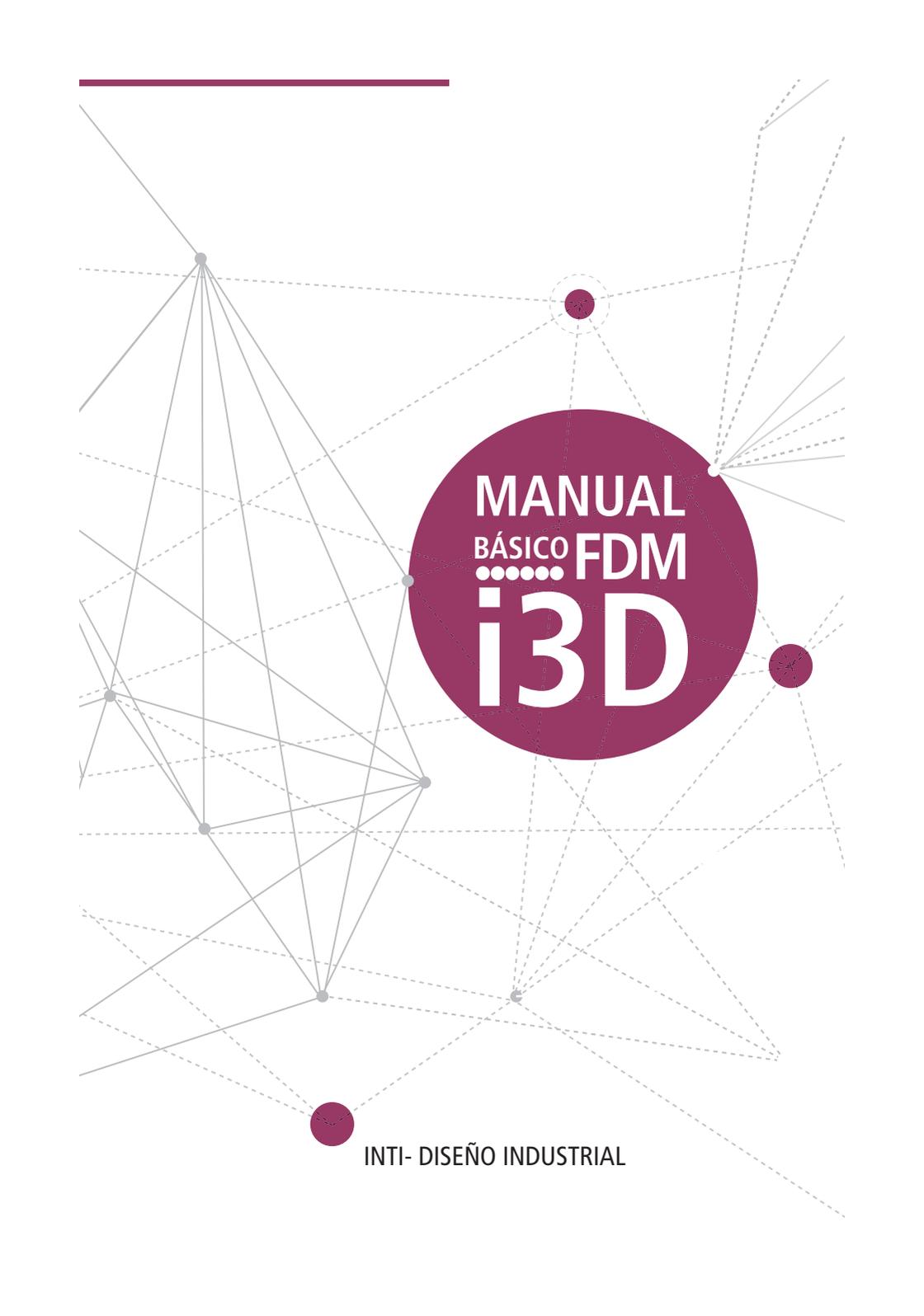


**INTI**  **Diseño Industrial**

Centro de Investigación y Desarrollo  
en Diseño Industrial

**MANUAL**  
**BÁSICO FDM**  
**i3D**





**MANUAL**  
**BÁSICO FDM**  
**i3D**



INTI- DISEÑO INDUSTRIAL

**EQUIPO DE TRABAJO**  
**INTI-DISEÑO INDUSTRIAL**  
Nemcansky, Kevin  
Vergelín, Pablo  
Sandre, Cristian  
Ceballos, Jorge  
Gogliano, Manuel  
Ariza, Raquel  
Ramírez, Rodrigo  
Ayoroa, Nuria  
Martínez, Lis

**CORRECCIÓN DE ESTILO**  
Apecena, Luciana

**DISEÑO Y MAQUETACIÓN**  
Martínez, Fernando  
Paratore Garbarino, Natalia

**FOTOGRAFÍA**  
Martínez, Fernando

**INTI - DISEÑO INDUSTRIAL**  
Av. Gral. Paz 5445, San Martín.  
Provincia de Bs. As. B1650KNA  
4724-6200. Int. 6784.  
diseno@inti.gov.ar  
prototipado@inti.gov.ar

Buenos Aires/Argentina

[www.inti.gov.ar/disenoindustrial](http://www.inti.gov.ar/disenoindustrial)

Manual básico FDM i3D / Kevin Nemcansky ... [et al.] ; contribuciones de Rodrigo Ramirez ... [et al.]; fotografías de Fernando Martínez. - 1a ed. - San Martín : Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI, 2017.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online  
ISBN 978-950-532-333-3

1. Manual. 2. imágenes 3D. I. Nemcansky, Kevin II. Ramirez, Rodrigo, colab. III. Martínez, Fernando, fot. CDD 005.1

Los contenidos de esta publicación fueron realizados por el Centro de Diseño Industrial de INTI.

Se agradece citar fuentes.

2017

---

# LA MANUFACTURA DIGITAL

Entendemos por *manufactura digital* a un conjunto de tecnologías que permiten transformar materiales usando como información inicial archivos digitales. Estos archivos son representaciones virtuales de objetos elaborados con programas de diseño asistido por computadoras «CAD» o ingeniería asistida por computadora «CAE».

Estas tecnologías pueden diferenciarse en tres grandes grupos<sup>1</sup>:

- **TECNOLOGÍAS POR SUSTRACCIÓN:** Retiran material partiendo desde un bloque macizo, «esculpiendo» la pieza deseada mediante distintas estrategias de arranque de viruta con el uso de programas de manufactura asistida por computadora «CAM» y herramientas manejadas por control numérico computarizado «CNC». Los ejemplos más comunes de este tipo de procesos son el torneado y el fresado.
- **TECNOLOGÍAS POR CONFORMADO:** El material se moldea mediante su deforma-

ción o desplazamiento en función de la forma buscada de acuerdo a dispositivos específicos o matrices. Algunos ejemplos de este proceso son la forja o el estampado en metales y la inyección de plásticos.

- **TECNOLOGÍAS POR ADICIÓN:** Construyen la pieza agregando selectivamente material, generalmente capa por capa, dando origen a la forma final. Este proceso se conoce comúnmente como impresión 3D.

En este documento nos enfocaremos en este último grupo, las tecnologías por adición conocidas también como manufactura aditiva; fabricación aditiva o impresión 3D. Particularmente haremos referencia en el sistema de modelado por deposición fundida (conocido como FDM por sus siglas en inglés que refieren a *Fused Deposition Modelling*).

En los últimos años, los sistemas aditivos han mostrado un crecimiento exponencial y sus aplicaciones han excedido ampliamente el ámbito de modelos y prototipos para el cual fueron desarrollados en sus orígenes; el abanico de usos posibles y la disminución de sus costos, han permitido el empleo y difusión de esta tecnología incluso en ámbitos no profesionales.

<sup>1</sup>Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica. [2011]. Introducción. PUNTO 1.3 «Fabricación de sólidos por adición de capas de material» PÁG. 17, en #30 «Fabricación aditiva». Documentos Cotec sobre oportunidades tecnológicas. Madrid. Ed. Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica.

---

# LA MANUFACTURA ADITIVA

Las tecnologías de manufactura digital aditiva, asociadas a los diferentes programas para modelar y procesar los archivos que van a ser impresos y a los diferentes materiales disponibles, amplían la posibilidad de materializar ideas, conceptos y proyectos que de otro modo requerirían saberes y experiencias muy específicos y exclusivos. Es importante señalar que la impresión 3D no reemplaza, sino que complementa a otras tecnologías y técnicas existentes. Lo importante es conocer unas y otras, para recurrir a la más adecuada en el momento que sea necesario: tenemos que tener en claro que estas tecnologías son herra-

mientas que colaboran en procesos que pueden ser creativos e innovadores, pero no son creativas e innovadoras por sí solas.

Conocidas también como tecnologías de manufactura por capas o impresión 3D, operan deconstruyendo el modelo digital del objeto mediante programas llamados *slicers* (que dividen en «slices»: capas o rebanadas), para luego reconstruirlo capa a capa mediante un equipo de fabricación aditiva (comúnmente conocidos como impresora 3D) y con materiales desarrollados para ser transformados específicamente por estas tecnologías.



Entre los procesos de manufactura aditiva podemos mencionar:

- LA FOTOPOLIMERIZACIÓN EN BATEA (que incluye la estereolitografía «SLA» y el «DLP»), se basa en la fotopolimerización mediante láser de un pre-polímero líquido alojado en una batea, la cual contiene una plataforma que desciende en pasos discretos a medida que se construye la pieza.
- FUSIÓN EN CAMA DE POLVO (que incluye el sinterizado láser selectivo «SLS» y el «DLMS»), proceso en el que la energía térmica funde selectivamente regiones de una cama de polvo solidificando capa a capa la pieza.
- LA EXTRUSIÓN DE MATERIAL O MODELADO POR DEPOSICIÓN FUNDIDA «FDM», implica la distribución de material fundido selectivamente a través de una boquilla u orificio, capa por capa, usando un extrusor móvil con el fin de construir el objeto deseado.
- LA INYECCIÓN DE MATERIAL (que incluye Poliyet y «MJP»), proceso en el que pequeñas gotas de material son depositadas selectivamente; entre otras<sup>2</sup>.

<sup>2</sup>Mayor referencia sobre estos sistemas puede ser consultada en «Panorama de la i3D» [http://www.inti.gob.ar/prodiseno/pdf/i3d\\_publicacion.pdf](http://www.inti.gob.ar/prodiseno/pdf/i3d_publicacion.pdf). Y en las definiciones de «Procesos de Manufactura Aditiva» (ISO/ASTM 52900:2015)

Si tomamos el recaudo de utilizar la más adecuada para el problema que buscamos resolver, las tecnologías de impresión 3D nos permiten:

- OPTIMIZAR EL PROCESO DE DISEÑO possibilitando mayor cantidad de validaciones y como resultado un producto más «maduro», es decir con un mayor grado de desarrollo.
- OBTENER PIEZAS PERSONALIZADAS sin la necesidad de invertir en la construcción de moldes o matrices.
- MATERIALIZAR PIEZAS DE MORFOLOGÍA COMPLEJA Y A BAJA ESCALA, que no se podrían fabricar con las tecnologías tradicionales.
- REALIZAR HERRAMENTAL, DISPOSITIVOS Y MODELOS SACRIFICABLES para acelerar los procesos de manufactura tradicional.

## LOS ORÍGENES DE LA MANUFACTURA ADITIVA

A diferencia de lo que suele creerse, las tecnologías de manufactura aditiva hicieron su aparición a mediados de los años 80 en manos de la empresa 3D Systems. Estamos hablando, entonces, de un conjunto de tecnologías que cuentan con alrededor de treinta años de recorrido. Durante ese lapso, estas tecnologías

han tenido un crecimiento sostenido tanto en su desarrollo y mejoramiento como en sus aplicaciones y posibilidades.

“

Si bien en el imaginario colectivo se identifica al nacimiento de la impresión 3D como un hecho reciente, esto tiene que ver sólo con su popularización masiva. Lo cierto es que estas tecnologías surgieron en la década del '80 y han tenido un crecimiento continuado desde entonces.

”

La primera tecnología disponible comercialmente fue la estereolitografía «SLA» que construye a partir de resinas fotopoliméricas, se la denominó «*prototipado rápido*» ya que sólo se utilizaban para realizar pruebas. Rápidamente fueron apareciendo otras tecnologías como las de aglomeración de polvos «3DP», la deposición de filamento fundido «FDM», el sinterizado láser selectivo «SLS», el sinterizado metálico directo con láser



## ENTONCES, ¿POR QUÉ HABLAMOS HOY DE «IMPRESIÓN 3D»?

«DMLS», los sistemas a chorro de resinas fotopoliméricas «Polyjet, MJP», los sistemas de polimerizado por luz «DLP», se ubican entre las más difundidas<sup>3</sup>.

Cada una de estas tecnologías fue madurando, demostrando ventajas y mayores beneficios en diversos campos de aplicación. Los materiales disponibles, los distintos aspectos en la funcionalidad, la mayor calidad superficial, la productividad, los costos y la experiencia del usuario también han tenido un desarrollo traccionado por las aplicaciones y los requerimientos de los sectores demandantes.

En los últimos años, hubo un incremento exponencial en la difusión y uso de estas tecnologías. Trascendieron el ámbito académico y profesional y hoy se encuentran al alcance de una mayor parte de la sociedad, ingresado además al mercado de consumo. Sus aplicaciones ofrecen posibilidades no sólo en investigación y desarrollo sino en variados rubros de la industria, como en la medicina, la arqueología, las artes, la educación, la comunicación, la industria aeroespacial, y el uso lúdico y doméstico.

<sup>3</sup>«Panorama de la i3D»  
[http://www.inti.gob.ar/prodiseno/pdf/i3d\\_publicacion.pdf](http://www.inti.gob.ar/prodiseno/pdf/i3d_publicacion.pdf).

### LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO

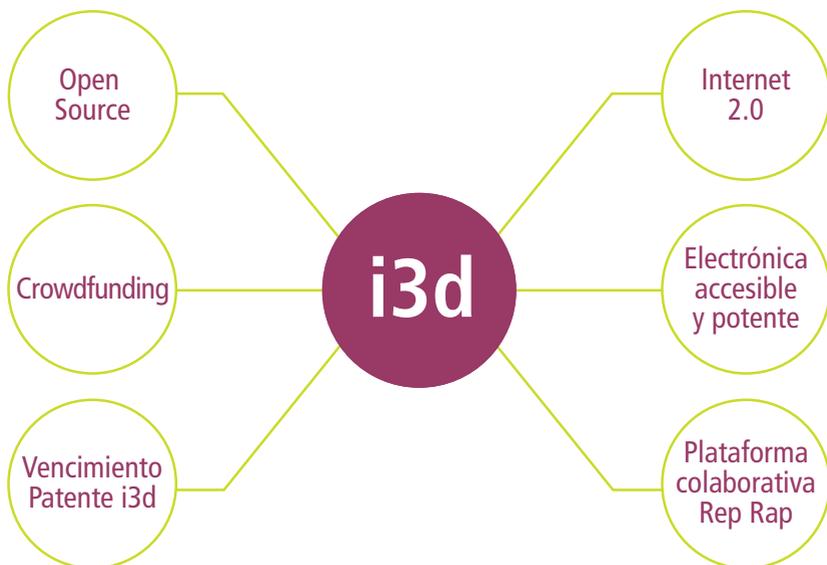
Vivimos inmersos en la denominada sociedad de la información y el conocimiento, enmarcada por el crecimiento de Internet y la web 2.0. Recibimos estímulos permanentes, producto del acceso a celulares inteligentes, tablets y notebooks; dispositivos móviles electrónicos que permiten, a través de internet, el acercamiento a otras realidades. La participación de los usuarios en las redes sociales genera nuevos modos de construir el conocimiento.



De manera sintética, podemos decir que internet 2.0, la filosofía de código abierto y el vencimiento de patentes contribuyeron al actual auge de la impresión 3D.



Estos objetos y entornos cotidianos modifican nuestro modo de comunicarnos, y el acceso y disponibilidad a la información y el conocimiento. En este contexto surgen una serie de hitos que influyeron en el crecimiento de la impresión 3D: el comercio electrónico, las plataformas de *crowdfunding* (financia-

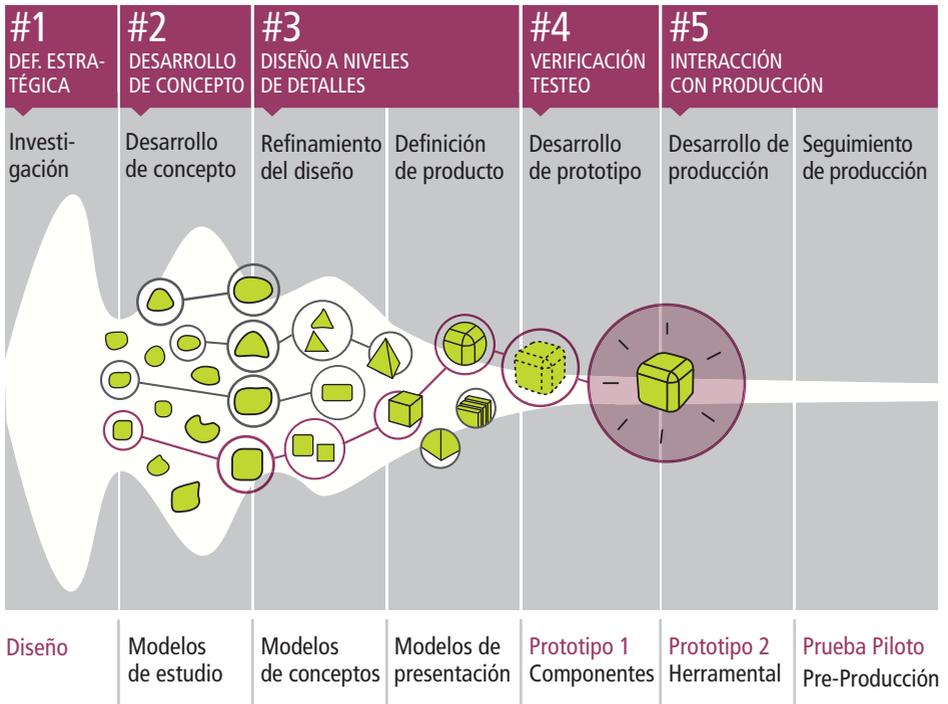


ción colectiva de proyectos), una nueva generación de la robótica, el auge de la programación de la mano del éxito de las «aplicaciones», el vencimiento de patentes de sistemas de impresión 3D que permitió la eclosión de estas tecnologías y fundamentalmente, la difusión de la filosofía de código abierto.

Esta filosofía (*open software* y *open hardware*) propone la construcción colectiva del saber compartiendo libremente la información y acceso a los desarrollos tecnológicos permitiendo a la comunidad aportar mejoras o variantes.

### LA FABRICACIÓN ADITIVA EN EL PROCESO DE DISEÑO

Como ya dijimos, las tecnologías de impresión 3D son también conocidas como tecnologías de «*prototipado rápido*». Cuando hablamos de prototipo nos referimos a la representación funcional de una parte o el total de un producto, que permite simular en condiciones reales comportamientos que de otra manera serían muy difíciles de reproducir, con el objetivo de realizar verificaciones y validar hipótesis de diseño.



Dentro del proceso de diseño -esto es desde la idea inicial hasta su desarrollo final- la realización de modelos y prototipos sirve para entender y mejorar la creación del producto.

La impresión 3D nos permite optimizar este proceso realizando una mayor cantidad de verificaciones para conse-

guir un producto más maduro. Esto es viable gracias a la posibilidad de transformar un modelo digital en una pieza física sin que sea necesario acudir a procesos manuales o realizar moldes. En consecuencia se reducen los tiempos y costos respecto a la realización de las mismas verificaciones a través de metodologías tradicionales.

En los próximos años se espera que su utilización como herramienta para el desarrollo de nuevos productos continúe creciendo, especialmente en aquellos proyectos de mayor complejidad y cuando se trabaja con flujos digitales de información. La creciente accesibilidad a estas tecnologías y la disminución de los costos de equipos y materiales permite además que su uso sea viable y beneficioso en instancias más tempranas del proceso de diseño<sup>4</sup>.

### FACTORES DIFERENCIALES

Algunos factores diferenciales de estas tecnologías que pueden impactar en los procesos industriales son su flexibilidad para la producción pudiendo imprimir cualquier archivo digital; su conveniencia para la descentralización pudiendo enviarse archivos digitales e imprimirlos localmente sin necesidad de traslados; la producción a baja escala por no requerir moldes; el desarrollo de productos personalizados; y la posibilidad de poder realizar piezas con características imposibles de alcanzar a través de métodos tradicionales: geome-

trías extremadamente complejas y sin ángulos de desmolde, estructuras y canales internos, diversas densidades de material en una misma pieza y partes pre-enlazadas que disminuyen las instancias de ensamblaje.

Estas y otras consideraciones serán determinantes en la modificación de los paradigmas actuales de manufactura industrial y en la proliferación de modelos de negocio comerciales más adecuados a las nuevas tendencias sociales.

---

<sup>4</sup>Mayores referencias en «Panorama de la i3D», [http://www.inti.gob.ar/prodiseno/pdf/i3d\\_publicacion.pdf](http://www.inti.gob.ar/prodiseno/pdf/i3d_publicacion.pdf).

---

# FLUJO DE TRABAJO DIGITAL

Como se mencionó anteriormente, la fabricación aditiva consiste en materializar modelos digitales, es decir archivos de computadora que representan modelos tridimensionales. Ahora bien, esta transición no es tan sencilla como suena. Existen diversos pasos a seguir para obtener exitosamente un modelo impreso en 3D.

Luego de tener una idea de lo que deseo materializar, lo primero que necesito es transformar esa idea en un modelo digital tridimensional. Existen diferentes formas de obtener estos modelos digitales o «archivos 3D»: generarlos usando un programa de diseño asistido por computadora «CAD»; descargarlos de repositorios digitales disponibles en la web; o digitalizar objetos reales usando un escáner 3D en caso que mi idea sea replicar (y quizás modificar) un producto existente. En el caso de biomodelos, (modelos para representar estructuras anatómicas) se pueden generar archivos 3D a partir de fotografías (fotogrametría) o imágenes DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) obtenidas mediante sistemas de diagnóstico por imágenes como la tomografía computada, la ecografía, o PET (tomografía por emisión de positrones), entre otras.

Una vez obtenido el modelo digital, se deberá traducir a un formato particular llamado STL

y luego verificar que el archivo se encuentre en condiciones correctas para su fabricación.

Este formato traduce los modelos matemáticos provenientes de cualquier sistema CAD en una malla de polígonos que encierran un volumen. El archivo STL es el que se procesa en el software que divide este archivo en capas (*slicer*) y, en base a ciertos parámetros particulares, genera las instrucciones necesarias para que el equipo de impresión 3D pueda construir la pieza final, capa sobre capa. Las «instrucciones» que genera este software se conocen como *G-code*. Luego de la impresión, en la mayoría de los casos será necesario un post-proceso, como la remoción de estructuras de soporte, lijado y/o pintado de la pieza.

## EL STL Y LA DENSIDAD DE MALLA

STL es el principal formato de archivo que se utiliza para la impresión 3D, tal como en archivos de texto hablamos de «.doc» o para imágenes, el «.jpg». Este tipo de archivo utiliza una malla de triángulos cerrada para definir la forma de un objeto. Cuanto más pequeños son estos triángulos, mayor será la resolución del archivo final. Por otro lado, el tamaño de los triángulos es directamente proporcional al tamaño del archivo, por lo que es aconsejable llegar a una solución de equilibrio entre la resolución y el tamaño del archivo.

# FLUJO DE TRABAJO

1

## IDEA

Necesidad - Motivación.

2

## ARCHIVO 3D

**A.** Obtención por descarga desde la red Internet a través de bibliotecas digitales.

**B.** Generación mediante software de diseño (CAD).

**C.** Digitalización de un objeto físico, mediante escáner 3D. O sistemas de obtención de imágenes 2D que luego se procesan para generar un 3D.

3

## STL

Conversión del archivo original al formato STL.

4

## VERIFICACIÓN

Edición - y de ser necesario reparación - del archivo STL para que sea apto para la impresión.

5

## PARÁMETROS

Definición de parámetros de impresión: cantidad de objetos, posición en la bandeja de impresión, orientación, soportes, material, relleno, calidad superficial. División en capas y generación del G-Code.

6

## IMPRESIÓN

Materialización capa a capa de la pieza.

7

## POSTPROCESOS

Remoción de soportes, lijado, pintado, pulido, etc.

En resumen: el tamaño y la cantidad de triángulos definen la fidelidad del archivo STL respecto al archivo CAD original. Esto puede apreciarse en el siguiente esquema.

“

Los archivos STL describen únicamente la geometría de la superficie de un objeto tridimensional sin ninguna información del color, textura o atributos propios de otros modelos CAD. Este formato utiliza una malla triangulada para aproximar la superficie resultante con la del modelo original.

”



La cantidad y tamaño de los triángulos tendrá un efecto directo sobre la fidelidad superficial del objeto, con respecto a la superficie representada en el modelo digital, particularmente en las superficies con simple o doble curvatura. Sin embargo, a mayor densidad de malla habrá mayor cantidad de triángulos y por lo tanto más información para procesar, tanto por la computadora en la que creemos el STL como por nuestro equipo de impresión 3D. De esta manera aumentarán los tiempos de exportación e incluso los de impresión del objeto.

## VERIFICACIÓN

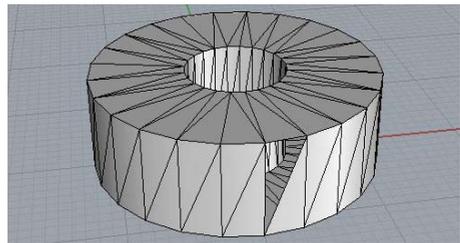
Al exportar nuestro archivo 3D al formato STL pueden generarse errores, por lo tanto, debemos corroborar si el archivo está en condiciones para imprimirse o si debe ser reparado. Para esto contamos con softwares de edición y reparación de STL, como *Netfabb*<sup>5</sup>.

Algunos de los errores más frecuentes son:

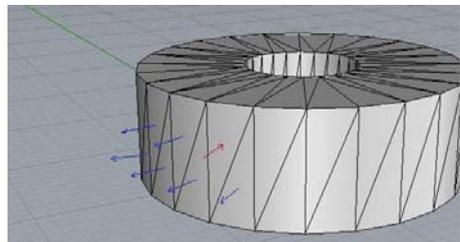
- **OBJETOS ABIERTOS:** cuando las superficies del modelo 3D no se encuentran correctamente unidas y no conforman un sólido. Matemáticamente, estas superficies poseen *espesor cero* y por lo tanto no pueden materializarse: para poder im-

primir 3D necesitamos sólidos, objetos con volumen. Algunas veces este error surge cuando exportamos desde nuestro CAD a STL.

- **NORMALES INVERTIDAS:** Las normales son vectores perpendiculares que indican el derecho o revés de una superficie. En un modelo 3D estos vectores deben apuntar todos hacia afuera. En algunos casos al generar el archivo STL pueden quedar triángulos mirando hacia el interior del objeto a imprimir.



Visualización de polígono faltante.



Visualización de normal invertida.

<sup>5</sup> <http://www.netfabb.com/>

## PARÁMETROS DE IMPRESIÓN PARA TECNOLOGÍAS FDM

Hasta aquí, el flujo de trabajo anteriormente mencionado, puede aplicarse a la mayoría de las tecnologías de impresión 3D.

En adelante nos concentraremos en una de las más populares: FDM, (Fused Deposition Modelling), o fabricación por deposición fundida. Esta tecnología, comercializada y patentada por la empresa Stratasys en 1990, funciona fundiendo filamento de distintos tipos de materiales termo-plásticos y depositándolos a través de una boquilla sobre la superficie de trabajo. Como analogía, el proceso es muy similar a una manga de repostería o una pistola de silicona caliente que va descargando el filamento capa a capa.

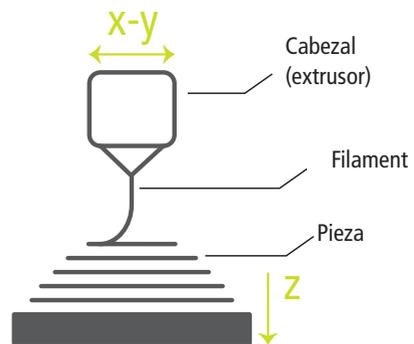
Retomando el flujo de trabajo, una vez que estamos seguros de que el archivo es correcto se procesa con el slicer que como dijimos, es el software que lo prepara para imprimir y que se encarga de crear el archivo *G-Code* mediante el cual nuestro equipo de impresión 3D obtendrá las instrucciones con las cuales construir nuestro objeto.

Para obtener el *G-Code*, debemos tomar antes una serie de decisiones que dependerán de los requerimientos de la pieza

que deseemos crear. Los principales parámetros a tener en cuenta son: el material, el espesor de capa, los soportes, la posición de la pieza y el relleno o «infill».



El modelado por deposición fundida es el más difundido de los sistemas aditivos, gracias al éxito de RepRap, un proyecto de código abierto y desarrollo libre dirigido a crear modelos de impresoras 3D que pueden replicarse a sí mismas (imprimiendo sus partes).



## EL MATERIAL

La oferta de filamentos es variada y el material se debe seleccionar en función del equipo que se va a utilizar y de la pieza que se pretenda imprimir. Los más comunes son el ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) y el PLA (ácido poliláctico). Existe una amplia oferta de colores, cargas y otros materiales que ofrecen distintas propiedades de dureza, transparencia, conductividad, etc. Cada uno de estos posee parámetros de temperatura específicos para su impresión que son otorgados por el proveedor y se deben definir en el slicer. Otro parámetro importante a tener en cuenta es el diámetro del filamento, siendo los más comunes los de 3mm y 1,75mm.

La calidad del insumo será clave para obtener una pieza correcta: un buen filamento debe poseer un diámetro uniforme y una densidad y color constantes en todo su largo; no debe poseer impurezas ni burbujas. Por otro lado, la absorción de humedad perjudica las propiedades del material, por lo que es importante almacenarlos correctamente (preferentemente sellados y con productos absorbentes de humedad).

## EL ESPESOR DE CAPA

Es el principal parámetro que define la

resolución de la pieza. Dado que la impresora deposita material capa a capa, las superficies con curvatura quedarán escalonadas: cuanto menor sea el espesor de cada capa, más pequeños serán los escalones y más pareja será la terminación superficial de la pieza.

## USO DE SOPORTE

Al construir la pieza de abajo hacia arriba, el material de cada capa debe apoyarse sobre la capa anterior. En los casos donde las piezas poseen zonas de voladizo (*overhangs* en inglés) -es decir partes o zonas del objeto que sobresalen respecto a su base- se necesita de una estructura a modo de andamio para que la deposición del material pueda suceder sin deformaciones por acción de la gravedad. A estos «andamiajes» se los denomina *soportes* y se deben eliminar una vez concluida la impresión.

El soporte podrá tener distintas particularidades según la tecnología que se esté usando. En FDM existen equipos que imprimen los soportes con el mismo material de construcción del modelo y otros que poseen un segundo cabezal que imprime con un material distinto, que ofrece ventajas para su fácil remoción, por ejemplo, con material soluble.

**CAPA**  
**0,1mm**

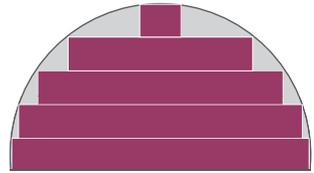
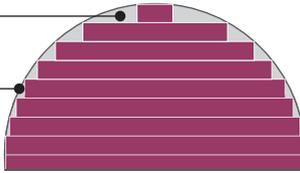


**CAPA**  
**0,3mm**

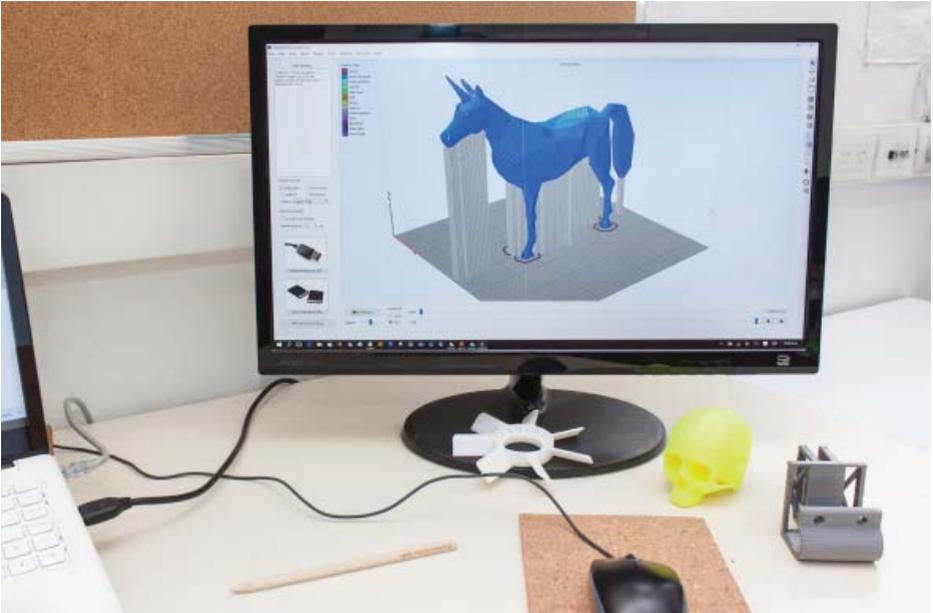


Diferencia con modelo original

Contorno superficial original



Calidad superficial	CAPA 0.1mm	CAPA 0.3mm
Precisión	Baja  Alta	Baja  Alta
Tamaño de archivo	Bajo  Alto	Bajo  Alto
Tiempo de impresión	Bajo  Alto	Bajo  Alto



Como regla general, la consistencia viscosa en la que se encuentra el filamento al momento de depositarse permite construir superficies inclinadas hasta  $45^\circ$  sin necesidad de soportes.

Conociendo estas características particulares del sistema FDM, se pueden diseñar piezas que no necesiten soporte y que de esta manera queden listas para usarse al terminar la impresión, eliminando el trabajo manual de post-proceso que implica remover y descartar el soporte.

### LA POSICIÓN DE LA PIEZA

Dadas las limitaciones propias de la construcción capa a capa, es fundamental elegir con criterio la posición de la pieza. Siempre se busca: maximizar la superficie de apoyo, minimizar la cantidad de soporte, orientar las capas en función de la fuerza que deba resistir la pieza y reducir los tiempos de impresión.



### EL RELLENO O «INFILL»

Gracias a la construcción en capas, los modelos macizos pueden ser vaciados o rellenos parcialmente en el mismo slicer para optimizar el uso de material y el tiempo de impresión, algo casi imposible de lograr por medio de tecnologías tradicionales.

Existen distintas estructuras de relleno que permiten mantener la resistencia mecánica del objeto sin necesidad de

hacerlo completamente sólido. De esta manera podemos definir un espesor de pared para generar el exterior del modelo y una estructura a modo de andamio interno, con una densidad definida en función del requerimiento de resistencia de la pieza.

---



## CONCLUSIÓN

La «impresión 3D» o manufactura digital aditiva es sin duda, una tecnología disruptiva que propone escenarios complejos e impacta en muy diversos campos. La personalización, la mayor versatilidad, la reducción en los tiempos requeridos entre diseño y producción, invitan a repensar los modos tradicionales de manufactura.

mos estudiarla y conocerla para poder explotar lo mejor de ella, aprovechando estos valores diferenciales para mejorar la calidad de vida de las personas.

---

Sin embargo, no debemos olvidar que se trata de una herramienta más: debe-

## ENLACES DE INTERÉS

### HERRAMIENTAS DISPONIBLES PARA LA DIGITALIZACIÓN DE MODELOS 3D

[http://www.inti.gov.ar/prodiseno/pdf/i3d\\_ponenciaML.pdf](http://www.inti.gov.ar/prodiseno/pdf/i3d_ponenciaML.pdf)

### GUÍAS DE DISEÑO PARA FDM

<https://blog.pinshape.com/guide-design-3d-prints-fdm-printer/><https://www.stratasysdirect.com/resources/fused-deposition-modeling/>

[http://solidfill.com/resource-files/52fa4a1c16869/FDM\\_Design\\_Guidelines.pdf](http://solidfill.com/resource-files/52fa4a1c16869/FDM_Design_Guidelines.pdf)

<https://i.materialise.com/materials/abs/design-guide>

### INFORMACIÓN SOBRE MATERIALES

<http://kikailabs.com.ar/filamentos/>

<http://3dprintingindustry.com/2015/10/28/toxic-abs-pla-fumes-3dsafety-org-inquires-vocs/>

[http://www.3dsafety.org/3dsafety/download/mf2015\\_eng.pdf](http://www.3dsafety.org/3dsafety/download/mf2015_eng.pdf)

[http://reprap.org/wiki/Print\\_Troubleshooting\\_Pictorial\\_Guide](http://reprap.org/wiki/Print_Troubleshooting_Pictorial_Guide)

<http://makershopbcn.com/abs-vs-pla-que-diferencia-existe-entre-estos-dos-filamentos-para-impresora-3d>

### PANORAMA DE LA I3D, PUBLICACIONES DE INTI

[http://www.inti.gov.ar/prodiseno/pdf/i3d\\_publicacion.pdf](http://www.inti.gov.ar/prodiseno/pdf/i3d_publicacion.pdf)

[http://www.inti.gov.ar/prodiseno/pdf/i3d\\_publicacion.pdf](http://www.inti.gov.ar/prodiseno/pdf/i3d_publicacion.pdf)

<http://www.inti.gov.ar/noticiero/2014/noticiero425.htm>

<https://www.inti.gov.ar/noticias/innovacionDesarrollo/3D.htm>

<http://www.inti.gov.ar/noticias/institucionales/actualidad-impresion.htm>

[http://www.inti.gov.ar/prodiseno/boletin/nbDI/242\\_prototipado.htm](http://www.inti.gov.ar/prodiseno/boletin/nbDI/242_prototipado.htm)

[http://www.inti.gov.ar/prodiseno/pdf/i3d\\_ponenciaRR.pdf](http://www.inti.gov.ar/prodiseno/pdf/i3d_ponenciaRR.pdf)

[http://www.inti.gov.ar/prodiseno/pdf/i3d\\_ponenciaCP.pdf](http://www.inti.gov.ar/prodiseno/pdf/i3d_ponenciaCP.pdf)

[http://www.inti.gov.ar/prodiseno/pdf/i3d\\_ponenciaVM.pdf](http://www.inti.gov.ar/prodiseno/pdf/i3d_ponenciaVM.pdf)

### PRINTTHELEGEND: DOCUMENTAL SOBRE IMPRESIÓN 3D

<https://www.youtube.com/watch?v=JeqT2NvTFSw&feature=youtu.be>

## GLOSARIO DE IMPRESIÓN 3D

A continuación ofrecemos una selección de definiciones en torno a la impresión 3D. Si bien algunos conceptos no son mencionados en esta publicación consideramos que un catálogo de palabras colabora en la comprensión sobre la temática.

### ABS:

El acrilonitrilo butadieno estireno «ABS» es un polímero amorfo procedente de la emul-

sión o polimerización en masa de acrilonitrilo y estireno en presencia de polibutadieno. Las propiedades más importantes del ABS son la resistencia a los impactos y su dureza.

*Fuente:* <http://www.resinex.es/tipos-de-polimeros/abs.html>, fecha de consulta: 11/1/2017.

Uno de los materiales en filamento más comunes en FDM. Bajo las precauciones necesarias, puede lijarse, taladrarse y ser suavizado con acetona.

CAD/CAM:

En idioma inglés, son las siglas de:

- *Computer-Aided Design* «CAD»: diseño asistido por computadora «DAC».
- *Computer-Aided Manufacturing* «CAM»: fabricación asistida por computadora «FAC».

Ambas siglas provienen de su denominación en inglés. Para diseñar usaremos el C.A.D. (Computer Aided Design), mientras que para la fabricación se emplea el C.A.M. (Computer Aided Manufacturing).

El diseño y fabricación con ayuda de computador, comúnmente llamado CAD/CAM, es una tecnología que podría descomponerse en numerosas disciplinas pero que normalmente, abarca el diseño gráfico, el manejo de bases de datos para el diseño y la fabricación, control numérico de máquinas herramientas, robótica y visión computarizada.

Históricamente los CAD comenzaron como una ingeniería tecnológica computarizada, mientras los CAM eran una tecnología semiautomática para el control de máquinas de forma numérica. Pero estas dos disciplinas se han ido mezclando gradualmente hasta conseguir una tecnología suma de las dos, de tal forma que los sistemas CAD/CAM son considerados, hoy día, como una disciplina única identificable.

*Fuente:* <https://es.wikipedia.org/wiki/CAD/CAM>, fecha de consulta: 11/1/2017.

CAE:

Ingeniería asistida por computadora o por ordenador (CAE, del inglés Computer Aided Engineering) es la disciplina que se encarga del conjunto de programas informáticos que permiten analizar y simular los diseños de ingeniería realizados con el ordenador o creados de otro modo e introducidos en el ordenador, para valorar sus características, propiedades, viabilidad, y rentabilidad. Su finalidad es optimizar su desarrollo y consecuentes costos de fabricación, y reducir al máximo las pruebas para la obtención del producto deseado.

La base de todas ellas se presentan como módulos o extensiones de aplicaciones CAD, que incorporan:

- Análisis cinemático.
- Análisis por el método de elementos finitos (FEM, Finite Elements Method).

- Maquinado por control numérico CNC (Computered Numeric Control).
- De exportación de ficheros «STL» (Estereolitografía) para máquinas de prototipado rápido.

*Fuente:* [https://es.wikipedia.org/wiki/Ingeniería\\_asistida\\_por\\_computadora](https://es.wikipedia.org/wiki/Ingeniería_asistida_por_computadora), fecha de consulta: 11/1/17.

#### CNC:

Son las siglas correspondientes a control numérico computarizado. En una máquina CNC, a diferencia de una máquina convencional o manual, una computadora controla la posición y velocidad de los motores que accionan los ejes de la máquina. Gracias a esto, puede hacer movimientos que no se logran manualmente como círculos, líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales. Las máquinas CNC son capaces de mover la herramienta al mismo tiempo en los tres ejes para ejecutar trayectorias tridimensionales como las que se requieren para el maquinado de complejos moldes y troqueles. En una máquina CNC una computadora controla el movimiento de la mesa, el carro y el husillo. Una vez programada la máquina, ésta ejecuta todas las operaciones por sí sola, sin necesidad de que el operador esté manejándola.

*Fuente:* <http://www.viwacnc.com/index.php?seccion=queescnc>, fecha de consulta: 12/1/17.

#### CÓDIGO ABIERTO:

Open Source es el término con el que se conoce al software distribuido y desarrollado libremente. El código abierto tiene un punto de vista más orientado a los beneficios prácticos de compartir el código que a las cuestiones éticas y morales las cuales destacan en el llamado software libre.

*Fuente:* <https://www.gpsos.es/soluciones-open-source/definicion-de-open-source/>, fecha de consulta: 12/1/17.

#### CROWDFUNDING:

Se refiere a la financiación colectiva de proyectos. En términos generales, consiste en la difusión pública, por parte de la persona que busca financiación, de la causa o negocio por el que brega y la financiación mancomunada por parte de prestamistas independientes que simplemente simpatizan con la causa o persiguen un crédito ofrecido por el prestatario. Dado que gran parte del éxito de esta forma de financiación descansa en la publicidad que se da al proyecto, las plataformas de financiación colectiva más importantes en la actualidad tienen soporte en Internet, por su alcance multitudinario y su bajo costo comparativo.

*Fuente:* <https://es.wikipedia.org/wiki/Micromecenazgo>, fecha de consulta: 12/1/17.

#### DLP:

Son las siglas correspondientes a Digital Light Processing (Procesamiento Digital de Luz). Es una tecnología usada en proyectores y televisores de proyección. El DLP fue desarrollado originalmente por la empresa norteamericana Texas Instruments y sigue siendo el único fabricante de esta tecnología, aunque muchos productos de mercado autorizados están basados en sus circuitos integrados.

*Fuente:* [https://es.wikipedia.org/wiki/Procesado\\_digital\\_de\\_luz](https://es.wikipedia.org/wiki/Procesado_digital_de_luz), fecha de consulta: 12/1/17.

Las tecnologías de fabricación aditiva denominadas DLP aprovechan la proyección selectiva de luz para polimerizado de resinas fotopoliméricas, capa a capa.

#### DMLS:

Son las siglas correspondientes al Sinterizado directo de metal por láser. Es un proceso que posibilita la creación de productos con un alto grado de precisión y que presentan excelentes propiedades mecánicas. Consiste en la creación de un objeto capa por capa a través de un metal en forma de polvo que será fusionado por un haz láser.

*Fuente:* <http://www.involca.com/moldes-y-prototipos/>, fecha de consulta: 12/1/17.

#### ESCÁNER 3D:

Es un dispositivo que toma datos a partir de un objeto o una escena. La información digital obtenida se puede usar para construir modelos digitales tridimensionales que se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, entre ellas la ingeniería inversa e impresión 3D del objeto escaneado.

*Fuente:* [https://es.wikipedia.org/wiki/Escáner\\_3D](https://es.wikipedia.org/wiki/Escáner_3D), fecha de consulta: 12/1/17.

#### FABRICACIÓN SUSTRACTIVA:

Consiste en la formación de objetos mediante la remoción y/o corte de material. De la misma forma, cuando se mezcla con herramientas digitales de producción se obtienen precisiones superiores a las que podría obtenerse usando métodos convencionales (manuales).

Entre otros cuenta con los siguientes procesos: Fresado 2D, corte por láser, corte por plasma, corte por cuchillas, corte por inyección de agua, fresado 3D, manufactura de objetos laminados (Laminated object manufacturing), torneado CNC.

*Fuente:* <http://fab.pe/fabricacion-digital/procesos-de-fabricacion/>, fecha de consulta: 12/1/17.

#### FABRICACIÓN ADITIVA:

Consiste en la formación de objetos mediante la agregación de sucesivas capas de material a fin de formar volúmenes. Al mezclarse con las herramientas digitales de producción se puede obtener una alta precisión.

Incluye -entre otros- con los siguientes procesos: Estereolitografía, modelado por deposición fundida, sinterizado selectivo por láser, aglutinador de inyección a tinta, foto curado por inyección de resina, manufactura de objetos laminados.

#### FDM/FFF

Son las siglas correspondientes a Fused Deposition Modeling una tecnología de fabri-

cación aditiva conocida como Modelación por Deposición Fundida o Fabricación por Filamento Fundido. Esta tecnología fue desarrollada por S. Scott Crump a finales de la década de 1980 y fue comercializada en 1990 por la empresa Stratasys. El término equivalente, Fused Filament Fabrication (fabricación con filamento fundido) y sus siglas FFF, fueron acuñados por la comunidad de miembros del proyecto RepRap para disponer de una terminología que pudieran utilizar legalmente sin limitaciones.

*Fuente:* [https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado\\_por\\_deposición\\_fundida](https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado_por_deposición_fundida), fecha de consulta: 12/1/17.

#### FILAMENTO (IMPRESIÓN 3D):

Material que sirve de insumo para los equipos con tecnología FDM/FFF. Consiste en una bobina de polímero termoplástico extruido, generalmente de 1,75 o 3 mm de diámetro.

#### G-CODE:

En términos generales, *G-code* es un lenguaje mediante el cual las personas pueden decir a máquinas herramientas controladas por computadora qué hacer y cómo hacerlo. Esos «qué» y «cómo» están definidos mayormente por instrucciones sobre a dónde moverse, cuán rápido moverse y qué trayectoria seguir. Las máquinas típicas controladas con G-code son fresadoras, cortadoras, tornos e impresoras 3D.

*Fuente:* <https://es.wikipedia.org/wiki/G-code>, fecha de consulta: 12/1/17.

#### INTERNET 2.0 / WEB 2.0:

El término *Web 2.0* o *Web social* fue acuñado por el americano Dale Dougherty de la editorial O'Reilly Media durante el desarrollo de una conferencia en el año 2004. El término surgió para referirse a nuevos sitios web que se diferenciaban de los sitios web más tradicionales englobados bajo la denominación Web 1.0. La característica diferencial es la participación colaborativa de los usuarios. Un ejemplo de sitio web 1.0 sería la Enciclopedia Británica donde los usuarios pueden consultar en línea los contenidos elaborados por un equipo de expertos. Como alternativa web 2.0 se encuentra la Wikipedia en la cual los usuarios que lo deseen pueden participar en la construcción de sus artículos. Poco tiempo después, en el año 2005, Tim O'Reilly definió y ejemplificó el concepto de Web 2.0 utilizando el mapa conceptual elaborado por Markus Angermeier.

*Fuente:* [http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/155/cd/modulo\\_1\\_Iniciacionblog/concepto\\_de\\_web\\_20.html](http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/155/cd/modulo_1_Iniciacionblog/concepto_de_web_20.html), fecha de consulta: 12/1/17.

#### MJP:

Es un sistema de manufactura aditiva de 3D Systems. MJP o Multi Jet Printing es un proceso que utiliza la tecnología de cabezal de impresión piezoeléctrico para depositar resina plástica fotocurable o cera para fundición capa por capa.

*Fuente:* 3DSystems, <http://www.3dsystems.com/>, fecha de consulta: 12/1/17.

#### MODELO DIGITAL:

Es la representación virtual de un objeto en tres dimensiones visible y editable mediante computadora.

#### NETFABB:

Es un programa para la edición y reparación de archivos 3D, específicamente diseñado para preparar archivos para impresión 3D. Capaz de importar todos los formatos de archivos CAD y automáticamente analizar y reparar los problemas en los STL que pueden generar errores en la impresión.

*Fuente:* <https://www.netfabb.com/>, fecha de consulta: 12/1/17.

#### OPEN HARDWARE:

Se llama hardware libre, hardware de código abierto, electrónica libre o máquinas libres a aquellos dispositivos físicos, cuyas especificaciones y diagramas esquemáticos son de acceso público, ya sea bajo algún tipo de pago, o de forma gratuita. La filosofía del hardware libre es aplicable a la del software libre, y por eso forma parte de la cultura libre.

*Fuente:* [https://es.wikipedia.org/wiki/Hardware\\_libre](https://es.wikipedia.org/wiki/Hardware_libre), fecha de consulta: 12/1/17.

#### OPEN SOFTWARE:

El término software libre se refiere el conjunto de programas informáticos que, por elección manifiesta de su autor, pueden ser copiados, estudiados, modificados, utilizados libremente con cualquier fin y redistribuidos con o sin cambios o mejoras. Su definición está asociada al nacimiento del movimiento de software libre, encabezado por Richard Stallman y la consecuente fundación en 1985 de la Free Software Foundation, que coloca la libertad del usuario informático como propósito ético fundamental.

*Fuente:* [https://es.wikipedia.org/wiki/Software\\_libre](https://es.wikipedia.org/wiki/Software_libre), fecha de consulta: 12/1/17.

#### PLA:

Son las letras con las que se conoce al polímero ácido láctico, un polímero termoplástico biodegradable, derivado del maíz utilizado como material para impresión 3D, que permite construir piezas huecas con paredes muy finas, otorgando la posibilidad de lograr muy buenos detalles.

#### POLYJET:

Es un sistema de manufactura aditiva de Stratasys. La impresión 3D PolyJet es similar a la impresión por inyección de tinta pero en vez de inyectar gotas de tinta en papel, se inyectan capas de fotopolímero líquido curable en una bandeja de construcción.

*Fuente:* <http://www.stratasys.com/>, fecha de consulta: 12/1/17.

#### PROTOTIPADO RÁPIDO:

Es un proceso utilizado para fabricar artículos de plástico, metal o cerámica. También conocido como manufactura aditiva, ya que su proceso de fabricación es ir añadiendo material capa a capa. En algunos casos con propiedades físicas que son similares a lo que se producirían por métodos convencionales, como moldeo por inyección y extrusión o moldeo por soplado. De esta manera se evita el fabricar los costosos moldes para realizar un prototipo que podría cambiar su forma. Inicialmente el prototipado rápido solo se usaba para la fabricación de prototipos. Hoy en día se utiliza como un proceso de fabricación más.

*Fuente:* [https://es.wikipedia.org/wiki/Prototipado\\_rápido](https://es.wikipedia.org/wiki/Prototipado_rápido), fecha de consulta: 12/1/17.

#### REPRAP:

RepRap es un proyecto para crear impresoras 3D de código abierto y de bajo costo que se inició en 2004 y fue destinado a crear modelos de impresoras 3D que imprimen en plástico y que puedan replicarse a sí mismas. El proyecto fue iniciado por el profesor universitario Adrian Bowyer, ingeniero y matemático de formación, en la Universidad de Bath del Reino Unido. Hoy en día RepRap es un proyecto comunitario que puede verse en [http://reprap.org/wiki/Main\\_Page](http://reprap.org/wiki/Main_Page), fecha de consulta: 12/1/17.

#### RESINA FOTOPOLÍMERA:

Un fotopolímero es una sustancia sintética que sufre un cambio en sus propiedades (polimerización, reticulación o despolimerización) por acción de la luz, generalmente ultravioleta, formando una diferenciación física entre las partes expuestas y no expuestas. Los fotopolímeros se utilizan para la fabricación de formas de impresión, para prototipado rápido, en la fabricación de circuitos impresos, en la producción de estampillas (sellos), en estereolitografía para la impresión 3D, para prótesis dentales en odontología así como en otras áreas.

*Fuente:* <https://es.wikipedia.org/wiki/Fotopolímero>, fecha de consulta: 12/1/17.

#### SLA:

Son las siglas con las que se conoce a la estereolitografía. Proceso de fabricación de prototipos rápidos que usa un láser para solidificar resinas en estado líquido mediante rayos UV, capa por capa. La compañía que produce las máquinas de fabricación de prototipos con este proceso es 3DSystems.

#### SLICER-SLICING:

Es un programa informático a través del cual se convierte el modelo digital (técnicamente una representación tridimensional de una superficie hermética, subdividida en una malla triangular) en una lista de comandos que nuestra impresora 3D pueda entender y ejecutar generalmente llamados *G-code*.

SLS:

El sinterizado selectivo por láser (en inglés, Selective laser sintering, o SLS) es una técnica de adición de prototipado rápido en el cual se deposita una capa de polvo, de unas décimas de milímetro, en una cuba que se ha calentado a una temperatura ligeramente inferior al punto de fusión del polvo. Seguidamente un láser  $\text{CO}_2$  sinteriza el polvo en los puntos seleccionados (causando que las partículas se fusionen y solidifiquen). Es un proceso continuo de gran flexibilidad que permite la conversión de una gran variedad de materiales tanto metálicos como plásticos. Se utiliza para pequeños volúmenes de piezas que requieran ser funcionales.

*Fuente:* [https://es.wikipedia.org/wiki/Sinterizado\\_selectivo\\_por\\_láser](https://es.wikipedia.org/wiki/Sinterizado_selectivo_por_láser), fecha de consulta: 12/1/17.

STL:

Siglas provenientes del inglés «Stereolithography», es un formato de archivo informático de diseño asistido por computadora (CAD) que define geometría de objetos 3D, excluyendo información como color, texturas o propiedades físicas que sí incluyen otros formatos CAD. Fue creado por la empresa 3D Systems, concebido para su uso en la industria del prototipado rápido y sistemas de fabricación asistida por ordenador. Algunos retroacrónimos de esta sigla son «Standard Triangle Language» y «Standard Tessellation Language».

*Fuente:* <https://es.wikipedia.org/wiki/STL>, fecha de consulta: 12/1/17.

STRATASYS:

Es un fabricante de sistemas de impresión 3D. Fue la empresa que introdujo el sistema FDM en el mercado luego de que su cofundador S. Scott Crump inventara el proceso en 1989. Posteriormente la empresa se fusionó con otra líder del mercado: Objet, propietaria del sistema PolyJet.

3D:

Se refiere a las tres dimensiones: largo, ancho y profundidad de un objeto.

3DP:

La sigla se refiere a Three Dimensional Printing y se usó por primera vez para denominar el sistema de aglomeración de polvos mediante inyección de aglutinante. Desarrollada originalmente en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) en 1993, la tecnología de impresión tridimensional (3DP™) constituye la base del proceso de producción de prototipos de Z Corporation.

3D SYSTEMS:

Es un fabricante de sistemas de impresión 3D. Fue la primera empresa en comercializar equipos de prototipado rápido de estereolitografía (SLA). Actualmente ofrecen una amplia gama de sistemas de fabricación aditiva.



## ASOCIADOS PROMOTORES

Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República Argentina | Asociación de Diseñadores en Comunicación Visual de la provincia de Buenos Aires | Colección SACIF | Dirección Nacional de Industrias Culturales del Ministerio de Cultura de la Nación | Egidio Valentín Giuliani S.A. | Instituto de Desarrollo Comercial de Mendoza | Instituto Nacional de la Propiedad Industrial | José M. ALLADIO e hijos S.A. | Ministerio de la Producción del Gobierno de la Pampa | Ministerio de Desarrollo Social de la Nación | Unión Industrial Argentina | Universidad Nacional de Mar del Plata - Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño | Universidad Nacional de Rosario | Universidad Nacional de San Juan - Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño.

## ASOCIADOS ADHERENTES

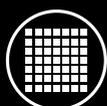
Adrián Cohan | Asociación Civil Creatividad Ética | BaDiseño del Ministerio de la Producción de la Provincia de Buenos Aires | Defensoría del Pueblo. Ciudad Autónoma de Buenos Aires | Hugo Legaría | Municipalidad de Chos Malal | Universidad Nacional de Misiones - Facultad de Arte y Diseño.

## ASOCIADOS BENEFACTORES

Adrián Lebendiker | Andrea Pattini | Carmelo Di Bartolo (Design Innovation SRL) | Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Pequeña Agricultura Familiar | Consumidores Libres | Disur | Eduardo Simonetti | Frank Memelsdorff | Gabriel Yoguel | Guillermo Canale | Hugo Kogan | Juan Carlos Hiba | María Beatriz Galán | Martín Olavarría | Patricia Muñoz | Pepe Rey | Raúl Belluccia | Reinaldo Leiro | Ricardo Blanco | Rosario Bernatene | Rubén Fontana | Universidad Nacional de Lanús | Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Bellas Artes | Xènia Viladàs.



## CONTACTO



**INTI**

Parque Tecnológico Miguelete  
Avenida General Paz 5445  
Casilla de Correo 157  
B1650KNA San Martín,  
Buenos Aires, Argentina  
Teléfono: (054) 011 4724  
6200/6300/6400