



Erasmus+



3D4ELDERLY

PROJECT NUMBER: 2020-1-LT01-KA204-077896

I01A1 - Transferencia de conocimientos sobre los conceptos básicos de la impresión 3D al personal encargado del cuidado de personas con Alzheimer y personas mayores con demencia.

CONSORTIUM OF PARTNERS:



«El apoyo de la Comisión Europea para esta publicación no supone un respaldo de los contenidos, que reflejan únicamente el punto de vista de los autores. La Comisión no se hace responsable de cualquier uso que se le pueda dar a la información contenida.»



Índice de contenidos

Índice de contenidos	2
1. Introducción a la fabricación aditiva	4
1.1. ¿Qué es el prototipado rápido?	4
1.2. ¿Qué es la fabricación aditiva?	5
1.3. ¿Cómo funciona la impresión 3D?	7
2. Principales tecnologías de impresión 3D	8
2.1 Modelado por Deposición Fundida (MDF)	8
2.1.1. MDF Procesos, materiales, áreas de aplicación	9
2.1.2. MDF Fortalezas y debilidades	9
2.2. Estereolitografía (SLA)	10
2.2.1. SLA: Procesos, materiales, áreas de aplicación	10
2.2.2. SLA: Fortalezas y debilidades	11
2.3 Sinterizado Selectivo por Láser (SLS)	11
2.3.1. SLS: Procesos, materiales, áreas de aplicación	11
2.3.2. SLS: Fortalezas y debilidades	12
2.4. Inyección de fotopolímero (POLYJET)	13
2.4.1. POLYJET: Procesos, materiales, áreas de aplicación	13
2.4.2. POLYJET: Fortalezas y debilidades	13
2.5. Fusión selectiva por láser (SLM)	14
2.5.1. SLM: Procesos, materiales, áreas de aplicación	14
2.5.2. SLM: Fortalezas y debilidades	14
2.6. Fusión por haz de electrones (EBM)	15
2.6.1. EBM: Procesos, materiales, áreas de aplicación	15
2.6.2. EBM: Fortalezas y debilidades	15
2.7. Inyección de aglutinante con electrones	16
2.7.1. Inyección de aglutinante con electrones: Procesos, materiales, áreas de aplicación	16
2.7.2. Inyección de aglutinante con electrones: Fortalezas y debilidades	16
3. Fabricación de piezas con impresión 3D. Proceso	17
3.1. Obtención del modelo digital	18
3.2. Exportar el archivo STL	19



3.3. Obtención del G-Code	20
3.4. Impresión 3D	24
3.5. Extracción de piezas	25
4. Materiales de la impresión 3D	26
5. Límites	26
6. Usos prácticos de la impresión 3D. Ejemplo	27
	31

1. Introducción a la fabricación aditiva

La fabricación aditiva o impresión 3D (su nombre más conocido) es un proceso de creación de objetos físicos a partir de un diseño digital. Existen distintas tecnologías de impresión 3D y materiales para la impresión, pero todos se basan en el mismo principio: un modelo digital se convierte en un objeto sólido tridimensional construyendo una capa de material sobre otra.

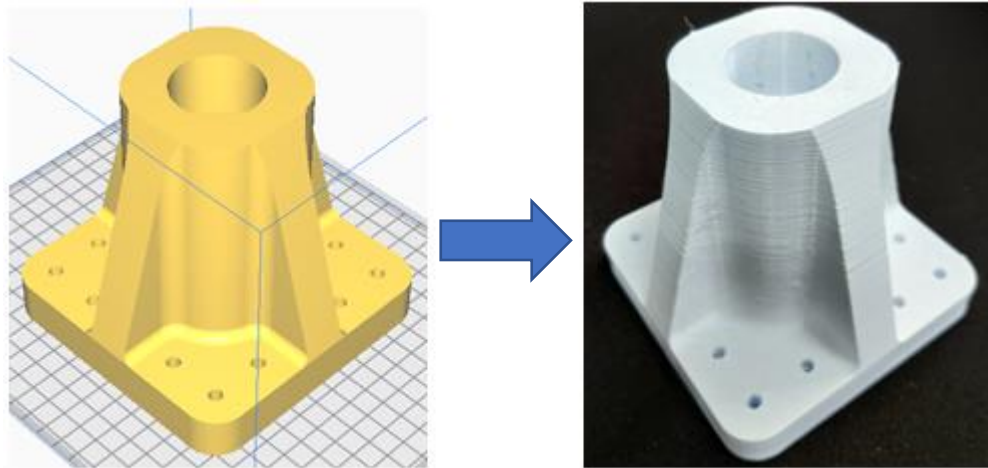


Figura 1. Del modelo digital al objeto físico. Fuente: CETEM.

1.1. ¿Qué es el prototipado rápido?

El prototipado rápido es un proceso automático de fabricación rápida de prototipos físicos a partir de archivos CAD 3D compuestos de una calidad de superficie o modelos sólidos.

Cualquier proceso de fabricación se puede clasificar como sustractivo, formativo o aditivo. Cada proceso de fabricación se clasifica o bien en una de estas categorías o es un proceso híbrido mezcla de más de una. En el terreno de la fabricación se alcanza la productividad cuando se lleva el concepto al mercado de manera rápida y económica. La tecnología de prototipado rápido ayuda a este proceso.

No debemos confundir el prototipado rápido con la impresión 3D o la fabricación aditiva, ya que estos conceptos se suelen usar indistinta y erróneamente en muchas ocasiones. La fabricación aditiva es una de las tecnologías con las que se fabrican productos de prototipado rápido.

Se debe señalar el hecho de que estas tecnologías y procesos tienen un punto en común de inicio: el diseño asistido por ordenador (CAD).



Figura 2. Molde y piezas de silicona creadas con técnicas de prototipado rápido. Fuente: CETEM.

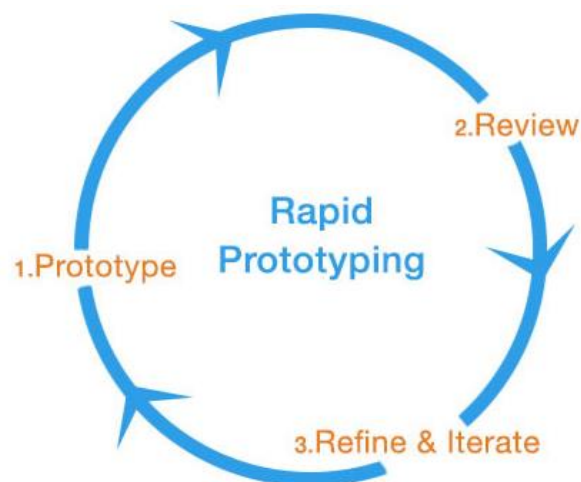


Figura 3. El concepto de prototipado rápido. Fuente: <https://www.linkedin.com/pulse/rapid-prototyping-tool-mindset-future-business-fiona-triaca/>

1.2. ¿Qué es la fabricación aditiva?

Para comenzar, es importante señalar que la fabricación aditiva no es una sola tecnología, sino un conjunto de procesos de fabricación que son distintos entre ellos, pero que tienen tres características en común:

1. Se trata de procesos de fabricación por adición de material para construir un modelo tridimensional.
2. El objeto se construye superponiendo sucesivamente capas de material.
3. El objeto es resultado de un modelo digital en 3D.

Se denominan procesos de fabricación ADITIVA para diferenciarlos de otros procesos convencionales. Junto a estos últimos forman un conjunto de procesos que están a disposición de la industria.

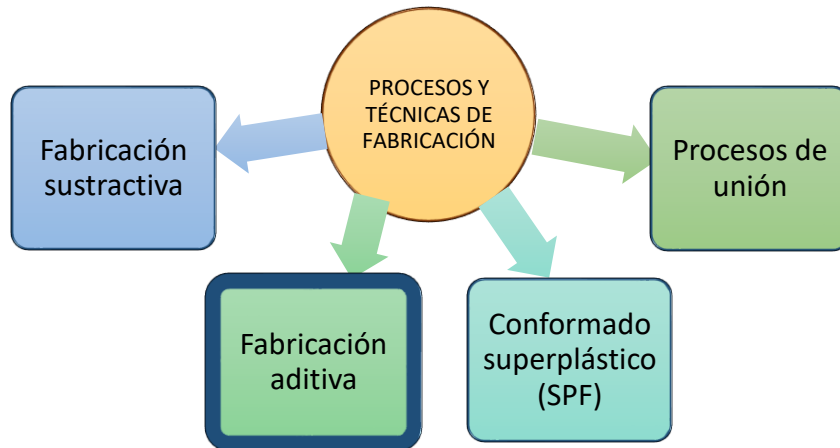


Figura 4. Procesos y técnicas de fabricación. Fuente: CETEM.

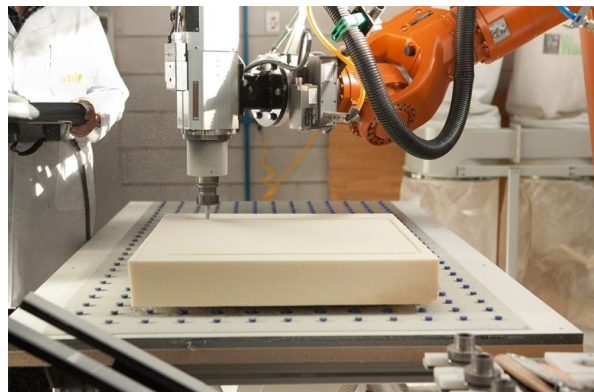


Figura 5. Ejemplo de fabricación sustractiva. Fuente: CETEM.



Figura 6. Soldadura. Ejemplo de procesos de unión. Fuente:
<http://www.minaprem.com/joining/welding/introduction/definition-of-welding/>

1.3. ¿Cómo funciona la impresión 3D?

Todo comienza cuando se crean u obtienen los diseños virtuales del objeto que se va a fabricar. El diseño virtual se puede crear en un archivo CAD (diseño asistido por ordenador) usando un programa de modelado 3D (para crear un objeto totalmente nuevo) o gracias al uso de un escáner 3D (para copiar objetos ya existentes). Un escáner 3D crea copias digitales 3D de un objeto. Además, hay una gran cantidad de repositorios en línea de archivos 3D que se pueden descargar y que sirven para empezar a imprimir.

El proceso de impresión 3D convierte un objeto en muchas capas diminutas que va construyendo desde la base, una a una. Las capas son las que conforman el objeto

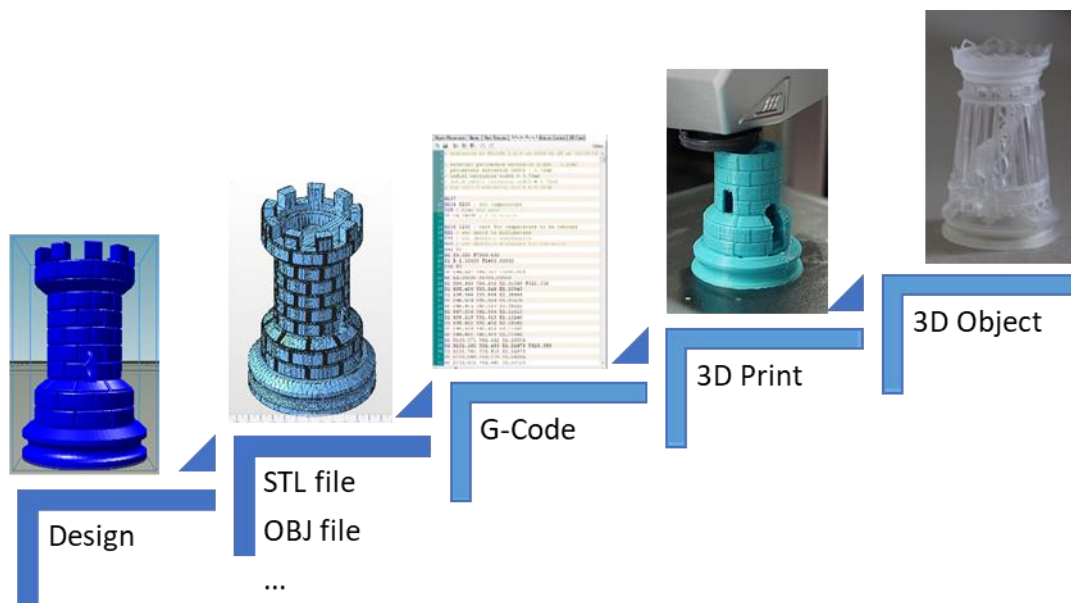


Figura 7. Proceso de impresión 3D. Fuente: Karlsruher Institut für Technologie.

sólido.



2. Principales tecnologías de impresión 3D

Las siguientes tecnologías están clasificadas como las principales tecnologías de impresión 3D que ofrece el mercado:

- Modelado por Deposición Fundida (MDF).
- Estereolitografía (SLA).
- Sinterizado Selectivo por Láser (SLS).
- Inyección de fotopolímero (POLYJET).
- Fusión selectiva por láser (SLM).
- Fusión por haz de electrones (EBM).
- Inyección de aglutinante con electrones.
- Fabricación continua de filamentos.
- Inyección de materiales.

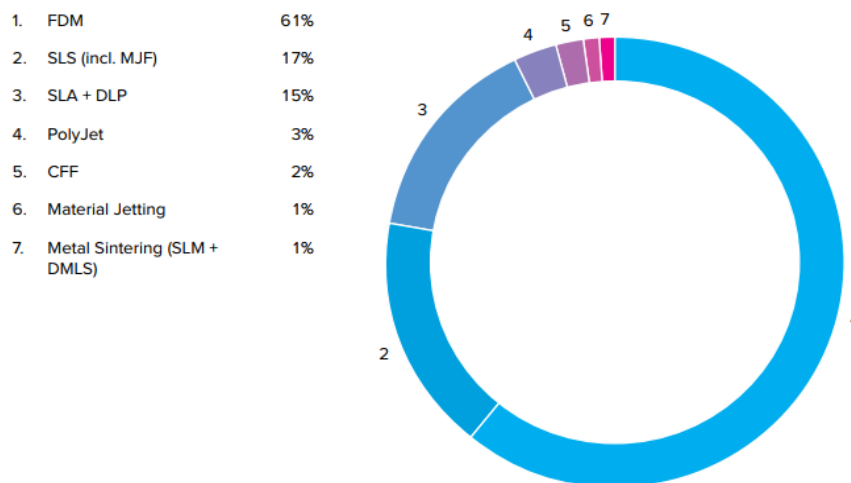


Figura 8. Tecnologías más usadas según el informe. (2017). Fuente: <https://f.3dhubs.com/yZgXoWzB88BhMHwG9fo3mV.pdf>

A continuación vamos a profundizar un poco más en cada una explicando su proceso, materiales disponibles, áreas de aplicación y puntos a favor y en contra.

2.1 Modelado por Deposición Fundida (MDF)

2.1.1. MDF Procesos, materiales, áreas de aplicación

Las impresoras domésticas funcionan con filamentos de plástico. A esta tecnología nos solemos referir como modelado por deposición fundida (MDF) y consiste en la extrusión de un polímero termoplástico a través de una boquilla caliente que se deposita en una base de impresión. El MDF también se considera una forma de fabricación aditiva, que es al mismo tiempo un «proceso de unión de materiales para crear objetos a partir de datos de un modelo 3D, normalmente capa a capa».

En este proceso, un filamento de plástico se va suministrando desde un carrete a la boquilla donde el material se licua y se dibuja sobre la plataforma o cama de impresión. En cuanto toca la plataforma de construcción, el filamento se endurece conforme se va depositando, siguiendo una estructura concreta hasta crear el modelo 3D final. Cuando se dibuja una capa, la plataforma baja la distancia del espesor de una capa para que la impresora pueda trabajar en la siguiente capa.

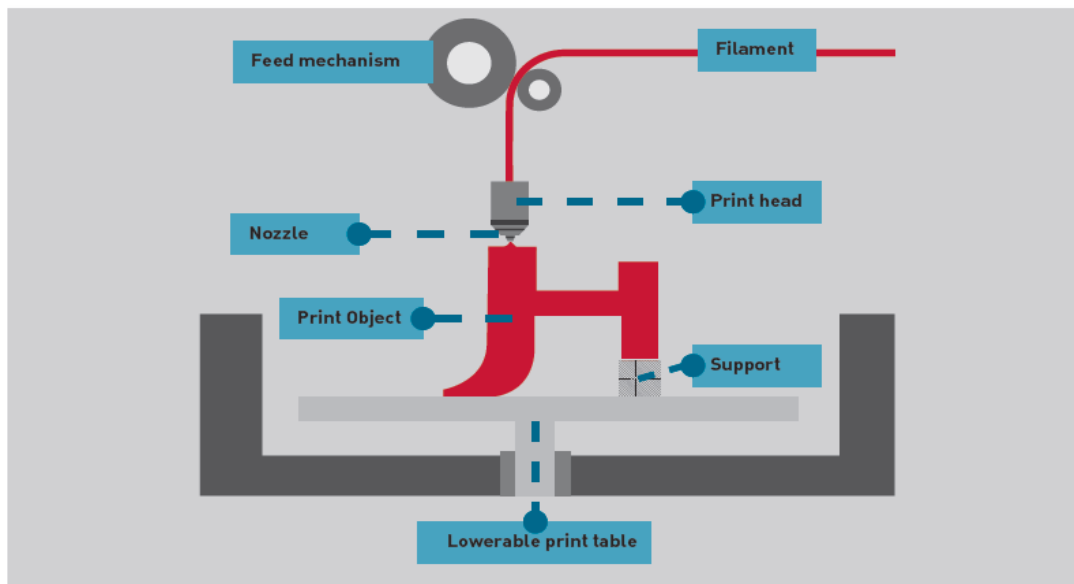


Figura 9. Esquema de la tecnología MDF. Fuente: <https://i.materialise.com/blog/3d-printing-technologies-and-materials/>

Existen muchos materiales que pueden usarse con esta tecnología. Los más comunes son PLA (ácido poliláctico), ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) y nailon (poliamida).

El MDF se suele usar para prototipos no funcionales para generar piezas concepto, modelos funcionales, prototipos en general, fabricación de herramientas y modelado, así como piezas de uso final.

2.1.2. MDF Fortalezas y debilidades

Aquellas personas que quieren centrarse en el modelado por deposición fundida tienen una ventaja inicial; de hecho, las impresoras de MDF están entre las más baratas y asequibles para todos los que desean usarlas en un entorno doméstico.



El MDF es una tecnología muy limpia, normalmente fácil de usar y cabe en un despacho. Esta tecnología genera también geometrías complejas y cavidades que serían muy difícil conseguir de otro modo.

En cuanto a su precisión, los resultados en 3D no alcanzan el mismo nivel que otras tecnologías como la SLA o SLS. Con todo, el resultado es de bastante calidad.

2.2. Estereolitografía (SLA)

2.2.1. SLA: Procesos, materiales, áreas de aplicación

La estereolitografía (SLA) es un proceso basado en la luz en el que se construyen capas individuales de un modelo con polímero líquido, endurecido por un rayo láser. Es la primera tecnología en la historia de la impresión 3D, pero se sigue usando mucho aún hoy en día.

Después de cada capa, el tanque de resina se mueve para liberar el material ya endurecido. La cama en este caso se mueve hacia arriba entre 25 y 200 micrómetros, según la altura de capa definida para que dé comienzo la solidificación de la siguiente capa.

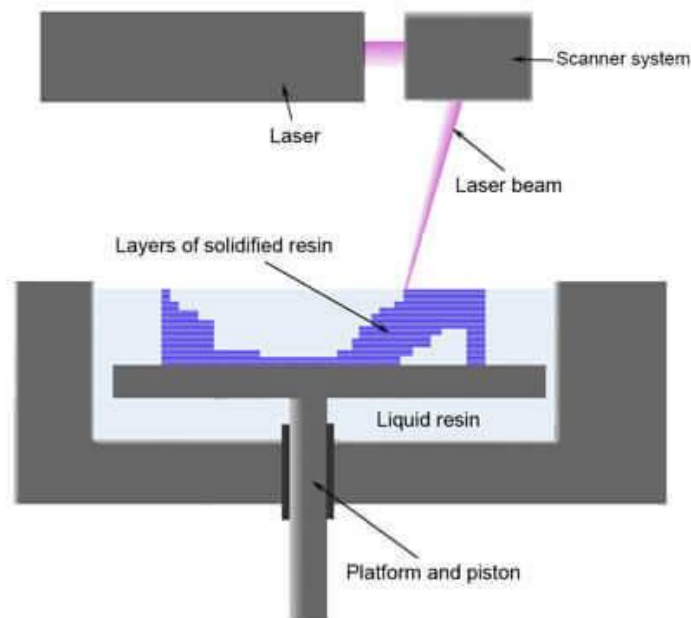


Figura 10. Esquema de la tecnología SLA. Fuente: <https://all3dp.com/1/best-resin-dlp-sla-3d-printer-kit-stereolithography/>

Cuando hablamos de materiales, la estereolitografía ofrece una variedad de opciones que se pueden resumir en tres categorías. En la primera se pueden usar resinas que aceptan pintura. Los otros dos tipos de materiales resinosos son resina transparente e imprimaciones grises.



Los modelos resultado de la estereolitografía suelen ser maquetas visuales de alta calidad. Los departamentos de diseño e ingeniería emplean modelos como prototipos visuales o como parte de sus presentaciones, pero funcionan especialmente bien con modelos de juguetes y de figuras. La estereolitografía se puede aplicar a muchas áreas. A día de hoy, es más popular en los ámbitos del automóvil, aeroespacial, médico y bienes de consumo.

2.2.2. SLA: Fortalezas y debilidades

De entre todas las tecnologías de impresión 3D, la estereolitografía es una de las mejores; sus ventajas residen principalmente en la alta calidad de las impresiones 3D. Con esta tecnología se pueden construir geometrías muy complejas y al mismo tiempo preservar su calidad y detalles.

Sin embargo, los costes son una de sus mayores debilidades. Otra de las debilidades de esta tecnología es el hecho de que las resinas líquidas son por lo general tóxicas e irritantes.

2.3 Sinterizado Selectivo por Láser (SLS)

2.3.1. SLS: Procesos, materiales, áreas de aplicación

El sinterizado selectivo por láser (SLS) es una técnica que usa un láser como fuente de energía para formar objetos sólidos. La diferencia principal entre el SLS y la SLA es que el SLS usa material en polvo en el área de fabricación en lugar de resina líquida.

El sinterizado selectivo por láser no requiere el uso de estructuras de apoyo, por tanto se necesitan menos materiales para que la impresora funcione. De hecho, el objeto se imprime rodeado de polvo sin sinterizar.

El proceso emplea un láser para sinterizar de manera selectiva una capa de gránulos, y así se une el material para crear una forma sólida. Al final de este proceso, el objeto puede estar muy caliente y, por tanto, se deja enfriar antes de sacarlo de la máquina.

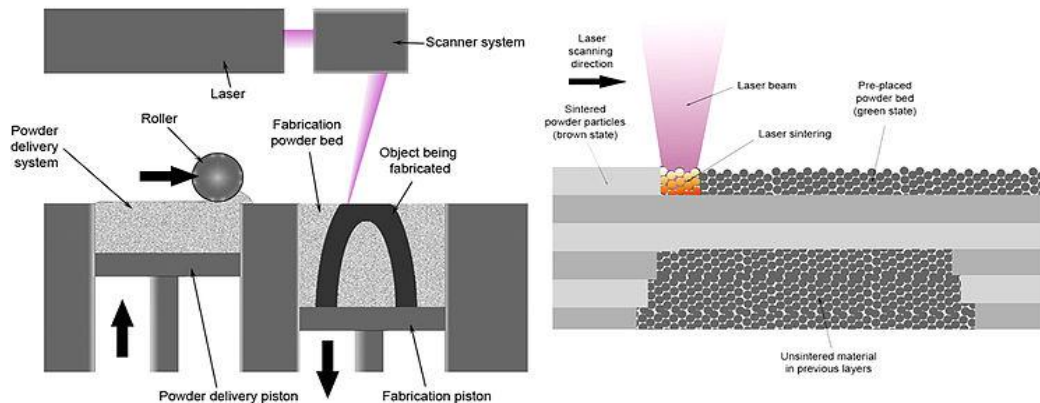


Figura 11. Esquema de la tecnología SLS. Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Selective_laser_sintering#Technology

El uso del SLS permite emplear una gran variedad de materiales, desde nailon, vidrio o cerámicos, a aluminio, plata e incluso acero. Sin embargo, algunos de ellos, como los cerámicos, no se sinterizan con láser. En este caso se usa un aglutinante para unir las partes, lo que se suele conocer con el nombre de impresión 3D basada en polvo y aglutinante.

Las áreas de aplicación de esta tecnología abarcan desde el sector automovilístico a los bienes de consumo. En concreto, en el caso del desarrollo de productos y prototipado rápido, se aplica en un amplio abanico de industrias comerciales, así como en la fabricación de tiradas limitadas de piezas para usuarios. Por ejemplo, en la industria aeroespacial, el SLS se usa para construir prototipos para componentes de aeronaves.

2.3.2. SLS: Fortalezas y debilidades

Una de sus principales ventajas es el hecho de que no necesita ninguna estructura de apoyo, ya que el polvo en la cubeta sirve como apoyo para la pieza. La segunda ventaja del SLS es que puede resolver geometrías muy complejas. Algunos productos son tan complejos que su producción sería muy difícil sin esta tecnología.

Sin embargo, la impresión con SLS suele manifestar una superficie porosa, lo que, al igual que el modelado por deposición fundida, implica unos tratamientos posteriores.

2.4. Inyección de fotopolímero (POLYJET)

2.4.1. POLYJET: Procesos, materiales, áreas de aplicación

La inyección de fotopolímero es una tecnología de impresión 3D que emplea unos cabezales de inyección de tinta que inyectan fotopolímeros líquidos sobre una cama. Cuando el material toca la plataforma se inicia de inmediato un proceso de curado con lámparas UV que lo endurecen. La máquina, entonces, procede con las capas superiores.

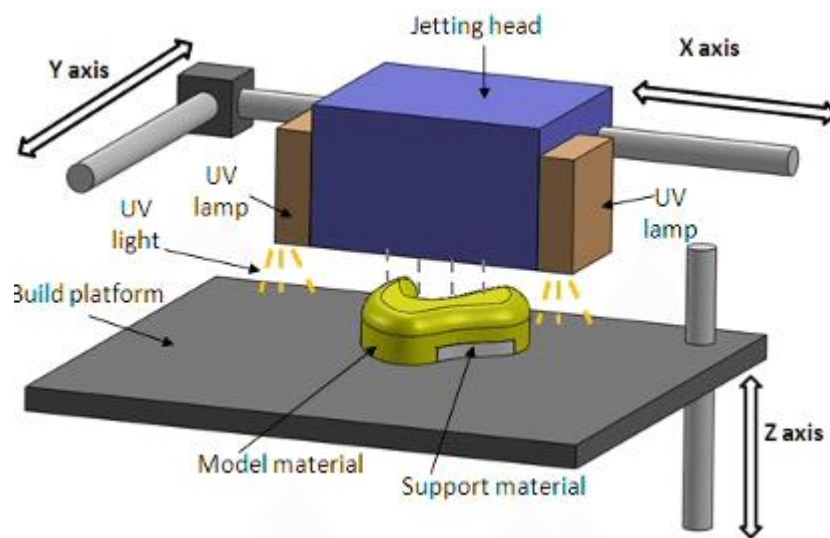


Figura 12. Esquema de la tecnología POLYJET. Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Schematic-representation-of-PolyJet-printing-process_fig1_318112255

Las áreas de aplicación incluyen prototipos que se pueden fabricar con varios materiales de distintos colores y buenos acabados superficiales. Por esta razón las piezas de inyección de fotopolímero se suelen usar para el testeo visual y de formas. También se usan en patrones de moldeado, junto con herramientas para el moldeado por inyección de series y prototipos muy pequeños.

2.4.2. POLYJET: Fortalezas y debilidades

El lado positivo de esta tecnología es que se pueden usar más materiales al mismo tiempo, lo que permite que el resultado final tenga más colores. Al mezclar las distintas proporciones de materiales, el resultado quedará modulado de manera funcional, y construido para crear, por ejemplo, distintos grados de dureza en sus partes. Una de sus ventajas es que también da como resultado unas buenas superficies de acabado y gran precisión.



Sin embargo, entre los inconvenientes se incluyen el hecho de que su uso está muy limitado por los materiales fotopoliméricos. Es más, el precio de esta tecnología, que incluye la compra de la máquina y de los materiales, suele ser caro y como tecnología se considera bastante compleja.

2.5. Fusión selectiva por láser (SLM)

2.5.1. SLM: Procesos, materiales, áreas de aplicación

La fusión selectiva por láser es una tecnología de impresión 3D que funciona mediante un láser que selecciona y distribuye el material en forma de polvo sobre una cama. El polvo se funde y se distribuye capa a capa. Mediante la repetición de este proceso en el que se cubre con polvo y se funde en los puntos necesarios, se van formando sobre la cama las partes del objeto.

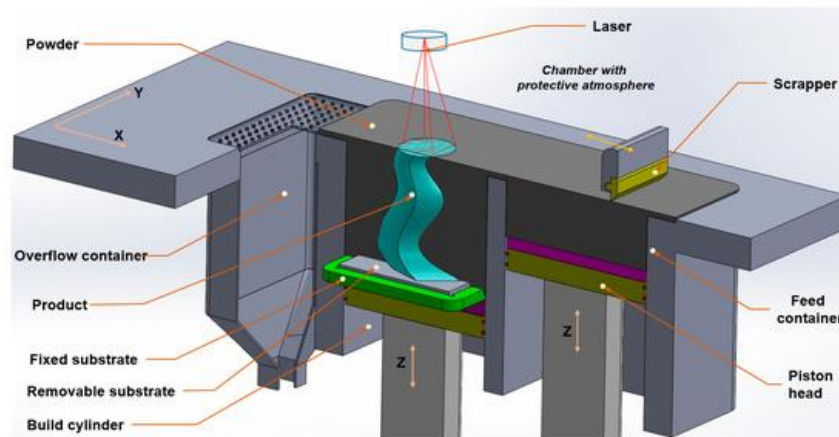


Figura 13. Esquema de la tecnología SLM. Fuente https://www.mdpi.com/applsci/applsci-09-03031/article_deploy/html/images/applsci-09-03031-g001-550.jpg

Las áreas de aplicación de la SLM incluyen los prototipos de metales estándar para las pruebas de forma, de ajuste y funcionales, las piezas de apoyo, piezas pequeñas en serie y herramientas para la inyección. El SLM se puede emplear para crear productos dentales y piezas anatómicas, así como componentes mecánicos; por ejemplo, componentes ligeros usados en la construcción de aeronaves.

2.5.2. SLM: Fortalezas y debilidades

La ventaja de la fusión selectiva por láser es que se pueden emplear metales estándar con una alta densidad de hasta un 99% y con buenas propiedades mecánicas.



El inconveniente es que el proceso es más bien lento. Y lo que es más importante, el precio no se lo puede permitir cualquiera, lo que lo convierte en una solución que no es rentable.

2.6. Fusión por haz de electrones (EBM)

2.6.1. EBM: Procesos, materiales, áreas de aplicación

Al igual que ocurriría con la SLM, la fusión por haz de electrones es una tecnología de impresión 3D y fabricación aditiva que crea piezas metálicas. El proceso consiste en una fina capa de polvo metálico que se funde de manera selectiva mediante un haz de electrones. Las piezas se levantan capa a capa sobre una cama de polvo. La diferencia con la SLM es que se usa un haz en lugar de un láser. La máquina distribuye una capa de polvo metálico sobre la cama mientras el haz de electrones la funde. Después, la cama se desplaza hacia abajo y se cubre la siguiente capa con polvo del metal.

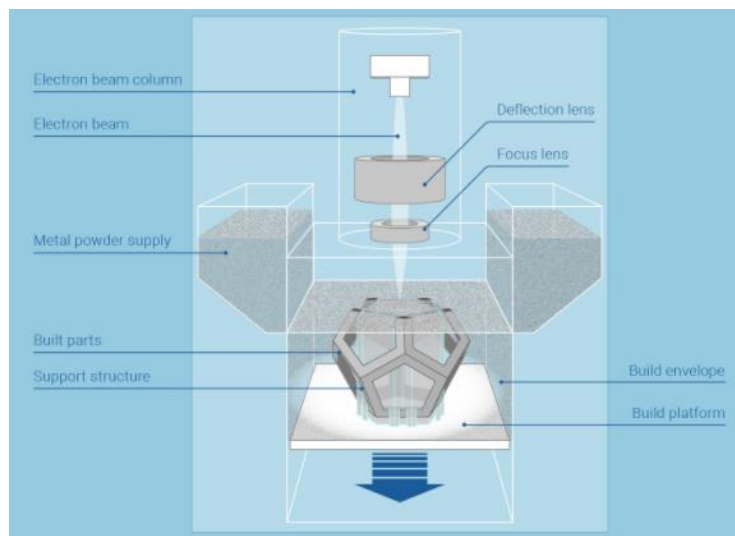


Figura 14. Esquema de la tecnología EBM. Fuente: <https://www.additively.com/en/learn-about/electron-beam-melting>

Las áreas de aplicación incluyen principalmente los sectores dental, médico y del automóvil. En concreto, la EBM se usa para crear implantes médicos y modelos de tejido óseo.

2.6.2. EBM: Fortalezas y debilidades



La ventaja del uso de la EBM es que se pueden emplear metales estándar de hasta un 99% de densidad. En comparación con la fusión láser, esta tecnología genera un estrés térmico menor en las piezas y, por tanto, requiere una menor estructura de apoyo. Es más, se considera que es un proceso más rápido que la SLM. Su precisión también está catalogada como razonable.

Entre los inconvenientes se incluye el precio tanto de materiales como de la máquina, que pueden ser muy caros al mismo nivel que en la SLM. Los procesos posteriores requieren como norma general la eliminación de su envoltorio, del polvo, del proceso térmico, la eliminación de apoyos y de las estructuras de posmecanizado, y finalmente de las superficies de acabado.

2.7. Inyección de aglutinante con electrones

2.7.1. Inyección de aglutinante con electrones: Procesos, materiales, áreas de aplicación

Al igual que pasaba con la POLYJET, la inyección de aglutinante con electrones es una tecnología de impresión 3D que usa una impresión con cabezales de inyección de tinta que aplican un agente adhesivo líquido a las finas capas de polvo. La máquina funciona de tal manera que distribuye una capa sobre la cama que al mismo tiempo desciende cuando se ha distribuido la nueva capa de polvo. El proceso se repite hasta que la pieza está completa sobre la cama.

Las áreas de aplicación de la tecnología de inyección de aglutinante incluyen el sector de la arquitectura y la mecánica. Las macetas y otros objetos genéricos del hogar son un ejemplo específico de productos que se crean con esta tecnología.

2.7.2. Inyección de aglutinante con electrones: Fortalezas y debilidades

Una de las ventajas de usar esta tecnología es que no existen estructuras de apoyo. Las partes construidas están apoyadas sobre la cama de polvo sin fundir. El volumen de construcción se puede rellenar con varias piezas, mediante apilamiento vertical o en pirámide de las partes.

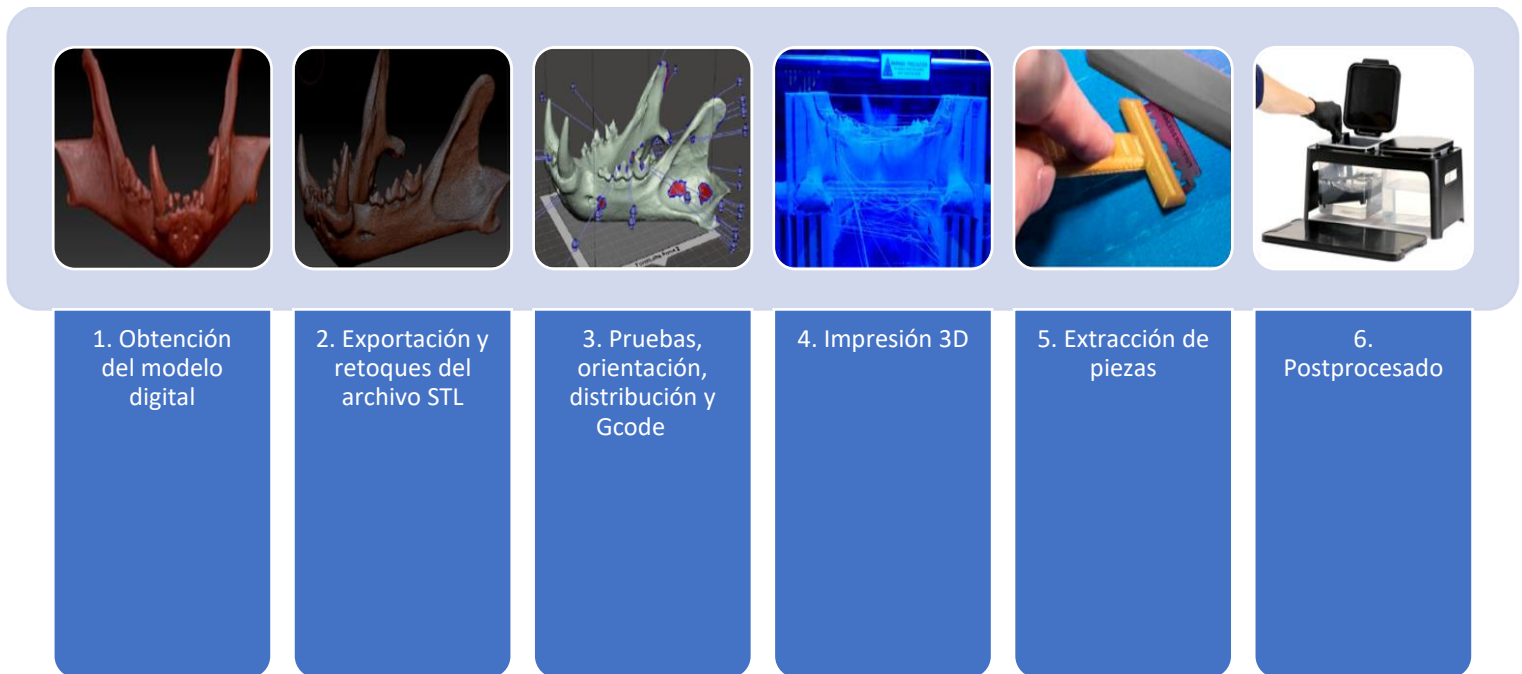
El proceso es rápido, de poca complejidad y relativamente barato, ya que las partículas de polvo se aglutinan, frente a la EBM en donde el material se funde en un entorno gaseoso protector. Algunas máquinas pueden aplicar colores y, por tanto, producir partes a color. El inconveniente es que el resultado incluye partes frágiles con propiedades mecánicas limitadas.

3. Fabricación de piezas con impresión 3D. Proceso

En este capítulo se describen todos los procesos y pasos necesarios para comenzar con el diseño digital y obtener la pieza impresa.

Cabe mencionar que no hay un único proceso válido para la impresión de piezas tridimensionales. Los contenidos de esta guía son una serie de pasos que se deben adaptar al tipo de pieza, tecnología, máquina e incluso software que se esté usando. Es más, el proceso que se describe a continuación va orientado mayormente a impresoras de modelado por deposición fundida (MDF).

El proceso de producción, en general, es el siguiente:



Hay que tener en cuenta que los consejos que se dan en cada paso del proceso son indicativos y generales. Esto significa que los consejos no se deberían seguir al pie de la letra. En el proceso de producción de impresión 3D, la experiencia, las características de las piezas, el uso de la máquina, etc. suponen un peso considerable. Damos por hecho que una persona con poca o ninguna experiencia imprimirá muchas piezas en 3D con fallos antes de cogerle el truco.

Además, conviene reforzar que los pasos obligatorios son los siguientes:

- Obtener el modelo digital
- Exportar el archivo STL
- Obtener el G-Code
- Impresión 3D
- Extraer las piezas



Cada uno de estos pasos del proceso de producción se explica con más detalle y profundidad a continuación.

3.1. Obtención del modelo digital

Hay muchas formas de obtener un modelo digital o 3D de lo que se desea imprimir. Existen tres posibilidades:

- **Usar un software CAD para diseñar el modelo.** Hay muchos software de diseño asistido por ordenador para modelar objetos y no hay una opción mejor que otra, todo depende del usuario y de sus habilidades.

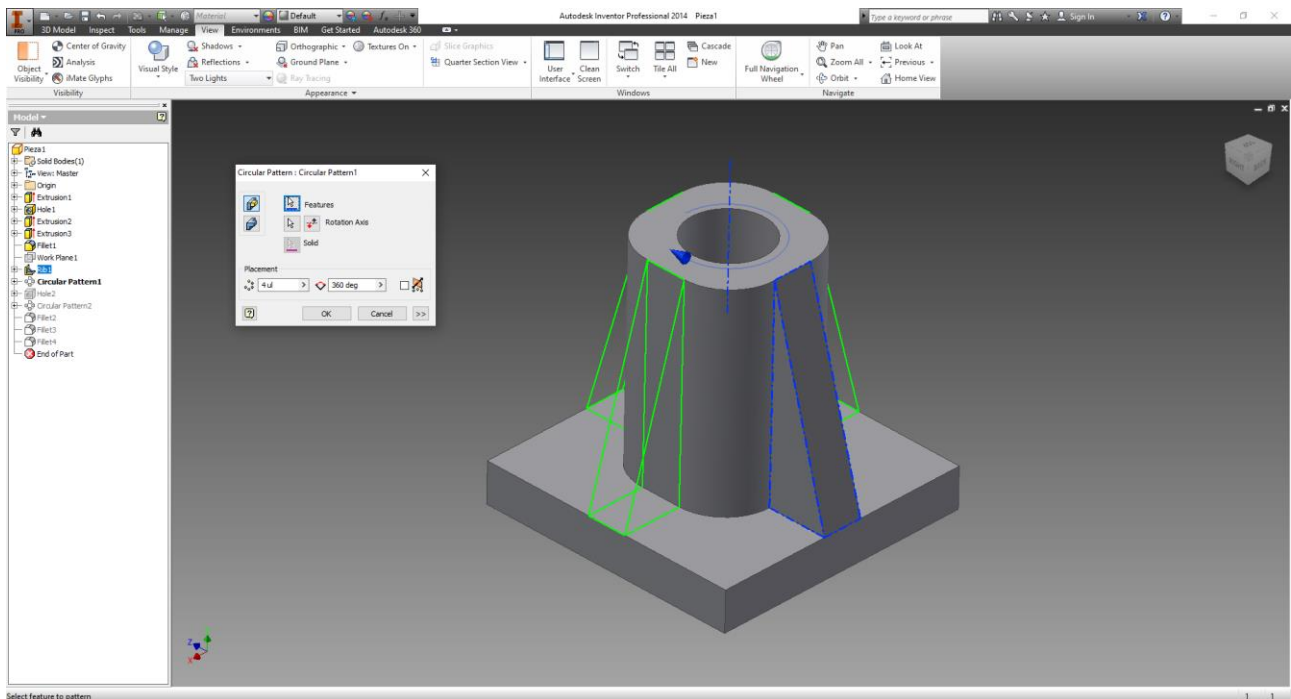


Figura 15. Modelo con Autodesk Inventor 2014. Fuente: CETEM

- **Obtener una geometría con ingeniería inversa y escáneres 3D.** En este caso se usa un escáner 3D para obtener la geometría de un objeto real en digital. No se trata de un proceso sencillo y se requiere cierta habilidad y experiencia para ello. Además, hay distintos tipos de escáner 3D y suelen ser caros. La ingeniería inversa es el proceso de copia, mejora y personalización real de objetos, que también incorporan superficies complejas a la pieza modelada en 3D.

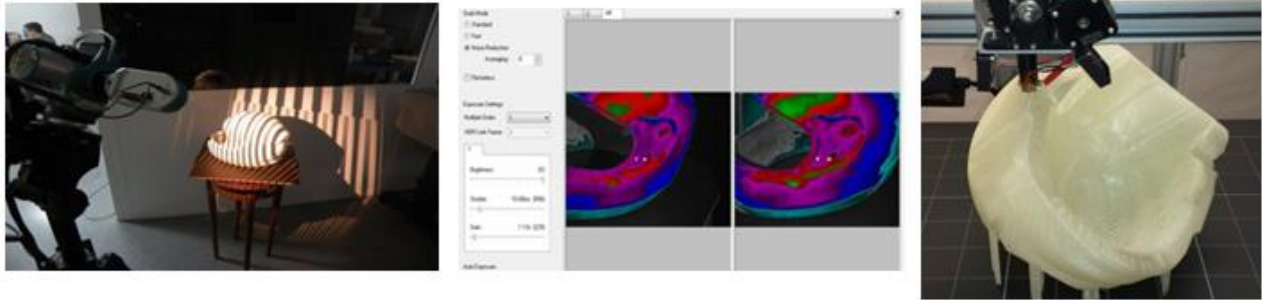


Figura 16. Ingeniería inversa sobre un casco. De izquierda a derecha: escáner 3D, rediseño e impresión 3D.
Fuente: CETEM.

- **Descargar el modelo de un repositorio.** Si no cuenta con el conocimiento para diseñar un modelo 3D asistido o si no tiene el equipo necesario (o software, o incluso el conocimiento) para aplicar un proceso de ingeniería inversa, la mejor opción es descargar el modelo de un repositorio. Existen repositorios específicos para impresión 3D, con archivos casi listos para ser impresos o repositorios de modelos digitales genéricos, con todo tipo de archivos CAD.

Los mejores repositorios de 2021 se pueden encontrar aquí:
<https://all3dp.com/1/free-stl-files-3d-printer-models-3d-print-files-stl-download/>

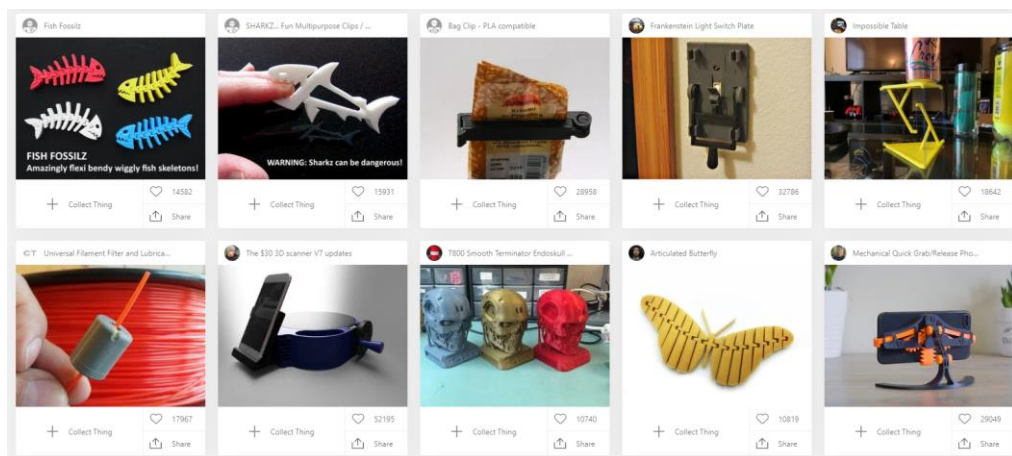


Figura 17. Ejemplo de repositorio: Thingiverse. Fuente: Thingiverse.

3.2. Exportar el archivo STL

Cuando se trabaja en el diseño e impresión de modelos 3D, hay a disposición un amplio abanico de formatos y tipos de archivo. Algunos están pensados para su



diseño o escaneo, otros están asociados a la impresión 3D, como: STL, OBJ, PLY o FBX, entre otros.

Cuando se diseña y modela la pieza, se necesita realizar una conversión al formato STL. Si la pieza se ha descargado de un repositorio, esta conversión suele haberse hecho con anterioridad.

STL significa "Standard Triangle Language", es decir, lenguaje triangulado estándar. En otras palabras, este formato usa triángulos unidos para recrear las superficies del modelo sólido. Según la complejidad del modelo, se necesitan más o menos triángulos (y de mayor o menor tamaño) para recrear el objeto y varía el tamaño del archivo.

Normalmente, exportar un diseño CAD al formato STL es tan fácil como usar el menú del programa y hacer clic en «Guardar como...» o «exportar» y elegir la opción de formato STL.

3.3. Obtención del G-Code

Esta etapa del proceso de fabricación por impresión 3D tiene como objetivo preparar las piezas o modelos digitales (una vez exportados a STL) para su impresión.

Se trata de avanzar en el siguiente proceso, con un orden:

- analizar la pieza o modelo: espesor, oquedades, estabilidad, ángulos, malla triangular, etc. (no es siempre necesario).
- diseñar las estructuras de apoyo o generarlas de manera automática.
- elegir el relleno del modelo, tanto su porcentaje como su forma.
- localizar las piezas en la superficie de impresión (o cama) y seleccionar la orientación más adecuada.
- generar el código de la máquina o G-code.

En lo que a las **estructuras de apoyo** se refiere, son necesarias para superar la gravedad e imprimir partes que cuelgan (o que tienen oquedades). Estas estructuras suelen estar hechas con el mismo material y suelen necesitar 45 grados (en impresoras MDF):

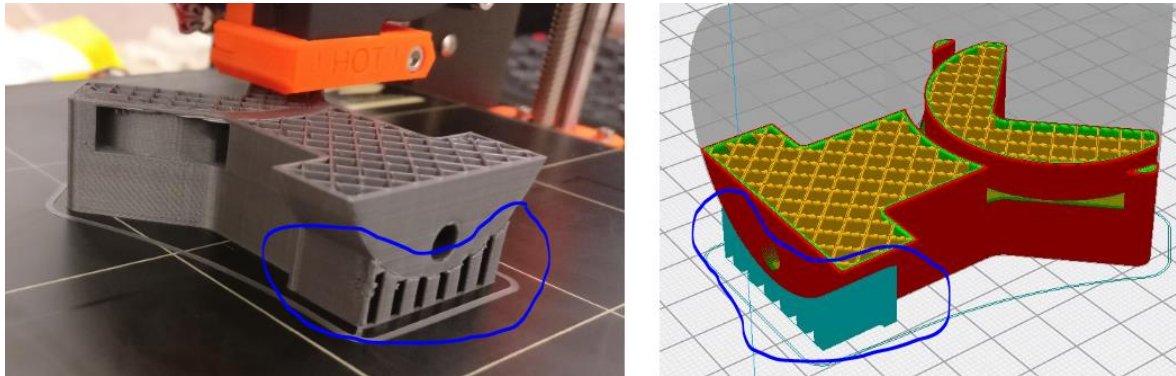


Figura 18. Estructuras de apoyo en una pieza impresa (izquierda) y en el software para generar el G-Code (derecha). Fuente: CETEM.

Ya que las estructuras de apoyo solo cumplen la función de sostener las primeras capas del modelo que están en voladizo o «flotando», se construyen con menos material, más ligeras que la propia pieza. Además, no van a marcar tanto la pieza cuando el usuario las elimine.

La mayoría de programas disponibles, bien analíticos o el propio programa de la máquina de impresión, ofrecen dos opciones: crear un diseño de estructuras de apoyo o hacer un cálculo automático e insertar estas estructuras. A aquellas personas con menos experiencia en la impresión 3D se les recomienda que dejen que el programa calcule de forma automática los apoyos.

En cuanto al **relleno del modelo**, hablamos de la estructura interna impresa del objeto. Significa que si pensamos en el ejemplo de un cubo, las seis caras externas se imprimen como sólido, con un cierto grosor, pero el interior del cubo no será sólido, se debe seleccionar qué cantidad de relleno se desea e incluso su forma geométrica. Los ejemplos visuales pueden aclarar este punto:

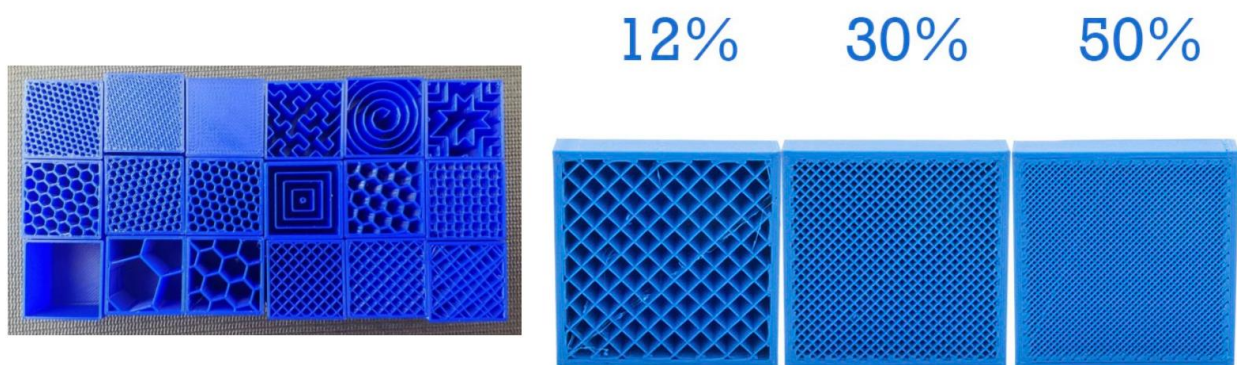


Figura 19. Distintas formas y porcentajes de relleno. Fuente: <https://all3dp.com/2/infill-3d-printing-what-it-means-and-how-to-use-it/> Fuente: https://filament2print.com/gb/blog/71_importance-infill-3d-printing.html

El porcentaje y la forma se eligen según la fuerza y resistencia que requiere la pieza, así como el peso final, los materiales empleados, el tiempo de impresión, etc. Cuanto mayor sea el porcentaje de relleno, más resistente será la pieza impresa,



pero también más tiempo llevará imprimirla. Un porcentaje que oscila entre 15 y 30% suele ser suficiente.

En lo que a la **posición y orientación** de la pieza se refiere, hay que decidir qué posición y orientación adopta la pieza sobre la cama de la impresora. Esto se prepara mediante el programa de impresión.

Existen distintos criterios para determinar la posición y orientación. Uno de los criterios más usados es el uso de la mínima cantidad de material y del mínimo tiempo de impresión posible. Este objetivo se suele conseguir al minimizar las partes de la pieza en voladizo. Por tanto, se imprimirán menos estructuras de apoyo y la pieza se terminará en menos tiempo. Sin embargo, algunas veces la calidad es más importante y se opta por orientaciones que no son tan óptimas en cuanto a gasto de tiempo y material.

Estos son algunos de los consejos que podemos darle:

- centre las piezas en la cama de la impresora.
- cuando imprima varias piezas de una vez, colóquelas juntas, con huecos entre ellas de unos 10-15 mm.
- cuando imprima superficies curvas, la pieza debe colocarse de tal forma que la superficie quede en el plano XY (horizontal).
- si la pieza tiene una oquedad o un agujero dentro, sería conveniente que este agujero estuviera en el eje perpendicular a la cama de la impresora.
- en general, la superficie superior tendrá el mejor acabado.
- una sección impresa en el plano horizontal o XY muy larga y plana puede sufrir deformaciones. Algunas veces conviene más imprimir estas piezas de tal forma que la sección más larga sea perpendicular a la cama.

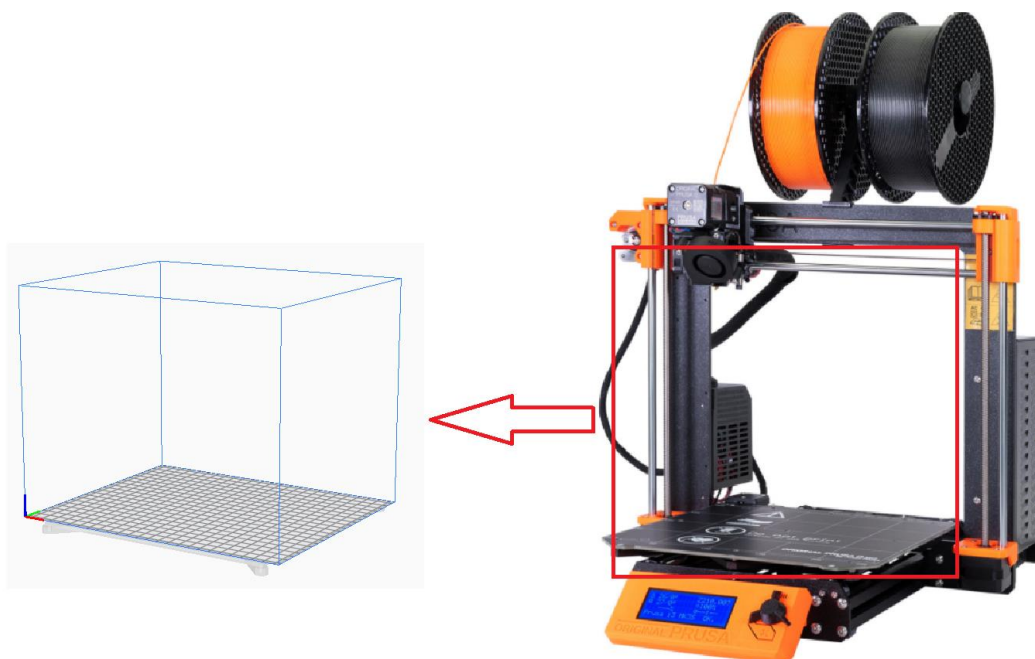


Figura 20. Cama de impresión. Fuente: CETEM.

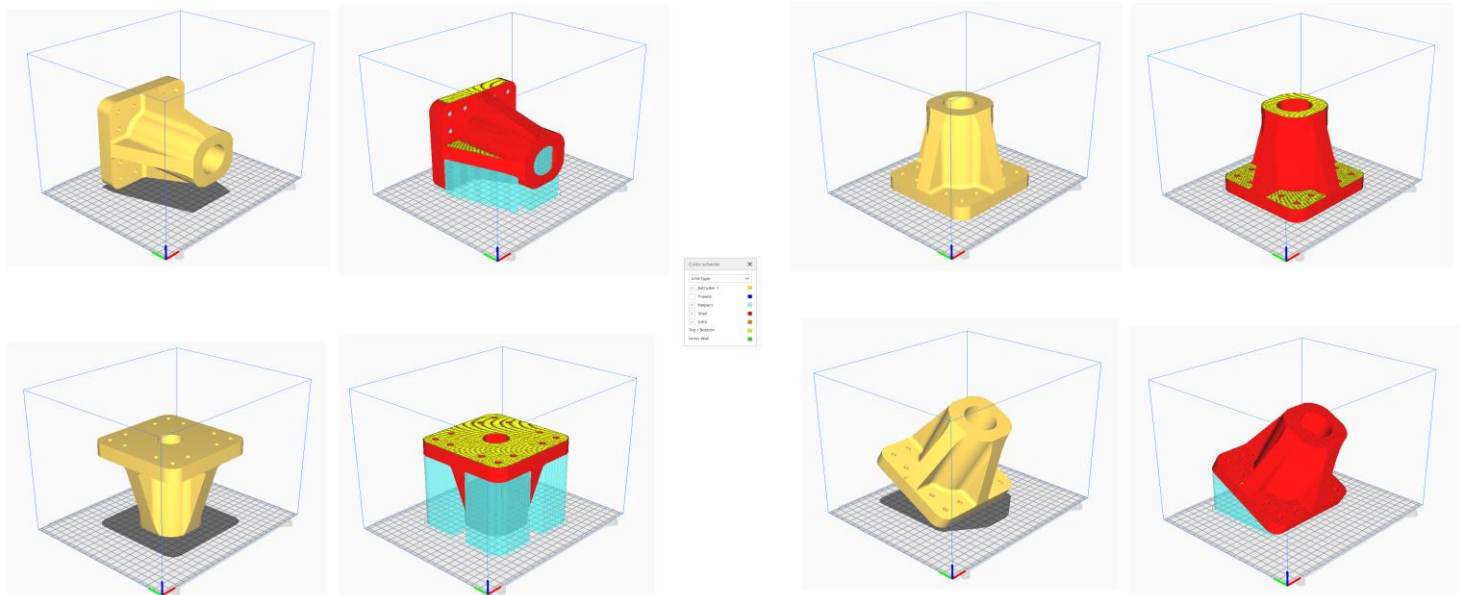


Figura 21. Distintas formas de colocar y orientar la misma pieza. En azul: estructuras de apoyo. Fuente: CETEM.

En lo que a la **generación del G-Code** se refiere, es el último paso antes de pasar a la impresora 3D. Este código es la traducción de la pieza con los parámetros seleccionados a unas instrucciones que la máquina puede entender para imprimir el modelo.

Antes de obtener el código, debemos seleccionar algunos parámetros como la altura de capa. También se emplea el término espesor de capa. Este parámetro es esencial y tiene un gran impacto en la calidad final de la superficie de la pieza. Una altura de capa mayor tiene como resultado una resolución o calidad mayor, pero también requiere más tiempo de impresión. Los valores típicos de estos parámetros, con la tecnología MDF, son: 0,05 mm (muy fino y excelente, pero lleva más tiempo de impresión), 0,1 mm, 0,15 mm, hasta 0,4 o incluso 0,6 mm.



Figura 22. Diferencias visuales según la altura de capa. Fuente: http://wiki.ikaslab.org/images/thumb/8/8c/Altura_de_capa.jpg/700px-Altura_de_capa.jpg

Según el programa que hayamos elegido, tendremos que seleccionar parámetros como el espesor, la velocidad de impresión, la cama y la temperatura de la boquilla (dependiendo del material), etc. Estos son parámetros que el usuario edita según su experiencia, así que en un principio es mejor dejar los que hay por defecto.

Llegados a este punto, se genera el G-code. El programa corta el modelo en capas o lonchas horizontales y genera las instrucciones para la máquina; además, calcula la cantidad de material necesario y el tiempo estimado de impresión.

En la siguiente figura, es posible ver algunos de los parámetros elegidos, el modelo, el tiempo de impresión, etc., y la opción de «Guardar archivo», que generará el G-code.

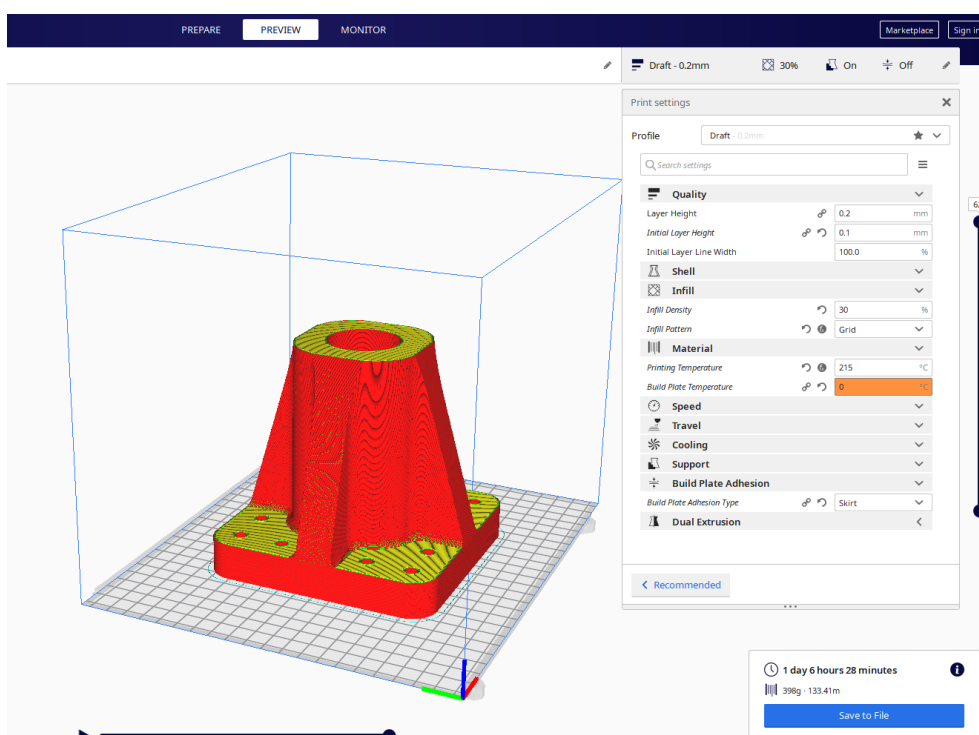


Figura 23. Generación del G-code con Cura. Fuente: CETEM.

3.4. Impresión 3D

Una vez que hemos obtenido el G-code, el proceso de impresión 3D puede dar comienzo. Antes de comenzar debemos tener en cuenta una serie de aspectos.

Para la impresión con MDF hay que comprobar las temperaturas de la cama de impresión y del extrusor (el programa o la impresora lo hacen de forma automática cuando comienza la impresión). También se recomienda el uso de lacas o barnices para facilitar la extracción de la pieza. Se recomienda leer las instrucciones para, por ejemplo, saber cómo cargar el filamento en la impresora y obtener más información.



Así, la máquina recibe el G-code y empieza su trabajo.

3.5. Extracción de piezas

Cuando la impresora finaliza, da comienzo el proceso de extracción de las piezas. De nuevo dependerá de la máquina y en principio, de la tecnología y materiales usados.

Para máquinas de modelado por deposición fundida (MDF), las piezas suelen extraerse con la mano o con una herramienta como una paleta. También pueden encontrarse camas con cierta flexibilidad que facilitan la extracción. Además, existen otros métodos como el uso de disolvente o la aplicación de frío o el uso de hilo dental.

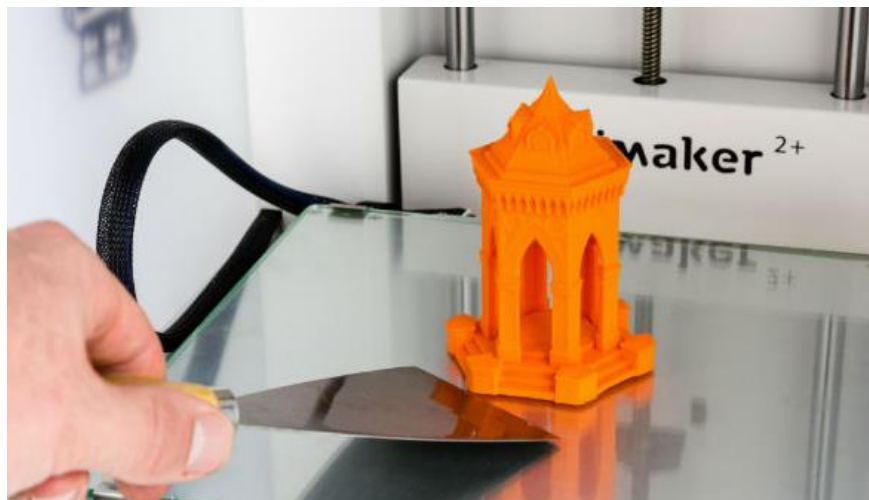


Figura 24. Extracción de una pieza en una máquina de impresión 3D de MDF. Fuente: <https://lacountylibrary.org/removing-3d-prints/>

Ahora llega el momento de decidir si la pieza necesita un postprocesado. Los procesos básicos de acabado consisten en eliminar mecánicamente las estructuras de apoyo (si las hay) y lijar un poco la pieza para mejorar la calidad de las superficies.



Figura 25. Extracción de estructuras de apoyo en una pieza de MDF con pinzas y lijado de las superficies.
Fuente: CETEM.

4. Materiales de la impresión 3D

Cuando hablamos de la impresión 3D, uno de los puntos más importantes son los materiales que se van a usar. Hoy en día, el mercado ofrece una gran variedad de materiales. Desde polímeros a metales, cerámicos y compuestos, existen muchos materiales para este propósito y cada uno presenta sus ventajas e inconvenientes. Cada tecnología (SLS, SLA, MDF, POLYJET, etc.) tiene su propio material, pero para esta guía, hemos escogido desarrollar un poco más los materiales del MDF.

Por tanto, en lo que al modelado por deposición fundida (MDF) se refiere, estos son los materiales más populares:

- PLA: fácil de imprimir, muy preciso, bajo punto de fusión, rígido. Bueno para la mayoría de usos, no para regiones cálidas o áridas.
- ABS: tiene a deformarse, es resistente y ligeramente flexible. Se usa en muchas piezas mecánicas.
- PETG: fácil de imprimir y preciso, tiende a formar hilos, buena adhesión entre capas.
- TPU: polímero flexible; es bueno para su impresión, como goma rígida. Es óptimo para máquinas de control directo.
- Nailon: resistente y flexible; filamento especial para impresoras.

5. Límites

Manteniendo el foco en el modelado por deposición fundida (MDF) especificamos algunos de los límites que tiene:

- la producción en masa no es rentable: La fabricación aditiva y la impresión 3D están diseñadas para la producción de series cortas de piezas (entre 1 y 10



unidades). Para tiradas más largas, la producción con esta tecnología no es rentable.

- las superficies tienen un acabado pobre y una baja velocidad de impresión en comparación con otras tecnologías de impresión 3D.
- tamaño de impresión pequeño para las impresoras MDF de sobremesa. El tamaño común es 20x20x20 cm.
- requiere estructuras de apoyo para la impresión de piezas con ángulos menores de 45 grados.
- en general, los agujeros de menos de 2 mm de diámetros no se pueden imprimir.
- las capas definen en qué dirección puede absorber las fuerzas el objeto. Las fuerzas de tracción son perpendiculares a la dirección de la presión y pueden ayudar a separar las capas con más rapidez. Cuando se diseña un objeto que vamos a imprimir con Modelado por Deposición Fundida, hay que tener en cuenta estas propiedades.

6. Usos prácticos de la impresión 3D. Ejemplo

El objetivo de este capítulo es mostrar con un ejemplo real todos los pasos que hay que seguir para obtener una pieza impresa, desde el modelo o archivo digital.

Empezamos con el archivo digital: un archivo 3D que es el resultado de escanear la mandíbula inferior de un tigre. El objetivo es imprimir en 3D una copia de la pieza. Primero hay que reparar el archivo escaneado. Se trata de algo muy común, ya que los escáneres 3D no siempre consiguen recoger toda la geometría del modelo real. Pero no es este el objetivo de esta guía.

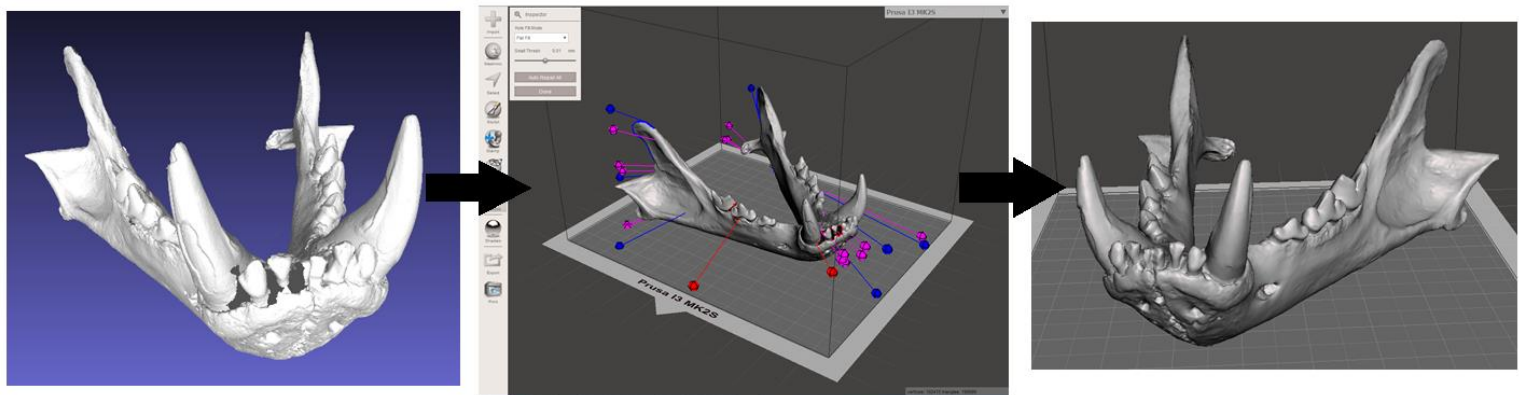


Figura 26. Reparación del archivo 3D. Fuente: CETEM.

Ahora hay que exportar o guardar de nuevo en formato STL el modelo reparado o mejorado.



El siguiente paso es cargar el archivo en un programa que permita hacer lo siguiente, por lo menos:

- elegir la orientación en la cama de impresión. Rotar y mover el modelo.
- escalar el modelo.
- elegir la calidad y altura de capa.
- elegir el relleno. La densidad entre otras cosas.
- generar las estructuras de apoyo necesarias.

Así, se importa el modelo mejorado a Cura. Ahora conviene configurar el software para que muestre la cama de impresión. Cura cuenta con una base de datos de impresoras 3D comercial muy amplia. Si la impresora no está en la base de datos, también se puede crear desde cero.

Vamos a escalar este modelo al 60%. 0,2 mm, que es la calidad de capas escogida. También hemos elegido una malla de relleno con una densidad del 15%. Las estructuras de apoyo se generan automáticamente, y con el objetivo de que la primera capa tenga una buena adhesión, se establecerá la «velocidad de primera capa» a 20 mm/s. El material de trabajo elegido es PLA. Finalmente, se guarda el G-code en el dispositivo para que entre en la impresora mediante el comando «Guardar archivo».

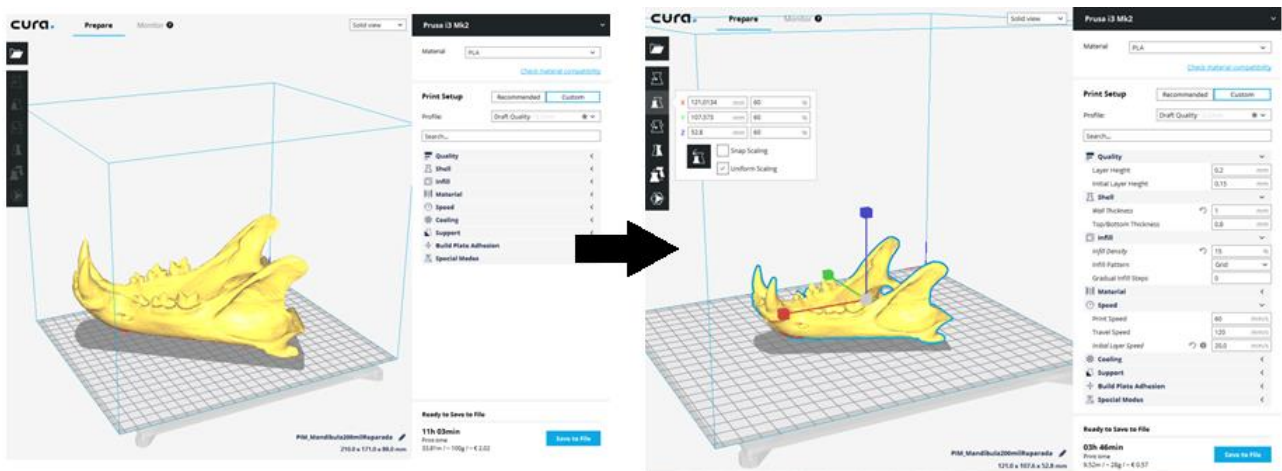


Figura 27. Importar, escalar y seleccionar los parámetros del modelo en Cura. Fuente: CETEM.

Llegados a este punto, podemos seguir con el proceso: la propia impresión 3D. Ahora pasamos a la impresora y, con los medios adecuados, iniciamos el trabajo de impresión. Dejamos la máquina trabajando y se recomienda volver de vez en cuando para comprobar que funciona correctamente. Conviene señalar que se recomienda comprobar si la primera capa impresa se ha unido bien con la cama de impresión.

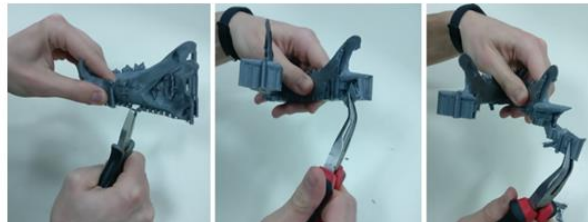
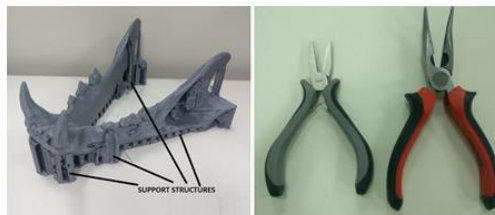
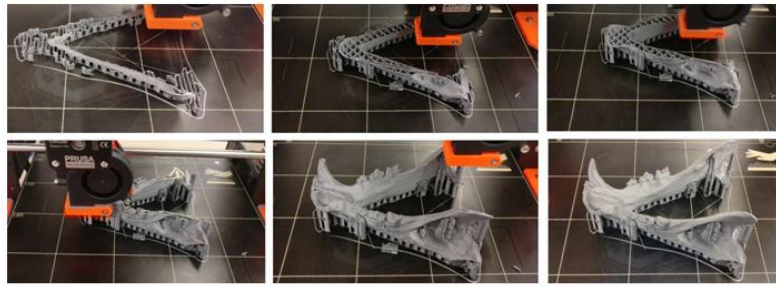
El siguiente paso es, obvio, extraer la pieza impresa. Para esta tarea se usa una espátula con cantos redondos, así no se araña la pieza ni se daña la cama de impresión.

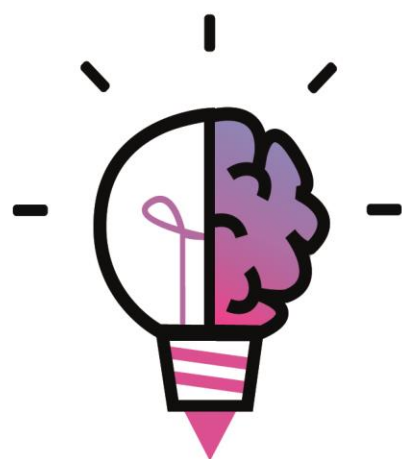


Cuando la hemos extraído, pasamos al postprocesado, que consiste en eliminar manual y mecánicamente las estructuras de apoyo y lijar las partes de la pieza que tienen marcas (de las estructuras de apoyo, por ejemplo). Se debe limpiar adecuadamente la cama de impresión para los trabajos posteriores.

Como ya hemos dicho, conviene lijar las marcas de las estructuras de apoyo y el resto de marcas.

Si el resultado del proceso de impresión no es bueno o se observan errores o reducciones, la siguiente guía (en inglés) le puede ser útil para configurar los parámetros de impresión y de la impresora:
<https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/>





3D4ELDERLY

CONSORTIUM OF PARTNERS: