



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

MANUAL DE USO RÁPIDO

ShopBot®

DESKTOP

Este manual pretende ser un apoyo introductorio en los primeros usos de la CNC de 3 ejes Shopbot® Desktop. En él se presenta una serie de pasos que permiten configurar un modelo 3D predeterminado para su posterior mecanizado en madera o poliestireno (plumavit). Si desea cortar un modelo 2D, se le recomienda ver los videos tutoriales de Support.vetric.com disponibles en las referencias de este documento.

Nota: Se asume que el usuario sabe cómo diseñar, u obtener a través de bibliotecas 3D online, un modelo en el formato .stl ya que se espera este modelo como elemento *input* para el comienzo de la configuración del mecanizado. Si no está familiarizado, consulte al encargado.



En ningún caso se debe considerar este manual como elemento único en el proceso de aprendizaje de utilización de la máquina. Se espera que el usuario consulte los manuales disponibles en el sitio web del fabricante, o con el encargado del taller para mayores detalles. Considere este manual, en los primeros usos, como un apoyo introductorio en el proceso de mecanizado, y posteriormente, como recordatorio de algún parámetro u operación en específico.

Giovanni Medrano

Santiago de Chile, 2016

Contenido

Sobre el documento	2
Antes de comenzar.....	3
Requerimientos Previos	3
Archivo 3D	3
Notebook.....	4
Material	4
Elementos Shopbot® Desktop.....	5
Orientación de los ejes.....	8
Software	9
Introducción	9
Paso 0: Carga del Modelo.....	10
Paso 1: Orientación y Tamaño del Modelo	12
Paso 2: Tamaño del Material y Márgenes.....	13
Paso 3: Trayectoria de Desbaste	15
Paso 4: Trayectoria de Acabado.....	18
Paso 5: Trayectoria de Corte Final	19
Paso 6: Previsualización de las Trayectorias	20
Paso 7: Guardar Trayectorias	21
Hardware.....	22
Introducción	22
Paso 1: Cambio de Fresa	23
Paso 2: Fijación del Material	25
Paso 3: Seteo de los Ejes	26
Paso 4: Carga del Programa	27
Repositorio	28
Referencias.....	28

Sobre el documento

Este documento ha sido realizado como un esfuerzo en conjunto con los encargados del taller de Desafíos de la Ingeniería, quienes lo vieron como una necesidad y promovieron. Este documento puede ser editado según los requerimientos o cambios que sufra la máquina. Se motiva a los alumnos y encargados al trabajo en conjunto, modificando o añadiendo contenido, para hacer de este manual un documento efectivo en el proceso aprendizaje de uso de la Shopbot® Desktop.

Mis mejores deseos,
y éxito en el desarrollo de sus proyectos.

Giovanni Medrano

Antes de comenzar

Si es su primera vez utilizando la Shopbot® Desktop, o “máquina” de aquí en adelante, se le recomienda fuertemente leer a conciencia los siguientes Requerimientos Previos para entender los elementos principales de la máquina y los conceptos claves del proceso.

Requerimientos Previos

Archivo 3D

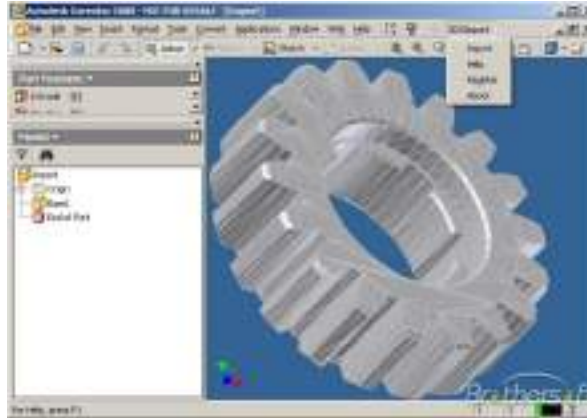


Figura 1-Engranaje 3D en Autodesk Inventor 2008. Fuente:
http://img.brothersoft.com/screenshots/softimage/s/stl_import_for_inventor-98009-1.jpeg

Antes de comenzar con las instrucciones a continuación, verifique que su archivo 3D a mecanizar se encuentra en el formato **.stl**¹ para no tener problemas de compatibilidad. Si bien el programa soporta los formatos **.v3d .stl .v3m .3ds .x .dxf .lwo .txt .sbp .wrl .obj**, se recomienda utilizar el formato mencionado por compatibilidad. De aquí en adelante utilizaremos el archivo de ejemplo “**pieza.stl**” para las instrucciones y pasos a seguir.

Si su archivo ya se encuentra en el formato **.stl** o en algún formato compatible, sátese al requerimiento previo Notebook.

Si su archivo no se encuentra en el formato **.stl** o en algún formato compatible, realice lo siguiente (dependiendo de su caso):

- o Si realizó su pieza en un software CAD², como Autodesk Inventor por ejemplo, vaya al menú Inicio, exporte y guarde su pieza en algún formato compatible.
- o Si descargo su pieza desde una librería 3D, preocúpese de que el formato sea compatible
- o En cualquier otro caso, habrá su archivo 3D con el software CAD de su preferencia (que tenga la opción de exportar a algún formato compatible) y guárdelo.

Nota: Si no sabe cómo verificar la “extensión” de su archivo, consulte en internet por “extensión de archivos” antes de continuar.

¹ STL (siglas provenientes del inglés “*Stereo Lithography*”) es un formato de archivo informático de diseño asistido por computadora (CAD) que define geometría de objetos 3D, excluyendo información como color, texturas o propiedades físicas que sí incluyen otros formatos CAD. Fuente: Wikipedia.

² El Diseño Asistido por Computadoras, más conocido por sus siglas inglesas CAD (*Computer-Aided Design*), es el uso de un amplio rango de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, arquitectos y diseñadores en el desarrollo de piezas 3D. Fuente: Wikipedia

Notebook



Figura 2-Notebook. Fuente: http://www.login.com.br/Login_Files/images/Acessorios/Netbook-notebook/Notebook-HP-G42-431BR_3.jpg

Para poder utilizar la máquina, es necesario utilizar un computador especial que tenga instalado los programas **PartWorks3D** y **Shopbot3**, además del sistema operativo en Ingles. Consulte al encargado del taller donde se encuentra la máquina para que le proporcione el equipo con los programas adecuados.



El programa **PartWorks3D** será utilizado para configurar el proceso de mecanizado, con parámetros como la velocidad de rotación, avance, etc., que se verán con detalles más adelante. El programa **Shopbot3**, por su parte, corresponde al software de control de la máquina durante el mecanizado. Por lo tanto, en resumen el primero general el código, y el segundo lo corre.

Material



Figura 3- Dimensiones máximas permitidas del material. Fuente: http://image.architonic.com/img_pro2-1/116/4785/cubo-144x72x72cm-1-01-b.jpg

El material de trabajo **no podrá exceder** los 55 cm x 45 cm x 8 cm, siendo **madera o polietileno** (plumavit) los permitidos. Estas dimensiones máximas se establecen luego de la información dada por el fabricante, donde el área de trabajo de la máquina se encuentra limitada por las dimensiones físicas de los ejes.

Model	Nominal Cutting Area*	Total Tool Movement Area*	Footprint**	Price***
(#10199) Desktop 24-18	24" x 18" x 3.5" .61m x .46m x .089m	24" x 18" x 5.5" .61m x .46m x .14m	Router 36" x 32" x 30" .91m x .81m x .76m Spindle 39" x 32" x 30" .99m x .81m x .76m	\$4,995
*Nominal Cutting area and Total Movement Area refer to the areas that can be covered using a single z-axis. **Spindle VFD fits to the right side of the gantry. ***Price shown is for Desktop with a Router. Spindle (#12604) is additional \$1595.				

Figura 4-Especificaciones de la máquina. Screenshot website: <http://www.shopbottools.com/mProducts/desktop.htm>

Elementos Shopbot® Desktop

La máquina, representada en la figura 5 a continuación, muestra el sistema completo instalado en el Taller de Desafíos de la Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile.



Figura 5-Shopbot Desktop Completa Instalada en el Taller Desafíos de la Ingeniería UC. Fuente propia.

Esta máquina tiene varios elementos de relevancia para su correcto funcionamiento. Dentro de ellos destaca en primer lugar el botón de **apagado de emergencia**, visualizado como un Switch rojo en la figura 6 a continuación.



Figura 6-Switch de apagado de emergencia. Hacia arriba encendido. Hacia abajo apagado. Fuente propia

El **control de potencia** de la fresa³, que permite aumentar o disminuir la velocidad de la herramienta para regular la velocidad efectiva, y el **Switch** de encendido/apagado, representados en la figura 7.



Figura 7-Control de Potencia de la Shopbot Desktop. Fuente propia.

³ Herramienta rotativa de varios filos, que se llaman dientes, labios o plaquitas de metal duro, que permite ejecutar movimientos en casi cualquier dirección de los tres ejes posibles en los que se puede desplazar la mesa donde va fijada la pieza que se mecaniza.

El **cabezal de soporte** con la **fresa**, que permite intercambiar la herramienta por distintos tamaños de fresas para distintos acabados, representados con las flechas amarillas en la figura 8.

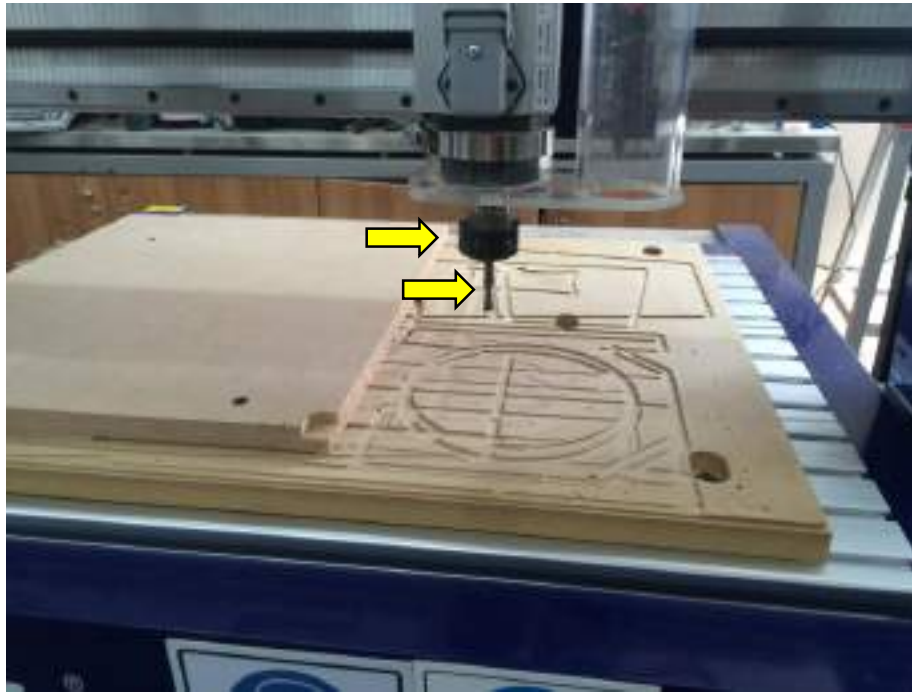


Figura 8-Cabezal con una fresa End Mill. Fuente propia.

La **herramienta de calibración** automática del eje Z para setearlo en cero cuando sea necesario. Esta se encuentra guardada al costado inferior izquierdo del frontis de la máquina (ver figura 9).

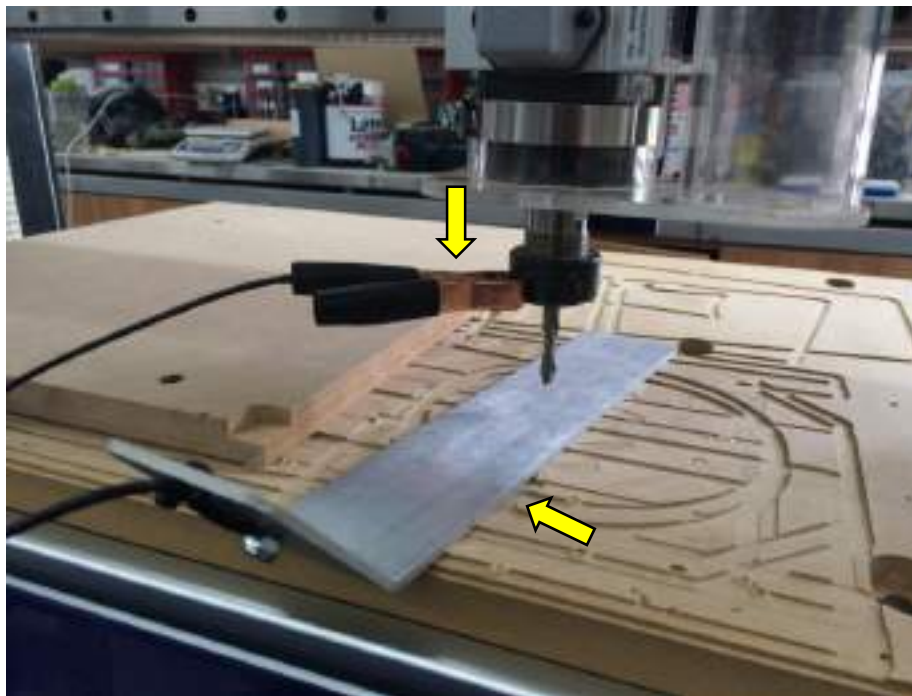


Figura 9- Herramienta de calibración automática del eje Z. Fuente propia.

La **escobilla** opcional de remoción de viruta. El enganche se realiza a través de los pivotes y seguros indicados con flechas amarillas en la figura 10 a continuación.



Figura 10- Escobillas de remoción de viruta. Fuente propia.

Orientación de los ejes

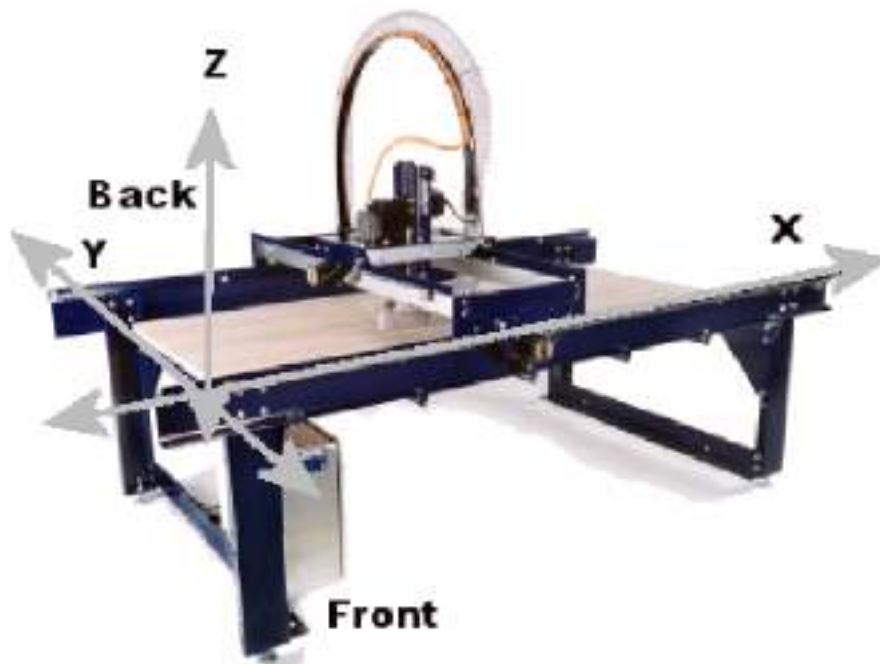


Figura 11- Orientación ejes coordenados Shopbot Desktop. Fuente: Screenshot UsersGuide Shopbot Desktop SBG 00142 User Guide 20150317.

Software

Introducción

El software PartWorks3D es un software CAD / CAM⁴ que corresponde a una solución gráfica para pasar del diseño 3D al lenguaje de programación de una CNC⁵. Este lenguaje es denominado **G-code**, y es posible programar un modelo completo para ser mecanizado a través del conocimiento de este lenguaje y sus respectivos comandos por operación. Los comandos básicos son

- G00 Movimiento Rápido
- G01 Movimiento de Corte
- G02 Arco CW (I,J siempre relativo)
- G03 Arco CCW (I,J siempre relativo)
- G04 Permanecer
- G20 Seteo a pulgadas
- G21 Seteo a mm
- G28 Ir a Home (punto 0,0)
- G29 Regresar de Home a la posición actual (Antes del comando G28)
- G90 Coordenadas absolutas
- G91 Coordenadas relativas
- G92 Reposición/reset Origen

Un programa de ejemplo, en inglés, sería el siguiente:

```
N1 G90 ... set absolute coordinate mode
N2 G00 X3. Y1. Z2. ... rapid move to 3,1,2
N3 G01 Z0. F50 ... move in the Z axis to 0 at a feed rate of .8333 IPS
N4 G03 X2. Y2. I-1. J0. ... move cutter in an CCW arc from 0 degrees to 90 degrees
N5 G00 Z2. ... rapidly move cutter in the Z axis to 2
N6 G00 X1. Y1. ... rapidly move cutter to 1,1
N7 G01 Z0. ... move in the Z axis to 0
N8 G03 X2. Y0. I1. J0. ... move cutter in a CCW arc from 180 degrees to 270 degrees
N9 G00 Z2. ... rapidly move cutter in the Z axis to 2
```

Como se observa, el proceso es bastante tedioso y toma demasiado tiempo el realizar un programa para operaciones simples, es por esto que se desarrollaron los software CAD/CAM que representan una solución complementaria que se encarga de construir todo este código de manera automática. A pesar de esta facilitación, es altamente recomendable conocer las operaciones básicas en código G por si se quiere realizar alguna modificación particular, corregir algún error, o tener más control del proceso. Para más detalles consulte los manuales del fabricante.

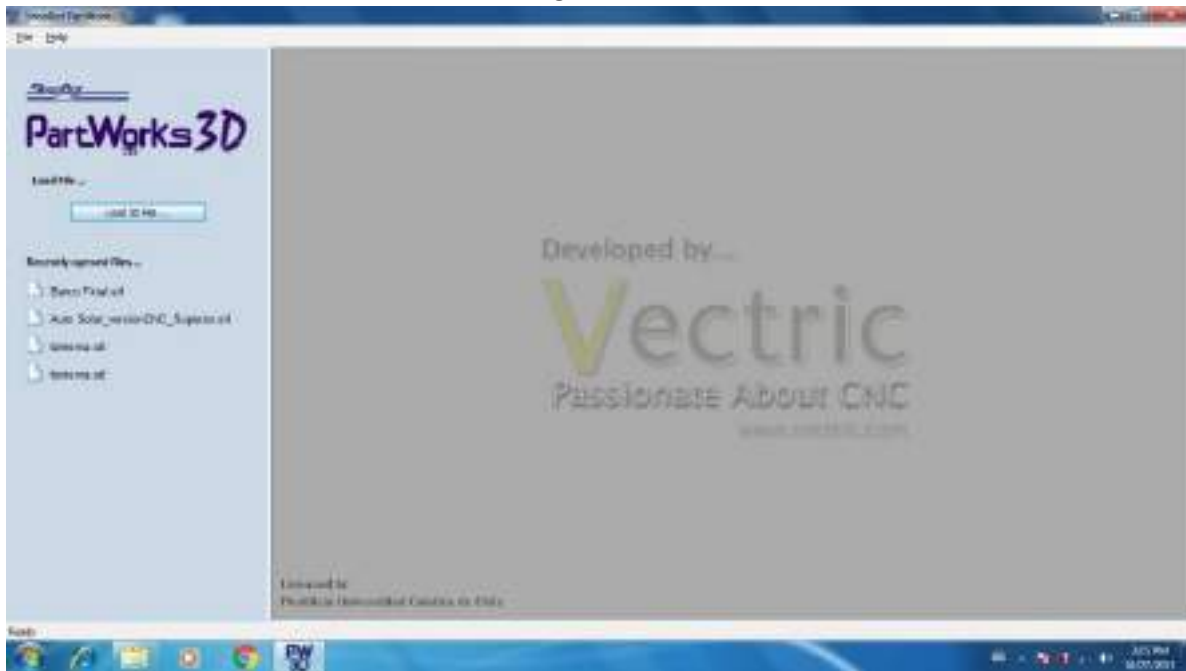
Para comenzar a utilizar el software CAD/CAM se debe ejecutar el programa PartWorks3D.



⁴ La Fabricación Asistida por Computadora, más conocido por sus siglas inglesas CAM (*Computer-Aided Manufacturing*), es el uso de computadores y tecnología de cómputo para ayudar en la fase directa de manufactura de un producto.

⁵ CNC son las siglas de Control Numérico Computarizado, y corresponde a un sistema de automatización de máquinas herramienta que son operadas mediante comandos programados en un medio de almacenamiento.

Así es como el software PartWorks3D luce luego de hacer clic en el icono del escritorio.



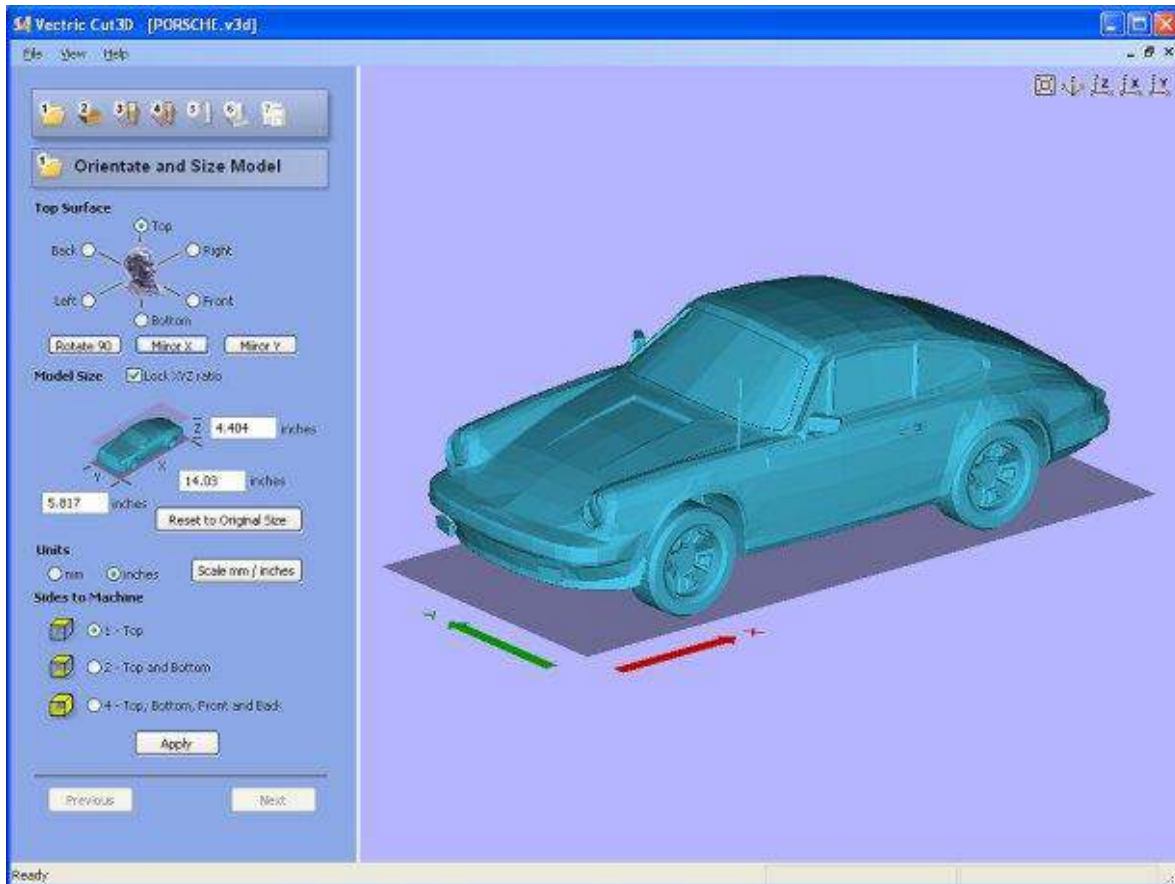
Se debe tener a la mano el archivo 3D listo para ser cargado en el programa, no se necesita tener la maquina encendida ni conectada al pc, ya que este programa generará el código necesario para la fabricación de la pieza luego de setear los parámetros adecuados.

Paso 0: Carga del Modelo

Cargar el modelo 3D haciendo click en el botón Load 3D File en la pantalla de bienvenida del programa

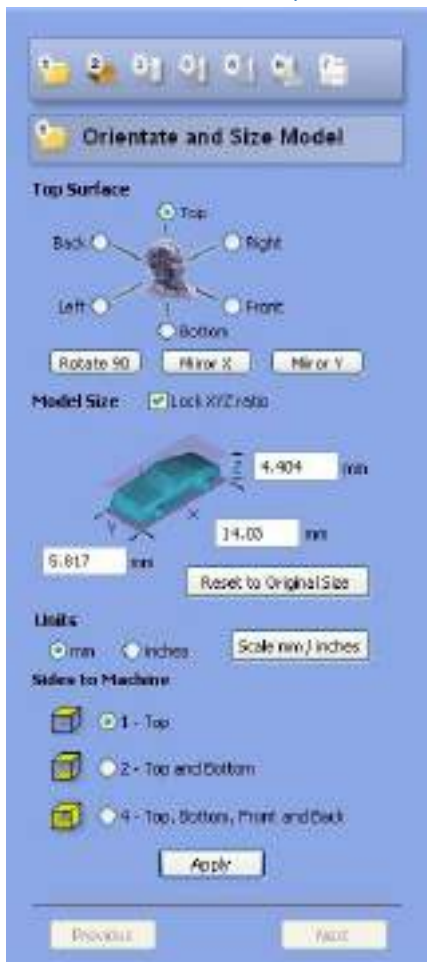


Una vez cargado el modelo, la interfaz luce como la siguiente imagen. A la izquierda se tendrá el panel de configuración, y la derecha se podrán ir viendo los cambios en tiempo real en la ventana de pre-visualización, y se podrá girar, acercar/alejar y arrastrar el objeto a modelar. Estas operaciones se pueden realizar con la rueda central del mouse, que por defecto acerca y aleja el modelo, pero se pueden alternar con la combinación de las teclas ctrl, alt y mayus del teclado, y el botón izquierdo del mouse.



El proceso completo de configuración para el mecanizado de la pieza se compone de 7 pasos, los cuales se muestran de forma gráfica en el programa y veremos detalladamente a continuación.

Paso 1: Orientación y Tamaño del Modelo



El primer paso corresponde a setear la orientación del modelo. Muchas veces cuando cargamos el archivo 3D, este no viene seteado por default en la cara que queremos este hacia arriba para mecanizar, es decir, la orientación. Es por esto que debemos probar con las opciones de **Top Surface** para que el modelo quede correctamente orientado en la posición que lo queremos mecanizar. Los cambios se ven reflejados de manera instantánea en la vista previa a la derecha del panel de control. Podemos además rotar el modelo o invertirlo, según sea necesario.

Luego debemos modificar el **Model Size**, o tamaño del modelo. La recomendación es tener presente la dimensión de un lado de nuestra pieza, independiente de que lo hayamos creado en inventor, u otro programa, con las medidas exactas. Los software muchas veces no coordinan las medidas y al cambiar de pulgadas a mm pierden la escala. Es por esto que es sumamente importante verificar que las medidas máximas de los lados de nuestra pieza corresponden a las mostradas en este apartado, además de verificar que no superan las dimensiones máximas del área de trabajo de la máquina (ver Material en Requerimientos Previos).

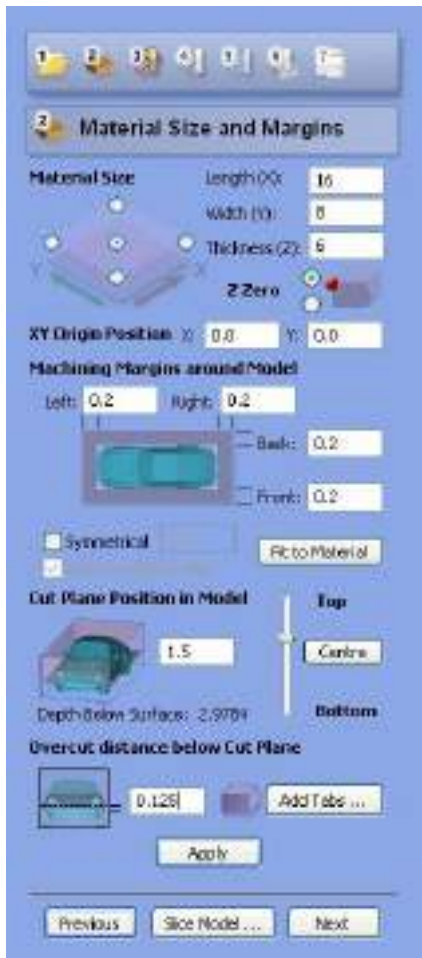
El siguiente parámetro es **Units** o las unidades de medida que utilizaremos. Tenemos que tener presente que independiente de la opción que escojamos aquí, esta debe ser consecuente

posteriormente con las unidades del mecanizado (pudiéndose modificar estas también).

Por último, **Sides to Machine** nos permite escoger que lados de la pieza vamos a mecanizar. Si bien la máquina tiene solo 3 ejes de traslación, permitiendo mecanizar solo un lado a la vez, el programa puede dividir el mecanizado en distintas partes dejando al usuario la rotación de la pieza manualmente por cara. Se recomienda utilizar la opción 1 en los primeros usos y profundizar más sobre las otras opciones en los manuales del equipo.

Luego de presionar el botón **Apply**, y verificar los cambios en la ventana de previsualización del programa, se puede presionar **Next** para avanzar al siguiente paso.

Paso 2: Tamaño del Material y Márgenes



El siguiente paso corresponde a los ajustes del tamaño del material y los márgenes de mecanizado alrededor del modelo. Lo primero a realizar, en **Material Size**, es definir el largo (X), ancho (Y) y espesor (Z) del material. Para esto, mida cuidadosamente varias veces y en diferentes puntos cada lado del material, conserve la mayor medición obtenida, e ingrésela al software.

Z Zero corresponde al punto donde se considerará el origen Z del material, puede ser en la cara de superior o en la inferior. Se recomienda fuertemente utilizar el punto inferior, ya que el nivel cero puede ser configurado automáticamente con el sensor metálico de la herramienta de calibración (ver Elementos Shopbot® Desktop), además de que la calibración cero usando el punto superior arrastrará el error de medición del material, y el gap de fijación, pudiendo dañar la mesa de la herramienta. **XY Origin Position** corresponde al desplazamiento del punto cero del vértice más cercano al punto cero del Home. Se recomienda dejar en cero.

Machining Margins around Model corresponde a los márgenes a ser mecanizados del material por el borde del modelo. Se puede aumentar el margen para acelerar el proceso (ya que mecanizará menos), pero quedara el modelo cavado en el centro con un marco del espesor de los márgenes. Si recomienda usar el botón **Fit to Material** para

ajustar los márgenes al modelo. Se puede activar la opción **Use Model Silhouette** para ajustar el margen con la forma del modelo. Se pueden ingresar valores negativos la margen, siendo esto especialmente útil cuando solo se quiere mecanizar una parte, en procesos de finalizado por ejemplo. Nota: Se debe tener presente que la fresa no vaya a colisionar con el marco del modelo cuando las profundidades son superiores al largo de esta.

Cut Plane Position in Model corresponde al plano de corte en el modelo donde finalizará el mecanizado. Esta configuración es importante cuando se quiere mecanizar piezas que tienen una geometría redonda o se van angostando desde la mitad del modelo hacia abajo. Tal como lo comentamos anteriormente, debido a la naturaleza de 3 ejes de traslación de esta máquina, no es posible mecanizar una esfera completa por ejemplo, ya que pasada la mitad, es necesario que la pieza o la fresa gire para comenzar a enangostar la parte inferior, de lo contrario la fresa destruiría el mecanizado superior. Es por esto que, en el caso de que la pieza sea de geometría redonda, se debe escoger el plano de corte en el punto más ancho del modelo y mecanizar la parte inferior en otra pieza. En el caso de que la pieza sea de geometría semi-esférica, es decir solo vaya ensanchándose a medida que baja la fresa, se debe setear el plano de corte en **Bottom** para el completo mecanizado de la pieza, o el plano correspondiente según se dese.

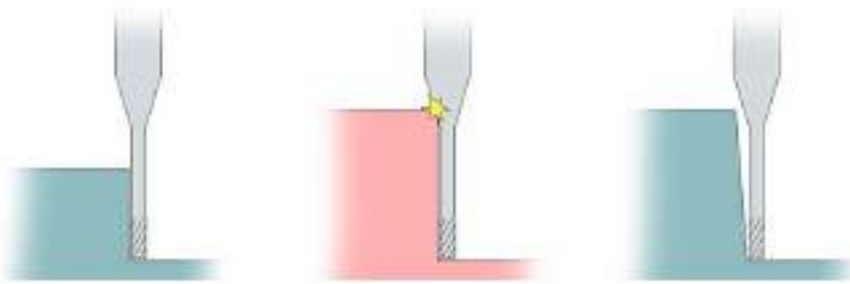
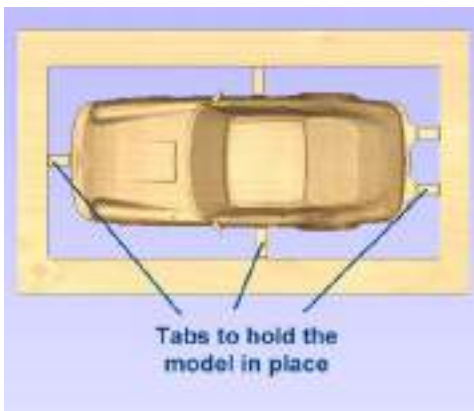


Figura 12- Problemas Mecanizado 3 ejes. Ref: <http://lcamtuf.coredump.cx/gcnc/05-reach.jpg>

Depth of Model below Surface corresponde al desfase del inicio del modelo con el plano superior del material. Se recomienda, si el espesor del material lo permite, bajar la distancia del inicio a 0.5 mm para asegurar el completo mecanizado de la pieza, generando una rectificación en las primeras pasadas.

Overcut distance below Cut Plane corresponde al mecanizado del material pasado el plano de corte configurado anteriormente. Esto permitirá proyectar la última forma de mecanizado del plano de corte en el modelo en la dirección inferior. En términos de software CAD, correspondería a una extrusión del boceto del plano de corte con la profundidad ingresada.



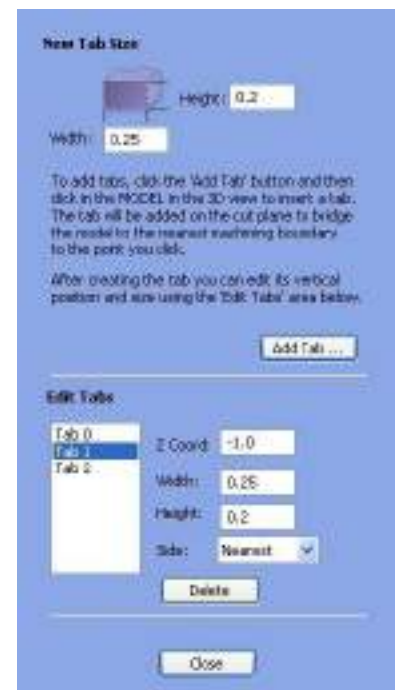
Las **Tabs** corresponden a sujeciones que mantienen el modelo sujeto al marco. Estas son importantes cuando se está terminando de mecanizar la pieza, ya que debido al poco material presente esta puede fracturarse antes de tiempo producto de las fuerzas presentes en el proceso.

Para agregar una nueva **Tabs** se debe presionar el botón **Add Tabs** donde aparecerá una pequeña ventana como la figura de la

derecha. Esta permite definir la altura y el ancho de las **tabs** entre el margen y el modelo, dándole las coordenadas de posición adecuadas y agregando el número que se estime conveniente.

Es importante destacar que puede que en algunos casos se necesiten realizar piezas con una altura (Z) mayor que el permitido por la máquina (8 cm). Para solucionar este problema existe el botón **Slice Model** que permite dividir el modelo en partes y configurar el mecanizado por separado, para posteriormente unirlos y tener la pieza completa.

Luego de presionar el botón **Apply**, y verificar los cambios en la ventana de previsualización del programa, se puede presionar **Next** para avanzar al siguiente paso.

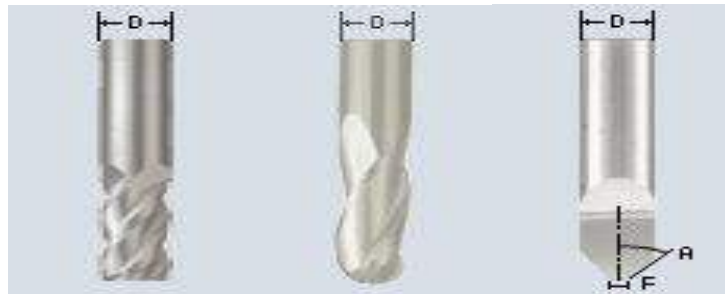


Paso 3: Trayectoria de Desbaste

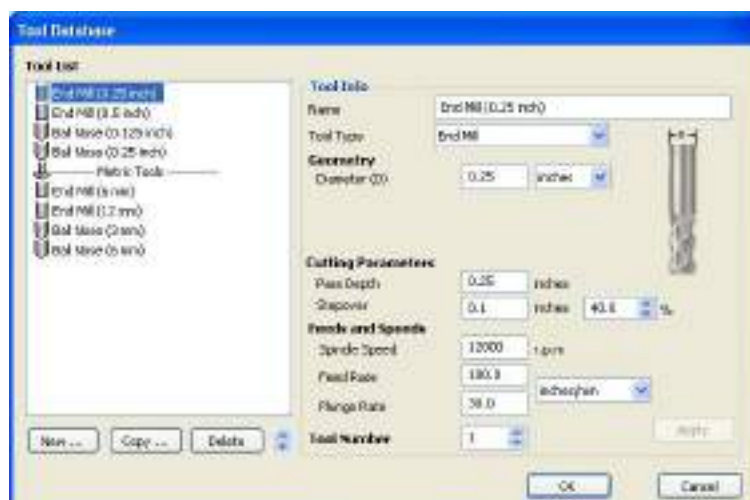


El siguiente paso corresponde a los ajustes del proceso de desbaste⁶, incluyendo la selección de la herramienta adecuada y la trayectoria a seguir. Este proceso es fundamental para la remoción bruta del material y posterior proceso de finalizado. A pesar de esto, si no se desea realizar un desbaste, teniendo por ejemplo una pieza lista y solo se quiere realizar un proceso de finalizado, se debe desactivar la casilla **Create Roughing Toolpath** y presionar el botón **Next**, pasando al siguiente proceso. En caso contrario, por defecto y recomendado, se debe comenzar seleccionando la herramienta.

Existen varios tipos de fresa, y cada una tiene un propósito particular y tiene parámetros de configuración predeterminados almacenados por el software. De entre ellas podemos destacar la **Endmill** o fresa de finalizado, la **Ballnose** o fresa de punta redonda, y la **Engraving** o fresa de grabado.



Para cambiar la herramienta, se debe presionar el botón **Select** pasando así a la siguiente ventana interactiva; **Tool Database**. En ella se selecciona la herramienta a utilizar, sin cambiar los parámetros (por defecto), y se presiona **OK**. Se recomienda utilizar la fresa de finalizado (*End Mill*) para el proceso de desbaste, disminuyendo así el tiempo del mecanizado primario.



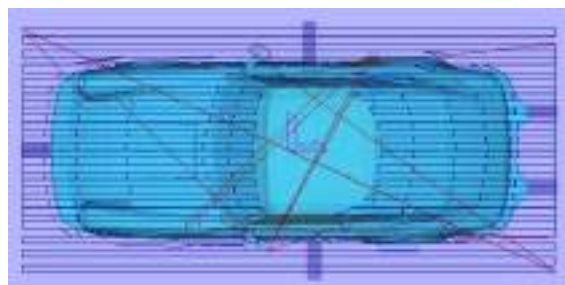
⁶ Acción que remueve las partes rugosas, ásperas y no necesarias del material de una pieza.

Los **Cutting Parameters** corresponden a los parámetros de corte, y definen la tasa de material a ser removido [mm^3/s]. El **Pass Depth** es la profundidad del paso, y corresponde a la distancia máxima de avance en el eje z a ser considerada entre cada nivel de los planos del mecanizado. Esto determina el número de niveles y por lo tanto, el tiempo de mecanizado. Entre menos niveles, más rápido será el proceso, pero aumenta el riesgo de que la fresa se fracture (en caso de un material duro) o que se desprenda una gran porción de la pieza (en el caso de materiales blandos). El **Stepover**, por su parte, corresponde al paso o distancia lateral de desplazamiento cuando la fresa está en el proceso de remoción de material en un nivel determinado de los planos de mecanizado. El paso debe ser menor que el 50% del diámetro de la herramienta utilizada para asegurar que no quede material presente durante el mecanizado. Al igual que con la profundidad, un paso lateral elevado acelerará el proceso, pero se debe tener en cuenta las propiedades del material utilizado para asegurar que no ocurran los problemas mencionados anteriormente.

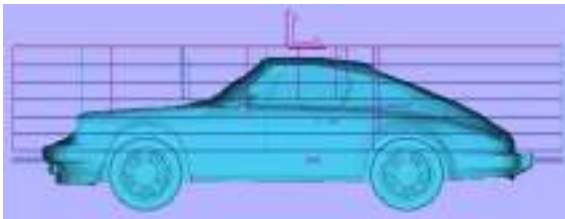
Los **Feeds and Speeds** corresponden a parámetros intrínsecos de la herramienta seleccionada. Estos no debieran ser modificados a menos de tener un amplio conocimiento al respecto. A grandes rasgos, el **Spindle Speed** es la velocidad de revolución de la fresa, el **Plunge Rate** es la tasa de corte al que la herramienta se mueve verticalmente en el material, y el **Tool Number** es el número de la herramienta seleccionada para realizar el proceso actual. Al hacer click en el botón **Edit Parameters** se pueden modificar todos estos parámetros directamente en la ventana **Tool Database**, pero no se recomienda realizar esto ya que los valores serán almacenados en la base de datos principal de las herramientas.

Los **Toolpath Parameters** por su parte corresponden a los parámetros intrínsecos del proceso actual de remoción bruta de material. El **Rapid clearance gap** es la altura por sobre el material que la fresa tendrá de seguridad cuando se mueve a diferentes regiones de trabajo. El **Machining allowance** es la cantidad de material a ser dejada en la última capa del modelo, antes del finalizado. Este parámetro previene que la fresa deje marcas evidentes en el modelo final. Dependiendo de la cantidad de material dejado, se determinará el tiempo del siguiente proceso de finalizado de la pieza.

La **Roughing Strategy** es la estrategia geométrica a ser considerada durante el proceso de mecanizado. Se dispone de 2 alternativas; **Z level roughing** y **3D raster roughing**. La primera es la opción recomendada si se desea optimizar el tiempo, la segunda dejará un espesor constante de material en el modelo.

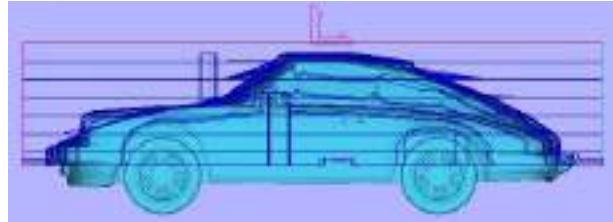


El **Z level roughing** mecaniza el material en pasadas paralelas al plano XY, entre los bordes externos y la superficie del modelo, dando una vuelta completa por el borde, sin cruzar el modelo. La profundidad de avance es la definida en el **Pass Depth**. Las opciones son **Raster X**, **Raster Y** y **Profile first**, **Profile last**, y **None**, los cuales calculan el patrón de mecanizado paralelo al eje X o paralelo al eje Y respectivamente. Es recomendable observar la geometría del material



y determinar en qué eje se encuentra la dimensión mayor, ya que esta decisión, correlacionada con el **Raster**, determinará la optimización del tiempo de mecanizado. Las opciones de **Profile** determinan si la pasada por el borde del modelo se realizará antes que el **Raster** o después. Seleccionar la opción **None** generará un borde cuadrado en el modelo, lo que aumentará el tiempo del proceso de finalizado producto de la necesidad posterior de remover más material.

El **3D raster roughing** mecaniza el material en líneas paralelas sobre el modelo completo a diferentes alturas. Esto significa que la fresa detiene su corte en los bordes del modelo y pasa por sobre este para seguir mecanizado al otro extremo. Este proceso tiene la ventaja de que deja un espesor constante inmediato en el material, pero debido a la cantidad de movimientos extra que debe realizar por sobre el modelo 3D en cada pasada para evitar dañarlo, el tiempo de mecanizado aumenta considerablemente. Las opciones son a **Along X** o **Along Y**, las cuales permiten el movimiento paralelo en el eje respectivo.



Side Displayed permite orientar el patrón de mecanizado calculado y el material para mostrar solamente el lado seleccionado. Esto es útil cuando se seleccionan mecanizados de 2 lados, y se quiere visualizar solo 1 de los dos.

Al presionar el botón **Calculate** se calcula el tiempo estimado de una simulación del mecanizado. Se recomienda en los primeros usos probar cambiando las opciones descritas anteriormente para entender mejor la optimización del proceso. Luego de seleccionar las opciones correctas y aceptar psicológicamente el tiempo estimado, se puede presionar **Next** para avanzar al siguiente paso.

Paso 4: Trayectoria de Acabado



El siguiente paso corresponde al proceso de acabado o finalizado. En este la broca seleccionada limpiará la superficie del material restante dejado como margen de seguridad y se empezará a visualizar la superficie suave. La resolución del acabado dependerá inversamente del diámetro de la broca seleccionada y directamente del tiempo del proceso. Es decir, para una broca de diámetro pequeño, lógicamente el tiempo requerido de acabado será mayor y la resolución será mayor también.

La selección de la herramienta en esta etapa se realiza de la misma manera que en el paso anterior. Se recomienda utilizar fresa de punta redonda para el acabado, pero también es posible utilizar la misma fresa del proceso anterior, teniendo como resultado una resolución bastante aceptable, y evitando el trabajo de tener que cambiar la herramienta y correr 2 códigos diferentes, como se verá más adelante en los pasos del Hardware. El **Stepover** típico utilizado en procesos de acabado varía entre un 10% y un 20% del diámetro de la herramienta.

Los **Toolpath Parameters** corresponden a los parámetros de la trayectoria. El **Raster Angle** representa el ángulo medido en referencia al eje de corte seleccionado en el proceso anterior, siendo 45° el ángulo aceptado generalmente.

El **Rapid clearance gap** es la altura por sobre el material que la fresa tendrá de seguridad cuando se mueva a diferentes regiones del trabajo.

Seleccionando la casilla **Create extra pass at 90 degrees to first** se mejorará notablemente la resolución del acabado, pero aumentará al doble el tiempo calculado del proceso.

Side Displayed permite orientar el patrón de mecanizado calculado y el material para mostrar solamente el lado seleccionado. Esto es útil cuando se seleccionan mecanizados de 2 lados, y se quiere visualizar solo 1 de los dos.

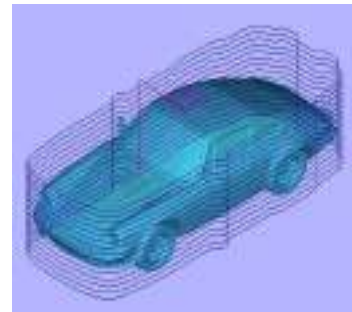
Al presionar el botón **Calculate** se calcula el tiempo estimado de una simulación del mecanizado. Se recomienda en los primeros usos probar cambiando las opciones descritas anteriormente para entender mejor la optimización del proceso. Luego de seleccionar las opciones correctas y aceptar psicológicamente el tiempo estimado, se puede presionar **Next** para avanzar al siguiente paso.

Paso 5: Trayectoria de Corte Final



El siguiente paso corresponde a la trayectoria de corte final, siendo el proceso que permite desprender el modelo del bloque de material. Si anteriormente fueron seleccionadas **Tabs** para sujeción, este proceso permite mantener estas regiones para evitar la liberación involuntaria del modelo final. El proceso de corte final es opcional, y casi nunca es necesario.

Si los **Machining Margin** o márgenes de mecanizado seleccionados anteriormente en el paso 2 se especificaron a usar **Model Silhouette**, la trayectoria del proceso se determinará automáticamente y esta seguirá los bordes del modelo 3D. El margen del



proceso de corte final se calcula a la altura Z en que el plano pasa a través del modelo. Si la opción **Model Silhouette** no fue seleccionada anteriormente, la trayectoria de corte final pasará simplemente al borde del material rectangular.

Las opciones de selección de la herramienta son las mismas que en los dos procesos anteriores.

Los **Toolpath Parameters** en este proceso corresponderán a la altura final de corte sobre la base del material, y al perfil de la

dirección de corte. El **Rapid clearance gap** es la altura por sobre el material que la fresa tendrá de seguridad cuando se mueva a diferentes regiones del trabajo.

Side Displayed permite orientar el patrón de mecanizado calculado y el material para mostrar solamente el lado seleccionado. Esto es útil cuando se seleccionan mecanizados de 2 lados, y se quiere visualizar solo 1 de los dos.

Al presionar el botón **Calculate** se calcula el tiempo estimado de una simulación del mecanizado. Se recomienda en los primeros usos probar cambiando las opciones descritas anteriormente para entender mejor la optimización del proceso. Luego de seleccionar las opciones correctas y aceptar psicológicamente el tiempo estimado, se puede presionar **Next** para avanzar al siguiente paso.

Paso 6: Previsualización de las Trayectorias



El siguiente paso permite visualizar las trayectorias calculadas anteriormente a través de una simulación, donde se muestra exactamente qué es lo que se va produciendo en cada etapa del corte. La vista 3D permite visualizar el trabajo en diferentes tipos de material y muestra la calidad del acabado al final del proceso. El modelo puede ser acercado/alejado, rotado y trasladado con el mouse y la combinación de las teclas alt, ctrl y mayus, antes y durante las simulaciones.

La casilla **Anímate Preview** permite visualizar un video renderizado del proceso. Por su parte la casilla **Draw Tool During Preview** permite ver la herramienta durante el proceso.

En **Toolpaths** se puede seleccionar la previsualización de uno de los tres procesos determinados, resetear el video respectivo y mostrar el modelo sin el material sobrante, presionando los botones en orden descendente respectivamente. Al final de los botones, se puede expandir un menú contextual que permite seleccionar el material, renderizando una vista realista del modelo.

Estimated Machining times muestra información importante sobre la duración de los respectivos procesos y la suma del tiempo total, basados en la tasa de rapidez seleccionada y en el factor de escala.

Side Displayed permite orientar el modelo y el material para mostrar solamente el lado seleccionado. Esto es útil cuando se seleccionan mecanizados de 2 lados, y se quiere visualizar solo 1 de los dos.

Al presionar el botón **Next** se puede avanzar al siguiente y último paso.

Paso 7: Guardar Trayectorias



En este último paso, se pueden guardar las trayectorias calculadas en el formato necesario para ser utilizados en la CNC.

El **Post Processor** corresponde a la lista estándar de postprocesadores disponibles en el software. Se debe dejar la opción por defecto, que corresponde a la CNC Shopbot Desktop.

La opción **Output Direct to Device** permite enviar las trayectorias directamente a la máquina que está conectada al PC. Esto evita la necesidad de tener que guardar las trayectorias en archivos y cargarlos posteriormente. A pesar de esto se recomienda guardar un respaldo de los archivos. Hacer click en el botón **Device** abre la lista de máquinas conectadas al pc.

Los **Toolpaths** se pueden guardar de forma individual para ser corridos como operaciones independientes en el caso de que se utilice el cambio de herramienta entre procesos, o ser guardados en conjunto, en el caso de que la herramienta utilizada por más de 1 proceso sea la misma, seleccionando los elegidos con la casilla lateral y presionando el botón **Save Toolpaths to a single file...**

Al presionar el botón **Save model image** se pueden guardar las vistas 3D como imágenes 2D en los formatos BMP, JPG y GIF.

Side Displayed permite orientar el modelo y el material para mostrar solamente el lado seleccionado. Esto es útil cuando se seleccionan mecanizados de 2 lados, y se quiere visualizar solo 1 de los dos.

Finalmente se muestra el tiempo total estimado. El botón *Next* esta desactivado. Una vez guardadas o enviadas las trayectorias, se puede terminar el proceso y proceder a la configuración del Hardware.

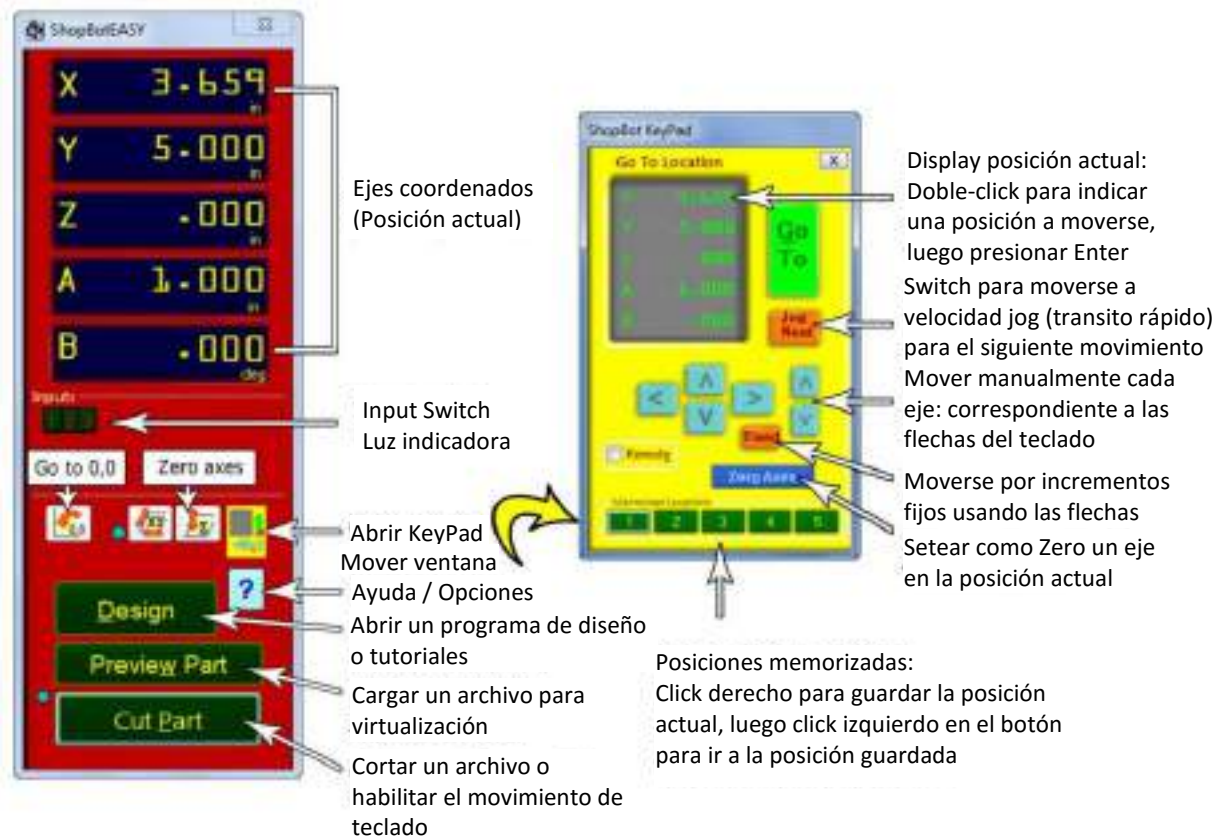
Hardware

Introducción

Una vez que tenemos listo el código de la pieza, podemos comenzar con el proceso de mecanizado. Hay un software especial que controla los movimientos de la CNC, el Seteo de las coordenadas y el *Upload* del código. Este software es el *ShopBotEASY* y se inicia haciendo click en el icono Shopbot3 en el escritorio.



Luego de hacer click, se abre la siguiente interfaz, donde se puede ver la utilidad de cada botón en la imagen.



En este punto, se debe tener encendida la máquina y conectada al PC a través de un cable USB. En el caso de que al hacer click en el icono del software aparezca el siguiente error, se debe desconectar el USB, verificar que la máquina está encendida en todos los *Switch* físicos, y volver a conectar el USB idealmente en otro puerto. Luego volver a realizar click en el icono, y repetir en caso de ser necesario. Si aun así no se resuelve el problema, pruebe reiniciando el sistema operativo, y repita lo anterior en caso de ser necesario.



Paso 1: Cambio de Fresa

El primer paso consiste en **Cambiar la Fresa** a utilizar en el proceso. Para esto, procedemos a abrir el *KeyPad* presionando el botón amarillo (en caso de tener problemas, verificar que el *Switch* de encendido / apagado está en ON). Luego de abrir el control de comandos, pruebe llevando la punta de la fresa a la posición indicada en la imagen.

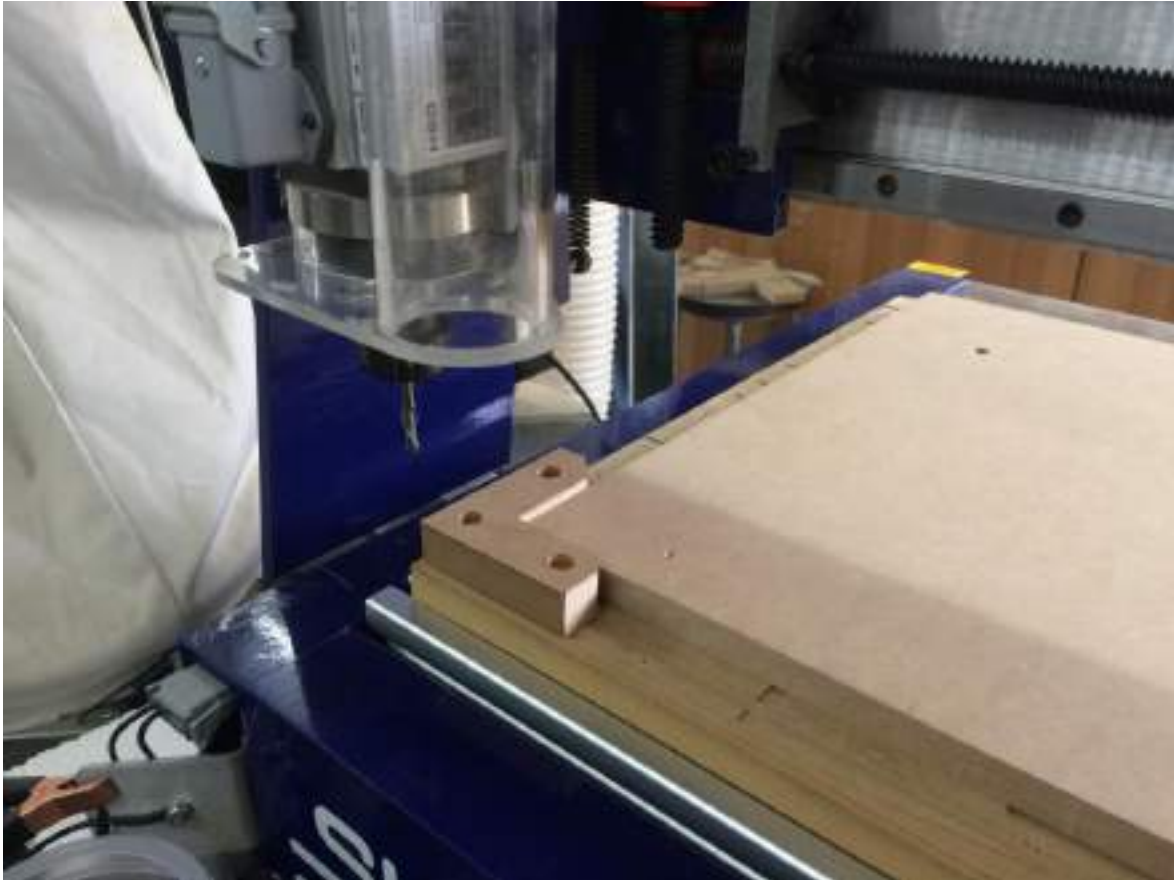


Figura 13- Movimiento de la fresa cerca de las coordenadas $(x,y)=(0,0)$. Se observa además uno de los métodos de sujeción. Fuente propia.

Luego, lleve el eje Z a la altura máxima permitida, para dejar espacio suficiente para utilizar el kit de herramientas de cambio y las fresas respectivas. El kit de cambio corresponde a las siguientes llaves que permiten fijar el cabezal y soltar la fresa.

¡IMPORTANTE! Antes de comenzar a cambiar la fresa, apague la maquina o desconecte de la corriente, para evitar que alguien haga girar la fresa mientras usted la está cambiando.

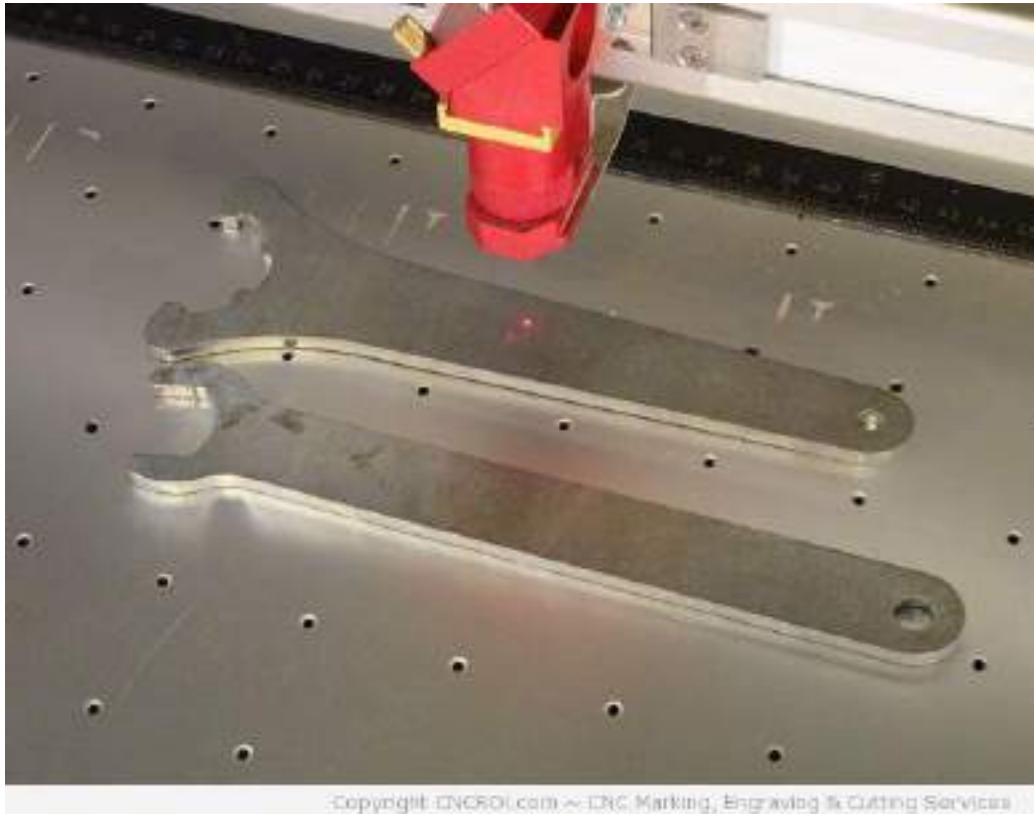


Figura 14- Herramientas requeridas para el cambio de fresa. Fuente: <http://cncroi.com/wp-content/uploads/2014/10/shopbot-4.jpg>

Si no está familiarizado con el cambio de la herramienta pídale ayuda al encargado del taller. La manipulación incorrecta de las fresas puede dañarlas permanentemente, estas tienden a apretarse, y es necesario ejercer presión desde la parte superior para soltarla. Jamás tome con una llave o alicata la fresa desde el hilo, esta tiene bordes muy finos que se dañan.



Figura 15- Fresas. Fuente: Web Shopbot Desktop

Luego de sacar cuidadosamente la herramienta actual, seleccione la fresa respectiva y móntela en el cabezal de la máquina. No apriete demasiado el cabezal, ya que el sistema de sujeción funciona a presión, y el diseño de este permite fijar la fresa con poco torque. Nuevamente, si no está familiarizado con el cambio de herramientas pídale ayuda al encargado del taller.

Recuerde que la herramienta a seleccionar depende del proceso de mecanizado a realizar. Si eligió herramientas diferentes para los diferentes acabados, verifique que está colocando en el cabezal la misma herramienta que definió en el programa anterior.

Paso 2: Fijación del Material

El siguiente paso consiste en **Fijar el Material** a la mesa de trabajo de la máquina. Para esto, debemos encender nuevamente la máquina y llevar la punta del cabezal a la punta superior del eje Y, para dejar espacio para trabajar en el plano de la mesa. La fijación del material es uno de los puntos más importantes y de mayor atención del usuario, ya que el bloque debe quedar lo suficientemente firme para soportar las fuerzas horizontales ejercidas por la fresa durante todo el proceso de mecanizado, pero las fijaciones NO DEBEN interferir en la trayectoria de la freza. Es de suma importancia que el usuario verifique las trayectorias en la simulación del *Preview* del software CAD/CAM para identificar donde puede colocar las sujeciones.

Existen 3 métodos básicos de sujeción. El primero consiste en fijar la pieza con bloques externos que limitan los desplazamientos por los bordes. Estos se utilizan principalmente cuando se quiere mecanizar la totalidad de la pieza o esta es muy alta. Para ello se pueden utilizar tornillos de madera y anclarlos al bloque de madera de la mesa. Estos pueden ser grandes, rodeando toda la pieza, o pequeños, fijando solo los extremos, como en la primera imagen del paso 1.



Figura 16-Sujeción externa. Fuente: <http://fabacademy.org/archives/2015/sa/students/schutze.wilhelm/style/imagenes/wax1.jpg>



Figura 17-Sujeción directa en el material. Fuente: <http://fabacademy.org/archives/2015/eu/students/hemsted.philip/img/wk9/mol2.jpg>

El segundo método de sujeción consiste en utilizar tornillos o pernos directamente en el bloque del material, esto considerando que la fresa nunca pasará por los bordes, siendo más bien un mecanizado central.

El tercer método consiste en utilizar una base delgada en espesor, pero más ancha y larga que el bloque de material. Se fija con tornillos por debajo al bloque y los bordes sobrantes de la base se fijan a la mesa. Este método es especialmente útil cuando se quiere mecanizar una especie de huevo, sacando los bordes pero dejando el centro de la pieza, donde se pueden poner los tornillos por debajo.

El diseño de sujeciones requiere una suerte de ingenio y visión para evitar los contactos futuros con la fresa.

Pregunte al encargado cual es el método de sujeción más recomendado para su pieza, y evite así daños graves en el equipo. Para mayor información consulte el tutorial de sujeciones del fabricante, disponible en el sitio web de este y en el repositorio de este manual, al final del documento.

Paso 3: Seteo de los Ejes

Este paso consiste en **Setear en Zero los Ejes** de la máquina. Para ello, debe ser consistente con la opción seleccionada en el paso 2 de los indicados en la configuración del Software, en la página 13. Si selecciono la opción de Z Zero superior, debe setear el Eje Zero en la parte superior del material, en caso contrario, si seleccionó la opción del punto inferior, debe setear el Eje Zero en la base del material. Para facilitar el Seteo del eje Z, puede utilizar la **herramienta de calibración** comentada en la sección Elementos Shopbot® Desktop. Para ello desplace la punta del cabezal lo más alto posible en el plano a considerar (superior o inferior del material), coloque la pinza en el cabezal de la fresa y el plato sobre el plano a setear como Zero, tal como se muestra en la siguiente imagen.

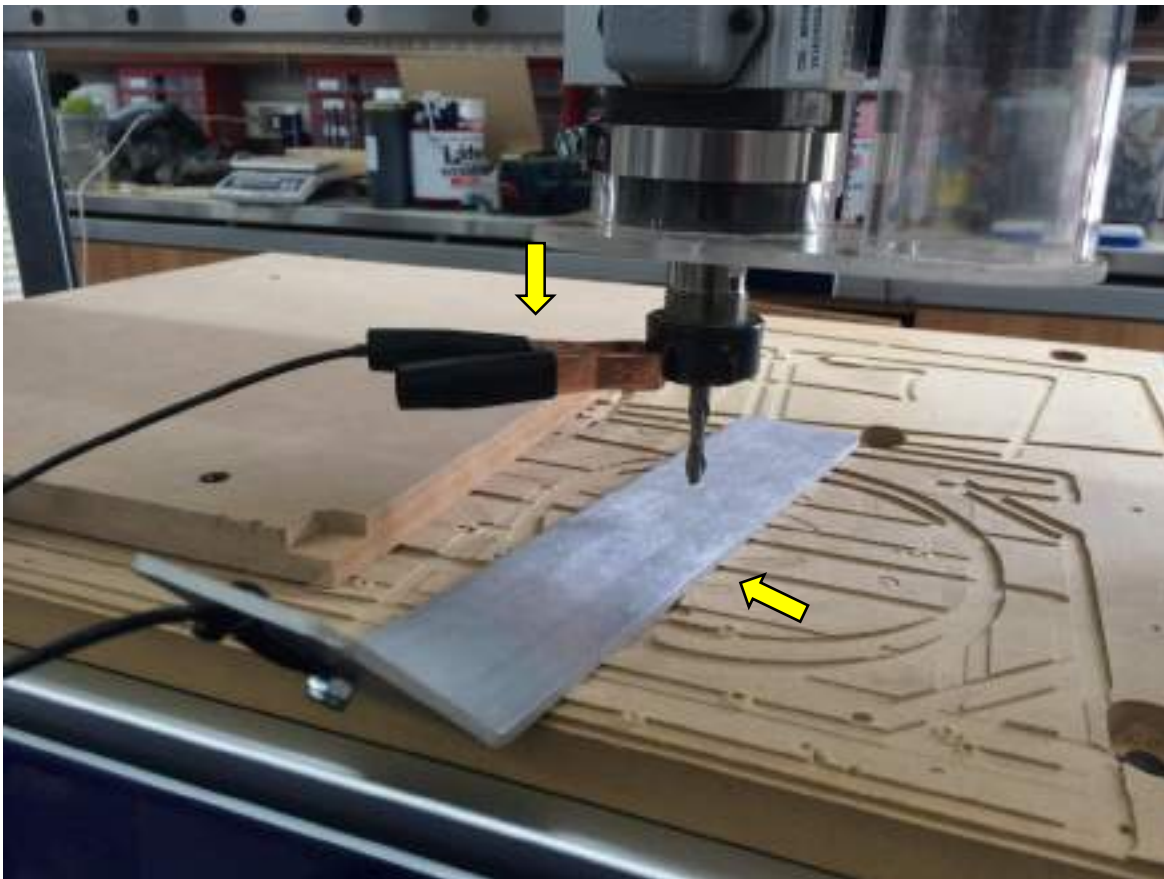


Figura 18- Herramienta de calibración para nivelación del plano de la mesa. Fuente propia.

Luego presione el siguiente botón en la interfaz del Software *ShopBot Easy*. Esto le permitirá utilizar el plato que ha instalado para setear el eje Z de manera precisa. Esto le indicará el siguiente mensaje.



Presione OK cuando el plato esté listo para ser utilizado. Al finalizar remueva el plato y guarde los componentes tal y como estaban.

Luego lleve la punta de la fresa a la parte esquina superior del bloque de material más cercana a la intersección de los ejes X e Y de la máquina. Esto le



permitirá setear los ejes X e Y en Zero. Para ello, posicione sobre el punto, independiente de la altura Z, y de manera aproximada lleve la broca centro con el vértice del bloque. Luego presione el botón azul **Zero Axes**, seleccionando los ejes X-Axis e Y-Axis, y seteando así los ejes en **Zero** en la posición establecida.



Paso 4: Carga del Programa



Ahora la máquina está configurada y preparada para cargar el programa. Para ello se debe cerrar el **KeyPad** y presionar el botón **Cut Part**, donde se pedirá el código guardado anteriormente y aparecerá un mensaje de confirmación luego de cargarlo. Presione OK, y la maquina comenzará a trabajar. Puede pausarla en cualquier momento presionando la tecla ESPACIO. Asegúrese de estar atento durante todo el proceso de mecanizado para evitar cualquier

accidente. Éxito con su proyecto.

Repositorio

En este repositorio se puede encontrar una versión digital, imprimible y editable de este documento, además de material avanzado de sujeciones, manejo de código G, entre muchos otros.

- <https://goo.gl/NHxwWe>

Referencias

- <http://support.vectric.com/tutorials/V8/VCarveDesktopCategoryIndex.html>
- <http://www.shopbottools.com/ShopBotDocs/desktop.htm>
- <http://www.shopbottools.com/ShopBotDocs/files/SBG%2000142%20User%20Guide%2020150317.pdf>
- <http://www.shopbottools.com/ShopBotDocs/files/ProgrammingHandbook%202014%2003%2010.pdf>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o_asistido_por_computadora
- https://es.wikipedia.org/wiki/Fabricaci%C3%B3n_asistida_por_computadora
- https://es.wikipedia.org/wiki/Control_num%C3%A9rico
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Fresado>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/STL>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Poliestireno_expandido
- [Vetric Cut3D Help File](#)