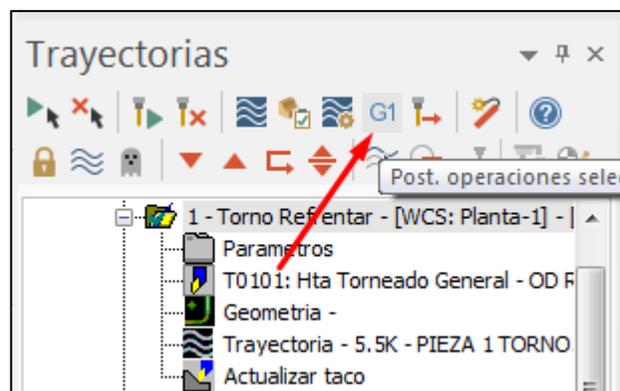


Figura 4.112 Post. Operaciones seleccionadas.

Se abre la venta de **Postprocesado**, se da clic en **OK** (figura 4.113)

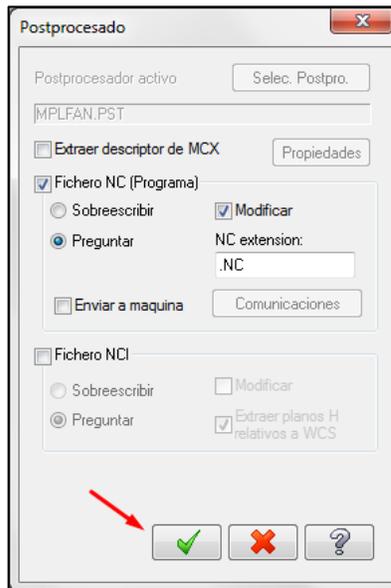


Figura 4.113. Postprocesado.

Se abre la ventana para guardar el archivo de **Postprocesado**, se busca una ubicación para guardar, se guarda con el nombre que tiene por defecto y se da clic en **Guardar** (figura 4.114).

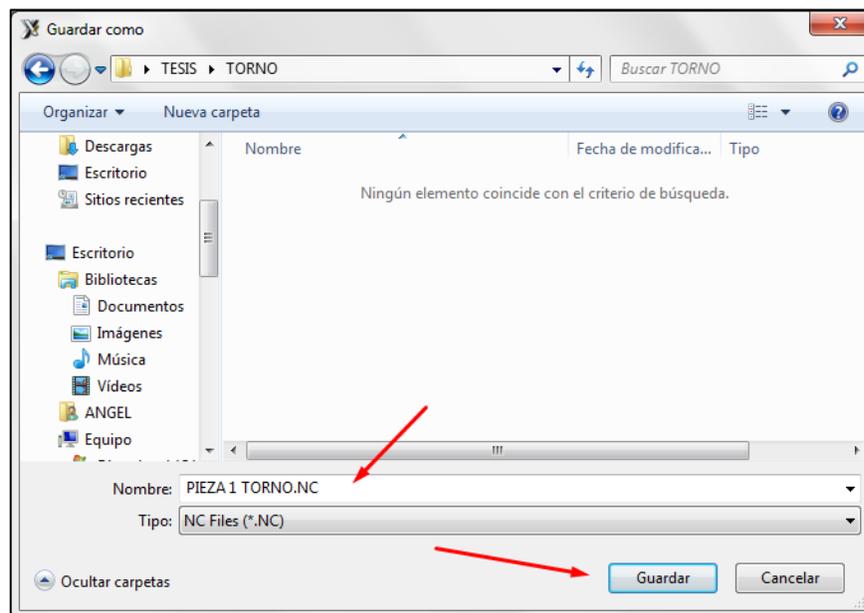


Figura 4.114 Guardar como.

Se abre la ventana de **Mastercam Code Expert** que muestra el código G de todo el mecanizado (figura 4.115) y para transferir el código a un torno CNC se da clic en la opción de **Send** (figura 4.116).

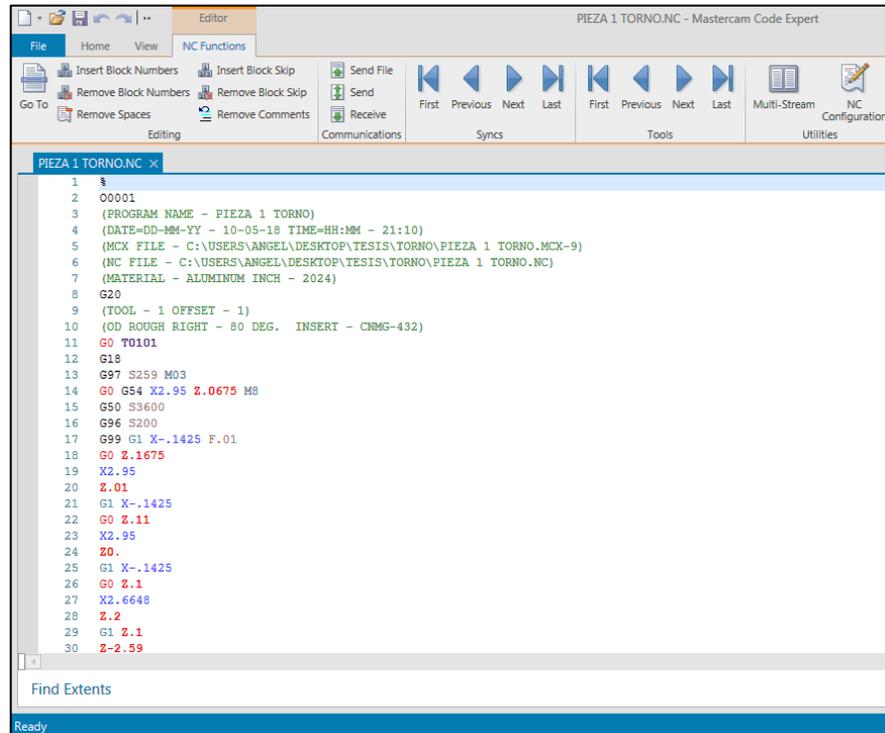


Figura 4.115 Mastercam Code Expert.

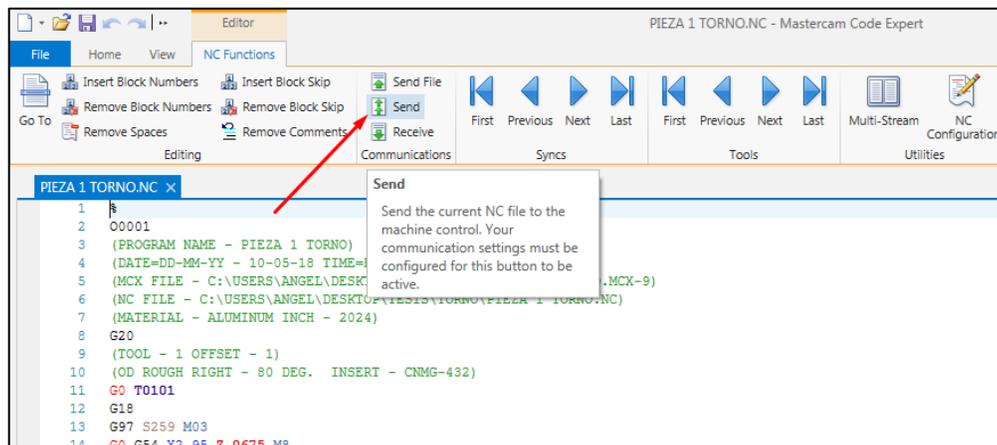


Figura 4.116 Send.

Con esto se tiene terminado el mecanizado de torno de una pieza importada de SOLIDWORKS a MASTERCAM.

CAPITULO 5

DISEÑO EN MASTERCAM

Mastercam ofrece una serie de herramientas para diseñar modelados en 2D y 3D lo que lo convierte en una poderosa herramienta dentro del ámbito de diseño y mecanizado.

Se va a realizar el diseño de una pieza en 3D paso a paso y a la cual se le realizara las operaciones de mecanizado en fresadora para que se obtenga su código de programación (figura 5.1)

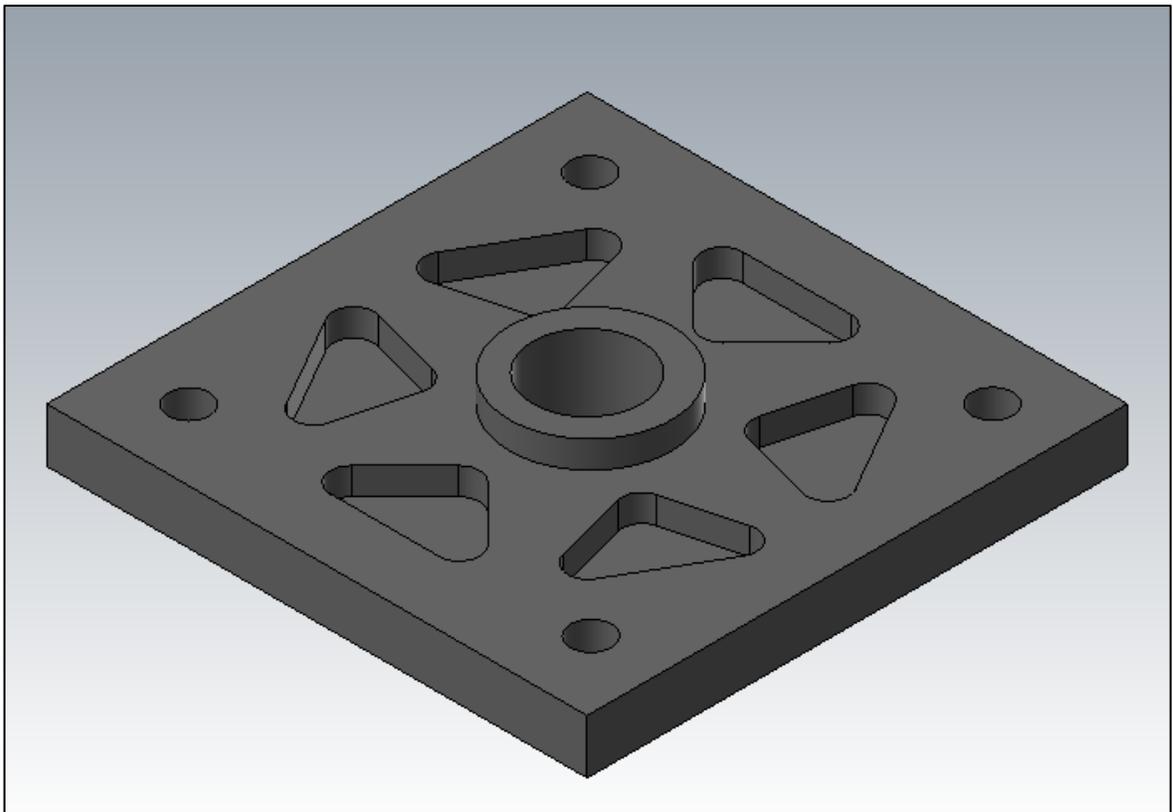


Figura 5.1 Pieza a modelar.

5.1 PARÁMETROS.

Antes de comenzar a dibujar, se tienen que configurar ciertos parámetros que hacen referencia a las unidades de medida, para ello al iniciar el programa se puede ver en la parte inferior derecha las unidades en las que está por default que son en milímetros (figura 5.2).

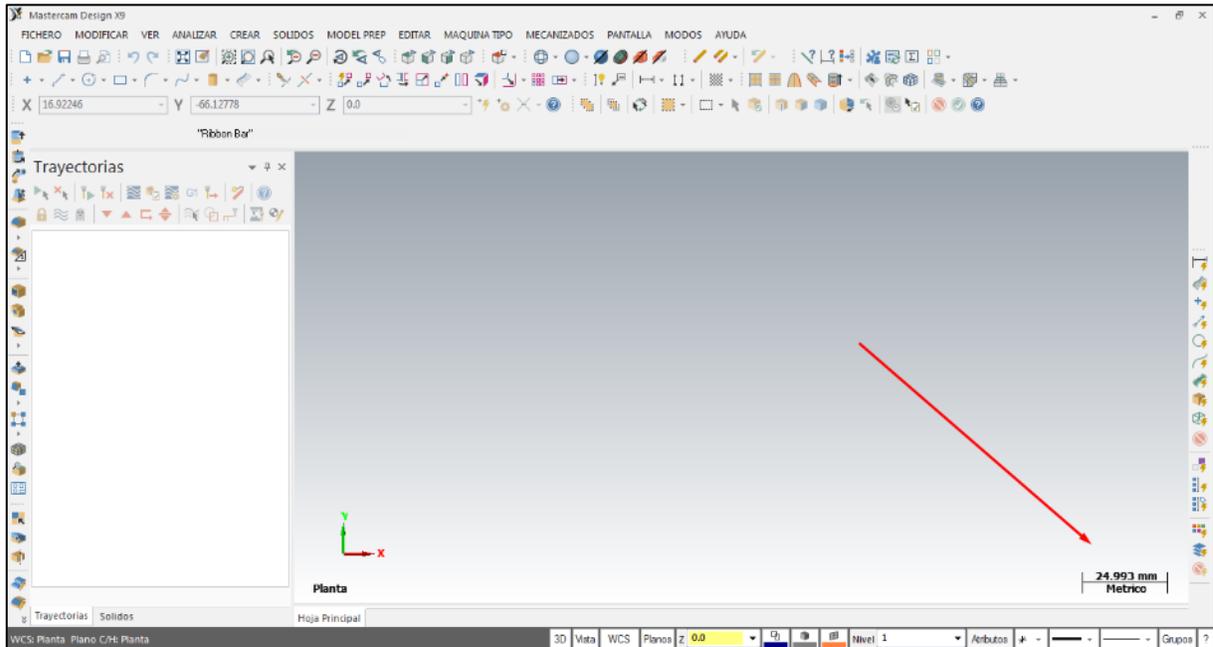


Figura 5.2 Pantalla de inicio.

Para cambiar las unidades se dirige al menú de **MODOS** y luego se selecciona la opción de configuración (figura 5.3).

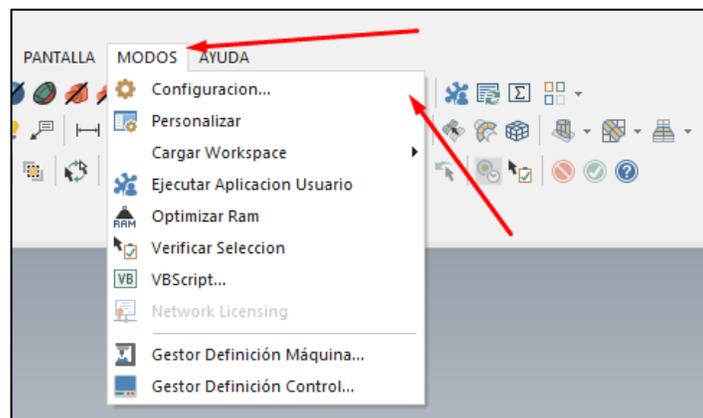


Figura 5.3 Menú MODOS.

Se abrirá la ventana de **Configuración del sistema**, se dirige al apartado de **ANALIZA** y dentro de este apartado en el menú de **Unidades para Analizar** se selecciona **Pulgadas**, en el

menú de **Actual** se selecciona la opción de <Ingles> y se da clic en **OK** que es la palomita verde (figura 5.4).

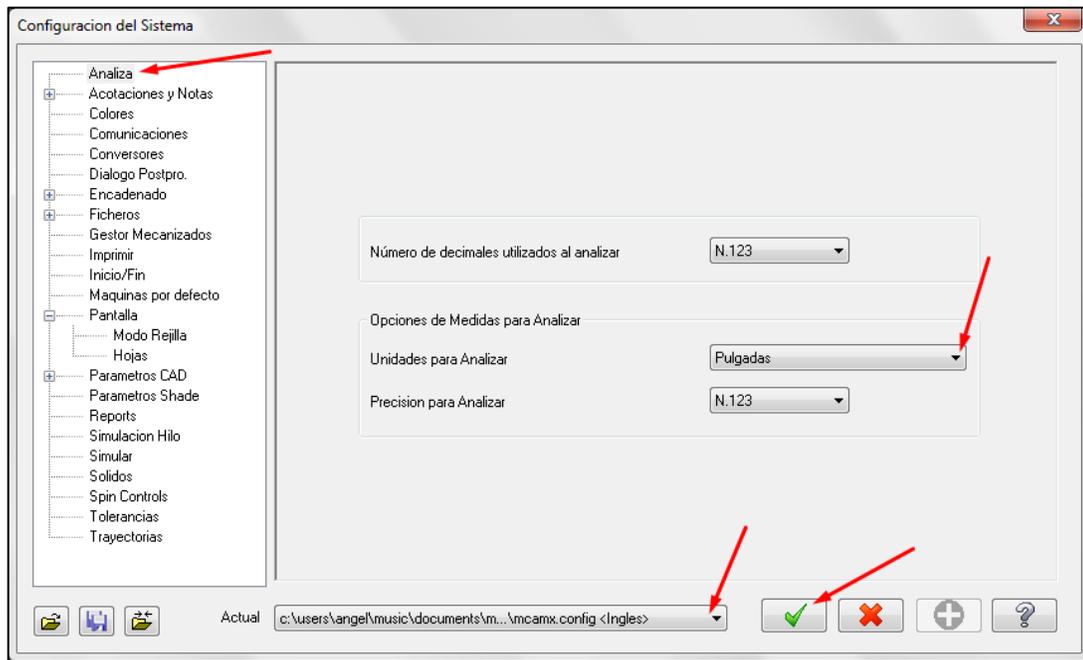


Figura 5.4 Analiza.

Ahora se puede ver como cambiaron las unidades de medida a pulgadas en el área de trabajo (figura 5.5).

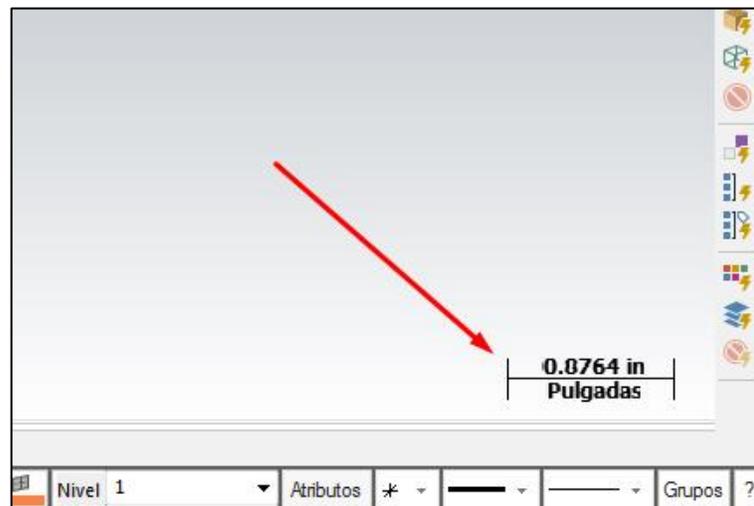


Figura 5.5 Unidades en pulgadas.

Para tener un origen de referencia se presiona la tecla F9 y aparecerá una cruz en la cual la intersección de esta, es el origen de las coordenadas iniciales (figura 5.6).

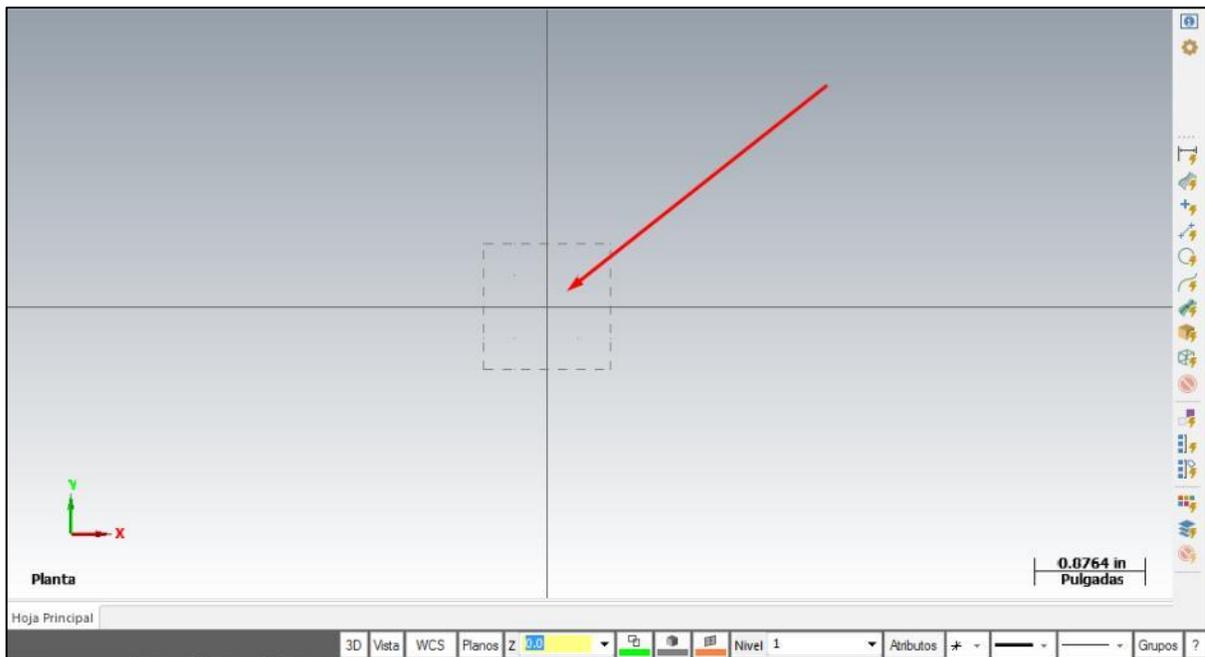


Figura 5.6 Eje inicial de coordenadas.

5.2 CROQUIS.

El primer trazo que se va a realizar será un cuadrado para ello se dirige a la opción de crear rectángulo (figura 5.7).

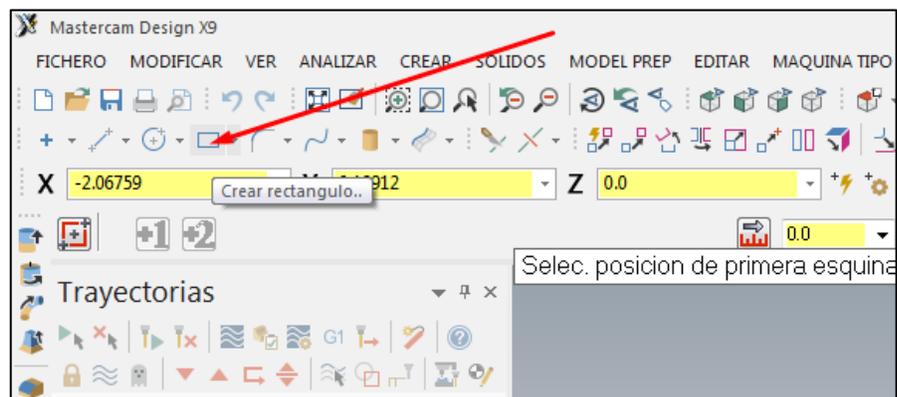


Figura 5.7 Crear rectángulo.

Ahora para indicar el punto donde se va a iniciar con el trazo, se posiciona el cursor en el origen de las coordenadas y se da un clic, se desplaza el cursor en forma diagonal hacia arriba y a la derecha y se da clic en el espacio de trabajo en blanco, se introducen las medidas de **5** en **Grueso** y **5** en **Altura**, y finalmente se da clic en **OK** (figura 5.8).

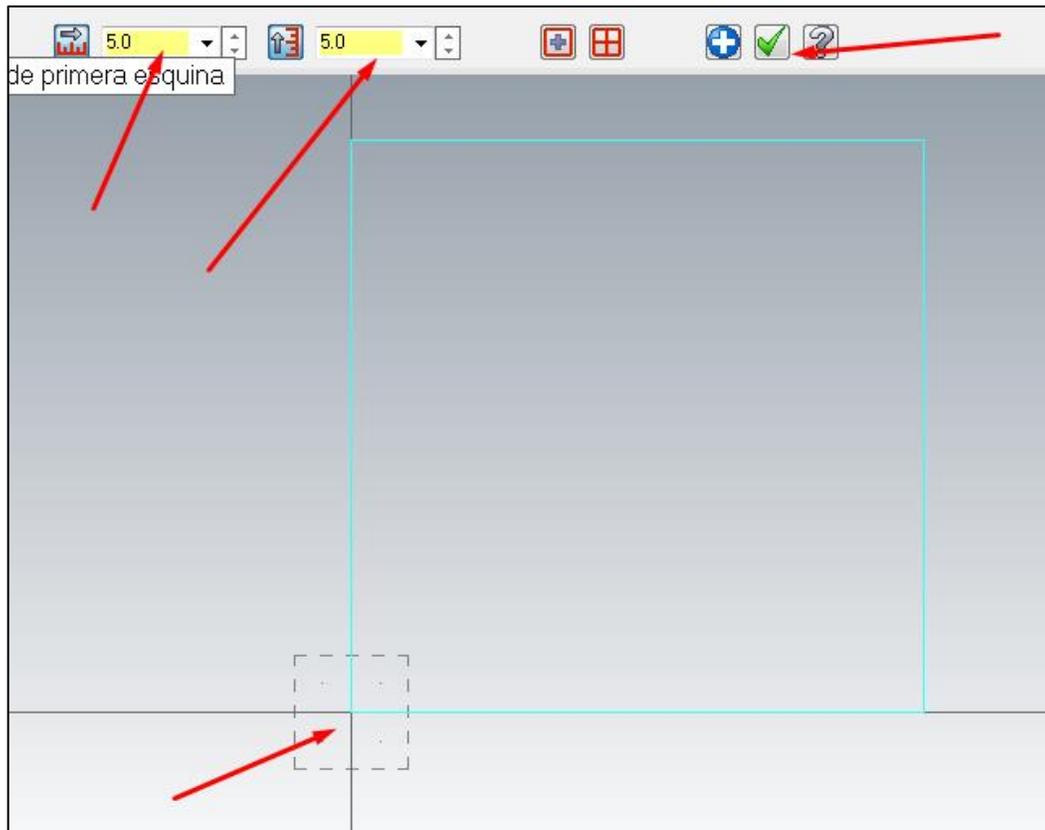


Figura 5.8 Dimensionado de cuadrado.

Ya se tiene el cuadrado trazado, ahora se trazarán dos círculos en el centro del cuadrado para ello se dirige a la opción de **Círculo**, se introduce un valor de **1.5** para el diámetro, se introduce la ubicación de **2.5** en las coordenadas **X** y **Y** y **0** en **Z**, se teclea un enter y sigue activa la función de círculo, para trazar el segundo círculo se da un clic en el centro del primer círculo trazado y se da un valor de **1**, para terminar, se da clic en **OK** (figura 5.9).

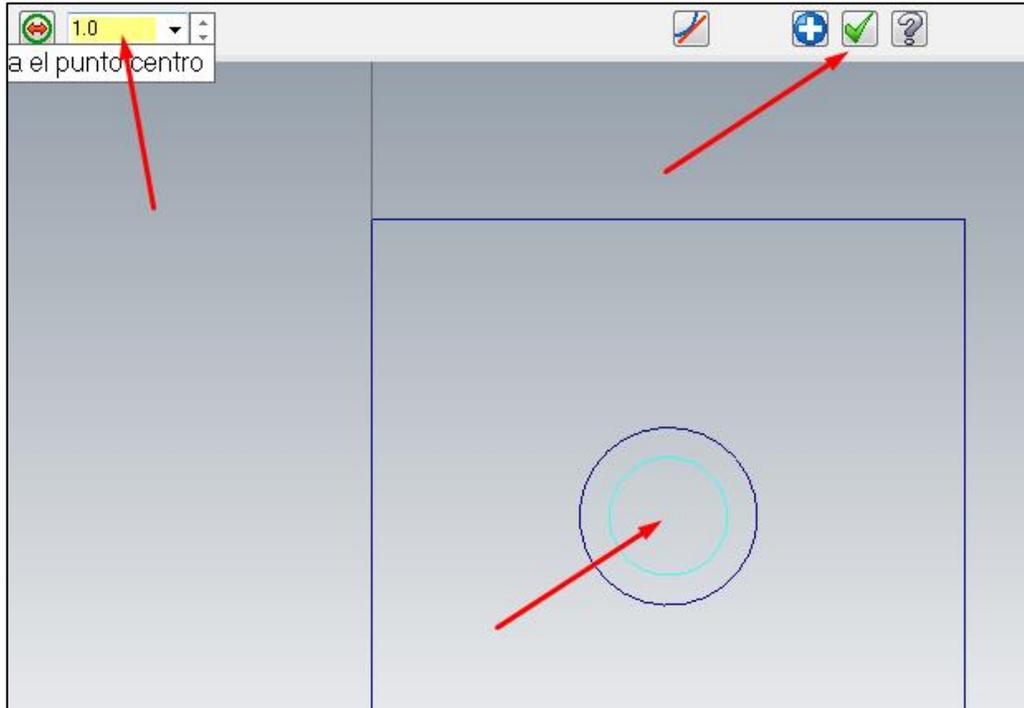


Figura 5.9 Círculos.

Se van a trazar cuatro círculos pequeños e iguales dentro del cuadrado, para ello se selecciona la opción de **círculo**, se introduce un valor de **0.375** para el diámetro, para posicionarlo se introducen los valores de **4.375** en **X**, **Y** y **0** en **Z**, se teclaea un enter y por último se da clic en **OK** (figura 5.10).

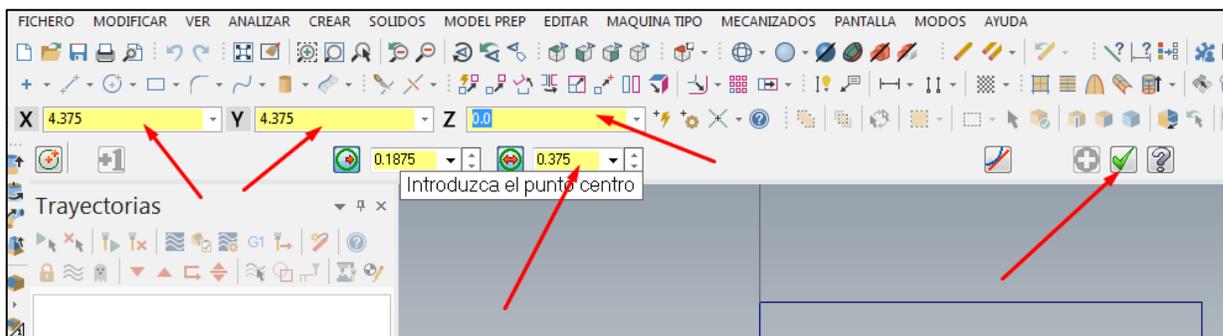
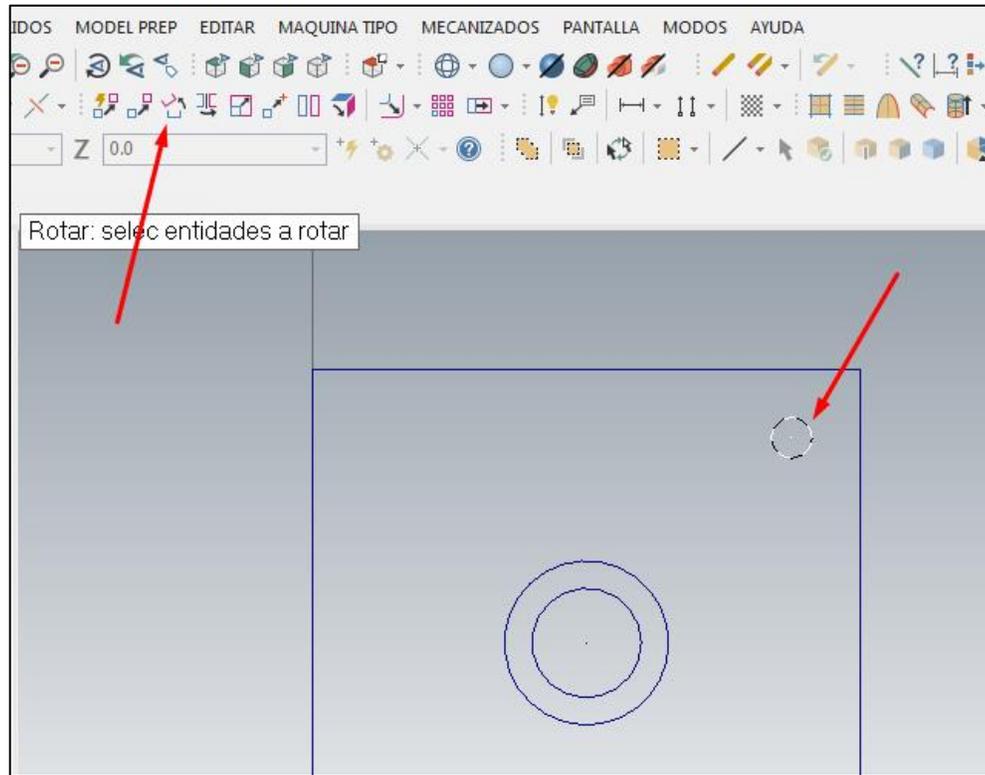


Figura 5.10 Círculo de 0.375 diam.

Teniendo este círculo trazado, ahora se tomará como referencia para crear otros tres círculos, para ello se selecciona la función de **Editar Rotar**, se selecciona el círculo pequeño y se da tecla enter (figura 5.11).



5.11 Editar rotar.

Se abrirá la ventana de rotar, en ella se marca la opción de **Copiar**, en # se introduce un valor de **3**, en **ángulo** se introduce un valor de **90**, se marca la opción de **Rotar** y para definir el centro del origen de la rotación, se da clic en la opción de **Definir punto centro de rotación** y se selecciona el centro de los círculos y se da clic en **OK** (figura 5.12).

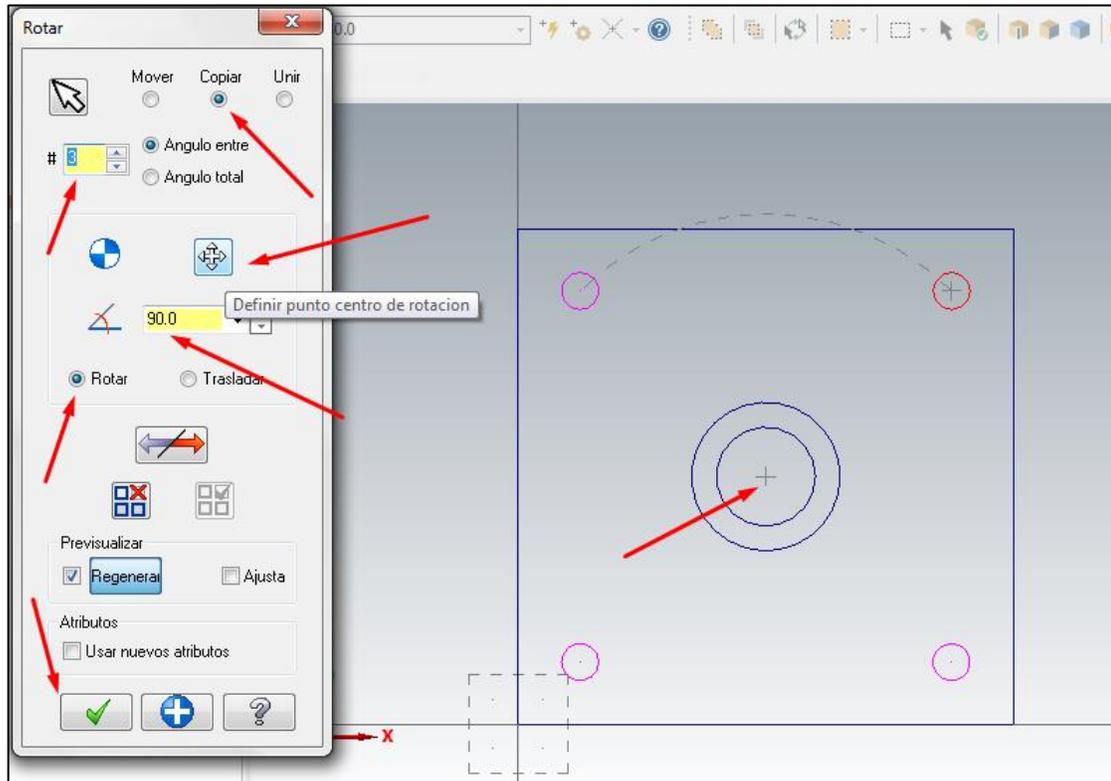


Figura 5.12 Rotar.

Ahora se van a trazar unas figuras dentro del rectángulo para ello se selecciona la opción de **círculo**, se le da un valor de **0.375** de **radio**, se introducen los valores de **3** en **X**, **4.25** en **Y** y **0** en **Z**, se teclaea **enter**, y con el comando activo se vuelve a trazar otro círculo del mismo valor de diámetro pero con valores en las coordenadas de **2** en **X**, **4.25** en **Y** y **0** en **Z**, se teclaea enter y siguiendo con el comando activo, se traza otro círculo del mismo diámetro con los valores en las coordenadas de **2.5** en **X**, **3.75** en **Y** y **0** en **Z**, se teclaea enter y luego clic en **OK** (figura 5.13).

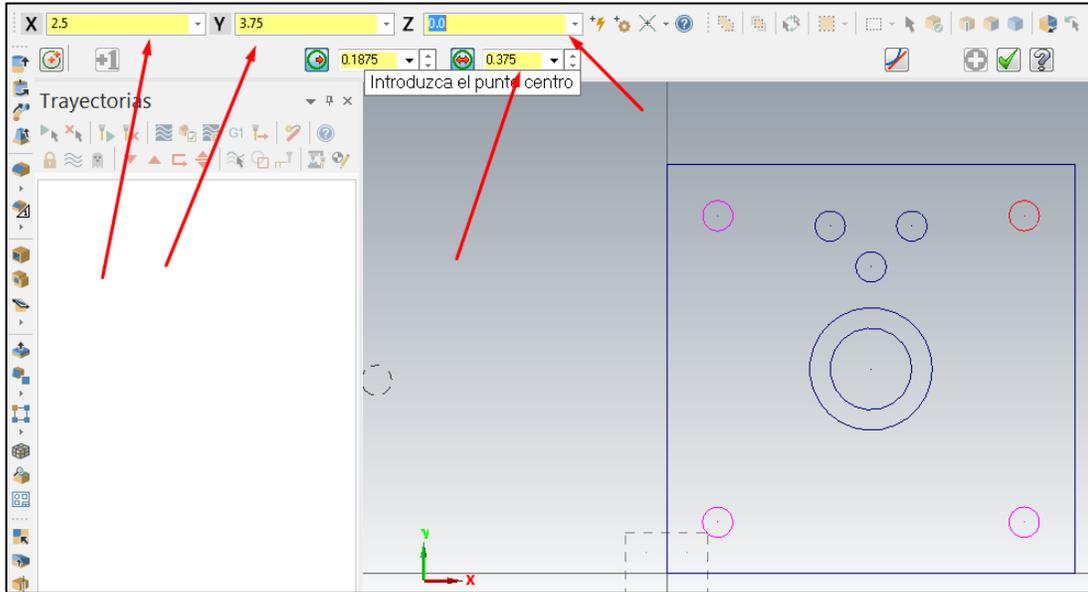


Figura 5.13 Trazado y ubicación de círculos.

Para continuar con esta figura se trazan unas líneas que se unan en los centros de estos tres círculos, para ello se selecciona la opción de **línea**, se da clic en el centro del círculo superior izquierdo y luego se da clic en el centro del círculo superior derecho, nuevamente se da clic en el centro del círculo superior derecho y se da clic en centro del círculo inferior, nuevamente se da clic en el centro del círculo inferior y se da clic en centro del círculo superior izquierdo y se da clic en **OK** (figura 5.14)

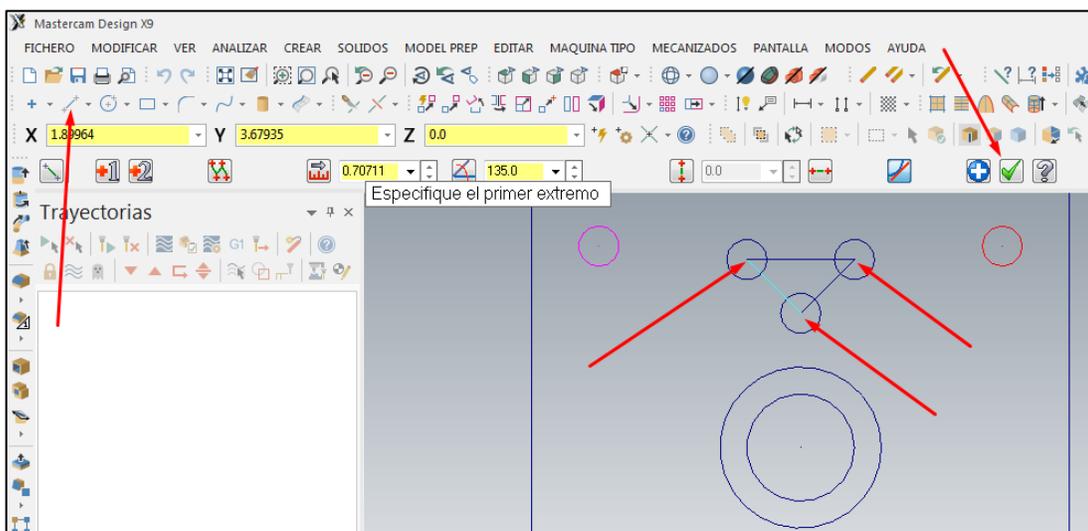


Figura 5.14 Líneas en centros de círculos.

A continuación, se realizará un duplicado de estas líneas a una cierta distancia para ello se va al menú de **offset** y se selecciona la opción de **Editar Offset** (figura 5.15)

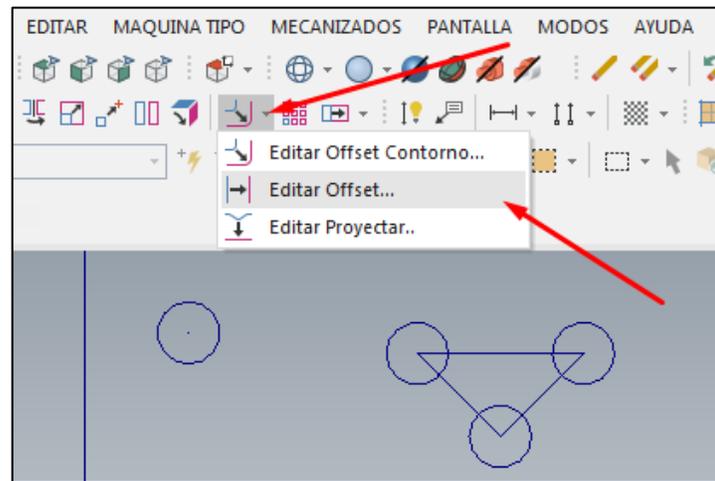


Figura 5.15 Editar offset.

Se abrirá la ventana de **Offset**, se marca la opción de **Copy**, se introduce un valor de **0.1875** y se van seleccionando las líneas de una en una y se desplaza el cursor hacia la dirección indicada por las flechas verdes de la figura 5.16 y se da clic en el espacio de trabajo en blanco, cuando se hallan hecho las copias de las tres líneas se da clic en **OK**.

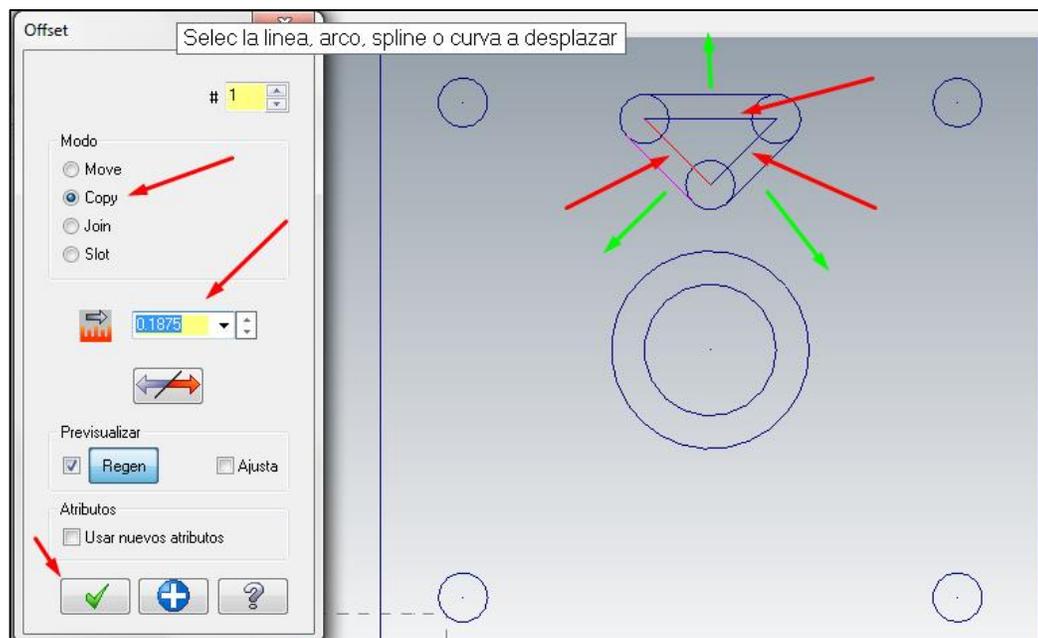


Figura 5.16 Offset.

Ahora se van a borrar las líneas del interior de esta nueva figura para ello se selecciona la opción de **Ajustar/Romper/Extender**, luego se selecciona la opción de **divide/borra** y se seleccionan las líneas interiores como se muestra en la figura 5.17 y se clic en **OK**.

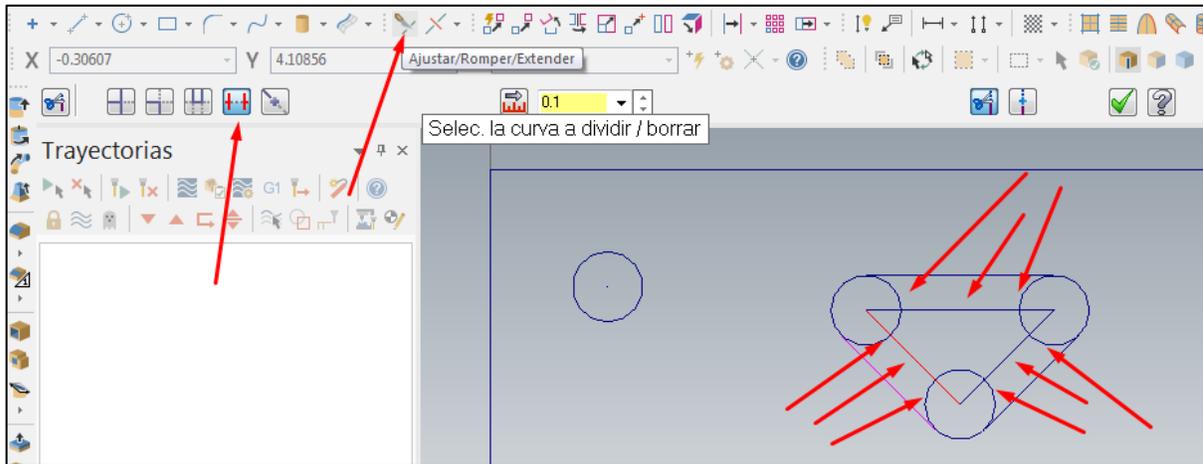


Figura 5.17 Divide/Borra.

A continuación se va duplicar esta figura 5 veces para ello se selecciona a la opción de **Rotar** y se seleccionan las líneas del pequeño croquis indicado por la figura 5.18 y se teclea enter.

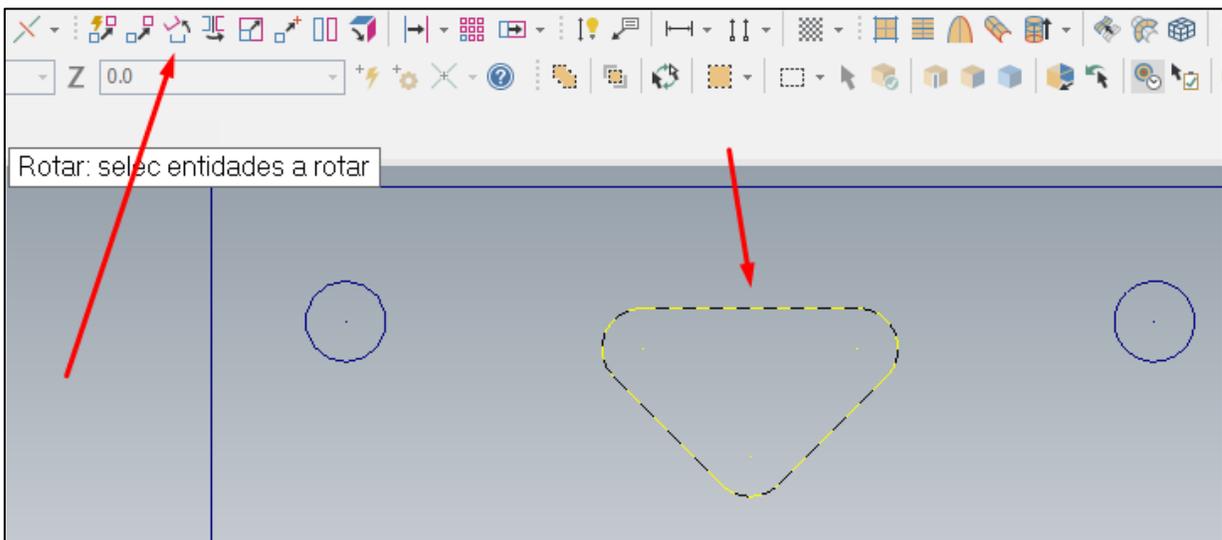


Figura 5.18 Entidades a rotar.

Se abrirá la ventana de **Rotar** en ella se marca la opción de **Copiar**, en # se introduce un valor de **5**, en **ángulo** se introduce un valor de **60**, se marca la opción de **Rotar** y para definir el centro del origen de la rotación, se da clic en la opción de **Definir punto centro de rotación** y se selecciona el centro de los círculos y se da clic en **OK** (figura 5.19).

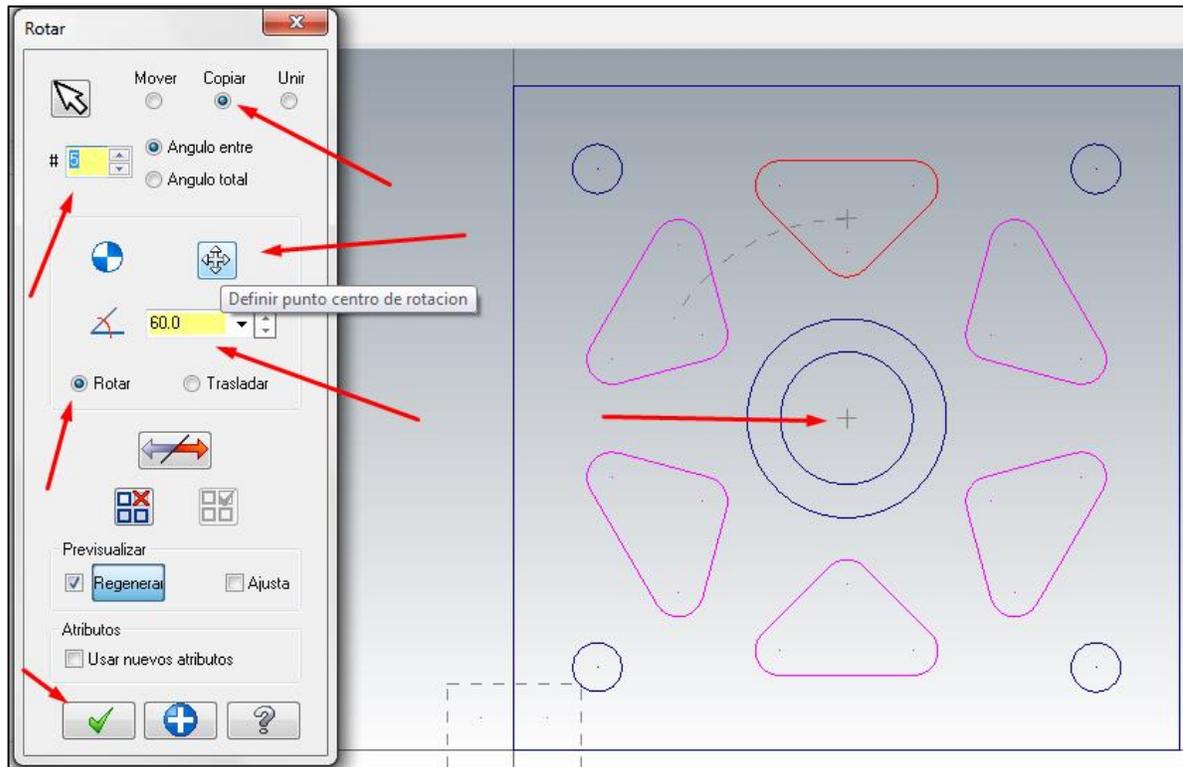


Figura 5.19 Rotación de entidades.

Con esto ya se tiene definido el croquis y se puede proceder a extruir el sólido.

****Nota:** Para que todas las líneas del croquis estén del mismo color se da clic derecho en el área de trabajo en blanco, se abrirá un pequeño apartado y se selecciona la opción de **Restaurar Colores**. (Figura 5.20)

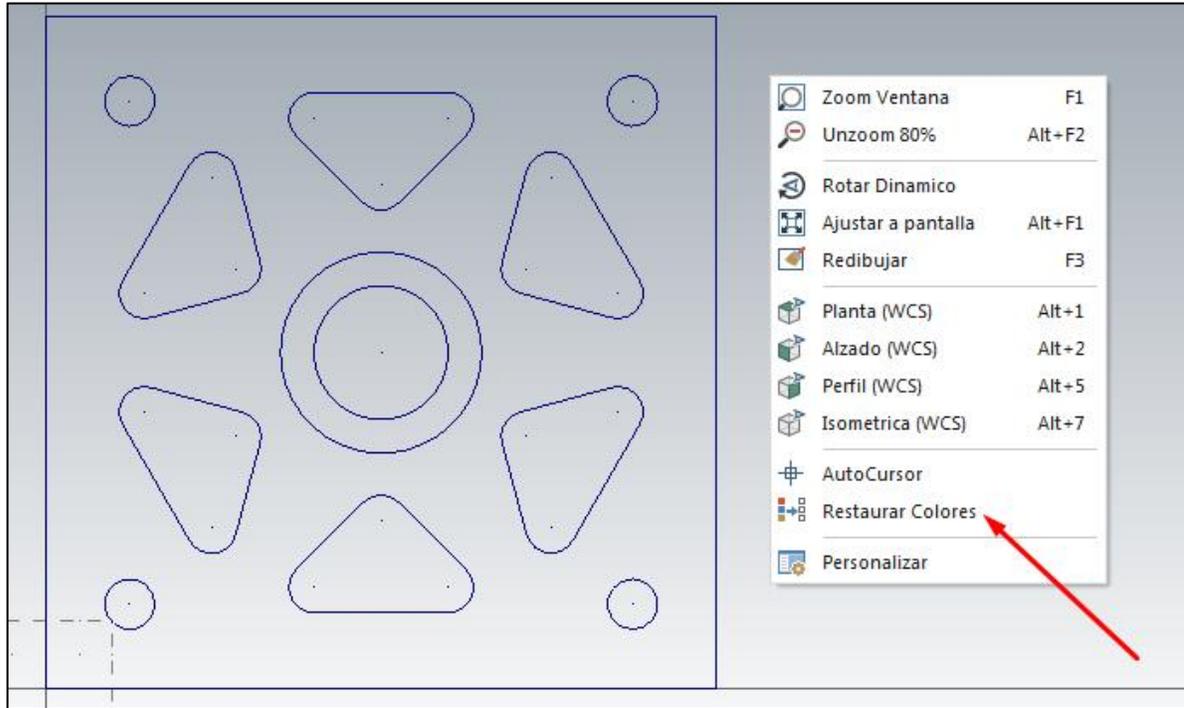


Figura 5.20 Restaurar colores.

5.3 EXTRUIR.

Con base en el croquis se va a extruir el sólido, para ello se selecciona la opción de **Extruir Sólidos** (figura 5.21).

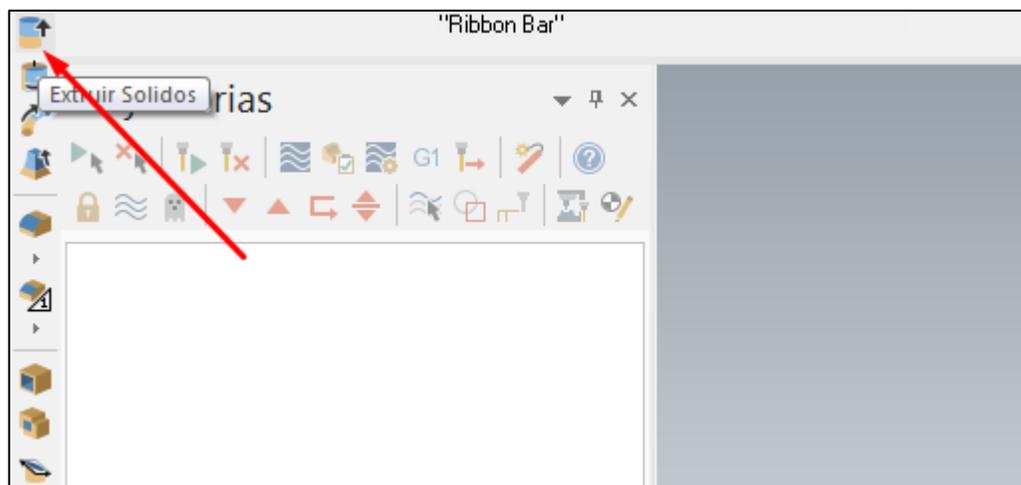


Figura 5.21 Extruir Sólidos.

Se abrirá la ventana de **Chaining**, se selecciona la opción de **chain** y después de selecciona el contorno indicado por línea roja de la figura 5.22 y se da clic en **OK**.

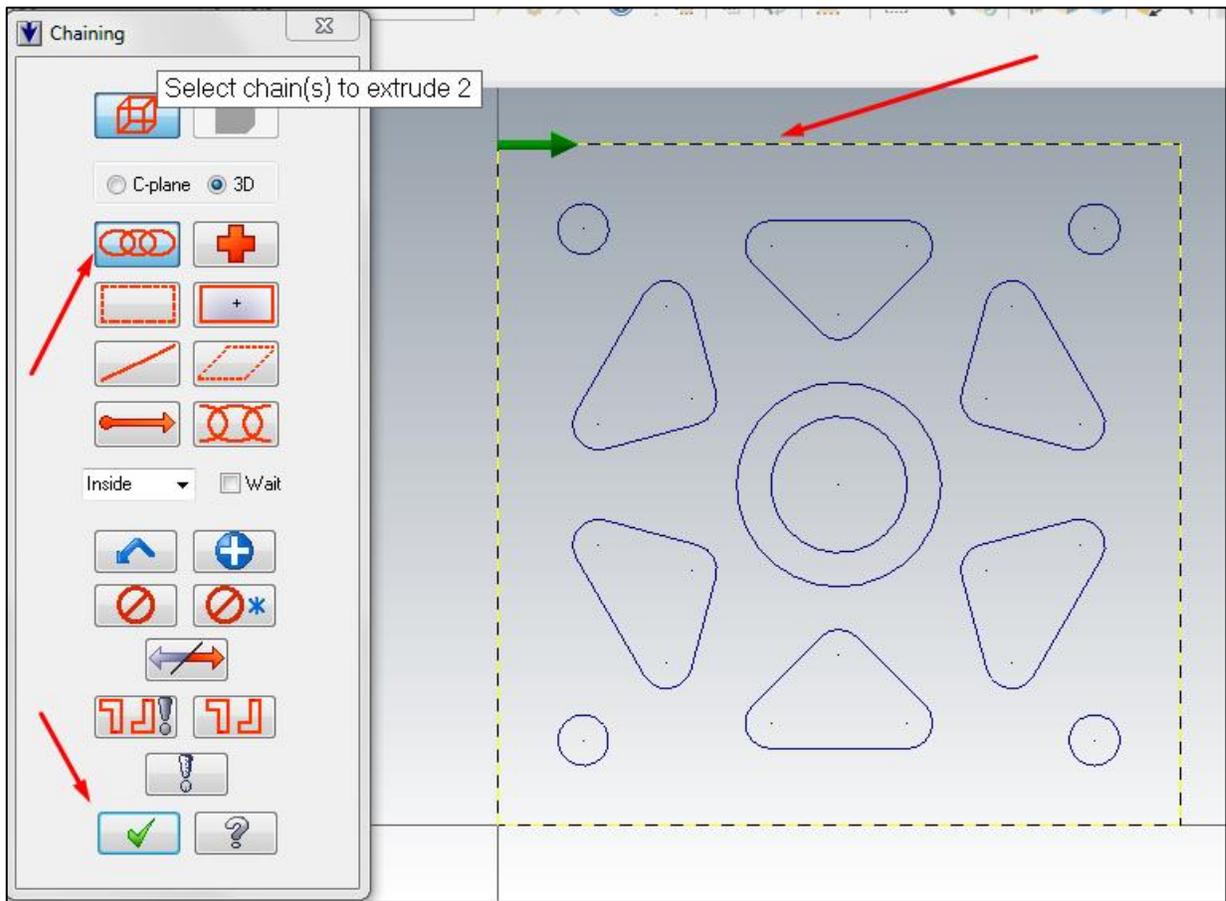


Figura 5.22 Chaining.

Se abrirá la ventana de **Solid Extrude**, en ella se selecciona la opción de **reverse all** para que se cambie la dirección de la extrusión, en **Distance** se introduce un valor de **1** y se da clic en **Ok and Create New Operation** (Figura 5.23).

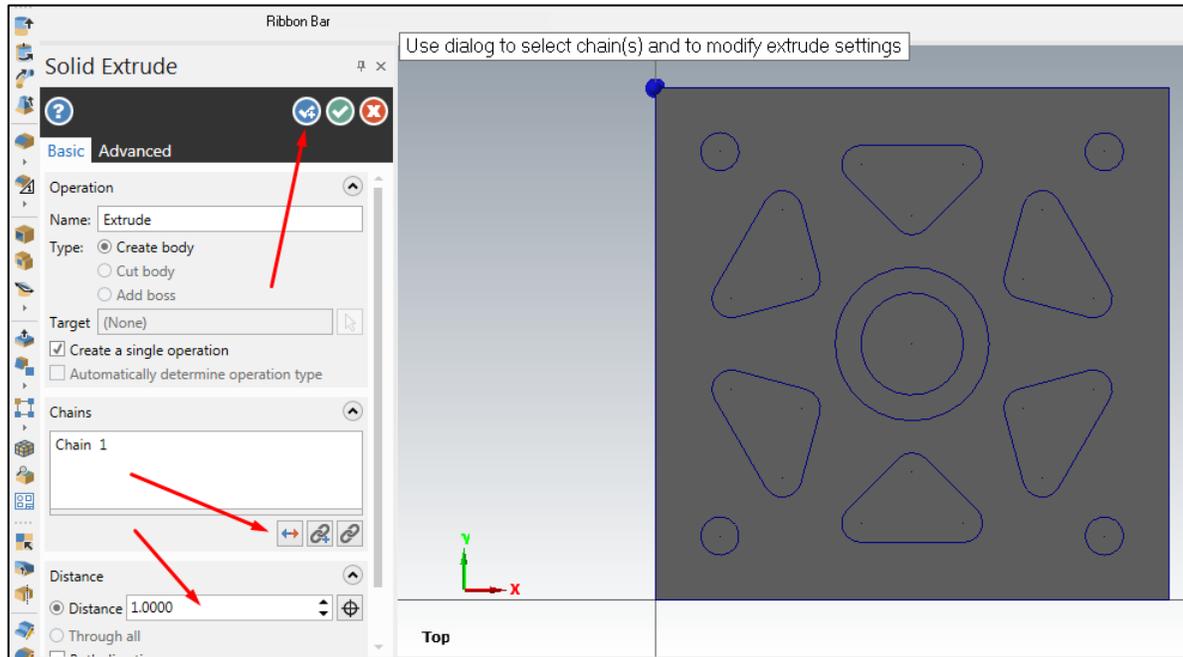


Figura 5.23 Solid Extrude.

Se abrirá nuevamente la venta de **Chaining**, se selecciona la opción de **chain** y después se seleccionan las entidades indicadas por las líneas rojas de la figura 5.24 y se da clic en **OK**.

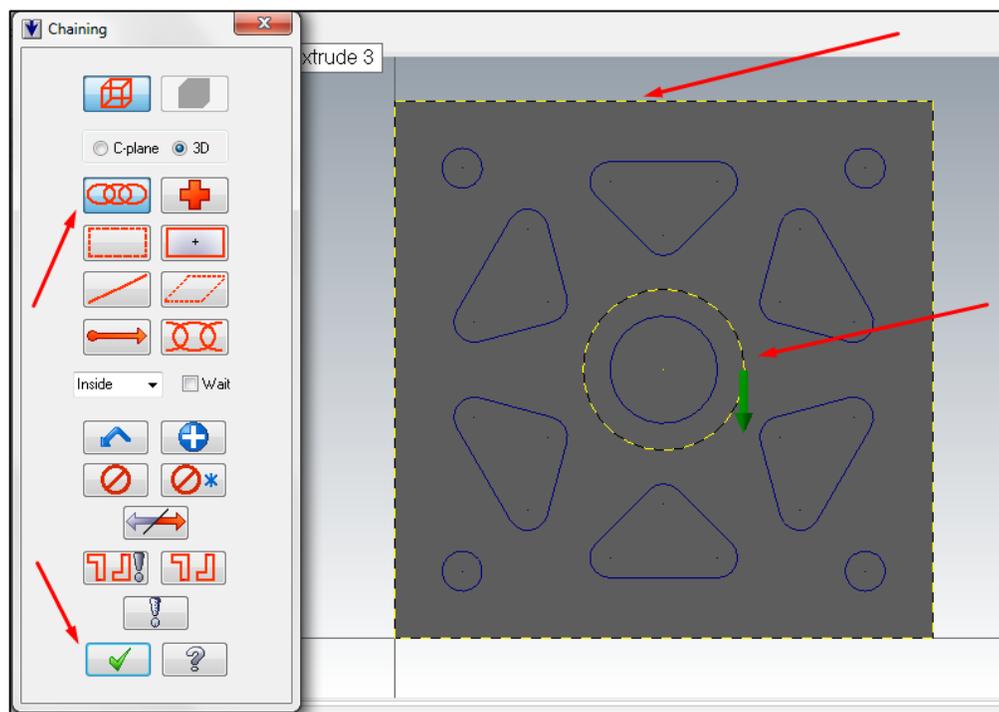


Figura 5.24 Selección de entidades.

En esta ocasión se realizará una operación de corte para ello en la ventana que se abrió de **Solid Extrude** se marca la opción de **Cut body**, en **Distance** se introduce un valor de **0.5** y se da clic en **Ok and Create New Operation** (Figura 5.25).

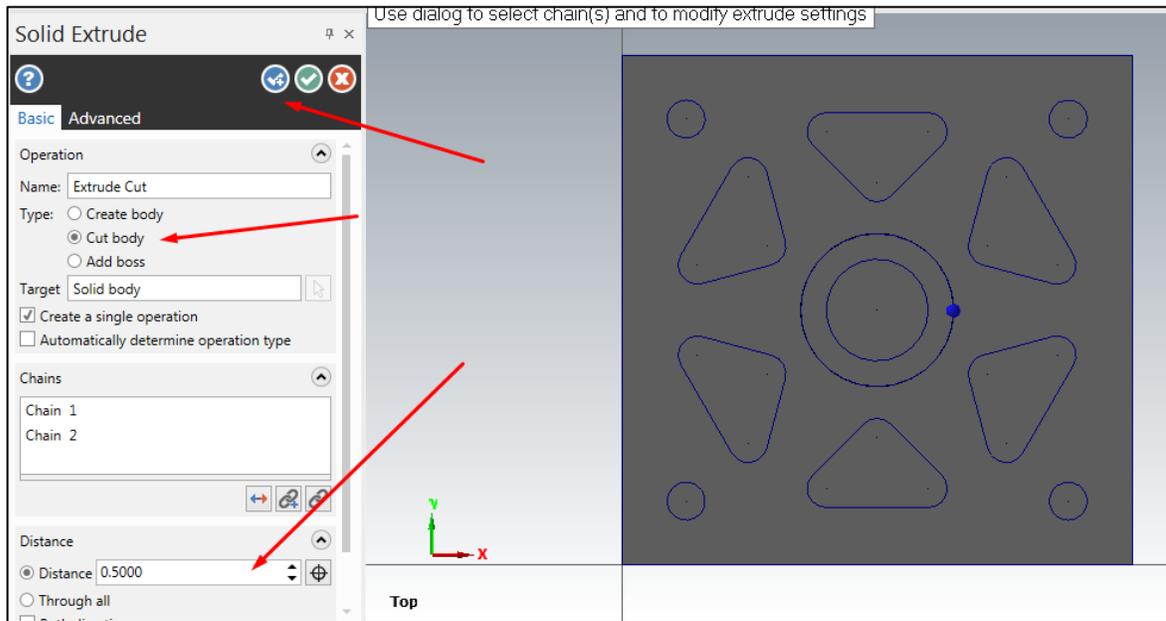


Figura 5.25 Cut body.

Se abrirá nuevamente la ventana de **Chaining**, se selecciona la opción de **chain** y después se seleccionan las entidades indicadas por las líneas rojas de la figura 5.26 y se da clic en **OK**.

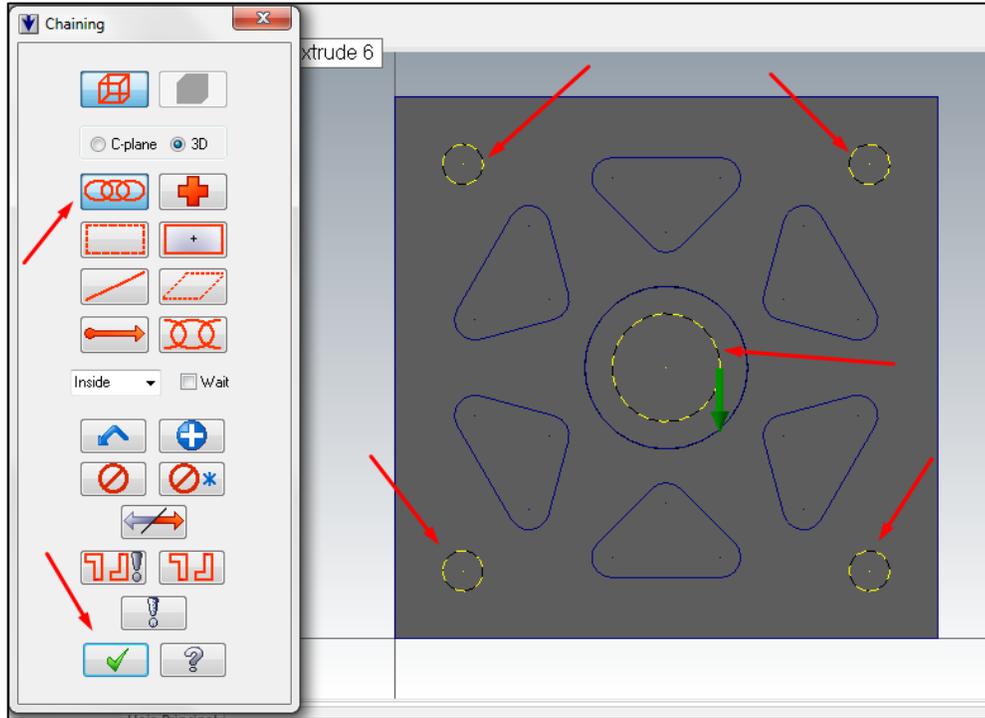


Figura 5.26 Selección de entidades.

Ahora en la ventana que se abrió de **Solid Extrude** marcamos la opción de **Cut body**, se marca la opción de **Through all** y se da clic en **Ok and Create New Operation** (Figura 5.27).

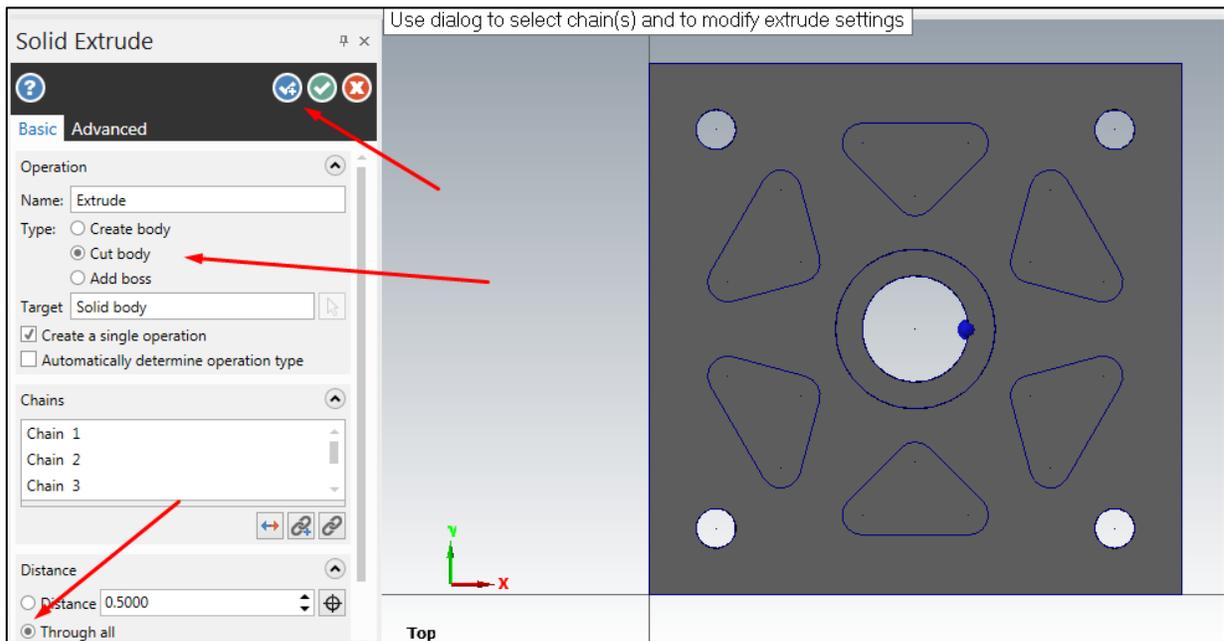


Figura 5.27 Through all.

Se abrirá la ventana de **Chaining**, se selecciona la opción de **chain** y después se seleccionan las entidades indicadas por las líneas rojas de la figura 5.28 y se da clic en **OK**.

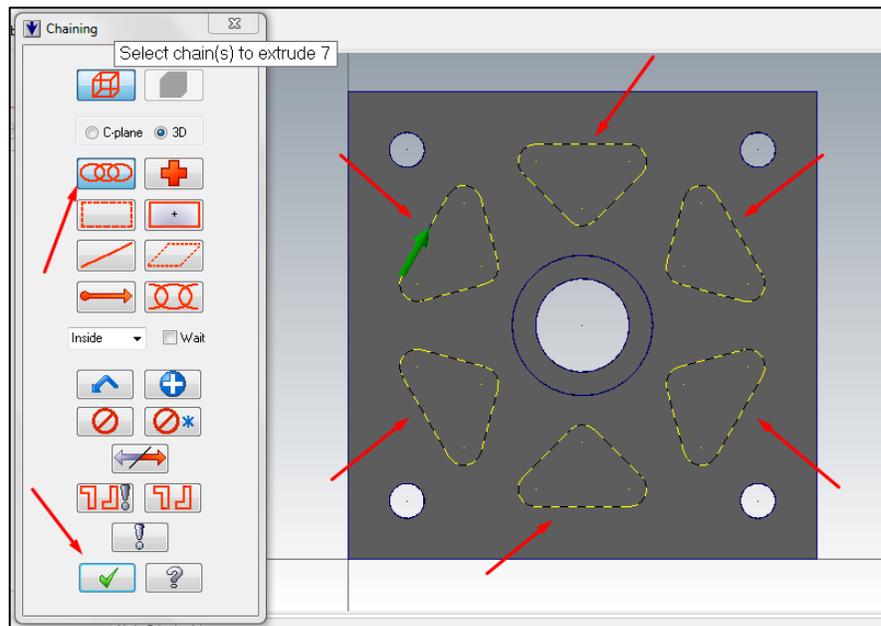


Figura 5.28 Selección de entidades.

Ahora en la ventana que se abrió de **Solid Extrude** marcamos la opción de **Cut body**, se marca la opción de **Distance** y se introduce un valor de **0.75** y se da clic en **Ok and Create New Operation** (Figura 5.29).

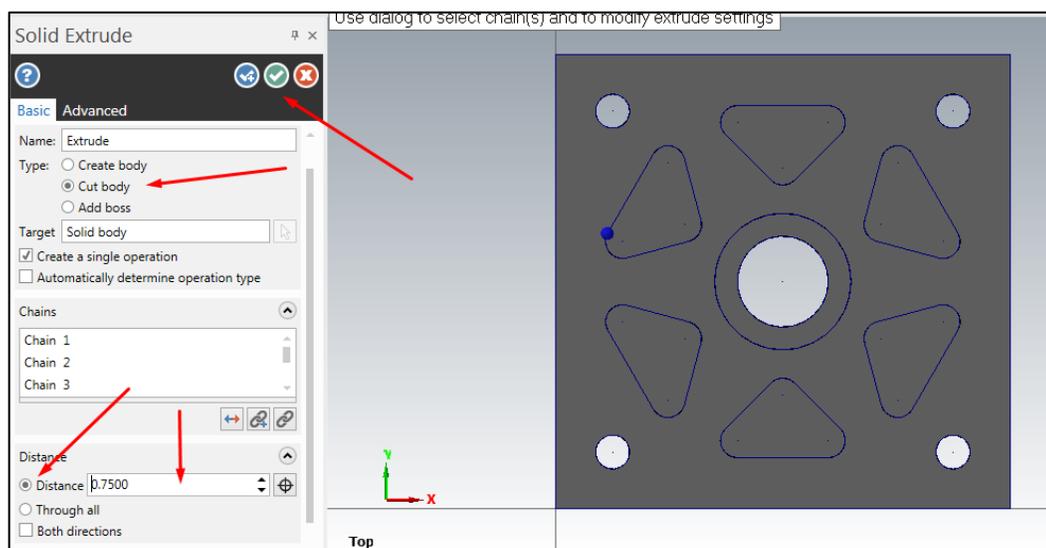


Figura 5.29 Corte de 0.75

Se abrirá la ventana de **Chaining**, se selecciona la opción de **chaining** y después se seleccionan las entidades indicadas por las líneas rojas de la figura 5.30 y se da clic en **OK**.

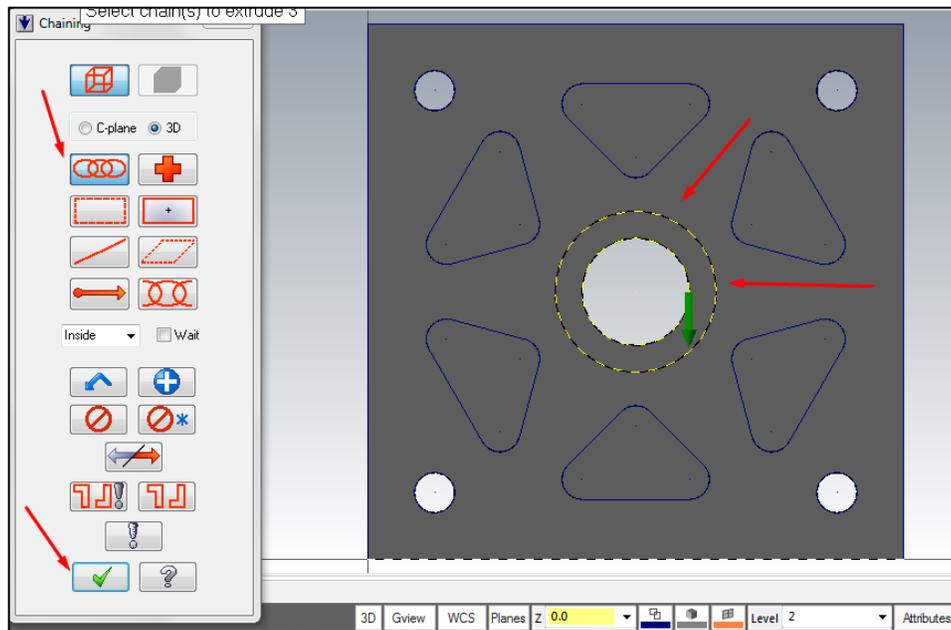


Figura 5.30 Chaining.

Ahora en la ventana que se abrió de **Solid Extrude** marcamos la opción de **Cut body**, se marca la opción de **Distance** y se introduce un valor de **0.25** y se da clic en **Ok** (Figura 5.31).

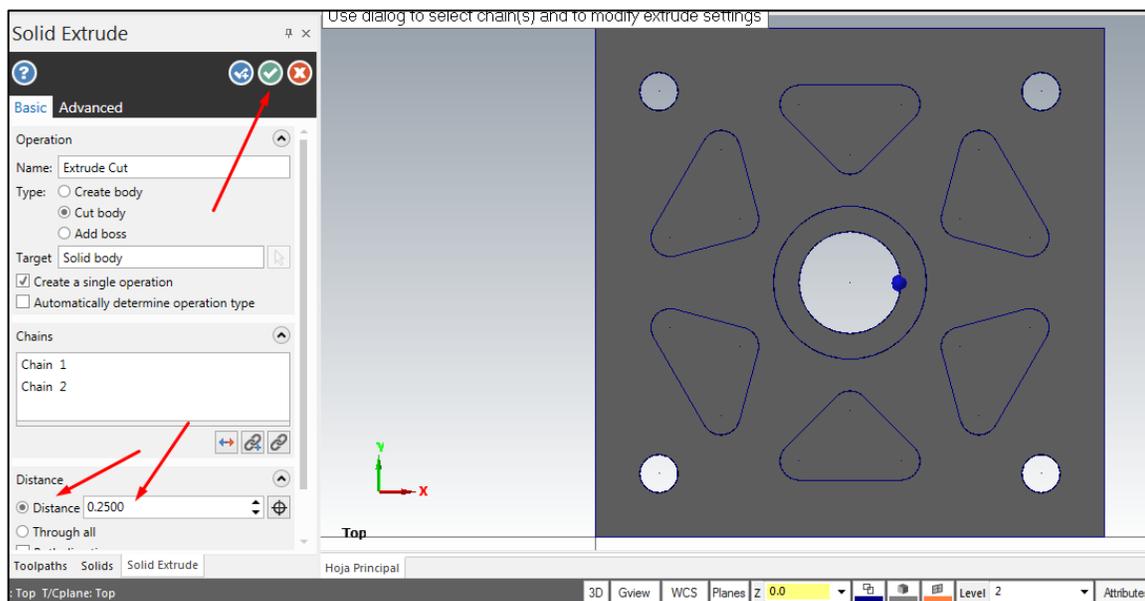


Figura 5.31 Corte de 0.25.

Ya se tiene la pieza modelada y para cambiar la vista y poder verla de una manera más completa se da clic derecho en el espacio de trabajo en blanco y se selecciona la opción de Isométrica (figura 5.32).

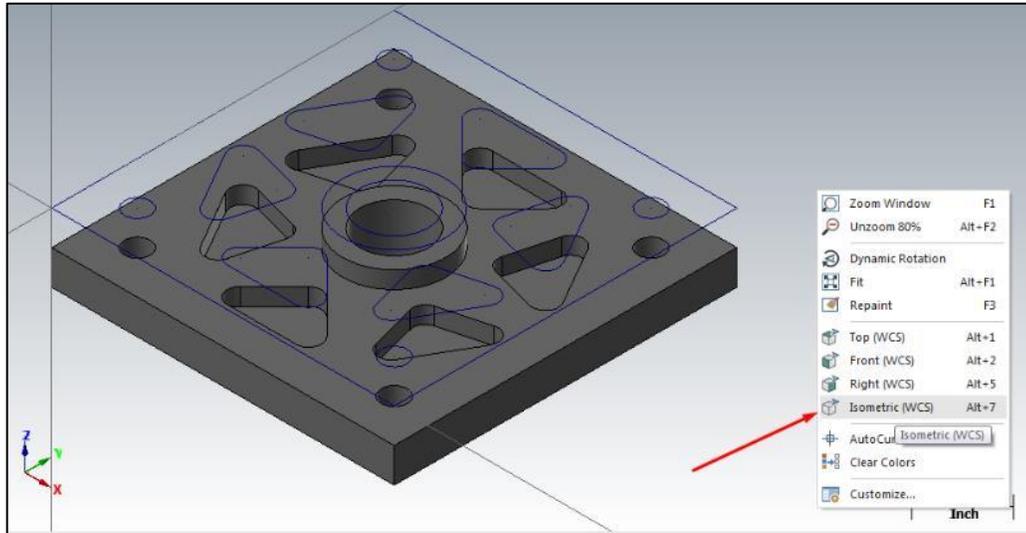


Figura 5.32 Vista isométrica.

Para ocultar el croquis y solamente dejar visible la pieza se tiene que hacer una gestión de niveles para ello se selecciona la opción de nivel, se abrirá una ventana, dentro de esta ventana en **Número** se introduce un valor de **2** y se da clic en **OK** (figura 5.33).

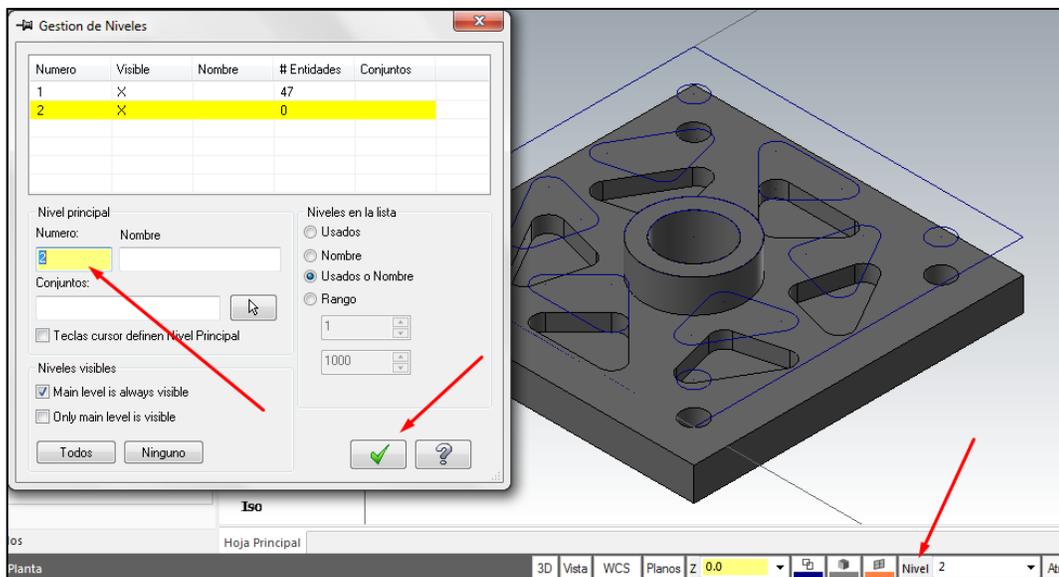


Figura 5.33 Gestión de niveles.

Ahora se selecciona la pieza y de clic derecho en la opción de nivel, se abrirá una ventana, se desmarca la opción de **Usar nivel principal** y en **Número** se introduce un valor de **2** y se da clic en **OK** (figura5.34).

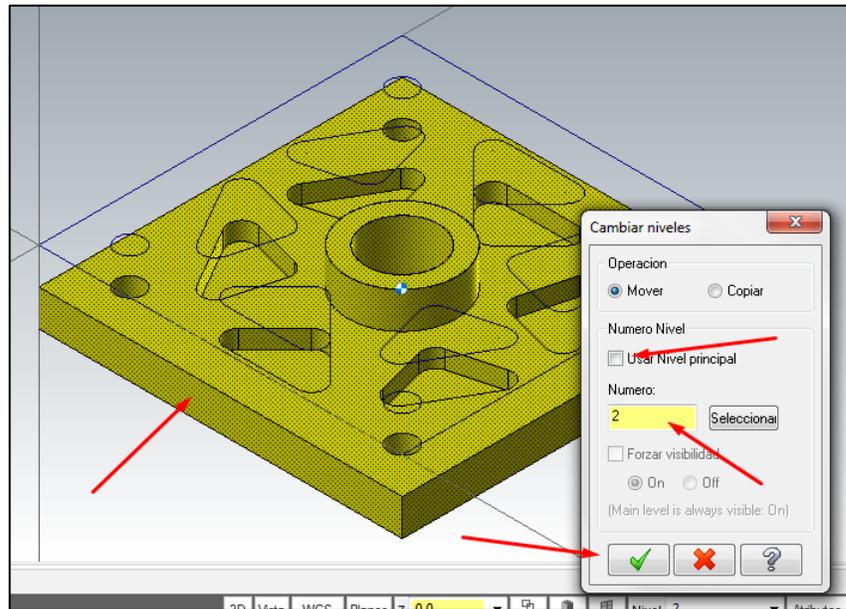


Figura 5.34 Cambiar niveles.

Ahora nuevamente se selecciona la opción de **nivel** y en la ventana de **gestión de niveles** se da clic en la **X** del apartado de **Visible** y se da clic en **OK** (figura 5.35).

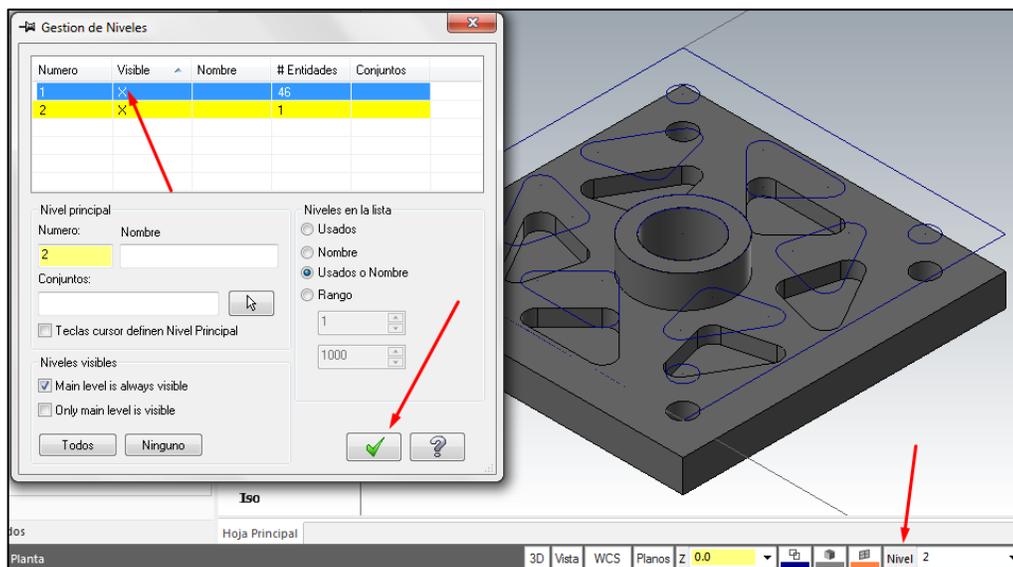


Figura 5.35 Ocultar croquis.

Con esto ya se ocultó el croquis y para quitar el eje de referencia se tecldea **F9**, con esto ya se puede ver únicamente la pieza (figura 5.36).

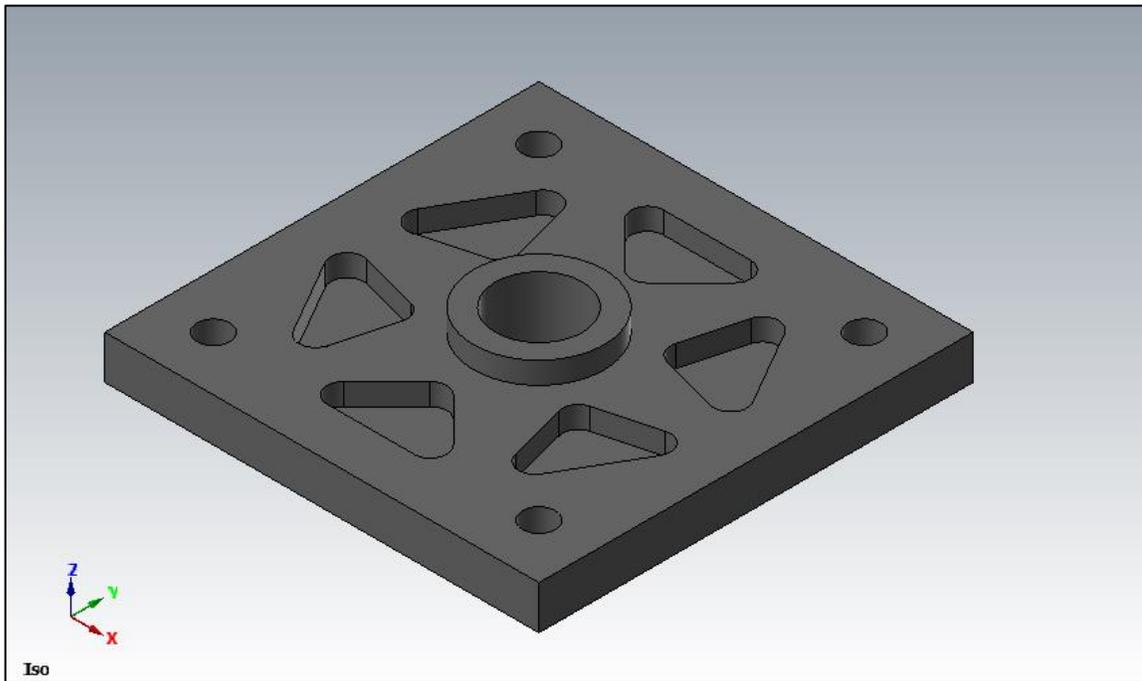


Figura 5.36 Pieza terminada.

Solo queda guardar el archivo y para ello se dirige al menú de **FICHERO** y se selecciona la opción de **Grabar como** (Figura 5.37).

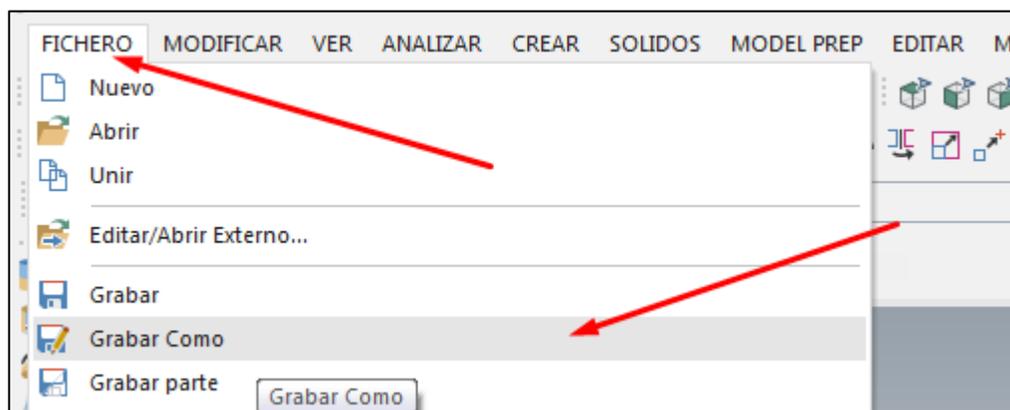


Figura 5.37 Guardar.

Se abrirá la ventana de Guardar como, se busca una ubicación, se le asigna un nombre al archivo y se da clic en **Guardar** y con esto se termina la parte del diseño en mastercam (figura 5.38).

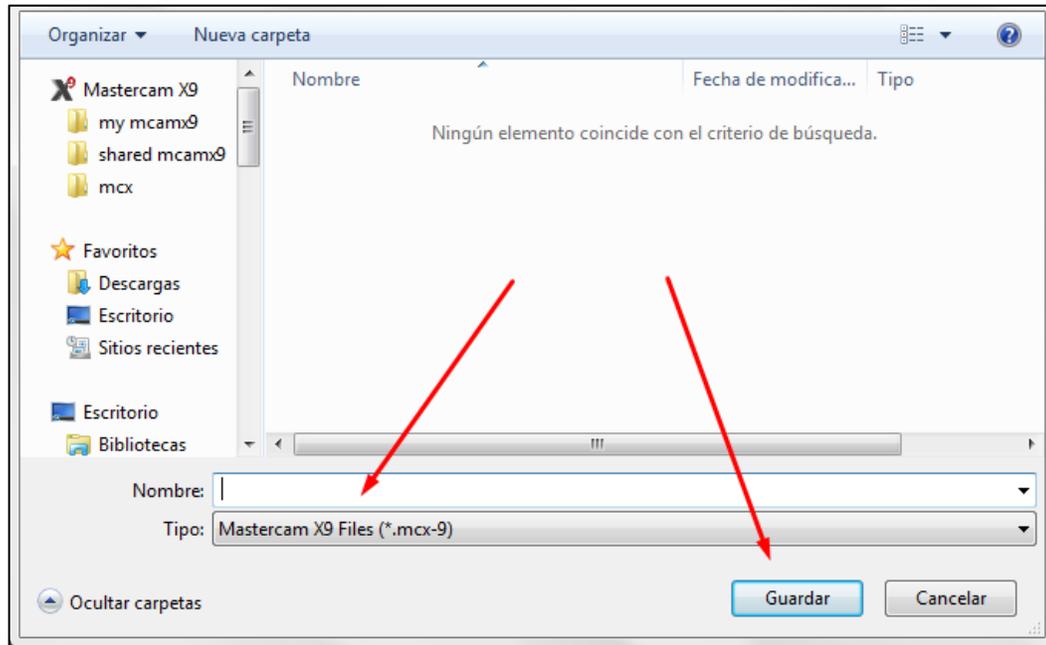


Figura 5.38 Ubicación de guardar el archivo.

CAPÍTULO 6

FRESADO EN MASTERCAM

En este capítulo se van a realizar operaciones de fresado de una piza modelada en mastercam la cual fue elaborada en 3D en el capítulo anterior.

6.1 CARGA DE ARCHIVO.

Para comenzar con este capítulo primero se abrirá el archivo que contiene la pieza a maquinar, para ello se selecciona la opción de **abrir** (Figura 6.1).

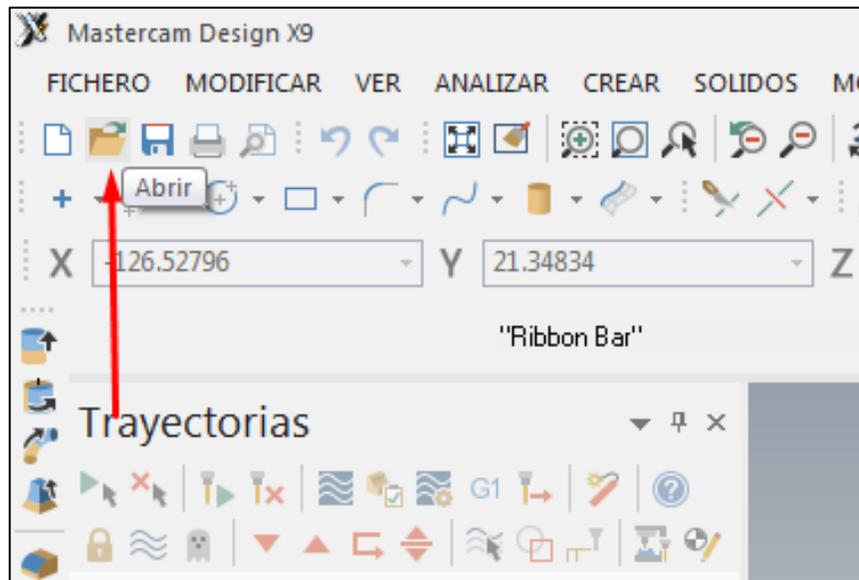


Figura 6.1 Opción abrir.

Se abrirá la ventana de **Abrir**, se busca el archivo que se creó anteriormente, se selecciona y se da clic en **abrir** (figura 6.2).

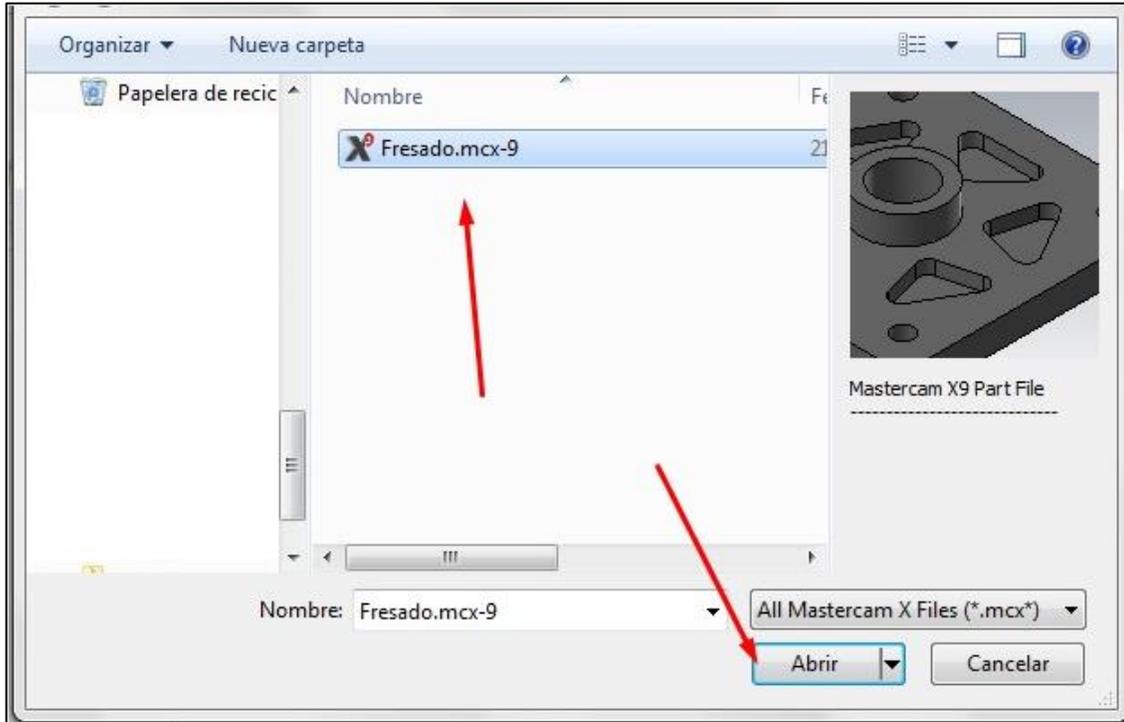


Figura 6.2 Ventana Abrir.

Se abrirá una pequeña ventana de **Configuración del Sistema**, en ella se marca la opción de **Unid.** y se da clic en **OK** que es la **palomita verde** (figura 6.3).

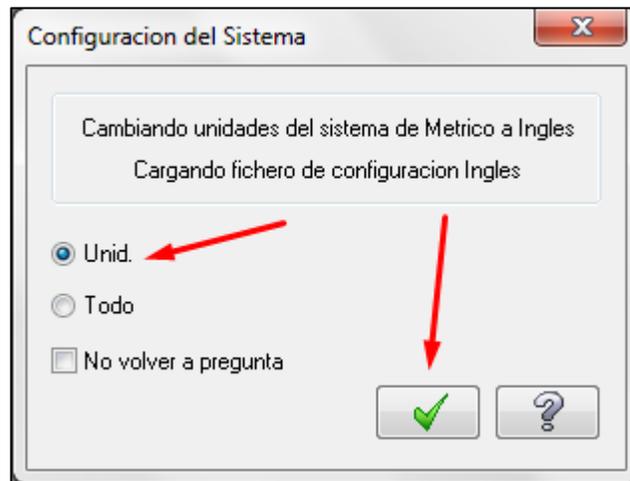


Figura 6.3 Configuración del sistema.

Ahora se puede visualizar la pieza y se ve como cambiaron las unidades de trabajo a **Pulgadas** en la parte inferior izquierda (figura 6.4).

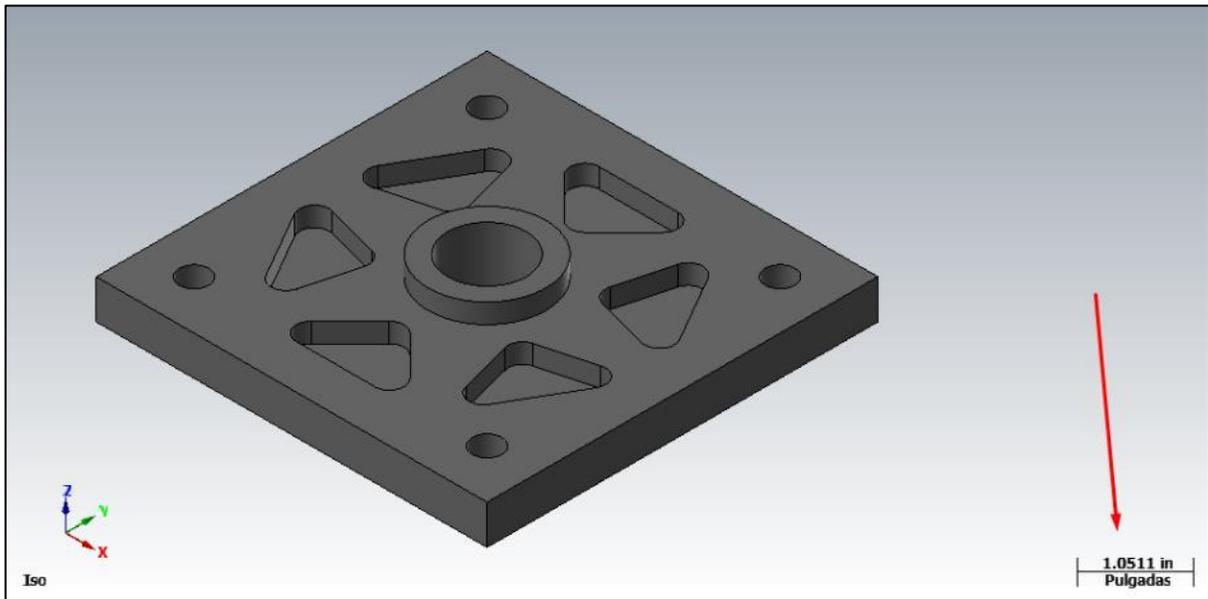


Figura 6.4 Área de trabajo.

6.2 SELECCIÓN DE MÁQUINA.

Para seleccionar la máquina se va al menú de **MÁQUINA TIPO**, se despliega el menú de **Fresa** y se selecciona **Defecto** (figura 6.5)

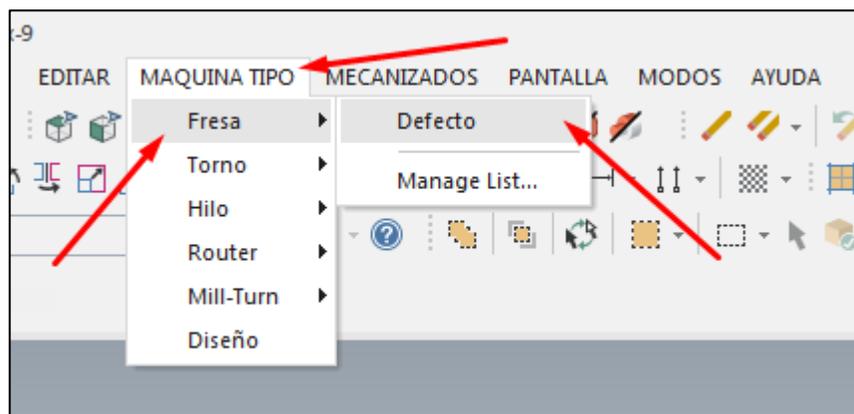


Figura 6.5 Selección de máquina

Ahora se tiene que definir el eje de referencia de la pieza, para ello se abre el menú de **WCS** y se selecciona la opción de **Gestor de Planos** (figura 6.6).

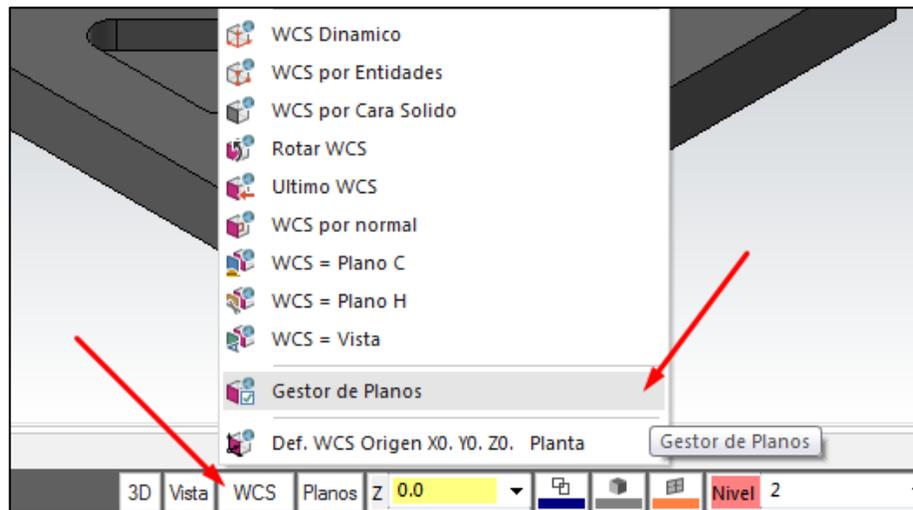


Figura 6.6 Menú WCS.

Se abrirá la ventana de **Plano Gestor**, se selecciona **Planta**, se da clic en **copiar** y luego en **select new origin** que es la opción que tiene el icono del cursor (Figura 6.7).

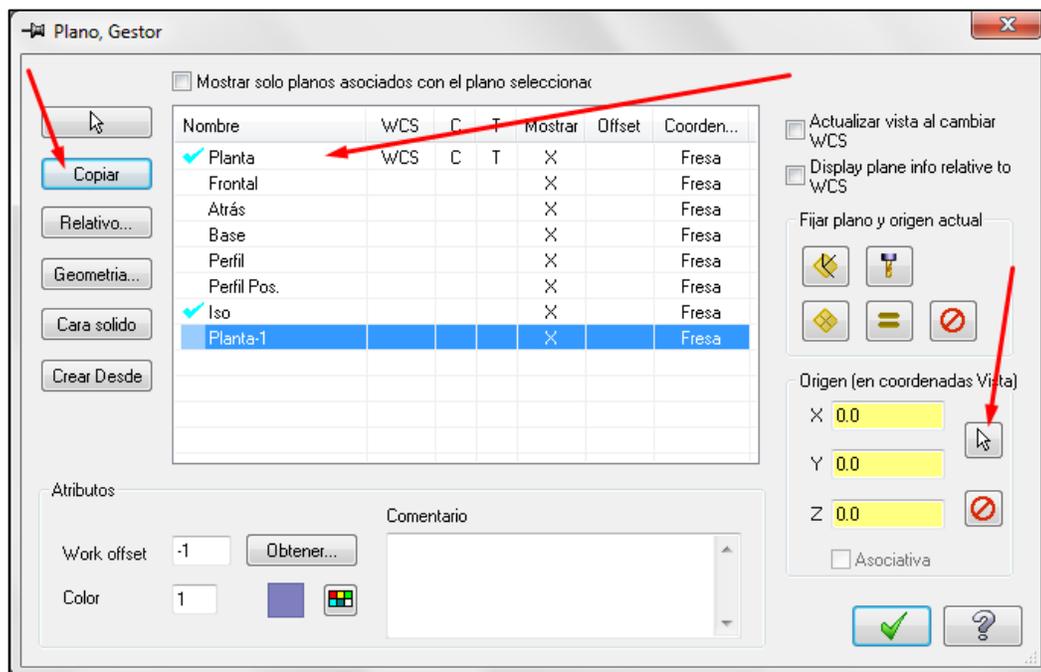


Figura 6.7 Plano Gestor.

Se selecciona el **vértice** indicado en la figura 6.8.

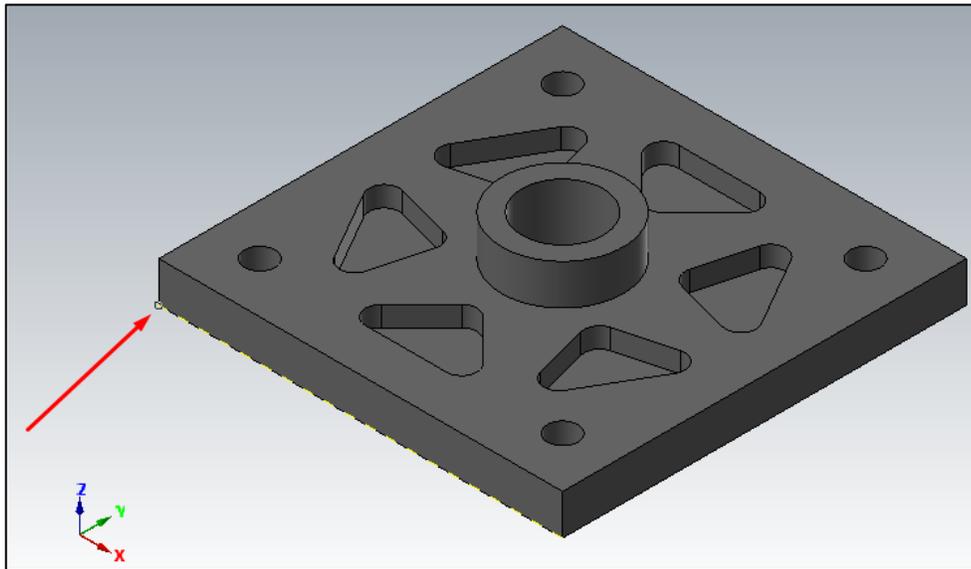


Figura 6.8 Selección de punto de ejes.

Se regresará a la ventana de **Plano Gestor**, se selecciona la opción de **set you current WCS** y se da clic en **OK** (figura 6.9), con esto ya se tiene definido el eje de las coordenadas.

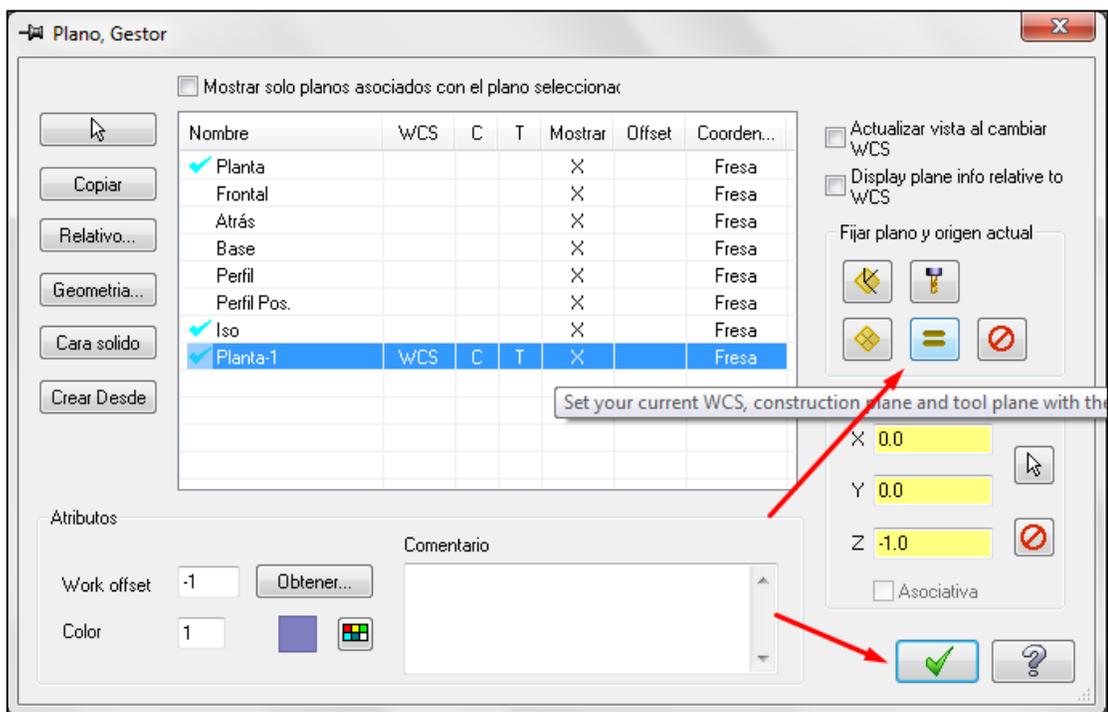


Figura 6.9 Ventana Plano Gestor.

6.3 STOCK.

A continuación, se definirá el stock, para ello se dirige al apartado de **TRAYECTORIAS** y se selecciona la opción de **Inicializar stock** (figura 6.10).

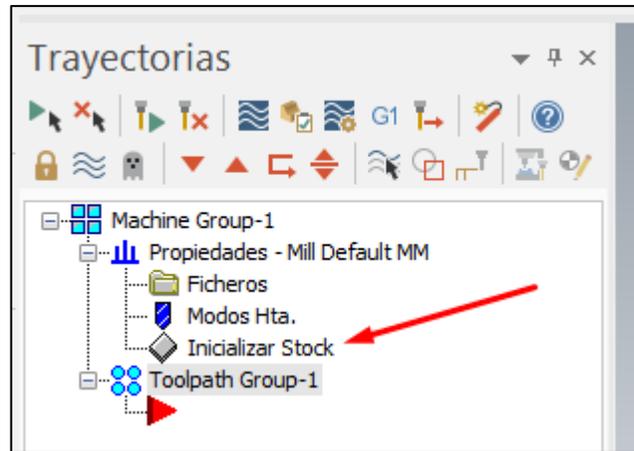


Figura 6.10 Inicializar Stock.

Se abrirá la ventana de **Propiedades del grupo de máquinas**, y por defecto se está dentro del apartado de **Inicializar Stock**, se da clic en la opción de **Stock Plane** (figura 6.11).

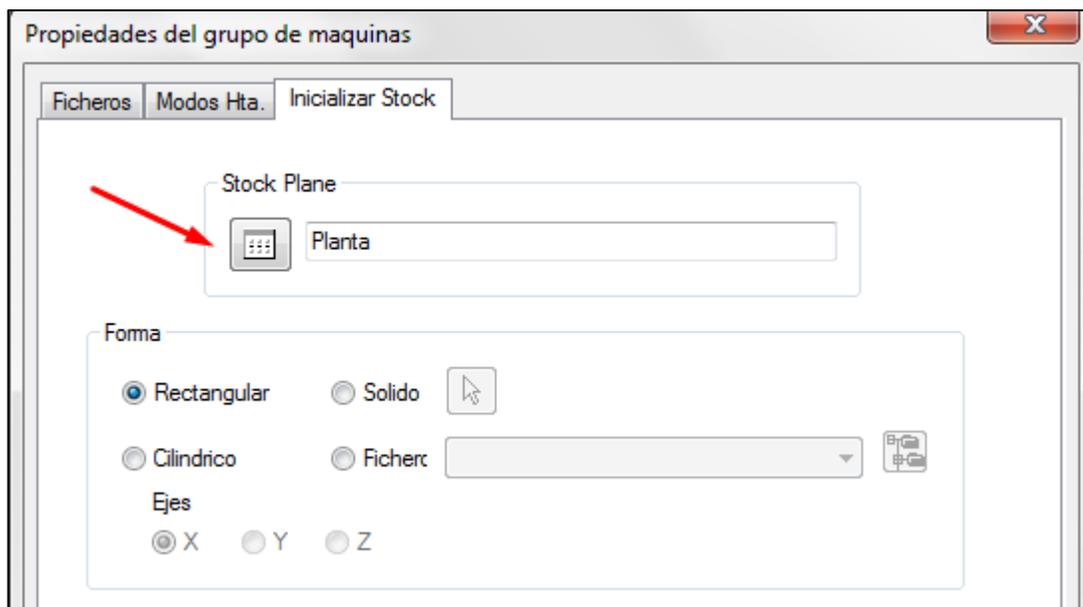


Figura 6.11 Propiedades del grupo de máquinas.

Se abrirá la ventana de **Selección de plano**, se selecciona el plano de **Planta-1** que se creó anteriormente y da clic en **OK** (figura 6.12).

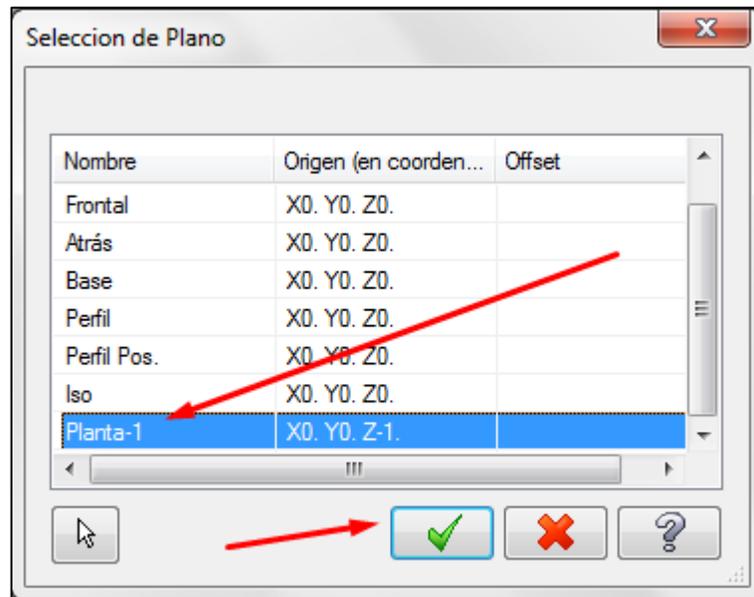


Figura 6.12 Selección de plano.

Se regresará a la ventana de **Propiedades del grupo de máquinas**, en esta ventana se introduce el valor de **5** en **X** y **Y**, en **Z** se da un valor de **1**, se selecciona el vértice inferior izquierdo de la figura punteada y se marcan las opciones de **Mostrar** y **Ajustar** (figura 6.13).

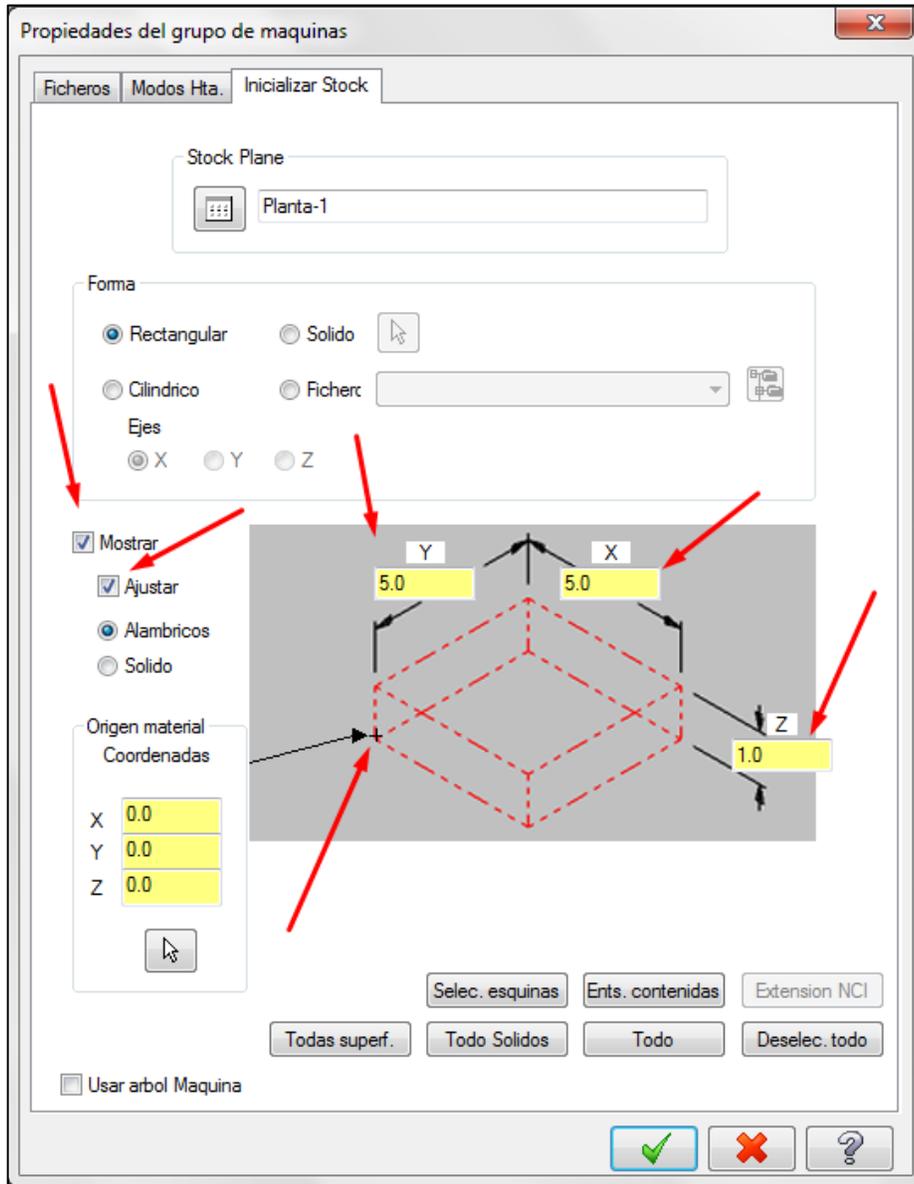


Figura 6.13 Definición del Stock.

Ahora se dirige al apartado de **Modos Hta.**, se da un valor de **2** en **Programa**, se marcan las opciones **num. hta. secuencialmente** y **Avisar si hay nums. hta. duplicados**, en **Inicio** e **Incremento** se dan valores de **10** y se da clic en **selec.** (figura 6.14).

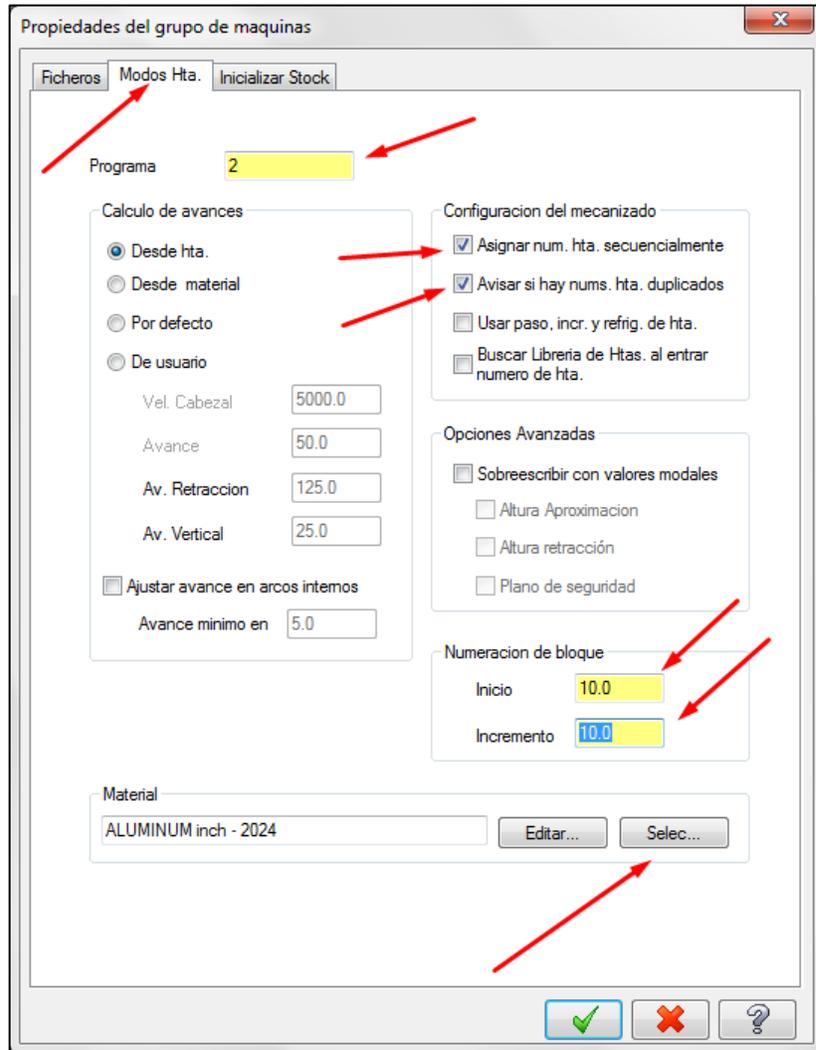


Figura 6.14 Modos Herramienta.

Se abre la ventana de **Lista de materiales**, se despliega el menú de **Origen** y se selecciona la opción de **Fresa librería** (figura 6.15).

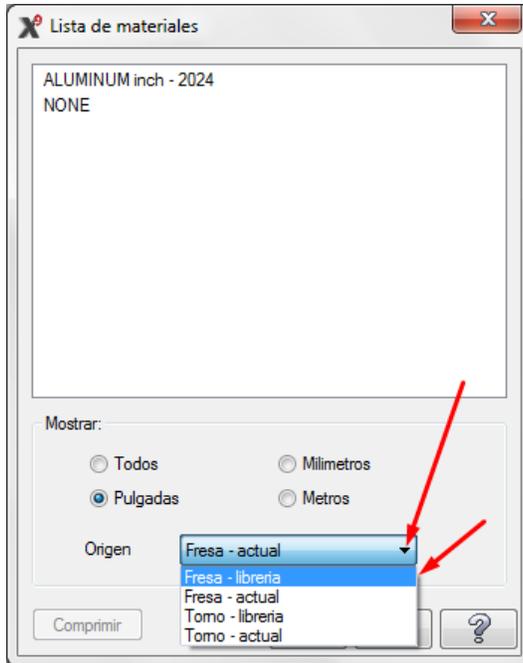


Figura 6.15 Lista de materiales.

Aparecerá una lista de materiales, se selecciona la opción de **ALUMINIUM inch - 6061** y se da clic en **OK** (figura 6.16) y de nuevamente en se clic en **OK** de la ventana de **Propiedades del grupo de máquinas**.

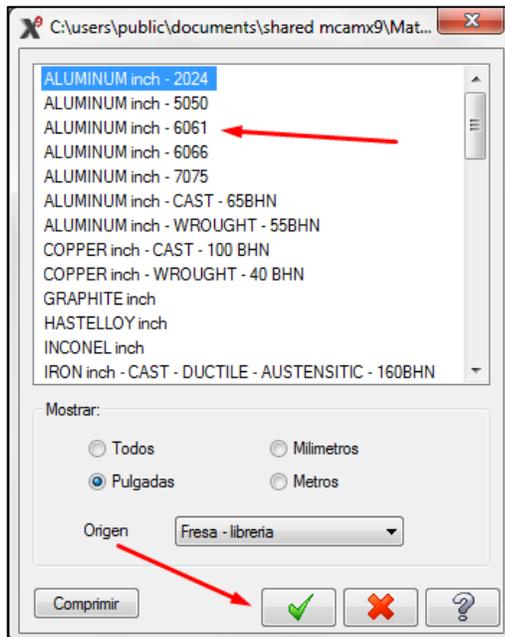


Figura 6.16 Fresa – librería.

Se puede ver que aparecen unas líneas punteadas alrededor de la pieza que hacen referencia al tamaño del stock (figura 6.17).

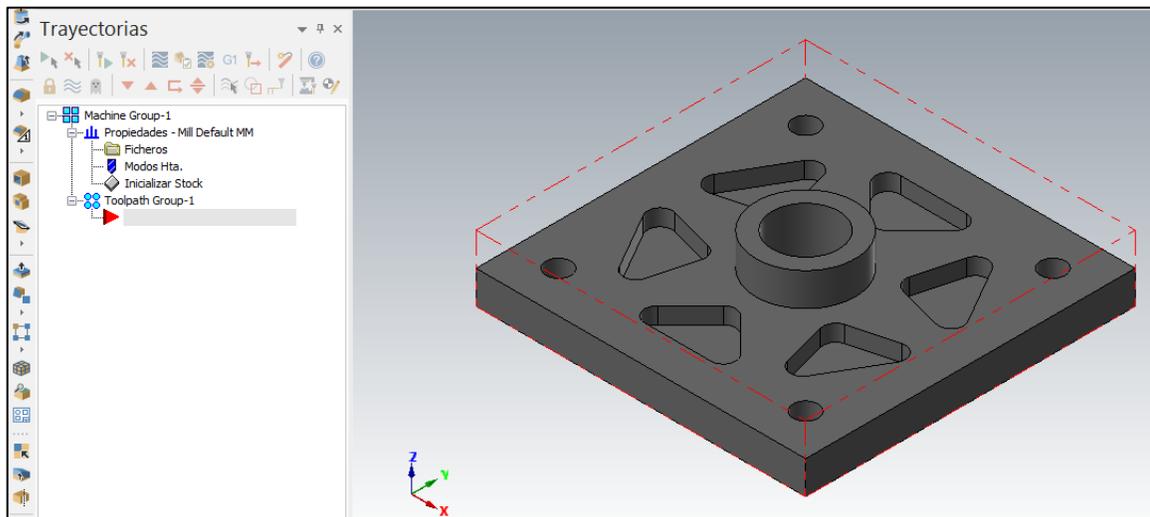


Figura 6.17 Visualización del stock.

6.4 PLANEADO.

Se va a realizar la primera operación del mecanizado que será la de planeado, para ello se dirige al menú de **MECANIZADOS** y se selecciona la opción de **Mec. Planeado** (figura 6.18).

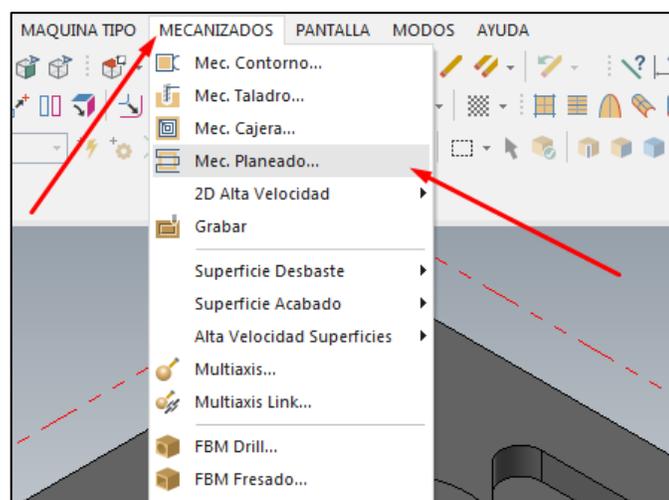


Figura 6.18 Planeado.

Se abrirá la ventana de **Entre nuevo nombre NC**, no se realiza ningún cambio solo se da clic en **OK** (figura 6.19).

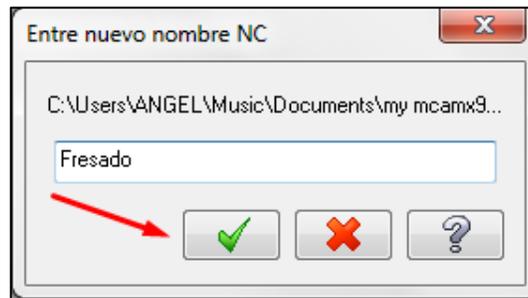


Figura 6.19 Entre nuevo nombre NC.

Ahora se abrirá la ventana de **Encadenado**, se cambia la vista a **planta** dando clic derecho sobre el espacio de trabajo en blanco y se selecciona la opción de **Planta**, se selecciona la opción de **Lazo** y se selecciona el perímetro de la pieza (figura 6.20).

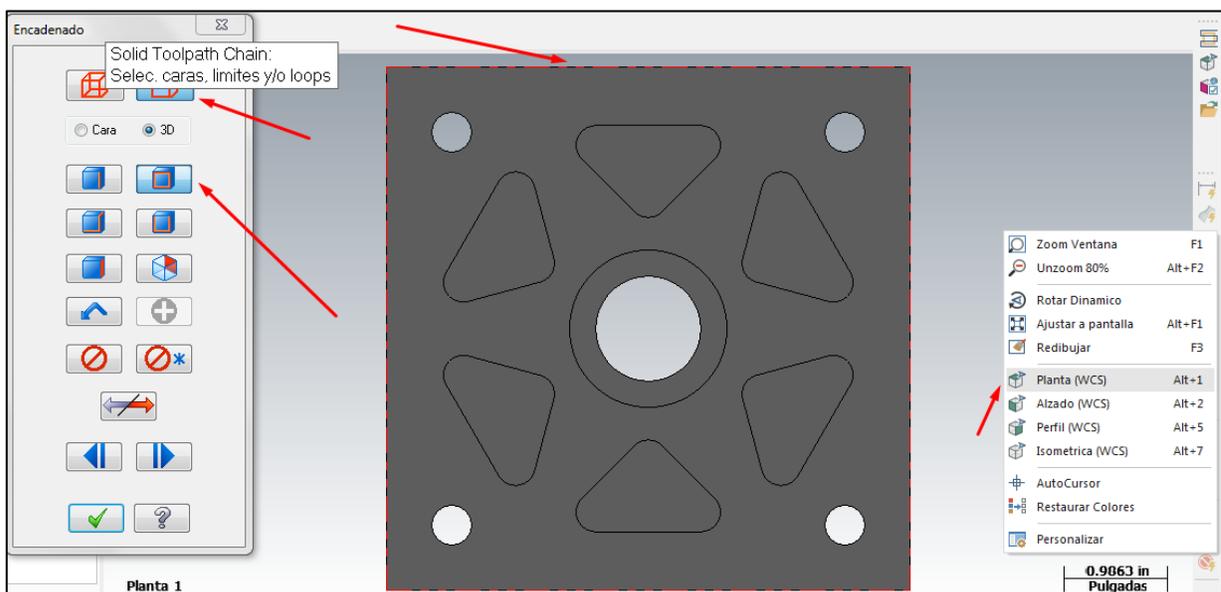


Figura 6.20 Encadenado.

Al seleccionar el contorno de la figura aparece una pequeña ventana de **Pick Cara referencia**, se da clic en **OK** (figura 6.21), se regresará nuevamente a la ventana de **encadenado** y da clic en **OK** para terminar con el encadenado.

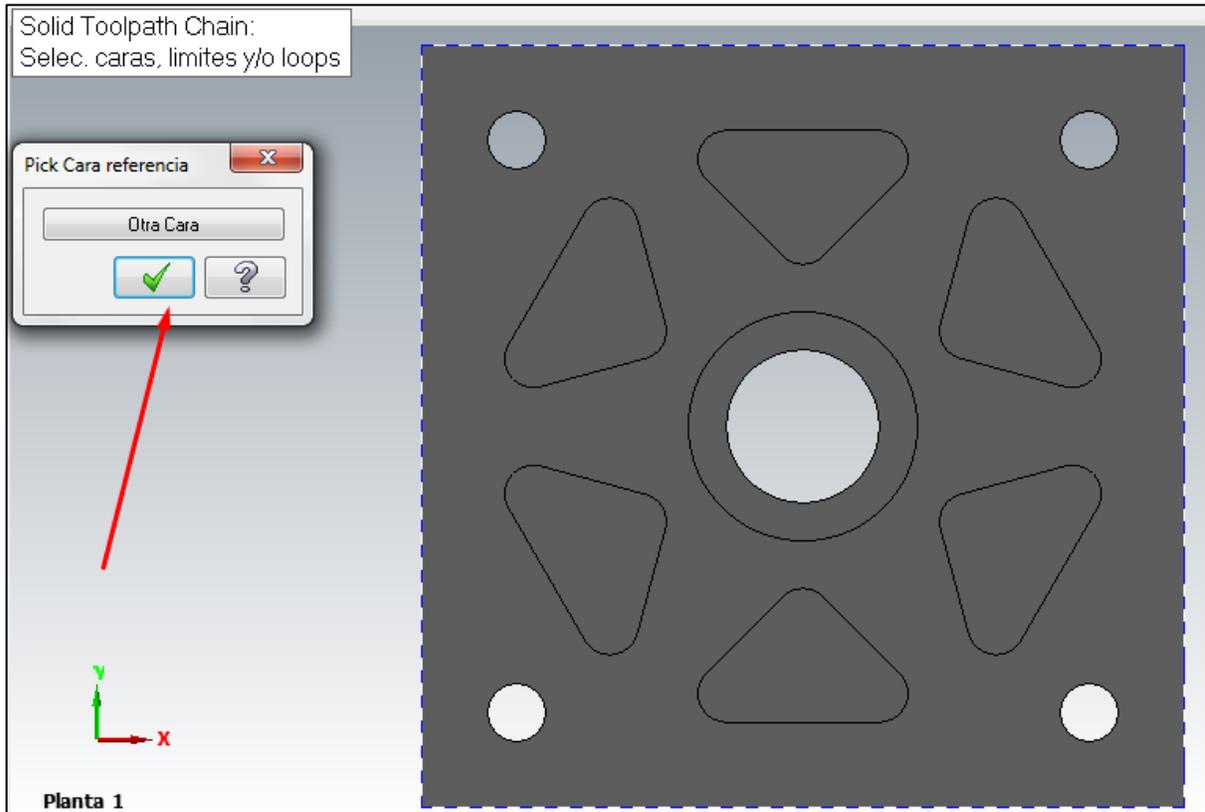


Figura 6.21 Pick Cara referencia.

Al indicar estas opciones y parámetros aparece la ventana de **Mecanizados 2D – Planeado** (figura 6.22).

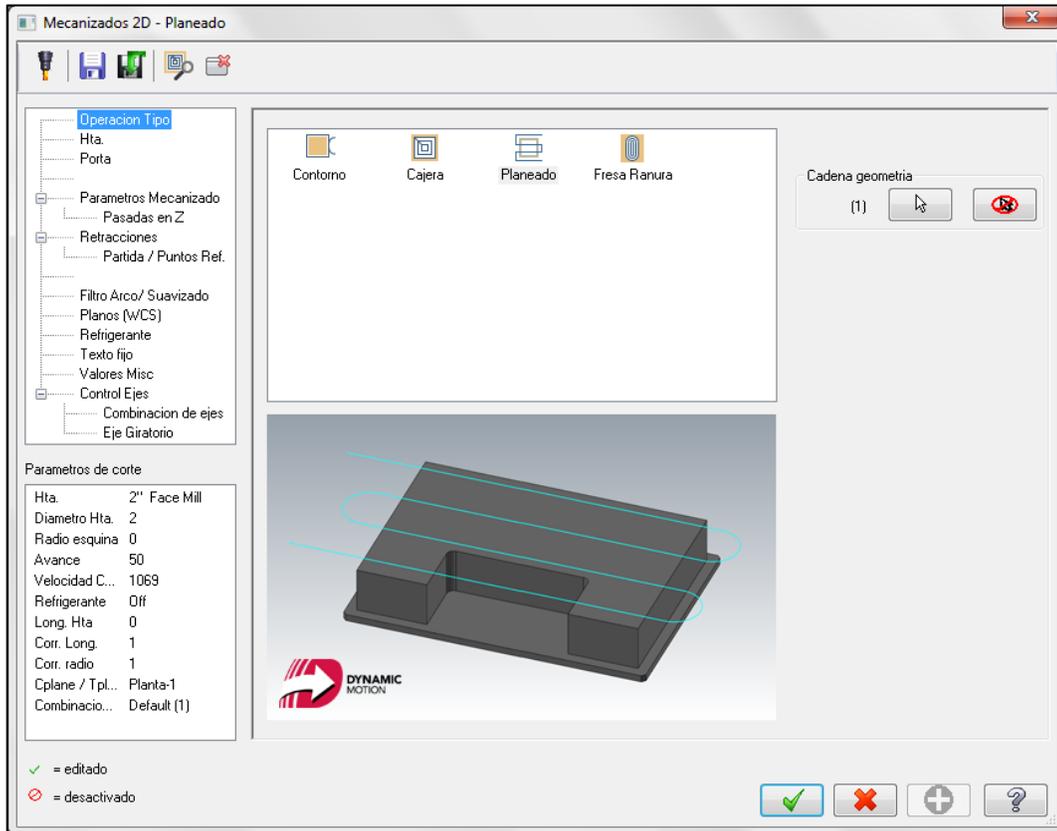


Figura 6.22 Mecanizados 2D – Planeado.

Se dirige al apartado de **Hta** y se selecciona la opción de **Selec. Librería Htas.** (Figura 6.23).

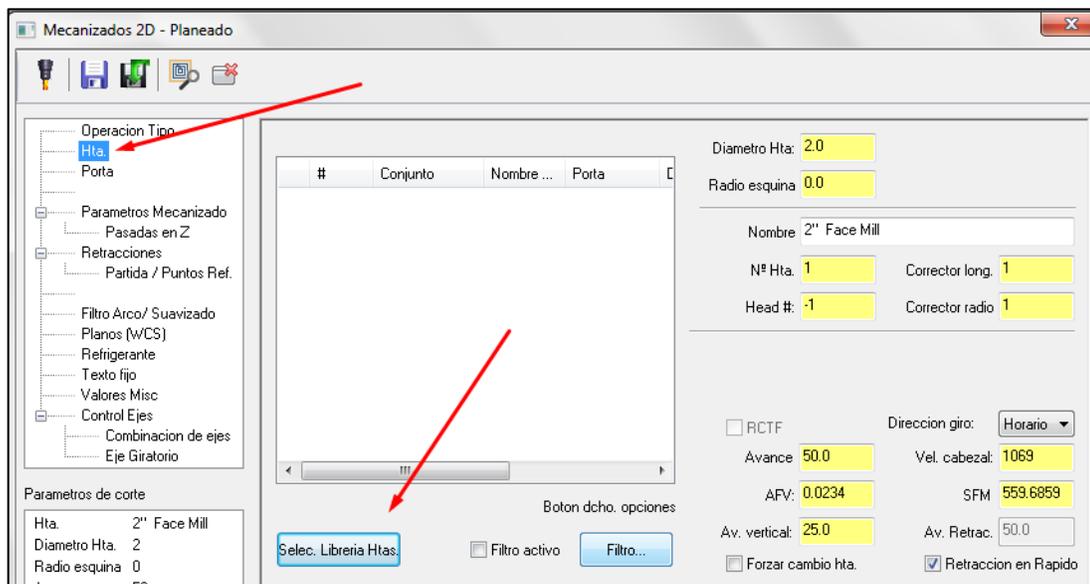


Figura 6.23 Apartado Herramienta.

Se abrirá la ventana de **Selección Hta.**, se selecciona la herramienta **322** y se da clic en **OK** (figura 6.24)

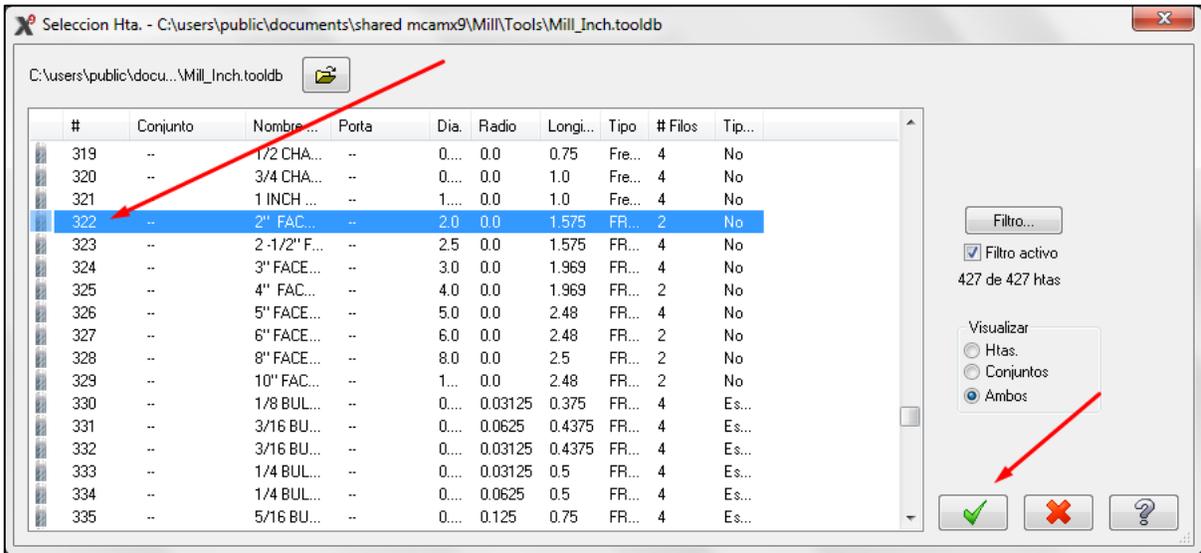


Figura 6.24 Selección Herramienta.

Se regresará al apartado de **Hta.**, se introduce un valor de **10** en **Avance** y **Av. Vertical**, en **Vel. cabezal** se da un valor de **1600** y se marca la opción de **Retracción en Rápido** (figura 6.25).

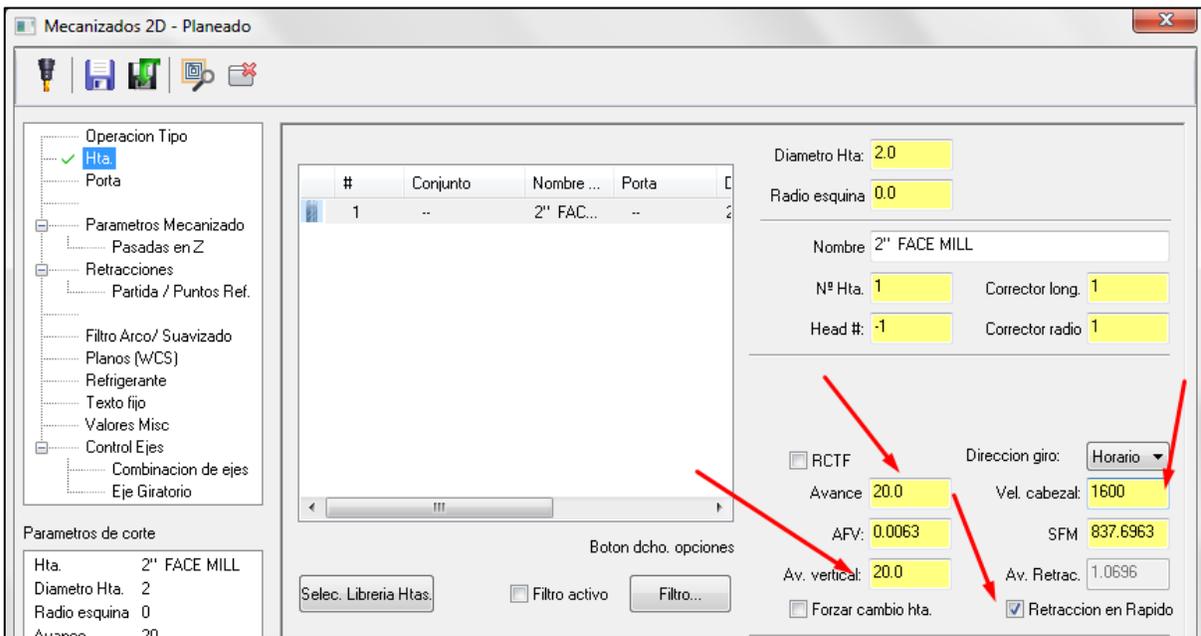


Figura 6.25 Parámetros de Herramienta.

Se dirige al apartado de **Parámetros de Mecanizado**, en el menú **Estilo** se selecciona la opción de **ZigZag**, en el menú de **Mover entre** se selecciona la opción de **Lineal** y en **Excedente en Z** se da un valor de **0** (figura 6.26).

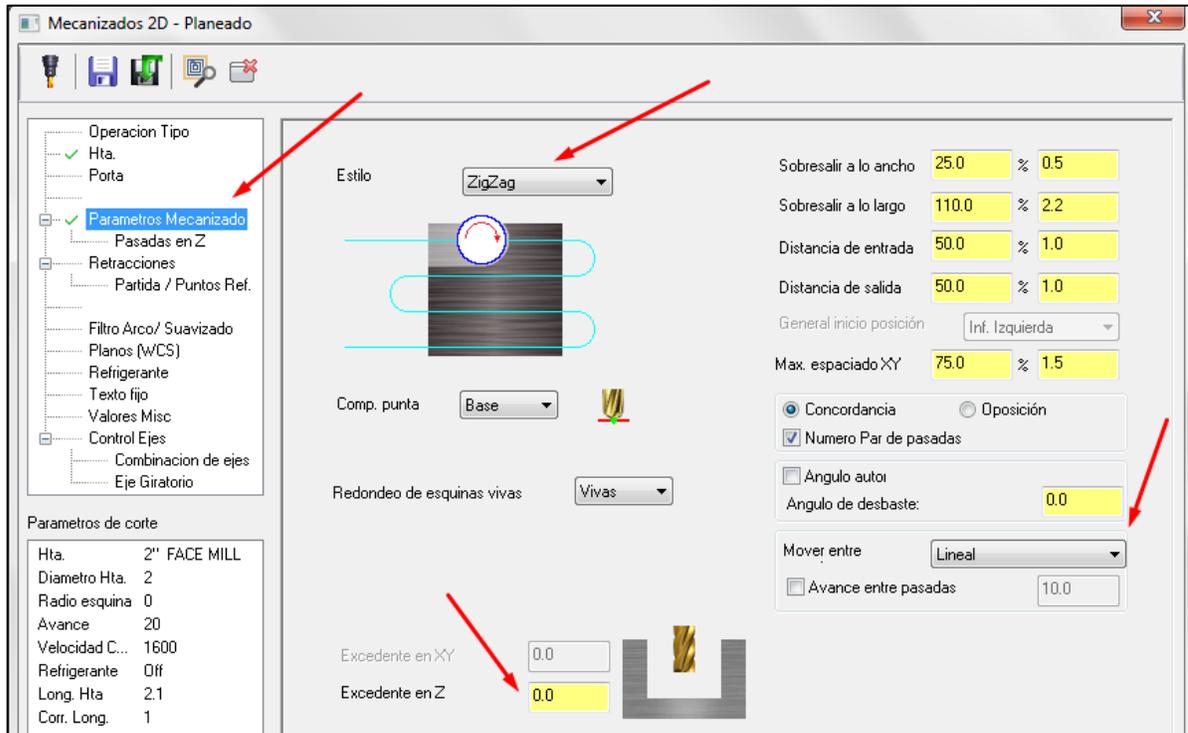


Figura 6.26 Parámetros Mecanizado.

Ahora se dirige al apartado de **Retracciones**, en este apartado se marcan las opciones e introducen los valores indicados en la figura 6.27 y se da clic en **OK**.

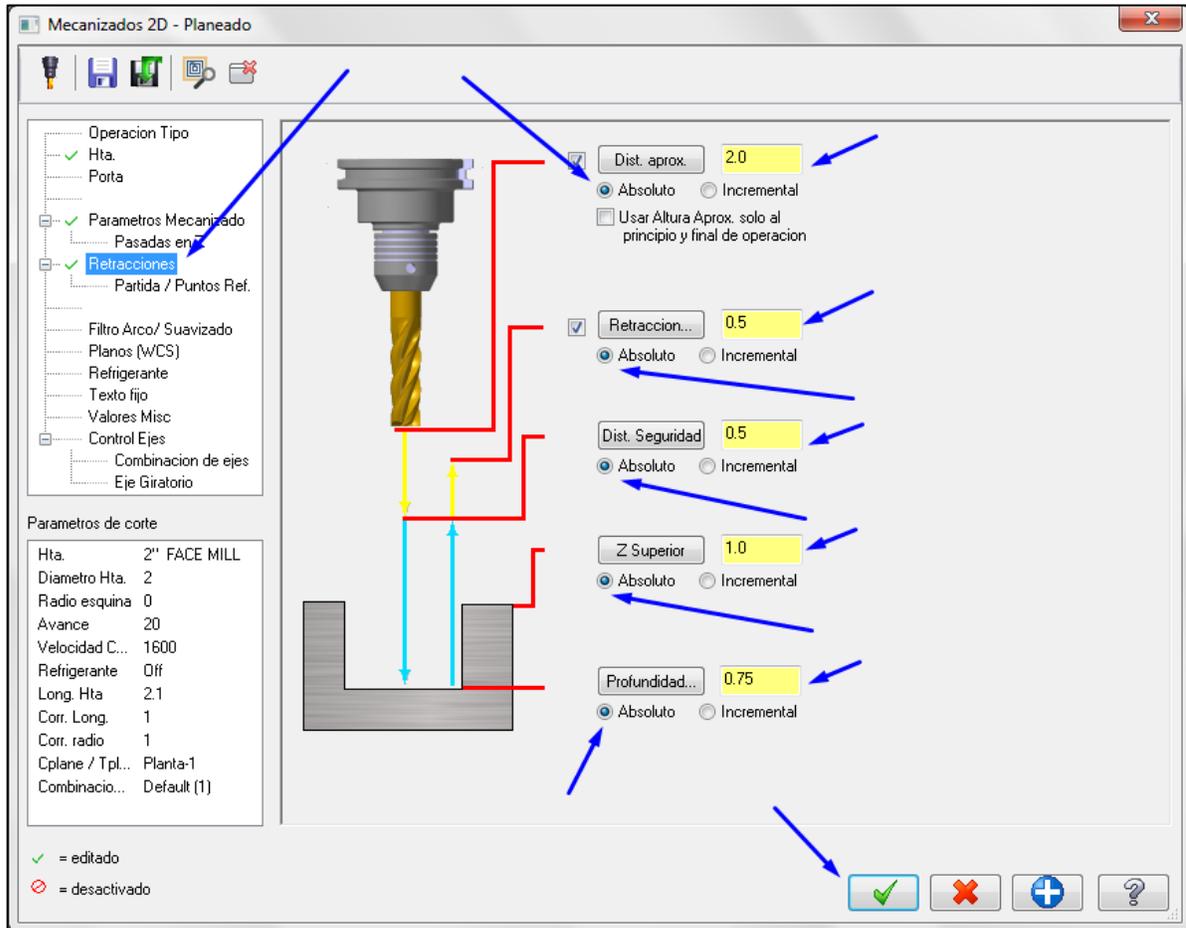


Figura 6.27 Retracciones.

Se pueden ver las trayectorias de maquinado de esta operación (figura 6.28).

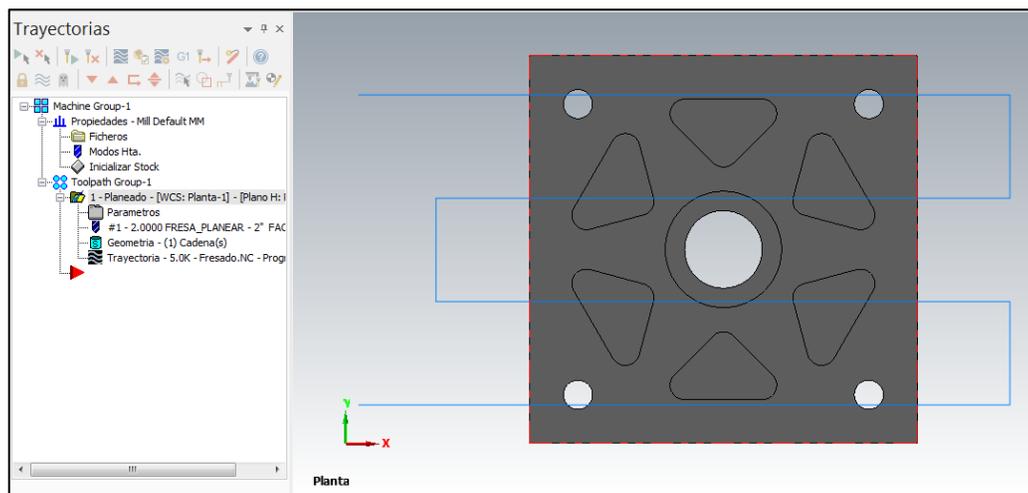


Figura 6.28 Trayectorias de la herramienta.

6.5 CAJERA.

Se va a realizar la operación de **Cajera**, para ello se dirige al menú de **MECANIZADOS** y se selecciona la opción de **Mec. Cajera** (figura 6.29).

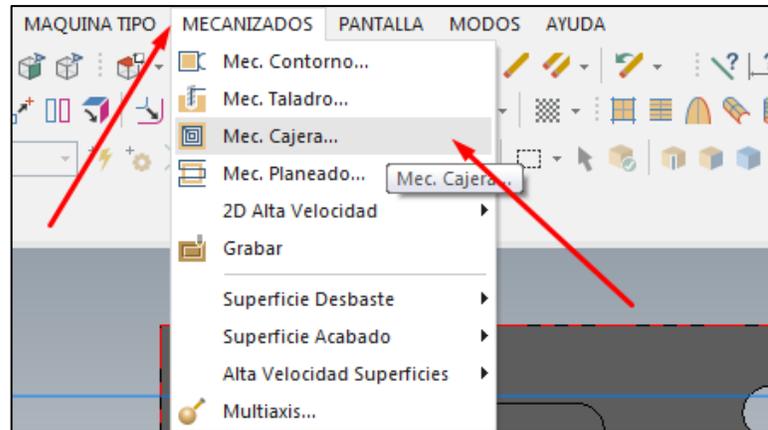


Figura 6.29 Cajera.

Se abrirá la ventana de **encadenado**, se selecciona la opción de **Lazo** y se selecciona el contorno de la pieza (figura 6.30).

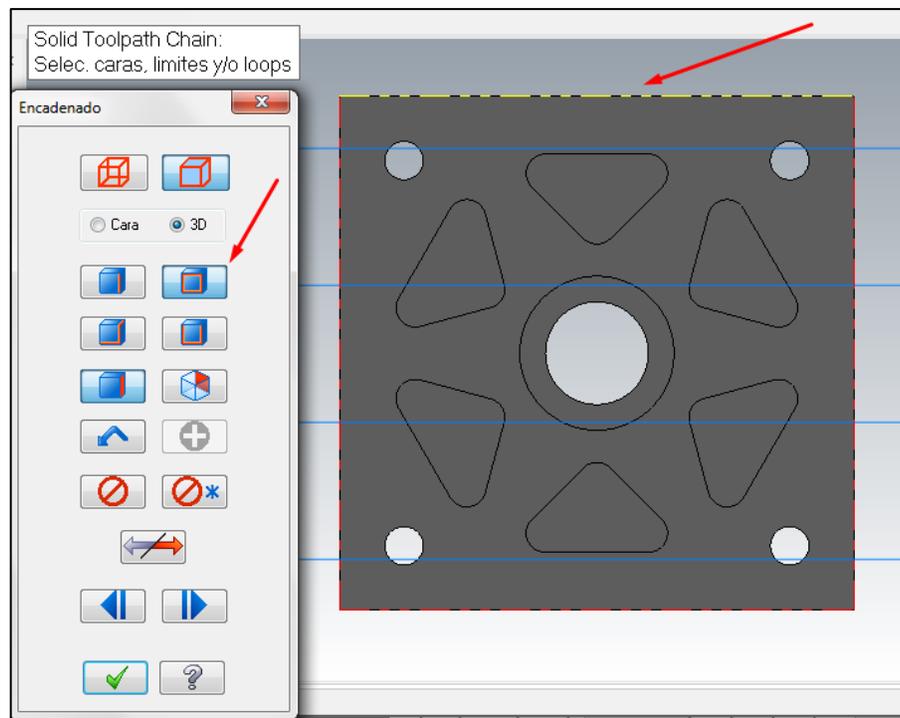


Figura 6.30 Encadenado.

Al seleccionar el contorno aparece la ventana de **Pick Cara referencia**, se da clic en **OK** (figura 6.31) y se regresara a la ventana de **Encadenado**.

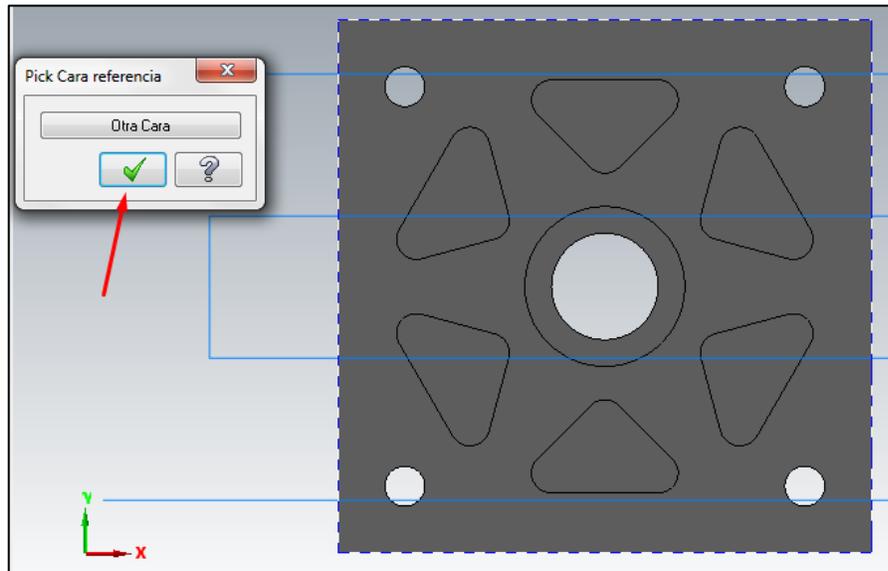


Figura 6.31 Pick Cara referencia.

Se selecciona el círculo central con el diámetro más grande y nuevamente aparecerá la ventana de **Pick Cara referencia**, se da clic en **OK** (figura 6.32) y se regresará a la ventana de **Encadenado**, se da clic en **OK** para terminar con el encadenado.

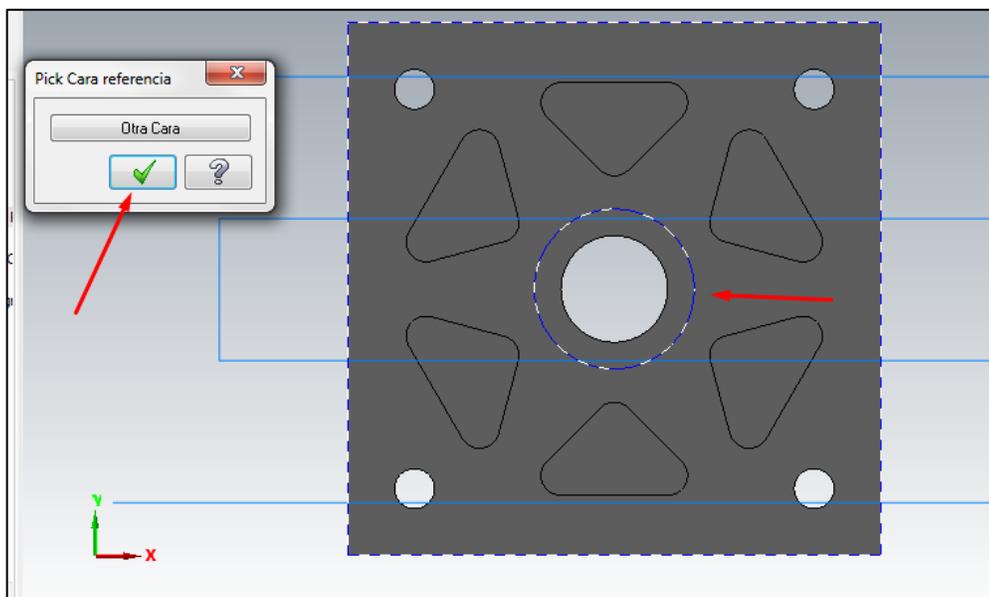


Figura 6.32 Pick Cara referencia.

Ahora aparece la ventana de **Mecanizados 2D - Cajera** (figura 6.33).

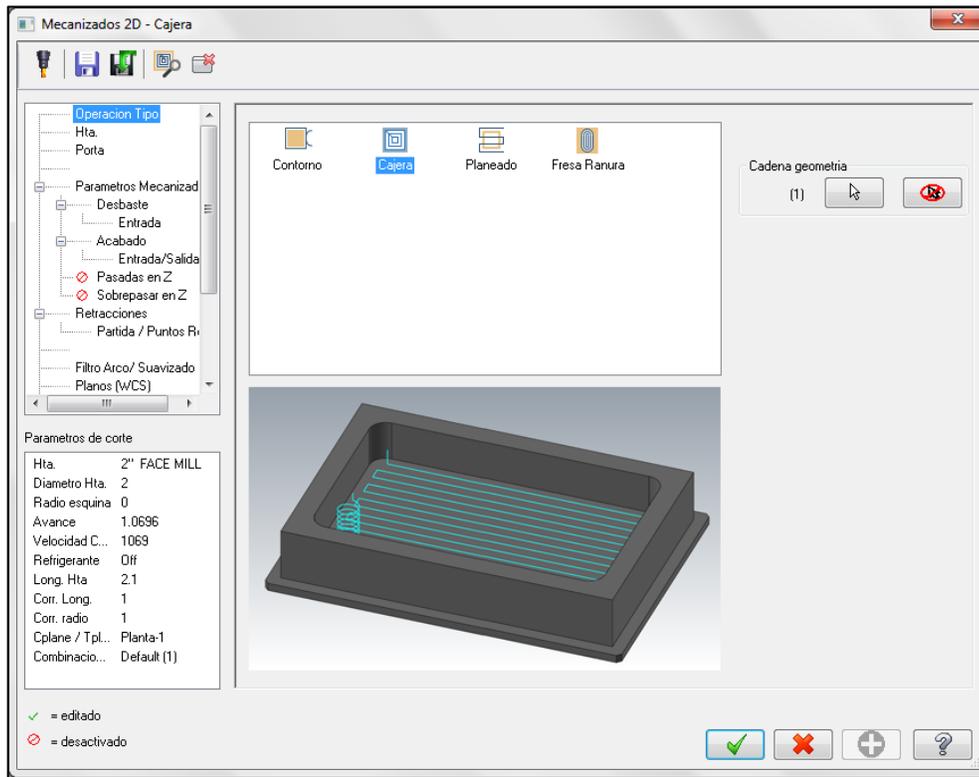


Figura 6.33 Mecanizados 2D – Cajera.

Se dirige al apartado de **Hta.** y se da clic en la opción de **Selec Librería Htas.** (figura 6.34).

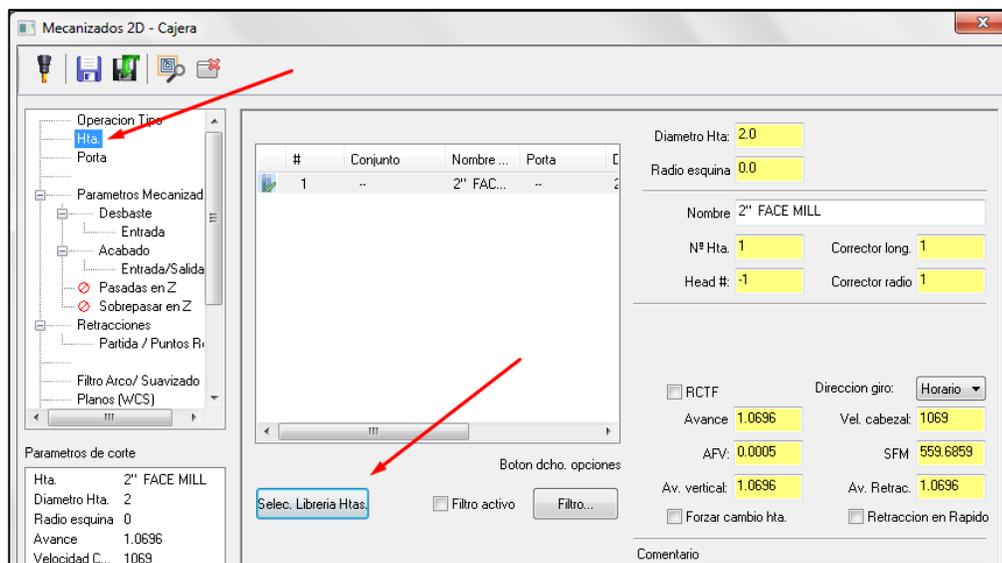


Figura 6.34 Apartado de Herramienta.

Se abrirá la ventana de **Selección Hta**, se selecciona la herramienta **237** y se da clic en **OK** (figura 6.35).

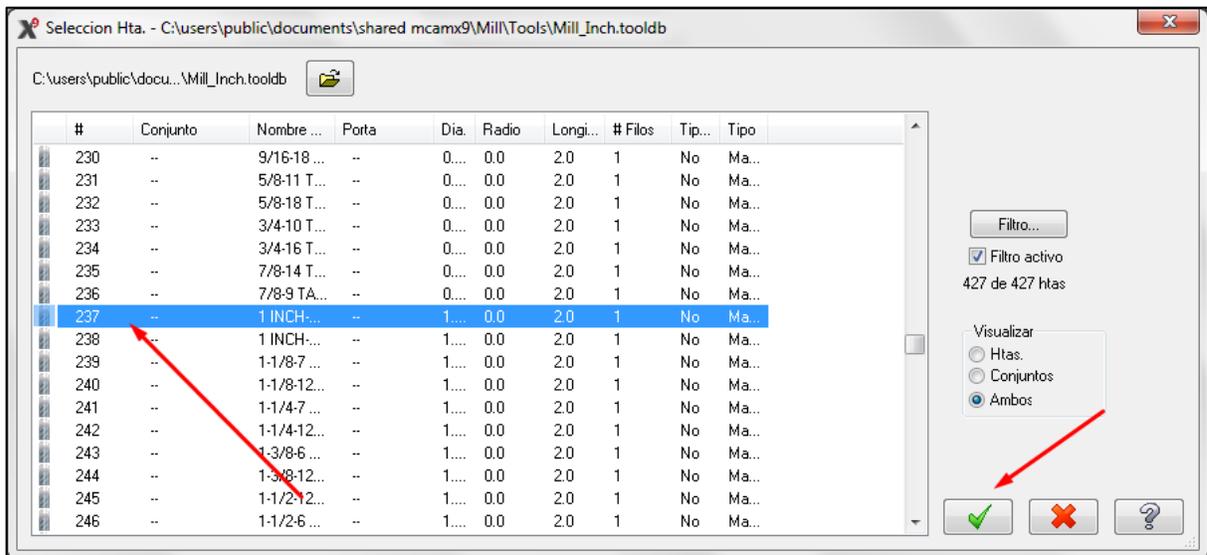


Figura 6.35 Selección Hta.

En el apartado de **Hta**, se da un valor de **10** en **Av. vertical**, en **Vel cabezal** se da un valor de **1500** y se marca la opción de **Retracción en Rápido** (figura 6.36).

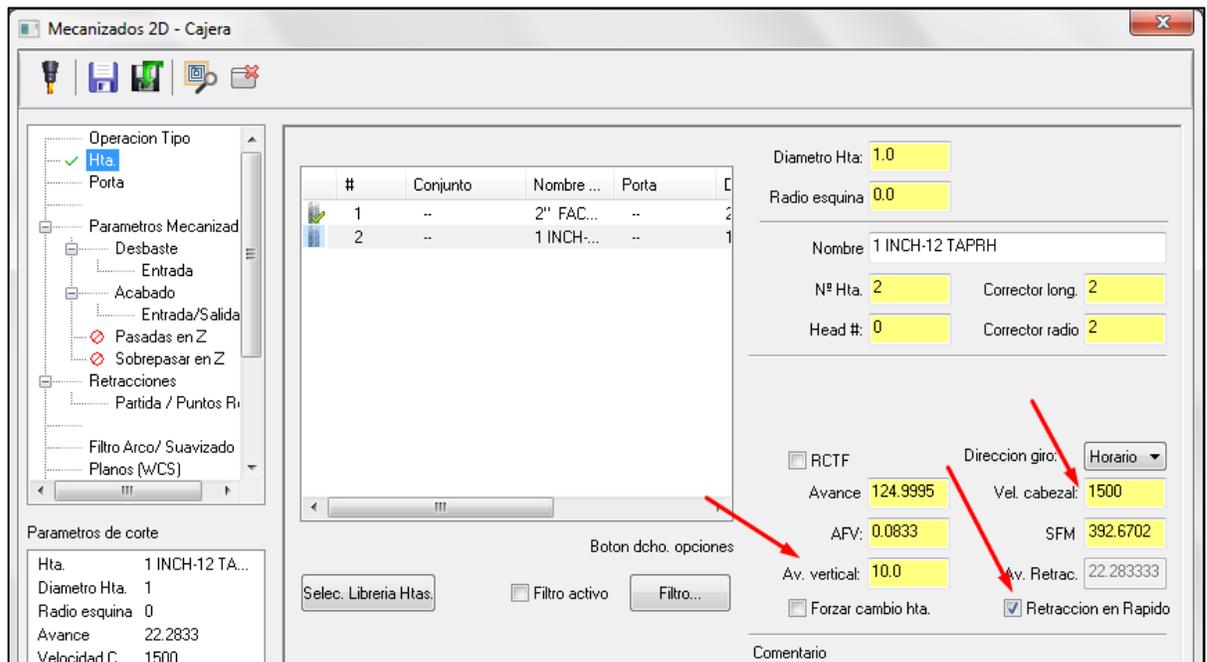


Figura 6.36 Parámetros Herramienta.

Ahora se dirige al apartado de **Parámetros Mecanizado**, en el menú de **Tipo caja** se selecciona la opción de **Planeado** y en **Excedente en XY** y **Excedente en Z** se dan valores de **0** (figura 6.37).

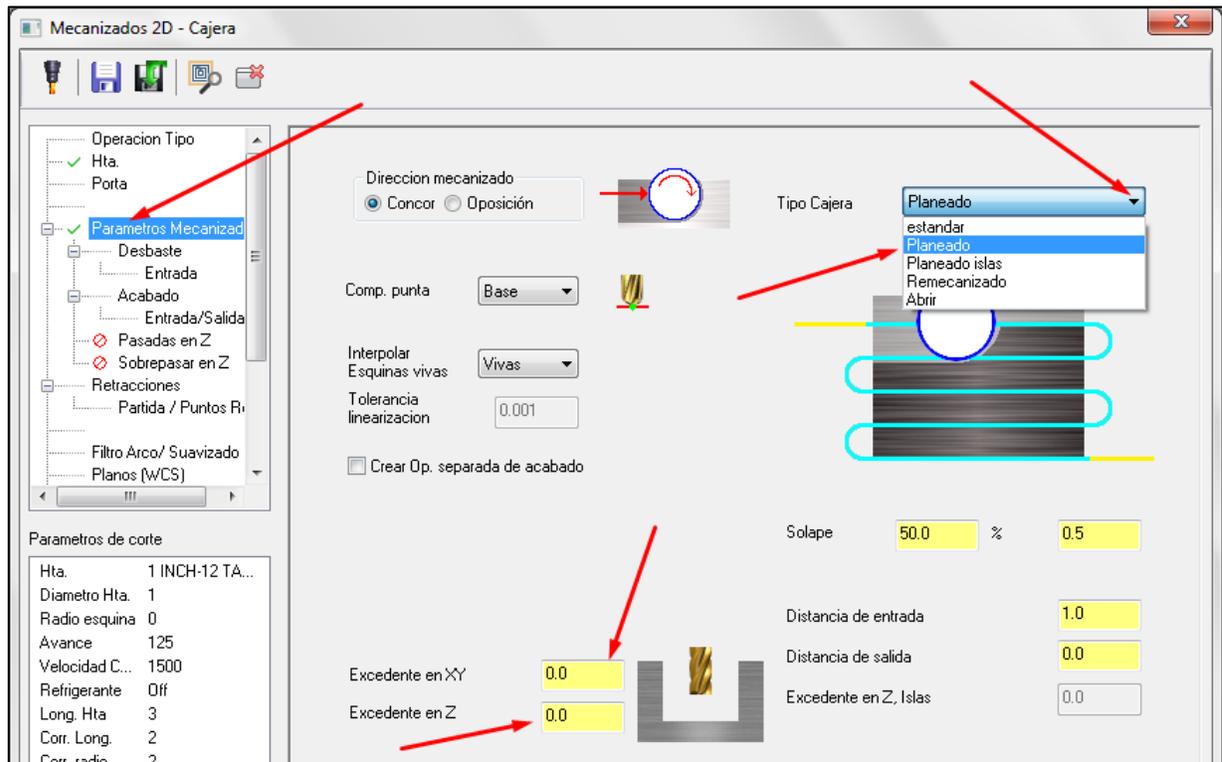


Figura 6.37 Parámetros Mecanizado.

Para continuar se dirige al apartado de **Desbaste** se selecciona la opción de **ZigZag**, en **% Diámetro Hta.** se le da un valor de **75** y se marca la opción de **Mostrar el material retirado por Espiral Constante** (figura 6.38).

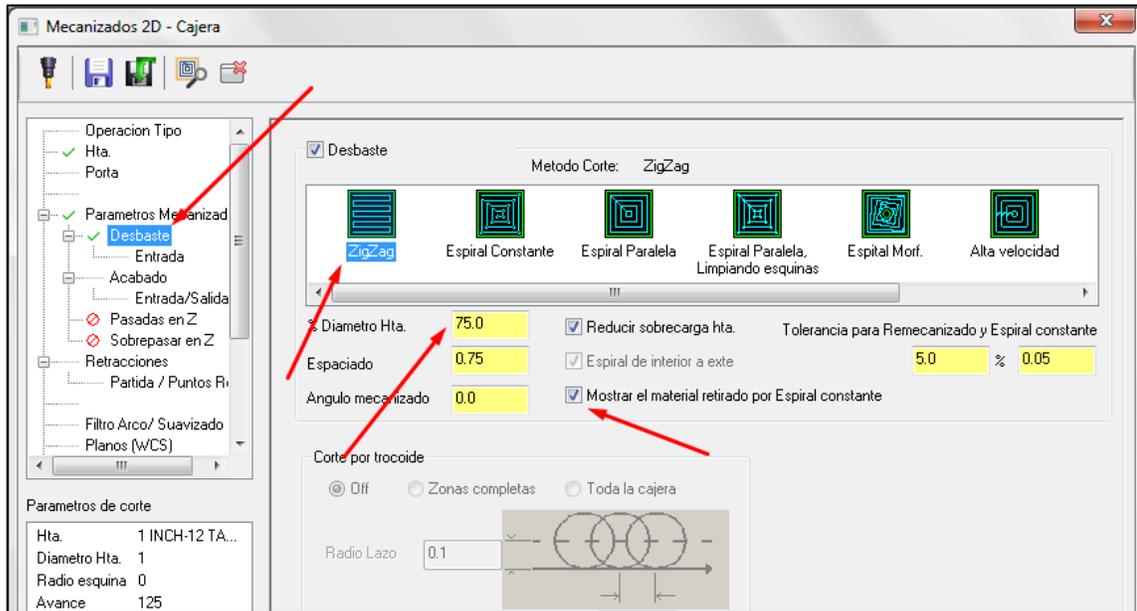


Figura 6.38 Parámetros Desbaste.

Se pasa al apartado de **Acabado** se da un valor de **0.02** en **Espaciado** y se marca la opción de **Realizar pasadas de acabado en altura final** (figura 6.39).

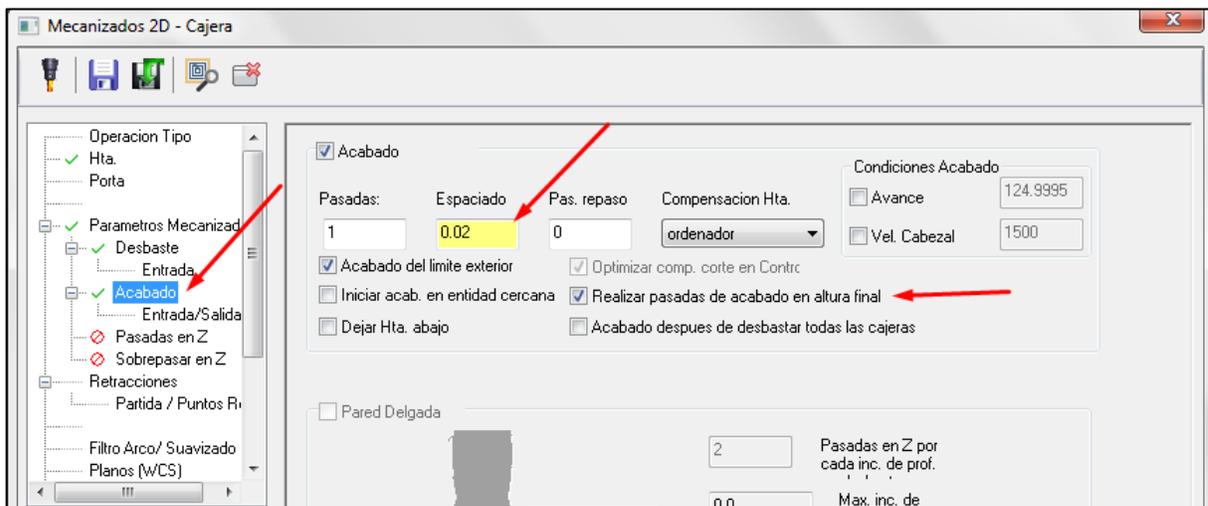


Figura 6.39 Parámetros Acabado.

Ahora se va al apartado de **Entrada/Salida** y en **Longitud** y **Radio** se dan valores de **75** y se da clic en el icono de **->** para que se copien los valores de **entrada** en la **salida** (figura 6.40).

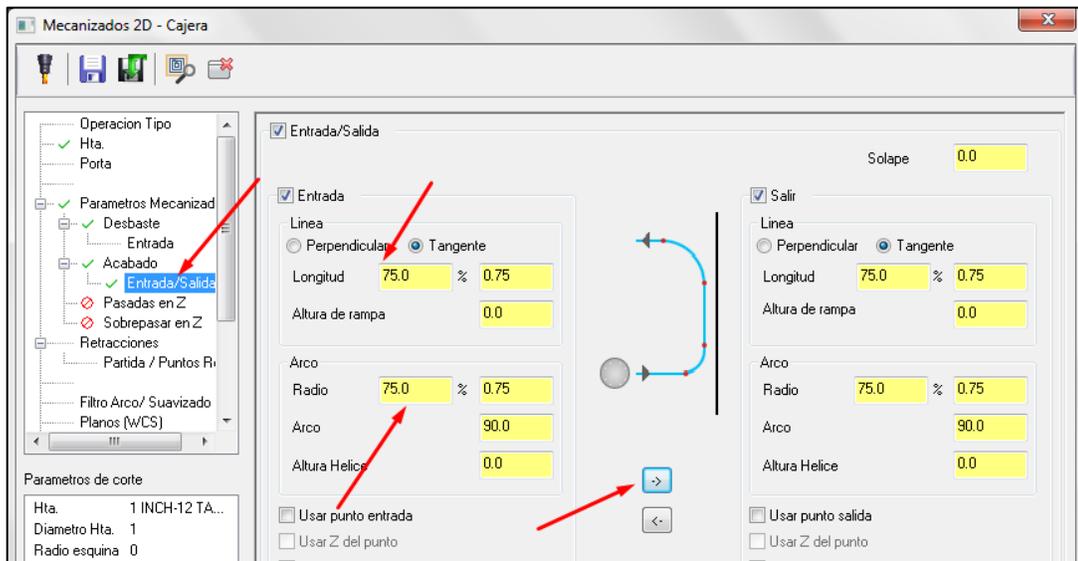


Figura 6.40 *Parámetros Entrada/Salida.*

Se dirige al apartado de **Retracciones**, se marcan las opciones y se introducen los valores indicados en la figura 6.41.

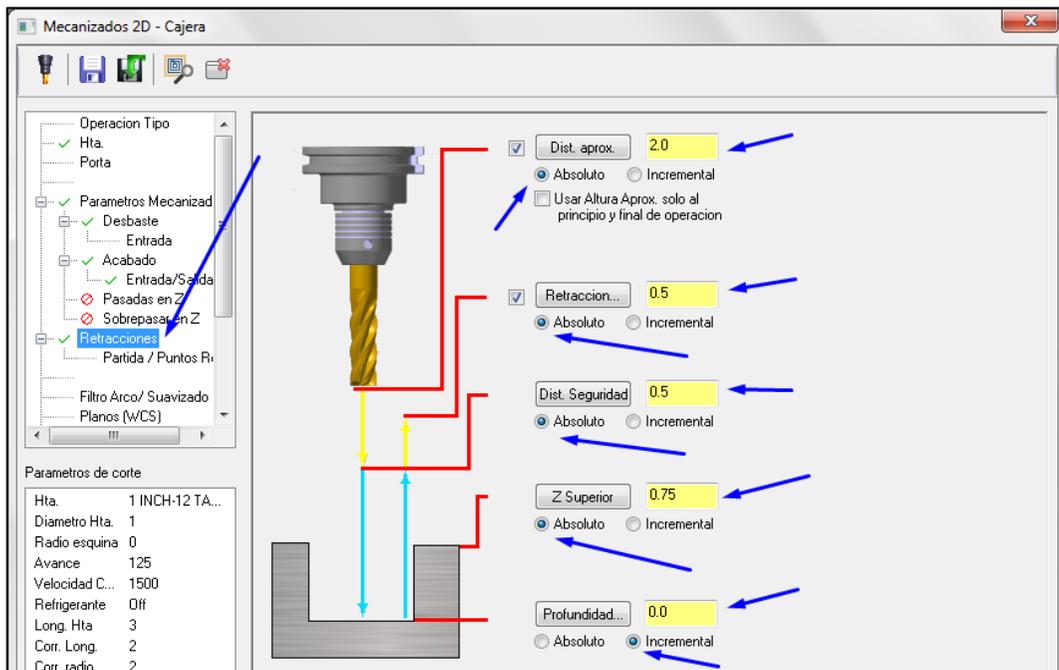


Figura 6.41 *Parámetros de Retracciones.*

Ahora se dirige al apartado de refrigerante, se cambia a **On** en el menú de **Flood** y se da clic en la opción de **OK** (figura 6.42).

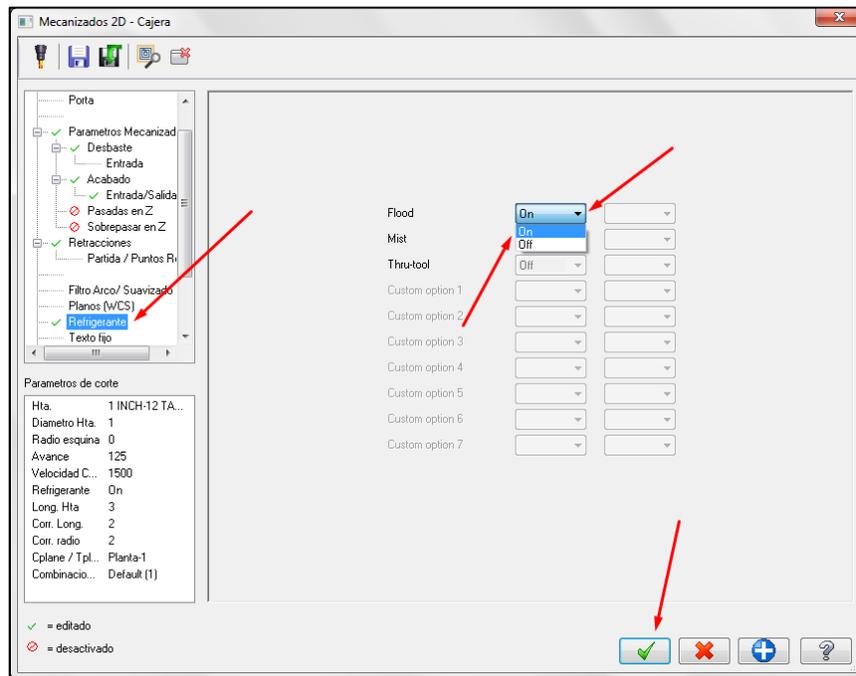


Figura 6.42 Refrigerante Activado.

Al dar en **OK** se pueden ver las trayectorias del mecanizado de esta operación (figura 6.43).

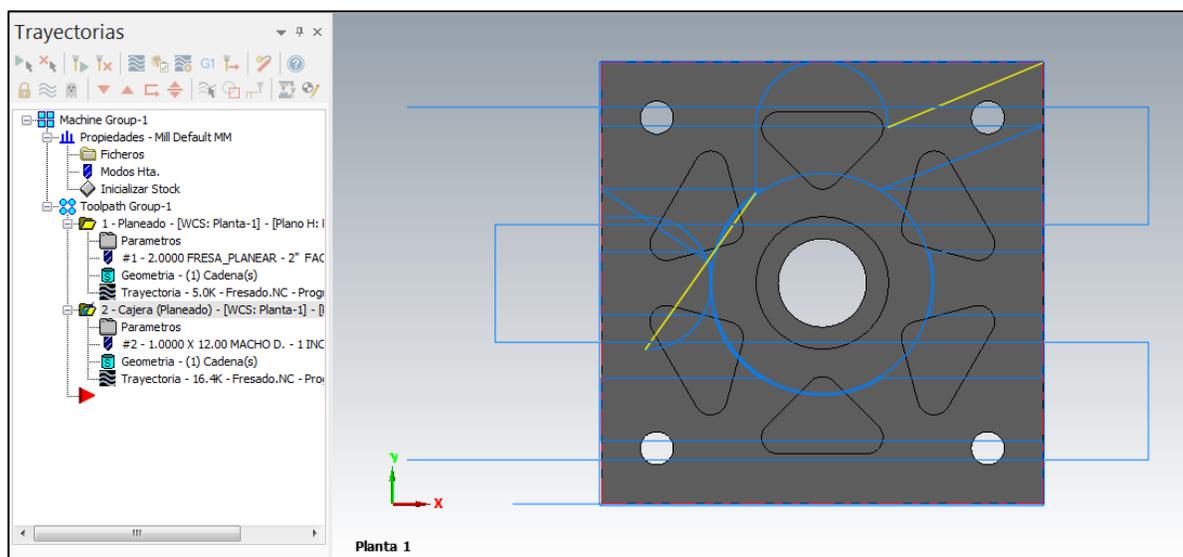


Figura 6.43 Trayectorias del mecanizado.

6.6 TALADRO.

Para llevar a cabo esta operación se dirige al menú de **MECANIZADOS** y se selecciona la opción de **Mec. Taladro** (figura 6.44).

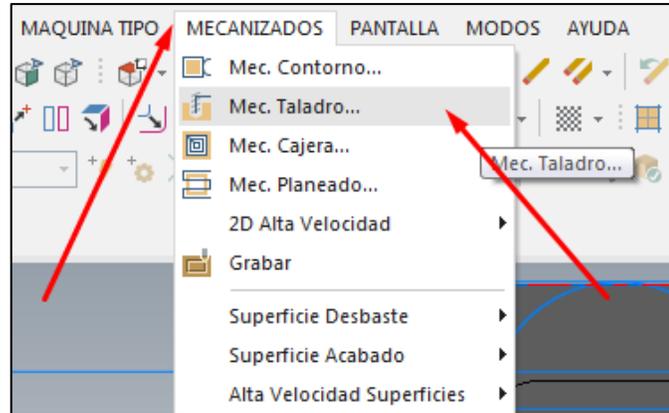


Figura 6.44 Mecanizar Taladro.

Se abre la ventana de **Selección de punto taladro**, se selecciona la opción de **seleccionar posición punto**, se seleccionan los puntos centrales de los círculos indicados en la figura 6.45 y se da clic en **OK**.

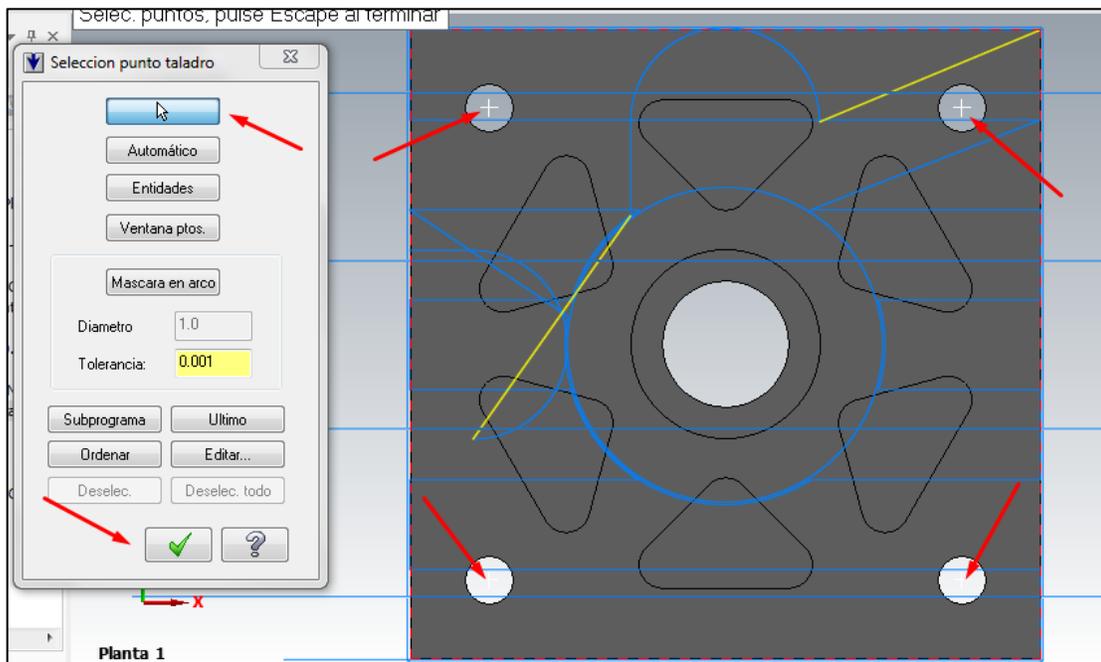


Figura 6.45 Selección de punto taladro.

Se abrirá la ventana de **Mecanizados 2D – Tal/Círculos Taladro Simple-Sin Ret.** (figura 6.46).

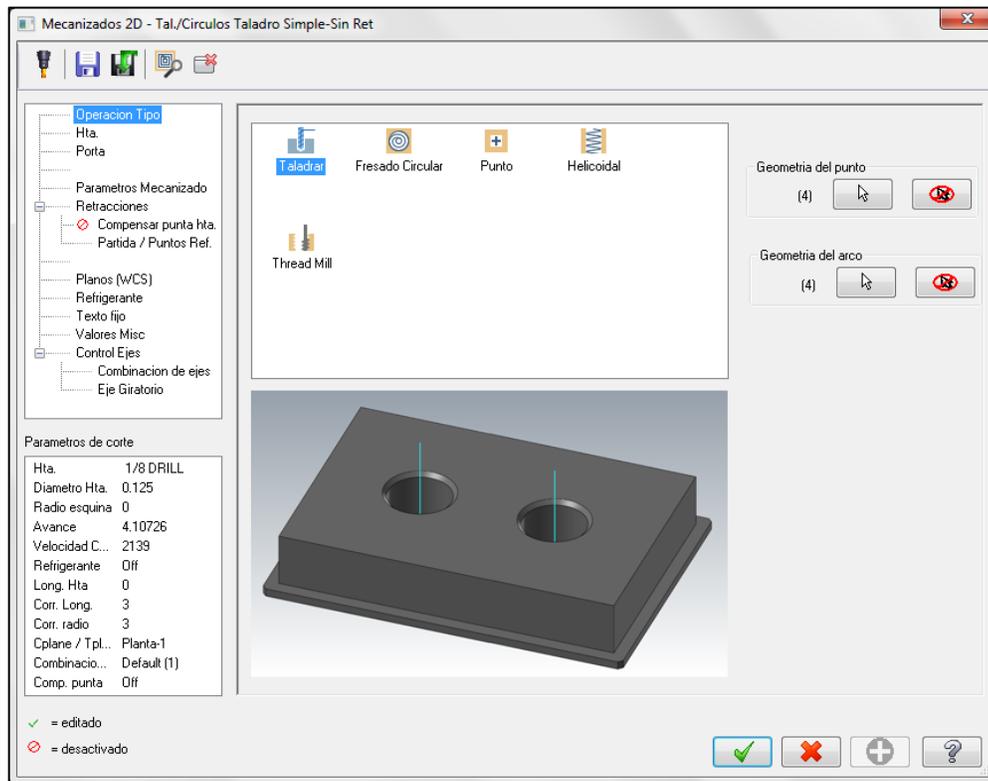


Figura 6.46 Mecanizados 2D – Tal/Círculos Taladro Simple-Sin Ret.

Se dirige al apartado de **Hta.** y se da clic en la opción de **Selec Librería Htas.** (figura 6.47).

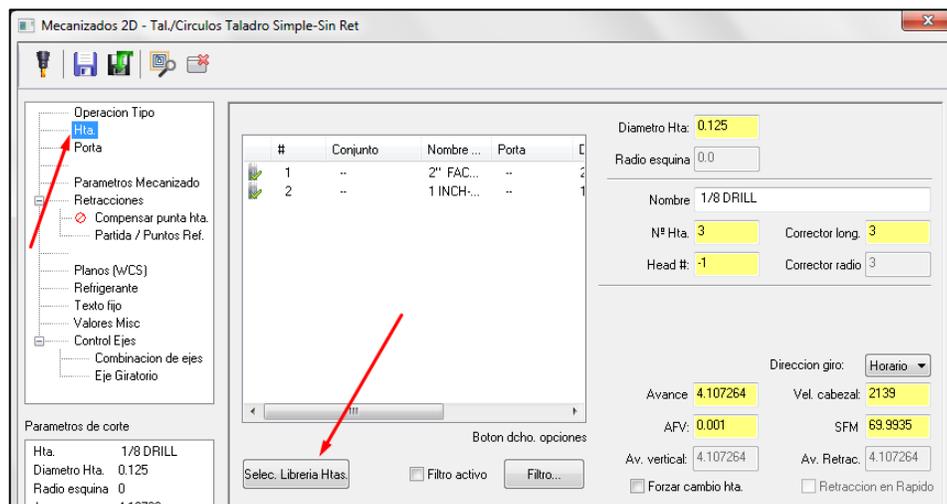


Figura 6.47 Apartado Herramienta.

Dentro de la ventana de **Selección Hta.** se selecciona la herramienta **148** y se da clic en **OK** (figura 6.48).

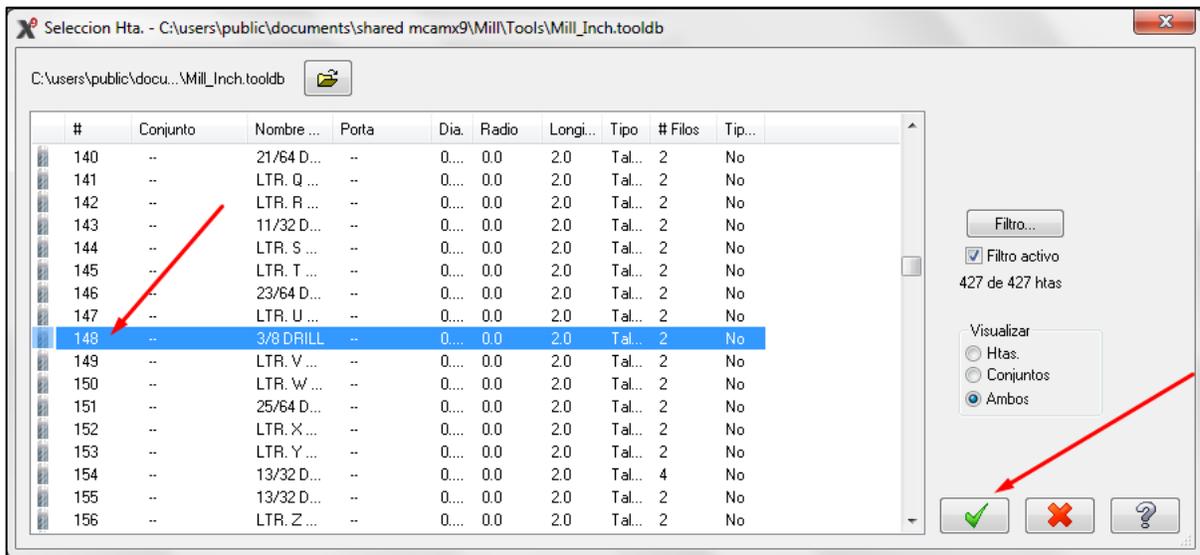


Figura 6.48 Selección Hta.

Ahora en el apartado de **Hta.** se da un valor de **12** en **Avance** y un valor de **4500** en **Vel. Cabezal** (Figura 6.49).

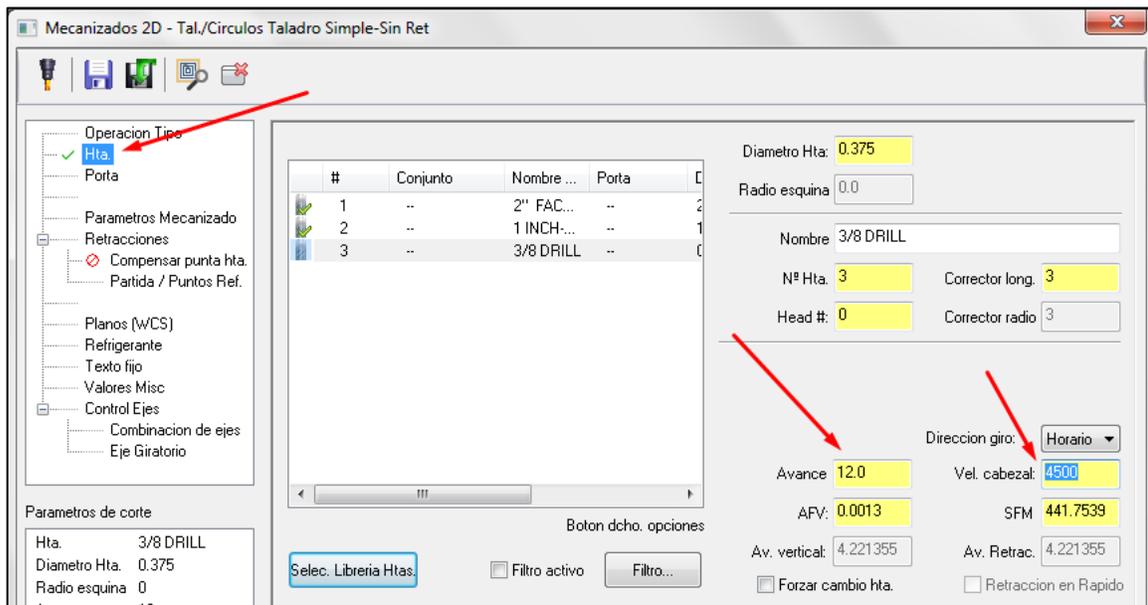


Figura 6.49 Parámetros Herramienta.

Se dirige al apartado de **Parámetros Mecanizado**, en el menú **Ciclo** se selecciona la opción de **Taladro prof**, en **Peck** se da un valor de **0.3** (figura 6.50).

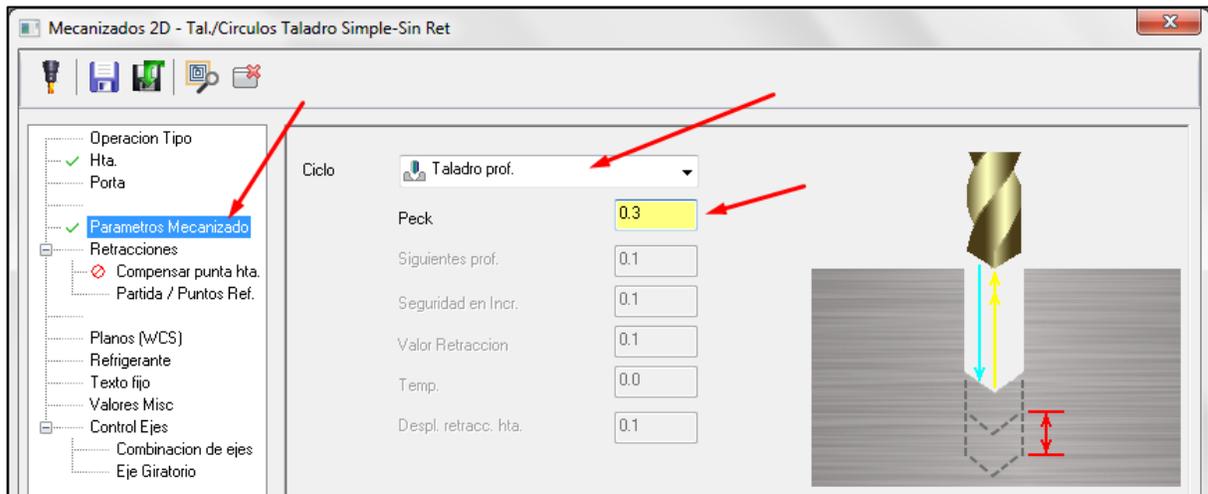


Figura 6.50 Parámetros Mecanizado.

Se va al apartado de **retracciones**, se marcan y se introducen todas las opciones y valores de la figura 6.51.

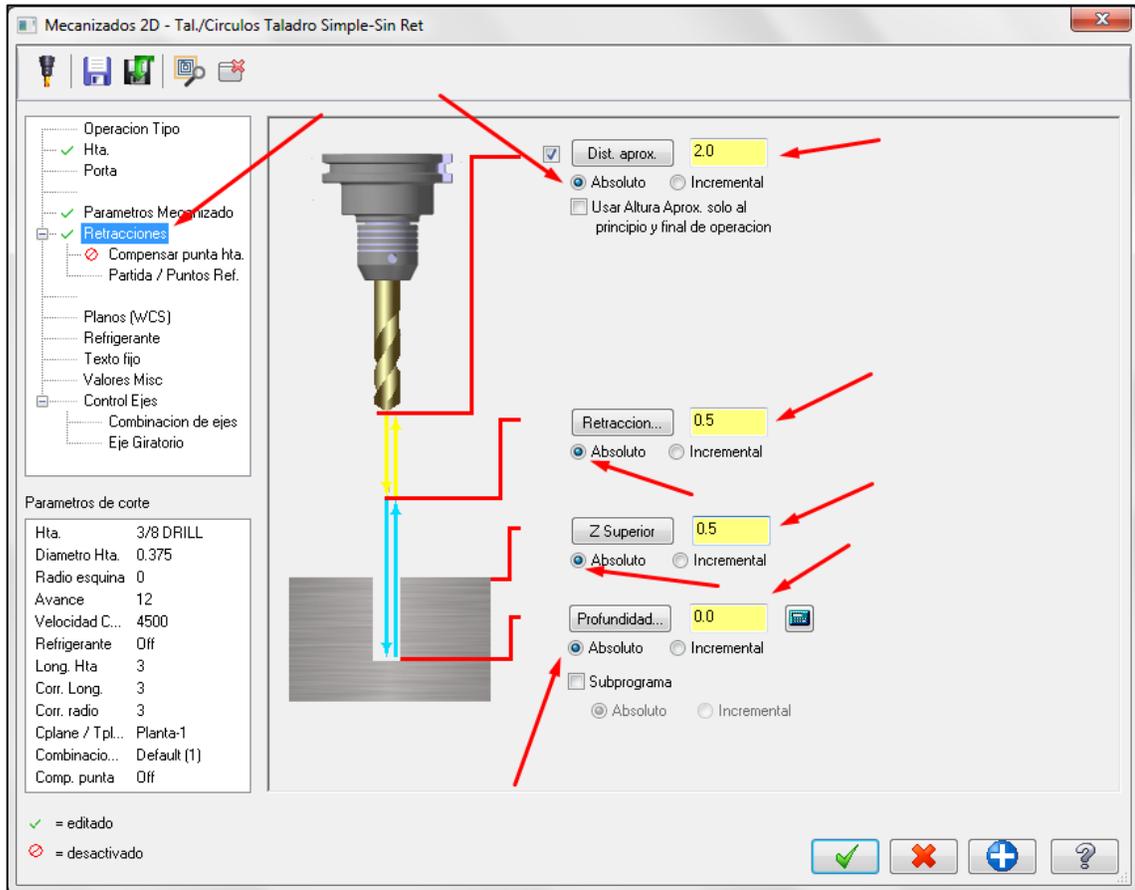


Figura 6.51 *Parámetros retracciones.*

Se dirige al apartado de **Compensar punta Hta**; se marca la opción de **Compensar punta Hta** y en **Valor Sobrepasar** se introduce un valor de **0.1** (figura 6.52).

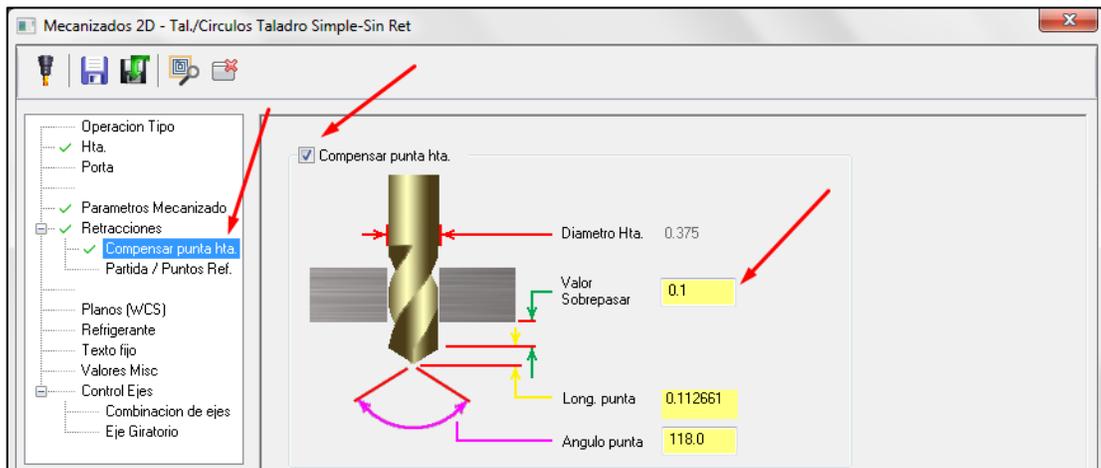


Figura 6.52 *Compensar punta Herramienta.*

Por último, se dirige al apartado de **Refrigerante**, en el menú de **Flood** se cambia a **On** y se da clic en **OK** (figura 6.53).

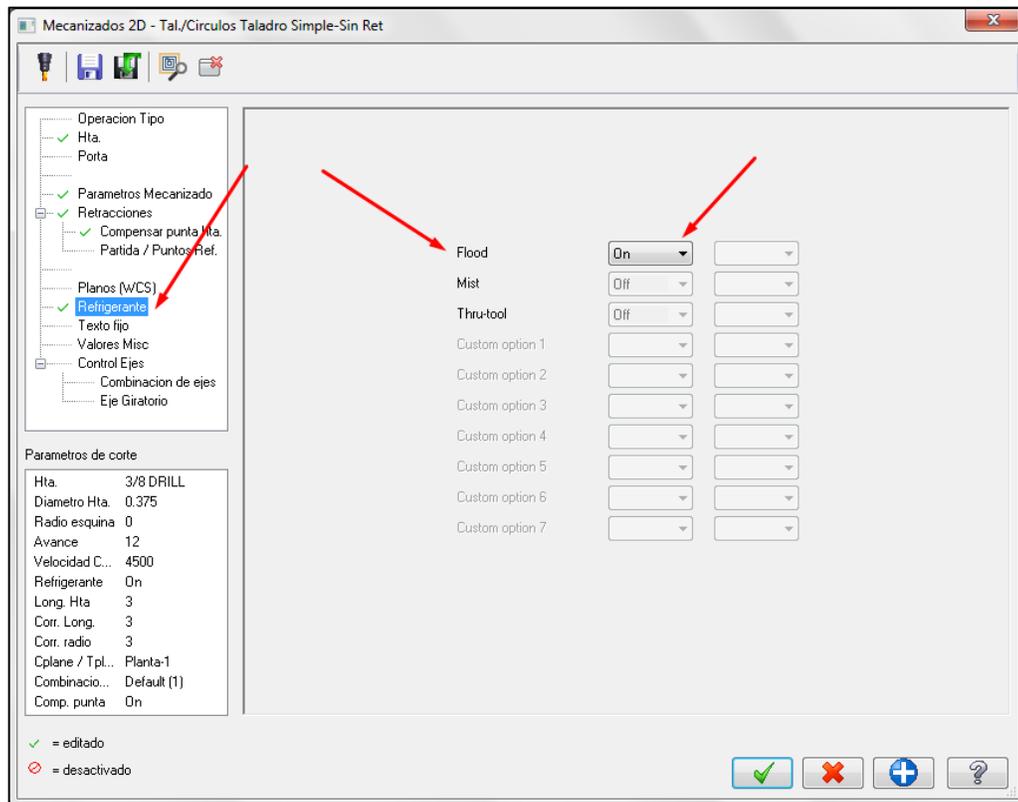


Figura 6.53 Refrigerante.

Con esto ya tiene las trayectorias de la herramienta del mecanizado (figura 6.54).

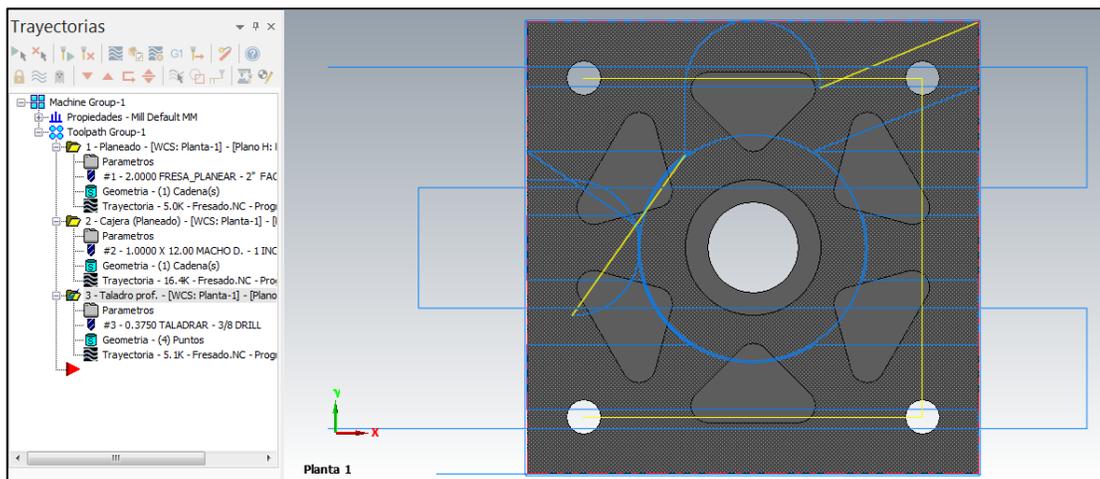


Figura 6.54 Trayectorias del mecanizado.

6.7 SEGUNDA CAJERA.

Se va a realizar la segunda operación de cajera para ello se dirige al menú de **MECANIZADO** y se selecciona la opción de **Mec. cajera** (Figura 6.55).

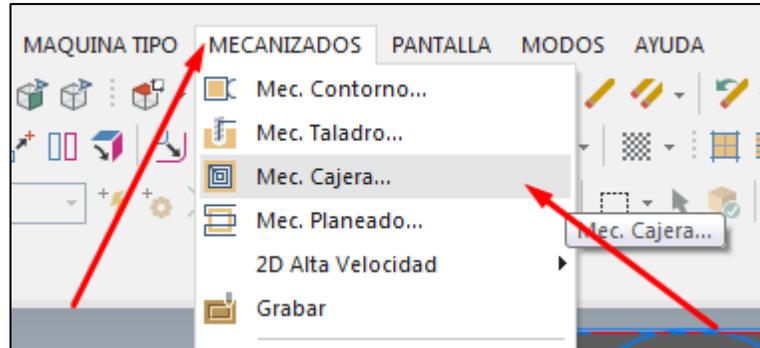


Figura 6.55 Cajera.

Se abre la ventana de **Encadenado**, se va al apartado de **SÓLIDO**, se selecciona la opción de **cara** y se seleccionan todas las entidades indicadas con las líneas rojas de la figura 6.56 y se da clic en **OK**.

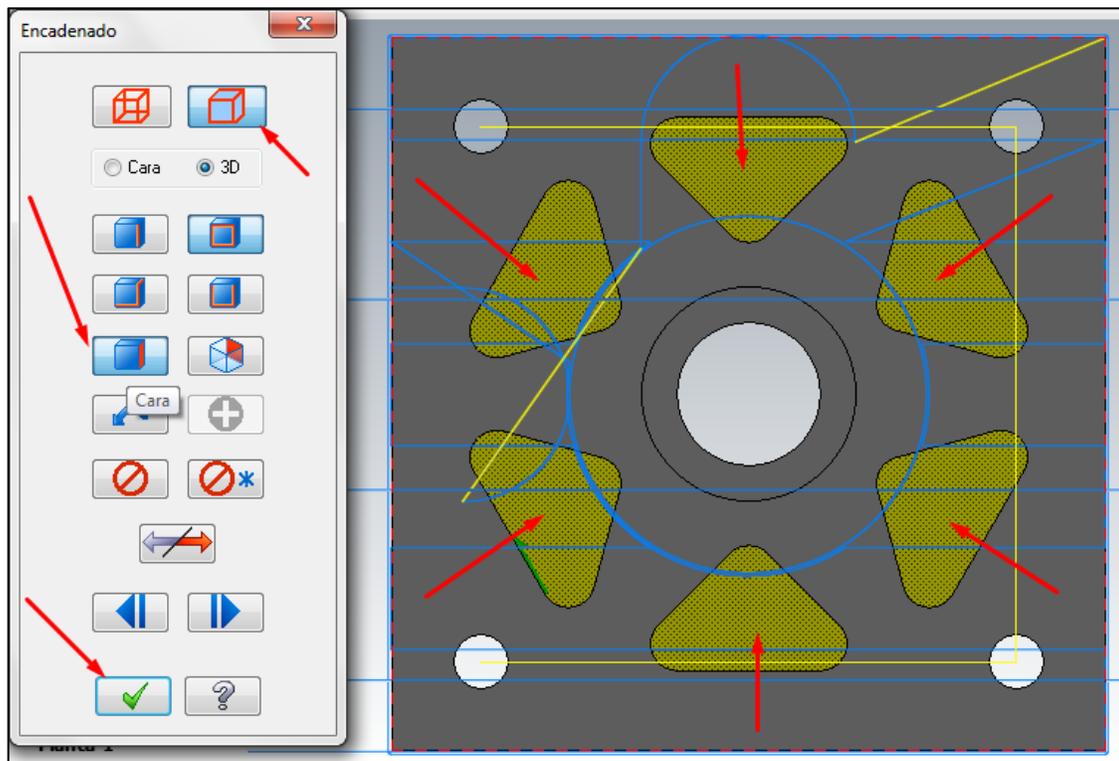


Figura 6.56 Selección de entidades.

Se abrirá la ventana de **Mecanizado 2D - Cajera**, se dirige al apartado de **Hta** y se selecciona la opción de **Selec. Librería Htas.** (figura 6.57).

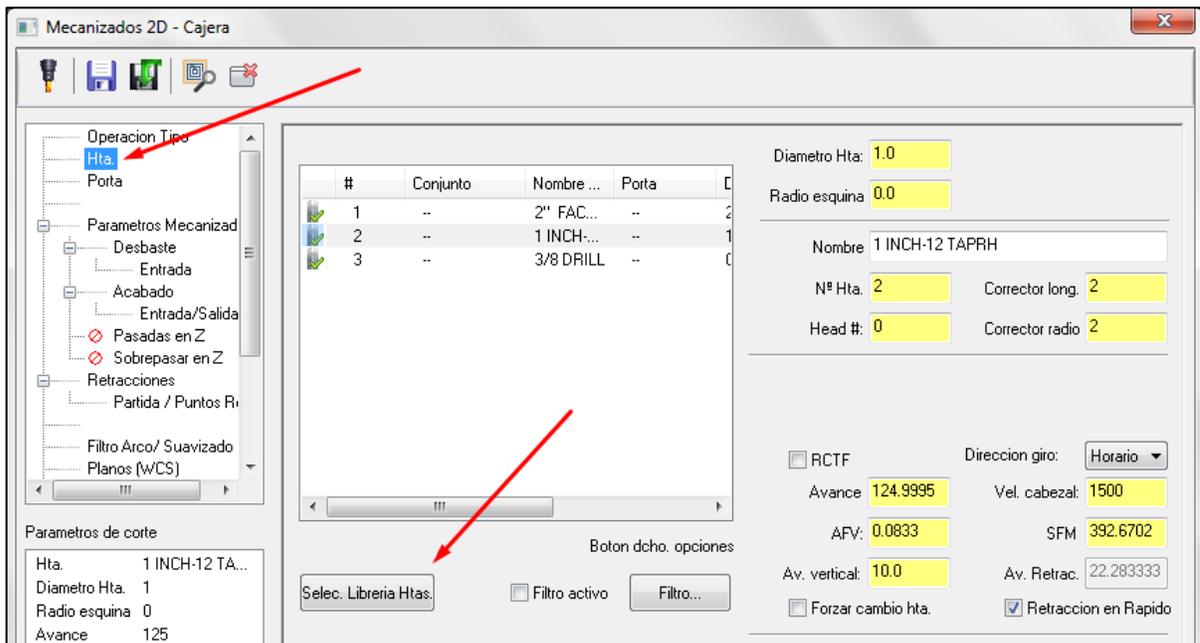


Figura 6.57 Apartado Herramienta.

Se abrirá la ventana de **Selección Hta**; se selecciona la herramienta **287** y se da clic en **OK** (figura 6.58).

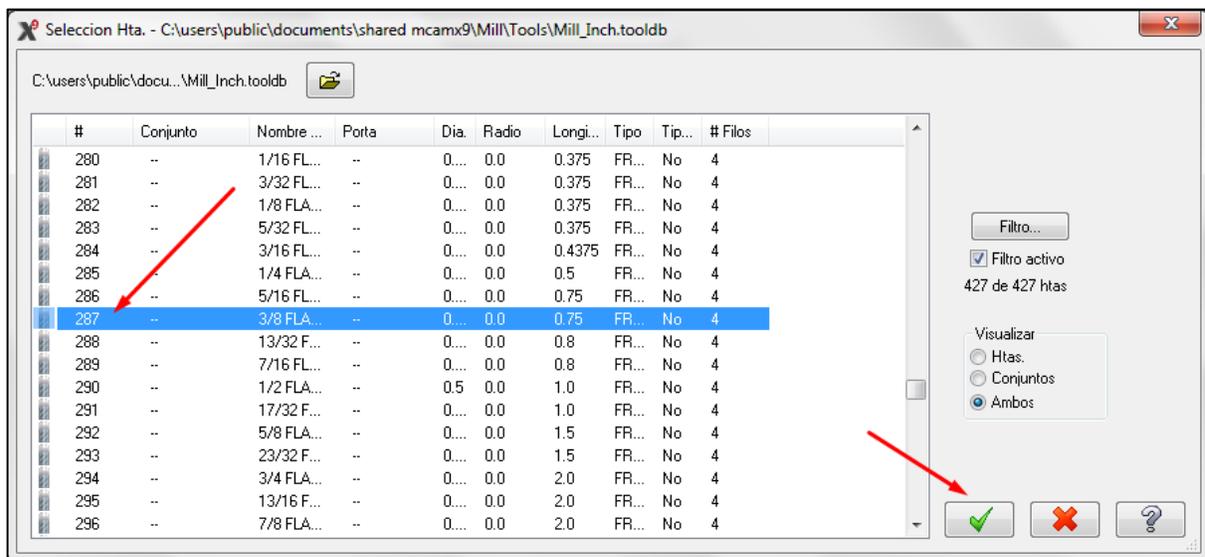


Figura 6.58 Selección Herramienta.

Ahora en el apartado de **Hta** se introduce un valor de **10** en **Avance** y **Av. vertical**, en **Vel. cabezal** se introduce un valor de **3500** (figura 6.59).

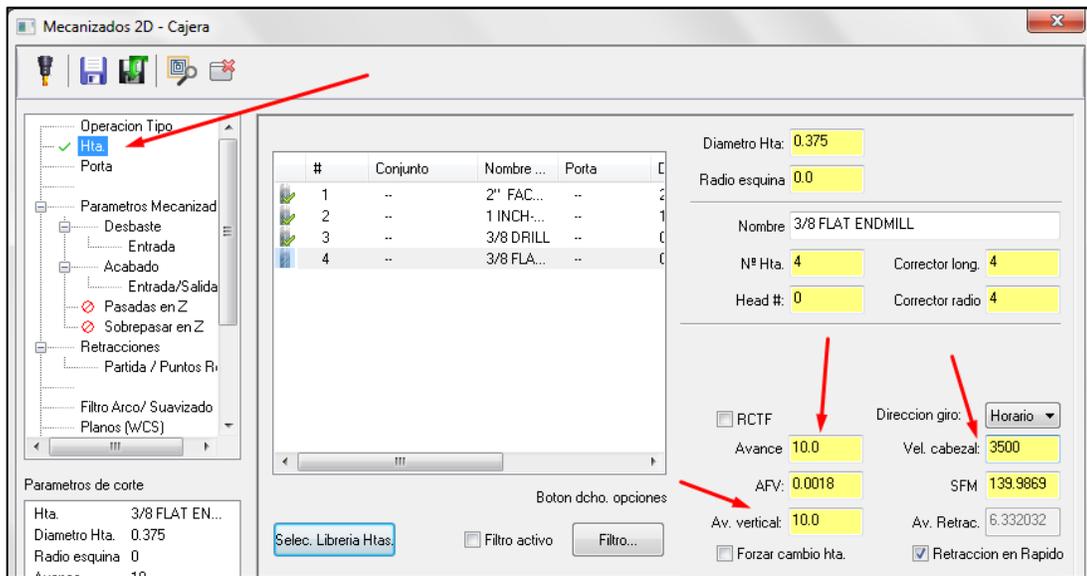


Figura 6.59 Parámetros Herramienta.

Se dirige al apartado de **Parámetros Mecanizado**, en el menú de **Tipo Cajera** se selecciona la opción de **estándar** (Figura 6.60).

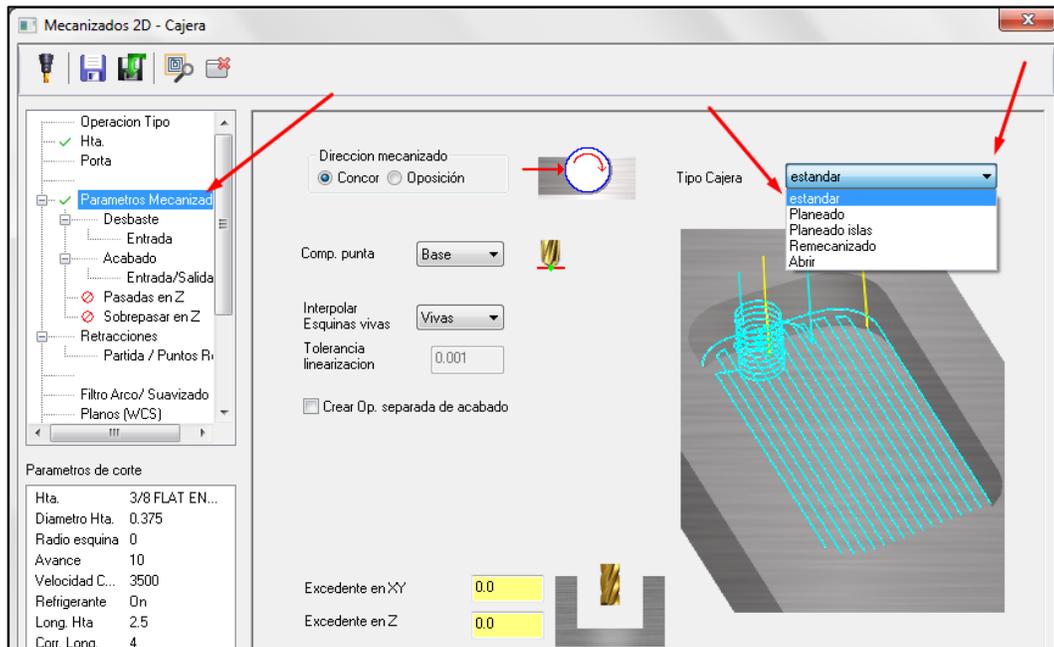


Figura 6.60 Parámetros Mecanizado.

Ahora se dirige al apartado de **Desbaste** se selecciona la opción de **Espiral Constante** (figura 6.61).

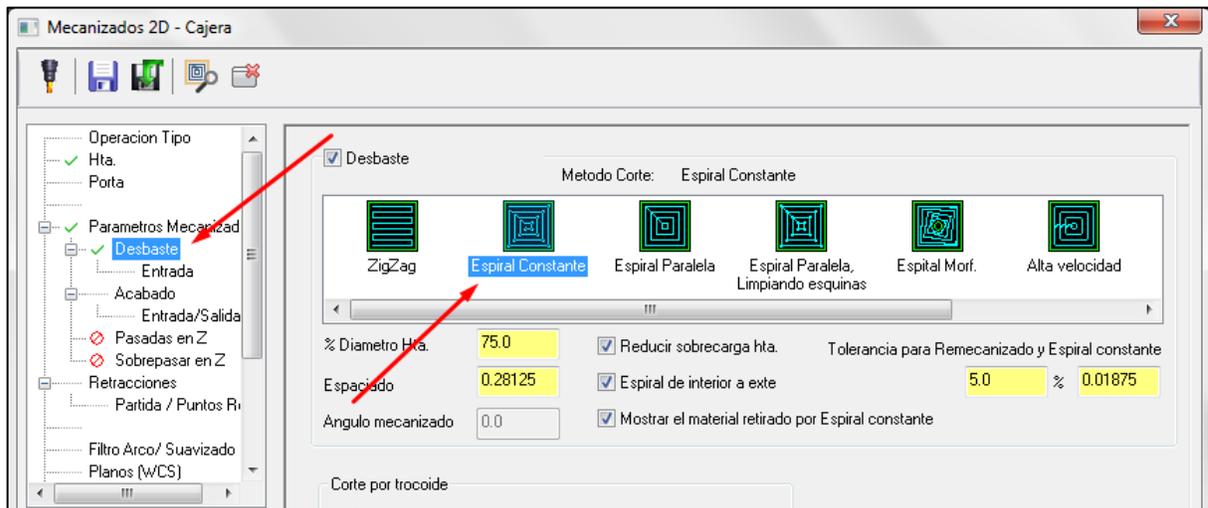


Figura 6.61 Desbaste.

Se dirige al apartado de **Entrada** y se marca la opción de **Rampa** (figura 6.62)

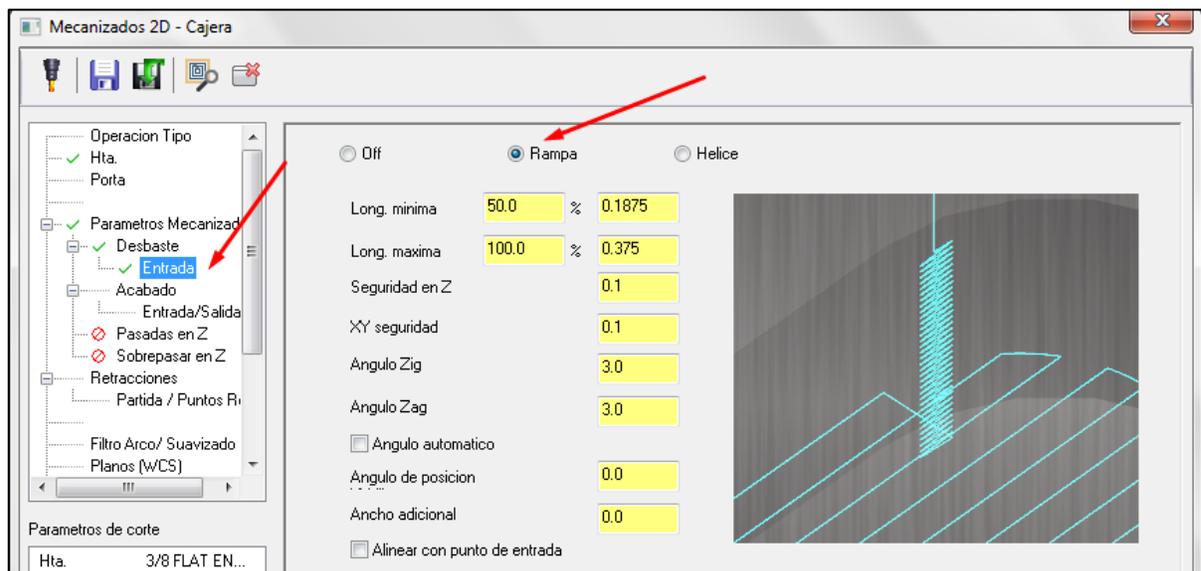


Figura 6.62 Entrada.

En el apartado de **Acabado** se introduce un valor de **0.02** en **espaciado**, se marcan las opciones de **Acabado del límite exterior**, **Dejar Hta abajo** y **Realizar pasadas de acabado en altura final** (figura 6.63).

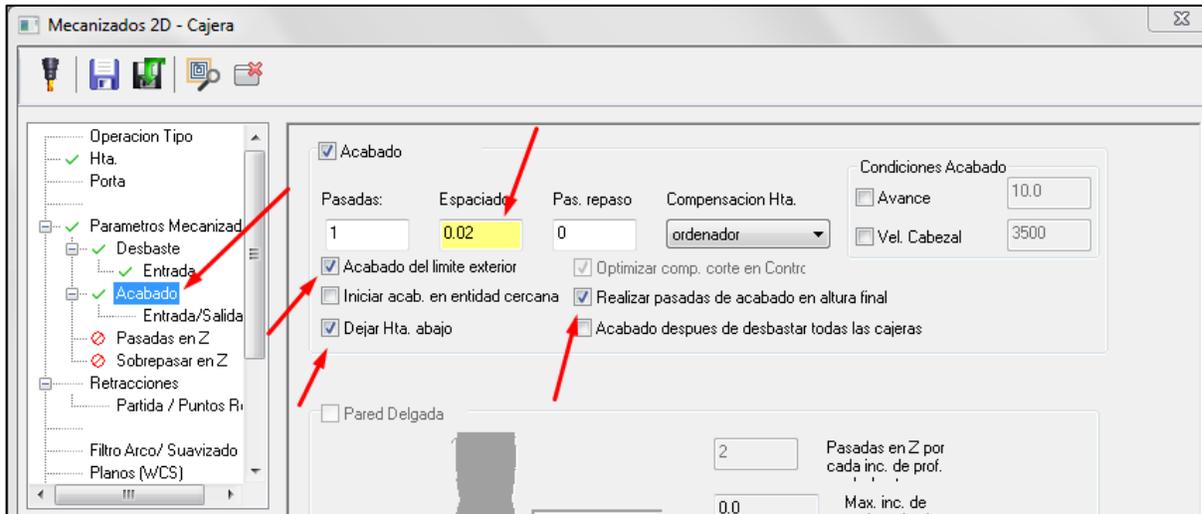


Figura 6.63 Acabado.

Ahora se dirige al apartado de **Pasadas en Z** se marcan las opciones de **Pasadas en Z** y **Dejar Hta. abajo**, se introduce un de **0.1** en **Paso max en Z** y **0.05** en **Paso en Z para** (figura 6.64).

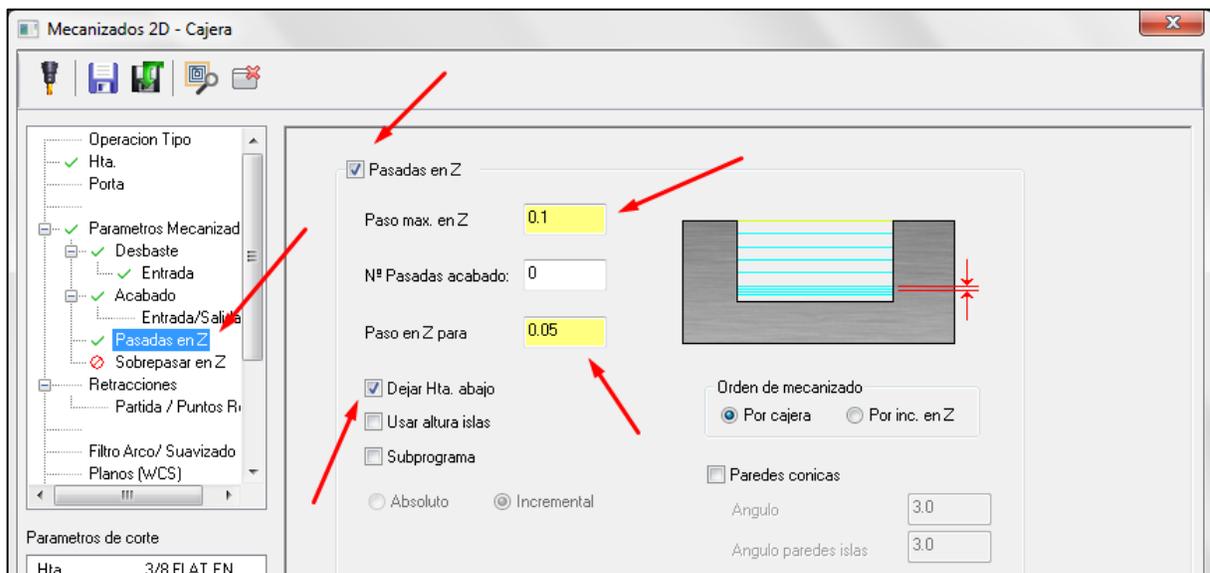


Figura 6.64 Pasadas en Z.

En el apartado de **Retracciones** se marcan las opciones y se introducen los parámetros indicados en la figura 6.65.

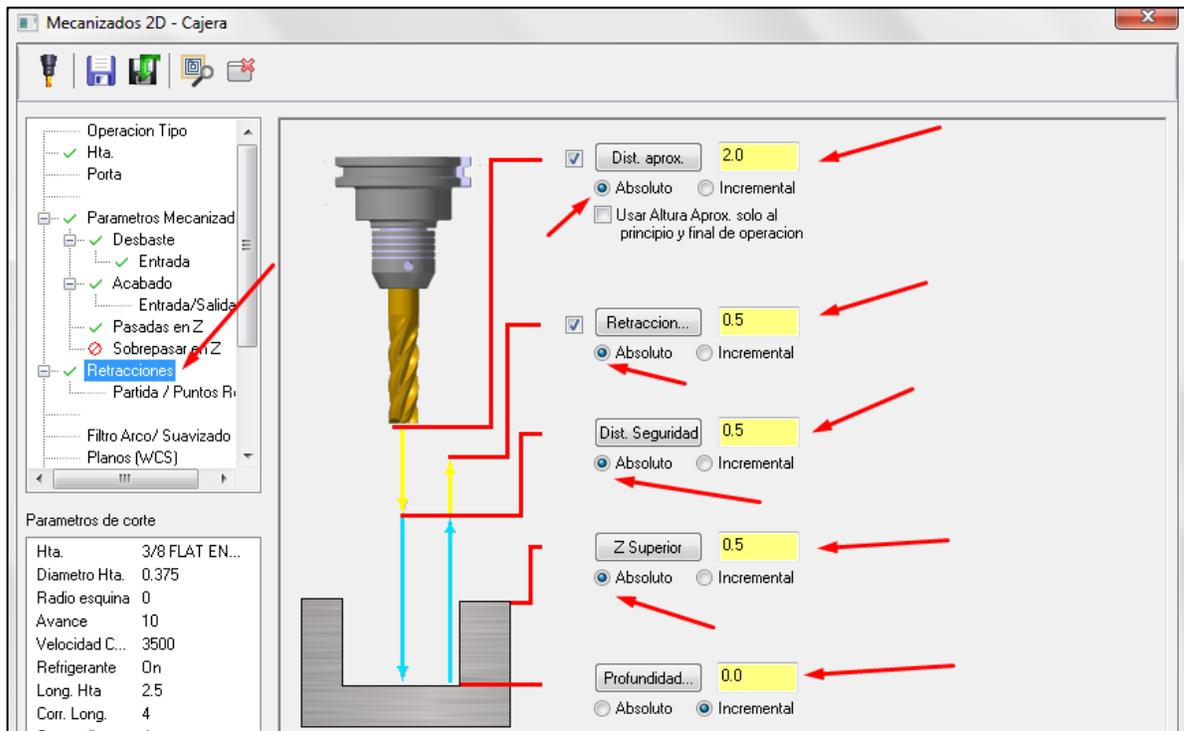


Figura 6.65 Parámetros de Retracciones.

Por último, se dirige al apartado de **Refrigerante**, en el menú de **Flood** se cambia a **On** y se da clic en **OK** (figura 6.66).

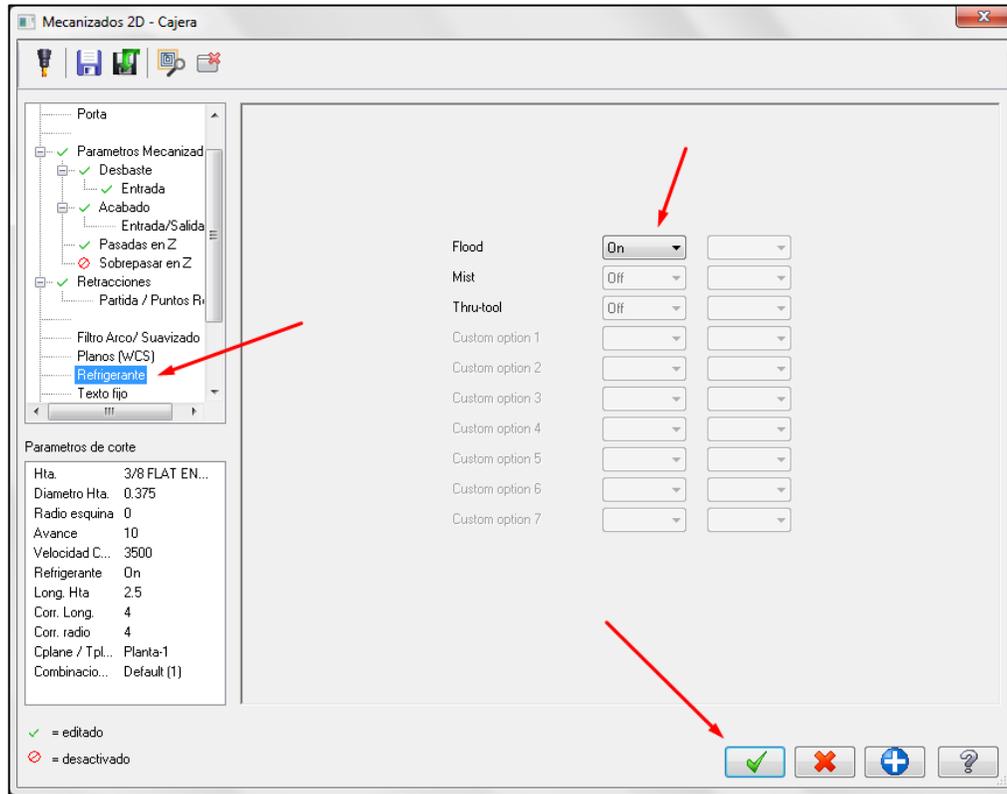


Figura 6.66 Refrigerante.

Ahora ya se tienen las trayectorias del mecanizado en la pieza (figura 6.67).

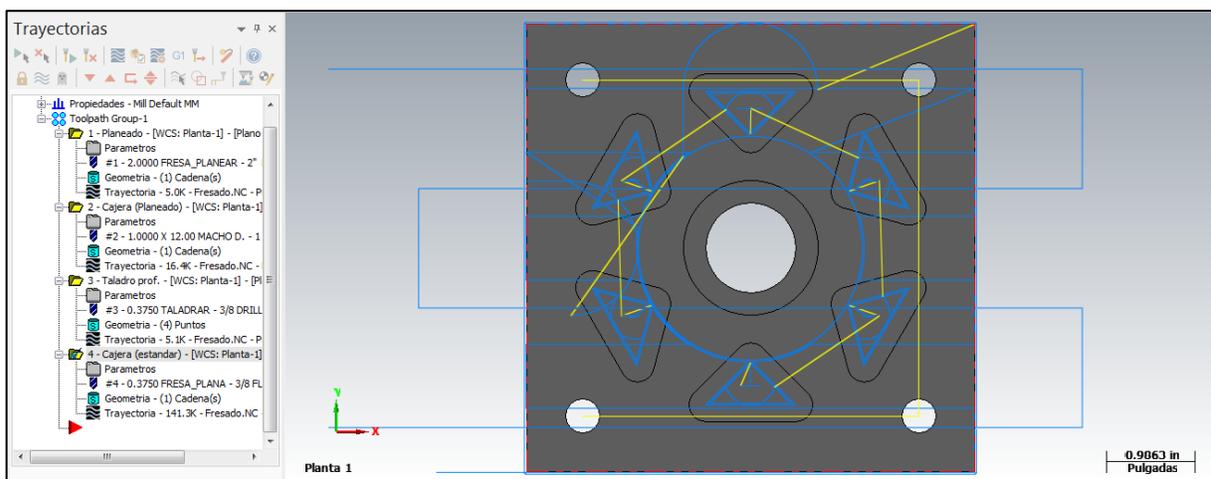


Figura 6.67 Trayectorias del mecanizado.

6.8 MECANIZADO CIRCULAR.

Se va a realizar el último maquinado para ello se dirige al menú de **MECANIZADOS** y ahí se despliega el sub menú de **Mecanizados Circulares** y se elige **Mec. Circular** (figura 6.68).

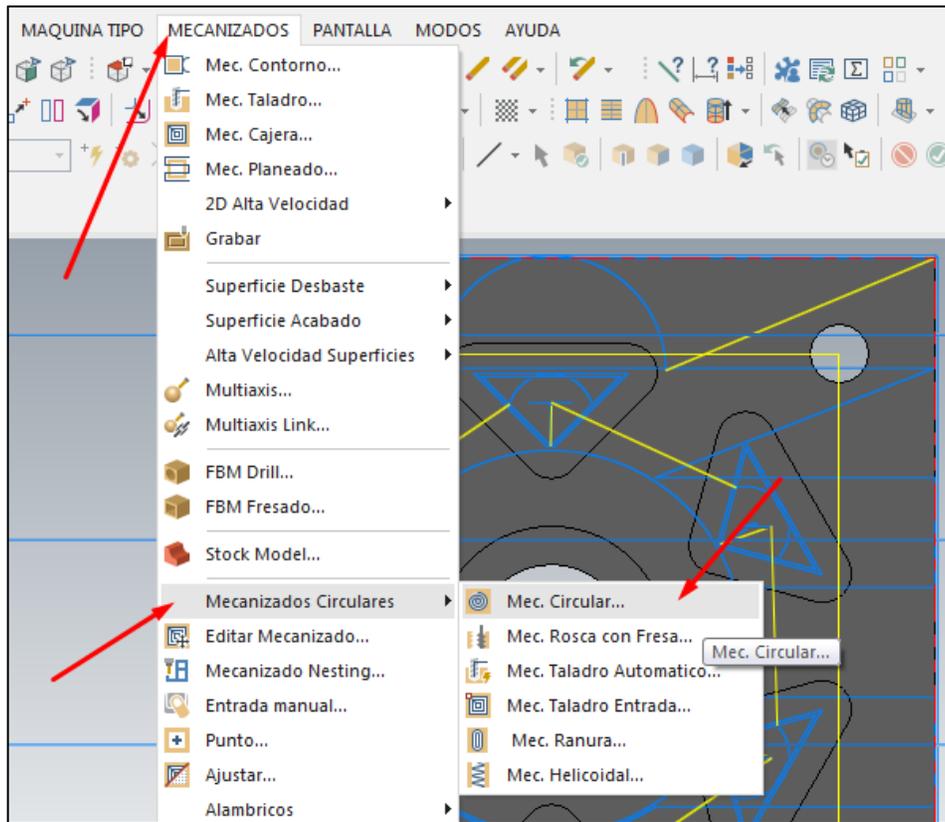


Figura 6.68 Mecanizado Circular.

Se abrirá la ventana de **Selección punto taladro**, se selecciona la opción de **Selección posición de punto en pantalla**, se selecciona el círculo central y se da clic en **OK** (figura 6.69).

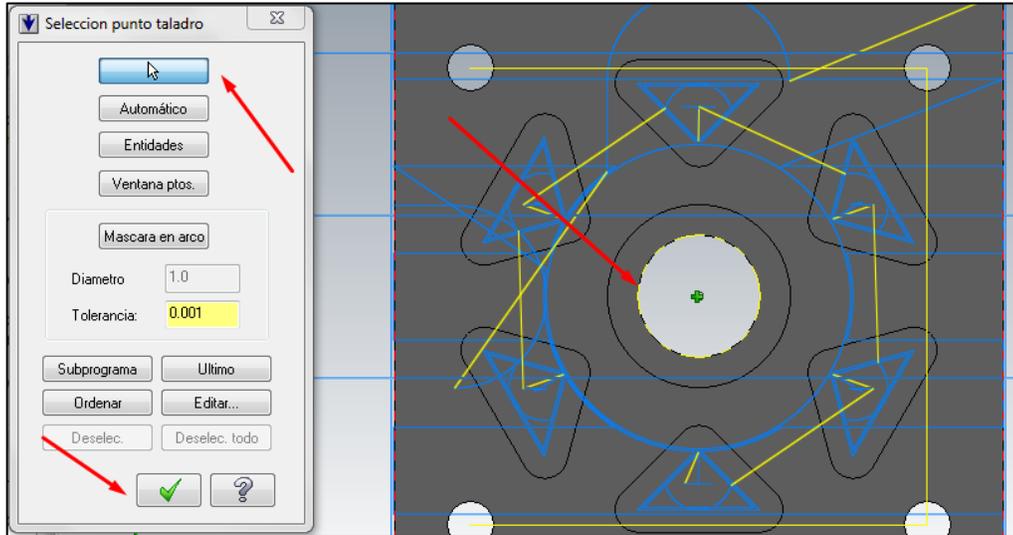


Figura 6.69 Selección punto taladro.

Se abrirá la ventana de **Mecanizado 2D - Fresado Circular** (figura 6.70).

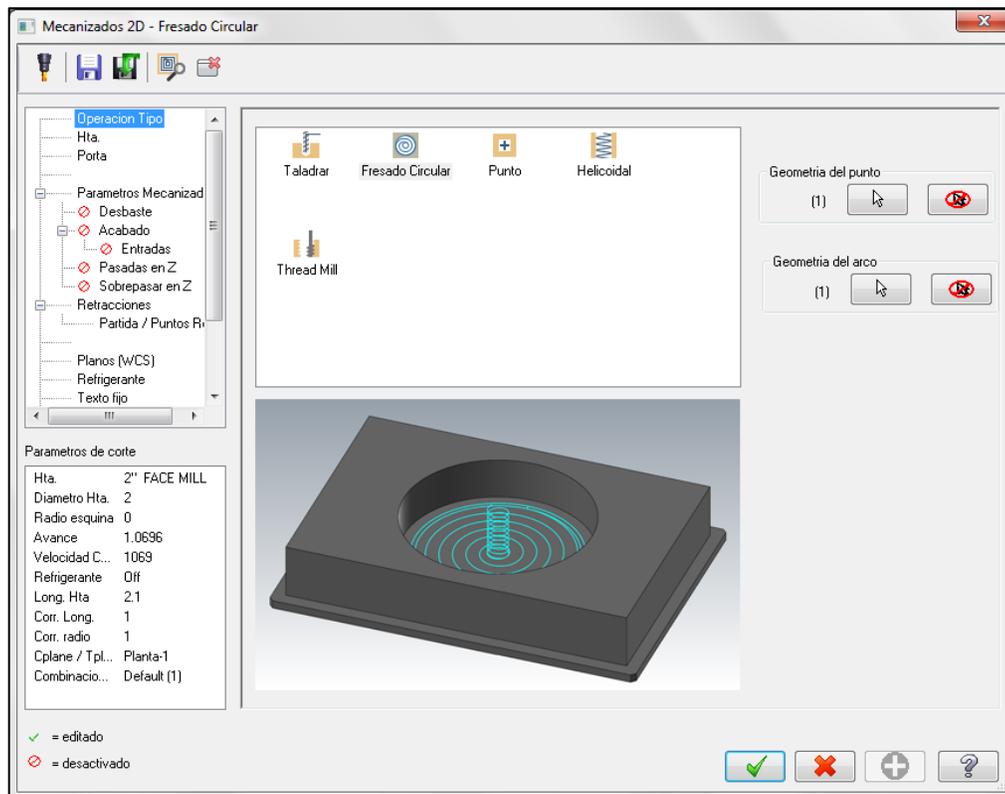


Figura 6.70 Mecanizado 2D - Fresado Circular.

Ahora en el apartado de **Hta**, se selecciona la herramienta **4** que se utilizó en el mecanizado anterior, se cambian los valores a **10** en **Avance** y **Av. vertical**, en **Vel. cabezal** se da un valor de **3500** (figura 6.71).

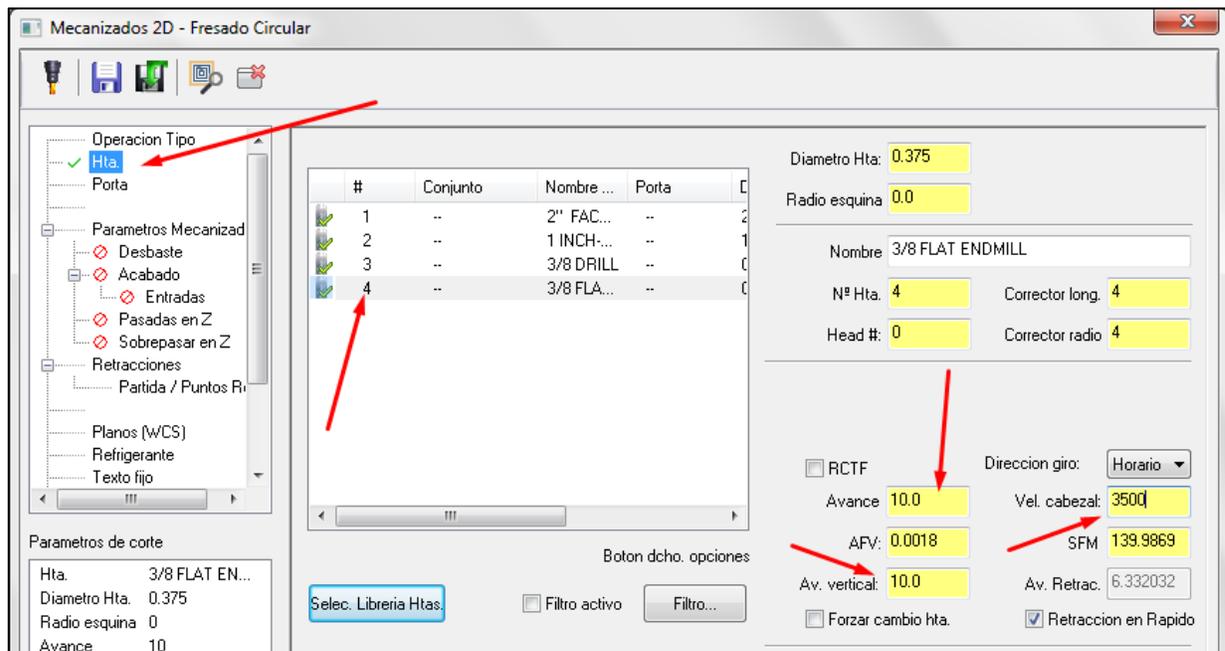


Figura 6.71 Parámetros Herramienta.

En el apartado de **Parámetros Mecanizado** se cambian los valores a **0** en **Excedente en XY** y **Excedente en Z** (figura 6.72).

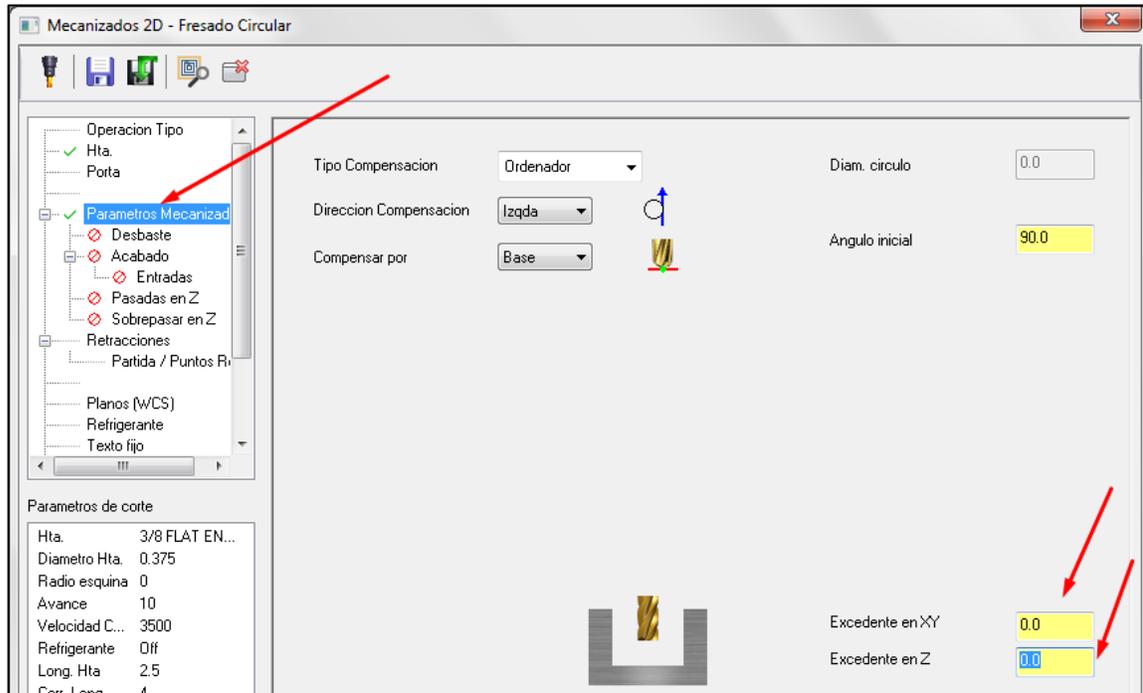


Figura 6.72 Parámetros Mecanizado.

En el apartado de **Acabado** se marcan e introducen los valores de la Figura 6.73.

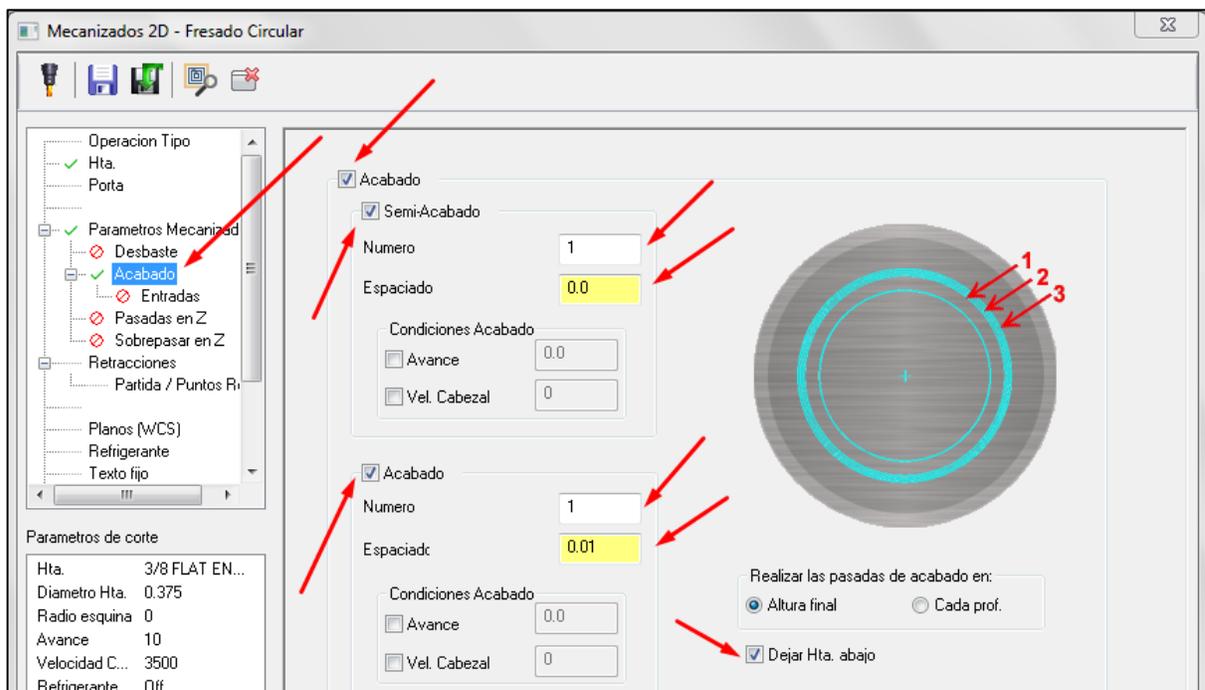


Figura 6.73 Parámetros de acabado.

Ahora en el apartado de **Entrada** se marca la opción de **Entrada/Salida** (figura 6.74).

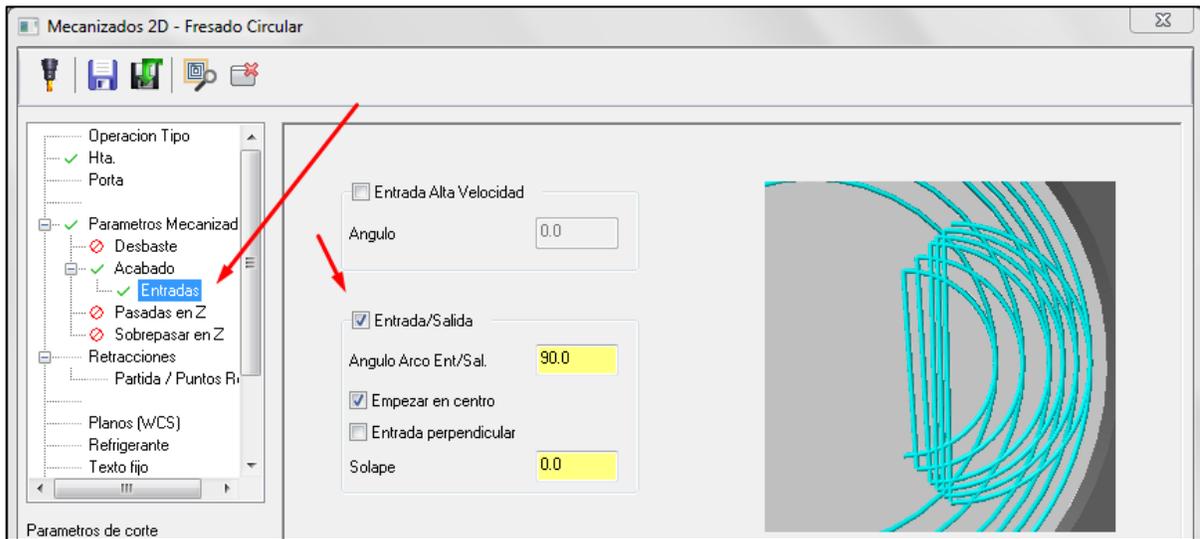


Figura 6.74 Parámetros de Entrada.

En el apartado de **Pasadas en Z** se marcan las opciones e introducen los valores de la figura 6.75.

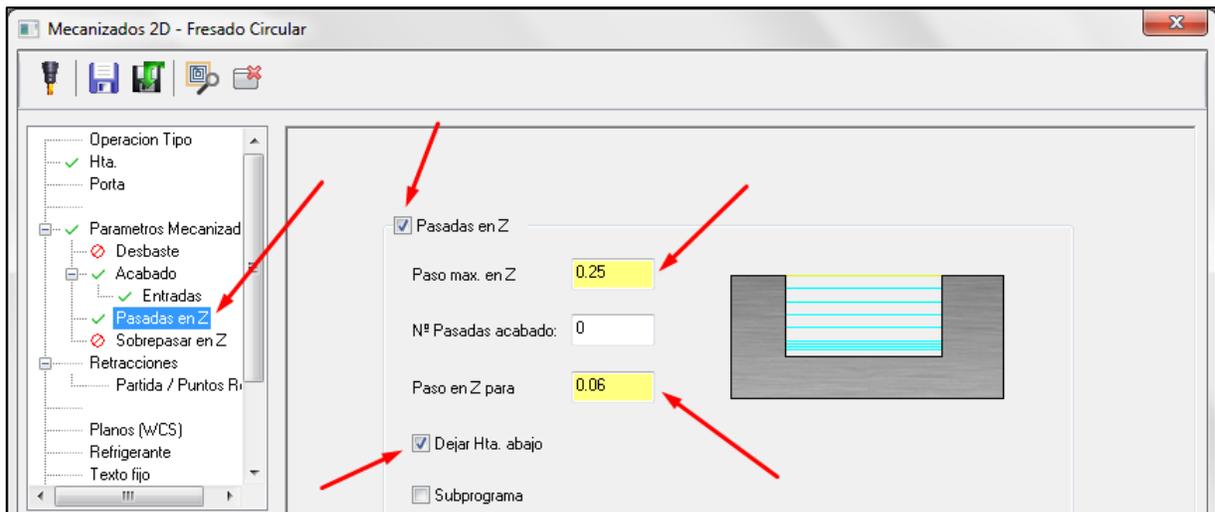


Figura 6.75 Pasadas en Z.

En el apartado de **Sobrepasar en Z** se marca la opción de **Sobrepaso Z** y en **Sobrepaso Z valor** se introduce un valor de 0.2 (figura 6.76).

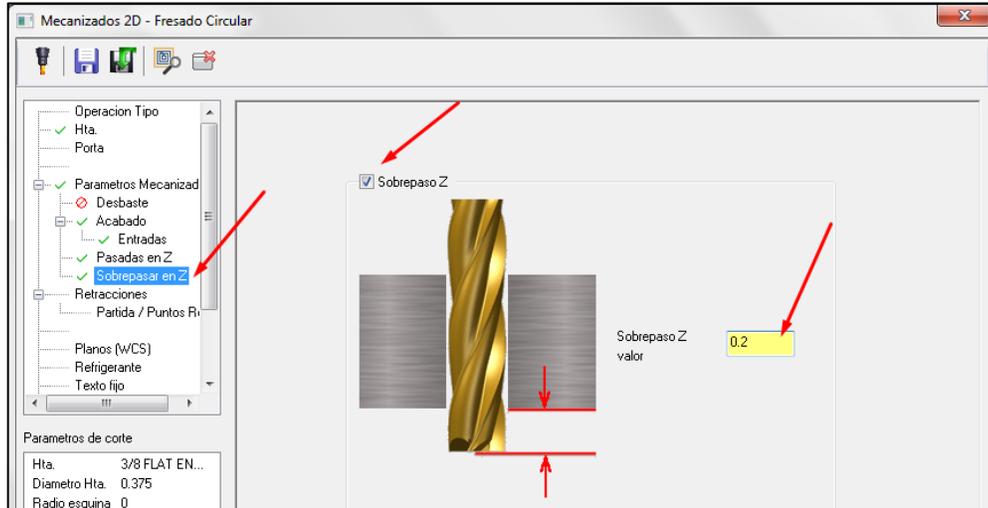


Figura 6.76 Sobresasar en Z.

En el apartado de **retracciones** se seleccionan e introducen los valores indicados en la figura 6.77.

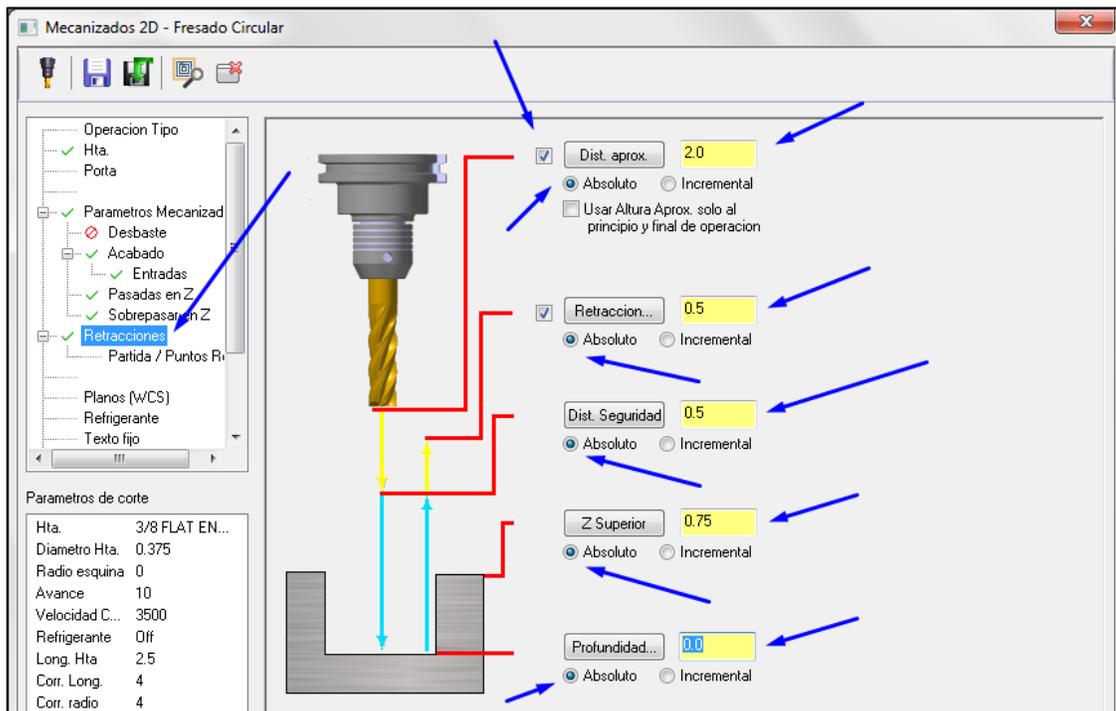


Figura 6.77 Parámetros de Retracciones.

Por ultimo en el apartado de **Refrigerante**, se cambia a **On** en el menú de **Flood** y se da clic en **OK** (figura 6.78).

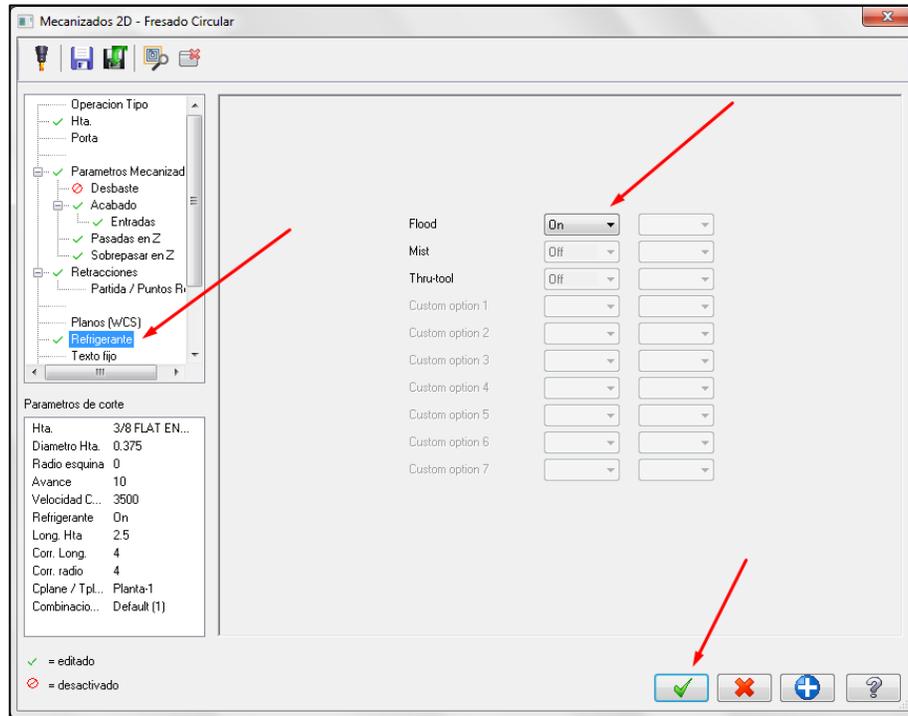


Figura 6.78 Refrigerante.

Ya se tienen las trayectorias del mecanizado, para ver las trayectorias y la pieza en forma isométrica se da clic derecho en el espacio de trabajo en blanco y se selecciona la vista de Isométrica (figura 6.79).

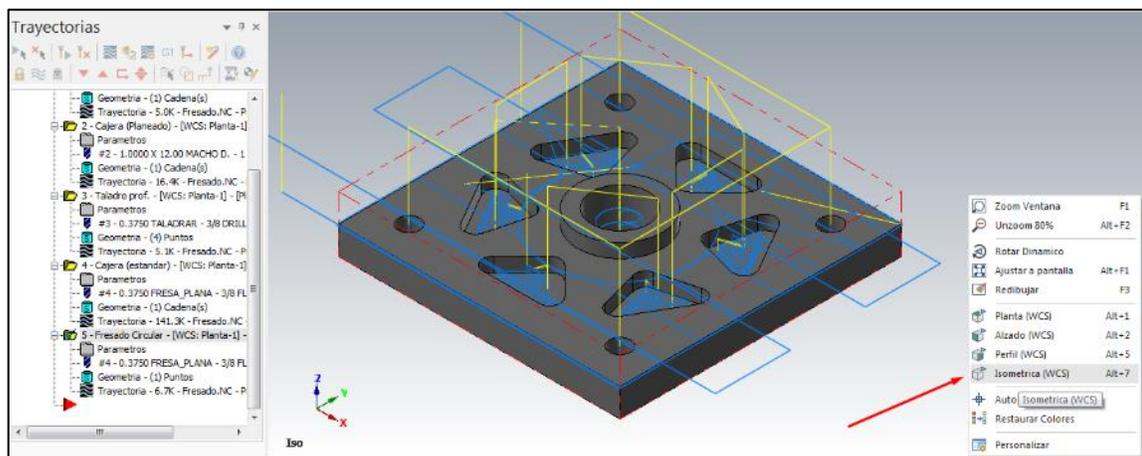


Figura 6.79 Vista Isométrica.

6.9 SIMULACIÓN.

Para hacer la simulación se selecciona la opción de **Selec. todas las operaciones** (figura 6.80) y luego se selecciona la opción de **Regenerar todas las op. seleccionadas** (figura 6.81).

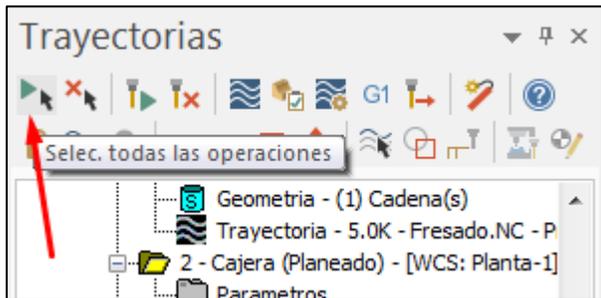


Figura 6.80 Selec. todas las operaciones

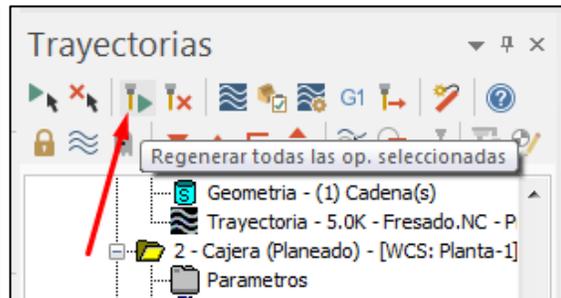


Figura 6.81 Regenerar todas las op.

Para ver la simulación en 3D se selecciona la opción de **Verificar operaciones selec.** (figura 6.82).

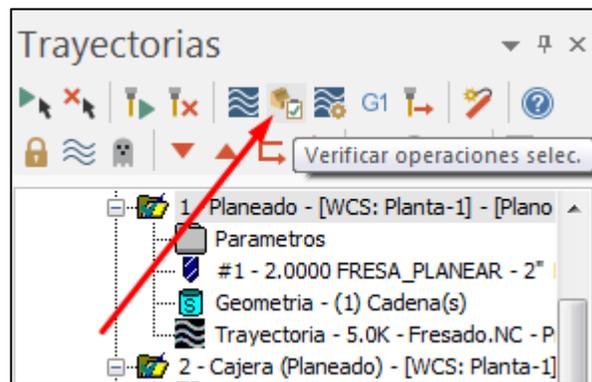


Figura 6.82 Verificar operaciones seleccionadas.

Se abrirá la ventana de **Mastercam Simulator**, se seleccionan las opciones de **Verify** y **Color Loop**, se ajusta la pieza al dar clic derecho en el espacio de trabajo en blanco y se selecciona la opción de **Fit** (figura 6.83)

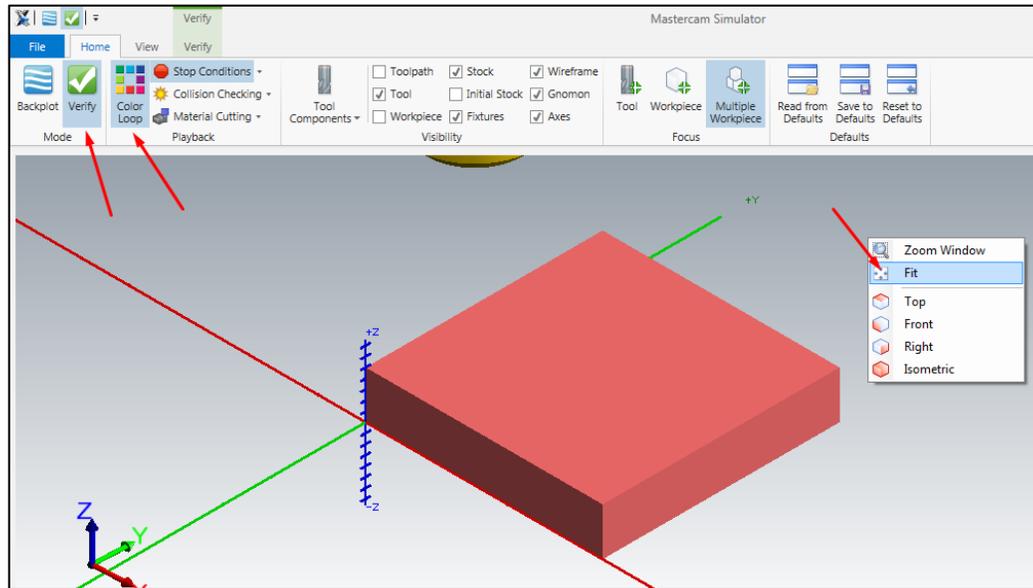


Figura 6.83 Mastercam Simulator.

Se da clic en **Play** y con esto ya se tiene la simulación completa del mecanizado y para salir de la simulación se da clic en **cerrar** (figura 6.84).

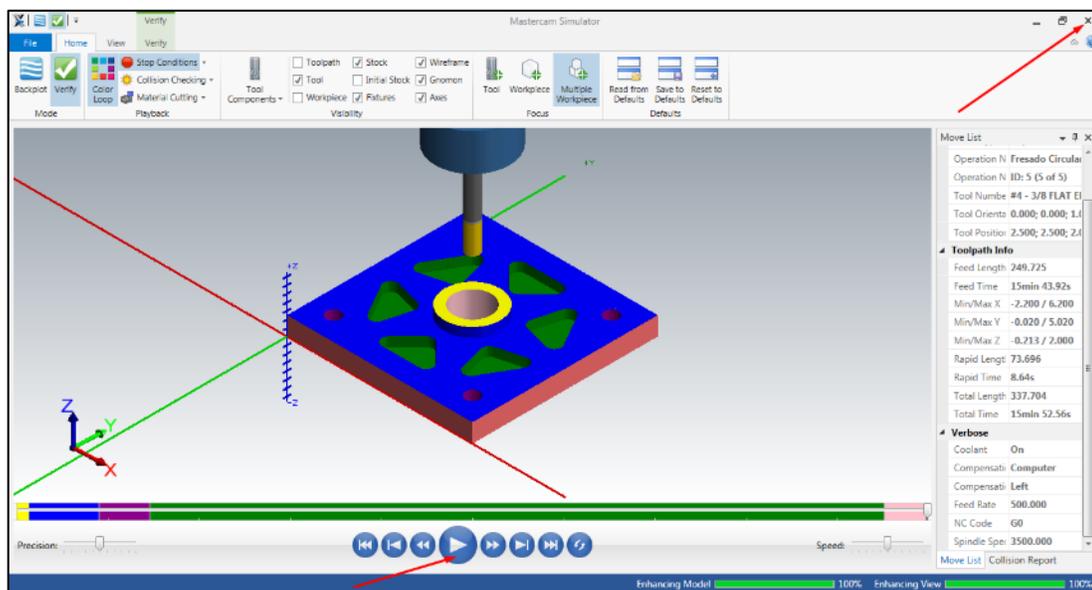


Figura 6.84 Simulación 3D.

6.10 PROGRAMACIÓN EN CÓDIGO ISO.

Para generar el código de programación se selecciona la opción de **Post. operaciones** (figura 6.85)

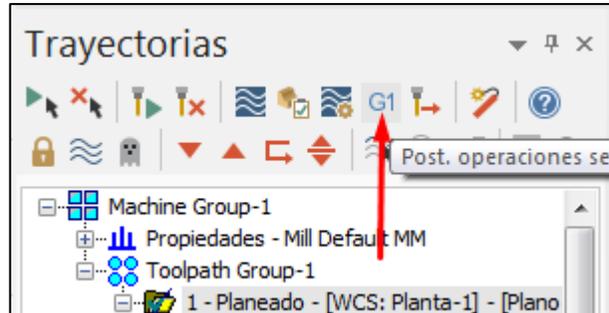


Figura 6.85 Post operaciones.

Se abrirá la ventana de **Postprocesado** y se da clic en **OK** (figura 6.86)

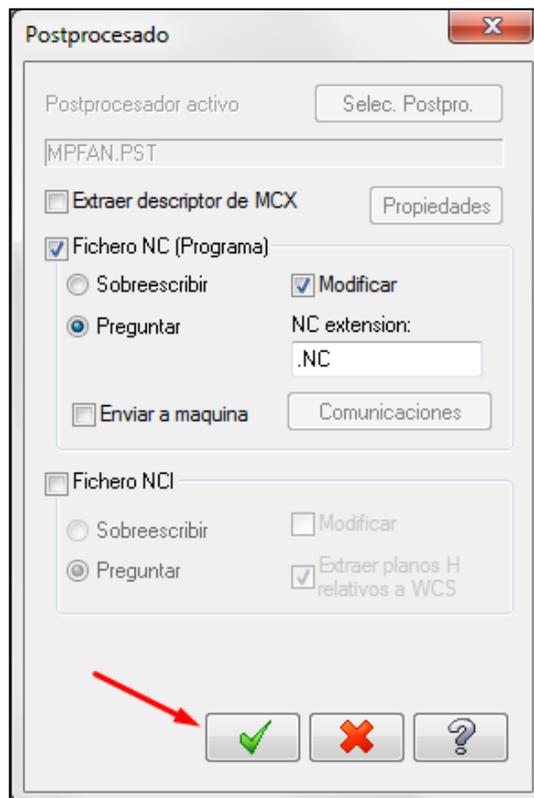


Figura 6.86 Postprocesado.

Se abre la ventana para guardar el archivo, se elige una ubicación y se da clic en **guardar** (figura 6.87)

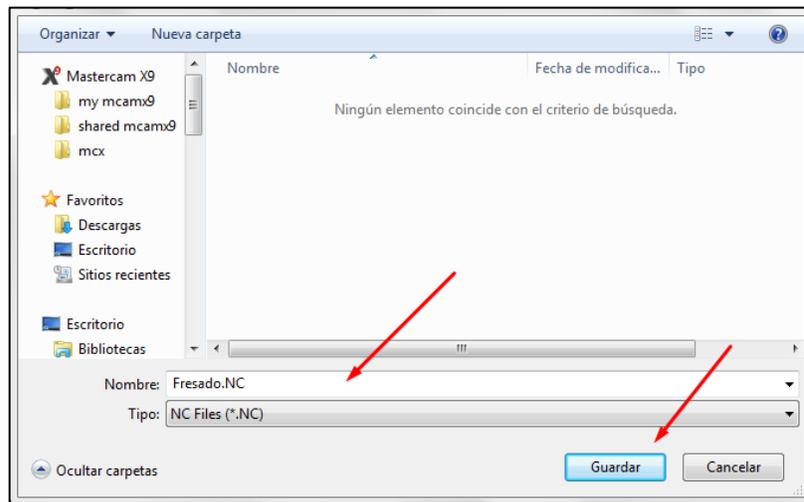


Figura 6.87 Guardar.

Se abrirá el sub programa de **Mastercam Code Expert**, este contiene el código de programación y para transferirlo a una maquina CNC solo se da clic en **Send**. (figura 6.88). Con esto se termina la programación de esta pieza.

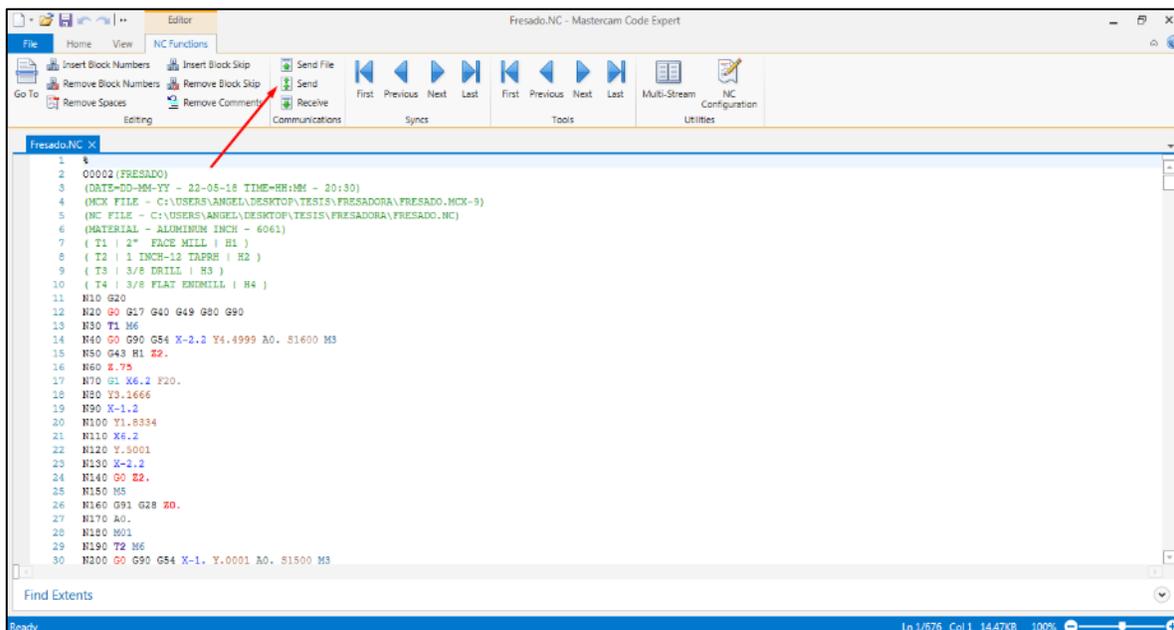


Figura 6.88 Código de programación.

CONCLUSIONES

Después del trabajo realizado se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- La posibilidad de mecanizar piezas con geometrías complejas así como tener una perspectiva del mecanizado de una pieza mediante una simulación previa y los principales objetivos logrados que sin duda mejoran la realización de las prácticas de laboratorio es la reducción de tiempo para introducir los datos a las maquinas CNC ya que se implementó la transferencia de los programas de maquinado mediante una conexión directa con la computadora ahorrando un tiempo muy considerable pero principalmente se evita el error humano que en muchas ocasiones generan pérdidas de tiempo en correcciones y ajustes además de que pueden provocar daños a la máquina.
- Al realizar el diseño en programas de CAD se pudo obtener un conocimiento más amplio de cómo se diseña y ver con detalle las formas y perspectivas de los modelados además de que se pueden ver con claridad los mínimos detalles del diseño y los posibles errores en las formas.
- Para la parte de CAM se lograron los objetivos de poder llevar a cabo la programación de mecanizado de modelados para torno y fresadora, lo que permite ahorrar tiempo a comparación de la programación CNC manual y tener una simulación de las trayectorias de las herramientas de un proceso de un mecanizado real y obtener así el código de programación para la fabricación de dichos modelados.
- La elaboración de esta tesis está dirigida principalmente hacia el laboratorio de manufactura para que sirva como material de apoyo en la mejora de las prácticas y procesos de mecanizado en las maquinas CNC, para ello se analizaron diversos aspectos como las condiciones de las máquinas y las herramientas, al mismo tiempo se puso mucha atención en cómo les ayudaría a los alumnos para su aprendizaje durante la realización de las prácticas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Tecnología de las máquinas herramienta
Stephen F. Krar, Arthur R. Gill, Peter Smid
Alfaomega. Sexta Edicion 2009

2. Control numérico. Marco y fundamentos
González Contreras, Francisco Javier
Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Segunda Edición 2015

3. Control numérico y programación II
Francisco Cruz Terue
Alfaomega, Marcombo. Segunda edición 2011

4. Solidworks práctico 1
Sergio Gómez González
Alfaomega, Marcombo 2014

5. SolidWorks práctico II: complementos
Sergio Gómez González
Alfaomega, Grupo Editor 2016

6. Manufactura, ingeniería y tecnología
S. Kalpakjian, S. R. Schmid
Editorial Pearson. Quinta edición 2008

7. Libro de taller para torno y fresadora
Juan Antonio Martínez Norte, Juan José Izquierdo Hernández
Cano Pina, 2011

8. Ingeniería de los procesos de fabricación: mediante el arranque de virutas.

Amelia Nápoles Alberro, José Antonio Travieso Rodríguez

Delta Publicaciones, depósito legal 2012