

# Diseño de pieza MasterCAM

Andrés Holguín Restrepo  
Ingeniería Mecatrónica  
Universidad Nacional de Colombia  
Bogotá, Colombia  
aholguinr@unal.edu.co

## Resumen—

### I. INVESTIGACIÓN SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE SUPERFICIES COMPLEJAS EN 3D Y EL MECANIZADO NC BASADO EN MASTERCAM

El nivel de automatización de un programa NC de superficies complejas es crucial para las empresas. A medida que la tecnología de fabricación NC avanza rápidamente, el programa NC basado en CAD/CAM se vuelve más crítico. MasterCAM es uno de los softwares CAD/CAM más utilizados en todo el mundo y cuenta con funciones completas de fresado de superficies con una interfaz personalizable y abundantes rutas de herramientas poderosas y rápidas. Dicho esto, en el artículo *Research on 3D Complex Surface Construction and NC Machining Based on MasterCAM* de Weihua Kuang, basado en el uso de MasterCAM, se presentan los caracteres de la tecnología NC y el proceso de mecanizado CAD/CAM NC. Se estudian en profundidad los métodos de construcción de superficies loft y coons mediante ejemplos y se investigan las condiciones de construcción de superficies complejas. Se representan las habilidades de construcción en superficies 3D complejas. Se crea un modelo de artesanía 3D utilizando MasterCAM, se planifica la tecnología de mecanizado y se seleccionan métodos de procesamiento adecuados, tipos de herramientas, rutas de herramientas y parámetros de tecnología. La pieza de trabajo se mecaniza correctamente mediante el método NC y se obtiene automáticamente el código NC. El proceso de mecanizado se verifica mediante simulación por computadora. Se realizan estudios en profundidad sobre la construcción de superficies complejas y el programa NC.

#### I-A. Introducción

En un mercado global, los fabricantes deben aumentar el nivel de automatización en los programas de control numérico (NC) para mantenerse competitivos, ya que la competencia en el mercado depende de la velocidad de producción, la calidad del producto y los conceptos de procesos innovadores. El mecanizado de control numérico es una parte fundamental de los sistemas de CAD/CAM y ofrece ventajas evidentes en la reducción de los períodos de diseño y el tiempo de fabricación, especialmente en productos con características de lotes pequeños, diversificación rápida, complejidad y precisión. El uso de sistemas de CAD/CAM mejora significativamente la eficiencia del programa y permite programar códigos de mecanizado de control numérico para superficies complejas.

El mecanizado de control numérico es ampliamente utilizado por los fabricantes. La Figura 1 muestra el diagrama general del proceso de mecanizado de control numérico en los sistemas de CAD/CAM.

#### I-B. Construcción de la superficie del loft

El programa MasterCAM cuenta con funciones poderosas para construir superficies complejas. Una de estas superficies complejas es la superficie de unión (loft surface). Esta superficie se construye enlazando suavemente una serie de secciones diferentes en secuencia. La Figura 2-5 muestra una serie de superficies de unión basadas en un marco (frame) utilizando diferentes métodos. En la figura a) se muestra el marco básico, donde el número representa la secuencia seleccionada de las cadenas cerradas de curvas y la flecha representa la dirección de la cadena de curvas. En la figura b) se muestra la superficie construida.

Es importante tener en cuenta la posición del punto de inicio y la dirección de las curvas para construir la superficie de unión. Diferentes posiciones de inicio y direcciones de las curvas generarán superficies diferentes.

1. Las diferentes secciones deben cumplir la regla de "mis-mo punto de inicio", de lo contrario se obtendrá una superficie torcida.
2. Las diferentes secciones deben cumplir la regla de "mis-ma dirección de curva", de lo contrario se obtendrá una superficie torcida.
3. La forma de la superficie está relacionada con la secuencia seleccionada de las secciones.

Comparando la figura 2a) con la figura 5a), al cambiar la secuencia de la curva 2 con la curva 3, la última superficie construida muestra un carácter cóncavo evidente.

#### I-C. Construcción en superficie Coons

La construcción de una superficie Coons se puede realizar mediante cuatro curvas espaciales aleatorias que se enlazan entre sí. También se puede construir una superficie Coons mediante tres curvas espaciales, pero los caracteres de la superficie serán diferentes según la secuencia seleccionada de las curvas de límite. Muchas superficies Coons complejas deben construirse mediante el método de enlace manual. Definir la forma de la superficie Coons es un proceso muy complejo y requiere habilidades.

*I-C1. Límite abierto:* En la construcción de una superficie Coons, se define una esquina aleatoria como punto de inicio, como se muestra en la figura 6a). Si se define la dirección vertical como dirección a lo largo, la dirección horizontal es la dirección transversal; de lo contrario, la dirección transversal es la dirección a lo largo. El símbolo  $\wedge$  representa la dirección a lo largo y el símbolo  $\nabla$  representa la dirección transversal. El número de pequeñas superficies en la dirección a lo largo es 3, y en la dirección transversal es 4. En la construcción de toda la superficie Coons, se seleccionan primero las curvas AI-AI5 y luego las curvas CI-CI6 en secuencia. La figura 6b) muestra la última superficie Coons.

*I-C2. Límite cerrado:* La figura 7a) muestra una geometría de límite cerrado. Se define un punto aleatorio como punto de inicio, y se etiquetan la dirección a lo largo, la dirección transversal y los segmentos de curva. El número de pequeñas superficies en la dirección a lo largo es 6 y en la dirección transversal es 1. Se seleccionan las curvas AI-AI2 en secuencia para definir la dirección a lo largo, y luego se seleccionan las curvas CI-C6 para definir la dirección transversal. Finalmente, se debe seleccionar de nuevo la curva C1. La figura 7b) muestra la última superficie Coons construida.

En la definición de la dirección transversal, la curva C1 debe seleccionarse nuevamente después de seleccionar todas las curvas CI-C6. Este proceso es la diferencia de construcción evidente entre una superficie Coons de límite cerrado y una de límite abierto.

*I-C3. Límite cerrado con punto mixto:* La Figura 8a) muestra una superficie Coons especial, donde la parte superior de la superficie es un punto "0". En la construcción de la superficie, el punto "0" se puede considerar como una cadena de curvas cerrada con un diámetro de 0 mm, y otra cadena de curvas cerrada es A1-A8. El número de superficies en la dirección longitudinal es 8, y en la dirección transversal es 1. En la definición del límite geométrico en la dirección longitudinal, se seleccionan las curvas AI-A8 en secuencia. Pero en la definición del límite en la dirección transversal, debido a que el punto "0" se considera como un punto mixto, se selecciona ocho veces. Después de seleccionar todas las curvas CI-C8 en la dirección transversal, la curva C1 debe seleccionarse nuevamente. La Figura 8b) muestra la superficie de paraguas construida.

#### *I-D. Mecanizado NC de superficies complejas*

Después de diseñar un modelo 3D, los fabricantes deben planificar adecuadamente todo el proceso de mecanizado NC. Una buena tecnología debe tener en cuenta la forma geométrica, la rugosidad de la superficie, la precisión, la rigidez y la deformación de la pieza de trabajo [8-10].

La Figura 9 es un modelo de artesanía diseñado por Master-CAM. Según las dimensiones geométricas, se selecciona una pieza de trabajo de 180x110x35 mm, que se fabrica mediante un fresado vertical.

*I-D1. Desbaste paralelo:* La remoción rápida de material a granel es esencial para una programación NC eficiente. Selecciona una herramienta de tipo fresa de extremo de

16 mm y se configura el cuadro de diálogo "Parámetros de superficie" de la siguiente manera: Retracción: 50 mm, Absoluta; Plano de avance: 5 mm, Incremental, Retracción rápida; Compensación de punta: Punta; Material sobrante en "Superficie/sólido de conducción": 1 mm; Material sobrante en "Superficie/sólido de verificación": 0 mm; Compensar en "Contención de herramienta": Centro.

El cuadro de diálogo "Parámetros de desbaste paralelo" se configura de la siguiente manera: Tolerancia total: 0.025 mm; Método de corte: Zigzag; Máximo descenso: 3 mm; Máximo paso lateral: 6 mm; Ángulo de mecanizado: 0°; Control de inmersión: Cortar desde ambos lados; Seleccionar "Permitir movimiento positivo de Z a lo largo de la superficie".

La Figura 10 muestra el resultado después del desbaste paralelo.

*I-D2. Semiacabado de contornos:* Después del desbaste, se utiliza el mecanizado semifinal para fabricar las superficies del modelo. Selecciona Rutas de herramienta-Superficie-Contorno de acabado-Todas las superficies, elige una herramienta de esfera de fresa de extremo de 8 mm y se configura el cuadro de diálogo "Parámetros de superficie" de la siguiente manera: Retracción: 50 mm, Absoluta; Plano de avance: 5 mm, Incremental, Retracción rápida; Compensación de punta: Punta; Material sobrante en "Superficie/sólido de conducción": 0.2 mm; Material sobrante en "Superficie/sólido de verificación": 0 mm; Compensar en "Contención de herramienta": Centro.

El cuadro de diálogo "Parámetros de contorno de acabado" se configura de la siguiente manera: Tolerancia total: 0.025 mm; Máximo descenso: 1 mm; Dirección de contornos cerrados: Subida; Dirección de contornos abiertos: Un sentido; Traducción: Rota.

*I-D3. Acabado de líneas de flujo:* Selecciona Rutas de herramienta-Superficie-Acabado-Línea de flujo-Todas las superficies, elige una herramienta de esfera de fresa de extremo de 4 mm y configura el cuadro de diálogo "Parámetros de superficie" de la siguiente manera: Retracción: 50 mm, Absoluta; Plano de avance: 5 mm, Incremental, Retracción rápida; Compensación de punta: Punta; Material sobrante en "Superficie/sólido de conducción": 0 mm; Material sobrante en "Superficie/sólido de verificación": 0 mm.

El cuadro de diálogo "Parámetros de línea de flujo de acabado" se configura de la siguiente manera: Tolerancia total: 0.01 mm; Altura de escalón en "Control de avance": 0.1; Corte: Un sentido.

La figura 12 muestra el resultado después del acabado con líneas de flujo.

*I-D4. Pocketing:* Selecciona Rutas de herramienta-Bolsillo-Ventanas, elige las cadenas cerradas de perro y una herramienta plana de fresa de extremo de 1/2". El cuadro de diálogo "Parámetros de bolsillo" se configura de la siguiente manera: Retracción: 50 mm, Absoluta; Plano de avance: 10 mm, Incremental, Retracción rápida; Parte superior del material: 30 mm, Absoluta; Profundidad: -0.5 mm, Absoluta; Dirección de mecanizado: Subida; Compensación de punta: Punta; Girar la fresa alrededor: Ninguno; Tolerancia de

linealización: 0.001; Material sobrante XY: 0 mm, Material sobrante Z: 0 mm; Tipo de bolsillo: Estándar.

El cuadro de diálogo "Parámetros de desbaste/acabado" se configura de la siguiente manera: Avance: 750/0; Distancia de avance: 1.5 mm; Pasadas: 1, Espaciado: 0.25, Resorte: 0, Compensación de la herramienta: por computadora en el cuadro "Acabado"; Selecciona "Morph Spiral" en "Desbaste"; Selecciona "Espiral de adentro hacia afuera" para "Acabar límite exterior".

La figura 14 muestra el recorrido de la herramienta al realizar el acabado del bolsillo del perro.

**I-D5. Taladrado y mecanizado de contornos 2D:** Selecciona Rutas de herramienta-Taladro-Manual, elige la herramienta de taladro central de 1/8". El cuadro de diálogo "Taladro simple-sin picoteo" se configura de la siguiente manera: Retracción: 10 mm, Absoluta; Parte superior del material: 30 mm, Absoluta; Profundidad: -17 mm, Absoluta.

Selecciona Rutas de herramienta-Contorno-Cadena, elige una cadena cerrada y una herramienta plana de fresa de extremo de 10 mm. El cuadro de diálogo "Parámetros de contorno" se configura de la siguiente manera: Retracción: 50 mm, Absoluta; Plano de avance: 10 mm, Incremental, Retracción rápida; Parte superior del material: 30 mm, Absoluta; Profundidad: -7 mm, Absoluta; Tipo de compensación: Computadora; Dirección de compensación: Derecha; Compensación de punta: Punta; Girar la fresa alrededor: Todos; Material sobrante XY: 0 mm, Material sobrante Z: 0 mm. Contorno: 2D. Los parámetros en el cuadro de diálogo "Cortes de profundidad" se configuran de la siguiente manera: Paso brusco máximo: 5.0 mm; # Cortes de acabado: 1; Paso de acabado: 0.1 mm; Orden de corte de profundidad: Por contorno. La figura 15 muestra la simulación del proceso de mecanizado.

### I-E. Conclusiones

La construcción de superficies de loft debe obedecer la regla de "mismo punto de inicio, misma dirección"; de lo contrario, se obtendrá una superficie retorcida. La forma de la superficie de loft construida está relacionada con la secuencia seleccionada de las secciones.

En la construcción de superficies Coons, el método de selección de curvas en la dirección a lo largo y en la dirección cruzada tiene una influencia evidente en la forma de la superficie.

MasterCAM cuenta con funciones integrales de fresado de superficies, una interfaz simplificada y personalizable, y trayectorias de herramientas poderosas y rápidas. Tiene ventajas evidentes para acortar los períodos de diseño y reducir el tiempo de fabricación.

## II. DISEÑO DE PIEZA EN MASTERCAM

Ahora, en esta sección, se va a realizar todo el proceso de diseño de una pieza en MasterCAM.

### II-A. Requerimientos del producto

Para realizar correctamente este diseño de pieza, es necesario definir claramente los requerimientos del producto:

- Tamaño del producto: 80mm x 80mm x 50mm
- Material: Duraluminio 7075
- Función: Carácter decorativo de mesa
- Piezas requeridas: 1
- Calidad del acabado superficial: N10
- Tolerancia dimensional: 1mm

Con todo esto en cuenta, se realiza el diseño de la pieza en el software Onshape. En los anexos puede evidenciar el plano de fabricación de la pieza, y en la figura 1 puede ver una vista isométrica de la misma.

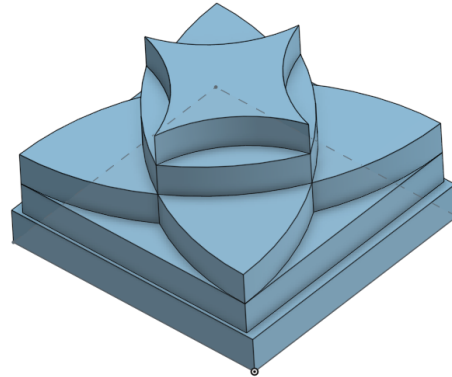


Figura 1. Vista isométrica de la pieza.

### II-B. Selección de proceso

Se tuvieron en cuenta los siguientes procesos:

- Manufactura sustractiva: Maquinado CNC centrado en fresado dinámico.
- Manufactura aditiva con polímeros: Impresión con máquina tipo FDM.
- Manufactura por conformado: fundición de aluminio.

De esto se tienen los siguientes análisis:

#### Procesos de fundición:

El proceso de fundición presenta desafíos significativos en la obtención de superficies de contacto internas lisas en una pieza, lo cual dificulta la producción sin la necesidad de realizar un postprocesado adicional. Este postprocesado implica un aumento en los tiempos y costos de producción.

Además, para llevar a cabo el proceso de vertido es necesario diseñar y fabricar moldes específicos. Esta etapa adicional implica un incremento tanto en los costos como en los tiempos de producción, lo que no resulta justificado cuando se trata de la fabricación de menos de 2 piezas.

En conclusión, el proceso de fundición no resulta viable debido a la necesidad de fabricar moldes de vertido y la realización de un intenso postprocesado para asegurar las tolerancias en las superficies de contacto y el roscado de ciertos agujeros. Estos factores representan obstáculos significativos en términos de costo y tiempo, lo que hace que el proceso de fundición no sea una opción adecuada en este caso.

#### Manufactura aditiva:

La manufactura aditiva se presenta como una opción a considerar como alternativa en el proceso de fabricación. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este proceso requiere un rediseño de la pieza para que sea considerada aceptable.

Uno de los desafíos asociados con la manufactura aditiva, específicamente con las impresoras tipo FDM, es la dificultad para obtener superficies de contacto precisas y tolerancias bajas en la pieza resultante. Este tipo de máquina no garantiza la precisión necesaria en estas áreas críticas.

Además, es importante tener en cuenta que la impresora tipo FDM no es capaz de trabajar con el material deseado o con materiales que tengan propiedades mecánicas similares a las requeridas para la producción final. Esto limita su viabilidad en términos de cumplir con los requisitos de resistencia y funcionalidad necesarios.

Con todo y lo anterior, se evalúa este proceso mediante la rúbrica de Purdue vista en la figura 2.

**Design for Additive Manufacturing**

A quick method for reducing the number of printing and prototyping failures, by James Booth, Insituventures. Mark one for each category for the part you plan to print. Check checkboxes and stars first, then scores.

Mark One	Complexity	Mark One	Functionality	Mark One	Material Removal	Mark One	Unsupported Features	Sum Across Rows	Totals
<input type="radio"/>	The part is the same shape as common stock materials, or is completely 2D.	<input type="radio"/>	Mating surfaces are beveled surfaces, or are expected to ensure for 1000s of cycles.	<input type="radio"/>	The part is smaller than the same size as the required support structure.	<input type="radio"/>	There are long unsupported features.	x1 =	2
<input checked="" type="radio"/>	The part is mostly 3D and will be made in a mold or other method. Repositioning in the clamp.	<input type="radio"/>	Mating surfaces will require significantly, experience large forces, or must endure 100-1000 cycles.	<input type="radio"/>	There are small gaps that require support structures.	<input type="radio"/>	There are short, unsupported features.	x2 =	2
<input type="radio"/>	Walls are only after repositioning in the clamp at least once.	<input type="radio"/>	Mating surfaces move somewhat, experience moderate forces, or are expected to last 10-100 cycles.	<input type="radio"/>	Internal cavities, channels, or holes do not have covering for removing materials.	<input type="radio"/>	Overhang features have a sloped support.	x3 =	4
<input type="radio"/>	The part is oriented in a way (upside or arcs) for a machining operation such as a drill or tap.	<input checked="" type="radio"/>	Mating surfaces will require internally, experience low forces, or are intended to last 2-10 cycles.	<input type="radio"/>	Material can be easily removed from internal cavities, channels, or holes.	<input type="radio"/>	Overhang features have a minimum of 45deg support.	x4 =	10
<input type="radio"/>	There are interior features or surface variations in too complex to be machined.	<input type="radio"/>	Surfaces are purely non-functional or experience virtually no cycles.	<input type="radio"/>	There are no internal cavities, channels, or holes.	<input checked="" type="radio"/>	Part is oriented so there are no overhang features.	x5 =	3
<input type="radio"/>	Thin Features	<input type="radio"/>	Stress Concentration	<input type="radio"/>	Tolerances	<input type="radio"/>	Geometric Exactness		
<input type="radio"/>	Walls are less than 1/16" (1.5mm) thick.	<input checked="" type="radio"/>	Interior corners have no chamfers, fillets, or ribs.	<input checked="" type="radio"/>	Wide or length tolerances are adjusted for shrinkage or fit.	<input checked="" type="radio"/>	The part has large flat surfaces or has a form that is important to be exact.	x1 =	3
<input type="radio"/>	Walls are between 1/16" (1.5mm) and 1/8" (3mm) thick.	<input type="radio"/>	Interior corners have chamfers, fillets, and/or ribs.	<input type="radio"/>	Wide or length tolerances are adjusted for shrinkage or fit.	<input type="radio"/>	The part has medium sized flat surfaces, or forms that are important to be close to exact.	x2 =	5
<input checked="" type="radio"/>	Walls are more than 1/8" (3mm) thick.	<input type="radio"/>	Interior corners have generous chamfers, fillets, and/or ribs.	<input type="radio"/>	Wide and length tolerances are specified or are not important.	<input type="radio"/>	The part has small or no flat surfaces, or forms that need to be exact.	x3 =	5
<b>Shared Ratings:</b> <input checked="" type="radio"/> Consider a different manufacturing process. <input type="radio"/> Improve current process. <input type="radio"/> Manufacturing process.								<b>Total Score:</b> <input checked="" type="radio"/> Needs redesign. <input type="radio"/> Consider redesign. <input type="radio"/> Moderate likelihood of success. <input type="radio"/> Higher likelihood of success.	<b>Overall Total</b>
									<b>24</b>

REID DESIGN LAB

Figura 2. Resultado de rúbrica de manufactura aditiva de Purdue.

Como se puede evidenciar, con un resultado de 24, está en el rango de considerar un rediseño u otro proceso de manufactura.

### Maquinado CNC

El maquinado CNC se presenta como un proceso altamente beneficioso para la fabricación de la pieza en cuestión. A través de este proceso, es posible obtener superficies internas con las tolerancias y nivel de rugosidad deseados, lo que garantiza la calidad y precisión requerida.

La geometría de la pieza permite su maquinado sin necesidad de reposicionar el material, lo que agiliza el proceso y reduce los tiempos de producción. Además, la máquina CNC es capaz de trabajar fácilmente con el material propuesto, lo que facilita el proceso sin limitaciones significativas.

Una ventaja adicional del maquinado CNC es que requiere un mínimo postprocesado de la pieza. Esto significa que se reducen los pasos adicionales después del maquinado, lo que resulta en una mayor eficiencia y ahorro de tiempo.

En términos de volumen de producción, el maquinado CNC es adecuado para el caso en cuestión, ya que el nivel de producción es lo suficientemente bajo como para que el tiempo de producción se mantenga dentro de los límites deseados.

En conclusión, el proceso de maquinado CNC proporciona las mayores ventajas en comparación con otros procesos considerados. Cumple con los KPI's (Indicadores Clave de Rendimiento) tanto en términos de producto como de manufactura, asegurando la fabricación de la pieza con los estándares de calidad requeridos. El maquinado CNC ofrece precisión, eficiencia y cumplimiento de los requisitos, convirtiéndolo en la elección óptima para la fabricación de esta pieza en particular.

### II-C. Material duraluminio 7075

Es importante tener claro las propiedades del material que se va a implementar.

El duraluminio 7075 es una aleación de aluminio de alta resistencia ampliamente utilizada en aplicaciones que requieren una combinación óptima de ligereza y resistencia. Su composición principal consta de aluminio en un rango del 90.7 % al 91.7 %, zinc entre el 5.1 % y el 6.1 %, magnesio del 2.1 % al 2.9 %, cobre del 1.2 % al 2.0 %, y cromo en un porcentaje de 0.23 %. Estas proporciones le confieren propiedades mecánicas y físicas destacadas.

El duraluminio 7075 posee una dureza que oscila entre 140 y 160 HB, con una densidad de 2.81 g/cm<sup>3</sup>. Además, presenta un límite elástico de 444 MPa y una carga de rotura por tracción de 468 MPa, lo que indica su alta resistencia a las deformaciones y a las cargas aplicadas. Asimismo, cuenta con un módulo de elasticidad de 72 GPa, lo que significa que puede recuperar su forma original después de soportar esfuerzos.

Entre las ventajas del duraluminio 7075 se destaca su elevada relación resistencia/peso, lo que lo convierte en una opción ideal para aplicaciones donde se requiere una gran resistencia estructural sin aumentar significativamente el peso de los componentes. Además, ofrece una excelente resistencia a la fatiga, lo que significa que puede soportar ciclos repetidos de carga y descarga sin perder su integridad estructural. También se destaca por su buena maquinabilidad, lo que facilita su procesamiento y conformado en diferentes formas y tamaños.

Sin embargo, el duraluminio 7075 presenta algunas desventajas. Tiene una baja resistencia a la corrosión natural, lo que significa que es susceptible a la oxidación y la corrosión en determinados entornos. Además, su coste es relativamente elevado en comparación con otras aleaciones de aluminio, lo que puede afectar su viabilidad económica en ciertas aplicaciones. Asimismo, es difícil de soldar, lo que puede limitar su uso en procesos de unión.

En términos de aplicaciones, el duraluminio 7075 se utiliza ampliamente en la fabricación de componentes militares, donde se requiere una alta resistencia y durabilidad. También es común en la industria aeroespacial, particularmente en la producción de piezas estructurales de aeronaves, donde se busca una combinación de resistencia y peso reducido. Además, se emplea en el automovilismo, especialmente en la fabricación de engranajes y ejes, debido a su capacidad para resistir grandes esfuerzos y su alta resistencia. En general, se utiliza en cualquier aplicación donde se requiera una aleación

de aluminio con propiedades mecánicas superiores y una excelente relación resistencia/peso.

Para este caso particular, se va a implementar un bloque de duraluminio 7075 de dimensiones  $80 \times 84 \times 51 \text{ mm}$ .

#### II-D. Herramientas de mecanizado

Ya teniendo la pieza, el proceso de mecanizado, y el material a mecanizar, es posible realizar la selección de herramientas de mecanizado mediante la búsqueda en el catálogo de Sandvik. Teniendo en cuenta posibles procesos de planeado, se selecciona la herramienta R245-040A32-12L CoroMill® 245, fresa de planear. Esta es una fresa planeadora de diámetro  $40 \text{ mm}$  que permitirá realizar el proceso de planeado más fácil y rápido. Con base a la recomendación de operación de Sandvik, esta se utiliza con la plaquita R245-12 T3 E-PL 4230 CoroMill® 245, plaquita para fresado, la cual tiene Recubrimiento (COATING) CVD: TiCN+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+TiN.

Esta se va a operar a una velocidad de corte de  $340 \text{ m/min}$ , avance por diente de  $0.141 \text{ mm}$ , para un total de 3 plaquitas en la herramienta.

Ahora, para el resto de operaciones, se selecciona una herramienta R390-010A09L-07L CoroMill® 390, fresa de esquadrar, que se recomienda usar la plaquita 390R-070204E-PL 1130 CoroMill® 390, plaquita para fresado con recubrimiento (COATING): PVD AlTiCrN, para un total de dos plaquitas en la herramienta. De este modo, se va a operar a una velocidad de corte de  $312 \text{ m/min}$ , para con un avance por diente de  $0.05 \text{ mm}$ .

#### II-E. Plan de proceso

Ahora es determinante definir adecuadamente 1 plan de proceso ideal para la pieza. Lo primero a realizar es identificar el pre-proceso adecuado. Para este caso, teniendo en cuenta unas dimensiones semejantes entre el material inicial y la pieza final, el pre-proceso consta principalmente de una etapa de limpieza. Es importante limpiar adecuadamente las piezas de duraluminio 7075 antes del mecanizado para eliminar cualquier suciedad, polvo, aceite u otros contaminantes que puedan afectar la precisión del proceso de mecanizado o dañar las herramientas de corte.

después de esto, se van a realizar las siguientes etapas:

- Etapa 1: Desbaste. Planeado / Fresado de cara.
- Etapa 2: Desbaste. Contorneado dinámico para la forma exterior C1.
- Etapa 3: Desbaste y acabado medio para C1.
- Etapa 4: Desbaste. Contorneado dinámico para la forma exterior C2.
- Etapa 5: Desbaste. Contorneado dinámico para la forma exterior C3.
- Etapa 6: Desbaste. Contorneado dinámico para la forma exterior C4.

Estas etapas pueden ser respaldadas mediante el análisis de la figura 3, ya que esta permite evidenciar fácilmente a qué sección de la pieza se está refiriendo.

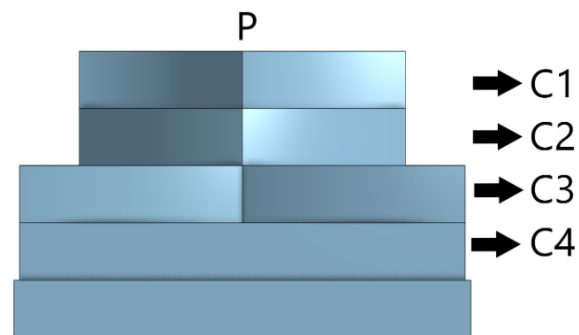


Figura 3. Etapas de proceso.

#### II-F. Operaciones MasterCAM

Con todo y lo anterior, lo que sigue es establecer en MasterCAM todas las operaciones correspondientes para obtener la pieza deseada. En la figura 4 se evidencia la superposición de la geometría del material en bruto y la pieza final.

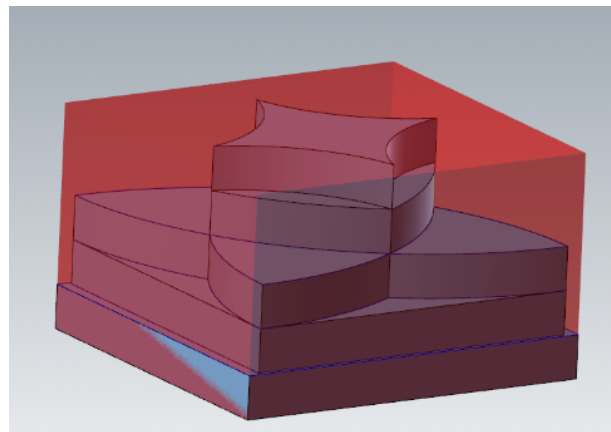


Figura 4. Superposición material en bruto y pieza final

En la figura 5 se evidencia el listado de estas, mientras que en la figura 6 se puede evidenciar las trayectorias sobre la pieza.

Con todo y lo anterior, se puede proseguir a la etapa de simulación.

#### II-G. Simulación

En el siguiente enlace: <https://drive.google.com/file/d/1ijDUhZ2RXiAcEQeOkrhccqPg5X9Q-7oC/view?usp=sharing> es posible evidenciar los resultados de simulación del proceso de manufactura CAM de la pieza.

En tiempo real, estas operaciones constarán de un tiempo de mecanizado total de 5 horas y 20 minutos.

### III. CONCLUSIONES

- El mecanizado CNC es crucial en los procesos industriales al ofrecer precisión y repetibilidad excepcionales. Permite la fabricación eficiente de componentes de alta

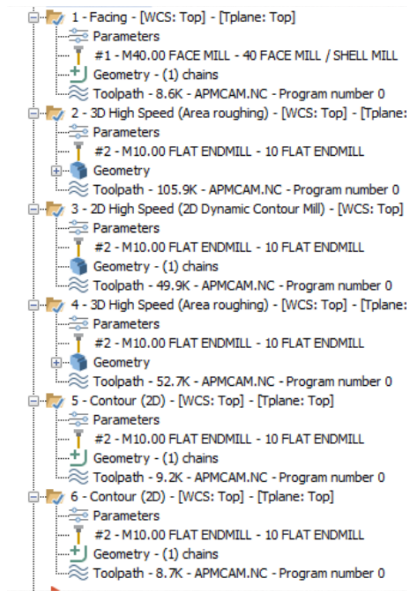


Figura 5. Listado de operaciones de mecanizado.

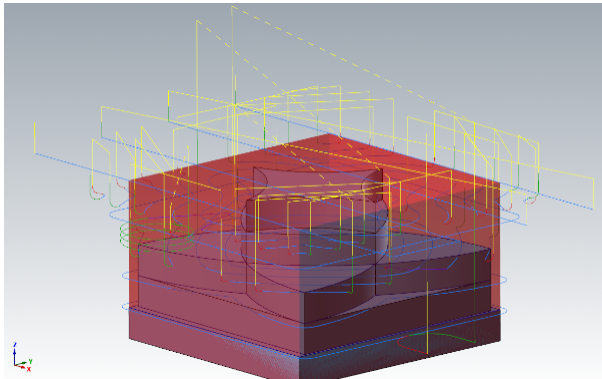


Figura 6. Trayectorias de mecanizado.

#### IV. TRABAJO FUTURO

Para este laboratorio, se selecciona manufacturar la pieza del compañero Camilo Valencia. Sin embargo, por problemas de disponibilidad del laboratorio, no se realiza el proceso de manufactura para el momento de presentación de este informe.

#### REFERENCIAS

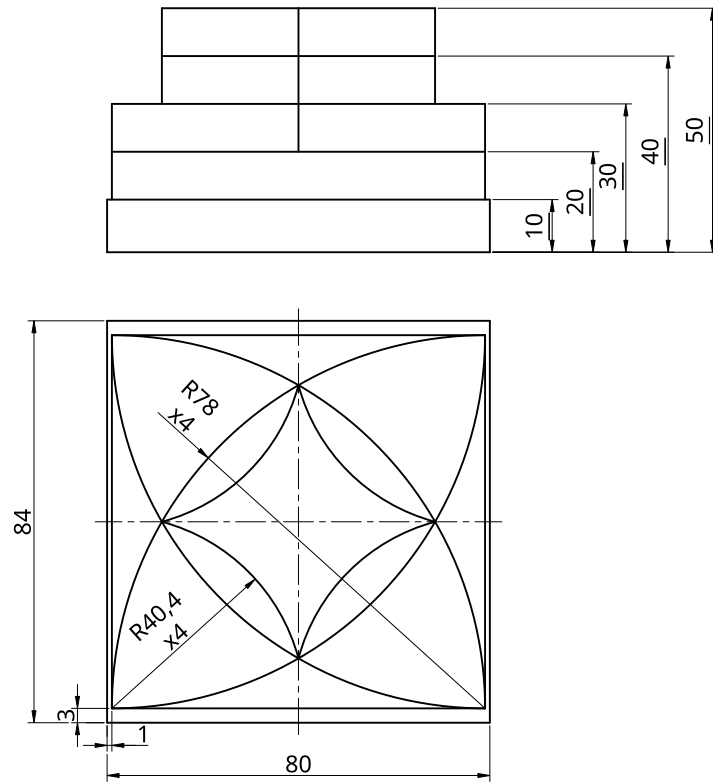
[1] W. Kuang, Research on 3D Complex Surface Construction and NC Machining Based on MasterCAM," 2008.



calidad, contribuyendo al avance tecnológico y la competitividad en la industria.

- El Dynamic Milling (mecanizado dinámico) es importante en el mecanizado CNC debido a su capacidad para adaptar automáticamente los parámetros de corte a las condiciones cambiantes. Optimiza los tiempos de mecanizado, reduce el desgaste de herramientas y mejora la productividad.
- Mastercam es una herramienta de diseño de procesos de mecanizado CNC fácil de usar. Su interfaz intuitiva y funciones avanzadas permiten crear rápidamente programas de mecanizado, optimizando la eficiencia y precisión en la producción.
- La selección adecuada de herramientas de mecanizado es crucial. Garantiza la calidad de las piezas, maximiza la eficiencia y prolonga la vida útil de las herramientas y la máquina. Una selección cuidadosa contribuye a la optimización del proceso y mejora la productividad en la industria.



V. PLANO PIEZA CAM



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE  <b>Pieza CAM Seminario CNC APM 2023</b>	
ANGULAR = ±0.1°		DRAWN		Andres Holguin		2023-06-05			
SURFACE FINISH 		CHECKED							
		APPROVED							
DO NOT SCALE DRAWING									
BREAK ALL SHARP EDGES AND REMOVE BURRS									
FIRST ANGLE PROJECTION		MATERIAL		FINISH		SIZE		DWG NO.	
		Duraluminio 7075				A4			
						SCALE		1:1	
						WEIGHT		SHEET	
								1 of 1	