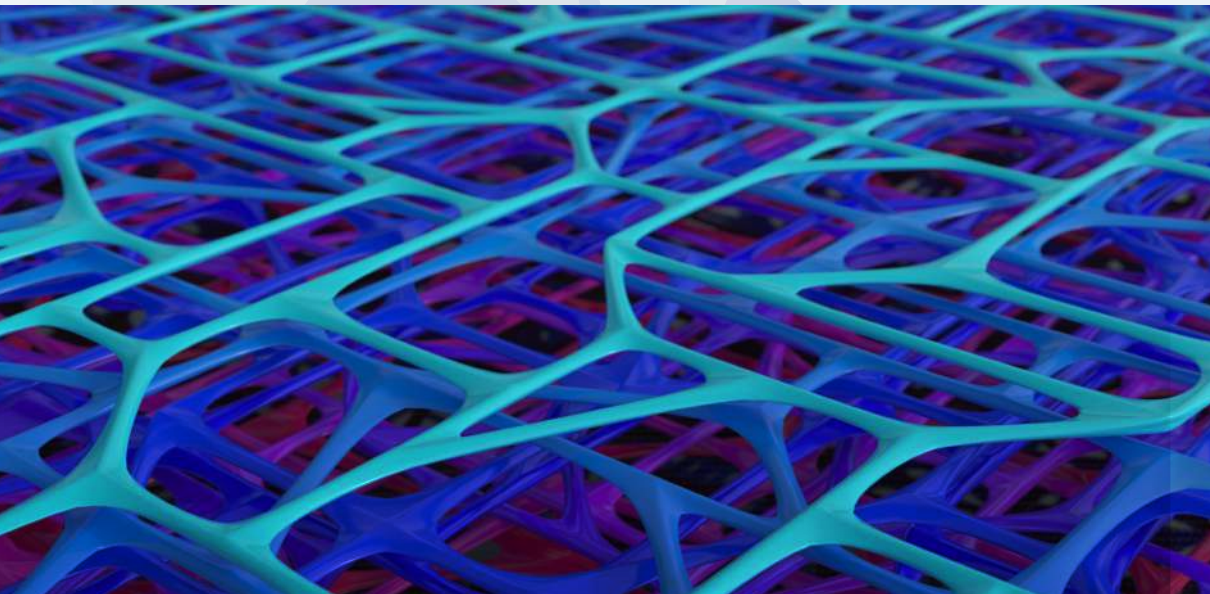


Impresión 3D con software libre

Autores:

José Luis David Bonilla Carranza
Luis Felipe Muñoz Mendoza
Adriana Peña Pérez Negrón
Alma Yolanda Alanís García
Marco Antonio Pérez Cisneros
José Esteban Hernández de León
Eduardo Mendez Palos



Impresión 3D con software libre



Impresión 3D con software libre

Autores:

José Luis David Bonilla Carranza

Luis Felipe Muñoz Mendoza

Adriana Peña Pérez Negrón

Alma Yolanda Alanís García

Marco Antonio Pérez Cisneros

José Esteban Hernández de León

Eduardo Mendez Palos



Impresión 3D con software libre. Autores: José Luis David Bonilla Carranza, Luis Felipe Muñoz Mendoza, Adriana Peña Pérez Negrón, Alma Yolanda Alanís García, Marco Antonio Pérez Cisneros, José Esteban Hernández de León y Eduardo Méndez Palos. — *Guadalajara, México. 2024.*

Publicación electrónica digital: descarga y online; detalle de formato: EPUB.

Primera edición

D. R. © copyright 2024

ISBN: **978-84-10215-86-3**

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE24001182>



La presente obra fue dictaminada bajo el sistema de doble ciego y cuenta con el aval de los dictámenes de pares académicos en el campo de las ciencias sociales en México.

Edición y corrección: **Astra ediciones**

Se prohíbe la reproducción, el registro o la transmisión parcial o total de esta obra por cualquier sistema de recuperación de información, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, por fotocopia, cualquier otro existente o por existir; sin el permiso previo, por escrito, del titular de los derechos.

HECHO EN MÉXICO | MADE IN MEXICO

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a Mariana Aguayo Hernández, Brisa Pérez Nolasco, Ángel Giovanni Reyes Montoya, Kenneth Alexander Ekpoot Pulido, Daniela Curiel Gómez, César Emmanuel Gómez Martínez y Christopher Uriel Ramírez García por su invaluable apoyo en el Laboratorio de Inventores de CUCEI. Su dedicación y esfuerzo fueron fundamentales para la creación de este libro sobre impresión 3D, un proyecto que no solo refleja su talento y compromiso, sino también su pasión por el avance tecnológico y la educación.

El *Laboratorio de Inventores de CUCEI* es un espacio destinado a fomentar la creatividad y la innovación tecnológica entre estudiantes y externos, brindando acceso a herramientas avanzadas como la impresión 3D y el modelado digital. Aquí se promueve la exploración y el desarrollo de ideas que buscan resolver problemas reales mediante el uso de tecnología de vanguardia.

Agradecemos profundamente a CUCEI y a la Universidad de Guadalajara (UdeG) por su constante apoyo y por proporcionarnos el entorno adecuado para impulsar iniciativas educativas y tecnológicas como esta. Sin su respaldo, el desarrollo de este proyecto no hubiera sido posible.

Este libro es el resultado del esfuerzo conjunto y marca un nuevo hito en el compromiso de la comunidad universitaria con el conocimiento y la innovación.

Contenido

Agradecimientos	7
Presentación	11

Capítulo 1

Antecedentes	13
1.1 Introducción	14
1.2 Línea del tiempo	15
1.3 ¿Qué es la impresión 3D?	17
1.4 Tipos de impresión 3D y Procesos	18
1.5 El futuro	19

Capítulo 2

Modelado 3D	21
2.1 Introducción a Blender	22
2.2 Funciones principales de Blender	23
2.3 Interfaz	25
2.4 Generar un nuevo documento	29
2.5 Rotación y localización	29
2.6 Creación de modelos 3D: Creación de figuras geométricas	31
2.7 Object Mode	32
2.8 Creando un modelo 3D	38

Capítulo 3

Impresoras 3D	47
3.1 Extrusión de material	48
3.2 Polimerización en tina (VAT Polymerization)	55

Capítulo 4

Consideraciones y materiales de impresión 3D FDM	61
4.1 Generalidades	62
4.2 Boquilla de extrusión (Nozzle)	62
4.3 Gabinete para impresora 3D (Enclosure)	66
4.4 Sistema de control de humedad y temperatura	68

4.5 Materiales de impresión 3D FDM	68
--	----

Capítulo 5

Proceso de impresión 3D	83
--------------------------------------	----

5.1 Introducción a laminadores.....	84
-------------------------------------	----

5.2 Preparación de la impresora.....	102
--------------------------------------	-----

5.3 Imprimir	106
--------------------	-----

Glosarios de palabras	111
-----------------------------	-----

Bibliografía	113
--------------------	-----

Presentación

La impresión 3D es una herramienta indispensable en la actualidad, que permite convertir nuestras ideas en un objeto tangible de una forma muy rápida cuyos límites únicamente están determinados por nuestra creatividad, en este libro te damos una bienvenida al fascinante mundo de la impresión 3D permitiéndote entender y aprovechar esta revolución tecnológica para hacer realidad tus ideas.

Este libro te presenta una oportunidad de conocer de forma amena desde los antecedentes tecnológicos que hoy nos permiten tener a nuestra disposición esta tecnología, los conceptos básicos del modelado 3D, los componentes de una impresora 3D, así como las consideraciones necesarias para elegir el material de impresión 3D más adecuado a las necesidades de la aplicación, hasta lograr desarrollar adecuadamente el proceso de impresión 3D.

Hoy tenemos a nuestro alcance avances tecnológicos que hasta hace poco tiempo nos parecía de ciencia ficción, sin embargo, en la actualidad la ciencia y el desarrollo tecnológico están avanzando a pasos agigantados, permitiéndonos ser partícipes de una revolución en la forma de percibir nuestro entorno, interactuar con él y sobre todo acelerar el proceso creativo del ser humano.

Hoy somos testigos de como la impresión 3D ha revolucionado diversas industrias, desde la medicina hasta la arquitectura, pasando por todas las áreas de la ingeniería y cómo está permitiendo la creación de productos personalizados y sostenibles. La impresión 3D está redefiniendo la manera en que creamos y hace posible que cualquiera, desde un aficionado hasta un experto, convierta sus sueños en realidad. Los proyectos creativos realizados con impresión 3D tienen una infinidad de contextos que van desde obras de arte, moda, juguetes o prototipos de académicos, permitiendo así que esta tecnología tenga un potencial prácticamente ilimitado.

Día a día se avanza significativamente en el desarrollo de tecnologías que nos permiten realizar impresiones, de mejor calidad, a menor costo, de forma más rápida y de manera prácticamente transparente para el usuario, permitiendo así que aún si la necesidad de una capacitación profunda los usuarios tengan la capacidad de obtener una representación física de sus ideas. Así mismo la investigación y desarrollo de nuevos materiales como plásticos biodegradables, metales y cerámicas están ampliando las aplicaciones de la impresión 3D lo que nos permite tener más aplicaciones con piezas que se adapten a las características de las aplicaciones. Un ejemplo en este sentido es la impresión 3D de tejidos y órganos lo que indiscutiblemente tiene el potencial de revolucionar el ámbito médico.

Igualmente es importante mencionar que la impresión 3D está empezando a instrumentarse en proyectos de viviendas y estructuras arquitectónicas para ofrecer soluciones automatizadas a la construcción. Estas tendencias están formando el futuro de la impresión 3D y abren un abanico inmenso de posibilidades en diversos campos. Sin embargo, es relevante que también consideremos por un lado la necesidad de educación y capacitación en el uso adecuado de la impresión 3D para aprovechar adecuadamente esta tecnología de manera práctica y creativa y al mismo tiempo hacer una reflexión sobre la necesidad de tener una impresión 3D sostenible mediante el uso de materiales reciclables, además de procesos que minimicen el desperdicio así como la reducción de residuos tóxicos lo cual podemos lograr si comprendemos el funcionamiento de la misma.

En conclusión, el uso de la impresión 3D es una realidad que va en aumento y que nos facilita el desarrollo de productos creativos ya sea con fines lúdicos, productivos o académicos que aún está en constante desarrollo permitiéndonos hacer realidad nuestras ideas de una forma cada vez más sencilla. Esperamos que este libro sea de ayuda para lograr experimentar y explorar tu propia creatividad, generando ideas para el desarrollo proyectos únicos e innovadores que te permitan convertir en realidad tus ideas por medio de la impresión 3D.

Guadalajara, Jalisco, México
Octubre 2024
Dra. Alma Yolanda Alanís García

Capítulo 1

Antecedentes

1.1 Introducción

Aunque la impresión 3D que presenciamos actualmente pueda parecer algo nuevo, en realidad sus orígenes remontan desde tiempo atrás. Si se busca en cualquier navegador que el usuario prefiera, la frase “Historias de las impresoras 3D”, se encontrará información es referente a los años 80, pero en realidad las bases de esta tecnología se establecieron mucho antes.

Para ir realmente al origen, hay que remontarse al siglo XIX, donde un escultor francés llamado François Willème, en el año de 1859, ya tenía ideas sobre la recreación automática de objetos en tres dimensiones. Este hombre hizo el primer intento de escaneo en 3D de la historia, mediante 24 cámaras en diferentes ángulos para lograr tener una misma fotografía con varias perspectivas.

Tiempo después, en 1892 un inventor austriaco llamado Joseph E. Blather obtiene una patente la cual le permitiría crear mapas topográficos en 3D utilizando la *estratificación*, técnica similar a la que usan las impresoras 3D hoy en día.

Con los anteriores precursores el avance hacia la impresión tridimensional se aceleró significativamente con la invención de las impresoras de inyección de tinta en 1976. Estas impresoras, inicialmente diseñadas para imprimir en papel, despertaron el interés en la posibilidad de utilizar técnicas similares para imprimir objetos tridimensionales. La necesidad humana de innovar continuó impulsando la búsqueda de nuevas formas de materializar ideas y diseños en el mundo físico. Con la capacidad de crear objetos en dos dimensiones, era natural que la siguiente frontera fuera la tercera dimensión.

1.2 Línea del tiempo

Desde 1976, la evolución de la impresión 3D ha sido marcada por una serie de hitos significativos que han impulsado su desarrollo. A lo largo de los años siguientes, se han producido eventos importantes que han contribuido al avance de esta tecnología revolucionaria. Aquí presentamos una línea del tiempo que destaca algunos de estos momentos clave en la historia de la impresión 3D.

- **1980 - 1981**

- **Primera patente sobre la impresión 3D**

- En este año, el investigador Hideo Kodama presenta la primera patente relacionada con la impresión 3D, en la cual pretendía crear piezas sólidas utilizando una tina de fotopolímero y exponiéndose a luz ultravioleta para endurecer la pieza.

- **1984 - 1986**

- **Se inventó la estereolitografía**

- Charles Hull cambió la historia de la impresión 3D, inventando la estereolitografía (SLA), esta es una técnica de impresión de objetos mediante el uso de un láser sintetizando capa por capa, formando polímeros.

- Además, otra de sus grandes aportaciones a la industria fue fundar 3D Systems Corporation y lanzar al mercado la primera impresora 3D comercial, bajo el nombre de SLA-1.

- **1989**

- **Nace el método de impresión Fused Deposition Modeling**

- S. Scott Crump y su esposa Lisa Crump, inventaron y patentaron un método de fabricación aditivo, el cual consistía en calentar y fundir un filamento hecho de polímero, se deposita en un sustrato capa por capa y así se crea la figura en 3D. Ese mismo año fundaron Stratasy, una de las empresas más importantes del sector profesional de impresoras 3D.

- **1999**

- Inicia la impresión de órganos**

- Fue en este año cuando imprimir órganos se volvió algo real. El Instituto de Medicina Forestal Wake logra desarrollar y trasplantar una vejiga urinaria, se utilizó un recubrimiento sintético con las propias células del paciente, debido a esto el riesgo de rechazo es prácticamente nulo, dicho trasplante fue todo un éxito.

- En esta década ya se hacía uso de las impresiones 3D en este campo, por ejemplo en la odontología, creación de prótesis o hasta medicina, pero nunca algo tan complejo como un órgano, esto sin duda marcó un antes y un después en la historia.

- **2004 - 2005**

- Impresoras de código abierto**

- En la Universidad de Bath el Dr. Adrian Bowyer soñaba con democratizar la impresión 3D y da inicio al proyecto de código abierto RepRap, el objetivo de este era construir una impresora 3D que fuese autorreplicable, es decir, capaz de imprimir la mayoría de sus propias piezas para así crear nuevos modelos.

- **2008**

- Gran año para la industria de la impresión 3D**

- RepRap logró su cometido y lanzó “Darwin”, ahora le era posible a los usuarios de esta impresora crear otras para sus amigos además de poder reparar los componentes de la suya.

- Se lanza en Holanda, Shapeways (beta privada) la cual es un sitio web que ofrecía el servicio de impresión 3D, esto hace que pueda llegar a un público más amplio, además de que artistas, arquitectos y diseñadores presentaran sus diseños como objetos físicos a un bajo costo.

- En lugar de darle a las personas sus propias impresoras, Shapeways dejaba a los usuarios enviar sus modelos 3D, los imprimían y los enviaban.

- Una persona logra caminar gracias a una prótesis que en su totalidad estaba impresa en 3D.

- **2009**

- La popularización**

- Al expirar una patente clave en la tecnología FDM, Makerbot crea kits para que las personas pudiesen armar sus propios productos o impresoras 3D el cual tuvo mucho éxito.

- Además, también crearon Thingiverse, una biblioteca de archivos que permite a los usuarios enviar y descargar archivos capaces de ser impresos en 3D, actualmente este sitio es el más popular de impresión en 3D.

- En 2013 esta compañía fue adquirida por Stratasys. A partir de este momento marcas como Zortrax y Ultimaker empezaron a producir sus propios sistemas, ofreciendo todavía más oferta al mercado y popularizando más la impresión 3D.

- **2012**

- Crecimiento de la Industria**

- La industria de Impresión 3D ha aumentado de una manera significativa año con año. Cada vez son más las marcas que traen al mercado nuevos modelos de impresoras, soluciones de impresión 3D, los cuales hacen posible fabricar piezas no solo de plásticos. En el presente los costos de una impresora 3D y del proceso de impresión son más accesibles que antes, además, como se ha visto, pueden tener diferentes usos y proponer soluciones muy interesantes a problemáticas de la vida cotidiana.

1.3 ¿Qué es la impresión 3D?

La impresión 3D es un grupo de procesos para producir objetos tridimensionales mediante la adición en capas de algún material a partir de un modelo digital. La impresora 3D puede utilizar diferentes tecnologías y materiales para ir superponiendo las capas, esto es de abajo hacia arriba y así crear el objeto.

Se requiere el uso de un software, el correspondiente hardware de la impresora, los materiales que utilizará la propia impresión y que todos estos trabajen al unísono. Lo primero que se necesita es un archivo di-

gital proveniente de un software de modelado en 3D, el siguiente paso es elegir el material que más se adecue a las necesidades del usuario (los más comunes son los termoplásticos) y por último la impresora 3D; esta al igual que el material se debe utilizar la que más convenga, ya que existen algunas capaces de trabajar con el metal, resinas o polímeros, aunque esto las hace más caras debido a su capacidad de fundir este tipo de materiales.

Hoy en día podemos encontrar objetos impresos en cualquier industria, como lo es la salud, educación o entretenimiento, por mencionar algunos, ha sido posible crear juguetes, prototipos, prótesis quirúrgicas, joyería, hasta comida, entre otras piezas.

1.4 Tipos de impresión 3D y Procesos

Actualmente se disponen de diferentes tecnologías para imprimir en 3D, la mayor diferencia entre ellas es la forma en la que las distintas capas son utilizadas para dar forma al objeto. Algunas de ellas son:

1. **Sólidos derretidos:** Este método es uno de los más comunes, se basa en fundir un material e irlo sacando de la boquilla.
2. **Líquidos solidificantes:** Por lo general estas impresoras 3D suelen requerir polímeros fotosensibles o resinas. Su funcionamiento es mediante una proyección, aplicando un láser sobre una resina para ir solidificando una fina película y así crear un objeto sólido.
3. **Fusión de polvos:** En este método el material con que se trabaja es un polvo y para fusionarlo se utiliza un agente aglutinante o fundiendo el material con alguna fuente de calor.

Procesos

Los procesos de impresión 3D varían considerablemente dependiendo de la tecnología usada para la impresión, de acuerdo con esto se tienen los siguientes:

- **Impresión por inyección:** Para este método la impresora 3D esparce una capa de la pieza sobre la cama de la impresora y ese proceso se repite cuantas veces sea necesario hasta terminar con el objeto.

- **Modelado por deposición fundida (FDM):** En este tipo de impresión se va depositando capa a capa un material fundido sobre una estructura y posteriormente se sintetiza con un láser que lo solidifica. En este proceso también se incluye el sinterizado de metal por láser.
- **Estereolitografía (SLA):** Para llevar a cabo este tipo de proceso se utilizan resinas líquidas fotopoliméricas y al hacer uso de una luz que se emite por un láser ultravioleta se van solidificando y a su vez creando las capas de resina sólida que van dando forma al objeto.
- **Fotopolimerización por luz ultravioleta (SGC):** Para llevar a cabo el proceso es necesario un recipiente de polímero líquido y al ser expuesto a una luz el polímero se va endureciendo. Para dar forma a la figura la placa de montaje se va moviendo lentamente y así se vaya solidificando el polímero, esto hasta crear las capas necesarias para llegar al resultado deseado.
- **Fotopolimerización por absorción de fotones (SLS):** En este método se utiliza un bloque de gel y gracias a un proceso de no-linealidad óptica de fotoexcitación es posible solidificar y dar forma a la figura enfocando un láser. El gel restante debe ser limpiado.
- **Impresión con hielo:** Aunque esta tecnología aún está en desarrollo ya se ha podido hacer impresiones 3D mediante procesos de enfriado.

1.5 El futuro

Como ya se mencionó, la impresión 3D es algo que está presente en varios aspectos de la vida cotidiana, sin embargo, aún no ha alcanzado su máximo desarrollo dado que tiene un gran potencial y alta gama de posibilidades para crear soluciones innovadoras en diversas ramas de la ciencia y tecnología. La versatilidad de los materiales con los cuales es posible crear objetos lo hace todavía más atractivo ya que se pueden adaptar a las necesidades dependiendo de cada situación.

Esta tecnología, sin lugar a dudas, es el eje de la siguiente revolución industrial, las cifras apoyan los hechos, podemos ver que en los últimos años los materiales y servicios relacionados con las impresoras 3D han ido en aumento.

La tecnología actual promete avances revolucionarios en la impresión 3D, desde la alimentación impresa hasta en materia de salud con avances espectaculares, como se mencionó, ya ha sido posible imprimir prótesis y hasta un trasplante de un órgano impreso exitoso. Imaginemos la gran posibilidad de vivir en casas creadas con impresoras 3D, podremos crear réplicas de productos de cualquier sector productivo además de los impresionantes avances en cuanto a robótica se refiere, actualmente se está trabajando para crear robots que sean capaces de autoreplicarse y autorepararse.

Gracias a la impresión 3D los procesos de fabricación han evolucionado y lo seguirán haciendo, esto revolucionará nuestro estilo de vida y lo mejor de todo es que está al alcance de una computadora, un modelo tridimensional y una impresora 3D.

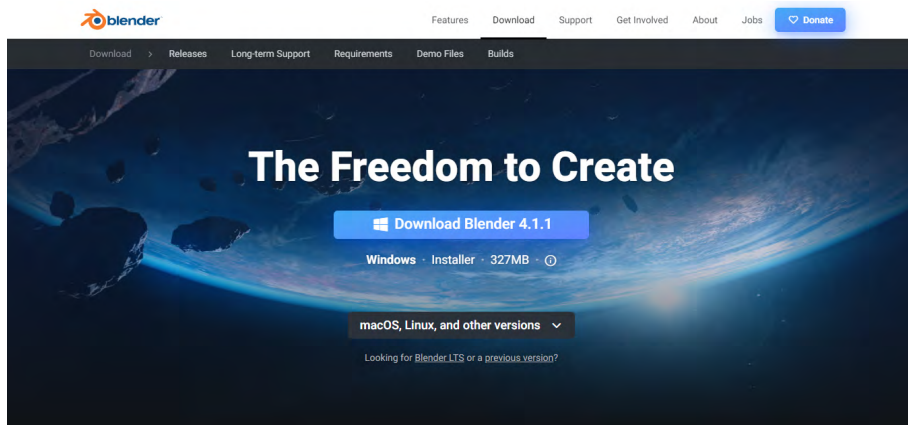
Capítulo 2

Modelado 3D

2.1 Introducción a Blender

Actualmente *Blender* es uno de los programas más utilizados para el modelado en 3D, es una suite de creación gratuita y de código abierto, que puede ser descargada en la siguiente liga: [Download — blender.org](https://blender.org). Al ingresar al *link* en el buscador, encontraremos la página con el archivo para descargar, ver Figura 1.

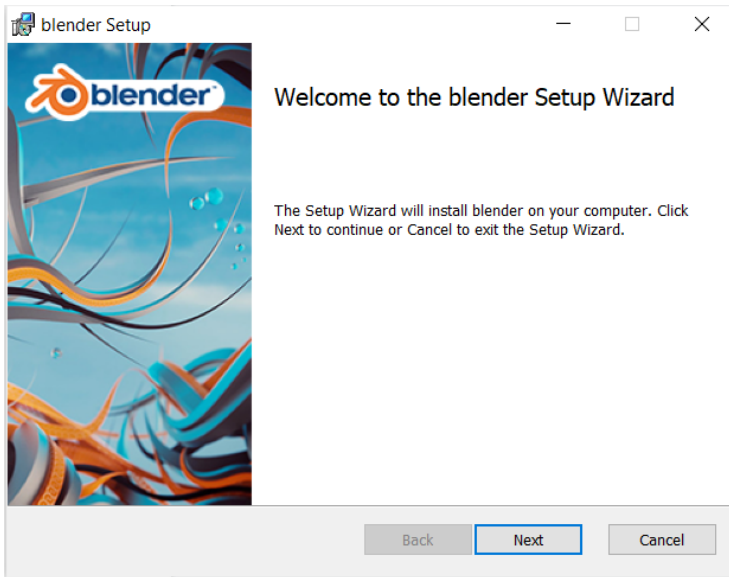
Figura 1.
Página de descarga del software Blender.



Fuente: Blender.org (2024).

Seleccionamos la versión compatible con nuestro equipo y descargamos el archivo. El siguiente paso es buscar su ubicación en la computadora y darle doble clic, abrirá una ventana como se muestra en la Figura 2. Deberás seguir las instrucciones que se te piden y se recomienda que las configuraciones iniciales se queden de acuerdo a lo predeterminado por el programa.

Figura 2.
Instalación de Blender.



Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

2.2 Funciones principales de Blender

Crear animaciones: La animación consiste en mover un objeto de un lugar a otro usando la línea de tiempo y la vista 3D. Para crear una animación en Blender es muy fácil, existen diversos tipos de animaciones con diferente grado de dificultad pero la base para crearlas son muy sencillas.

En el caso de *Blender* si tenemos una esfera y queremos animarla para que pase por un aro enfrente de ella tenemos que seguir una serie de pasos:

- Seleccionar el objeto a animar.
- En la línea de tiempo, colócate en el tiempo inicial.
- En la vista 3D, con el objeto seleccionado presiona la tecla **i**.
- Se desplegará una lista de opciones, selecciona **LocRotScale**, esto hará que se guarde la localización, rotación y escala en el punto 1 de la línea del tiempo.
- Ahora procede a elegir un punto final en la línea del tiempo.

- Mueve el objeto a su posición final.
- Presiona nuevamente la tecla **i** y selecciona **LocRotScale**.
- Para observar la animación, mueve la línea del tiempo.

Hacer simulaciones: *Blender* dispone de varias funciones para simular características físicas como humo, fluidos, pelo, sistemas de partículas, etc. Con estas herramientas podemos realizar complejas animaciones.

Renderización 3D: Es el proceso que permite obtener imágenes digitales tomadas del modelo tridimensional [B#], es el último paso en todas las animaciones, esto permite obtener el resultado final de la misma, la cual quedará reflejado en un archivo del disco de nuestro equipo, para su posterior reproducción. Este proceso tiene múltiples opciones, podemos tener una simple imagen de nuestro modelo, hasta un formato óptimo para video [B#2].

Composición: Es una salida final que realiza una posproducción para el render final. Esto nos permite agregar efectos, modificar ajustes como brillo y contraste, corrección de color, profundidad de sombras, etc. *Blender* permite combinar elementos para obtener un render más pulido, mejorando la iluminación de una escena, agregar campo de profundidad, etc. [B#3].

Modelado: Es el proceso de crear un objeto tridimensional desde cero, se realizan diferentes procesamientos, desde la manipulación del volumen hasta mediante la unión de diferentes piezas a modo de maqueta [B#4]. *Blender* provee de todas las herramientas para realizar modelado, animación, creación de videojuegos, simulaciones y un sin fin de probabilidades.

Seguimiento de movimiento: El seguimiento de movimiento permite calcular el movimiento de una cámara, un objeto de videojuego o una secuencia de imágenes y aplicarlo en objetos digitales, *Blender* cuenta con una interfaz de usuario del rastreador de movimiento que coincida con otros controles, esta es una técnica esencial para crear efectos visuales en películas o videojuegos [B#5].

Edición de video: *Blender* cuenta con un potente editor de vídeo gratuito, este permite acciones básicas como cortar y pegar secuencias de video, hasta funciones más complejas como previsualización, forma

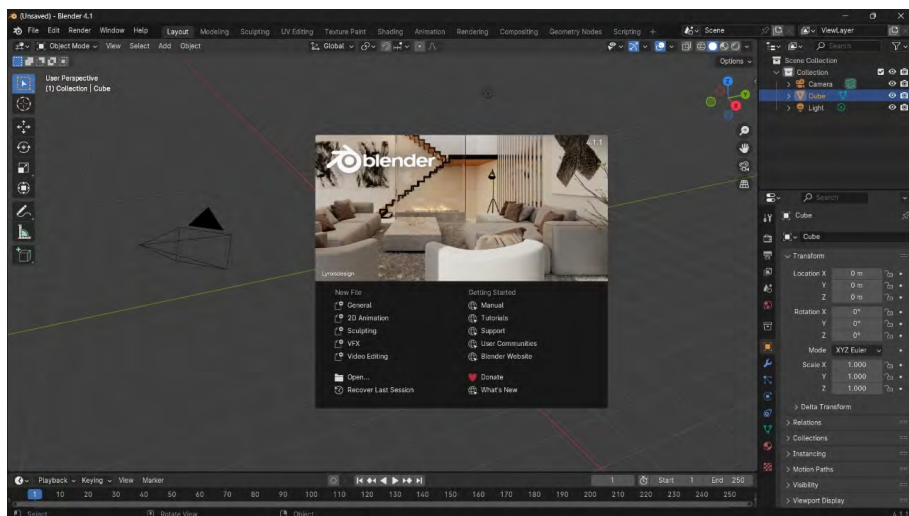
de onda, vectorscopio croma y pantallas de histograma, mezcla de audio, sincronización, barrido de audio y visualización de la forma de onda, otras funciones avanzadas con las que cuenta este software libre es el control de velocidad, capas, transiciones, fotogramas clave, filtros, etcétera.

Canalización de animación 2D: La animación 2D son efectos visuales y fondos para crear una ilusión de movimiento en un espacio bidimensional, para crear este efecto se necesitan de secuencias de dibujos individuales juntos, durante un periodo de tiempo definido. Estos dibujos son planos sin volumen, este tipo de animación se utiliza en dibujos animados, anuncios, demostraciones de productos y vídeos de marca, educativos, informativos y de entretenimiento [B#6].

2.3 Interfaz

Blender cuenta con una interfaz intuitiva, la cual contiene gran parte de elementos preelaborados para trabajar. En los siguientes puntos del capítulo, se explican algunos de ellos.

Figura 3.
Interfaz gráfica de Blender.

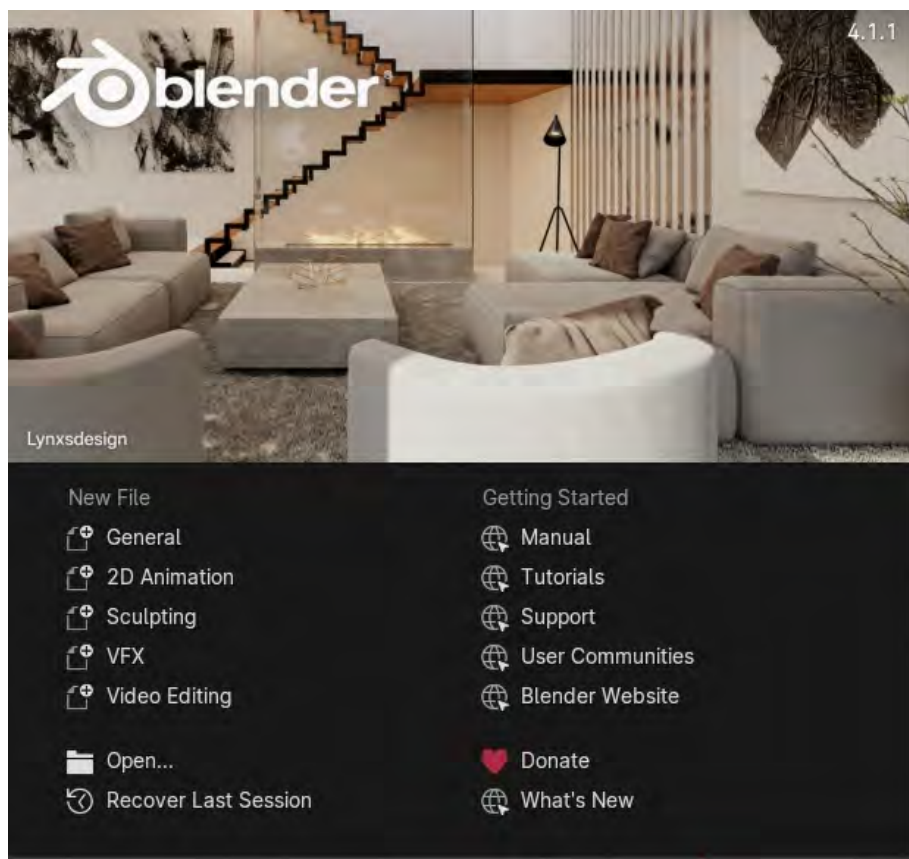


Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

El primer recuadro que aparece al iniciar *Blender* es la pantalla de bienvenida (Figura 3) en el centro se encuentra la interfaz (Figura 4), con ella podemos iniciar nuevos proyectos o continuar con proyectos recientes. Para quitarlo basta con dar clic fuera del recuadro.

Figura 4.

Recuadro de bienvenida.



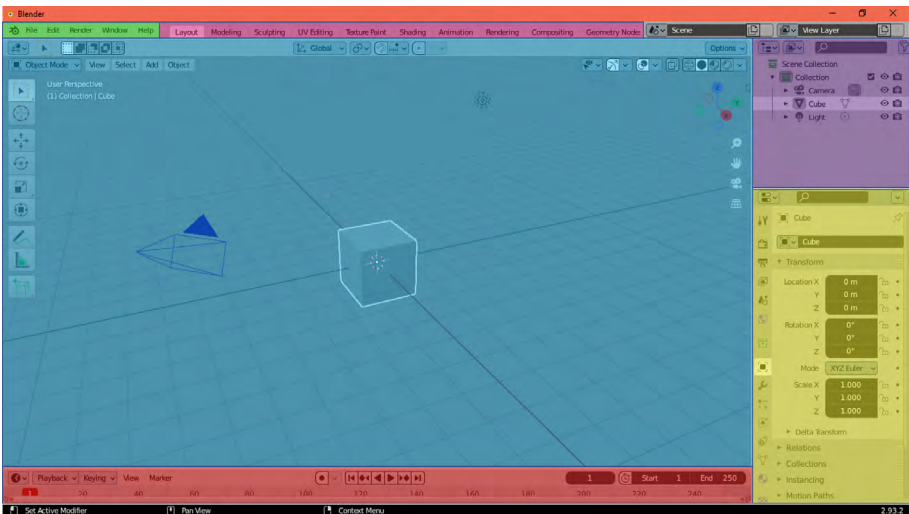
Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

Elementos de la interfaz

Para comenzar un nuevo proyecto es necesario conocer el entorno de *Blender*, este se divide en diferentes elementos. En la Figura 5 se representan las diferentes áreas de blender, que serán explicadas con mayor detalle a continuación.

Figura 5.

Áreas de la interfaz de Blender.



Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

En el *recuadro verde* de la Figura 5 tenemos el *Topbar* (Barra Superior) donde tenemos el menú de la aplicación, que contiene información sobre *Blender*, versiones nuevas, tienda y sitio web.

Después tenemos el menú *File* (Archivo) donde encontramos las opciones para gestionar archivos, el siguiente elemento de la barra es *Edit* (Edición) que contiene múltiples opciones para editar como deshacer o rehacer, manipular la historia o editar los elementos de la interfaz con la opción de *Preferences*. Con *Render* podemos renderizar una animación, una escena, audio o incluso bloquear la interfaz para dar más memoria al renderizador.

El siguiente elemento del menú es *Window* (Ventana), con el cual podemos modificar la ventana de *Blender*, agregar otra, ampliarla a pantalla completa, etc. Después tenemos *Help* donde podemos encontrar una gama de opciones de ayuda integradas y basadas en la web.

En el *recuadro rosa* de la Figura 5 se encuentran los *Workspaces* (Espacios de trabajo), estos son diseños de ventana predefinidos que permiten crear espacios de trabajo personalizados. En los workspaces predeterminados es posible modelar, esculpir, editar texturas de superficies, colorear texturas, sombreado, animación, renderización, composición, modelado mediante nodos de geometría y *scripting*.

El *recuadro violeta* de la Figura 5 corresponde al *Outliner*, esta sección es una lista que organiza los datos en el archivo de mezcla, es decir, los datos de escena, del secuenciador de video o cualquier dato que se almacene en un archivo de mezcla. Con esta herramienta es posible ver los datos de la escena, seleccionar y anular objetos, ocultar o mostrar objetos, habilitar o deshabilitar la selección y representación de un objeto, eliminar objetos, desvincular datos, etcétera.

En la Figura 5, el *recuadro amarillo* tenemos las Propiedades (*Properties*) que permite editar una gran variedad de datos activos como la escena y objetos. Cada opción funciona para configurar un tipo de datos. Entre estas opciones las más destacables son las configuraciones de Escena, Objetos donde podemos agregar entidades y cambiar las propiedades del objeto activo. Dependiendo del tipo de objeto activo, también tenemos la opción de Objetos de geometría como las mallas, curvas, superficies, etcétera.

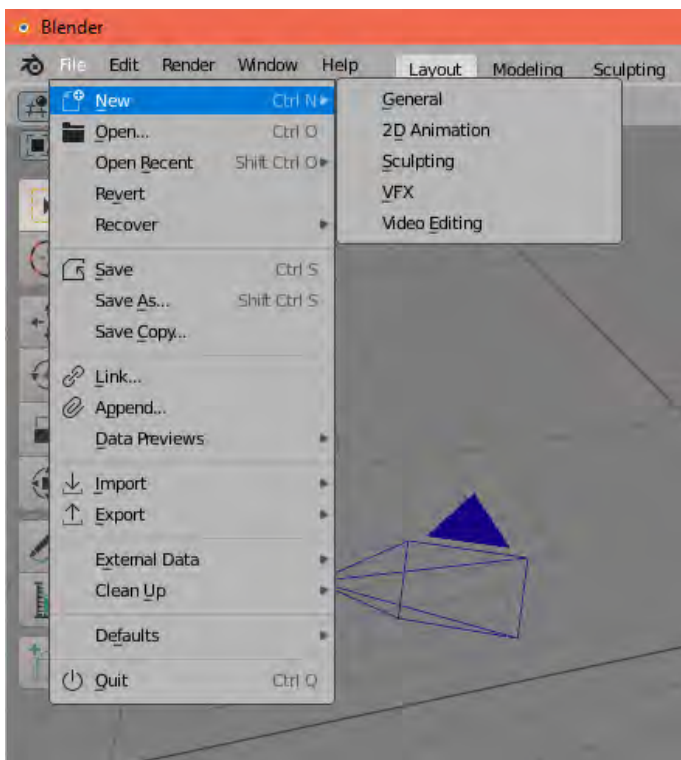
Por último, el *recuadro rojo*, de la mencionada Figura 5 corresponde a la Línea del tiempo (*Timeline*) se usa para manipular fotogramas clave y hacer fregado (*scrub*) con el cabezal de reproducción. Con la línea de tiempo se puede ver la amplitud de la animación de una escena, mostrando el fotograma actual, los fotogramas clave del objeto activo, los fotogramas de inicio y fin de la secuencia de animación, así como los marcadores creados por el usuario. También podemos usar los Controles de Transporte para reproducir, pausar y saltar una secuencia de animación.

2.4 Generar un nuevo documento

Para generar un nuevo documento es necesario ingresar en la ventana de File y seleccionar *New*, a continuación se desplegará una nueva ventana con cinco opciones para diseñar (Figura 6), *General*, *2D Animation*, *Sculpting*, *VFX* y *Video editing*.

Figura 6.

Creación de nuevo documento en Blender.



Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

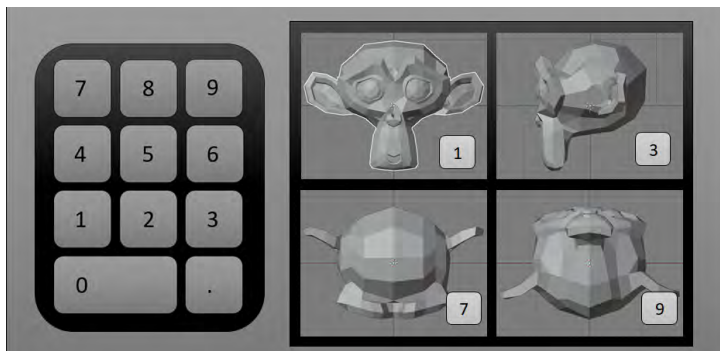
2.5 Rotación y localización

Para mover nuestros modelos usaremos nuestro teclado numérico (Figura 7). Para observar una vista frontal presionaremos el número 1, para una visualización lateral el número 3, para una visión axial el número

7 y para una visualización contraria a la vista que estamos observando, presionamos el número 9 (Aura Prods, 2020).

Figura 7

Comandos para mover el eje del modelo.

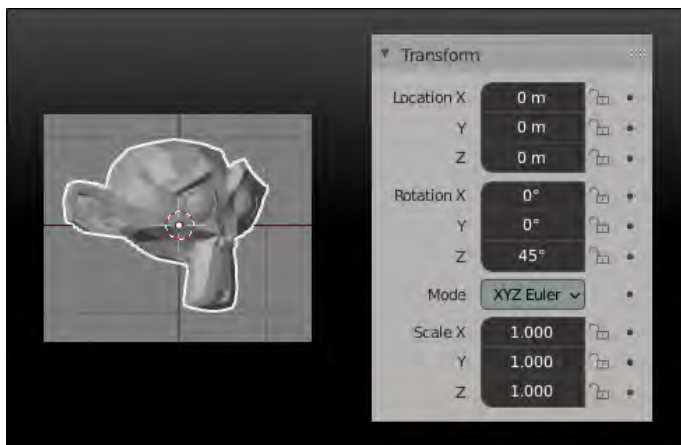


Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

En caso de requerir mover el objeto a través de los ejes x , y , y z con distintos grados de rotación, en la interfaz de *Blender* cuenta con un apartado llamado *Transform*, donde podemos cambiar los parámetros de locación, rotación y escala del mismo como se observa en la Figura 8. Otra forma de rotar el modelo es seleccionándolo y presionar $R + (x, z \text{ o } y) + \text{Grados}$ para moverlo en su respectivo eje.

Figura 8

Grados de rotación en ejes x , y , z .



Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

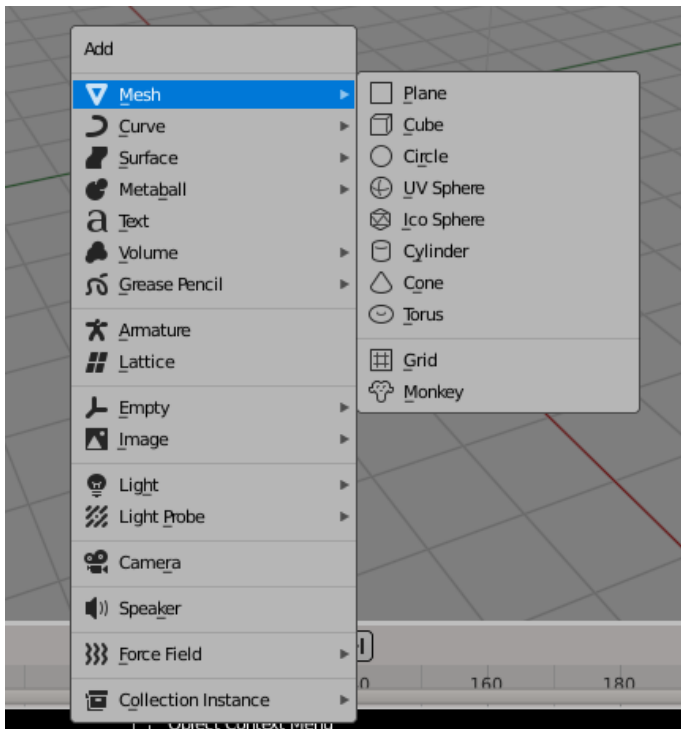
Para mover la localización del objeto basta con seleccionar la figura con el *mouse* y presionar la tecla G + (x, y o z) + seleccionar las flechas del teclado para moverla a través del mapa o simplemente presionar la tecla G + seleccionar las flechas del teclado (Aura Prods, 2020).

2.6 Creación de modelos 3D: Creación de figuras geométricas

Para comenzar una figura básica se presiona las teclas *shift* + A y se desplegará el siguiente menú que se muestra en la Figura 9. Se selecciona cualquiera de las formas y se trabajará a partir de estas (Aura Prods, 2020).

Figura 9

Menú para agregar figuras.



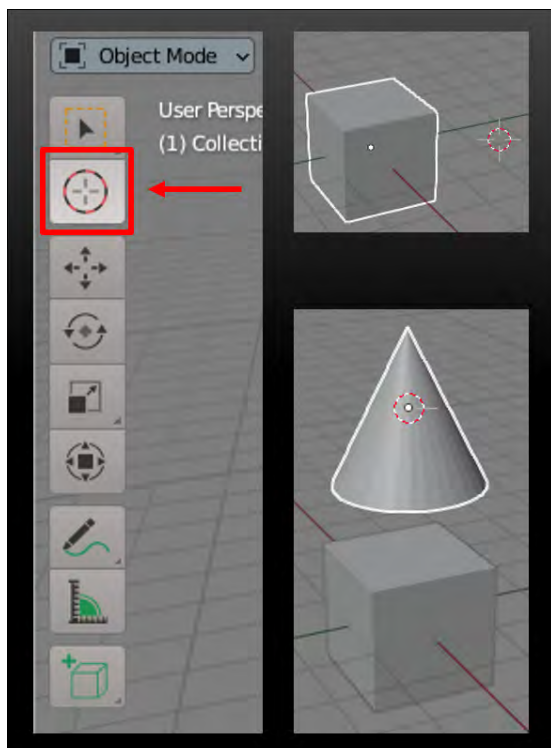
Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

2.7 Object Mode

Object Mode permite cambiar la geometría de un objeto creado, a partir del control de vértices, bordes, caras para mallas, puntos de control para curvas, superficies y puntos, trazos para Lápiz de cera, etc. Algunas acciones específicas en este modo, se presentan a continuación:

Mover: Con este cursor indicamos dónde se coloca el centro de las figuras, para moverlo seleccionamos la opción 2 del menú de Object Mode y lo colocamos en la coordenada deseada. Una vez que realizamos este paso podemos crear un nuevo objeto como se muestra en la Figura 10.

Figura 10
Mover cursor.

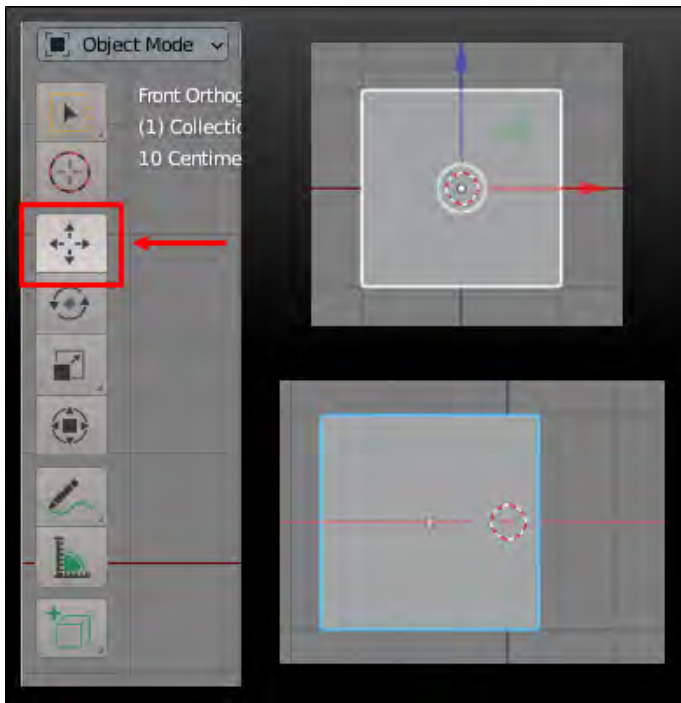


Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

Traslación: Para mover los objetos en el plano x , y , z seleccionamos Object Mode y escogemos en el menú el símbolo que se muestra en la Figura 11, y movemos nuestro modelo arrastrando las flechas hacia la dirección deseada.

Figura 11

Traslación de un modelo.

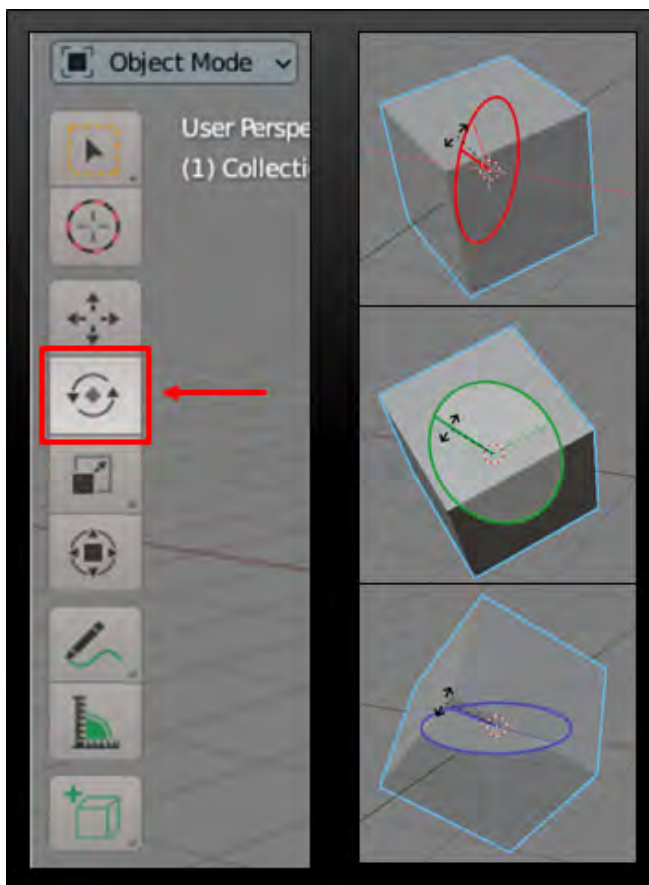


Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

Rotación: Al seleccionar la opción indicada con rojo o la tecla R + Clic para definir la posición así mismo en la Figura 12 podemos rotarla sobre su eje x , y o z indicando los grados en el panel o girarla con el mouse.

Figura 12

Rotación de un modelo.

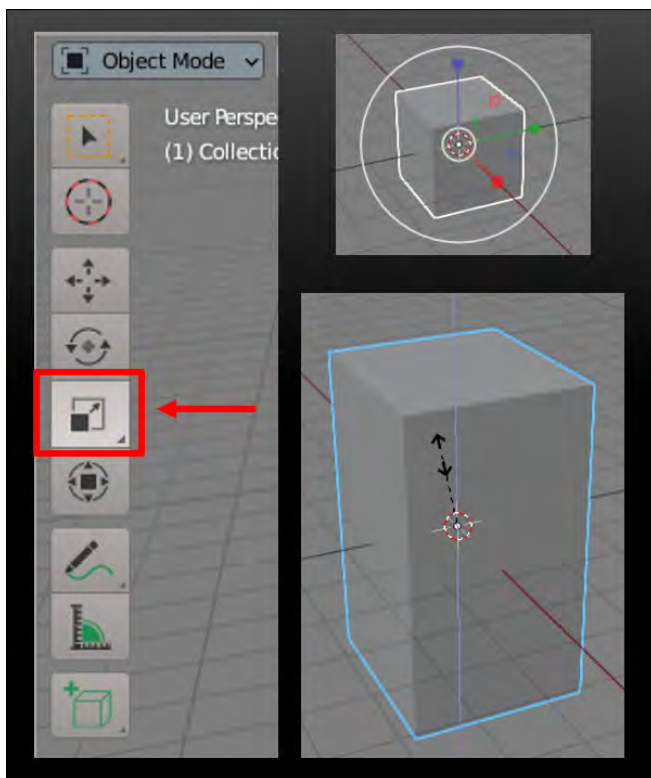


Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

Escala: Para cambiar el tamaño del objeto seleccionamos el botón *Scale* y arrastramos el eje del modelo que se desea modificar. En la Figura 13 se muestra un breve ejemplo del cambio de escala en un modelo.

Figura 13

Escala de los modelos.



Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

Mediciones: Para conocer la longitud de algún objeto o un ángulo en específico se selecciona la opción del menú que se muestra en la Figura 14, esta herramienta permite crear un modelo con características precisas.

Figura 14
Measure.

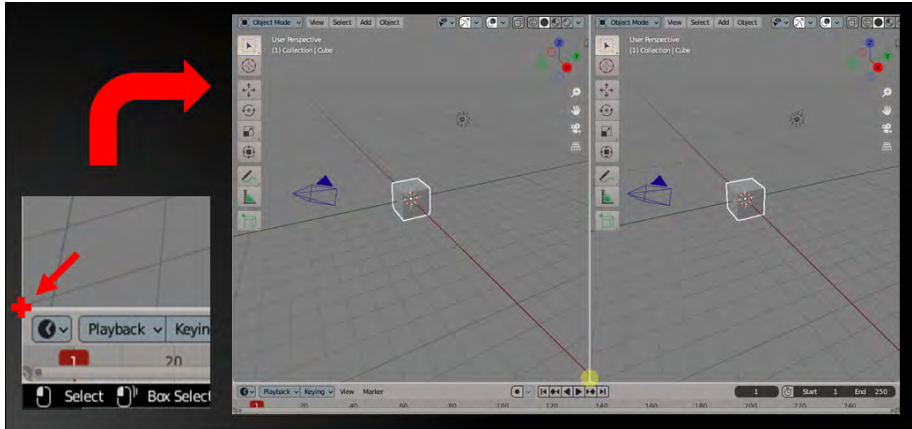


Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

Duplicar el workspace: Si queremos tener diferentes vistas de nuestro modelo al mismo tiempo, por ejemplo si agregamos detalles donde se requiere tener una visión más amplia del proyecto, basta con ir a la esquina inferior izquierda de nuestra ventana como se muestra en la *Figura 15*, al posicionar nuestro mouse en este lugar, aparecerá una cruz y tendremos que arrastrarla para crear otro espacio de trabajo (Aura Prods, 2020).

Figura 15

Creación de nuevas ventanas de trabajo.

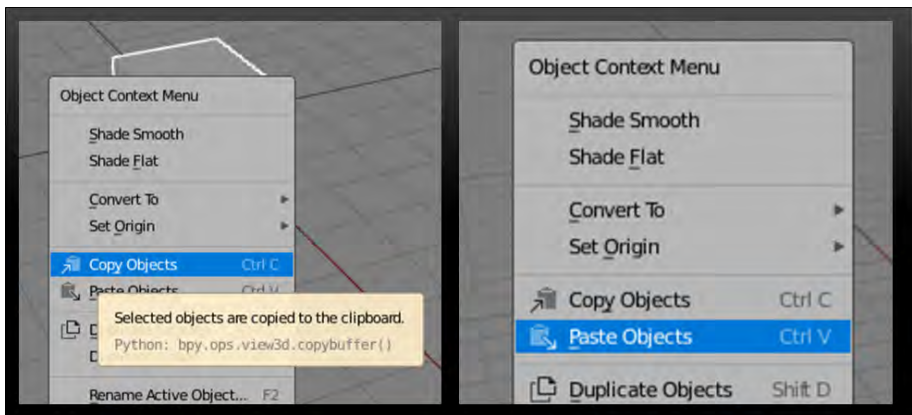


Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

Duplicar objetos o modelos: En muchas ocasiones necesitaremos duplicar una figura o modelo, para esto hay diferentes maneras de lograrlo, una de ellas es dar clic derecho sobre la figura, a continuación aparecerá un menú y seleccionaremos *Copy Objects*. Después daremos clic derecho en el *workspace* y seleccionamos *Paste Objects* (Ver Figura 16 (a)).

Figura 16 (a)

Pasos para duplicar objetos.

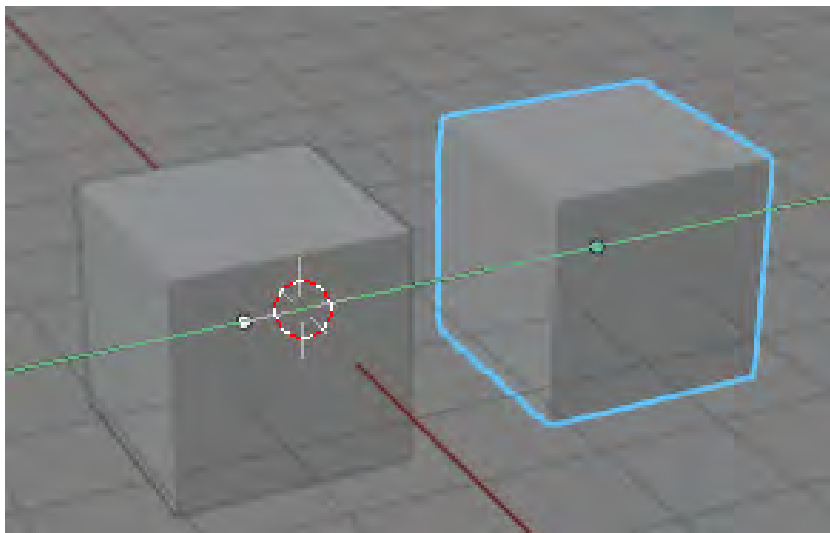


Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

A simple vista parecerá como que no haya pasado nada, pero si seleccionamos la opción de mover nos daremos cuenta que ambas figuras estaban exactamente en la misma ubicación (Ver Figura 16 (b)).

Figura 16 (b)

Pasos para duplicar objetos.



Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

Otra forma de duplicar objetos es seleccionándolos y darle el comando de teclado *shift + D* y colocamos el modelo dando clic en el lugar donde queremos colocarlo.

Ahora si deseamos duplicar el objeto pero necesitamos colocarlo en un lugar más específico presionamos nuevamente *shift + D* y presionamos la tecla donde queremos colocarlo, puede ser *x*, *y* o *z*.

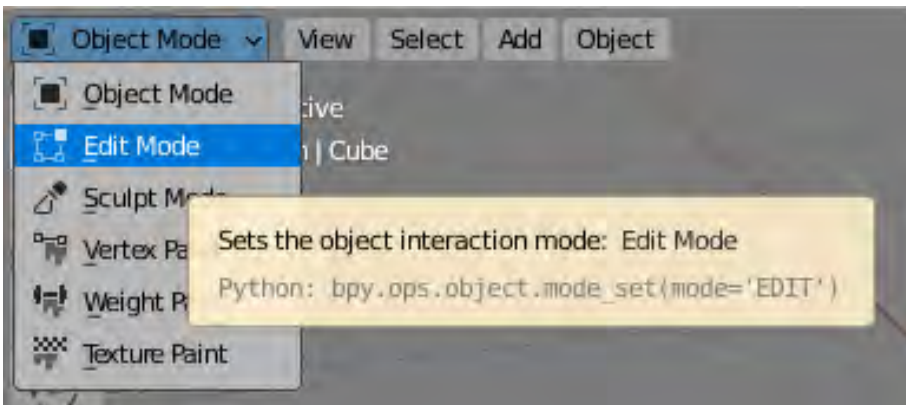
2.8 Creando un modelo 3D

Ahora que sabemos algunas de las funciones básicas de *Blender*, comenzaremos creando un ejemplo sencillo donde modelamos una pequeña locomotora de vapor, con este ejemplo aprenderemos a manejar la interfaz de este software y sus múltiples comandos.

El primer paso será buscar en la esquina superior izquierda la opción en el menú *Edit Mode* que nos permite editar un aspecto del objeto seleccionado [B#7] (Ver Figura 17). Otro atajo para cambiar de *Mode* es presionar la tecla *Tab* de nuestro teclado.

Figura 17

Cambio a Edit Mode.



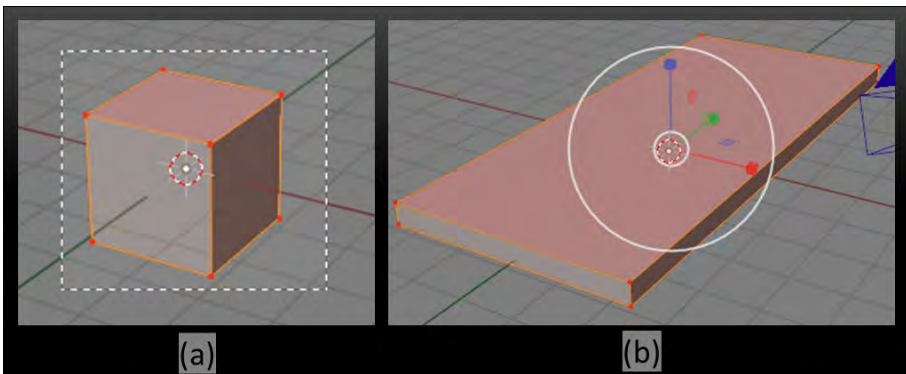
Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

Ahora seleccionamos todo el objeto como se muestra en la siguiente Figura 18 (a) y con la opción *scale* modificamos los ejes para crear una base similar a la que se muestra en la Figura 18 (b).

Figura 18

(a) Selección del objeto en Edit Mode

(b) Modificación de las dimensiones del cubo con función Scale

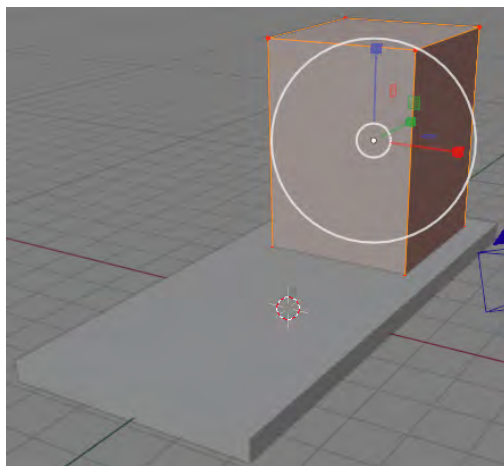


Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

El siguiente paso es volver a *Object Mode* y crear un nuevo objeto con *shift + A* y añadimos otro cubo. Después lo movemos y escalamos como se muestra a continuación. Ver Figura 19.

Figura 19

Insertar nuevo objeto y modificar su escala.

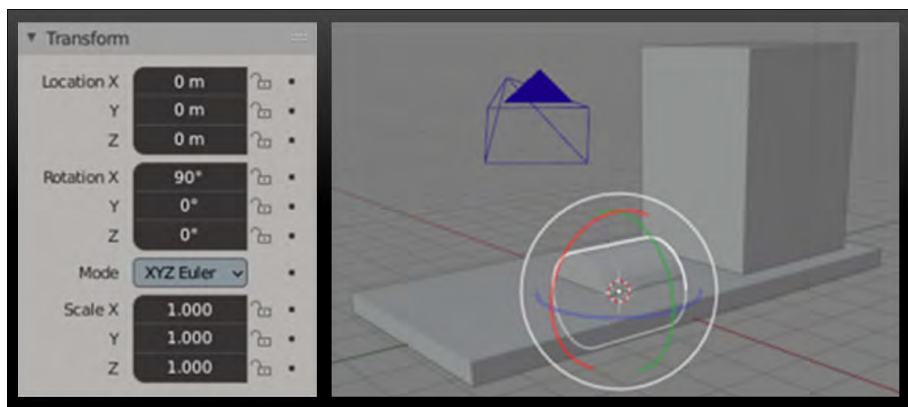


Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

Al igual que el paso anterior volvemos a *Object Mode* e insertamos un cilindro y lo giramos 90° seleccionando la opción *Rotate* y escribiendo directamente los grados que deseamos girar en el eje X. Ver Figura 20.

Figura 20

Girar un objeto en un ángulo específico.

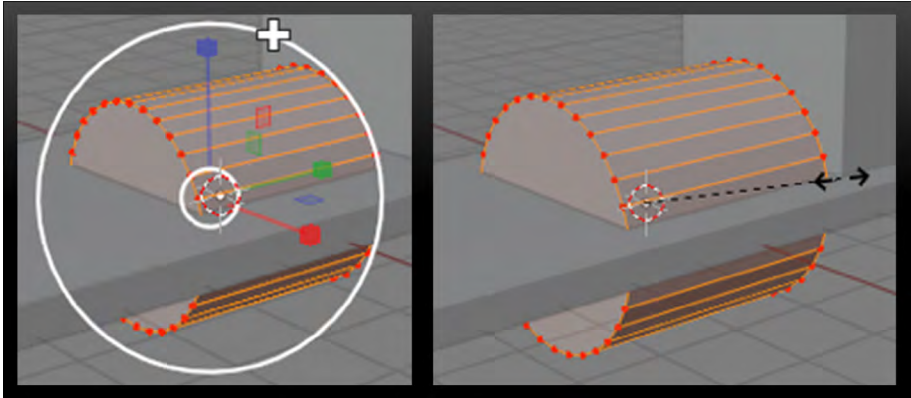


Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

Siguiendo con las instrucciones, modificaremos la escala del cilindro en *Edit Mode*, seleccionando todos los vértices con nuestro *mouse* como se muestra en la Figura 21 y lo ajustamos al tamaño deseado.

Figura 21

Escalar objetos en todos sus ejes.

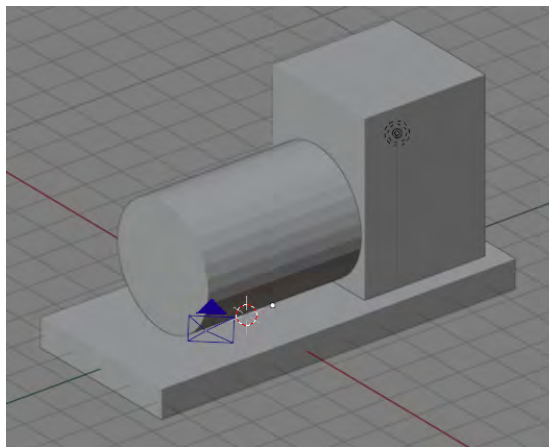


Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

El siguiente paso es volver a object mode y mover el objeto hasta que se vea como en la Figura 22.

Figura 22

Mover objeto al lugar deseado.

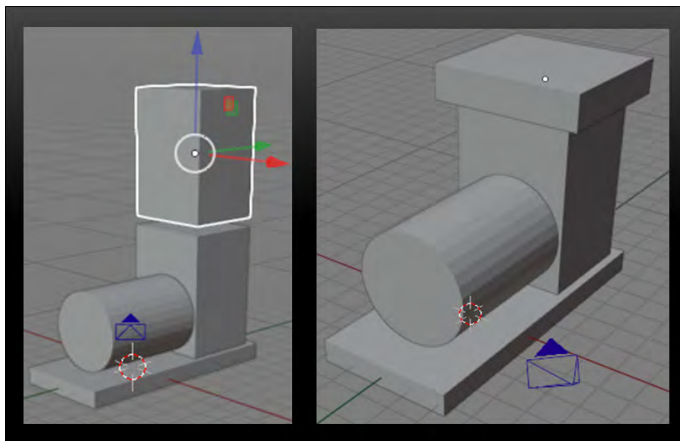


Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

Posteriormente se crea otro cubo y lo ajustamos al tamaño que se muestra en la siguiente figura usando los pasos de los puntos anteriores. Ver *Figura 23*.

Figura 23

Crear nuevo objeto.

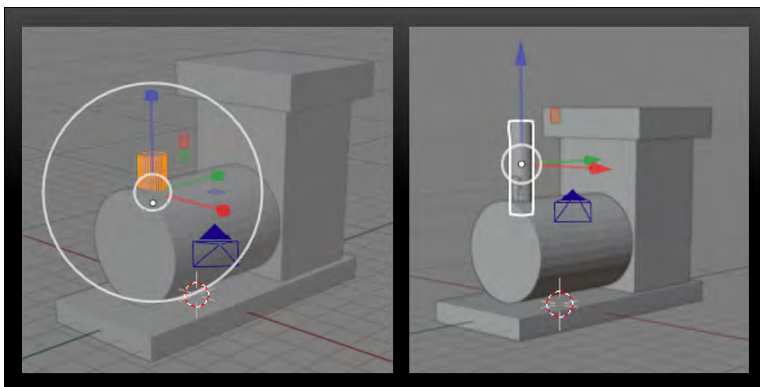


Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

Para modelar la caldera del tren, crearemos un nuevo objeto en forma de cilindro, lo giramos hasta que quede en forma vertical y después ajustaremos su tamaño con la función de escalar en *edit mode* y finalmente lo moveremos hasta que quede como en la Figura 24.

Figura 24

Modelado de la caldera del tren.

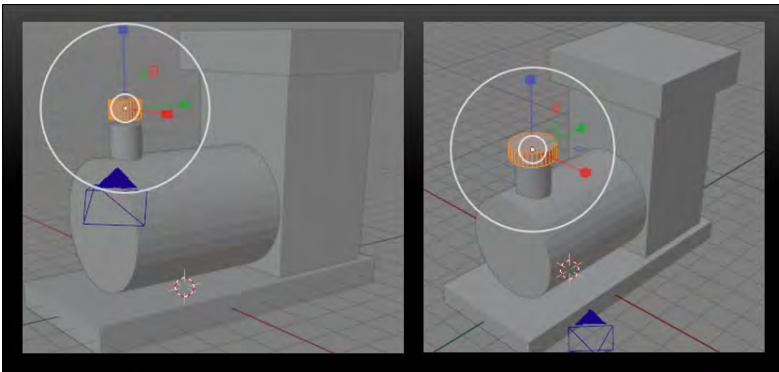


Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

Ahora modelamos la punta de la caldera, con los mismos pasos que realizamos anteriormente, agregaremos un cilindro y modificaremos su escala y lo moveremos sobre el cilindro que hicimos en el paso anterior. Debería de quedar como en la Figura 25.

Figura 25

Modelado de punta de caldera.

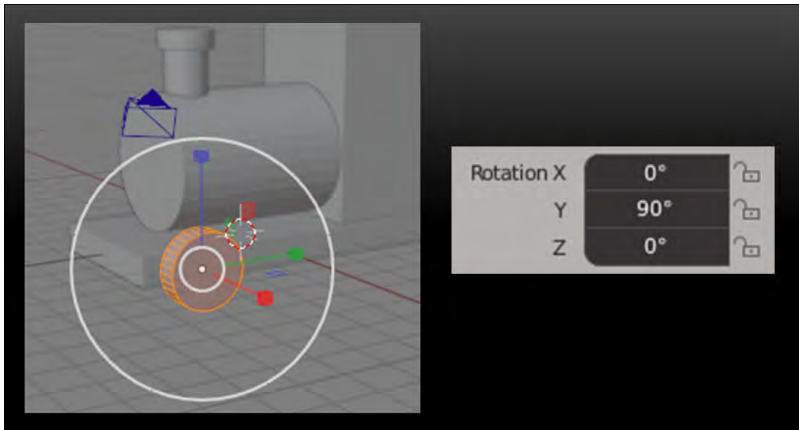


Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

Ahora para terminar de modelar las últimas piezas de nuestra locomotora. Crearemos las ruedas usando cilindros, las rotamos 90° en el eje Y y modificaremos su escala en *Edit Mode*, volveremos a *Object mode* y la colocaremos en el sitio que deseemos. Ver Figura 26.

Figura 26

Creación de ruedas.

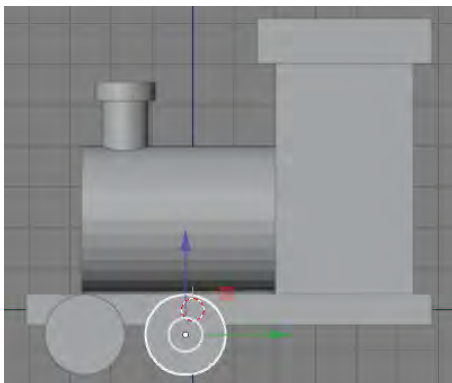


Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

Ahora duplicaremos esa rueda con el comando *shift + D* y seleccionaremos el eje Y y lo moveremos hasta que quede como se muestra en la Figura 27.

Figura 27

Duplicado de rueda.

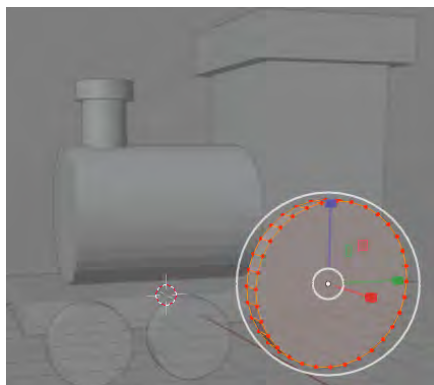


Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

Ahora duplicamos la misma rueda y la hacemos más grande como se muestra en la Figura 28.

Figura 28

Rueda grande de la locomotora.

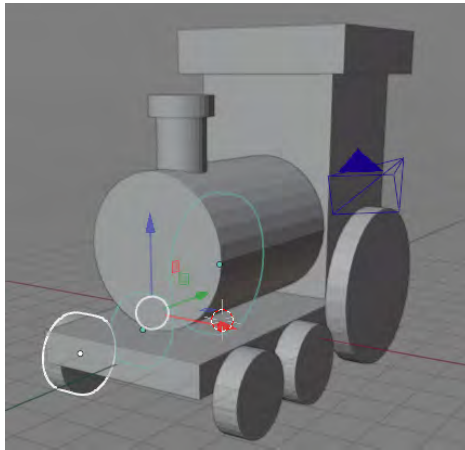


Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

Ahora para obtener las seis ruedas, presionamos la tecla *shift* y seleccionamos cada rueda, a continuación presionaremos *shift* + *D* y el eje X y moveremos los objetos duplicados hasta que quede en la misma posición que las ruedas originales. El resultado debería ser como el que se muestra en la Figura 29.

Figura 29

Resultado del modelado de una locomotora.



Fuente: Blender 4.1.1 (2024).

Capítulo 3

Impresoras 3D

La impresión 3D ha crecido de manera dramática en los últimos años, las impresoras 3D se han vuelto asequibles y abundantes en el mercado comercial pudiendo conseguir una impresora no industrial por \$200 USD. Definitivamente este precio las ha convertido en una opción muy atractiva para emprendedores, pequeños negocios, investigadores, personas interesadas en un nuevo hobby y gente interesada en general. La diversidad de aplicaciones que tienen los objetos impresos en una impresora 3D sigue expandiéndose desde imprimir piezas de decoración, modelos arquitectónicos, piezas de reparación en general, crear prototipos para manufactura, etcétera.

Conocer las distintas tecnologías con las que funcionan las impresoras 3D es indispensable para tomar una decisión acertada a la hora de escoger cuál utilizar, ya que dependiendo de su funcionamiento algunas aplicaciones pueden ser mejores o más óptimas. Los desafíos inmediatos que enfrentan los recién llegados con la tecnología de impresión 3D es distinguir entre los diferentes procesos y materiales disponibles. Preguntas como *¿Cuál es la diferencia entre tipos de impresión 3D como FDM y SLS?* por solo dar un ejemplo. Tantos acrónimos pueden ser bastante confusos por lo que una explicación simple y clara es imprescindible.

La norma ISO/ASTM 52900 («Specification for Additive Manufacturing File Format (AMF) Version 1.2», 2020), creada en 2015, tiene como objetivo estandarizar toda la terminología y clasificar cada uno de los diferentes tipos de impresora 3D.

3.1 Extrusión de material

La extrusión de material es el proceso de impresión 3D en donde un filamento hecho de algún termoplástico es empujado a través de una boquilla caliente la cual funde el filamento. La impresora deposita el material en una plataforma (cama de impresión) siguiendo un camino predeterminado, es aquí donde el material se enfría y se solidifica formando un objeto.

A continuación se detallan algunas características de este proceso.

- Tipos de tecnología de impresión 3D: Modelado por deposición fundida (FDM).
- Materiales: Filamento termoplástico (PLA, ABS, PET, PETG, TPU).
- Precisión dimensional: $\pm 0,5 \%$ (límite inferior $\pm 0,5 \text{ mm}$).

- Puntos fuertes: Buen acabado superficial; disponible en todos los colores y múltiples aleaciones.
- Debilidades: Quebradizo, no apto para piezas mecánicas, no resistente a temperaturas altas ni a condiciones de intemperie.

3.1.1 Modelado por deposición fundida (FDM)

Las impresoras con tecnología FDM son las más comunes debido a su alta disponibilidad, bajo precio y simplicidad. Su funcionamiento es el siguiente:

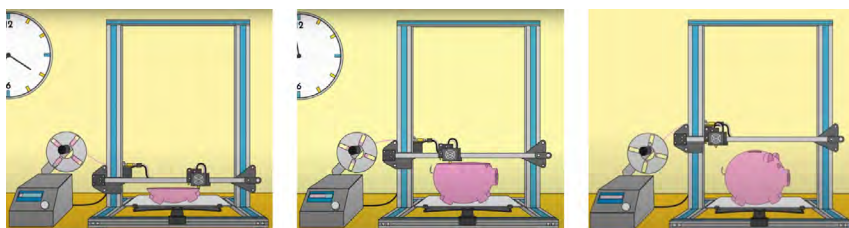
- Se carga un carrete de filamento en la impresora 3D y se alimenta a través de un sistema de extrusión que puede ser tipo “Bowden” o “Conducción directa” (Grames, 2018) hacia una boquilla de impresión.
- La boquilla de la impresora se calienta a la temperatura deseada, después de lo cual un motor empuja el filamento a través de la boquilla calentada, haciendo que se derrita.
- Luego, la impresora mueve el cabezal de extrusión a las coordenadas especificadas, colocando el material fundido en cama de impresión donde se enfría y solidifica.
- Una vez que se completa una capa, la impresora procede a colocar otra capa.

Este proceso de impresión de secciones transversales se repite, construyendo capa sobre capa hasta que el objeto está completamente formado como se muestra de manera simple en la Figura 30.

Dependiendo de la geometría del objeto, a veces es necesario agregar estructuras de soporte, por ejemplo, si el modelo tiene partes sobresalientes empinadas.

Figura 30

Impresión 3D FDM.



Fuente: GCFAprendeLibre (2018).

3.1.2. Partes de una impresora 3D FDM

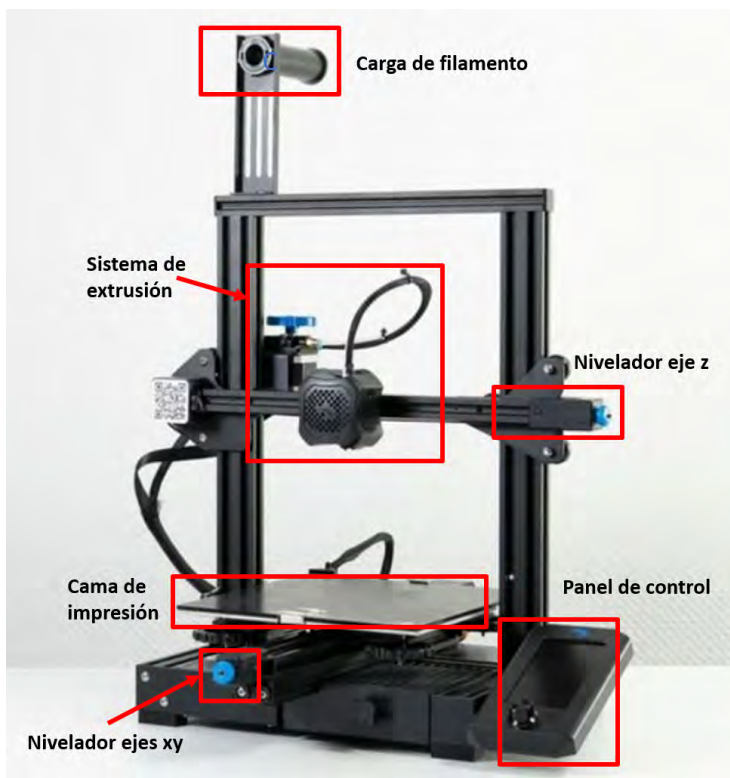
El conocimiento acerca del tipo de impresora 3D a utilizar es de gran ayuda para hacer mejoras, reparar errores comunes, reemplazar correctamente piezas o reconocer qué impresora es mejor o se ajusta a las necesidades.

Para este capítulo, se toma como ejemplo la impresora de *Creality* modelo *Ender 3 v2* al ser una de las impresoras más populares del mercado por su costo y fácil mantenimiento.

En la Figura 31 se observa la impresora y sus componentes principales: carga de filamento, sistema de extrusión, nivelador z, cama de impresión, panel de control y nivelador eje xy.

Figura 31

Impresora Ender 3 v2.



Fuente: Mensley (2021).

La carga de filamento es el lugar donde se coloca el carrete o las bobinas de termoplástico, este suele ser un lugar muy común donde realizar mejoras puesto que muchas veces el ángulo que toma el filamento desde ese lugar suele generar tensión y romper el material.

Los niveladores de eje son pequeñas perillas que nos permiten ajustar la inclinación de los rieles de aluminio que sostienen los ejes, esto resulta muy útil si la superficie en la que se trabaja no es completamente plana.

La Figura 32 muestra el panel de control característico para esta impresora, dicho panel es controlado por una perilla y un botón central que sirve para desplazarse entre las opciones y seleccionarlal por lo que trabajar con esta impresora es fácil e intuitivo.

Figura 32

Panel de control Ender 3 v2.



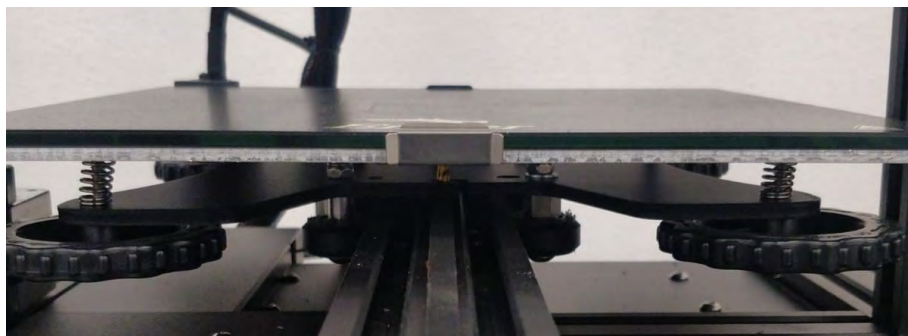
Fuente: Elaboración propia (2024).

La cama de impresión es uno de los elementos más importantes de cualquier impresora 3D, por lo que masterizar su operación ahorrará tiempo y esfuerzo. Toda cama de impresión necesita ser nivelada con el objetivo

de que la boquilla de la impresora esté a la misma distancia de la cama desde todas sus coordenadas. En el caso de la impresora *Ender 3 v2* el sistema de nivelación que viene de fábrica es manual y se compone de 4 perillas que aprietan o aflojan 4 resortes para subir o bajar la cama, esto puede observarse en la *Figura 33*. Es importante mencionar que una buena nivelación es la clave entre una buena impresión y un fracaso rotundo, también influye para obtener un mejor acabado en las piezas.

Figura 33

Cama de impresión y sistema de nivelación.

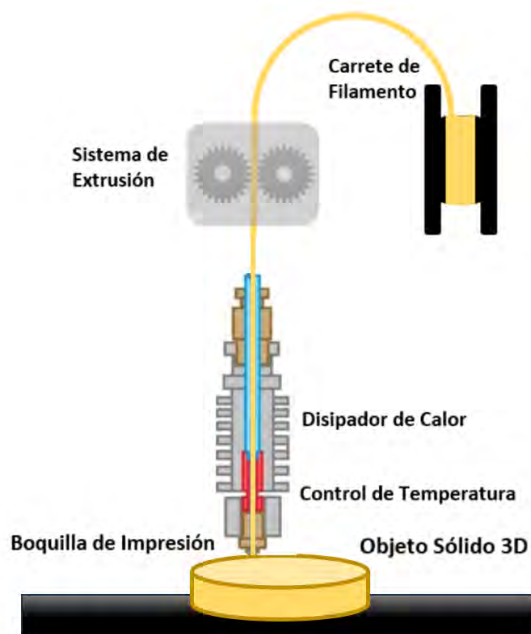


Fuente: Elaboración propia (2024).

3.1.3. Sistema de extrusión

El sistema de extrusión es un elemento muy importante de una impresora 3D. Conocer cómo funciona el sistema de extrusión de una impresora con tecnología FDM es imprescindible ya que esto ayuda a solucionar problemas del mantenimiento de nuestra impresora, hacer mejoras al sistema y aumentar la calidad de nuestros objetos impresos. En la *Figura 34* observamos que el sistema de extrusión se compone principalmente de siete elementos: carrete de filamento, sistema de extrusión, disipador de calor, control de temperatura, boquilla de impresión, objeto sólido y cama de impresión.

Figura 34
Sistema de extrusión.



Fuente: Elaboración propia (2024).

El carrete de filamento es el termoplástico que se fundirá en el sistema y será extruido para después solidificar en la cama de impresión, escoger un filamento de calidad es muy importante, generalmente el estándar para vender este material es 1 kg de 1.75 mm de diámetro. El filamento alimenta el sistema de extrusión, dicho elemento está compuesto por dos engranes que empujan el filamento hacia el extrusor.

El extrusor se compone de 3 elementos; el disipador de calor, control de temperatura (*hotend*) y la boquilla de impresión, los primeros dos acompañados de un ventilador controlan la temperatura de la boquilla de impresión, el mantener la boquilla a una temperatura constante es muy importante ya que cambios de temperatura en la boquilla son causas muy comunes de malas impresiones e incluso pueden llevar a daños en tu impresora 3D. [R 3.1.3]

3.1.4. Impresoras 3D FDM más populares

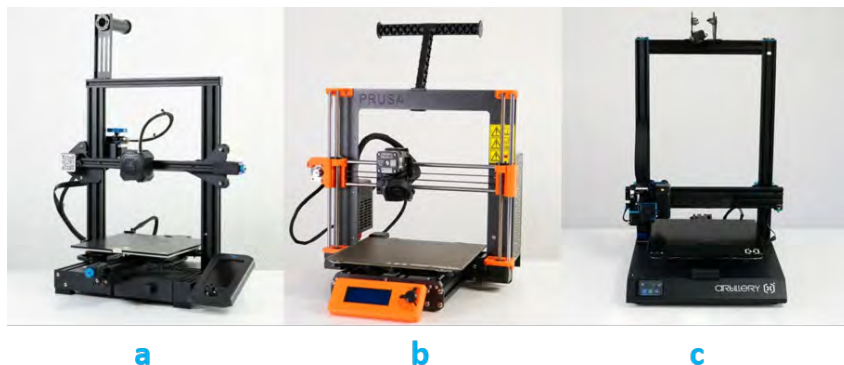
Entender las características principales del funcionamiento de una impresora 3D FDM, permite tomar decisiones más precisas al momento de querer comprar una impresora de este tipo. A continuación se adjuntan tres breves reseñas de algunas impresoras 3D populares en el mercado.

En la Figura 35 observamos 3 de las impresoras más populares, en el recuadro *a* observamos a la *Creality Ender 3 v2*. Esta impresora es considerada una de las mejores impresoras en cuanto a la relación calidad-precio ya que por menos de \$300 USD nos ofrece una gran calidad de impresión, fácil manejo, así como una comunidad grande de usuarios y gran cantidad de mejoras que puedes hacer tú mismo a tu impresora.

En el recuadro *b* tenemos a la *Original Prusa i3 MK3S+* la cual se ha convertido en una de las mejores impresoras 3D para gente con experiencia, esta impresora industrial cuenta con una calidad de impresión de gama media, además la mejora constante del *firmware* por parte de Prusa Research, se traduce en mejoras con el tiempo, es compatible de serie y está optimizada para funcionar con el *licer* de la marca. Su precio ronda en los \$800 USD aproximadamente, ofrece una excelente relación calidad-precio, además que cuenta con numerosas funciones de calibración y detección de errores.

Por último, en el recuadro *c* tenemos a *Artillery Sidewinder X1 V4*, esta es una impresora 3D diseñada para realizar impresiones grandes y rápidas. Incorpora un hotend tipo Volcano que permite un mayor flujo de filamento fundido, ideal para imprimir capas más gruesas si se equipa con el cabezal correcto. Su precio se encuentra en un rango de \$500 a \$600 USD.

En resumen, las 3 impresoras 3D mostradas tienen sus puntos fuertes y sus puntos débiles, por lo que al escoger una se debe evaluar qué es lo que espera trabajar, y si la impresora será de utilidad para tomar una buena decisión.

Figura 35*Impresoras 3D FDM más populares.**Fuente: Mensley (2021).*

3.2 Polimerización en tina (VAT Polymerization)

La polimerización en tina es un proceso de impresión 3D en el que una fuente de luz cura selectivamente una resina de fotopolímero en una tina. Las dos formas más comunes de polimerización en tina son SLA (estereolitografía) y DLP (procesamiento de luz digital) (Shaofen Li, 2017).

La diferencia fundamental entre estos tipos de tecnología de impresión 3D es la fuente de luz que utilizan para curar la resina. Las impresoras SLA utilizan un láser de punto, en contraste con el enfoque de vóxel utilizado por una impresora DLP.

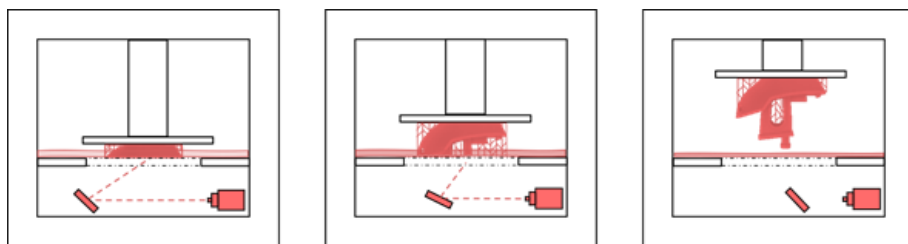
A continuación se detallan algunas características de este proceso.

- Tipos de tecnología de impresión 3D: estereolitografía (SLA), estereolitografía enmascarada (MSLA) Procesamiento de luz directa (DLP).
- Materiales: resina de fotopolímero (estándar, moldeable, transparente, alta temperatura).
- Precisión dimensional: $\pm 0,5 \%$ (límite inferior $\pm 0,15 \text{ mm}$).
- Aplicaciones comunes: prototipos de polímeros similares a moldes de inyección; joyería; aplicaciones dentales; audífonos.
- Puntos fuertes: acabado superficial liso; detalles de características finas.
- Debilidades: Muy quebradizo, no apto para piezas mecánicas.

3.2.1 Estereolitografía (SLA)

Una impresora SLA utiliza espejos, conocidos como galvanómetros, con uno colocado en el eje X y otro en el eje Y, estos apuntan un rayo láser a través de una tina de resina, curando y solidificando selectivamente una sección transversal del objeto dentro de esta área de construcción, construyéndose capa por capa, véase en la Figura 36.

Figura 36
Impresión 3D SLA.



Fuente: Elaboración propia (2024).

La mayoría de las impresoras SLA utilizan un láser de estado sólido para curar piezas. La desventaja de este tipo de tecnología de impresión 3D es que utilizan un láser de punto que puede llevar más tiempo al trazar la sección transversal de un objeto en comparación con el DLP.

Figura 37*Partes de una impresora 3D SLA.**Fuente: FormLabs (s. f.).*

La Figura 37 nos muestra las partes principales de una impresora 3D con tecnología SLA, con componentes distintos a los anteriores presentados en las impresoras FDM. Este tipo de impresoras tienen cuidados, calibraciones y procedimientos completamente distintos.

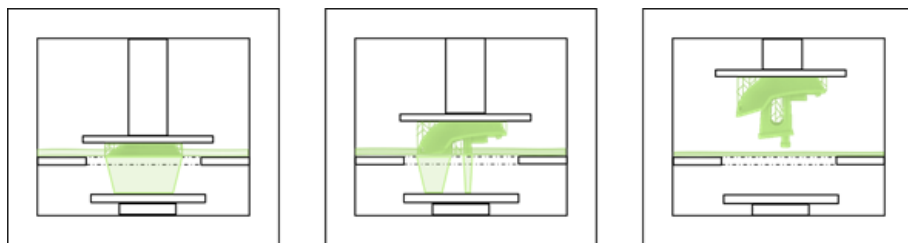
3.2.2 Procesamiento Digital de Luz (DLP)

El DLP usa un proyector de luz digital para mostrar una sola imagen de cada capa a la vez (o múltiples flashes para partes más grandes). Debido a que el proyector es una pantalla digital, la imagen de cada capa está compuesta por píxeles cuadrados, lo que da como resultado una capa formada por pequeños bloques rectangulares llamados vóxeles.

La luz se proyecta sobre la resina mediante pantallas de diodos emisores de luz (LED) o una fuente de luz ultravioleta (lámpara) que se dirige a la superficie de construcción mediante un dispositivo de micro espejos digitales (DMD). Un DMD es una serie de micro espejos que controlan dónde se proyecta la luz y generan el patrón de luz en la superficie de construcción, véase en la Figura 38.

DLP puede lograr tiempos de impresión más rápidos en comparación con SLA. Esto se debe a que se expone una capa completa a la vez, en lugar de trazar el área de la sección transversal con la punta de un láser.

Figura 38
Impresión 3D DLP.



Fuente: Elaboración propia (2024).

A continuación, podemos observar en la Figura 39 la *Ember 3D* de *Autodesk* que es una impresora 3D con tecnología DLP. A simple vista no es tan distinta de una con tecnología SLA y es porque en realidad comparten la mayoría de sus partes, pero no su funcionamiento. Este detalle se observa en la Figura 40. Que nos muestra de cerca como el proyector de luz UV se adapta a la capa de resina que necesita curar a diferencia de la impresora SLA que usa un láser que va de punto a punto.

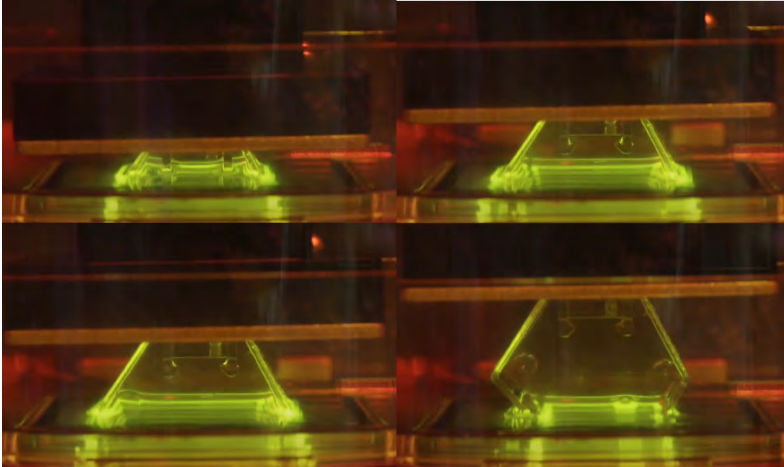
Figura 38
Impresora 3D DLP “Ember 3D”.



Fuente: Stevenson (2020).

Figura 38

Proceso de impresión 3D DLP.



Fuente: Adafruit Industries (2015).

Capítulo 4

Consideraciones y materiales de impresión 3D FDM

4.1 Generalidades

Tener en sus manos una impresora 3D abre la puerta a un universo de posibilidades en cuanto aplicaciones, pero hay algo muy importante antes de empezar a imprimir: conocer los materiales y que se necesita para lograr impresiones exitosas.

Antes de comenzar a explorar los materiales de impresión es necesario aprender algunos conceptos, accesorios y componentes que juegan un papel importante dependiendo de qué tipo de material queremos imprimir.

Estos componentes se resumen en: boquilla de extrusión, gabinete para impresora, sistema de ventilación y sistema de control de humedad.

4.2 Boquilla de extrusión (*Nozzle*)

La boquilla de extrusión es la parte mecánica de la impresora 3D que transmite el calor a partir de un bloque y extruye el filamento. Cuando hablamos de boquillas de extrusión hay tres características que debemos tener en cuenta: su tamaño, su diámetro interno y el material del que está hecha.

4.2.1 Tamaño

El tamaño de una boquilla se refiere a la longitud y masa de la pieza completa, es importante no confundir este concepto con el tamaño de abertura que tiene la boquilla. El tamaño de una boquilla afecta directamente a la masa y área de superficie disponible para transferir calor al filamento, haciendo que este proceso sea más efectivo y capaz de alcanzar velocidades de extrusión más altas que resulta en tiempos de impresiones menores entre más grande sea el tamaño de la boquilla. Sin embargo, cambiar el tamaño de boquilla conlleva probablemente cambiar todo el sistema de temperatura y otros componentes. Véase en la Figura 41.

Figura 41

Distintos tamaños de boquillas.



Fuente: Carolo (2022).

4.2.2 Diámetro interno

Los diámetros de las boquillas oscilan entre 0,1 mm y 1,0 mm. Gracias a esto podemos experimentar bastante con el detalle y la rapidez que tendrá nuestra impresora. El estándar absoluto en las impresoras 3D de hoy es la boquilla de 0,4 mm, que se encuentra en las impresoras más populares. Este diámetro proporciona un gran equilibrio entre velocidad y precisión por lo que es un gran punto de inicio para experimentar hacia algún extremo, entre más grande sea el diámetro más rápido será nuestra impresión y entre más pequeño, mayor será la cantidad de detalle que seremos capaces de captar debido a que tendremos más precisión. Véase en la Figura 42.

Figura 42

Distintos diámetros de boquillas.



Fuente: Carolo (2022).

4.2.3 Material

Todas las boquillas producidas hoy en día están hechas de algún tipo de metal debido a su conductividad térmica relativamente alta. Cada uno tiene propiedades únicas, que influyen en el proceso de impresión 3D de diferentes formas. Véase en la Figura 43.

Figura 43

Distintos materiales de boquillas.



Fuente: Carolo (2022).

4.2.3.1 Latón

El latón es, con mucho, el metal más utilizado para las boquillas, tienden a ser económicas, pero no es el material más resistente. Materiales especiales de impresión 3D, como fibra de carbono y los filamentos rellenos de metal, contienen partículas abrasivas que pueden arruinar las superficies internas de la boquilla si se usan con regularidad. Véase en la Figura 44.

Figura 44

Boquillas de latón .



Fuente: Carolo (2022).

Su temperatura máxima de trabajo es de 300 °C, pero no se recomienda llevarla a esa temperatura o parecida por un periodo de tiempo extendido.

Se recomienda usarla con materiales no abrasivos como PLA, PETG, ABS, TPU y Nylon.

4.2.3.2 Acero inoxidable

El acero inoxidable es otro material popular utilizado en las boquillas, es ligeramente superior su resistencia al desgaste a comparación del latón. Además, evita, hasta cierto punto, que el plástico derretido se pegue a sus superficies, manteniéndose limpias y no contaminan la impresión con plomo, lo que suele ocurrir con las boquillas de latón.

Las boquillas de acero inoxidable son obligatorias para aplicaciones o materiales enfocados a la industria alimenticia. Véase en la Figura 45.

Figura 45

Boquillas de acero inoxidable.



Fuente: Carolo (2022).

Su temperatura máxima de trabajo es de 500°C, no hay impresora 3D comercial que se acerque a esa temperatura.

Se recomienda usarla con materiales no abrasivos y uso ligero con materiales abrasivos como NylonX, fibra de carbono, PLA relleno con metal, PLA relleno de madera y PLA rellenos con materiales cerámicos.

4.2.3.3 Acero endurecido

Las boquillas de acero endurecido son lo suficientemente resistentes para el uso frecuente de materiales abrasivos y ofrecen muchos años de uso sin reemplazo. Sin embargo, tiene una conductividad térmica menor al

latón y al acero inoxidable por lo que tendrás que buscar nuevas configuraciones para tus materiales con el riesgo de sobrepasar los límites establecidos por los fabricantes. Además, al ser un material tan duro, su superficie interna no es muy suave, por lo conlleva a impresiones con menos calidad. Véase en la Figura 46.

Figura 46

Boquillas de acero endurecido.



Fuente: Carolo (2022).

Su temperatura máxima de trabajo es de 500°C, no hay impresora 3D comercial que se acerque a esa temperatura.

Se puede utilizar cualquier material con esta boquilla, inclusive uso rudo con materiales abrasivos.

4.3 Gabinete para impresora 3D (*Enclosure*)

Un gabinete para impresora 3D es esencialmente una caja, que evita o reduce problemas de impresión relacionados con la temperatura. Un gabinete mantendrá la temperatura en la vecindad de la zona de impresión estable, protegerá tu impresión de corrientes de aire y polvo, además de añadir seguridad a tus capas y reducir de manera significativa el ruido provocado por la impresora.

Sin embargo, mantener una temperatura elevada por un largo tiempo podría provocar daños a componentes electrónicos de la impresora, así como dañar el sistema de enfriamiento de la misma. Debido a esto es recomendable invertir en un control de temperatura para nuestro gabinete ya que esto además de darnos más estabilidad, nos da el poder de decidir

la temperatura interna del ambiente y esto nos ahorra tiempo en ajustar las nuevas temperaturas de nuestra cama y nuestra boquilla.

El último punto a considerar es el sistema de ventilación que nos puede ofrecer nuestro gabinete de impresión. Filamentos como el ABS pueden llegar emitir vapores dañinos para la salud. Además algunos estudios muestran que fragmentos nanoscópicos de plástico son disparados en el aire cuando se imprime un filamento no tóxico como el PLA (The Latest Research on FDM 3D Printing Risks, 2021) por lo que un sistema de ventilación es de alta conveniencia.

La *Figura 47* nos muestra un gabinete fabricado por la empresa BOXOMO que ofrece todas las características mencionadas anteriormente.

Figura 47

Gabinete para impresora 3D marca BOXOMO.



Fuente: Boxomo (s. f.)

4.4 Sistema de control de humedad y temperatura

La humedad en los filamentos de impresión 3D es un problema bien conocido en la industria, si bien se han introducido muchas soluciones para el secado de los materiales que cumplen con su función, el control de las condiciones ambientales de dónde se almacena el filamento y dónde se tiene la impresora en cuestión generalmente son pasadas por alto. Es por esto por lo que si se desean perfeccionar las técnicas de impresión 3D, al punto de lograr una semiautomatización es necesario un sistema de control de humedad y temperatura compuesto de un aire acondicionado, un extractor de humedad y un humidificador controlados por un termostato. El contar con este control abrirá las puertas para imprimir nuevos materiales, tener una mejor calidad de impresión, tener completo control de las condiciones ambientales y alargará la vida de sus impresoras 3D.

4.5 Materiales de impresión 3D FDM

Con una impresora 3D FDM es posible fabricar desde partes funcionales como prótesis, refacciones para autos, drones, herramientas hasta decoraciones como repisas, macetas y pequeñas esculturas, todas estas posibilidades están unidas por la necesidad de elegir qué tipo de filamento o material utilizar.

Conocer las características de los filamentos más comunes para impresoras 3D FDM ayudará a tomar la decisión más acertada por lo que, a continuación se presentan los filamentos más comunes y las propiedades que los hacen similares y diferentes entre ellos.

4.5.1 PLA

PLA (ácido poliláctico) es el filamento más popular que hay en la actualidad y con justa razón, es barato, seguro, fácil de imprimir, se encuentra en una gran variedad de colores y se adhiere a prácticamente cualquier tipo de cama con la que cuente tu impresora 3D. Véase en la Figura 48.

El PLA es técnicamente reciclable y biodegradable en condiciones específicas como en compostadores industriales, por tal motivo se consi-

dera un bioplástico, esto puede generar confusión ya que en condiciones normales nunca llegaría a degradarse en un vertedero o campo de tierra (Tokiwa, Yutaka y Calabia, Buenaventurada, 2006).

Gracias a que la mayoría de PLA está hecho de maíz o caña de azúcar en vez de petroquímicos, PLA es un material renovable.

A continuación se describen algunas propiedades de impresión del PLA.

Fuerza: Media | **Flexibilidad:** Baja | **Durabilidad:** Media

Dificultad de uso: Baja

Temperatura de impresión: 190 - 220 °C (consultar fabricante)

Temperatura de la cama de impresión: 20 - 60 °C (pero no es necesario)

Contracción / deformación: Mínima

Soluble: No

Seguridad alimentaria: No se recomienda (consultar fabricante)

Figura 48

Impresiones en PLA



Fuente: Elaboración propia (2024).

Algunas de las desventajas del PLA son su resistencia a la temperatura y a condiciones ambientales exteriores ya que incluso la exposición directa a los rayos del sol puede suavizar el material al punto de casi derretir, por lo que utilizar PLA para aplicaciones en condiciones exteriores o someterlo a temperaturas altas no es recomendable.

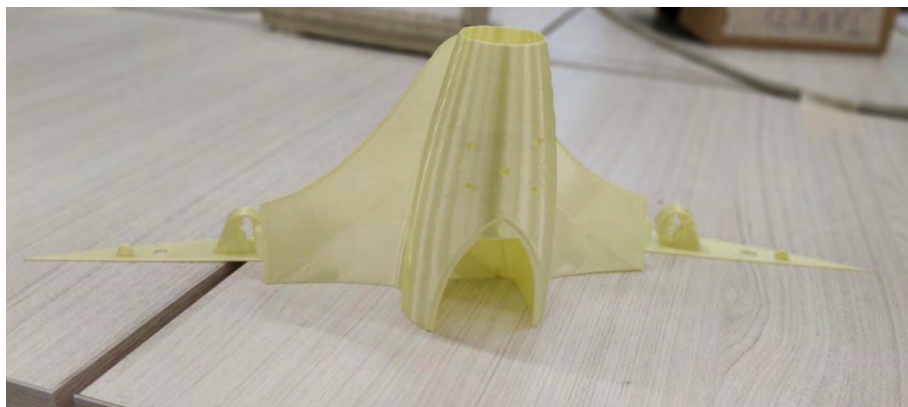
Gracias a su gran popularidad, diferentes fabricantes han tratado de cubrir las debilidades y experimentado con distintas aleaciones de plásticos y otros materiales para obtener características mecánicas y acabados superficiales distintos a los del PLA simple. A continuación se presentan algunas de estas aleaciones y cuáles son sus características especiales.

4.5.1.1 Silk PLA

El Silk PLA, es, PLA mezclado con un elastómero que da un acabado brillante, suave al tacto y que tiene la cualidad de mezclarse muy bien difuminando las capas de impresión. Un ejemplo de esta impresión se presenta en la Figura 49.

Figura 49

Impresiones en Silk PLA.



Fuente: Elaboración propia (2024).

Algunas consideraciones a tomar en cuenta con el Silk PLA son que generalmente es más quebradizo y tiende a formar espuma en la boquilla por lo que si nuestra retracción es muy agresiva o entra calor hacia adentro de la boquilla puede generar obstrucciones.

4.5.1.2 LW PLA

LW PLA (Low Weight PLA) es la mejor opción para fabricar piezas livianas, con aplicaciones aerodinámicas como drones, aviones, planeadores y cualquier tipo de vehículo o mecanismo que requiera de poco peso. Sin embargo, el hacer más liviano un material que no tiene buenas propiedades mecánicas y no posee una gran resistencia en general lo hace más débil y frágil de lo que ya es por defecto. Véase en la Figura 50.

Figura 50

Impresión en LW PLA.



Fuente: Elaboración propia (2024).

El acabado del LW PLA es muy diferente al del PLA regular, además de sentirse muy delicado al querer manipularlo deja una sensación muy parecida a alguna clase de papel rugoso al tacto.

4.5.1.3 PLA +

PLA +, PLAmix, PLAHT, PLA3di, PLA/PHA, PLA Plus y PLA Bioli-mer son algunos de los nombres con los que encontrarás esta aleación de PLA más un aditivo que permite realizarle un tratamiento de calor en un horno de convección a las piezas impresas lo que modificará la estructura molecular del PLA convirtiéndolo en un material mucho más resistente

a impactos y a temperatura, más no a químicos o sustancias abrasivas. Las propiedades mecánicas del material PLA+ deja un acabado suave y brillante, ya que al aplicarle el tratamiento de calor todas las capas se funden y mezclan entre ellas.

Cabe recalcar que este tipo de material no está homologado por los fabricantes, por lo que encontrar el mismo nombre o similar en dos fabricantes podría significar características, propiedades e instrucciones de impresión muy distintas entre sí, además de que su precio puede variar en gran medida.

4.5.2 PLA compuestos

Estos filamentos son una aleación o mezcla de PLA y alguna partícula, fibra, polvo, metal o algún otro material suspendido dentro del PLA con la finalidad de modificar propiedades mecánicas o estéticas de las piezas impresas.

La mayoría de impresoras vienen con una boquilla de 0.4 mm hecha de latón, la cual es muy buena para imprimir materiales simples, además de abaratar costos para los fabricantes. Si deseas imprimir PLA compuestos deberás utilizar una boquilla de acero inoxidable o acero endurecido para evitar daños en la superficie interna de la boquilla provocados por los materiales abrasivos de los que se puedan componer este tipo de filamentos. De igual manera se recomienda utilizar una boquilla de un diámetro interno superior a 0.4 mm para evitar que las partículas o fibras que componen al material creen una obstrucción en la boquilla.

4.5.2.1 PLA mármol

Existen dos clases de PLA Mármol por lo que es importante revisar las especificaciones del fabricante antes de ordenar uno. La clase más común es PLA regular color blanco azulado o gris claro mezclado con partículas (generalmente de PETG) de color negro que tienen un punto de fusión más alto que el PLA por lo que no se funden y dejan un acabado parecido al mármol. Para este tipo de material no es necesaria una boquilla endurecida, pero sí una boquilla con diámetro interno mayor a 0.4 mm.

La segunda clase de PLA Mármol es PLA regular mezclado con arena u otro material cerámico, para imprimir con este material es necesario mantener la temperatura de la cama más fría de lo normal, utilizar una boquilla de un material endurecido así como con un radio interno más grande. Además, se recomienda extraer el filamento de la impresora justo en el momento en que termina la impresión ya que al ser la arena un material tan abrasivo puede dañar la impresora 3D si se dejan residuos.

4.5.2.2 *PLA madera*

El PLA Madera es una combinación de aproximadamente 60 % plástico y 40 % aserrín, este material absorbe humedad de manera más significativa que el PLA regular, pero daña cualquier boquilla hecha de latón y crea obstrucciones en boquillas con un diámetro interno pequeño. Una de sus ventajas es su fácil posprocesamiento ya que es muy sencillo de lijar y si se le aplica algún aceite para madera deja un acabado especialmente brillante.

4.5.2.3 *PLA fibra de carbono*

Este PLA está reforzado con fibras de carbono trituradas. Es más quebradizo, pero hace piezas rígidas, permite crear piezas supers con superficies mate. De igual manera, las fibras actúan como pequeños andamios cuando el material se está enfriando por lo que, las impresiones con este material tienden a ser más exactas en dimensiones espaciales. En este tipo de material es obligatorio el uso de una boquilla de un material endurecido.

4.5.2.4 *PLA conductivo*

El PLA Conductivo está hecho con una aleación de PLA y carbón, que convierte tus impresiones 3D en resistores gigantes. Sin embargo, este material tiene limitaciones eléctricas, 10 cm de este filamento tienen una resistencia aproximada de 2k ohm por lo que, de ninguna manera este filamento sustituirá cables o placas de circuitos. Lo que sí te permitirá este material es hacer sensores sensibles al tacto, accesorios para celular,

camas para leds incorporadas sin la necesidad de cables o resistores entre otras aplicaciones.

PLA Conductivo puede llegar a ser muy costoso, es más frágil que el PLA regular y tiende a tener problemas de *warping*, así que una temperatura mayor en la cama de impresión será necesaria e idealmente un gabinete para impresora 3D.

4.5.3 PLA metal

Estos filamentos se componen por más del 50 % de metales finamente molidos. Este tipo de filamentos son aproximadamente el doble de densos que los plásticos comunes, donde las partículas de metal hacen que el PLA se caliente y enfríe más rápido, con impresiones significativamente más fuertes, pesadas, además de añadir propiedades de metal, y por otro lado, un carrete de filamento de 1 kg tiene la mitad de material que los carretes de PLA regular, son más caros, frágiles y no son más duros que el PLA regular y encima de todo eso utilizar una boquilla de acero endurecido con un diámetro interno superior es indispensable para imprimir con estos filamentos.

4.5.3.1 PLA hierro

Este filamento está mezclado con finas limaduras de hierro que no hacen a este material conducir electricidad, pero sí lo hacen magnético y puede ser pulido y oxidado rociando las piezas con una solución salina de peróxido de vinagre para acabados únicos. Debido a que el hierro tiende a derretirse en su punto de quiebre, deshabilitar la retracción e imprimir el material por debajo de los 180°C es una buena opción.

4.5.3.2 PLA latón

Este filamento está infundido con partículas ultra finas de cobre y zinc. El latón es muy denso y tiene una alta masa térmica por lo que este material es muy pesado y se siente frío al tacto. La pátina que deja el óxido es de un color turquesa mientras que el acabado pulido es muy brillante.

4.5.3.3 PLA acero inoxidable

Este filamento está cargado con polvo de acero inoxidable lo que lo hace muy pesado y eleva su costo. A diferencia del PLA Hierro, este filamento no es magnético ni tampoco se oxida, pero si se puede pulir hasta dejar un acabado casi reflectivo.

4.5.4 PETG

El polietilentereftalato es uno de los plásticos más utilizados en el mundo. Sin embargo, su uso como filamento para impresión 3D no es muy común ya que el PET es un material muy hidrofílico y se necesitaría imprimir a una temperatura superior a los 260°C. También existe, polietilentereftalato modificado con un glicol (PETG) que hace que el material fluya más fácilmente, no sea tan hidrofílico y que su temperatura de impresión sea un poco más baja. Véase en la *Figura 51*.

Figura 51

Impresiones con PETG.



Fuente: Elaboración propia (2024).

El PETG es una muy buena opción para probar un nuevo material que no sea PLA, es más resistente, un poco más flexible, resistir una mayor temperatura, soporta mejor los impactos y es más reciclable que el PLA.

Una desventaja es que tiende a hundirse cuando es impreso por lo que, hacer puentes es imposible, tener partes que sobresalgan de los contornos no es factible y los soportes tienen que ser cortados con una navaja.

A continuación se describen algunas propiedades de impresión del PETG:

Fuerza: Alta | **Flexibilidad:** Media | **Durabilidad:** Alta

Dificultad de uso: Baja

Temperatura de impresión: 220 - 250 ° C

Temperatura de la cama de impresión: 50 - 75 ° C

Contracción / deformación: Mínima

Soluble: No

Seguridad alimentaria: consulte las directrices del fabricante

El PETG se adhiere a camas de PEI, pegamento en barra o cinta azul y kapton. El PETG también se adhiere a camas de vidrio, pero puede llegar a fundirse con el vidrio mientras se enfría (Figura 52), por lo que se recomienda siempre imprimirlo sobre una capa de pegamento en barra o cinta azul.

Figura 52

Cama de impresión dañada por PETG.



Fuente: Elaboración propia (2024).

4.5.5 ABS

Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) es un material muy utilizado para hacer juguetes de inyección de plástico y solía ser el material más popular al comienzo de la impresión 3D. Sin embargo, es difícil de imprimir debido a que tiende a levantarse por las esquinas (warping), no se adhiere con facilidad, es muy susceptible a deformarse con cualquier corriente de aire y emite gases tóxicos de estireno de acre mientras se imprime por lo que un gabinete con regulación de temperatura y con sistema de ventilación es obligatorio para imprimir este material.

No todo es negativo con el ABS, sus propiedades mecánicas son bastante altas (superiores a las del PETG) y es soluble en varias sustancias. Véase en la Figura 53.

Figura 53
Impresiones en ABS.



Fuente: Elaboración propia (2024).

A continuación se describen algunas propiedades de impresión del ABS:

Fuerza: Alta | **Flexibilidad:** Media | **Durabilidad:** Alta

Dificultad de uso: Media-Alta

Temperatura de impresión: 210 - 250 ° C

Temperatura de la cama de impresión: 80 - 110 ° C

Contracción / deformación: Considerable

Soluble: En ésteres, cetonas y acetona

Seguridad alimentaria: No apto para alimentos

4.5.6 ASA

Acrilato de acrilonitrilo estireno (ASA) es una mejora en cuanto a características, añade cualidades únicas a las impresiones, es fuerte, rígido, relativamente fácil de imprimir, resistente a explosiones químicas, al calor y a la luz ultravioleta, además, exceptuando condiciones extremas, no cambia su forma ni su color. Este material también requiere un gabinete ventilado para mejores resultados, pero no es estrictamente necesario.

A continuación se describen algunas propiedades de impresión del ASA:

Fuerza: Alta | **Flexibilidad:** Baja | **Durabilidad:** Muy Alta

Dificultad de uso: Media-Alta

Temperatura de impresión: 210 - 250 ° C

Temperatura de la cama de impresión: 80 - 110 ° C

Contracción / deformación: Poca

Soluble: En ésteres, cetonas y acetona

Seguridad alimentaria: No apto para alimentos

4.5.7 HIPS

Poliestireno de gran impacto (HIPS) es un material comúnmente utilizado para impresoras con doble extrusión para fabricar soportes, esto debido a que es un material soluble en limoneno y esto elimina el proceso de remoción del material de soporte además de dar la posibilidad poder unir el soporte con la pieza por completo para que cuando se disuelva el material deje un acabado liso.

Si bien el uso principal del material es ser soporte, tiene una alta resistencia a los impactos, es super ligero y tiene una adición de capa excepcional al punto de ser resistente al agua teniendo las configuraciones necesarias. También necesita un gabinete para impresora ya que cualquier corriente de aire arruina la impresión y no se adhiere muy bien a algo que no sea cinta kapton.

4.5.8 TPU/Flex

Hasta el momento hemos revisado materiales rígidos, pero ¿qué pasa si queremos imprimir una pieza que sea flexible sin temor a que se rompa? La solución la encontramos en el filamento TPU. El denominado poliuretano termoplástico (TPU) es un tipo de elastómero que se caracteriza por su alta flexibilidad y durabilidad en la transformación. Por supuesto la flexibilidad del material varía entre marcas e incluso las mismas marcas pueden ofrecer varias opciones. Para saber qué tan flexible es el material que se nos ofrece deberemos consultar las especificaciones de dureza, la dureza se mide en una escala del 0 al 100 acompañado de la letra “A”, una “D” o un doble cero (00), entre más cercano al 0 el material será más flexible y entre más cercano al 100 el material será más rígido.

TPU es clasificado como un termoplástico elástico (TPE) y no es el único material flexible que se puede imprimir, pero sí el más flexible. También existen los materiales TPA, TPC y Soft PLA.

Una característica particular del TPU, es que no puede ser impreso en sistemas de extrusión Bowden y necesita una cabina de impresión para lograr mejores resultados. Es un material hidrofílico por lo que almacenarlo en un lugar seco es recomendable.

A continuación se describen algunas propiedades de impresión del TPU:

Fuerza: Media | **Flexibilidad:** Muy alta | **Durabilidad:** Muy alta

Dificultad de uso: Media (TPE, TPC); Baja (TPU)

Temperatura de impresión: 210 - 230 ° C

Temperatura de la cama de impresión: 30 - 60 ° C (pero no es necesario)

Contracción / deformación: Mínima

Soluble: No

Seguridad alimentaria: No apto para alimentos

4.5.9 Polipropileno

El Polipropileno es el segundo plástico más común en nuestro planeta, es resistente, flexible, ligero, químicamente resistente y apto para alimentos, lo que podría explicar su amplia gama de aplicaciones, incluidos plásticos de ingeniería, envases de alimentos, textiles y billetes de banco.

La desventaja del polipropileno es que es un material bastante difícil de imprimir, sufre mucho de *warping*, es muy flexible por lo que un extrusor Bowden no podrá imprimirlo y solo se adhiere a sí mismo por lo que se necesita comprar un pegamento o cinta especial hecha de polipropileno.

4.5.10 Policarbonato

El policarbonato es un material que tiene muchas ventajas en cuanto a propiedades mecánicas, ofreciendo mejor calidad que materiales como el PC y el ABS, pero muchas desventajas en cuanto a la facilidad para ser impreso, debido a que requiere de alta temperatura para la boquilla y la base de impresión, además de ser susceptible a la humedad y al *warping*, a menos que se use un pegamento especial. Se encuentra comúnmente en aplicaciones de automoción, electrónica y telecomunicaciones, y es uno de los termoplásticos industriales más utilizados a nivel mundial.

4.5.11 Nylon

Este es un material muy común en el ámbito del prototipado profesional ya que posee características mecánicas superiores a las de la mayoría de materiales, sobresale en cuanto a la resistencia, flexibilidad, durabilidad, estabilidad de temperatura y tolerancia a la abrasión.

La desventaja principal del nylon es que absorbe humedad como ningún otro material, pocas horas de exposición a condiciones de ambiente pueden convertir a este filamento en algo imposible de imprimir, por lo que una caja de almacenamiento de secado de filamento es obligatoria.

4.5.12 Propósito específico

Estos filamentos no son para imprimir en el día a día, son filamentos auxiliares que nos ayudan a alargar la vida útil de nuestras impresoras 3D y mejorar la calidad de nuestras impresiones.

4.5.12.1 Filamento de purga

Normalmente, cuando queremos cambiar de filamento, ya sea color o material, necesitamos calentar la boquilla y extraer el material. Sin embargo, este proceso siempre deja residuos y contamina nuestra siguiente impresión, algunos tipos de materiales, colores o fabricantes en específico pueden ser más contaminantes que otros por lo que tener un proceso confiable para limpiar nuestra impresora es indispensable cuando cambiamos de material.

Si necesitáramos cambiar de un material como el PLA a uno como el PETG, los residuos de PLA restantes se fundirán ya que el PETG tiene una temperatura de transición más alta que el PETG, esto provocará que las partículas fundidas se adhieran al metal, por otro lado si hacemos lo contrario, las partículas del PETG no se derretirán y provocarán un atasco en la impresora.

El filamento de purga es la solución a este problema ya que es un material (generalmente nylon o propileno de alta densidad) que se derrite de 190°C hasta 275°C por lo que no tendrá ningún problema en empujar cualquier material fuera de la impresora 3D.

4.5.12.2 Filamento de Limpieza

El filamento de limpieza no es igual que el filamento de purga, si bien, su propósito es el mismo (limpiar el sistema de extrusión), el filamento de limpieza es un polímero especial diseñado originalmente para limpiar moldes de inyección.

Este material se adhiere más fuerte a los residuos que los residuos al propio metal por lo que es especialmente efectivo para materiales muy contaminantes como Silk PLA, PLA conductivo, etcétera.

Capítulo 5

Proceso de impresión 3D

5.1 Introducción a laminadores

Para la impresión 3D, es necesario utilizar un software de corte, también conocido como laminador, que convierte el modelo 3D en un archivo de código G. Este archivo proporciona a la impresora 3D las instrucciones necesarias para imprimir el modelo, creando capas finas basadas en el archivo cargado.

Existen gran variedad de softwares en el mercado a continuación se muestran los más importantes:

- **Ultimaker Cura:**
Software laminador propiedad de Ultimaker, su uso no se limita a usuarios de impresoras Ultimaker, este software es uno de los líderes en uso y descarga a nivel mundial.
- **3DPrinterOS:**
Es un software basado en la nube, el cual implementa un software laminador. Su atractivo principal es que maneja una función de reparación. Con una gama limitada de impresoras compatibles.
- **Ideamaker:**
Desarrollado por Raise 3D fabricante de impresoras 3D este funciona solo con esta gama de máquinas. Tal vez esta sea la limitante para un software bastante eficiente que te permite imprimir con solo cuatro clics.
- **Slic3r:**
Es un software de código abierto que funciona con archivos .STL u .OBJ cuyo objetivo es más que nada permitir imprimir de manera fácil con herramientas flexibles.

Aunque estos son los softwares más comunes existen otros. El software necesario o que desees utilizar será en gran medida por la adaptación que este tenga con la impresora y necesidades.

5.1.1 Sobre Ultimaker Cura

Cura, es un software de código abierto, probablemente el más extendido en el mercado mundial para la impresión 3D, es parte del ecosistema Ultimaker, las impresoras de otros fabricantes también pueden usarlo.

Los formatos admitidos por Cura son STL, OBJ, X3D y 3MF. El software no solo es 100 % gratuito, sino que además es compatible con los sistemas operativos más comunes: Windows, Mac y Linux.

5.1.2 Descargar e instalar Ultimaker Cura

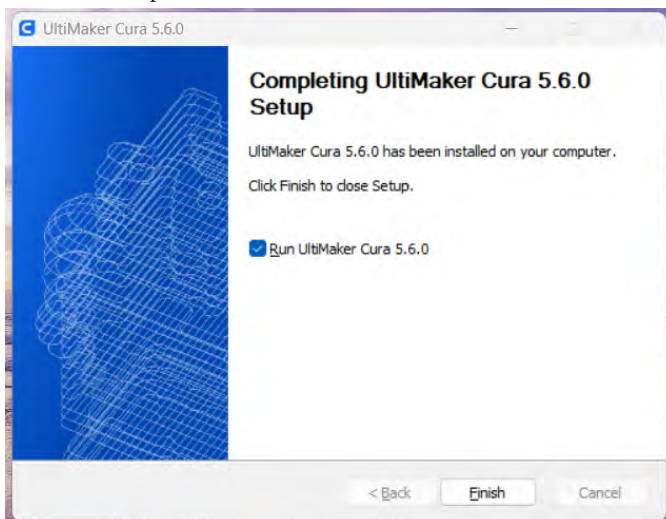
Instalar Cura para dar tus primeros pasos es sumamente sencillo, lo primero que tienes que realizar es la descarga. Esta es gratuita y se puede realizar desde la página oficial de Ultimaker.

El [link](https://ultimaker.com/es/software/ultimaker-cura) de la página oficial es el siguiente: <https://ultimaker.com/es/software/ultimaker-cura>

Una vez que se abre y se procede con la instalación, se aceptan los términos y condiciones, y se elige la ubicación del ejecutable, solo debes esperar que cargue la descarga por completo y presionar el botón terminar como en la Figura 54.

Figura 54

Instalación de Cura completada.



Fuente: Ultimaker Cura 5.6.0 (2024).

5.1.3 Cargar un archivo a Cura

Sin lugar a dudas el primer paso antes de iniciar en la impresión es tener un modelo que imprimir. Cura nos la ha puesto muy fácil para agregarlo ya que incluso nos entrega 2 opciones para cargarlo a su interfaz. En la primera solo tenemos que presionar el logo de la Figura 55 y nos despliega los documentos de nuestra computadora. Dentro de los documentos solo nos mostrará formatos válidos, los formatos admitidos son STL, OBJ, X3D y 3MF. Siendo el primero de estos el más usado.

Figura 55

Primera forma de cargar un archivo a Cura.

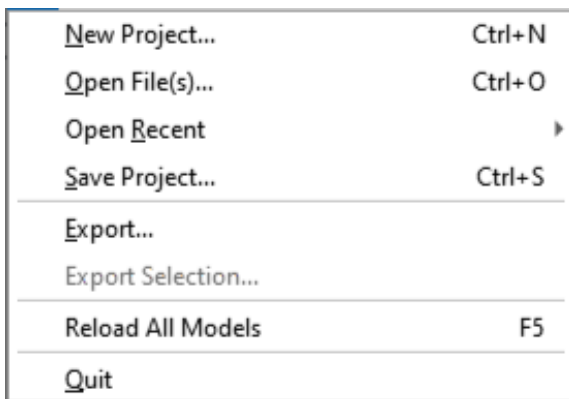


Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

La segunda de estas opciones consiste en abrir el menú que despliega Files como en la Figura 56. Aquí se nos permite abrir un nuevo proyecto, abrir uno nuevo y aquí está también la opción de guardar.

Figura 56

Menú Files.



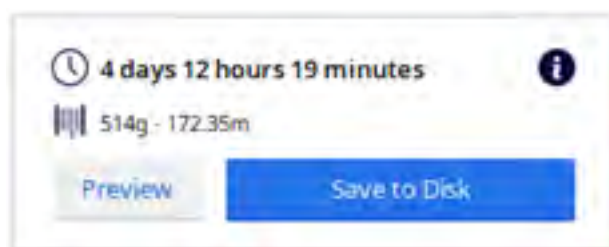
Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

Los programas generadores de GCode en específico Cura, facilitan el uso de gran cantidad de herramientas. Para dimensionar su utilidad, aquí tenemos algunas de las más usadas:

- La estimación del peso y cantidad en metros de filamento necesario para la pieza que se va a realizar. Con este dato podemos comprobar la cantidad de filamento correcta y evitar impresiones incompletas. El dato nos lo presenta como en la Figura 57.

Figura 57

Estimación del peso y cantidad.

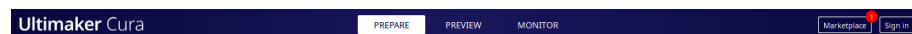


Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

- El Panel de acción de Cura se muestra en la Figura 58, la cual permite desplazarte fácilmente entre sus opciones. El menú de panel de control se encuentra en la parte central superior y en este se pueden seleccionar entre 3 menús:

Figura 58

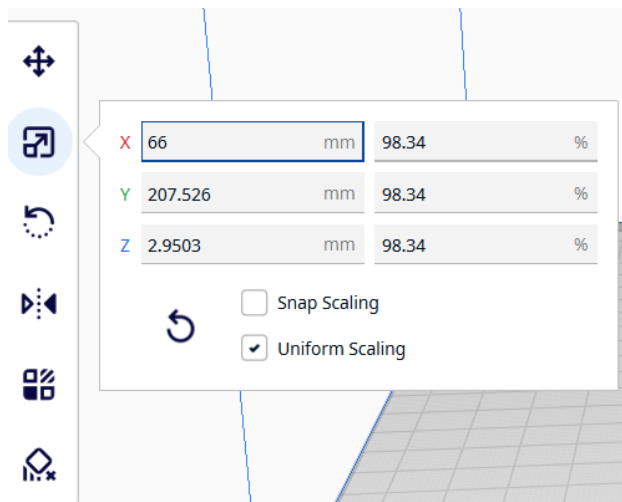
Panel de acción con PREPARE seleccionado.



Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

En la sección de PREPARE en la Figura 59 podemos realizar cambios como mover, escalar, rotar, reflejar y personalizar los soportes. El menú es simplemente un conjunto de gráficos que permiten fácilmente identificar a qué operación se refiere cada botón. La gran ventaja que nos otorga Cura es que nos permite hacerlo pieza a pieza o simplemente hacerlo para todas las piezas a imprimir.

Figura 59
Menú Files.



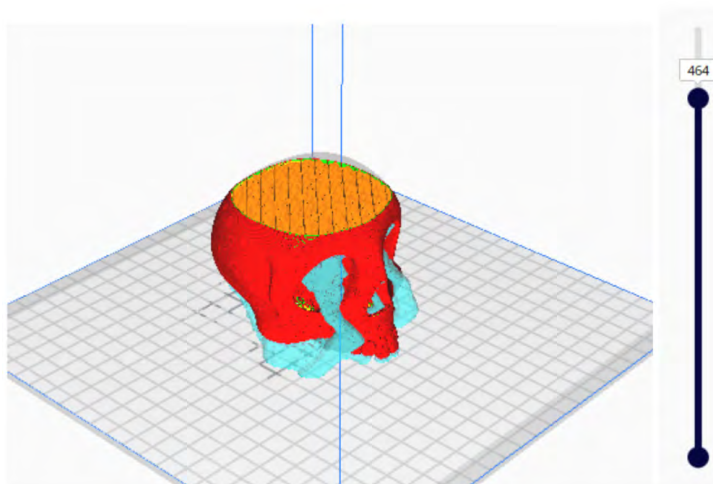
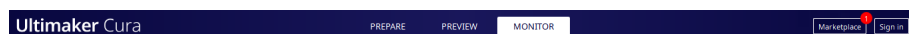
Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

Figura 60
Panel de acción con PREPARE seleccionado.



Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

En la sección PREVIEW en la Figura 60 se puede realizar una vista previa de la impresión como en la Figura 61. La gran utilidad es que nos permite ver por partes el proceso de impresión.

Figura 61*Vista previa de sección.**Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).***Figura 62***Panel de acción con MONITOR seleccionado.**Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).*

Existe la posibilidad del control de la impresión on-line, esta se realiza en el menú MONITOR en la Figura 62. En principio es recomendable imprimir off-line cargando el archivo GCODE en la tarjeta SD de la impresora 3D. Esta es sumamente complicada y requiere un largo proceso para su conexión.

- Cambiar fácilmente de ángulos de visualización
Cura tiene una interfaz gráfica que nos permite cambiar con gran facilidad de vista en nuestro modelo. Esta solo contiene 5 botones como en la Figura 63 que sin problemas podemos identificar a qué vista se refiere.

Figura 63

Menú de cambios de vista del modelo.



Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

5.1.4 Funcionamiento de Cura

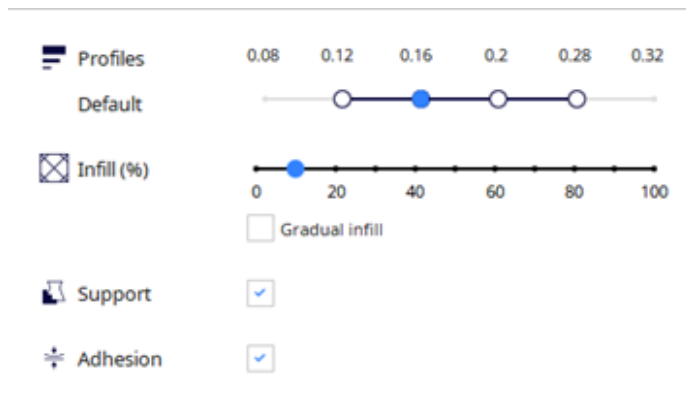
Cura es tan simple de usar que desde el inicio nos permite elegir entre dos modos: el modo recomendado y el modo personalizado.

El modo recomendado es una excelente opción para principiantes, debido a que permite obtener el resultado de la impresión en un mínimo de clics sin tener que hacer cambios manuales en los parámetros. El usuario puede definir parámetros básicos como la altura de las diferentes capas, la adhesión y las estructuras de soporte.

Si ya has avanzado en la impresión 3D y deseas algo más preciso, se recomienda el modo personalizado, el cual permite al usuario elegir entre más de 400 opciones de configuración diferentes. Además de los parámetros básicos, como agregar estructuras de soporte o la cantidad de relleno requerida, se pueden agregar fácilmente otras opciones.

5.1.5 Modo recomendado en Cura

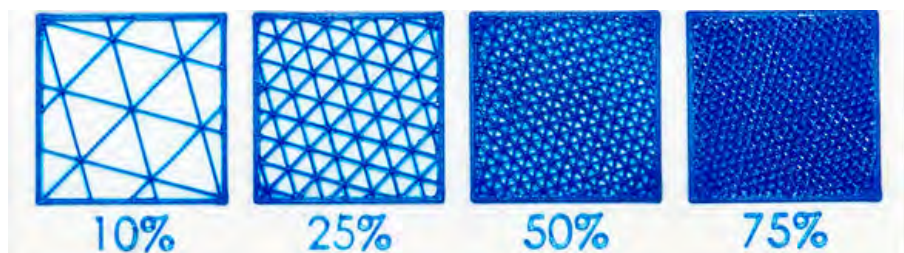
Consta de un pequeño formulario que se muestra en Figura 64 donde tienes que ingresar 4 sencillos parámetros.

Figura 64*Menú modo recomendado**Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).***1. Perfiles (*Profiles*):**

Se refiere a la velocidad de extrusión de filamento de la impresora. Usualmente esta permanece estática ya que modificar la velocidad puede afectar la calidad de la pieza de impresión.

2. Relleno (*Infill*)

Se refiere al relleno de la figura, usualmente se selecciona entre el 10 y 20 % dependiendo la dureza y peso necesario. El tipo de relleno es determinado automáticamente. En la Figura 65 se muestran distintos porcentajes de relleno en forma triangular.

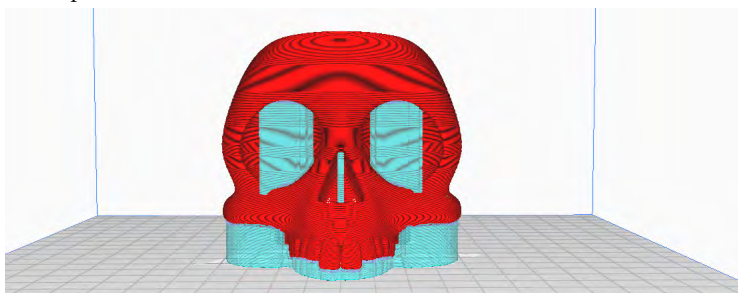
Figura 65*Porcentajes de relleno.**Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).*

3. Soporte (*Support*)

Algunas piezas requieren de soportes creados por la impresora para que sea posible crear el modelo. Estos soportes se quitan una vez terminada de imprimir la pieza. No son necesarios en piezas sin espacios, ya que en dado caso solo aumentan el tiempo de impresión. En la Figura 66 se muestra una pieza que necesita soporte, el cual se visualiza en el modelo de color azul.

Figura 66

Ejemplo de soporte.



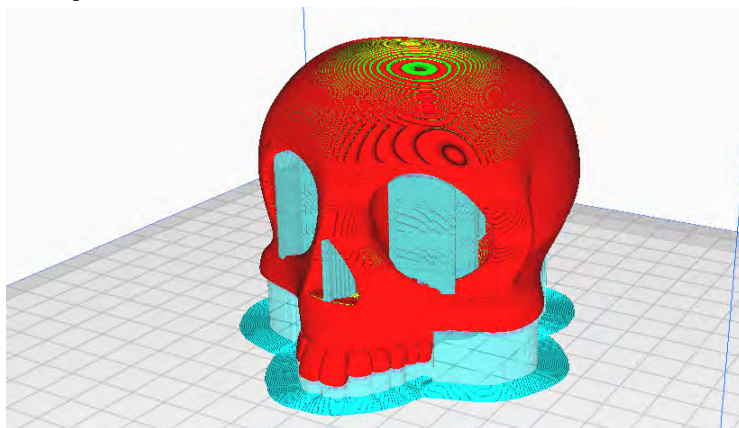
Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

4. Adhesión

Existe la posibilidad de generar una capa delgada que se puede extruir alrededor de tu pieza con el fin de mantenerla fija y que no se mueva durante la impresión. En ocasiones las piezas tienen un área muy pequeña en la base, esta se mueve o despega, esta es la herramienta adecuada para estas ocasiones. Véase en la Figura 67.

Figura 67

Ejemplo de capa de adhesión.



Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

5.1.6 Modo personalizado en Cura

Para impresiones más precisas o con necesidades especiales es necesario utilizar el modo personalizado de Cura. Dentro de este modo podemos encontrar en la Figura 68 muchos submenús que nos permiten cambiar instrucciones para nuestra impresión.

Figura 68

Menú principal modo personalizado.



Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

- Calidad (*Quality*): Está solo tiene una configuración que se ve en la Figura 69, la cual modifica el grosor/altura de la capa de impresión. Regularmente se utiliza a 0.16 mm.

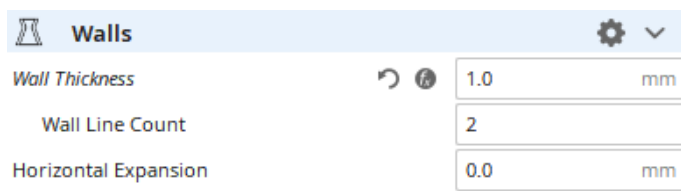
Figura 69
Menú *Quality*.



Fuente: Ultimaker Cura 5.6.0 (2024).

- Paredes (*Walls*): Esta es una configuración donde puedes cambiar el espesor de las capas, agregar capas extra y la distancia horizontal. Estas opciones se observan en la Figura 70 y nos pueden ayudar bastante a agregar rigidez a los modelos.

Figura 70
Menú *Walls*.



Fuente: Ultimaker Cura 5.6.0 (2024).

- Cima /Fondo (*Top/Bottom*): En este apartado puedes configurar el espesor del fondo y de la cima, ya sea más pesadas o más rígidas. Este menú se observa en la Figura 71.

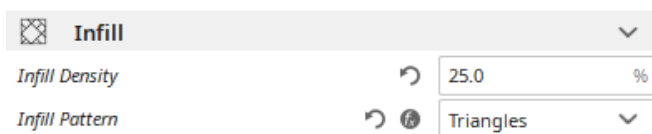
Figura 71
Menú *Top/Bottom*.



Fuente: Ultimaker Cura 5.6.0 (2024).

- **Relleno (Infill):** En el apartado de relleno (Figura 72) se puede modificar el llenado/vacío que existe dentro de la pieza a imprimir. Cabe destacar que si aumentamos demasiado la densidad también estarías aumentando la cantidad de filamento necesario para la impresión.

Figura 72
Menú Infill.

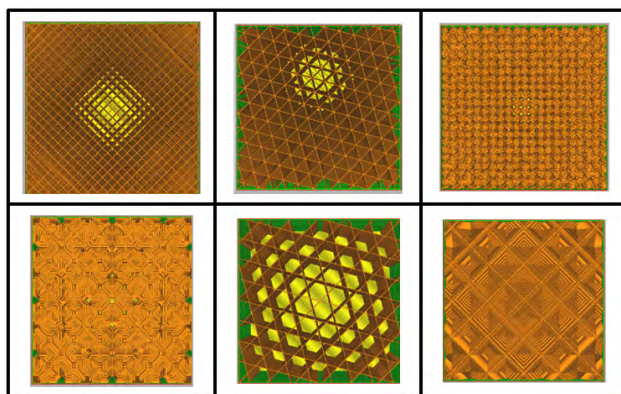


Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

Como se ve en la Figura 73 existen diferentes patrones de llenado que nos permiten cambiar de acuerdo con las necesidades. A continuación, podemos ver la dureza de acuerdo con el tipo de impresión y la densidad usual que se utiliza para imprimir en ese patrón.

- Modelos y figuras (dureza baja): líneas, zigzag. 0-15 %
- Impresiones 3D «estándar» (dureza media): rejilla, triángulos, tri hexágono. 15-50 %
- Impresiones 3D funcionales (dureza alta): cúbico, cúbico (subdivisión), octeto, cuarto cúbico, giroide. >50 %
- Impresiones 3D flexibles: concéntrico, cruz, cruz 3D 0-100 %
(Según el nivel de «blandura» que desees para la impresión).

Figura 73
Patrones de relleno.



Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

- **Material:** Este apartado (Figura 74) modifica las temperaturas de impresión adecuadas para el material que estás imprimiendo. Si tienes dudas de cuál es la temperatura adecuada para tu material, revisa cuál es en el Capítulo 4.5.

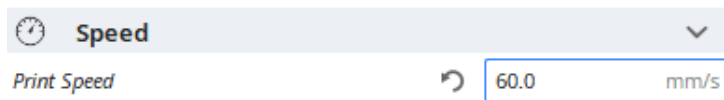
Figura 74
Menú Material.



Fuente: Ultimaker Cura 5.6.0 (2024).

- **Velocidad (Speed):** Como puedes ver en la Figura 75, Menú Speed puedes modificar la velocidad de impresión, puedes adecuar tanto tu impresora, como tu material. No se suele realizar cambios a este parámetro, pero se puede realizar para disminuir el tiempo de impresión o para trabajar con materiales frágiles que se pueden jalar o tironear y romperse.

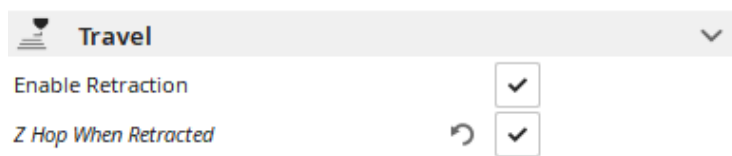
Figura 75
Menú Speed.



Fuente: Ultimaker Cura 5.6.0 (2024).

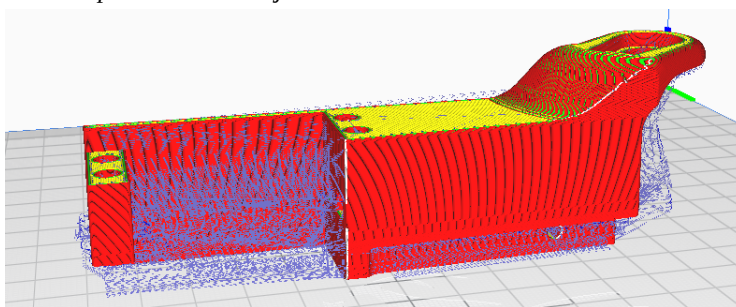
- **Viaje (Travel):** Dentro del menú Viaje (Figura 76) podemos encontrar solo 2 configuraciones, para conocer el comportamiento que tendrá la impresora una vez comience a imprimir. Si bien lo óptimo sería que todos los movimientos que realiza el extrusor se realizarán imprimiendo, es muy necesario que en algunos momentos este deje de extruir. Un ejemplo lo podemos encontrar en la Figura 77 una captura de la vista previa de una impresión donde las líneas azules marcan la trayectoria del extrusor. A esta trayectoria se le conoce como Viaje.

Figura 76
Menú Travel.



Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

Figura 77
Modelo en vista previa con el viaje indicado en azul.

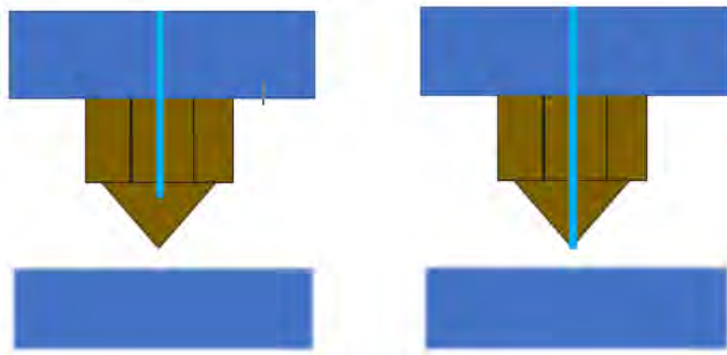


Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

- **Habilitar retracción (*Enable Retraction*):** Es una herramienta que nos sirve para obtener impresiones más limpias y precisas. Cuando el extrusor está realizando un viaje, existen partes en donde es necesario no imprimir, se pensaría que tan solo con que la impresora deje de empujar el filamento funcionaría pero, en realidad al quedarse filamento en la punta este puede continuar saliendo por el extrusor. La herramienta mencionada hace que en estos lapsos de tiempo la impresora jale un tanto de filamento para que este evite salir como en la Figura 78 (a) Cuando termine ese viaje la impresora volverá a empujar filamento al frente como en la Figura 78 (b).

Figura 78

Extrusor con filamento (a) retraído (b) en punta.



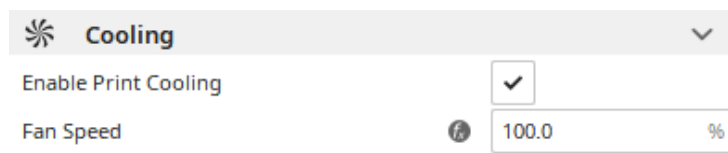
Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

Z Hop When Retracted es una configuración que aparece estrictamente cuando se activa Enable Retraction. Esto es porque esta depende de que la anterior esté activada, esta genera un pequeño salto hacia arriba al inicio del viaje, esto es útil para dejar arriba de la pieza esos pequeños residuos de filamento que se quedan en el movimiento.

- **Enfriamiento (Cooling):** Como podrás haber visto ya, las impresoras poseen uno o más ventiladores que ayudan a enfriar a temperatura ambiente la pieza mientras esta se está imprimiendo. Estos pueden o no actuar de manera directa a la pieza impresa por lo que es necesario que los ajustes dependiendo de tu impresora. El menú como se muestra en la Figura 79 también nos permite seleccionar a qué porcentaje de su capacidad total queremos que trabaje.

Figura 79

Menú Cooling.



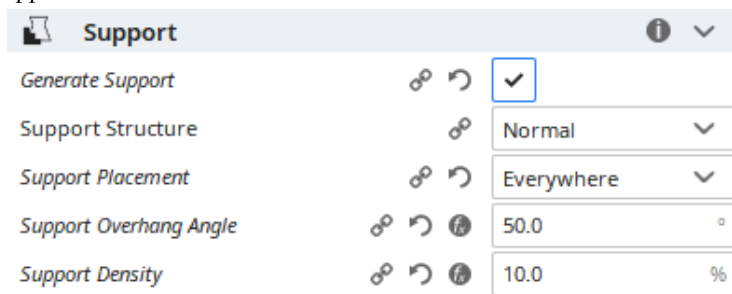
Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

- **Soporte (Support):** En los modelos cuyo diseño hace imposible que la pieza se imprima debido a los espacios vacíos, Cura nos ofrece una

herramienta que nos permite evitar la deformación de la pieza mientras se imprime. Estas configuraciones las podemos ver en la Figura 80.

Figura 80

Menú Support.



Fuente: Ultimaker Cura 5.6.0 (2024).

Figura 81 (a)

Vista previa impresión con soporte impreso.

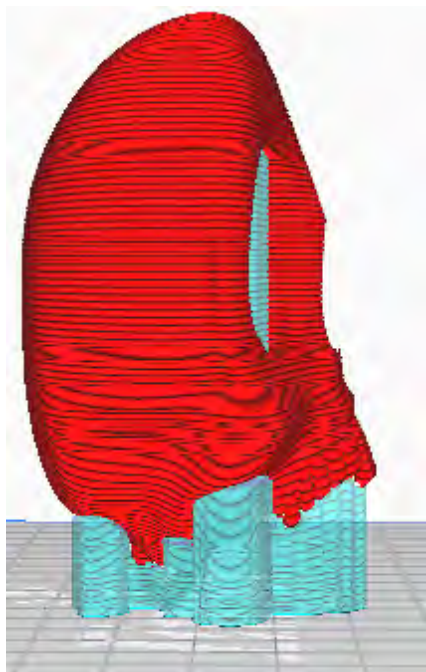
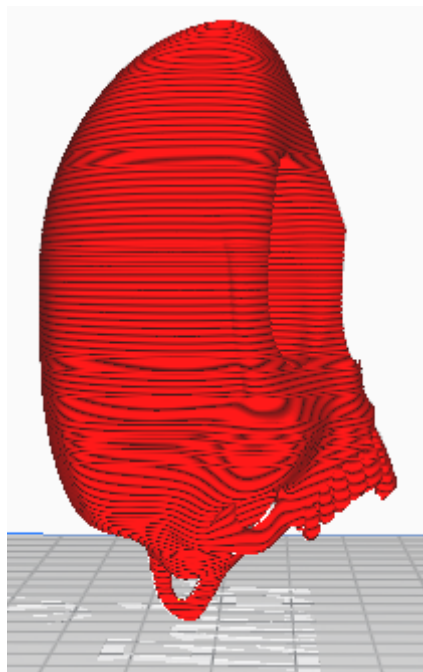


Figura 81 (b)

Vista previa impresión sin soporte impreso.



Fuente: Ultimaker Cura 5.6.0 (2024).

Como es de imaginarse la pieza de la Figura 81(b) no sería posible imprimir en el aire, por lo que la generación de un soporte sería necesaria como se muestra en la Figura 81(a). Dentro de esta configuración se puede cambiar también el tipo de soporte, siendo los más comunes normal (Figura 82(a)) y árbol (Figura 82(b)).

Figura 82 (a)

Vista previa con soporte normal.

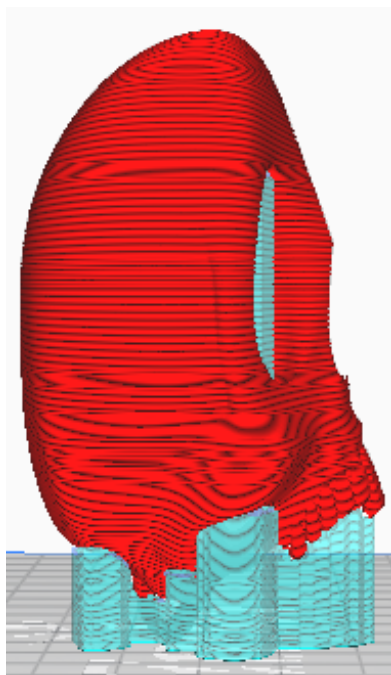
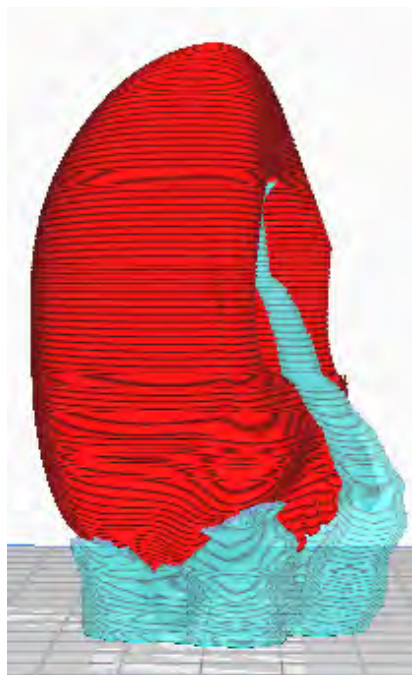


Figura 82 (b)

Vista previa con soporte de árbol.



Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

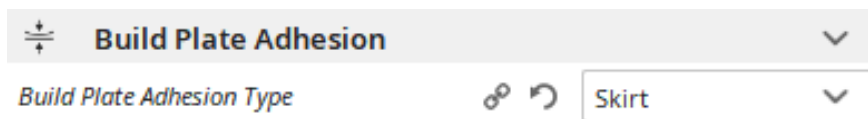
Además, se puede modificar la ubicación de los soportes, es decir, si están pegadas a la plancha o por todos lados, el ángulo en que se coloca y la densidad del soporte.

- Construir plato de adhesión (*Build Plate Adhesión*): En ocasiones tanto la amplitud del modelo o inclusive la calidad de materiales puede hacer que se despeguen, entonces se tiene que aplicar una técnica de adhesión para evitar que se despeguen. Este consiste en simplemente a una capa que está alrededor del modelo. Dentro del menú de la Fi-

gura 83 podemos elegir entre 3 tipos de adhesión o no usar ninguna. Los tipos de adhesión son *Skirt* (Figura 84(a)), *Brim* (Figura 84(b)) y *Raft* (Figura 84(c)).

Figura 83

Build Plate adhesión.



Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

Ejemplos de plato de adhesión:

Figura 84 (a)
Adhesión Skirt.

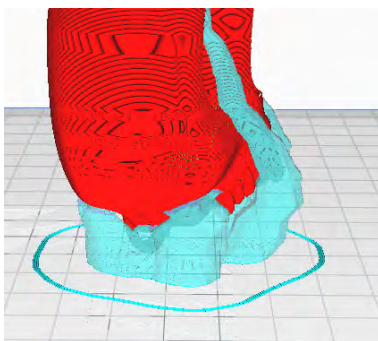


Figura 84 (b)
Adhesión Brim.

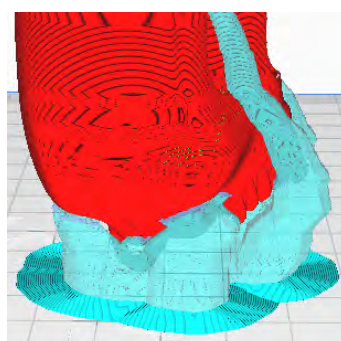
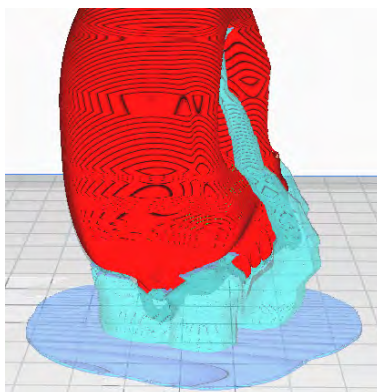


Figura 84 (c)
Adhesión Raft.

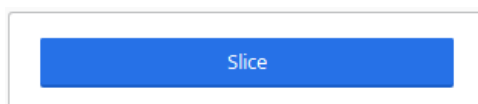


Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

5.1.7 Llevar el Gcode a la impresora

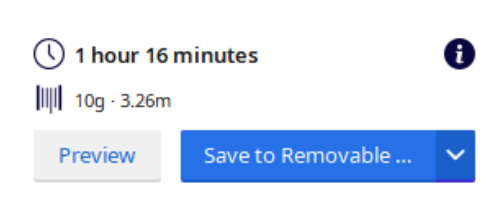
Una vez se han ajustado las características de impresión a lo deseado, solamente se tiene que presionar el botón de *Slice* como en Figura 85. Una vez generado el Gcode se nos permite guardar los datos donde nosotros deseemos este puede ser un disco externo o directamente en una ubicación de nuestro equipo. En caso de tener un disco externo conectado se nos despliega el menú de la Figura 86 que permite guardarlo directamente en el disco externo.

Figura 85
Botón slice.



Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

Figura 86
Estimaciones de impresión del modelo.



Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

5.2 Preparación de la impresora

Cuando el usuario de una impresora 3D desea imprimir un modelo, debe revisar y asegurarse de que no tiene zonas abiertas entre caras o superficies como en la Figura 87; si estos llegan a existir, provocarán errores en forma de huecos o desprendimientos de filamento por la pieza. Para evitar esto, basta con revisar la pieza en la previsualización del programa que se utilice para imprimir o generar el GCode (*Ultimaker Cura*), buscando huecos o malas uniones.

Figura 87

Modelo 3D mal realizado.

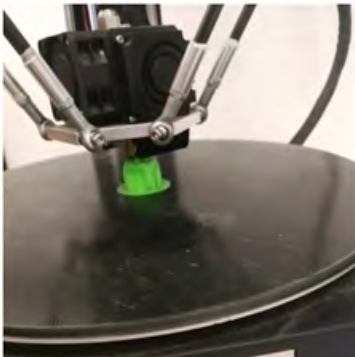


Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

Algo muy importante son los parámetros de impresión, los cuales se deben ajustar a cada material, a cada pieza, al diámetro del filamento e incluso al modelo de impresora 3D que utilice el usuario. Para no cometer este tipo de errores se deben seguir siempre los consejos del fabricante. Así como realizar pruebas de impresión a diferentes temperaturas. Un ensayo como en las Figura 88(a) y Figura 88(b) resulta ser sencillo y nos permite conocer más a fondo el material sin desperdiciar grandes cantidades en él.

Figura 88 (a)

Prueba pequeña de impresión realizándose.

**Figura 88 (b)**

Prueba pequeña de impresión terminada.



Fuente: Elaboración propia (2024).

Para asegurarte de que tu impresión 3D será realizada correctamente la base debe estar correctamente nivelada y calibrada. La calibración se suele realizar con ayuda de una hoja de papel gruesa, esta se realiza colocando la hoja sobre la plancha eligiendo una esquina para iniciar la calibración, se lleva el extrusor a la esquina seleccionada y se prosigue a llevar el extrusor de manera que su altura sea cero (usualmente se puede nombrar como $Z=0$) de manera que la hoja se interponga entre el extrusor y la plancha. El siguiente paso es en su mayoría referente a la sensibilidad y experiencia de la persona que está imprimiendo. Para el siguiente paso tienes que conocer a fondo que es un maneral, los puedes encontrar justo debajo de cada una de las esquinas de la cama como en la Figura 89.

Figura 89

Foto lateral de la cama de impresión.



Fuente: Elaboración propia (2024).

Ahora que ya conoces los manerales y los ubicaste, debes colocar la hoja como en las Figura 90(a) y Figura 90(b) tienes que tratar de mover la hoja hacia los lados, si la hoja queda demasiado libre será necesario que tomes el maneral de la esquina que estás calibrando y lo gires en dirección de las manecillas del reloj, lo anterior se hace tomando en cuenta

que estas viendo desde arriba. Si por el contrario te resulta imposible mover la hoja, será necesario girar el maneral en dirección contraria a las manecillas del reloj. Cabe destacar que este es un proceso que se necesita repetir bastantes ocasiones hasta encontrar el balance entre una hoja que tiene la libertad para moverse pero continúa siendo sujeta por la presión de la punta del extrusor.

Figura 90 (a)

Foto lateral de la calibración.



Figura 90 (b)

Foto de la calibración visto desde arriba.



Fuente: Elaboración propia (2024).

Este proceso se tiene que realizar para cada una de las esquinas de la cama de impresión.

5.2.2 La purga del extrusor

La purga evita que el extrusor se tape y se obstruya, esto nos puede arruinar la pieza o nos puede hacer que la pieza sea impresa de manera inútil. Esta se puede realizar de manera manual, para ello se calienta el extrusor a una temperatura de alrededor de 230° C y se puede empujar

filamento hasta que este salga como en la Figura 91 o se puede mandar filamento por el extrusor hasta que este comience a salir.

Figura 91

Purga del extrusor.



Fuente: UltiMaker Cura 5.6.0 (2024).

5.3 Imprimir

Ya conoces acerca de generar el archivo, ya conoces acerca de preparar la impresora e incluso conoces acerca de materiales. Ahora te toca ponerte a prueba. Selecciona tu archivo en la impresora e inicia.

Como recordarás la impresora tiene un sistema de impresión por capas por lo que es necesario que revises al menos las primeras capas de tu impresión. Estas deben verse sin residuos ni tramos de filamento sueltos. Como puedes ver en la Figura 92, la capa está totalmente adherida y bien definida, lo anterior es esencial ya que debes tomar en cuenta que esta será la base de tu impresión. Si esto se imprime mal, el resto será deficiente.

Figura 92

Impresión de la primer capa de un modelo.



Fuente: Elaboración propia (2024).

5.3.1 ¿Qué ha salido mal con mi pieza?

En principio, una pieza bien impresa no solo debe verse bien, sino que también debe sentirse bien al tacto. El tacto es una parte sumamente importante porque aunque no se le da tanta importancia como lo visual, esta nos puede indicar separación entre capas o un exceso de rugosidades que no debería tener la pieza. Otra forma de saber si la pieza es correcta es medirla para ver si las medidas coinciden con el diseño.

A continuación algunos de los conflictos más comunes que se nos pueden presentar:

Poca adherencia

Los bordes de la pieza o incluso la pieza entera se ha levantado como en la parte izquierda (*Too High*) de la Figura 93, si esto te ocurre la primera sugerencia siempre será que tienes que volver a calibrar la impresora. Esto también puede implicar que se le tiene que realizar

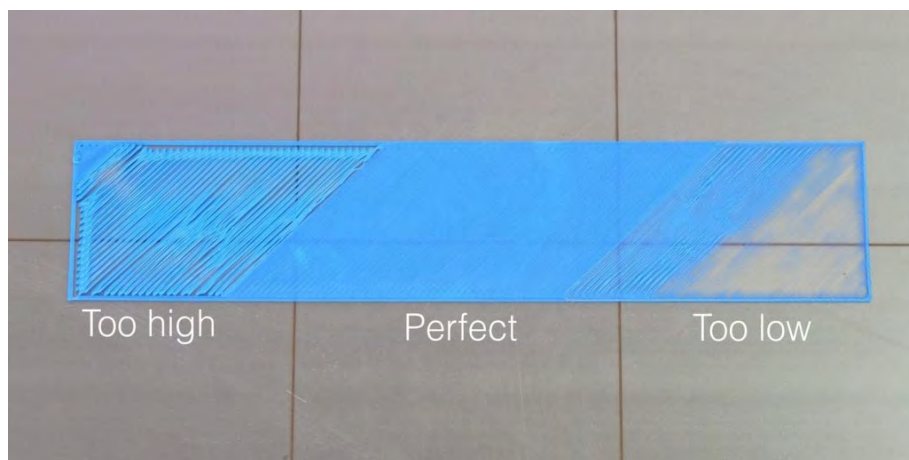
tratamiento al filamento usado. Para solucionar el segundo de estos problemas se sugiere colocar cinta de pintor en una sola capa sobre la cama. Después de colocar la cinta se calibra sobre ella.

Demasiada adherencia

En un principio es muy difícil también evitar este problema, la calibración dejó muy poca altura y no se le permite salir correctamente al filamento extruido como se ilustra en la parte derecha (*Too Low*) de la Figura 93. Este puede expandirse hacia los laterales, dejar pequeños sedimentos o dejar una pieza demasiado adherida a la plancha. La solución es sencillamente realizar otra vez la calibración dejando más espacio en ella.

Figura 93

Ejemplo de problemas de adherencia.



Fuente: Soloman (s.f.).

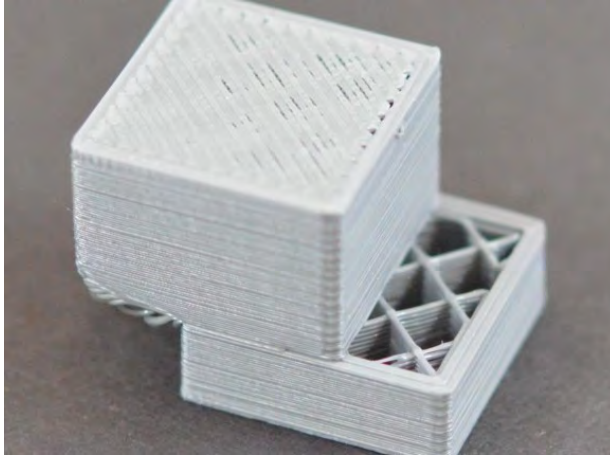
Desfase de capas

Esto puede ocurrir debido a que el movimiento en los ejes X Y está restringida ya sea porque no hay suficiente tensión en la cadena de movimiento de dicho eje o porque esta no está bien lubricada. Véase en la Figura 94.

La solución está dada en intentar lubricar los ejes, si este problema persiste hay que intentar tensar la cadena.

Figura 94

Ejemplo de desfase de capas.



Fuente: Soloman (s.f.).

Falta en capas de impresión

Esto ocurre cuando las capas o partes parciales no se imprimieron, la razón principal de que suceda es debido a que está obstruido el extrusor, esto se puede solucionar de bastantes maneras.

Soluciones

- Para sacar el filamento puedes intentar empujar el filamento con bastante fuerza hasta que este salga por el extrusor.
- Puedes intentar meter un trozo delgado de metal en la punta del extrusor para ver si el filamento acumulado sale de ella.
- Otro motivo puede ser que como en el error anterior se desfasa entre capas la cadena y eso provoca el hueco, Aunque es menos probable hay que aplicar las soluciones si lo anterior no funciona.

Falta de filamento

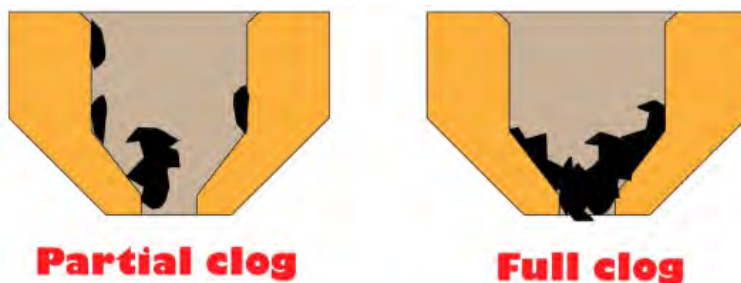
En ocasiones la pieza no completa la impresión, esto en la mayoría de los casos es por una falta de filamento al momento de imprimir. Las causas probables pueden ser las siguientes:

Atasco de filamento

El atasco en el filamento suele ocurrir por utilizar filamento de una medida diferente al sugerido por el fabricante de la impresora, es aconsejable revisarlo bien además de revisar frecuentemente que la boquilla no esté obstruida, como se muestra en la Figura 95.

Figura 95

Representación de los atascos.



Fuente: Issal (2024).

Nudo en el carrete

Es común que inclusive desde el fabricante se presente un nudo o no esté bien envuelto el filamento del carrete, es importante que tomes la cantidad de filamento que se te indica (en metros) y colocarlo en un carrete en desuso. Esté bien envuelto y sin nudos.

Glosarios de palabras

Acrónimos: Una palabra formada por la combinación de los elementos de dos o más palabras formadas por el comienzo de la primera palabra y el final de la última palabra.

Aglutinante: Sustancia con la que se diluye un pigmento para hacer un barniz o pintura.

Arenisca: Roca para cimientos formada a partir de arena de cuarzo, cuyos granos están ligados entre sí por sílice, arcilla, cal o cemento de hierro, dándoles mayor o menor dureza.

Asequible: Que se puede conseguirse o alcanzarse.

Bidimensional: De dos dimensiones.

Carrete: Un cilindro hecho de madera, metal, plástico, etc., generalmente perforado axialmente, con una lengüeta en la parte inferior, que se utiliza para enrollar y sujetar alambres, cuerdas, cables, cintas.

Extrudir: Moldeado de metal, plástico, etc. formar un bloque apretándolo a través de un orificio especialmente dispuesto.

Firmware: es un programa informático que implementa una lógica de bajo nivel que controla los circuitos electrónicos de cualquier tipo de dispositivo.

Fotones: Cada partícula que constituye, según la física cuántica, luz y radiación electromagnética en general.

Resinas fotopoliméricas: Permiten la impresión 3D de piezas de alta precisión con calidad industrial.

Hidrofílico: Capta fácilmente el agua.

Histograma: La distribución de frecuencias se representa mediante un gráfico de barras, cuya altura representa la frecuencia correspondiente.

Hobby: Una actividad, como un pasatiempo, que generalmente se realiza en el tiempo libre.

Homologar: La igualdad, pone dos cosas en una relación de igualdad.

Interfaz: Una conexión o límite común entre dos entidades o sistemas independientes.

Maneral: Herramienta horizontal en forma de L, cuyo extremo se inserta en un casquillo para apretar o aflojar tornillos.

Maqueta: Modelo constructivo reducido.

Patente: Documento por el cual una persona reconoce formalmente una invención y los derechos derivados de ella.

Polímero: Compuesto natural o sintético formado por polimerización y que consiste principalmente en unidades estructurales repetitivas.

Precursor: Una premisa de otra persona o cosa, generalmente presagiando o habilitando.

Prótesis: Partes o dispositivos utilizados para reemplazar órganos o partes del cuerpo.

Pátina: Laca dura, de color oliva, brillante, se forma sobre broncees viejos bajo la influencia de la humedad.

Resina: Consistencia sólida o pastosa, insoluble en agua, soluble en alcohol y aceites esenciales, fácilmente inflamable en contacto con el aire, obtenidos naturalmente como productos móviles de diversas plantas.

Slicer: El software le permite laminar el modelo 3D y decirle a la impresora qué capas crear y colocar.

Termoplástico: Moldeable por el calor.

Termostato: Un dispositivo utilizado para mantener automáticamente una cierta temperatura.

Vóxeles: Es la unidad cúbica de un objeto tridimensional.

Bibliografía

- (s.a) (2021, December 9). Cómo tiene que ser la primera capa en una impresión 3D. *IMPRESORAS 3D*. <https://imprint3d.net/impresoras-3d/como-tiene-que-ser-la-primera-capa-en-una-impresion-3d/>
- Adafruit Industries. (2015, 12 marzo). *Ember 3D Printer from Autodesk* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=3p9xnjGKCT0>
- ASTM International. (2020, 14 August). *Specification for additive manufacturing file format (AMF) Version 1.2*. <https://www.astm.org/f2915-20.html>
- Aura Prods. (2020, 24 agosto). ¡LA GUÍA DEFINITIVA DE BLENDER! (Tutorial completo en Español) | Desde cero! 2.91 3.0 [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=h4hZzPCOMKs>
- Blender Foundation. (s.f.). Download. blender.org. <https://www.blender.org/download/>
- Blender.org. (s.f.). *Blender 4.1 Reference Manual*. <https://docs.blender.org/manual/en/latest/>
- Boxomo 3D Printer Enclosures | *Metal-framed and Customizable*. (s. f.). Boxomo Enclosures. <https://boxomoenclosures.com/>
- C, L. and C, L. (2024, 11 marzo). *Programas para impresoras 3D FDM: slicers o laminadores*. 3Dnatives. <https://www.3dnatives.com/es/programas-para-impresoras-3d-slicers-laminadores-200520192/#!>
- Carolo, L. (2023, 05 septiembre). *Best 3D Printer Nozzle (for Your Needs) – Buyer’s Guide*. All3DP. <https://all3dp.com/2/3d-printer-nozzle-size-material-what-to-know-which-to-buy/>
- Enciso, K. (2023, December 28). *The common 3D printing issues and how to fix them*. SelfCAD. <https://www.selfcad.com/blog/the-common-3d-printing-issues-and-how-to-fix-them>
- GCFAprendeLibre. (2018, 20 noviembre). *Qué es impresión en 3D y cómo funciona | Nuevas tecnologías* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=_TFc3DM6wDE
- Grames, E. (2018, 1 diciembre). *Nozzle Clogging vs Hot End Oozing – What’s the Difference?* All3DP. <https://all3dp.com/2/nozzle-clogging-vs-hot-end-oozing-what-s-the-difference/>
- Guide to Stereolithography (SLA) 3D Printing*. (s.f.). Formlabs. <https://>

- formlabs.com/blog/ultimate-guide-to-stereolithography-sla-3d-printing/
- Hullette, T. (2021, 20 marzo). *Direct Drive vs Bowden Extruder: The Differences*. All3DP. <https://all3dp.com/2/direct-vs-bowden-extruder-technology-shootout/>
- Issal, A. (2024, January 19). *3D printer cold pull: How to do it*. All3DP. <https://all3dp.com/2/3d-printer-clogged-nozzle-how-to-perform-a-cold-atomic-pull/>
- Jani, M. (2022, 9 septiembre). *Cura Settings Decoded – An Ultimaker cura tutorial*. All3DP. <https://all3dp.com/1/cura-tutorial-software-slicer-cura-3d/>
- Khabia, S., & Jain, K. (2020). *Comparison of mechanical properties of components 3D printed from different brand ABS filament on different FDM printers*. *Materials Today: Proceedings*, 26, 2907-2914. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.600>
- Lee, S. (2017). *Reaction Engineering*. Editorial: Elsevier Science
- Martinez, Miguel. (2019, septiembre 30). *Montaje de una impresora 3D y redacción de un manual práctico*. Universidad Politécnica de Catalunya. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/185914/memoria%20definitiva_fitxer%20de%20consulta.pdf
- Mendoza, A. (2018, octubre). *Ensamble de módulo de impresión 3d y desarrollo de manual de operación y mantenimiento para módulo de impresión 3d*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10965/1/Javier%20Alejandro%20Mendoza%20Chon.pdf>
- Mensley, M. (2021, 09 diciembre). *Las mejores impresoras 3D de 2021 – Guía de compra*. All3DP. <https://all3dp.com/es/1/mejor-impresora-3d-calidad-precio-comprar/>
- Pandžić, A; Hodzic, D and Milovanović, A. (2019 October). *Effect of Infill Type and Density on Tensile Properties of PLA Material for FDM Process*. 30TH DAAAM INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTELLIGENT MANUFACTURING AND AUTOMATION. https://www.daaam.info/Downloads/Pdfs/proceedings/proceedings_2019/074.pdf

Real Academia Española. (s. f.). <https://www.rae.es/>

Risler Z, Magee MA, Mazza JM, Goodsell K, Au AK, Lewiss RE, Pugliese RS, Ku B. (2018). A Three-dimensional Printed Low-cost Anterior Shoulder Dislocation Model for Ultrasound-guided Injection Training. *Cureus.* (2018 Nov 2); 10(11): e3536. doi: 10.7759/cureus.3536. PMID: 30648069; PMCID: PMC6318112.

Stevenson, K. (2020, 23 julio). *Autodesk's Ember 3D Printer Now On Sale.* Fabbaloo. <https://www.fabbaloo.com/2015/02/autodesks-ember-3d-printer-now-on-sale>

Tokiwa, Y., & Calabia, B. P. (2006). Biodegradability and biodegradation of poly (lactide). *Applied Microbiology And Biotechnology*, 72(2), 244-251. <https://doi.org/10.1007/s00253-006-0488-1>

Tutoriales Kames. (2021, 26 abril). *Tutorial básico de modelado en BLENDER Aprende modelado fácil en Blender Español: Parte 1.* YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=ZuVGsJ1BAvo>

UltiMaker. (2023, 27 diciembre). *UltiMaker Cura - UltiMaker.* <https://ultimaker.com/es/software/ultimaker-cura/>

Universidad de Huelva. (2020, 28 mayo). *Manual para utilizar servicio Impresión 3D- CURA.* Oficina de Software Libre y Conocimiento Abierto. <http://www.uhu.es/osl/index.php/2020/05/28/manual-para-utilizar-servicio-impresion-3d-cura/>

Impresión 3D con software libre.

Se terminó de editar en noviembre de 2024
en los talleres de Astra Ediciones

Av. Acueducto No. 829

Colonia Santa Margarita, C. P. 45140

Zapopan, Jalisco, México.

33 38 34 82 36

E-mail: edicion@astraeditorial.com.mx

www.astraeditorialshop.com

Impresión 3D con Software Libre es una guía práctica y completa para quienes desean adentrarse en el mundo de la fabricación aditiva. A lo largo de sus páginas, aprenderás desde los conceptos básicos de la impresión 3D, el modelado en software libre como Blender, hasta los diferentes tipos de impresoras y materiales que puedes utilizar en tus proyectos.

Escrito por un equipo de expertos en tecnología y educación, este libro no solo te enseñará las técnicas fundamentales, sino que también te ayudará a entender el impacto de la impresión 3D en diversas industrias, desde la ingeniería hasta la medicina.

Este manual es ideal tanto para estudiantes, profesionales y entusiastas, que buscan aprovechar el poder del *software libre* en la creación de prototipos, productos personalizados y soluciones innovadoras.

ISBN: 978-84-10215-86-3

