Trainers for Visually Impaired Students Introduce 3D Printing

Módulo 1

Introducción a la impresión 3D y potenciales aplicaciones en la educación de personas con discapacidad visual

Tutorial del curso de formación T4VIS-In3D

Publicado por el consorcio del proyecto
T4VIS-In3D

El Proyecto “T4VIS-In3D” ha sido cofinanciado por el programa “ERASMUS+” de la Comisión Europea

El apoyo de la Comisión Europea para la producción de esta publicación no constituye una aprobación del contenido, el cual refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en la misma.

Este tutorial ha sido publicado por el consorcio del proyecto T4VIS-In3D.

Licencia

“Trainers for Visually Impaired Students Introduce 3D Printing” está protegido por la siguiente licencia: **Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)**

Copia:

Copia de abril del 2021, Berufsförderungswerk Düren gGmbH

El consorcio del proyecto T4VIS-In3D:

Berufsförderungswerk Düren gGmbH (Coordinador del proyecto)
Karl-Arnold-Str. 132-134, D52349 Düren, Germany, http://www.bfw-dueren.de

Fundación ASPAYM Castilla y León
C/ Severo Ochoa 33, Las Piedras 000, 47130, Simancas Valladolid, Spain, https://www.aspaymcyl.org/

Hilfsgemeinschaft der Blinden und Sehschwachen Osterreichs
Jagerstrasse 36, 1200 Wien, Austria, https://www.hilfsgemeinschaft.at/

Instituttet for Blinde og Svagsynede, IBOS
Rymarksvej 1, 2900 Hellerup, Dinamarca, https://www.ibos.dk

Istituto Regionale Rittmeyer per i ciechi di Trieste
Viale Miramare 119, 34136 Trieste, Italia, http://www.istitutorittmeyer.it/

NRCB
24 Landos Str., Plovdiv, 4006, P. Box 11, Bulgaria, http://www.rehcenter.org

Contenido

1 Historia de la Impresión 3D 4
1.1 Desarrollo de los procesos de fabricación en 3D 4
1.2 Diferencias entre los procesos de fabricación tradicional y la aditiva 6
2 Tecnología de impresión 3D para producir correctamente materiales táctiles para la educación 8
2.1 Metodología previa 8
2.2 Ventajas de la impresión 3D 9
2.3 Recursos necesarios 12
2.4 Ventajas y desventajas de los distintos métodos para obtener los CAD 15
2.4.1 Archivos de repositorios 15
2.4.2 Diseñando nosotros mismos los archivos con programas CAD 15
2.4.3 Rediseñar a partir de un escaneo 3D 15
3 Introducción a la tecnología de impresión FDM y SLA 16
3.1 Construcción y funcionamiento de las impresoras FDM 16
3.1.1 Filamentos 18
3.1.2 Herramientas necesarias 18
3.1.3 Equipamiento de seguridad necesario 19
3.2 Construcción y funcionamiento de las impresoras SLA 20
3.2.1 Resinas 24
3.2.2 Herramientas necesarias 24
3.2.3 Equipo de seguridad necesario 24
3.3 Comparación entre los métodos de impresión por SLA y FDM para la creación de materiales táctiles de educación 25
4 Rediseñando con un escáner 3D 26
4.1 Ejemplo de una solución asequible de escaneo 3D 26
4.2 Escaneo de luz en bandas 27
4.3 Métodos basados en imagen 28
5 Glosario de términos 29
6 Lista de ilustraciones 36
7 Bibliografía 37

1 Historia de la Impresión 3D

Desde comienzos del milenio, la impresión 3D se ha vuelto más y más popular. Esta tecnología se está volviendo más más aceptada y difundida, no solo en el ámbito industrial, sino en otros sectores económicos que no estaba originariamente involucrados en la producción.

Las máquinas de impresión 3D se están volviendo cada vez más potentes, amigables y asequibles económicamente hablando.

Aunque los medios de comunicación sugieren que la impresión 3D es de reciente Desarrollo, los desarrollos iniciales se comenzaron a realizar allá por la década de los años 80. La razón del incremento de la importancia de la impresión 3D es que las patentes de los años 80 expiraron al inicio de los 2000. Esto permitió que se pudiera continuar con los desarrollos tanto en la parte software como hardware una vez liberados de las cuotas económicas o de las restricciones legales que las patentes imponían.

1.1 Desarrollo de los procesos de fabricación en 3D

Dr. Hideo Kodama del Instituto Municipal de Investigación de Nagoya, Japón, fue uno de los primeros en explorar el principio de curado a través del uso de un haz láser.

En 1980, patentó (JPS56144478A) y describió su sistema como: “Una cuba de material fotopolimérico se expone a la luz ultravioleta. Esta luz endurece el material en el recipiente, creando un modelo capa por capa”.

El proceso de **estereolitografía** (cuyo acrónimo en inglés es **SLA**) funciona exactamente de acuerdo con este principio. Desafortunadamente, debido a problemas de financiación, fue incapaz de completar el registro de su patente en el pazo de un año tras el envío, hecho que le negó su puesto en el pódium de la historia de la impresión 3D.

Figura 1 Modelo de primeras impresoras SLA: SLA 1 (Referencia: ResearchGate)

A comienzos de la década de 1980, **Charles Hull** trabajaba para una pequeña compañía que empleaba luz ultravioleta (UV) para crear superficies plásticas endurecidas para mesas, reparar mantelería de plástico, coberturas para suelos, etc. El efecto que la luz UV tiene en las superficies fotosensibles fascinó a Hull.

En 1984 encontró la conexión óptima entre la luz UV y los polímeros y solicitó su patente conjuntamente con sus compañeros de trabajo: Patent(US4575330).

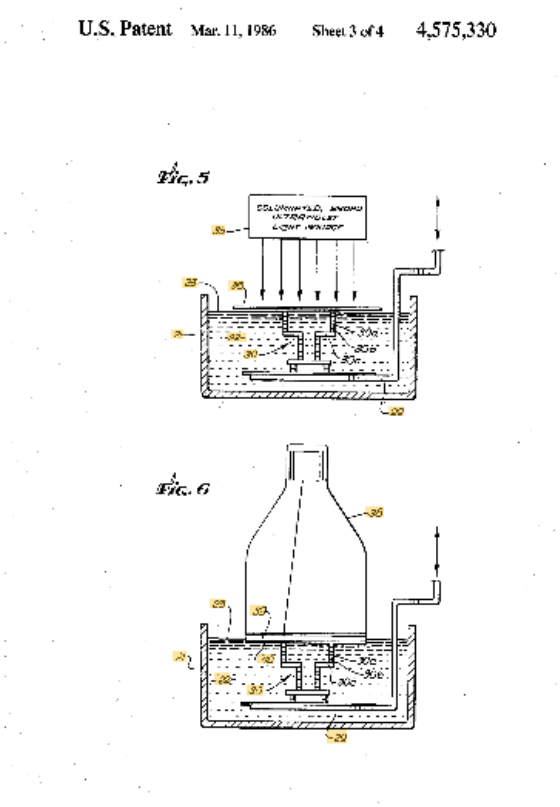


Figura 2 Gráfico de la solicitud de patente de Charles Hull

En 1989, Carl Deckard registró otra patenté para el proceso de impresión 3D de sinterizado láser. En este profeso, un polvo plástico se funde con el haz láser: Patent (US4863538). Esto se conoce como procesos basados en cama de polvo, tales como el **Sinterizado Láser Selectivo** (**SLS**) o **Fundido Láser Selectivo** (**Selective Laser Melting**, **SLM** en sus siglas del inglés).

En 1989, Scott Crump registró una patente (US5121329) con metodología de **Modelado por Depósito Fundido** (**Fused Deposit Modelling Process**, **FDM** en sus siglas del inglés). En este proceso el plástico es fundido y posteriormente aplicado en capas. Hoy en día, el proceso FDM es ampliamente utilizado dada la gran versatilidad de éste con respecto a distintos materiales. Al mismo tiempo, también existen impresoras FDM disponibles para la producción de componentes metálicos.

Basado en el hecho de que, en la impresión 3D, el componente es siempre creado en capas superpuestas, el término técnico que engloba a todas estas técnicas es el conocido como “fabricación aditiva” o “additive manufacturing” para referirnos a la impresión 3D.

1.2 Diferencias entre los procesos de fabricación tradicional y la aditiva

Los procesos tradicionales de fabricación se dividen en dos: ablativos y fundición. En los procesos ablativos se emplean herramientas para crear un componente de un bloque de material. Esto requiere máquinas con las herramientas apropiadas y también refrigerantes.

En los procesos de fundición, material en estado líquido se vierte en un molde de fundición. El material por lo general se solidifica al enfriarse. El molde entonces debe ser retirado y los canales por los que se vertió el material líquido, y que están unidos a la pieza, eliminados.

La forma de la pieza de trabajo no está definida exclusivamente por su función. Los diseñadores también deben tener en cuenta las diferentes áreas a las que pueden acceder las diferentes herramientas. Este “método de diseño compatible con la máquina” parcialmente restringe la libertad de forma de la pieza.

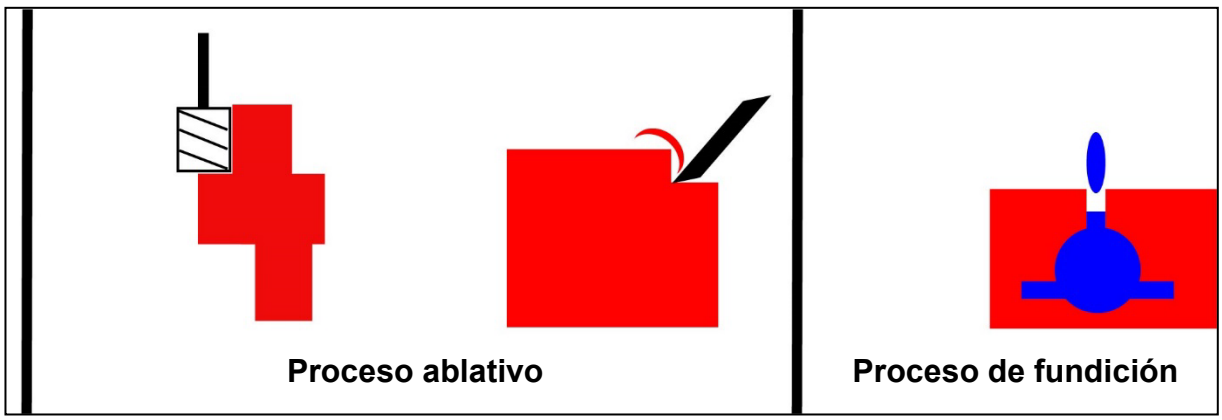
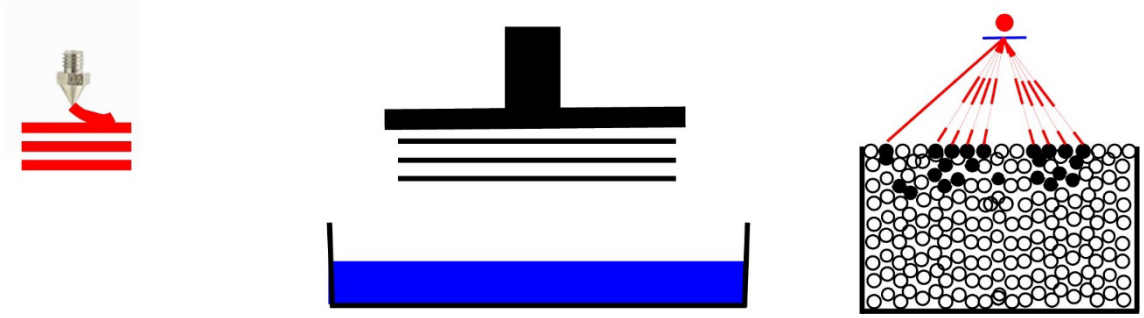


Figura 3 Procesos Tradicionales

Estos procesos requieren más material del que el propio componente necesita. Los residuos resultantes de la ablación o la fundición con molde pueden ser reciclados, pero es necesario un mayor aprovisionamiento de materiales.

En los procesos de fabricación aditiva, los componentes son creados capa a capa. Además de la impresora 3D, no son necesarias otras herramientas para la producción. El material es únicamente aplicado o solidificado en la forma final del componente. En cuanto a los residuos o material de desecho generado en estos procesos, podríamos decir que se producen en una pequeña cantidad o ni siquiera llegan a producirse.



Proceso FDM **Proceso SLA** **Proceso SLS / SLM**

Figura 4 Procesos aditivos

Este proceso ofrece la posibilidad de producir diseños con un mayor grado de libertad de forma en las piezas.

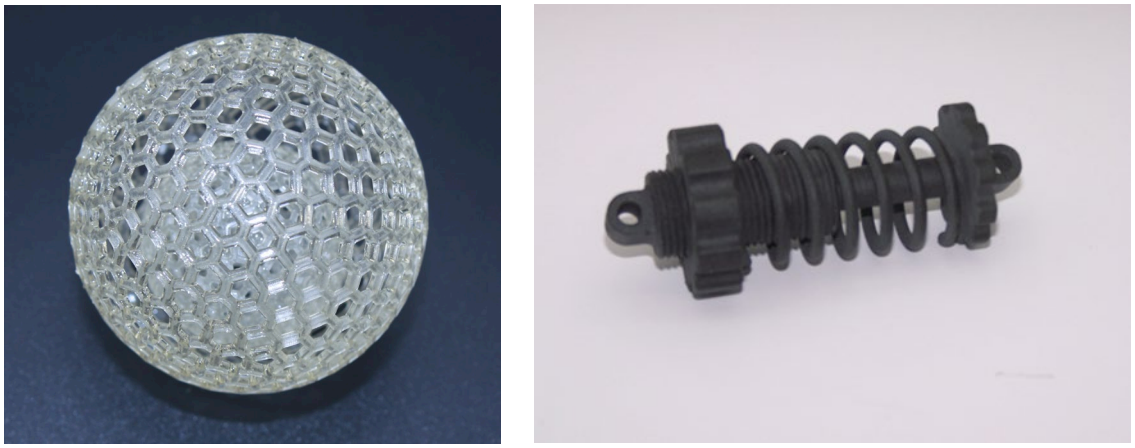


Figura 5 Libertad de forma. Ambos modelos fueron impresos en un único proceso

Esto supone un ahorro de material base, reduce los costes de ensamblado y el peso del componente.
Otra ventaja de la impresión 3D es la producción barata de prototipos y lotes de pocas piezas.
En cualquier caso, los procesos de fabricación aditiva presentan también ciertas desventajas, tales como:

1. Procesos lentos comparativamente con los tradicionales
2. Tamaño del componente limitado
3. Es necesario en ocasiones el postprocesado de los componentes

En el futuro inmediato, la fabricación aditiva se presenta como un proceso que complementa a los tradicionales, pero no como un reemplazo.
Con respecto a la producción de materiales de educación táctiles, la impresión 3D representa una mejora significativa en términos de calidad, variedad y coste de los materiales a producir.

2 Tecnología de impresión 3D para producir correctamente materiales táctiles para la educación

2.1 Metodología previa

En comparación con los métodos previos para la producción de materiales educativos táctiles, la impresión 3D ofrece ventajas significativas. Estos procesos previos eran básicamente:

1. El uso de papel hinchado
2. Termoformar hojas de plástico

En el proceso de papel hinchado, una hoja hecha con papel y material termoplástico se calienta. Las zonas más oscuras de esta hoja se engrosan (o hinchan) al ser calentadas con un “fundidor”.
El nivel de relieve logrado depende de la tinta empleada, pero por lo general no supera los 1.5mm. de altura. Las escalas de grises no se pueden representar ni tampoco es posible realizar imágenes más complejas, por ejemplo, en 3D.

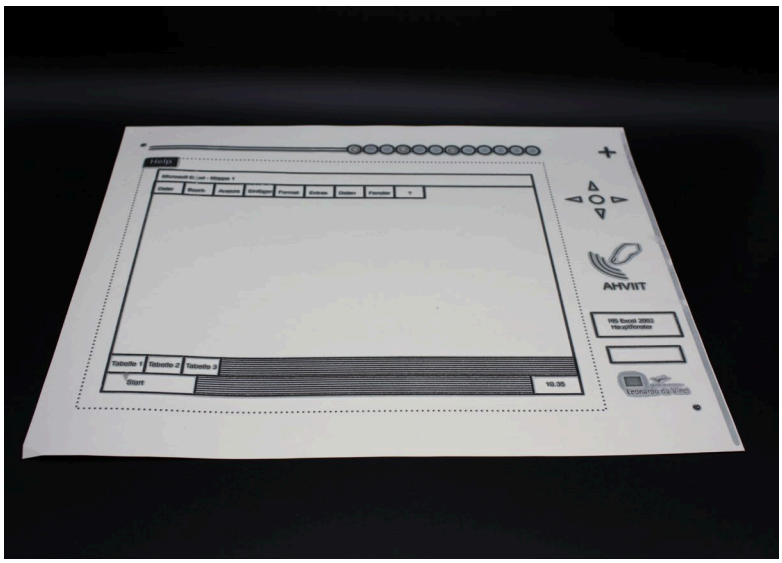


Figura 6 Representación de una Ventana de ordenador con papel hinchado

El material oscuro se puede lograr bien a mano alzada con un rotulador negro o con una impresora de inyección, por ejemplo. Cualquier programa de manejo gráfico podría ser usado para crear gráficos simples. En este tipo de soporte, el uso frecuente causa que las representaciones se vayan desvaneciendo y necesiten ser reemplazadas en el corto plazo.

En el proceso de termoformado, una hoja de plástico se pasa sobre una matriz tridimensional, se calienta, se aplasta contra la matriz dentro de una cámara de vacío y se obtiene dicha representación. La hoja pasa por tanto a convertirse en una

copia de la matriz. Este proceso permite la realización de relieves más marcados y un mayor número de copias. En cualquier caso, la riqueza de detalles depende de la escala, porque el proceso de formación no permite detalles fines de relieve.

Figura 7 Modelo de un teclado realizado mediante termoformado

Hasta ahora, las matrices se creaban de forma manual y con una inversión temporal elevada. Los cambios en los modelos eran muy costosos temporalmente hablando e incluso podía requerir un completo rediseño de la matriz original.

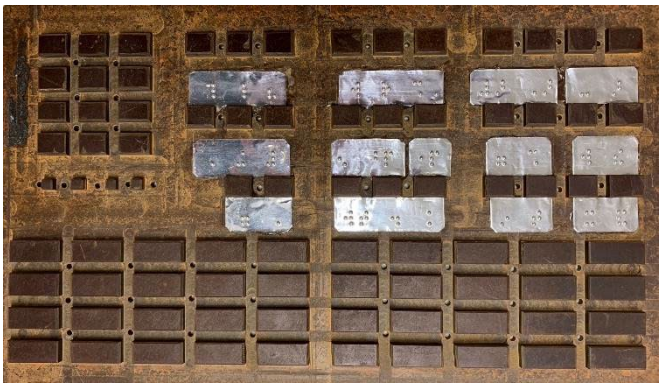


Figura 7 Matriz positiva del teclado de la imagen anterior

Si se dispone de una máquina de termoformado y una impresora 3D, es mucho más fácil producir los moldes requeridos con un programa de diseño asistido por ordenador (CAD).

2.2 Ventajas de la impresión 3D

Comparándolo con los métodos previamente descritos, la impresión 3D ofrece considerables ventajas en la producción de materiales táctiles educativos que posean gran cantidad de detalle y de forma relativamente barata. Básicamente, todo lo que hace falta para la producción es la impresora y sus materiales, además de un software de CAD. La producción de matrices no requiere una gran variedad de herramientas y materiales.

En contraste con los materiales educativos hechos a partir de folios termoformados o papel hinchado, los modelos realizados con una impresora 3D permiten incrementar

y detallar las elevaciones y relieves, así como otros detalles y cuerpos de la superficie. Estas elevaciones, cuerpos y texturas pueden ser adaptados digitalmente de una forma muy sencilla para ajustarse a los requisitos de los destinatarios. Además, es posible producir modelos a diferentes escalas para el mismo modelo.

Figura 8 Mapa táctil para imprimir en 3D

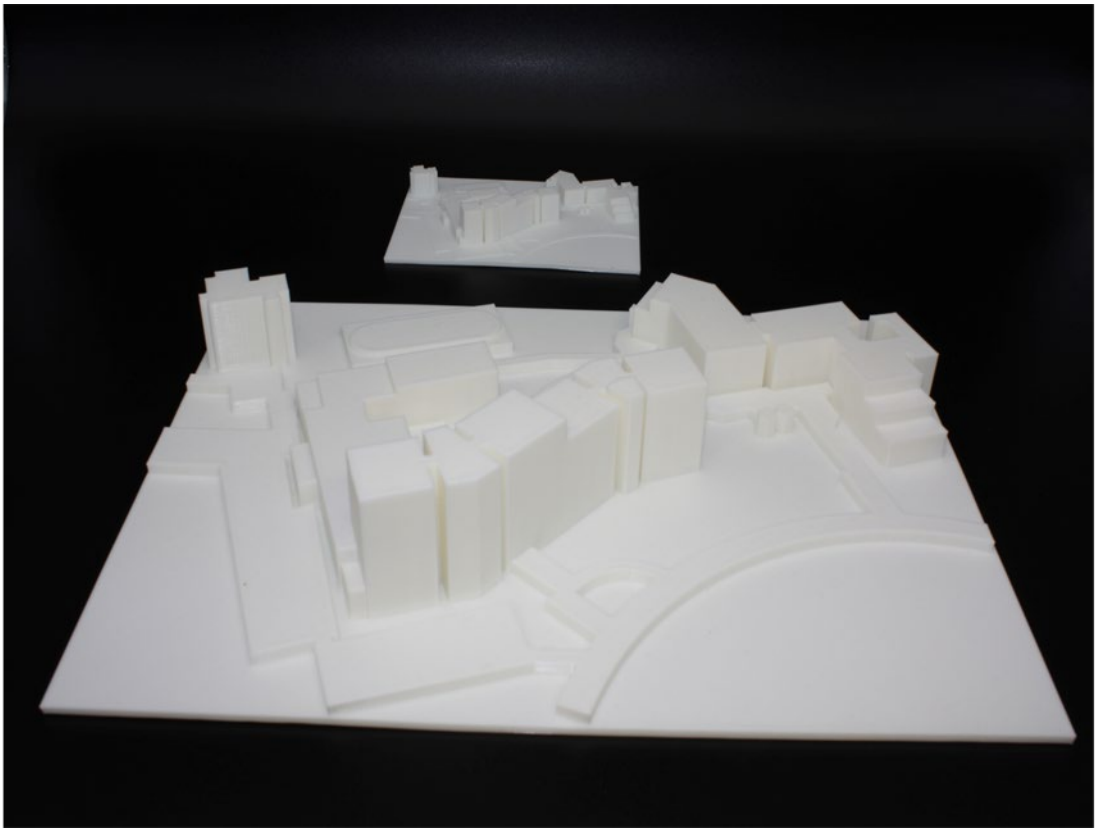


Figura 9 Modelo impreso en 3D a diferentes escalas de la figura anterior

Otra ventaja de la impresión 3D es que permite la producción de modelos en diferentes materiales. Materiales duros y flexibles pueden ser combinados en un único modelo para lograr diferentes sensaciones táctiles. Esto podría ser ventajoso para, por ejemplo, modelos médicos. Es también posible producir dichos modelos en diferentes colores contrastados, lo que es especialmente beneficioso para personas con discapacidad visual severa con algún resto de visión.

Entre otras aplicaciones, los mapas de localizaciones para la orientación pueden ser creados de una forma sencilla y barata desde mapas digitales como OpenStreetMap u otras aplicaciones existentes.

Figura 10 Modelos táctiles de estructuras celulares

De la misma forma, detalles táctiles pueden ser representados incluso en modelos de menor tamaño; detalles que empleando otros métodos de producción sería imposible conseguir.

La posibilidad, comparativamente más sencilla, de crear modelos 3D también facilita la creación de soluciones individualizadas con elementos táctiles. Dado el reducido número de unidades, este tipo de personalizaciones no pueden ser realizadas por fabricantes comerciales.

Figura 11 Ejemplos de señalética de puertas en braille

En el contexto de los materiales táctiles para educación de personas con discapacidad visual es común encontrar soluciones individuales para enseñar braille. En muchos casos, estos desarrollos deben ser producidos manualmente de materiales como la madera o el cartón. Estos materiales son difíciles de trabajar y en algunos casos imposibles de limpiar. Con la impresión 3D, virtualmente no hay límites para el diseño o la elección de materiales derivados plásticos.

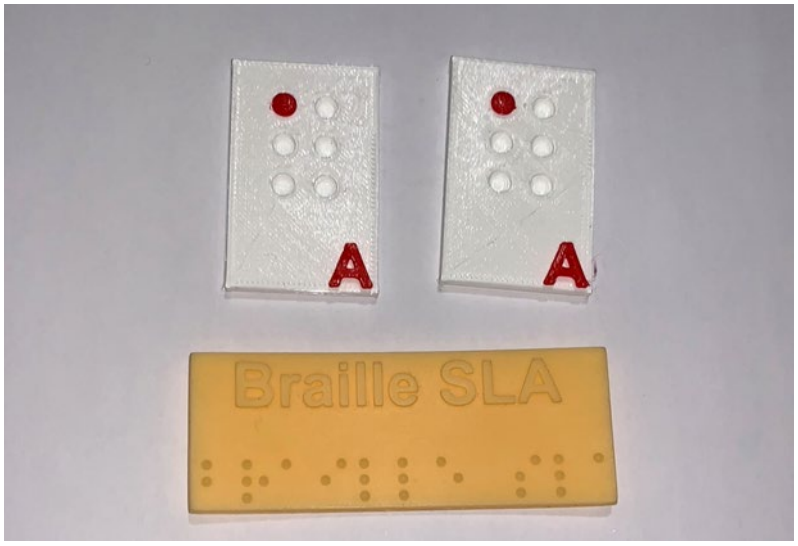


Figura 12 Ejemplo de tablillas de entrenamiento braille

2.3 Recursos necesarios

Para la producción de materiales de enseñanza táctiles, al menos se necesita una impresora 3D adecuada. Las impresoras por deposición fundida (FDM) y las impresoras de estereolitografía (SLA) son adecuadas para este propósito.

Este tipo de máquinas pueden ser adquiridas por pequeñas inversiones económicas, tales como 650€, para producir elementos con una calidad y cantidad necesarias. En general, a mayor área de impresión, más cara la impresora.

La tecnología de impresión correspondiente será explicada en más detalle en el capítulo 3.

A pesar de que el hardware de impresión produce los modelos en sí mismos, el software es al menos igual de importante.

El punto inicial para realizar una impresión 3D es un archivo compatible con la interfaz STL. El acrónimo puede ser entendido como Stereo Lithography o Standard Triangulation/Tesselation Language, del inglés. El formato STL describe la superficie de cuerpos tridimensionales como la composición de caras triangulares y están estructurados matemáticamente (adyacencia, orientación, vértices que forman el triángulo, etc.)

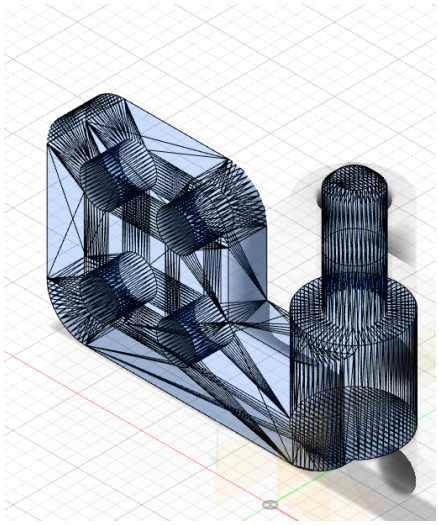


Figura 14 Caras triangulares de un archivo STL

Dicho archivo STL puede ser obtenido de diferentes formas:

1. Obteniendo el archive de bases de datos disponibles, también conocidas como repositorios. Algunos repositorios comunes para este tipo de objetos son: Thingiverse, MyMiniFactory, Cults, entre otros.
2. Construyendo el modelo con un software de diseño asistido por ordenador (CAD) y exportando dicho modelo como un archivo STL.
3. Capturando un objeto con un escáner 3D.

Este archive STL es usado para generar otro archive, interpretable por la impresora 3D. Este archive contiene parámetros relativos a la impresora que permiten que el modelo sea construido como una secuencia de capas. Esto se realiza con programas conocidos como “slicers” o “rebanadores”. Algunos programas bien conocidos de creación de capas a partir de un archivos STL son: Cura, Simplify3D o Repetier Host, entre otros.

Dada la tarea tan específica que es el producir materiales de educación táctiles, es inevitable que muchos modelos tengan que ser reconstruidos por los profesionales del campo utilizando algún software de CAD apropiado.

Una aplicación bastante extendida, de Código abierto y gratuita es FreeCad. Este software es sencillo de comprender y a la vez muy potente. Desgraciadamente, no está especialmente orientado a la fabricación aditiva.

A aplicación de navegador Thinkercad de la compañía Autodesk se constituye como una solución sencilla a este problema. En cualquier caso, no es adecuado para diseños complejos.

Por tanto, para nuestro Proyecto, usaremos Autodesk Fusion 360. Este software ofrece características especiales para la impresión 3D y es gratuito para las instituciones educativas a través de una licencia educacional.

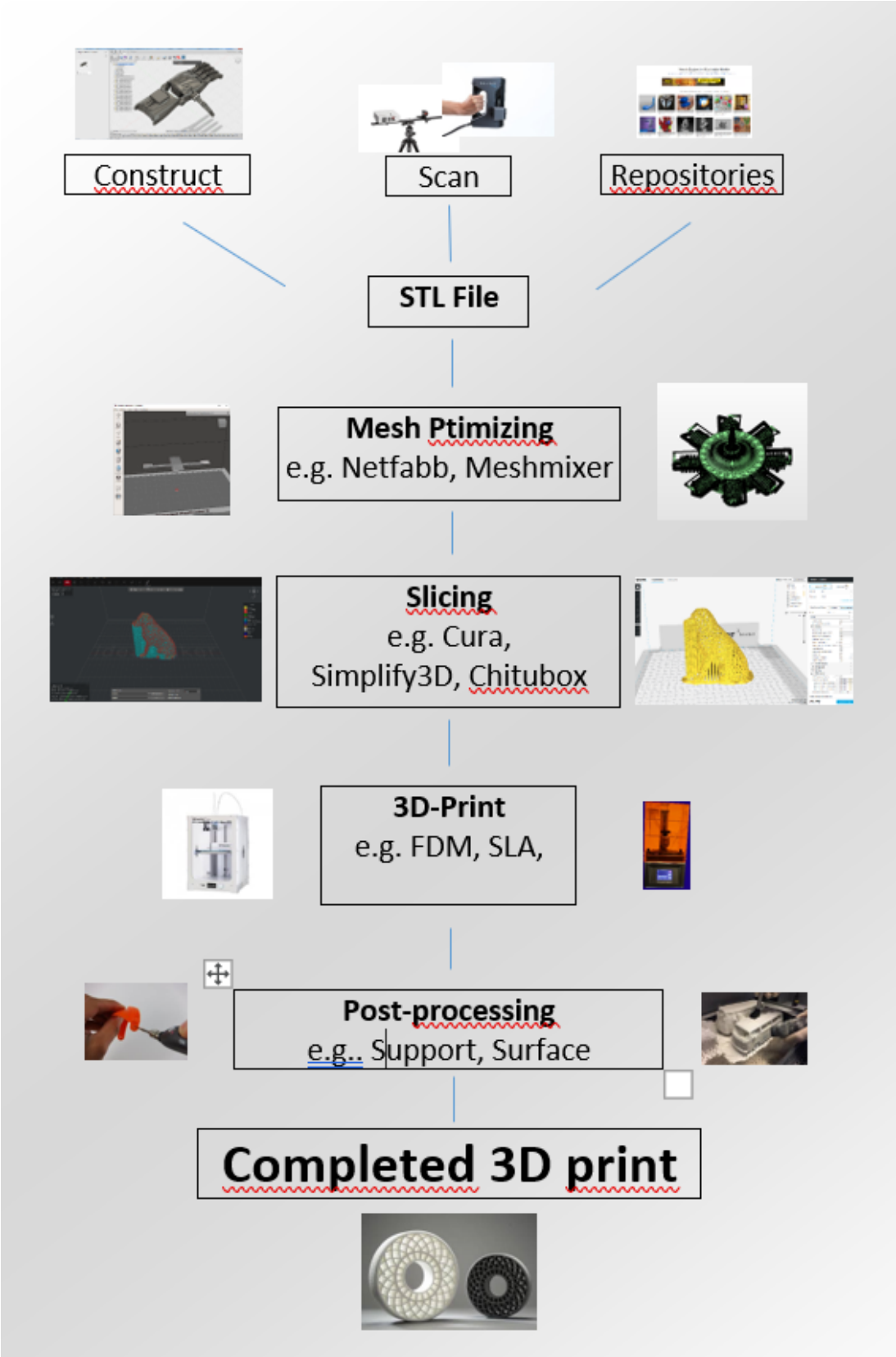


Figura 13 El proceso de impresión 3D

2.4 Ventajas y desventajas de los distintos métodos para obtener los CAD

2.4.1 Archivos de repositorios

La forma más sencilla es, por supuesto, obtener un diseño final y adecuado de algún repositorio. Lo único que se necesitaría sería convertir el archivo al formato de la impresora 3D y enviarlo a producir.

De hecho, hay multitud de archivos para nuestro público objetivo que cumplen con los requisitos específicos. Desafortunadamente, prácticamente siempre se presentan problemas si el braille es parte del modelo. La mayor parte de estos archivos son originarios de países anglosajones, por lo que no pueden ser usados directamente sin restricciones

Además, los archivos CAD finales, generalmente guardados como STL, no pueden ser editados con facilidad.

2.4.2 Diseñando nosotros mismos los archivos con programas CAD

La construcción de nuestros propios modelos es ciertamente la solución más costosa temporalmente hablando, no sólo por el tiempo de modelado, sino también por la multitud de pruebas para obtener y mejorar la impresión que deben hacerse. Los diseños propios requieren además una cierta cantidad de conocimiento en el área. En cualquier caso, este es el único método que nos permite ofrecer soluciones óptimas e individualizadas.

2.4.3 Rediseñar a partir de un escaneo 3D

Otro método para obtener archivos STL usables es a través de los escáneres 3D. Sin embargo, el prerrequisito para ello es que exista un modelo adecuado real y el escáner en sí. En su defecto, el escaneo también puede realizarse mediante una cámara digital y un software de fotogrametría. Mientras tanto, hay a disposición algunas aplicaciones para teléfonos inteligentes y tabletas que pueden realizar un trabajo similar.

Aun así, no debemos llevarnos a engaño y pensar que lo que se obtiene del escaneo es directamente utilizable. En la mayoría de los casos, los errores durante el escaneo del modelo, agujeros de zonas no escaneadas, pegado incorrecto de mallas, etc., deben ser corregidos desde software especializado como el Autodesk Meshmixer.

Además, se debe tener en cuenta que los precios de los escáneres 3D más sencillos del mercado, pueden exceder el precio de la impresora 3D en sí misma..

3 Introducción a la tecnología de impresión FDM y SLA

Las impresoras 3D que usan modelado por deposición fundida (FDM), estereolitografía (SLA) o procesamiento por luz digital (DLP) son adecuadas para la producción de materiales educativos táctiles. Son dispositivos eficientes que pueden lograr resultados lo suficientemente buenos y que están disponibles por precios inferiores a 1000€.

Debido a los ciclos de innovación cortos, no es posible hablar de fabricantes de impresoras concretos o tipos de modelos a disposición para su compra. Este capítulo se centrará en describir los ensamblados estándar, los elementos operacionales y los materiales. También se hará mención a los pasos operaciones básicos e independientes de los modelos.

Las operaciones exactas relativas a las impresoras 3D deben ser tomadas de las instrucciones que acompañan a cada máquina, así como las medidas de seguridad de la misma.

3.1 Construcción y funcionamiento de las impresoras FDM

De forma simplificada, Podemos pensar que el proceso FDM funciona de forma análoga a una pistola de pegamento caliente, que se usa para unir diferentes capas que quedan unidas gracias al adhesivo.

El proceso FDM emplea hilos de plástico de 2.85mm. o 1.75mm. de diámetro. El término genérico con el que nos referimos a estos hilos es “filamento” y es independiente del diámetro del mismo.

El filamento se introduce and un ensamblador llamado “extrusor” empleando un motor de paso. Hay diferentes tipos de extrusores. En cualquier caso, todos ellos incorporan un elemento calentador, a través del cual, el filamento es llevado a la temperatura de fusión adecuada. Dicha temperatura es controlada por un “sensor térmico”, también conocido como Termistor. El filamento se presiona entonces a través de una boquilla, gracias al continuo empuje que produce el motor de paso. Generalmente, las Boquillas presentan un diámetro de 0.4mm. De todas formas, la anchura del filamento es considerablemente inferior y pueden encontrarse filamentos de hasta 0.05mm. El extrusor es una parte móvil que es la encargada de aplicar el filamento fundido capa a capa sobre el plato de construcción.

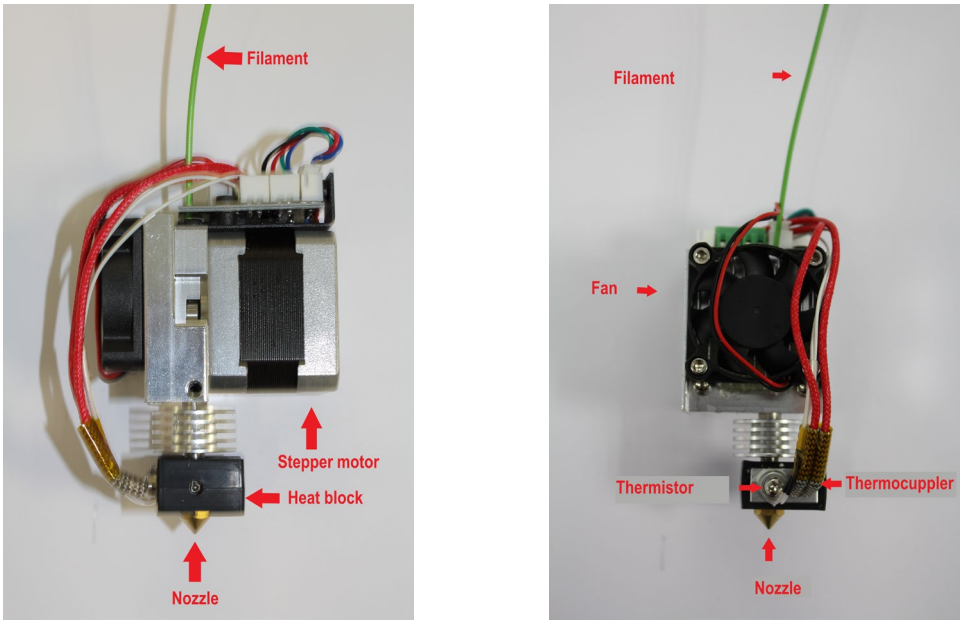


Figura 14 Estructura de un extrusor. Izquierda: vista lateral; derecha: vista frontal

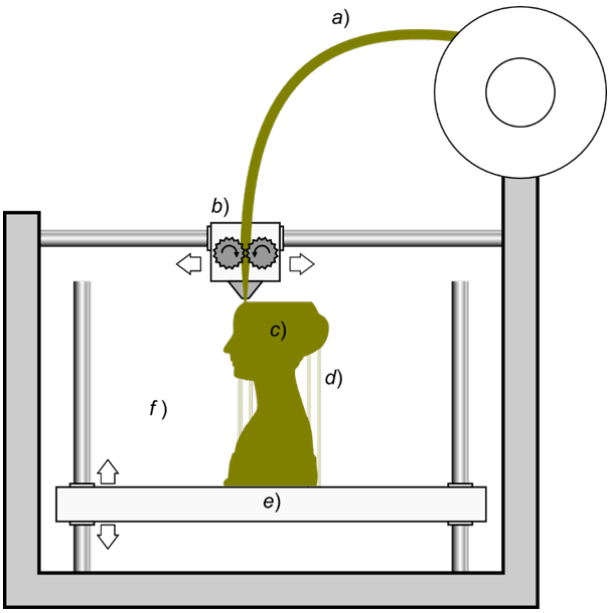


Figura 15 Funcionamiento de una impresora FDM (Scopigno R.,et.al., 2017)

De forma esquemática, podemos decir que el proceso consta de: **a)** el filamento de material plástico se introduce a través de un cabezal móvil caliente **b)** que lo funde y extruye, depositándolo capa a capa, en la forma deseada **c)**. Una plataforma móvil **e)** que va descendiendo cada vez que una capa ha terminado de depositarse. Para esta tecnología se hace necesario el uso de soportes verticales adicionales que **d)** sostengan las partes que están suspendidas por encima (*Wikipedia 2021).*

Las impresoras 3D tienen sus propios controladores electrónicos. Para muchos dispositivos, están basadas en una única placa tipo Arduino. El principal Sistema operativo que encontramos en ellas es Marlin, de código abierto y gratuito. La estructura hardware y software abierta permite a los fabricantes adaptar los sistemas a sus impresoras sin necesidad de pagar licencias. Por supuesto, este hecho también afecta positivamente al precio de las impresoras 3D.

Las memorias USB y/o las tarjetas SD son generalmente empleadas como dispositivos de almacenamiento. De forma incremental, dispositivos de bajo coste se están equipando con interfaces LAN o WLAM, permitiendo transferir los archivos de impresión directamente desde el ordenador a la impresora 3D. Estos interfaces permiten también controlar la impresora desde Internet, por ejemplo a través de controladores populares como OctoPrint o AstroPrint.

3.1.1 Filamentos

En el caso de que la impresora FDM no incorpore un plato de construcción con opción de calentamiento, la única opción de material es generalmente polyactida (PLA) u otros filamentos basados en éste. Este material PLA es suficiente y adecuado para la producción de materiales educativos táctiles. Tiene muchas ventajas, pero también algunas desventajas, a saber:

Ventajas

+ Fácil de manejar
+ Amplio rango de colores disponibles
+ Resistente a la luz UV
+ Alta estabilidad
+ Materia primera a base de biomateriales
+ Fácil de limpiar con agua o alcohol
+ No produce olor durante el procesado
+ Superficie no tóxica

Desventajas

- Resistencia térmica solo hasta 55ºC
- Baja Resistencia ante golpes

Si la impresora 3D tiene un plato de construcción con opción de calentamiento (también conocida como de cama caliente), se pueden emplear otros tipos de filamentos, tales como ABS o PETG, que compensan las desventajas inherentes del PLA. Sin embargo, procesar estos materiales es en cierta medida más complejo y requiere algo más de experiencia por parte del operario. A mayores, estos materiales se imprimen a mayores temperaturas, con las implicaciones que ello conlleva.

3.1.2 Herramientas necesarias

Las herramientas más importantes para comenzar a hacer impresión 3D son:

1. pinzas para eliminar residuos de filamento de la boquilla
2. alicate de corte para cortar filamento
3. espátula para despegar el componente de la cama

Figura 16 Herramientas más importantes

Sin embargo, existen otras herramientas que pueden ser útiles para el acabado de componentes, tales como:

1. navaja/cuchillo/bisturí para retirar los materiales de soporte o excesos/rebabas
2. desbarbadora
3. pegamento para plástico
4. pintura acrílica e imprimación

3.1.3 Equipamiento de seguridad necesario

Aunque trabajar con impresoras FDM es relativamente sencillo, es necesario incorporar cierto equipo de protección individual (EPI o PPE en sus siglas en inglés):

1. máscara FFP2 cuando se trabaje cerca de la impresora (por ejemplo, cuando se ponga más filamento, se compruebe la presión, etc.)para evitar inhalar emisiones del filamento caliente
2. gafas de seguridad cuando se esté manipulando un componente con las herramientas o se limpie la boquilla
3. guantes resistentes a cortes, para el trabajo de las piezas con filos cortantes

3.2 Construcción y funcionamiento de las impresoras SLA

El diseño de las impresoras SLA es mucho más sencillo que las basadas en tecnología FDM, ya que presentan menos partes móviles.

Esencialmente, la impresora consiste en una unidad de sistema con la electrónica necesaria, la unidad de exposición y los elementos operacionales. Por encima de esta unidad de sistema, se encuentra un eje roscado, que sujeta y permite el movimiento vertical (eje Z) de la plataforma de construcción. En la parte superior de la unidad de sistema se encuentra el tanque, también conocido como VAT, que contiene el líquido polimérico (también llamado resina). Estos contenedores tienen un fondo transparente a través del cual la exposición y curado se producen mediante la aplicación de luz UV o láser.

Para proteger la resina de la luz durante la operación, la unidad superior se cierra con una cobertura con filtro UV.

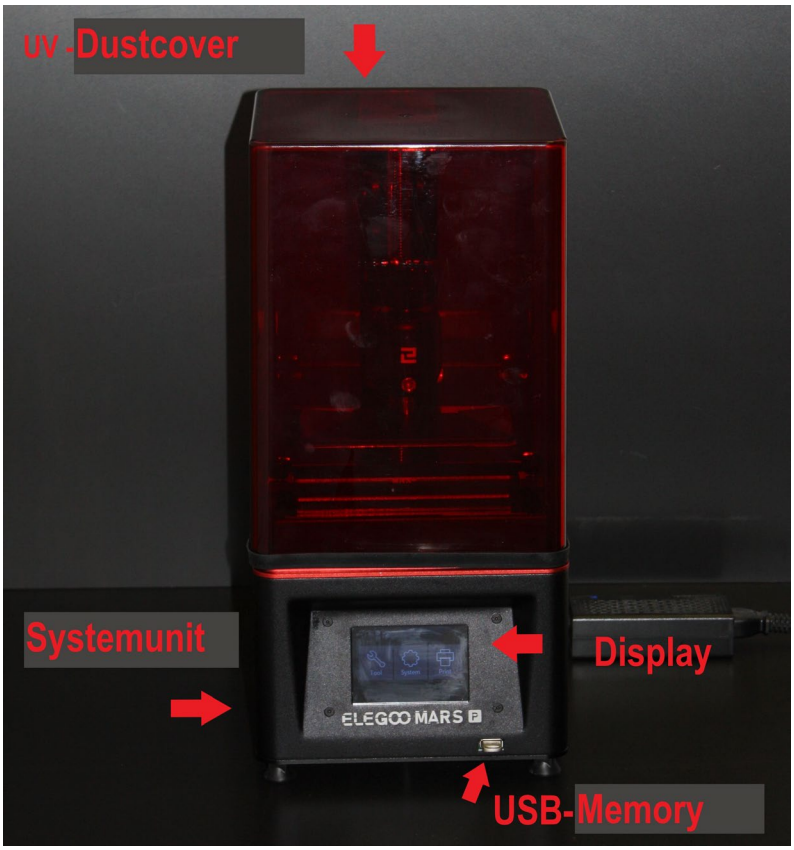


Figura 17 Ensamblado de impresora SLA con cobertura de filtro UV

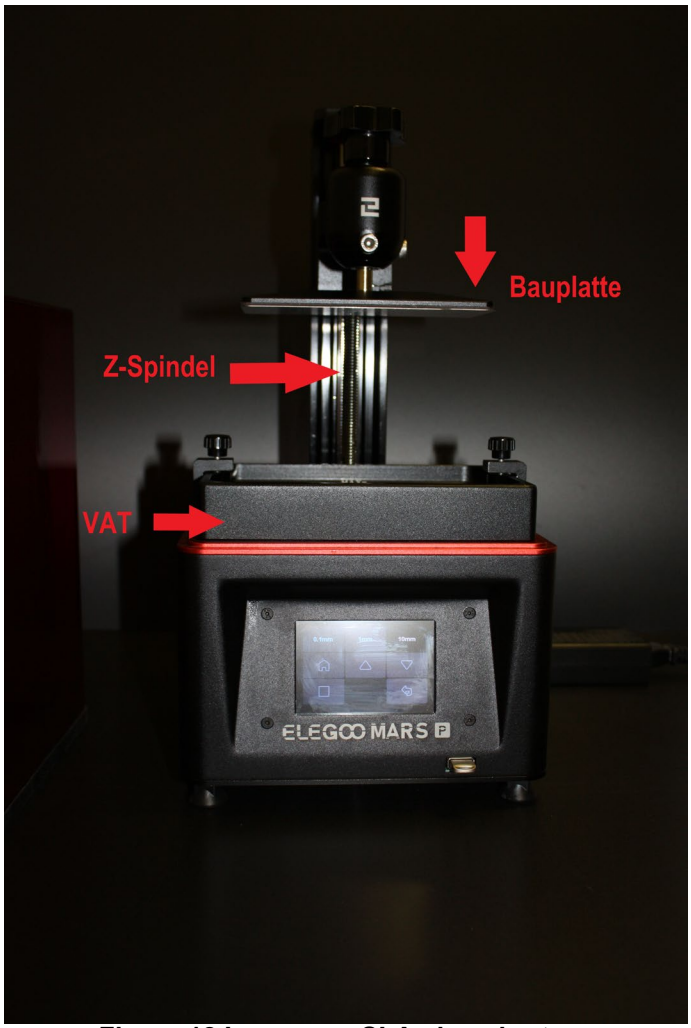


Figura 18 Impresora SLA sin cobertura

El grosor de capa que permiten las impresoras SLA se mueve en el rango de 0.01mm a 0.05mm. Después del curado, estas capas son por lo general invisibles al ojo humano. La superficie es suave y por tanto, adecuada para la impresión braille.

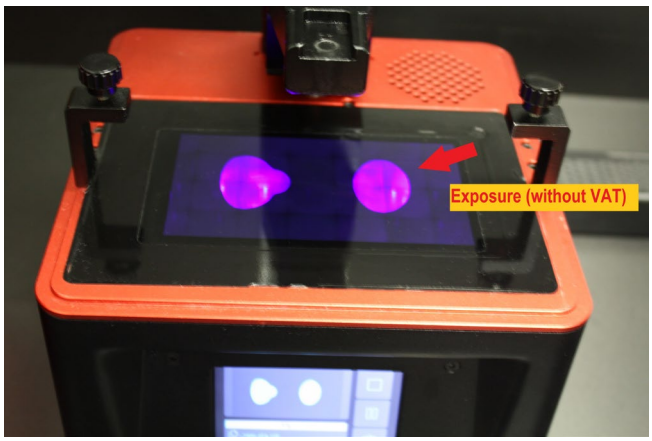


Figura 19 Fase de exposición en impresión SLA. Sin VAT para mejor visualización

El proceso de impresión es sencillo de describir: el plato de construcción se sumerge en el tanque para cada capa. Después, se expone a la luz y la capa de resina es solidificada, adhiriéndose a la capa previamente generada. La distancia a la base transparente debe ser ajustada con precisión, de lo contrario podrían producirse problemas de adherencia al plato de construcción.

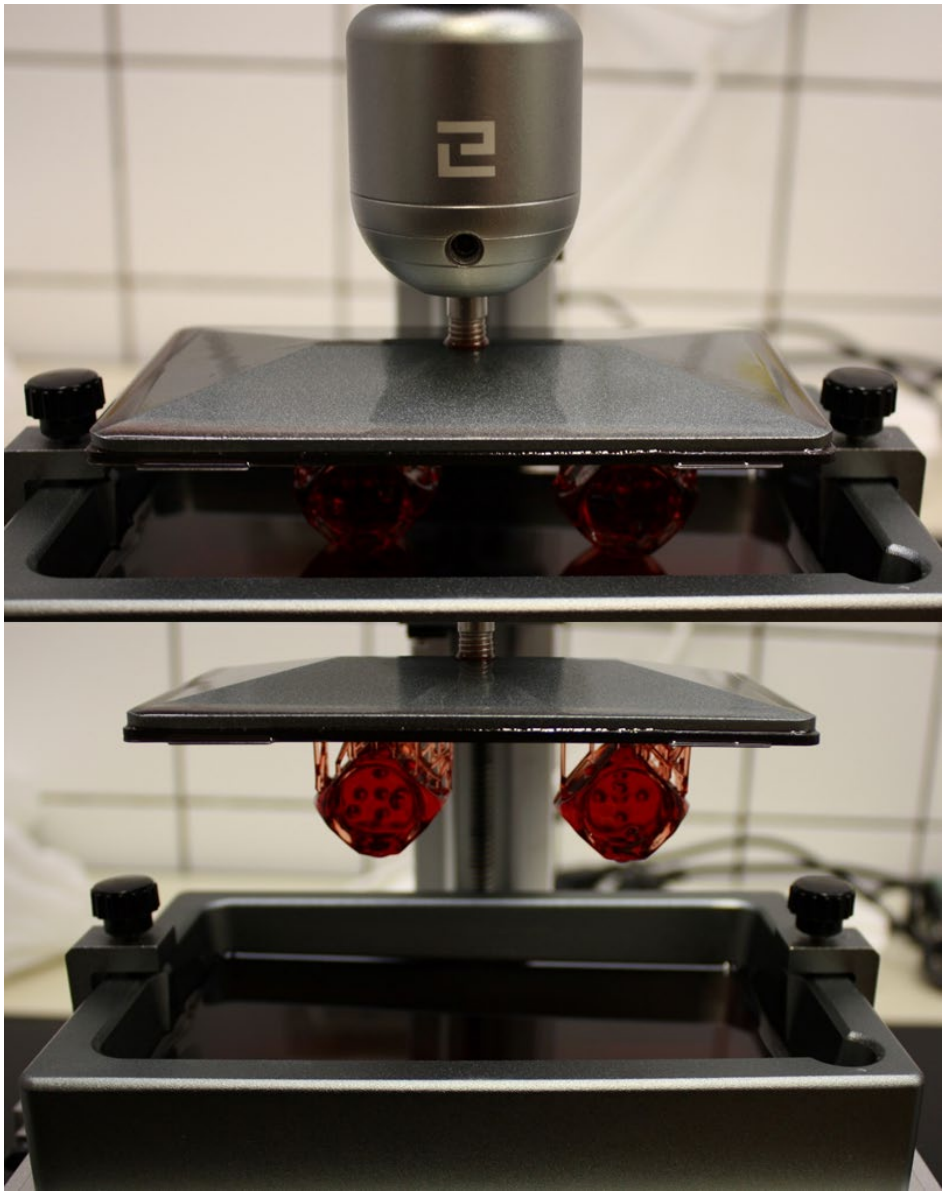


Figura 20 Proceso de impresión SLA

Las impresoras SLA también tienen interfaces de memoria. Las memorias USB son frecuentemente empleadas e incluso algunas impresoras de bajo coste incorporan interfaces LAN y/o WLAN.

En contraposición con la impresión por FDM, el proceso SLA requiere significativamente más materiales y herramientas para su postprocesado.

Los componentes adheridos al plato de construcción deben ser limpiados con un baño de alcohol isopropílico, también llamado isopropanol (99% de pureza recomendado). Tras el proceso de limpiado, el modelo debe dejarse secar.

Una vez limpiada la pieza de trabajo, la resina Sobrante debe devolverse a su botella empleando un filtro de barniz si no se prevé realizar más impresiones durante un tiempo. En tal caso, el VAT también deberá limpiarse cuidadosamente empleando el mismo isopropanol.

Dado que el material no está completamente curado todavía, el componente debe curarse en la conocida como cámara de curado UV. Finalmente, el componente debería ser sellado con barniz con protección UV. Esto previene que la pieza amarilleé cuando se exponga a la luz del sol, entre otros.

Es bastante claro que este proceso de fabricación requiere mucho más trabajo, materiales y espacio que el proceso FDM. Además, las emisiones del isopropanol y la resina requieren un espacio de trabajo bien ventilado, o incluso mejor, que incorpora un sistema de extracción de humos de alguna clase.

Figura 21 Zona de limpieza de piezas SLA (tres cubetas de limpiado secuencial)

Figura 22 Cámara de curado UV de la compañía XYZprinting

3.2.1 Resinas

Todos los fabricantes de impresoras ofrecen resinas adecuadas para sus propios dispositivos. Estas resinas están específicamente preparadas para unos rangos de longitud de onda específicos en los que trabaja su máquina. Las resinas estándar suelen estar disponibles en diferentes colores e incluso transparentes. Diferentes resinas podrían requerir diferentes tiempos de exposición por capa. Este tipo de información puede ser encontrada en las hojas de datos de cada fabricante.

También existen fabricantes que producen resinas especiales que vienen a compensar las deficiencias apuntadas en el capítulo 3.3. A mayores, estas resinas pueden cumplir con requisitos específicos, por ejemplo, aquellos del sector médico en general o dental en particular. Afortunadamente, este tipo de resinas también están disponibles ahora para las impresoras SLA de bajo coste. Anteriormente, este tipo de productos solo estaban disponibles para impresoras de más de 3000€. La variedad de productos ofrecidos por los fabricantes demuestra que los dispositivos de bajo coste se están volviendo más importantes, incluso en aplicaciones profesionales.

En cualquier caso, no debemos olvidarnos de que estas resinas especiales cuestan entre 8 y 10 veces más caras que las resinas estándar.

3.2.2 Herramientas necesarias

Para eliminar las piezas del plato de construcción y limpiar dicho plato, así como el tanque de resina (VAT), necesitarás las siguientes herramientas y materiales:

- Espátula de plástico
- Botella de isopropanol 99% y espray del mismo.
- Toallas de papel
- Al menos una cubeta de plástico suficientemente grande como para contener el plato de construcción y que puede usarse también para limpiar piezas

Para eliminar los soportes de la pieza, excesos de material y finalización de la pieza:

- Pinzas de punta
- Navaja o bisturí
- Cutters
- Papel de lija de grano 500

3.2.3 Equipo de seguridad necesario

En general, el equipo protector puede ser encontrado en las hojas de seguridad de la impresora o de las resinas adquiridas.

En cualquier caso, el equipo de protección individual generalmente recomendado cuando se manejan impresoras SLA es:

- máscara FFP2 (o mejor máscara FFP3) para protegerse de las emisiones de las resinas y del isopropanol

- guantes desechables
- guantes de seguridad
- bata de trabajo o laboratorio
- guantes resistentes a cortes

3.3 Comparación entre los métodos de impresión por SLA y FDM para la creación de materiales táctiles de educación

Cuando comparamos la impresión mediante SLA y FDM en términos de materiales táctiles para la educación, hay varios aspectos que debemos considerar primero:

1. La superficie de los objetos impresos mediante SLA es mucho más suave que aquellos impresos mediante FDM.
2. El material es más frágil y solo puede ser usado hasta cierto punto para modelos funcionales que reciban cargas o esfuerzos mecánicos.
3. Para los detalles más pequeños y filigranas, la impresora adecuada es SLA.
4. Los materiales curados no son seguros para su uso en alimentación y por tanto **no son adecuados para su uso como material escolar para niños**.

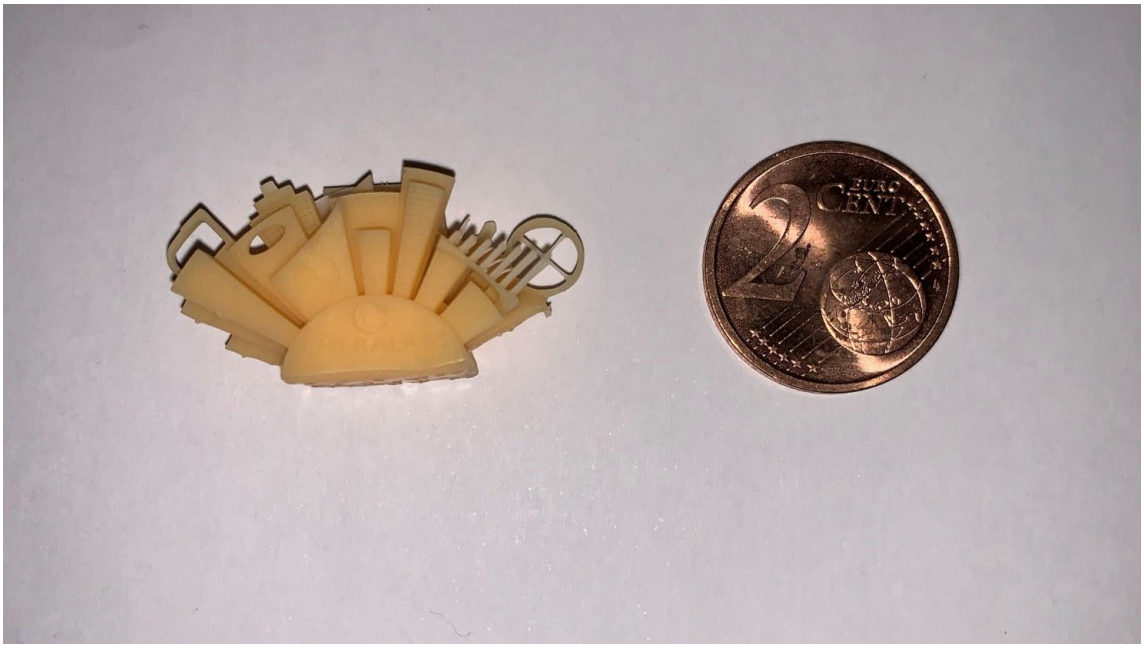


Figura 23 Representación de detalle con impresión mediante SLA

4 Rediseñando con un escáner 3D

4.1 Ejemplo de una solución asequible de escaneo 3D

La producción de escaneos 3D se está volviendo progresivamente más atractiva a medida que los dispositivos móviles y el software en los mismos se vuelven más sofisticados y mejores.

Un ejemplo de una aplicación de bajo coste para teléfono inteligente y tableta es QLONE (www.qlone.pro). El precio en el momento de escritura de este manual era de 45€. La aplicación está disponible para iOS y Android. Esta solución software produce resultados suficientemente buenos y fáciles de usar.

QLONE está planificada para trabajar con modelos no mayores de 15 cm³. Necesita una cuadrícula que puede ser descargada desde la página web del desarrollador. Esta cuadrícula puede ser impresa en varios tamaños de papel.

El modelo a escanear debe colocarse en el centro de la cuadrícula.

Figura 24 Cuadrícula QLONE con un modelo

La aplicación ofrece la opción de guardar los modelos escaneados en una base de datos y enviarlos como archivos STL a una dirección de email.

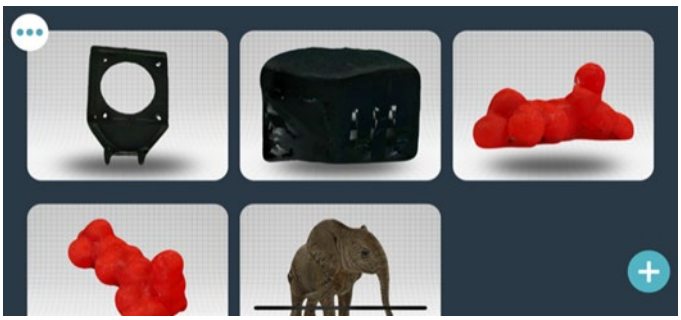


Figura 25 Captura de pantalla en un dispositivo iOS con escaneos desde QLONE

Al usar el escaneo de la aplicación, el software da soporte al usuario para optimizar el proceso. Una cúpula virtual se muestra por encima del modelo. El usuario debe capturar entonces el modelo desde unos 360º varias veces con la cámara. Las áreas capturadas correctamente son mostradas de forma transparente para indicarlo. Una vez que el modelo ha sido completamente capturado, el resultado se convierte a un fichero STL.

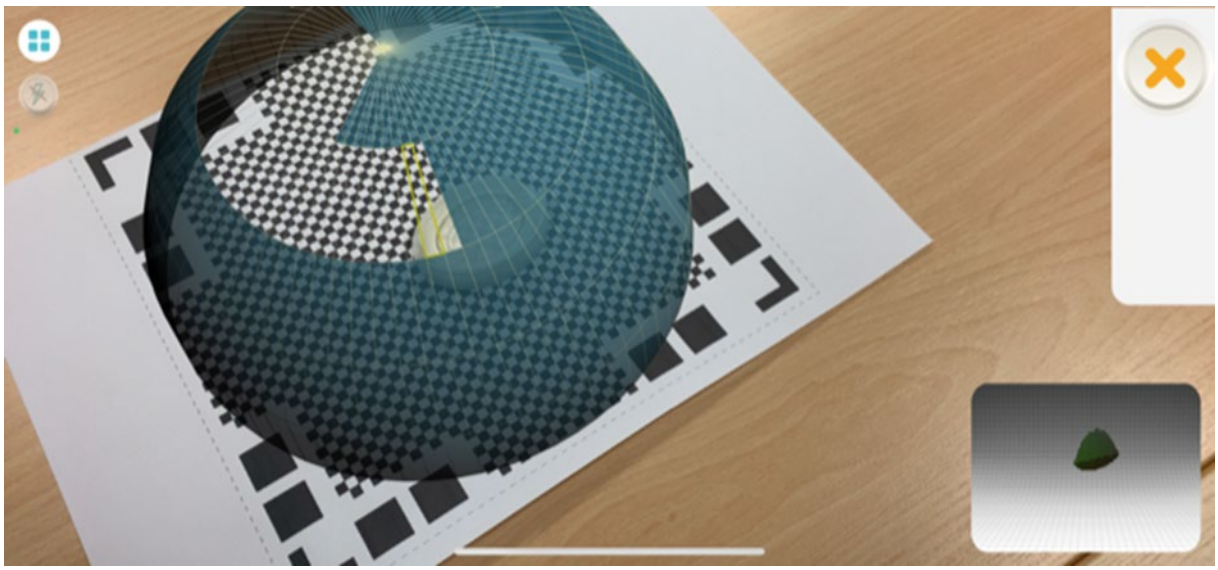


Figura 26 Proceso de escaneado activo

4.2 Escaneo de luz en bandas

Con los escáneres de luz en bandas, una serie de luces dispuestas en bandas cambiantes se proyectan sobre el objeto a escanear empleando un proyector VGA. El objeto entonces se rota 360º. Los patrones variables de bandas permiten al software calcular la superficie. Aquellos objetos oscuros o con transparencia no son buenos candidatos para el escaneo. Por lo tanto, deben ser previamente tratados (una capa de spray con alguna pintura, por ejemplo) para salvar este obstáculo.

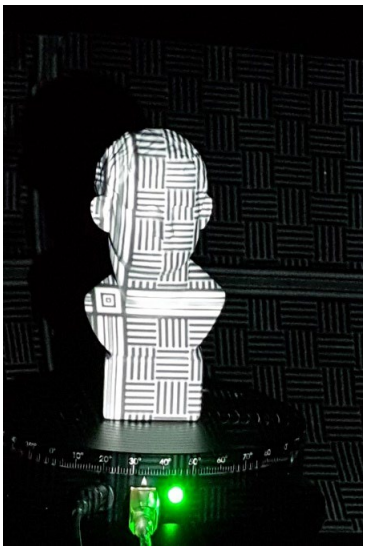


Figura 27 Proyección de patrón de bandas

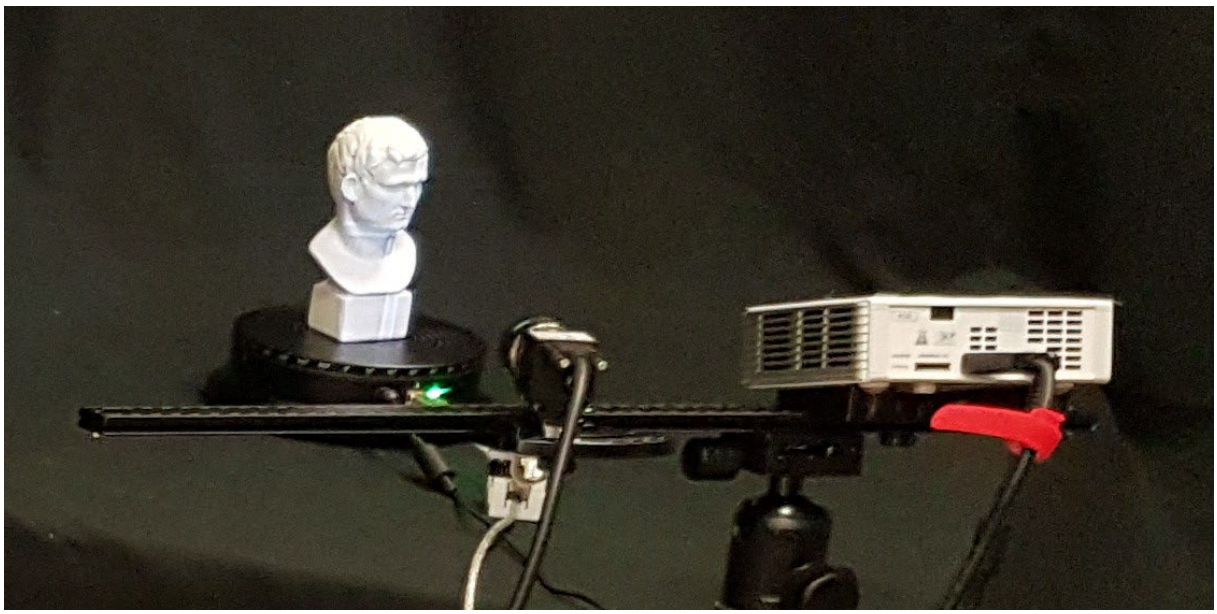


Figura 28 Escáner de luz en bandas – Proyector VGA entre dos cámaras

4.3 Métodos basados en imagen

Los métodos basados en imagen se asientan sobre los principios de la fotogrametría. Un objeto es fotografiado desde diferentes posiciones y se construye un modelo 3D empleando un software específico. Hoy en día, los drones se usan especialmente cuando los elementos a escanear son grandes, tales como edificios.

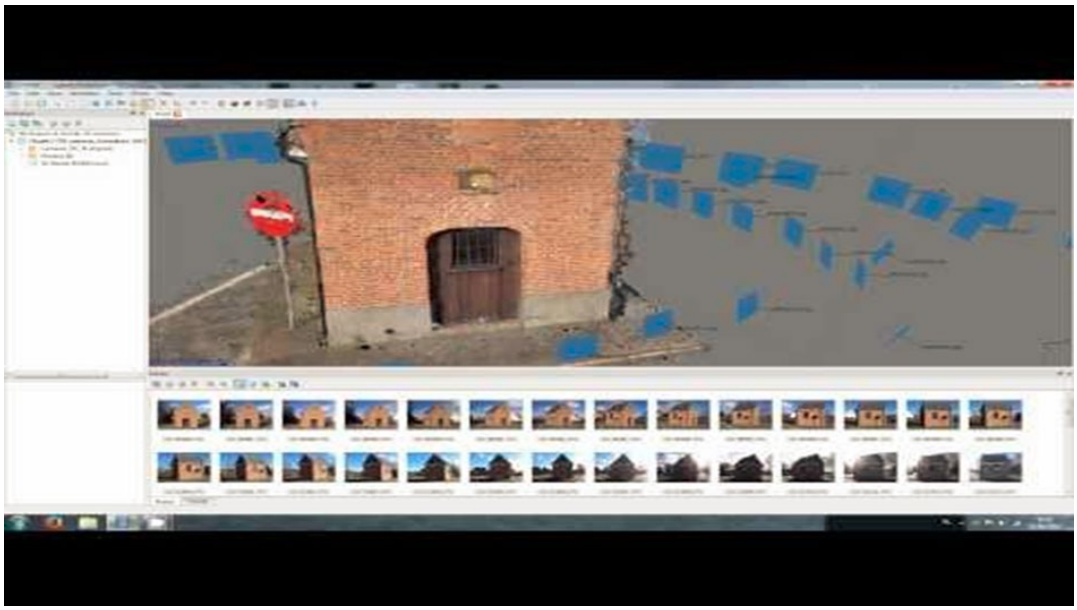


Figura 29 Software de fotogrametría 3DZephyr

5 Glosario de términos

Bolígrafo 3D (3Doodler)
Un bolígrafo 3D es aquel que extruye un plástico líquido de un cabeza extrusor que está integrado en el interior del bolígrafo. La rapidez y cantidad de plástico extruido puede ser controlado por el usuario en la mayoría de los casos. Una vez que el líquido ha salido por el cabezal extrusor, comienza a solidificarse rápidamente en contacto con el aire. De esta forma, se pueden formar objetos tridimensionales de plástico a mano alzada. También es posible cambiar el color del filamento durante su uso para lograr objetos multicolor con el bolígrafo 3D. En el momento de publicar este manual, no se conocen dispositivos con doble cabezal extrusor.

Este tipo de dispositivos ganar el foco de la atención internacional cuando 3Doodler presentó su primer prototipo, de la mano de Maxwell Bogue y Peter Dilworth a comienzos de 2012. La idea del bolígrafo 3D surgió de una impresión defectuosa. Ambos inventores fundaron una campaña de crowdfunding en Kickstarter bajo el nombre de compañía "WobbleWorks" con el objetivo de lograr 30.000$. El objetivo de financiación se alcanzó en pocas horas. El 25 de marzo de 2013, finalizó la campana de micro-mecenazgo, en la cual la compañía “WobbleWorks" logró más de 2 millones de dólares. para desarrollar su modelo de 3Doodler. En enero de 2015 salió a marcado el 3Doodler 2.0. Desde entonces, numerosos modelos de un amplio rango de fabricantes han llegado a los consumidores[1].

Selfie 3D
Un selfie 3D es un autorretrato realizado con una impresora 3D. Es el resultado de una figura de una o más personas, que se imprime sobre la base de una fotografía. Un paso intermedio fundamental es la conversión de la foto en un archivo CAD. Esto requiere de un software que convierta la imagen 2D en un modelo 3D. Después, el modelo es enviado a la impresora 3D para que construya el selfie capa a capa[2].

ABS
El filamento ABS para impresoras 3D (Acrilonitrilo Butadieno eStireno) es un polímero sintético que se engloba dentro de los termoplásticos amorfos. En el proceso FDM, el filamento ABS es igual de importante que el PLA pensando en sus usos y adopción por el público, pero difieren en algunos puntos:

El filamento ABS ofrece alta Resistencia al calor y una superficie dura y resistente a rayones. Gracias a sus muchas propiedades positivas, el plástico ABS tiene un gran número de aplicaciones, tanto en el hogar como en productos de consumo, más allá de la impresión 3D. El filamento ABS es ligeramente más difícil de procesar que el PLA. La mayor dificultad es su fuerte tendencia a deformarse. Para evitarlo, una base de impresión calefactada o una cámara de impresión aislada son importantes.

[1] https://www.3d-grenzenlos.de/glossar/3d-stift/ (07.05.19)
[2] https://www.3d-grenzenlos.de/glossar/3d-selfie/ (07.05.19)

Para prevenir una separación del modelo con respecto al plato de impresión, la elección de una correcta base de impresión es fundamental. Existen a disposición platos de impresión permanente o espray adhesivo para mejorar estos factores. [3]

Autodesk Fusion 360
Software CAD (Computer-Aided Design)
- Con soporte en la nube
- Para Mac y PC

Plato de construcción, cama de impresión, cama calefactada
La cama de impresión es uno de los componentes cruciales de una impresora 3D. El término se refiere al área sobre la cual se construye el modelo capa a capa. Dependiendo del tipo de impresora, la cama de impresión es estacionaria (estática) o se puede mover en distintos planos. La cama de impresión es fundamental para el modelo resultante. La primera capa del objeto a imprimir debe adherirse perfectamente a la cama de impresión. Por otro lado, el objeto debe despegarse con cierta facilidad de la misma. Estos requisitos no solían ser satisfechos correctamente por las primeras impresoras de bajo coste que aparecieron.
Con el posterior Desarrollo y optimización de los dispositivos en los últimos años, han aparecido mejores camas de impresión que se ajustan a los nuevos modelos o son retrocompatibles con algunas impresoras más antiguas. Las camas de impresión calefactadas han jugado un papel importante en estos avances. Algunas de las marcas más conocidas son BuildTak, Aptotec and SainSmart. [4]

Cura
Software de cortado o rebanado, Slicing en inglés (genera las capas a partir de un STL para mandar a la impresora 3D).

Procesamiento por luz digital (DLP)
Es otra tecnología de impresión 3D basada en resinas. Se usa en sus propias impresoras DLP. En esta tecnología, el objeto es creado por un procesador de luz digital que sirve como fuente de luz UV y solidifica resinas foto-reactivas. El proyector dentro de la impresora puede incluso ser un proyecto de vídeo y su resolución determinará la resolución del modelo 3D impreso. Considerando el proyector de luz, Podemos fácilmente entender que este tipo de impresión es mucho más rápida que otros procesos de impresión 3D. El proyector de luz endurece la resina de una capa entera.[5]
El proceso DLP es muy parecido al SLA, ya que está igualmente basado en curado de resinas foto-reactivas inducido por luz. Con las impresoras SLA, se utiliza una láser. A lo largo de este manual, ambos procesos se nombrarán indistintamente como SLA.

Fabricación directa
Componentes con cualidades y características propias de un producto final.

[3] https://www.filamentworld.de/produkt-kategorie/abs-filament-3d-drucker/ (07.05.19)
[4] https://www.3d-grenzenlos.de/glossar/druckbett/ (07.05.19)
[5] https://www.3d-grenzenlos.de/3d-druckverfahren/photopolymerisation/digital-light-processing-dlp/

Direct/Rapid Tooling
También conocido como RT se refiere a la producción rápida de piezas que funcionan como una herramienta (principalmente herramientas de molde, como insertos de molde) en lugar de ser un prototipo o una pieza funcional. Estas herramientas se producen mediante diferentes procesos de fabricación aditiva (AM), también conocidos anteriormente como procesos de creación rápida de prototipos (RP) como la estereolitografía (SL), el modelado por deposición fundida (FDM), la sinterización / fusión selectiva por láser (SLS / SLM), la impresión 3D (3DP) y fusión por haz de electrones (EBM). Estas herramientas AM se utilizan directamente como moldes o se utilizan para producir moldes para la fabricación convencional, como el vacío y la fundición a la cera perdida.

Extrusor, Extrusor Dual
Es un componente de una impresora 3D que fuerza al filamento fundido a salir por la boquilla de la máquina. La bobina rota en un tubo y transporta el filamento fundido, o cualquiera que sea el material de impresión, sobre la cama de impresión. El extrusor se monta sobre unos railes de desplazamiento (también llamados “brazos” en el caso de la impresora 3D delta) de la impresora y es capaz de rotar en los 3 ejes. Durante el proceso, el material fundido fluye uniformemente fuera del extrusor a lo largo de capas, siendo el objeto a imprimir la agrupación de estas capas.
El extrusor es un componente esencial del proceso de extrusión, en el cual los materiales maleables tales como plásticos, cerámicas, biomasa, alimentos e incluso metales son continuamente expulsados por una ap ertura con una forma determinada y gracias a la presión.[6]

Filamento
En la impresión 3D, el filamento se entiende como un tipo de hilo de plástico que se emplea para construir un objeto capa a capa con la ayuda de la extrusión. Los filamentos se emplean en los procesos FDM/FFF (Fused Deposition Modelling/Fused Fillament Fabrication). Los filamentos más comunes en el mercado son ABS y PLA, donde este último es más adecuado para principiantes, ya que es más fácil de trabajar. La impresión con ABS ofrece objetos cuya superficie puede ser suavizada con acetona, por ejemplo, lo que produce resultados más atractivos. Problemas como el efecto de deformación no suceden con PLA.
Desde hace algunos años, filamentos más y más flexibles han ido estando a disposición del público. Algunos de ellos podrían ser el elastómero termoplástico (TPE), el cual es un plástico que puede soportar bie cargas mecánicas como tensión o presión o deformación y recuperación de forma original una vez la carga deja de aplicarse. Un ejemplo que podría ser ilustrativo será una pelota de goma.[7]

Fused Deposition Modelling (FDM), Fused Filament Fabrication (FFF)
Los procesos FDM and FFF forman parte de la familia de procesos de extrusión, por ejemplo, procesos durante los cuales un material termoplástico es calentado a un estado viscoso y presionado (de forma continua preferentemente), a través de una o más boquillas y el hilo resultante es depositado de una determinada manera

[6] https://www.3d-grenzenlos.de/glossar/extruder/ (07.05.19)
[7] https://www.3d-grenzenlos.de/glossar/filament/ (07.05.19)

formando un sustrato. La energía presente en el material es suficiente para fundir el sustrato de forma que se logra una unión permanente una vez enfriado.[8]

G-Code
En el contexto de la impresión 3D, G-code se refiere a comandos que son generados por un software específico y que se convierten en instrucciones entendibles por una impresora 3D. G-code podría ser entendido por tanto como un lenguaje intermedio entre el ordenador y su correspondiente software de CAD y la impresora 3D.
Hay multitud de formas de preparar G-codes para usar en impresión 3D. En los cortes para generar las capas del modelo, por ejemplo, hay un G-Code por cada capa. También se puede trabajar con una biblioteca convierta los modelos complejos en instrucciones más controlables. Los G-codes también pueden ser escritos por el mismo creador y pueden cambiar incluso a lo largo del proceso de impresión. Los creadores más hábiles usan G-codes para reparar sus propias impresoras 3D. Este caso se presenta con frecuencia en aquellos casos en los que el software empleado para controlar la impresora a través de comandos no contiene las instrucciones que necesitamos.[9]

IDEX
IDEX se refiere a los extrusores duales que pueden imprimir de forma independiente uno del otro. Con IDEX es posible imprimir un objeto con dos filamentos distintos o dos objetos más pequeños al mismo tiempo con cada extrusor.

Capa
En el ámbito de la impresión 3D, una capa es cada una de las láminas individuales que deposita/solidifica la impresora 3D para formar un objeto.
Los términos de tamaño de capa y altura de capa son parámetros usuales de las capas. Estos conceptos son fácilmente entendibles y están relacionados con las capacidades de la máquina de impresión.

Nivelado
- Alineado de la cama de impresión, también llamada plataforma de construcción
- También se utiliza como el proceso de eliminar diferencias entre distintos niveles

MeshMixer
Software gratuito de Autodesk para modelo 3D y optimizaciones de malla sencillas.

Boquilla
En el ámbito de la impresión 3D, la boquilla se refiere a la apertura que forma parte del extrusor, es decir, en el cabezal de impresión. El material consumible, también llamado filamento en la jerga técnica y para ciertos tipos de técnicas de impresión 3D, se presiona a través de la boquilla y se aplica capa a capa sobre el plato de impresión. En la mayoría de las impresoras 3D, la boquilla es un elemento reemplazable. Durante el proceso de impresión, la boquilla generalmente recibe bastante estrés por calentamiento. Dependiendo del material de la misma y del

[8] Gebhardt, Andreas: Additive Fertigungsverfahren, Carl Hanser Verlag, München, 2016, S.259
[9] https://www.3d-grenzenlos.de/glossar/g-code/ (07.05.19)

tamaño de la apertura, pueden ocurrir bloqueos de vez en cuando. Dichos bloqueos deben ser convenientemente retirados y la boquilla limpiada para su correcto uso. También pueden presentar signos de desgaste con el tiempo y en ese momento ser reemplazadas. La apertura de la boquilla debe ser seleccionada en función del material y la pieza a producir. De forma estándar, la mayoría de los creadores usan Boquillas de una apertura de 0.4mm de diámetro. El tamaño de esta apertura determina no sólo la calidad sino también el tiempo de impresión.[10]

Filamento PETG
PETG es la abreviatura de Tereftalato de Polietileno (PET), modificado con Glicol. El filamento PETG es superior a otros filamentos en multitud de propiedades. Combina las propiedades del PLA y ABS, con lo cual PETG es un material muy duradero, tiene buenas propiedades mecánicas, es retardante de llama, resistente a muchos químicos y fácil de imprimir. La velocidad de impresión de este material depende de la temperatura del cabezal de impresión, cuanto más caliente, más rápido se puede imprimir PETG.[11]

Filamento PLA
Las Poliactidas (PLA) son polímeros sintéticos que se engloban dentro de la familia de los poliésteres. Se emplean de forma habitual para hacer plásticos obtenidos de fuentes regeneradas (como el almidón de maíz, por ejemplo). Esto convierta al PLA en un material en origen biocompatible. El filamento de impresión 3D no suele ser PLA puro, sino el llamado PLA mezclado, cuya estructura básica se mezcla con aditivos para obtener ciertas propiedades deseables.[12]

Filamento PVA
El alcohol polivinílico (PVA o PVOH) es un termoplástico producido como un polvo amarillento, principalmente mediante el método de saponificación (hidrólisis) de acetato de polivinilo (PVAC). El PVA es soluble en agua y por tanto muy útil para la impresión de soportes en la impresión 3D.

Fundido láser selectivo (SLM)
Es un proceso de fabricación generativa que se enmarca en el grupo de técnicas por fundido por haces y cama de polvo. El fundido láser selectivo es también considerado un proceso de fabricación aditiva en lo referente a impresión 3D.
En el proceso SLM, el material aplicado como polvo sobre la base del plato de construcción es fundido mediante un haz láser. El material entonces se liquidifica y a continuación se solidifica; como final de etapa, el plato de impresión desciende la altura correspondiente a la altura de capa para aplicar una nueva capa de polvo sobre toda la superficie. Este proceso se repite hasta que todas las capas del modelo se han fundido en un único objeto, que se constituye como las áreas que han sido endurecidas por el haz láser. Al final del proceso, los productos fabricados se liberan de los residuos de polvo y están listo para su uso. En la mayoría de los casos se utilizan materiales sin aglutinantes, ya que estos se pueden pulverizar (aspirar o soplar de la pieza final). El polvo sobrante puede ser reutilizado. Con el

[10] https://www.3d-grenzenlos.de/glossar/nozzle/ (07.05.19)
[11] https://www.filamentworld.de/produkt-kategorie/special-filament/petg-filament (07.05.2019)
[12] https://www.filamentworld.de/3d-druck-wissen/was-ist-pla/ (07.05.2019)

proceso SLM no son necesarios moldes de casteo, así como imprimir estructuras de soporte, con lo cual la libertad geométrica de creación de objetos es total, lo que conlleva costes de almacenamiento y producción menores. Como en otros casos, se usa un software CAD para la generación de información (diseño de piezas) que posteriormente se empleará para el guiado del haz láser.

Sinterizado laser selectivo (**SLS**)
Es una técnica de fabricación aditiva (AM) que emplea el haz láser como fuente de energía para sinterizar material en polvo. Es un proceso similar al SLM y pertenece a la familia de procesos de cama de polvo. SLS y SLM son distintas instancias del mismo concepto, difiriendo solo en un detalle técnico: en el proceso SLM, el estado agregado del polvo se produce por fusión (el polvo se caliente, se funde y se solidifica), mientras que en el proceso SLS el láser sólo aglutina el polvo.

Rebanado (slicing)
Como fase de preparación para la impresión 3D, un objeto virtual debe ser correctamente alineado y escalado con la Plataforma de construcción y dividido en capas con una cierta altura. Este proceso de cálculo de división del objeto es el llamado rebanado o “slicing” en inglés y se hace a través de software específico.

Estereolitografía (SLA or STL)
En este proceso, un plástico líquido fotosensible (fotopolímero), por ejemplo, resinas sintéticas o epoxi, se cura a través de la luz capa a capa. Este proceso se produce en un baño del plástico sensible a la luz. Después de la impresión de cada capa, la pieza desciende unos milímetros dentro del líquido, lo que representará la altura de la capa. El plástico líquido es distribuido uniformemente con una escobilla. Después un haz láser, controlado por espejos móviles, se desplaza sobre la superficie para endurecer las zonas correspondientes a la nueva capa.[13]

Formato de archive STL
Este formato describe superficies de una malla como una lista de características geométricas. Un cuerpo se compone de superficies triangulares, que constan de una normal y 3 ejes, que son a su vez descritas por sus coordenadas 3D. El formato STL contiene la información geométrica que puede emplearse para producir objetos tridimensionales.[14]

Soportes
Estructuras impresas en 3D generadas adicionalmente al modelo para soportar su propio peso en zonas voladizas (sin tener más geometría por debajo). Si estos soportes, dichas partes del modelo se colapsarían durante el mismo proceso de impresión.

Tanque/VAT
Es un componente de las impresoras SLA. El tanque de resinas es transparente y hecho de material acrílico bloqueante de rayos UV. Estos tanques pueden ser desmontados y montados de la impresora rápida y cómodamente. Además, es

[13] Fastermann, Petra: 3D-Druck/Rapid Prototyping, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2012, S. 121
[14] https://www.sculpteo.com/de/glossar/stl-definition-de/ (29.04.2019)

posible apilar varios contenedores que ya han sido utilizados para almacenar resina. Esto significa que la resina sobrante de una impresión 3D puede ser almacenada después de su uso fuera de la propia impresora. Es lógico tener tanque diferente para cada tipo de resina empleada. De esta forma, se puede decidir de forma espontánea en cualquier momento con qué material se desea trabajar. El fabricante de la impresora iGo3D recomienda cambiar el tanque cada 2-3 litros de consumo de resina. VAT es el término usado para los tanques de impresoras con Procesamiento de luz digital (DLP). En este caso, el fondo del tanque consiste en una hoja transparente de plástico reemplazable.

Thingiverse
Es una Plataforma online para el intercambio de archivos CAD que pueden ser usados para las impresoras 3D, cortadoras láser, procesos ablativos como CNC, etc. Es una de las plataformas más populares internacionalmente en el movimiento DIY (Do It Yourself o Hágalo Usted Mismo). Los archivos subidos a la plataforma son de código abierto y generalmente sujetos a licencias CC y GPL. La mayoría de los archivos subidos a Thingiverse son diseñados con propósitos de mantenimiento y reparación. Aun así, elementos de joyería, decorativos e ideas creativas son comunes de encontrar en multitud de variaciones. Dichos modelos pueden ser descargados y usados para la impresión desde casa usando una impresora 3D, por ejemplo.
La creadora y propietaria de Thingiverse es la empresa MakerBot, fundada por Zach Smith y Bre Pettis. La Plataforma lleva online desde noviembre del 2008 y está disponible en inglés. Thingiverse como tal fue fundada por Zach Smith.[15]

Tambaleo en Z (Z-Wobble)
Es un suceso que acontece cuando actúan fuerzas laterales sobre la tuerca de la varilla roscada. Esto produce una rotación en el eje Z en algunos modelos de impresoras 3D. como resultado, el extrusor sufre un desplazamiento en el plano YZ.

[15] https://www.3d-grenzenlos.de/glossar/thingiverse/ (25.04.2019)

6 Lista de ilustraciones

Figura 1 Modelo de primeras impresoras SLA: SLA 1 (Referencia: ResearchGate).. 4
Figura 2 Gráfico de la solicitud de patente de Charles Hull 5
Figura 3 Procesos Tradicionales 6
Figura 4 Procesos aditivos 7
Figura 5 Libertad de forma. Ambos modelos fueron impresos en un único proceso .. 7
Figura 6 Representación de una Ventana de ordenador con papel hinchado 8
Figura 8 Matriz positiva del teclado de la imagen anterior 9
Figura 9 Mapa táctil para imprimir en 3D 10
Figura 10 Modelo impreso en 3D a diferentes escalas de la figura anterior 10
Figura 11 Modelos táctiles de estructuras celulares 11
Figura 12 Ejemplos de señalética de puertas en braille 11
Figura 13 Ejemplo de tablillas de entrenamiento braille 12
Figura 15 El proceso de impresión 3D 14
Figura 16 Estructura de un extrusor. Izquierda: vista lateral; derecha: vista frontal . 17
Figura 17 Funcionamiento de una impresora FDM (Scopigno R.,et.al., 2017) 17
Figura 18 Herramientas más importantes 19
Figura 19 Ensamblado de impresora SLA con cobertura de filtro UV 20
Figura 20 Impresora SLA sin cobertura 21
Figura 21 Fase de exposición en impresión SLA. Sin VAT para mejor visualización 21
Figura 22 Proceso de impresión SLA 22
Figura 23 Zona de limpieza de piezas SLA (tres cubetas de limpiado secuencial) .. 23
Figura 24 Cámara de curado UV de la compañía XYZprinting 23
Figura 25 Representación de detalle con impresión mediante SLA 25
Figura 26 Cuadrícula QLONE con un modelo 26
Figura 27 Captura de pantalla en un dispositivo iOS con escaneos desde QLONE 26
Figura 28 Proceso de escaneado activo 27
Figura 29 Proyección de patrón de bandas 27
Figura 30 Escáner de luz en bandas – Proyector VGA entre dos cámaras 28
Figura 31 Software de fotogrametría 3DZephyr 28

7 Bibliografía

Scopigno R., Cignoni P., Pietroni N., Callieri M., Dellepiane M. (2017). "Digital Fabrication Techniques for Cultural Heritage: A Survey". *Computer Graphics Forum* **36** (1): 6–21. DOI:10.1111/cgf.12781. read: 24.03.2021

Wikipedia (2021); 3D printing processes; https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing_processes#Material_extrusion; read: 01.05.2021