



Mecanizado y Fotogrametría de Andar por Casa para Makers Coleccionistas de Minerales

CÓMO HACER PEANAS PERSONALIZADAS PARA MINERALES
CON FOTOGRAMETRÍA Y UNA CNC DE SOBREMESA

TUTORIAL 1.0 | JUNIO 2025

Contenido

0. Introducción a las peanas personalizadas para minerales de colección	3
I. Cómo preparar el molde para hacer peanas	7
II. Fotogrametría de objeto cercano para peanas	11
III. Cómo generar el modelo 3D para crear peanas	15
IV. Cómo depurar el modelo 3D	19
V. Cómo mecanizar peanas de metacrilato con una CNC de sobremesa	21
VI. Cómo grabar la peana con una CNC de sobremesa	27

El contenido de este tutorial está basado en la experiencia personal. Su contenido debe ser tomado como una guía orientativa, nunca como un manual al uso. No nos hacemos responsables del uso, mal uso, brocas rotas, resultados inconsistentes, o malos resultados de los trabajos de mecanizado del usuario que aplique lo que aquí se explica.

Todos los parámetros de mecanizado y grabado deben ajustarse a las características propias de la CNC que estemos usando, los aquí mostrados son los que por ahora han dado mejores resultados con el equipo que utilizamos.

Este tutorial se ha elaborado con los conocimientos adquiridos hasta el momento de su redacción, por lo que puede haber muchos elementos de mejora que no descartamos mejorar en futuras versiones del manual.

El único objetivo es compartir lo que tanto nos ha costado aprender y colaborar con el conocimiento abierto para que otros lo tengan más fácil.

Si te ha sido útil, comparte.

Puedes acceder a la versión digital en <https://www.buenabase.eu/tutorial-peanas-minerales/>

Si detectas cualquier fallo o tienes cualquier sugerencia de mejora no dudes en escribir a mineralescon@buenabase.eu

Este contenido está disponible bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), salvo que se indique lo contrario.

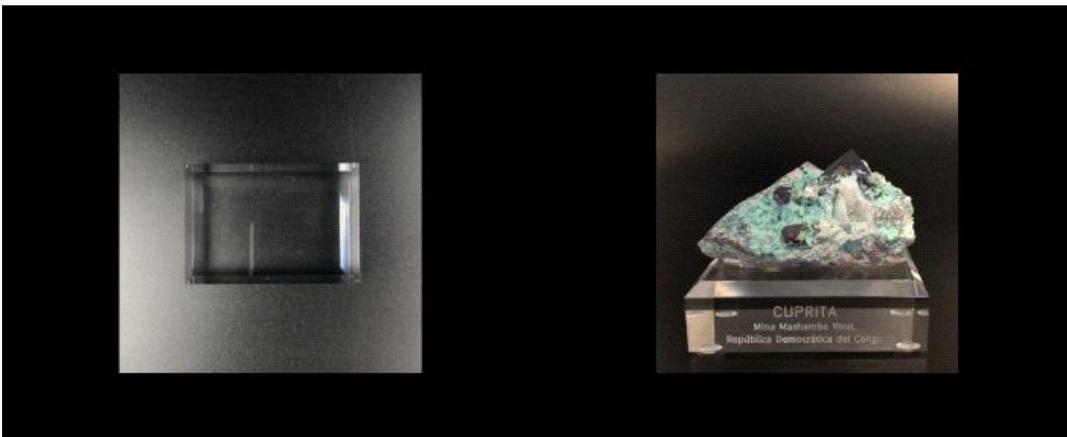
Las marcas y productos mencionados o mostrados son propiedad de sus respectivos titulares.

0. Introducción a las peanas personalizadas para minerales de colección

Todavía recuerdo la primera vez que vi una peana de metacrilato mecanizada con la forma de la base del mineral, fue en la Feria de La Unión. Se trataba de una piromorfita del Horcajo con una matriz de unos 15x10 cm. La peana me fascinó tanto que me atreví a decirle a mi marido, y al amigo que la vendía, que eso podía intentar hacerlo yo, sin saber muy bien por qué, ya que no tenía ni idea de fresado.

No fue hasta 2022 cuando recuperamos la idea de intentar hacer esas peanas personalizadas para nuestra colección de minerales. Después de investigar cómo podríamos abordar su fabricación, en 2023 compramos una CNC de sobremesa y comencé a hacer pruebas y pulir una metodología que todavía hoy sigo depurando. Nada tienen que ver los acabados de las primeras peanas que hice, con las que hago ahora, pero sigue quedando mucho espacio para la mejora.

Pero ¿por qué elegir una peana de metacrilato fresada para nuestros minerales de colección? Al fin y al cabo, hay muchas opciones de soportes, tanto en acrílico como en metal, sin tanto lío, menos riesgos y más económicas. Pues la razón principal es la estética.



Un mineral con su peana mecanizada y grabada adquiere otro nivel, ese nivel de pieza de museo. Sobre todo, si lo comparamos con la tan habitual opción de pegar los minerales a las peanas de metacrilato con silicona caliente. Este socorrido recurso que con los años tiende a perder lustre, y que en muchos casos llega a ponerse amarilla. Además, si queremos soltar la pieza no nos queda otra que hacerlo con acetona, o con el poco recomendado tirón [Yo también lo hice].



Ejemplar pegado con silicona ya amarilla vs. Ejemplar con la peana personalizada.

Ahora bien, no todas las piezas pueden tener peana, ni todas sirven para *empeñar*.

¿Para qué piezas son apropiadas las peanas de metacrilato personalizadas?

Los minerales que más se benefician de una peana de metacrilato personalizadas son aquellas de alto valor añadido (las más valiosas) por coste y por estética. Esas buenas piezas que no apoyan solas, o que cuando lo hacen no lucen su mejor pose, por ser de porte vertical, por tener la base asimétrica... En cuanto al tamaño, cualquier mineral puede tener su peana, el límite lo pone la mesa de trabajo de la CNC.

¿Pueden todas las piezas tener su peana?

Todas las que tengan la matriz rígida son buenas candidatas. También son ideales los cristales flotantes. Por el contrario, las matrices arenosas, o aquellas con muchos cristales frágiles no son recomendables por el riesgo de rotura durante la elaboración del molde. También son complicadas aquellas piezas muy verticales que exigen hacer una peana con un agujero muy profundo.



Ejemplares aptos para personalizar su peana

¿Cómo elegir el tamaño ideal de peana?

La elección del tamaño de la peana de metacrilato va un poco a gustos, al igual que escoger entre peana biselada y sin biselar.

Las convenciones estéticas clásicas abogan por las peanas biseladas, transparentes, de un mínimo de 20mm de espesor, y de un ancho por fondo en los que el mineral no sobresalga por los lados.

Sin embargo, las peanas sin biselar también quedan bien. Al igual que permitir que el mineral sobresalga un poco por los lados, dando más peso visual a la pieza y menos a la peana.

¿Dar color al grabado o no dar color?

Colorear el grabado, de nuevo, es cuestión de preferencias personales.

En la convención estética más clásica es habitual encontrar peanas grabadas con los textos coloreados en negro, plata o dorado. Sin embargo, desde un punto de vista de composición, esto incrementa la fuerza del texto como atractor visual, cuando el protagonismo debe ser de la pieza.

No colorear el texto lo mantiene en un segundo plano, pasando desapercibido hasta que, tras visualizar el mineral, el patrón visual va descendiendo hacia la peana.

¿Existen riesgos para los minerales?

Hacer una peana de metacrilato personalizada para un mineral no está exento de riesgos, incluso llevando el máximo cuidado. La fase más delicada es la primera, cuando hacemos el molde, seguida del momento en el que probamos el encaje.

La presión que se ejerce sobre el ejemplar para generar el molde exige que el mineral sea lo suficiente robusto para soportar el procedimiento. Lo mismo ocurre al comprobar el encaje entre mineral y peana.

A esto hay que sumar el riesgo durante la manipulación. Por muy cuidadoso que uno sea siempre pueden ocurrir accidentes.

¿Cualquier coleccionista de minerales puede personalizar peanas de metacrilato?

Cualquier amante de los minerales con espíritu *maker* puede personalizar sus peanas. Solo es necesario una inversión inicial si no disponemos del equipo, y el tiempo necesario para aprender. Además, con este manual la curva de aprendizaje hemos

intentado reducirla al mínimo, lo que no quiere decir que esté todo hecho. Queda probar y fallar y volver a probar. Igual que aprendemos a caminar caminando, aprendemos a mecanizar mecanizando.

¿Cuáles son las fases del mecanizado de peanas de metacrilato para minerales?

Hacer una peana de metacrilato personalizada para un mineral exige seguir una serie de pasos, cada uno de ellos con su procedimiento.

Hacer una peana de metacrilato personalizada requiere seis fases:

1. Preparar el molde con la impresión de la base del mineral
2. Tomar las fotos del molde
3. Generar el modelo en 3D
4. Depurar el modelo e insertarlo en el software de fresado
5. Mecanizar el modelo en la peana (cajear)
6. Grabar la peana

Una vez terminado ya solo queda comprobar si encajan correctamente.

Si todo ha ido bien, podemos rematar la peana colocándole un vinilo transparente en la base, o unas gotas de silicona, para evitar que se raye al moverla.



A esta peana le pusimos gotas de silicona.

I. Cómo preparar el molde para hacer peanas

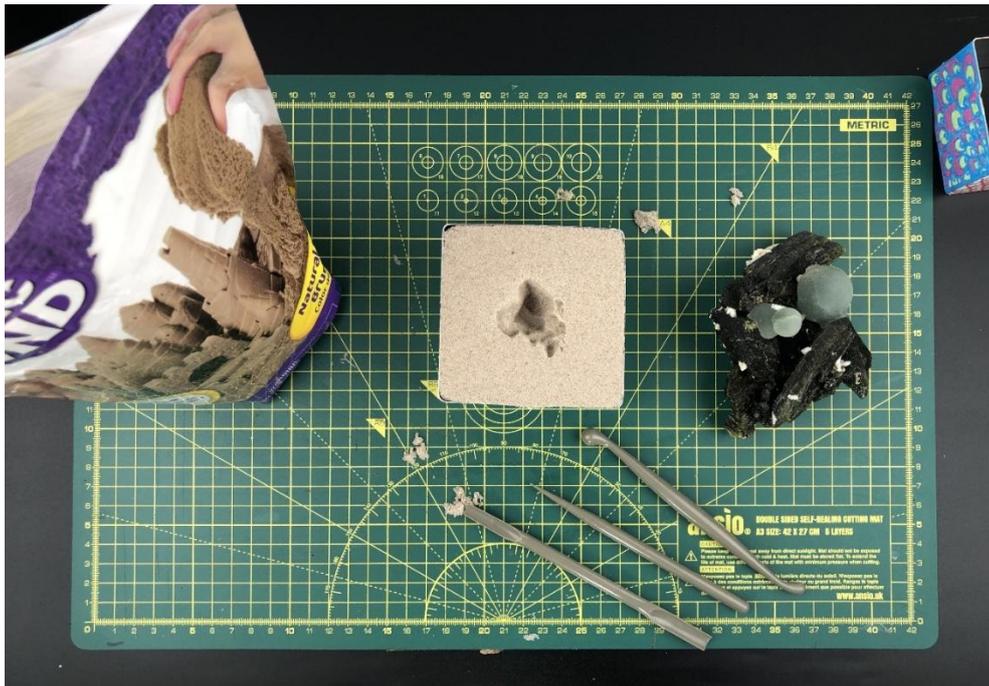
La primera fase crítica a la hora de crear peanas personalizadas para minerales es generar el molde de la base de la pieza. La precisión con la que lo hagamos es el principio para un buen encaje entre la peana y el mineral. Para hacerlo no necesitamos materiales difíciles de encontrar, tan solo arena mágica de la que usan los niños para jugar y un recipiente donde ponerla para poder generar la impresión. El resto es paciencia y práctica.

Qué materiales necesitamos



- Arena mágica o *Kinetic Sand* color arena natural.
- Un aro de emplatado cuadrado adaptado al tamaño de tu pieza. Como suelen ser metálicos hay que pintarlo para evitar reflejos, ya que los reflejos no son amigos de los softwares de generación de modelos 3d. En mi caso les di una capa de imprimación blanca y les pinté unos patrones con rotuladores de pintura acrílica. Los patrones mejoran el solapamiento de las fotografías.
- Herramientas de modelado: aguja, marcador de sonrisa, ... aquí es el que más se ajuste a tus necesidades. También puedes utilizar un lápiz, un pincel, o el rabo de una cucharilla de café, por ejemplo.

Pasos para crear el molde de arena [\[Ver vídeo en YouTube\]](#)



1. Rellenamos el aro con la arena hasta el borde.
2. Comprimos ligeramente pero sin dejarlo hecho una piedra.
3. Giramos el aro y dejamos la parte de abajo hacia arriba, ya que esta cara presentará una superficie más uniforme y lisa.
4. Cogemos la pieza y revisamos bien las caras para escoger la pose, sin olvidar el eje de equilibrio de la pieza. La pose que escojamos debe estar determinada por el eje de equilibrio para que la pieza quede estable y no sufra ni vuelque la base.
5. Una vez decidida la pose sujetamos la pieza con las dos manos y la situamos sobre el molde. Antes de hundirla, visualizamos la zona de la pase del mineral hasta la que queremos hundir la pieza, calculando un máximo de 15mm, que suele ser la profundidad máxima de las brocas de 1/8 que utilizaremos para mecanizar la peana.
6. Comenzamos a sumergir suavemente la pieza en la arena. Sin prisa, sin ejercer demasiada presión. Con cuidado, vamos separando ligeramente los dedos de la pieza para comprobar si el eje de equilibrio está bien definido y la pieza no bascula. Repetimos las veces que sea necesario estos pasos hasta conseguir asentar la pieza y conseguir la estética que buscamos.
7. Una vez colocada en su sitio sumergimos un poquito más la pieza, ese será el margen de recorte, ya que la cara superficial siempre se deforma al ir introduciendo la pieza y se elimina con el software de edición.

8. Antes de sacar la pieza, movemos muy ligeramente y suavemente la pieza hacia los lados: adelante y atrás, derecha e izquierda, para compactar la arena. Terminamos repitiendo el movimiento de arriba hacia abajo.
9. Sacamos la pieza en la vertical con cuidado fijándonos si en algún punto arrastra o desplaza algo de arena.

Cómo retocar el molde de arena

- Una vez retirado el mineral tenemos que revisar la impresión. Para ello miramos desde arriba, observando si hay arena suelta o si quedan sombras o zonas cóncavas no visibles desde el punto de vista cenital. La fresadora arranca el material de forma perpendicular, por lo que cualquier zona en la que la parte superior del molde sobresalga e impida llegar a la base supondrá un problema. Debemos retirar o compactar el modelo pensando en cómo la fresa trabaja el material. También es buena idea retocar pequeñas irregularidades en la impresión, unificando y alisando sin perder la forma. Cuanto más uniforme menos problemas de encaje tendremos.
- Una vez retocado el modelo podemos volver a insertar la pieza con mucho cuidado para asegurarnos que los retoques funcionan y no desequilibran ni modifican el eje de equilibrio.
- Repetimos varias veces si lo consideramos necesario, hasta que el resultado nos convenza.

Nota: esta edición se puede hacer también en el programa Meshmixer, pero a mí me funciona mejor el retoque físico.

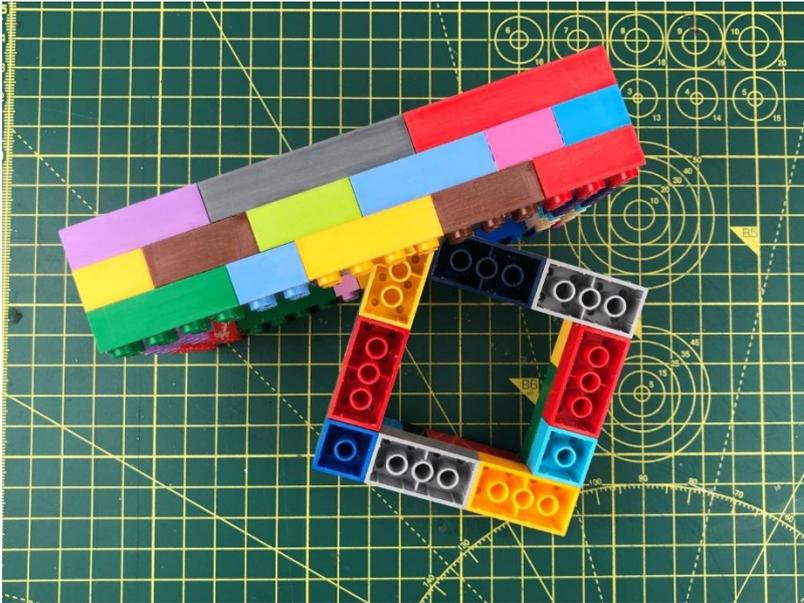
Otras técnicas y materiales para generar el molde

Esta técnica de la arena mágica la aprendí de [Greenstone Fine Mineralia](#). Ellos imprimen las peanas en 3d, no las mecanizan, y utilizan piezas de lego para crear el marco donde introducir la arena, pero su técnica de la arena mágica fue toda una inspiración.

Antes de encontrarme con el vídeo de Greenstone Fine Mineralia usaba espuma fenólica, la que utilizan los podólogos para hacer plantillas, y aunque los resultados eran más o menos aceptables, los reflejos del brillo de la espuma daban algunos problemas de precisión. También probé con la espuma que se utiliza para los arreglos florales, pero era demasiado rígida, lo que exigía demasiada presión para generar la impresión del molde, con el riesgo para la pieza.

También valoré el uso de resinas y pastas de modelar, pero el riesgo de residuos en muchos tipos de matriz me hizo desistir. La arena mágica es sin lugar a dudas la mejor solución que he encontrado ya que no deja residuos y permite generar moldes bastante precisos.

En cuanto a dónde meter la arena para generar el molde también probé con las piezas de lego, tal y como recomienda Greenstone Fine Mineralia.



Sin embargo, tenía problemas con los reflejos del plástico a la hora de generar el modelo 3d. Incluso lijé las piezas por las caras exteriores para hacerlas mates, pero seguía teniendo inconsistencias con las partes que no pude lijar bien (caras interiores y superiores), así que se me ocurrió probar con los moldes de emplatado que tenía. Al ser metálicos provocaban reflejos al igual que los lego, pero los solucioné rápidamente pintándolos.

Los moldes de emplatado son rígidos, no se deforman, son baratos y fáciles de conseguir. Así que creo que son una buena opción.

II. Fotogrametría de objeto cercano para peanas

Una vez el molde de arena está preparado llega la hora de fotografiarlo para poder generar el modelo 3D que posteriormente se fresará con la CNC. Esta segunda fase es igual de crítica que la primera, ya que de ella depende la calidad de la réplica del molde en 3D.

Existen dos técnicas para realizar **fotogrametría de objeto cercano**: una en la que el usuario gira alrededor del objeto y dispara a mano alzada, sin trípode; otra en la que el objeto se sitúa en un plato giratorio y la cámara se coloca en un trípode.

Después de probar ambas técnicas, me decanté por la que utiliza trípode y plato giratorio. Girar alrededor de la pieza cámara en mano, además de marearme, me impedía mantener una iluminación, una distancia entre la cámara y el objeto, y un ángulo de la cámara, constantes.

Qué materiales necesitamos para hacer fotogrametría de objeto cercano



- Una cámara de fotos réflex. También hay quien usa una cámara de fotos compacta o un móvil de alta gama si permite disparar en RAW, para evitar el procesado digital que introducen los móviles en las fotos, y que pueden deformar el modelo. Tras comparar un Iphone 8 (disparando en jpg) con a una vieja Canon EOS 50D comprobé que obtenía mejores resultados con la Canon EOS 50D, que por ahora es la cámara que utilizo, aunque los modelos modernos seguramente ofrecerán mejores resultados.

- Si utilizamos una cámara réflex, un objetivo 50mm de focal fija.
- Un trípode con extensión para fotografía cenital. El trípode da consistencia a la toma de imágenes.
- Un plato giratorio manual. Yo utilizo el SNUDDA de IKEA.
- Una plantilla con los marcadores de control generados por Reality Capture que nos permitan escalar el modelo a tamaño real. Aquí te dejo la plantilla que utilizo para aros de emplatar de hasta 8cm. Los marcadores están a 12cm.
- Cartulina blanca A3 u otro material blanco para recortar un círculo que cubra el plato giratorio.
- Un fondo negro (cartulina, tela, pvc)
- Un par de flexos o dos *softbox* para conseguir una iluminación difusa y sin sombras en el interior de le la impresión del molde.

Cómo tomar las fotografías del molde

1. Primero tenemos que preparar el plato giratorio. Cortaremos la cartulina A3 blanca a la medida del plato, para ajustarla a modo de tapete. También podemos pintar el plato de blanco o usar cualquier otra base que aporte un fondo blanco homogéneo.
2. Colocaremos el fondo negro y por delante el plato giratorio con el tapete blanco. El fondo negro permite que haya contraste entre fondo y plato, esto facilita el reconocimiento del “suelo” cuando generemos el modelo 3D.
3. A continuación colocamos la plantilla de los marcadores de control sobre el plato, tratando que quede centrada.
4. Situamos el molde de arena dentro del área de los marcadores.
5. Iluminamos el molde tratando evitar las sobras lo máximo posible, tanto alrededor del molde como en su interior. Para ello utilizamos dos flexos cubiertos con papel vegetal o dos *softbox*, luces auxiliares o reflectores blancos o plateados. Debemos buscar la configuración en función de los recursos de los que dispongamos.

Las fotos de los ejemplos se han hecho con dos *softbox* (caseras) situadas a unos 80º cada una (lo que serían las 11 y la 1, tomando el cenit como las 12), ajustadas en función de la profundidad del molde. Cuanto más profunda hundamos la pieza, más difícil es iluminar y mayor riesgo de que el modelo no ajuste. Las *softbox* llevan unas bombillas led de 35w (equivalentes a 350w) con un temperatura de 5700K y un CRI 93+.

6. Configuramos la cámara con una ISO entre 100 y 200, una apertura de diafragma de F16 a F22, y la fijamos en modo prioridad de apertura para que la velocidad de obturación la ajuste la cámara. Las fotos de los ejemplos se han tomado con una ISO 120 y un F22, con un 50mm 1:1.9 de focal fija para evitar

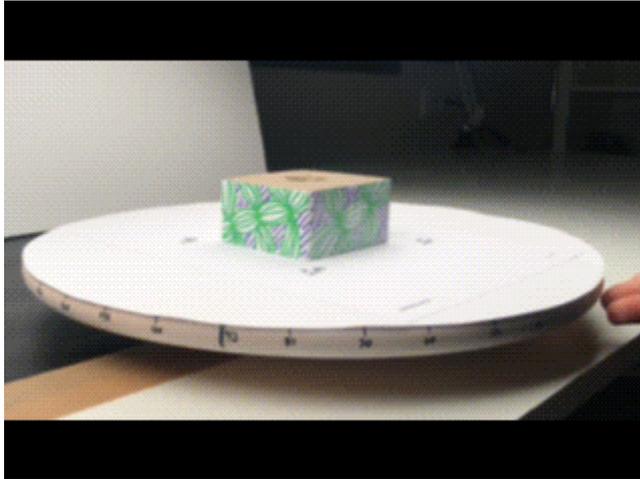
modificaciones en el encuadre con un zoom. El formato de archivo utilizado es jpg L.

7. Colocamos el trípode, hacemos el balance de blancos, y comenzamos por la fotografía cenital. Deben aparecer dentro del área de la fotografía los cuatro marcadores. Por seguridad es recomendable tomar un mínimo de cuatro fotografías cenitales, girando el plato entre cada toma, asegurándose de que siempre queden los marcadores visibles, por si falla el reconocimiento de marcadores en una toma tener más opciones. Pero la fotografía cenital si está bien iluminado el molde es igual giremos como giremos el plato, por lo que con una sería suficiente.



Como eje horizontal para poder colocar la cámara en cenital se ha reutilizado un soporte para el móvil de Shoulderpod, y una rótula de bola de un trípode Slik mini, adaptado a un viejo trípode japonés de los años 70-80. Un mix de andar por casa que cumple, aunque hay opciones profesionales o semi-profesionales en el mercado más estables y seguras.

8. A continuación colocamos la cámara a unos 80°, tomando el punto cenital como 90°. Encuadramos bien la escena y comprobamos que al girar el plato siempre queden dentro del área de disparo por lo menos tres marcadores de control.
9. Comenzamos a hacer fotografías girando el plato unos 10 grados entre fotos. Cada vuelta debe tener entre 30 y 36 fotos, para garantizar un mínimo de un 60% de solape entre capturas.



10. Repetimos la operación modificando el ángulo de la cámara. Es recomendable un mínimo de cuatro vueltas, sin contar la cenital: 80-70°, 60-50°, 40-20°, 10-0°.

Para obtener el modelo 3D ya solo nos queda pasar las fotos al ordenador y que Reality Capture haga el resto del trabajo.

Referencias:

- 3D Scanning (Photogrammetry) With a Rotating Platform - Not a Rotating Camera! <https://www.instructables.com/3D-scanning-Photogrammetry-with-a-rotating-platfor/>
- A Guide to Photogrammetry Photography: <https://journalists.org/resources/a-guide-to-photogrammetry-photography/>
- RealityCapture Tutorial: How to take photos for RealityCapture https://www.youtube.com/watch?v=9e_NLp_FaUk&t=129s
- Sapirstein, P., & Murray, S. (2017). Establishing Best Practices for Photogrammetric Recording During Archaeological Fieldwork. *Journal of Field Archaeology*, 42(4), 337–350. <https://doi.org/10.1080/00934690.2017.1338513>

III. Cómo generar el modelo 3D para crear peanas

En el mercado existen numerosos softwares dirigidos a la creación de modelos 3D a partir de fotografías, unos más profesionales y otros más amateur, unos gratuitos y otros de pago: Reality Capture, ReCap Pro Autodesk, Meshroom, Colmap, Agisoft Photoscan... La mayoría son relativamente complejos y requieren ordenadores potentes para poder procesar las imágenes y generar el modelo.

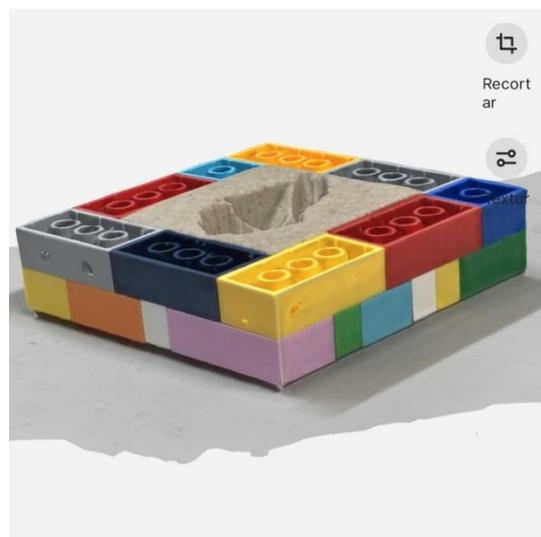
Si no disponemos de un ordenador potente, la otra alternativa son las aplicaciones que trabajan en la nube. Cuando empezamos lo hicimos tomando las fotos con un móvil y probando varias de las aplicaciones móviles que hay para crear modelos 3D: Polycam, Scaniverse, Kiri Engine... De todas nos quedamos con Kiri Engine. Con ella obtuvimos resultados muy variables, pero bastante aceptables, siendo la mayor dificultad el escalado (conseguir que el modelo mida lo que mide).

Con Kiri Engine probamos tanto la fotografía alrededor del objeto como con la plataforma giratoria, obteniendo mejores resultados con la plataforma, siempre que el fondo fuera blanco, y disparando con la función escaneo de fotos. Con el resto de las opciones: escaneo con Lidar, escaneo de objetos sin características, es el escaneo 3DGs, o escaneo a partir de vídeo, no obtuvimos buenos resultados.

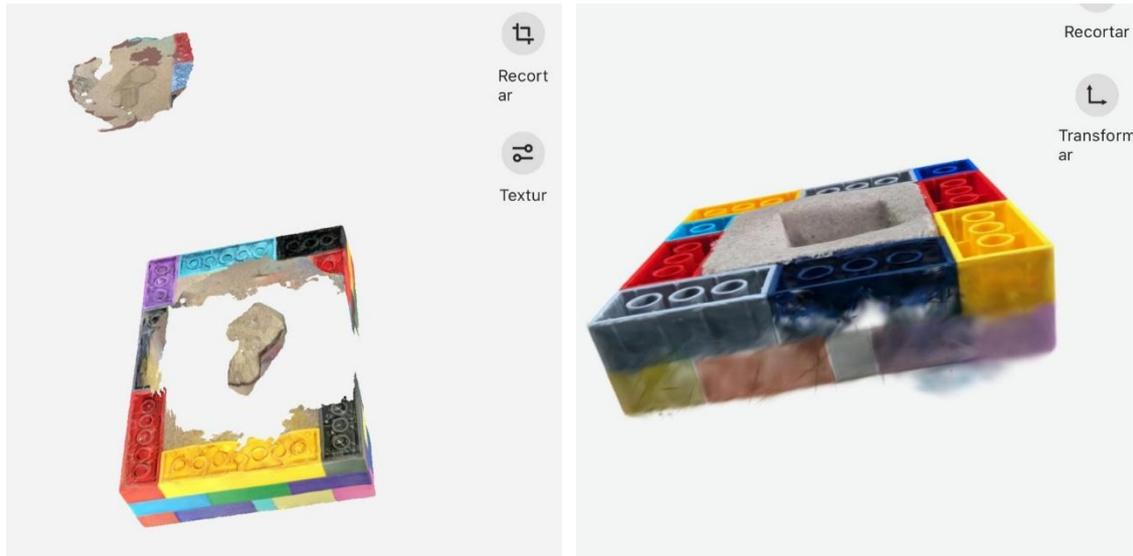
En cuanto al escalado, lo hacíamos en la fase de ajuste, con Fusion 360 a partir de las medidas del molde.



Resultado obtenido con la fotogrametría con plato giratorio con Kiri Engine App



Resultado obtenido con la fotogrametría sin plato giratorio con Kiri Engine App. En la reconstrucción del molde se observan roturas en la malla.



Resultado obtenido con la opción de objeto sin características (IA) de Kiri Engine App

GDS con vídeo

Cómo generar el modelo 3D con Reality Capture

Todo cambió cuando descubrimos Reality Capture (RC) ya que ofrece la posibilidad de poder usar marcadores de control para escalar el modelo con mayor precisión. Este software pertenece al universo de Epic Games, y su ventaja además de los marcadores de control, es que es gratuito si no eres una empresa que facture más de un millón de dólares. Además, cuenta con materiales de ayuda y una comunidad activa de la que poder aprender.

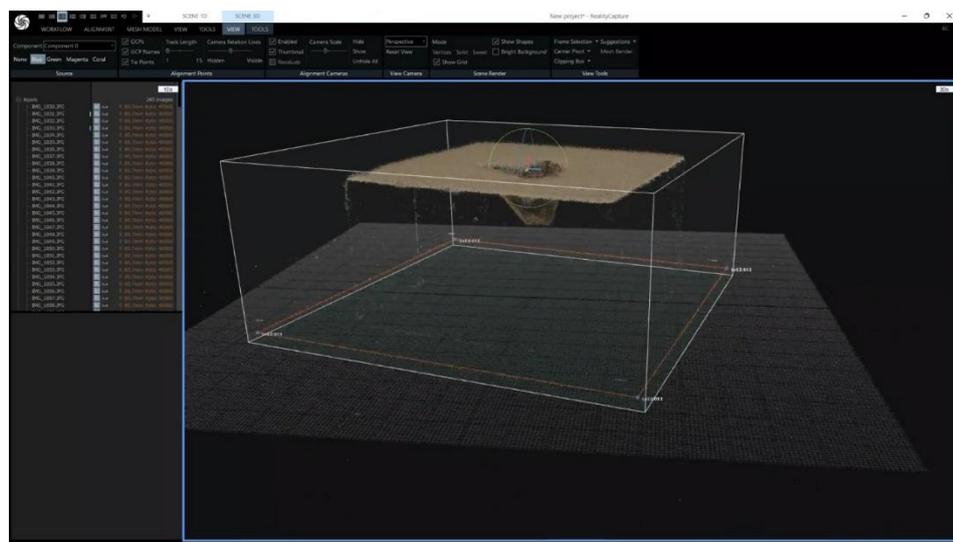
Eso sí, para ejecutar RC los requisitos mínimos que debemos tener el ordenador son una RAM de 8 GB, una tarjeta gráfica NVIDIA con un 1 GB y CUDA 3.0+, aunque recomiendan que la RAM sea de 16GB y la tarjeta gráfica ejecute CUDA 6.1 o superior. Por suerte, por antiguos temas de trabajo contaba con una Workstation de MSI con un i7-8850H, 32 GB de RAM, una tarjeta gráfica Nvidia P3200 con 6GB y CUDA 12.8.

Pasos para generar el modelo 3d en Reality Capture [Ver vídeo en YouTube]

1. Pasamos las fotos al ordenador y abrimos RC.
2. Arrastramos la carpeta de fotos al área de trabajo de RC y comprobamos que las imágenes se hayan cargado en Inputs.
3. Iniciamos la detección de las marcas de control: para ello vamos a la pestaña Aligment y pinchamos en Detect Markers. Comprobamos que en el panel que se despliega en la columna de la derecha esté seleccionado el marcador *single ring, 12 bit*, e iniciamos la detección pinchando en Detect.

El proceso tardará unos minutos. Una vez finalizada la detección, desactivamos Detect Markers.

4. A continuación, hay que indicar cuál es la distancia entre marcadores. Para ello tenemos que ir a la pestaña de SCENE 2D> Tools> Define Distance. A continuación, tras abrir la imagen con la vista cenital y comprobar que los cuatro marcadores estén detectados, pinchamos en uno de los marcadores en la imagen y arrastramos hasta el siguiente marcador para indicarle a RC que esa es la distancia entre marcadores que vamos a actualizar. En el panel en el que RC muestra la distancia asignada por defecto introducimos 0.12m. Realizamos este procedimiento con los cuatro lados del cuadrado definidos por los puntos de control. Una vez finalizado el proceso hay que desactivar Define Distance.
5. Una vez asignadas las medidas correctas para el escalado, alineamos las imágenes. Para ello abrimos la pestaña ALIGNMENT y pinchamos en Align Images.



Tras la alineación, que tardará varios minutos, podemos revisar la orientación y ajustar los puntos de reconstrucción con los manejadores que aparecen al pinchar en las líneas del cuadro que enmarca al modelo. Para definir bien el suelo del modelo tenemos que ir a la SCENE 3D>Tools>Set Ground Plane, y tirar de los ejes que aparecen.

6. Recortamos las zonas de interés, que es el área de impresión, antes de generar el modelo. Aunque también se puede generar el modelo completo y recortarlo en la siguiente fase de ajuste del modelo.
7. Para generar el modelo vamos a SCENE 3D>MeshModel>Normal Detail. Esto llevará unos minutos.
8. Una vez generado el modelo exportamos en stl.

Referencias:

RealityCapture OS and hardware requirements

<https://dev.epicgames.com/community/learning/knowledge-base/Wj7B/capturing-reality-realitycapture-os-and-hardware-requirements?locale=es-es>

Hardware de captura de realidad: lo que necesita para un escaneo 3D de alta calidad

<https://flypix.ai/es/blog/reality-capture-hardware-requirements/>

RealityCapture tutorial: Scaling methods <https://www.youtube.com/watch?v=qb4EPyLBRHM>

Scaling a Scene <https://rhelp.capturingreality.com/en-US/tutorials/scaling.htm>

Detect Markers Tool <https://rhelp.capturingreality.com/en-US/tools/detectmarkers.htm>

Reality Capture Comparativa Movil & reflex Parte I

<https://www.youtube.com/watch?v=eVPAMQv3eVk>

Reality Capture Comparativa Movil & reflex Parte II

https://www.youtube.com/watch?v=RIEk0_ny8w&t=961s

RealityCapture tutorial: Scan objects from all sides using Masks.

<https://www.youtube.com/watch?v=xxsdbzBwWLE&t=16s>

Kiri Engine <https://www.kiriengine.app/>

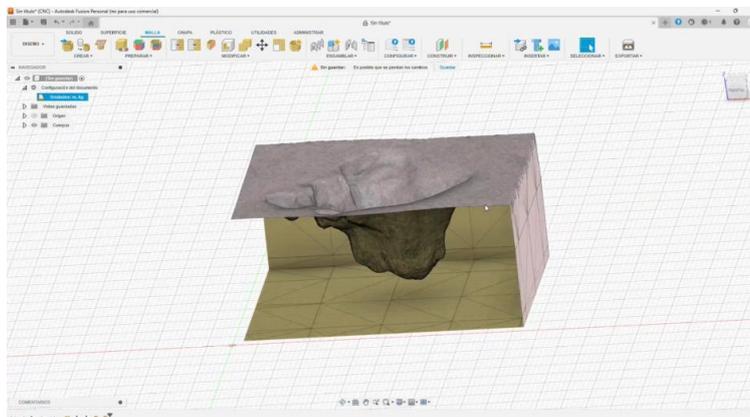
IV. Cómo depurar el modelo 3D

Una vez generado el modelo 3d en stl tenemos que depurarlo para poder mecanizarlo. Existen distintos softwares con los que poder ajustar el modelo e incluso generar los paths de fresado, uno de ellos es Fusion 360. Este software ofrece una versión para uso personal que es suficiente para poder recortar las caras que nos sobran y dejar únicamente el área de la impresión que debemos mecanizar en el metacrilato.

También podemos utilizar Meshmixer para recortar las caras sobrantes, a la vez que nos permite esculpir el modelo por si han quedado zonas en sombra, pero Fusion 360 da la sensación de más precisión en el proceso de recorte.

Cómo recortar las caras del modelo con Fusion 360 [Ver vídeo en YouTube]

1. Configuramos el área de trabajo para trabajar en metros. Para ello en las pestañas del área de trabajo, pinchamos en la rueda dentada (Configuración del documento) y cambiamos las unidades activas pinchando en el icono que muestra una libreta con un lápiz al pasar el cursor sobre la pestaña de unidades. Definimos metros como unidades del área de trabajo y aceptamos.
2. Insertamos el modelo en stl generado en RC desde la opción que tenemos en el menú INSERTAR>Insertar malla.
3. Movemos al suelo y aceptamos.
4. Ajustamos la posición desde SOLIDO>herramienta mover/copiar mientras movemos el modelo (botón derecho ratón pivotamos sobre el eje, con la rueda acercamos o alejamos. También podemos modificar las vistas con el cubo situado en el área de trabajo en la esquina superior derecha).
5. Para descartar las caras del modelo y quedarnos solo con la impresión dejada por el mineral en la arena vamos a MALLA>MODIFICAR>corte de plano.
6. Seleccionamos el objeto > seleccionamos la cara que vamos a recortar> seleccionamos tipo de relleno: sin relleno. A continuación utilizamos la flecha que aparece en azul y el manejador circular, para mover la sección de corte, y aceptamos.



7. Repetimos este procedimiento con todas las caras, dejando para el final la cara superior. La cual cortaremos después de reposicionar el modelo en el suelo. Para ello utilizaremos la herramienta de mover del menú SOLIDO. Esto lo hacemos para tener claro los mm que tendrá el modelo, ya que este valor lo necesitamos para ajustar el modelo una vez lo insertemos en Easel.
8. Una vez ajustado el modelo al suelo, cortamos la cara superior igual que hicimos con el resto de caras.
9. Guardamos el modelo.
10. Exportamos el modelo en stl.

Cómo retocar el modelo con MeshMixer

Siempre es interesante comprobar si existen sombras en la impresión del mineral cuando se pira desde arriba. Estas sombras o áreas cóncavas en el modelo supondrán problemas de ajuste si no se corrigen ya que la CNC mecaniza el material de forma perpendicular, y la broca no llegará a esas áreas.

Estos retoques, que podemos hacer en el modelo de arena antes de fotografiar y modelar, también se pueden hacer de forma digital con MeshMixer. El procedimiento se lleva a cabo con las distintas herramientas de modelar que ofrece el software. En YouTube hay numerosos vídeos explicando el funcionamiento de los diferentes pinceles que pueden ser de ayuda, como este de [3D Printing Club At Mizzou](#).

Con Meshmixer también podemos cortar las caras, para ello tenemos que ir a EDIT>PLANE CUT>cuy type:discard half-Fill type:no fill

Antes de terminar debemos tomar la medida de la altura del modelo para tenerla de referencia al importarla a Easel. No debemos olvidar ajustar las unidades (RC trabaja en metros) ANALYSIS-UNITS>DIMENSIONS

Por último, igual que en Fusion 360, exportamos el modelo en stl.

Referencias:

Fusion 360 uso personal: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/personal>

Meshmixer:

<https://apps.autodesk.com/FUSION/en/Detail/Index?id=4108920185261935100&appLang=en&os=Win64>

Manual Meshmixer: <https://help.autodesk.com/view/MSHMXR/2019/ENU/?guid=GUID-9B48D29A-C62F-4E13-8AB4-54E19F1F9875>

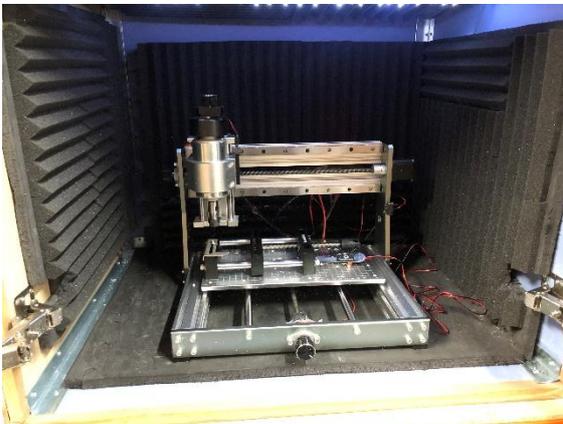
Meshmixer Tutorial - Part 1 (Sculpting Tools) <https://www.youtube.com/watch?v=vcuql01165o>

V. Cómo mecanizar peanas de metacrilato con una CNC de sobremesa

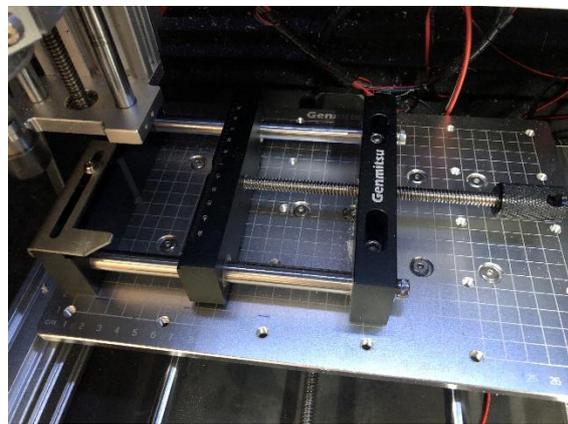
El mundo del mecanizado por arranque de viruta o fresado con una CNC de sobremesa cabría esperar que fuera, por área técnica, bastante preciso. Sin embargo, la realidad es que la variabilidad entre máquinas y herramientas es muy elevada. Esto hace que los parámetros de corte sean recomendaciones en las que la puesta en práctica es la verdadera guía. Por ello es fundamental ir documentando los ajustes que vamos haciendo hasta conseguir el acabado que buscamos. No solo se trata de que el mineral encaje en la peana, sino de que el acabado de la superficie sea fino. Con ello, no solo aseguramos un buen resultado en el metacrilato, sino que alargamos la vida útil de las fresas y hacemos sufrir menos a la máquina.

Qué materiales necesitamos para mecanizar metacrilato

- Una CNC de sobremesa.
- Una z-probe o sonda z.
- Una morzada o unas abrazaderas para fijar las peanas durante el proceso de mecanizado.
- Peanas de metacrilato.
- Fresas de 1/8 flat nose de 1 flauta.
- Fresas de 1/8 ball nose con diámetro de corte de 1mm.



CNC Genmitsu 3020 pro-max.



Mordaza de tornillo para sujetar las peanas.

Recomendaciones iniciales antes de empezar a mecanizar

Una cosa que durante meses pasé por alto fue revisar la configuración de los parámetros de la CNC. Supongo que como casi todo el mundo comencé a hacer pruebas y a mecanizar tal como salió de la caja la máquina. Sin embargo, para obtener mayor precisión en los trabajos es fundamental calibrar bien la CNC (James Dean explica muy bien cómo hacerlo: [Calibrating your CNC axis and steps - Beginners guide](#)). Esto optimiza los tiempos y mejora los resultados del trabajo.

Para la 3020 pro-max de Genmitsu, con un área de trabajo de 300x205x78mm y un husillo o *spindle* de 300w que alcanza las 12000 RPM, después de ir probando como indica James Dean, los parámetros quedaron fijados en:

- Aceleración ejes x, y, z: 500mm/s
- Máxima velocidad de avance ejes x e y: 1500mm/min
- Máxima velocidad de avance eje z: 800mm/min

También es importante familiarizarse con los conceptos como la velocidad de avance, el arranque por diente o carga de viruta o la velocidad de corte. Tecnocorte tiene un post muy ilustrativo sobre estos parámetros:

[https://www.tecnocorte.com/blog/fresadora-cnc-calcular-velocidad-de-corte-y-de-avance/#Velocidad de corte Vc](https://www.tecnocorte.com/blog/fresadora-cnc-calcular-velocidad-de-corte-y-de-avance/#Velocidad_de_corte_Vc). También podemos repasar los manuales del Certificado de Profesionalidad de Mecanizado por Arranque de Viruta (están en Amazon, en KindleUnlimited) que, aunque van enfocados al mecanizado de metal, permiten tener una visión general de los procesos.

Quiero reiterar que toda la información que voy a compartir es orientativa, basada en la experiencia personal, y que cada máquina, incluido el mismo modelo, puede requerir ajustes diferentes. Por lo que si te animas a probar siempre con paciencia y bajo tu propia responsabilidad.

Cómo mecanizar metacrilato con Easel Pro [\[Ver vídeo en YouTube\]](#)

Easel es un software muy intuitivo que en su versión pro permite mecanizar modelos 3D. El coste es de 24\$ al mes, aunque si te suscribes por tres años baja a 16,63\$/mes.

Su sencillez lo convierte en una gran opción para empezar. Existen otras alternativas, incluidas gratuitas, pero por el momento Easel es el software con el que he trabajado.

Con Easel trabajamos en la nube, por lo que se requiere conexión a internet en el lugar en el que tengamos nuestra CNC. Si no conoces Easel te invito a familiarizarte con su interfaz y a instalar el controlador para poder configurar tu máquina. Ofrecen un mes de prueba de la versión Pro, suficiente para las primeras pruebas. Además, cuentan con comunidad y tutoriales que ayudan bastante a dar los primeros pasos.

Configurar el área de trabajo en Easel

Para empezar, y tras conectar la CNC y realizar el *homing* (con el que le indicamos a la CNC dónde están los límites del área de trabajo), tenemos que **configurar el área de trabajo**:

1. Lo primero es pasar las unidades de trabajo a mm, ya que por defecto se abre en *inches*.
2. A continuación, seleccionamos el tipo de material (CAST ACRYLIC) y definimos las dimensiones, que variarán en función del tamaño de la peana que hayamos escogido. Hay que tener en cuenta que si la peana es biselada debemos ajustar las dimensiones descontando los biseles.
3. Una vez configurada el área de trabajo **importamos el modelo**, para ello abrimos un nuevo proyecto e importamos desde el menú lateral IMPORT>3D STL desactivando la opción de escalar el modelo para que se ajuste al material.

Ajustes del modelo en Easel

Tras importar el modelo debemos ajustarlo, para ello aplicamos los siguientes parámetros:

- Orientación: Top
- Ajustamos la posición del modelo restando la altura del modelo a la altura de la peana, ese será el valor es el que deberemos introducir en Z, ya que al insertar el modelo el programa lo alinea al suelo de la base, y queremos que esté alineado a la cara superior.
- En el estilo de corte (*cut style*) seleccionamos: *Model Boundary Relief*
- En *Cut Depth*: insertamos la medida del espesor de la peana.
- *Padding*, lo dejamos en 0.
- El *finishing toolpath* tiene más sentido en madera, para seguir la dirección de la veta, pero a nosotros nos gusta como se ve con el de 45°.

Ajustes de los *paths* de mecanizado

El cajeadado constará de dos fases. La primera desbasta y la segunda refina, lo que supone realizar un cambio de fresa durante el mecanizado.

Una vez ajustado el modelo debemos configurar las fresas que vamos a utilizar. Para ello primero tenemos que grabar las fresas de las que disponemos en el *Toolbox* de Easel. Solo hay que añadir una nueva fresa (custom) indicando el tipo y su diámetro de corte. Seleccionadas las fresas, definiremos sus parámetros de trabajo.

- Para el **desbaste** trabajamos con una fresa *flat nose* de 1/8 (3,175mm) de 1 flauta, para facilitar la evacuación de la viruta.

- En cuanto a la configuración de la pasada de desbaste:
- Fijamos una velocidad de avance (*feed rate*) de 800mm/min
- Una profundidad de pasada (Depth per pass) de 0.5mm
- Una velocidad de giro del cabezal (*spindle speed*) de 9000 rpm
- Para el **acabado** trabajamos con una fresa *ball nose* de 1mm y 2 flautas.
 - En cuanto a la configuración de la pasada de acabado:
 - Fijamos una velocidad de avance (*feed rate*) de 400mm/min
 - Una velocidad de giro del cabezal (*spindle speed*) de 6000 rpm

Definidos todos los parámetros generamos la previsualización de las rutas de corte (*generate toolpaths*) para ver los tiempos y los acabados.

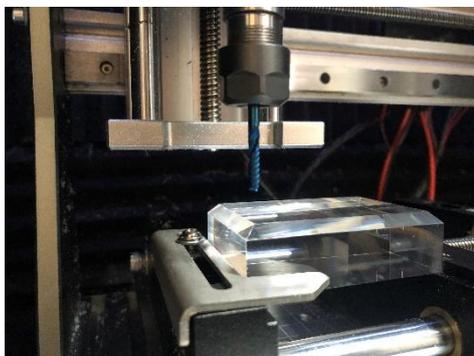
Colocar y fijar la peana de metacrilato en la CNC

Antes de iniciar el mecanizado debemos fijar el material a la mesa de trabajo para evitar que se mueva y obtener un buen acabado. Para ello lo más recomendable es utilizar una mordaza, o abrazaderas.

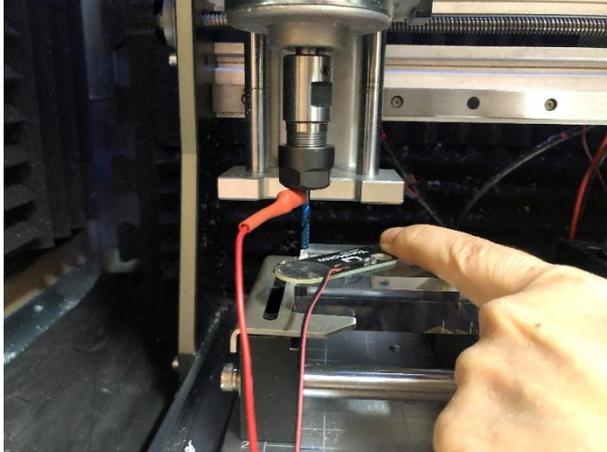
Si no disponemos de estos elementos de sujeción podemos utilizar la técnica de la cinta de carroceros, que consiste en aplicar una capa de cinta de carroceros o pintor sobre la mesa de la CNC, y otra capa sobre la base de la peana, uniendo ambas piezas con cianoacrilato.

Iniciar el proceso de cajeado

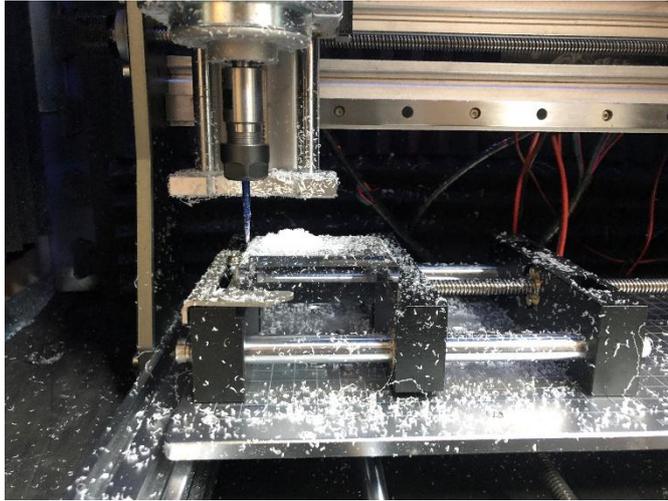
1. Colocamos la broca de desbaste y usando los controladores del monitor del ordenador alineamos los ejes x e y con la esquina inferior izquierda de la peana. El objetivo es definir el **cero pieza**. Si la peana tiene bisel, el cero pieza coincidirá en la esquina inferior izquierda pero de la superficie plana de la cara superior (descontando los biseles)



2. A continuación, si la utilizamos, colocamos la sonda z, o *z-probe*, entre la fresa y el metacrilato para definir el cero pieza en el eje z.



3. Ordenamos a Easel iniciar el proceso de fresado y seguimos las instrucciones que van apareciendo en la pantalla: confirmar el espesor del material, el tipo de broca, y si deseamos realizar la prueba z con la sonda o de forma manual.
4. **Prueba z:** Si no disponemos de sonda, o la sonda es muy gruesa (las sondas habituales llegan a tener un espesor de 2cm o más) y no nos cabe (si utilizamos mordaza podemos quedarnos muy justos de espacio) podemos usar **la técnica manual** de la hoja de papel para ajustar el eje z del cero pieza. Para ello colocamos un trozo de papel sobre la peana y bajamos el eje z hasta que la fresa roce el material y al estirar del papel rasgue sin llegar a quedarse enganchado.
5. **Si disponemos de sonda siempre es mejor calibrar el eje z con ella**, sobre todo teniendo en cuenta que cambiaremos de broca y deberemos repetir el procedimiento de calibración del eje z, sin mover los ejes x e y. Una sonda z que funciona muy bien en estos casos es la sonda de YoraHome, tanto por lo fina que es, como por su forma, que facilita su agarre durante la realización de la prueba.
6. Una vez calibrado el eje z procedemos a iniciar el mecanizado de desbaste.
7. Tras el desbaste tenemos que elevar el eje z desde el panel de control del ordenador y cambiar la broca. Insertaremos la ball nose de 1 mm y realizaremos un *work zero*, para que la CNC vuelva hasta los limitadores y regrese al punto de inicio del trabajo de desbaste (nuestro cero pieza).
8. A continuación, repetiremos la prueba z con la sonda para ajustar el eje z e iniciaremos la fase de refinado. Durante la fase de refinado debemos vigilar la acumulación de viruta y si es necesario aspirar con cuidado, y sin interferir con la máquina, para evitar que se derrita el metacrilato.



9. Finalizado el proceso de cajeado liberaremos la peana y la limpiaremos con una brocha para retirar las virutas del interior de la base. Ya solo queda comprobar si el encaje entre peana y mineral es bueno.

Para evitar que la peana se raye al moverla podemos colocarle un vinilo transparente en la base o unas gotas de silicona adhesivas.

Referencias:

Primeros pasos con Easel: <https://support.easel.com/hc/en-us/articles/360012848233-Start-Carving-in-Easel>

Cómo diseñar con Easel: <https://support.easel.com/hc/en-us/articles/360012593273-Designing-in-Easel>

Velocidad de corte y de avance en fresadora CNC: como calcularlas fácilmente
[https://www.tecnocorte.com/blog/fresadora-cnc-calculador-velocidad-de-corte-y-de-avance/#Velocidad de corte Vc](https://www.tecnocorte.com/blog/fresadora-cnc-calculador-velocidad-de-corte-y-de-avance/#Velocidad%20de%20corte%20Vc)

Calibrating your CNC axis and steps - Beginners guide
<https://www.youtube.com/watch?v=nGwUf8uNWBu>

Two-Stage Carves (Roughing and Detail Carves) <https://support.easel.com/hc/en-us/articles/360012453174-Two-Stage-Carves-Roughing-and-Detail-Carves>

YoraHome PCB Quick Probe https://yorahome.com/products/pcb-quick-probe?srsltid=AfmBOorY2ZclhviLEpBwZY2pGuNq_ZeDRH9EGcaoriOMmMdVNnBrZXF2&variant=44122940211413

VI. Cómo grabar la peana con una CNC de sobremesa

La peana personalizada no estará completa hasta que grabemos el nombre del mineral y su procedencia. Para ello podemos utilizar las tipografías que ofrece Easel, u optar por tipografías de un solo trazo que tendremos que ir a buscar a Inksape. La diferencia fundamental es el tiempo de grabado.

Por ejemplo, para la etiqueta:

CUPRITA
Mina Mashamba West0
República Democrática del Congo

Con la tipografía Abel, disponible en Easel, y una fresa en V de 60ª , con un configuración de 400mm/min de feed rate, 100mm/min plunge rate, una profundidad por pasada de 0.05, una velocidad en el husillo de 10000RMP y un plunge de 20º, tardemos en grabar la etiqueta 19 minutos.

Con la tipografía Hersey Sans Med para el nombre del mineral, y Readability para la localidad y país de origen, con la misma fresa y configuración, reducimos el tiempo de grabado a 4 minutos.

A cambio de la reducción del tiempo de grabado vemos limitadas las opciones tipográficas, sin embargo, son más que suficientes para el objetivo que nos ocupa, grabar el nombre del mineral y su procedencia.

Cómo crear la etiqueta en tipografía de un solo trazo con Inkscape

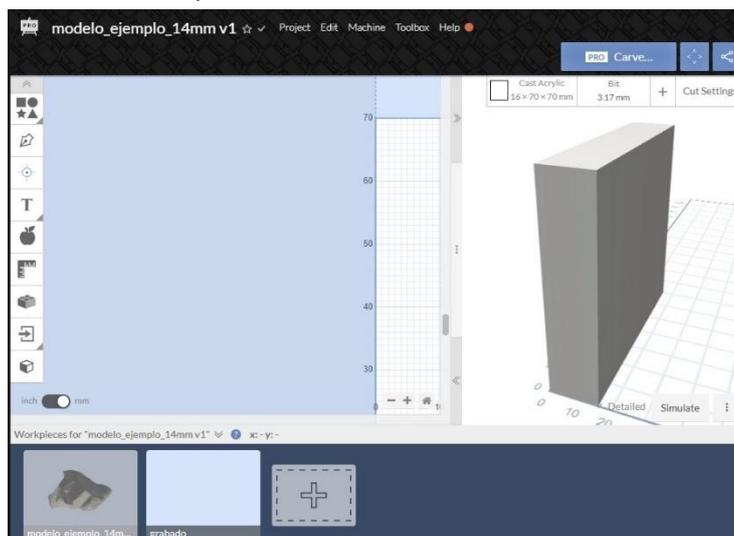
- Abrimos Inkscape y creamos un nuevo documento. Con la herramienta TEXTO escribimos el nombre del mineral y lo seleccionamos.
- A continuación vamos a la pestaña EXTENSIONES>Texto>Texto Hershey... y seleccionamos la tipografía hershey que más nos guste. La Hershey Sans Medium y la EMS Readability dan buenos resultados, aunque si nos gustan las tipografías serif podemos optar por la EMS Nixish, o las Hershey Serif Med o Bold.
- Repetimos el procedimiento si utilizamos tipografías distintas para el nombre del mineral y su procedencia.
- Una vez generado el texto lo seleccionamos (borrando el texto de base si hemos seleccionado conservar el original) y vamos EDICIÓN>Ajustar página a la selección.
- Una vez ajustado el tamaño del lienzo a la etiqueta guardamos como svg y ya tenemos el archivo listo para importarlo en Easel.

EMSAI lure	<i>BUENA BASE Minerales</i>
EMSEI fin	BUENA BASE Minerales
EMSFelix	<i>BUENA BASE Minerales</i>
EMSNixish	BUENA BASE Minerales
EMSNixishItalic	<i>BUENA BASE Minerales</i>
EMSOsmotron	BUENA BASE Minerales
EMSReadability	BUENA BASE Minerales
EMSReadabilityItalic	<i>BUENA BASE Minerales</i>
EMSTech	<i>BUENA BASE Minerales</i>
HersheyGothEnglish	<i>BUENA BASE Minerales</i>
HersheySans1	BUENA BASE Minerales
HersheySansMed	BUENA BASE Minerales
HersheyScript1	<i>BUENA BASE Minerales</i>
HersheyScriptMed	<i>BUENA BASE Minerales</i>
HersheySerifBold	BUENA BASE Minerales
HersheySerifBoldItalic	<i>BUENA BASE Minerales</i>
HersheySerifMed	BUENA BASE Minerales
HersheySerifMedItalic	<i>BUENA BASE Minerales</i>

Tipografías Hershey disponibles en Inkscape

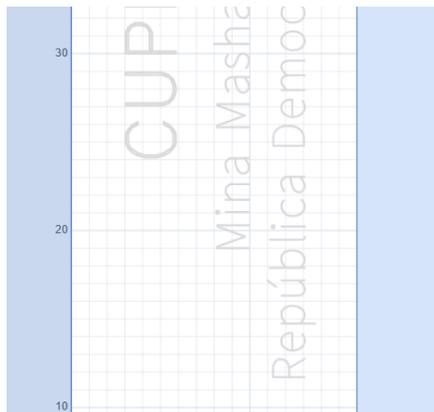
Cómo grabar peanas de metacrilato con Easel [Ver vídeo en YouTube]

1. Abrimos Easel y creamos una nueva zona de trabajo dentro del proyecto de la peana con la que estemos trabajando. Esta vez al configurar las dimensiones del material, el grosor de la peana será su ancho, y el fondo su espesor. Es decir, si para caजार la impresión del mineral hemos configurado una peana de 64x64x20 (70x70x20, menos el bisel), para grabar el lateral debemos configurar 16 (20, menos el bisel)x70x70mm.



2. Insertamos el archivo en svg generado en Inkscape desde el menú lateral IMPORT>SVG, y tras seleccionar todas las letras, ajustamos la profundidad de grabado en el panel CUT (a nosotros nos gusta el acabado a 0,1mm, configurando el *path* con pasadas de 0,05mm, que es el límite que nos permite configurar Easel). A continuación alineamos el diseño utilizando las opciones de panel SHAPE.

En este punto es importante agrupar cada línea antes de mover los elementos, ya que cada una de las letras, comas o tildes están sueltas y podemos perder algo por el camino si no se selecciona todo. Para ello seleccionamos la fila y pulsando el botón derecho del ratón, agrupamos (Ctrl+G). Alineamos los elementos y ajustamos los tamaños de las tipografías. Tras muchas pruebas (aunque seguimos probando), hemos comprobado que los nombres del mineral quedan bien a partir de los 3mm si van en mayúsculas. Las procedencias en minúscula nunca las bajamos de 1 mm, ya que empezamos a perder definición en las letras.



Cada cuadrado equivale a 1mm.

3. Colocamos la fresa de grabado y la configuramos. Las mejores fresas para grabar metacrilato son las fresas en V de 1 flauta con punta de 0.1mm, o por lo menos son con las que mejores resultados hemos obtenido hasta el momento. También funcionan bien las fresas piramidales, pero el trazado resultante es ligeramente más redondeado.
 - En cuanto a las velocidades, para una fresa en V de 60° con 1 flauta hemos conseguidos buenos acabados con un *feed rate* de 500 mm/min, un *plunge rate* de 100mm/min, y unas RPM de 11000, con un *plunge* de 20°.
 - Para la versión de la misma fresa pero con 90°, toda la configuración es igual excepto las RMP, que bajan a 10000.
 - Con brocas piramidales los mejores resultados han sido con la de 30° con un *feed rate* de 200mm/min, un *plunge rate* de 50mm/min, y una RPM de 12000.

Como siempre, cada máquina es un mundo, prueba y ajusta los parámetros según los resultados que vayas obteniendo.

Hemos probado muchas más fresas, entre ellas las planas en V que suelen venir incluidas con muchas máquinas. En acrílico no dan buenos resultados, o por lo menos nosotros no hemos conseguido obtenerlos. El resultado más aceptable lo obtuvimos con una de 20° con punta de 0,1mm, con un *feed rate* de 250mm/min, un *plunge rate* de 50mm/min, y 10000 RPM, pero no son nuestra primera opción.

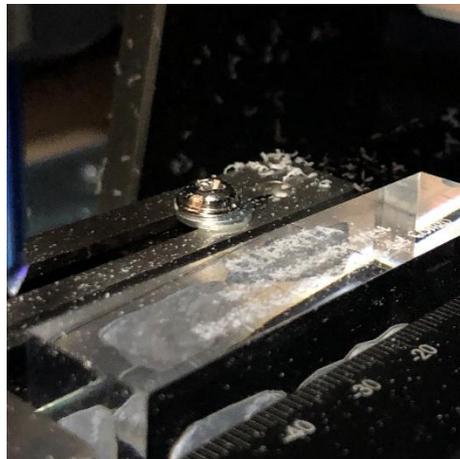
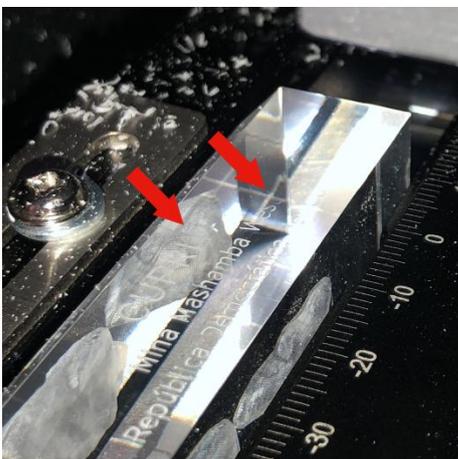
Una vez configurada la fresa y fijada la peana, ya solo queda seguir los pasos que marca el propio Easel para ajustar el cero pieza y comenzar el grabado, igual que con el cajeadado.

Nota: finalizado el grabado hay que revisar si ha quedado completo antes de soltar la peana de la mordaza, ya que el grabado incompleto es el principal problema con el que nos podemos encontrar. Si soltamos la peana, y la sacamos de la mordaza será muy complicado volver a alinear correctamente el grabado y perderemos la peana.

Principal problema con el grabado de peanas de metacrilato

Además de la limitación en la altura del eje z (que para la Genmitsu 3020 pro-max es de 78mm, lo que nos impide grabar peanas de más de 70mm), el problema más habitual es las irregularidad en la superficie de la cara que queremos grabar.

Cuando mecanizamos el cajeadado estas irregularidades solo las notamos en la primera pasada de la *flat nose*, que por una zona puede empezar a arrancar material y en otro no llegar ni a acariciar la peana. Pero en el grabado, donde la profundidad a la que vamos a “arrancar” material es de 0,1mm, con pasadas de 0,05mm, esas ligeras irregularidades provocan que iniciemos el grabado y en algunos puntos nos deje parte del texto sin grabar.

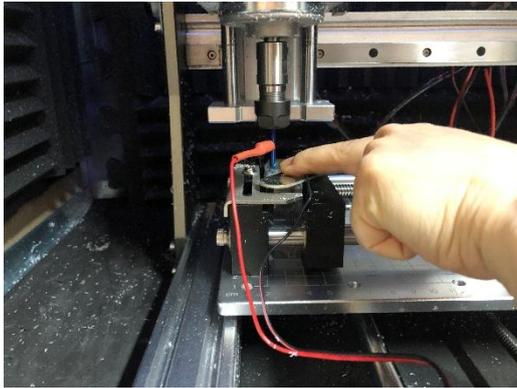


Las flechas señalan el punto en el que el grabado quedó incompleto. A la derecha tras ajustar el eje z en una segunda pasada.

Cómo solucionar un grabado incompleto

Si grabamos y nos quedan zonas sin grabar para solucionarlo debemos ajustar el eje z de forma manual después de hacer la prueba z con la sonda.

1. Hacemos la prueba z con la sonda (aquí es donde se vuelve imprescindible una sonda ultrafina como la YoraHome).



2. Salimos del proceso de grabado.
3. Volvemos a iniciar el proceso de grabado.
4. Ajustamos la prueba z de forma manual bajando el eje Z con panel de control de Easel hasta -0,05 o -0,1mm.
5. Finalizamos la prueba z para que ese -0.1 sea el nuevo 0 pieza.
6. Iniciamos de nuevo el grabado.

Si siguen quedando zonas sin grabar repetiremos el procedimiento bajando un poco más, -0,12mm por ejemplo. Siempre de forma progresiva. Nunca debemos seguir este procedimiento antes del primer grabado ya podríamos romper la punta de la fresa.



El grabado de esta peana quedó incompleto en la primera pasada, quedando sin grabar las últimas letras de cada línea. Con el z corregido pudimos salvar la peana.

Referencias:

Create Single Line Text with Inkscape <https://support.shapertools.com/hc/en-us/articles/360055222354-create-a-single-line-text-with-inkscape>