

Simulator and Post Process of CNC Leadwell F1 Machine

Steven Leonardo Varela Romero

Fundación Universitaria Los Libertadores

Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería

Facultad de Ingeniería Mecánica

Bogotá D.C.

2021

Simulator and Post Process of CNC Leadwell F1 Machine

Steven Leonardo Varela Romero

Proyecto de grado presentado como opción de grado para optar al título de

Ingeniero Mecánico

Director

JORGE ARMANDO VILLALBA VIDALES

Codirector

UBALDO GARCIA ZARAGOZA

Fundación Universitaria Los Libertadores

Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería

Facultad de Ingeniería Mecánica

Bogotá D.C.

2021

Agradecimientos

Agradezco a los ingenieros UBALDO GARCIA ZARAGOZA y JORGE ARMANDO VILLALBA VIDALES por apoyarme el proceso de formación como ingeniero mecánico y en el desarrollo de este proyecto, también a la fundación universitaria los libertadores por permitir el uso de los laboratorios para este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Resumen	2
Justificación	3
Objetivos	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos:	4
Marco Referencial	5
Marco conceptual	5
Marco de referencia	7
Antecedentes	11
Academia	12
Metodología	12
Plan de trabajo	16
Modelamiento virtual del torno biaxial Leadwell F1	18
Estudio cinemático del torno biaxial Leadwell F1	18
Arquitectura del torno biaxial Leadwell f1	23
Unificación del modelo virtual de la máquina con el postprocesador	31
Estudio de los códigos G y M del control Fanuc series oi Mate_TD	31
Generador de postprocesadores	31
Código CLDATA o Código madre	33

Programación del postprocesador del software para el control Fanuc series oi Mate_TD	34
Descripción de edición de post procesadores con el generador de post procesadores del SprutCAM	35
Verificación	37
Geometría por fabricar para hacer la verificación	38
Ecuaciones de teoría de corte	39
Ecuaciones torneado general	39
Ecuaciones taladrado	40
Ecuaciones de trozado	40
herramientas y sus condiciones de corte basados en resultados de ecuaciones versus resultados del software	42
Creación de las trayectorias virtuales del proceso de torneado en el software y montaje virtual	45
Montaje de herramientas	47
Montaje de las herramientas y materia prima	47
Trasladar el código .NC a la máquina CNC	47
Fabricación	47
Resultados	49
Conclusiones	50
Recomendaciones	51

Referencias	52
Anexos	54
Principales códigos G Fanuc series oi Mate_TD	54
Principales códigos M	56
Plano geometría definida	56
Hoja de proceso	57
Manual de fabricación de piezas en SPRUTCAM.	59
Determine el cero de pieza con la máquina	60
Material de trabajo	61
Trayectorias	65
Código generado por el postprocesador del refrentado	70
Código generado por el postprocesador para taladrado	71
Código generado por el postprocesador para acabado	76
Código generado por el postprocesador para acabado tronzado	77

FIGURAS

Figura 1 Diagrama proceso CAD/CAM	5
Figura 2 Tablero control Fanuc del torno biaxial Leadwell f1	6
Figura 3 Metodología 1.1	12
Figura 4 Metodología 1.2	13
Figura 5 Cronograma	18
Figura 6 Modelamiento virtual del torno biaxial Leadwell f1	19
Figura 7 Dibujo Husillo	20
Figura 8 Foto Husillo	20
Figura 9 Dibujo Subconjunto Torreta	20
Figura 10 Foto Subconjunto Torreta	21
Figura 11 Dibujo Contrapunto y su Base	21
Figura 12 Foto Contrapunto y su Base.....	21
Figura 13 Dibujo Exterior Torno 1.1	22
Figura 14 Dibujo Exterior Torno 1.2	22
Figura 15 Foto Exterior Torno	22
Figura 16 Piezas modeladas en formato .osd	23
Figura 17 Creación archivo .XML	24
Figura 18 Creación cinemática máquina virtual 1.1	24
Figura 19 Creación cinemática máquina virtual 1.2	25
Figura 20 Contrapunto	26
Figura 21 Herramientas y soportes para herramientas	26

Figura 22 Visualización completa de la máquina	27
Figura 23 AxisCPos	28
Figura 24 Jaw Diameter	28
Figura 25 AxisZPos.....	28
Figura 26 AxisYPos	28
Figura 27 AxisXPos	29
Figura 28 Revolver.....	29
Figura 29 AxisPos	29
Figura 30 PinolPos	29
Figura 31 Visualización máquina virtual en el software SprutCAM.....	30
Figura 32 proceso programa .NC	32
Figura 33 Ingreso al generador de postprocesadores desde SprutCAM	32
Figura 34 Código CLDATA	33
Figura 35 ventana principal del generador de postprocesadores.....	36
Figura 36 Postprocesador genérico	37
Figura 37 Postprocesador Universidad Los Libertadores	37
Figura 38 Medidas de pieza	38
Figura 39 Modelo virtual pieza	39
Figura 40 Geometría herramienta refrentado a) inserto b) porta inserto.....	42
Figura 41 geometría herramienta taladrado inserto	43
Figura 42 Geometría herramienta desbaste a) inserto b) porta inserto	44
Figura 43 Geometría herramienta acabado a) inserto b) porta inserto.....	44
Figura 44 Geometría herramienta trozado a) inserto b) porta inserto	45

Figura 45 Montaje virtual y generación de las trayectorias virtuales del proceso de torneado en el software.....	46
Figura 46 Pieza terminada.....	48
Figura 47 Códigos G Fanuc series oi Mate_TD 1.....	54
Figura 48 Códigos G Fanuc series oi Mate_TD 2.....	55
Figura 49 Códigos G Fanuc series oi Mate_TD 3.....	55
Figura 50 Códigos M Fanuc series oi Mate_TD.....	56
Figura 51 Plano geometría definida.....	56
Figura 52 Refrentado.....	58
Figura 53 Taladrado.....	58
Figura 54 Desbaste.....	58
Figura 55 Acabado.....	59
Figura 56 Tronzado.....	59
Figura 57 Menú principal.....	60
Figura 58 Cero de pieza.....	61
Figura 59 Material de trabajo.....	62
Figura 60 Verificación de desarrollo.....	63
Figura 61 Nuevo proceso.....	64
Figura 62 Parámetros refrentado.....	65
Figura 63 Trayectoria refrentado.....	65
Figura 64 Parámetros taladrado.....	66
Figura 65 Trayectoria taladrado.....	66
Figura 66 Parámetros desbaste.....	67

Figura 67 Trayectoria desbaste	67
Figura 68 Parámetros acabado	68
Figura 69 Trayectoria acabado.....	68
Figura 70 Parámetros tronzado	69
Figura 71 Trayectoria tronzado	69

TABLAS

Tabla 1 Plan de trabajo.....	16
Tabla 2 Modelo virtual de componentes Leadwell f1	20
Tabla 3 Redefinición de Parámetros.	28
Tabla 4 Comparación de códigos .NC genéricos con códigos .NC del postprocesador configurado	36
Tabla 5 12.1.1 Refrentado	42
Tabla 6 Taladrado	43
Tabla 7 Desbaste	43
Tabla 8 Acabado	44
Tabla 9 Tronzado	45
Tabla 10 Hoja de proceso.....	57
Tabla 11 Posición herramientas, Velocidades de corte, Avance por revolución, Tiempo de mecanizado	58

Introducción

El problema evidenciado es que en la industria colombiana se programan los tornos a control numérico de manera manual, por lo tanto aumentan los tiempos muertos de producción, al tener que correrlos en vacío para su verificación de colisiones, con la intención de tratar de dar una solución, se desarrolla un simulador con verificación de choque para el torno Leadwell F1 de propiedad de la Fundación Universitaria Los Libertadores, incluyendo un modelo virtual de la máquina, herramientas y generador de código G que posteriormente se ingresa a la máquina, esto afecta positivamente el aprendizaje de los estudiantes de ingeniería ya que pueden utilizar el equipo debidamente. Esto puede tener un impacto en desarrollos potenciales (proyectos de investigación, cátedras, etc.), reducir la probabilidad de choques de máquina y aumentar la confianza de estudiantes y profesores.

Resumen

En general, en Colombia, una gran parte de la industria del metal requiere la programación manual de máquinas herramienta CNC, lo que aumenta significativamente el tiempo de manufactura, ya que este código debe ser verificado en vacío antes de proceder al mecanizar de manera real. Abordando este problema, se desarrolló el simulador y post procesador para máquina Leadwell f1 CNC. Éste muestra de forma virtual el proceso de mecanizado, materia prima, herramientas y verificación de colisiones. También genera un código de programación G (tipo de lenguaje de programación para máquinas) el cual se podrá ingresar a la máquina de manera segura. Para ello, se desarrolló una máquina virtual a partir del Leadwell f1 real, que se ubica en el laboratorio de procesamiento de la Fundación Universitaria Los Libertadores. Gracias a un procesador diseñado específicamente para computadoras, los procesos creados en la máquina virtual son totalmente compatibles con computadoras reales.

Gracias a la táctica desarrollada de la máquina virtual, simulación, verificación de colisiones y post procesador se mecanizaron probetas en el laboratorio de mecanizado de la Fundación Universitaria Los Libertadores, aumentando la disponibilidad de la máquina a favor de los profesores y estudiantes, disminuyendo los tiempos de montaje y programación de la máquina, Ofreciendo así un recurso más en la cual se pueden mejorar su aprendizaje de forma segura y cercana con la máquina. Demostrando la gran importancia que tienen las tecnologías de simulación y post procesadores, ya que este tema es uno de los abordados por la industria 4.0.

Justificación

El interés por parte de la comunidad libertadora que muestran al respecto del simulador y todo lo que tiene que ver con esta idea ha sido clave para proyectar la realización de este proyecto.

El hecho que muchos de los alumnos de la Fundación Universitaria Los Libertadores no manejan la máquina por miedo a estrellarla o dañarla de alguna manera, con el simulador los alumnos y profesores podrán interactuar con la máquina sin temor de afectar el sistema o la integridad de la máquina ya que esa es la intención. También podrán generar todos los procesos de la máquina y verificarlos de una manera segura y luego llevarlos a cabo con más tranquilidad en la realidad.

Para lograr esto se llevará a cabo el desarrollo de un simulador para el torno perteneciente a la Fundación Universitaria Los Libertadores, pasando por los pasos que se establecerán en desarrollo de este proyecto como el modelado CAD, estructuración del simulador por medio del programa Machinemaker y configurar el post procesador en el programa de simulación y post procesamiento SprutCAM, para que los estudiantes y profesores estén más seguros de manejar el torno Leadwell F1 de la universidad.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar sistema de simulación y verificación virtual del torno Leadwell F1 de la fundación universitaria los libertadores.

Objetivos específicos:

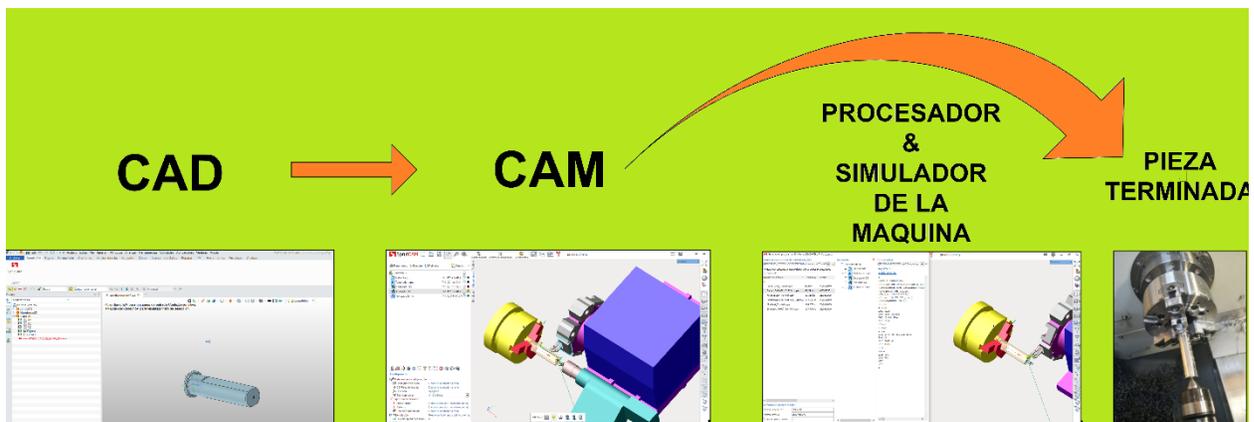
- Producir un modelo virtual del torno Leadwell F1 para proceder al desarrollar el simulador virtual.
- ajustar el post procesador para que pueda generar el código basado en el torno correctamente.
- Validar el modelo con una simulación de operación completa de mecanizado del torno Leadwell F1
- Corroborar la eficacia del simulador y post procesador con pruebas físicas.

Marco Referencial

Marco conceptual

Proceso CAD/CAM o “El sistema **CAD / CAM** surge en los años 70 en los ámbitos de automoción y aviación. CAD/CAM son las siglas en inglés de “**Diseño asistido por ordenador**” y “**Manufactura asistida por ordenador**”. El software CAD/CAM se utiliza para conseguir varios resultados: **diseñar y fabricar prototipos, productos acabados y procesos de producción.**” (Mecanizados Sinc, 2019).

Figura 1 Diagrama proceso CAD/CAM



Fuente (Autor)

Código NC: “Si bien existe un estándar para este lenguaje, que en realidad apunta a las máquinas industriales, se trata de describir algunos, No todos los códigos utilizados.” (R-Luis, 2020)

Postprocesador: Los Post Procesadores son un paso clave en la programación fuera de línea. Los posts procesadores permiten flexibilidad para soportar cualquier controlador de máquina. Un post procesador de máquina define cómo los programas de máquinas deben ser generados por un controlador máquina específica. (robodk.com, 2020)

Máquina virtual: Una máquina virtual (VM) es un entorno virtual que funciona como sistema informático virtual con su propia CPU, memoria, interfaz de red y almacenamiento, pero se crea en un sistema de hardware físico, ya sea on-premise o no. El sistema de software se llama hipervisor, y se encarga de separar los recursos de la máquina del sistema de hardware e implementarlos adecuadamente para que la VM pueda utilizarlos. (redhat.com, 2020).

Controlador: Un **controlador de dispositivo** o **manejador de dispositivo** (en inglés: *device driver*, o simplemente *driver*) es un programa informático que permite al sistema operativo interactuar con un periférico, haciendo una abstracción del hardware y proporcionando una interfaz (posiblemente estandarizada) para utilizar el dispositivo. (Wikipedia, 2020)

Figura 2 Tablero control Fanuc del torno biaxial Leadwell fl



Fuente (FANUC Series Oi Mate-TD , 2014)

Modelo: le permite importar modelos CAD en cualquier formato. Podemos realizar una transformación espacial (rotación y movimiento de componentes en cualquier eje de coordenadas).

Geometría 2D: cree un boceto 2D que se pueda rotar para crear un modelo 3D.

Procesamiento: En este modelo, se selecciona una máquina virtual, procesaremos las propiedades de la computadora, definiremos nuestros materiales básicos, crearemos funciones de fabricación y se seleccionan las estrategias de fabricación de pieza.

Simulación: se puede simular toda la estrategia de construcción que se haya definido, controlar posibles colisiones y mostrar el código CLData (código padre SprutCAM).

Nodo: “En términos generales, un nodo es un espacio en el que confluyen parte de las conexiones de otros espacios reales o abstractos que comparten sus mismas características y que a su vez también son nodos.” (wikipedia, 2021)

Marco de referencia

Se considera control numérico cualquier dispositivo que pueda indicar la posición de un instrumento mecánico móvil en el que los comandos relacionados con el movimiento del dispositivo móvil pueden ser procesados de forma totalmente manual o automática a través de un programa a través de determinada información digital. (Garcia Higuera & Castillo Garcia, 2007).

Muchas cosas, como aviones del mismo tamaño y diseño. Lo mismo ocurre con los barcos pueden tener diferentes longitudes, diferentes velocidades y diferentes capacidades de pasajeros. Por tanto, el número de componentes idénticos son necesarios. Copiar piezas de configuración de plantillas no es un método confiable. Después de la Segunda Guerra Mundial, la gente sintió la necesidad de desarrollar un dispositivo para garantizar la calidad de las piezas dobladas con

formas complejas. Ni las máquinas convencionales ni las especiales **pueden** cumplir este requisito. John T. Parsons de EE. UU. Utilizó tarjetas perforadas con coordenadas X e Y grabadas para controlar las máquinas herramienta utilizadas para fabricar las palas del rotor de los helicópteros. En 1952, Alfred Herbert Co., Ltd. creó la primera máquina herramienta CNC con control de tres ejes. En 1953, Air France desarrolló su propio prototipo NC. De 1964 a 1965 Japón entró en esta situación y estuvo en una posición dominante hasta que Rusia se convirtió en el mayor fabricante de máquinas NC, produciendo máquinas CNC y DNC. (Bawa, 2006)

- Alta precisión de piezas.
- Alta productividad.
- El costo total de las herramientas es menor.
- Plazo de fabricación corto.
- Se pueden realizar varias operaciones cada vez que se crea una pieza de trabajo.
- El tiempo de inactividad de la máquina es más menor o el tiempo de ciclo total de cada componente es más corto.
- La máquina se puede configurar a la mejor velocidad o fuente de energía, es decir. Mayor productividad.
- El espacio total requerido por la máquina es menor.
- Reducir considerablemente los errores del operador.
- Los operadores sin experiencia pueden completar este trabajo.
- La fiabilidad de estas máquinas es excelente.
- Los cambios de diseño son fáciles de adoptar.
- La contabilidad de costos y el control de producción se vuelven muy precisos.

- Se optimizan los HP (caballos de fuerza) para usar. La principal desventaja de estas máquinas es su elevado coste inicial. El desarrollo de las herramientas CNC, estas máquinas proporcionan soluciones activas para la producción pequeña y pesada.

La tecnología CNC versus el mecanizado convencional tiene muchas ventajas. La siguiente lista describe algunos de estos beneficios.

-. El programa se puede guardar en un medio electrónico, y luego se puede cargar en la memoria de la unidad de control de la máquina (MCU). El mismo programa se puede llamar desde la memoria según sea necesario.

-. La MCU tiene una memoria funcional (RAM), se puede utilizar para procesar programas y también se puede programar en la placa (entrada manual de datos).

-. Puede utilizar un dispositivo externo (computadora) para crear un programa y luego cargarlo en el disco de la computadora o directamente en la MCU.

-. El controlador CNC puede compensar el tamaño y el desgaste de la herramienta, inspeccionar piezas y comunicarse con otras computadoras y robots. La trayectoria de la herramienta se puede mostrar en la pantalla (CRT) y los errores en el programa se pueden corregir antes de iniciar el procesamiento. **Dibujo técnico o impresión**, y ejecutar el eje de corte de acuerdo con la información de impresión. El buen funcionamiento de las máquinas herramientas convencionales depende de gran medida de las habilidades de los operadores o ingenieros que se han desarrollado durante muchos años. El CNC verifica el plano y el desarrollador de la pieza convierte la información sobre **la pieza o pieza en una serie de números de código apropiados**. El código representa cada movimiento, recorrido o acción que debe realizar la máquina para procesar correctamente la pieza descrita en el dibujo técnico. El

conjunto completo de códigos necesarios para construir una pieza en una máquina se denomina "programa de pieza". Ahora, los programadores son responsables del movimiento y las funciones de las herramientas, mientras que el papel de los operadores ha cambiado drásticamente.

(Elanchezhian, Sunder Selwyn, & Shanmuga Sundar, 2007)

En general, la fabricación asistida por computadora (CAM) implica el uso de aplicaciones de software de control numérico (NC) para generar instrucciones detalladas (código G) que guían las herramientas de control numérico por computadora (CNC) a los componentes. Los fabricantes de muy diferentes industrias confían en las capacidades de CAM para producir piezas de repuesto de alta calidad. "Una definición más amplia de CAM puede incluir el uso de aplicaciones informáticas para definir un plan de diseño para el diseño de herramientas. Diseño asistido por computadora (CAD), preparación del modelo, programación NC, programación de inspección de la máquina de medición de coordenadas (CMM), simulación de la máquina herramienta o después del procesamiento Mecanizado CNC o ejecución CMM (SIEMENS, 2020)

El asunto es que los programas que generan estos códigos pueden ser muy variados, según el tipo de trabajo que se desee realizar. Por ejemplo, una perforadora necesita un programa que genere códigos de perforación, una fresadora, requiere otro que genere los códigos de desgaste, una graficadora requiere un programa que genere las coordenadas de trazado del gráfico, etc.

Antecedentes

Con el pasar de los tiempos el ser humano ha usado herramientas para todo tipo de oficios ya sea para dar forma a otros productos utilizados por la propia mano del hombre, así hasta que en el siglo XVIII apareció la primera máquina herramienta. Siendo éste un torno biaxial para maquinar roscas. Posteriormente en los años 40 aparecen los tornos con tecnología NC pioneros en controlar una máquina con un cerebro virtual. Más adelante con el avance de la electrónica se hizo posible mayor precisión y movimientos más complejos dando como resultado lo que hoy conocemos como CNC. (NODREAU & LORENZ Meler, 1981)

En Colombia, se han trabajado los simuladores en forma limitada, pero el mundo viene trabajando de manera fuerte y constante. La primera vez que se habló de realidad virtual fue en 1965 en un artículo llamado “The Ultimate Display”, a partir de ese momento se empiezan a crear simuladores e inversionistas, sociedades y gobiernos pusieron en marcha a desarrollar esta tecnología. Así se fueron desarrollando avances en el tema hasta que en 1994 se crea la sociedad de la realidad virtual que fue fundada por IBM y Virtuality anuncia sus sistemas v-SPACE y serie 2000. Ya hoy en día los simuladores van avanzando de la mano con el avance de la tecnología volviéndose más eficientes, realistas y prácticos.

En el 2015 el estudiante José Luis Baquero Rivera de la universidad Santo Tomás realizó un sistema integrado de simulación y verificación del proceso de mecanizado biaxial en torno cjk 6130 de control numérico con el desarrollo de post procesador para control gsk980tda para la universidad. . (Baquero Rivera, 2015)

Otro proyecto de gran interés fue el del estudiante Álvaro Fernando Molina Portilla de la universidad de Nariño en el cual diseñó, construyó y programó un prototipo de máquina CNC para fresar y perforar placas de circuitos impresos PCB

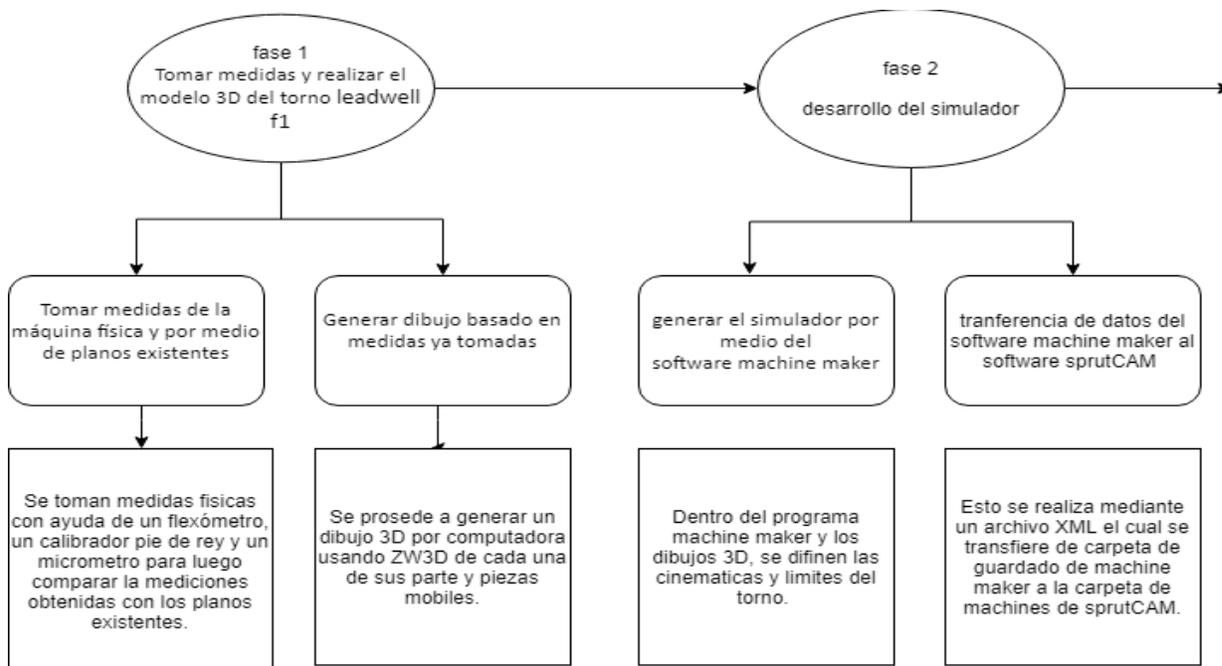
Academia

En la Fundación Universitaria Los Libertadores en el año 2018 uno de los estudiantes junto al profesor Ubaldo García desarrollaron un prototipo de prueba de una máquina virtual y configuración de un postprocesador de la máquina Leadwell v20 la cual permitió elaborar mayor cantidad de probetas para los laboratorios de la universidad, al mismo tiempo que posibilita un mejor uso de esta por parte de los profesores y estudiantes.

Metodología

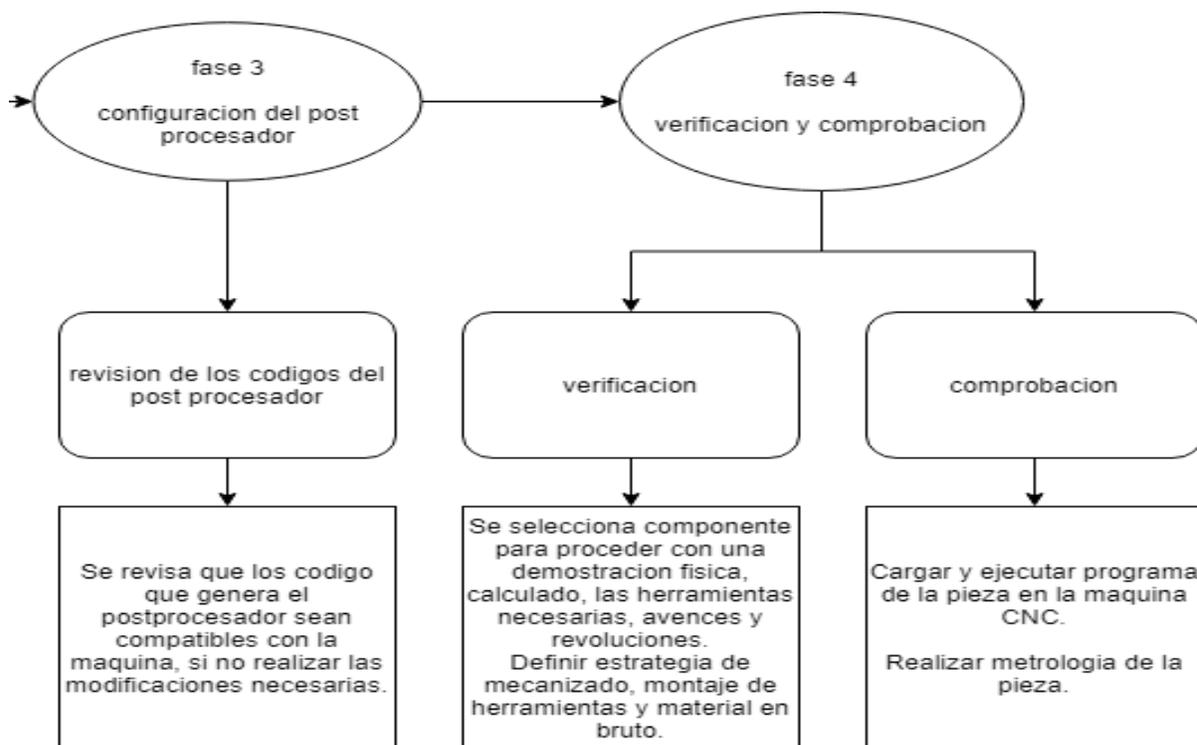
La metodología que se desarrolló fue en 4 fases y subfases como se muestra en las siguientes figuras (3 y 4).

Figura 3 Metodología 1.1



Fuente (Autor)

Figura 4 Metodología 1.2



Fuente (Autor)

Paso 1: Tomar medidas de la máquina física y por medio de planos existentes

Con ayuda de un flexómetro, un calibrador pie de rey y un micrómetro, se tomaron las medidas dimensionales de la máquina y sus componentes; como exterior del torno, torreta de herramientas, husillo, contrapunto, etc.

Paso 2: Generar modelo basado en medidas ya tomadas.

Utilizando el programa ZW3D se generaron modelos virtuales en 3D empleando las medidas tomadas en paso 1, trasladando estos archivos .OSD al siguiente programa (Machine Maker versión 3.7.3.52798).

Paso 3: Generar el simulador por medio del programa Machine Maker.

Exportamos los archivos hechos en el paso anterior al software Machine Maker, aquí determinan los ejes, movimientos y límites de cada componente del torno; ejemplo la rotación de la torreta de herramientas, Después de determinar las trayectorias límites y demás movimientos se guardan como archivo XML el cual se copia y se guarda en la carpeta CustomSchemas de SprutCAM,

Paso 4: Generar post procesador para el programa SprutCAM del trono Leadwell f1.

Al abrir el programa SprutCAM ya se podrá visualizar la máquina, pero aún hay que configurar el post procesador, para este paso se abre el subprograma llamado generador de posts procesadores, en este se calibran los códigos M y G para que sean los mismos tanto en el simulador como en la máquina CNC.

Paso 5: Seleccionar componente para demostración de torneado.

Se decide producir probetas para ser usadas en los laboratorios y hacer pruebas Jominy de diferentes materiales, para esto se realiza un modelo CAD, después se transfiere al SprutCAM.

Paso 6: Desarrolla los cálculos usando la “teoría del corte” (Stephenson & Agapiou, 2016) para la selección de herramientas, velocidades y avances.

Aquí se busca encontrar las herramientas, velocidades y avances óptimos para un proceso de calidad, reducción de tiempos y precisión.

Paso 7: Programa las estrategias de mecanizado de la pieza seleccionada.

Se escogen los métodos o estrategias de mecanizado como por ejemplo desbaste, acabado, etc.

Paso 8: Seleccionar y diseñar el montaje del material en bruto.

Se define que material se va a emplear para determinar sus dimensiones en el programa y su posición para después se proceder a determinar que movimientos de máquina se van a generar.

Paso 9: Realizar montaje del material en bruto y montaje de herramientas.

En el torno real se procede a colocar las herramientas y material que se usaran para el mecanizado.

Paso 10: Cargar y ejecutar el programa para fabricar el componente.

En el programa SprutCAM se cargarán las trayectorias definidas y post procesar en el cual entregará un código para la máquina anteriormente mencionada, código el cual se trasladará a la máquina CNC y en esta se ejecutará el código dando como resultados los mismos movimientos que en simulador.

Paso 12: Sustentación de proyecto a disposición de evaluadores.

Exponer lo realizado ante evaluadores, estos determinaran la calidad de este proyecto y brindaran una nota.

Plan de trabajo

Tabla 1 Plan de trabajo

Actividades	Descripción	Fecha de Inicio	Duración (Días)	F. Terminación
Tomar medidas y realizar el modelo 3D del torno Leadwell f1	Tomar medidas de la máquina física y por medio de planos existentes	17/08/2019	15	31/08/2019
	Generar dibujo basado en medidas ya tomadas	01/09/2019	15	15/09/2019
Configurar la cinemática del torno en Machine Maker	Generar el simulador por medio del programa Machine Maker	16/09/2019	30	15/10/2019
Verificar la cinemática del torno Leadwell F1 en SprutCAM	Generar post procesador para el programa SprutCAM del trono Leadwell f1	16/10/2019	15	31/10/2019
Verificación	Seleccionar componente para demostración de torneado	01/11/2019	20	26/11/2019

	Desarrolla los cálculos de selección de herramientas, velocidades y avances			
	Programa las estrategias de mecanizado de la pieza seleccionada			
	Seleccionar el montaje del material en bruto			
	Realizar montaje del material en bruto y montaje de herramientas			
	Cargar y ejecutar el programa para fabricar el componente			
Entrega final	Sustentación de proyecto a disposición de evaluadores	25/05/2021	1	25/05/2021

Fuente (Autor)

Figura 5 Cronograma

actividades	descripcion	fechas												
		inicio	fin	inicio	fin	inicio	fin	inicio	fin	inicio	fin	inicio	fin	
realizar el modelo 3D de	maquina fisica y por m	17/08/2019	31/08/2019											
	generar dibujo basado en medidas ya tomadas			01/09/2019	15/09/2019									
Configurar la cinemática del torno en Machine Maker	generar el simulador por medio del programa machine maker					16/09/2019	15/10/2019							
Verificar la cinemática del torno leadwell F1 en SprutCAM	generar postprocesador para el programa sprutcam de el trono leadwell F1							16/10/2019	31/10/2019					
verificación	Seleccionar componente para demostración de torneado													
	Desarrolla los cálculos de selección de htas, velocidades y avances													
	Programa las estrategias de mecanizado del la pieza seleccionada													
	Seleccionar y diseñar el montaje del material en bruto													
	Realizar montaje del material en bruto y montaje de herramientas													
	Cargar y ejecutar el programa para fabricar el componente													
Realizar metrología del componente										1/11/2019	26/11/2019			
entrega final	Sustentación de proyecto a disposición de evaluadores												por definir	por definir

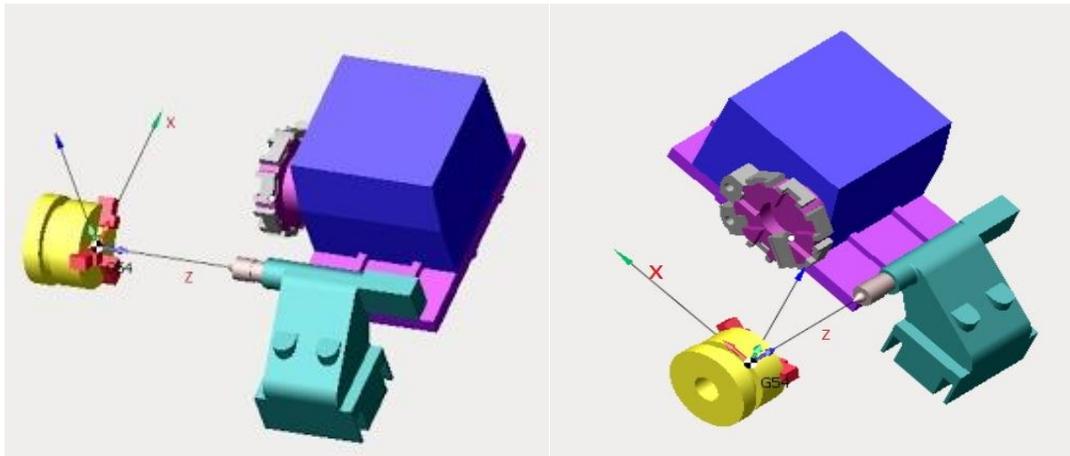
Fuente (Autor)

Modelamiento virtual del torno biaxial Leadwell F1

Estudio cinemático del torno biaxial Leadwell F1

El torno biaxial Leadwell F1 usa un sistema coordinado cartesiano X, Z, y también sistema coordinado polar, aunque este es menos usado que el cartesiano, esto para el posicionamiento de la herramienta de corte, para el eje rotativo solo se consideró un eje llamado C1, el posicionamiento de la materia prima para este torno se hace de manera manual (figura 6).

Figura 6 Modelamiento virtual del torno biaxial Leadwell f1



Fuente (Autor)

En el torno Leadwell F1 de la Fundación Universitaria Los Libertadores las demás acciones tales como la calibración de las mordazas con la materia prima, posicionamiento del contrapunto, por configuración de fabrica se hace de manera manual, cabe aclarar que el torno tiene opción de adecuar un alimentador de materia prima la cual no posee.

Tabla 2 Modelo virtual de componentes Leadwell fl

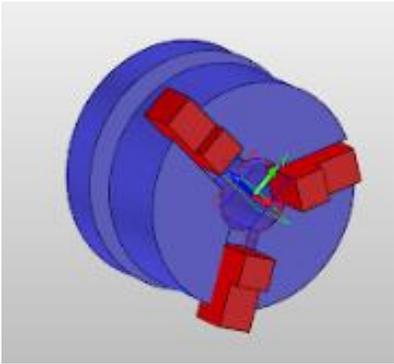
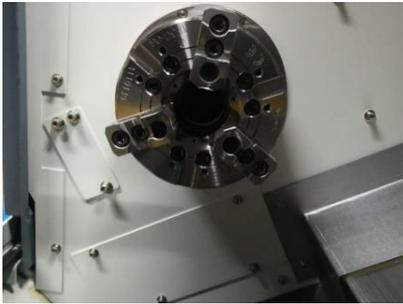
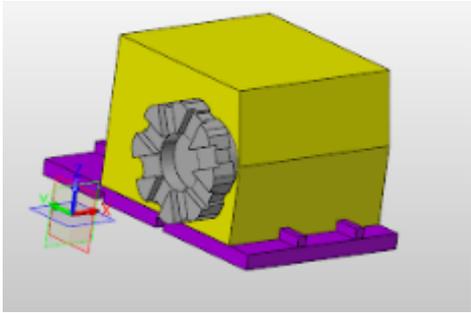
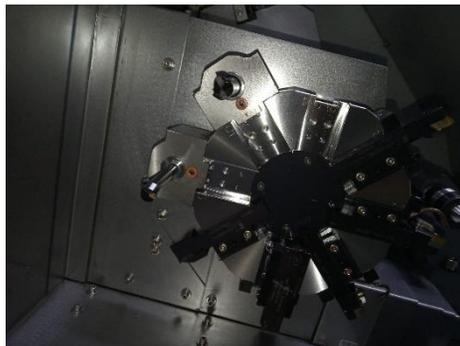
Nombre/eje	Modelo tridimensional
<p data-bbox="423 365 565 401">Husillo/C1</p>	<p data-bbox="997 365 1235 394"><i>Figura 7 Dibujo Husillo</i></p>  <p data-bbox="927 816 1308 846"><i>FUENTE (Autor) Figura 8 Foto Husillo</i></p>  <p data-bbox="1044 1209 1190 1239"><i>Fuente (Autor)</i></p>
<p data-bbox="203 1295 748 1402">Subconjunto de torreta de herramientas de 8 posiciones montado/ X, Y</p>	<p data-bbox="935 1367 1300 1396"><i>Figura 9 Dibujo Subconjunto Torreta</i></p>  <p data-bbox="1044 1770 1190 1799"><i>Fuente (Autor)</i></p>

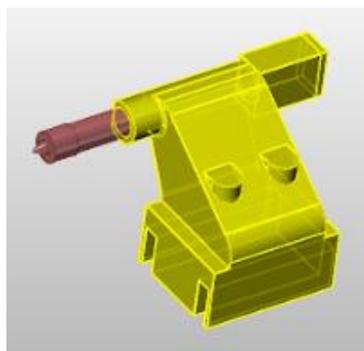
Figura 10 Foto Subconjunto Torreta



Fuente (Autor)

Base contrapunto y contrapunto/ B, P

Figura 11 Dibujo Contrapunto y su Base



Fuente (Autor)

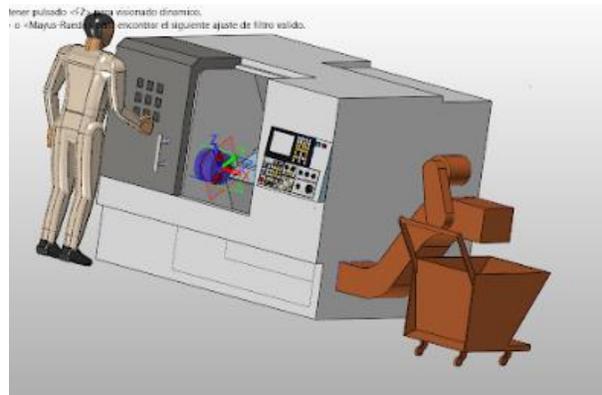
Figura 12 Foto Contrapunto y su Base



Fuente (Autor)

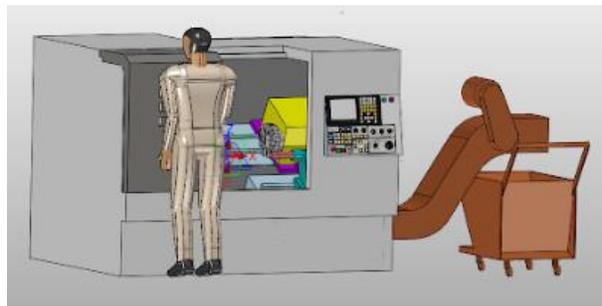
Exterior del torno

Figura 13 Dibujo Exterior Torno 1.1



Fuente (Autor)

Figura 14 Dibujo Exterior Torno 1.2



Fuente (Autor)

Figura 15 Foto Exterior Torno

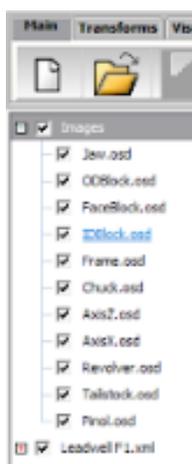


Fuente (machines4u, 2020)

Cada componente tridimensional modelado en ZW3D se tiene que exportar al software SprutCAM en formato .stp o directamente si posee la conectividad entre los dos programas luego en el SprutCAM se guarda cada pieza en formato .osd ya que este es el soportado por el software Machine Maker la cual nos permite el desarrollo de máquinas virtuales totalmente funcionales.

Arquitectura del torno biaxial Leadwell f1

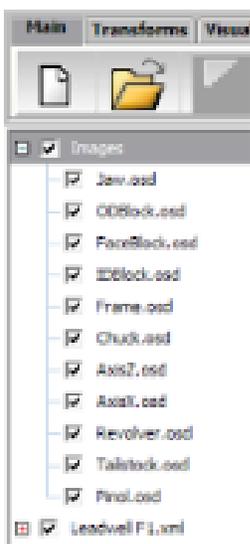
Figura 16 Piezas modeladas en formato .osd



El archivo .osd guardado también se abre en el software llamado "Machine Maker" el cual es un complemento de SprutCAM, ya que este es necesario para crear una máquina virtual, dando la opción de unir, direccionar, restringir las cinemáticas deseadas para el torno biaxial Leadwell F1.

Fuente (Autor)

Figura 17 Creación archivo .XML



Se empieza con crear un archivo nuevo en el icono en forma de hoja en blanco, el cual se llamó Leadwell F1.xml en el cual todas las características de la máquina se configurarán tales como movimientos cinemáticos, ensambles de conjuntos y subconjuntos, recorridos de los ejes, cantidad de herramientas y posición, etc.

Fuente (Autor)

Luego de esto se crea un árbol cinemático, el cual se contendrá subconjuntos modelados de cada pieza de la máquina; para el torno biaxial Leadwell F1 son: la base que será fija y referencial tampoco posee ningún movimiento en el espacio por tanto se definirá como nodo fijo, seguido por el husillo que contiene a las mordazas en el cual introducimos el eje c cuál será para la rotación como podemos ver en la figura (18).

Figura 18 Creación cinemática máquina virtual 1.1



Fuente (Autor)

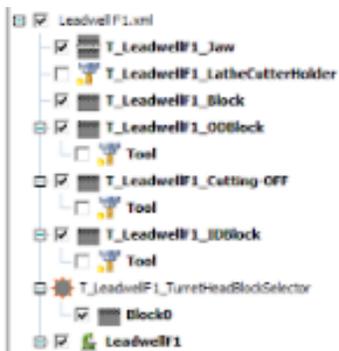
Figura 20 Contrapunto



Fuente (Autor)

También podemos observar que en la figura (21) aparece otro subconjunto llamado MachineStateParameters, éste se genera de manera automática a medida que creamos la cinemática de la máquina virtual. También podemos redefinir los parámetros de este subconjunto dependiendo de lo que se esté requiriendo para la máquina en específico.

Figura 21 Herramientas y soportes para herramientas

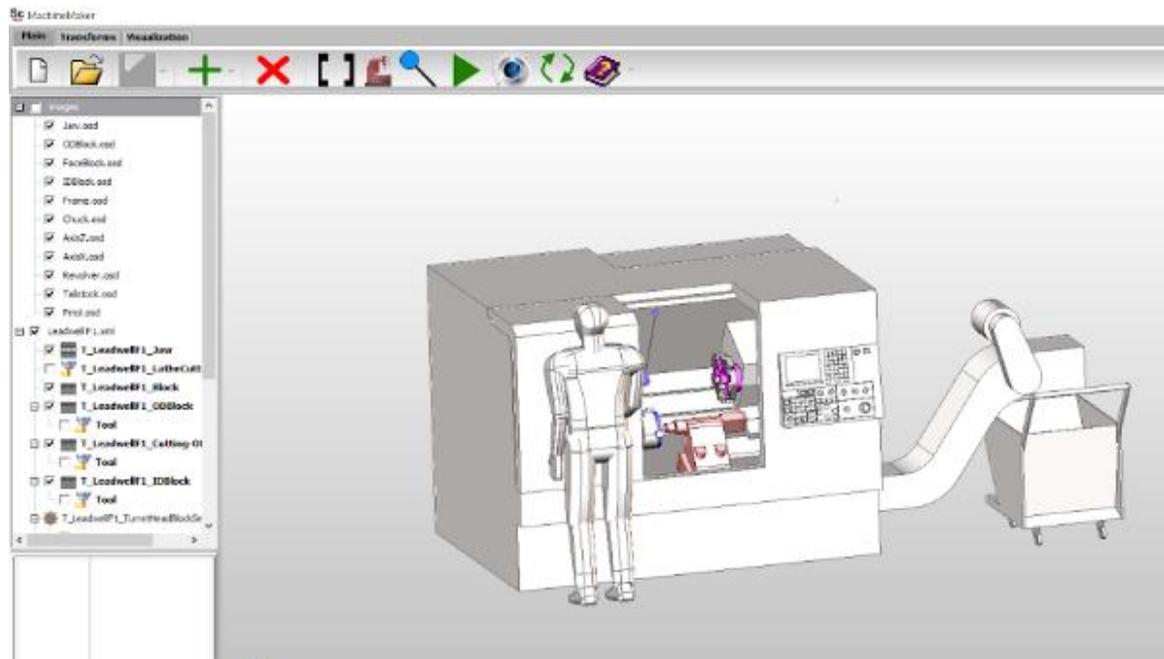


En la figura (21) podemos evidenciar los diferentes soportes de herramientas (ya sea para desbaste, tronzado, taladrado, etc).

Fuente (Autor)

Cuando ya se haya realizado el árbol cinemático de la máquina virtual CNC, el software permitirá una visualización completa de la máquina, tal y como observamos en la figura (22)

Figura 22 Visualización completa de la máquina



Fuente (Autor)

Para poder concluir el trabajo desarrollado en el software Machine Maker, se tendrá que redefinir los parámetros como se ha nombrado anteriormente, estos son: valor inicial, valor mínimo y máximo, valor incremental, establecer si es un eje lineal o rotatorio, si es conjunto o indexo, esto accediendo al MachineStateParameters,

Tabla 3 Redefinición de Parámetros.

<p style="text-align: center;"><i>Figura 23 AxisCPos</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>FUENTE (Autor)</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Figura 24 Jaw Diameter</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Fuente (Autor)</i></p>
<p style="text-align: center;"><i>Figura 25 AxisZPos</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Fuente (Autor)</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Figura 26 AxisYPos</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Fuente (Autor)</i></p>

Figura 27 AxisXPos

The dialog box 'SC State Parameter' for 'AxisXPos' shows the following configuration:

- ID: AxisXPos
- Address: X
- Type: TAxisPosition
- Enabled:
- Values:
 - Initial: 0
 - Min: -290
 - Increment: 0.001
 - Max: 0
- Parameters:
 - Group: linearAxis
 - Axis Control: continuous
 - Type: geom
 - Has Brake:

Fuente (Autor)

Figura 28 Revolver

The dialog box 'SC State Parameter' for 'RevolverPos' shows the following configuration:

- ID: RevolverPos
- Address: T
- Type: TMachineStateParameter
- Enabled:
- Values:
 - Initial: 0
 - Min: 0
 - Increment: 1
 - Max: 7
- Parameters:
 - Group: rotaryAxis
 - Axis Control: indexed
 - Type: geom
 - Has Brake:

Fuente (Autor)

Figura 29 AxisPos

The dialog box 'SC State Parameter' for 'AxisPos' shows the following configuration:

- ID: AxisPos
- Address: S
- Type: TMachineStateParameter
- Enabled:
- Values:
 - Initial: 588
 - Min: 0
 - Increment: 0.001
 - Max: 588
- Parameters:
 - Group: linearAxis
 - Axis Control: indexed
 - Type: geom
 - Has Brake:

Fuente (Autor)

Figura 30 PinolPos

The dialog box 'SC State Parameter' for 'PinolPos' shows the following configuration:

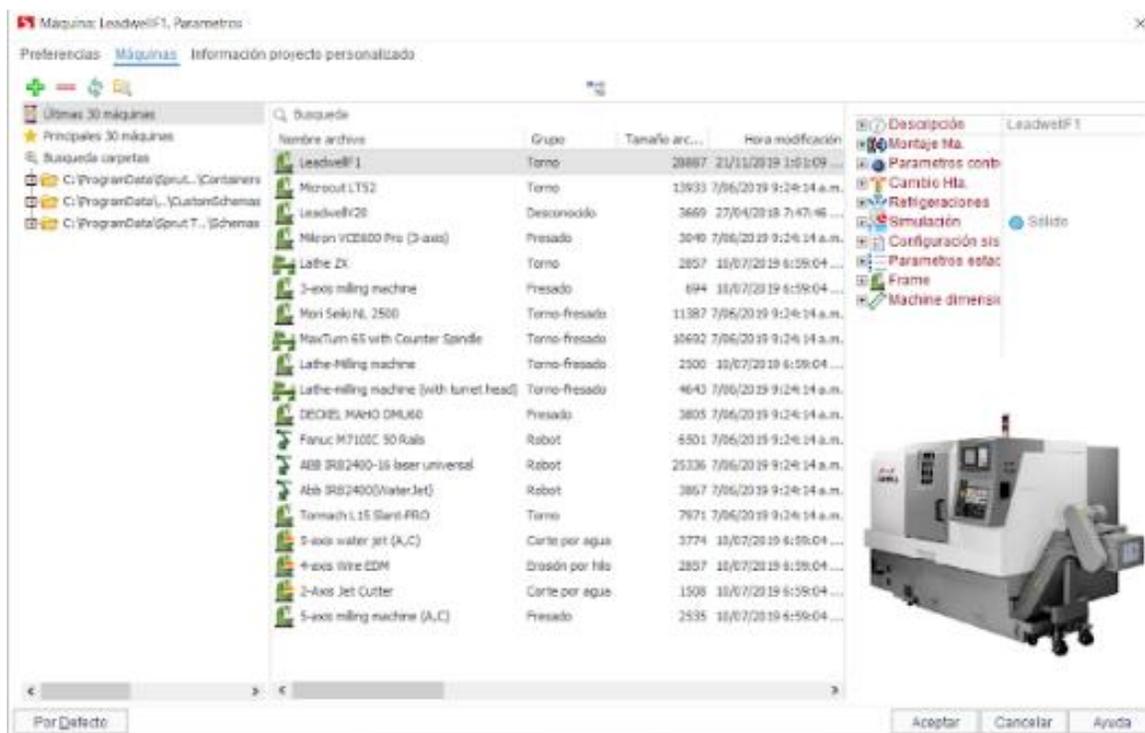
- ID: PinolPos
- Address: P
- Type: TMachineStateParameter
- Enabled:
- Values:
 - Initial: 0
 - Min: -50
 - Increment: 0.001
 - Max: 0
- Parameters:
 - Group: linearAxis
 - Axis Control: indexed
 - Type: geom
 - Has Brake:

Fuente (Autor)

Fuente (Autor)

Después de concluir este proceso al guardar el archivo. XML se podrá visualizar la máquina en el software SprutCAM.

Figura 31 Visualización máquina virtual en el software SprutCAM



Fuente (Autor)

En la figura 31 se ilustra que la máquina virtual del torno Leadwell F1 ya se encuentra en la biblioteca de SprutCAM junto a las demás máquinas virtuales que se poseen. Aquí se podrá generar trayectorias de torneado, pero antes se tendrá que aclarar todos los códigos G y M, por tanto, se procede a configurar el post procesador utilizando un complemento llamado Post Processors Generator el cual hace parte del software SprutCAM.

Unificación del modelo virtual de la máquina con el postprocesador

Estudio de los códigos G y M del control Fanuc series oi Mate_TD Para programar el post procesador es necesario estudiar los códigos G y M del control Fanuc series oi Mate_TD con la intención de entender el código CLDATA o Código madre de SprutCAM, así poder traducirlo en un código compatible con el controlador de la máquina, estos códigos son los comandos que necesitará la máquina CNC para su funcionamiento.

Generador de postprocesadores

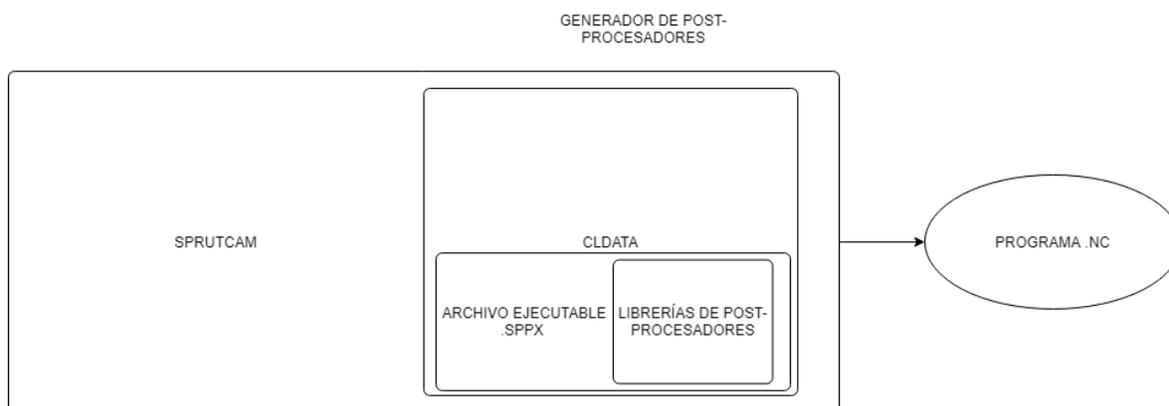
Este software es un complemento del SprutCAM el cual se encarga de generar los archivos post procesadores dependiendo del sistema deseado, para este caso un sistema .NC.

Se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Precisar la información sobre la máquina .NC y sistemas CNC
- Especificar la configuración del formato de los bloques o lista de registros

El generador después de la edición crea un archivo en SPPX, que desarrolla comandos técnicos desde el software SprutCAM Este archivo contiene una descripción de todos los procedimientos necesarios para crear el programa .NC.

Figura 32 proceso programa .NC

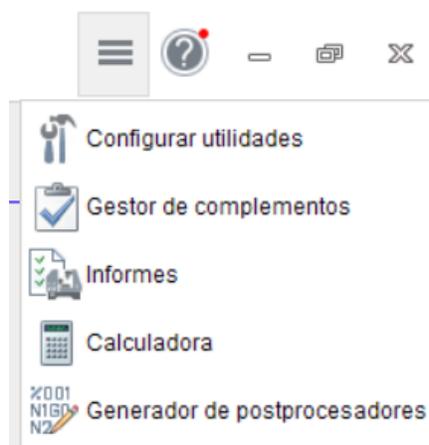


Fuente (Autor)

Para poder modificar o desarrollar un post procesador del software SprutCAM es necesario haber instalado el complemento postprocessors generator, este permitirá crear o variar los posts procesadores.

Cuando se hayan culminado las trayectorias virtuales en la parte superior del SprutCAM, se encontrará una pestaña llamada utilidades, dentro de ella una con el nombre de generador de post procesadores, como muestra la siguiente figura (33)

Figura 33 Ingreso al generador de postprocesadores desde SprutCAM



Fuente (Autor)

Código CLDATA o Código madre

Cuando se hace una operación en el software SprutCAM de manera automática se modifica el código CLDATA o Código madre, este código es donde toda la información de las operaciones se encuentran detalladas, tales como: cabezal, aproximación, coordenadas, etc. El código se puede visualizar en el generador de post procesador. Es necesario resaltar que el código es único del programa SprutCAM.

Figura 34 Código CLDATA

```

CLData Watches Breakpoints
1: STRUCTURE ON(71), TYPE "HeaderSection", Comment "$Header$"
2: STRUCTURE ON(71), TYPE "String", Comment "Cabezal"
3: PPFUN TECHINFO(58), 250, -0.24, -4, -4, 154, 0, 155.99, 0, 0, 0, 0, -21, -21, -154, 21, 21, 0, 3, 0, 0.05, 0, 0, 0,
4: COMMENT "Refrentado"
5: ORIGIN X 0, Y 0, Z 257, PPFUN 0, N 54, A 0, B 0, C 0
6: LOADTL N 1, X 15, Y 125, Z 0, D 0, M 1, K 1, L 0, P 0, A 0, R 0, H 0, RC 0, PLANE XY(33), Dur 0, HID 1, NX 0, NY 0, N
7: COMMENT "@IC12 Re0.2 R External tool"
8: CUTCOM ON(71), LENGTH(9)1, X 0, Y 0, Z 0, N 0, K 0, M 0, LEFT(8)
9: FROM COUNT 8, MACHINE, X 0, Y 0, Z -150, C 0, B 588, P 0, J 0, T 0, GEOM X 154, Y -4, Z 155.99, NX 0, NY 0, NZ 1, I
10: STRUCTURE OFF(72), TYPE "String", Comment "Cabezal"
11: STRUCTURE ON(71), TYPE "String", Comment "Aproximación"
12: STRUCTURE ON(71), TYPE "Approach", Comment "Aproximación"
13: AXESBRAKE COUNT 1, AxisCPos(3) OFF(72)
14: SPINDL ON(71), NO 2458, K 0, MODE CSS(2), SPEED 193
15: RAPID N 10000
16: MULTIGOTO COUNT 1, MACHINE, Z 10, GEOM X 154, Y -4, Z 10, NX 1, NY 0, NZ 0, NW 0, MSF 0, Time 0.015
17: MULTIGOTO COUNT 1, MACHINE, X 23.8, GEOM X 23.8, Y -4, Z 10, NX 1, NY 0, NZ 0, NW 0, MSF 0, Time 0.013
18: MULTIGOTO COUNT 1, MACHINE, Z -1.2, GEOM X 23.8, Y -4, Z -1.2, NX 1, NY 0, NZ 0, NW 0, MSF 0, Time 0.001
19: MULTIGOTO COUNT 1, MACHINE, J 60, GEOM X 23.8, Y -4, Z -1.2, NX 1, NY 0, NZ 0, NW 0, MSF 0, Time 0.006
20: MULTIGOTO COUNT 1, MACHINE, J 60, GEOM X 23.8, Y -4, Z -1.2, NX 1, NY 0, NZ 0, NW 0, MSF 0, Time 0
21: MULTIGOTO COUNT 1, MACHINE, J 60, GEOM X 23.8, Y -4, Z -1.2, NX 1, NY 0, NZ 0, NW 0, MSF 0, Time 0
22: STRUCTURE OFF(72), TYPE "Approach", Comment "Aproximación"
23: STRUCTURE OFF(72), TYPE "String", Comment "Aproximación"
24: STRUCTURE OFF(72), TYPE "HeaderSection", Comment "$Header$"
25: STRUCTURE ON(71), TYPE "BodySection", Comment "$Body$"
26: GOTO X 23.8, Y 0, Z -1.2
27: RAPID N 10000
28: GOTO X 23.8, Y 0, Z -4
29: COOLNT ON(71), N 1, #1
30: FEDRAI F 0.18, MMFR(316), K 0
31: GOTO X -0.24, Y 0, Z -4
32: GOTO X -0.24, Y 0, Z -1.2
33: RAPID N 10000
34: GOTO X 23.8, Y 0, Z -1.2
35: STRUCTURE OFF(72), TYPE "BodySection", Comment "$Body$"
  
```

Fuente (Autor)

El código madre posee subdivisiones como se puede observar en la figura (34) como, por ejemplo:

- PPFUN
- COMMENT
- ORIGIN

Las subdivisiones son reconocidas por el generador de post procesadores como un programa en el que encontrará toda la información requerida para el mecanizado dependiendo de la operación a mecanizar.

Es preciso puntualizar que el código CLDATA no es compatible con ningún controlador para centros de mecanizado por consiguiente no será compatible con el control Fanuc series oi Mate_TD, esto se debe a que es un código propio de los desarrolladores de SprutCAM technology por esta razón se requiere programar un post procesador para transformar el código madre a un .NC para el control Fanuc series oi Mate_TD del torno biaxial Leadwell F1.

Programación del postprocesador del software para el control Fanuc series oi Mate_TD

La función que tienen los posts procesadores es leer el código CLDATA o código madre del software en este caso SprutCAM, traduciendo el lenguaje de programación obteniendo los códigos G y M específicos dando como resultado un código .NC necesario para controlar la máquina CNC.

El software SprutCAM tiene en su biblioteca una lista de posts procesadores diferentes para diversos tipos de controladores y máquinas, en esta biblioteca se puede encontrar un post procesador estándar para torno biaxiales, en el cual puede haber errores en los requerimientos de la máquina Leadwell F1 y se podrán generar colisiones o fallos en las medidas de las piezas.

Descripción de edición de post procesadores con el generador de post procesadores del SprutCAM

Es necesario definir la estructura por bloques para determinar una lista de registros y delimitar sus parámetros, cada bloque contiene una ID que consta de tres letras y un valor con números definidos anteriormente, el orden jerárquico se dará a medida que se creen en la lista de registros, figura (35) lista de registros.

El software está preprogramado para transformar los comandos del código madre al código .NC. Cabe denotar que, aunque son herramientas con bastante flexibilidad y potentes al querer modificarlas es necesaria experiencia en programación, todos los programas están diseñados en un lenguaje especial, este lenguaje puede incluir entradas salidas, ciclos, funciones matemáticas, etc., figura (18) lista de programas.

También es posible crear un subprograma el cual tendrá que llevar un nombre diferente de los ya establecidos en los programas y subprogramas existentes.

Figura 35 ventana principal del generador de postprocesadores



Fuente (Autor)

Tabla 4 Comparación de códigos .NC genéricos con códigos .NC del postprocesador configurado

<p>Postprocesador Genérico</p>	<p>Postprocesador Universidad Los Libertadores</p>
--------------------------------	--------------------------------------------------------

<p style="text-align: center;"><i>Figura 36 Postprocesador genérico</i></p> <pre> % O0000 T0101 G54 G18 G99 M90 G50 S2458 G96 S193 M04 G00 Z10. X47.6 Z-1.2 Z-4. G01 X-0.48 F0.18 M08 Z-1.2 G00 X47.6 Z10. M09 G28 U0. G28 W0. </pre> <p style="text-align: right;"><i>Fuente (Autor)</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Figura 37 Postprocesador Universidad Los Libertadores</i></p> <pre> % (TITLE PROJECT) (FUNDACION UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES) (Developed by: LEONARDO VARELA) (PROYECTO DE GRADO) (Fecha: 27/10/2020) (Hora: 12:55:07 a.m.) (PROGRAMMER NAME) O0000 T0101 G54 G18 G99 G50 S2458 G96 S193 M04 G00 Z10. X47.6 Z-1.2 Z-4. G01 X-0.48 F0.18 M08 Z-1.2 G00 X47.6 Z10. M09 G28 U0. G28 W0. T0505 G54 G97 S159 G00 Z10. X0. Z6. M08 G17 G08 G85 Z-4.911 R-3.001 F200. G80 G00 Z10. M09 G28 U0. G28 W0. </pre> <p style="text-align: right;"><i>Fuente (Autor)</i></p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente (Autor)

Verificación

La verificación se realiza con una puesta en marcha en vacío del torno Leadwell F1 de la Fundación Universitaria Los Libertadores. Para esta puesta en marcha en vacío es necesario tener implementadas en la máquina las herramientas, transferir el programa. NC del post procesador al CNC, en este paso se evidenciará si hay alguna colisión, si todo sale bien se procederá a realizar el montaje de la materia prima o materia de trabajo, luego de fabricar la pieza la sometemos a medición y comparación con el plano, si es correcto quiere decir que todo se hizo bien.

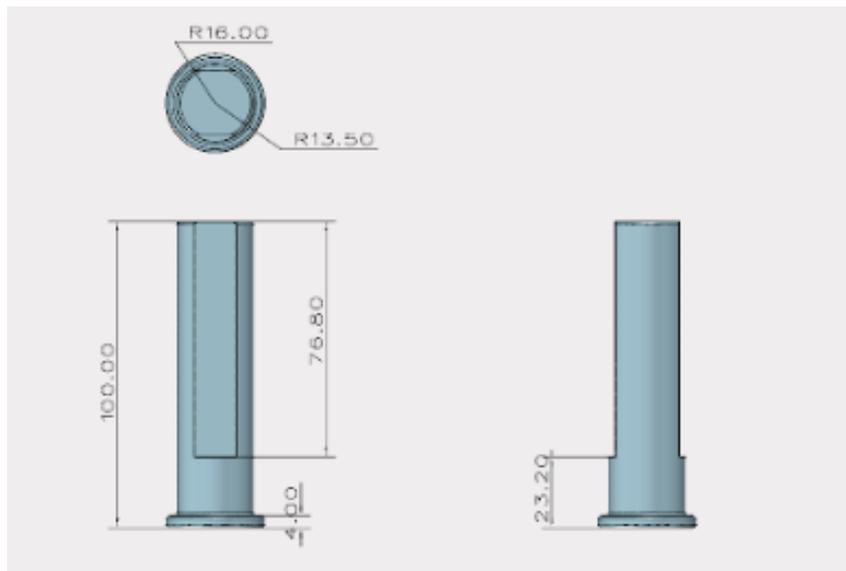
Geometría por fabricar para hacer la verificación

Para seleccionar la geometría se debe tener en cuenta las siguientes operaciones de torneado:

- Refrentado
- Taladrado
- Desbaste
- Acabado
- Tronzado

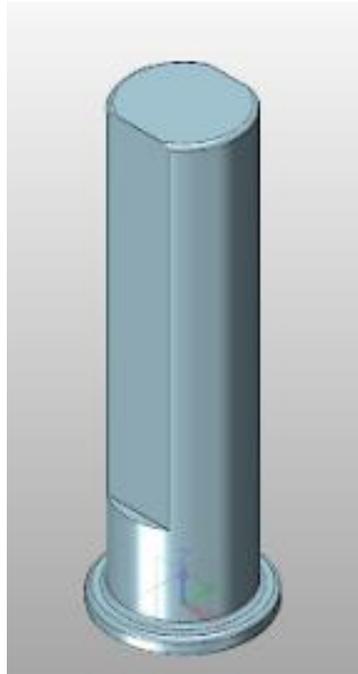
Estas operaciones se seleccionaron ya que son estrategias básicas de los tornos en este caso el Leadwell F1. La figura (38) y (39) muestra la pieza a mecanizar, el modelo CAD se generó en el software ZW3D 2019.

Figura 38 Medidas de pieza



Fuente (Autor)

Figura 39 Modelo virtual pieza



Fuente (Autor)

Ecuaciones de teoría de corte

Ecuaciones torneado general

Velocidad de corte V_c (m/min)

$$n = \frac{V_c}{\pi * D_m}$$

Velocidad del husillo n (rpm)

$$n = \frac{V_c * 1000}{\pi * D_m}$$

Tiempo de mecanizado T_c (min)

$$T_c = \frac{l_m}{f_n * n}$$

Ecuaciones taladrado

Velocidad de corte V_c (m/min)

$$V_c = \frac{D_c * \pi * n}{1000}$$

Velocidad del husillo n (rpm)

$$n = \frac{V_c * 1000}{\pi * D_c}$$

Velocidad de penetración V_f (m/min)

$$V_f = f_n * n$$

Avance por revolución f_n (mm/rev)

$$f_n = \frac{V_f}{n}$$

Tiempo de mecanizado T_c (min)

$$T_c = \frac{l_m}{V_f}$$

Ecuaciones de trozado

$$V_c = \frac{D_m * \pi * n}{1000}$$

D_m diámetro de mecanizado (mm)

f_n Avance por revolución (mm/r)

a_p Profundidad de corte (mm)

V_c Velocidad de corte (m/min)

n Velocidad del husillo (rpm)

P_c Potencia neta (kW)

T_c Tiempo de mecanizado (min)

l_m Longitud mecanizada (mm)

k_c Fuerza de corte específica (N/mm²)

D_c Diámetro de herramienta (mm)

V_f Velocidad de penetración

f_n Avance por revolución

herramientas y sus condiciones de corte basados en resultados de ecuaciones versus resultados del software

Tabla 5 12.1.1 Refrentado

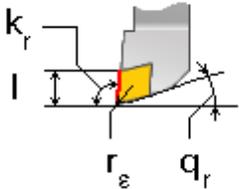
Datos conocidos	Resultados por ecuaciones	Resultados por software
<ul style="list-style-type: none"> • Inserto: CNMG120408-NM4N REF: WPP20 • Posición: T0101 • Velocidad de corte Vc: 193 m/min • Avance f_n: 0.18mm/rev • Profundidad A_p: 0.3mm 	$n = \frac{193 * 1000}{\pi * 47} = 1307.1 \text{ rpm}$ $T_c = \frac{47}{0.18 * 1307.1} = 0.1998 \text{ min}$	$n = 1540 \text{ rpm}$ $T_c = 0.167 \text{ min}$

Figura 40 Geometría herramienta refrentado a) inserto b) porta inserto

Geometría Números Diseño Referencias Soporte Avance/Revoluciones

Código hta.

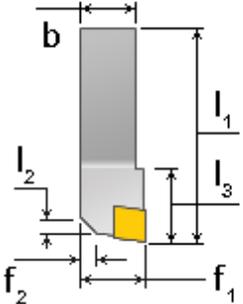
Tipo de placa



Grupo

Tipo de soporte

Manual



Fuente (Autor)

Tabla 6 Taladrado

Datos conocidos	Resultados por ecuaciones	Resultados por software
<ul style="list-style-type: none"> • Inserto: broca BN MDI 90° A1174 • Posición: T0505 • Velocidad de corte Vc: 6 m/min • Avance f_n: 0.01 mm/rev 	$n = \frac{6 * 1000}{\pi * 3.17} = 602.48 \text{ rpm}$ $V_f = f_n * n = 6.0248 \text{ m/min}$ $T_c = \frac{2}{6.0248} = 0.33 \text{ min}$	$n = 602.75 \text{ rpm}$ $T_c = 0.43 \text{ min}$

Figura 41 geometría herramienta taladrado inserto

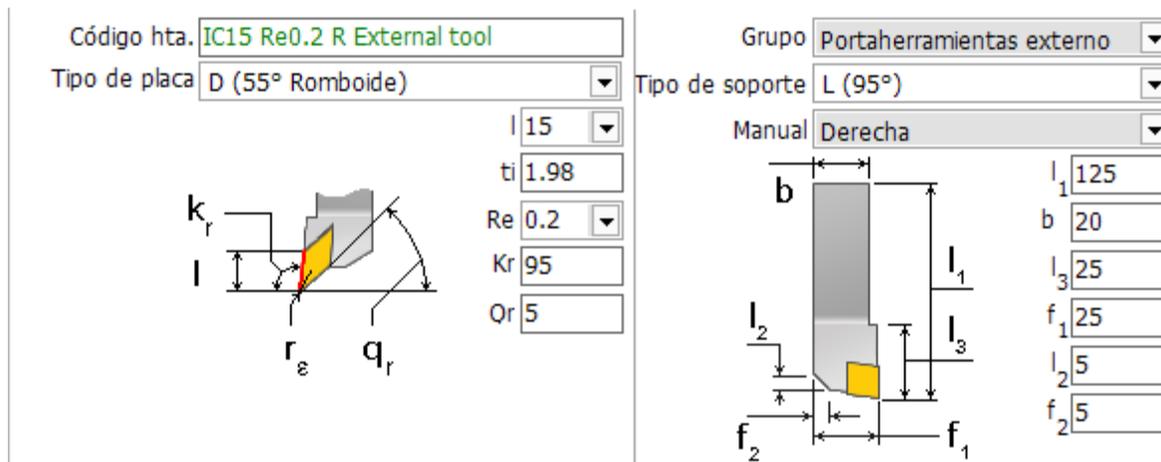


Fuente (Autor)

Tabla 7 Desbaste

Datos conocidos	Resultados por ecuaciones	Resultados por software
<ul style="list-style-type: none"> • Inserto: DNMG150612-NM5 • Posición: T0202 • Velocidad de corte Vc: 183 m/min • Avance f_n: 0.05 mm/rev • Profundidad Ap: 0.3 mm 	$n = \frac{183 * 1000}{\pi * 47} = 1239.38 \text{ rpm}$ $T_c = \frac{90}{0.05 * 1239.38} = 1.452 \text{ min}$	$n = 1331 \text{ rpm}$ $T_c = 1.116 \text{ min}$

Figura 42 Geometría herramienta desbaste a) inserto b) porta inserto

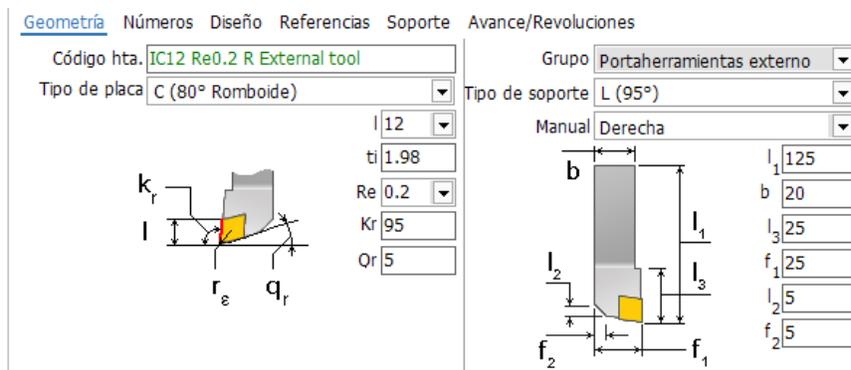


Fuente (Autor)

Tabla 8 Acabado

Datos conocidos	Resultados por ecuaciones	Resultados por software
<ul style="list-style-type: none"> • Inserto: DNMG150612-NM5 • Posición: T0101 • Velocidad de corte Vc: 183 m/min • Avance f_n: 0.02 mm/rev 	$n = \frac{183 * 1000}{\pi * 27.4} = 2125.93 \text{ rpm}$ $T_c = \frac{100}{0.02 * 2125.93} = 2.35 \text{ min}$	$n = 2331 \text{ rpm}$ $T_c = 2.7 \text{ min}$

Figura 43 Geometría herramienta acabado a) inserto b) porta inserto

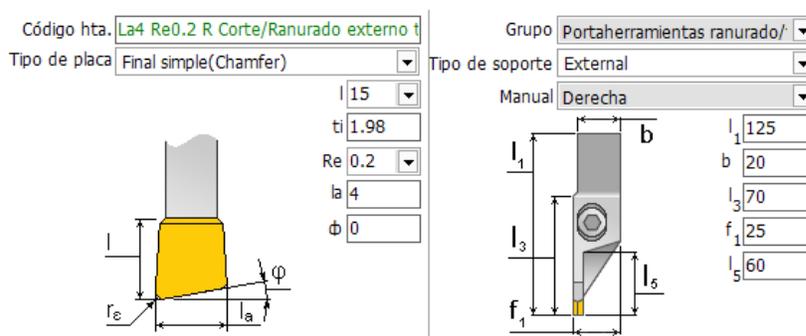


Fuente (Autor)

Tabla 9 Tronzado

Datos conocidos	Resultados por ecuaciones	Resultados por software
<ul style="list-style-type: none"> • Inserto: lama G2042.32N-4T50SX • Posición: T0707 • Velocidad máxima del husillo 1000 rev/min • Velocidad de corte Vc: 105 m/min • Avance f_n: 0.05 mm/rev 	$n = \frac{105 * 1000}{\pi * 47} = 711.12rpm$ $T_c = \frac{45}{35.556} = 1.266 min$	$n = 1000 rpm$ $T_c = 1.15 min$

Figura 44 Geometría herramienta trozado a) inserto b) porta inserto



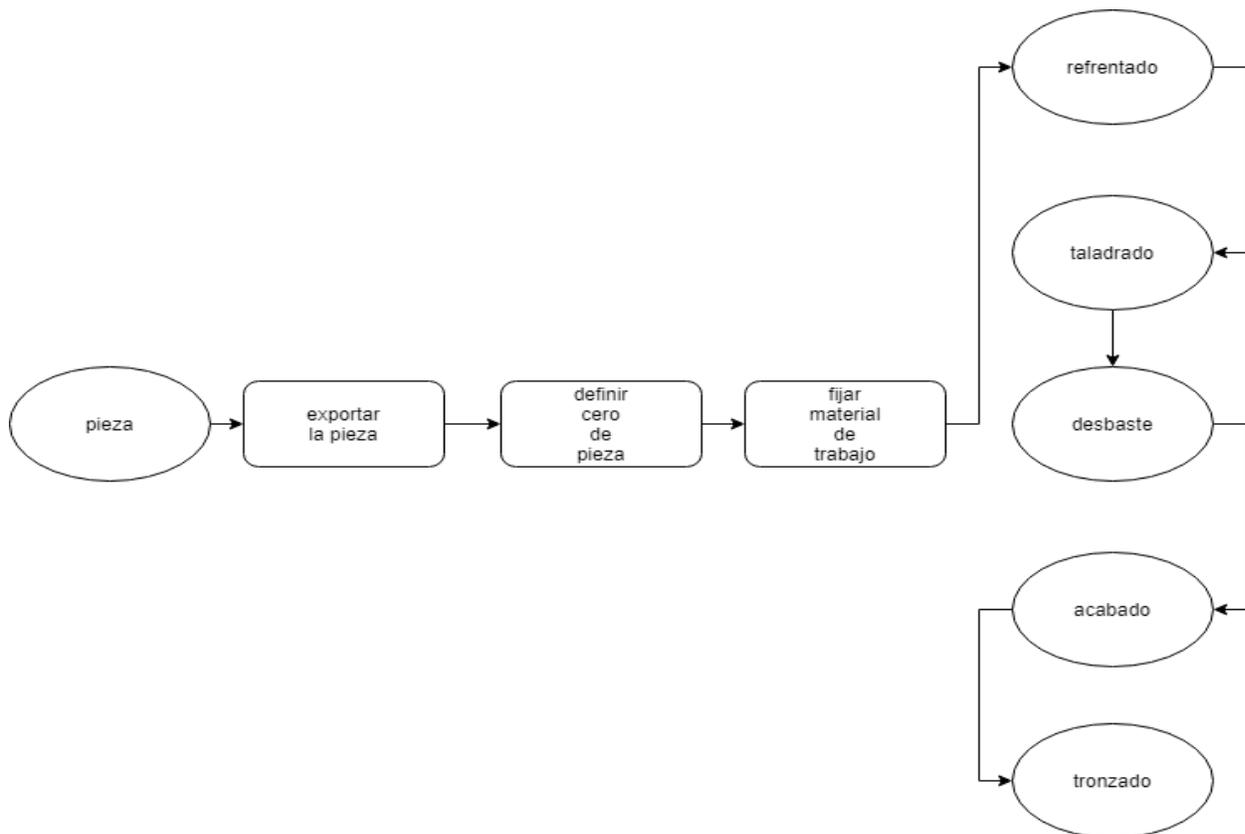
Fuente (Autor)

Creación de las trayectorias virtuales del proceso de torneado en el software y montaje virtual

En esta sección vemos el flujo necesario para realizar la fabricación virtual en el software SprutCAM, se empieza exportando el modelado tridimensional de la pieza a fabricar al software CAM, definiendo las características iniciales de la máquina tales como el cero de pieza, fijar el material de trabajo para la geometría en la que se desee fabricar y por último instituir las

operaciones de torneado siguiendo la estrategia antes elegida , en la (figura 45) se muestra la ruta para fabricar virtualmente una pieza.

Figura 45 Montaje virtual y generación de las trayectorias virtuales del proceso de torneado en el software.



Fuente (Autor)

Montaje de herramientas

Montaje de las herramientas y materia prima

Al realizar el montaje es necesario tener en cuenta la posición correcta dependiendo del plan de mecanizado, el orden para la verificación se colocó en el siguiente orden:

- Refrentado T0101
- Taladrado T0505
- Desbaste T0202
- Acabado T0101
- Tronzado T0707

Trasladar el código .NC a la máquina CNC

Para esta operación es necesario que se cuente con una memoria USB, en el generador de post procesador del software SprutCAM ofrece una opción de editor externo el cual traslada todo el programa de torneado a un programa editor ejemplo bloc de notas o Notepad++, en este punto se guarda en la USB en formato .NC y se retira de manera segura la memoria USB.

Procedemos a insertar la memoria USB en el torno Leadwell F1, se copia el programa .NC y pegamos en el espacio o escalón (número de memoria de la máquina) deseado, en este momento ya cuenta con el programa en la máquina CNC.

Fabricación

Para poder iniciar la fabricación se debe tener en cuenta la calibración de las herramientas, el cero de máquina y cero de pieza. Después de tener claros esos puntos, se puede realizar la prueba

de vacío, el paso siguiente es fijar la materia prima repetir el programa finalizando con éxito la pieza final como se muestra en la figura (46).

Figura 46 Pieza terminada



FUENTE (Autor)

Resultados

Se desarrolló el simulador virtual utilizando un modelo virtual del torno Leadwell f1.

Se ajustó el post procesador obteniendo la posibilidad de generar un código .NC para el torno Leadwell f1 de la universidad.

Se evidenció que se puede realizar una simulación completa de mecanizado de la máquina CNC mediante la fabricación de probetas.

El simulador ha sido verificado mediante la producción de probetas para prueba Jominy (prueba templabilidad) del curso de metales y tratamientos térmicos de sexto semestre.

El simulador está siendo usado en el curso de CAD/CAM de noveno semestre mejorando el aprendizaje de manera didáctica y acertada sobre el conocimiento y manejo del torno.

Conclusiones

Esté trabajo de grado deja una herramienta a la vanguardia tecnológica para la Fundación Universitaria Los Libertadores, herramienta que podrá ser utilizada por toda la comunidad libertadora reduciendo los peligros de colisión de la máquina, mejorando tiempos de producción y complejidad de los proyectos que se podrán realizar en la institución.

El árbol cinemático es fundamental para la arquitectura de la máquina donde debe corresponder exactamente a la máquina tanto en su forma como en la posición precisa de las herramientas, accesorios, etc. Si la máquina virtual no está debidamente configurada no se generará el código .NC desde el software SprutCAM®.

Para corroborar la eficacia y exactitud del código .NC generado por el post procesador de SprutCAM® desarrollado, se realizó una pieza para verificar las trayectorias del torneado cambio de herramientas, el control desenvolvió sin dificultad y de manera correcta el código generado por SprutCAM®.

El simulador ha sido de gran beneficio para el aprendizaje virtual de los estudiantes debido a la pandemia generada por el covid-19 ya que han podido tener de cierta manera un mayor conocimiento de la máquina para cuando tengan la posibilidad de tener contacto con esta los estudiantes sabrán como operarla.

Recomendaciones

La estrategia de programación es vital para traducir el código madre generado por SprutCAM® (código CLDATA) y producir un código .NC correcto para la máquina a programar.

Para poder trasladar el código del computador al torno Leadwell F1 se requiere de una memoria USB en el laboratorio.

Se aconseja el uso del software a los profesores y estudiantes de la Fundación Universitaria Los Libertadores para el área de mecanizado o CAD - CAM esto posibilita un mejor aprendizaje y utilización de la máquina CNC por parte de los profesores y estudiantes.

Es posible hacer modificaciones al simulador si así lo requieren por medio de programación C++, si no se cuenta con la licencia de Machine Maker.

Referencias

Autor. (s.f.).

Baquero Rivera, J. L. (2015). *https://repository.usta.edu.co*. Obtenido de

https://repository.usta.edu.co/handle/11634/477

Bawa, H. (2006). *Manufacturing Processes-ii*. New Delhi: Tata McGraw-Hill.

Elanchezhian, C., Sunder Selwyn, T., & Shanmuga Sundar, G. (2007). *Computer Aided*

Manufacturing (CAM). Boston, Nwe delhi: Laxmi Publications (P) LTD.

FANUC. (2010). FANUC Series Oi-Mate-MODEL D. *OPERATOR'S MANUAL For Machining*

Center System, 13-15.

FANUC Series Oi Mate-TD . (Octure de 2014). *researchgate.net*. Obtenido de

https://www.researchgate.net/figure/FANUC-Series-Oi-Mate-TD-19_fig2_272576024

GALETTO, R. O. (2016). docplayer.es. 7. Obtenido de *https://docplayer.es/20815345-Manual-*

de-programacion-torno-cnc-con-fanuc-series-Oi.html

Garcia Higuera, A., & Castillo Garcia, F. (2007). *CIM: EL COMPUTADOR EN LA*

AUTOMATIZACION DE LA PRODUCCION. Cuenca: Ediciones de la Universidad de

Castilla-La Mancha.

machines4u. (13 de Febrero de 2020). *machines4u.com.au*. Obtenido de

https://www.machines4u.com.au/view/advert/LEADWELL-F1-SLANT-BED-CNC-

LATHE/189553/

Mecanizados Sinc. (26 de Agosto de 2019). *mecanizadossinc.com*. Obtenido de

https://www.mecanizadossinc.com/cad-cam-mecanizado/

NODREAU, R., & LORENZ Meler, E. (1981). En *El torno y la fresadora, 4ta edicion francesa*.

Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A.

redhat.com. (14 de Agosto de 2020). Obtenido de

<https://www.redhat.com/es/topics/virtualization/what-is-a-virtual-machine>

R-Luis. (02 de Diciembre de 2020). *r-luis.xbot.es*. Obtenido de [http://r-](http://r-luis.xbot.es/cnc/codes01.html)

[luis.xbot.es/cnc/codes01.html](http://r-luis.xbot.es/cnc/codes01.html)

robodk. (27 de Junio de 2020). *robodk.com*. Obtenido de [https://robodk.com/doc/es/Post-](https://robodk.com/doc/es/Post-Processors.html)

[Processors.html](https://robodk.com/doc/es/Post-Processors.html)

robodk.com. (23 de Junio de 2020). Obtenido de [https://robodk.com/doc/es/Post-](https://robodk.com/doc/es/Post-Processors.html#:~:text=Los%20Post-)

[Processors.html#:~:text=Los%20Post-](https://robodk.com/doc/es/Post-Processors.html#:~:text=Los%20Post-)

[Procesadores%20son%20un,para%20un%20controlador%20robot%20específico](https://robodk.com/doc/es/Post-Processors.html#:~:text=Los%20Post-)

SIEMENS. (17 de Marzo de 2020). *plm.automation.siemens.com*. Obtenido de

<https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-manufacturing-cam/13139>

Stephenson, D. A., & Agapiou, J. S. (2016). *Metal Cutting Theory and Practice*. New York:

CRC Press.

Wikipedia. (19 de Julio de 2020). *wikipedia.org*. Obtenido de

https://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_de_dispositivo

wikipedia. (09 de febrero de 2021). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Nodo>

Anexos

Principales códigos G Fanuc series oi Mate_TD

Los códigos G se clasifican por grupos, de los cuales cada grupo va acompañado de un número determinado, Cada uno de estos indica una operación o comando, ordenando una operación y/o movimiento.

Figura 47 Códigos G Fanuc series oi Mate_TD 1

G code	Group	Function
G00		Positioning (rapid traverse)
G01	01	Linear interpolation (cutting feed)
G02		Circular interpolation CW or helical interpolation CW
G03		Circular interpolation CCW or helical interpolation CCW
G04		Dwell, Exact stop
G05.1		AI advanced preview control / AI contour control / AI contour control II
G05.4		HRV3 on/off
G07.1 (G107)	00	Cylindrical interpolation
G09		Exact stop
G10		Programmable data input
G11		Programmable data input mode cancel
G15	17	Polar coordinates command cancel
G16		Polar coordinates command
G17	02	XpYp plane selection
G18		ZpXp plane selection
G19		YpZp plane selection
G20	06	Input in inch
G21		Input in mm
G22	04	Stored stroke check function on
G23		Stored stroke check function off
G27		Reference position return check
G28		Automatic return to reference position
G29	00	Movement from reference position
G30		2nd, 3rd and 4th reference position return
G31		Skip function
G33	01	Threading
G37	00	Automatic tool length measurement
G39		Cutter compensation : corner circular interpolation
G40		Cutter compensation : cancel
G41	07	Cutter compensation : left
G42		Cutter compensation : right
G40.1		Normal direction control cancel mode
G41.1	19	Normal direction control on : left
G42.1		Normal direction control on : right
G43		Tool length compensation +
G44	08	Tool length compensation -
G45		Tool offset : increase
G46		Tool offset : decrease
G47	00	Tool offset : double increase
G48		Tool offset : double decrease
G49	08	Tool length compensation cancel
G50		Scaling cancel
G51	11	Scaling
G50.1		Programmable mirror image cancel
G51.1	22	Programmable mirror image
G52		Local coordinate system setting
G53	00	Machine coordinate system setting

Fuente (FANUC, 2010)

Figura 48 Códigos G Fanuc series oi Mate_TD 2

G code	Group	Function
G54	14	Workpiece coordinate system 1 selection
G54.1		Additional workpiece coordinate system selection
G55		Workpiece coordinate system 2 selection
G56		Workpiece coordinate system 3 selection
G57		Workpiece coordinate system 4 selection
G58		Workpiece coordinate system 5 selection
G59		Workpiece coordinate system 6 selection
G60	00	Single direction positioning
G61	15	Exact stop mode
G62		Automatic corner override
G63		Tapping mode
G64		Cutting mode
G65	00	Macro call
G66	12	Macro modal call
G67		Macro modal call cancel
G68	16	Coordinate system rotation mode on
G69		Coordinate system rotation mode off
G73	09	Peck drilling cycle
G74		Left-handed tapping cycle
G75	01	Plunge grinding cycle (for grinding machine)
G76	09	Fine boring cycle
G77	01	Plunge direct sizing/grinding cycle (for grinding machine)
G78		Continuous-feed surface grinding cycle (for grinding machine)
G79		Intermittent-feed surface grinding cycle (for grinding machine)
G80	09	Canned cycle cancel
		Electronic gear box : synchronization cancellation
G80.4	34	Electronic gear box : synchronization cancellation
G81.4		Electronic gear box : synchronization start
G81	09	Drilling cycle or spot boring cycle
		Electronic gear box : synchronization start
G82		Drilling cycle or counter boring cycle
G83		Peck drilling cycle
G84		Tapping cycle
G84.2		Rigid tapping cycle (FS10/11 format)
G84.3		Left-handed rigid tapping cycle (FS10/11 format)
G85		Boring cycle
G86		Boring cycle
G87		Back boring cycle
G88		Boring cycle
G89	Boring cycle	
G90	03	Absolute programming
G91		Incremental programming
G91.1	00	Checking the maximum incremental amount specified
G92		Setting for workpiece coordinate system or clamp at maximum spindle speed
G92.1		Workpiece coordinate system preset
G93	05	Inverse time feed
G94		Feed per minute
G95		Feed per revolution
G96	13	Constant surface speed control
G97		Constant surface speed control cancel

Fuente (FANUC, 2010)

Figura 49 Códigos G Fanuc series oi Mate_TD 3

G code	Group	Function
G98	10	Canned cycle : return to initial level
G99		Canned cycle : return to R point level
G160	20	In-feed control cancel (for grinding machine)
G161		In-feed control (for grinding machine)

Fuente (FANUC, 2010)

Principales códigos M

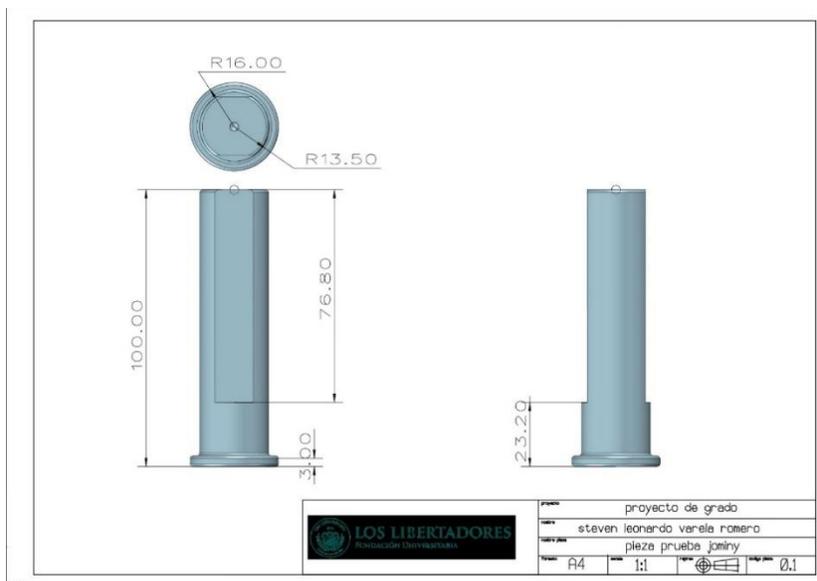
Figura 50 Códigos M Fanuc series oi Mate_TD

M00	Parada de programa obligatoria
M01	Parada de programa opcional
M02	Fin de programa sin reset
M03	Giro del husillo sentido horario
M04	Giro del husillo sentido antihorario
M05	Parada del giro del husillo
M08	Encendido de bomba de liquido refrigerante
M09	Apagado de bomba de liquido refrigerante
M30	Fin de Programa con reset, vuelta al principio
M98	Llamada de subprograma
M99	Fin de subprograma

Fuente (GALETTO, 2016)

Plano geometría definida

Figura 51 Plano geometría definida



Fuente (Autor)

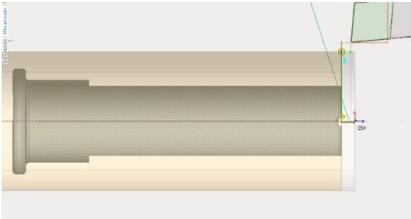
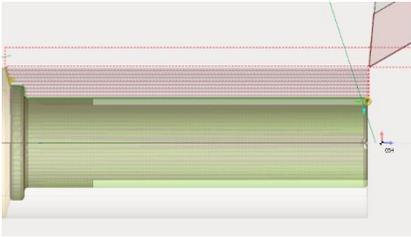
Hoja de proceso

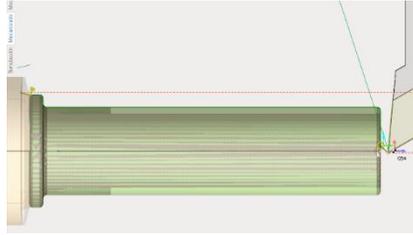
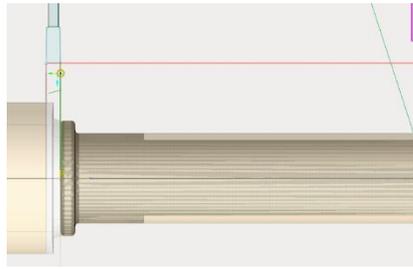
Tabla 10 Hoja de proceso

<p>pieza:</p> <p>pieza prueba Jominy</p>	<p>material:</p> <p>acero 4140 acero 1020 acero 1045</p>	<p>dimensiones en bruto:</p> <p>cilindro \emptyset base= 32mm; h= 100mm</p>
<p>máquina:</p> <p>Leadwell f1</p>	<p>herramientas e instrumentos:</p>	
<p>insumos:</p> <p>acero 4140 acero 1020 acero 1045</p>	<p>inserto CNMG120408-NM4N inserto DNMG150612-NM5 broca BN MDI 90° A1174 lama G2042.32N-4T50SX</p>	
<p>elaboró:</p> <p>Steven Leonardo Varela Romero</p>	<p>revisó:</p> <p>ing. Ubaldo Gracia Zaragoza</p>	

Fuente (Autor)

Tabla 11 Posición herramientas, Velocidades de corte, Avance por revolución, Tiempo de mecanizado

#	designación	croquis	posición herramie nta	Vc [m/min]	F [mm/rev]	t [s]
1	Refrentado	<p><i>Figura 52 Refrentado</i></p>  <p><i>Fuente (Autor)</i></p>	T0101	193	2458	10
2	Taladrado	<p><i>Figura 53 Taladrado</i></p>  <p><i>Fuente (Autor)</i></p>	T0505	159	1583	07
3	Desbaste	<p><i>Figura 54 Desbaste</i></p>  <p><i>Fuente (Autor)</i></p>	T0202	183	2331	81

4	Acabado	<p style="text-align: center;"><i>Figura 55 Acabado</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Fuente (Autor)</i></p>	T0101	183	2331	22
5	Tronzado	<p style="text-align: center;"><i>Figura 56 Tronzado</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Fuente (Autor)</i></p>	T0707	105	1000	51

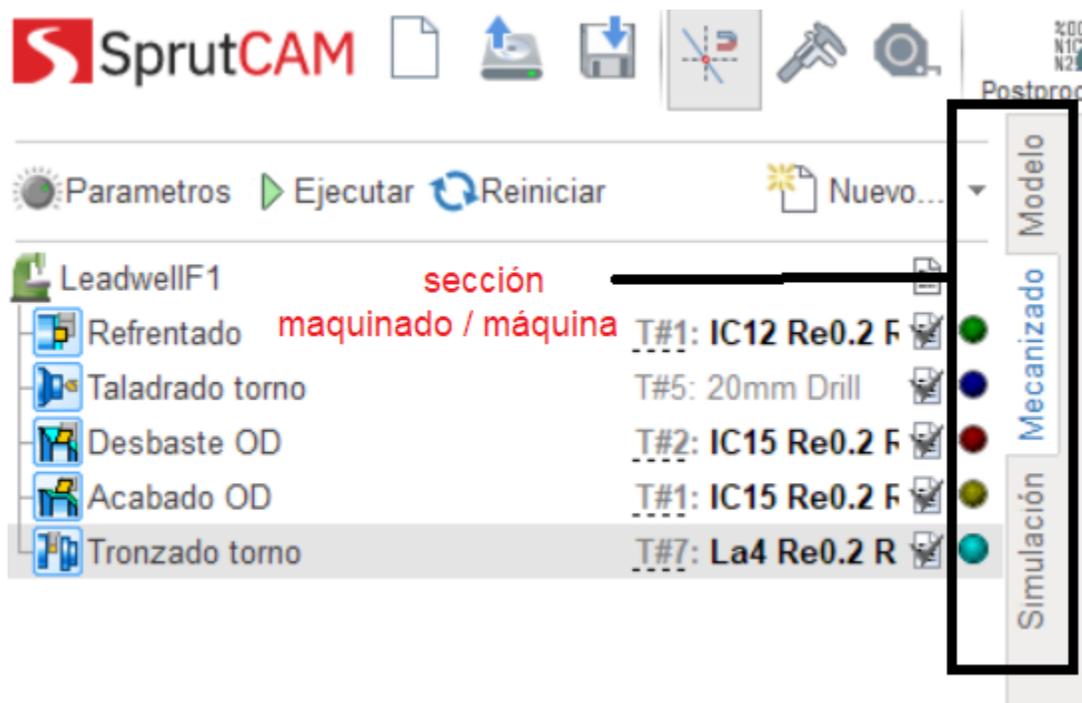
Fuente (Autor)

Manual de fabricación de piezas en SPRUTCAM.

Para realizar la producción virtual, se debe llamar a la máquina virtual que se desarrolló previamente en el adjunto Machine Maker. Para abrir la máquina virtual que se ejecuta en la sección maquinado / máquina de procesamiento, seleccione la pestaña + y agregue una carpeta.

En siguiente figura, se puede visualizar al lado izquierdo del programa que contiene las siguientes secciones:

Figura 57 Menú principal

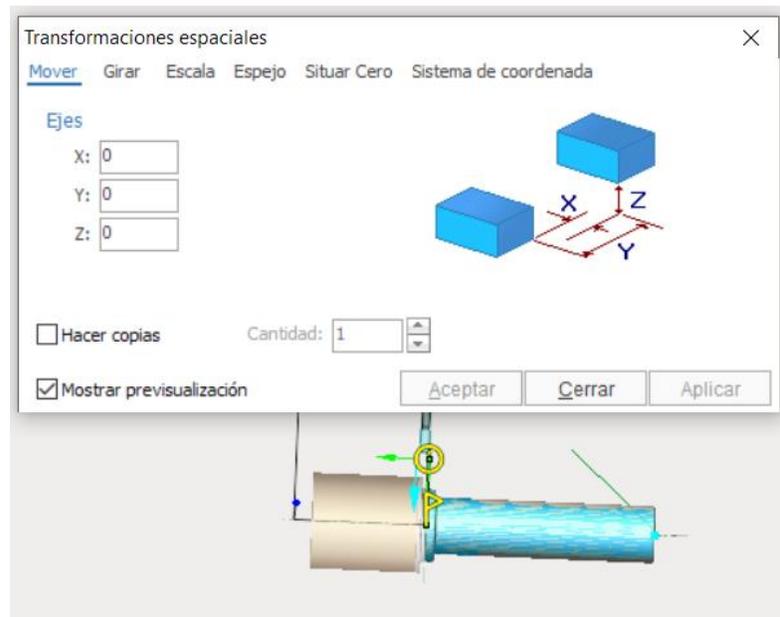


FUENTE (Autor)

Determine el cero de pieza con la máquina.

En el software CAM, generalmente se encuentra que el componente no coincide con el eje de la máquina. Después de comprender la geometría de la sección, se realizaron algunas transformaciones espaciales, incluida la asignación de desplazamientos lineales o rotacionales a los ejes X, Y, Z. (figura 58).

Figura 58 Cero de pieza

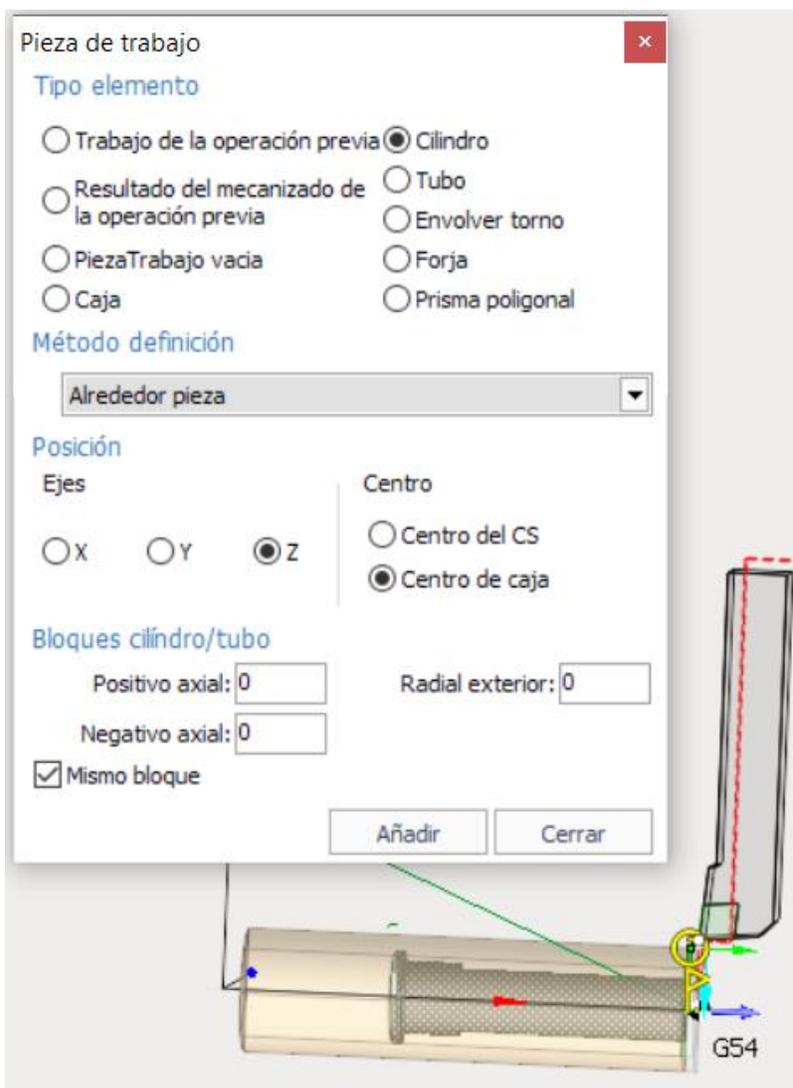


Fuente (Autor)

Material de trabajo

En el trabajo de mecanizado / pieza de trabajo / elementos clave se definen los materiales básicos. En el torno siempre es un cilindro, como se muestra en la Figura (59). Además, no se quedará sobre el material, pues en el proceso de ensamblaje real, la materia prima se moverá unos milímetros, esto para poder efectuar un refrentado a la materia prima.

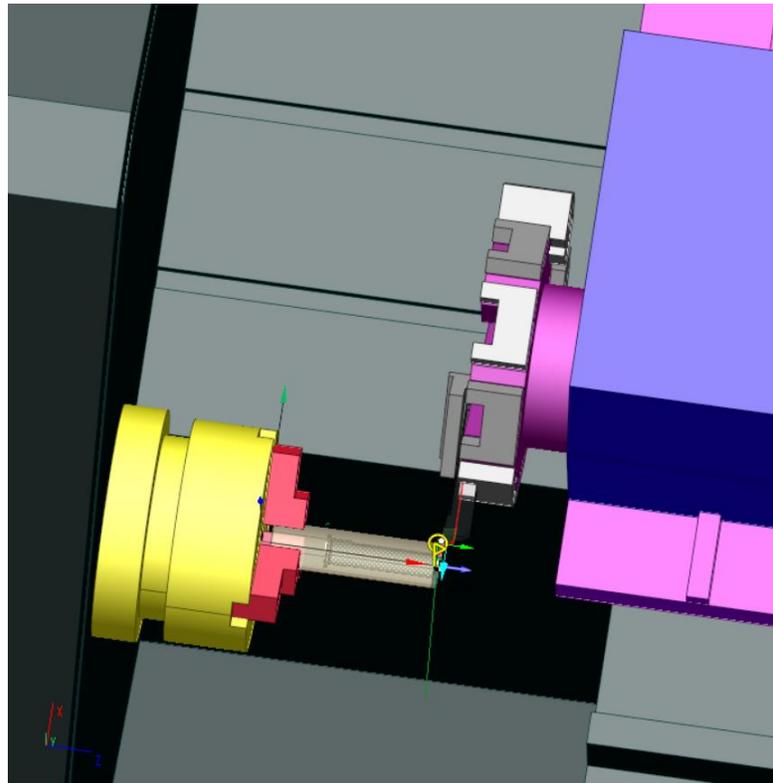
Figura 59 Material de trabajo



Fuente (Autor)

Finalmente, se activa la máquina virtual para verificar el desarrollo, como se muestra en la figura (60).

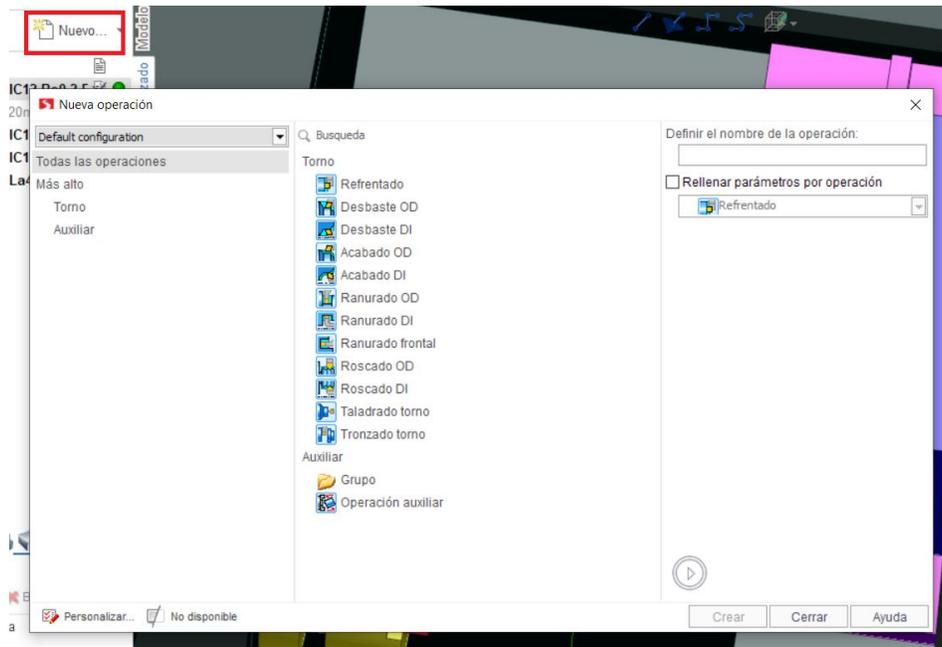
Figura 60 Verificación de desarrollo



Fuente (Autor)

A través del montaje virtual del proceso de construcción, se continúa creando la trayectoria virtual, como se muestra en la Figura (61). Para agregar una función, se dirige a "Máquina / Nuevo" y luego seleccione la función a realizar.

Figura 61 Nuevo proceso

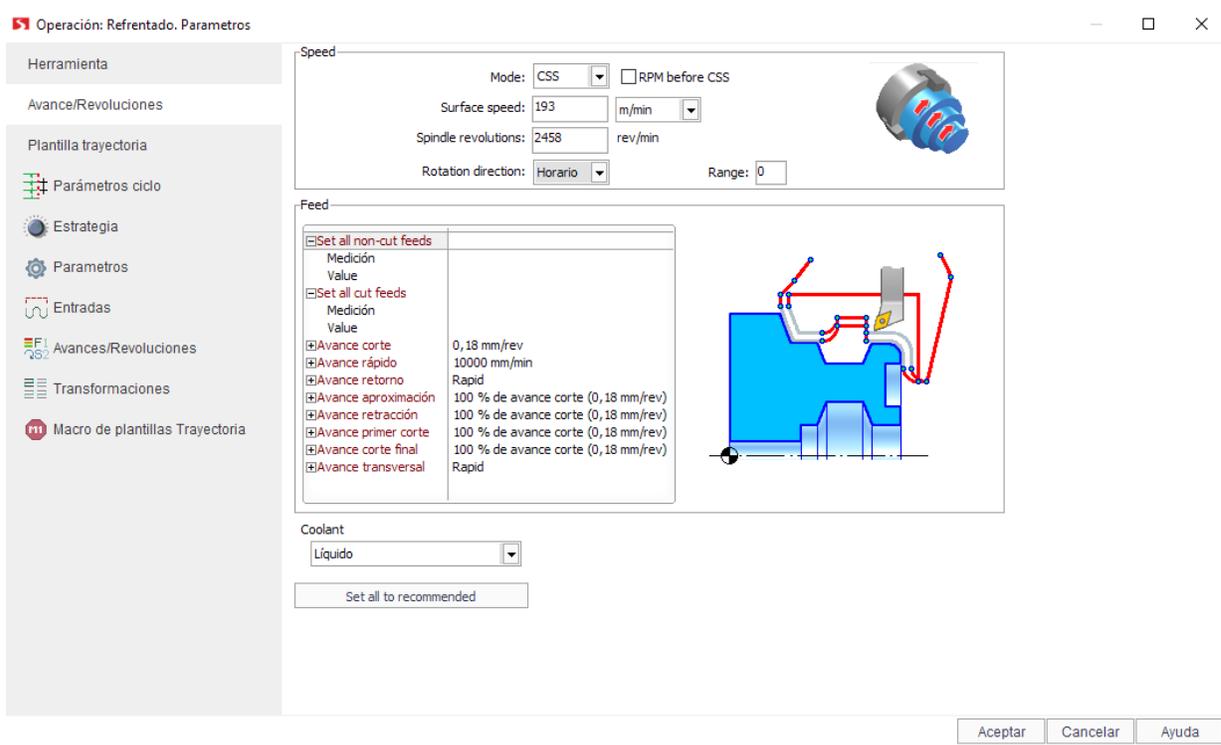


Fuente (Autor)

El siguiente paso es configurar todos los parámetros del proceso de mecanizado:

- Herramienta: Determine la geometría del inserto y del portaherramientas, y seleccione el sentido de giro.
- Velocidad / Avance: seleccione la unidad y el tamaño del corte y la velocidad de avance, y límite la velocidad del eje.
- Trayectoria de aproximación / retorno: Le permite seleccionar el tipo de entrada o salida de forma radial, axial o con un ángulo de herramienta específico.
- Estrategia de proceso: definir parámetros. Pases, pasos, desplazamiento, final, dirección de corte, sobrante.

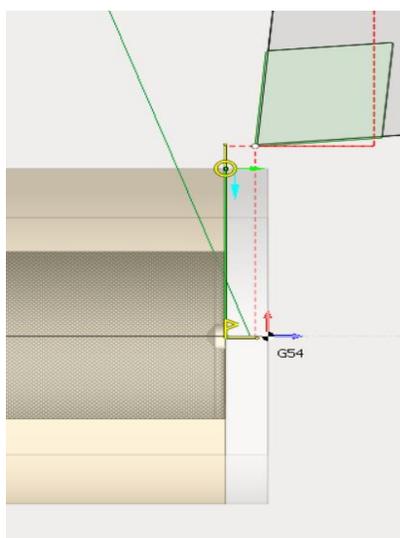
Figura 62 Parámetros refrentado



Fuente (Autor)

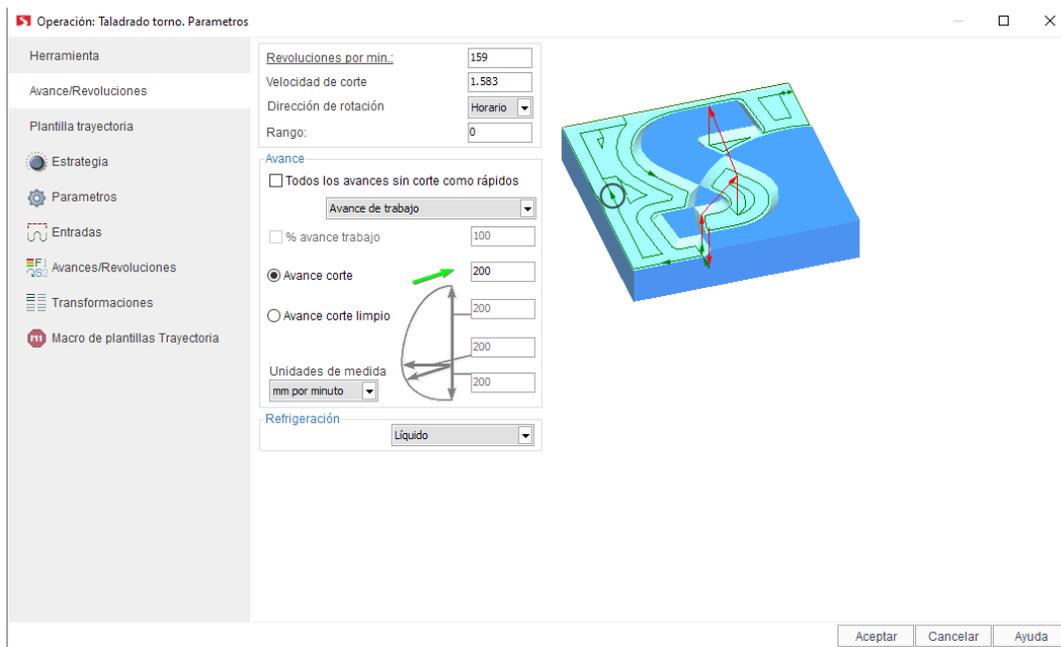
Trayectorias

Figura 63 Trayectoria refrentado



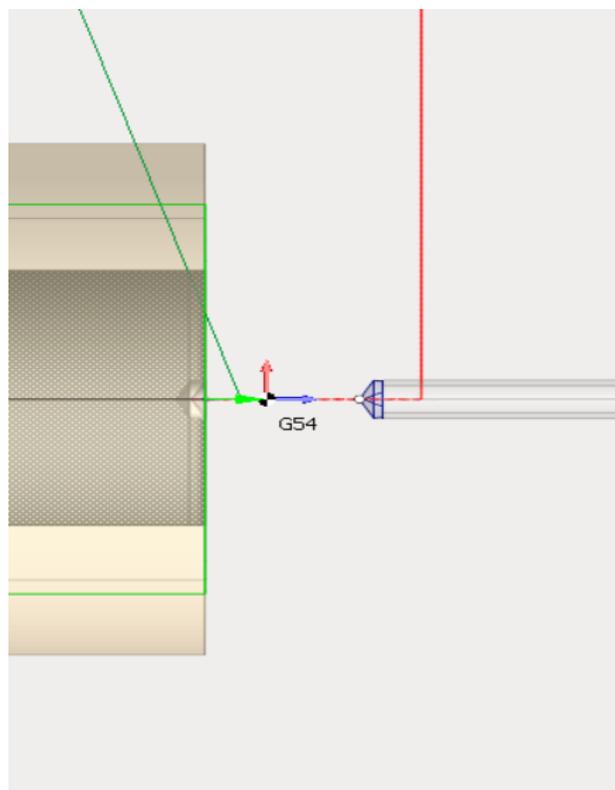
Fuente (Autor)

Figura 64 Parámetros taladrado



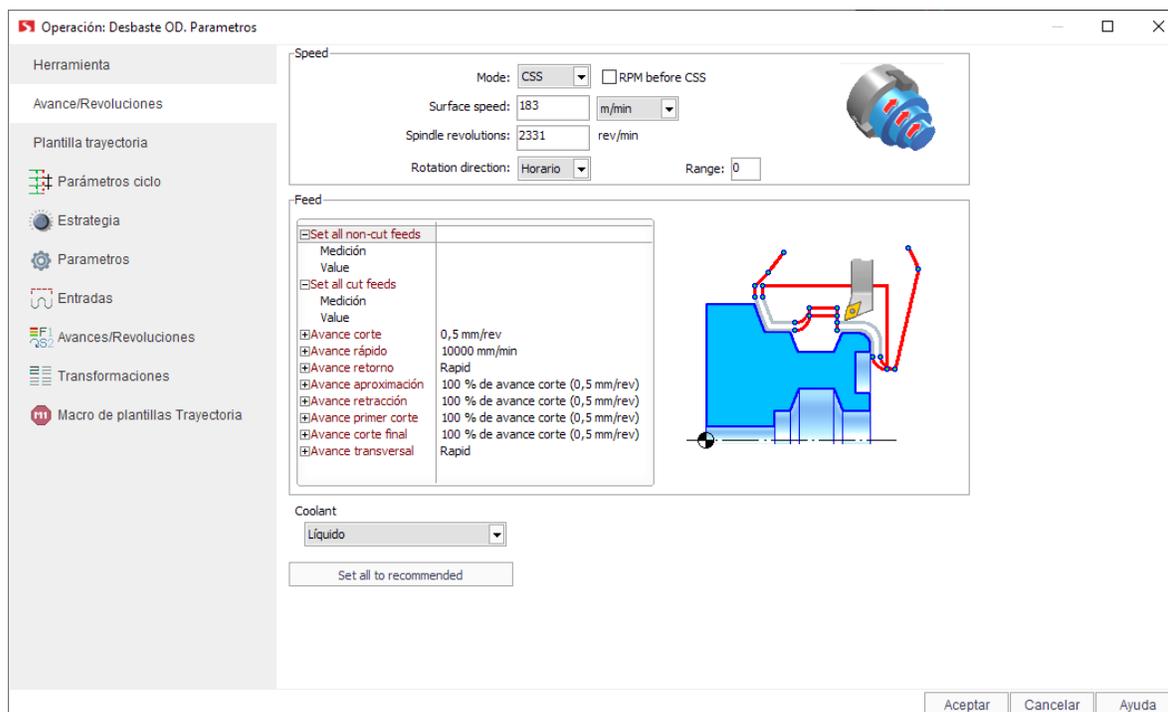
Fuente (Autor)

Figura 65 Trayectoria taladrado



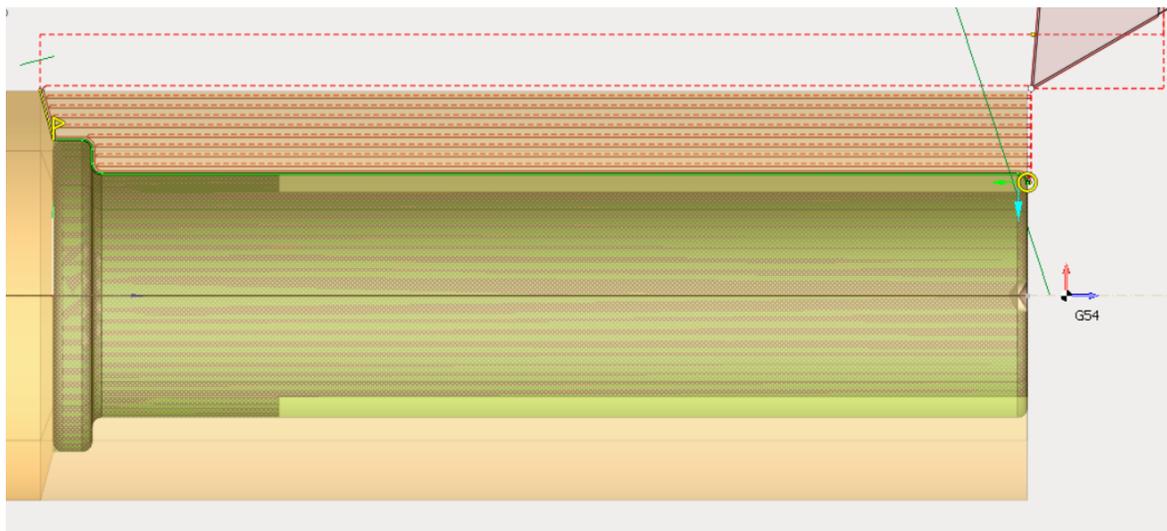
Fuente (Autor)

Figura 66 Parámetros desbaste



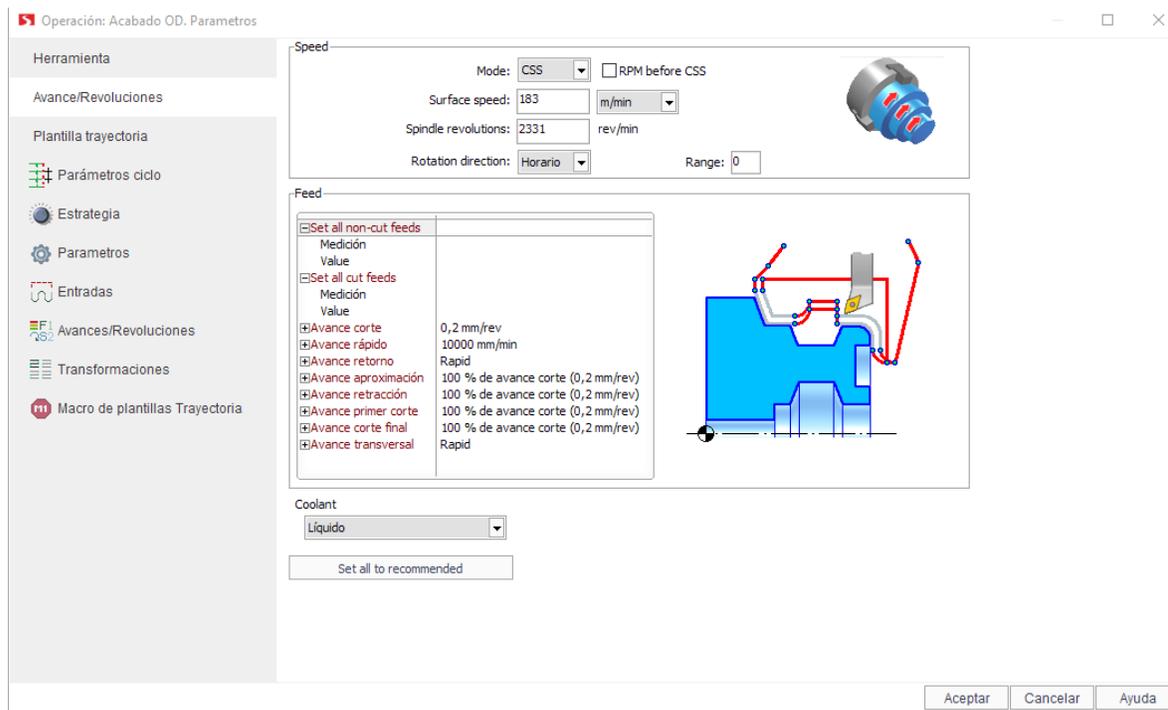
Fuente (Autor)

Figura 67 Trayectoria desbaste



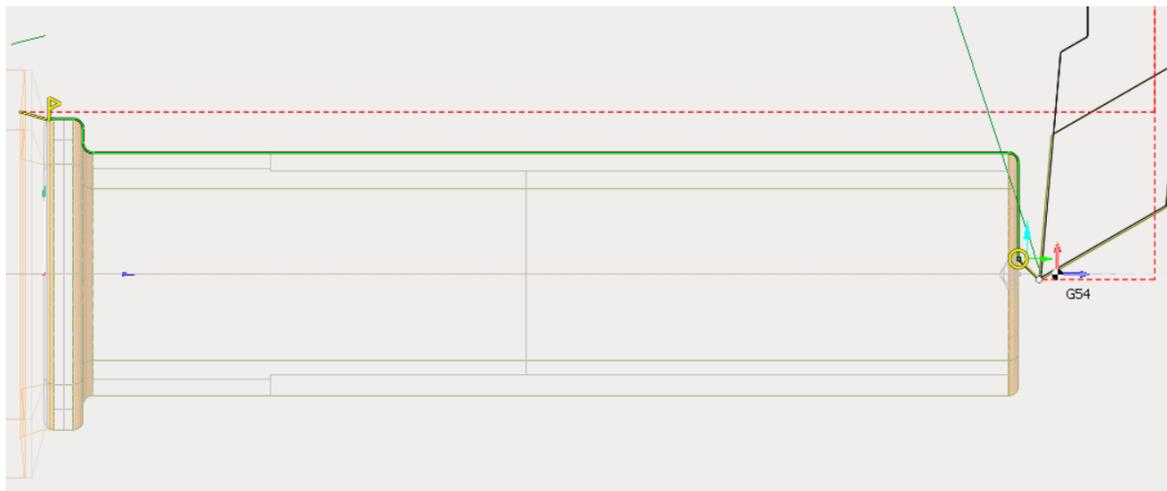
Fuente (Autor)

Figura 68 Parámetros acabado



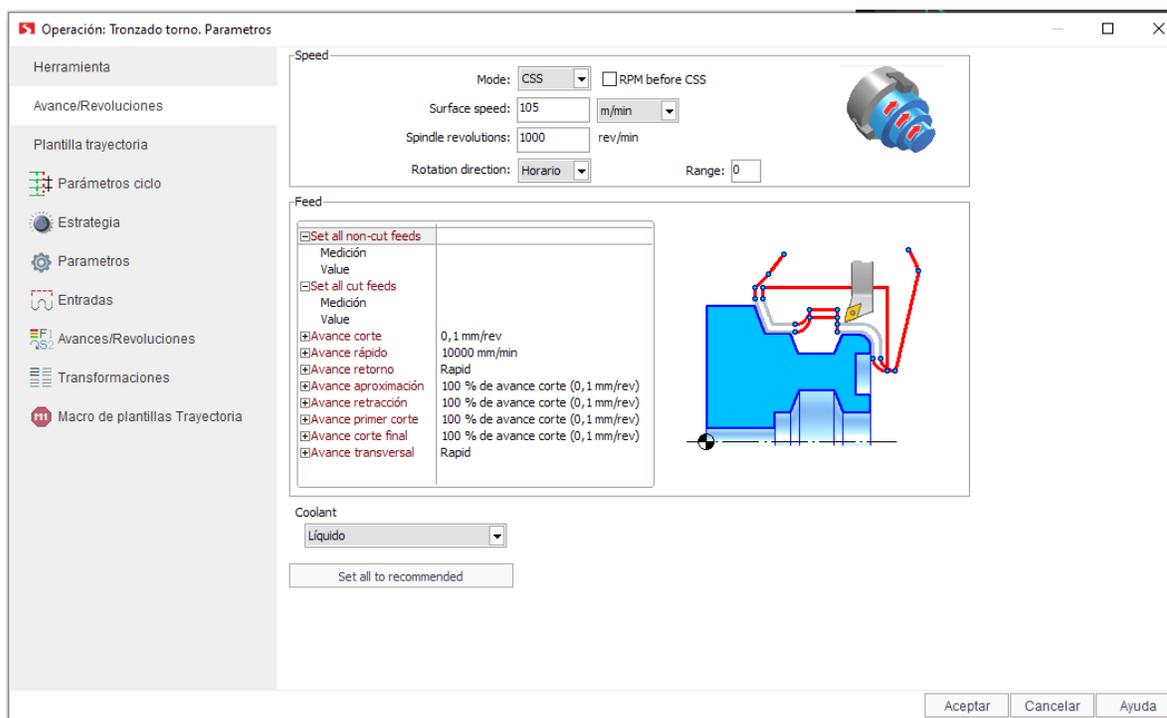
Fuente (Autor)

Figura 69 Trayectoria acabado



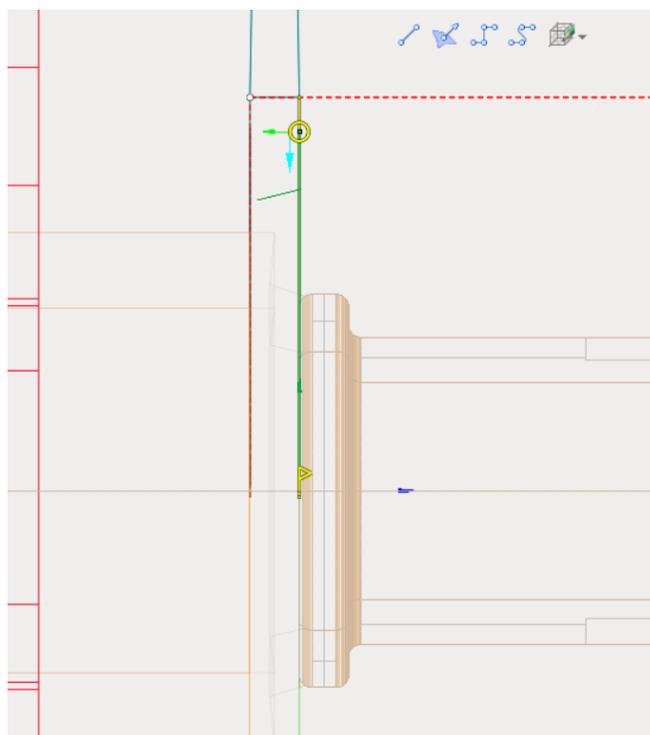
Fuente (Autor)

Figura 70 Parámetros tronzado



Fuente (Autor)

Figura 71 Trayectoria tronzado



Fuente (Autor)

Código generado por el postprocesador del refrentado

(Prueba Simulator and Post Process of CNC Leadwell F1 Machine)

(FUNDACION UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES)

(Developed by: LEONARDO VARELA)

(PROYECTO DE GRADO)

(Fecha: 10/12/2019)

(Hora: 2:29:26 p.m.)

(LEONARDO VARELA)

O0000

T0101

G54 G18

G99 G50 S2458

G96 S193 M04

G00 Z10.

X47.6

Z-1.2

Z-4.

G01 X-0.48 F0.18 M08

Z-1.2

G00 X47.6

Z10. M09

G28 U0.

G28 W0.

Cómo podemos evidenciar que se genera el código G99 el cual le indica a la máquina el retorno al punto de retroceso de un ciclo determinado. También los códigos para los tornos son similares a los utilizados para las fresadoras cómo es el caso del código M90. El cual es código de seguridad que indica salida.

Código generado por el postprocesador para taladrado

(Prueba Simulator and Post Process of CNC Leadwell F1 Machine)

(FUNDACION UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES)

(Developed by: LEONARDO VARELA)

(PROYECTO DE GRADO)

(Fecha: 10/12/2019)

(Hora: 2:29:26 p.m.)

(LEONARDO VARELA)

O0000

T0505

G54

G97 S602

G00 Z10.

X0.

Z6.

M08

G17 G85 Z-4.911 R-3.001 F0.01

G80

G00 Z10. M09

G28 U0.

G28 W0.

Código generado por el postprocesador para desbaste

(Prueba Simulator and Post Process of CNC Leadwell F1 Machine)

(FUNDACION UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES)

(Developed by: LEONARDO VARELA)

(PROYECTO DE GRADO)

(Fecha: 10/12/2019)

(Hora: 2:29:26 p.m.)

(LEONARDO VARELA)

O0000

T0202

G54 G18

G50 S2331

G96 S183

G00 Z10.

X42.504

Z-3.606

B160.

X40.504

G01 Z-104.754 F0.5 M08

X42.504 Z-105.022

X43.104 Z-104.722

G00 Z-3.606

X38.504

G01 Z-104.486

X40.504 Z-104.754

X41.104 Z-104.454

G00 Z-3.606

X36.504

G01 Z-104.219

X38.504 Z-104.486

X39.104 Z-104.186

G00 Z-3.606

X34.504

G01 Z-103.951

X36.504 Z-104.219

X37.104 Z-103.919

G00 Z-3.606

X32.504

G01 Z-100.563

G03 X32.6 Z-100.9 R1.2

G01 Z-103.696

X34.504 Z-103.951

X35.104 Z-103.651

G00 Z-3.606

X30.504

G01 Z-99.71

G03 X32.504 Z-100.563 R1.2

G01 X33.104 Z-100.263

G00 Z-3.606

X28.504

G01 Z-99.7

X30.2

G03 X30.504 Z-99.71 R1.2

G01 X31.104 Z-99.41

G00 Z-3.606

X26.504

G01 Z-99.62

G02 X27.2 Z-99.7 R0.8

G01 X28.504

X29.104 Z-99.4

G00 Z-3.606

X24.504

G01 Z-3.888

G03 X25.6 Z-4.896 R1.2

G01 Z-98.898

G02 X26.504 Z-99.62 R0.8

G01 X27.104 Z-99.32

G00 Z-3.606

X23.844

G01 Z-3.74

G03 X24.504 Z-3.888 R1.2

G01 X25.104 Z-3.588

G00 Z-3.906

X23.244

G01 Z-4.04

G03 X25. Z-5.196 R1.2

G01 Z-99.198

G02 X26.6 Z-100. R0.8

G01 X29.6

G03 X32. Z-101.2 R1.2

G01 Z-103.996

X41.904 Z-105.322

G00 X53.6

Z10. M09

G28 U0.

G28 W0.

Código generado por el postprocesador para acabado

(Prueba Simulator and Post Process of CNC Leadwell F1 Machine)

(FUNDACION UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES)

(Developed by: LEONARDO VARELA)

(PROYECTO DE GRADO)

(Fecha: 10/12/2019)

(Hora: 2:29:26 p.m.)

(LEONARDO VARELA)

O0000

T0202

G54

G50 S2331

G96 S183

G00 Z10.

X-1.072

Z-1.879

G01 X2.77 Z-4. F0.02 M08

X22.566

G03 X25. Z-5.214 R1.2

G01 Z-99.198

G02 X26.6 Z-100. R0.8

G01 X29.6

G03 X32. Z-101.2 R1.2

G01 Z-103.198

G03 X31.698 Z-103.782 R1.2

G01 X33.402 Z-106.369

G00 Z10. M09

G28 U0.

G28 W0.

Código generado por el postprocesador para acabado tronzado

(Prueba Simulator and Post Process of CNC Leadwell F1 Machine)

(FUNDACION UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES)

(Developed by: LEONARDO VARELA)

(PROYECTO DE GRADO)

(Fecha: 10/12/2019)

(Hora: 2:29:26 p.m.)

(LEONARDO VARELA)

O0000

T0707

G54

G97 S1000

G00 Z10.

X53.998

Z-108.01

G01 X47. F0.05 M08

G00 X49.

G01 X45.

G00 X47.

G01 X43.

G00 X45.

G01 X41.

G00 X43.

G01 X39.

G00 X41.

G01 X37.

G00 X39.

G01 X35.

G00 X37.

G01 X33.

G00 X35.

G01 X31.

G00 X33.

G01 X29.

G00 X31.

G01 X27.

G00 X29.

G01 X25.

G00 X27.

G01 X23.

G00 X25.

G01 X21.

G00 X23.

G01 X19.

G00 X21.

G01 X17.

G00 X19.

G01 X15.

G00 X17.

G01 X13.

G00 X15.

G01 X11.

G00 X13.

G01 X9.

G00 X11.

G01 X7.

G00 X9.

G01 X5.

G00 X7.

G01 X3.

G00 X5.

G01 X1.

G00 X3.

G01 X-1.

G00 X53.998

M05 M09

M01

Z10.

G28 U0.

G28 W0.

M90

M30

%