



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Estudio comparativo entre la obtención de piezas mediante impresión 3D y su obtención mediante moldes u otros procesos de fabricación.

MEMORIA PRESENTADA POR:

Alberto Blanco Prieto

GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTOS

Convocatoria de defensa: Julio 2020

Resumen y Palabras claves

Resumen: El objetivo de este trabajo es la realización de una guía donde poder elegir la técnica de fabricación y materiales más convenientes para reproducir piezas. Todo ello en función de unos parámetros de partida que también son objeto de definición en el presente trabajo.

Se pretende llevar a cabo las fases de "Iniciación" y de "Diseño del proceso". En la fase de "Iniciación" se definirán los parámetros de partida acordes a los materiales, tamaño de la producción, etc, y en la fase de "Diseño del proceso" se definirán las tablas guía para la elección del proceso de fabricación.

Para llevar a cabo la definición de parámetros del diseño del proceso será necesario llevar a cabo un estudio de materiales mediante probetas, estudio de impresoras y de elaboración de moldes.

Palabras claves: Reproducción de piezas, Impresión 3D, Guía de procesos.

Resum i Paraules claus

Resum: L'objectiu d'este treball és la realització d'una guia on poder triar la tècnica de fabricació i materials més convenients per a reproduir peces. Tot això en funció d'uns paràmetres de partida que també són objecte de definició en el present treball.

Es pretén dur a terme les fases d'Iniciació i de Disseny del procés. En la fase d'Iniciació es definiran els paràmetres de partida acords als materials, grandària de la producció, etc, i en la fase de Disseny del procés es definiran les taules guia per a l'elecció del procés de fabricació.

Per a dur a terme la definició de paràmetres del disseny del procés serà necessari dur a terme un estudi de materials per mitjà de provetes, estudi d'impressores i d'elaboració de motles.

Paraules claus: Reproducció de peces, Impressió 3D, Guia de processos.

Summary and Keywords

Summary: The objective of this work is to create a guide where you can choose the most suitable manufacturing technique and materials to reproduce parts. All this based on starting parameters that are also defined in this work.

It is intended to carry out the "Initiation" and "Process Design" phases. In the "Initiation" phase, the starting parameters will be defined according to the materials, production size, etc., and in the "Process design" phase, the guide tables for the choice of the manufacturing process will be defined.

To carry out the definition of process design parameters, it will be necessary to carry out a study of materials using test tubes, a study of printers and the production of molds.

Key words: Reproduction of pieces, 3D Printing, Process Guide.

TFG

INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTOS

Alberto Blanco Prieto

EPSA
UPV

Julio 2020

Estudio comparativo entre la obtención de piezas mediante impresoras 3D y su obtención mediante moldes u otros procesos de fabricación

Your Website Here

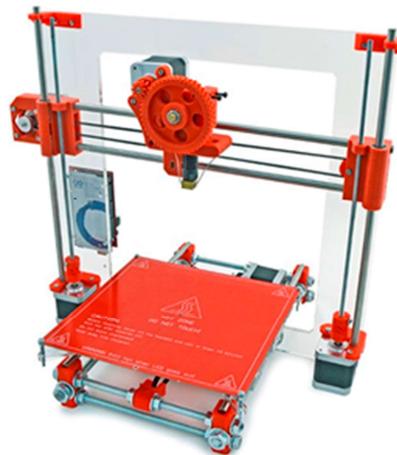


Estudio comparativo entre la obtención de piezas mediante impresoras 3D y su obtención mediante moldes u otros procesos de fabricación

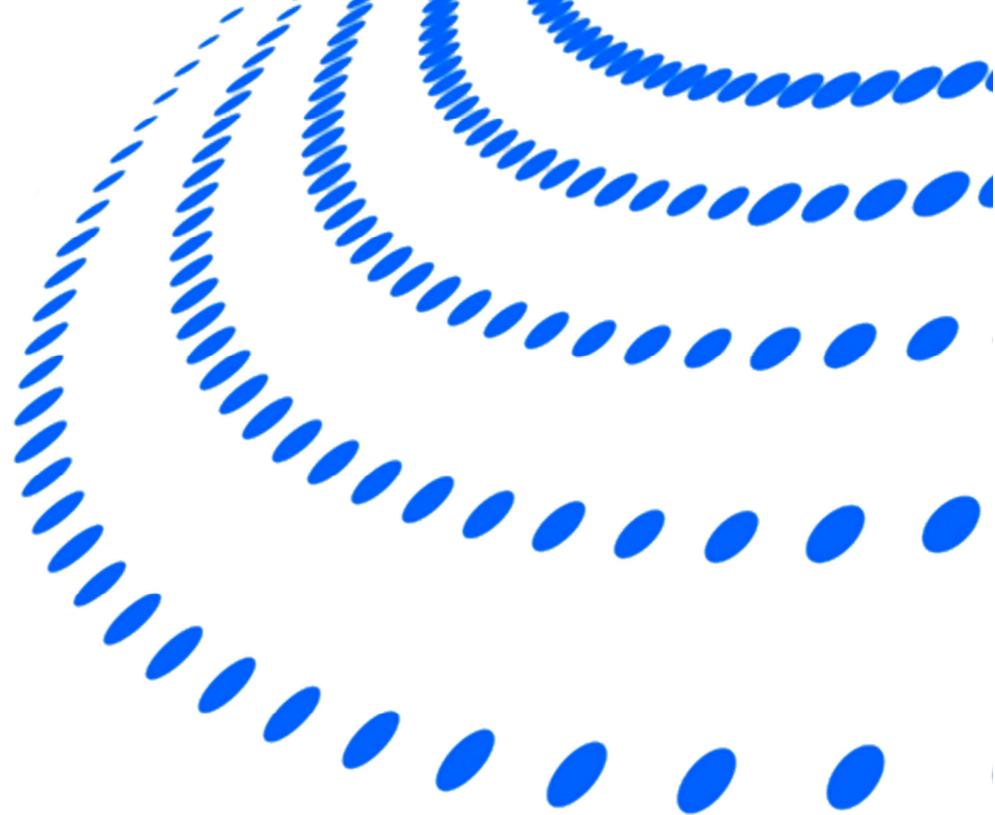
El objetivo de este trabajo es la realización de una guía donde poder elegir la técnica de fabricación y materiales más convenientes para reproducir piezas. Todo ello en función de unos parámetros de partida que también son objeto de definición en el presente trabajo.

Se pretende llevar a cabo las fases de "Iniciación" y de "Diseño del proceso". En la fase de "Iniciación" se definirán los parámetros de partida acordes a los materiales, tamaño de la producción, etc, y en la fase de "Diseño del proceso" se definirán las tablas guía para la elección del proceso de fabricación.

Para llevar a cabo la definición de parámetros del diseño del proceso será necesario llevar a cabo un estudio de materiales mediante probetas, estudio de impresoras y de elaboración de moldes.



Grado en Ingeniería en Diseño Industrial
y Desarrollo de Productos
Escuela Politécnica Superior de Alcoy
Universidad Politécnica de Valencia



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Julio 2020

Alberto Blanco Prieto

Contenido

INDICE DE FIGURAS	17
INDICE DE TABLAS	20
1 INTRODUCCIÓN	22
1.1 Antecedentes	22
1.2 Historia de las impresoras 3D, desarrollo y expansión por el mundo y España	23
2 IMPRESORAS 3D	27
2.1 ¿Qué es una impresora 3D?	27
2.2 ¿Cómo funciona?.....	27
2.3 Tipos y cómo funcionan	28
2.3.1 Extrusión.....	28
2.3.2 Hilado	29
2.3.3 Granulado.....	30
2.3.4 Laminado.....	34
2.3.5 Fotoquímicos.....	35
2.3.6 Tabla resumen.....	38
2.4 Ejemplos de fabricación	40
3 MATERIALES	41
3.1 Filamentos	41
3.1.1 Introducción	41
3.1.2 PLA.....	41
3.1.3 ABS	64
3.1.4 ASA	83
3.1.5 Grafeno.....	85
3.1.6 FILAFLEX TPE.....	95
3.1.7 FLEXFILL TPU.....	103
3.1.8 NYLON (PA).....	112
3.1.9 COPOLIÉSTERES (PET).....	131
3.1.10 HIPS	146
3.1.11 PC (POLICARBONATO)	153
3.1.12 PP (POLIPROPILENO)	166
3.1.13 CASTABLE	173
3.1.14 Avanzados	179
3.2 Resinas.....	184
3.2.1 Estándar.....	184

3.2.2 Avanzadas.....	188
3.3 Guía rápida de aplicación	193
3.4. Guía técnica rápida.....	204
4 SOFTWARES.....	214
4.1 Softwares más usados.....	214
5 APLICACIONES PRÁCTICAS	215
5.1 Fabricación desde cero.....	215
5.1.1 Introducción	215
5.1.2 Decisión a partir de usos	215
5.1.3 Preprocesado antes de fabricar	216
5.1.4 Fabricación	217
5.1.5 Postprocesado.....	217
5.1.6 Resultado final.....	218
5.2 Fabricación de un rediseño	219
5.2.1 Introducción	219
5.2.2 Pieza para rediseñar	219
5.2.3 Pruebas de esfuerzo y comparativa entre diferentes fabricaciones.....	221
5.2.4 Conclusión	225
5.3 Otras aplicaciones	228
5.3.1 Uso de pieza para moldes	228
5.3.2 Uso de piezas para mecanizado	229
6 CONCLUSIÓN	230
7 BIBLIOGRAFIA	231
8 ANEXOS	233
8.1 Anexo I: Tabla resumen tecnologías aditivas	234
8.2 Anexo II: Propiedades impresión con resina fotopolimérica	235
8.3 Anexo III: Manuales de software.....	236
8.4 Anexo IV: Normativa	237
8.5 Anexo V: Planos.....	238
8.6 Anexo VI: Calculo de engranajes	241
8.7 Anexo VI: Páginas de interés.....	242

INDICE DE FIGURAS

- Imagen nº1; Logotipo del movimiento “Rep Rap”
<http://www.learobotics.com/wiki/images/8/8e/RepRap1.png>
- Imagen nº2; Impresora estereolitografica
<https://sites.google.com/site/fabricacionaditiva15/estereolitografia-sla>
- Imagen nº3; Logotipo de *3D Systems*
<https://www.thestreet.com/opinion/is-a-recovery-for-3d-systems-imminent-13458715>
- Imagen nº4; Logotipo de *Stratasys*
<https://3dprint.com/61571/stratasys-ssys-warning/>
- Imagen nº5; Impresión 3d por inyección
<http://tecnologiapropia.blogspot.com/2011/11/>
- Imagen nº6; Logotipo del movimiento *Clone Wars*
https://www.reprap.org/wiki/Proyecto_Clone_Wars
- Imagen nº7; Impresora *Darwin*
https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecto_RepRap
- Imagen nº8; Esquema de funcionamiento impresora FDM
<https://www.mdpi.com/2306-5354/4/4/79>
- Imagen nº9; Pieza en impresora FDM.
<http://www.cicej.com.mx/files/impresion3d.pdf>
- Imagen nº10; Tipos de impresoras FDM.
<https://bitfab.io/es/blog/tipos-de-impresoras-3d/>
- Imagen nº11; Esquema impresora EBF3.
http://custommade70.rssing.com/chan-29926839/all_p2.html
- Imagen nº12; Esquema impresora EBM.
https://www.researchgate.net/figure/Left-Schematic-diagram-of-an-electron-beam-melting-system-for-metal_fig1_328307435
- Imagen nº13; Piezas impresas en EBM.
<http://infocom.uz/2016/11/19/3d-pechat-uzhe-ne-fantastika-a-realnost/>
- Imagen nº14; Impresora SHS.
<https://all3dp.com/diy-sls-printer-wevolver-project/>
- Imagen nº15; Esquema impresora SLS.
https://es.wikipedia.org/wiki/Sinterizado_selectivo_por_l%C3%A1ser
- Imagen nº16; Piezas impresas SLS.
<https://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=tjwlsctftj&logNo=221724431531&parentCategoryNo=&categoryNo=40&viewDate=&isShowPopularPosts=true&from=search>
- Imagen nº17; Esquema impresora SLM.
<https://newatlas.com/sintercore-auxetik-3d-printed-muzzle-brake-inconel/28489/>
- Imagen nº18; Pieza impresa SLM.

<https://3dprintingindustry.com/news/slm-solutions-announces-largest-single-contract-history-company-121558/>

- Imagen nº19; Esquema impresora LOM.
<https://www.embodi3d.com/blogs/entry/133-which-3d-printer-should-you-get/>
- Imagen nº20; Pieza impresa LOM.
<https://www.sculpteo.com/en/glossary/lom-definition/>
- Imagen nº21; Impresora SLA del tipo LCD.
<https://sg.carousell.com/p/elegoo-mars-uv-photocuring-lcd-3d-printer-244907939/>
- Imagen nº22; Piezas impresas SLA.
<https://pinshape.com/blog/fdm-vs-sla-how-does-3d-printer-tech-work-outdated/>
- Imagen nº23; Tipos de SLA según su fuente de luz.
<https://creality.com/info/knowledge-basethe-basic-introductory-guide-of-resin-3d-printers-i00139i1.html>
- Imagen nº24; Funcionamiento de la SGS.
https://en.wikipedia.org/wiki/Solid_ground_curing
- Imagen nº25; la unidad estructural del polímero PLA.
https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_polil%C3%A1ctico
- Imagen nº26; la unidad estructural del polímero ABS.
https://es.wikipedia.org/wiki/Acrilonitrilo_butadieno_estireno
- Imagen nº27; engranaje a fabricar.
Propia
- Imagen nº28; carrete PLA premium.
Propia
- Imagen nº29; imagen del Cura.
Propia
- Imagen nº30; engranaje fileteado.
Propia
- Imagen nº31; tiempos y uso de material.
Propia
- Imagen nº32; maquina utilizada.
https://img.europapress.es/fotoweb/fotonoticia_20130508141215_420.jpg
- Imagen nº33; ejemplos de acabado superficial.
<https://www.impresoras3d.com/wp-content/uploads/2018/01/99600c0e3af16c203d444a0a423a043b.jpeg>
- Imagen nº34; pieza ya impresa y acabada.
Propia
- Imagen nº35; detalle de los dientes.
Propia
- Imagen nº36; maneta sólida.
Propia

- Imagen nº37; maneta vacía.
Propia
- Imagen nº38; maneta vacía con soportes.
Propia
- Imagen nº39; pruebas maneta solida en bronce.
Propia
- Imagen nº40; pruebas maneta solida en ABS.
Propia
- Imagen nº41; pruebas maneta hueca en ABS.
Propia
- Imagen nº42; pruebas maneta hueca con soportes en ABS.
Propia
- Imagen nº43; piezas colocadas en la impresora 3D.
Propia
- Imagen nº44; piezas procesadas con tiempos.
Propia
- Imagen nº45; pasos cera perdida.
https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcTsiljHP_ZyP8934pGDHPNdt0YZCT1IEfbAyg&usqp=CAU
- Imagen nº46; diferencia entre rellenos.
http://fpvmax.com/wp-content/uploads/2017/04/Screenshot_2-1.png
- Imagen nº47; prótesis impresa en 3D.
<https://tresde.pe/impresion-3d-el-futuro-de-las-protesis/>

INDICE DE TABLAS

- Tabla 1: tecnologías de impresión 3D
- Tabla 2: ejemplos de fabricación
- Tablas 3: características de los materiales
- Tabla 4: guía rápida de aplicación
- Tabla 5: datos técnicos de materiales
- Tabla 6: softwares más usados

DEFINICIONES

-Warping: significa literalmente pandeo, combarse, doblarse en español y explica perfectamente el fenómeno que ocurre en nuestras piezas: las esquinas se doblan, pandean y se comban hacia arriba (como si una cuerda invisible tirara de ellas).

-Cracking: Similar al warping solo que se produce en capas intermedias.

-Nozzle: Nombre ingles de la boquilla.

-HotEnd: Nombre que se le da al bloque encargado de fundir el plástico.

1 INTRODUCCIÓN

En este trabajo está pensado para que sirva como guía y orientación para las personas y las empresas que estén interesadas en iniciarse en el mundo de la impresión 3D, para ello se estudiarán los siguientes apartados:

- Tipos de máquinas y tecnologías.
- Tipos de materiales y sus formatos.
- Aplicación de lo anterior.
- Ejemplos de aplicación.

Con estos apartados se quiere conseguir que partiendo de conocimientos básicos cualquier persona pueda comenzar a producir sus piezas en impresión 3D de forma más óptima y adaptando estas a sus necesidades.

1.1 Antecedentes

Los “maker” son esas personas que descubrieron en la impresión 3D una afición en la que dejar volar la imaginación, a diferencia de otros métodos de fabricación como puede ser las máquinas CNC, la tecnología 3D permite tener una máquina con un rango de precios que van desde las más básicas y baratas a máquinas industriales por lo que esta tecnología permite a casi cualquiera entrar en este mundo, pero ¿es tan fácil entrar a este mundo? En principio parece que sí, con visitar un par de foros e investigando por tu cuenta la entrada no resulta difícil, pero si lo que nos interesa es ir a tiro fijo la cosa se complica.

Aparentemente no existe ningún tipo de guía u orientación si nuestro objetivo es muy concreto, pongamos el caso de una empresa, quiere realizar un tipo de producción específica, para realizar esta tarea tendría que estar un tiempo buscando información e incluso comprando máquinas para probar si le sirven para realizar lo que quieren, esto requiere tiempo y dinero el cual se podría reducir drásticamente si hubiese alguna forma de ir directo a lo que necesita y para eso se podría usar esta guía.



Imagen nº1
Logotipo del
movimiento “Rep
Rap”.

A mi parecer en un futuro cercano las impresoras 3D serán un electrodoméstico más en nuestra casa y en ella podremos fabricar objetos de numerosos materiales sin necesidad de pasar por una tienda.

Para poder profundizar en este mundo repasaremos año por año la historia de las impresoras 3D desde sus primeros prototipos hasta la llegada a las denominadas “autorreplicantes”.

Logo del movimiento “Rep Rap” (*Replicating Rapid Prototyper*) el cual se caracteriza por diseñar impresoras 3D de software libre y que son capaces de imprimir sus propias partes

1.2 Historia de las impresoras 3D, desarrollo y expansión por el mundo y España

Alrededor de 1983 un inventor llamado Chuck Hull observó que si se le aplicaba un haz de luz ultravioleta concentrado sobre una cubeta de resina foto polimérica esta se endurecía, repitiendo este proceso capa a capa fue capaz de crear piezas sólidas, este método fue denominado "impresión estereolitográfica", este método permitía crear piezas con unas buenas características mecánicas, pueden ser sometidas a procesos de mecanizado y ser usadas como molde maestro para procesos de moldeo. Pero esta tecnología tenía sus inconvenientes, estas piezas eran sensibles a la humedad ambiental y a la temperatura, y por otra parte otro problema era su alto coste tanto del material como de la maquinaria: las resinas oscilan entre 60 y 90 € el litro y las máquinas entre 75.000 € y 400.000 € lo que convertía a esta tecnología en algo inviable para uso casero.

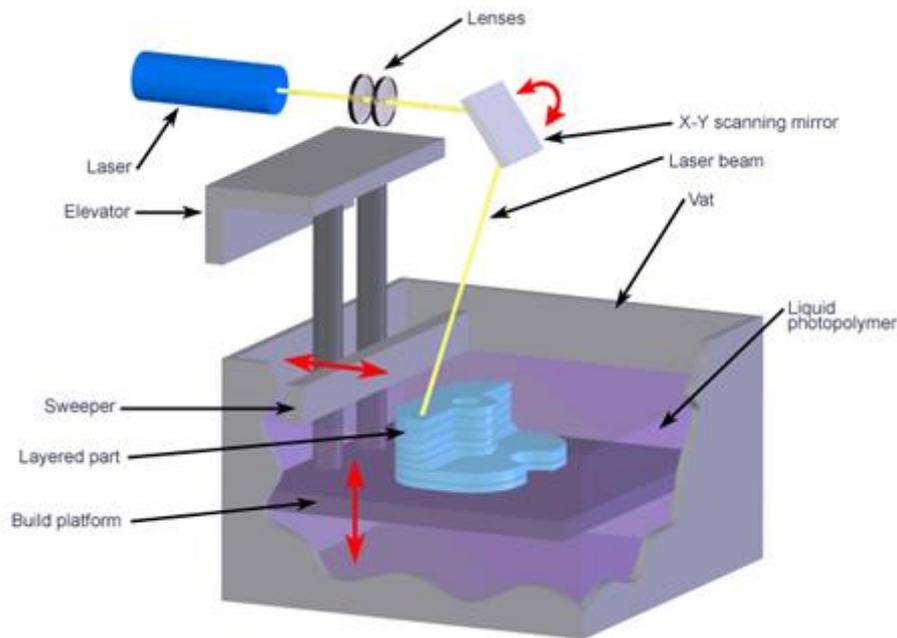


Imagen nº2; Impresora estereolitográfica.

En 1988 Chuck Hull funda *3D Systems*, una de las mayores empresas de 3D a nivel mundial y comercializa las primeras impresoras estereolitográficas, este sería el primer intento de llevar la impresión 3D más allá del ámbito industrial pero no va a más debido a sus precios.



3DSYSTEMS®

Imagen nº3; Logotipo de *3D Systems*.

Entre 1988 y 1990 dos nuevos métodos de impresión:

La impresión por deposición de material fundido (FDM).

La impresión por láser (SLS).

El método FDM fue patentado por Scott Crump, un inventor estadounidense que desarrollo esta tecnología junto a su esposa Lisa Crump.

El método SLS fue inventado por Carl Deckard, este método no nos interesa mucho ya que no es el más extenso.

En 1990 Scott Crump funda junto a su esposa *Stratasys*, una empresa dedicada a la fabricación de impresoras 3D y sistemas de producción 3D para oficina basada en la rápida creación de prototipos.



Imagen nº4; Logotipo de *Stratasys*.

Alrededor de 1993 un grupo de estudiantes del MIT concibe la impresión 3D por eyección, la actual tecnología.

Dos años más tarde, en 1995, inician la venta de primeros equipos basados en esta tecnología a través de la compañía *3D Systems*, creada en 1988 por Chuck Hull.

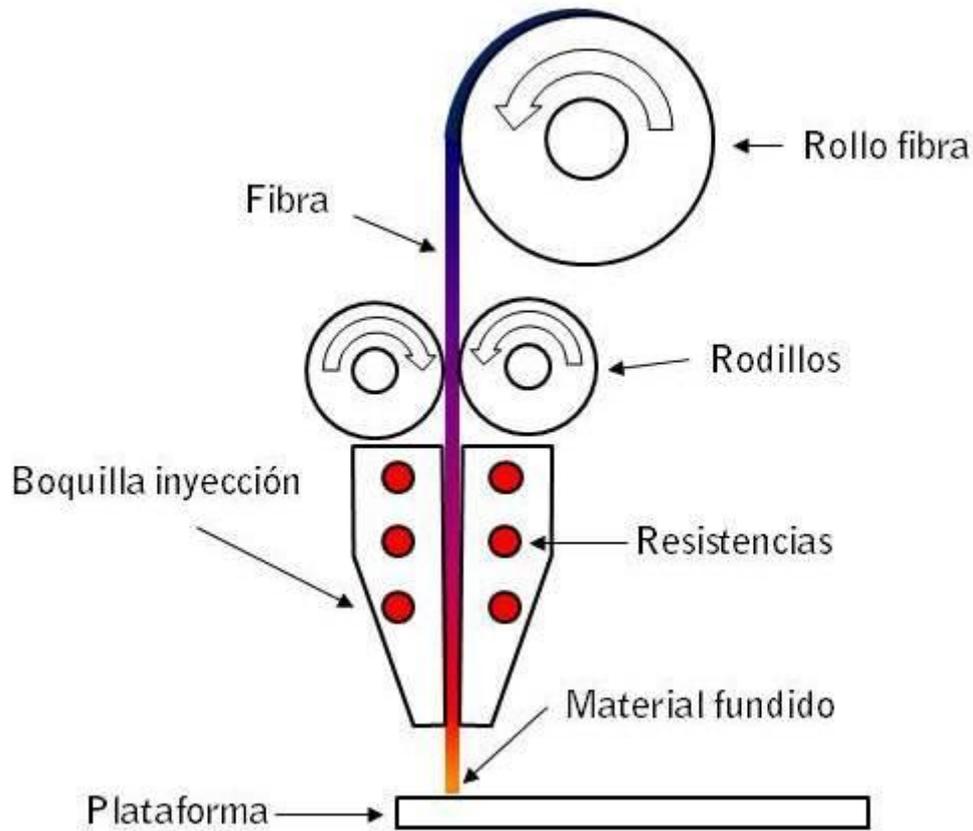


Imagen nº5; Impresión 3d por inyección.

Año 2005, el Dr. Adrian Bowyer comienza una iniciativa de código abierto para construir una impresora 3D que puede imprimir la mayoría de sus propios componentes, nace Rep Rap.

En España este movimiento se denominará "Clon Wars".



Imagen nº6; Logotipo del movimiento *Clone Wars*.

En el año 2008 el proyecto Rep Rap saca a la luz “Darwin”, la primera impresora 3D con capacidad de imprimir la mayoría de sus propios componentes, permitiendo a los usuarios que ya tienen una, hacer más impresoras para sus amigos o incluso reparar componentes de la suya.

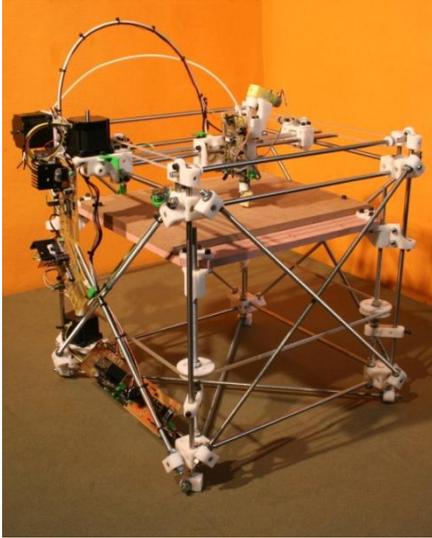


Imagen nº7; Impresora Darwin.

Año 2009, una compañía de hardware de código abierto dedicada a las impresoras 3D, comienza la venta de kits de montaje que permiten a los compradores fabricar sus propias impresoras 3D y productos.

Ese mismo año un profesor de la universidad de Madrid compra la primera impresora 3D de España y propone a un grupo de estudiantes fabricar otra, los estudiantes aceptan con una condición, en vez de solo una deciden fabricar una para cada uno de ellos.

Año 2011, los ingenieros de la Universidad de Southampton diseñaron y planearon el primer avión impreso en 3D. Este avión no tripulado se construye en siete días, con un presupuesto de 7.000€. La impresión 3D permite que sus alas tengan forma elíptica, una característica normalmente cara que ayuda a mejorar la eficiencia aerodinámica y reduce al mínimo la resistencia inducida.

Año 2012, doctores e ingenieros holandeses trabajan con una impresora 3D especialmente diseñada por la empresa LayerWise, la cual permite imprimir prótesis de mandíbulas personalizadas. Este grupo ha podido implantar una mandíbula a una mujer de 83 años que sufría una infección de hueso crónica. Esta tecnología se está estudiando más profundamente con el objetivo de poder promover el crecimiento de nuevo tejido óseo.

Año 2018, la impresión en 3D está llegando a un público cada vez más grande, y con más impresoras disponibles que nunca.

2 IMPRESORAS 3D

2.1 ¿Qué es una impresora 3D?

Por definición una impresora 3D es una máquina capaz de realizar réplicas de diseños en 3D por el método conocido como impresión aditiva, creando piezas o maquetas volumétricas a partir de un diseño hecho por ordenador. Surgen con la idea de convertir archivos de 2D en prototipos reales o 3D. Comúnmente se ha utilizado en el prefabricado de piezas o componentes, en sectores como la arquitectura y el diseño industrial. En la actualidad se está extendiendo su uso en la fabricación de todo tipo de objetos, modelos para vaciado, piezas complicadas, alimentos, prótesis médicas (ya que la impresión 3D permite adaptar cada pieza fabricada a las características exactas de cada paciente), etc.

La impresión 3D en el sentido original del término se refiere a los procesos en los que secuencialmente se acumula material, impresión aditiva, en una cama o plataforma por diferentes métodos de fabricación, tales como polarización, inyección de aporte, inyección de aglutinante, extrusión de material, cama de polvo, laminación de metal, depósito metálico.

2.2 ¿Cómo funciona?

Al contrario de la mayoría de los procesos de mecanizado, el funcionamiento de una impresora 3D no implica la pérdida de material ya que no se parte de un bruto, sino que se crea la pieza capa por capa aportando material, este "fileteado" o laminado se realiza en un proceso previo en el cual usando una pieza diseñada en un CAD y usando el formato .stl podremos convertir casi cualquier pieza en una copia del mismo tamaño pero dividida en finas capas de 0,1mm a 0,3mm en su eje Z y si lo deseamos , puede reducir la cantidad de relleno y el tipo para ahorrar material y tiempo, una vez laminado la información es enviado mediante un Host, que se trata de un programa para comunicarse con la máquina.

2.3 Tipos y cómo funcionan

2.3.1 Extrusión

FDM "Fused Deposition Modeling": Este tipo de tecnología es creada por S. Scott Crump, cofundador de Stratasys, en 1988 pero no fue hasta 2009 cuando las patentes expiraron.

Esta técnica, como su nombre indica, funciona depositando material capa por capa, esto lo consigue empujando un filamento de termoplástico hacia una boquilla extrusora que deposita el polímero sobre una base, dependiendo de la máquina los ejes que se mueven pueden ser diferentes pero la base es la misma.

Imagen nº8; Esquema de funcionamiento impresora FDM.

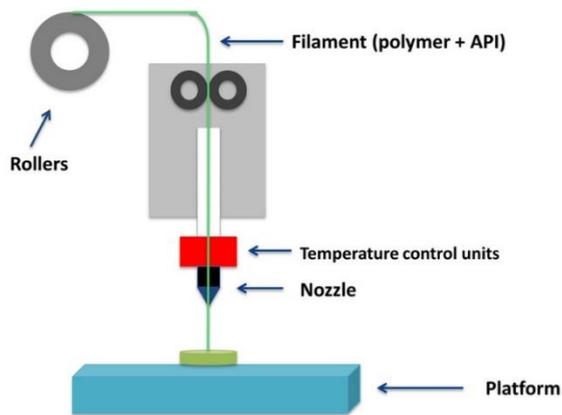


Imagen nº9; pieza en impresora FDM.



Dentro de las impresoras FDM encontramos 2 clases principales: Cartesianas y Delta.

Cartesiana: utiliza el eje cartesiano XYZ, con tres ejes perpendiculares entre sí. Su principal beneficio radica en su facilidad de uso, y al ser el tipo de impresora con la mecánica más simple, son las más fáciles de calibrar y de corregir los errores que pueden surgir durante el uso.

Delta: los robots Delta tienen una cama de impresión circular estática. Sus 3 brazos articulados en diferentes alturas se mueven hacia arriba y hacia abajo para hacer el trabajo. Destaca su calidad de impresión, mayor velocidad, precisión y su ajuste automático, ya que sus correas no dejan de apretarse.

Delta vs Cartesian 3D Printers

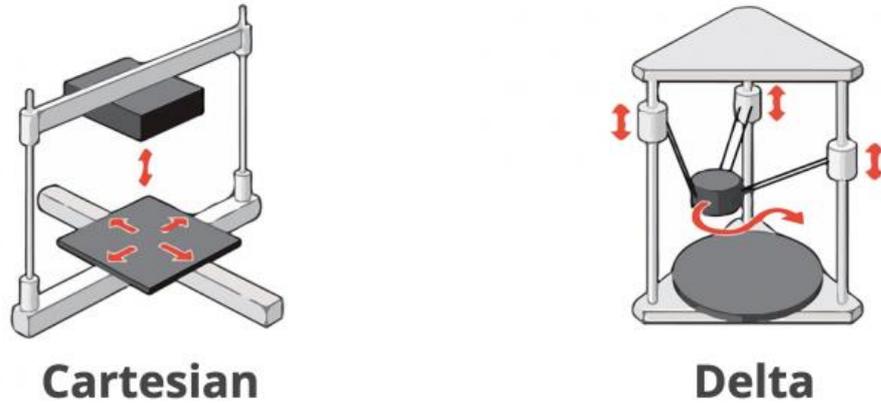


Imagen nº10; tipos de impresoras FDM.

2.3.2 Hilado

EBF³ "Electron-beam freeform fabrication": Desarrollado por primera vez por Vivek Davé en 1995 como parte de su tesis doctoral en el MIT.

Un electrón es una partícula subatómica cargada negativamente, la tecnología EBF³ enfoca un haz (flujo constante) de electrones hacia un filamento metálico que recoge las partículas cargadas positivamente de la aleación metálica y las fusiona de manera similar a una soldadura, pero lo hace en capas similares al proceso FDM.

Las piezas y los objetos completos hechos con el proceso EBF³ generalmente solo necesitan un trabajo de acabado para la apariencia cosmética y/o para deshacerse de cualquier material adicional no deseado.

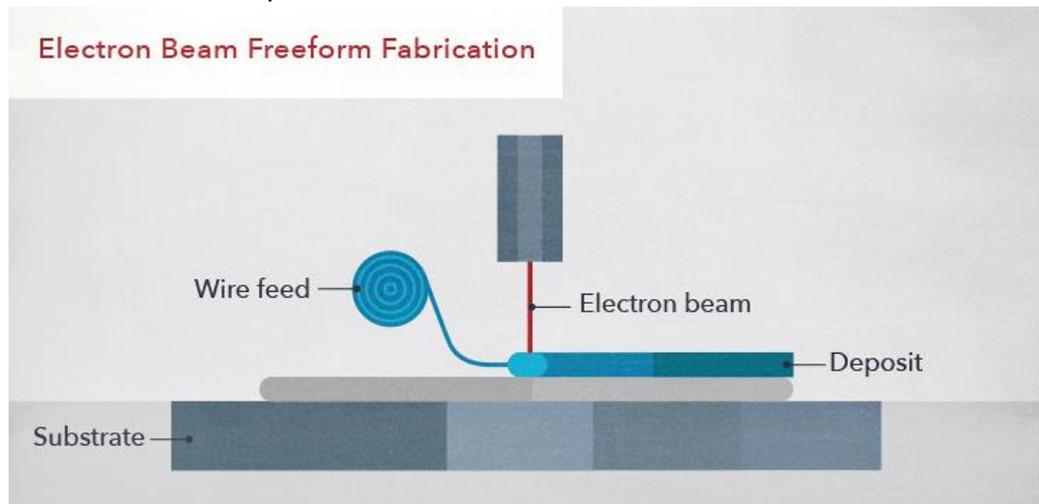


Imagen nº11; esquema impresora EBF³.

Con esta tecnología, la NASA, pretende fabricar piezas metálicas en gravedad cero.

2.3.3 Granulado

EBM "Electron-beam additive manufacturing": Similar a la tecnología EBF³ pero a diferencia de esta, la tecnología EBM usa capas de polvo metálico que son fundidas en la forma deseada por el haz de electrones, para realizar este proceso sin problemas con el polvo metálico, el proceso de fundición se realiza en una cámara al vacío.

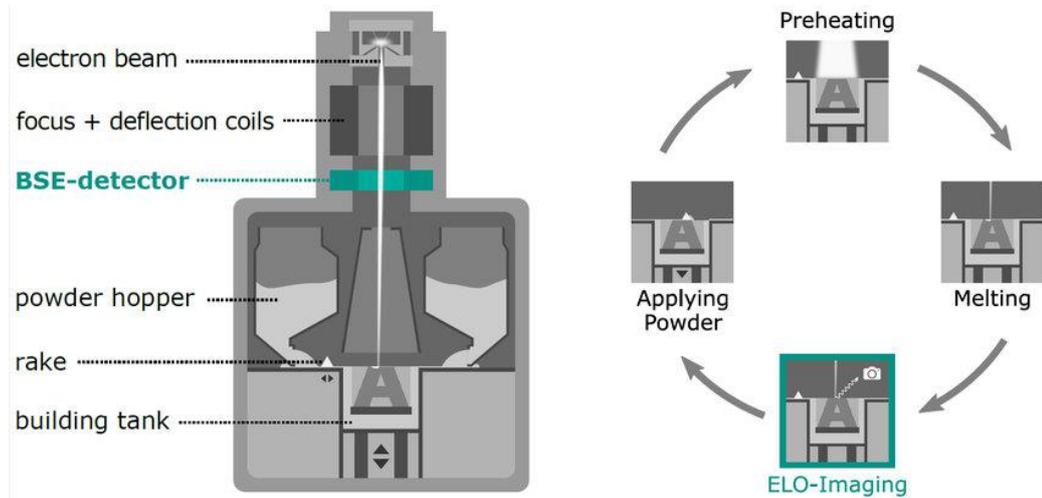


Imagen nº12; esquema impresora EBM.



Imagen nº13; piezas impresas en EBM.

SHS "Selective heat sintering": Esta tecnología es la que más rasgos comparte con las impresoras de tinta comunes, en el proceso de sinterización selectiva por calor, el lecho de impresión se mueve en lugar del cabezal de impresión. Esta tecnología usa polvo de termoplástico, el polvo se coloca en la cama de impresión y el cabezal de impresión caliente entra en contacto con el polvo que construye el objeto capa por capa.

Cuando se completa la capa, la cama de impresión se mueve hacia abajo y un mecanismo similar a una persona que usa un rodillo de pintura para pintar una pared, enrolla una nueva capa de polvo a la espera de ser calentada y formada.

La tecnología SHS es muy similar a SLS, pero el equipo es mucho menos costoso ya que estas impresoras 3D no usan láser.

SHS es mejor para crear conceptos y planos 3D en lugar de productos terminados.

Estas impresoras 3D están fabricadas exclusivamente por la compañía Blueprinter.



Imagen nº14; impresora SHS.

SLS "Selective laser sintering": La sinterización selectiva por láser (SLS) utiliza materiales en forma de polvo y utiliza el calor de un láser para unirlos en objetos sólidos. SLS es como soldar metal y otros materiales en polvo juntos, mientras que SLM es como forjar / forjar metal que funde completamente el material y lo convierte en el objeto deseado. Aunque las partes metálicas hechas a través de SLS no son tan fuertes como las partes metálicas completamente sólidas hechas a través de SLM, el proceso SLS también se puede usar con polvos termoplásticos y cerámicos, mientras que SLM se usa solo con metales y aleaciones metálicas.

SLM "Selective Laser Melting": La fusión selectiva por láser con sus siglas en inglés: SLM, se usa principalmente con aleaciones de titanio y cobalto, acero inoxidable y aluminio.

En ocasiones llamado Laser Sintering, que es erróneo ya que Sintering no implica necesariamente que el metal u otro material se derrita por completo mientras que esta tecnología si lo hace.

Esta tecnología es específicamente para objetos no sólidos; realiza mejor objetos con huecos y canales, como una parte de metal que podría tener un líquido atravesado en algún momento. Las piezas fabricadas con SLM no son tan fuertes como las piezas fabricadas con EBM debido a que las piezas no son sólidas, pero la tecnología SLM permite la fabricación de piezas complejas y de múltiples articulaciones que son más fuertes que sus contrapartes soldadas.

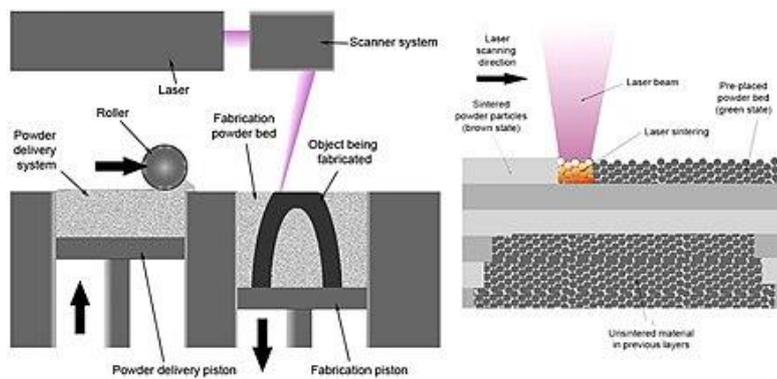


Imagen nº17; esquema impresora SLM.

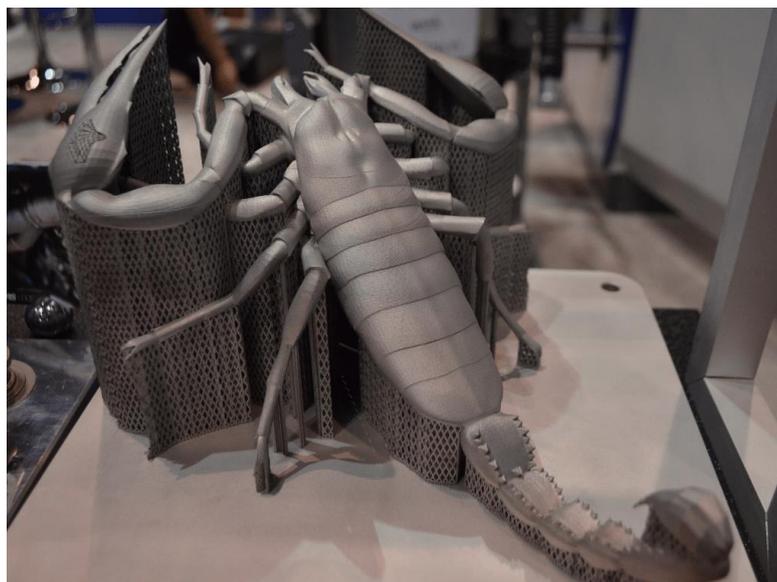


Imagen nº18; pieza impresa SLM.

2.3.4 Laminado

LOM "Laminated object manufacturing": Aunque se considera un proceso de fabricación aditiva ya que los materiales utilizados se colocan capa por capa, esta tecnología también incluye el corte, que es un elemento de los procesos de fabricación sustractiva.

Se utiliza con papel, papel de aluminio, vidrio y película plástica.

Los materiales están recubiertos con un adhesivo (material adhesivo) que une las capas.

Después de sujetar el material, se corta a la forma deseada con una cuchilla o láser.

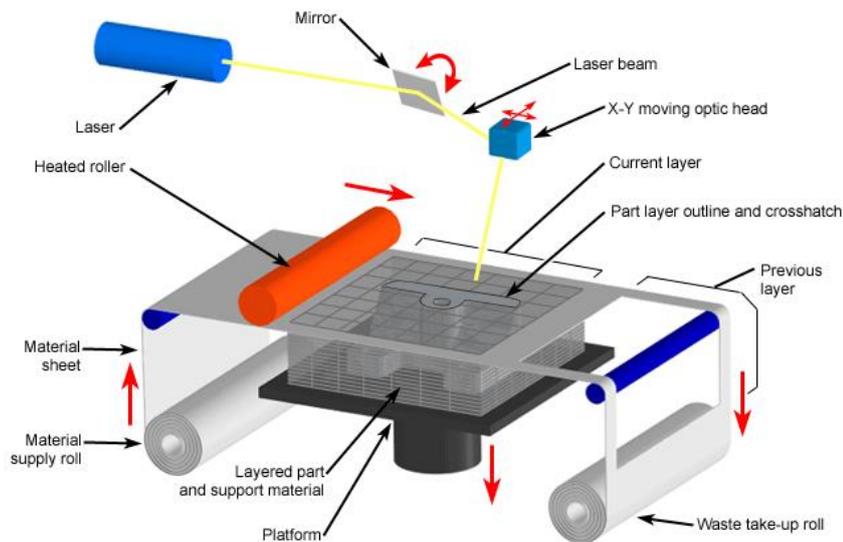


Imagen nº19; esquema impresora LOM.



Imagen nº20; pieza impresa LOM.

2.3.5 Fotoquímicos

SLA "Stereolithography": La impresión 3D polimerizada ligera implica el uso de fotopolímeros. Los fotopolímeros son polímeros que cambian sus propiedades cuando se exponen a la luz. En el caso de la estereolitografía (SLA), el polímero se endurece cuando se expone a la luz. La forma más común de luz utilizada es un láser UltraViolet (UV) aunque en las versiones más comerciales este laser se sustituye por una pantalla LCD que produce la luz UV. Se dice que estos polímeros que pueden manipularse utilizando la intensidad de la luz son curables (pueden manipularse) SLA es una de las formas más rápidas de impresión 3D y puede producir piezas y objetos fuertes, pero en el pasado no ha sido ampliamente adoptado entre los aficionados y las pequeñas empresas debido al alto costo de las impresoras. Ahora, con la revolución de la impresión 3D personal, los fabricantes y los emprendedores han estado mejorando la tecnología de manera específica para hacerla más rentable.



Imagen nº21; impresora SLA del tipo LCD.



Imagen nº22; piezas impresas SLA.

DLP “Digital Light Processing”: La impresión 3D a través del procesamiento digital de luz (DLP) es muy similar a SLA. La única diferencia real es que la SLA normalmente usa rayos UV u otra forma de láser, mientras que DLP usa la luz emitida por dispositivos como proyectores, específicamente proyectores DLP. Esencialmente, El uso de la combinación de una computadora para administrar una fuente de luz (las bombillas de xenón comúnmente utilizadas en proyectores de mayor calidad) puede considerarse DLP. Esto hace que DLP sea muy versátil, ya que hay muchos tipos de bombillas que producen luz de varias frecuencias / intensidades. Esta versatilidad y capacidad de usar proyectores DLP relativamente comunes hace que DLP sea mucho más rentable que el proceso SLA históricamente costoso. Cabe señalar que DLP también puede usar láser como fuente de luz, lo que, por supuesto, aumentaría el coste de la impresora 3D.

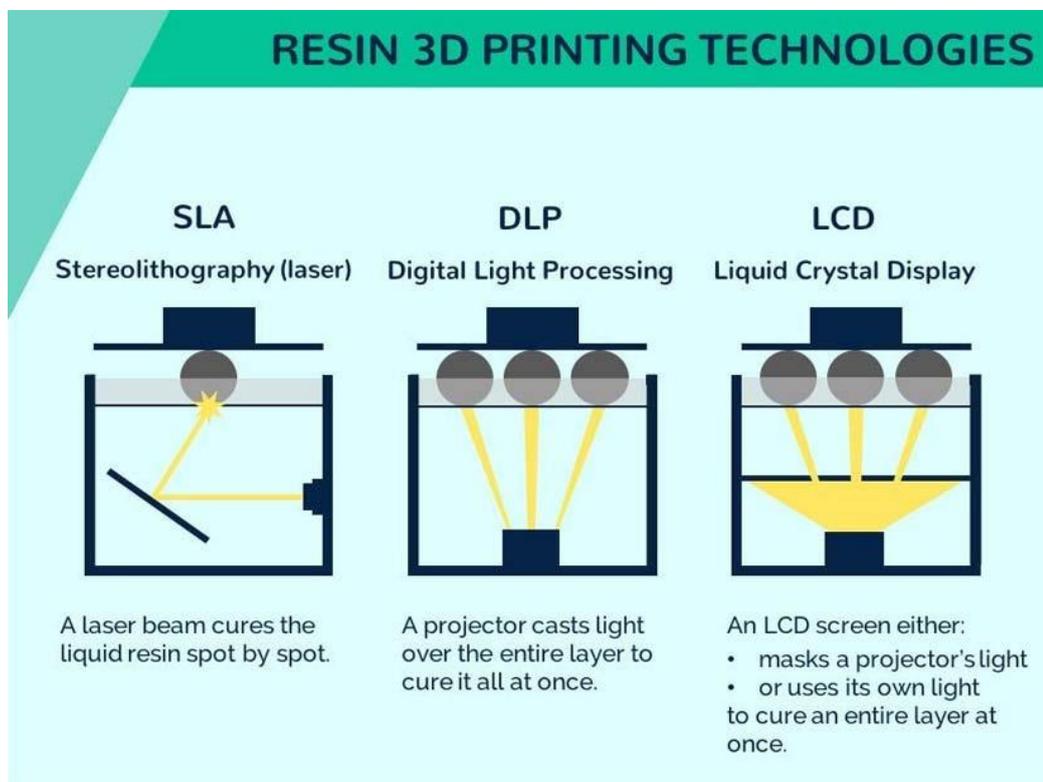


Imagen n°23; tipos de SLA según su fuente de luz.

SGS “Solid Ground Curing”: Es una tecnología de fabricación aditiva basada en fotopolímeros (o impresión 3D) utilizada para producir modelos, prototipos, patrones y piezas de producción, en la que la producción de la geometría de la capa se lleva a cabo por medios de una lámpara UV de alta potencia a través de una máscara. Como la base del curado en tierra sólida es la exposición de cada capa del modelo mediante una lámpara a través de una máscara, el tiempo de procesamiento para la generación de una capa es independiente de la complejidad de la capa. SGC fue desarrollado y comercializado por Cubital Ltd. de Israel en 1986 en el nombre alternativo de Solider System. Si bien el método ofreció una buena precisión y una tasa de fabricación muy alta, sufrió altos costos de adquisición y operación debido a la complejidad del sistema. Esto condujo a una pobre aceptación del mercado. Si bien la empresa aún existe, los sistemas ya no se venden. Sin embargo, sigue siendo un ejemplo interesante de las muchas tecnologías distintas de la estereolitografía, su proceso de creación rápida de prototipos anterior al uso de materiales fotopoliméricos. Aunque Objet Geometries Ltd. de Israel tiene la propiedad intelectual del proceso después del cierre de Cubital Ltd. en 2002, la tecnología ya no se produce.

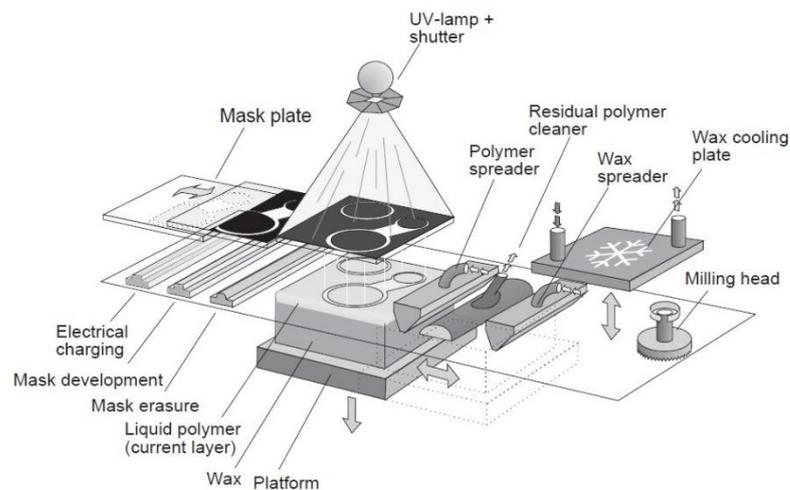


Imagen nº24; funcionamiento de la SGS.

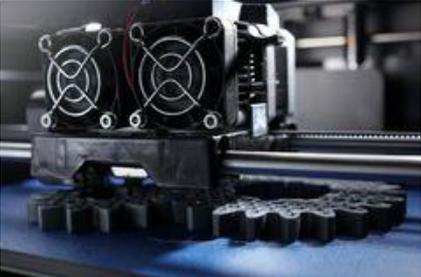
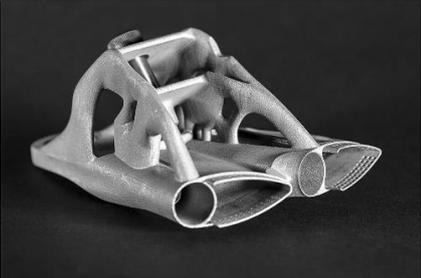
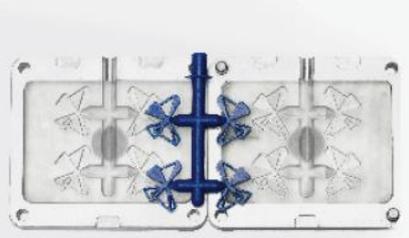
Tabla1: tecnologías de impresión 3D								
Siglas	Nombre	Materiales	Formato material	Calidad	Velocidad	Coste máquina	Ventajas	Inconvenientes
FDM (FFF)	Fused Deposition Modeling (Fused Filament Fabrication)	Una gran variedad de polímeros que pueden contener fibras de otros materiales como: fibra de carbono o viruta de hierro.	Filamento 1,75 mm.Ø 2,85 mm.Ø	10-50µm.	150-200 mm/s en eje XY	Desde 100€ las más comerciales a más de 10.000€ las más profesionales.	-Amplia gama de precios. -Bajo coste máquina. -Variedad de materiales. -Perfecta para piezas mecánicas.	-Capeado visible. -Lento respecto a otras tecnologías.
EBF ³	Electron-beam freeform fabrication	Principalmente metales.	Filamento metálico.	-	-	Descatalogado.	-Menor uso de material que el mecanizado convencional. -Baja necesidad de postprocesado.	-Técnica en desuso.
EBM	Electron-beam additive manufacturing	Metálicos.	Polvo de metal.	250µm.	-	Actualmente solo uso industrial.	-Trabajo directo en acero. -Posibilidad de un mecanizado posterior.	-Tecnología muy cara. -Baja precisión de las piezas.
SHS	Selective heat sintering	Termoplásticos.	Polvo termoplástico.	100µm.	10 mm / hora en eje Z.	Kit máquina, estación de limpieza y 12kg de material: 25.000€.	-Gran calidad. -Polvo reutilizable. -No necesita soportes.	-Alto coste. -Alto mantenimiento.

SLS	Selective laser sintering	Termoplásticos como PA y TPU.	Polvo termoplástico .	50µm.	20 cm ³ / hora.	Desde unos 5.000€ hasta más de 200.000€.	-Calidad final alta. -No necesita soportes.	-Alto coste respecto de otras tecnologías.
SLM	Selective Laser Melting	Aleaciones metálicas.	Polvo metálico.	20-100 µm.	1kg material/hora.	240.000€ aprox.	-Calidad final alta. -No necesita soportes.	-Solo uso industrial.
LOM	Laminated object manufacturing	Papel, Plástico o metal.	Laminado.	100µm.	-	Desde 4.500€ hasta 30.000€.	-Permite imprimir piezas en color. -Poca variedad de materiales.	-Alto coste respecto de otras tecnologías.
SLA *1	Stereolithography	Resina fotopolimerizable.	Líquido.	10-100 µm.	8 seg / capa.	Desde 200€ las más comerciales a más de 50.000€ las más profesionales.	-Acabado superficial casi perfecto. -Velocidad de trabajo. -Ruido reducido. -Perfecto para piezas finales o moldes.	-Poca variedad de materiales. -Resinas fuertes que requieren un cierto cuidado al manipularse.
DLP *1	Digital Light Processing	Resina fotopolimerizable.				Superior a 1000€.		
SGS *1	Solid Ground Curing	Resina fotopolimerizable				Descatalogado.		

*1: Estas tecnologías se basan en el mismo funcionamiento cambiando pequeñas diferencias.

2.4 Ejemplos de fabricación

En este apartado se pondrán ejemplos de uso de las tecnología más usadas y fáciles de acceder:

Tabla 2: ejemplos de fabricación		
Tipos de piezas	Tecnología	Ejemplo gráfico
Pieza mecánica sin necesidad de calidad superficial como, por ejemplo: un engranaje.	Tecnología FDM ya que permite una gran variedad de materiales poliméricos como el nylon y la fibra de carbono, si se tiene en cuenta la dirección de las capas la resistencia del material es muy elevado.	
Piezas metálicas con objetivo de realizar un postprocesado de mecanizado como, por ejemplo: una carcasa de una máquina.	Tecnología SLM ya que esta tecnología permite realizar piezas metálicas que prácticamente no se diferencian de las realizadas con un molde.	
Piezas con una necesidad de cierto nivel de elasticidad para, por ejemplo: un molde.	Tecnología FDM ya que, a pesar de que las capas se pueden realizar un molde elástico y que ciertos materiales incluso aguantan altas temperaturas.	
Pieza con gran acabado superficial con la idea de realizar un molde de varios usos de esta para realizar copias en otros materiales.	Tecnología SLA ya que se permite un acabado perfecto muy similar a una pieza inyectada por lo que los moldes también permiten esa calidad.	
Piezas para moldes desechables y removibles.	Las tecnologías tanto SLA como FDM permite crear piezas en materiales castables por lo que al introducirse en un horno a cierta temperatura la pieza se desintegra dejando el molde.	

3 MATERIALES

“Tablas 3: características de los materiales”

3.1 Filamentos

3.1.1 Introducción

En este apartado repasaremos los materiales más usados tanto en forma de filamento como en forma de resina.

Se repasarán solo filamentos y resinas porque son las más usadas, económicas y fáciles de obtener.

3.1.2 PLA

El ácido poliláctico o poliácido láctico (PLA) es un polímero constituido por elementos similares al ácido láctico, con propiedades semejantes a las del tereftalato de polietileno (PET) que se utiliza para hacer envases, pero que además puede ser biodegradable bajo ciertas condiciones a temperaturas del orden de 60 °C. Se puede degradar en agua y óxido de carbono. Los PLAs se producen mediante por polimerización por apertura de los anillos de lactidas.

Es un termoplástico cuyos materiales de base se obtienen a partir de almidón de maíz, de yuca, mandioca o de caña de azúcar.

Se utiliza ampliamente en la impresión 3D en el proceso denominado modelado por deposición fundida (FDM).

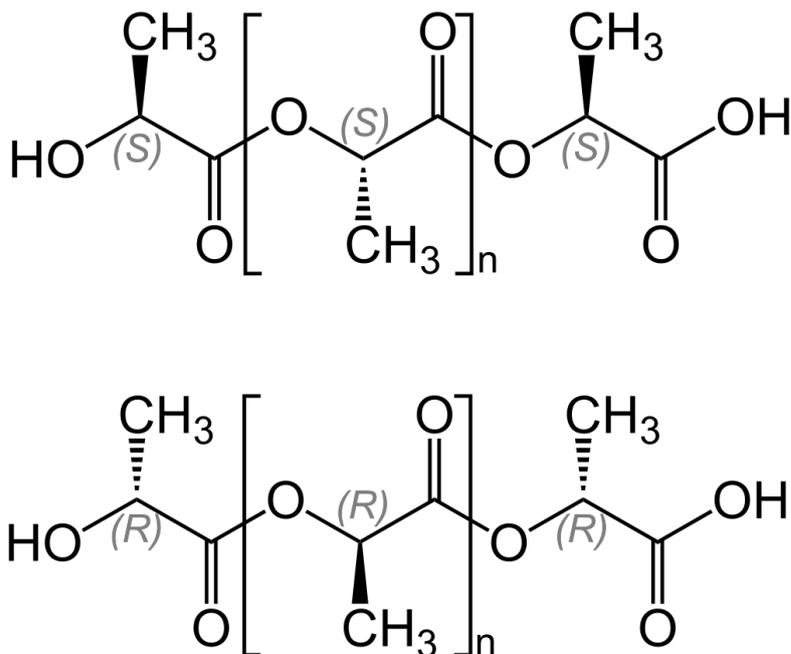


Imagen nº25; la unidad estructural del polímero PLA.

PLA básico: El filamento PLA Basic es un filamento fabricado en Europa para impresoras 3D. Las bobinas de 1 kg de PLA Basic son compatibles con múltiples tipos de impresoras 3D. El PLA es un plástico biodegradable que se obtiene de recursos naturales, en concreto se obtiene a partir del almidón extraído del maíz,

El PLA Basic es uno de los materiales más utilizados en impresión 3D hoy debido a que no desprende gases nocivos y a que no es necesario tener una impresora 3D con cama base caliente lo que hace que sea muy sencillo imprimir con él. El filamento PLA Basic es el material más fácil de imprimir en las impresoras 3D de Tecnología FDM/FFF. Con este filamento PLA Basic obtendrás figuras más brillantes que usando el filamento ABS y al mismo tiempo las figuras serán rígidas y resistentes. Además, el filamento PLA Basic es un polímero permanente e inodoro. La temperatura de extrusión para imprimir con este plástico PLA Basic tiene que estar entre 190 y 220 °C. En la pestaña consejos de uso encontrarás más información interesante para obtener unos resultados óptimos usando filamento PLA Basic en tu impresora 3D.

No se puede taladrar, pintar o lijar como el ABS, pero es un plástico más estable y fácil de imprimir que este. Si se desean obtener acabados superficiales extraordinarios en el PLA Basic se recomienda la utilización del recubrimiento específicamente diseñado para impresión 3D.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	190-220°C
Temperatura de base/cama	20-60°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ASTM D256)	118 J/m
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ASTM D638)	3.31 %
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	50 MPa
Módulo de tracción (ASTM D638)	2315 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM E2092)	80-90°C
Temperatura de fusión	175°C

PLA Smartfil: El filamento PLA Smartfil es el material más fácil de imprimir en las impresoras 3D de Tecnología FDM/FFF. Con este filamento PLA Smartfil figuras más brillantes y suaves que usando el filamento ABS y al mismo tiempo las figuras serán rígidas y resistentes, además las piezas impresas con PLA se comportan mejor con los ángulos y no necesitan cama caliente.

El filamento PLA Smartfil está fabricado con PLA de gran calidad, sin material reciclado y totalmente estabilizado con una variabilidad en diámetro de ± 0.03 mm que no produce warping y con el cuál se obtiene una excelente resolución en la impresión. Con este PLA Smartfil negro podrás imprimir a una mayor velocidad de impresión que con otros filamentos PLA básicos obteniendo un mejor acabado superficial.

Además, el filamento PLA Smartfil es un polímero permanente e inodoro. La temperatura de extrusión para imprimir con este plástico PLA Smartfil negro tiene que estar entre 200 y 220°C.

No se puede taladrar, pintar o lijar como el ABS, pero es un plástico más estable y fácil de imprimir que este. Si se desean obtener acabados superficiales extraordinarios en el PLA Smartfil se recomienda la utilización del recubrimiento específicamente diseñado para impresión 3D.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	190-220°C
Temperatura de base/cama	20-60°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ASTM D256)	20 KJ/m ²
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ASTM D702)	6%
Resistencia a la tracción (ASTM D702)	53 MPa
Módulo de tracción (ASTM D638)	3309 MPa
Resistencia a la flexión (D790)	83 MPa
Módulo de flexión (D790)	3800 MPa
Dureza superficial (ISO 2019-1)	Rockwell 85
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (D3418)	55-60°C
Temperatura de fusión	175°C

PLA Premium: Este filamento PLA se trata de un filamento PREMIUM debido a los altos estándares de calidad en los que es fabricado. Es fabricado por una empresa europea (República Checa) que destaca por la gran experiencia en el sector de la extrusión de plásticos para industria automotriz, química y del envasado, destacando por la fuerte apuesta por la investigación y desarrollo de nuevos productos. Este es el caso de los filamentos para impresión 3D Premium Fillamentum.

El filamento PLA Premium es fabricado mediante un estricto control a lo largo de todo el proceso de fabricación. Este filamento PLA Premium garantiza una alta precisión de las dimensiones como son una tolerancia de diámetro de ± 0.05 mm, con una excelente redondez y sin ningún tipo de impurezas químicas que produzcan mala viscosidad del filamento. Esto se consigue, además de realizando un estricto control en todo el proceso de fabricación, utilizando una materia prima con la máxima pureza. Además, se ofrecen una gran variedad de colores según su referencia RAL y Pantone de los filamentos de PLA Premium. Al establecer unos altos estándares de calidad se garantiza que en ningún momento habrá variaciones de color por lo que nunca tendrás problemas de calidad en las piezas impresas en series largas en tu impresora 3D.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	190-210°C
Temperatura de base/cama	40-50°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión recomendada	30-40 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ASTM D256)	16 J/m
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ASTM D702)	6%
Resistencia a la tracción (ASTM D702)	53 MPa
Módulo de tracción (ASTM D702)	3600 MPa
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	83 MPa
Módulo de flexión (ASTM D790)	3800 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM E2092)	55-60°C
Temperatura de fusión	145-160°C

HTPLA Cobre, Latón o Bronce: El HTPLA Cobre, Latón o Bronce está compuesto por un polímero (PLA) y polvo de cobre, latón o bronce, compatible con cualquier impresora 3D de escritorio FDM/FFF.

El polvo de cobre, latón o bronce por un lado ofrece más resistencia al filamento que el PLA estándar y por otro da un aspecto y una densidad similar al metal de cobre, latón o bronce.

La cantidad de cobre, latón o bronce que contiene este material es suficiente para aplicaciones de transmisión y disipación de calor, piezas resistentes o piezas con un acabado que necesiten simular al cobre en cualquiera de sus estados (brillante, oxidado, antiguo...). Pero este porcentaje de cobre no es suficiente para que sea conductor de la electricidad. En el caso de buscar un filamento conductor de electricidad se deberá elegir el filamento PLA Conductivo o el filamento de Grafeno.

Una vez impresa la pieza se puede optar por una infinidad de acabados diferenciados. A continuación, se muestran algunas de las técnicas de Post-Procesado para este material:

- Aplicar un tratamiento térmico a la pieza para que sea más resistente a ambientes más duros y más resistente al desgaste.
- Con un cepillo de alambre exponer el metal para que se oxide o conseguir un acabado brillante y satinado.
- Tratar la superficie con lana de acero para una apariencia oscura, pero a la vez lisa y brillante.
- Pintar las zonas más profundas con un color oscuro para resaltar el contraste de colores.
- Pulir con una máquina rotativa con punta de algodón y un compuesto de pulido las zonas altas para conseguir un alto brillo.
- Pulir con el papel de lija para obtener un acabado superficial liso, brillante y con un tono claro.
- Pátina (oxidar) de forma natural o de forma acelerada con peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) y sal (50/50). Para que el proceso sea aún más rápido se puede aplicar calor.

El tratamiento térmico refuerza la estructura del HTPLA Cobre, Latón o Bronce, dándole mayor resistencia a la deformación ante altas temperaturas, manteniendo la forma hasta los 170°C. El proceso de templado es muy sencillo, simplemente se necesita un horno doméstico a una temperatura de 110°C e introducir la pieza unos 10 minutos, debiendo adecuar el tiempo en función del tamaño de la pieza, cuanto mayor sea, mayor debe ser el tiempo del templado.

El filamento HTPLA Cobre, Latón o Bronce tiene una infinidad de aplicaciones, entre las que se encuentran:

- Piezas con apariencia similar al ladrillo o a la arcilla (Terracota).
- Accesorios y hardware.
- Simulación de pomos y botones antiguos.
- Intercambiadores y disipadores de calor.
- Elementos de bellas artes y esculturas.
- Emblemas y trofeos.
- Joyas como anillos, colgantes o pulseras.
- Piezas de juegos o réplicas de figuras antiguas.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	185-215°C
Temperatura de base/cama	30-60°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	20-80 mm/s
Diámetro de boquilla/nozzle	>0.5 mm (Acero endurecido o Olsson Ruby)
Espesor de capa	>0.15 mm
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	55°C
Temperatura de fusión	150°C

PLA Conductivo: El filamento PLA conductivo está compuesto por un polímero (PLA), un dispersante y por carbono conductivo. Es un material bastante flexible y compatible con cualquier impresora 3D de escritorio FDM/FFF.

El Filamento PLA conductivo es factible para controlar cualquier elemento a través de una resistencia de 1Kohm. El filamento PLA conductivo Proto-Pasta es más flexible que el PLA y presenta una menor adhesión entre capas. Además, presenta una temperatura de ablandamiento similar al PLA (En torno a los 50°C). En cuanto a su rigidez es baja; se puede considerar un material semiflexible (Se produce fractura al doblar las piezas repetidas veces). En caso de querer imprimir con doble cabezal se recomienda utilizarlo juntamente con el PLA.

Las principales características del filamento PLA conductivo son:

- Resistividad volumétrica del filamento antes de ser fundido: 15 ohm- cm
- Resistividad volumétrica de partes impresas perpendicular a las capas: 30 ohm- cm
- Resistividad de volumen de partes impresas a través de capas (a lo largo del eje Z): 115 ohm-cm
- Resistencia de una longitud de 10 cm de filamento 1.75mm: 1.8Kohm
- Resistencia de una longitud de 10 cm de filamento de 2,85mm: 0,6Kohm.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	185-215°C
Temperatura de base/cama	30-60°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	20-80 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	55°C
Temperatura de fusión	150°C

PLA Fibra de Carbono: El filamento de Fibra de Carbono está compuesto por un polímero (PLA) y por recortes de fibras de carbono (15 %). Estas incrustaciones de fibra de carbono logran un filamento PLA mucho más rígido. Esta mayor rigidez se logra a costa de una menor flexibilidad que convierte a este material ideal para realizar piezas que no está previsto que se doblen como pueden ser soportes, herramientas, hélices o carcasas de drones o similares.

Esta rigidez del filamento de Fibra de Carbono proporciona una excelente resistencia estructural y una buena adhesión entre capas con muy baja distorsión. En cuanto al acabado de este filamento, destaca su acabado negro mate con un ligero brillo debido a las fibras de carbono incrustadas. Los recortes de fibra de carbono son procesadas con un tamaño lo suficientemente pequeño para no causar obstrucciones en las boquillas, pero lo suficientemente grandes para proporcionar la rigidez. Se han realizado pruebas de éxito con boquillas de 0.5 mm y con cabeza de accionamiento directo.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	185-215°C
Temperatura de base/cama	30-60°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	20-80 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	55°C
Temperatura de fusión	150°C

PLA Acero Inoxidable: El filamento de Acero inoxidable está compuesto por un polímero (PLA) y filamento molido de acero inoxidable pulverizado. Este pulverizado de acero inoxidable no le ofrece más resistencia al filamento que el PLA estándar, simplemente ofrece un aspecto y una densidad más parecida al acero inoxidable.

Aunque el filamento contenga polvo de acero no es suficiente la cantidad de este para que este filamento sea conductor de electricidad. En el caso de buscar un filamento conductor se deberá elegir el filamento PLA Conductor o Grafeno.

Una vez impresa la pieza se puede optar por dos acabados diferenciados. Se puede optar por pulir o cepillar la pieza para un acabado metálico brillante o bien no tratar la pieza para tener un aspecto de metal fundido. A continuación, se muestran las distintas técnicas de Post-Procesado:

- Cepillado: Se deberá frotar la pieza con un cepillo de alambre rígido para conseguir brillo, pero sin eliminar las líneas de la impresión.
- Roca pulidora: Es la técnica recomendada para piezas pequeñas. Se pueden utilizar materiales abrasivos para conseguir distintos acabados.
- Pulido de ruedas: Se consigue un buen brillo y además se eliminan las líneas de capa. Es preciso disponer de esta rueda con capas de tela suave, unida a una amoladora de banco o a un taladro.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	185-215°C
Temperatura de base/cama	30-60°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	20-80 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	55°C
Temperatura de fusión	150°C

PLA Magnético: El filamento de PLA magnético está compuesto por un polímero (PLA) y polvo de hierro finamente pulverizado. Este filamento responde a los imanes y se comporta de manera similar al hierro puro, incluso hasta el punto de llegar a la oxidación.

El filamento PLA magnético abre un gran abanico de aplicaciones como son en accesorios de moda y simulación de piezas metálicas. El hierro se define como “magnético”, aunque exactamente es ferromagnético. Esto significa que es atraído por los campos magnéticos. Por tanto, los imanes se adhieren a él. Por esta razón se debe tener en cuenta que los imanes se pegarán a las piezas realizadas con el filamento PLA magnético. Las piezas impresas con este filamento no funcionarán como imanes.

Este filamento permite añadir beneficios adicionales de magnetismo en el diseño de piezas y se puede combinar con filamento PLA estándar, aplicando solamente el filamento PLA magnético en las partes que interese. Teóricamente se podrían magnetizar las piezas finas realizadas con el filamento PLA conductivo frotándolas entre 10 y 100 veces en todo el lado positivo de un gran imán. La pieza tendería a permanecer magnetizada hasta cierto punto después de haber sido sometida a un campo magnético externo debido a un proceso llamado histéresis. Para obtener un magnetismo permanente se requeriría del uso de una bobina electromagnética (de alrededor de 2 Teslas), pero este proceso derretiría la pieza por lo que no se puede realizar.

Este filamento PLA magnético tiene una resistencia un poco menor a la del PLA estándar. El hierro es fundido muy fino por lo que no aumenta la resistencia del filamento ni tampoco es un filamento conductor de electricidad. Para obtener un acabado de hierro oxidado simplemente se debe lijar ligeramente la superficie de impresión con un cepillo de alambre para exponer mayor cantidad de partículas de hierro al aire y luego se debe sumergir la pieza en una solución salada durante 2 o 3 días.

El filamento PLA magnético tiene una mayor densidad que un PLA estándar. A modo de ejemplo; 125 gr de filamento PLA magnético contiene alrededor de 25 metros de filamento, frente a los casi 50 metros que contendrían 125 gr de un PLA estándar.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	185-215°C
Temperatura de base/cama	30-60°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	20-80 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	55°C
Temperatura de fusión	150°C

PLA Ferro-Magnético: El filamento Ferro-magnético se trata de un compuesto de PLA con hierro que se atrae a los campos magnéticos. Es por tanto fuertemente atraído por los imanes. [Se recomiendan los imanes de Neodimio de Boro de Hierro (NdFeB) o Samarium Cobalt (SmCo) para obtener los mejores resultados].

Es un material fabricado por Graphene 3D Lab y está diseñado específicamente para permitir a cualquier usuario de impresión 3D con casi cualquier impresora 3D de escritorio del mercado realizar componentes ferromagnéticos.

Este filamento PLA Ferro-magnético tiene una baja probabilidad de que se oxide. El filamento PLA ferro-magnético se comporta de forma similar si bien alcanza la oxidación de forma más fácil al ser sumergido en agua salada durante unas horas.

El filamento PLA Magnético abre una gran campo de aplicaciones en la impresión 3D como pueden ser sensores magnéticos y actuadores, agitadores magnéticos, y simulación de piezas de hierro fundido. Además de las numerosas aplicaciones industriales de este filamento, también destaca el potencial de este en el ámbito educativo.

El acabado de las piezas impresas es de color negro al contrario que el de las piezas del filamento Magnético de Proto-Pasta que tienen un acabado más grisáceo. Además, en cuanto al post-procesado se pueden lijar las piezas para dejar un acabado liso o por el contrario se puede dejar un acabado áspero.

Es muy importante tener en cuenta que el hierro es fundido muy fino por lo que no aumenta la resistencia del filamento ni tampoco es un filamento conductivo de electricidad.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	215-225°C
Temperatura de base/cama	60°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	40 mm/s
Multiplicador extrusión	0.9 - 0.95
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	-
Temperatura de fusión	-

PLA SOFT-Flexible: El filamento PLA Soft-Flexible se trata de un filamento flexible con unas propiedades de goma duradera. Es útil para realizar piezas que necesiten ser flexibles, que no se rompan al doblarse (resistente) y además ser duraderas.

El PLA estándar es muy rígido y no se dobla bien, por el contrario, el PLA Soft-Flexible es flexible lo que lo hace resistente a los impactos y adecuado para muchas aplicaciones industriales y domésticas. El PLA Soft-Flexible junto con los filamentos flexibles es uno de los materiales más utilizados para obtener piezas flexibles. La principal diferencia del PLA Soft-Flexible frente a otros filamentos flexibles es su conocida resistencia y durabilidad. Los filamentos flexibles tienen una dureza shore de 85A; en cambio el filamento PLA Soft-Flexible es un poco más firme y tiene una dureza Shore A92.

El PLA Soft-Flexible se imprime parecido al PLA estándar. La principal diferencia de impresión es que se debe imprimir a menos velocidad que con el PLA estándar para obtener buenos resultados, así como una mayor temperatura de cama. La textura del PLA Soft-Flexible es como goma o TPE (elastómero termoplástico) y un acabado blanco puro. Este filamento es un bioplástico hecho a partir de recursos renovables como el maíz. Es biodegradable y tiene una huella de carbono de la mitad del resto de materiales de impresión 3D tradicionales.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	215-230°C
Temperatura de base/cama	90-100°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	10-30 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	300%
Resistencia a la tracción	17 MPa
Módulo de tracción	390 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	Shore 92A
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	90°C
Temperatura de fusión	160°C

PLA 3D850 Natural: El filamento para impresión 3D PLA 3D850 Natural ha sido diseñado a partir de resina biodegradable procedente de la formulación "Ingeo™ PLA3D850" de la prestigiosa compañía de aplicaciones de impresión 3D NatureWorks.

Este filamento PLA 3D850 tiene una muy baja contracción térmica, por lo que es ideal para imprimir piezas con una alta resolución y además con unas mejores propiedades mecánicas y térmicas que un PLA normal. (El PLA 3D850 soporta hasta los 85°C, frente a los 55°C de un PLA normal).

Además, destaca por su elevada velocidad de cristalización, por lo que debido a esto es posible aumentar hasta en más de un 50% la velocidad de impresión con respecto a otros materiales.

Esta propiedad también permite la impresión de piezas de muy elevada resolución y complejidad en las que sea importante resaltar hasta el más mínimo detalle. Esto evita deformaciones en las piezas y es útil para la impresión de puentes y voladizos sin necesidad de soportes. Debido a sus elevadas propiedades mecánicas de impacto, flexión y tracción (similares a las del ABS H.I), se pueden obtener piezas de una gran resistencia. Es decir, podemos obtener piezas con características de un ABS mejorado, pero con un PLA biodegradable y fácil de imprimir ya que no es necesario disponer de una impresora 3D con cama caliente.

Existe otro filamentos PLA especialmente aditivado para obtener propiedades similares al ABS en cuanto a resistencia térmica como es el PLA-90, el cuál resiste aproximadamente hasta los 100°C. Por este motivo, ambos filamentos son muy útiles para muchos usuarios de impresión 3D que no pueden imprimir en ABS o HIPS debido a que tienen ubicada la impresora 3D en un recinto cerrado donde los olores pueden ser molestos y nocivos.

El filamento PLA 3D850 Natural Smartfil (1,75mm o 2,85 mm) está fabricado con PLA de gran calidad, sin material reciclado y totalmente estabilizado con una variabilidad en diámetro de ± 0.03 mm que no produce warping y con el cuál se obtiene una excelente resolución en la impresión. Con este PLA 3D850 Natural Smartfil podrás imprimir a una mayor velocidad de impresión (Hasta un 50% más) que con otros filamentos PLA obteniendo un mejor acabado superficial.

El filamento PLA 3D850 Natural (1,75mm o 2,85mm) es un polímero permanente e inodoro. La temperatura de extrusión para imprimir con este plástico PLA 3D850 Natural tiene que estar entre 200 y 220°C. Con este filamento PLA 3D850 podrás imprimir fácilmente ya que no es necesario disponer de un impresora 3D con base caliente y además presenta una contracción térmica muy baja. En la pestaña consejos de uso encontrarás más información interesante para obtener unos resultados óptimos usando filamento PLA 3D850 Natural en tu impresora 3D.

Este filamento PLA 3D850 se parece al ABS también debido a que es más fácil de taladrar, pintar o lijar, al contrario que los PLA normales. Si se desean obtener acabados superficiales extraordinarios en el PLA 3D850 (1,75mm o 2,85 mm), se recomienda la utilización del recubrimiento específicamente diseñado para impresión 3D que podrás encontrar en la categoría de accesorios llamado XTC-3D.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	190-230°C
Temperatura de base/cama	20-60°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ASTM D256)	20 KJ/m ²
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción (ASTM D882)	65.5 MPa
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	126 MPa
Módulo de flexión (ASTM D790)	4357 MPa
Dureza superficial (ISO 2019-1)	70 MPa
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 75)	85°C
Temperatura de fusión	-

PolyMax PLA: El Polymax PLA es el PLA más potente del mercado actualmente gracias a que reúne las cualidades de la fácil impresión con cualquier impresora 3D (FFF/FDM) del mercado con características mecánicas superiores al ABS. Con la creación de este material, Polymaker ha conseguido superar a otros materiales comunes de la impresión 3D (PLA y ABS) con una resistencia al impacto superior en comparación a otros PLA y mejores propiedades mecánicas totales que el ABS. Es tal su resistencia al impacto, que llega a ser 9 veces más resistente que otros PLA regulares y un 20% superior al ABS.

Otro aspecto que sobresale es la garantía que ofrece a la hora de imprimir piezas de gran tamaño sin producirse deformaciones (ni warping ni cracking), incluso sin base caliente o en una impresora que no sea cerrada.

Gracias a la tecnología patentada "Jam-Free" de Polymaker, este material mejora considerablemente la estabilidad térmica aumentando la temperatura de reblandecimiento y así ser un filamento "Libre de Atascos".

PolyMaker para mantener su alto nivel en los filamentos para la impresión 3D, garantiza la calidad de sus productos y en este caso en particular la del filamento Polymax PLA, realizando hasta ocho controles con un alto nivel de exigencia para garantizar impresiones 3D sencillas, fiables y precisas a los usuarios de impresión 3D. Además, todas las bobinas de este material son secadas antes de empaquetarse en una bolsa reutilizables, que es introducida en una caja de gran calidad y dureza para mantener intacto el filamento. Gracias a la bolsa reutilizable mencionada anterior mente, los usuarios pueden guardar el Polymax PLA en ella cuando no la estén utilizando y así asegurarse de que el material conserva intactas todas sus cualidades. En el exterior de la caja se muestra la información general del producto: color, diámetro, cantidad del filamento y las temperaturas recomendadas de impresión. Las bobinas de PolyMax PLA presentan unas marcas calibradas que indican la cantidad aproximada que queda de filamento, algo de gran ayuda para saber si la cantidad que se dispone de material es suficiente para la siguiente impresión 3D.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	190-230°C
Temperatura de base/cama	25-60°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	60 mm/s
Separación de Raft	0.2 mm
Retracción	1 mm
Velocidad de retracción	20 mm/s
Máximo ángulo de fabricación voladizo	45°
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy (ASTM D256)	12.2 kJ/m ²
Alargamiento a la rotura (ASTM D638)	1.4%
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	28.1 MPa
Módulo de tracción (ASTM D638)	1879 MPa
Resistencia a la flexión (ASTMD790)	48 MPa
Módulo de flexión (ASTMD790)	2119 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM D1525)	62°C
Temperatura de fusión	149°C

PLACTIVE AN1 Copper3D - Antibacteriano: Copper3D es una empresa chilena nacida por la unión de ingenieros, fisioterapeutas y médicos para solucionar los problemas dérmicos que sufren pacientes que utilizan prótesis. Más del 40% de los amputados y también muchos otros pacientes que utilizan prótesis, sufren algún trastorno dérmico debido a la alta carga bacteriana que presentan estos productos médicos en contacto con la piel, que derivan en dermatitis, foliculitis, infecciones fúngicas y más. Este problema es debido a que los materiales empleados en dispositivos médicos son difíciles de mantener limpios y esterilizados. Para cubrir esta cadencia, Copper3D ha desarrollado un nuevo polímero para impresión 3D con un aditivo que contiene nanopartículas de cobre, altamente efectivas para eliminar hongos, virus y bacterias, pero seguro para los humanos en las concentraciones correctas.

PLACTIVE AN1 es un nuevo nanocompuesto formado por PLA de alta calidad y un aditivo de nanopartículas de cobre (1-2%) con las avanzadas propiedades que se muestran a continuación:

- La acción antibacteriana consigue eliminar el 99.9% de los hongos, virus y una gran gama de microorganismos.
- Se han conseguido excelentes resultados en prótesis para amputados, aplicaciones médicas donde es esencial la eliminación de bacterias, como prótesis postoperatorias, equipos quirúrgicos y otras aplicaciones. Cuenta con las certificaciones ISO 10993-5:2009 (sin potencial citotóxico), ISO 10993-10:2010 (no irritación de piel y no reactividad intercutánea) e ISO 10993-12:2012 (evaluación biológica de equipos médicos).
- Este material mantiene las propiedades mecánicas del PLA.
- Presenta características de termo conformado que facilitan el post-procesado de las piezas realizadas.
- Este filamento es respetuoso con el medio ambiente y no produce residuos tóxicos.
- PLACTIVE podría ser esterilizado con UCV, ozono, Ethox o lejía; pero no con calor seco o húmedo (autoclave) a causa del reblandecimiento del PLA a 55°C (no el aditivo, que permanece estable hasta 990°C).

Para mostrar al mundo el poder del PLACTIVE AN1, Copper3D ha enviado muestras de su producto a dos laboratorios de microbiología. Ambas instituciones confirman que las Unidades de Formación de Colonias (CFU) de *Staphylococcus aureus* MRSA y *Escherichia coli* DH5 α , descienden drásticamente durante las 6 primeras horas de exposición al PLACTIVE (>95%), eliminando también cepas bacterianas hasta el 98% en las 8 primeras horas y el 99.99% a partir de las 24 horas.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	190-210°C
Temperatura de base/cama	0-60°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	40-50 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ASTM D256)	16 J/m
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ASTM D702)	6%
Resistencia a la tracción (ASTM D702)	53 MPa
Módulo de tracción (ASTM D702)	3600 MPa
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	83 MPa
Módulo de flexión (ASTM D790)	3800 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASIM E2092)	55°C
Temperatura de fusión (ASIM D3418)	145-160°C

HR-PLA 3D870: El PLA 3D870 es un material que presenta unas características generales altas, comparables al ABS y en algún aspecto incluso superiores, pero manteniendo la facilidad para ser impreso que tiene un PLA convencional.

El PLA 3D870 está basado en el material desarrollado por NatureWorks Ingeo, uno de los PLA más potentes y utilizados en el mundo para la impresión 3D. Este PLA resalta por encima de otros por tener una temperatura de reblandecimiento similar al ABS, por la alta resistencia al impacto y por el aumento de sus propiedades mecánicas al ser templado. El templado es un proceso que se realiza después de realizar la impresión 3D, en el cual se produce la transformación de la estructura molecular del PLA de amorfa a cristalina. En estado amorfo, el material tiene una estructura desordenada e irregular la cual puede provocar una serie de puntos débiles propensos a generar fallos y roturas. En cambio, en estado cristalino, el PLA 3D870 se recompone en una forma más ordenada, obteniendo así un material más estable y liso a nivel microscópico. Esta forma molecular cristalina también ayuda al material a conseguir una resistencia al impacto muy elevada en comparación al resto de PLA y mucho mayor al del ABS, siendo así un material adecuado para ciertas piezas de aplicación industrial.

La técnica del templado no suele ser muy eficaz en muchos plásticos, en la mayoría provoca una disminución de las propiedades físicas, mecánicas o directamente se funde, pero al PLA 3D870 no le ocurre eso. Después del templado la temperatura de reblandecimiento, que es uno de los puntos débiles de los PLA por tener un valor bajo ($\approx 55^{\circ}\text{C}$), aumenta hasta los 85°C llegando a ser una temperatura muy próxima al del ABS. Otra propiedad que aumenta mucho su valor es la resistencia al impacto, siendo el doble que en estado amorfo y 5 veces más resistente que el ABS. En las siguientes gráficas se compara al PLA 3D870 con el ABS y un PLA convencional tanto en estado amorfo como en estado cristalino.

El templado necesario para fortalecer a este material se realiza de forma sencilla con cualquier horno doméstico, no es necesario ningún horno, aparato ni herramienta especial o profesional para hacer este post-procesado. Todos los pasos para ejecutar este proceso están explicados en el apartado de consejos de uso.

A mayores de todo lo mencionado anteriormente, el PLA 3D870 tiene otra ventaja en relación con su tonalidad, es resistente a la pérdida de color ante los rayos UV y a volverse amarillento con el paso del tiempo. Hasta la aparición de este material sólo el ASA mantenía su tonalidad ante los rayos UV.

No se puede taladrar, pintar o lijar como el ABS, pero es un plástico más estable y fácil de imprimir que este. Si se desean obtener acabados superficiales extraordinarios en el HR-PLA 3D870 (1,75mm o 2,85mm) se recomienda la utilización del recubrimiento específicamente diseñado para impresión 3D que podrás encontrar en la categoría de accesorios llamado XTC-3D. Para obtener mayores rendimientos de impresión 3D es aconsejable recubrir la cama de la impresora con Magigoo, Blue Tape, BuildTak, o con 3DLac que puedes encontrar en los accesorios de la tienda.

Como todos los plásticos PLA, el PLA 3D870 es un material biodegradable que se obtiene de recursos naturales, en concreto se obtiene a partir del almidón extraído del maíz, la remolacha y del trigo.

Como conclusión, el PLA 3D870 es uno de los materiales más potentes para todo tipo de usuarios de impresoras 3D, tanto por sus características mecánicas como por la facilidad de impresión que presenta.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	205-225°C
Temperatura de base/cama	20-60°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	223 J/m
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	40 MPa
Módulo de tracción (ASTM D638)	2865 MPa
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	73 MPa
Módulo de flexión (ASTM D790)	2414 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	85°C
Temperatura de fusión	120°C

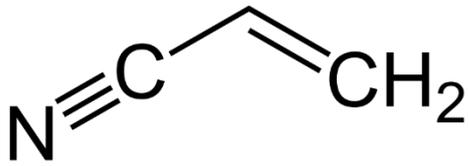
Resumen:

Nombre	Resumen
PLA básico	Con el filamento PLA Basic conseguirás imprimir piezas con formas complejas de forma fácil.
PLA Smartfil	Con PLA Smartfil obtendrás figuras más brillantes que usando ABS, rígidas y resistentes.
PLA Premium	Filamento PLA de muy alta calidad fabricado en Europa por Fillamentum.
HTPLA Cobre, Latón o Bronce	Filamento compuesto por PLA y polvo de cobre, latón o bronce ideal para imprimir disipadores de calor y acabados cobre, latón o bronce.
PLA Conductivo	Ideal para ser utilizado en circuitos de baja tensión, en robótica y en electrónica.
PLA Fibra de Carbono	Compuesto por recortes de fibras de carbono que proporcionan una excelente resistencia estructural.
PLA Acero Inoxidable	Filamento que ofrece un aspecto y una densidad más parecida al acero inoxidable.
PLA Magnético	Este filamento responde a los imanes y se comporta de manera similar al hierro puro.
PLA Ferro-Magnético	El filamento Ferro-magnético se trata de un compuesto de PLA con hierro que se atrae a los campos magnéticos.
PLA SOFT-Flexible	Se trata de un filamento flexible con unas propiedades de goma duradera.
PLA 3D850 Natural	Filamento PLA avanzado que destaca por su alta resolución de impresión y sus propiedades mecánicas.
PolyMax PLA	Material con propiedades mecánicas y acabado superficial de alta calidad, con elevada resistencia al impacto.
PLACTIVE AN1 - Copper3D Antibacteriano	Formado por PLA y un aditivo de nanopartículas de cobre, con avanzadas propiedades antibacterianas.
HR-PLA 3D870	Material con características similares al ABS y la facilidad de impresión de un PLA convencional.

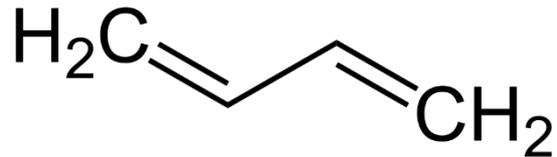
3.1.3 ABS

El acrilonitrilo butadieno estireno o ABS es un plástico muy resistente al impacto (golpes) muy utilizado en automoción y otros usos tanto industriales como domésticos. Es un termoplástico amorfo.

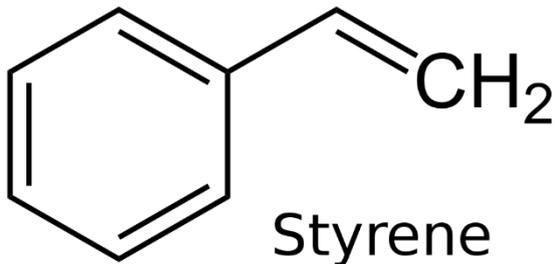
Se le llama plástico de ingeniería o plástico de alta ingeniería de debido a que es un plástico cuya elaboración y procesamiento es más complejo que los plásticos comunes, como son las polioleofinas (polietileno, polipropileno).



Acrylonitrile



1,3-Butadiene



Styrene

Imagen nº26; la unidad estructural del polímero ABS.

ABS Basic: El filamento ABS Basic es un filamento fabricado en Europa para impresoras 3D. El ABS Basic es un plástico cuyas principales características mecánicas son su resistencia, tenacidad y opacidad.

Este plástico ABS se utiliza en algunos de los objetos cotidianos, por ejemplo, la mayoría de las cajas de plástico, los juguetes o las carcasas de muchos dispositivos electrónicos.

La temperatura óptima de extrusión para el ABS Basic está en torno a los 230°C, un poco más alta que el PLA. El ABS es un polímero compuesto por tres bloques, acrilonitrilo, butadieno y estireno por lo que se le denomina terpolímero. Cada uno de los tres bloques aporta características distintas: el acrilonitrilo rigidez, resistencia a ataques químicos, dureza y estabilidad a las altas temperaturas, el butadieno, tenacidad a la temperatura, cuando ésta es especialmente baja, y resistencia a impacto y el estireno, resistencia mecánica, rigidez, brillo, dureza.

El ABS Basic se puede mecanizar, pulir, lijar, agujerear, pintar y pegar con extrema facilidad, manteniendo un acabado realmente bueno. Además, es extremadamente resistente y posee un poco de flexibilidad.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	220-240°C
Temperatura de base/cama	90-120°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendable
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ASTM D256)	442 J/m
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ASTM D638)	40 %
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	42 MPa
Módulo de tracción (ASTM D638)	-
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	68 MPa
Módulo de flexión (ASTM D790)	2255 MPa
Dureza superficial (ASTM D785)	Rockwell 110
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM E2092)	105°C
Temperatura de fusión	200°C

ABS Smartfil: Debido a los aditivos del ABS Smartfiles mucho más fácil de imprimir que otros ABS estándares, que además han permitido que solo sea necesario tener una temperatura de cama de 60°C frente a los 80-110°C de los ABS estándares. También es destacable del ABS Smartfil la excelente estabilidad y regularidad de impresión.

La temperatura óptima de extrusión para el ABS Smartfil en torno a los 240°C, un poco más alta que el PLA Smartfil.

El ABS Smartfil se puede mecanizar, pulir, lijar, agujerear, pintar y pegar con extrema facilidad, manteniendo un acabado realmente bueno. Además, es extremadamente resistente y posee un poco de flexibilidad.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	±240°C
Temperatura de base/cama	60-100°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendable
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ASTM D256)	26 KJ/m ²
Resistencia al impacto Charpy (ISO 179)	22 KJ/m ²
Alargamiento a la rotura (ASTM D638)	-
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	44.8 MPa
Módulo de tracción (ASTM D638)	2300 MPa
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	65 MPa
Módulo de flexión	-
Dureza superficial (ASTM D785)	Rockwell 97
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 306)	105°C
Temperatura de fusión	200°C

ABS Premium: Este filamento ABS se trata de un filamento PREMIUM debido a los altos estándares de calidad en los que es fabricado. Es fabricado por una empresa europea (República Checa) que destaca por la gran experiencia en el sector de la extrusión de plásticos para industria automotriz, química y del envasado, destacando por la fuerte apuesta por la investigación y desarrollo de nuevos productos. Este es el caso de los filamentos para impresión 3D Premium Fillamentum.

El filamento ABS Premium es fabricado mediante un estricto control a lo largo de todo el proceso de fabricación. Este filamento ABS Premium garantiza una alta precisión de las dimensiones como son una tolerancia de diámetro de ± 0.05 mm, con una excelente redondez y sin ningún tipo de impurezas químicas que produzcan mala viscosidad del filamento. Esto se consigue además de realizando un estricto control en todo el proceso de fabricación, utilizando una materia prima con la máxima pureza. Además, se ofrecen una gran variedad de colores según su referencia RAL y Pantone de los filamentos de ABS Premium. Al establecer unos altos estándares de calidad se garantiza que en ningún momento habrá variaciones de color por lo que nunca tendrás problemas de calidad en las piezas impresas en series largas en tu impresora 3D.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	220-240°C
Temperatura de base/cama	80-105°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendable
Velocidad de impresión recomendada	30-40 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ISO 179)	24 KJ/m ²
Resistencia al impacto Charpy (ISO 179)	25 KJ/m ²
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	20%
Resistencia a la tracción (ISO 527)	32 MPa
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión (ISO 178)	60 MPa
Módulo de flexión (ISO 178)	1900 MPa
Dureza superficial (ISO 2039)	Rockwell 94
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 306)	103°C
Temperatura de fusión	200°C

PC-ABS: El PC-ABS mezcla lo bueno de cada material que lo compone, para obtener un material de altas prestaciones. Por un lado, el Policarbonato (PC) le ofrece una alta resistencia al impacto y una gran rigidez, cualidades típicas de este material. Por otro lado, el ABS le transmite a este filamento mayor facilidad de procesado que el PC (Policarbonato). Por último, la unión de los dos materiales mejora la resistencia al calor, siendo uno de los filamentos más resistentes a la deformación por la temperatura del mercado.

Para una impresión 3D satisfactoria y libre de problemas la temperatura de extrusión recomendada es 270-290°C. La temperatura de la base recomendada es 110-140°C siempre acompañada con algún método de para evitar el efecto warping, sobre todo en piezas con una dimensión de base superior a 60mm que debido a su tamaño son propensas a despegarse de la base por acumulación de tensiones internas que derivan en pandeo de las primeras capas.

El PC-ABS es muy sensible a la absorción de la humedad, por eso es necesario secarlo antes de utilizarlo, se debe secar el filamento (horno doméstico) durante 1 hora a 85-95°C.

Este ABS mejorado es increíblemente resistente, siendo ideal para piezas que necesiten soportar grandes impactos durante largos períodos de tiempo. Es un material muy utilizado por esto en la industria de la automoción y de la electrónica.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	260-280°C
Temperatura de base/cama	120°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	20-80 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	-
Temperatura de fusión	-

ABS FIREPROOF (Ignífugo): El filamento ABS FIREPROOF se trata de un material ignífugo testado según la normativa UL94 y la IEC 60695-11-10. Se trata de un material ideal para el recubrimiento de elementos que puedan suponer un foco de incendio.

Todos los plásticos típicos tienen una escasa resistencia a las llamas, de ahí que haya surgido el ABS Smartfil FIREPROOF que es un material ignífugo o de autoextinción con el fin de ofrecer niveles de seguridad elevados en los ambientes tanto de la vida cotidiana o de trabajo como de piezas técnicas. El ABS FIREPROOF se trata de un ABS aditivado para retrasar la propagación del fuego y acabarlo extinguiendo sin producir goteo de plástico.

Underwriters Laboratories (UL) es una organización independiente que proporciona test y pruebas de seguridad de productos, así como su certificación. Sus procedimientos UL94 de prueba y calificación, para determinar la inflamabilidad de termoplásticos, son el estándar generalmente aceptado en prácticamente todo el mundo.

Esta prueba mide el tiempo de quema de una muestra del polímero, fijada verticalmente (el espesor se especifica en la prueba), después de que se haya puesto en contacto con la llama de un quemador Bunsen durante 10 segundos. Las pruebas V0, V1 y V2 determinan el grado de autoextinción de un polímero.

Según UL94 de quema vertical un material se clasifica como V0 cuando el fuego se extingue en 10 segundos sin goteo, como V1 cuando el fuego se extingue en 30 segundos sin goteo y V2 cuando el fuego se extingue en 30 segundos con goteo.

Las pruebas de seguridad realizadas ante la presencia de fuego con el filamento ABS FIREPROOF con una pieza de espesor de pared de 1,5mm son capaces de extinguir la llama en menos de 30 segundos sin producir goteo de plástico por lo que se correspondería con la categoría V1 según la norma UL94. Las pruebas realizadas con piezas en ABS FIREPROOF con un espesor de 2,1mm o superior son capaces de autoextinguir la llama en menos de 10 segundos sin producir goteo de material plástico, lo que se corresponde a la categoría V0 según la norma UL94.

Por lo tanto, el ABS FIREPROOF es ideal para realizar recubrimientos o carcasas para proteger, por ejemplo, circuitos eléctricos o cualquier elemento con riesgo de generar incendios.

En definitiva, con este filamento ignífugo ABS FIREPROOF se puede optar a la máxima categoría de autoextinción según la normativa UL94 siempre y cuando los espesores sean de más de 2,1mm.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	±240°C
Temperatura de base/cama	80-100°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendable
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ISO 179)	24 KJ/m ²
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	38 MPa
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	56 MPa
Módulo de flexión	-
Dureza superficial (ASTM D785)	Rockwell 101
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 306)	93°C
Temperatura de fusión	200°C

ABS Medical Smartfil: El filamento ABS Medical Smartfil se trata de un filamento de alta calidad diseñado específicamente para aplicaciones médicas. Este filamento para impresión 3D ha sido fabricado con pellets de ABS que cumplen con los requisitos de biocompatibilidad de las certificaciones USP Clase VI o ISO 10993-1, lo cual garantiza que es biocompatible hasta 30 días en contacto con el cuerpo humano (Uso tópico).

Este material por tanto nace para ocupar un amplio campo de la medicina como es el de aplicaciones de creación de estructuras de fijación de pacientes en rehabilitación, prótesis personalizadas ligeras y resistentes, ortopedia, etc. Gracias a la existencia de escáneres 3D y del posterior modelado se pueden conseguir realizar prótesis de fijación a medida para cada paciente para asegurar una mayor comodidad y satisfacción en el paciente.

La temperatura óptima de extrusión para el ABS Medical está en torno a los 240°C. Es necesario disponer de una impresora 3D con cama caliente que alcance los 90°C para así evitar el efecto warping a la hora de imprimir el filamento.

El ABS Medical Smartfil (se puede mecanizar, pulir, lijar, agujerear, pintar y pegar con extrema facilidad, manteniendo un acabado realmente bueno.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	±240°C
Temperatura de base/cama	80-100°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendable (máx. 20%)
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ISO 180)	15 KJ/m ²
Resistencia al impacto Charpy (ISO 179)	124 KJ/m ²
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción (ISO 527)	36.5 MPa
Módulo de tracción (ISO 527)	2550 MPa
Resistencia a la flexión (ISO 178)	75 MPa
Módulo de flexión (ISO 178)	2600 MPa
Dureza superficial (ASTM D785)	Rockwell 106
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 75)	98°C
Temperatura de fusión	200°C

ABS ESD: El ABS ESD es un filamento desarrollado para proteger o soportar objetos sensibles a descargas de corrientes electrostáticas. El ABS ESD es un material antiestático que conduce la electricidad, pero no como un cable de cobre, sino que conduce sólo lo necesario para derivar la electricidad electrostática.

Este material tiene como base Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) y como aditivo Negro de Carbón. El Negro de Carbón es un material producido por la combustión incompleta de los productos derivados del petróleo que presenta una relación superficie/volumen realmente alta y una gran conductividad electrostática y térmica. Su uso está muy extendido como base de refuerzo de neumáticos de automóviles para mejorar la resistencia a la tensión y al desgaste. En combinación con el ABS resulta en un filamento con facilidad para ser utilizado por cualquier usuario con una impresora 3D con base caliente, no produce un desgaste abusivo sobre el nozzle, es resistente a la abrasión (dureza Shore 77D) y, lo que es más interesante, disipa las descargas electrostáticas (ESD) gracias a que las moléculas de Negro de Carbón se alinean en forma de nanotubos por los cuales viaja rápidamente las cargas que aparecen en contacto con este material.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	250-270°C
Temperatura de base/cama	90-110°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	30-70 mm/s
Diámetro de nozzle	>0.5mm
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	10%
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión (ISO 178)	1900 MPa
Dureza superficial	Shore 77D
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	100°C
Temperatura de fusión	-
Resistencia volumétrica (PRE021)	<105 ohm-cm
Resistencia superficial (IEC)	<106 ohm

ABS con fibra de carbono (ABS CF): El ABS CF de Nanovia sobresale sobre los demás del mercado por su avanzada distribución del tamaño de las fibras de carbono en el ABS. Tanto la distribución como la cantidad de fibra de carbono han sido estudiadas y desarrolladas con detenimiento por los técnicos de Nanovia hasta llegar a un filamento de comportamiento avanzado. Gracias a todo lo anterior, el ABS CF ejerce un desgaste mucho menor en la boquilla (nozzle) de la impresora 3D en comparación con otros materiales abrasivos que contienen fibra de carbono.

Por otro lado, el desarrollo de este filamento también ha logrado obtener altos valores de resistencia mecánica (Módulo de tracción: 2700 MPa), un 35% superiores a un ABS estándar, con una fragilidad menor a la que suelen presentar muchos materiales combinados con fibra de carbono.

Un problema común que se produce al utilizar ABS es la estabilidad dimensional, sobre todo a la hora de estar en un ambiente con temperaturas cercanas a la de reblandecimiento. La introducción de la fibra de carbono mejora la estabilidad dimensional y reduce el coeficiente de expansión térmica. Todo esto se convierte en una baja deformación de las piezas realizadas (reducción del efecto warping) y en un alto poder de distribución del estrés mecánico.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	250-270°C
Temperatura de base/cama	90-110°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	30-70 mm/s
Diámetro de nozzle	>0.4mm
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	10%
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción (ISO 527)	2700 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión (ISO 178)	2700 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	101°C
Temperatura de fusión	-
Inflamabilidad (UL 94 @1.6mm)	HB (Inflamable)

ABS con fibra de carbono y de aramida (ABS CAF): El ABS CAF de Nanovia sobresale sobre los demás del mercado por un tamaño de fibra de aramida y carbono optimizado para la impresión 3D FDM. Esta distribución de las fibras libera de atascos el extrusor de la impresora 3D. Tanto la distribución como la cantidad de fibras (carbono y aramida) han sido estudiadas y desarrolladas con detenimiento por los técnicos de Nanovia hasta llegar a un filamento de comportamiento avanzado. Gracias a todo lo anterior, el ABS CAF presenta una fragilidad menor en comparación a muchos termoplásticos reforzados 100% con carbono.

Un problema común que se produce al utilizar ABS es la estabilidad dimensional, sobre todo a la hora de estar en un ambiente con temperaturas cercanas a la de reblandecimiento. La introducción de la fibra de aramida disminuye la deformación y aumenta la resistencia a los impactos gracias a que absorbe y disipa la energía producida por los golpes. Esta cualidad se mantiene hasta altos valores de temperatura. Las fibras de aramida también convierten al ABS CAF en un filamento con baja inflamabilidad (T^{a} de inflamabilidad $> 500^{\circ}\text{C}$). La temperatura de inflamabilidad es la temperatura a la cual una sustancia comienza a arder, es decir, cuando aparece una llama, pero una pieza fabricada con ABS CAF se deforma a una temperatura mucho más baja. Este material es una apuesta segura para piezas que estén localizadas en ambientes con altas temperaturas como habitáculos de motores de automóviles.

Por otro lado, el desarrollo de este filamento también ha logrado obtener un material ligero con altos valores de resistencia mecánica (Módulo de tracción: 2300 MPa), un 20% superiores a un ABS estándar. En comparación con el ABS CF presenta unos valores inferiores de resistencia a tracción y a flexión, menor poder de conducción térmica, más sensible a los rayos UV y a la humedad, pero lo contrarresta con: mayor resistencia a la fricción, mayor resistencia a la rotura frágil y es resistente a todos los disolventes orgánicos (metanol, etanol, acetona, cloroformo, tolueno, etc.).

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	250-270°C
Temperatura de base/cama	90-110°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	30-70 mm/s
Diámetro de nozzle	>0.4mm
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	7.5%
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción	2300 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	2200 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	101°C
Temperatura de fusión	-
Inflamabilidad (UL 94 @1.6mm)	HB (Inflamable)

ABS MDT (Detectable magnéticamente): Para conseguir la función de ser detectado magnéticamente, el ABS MDT no necesita incluir en su composición elementos tóxicos como fibras de acero o polvos metálicos, ni elementos que aparte de ser perjudiciales, desgastan el HotEnd como fibras de carbono, grafito o negro de humo. Por este motivo, el ABS MDT no desprende polvos, partículas o humos a la atmósfera de trabajo durante su impresión ni contamina los procesos que se realizan con las piezas fabricadas con este material.

Todo lo anteriormente comentado unido a ser resistente a la humedad (hongos, moho, etc.) y a su gran estabilidad dimensional hacen del ABS MDT un filamento ideal para el sector industrial, sector que cada día está empleando más la tecnología de la impresión 3D para realizar piezas finales (herramientas, utillajes, contenedores, etc.). También hay otras aplicaciones muy interesantes, como la fabricación de sensores, embalajes inteligentes o cualquier otro tipo de elemento que necesite ser detectable magnéticamente.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	±270°C
Temperatura de base/cama	80-100°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendable
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ISO 179)	8.5 kJ/m ²
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	8.5%
Resistencia a la tracción (ISO 527)	20 MPa
Módulo de tracción (ISO 527)	1800 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 75)	87°C
Temperatura de fusión	200°C

PC-ABS Polymaker: PC-ABS es un filamento formado por los dos polímeros más empleados en la industria: PC y ABS.

Polymaker PC-ABS une las mejores propiedades de estos polímeros para ofrecer un producto final con aplicaciones industriales. Justo en este sector, Polymaker destaca por su filamento de PC, un policarbonato con excelente resistencia mecánica, buena resistencia al calor, gran dureza y sobre todo una mayor facilidad de impresión que el resto de sus competidores al reducir su temperatura de impresión (250 - 270 °C), temperatura que puede alcanzar la mayoría de las impresoras 3D FDM de escritorio.

La información anterior deja claro que este filamento es claramente ideal para aplicaciones industriales, pero sus ventajas mecánicas están potenciadas por su poder de adherencia superficial, ideal para un post-procesado de gran calidad. PC-ABS puede metalizarse por deposición de una capa metálica en un entorno al vacío o por galvanoplastia. La galvanoplastia consiste en la aplicación de capas metálicas mediante el proceso de electrólisis, gracias al cual se puede conseguir un acabado superficial cromado sobre piezas impresas con PC-ABS de Polymaker. Más concretamente, para conseguir el cromado sobre una pieza impresa con PC-ABS primeramente hay que limpiarla con disolventes orgánicos para eliminar la suciedad superficial. Una vez limpia se sumerge en una cuba con solución de ácido crómico para generar microporos en la superficie de la pieza. En siguiente paso es activar el plástico para que sea conductor de la electricidad, para esto se sumerge en una solución de cloruro de paladio. Siendo la pieza ya conductora de la electricidad se le aplica dos capas de cobre al sumergirla en una solución compleja y hacer pasar electricidad a través de un conductor (cátodo) de cobre, para finalmente poder aplicar una capa de cromo superficial.

El pintado también es un post-procesado que acepta sin problemas este filamento, siguiendo siempre las recomendaciones de Polymaker: asegurar que la pieza a pintar está libre de suciedad (polvo y grasas) y emplear pinturas con base de poliuretano. No se recomienda emplear pinturas con base disolvente debido a que pueden dañar el material u ocasionar grietas en la pintura por culpa de las tensiones a las que están sometidas ciertas piezas.

Otra ventaja que ofrece el filamento PC-ABS es su facilidad para ser unido, propiedad clave, que permite imprimir un objeto por partes o repararlo sin problemas. Las partes se pueden unir por procesos realmente avanzados como soldadura por ultrasonidos, vibración, fricción, placa caliente o láser. Además de estos métodos avanzados, PC-ABS también puede ser pegado y no sólo a sí mismo, también a una infinidad de materiales. Para esto existen colas adhesivas o adhesivos bi-componentes que aseguran un pegado resistente y permanente.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	250 - 270°C
Temperatura de base/cama	90 - 105°C
Temperatura de cámara	90 - 100°C
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	30 - 50 mm/s
Separación de Raft	0.2 mm
Retracción	1 - 3 mm
Velocidad de retracción	60 mm/s
Máximo Angulo de fabricación voladizo	45º
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy (ASTM D256)	25.8 kJ/m2
Alargamiento a la rotura (ASTM D638)	4.2 %
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	39.9 MPa
Módulo de tracción (ASTM D638)	1832 MPa
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	66.3 MPa
Módulo de flexión (ASTM D790)	2081 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM D1525)	135°C
Temperatura de fusión	-

PC-FR (Ignífugo) Polymaker: PolyMax PC-FR es un filamento desarrollado por Polymaker para obtener un material con las ventajas del policarbonato (elevadas propiedades mecánicas) e ignífugo. Este filamento está probado por la normativa UL94V-0/1.5 mm para asegurar a los usuarios de una impresora 3D FDM que las piezas creadas con este material son ignífugas.

Todos los plásticos típicos tienen una escasa resistencia al fuego, lo que dificulta la impresión de piezas que sean compatibles con ambientes en los que se puede originar alguna llama. Por este motivo Polymaker ha desarrollado PolyMax PC-FR, un policarbonato de gran calidad aditivado para retrasar la propagación del fuego y extinguirlo sin producir goteo de plástico.

Underwriters Laboratories (UL) es una organización independiente que proporciona test y pruebas de seguridad de productos, así como su certificación. Sus procedimientos UL94 de prueba y calificación para determinar la inflamabilidad de termoplásticos son el estándar generalmente aceptados en prácticamente todo el mundo.

Esta prueba mide el tiempo de quema de una muestra del polímero fijada verticalmente (el espesor se especifica en la prueba) después de que se haya puesto en contacto con la llama de un quemador Bunsen durante 10 segundos. Las pruebas V-0, V-1 y V-2 determinan el grado de autoextinción de un polímero.

Según UL94 de quema vertical un material se clasifica como V-0 cuando el fuego se extingue en 10 segundos sin goteo, como V-1 cuando el fuego se extingue en 30 segundos sin goteo y V-2 cuando el fuego se extingue en 30 segundos con goteo.

Las pruebas de seguridad realizadas ante la presencia de fuego con el filamento PolyMax PC-FR con una pieza de espesor de pared de 1.5 mm son capaces de extinguir la llama en menos de 10 segundos sin producir goteo de plástico por lo que se correspondería con la categoría V-0 según la norma UL94. Además, las pruebas realizadas con piezas en PolyMax PC-FR con un espesor de 1.5 mm no extiende la llama a las piezas que están en contacto con las ensayadas.

Este filamento comparte las avanzadas propiedades del PC-Max, un policarbonato con excelente resistencia mecánica, buena resistencia al calor, gran dureza y sobre todo una mayor facilidad de impresión que el resto de sus competidores al reducir su temperatura de impresión (250 - 270 °C), temperatura que puede alcanzar la mayoría de las impresoras 3D FDM de escritorio. Todo lo comentado anteriormente es debido a la tecnología de "Nano-refuerzo" que Polymaker emplea en la formulación de este filamento, aumentando la dureza y resistencia al impacto a la vez que también mejora la calidad superficial de las piezas fabricadas

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	250 - 270°C
Temperatura de base/cama	90 - 105°C
Temperatura de cámara	90 - 100°C
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	30 - 50 mm/s
Separación de Raft	0.2 mm
Retracción	1 - 3 mm
Velocidad de retracción	60 mm/s
Máximo ángulo de fabricación voladizo	45°
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy (ASTM D256)	11.7 kJ/m ²
Alargamiento a la rotura (ASTM D638)	3.9 %
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	67 MPa
Módulo de tracción (ASTM D638)	2634 MPa
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	96.6 MPa
Módulo de flexión (ASTM D790)	2743 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM D1525)	116°C
Temperatura de fusión	-

BendLay: El BendLay es un filamento fabricado a partir de Butadieno, este componente le proporciona resistencia y flexibilidad. Además, tiene un aspecto parecido al del policarbonato y por lo tanto es semitransparente (Permite el paso de más del 90% de la luz que recibe). Además, el Butadieno se usa en gran cantidad de productos de uso alimentario, por lo que, si tu impresora 3D cumple con los requisitos para imprimir piezas de uso alimentario, con este filamento BendLay podrás fabricar tazas, vasos, platos, etc.

El desarrollo de este filamento fue realizado por el ingenioso y conocido Kai-Parthy. Se basó en el desarrollo del BendLay a partir del ABS. El filamento BendLay en comparación con el ABS presenta una menor absorción de agua (En torno al 30% del ABS).

Se trata de una alternativa semiflexible entre el PLA y el ABS. La estabilidad térmica (temperatura de reblandecimiento) es similar a la del PLA (En torno a 65°C).

Uno de los principales problemas de algunos filamentos es que al ser flexionados o curvados sufren el fenómeno de blanqueo en la zona de máxima flexión. Este problema no aparece con las piezas impresas en BendLay.

EL BendLay es sensible a la acetona y una de las grandes ventajas es su gran adhesión entre capas que lo convierten en un material ideal para realizar piezas de gran tamaño.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	235°C
Temperatura de base/cama	20-40°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendado
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción	27 MPa
Módulo de tracción	1550 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	80°C
Temperatura de fusión	-

Resumen:

Nombre	Resumen
ABS básico	Filamento ABS que presenta una gran resistencia, tenacidad y durabilidad.
ABS Smartfil	Filamento ABS con excelente estabilidad y más fácil de imprimir que otros ABS estándares.
ABS Premium	Filamento PLA de muy alta calidad fabricado en Europa por Fillamentum.
PC-ABS	Material altamente resistente a grandes impactos durante largos períodos de tiempo y resistente al calor.
ABS FIREPROOF (Ignífugo)	Material ignífugo y de autoextinción, ideal para el recubrimiento de elementos con riesgo de incendio.
ABS Medical Smartfil	Diseñado específicamente para aplicaciones médicas de biocompatibilidad de uso tópico (ISO 10993-1).
ABS ESD	Material conductor de electricidad electrostática utilizado para protección de descargas electrostáticas.
ABS con fibra de carbono (ABS CF)	35% más de resistencia mecánica que cualquier ABS estándar y formulado para evitar atascos en los extrusores.
ABS con fibra de carbono y de aramida (ABS CAF)	20% más de resistencia mecánica que cualquier ABS estándar y alta temperatura de inflamabilidad.
ABS MDT (Detectable magnéticamente)	Diseñado para ser detectado por un detector magnético, incluso con cantidades de material muy pequeñas.
PC-ABS Polymaker	Material de gran resistencia mecánica y capacidad para ser directamente cromado.
PC-FR (Ignífugo) Polymaker	Material ignífugo (UL94V-0/1.5 mm) y de gran resistencia mecánica.
BendLay	Destaca su gran adhesión entre capas, su resistencia y su flexibilidad. Ideal para imprimir grandes piezas.

3.1.4 ASA

El ASA es un material terpolímero amorfo termoplástico similar al ABS, denominado como plástico de ingeniería por mantener su aspecto y resistencia al impacto incluso después de estar expuesto a largos intervalos de tiempo al aire libre, lluvia, frío y al agua salada del mar. Por eso es un material empleado en muchos productos que vemos y utilizamos en nuestra vida cotidiana: partes de viviendas (recubrimientos de techos), instalaciones eléctricas (cajas de conexiones), partes de automóviles (parrillas frontales), juguetes, elementos estructurales para exteriores (tubos y perfiles de construcción) y muchos más.

El ASA (Acrilonitrilo Estireno Acrilato) es un material cada vez más común en el mundo de la impresión 3D gracias a ser desarrollado buscando ser un "ABS avanzado". Todo usuario sabe que el PLA es el más consumido y que el ABS es el material más utilizado en la impresión 3D para realizar elementos resistentes y funcionales, pero ambos presentan alguna desventaja. El ABS es propenso al efecto warping al realizar sobre todo piezas grandes, algo que se soluciona con la utilización de impresoras 3D con cámara de impresión con temperatura controlada. Otro problema que presenta el ABS es el amarilleo o decoloración que se origina al estar en contacto con ambientes climatológicos.

Todos los problemas mencionados anteriormente se solucionan con la aparición del ASA. Este material es muy resistente a los rayos UV y a la larga exposición en ambientes climatológicos adversos. Al presentar una alta estabilidad dimensional (resistencia mecánica), una alta temperatura de transición vítrea y una buena resistencia química, el ASA es un material muy empleado en los principales sectores de la industria, como por ejemplo en el sector de la automoción. A mayores hay que sumar que el ASA es ligeramente más fácil de imprimir que el ABS, sobre todo con piezas de grandes dimensiones.

ASA: El filamento ASA (Acrlonitrilo Estireno Acrilato) se trata de un termoplástico que combina la robustez mecánica, la resistencia a los rayos UV, la resistencia al agua y con un gran acabado (No “amarillea” con el paso del tiempo).

Es indicado para realizar piezas finales para maquinaria o prototipos duraderos para su uso en exteriores a la intemperie, ya que mantendrán la forma y el color en el tiempo. El filamento ASA es más resistente al agua, más rígido y mucho más fácil de imprimir que el ABS (Efecto warping prácticamente inexistente). Además, el filamento ASA se puede utilizar en combinación con materiales de apoyo solubles para poder eliminarlos fácilmente.

El filamento ASA presenta una alta estabilidad dimensional y una buena resistencia química. El ASA fue creado con la intención de crear un material similar al ABS, pero con mejor resistencia a la intemperie. Esto ha permitido que se incrementase la utilización de este material en la industria del automóvil, así como en otras aplicaciones al aire libre. Como contrapartida al igual que el ABS, el filamento ASA genera humos tóxicos cuando se imprime por lo que es muy importante imprimir en un lugar con buena ventilación.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	240-255°C
Temperatura de base/cama	90-105°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendable
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ASTM D256)	441 J/m
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ASTM D638)	35%
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	40 MPa
Módulo de tracción (ASTM D638)	1726 MPa
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	62 MPa
Módulo de flexión (ASTM D790)	1814 MPa
Dureza superficial (ASTM D785)	Rockwell 92
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM D648)	64°C
Temperatura de fusión	-

3.1.5 Grafeno

El grafeno es una sustancia compuesta por carbono puro, con átomos organizados en un patrón regular hexagonal, parecido al grafito. Es un material casi transparente. Una lámina de un átomo de espesor es unas 200 veces más resistente que el acero actual más fuerte, siendo su densidad más o menos la misma que la de la fibra de carbono, y unas cinco veces más ligero que el aluminio.

Es un alótropo del carbono, un teselado hexagonal plano formado por átomos de carbono y enlaces covalentes que se generan a partir de la superposición de los híbridos sp^2 de los carbonos enlazados.

Los físicos Andréy Gueim y Konstantín Novosiólov recibieron el Premio Nobel de Física en 2010 por sus revolucionarios descubrimientos acerca de este material.

Mediante la hibridación sp^2 se explican mejor los ángulos de enlace, a 120° , de la estructura hexagonal del grafeno. Como cada uno de los carbonos contiene cuatro electrones de valencia en el estado hibridado, tres de esos electrones se alojan en los híbridos sp^2 , y forman el esqueleto de enlaces covalentes simples de la estructura.

El electrón sobrante se aloja en un orbital atómico tipo p perpendicular al plano de los híbridos. El solapamiento lateral de dichos orbitales da lugar a formación de orbitales de tipo π . Algunas de estas combinaciones propician un gigantesco orbital molecular deslocalizado entre todos los átomos de carbono que constituyen la capa de grafeno.

El nombre proviene de intercambio –en el vocablo grafito– de sufijos: «ito» por «eno»: propio de los carbonos con enlaces dobles. En realidad, la estructura del grafito puede considerarse una pila de gran cantidad de láminas de grafeno superpuestas. Los enlaces entre las distintas capas de grafeno apiladas se deben a fuerzas de Van Der Waals e interacciones de los orbitales π de los átomos de carbono.

En el grafeno la longitud de los enlaces carbono-carbono es de aproximadamente 142 pm (picómetros). Es el componente estructural básico de todos los demás elementos grafiticos, incluidos el propio grafito, los nanotubos de carbono y los fullerenos.

A esta estructura también se le puede considerar una molécula aromática extremadamente extensa en las dos direcciones espaciales. Es decir, sería el caso límite de una familia de moléculas planas de hidrocarburos aromáticos policíclicos denominada grafenos.

El grafeno se utiliza como blindaje antibalas, también se utiliza para los coches irrompibles y más seguros del mundo gracias a sus componentes altamente resistentes.

Filamento Conductivo de Grafeno: El filamento conductivo de grafeno es un material fabricado por Graphene 3D Lab, está diseñado específicamente para permitir a cualquier usuario de impresión 3D con casi cualquier impresora 3D de escritorio del mercado realizar componentes conductores de electricidad.

Las principales propiedades de este filamento son:

- Conductividad eléctrica: El Filamento conductivo de grafeno ofrece una resistividad volumétrica de 0,9 ohm x cm. El volumen de resistividad es la medida de la resistencia de un material al paso de la electricidad dentro de un centímetro cúbico de material. Con el fin de determinar si el material va a cumplir las funciones en su proyecto, se deberá tener en cuenta que la resistencia va a cambiar dependiendo de su impresión.
- Alta Resistencia: El Filamento conductivo de grafeno también puede ser usado para aplicaciones que requieren una resistencia superior que el ABS y PLA.

Las principales aplicaciones de este filamento son:

- Sensores

El filamento conductivo de grafeno se puede utilizar para crear sensores capacitivos (touch) utilizados en una amplia gama de productos electrónicos que son utilizados en el día a día; es un material excelente para el diseño de dispositivos de interfaz humana. (lápices-punteros para móviles y tablets).

Los sensores capacitivos de detección también se pueden utilizar para medir la proximidad, la posición, la humedad, los niveles de líquido y la aceleración.

Proyectos realizados:

- Controladores de juego
- Teclados digitales
- Trackpads
- Baterías electrónicas
- Controladores MIDI

– Pistas conductoras

Otra aplicación del filamento conductor de grafeno está en la creación de circuitos conductores de electricidad para usos en electrónica. Tradicionalmente, los entusiastas de la impresión 3D para poder agregar circuitos conductores a sus creaciones tenían que diseñar las piezas con los surcos necesarios para una vez finalizada la impresión añadir hilo de cobre. Con el filamento conductor de grafeno se puede imprimir el cableado simultáneamente al proceso de construcción de la pieza.

Proyectos realizados:

- Interfaz computadoras, placas Arduino y otros componentes.
- Alimentación de LED's.
- Electrónica Wearable

– Apantallamiento contra ruidos de radiofrecuencia e interferencias electromagnéticas

La alta conductividad ofrecida por el filamento conductor de grafeno no sólo es excelente para circuitos impresos en 3D y sensores; También es útil para su uso contra EMI (interferencia electromagnética) y en aplicaciones de apantallamiento de RF (Radiofrecuencia) muy importante en una amplia gama de industrias, incluyendo:

- Telecomunicaciones.
- Equipamiento de hospital.
- Dispositivos médicos.
- Carcasas y embalajes.
- Aeroespacial y Automotriz

El apantallamiento EMI / RF se utiliza para bloquear el campo y la radiación electromagnéticos de radiofrecuencia dentro de un espacio; es importante utilizar EMI y protección de RF en un hospital, laboratorio, o en configuraciones de la industria aeroespacial para proteger contra las señales de la competencia, ya que pueden conducir al equipamiento propio a dar falsas mediciones.

El apantallamiento EMI/RF logra esto mediante el bloqueo de AM, FM, TV, servicios de emergencia, y las señales celulares. El filamento conductor de grafeno es ideal para el diseño de pantallas contra RF / EMI utilizados en elementos altamente personalizados.

– Partes mecánicas y funcionales de alta resistencia

El filamento de grafeno conductor es mecánicamente más fuerte que el ABS y PLA. Puede ser usado para piezas funcionales de impresión 3D tales como ganchos, herramientas de mano, y las partes que requieren utillaje, incluyendo la perforación.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	220°C
Temperatura de base/cama	50°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	40 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	-
Temperatura de fusión	-

Filamento G6-Impact™ (HiPS-Fibra de Carbono-Grafeno): G6-Impact™ se trata de un innovador filamento para impresión 3D lanzado por Gaphene 3D Lab dentro de su línea de materiales FDM funcionales con grafeno. El filamento G6-Impact™ es un compuesto formado por una matriz de HiPS con fibra de carbono y Grafeno. De este modo se ha conseguido obtener un filamento fuerte con un cierto grado de flexibilidad y un excepcional rendimiento en amortiguación de choques y vibraciones.

Este nuevo material para impresión 3D FDM /FFF nace para ocupar un hueco inexistente hasta el momento en materiales industriales como es el de materiales con alta resiliencia y buena amortiguación o absorción de impactos. Esta propiedad única llena perfectamente el nicho donde el fallo instantáneo o catastrófico no es una opción por motivos de seguridad. Además, sus propiedades de amortiguación se expanden a través de un amplio rango de temperaturas (Desde -40°C hasta +90°C) que lo convierten en ideal para condiciones extremas.

La mezcla de HiPS (Poliestireno) con Fibra de Carbono y con Grafeno ha hecho posible obtener un rendimiento sinérgico único que amplía las capacidades individuales de cada uno por separado hasta el punto de obtener un material con un excelente rendimiento de amortiguación de vibraciones manteniendo la capacidad de carga y la alta resistencia al impacto.

El material de impacto G6-Impact™ es altamente mecanizable ya que se puede perforar, cortar, pulir o atornillar. Soporta una gran cantidad de impactos y deformaciones bajo presión de una manera muy similar a los metales antes de entrar en estado de fallo instantáneo. Se puede utilizar el filamento G6-Impact™ como material de protección de otros materiales que presentan delaminación debido a las vibraciones, logrando así mejora la vida útil de la pieza resultante.

Con estas propiedades las principales aplicaciones para las que se utiliza el filamento G6-Impact™ son las siguientes:

- Amortiguación vibratoria y protección contra choques

El amortiguamiento es la propiedad de disipación de energía del material que refleja su capacidad para convertir energía mecánica en energía térmica. La cantidad de energía disipada es la medida de la capacidad de amortiguamiento del material. Esta capacidad del G6-Impact™ es muy beneficiosa para eliminar el ruido de los componentes estructurales, ópticos y electrónicos. Por ejemplo, proporciona beneficios en múltiples aparatos cotidianos como smartphones, cámaras y ordenadores portátiles donde las interconexiones pueden ser destruidas o debilitadas debido a vibraciones causadas por partes internas en movimiento o por estrés externo y choque. Del mismo modo, G6-Impact™ se puede utilizar para la estabilización de instrumentos científicos sensibles, soportes ópticos, microscopios y montajes de láser.

- Industria aeronáutica, automotriz, robótica y militar

El filamento para impresión 3D G6-Impact™ (Compuesto por HiPS, Fibra de Carbono y Grafeno) puede reducir las vibraciones en piezas y componentes de vehículos de automoción, aeroespaciales o drones y puede utilizarse como material base para montajes y plataformas de cables y equipos. G6-Impact™ es también útil en entornos industriales para reducir las vibraciones en cojinetes y en estructuras. Las baldosas termoformadas pueden utilizarse para reducir el ruido y las vibraciones de la maquinaria pesada, etc. También puede emplearse en manijas de herramientas, sellos protectores, esteras y calzado de construcción.

Tras añadir el nano-relleno de Grafeno y la Fibra de carbono (20%) a la matriz de HiPS (Poliestireno) han posibilitado obtener un incremento de la rigidez del compuesto en un 300% y la resistencia al impacto en un 100% en comparación con la matriz polimérica original de HiPS.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	210-230°C
Temperatura de base/cama	20-80°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	40 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ASTM D256)	85.9 J/m
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	34 MPa
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	Shore 65D
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	-
Temperatura de fusión	-

Filamento Conductivo Flexible TPU: El Filamento Conductivo Flexible basado en el Poliuretano Termoplástico (TPU) de diámetro 1.75mm es un material altamente flexible desarrollado por Graphene 3D Lab, y está específicamente diseñado para permitir la impresión en 3D de componentes electrónicamente conductores usando casi cualquier impresora 3D FDM/FFF disponible en el mercado.

Este revolucionario filamento conductivo flexible TPU fabricado por los creadores del filamento conductivo de Grafeno para impresión 3D ofrece dos de las más codiciadas propiedades en la impresión 3D: Flexibilidad y conductividad.

El filamento Conductivo Flexible TPU ofrece una resistividad volumétrica de $<1.25 \Omega\text{-cm}$ (Un poco más del doble que el propio filamento conductivo de grafeno que es de $0,6 \Omega\text{-cm}$). La resistividad de volumen es la medida de la resistencia de un material a la electricidad dentro de un centímetro cúbico de material. Con el fin de determinar si el material va a cumplir las funciones en su proyecto, se tendrá que tener en cuenta que la resistencia va a cambiar dependiendo de su impresión.

Este material flexible y conductivo de electricidad amplía las capacidades de la fabricación aditiva o impresión 3D y permite acortar el camino del desarrollo a la aplicación comercial.

Las principales aplicaciones del filamento Conductivo Flexible TPU son:

- Trazas Conductivas Flexibles y Electroodos

Las principales aplicaciones son en la creación de circuitos eléctricamente conductores utilizados para electrónica flexible. Algunos ejemplos de proyectos son:

- Interfaz de ordenadores, arduino y otros componentes
- Alimentación de los LED
- Teclados digitales (Digital Keyboards), Trackpads
- Botones sensibles a la presión
- Electrónica Wearable
- Dispositivos médicos, electrodos para electrocardiograma (ECG o EKG)
- Electroodos de superficie neural

– Blindaje electromagnético y de radiofrecuencia

La excelente conductividad y flexibilidad del Filamento Conductivo Flexible TPU 1.75mm resulta ser una gran solución en aplicaciones de blindaje o apantallamiento EMI (Interferencia electromagnética) y RF (Interferencia de radiofrecuencia) en una amplia gama de industrias, como, por ejemplo:

- Telecomunicaciones
- Equipamiento Hospitalario
- Carcasas y embalajes
- Aeroespacial y Automotriz
- Acolchado absorbente de golpes
- Cinturones de conducción y correas de distribución, tubos flexibles y conectores.

El apantallamiento EMI / RF se utiliza para bloquear el campo y la radiación electromagnéticos de radiofrecuencia dentro de un espacio; es importante utilizar EMI y protección de RF en un hospital, laboratorio, o en configuraciones de la industria aeroespacial para proteger contra las señales de la competencia, ya que pueden conducir al equipamiento propio a dar falsas mediciones.

El apantallamiento EMI / RF logra esto mediante el bloqueo de AM, FM, TV, servicios de emergencia, y las señales celulares. El Filamento Conductivo Flexible TPU es ideal para el diseño de escudos de RF / EMI utilizados en elementos altamente personalizados.

El acabado de las piezas fabricadas con el filamento Conductivo Flexible TPU presentan un acabado negro mate. En cuanto a la dureza superficial es de Shore 90A en piezas impresas y además presentan una mayor estabilidad frente a los rayos UV lo que lo convierte en más adecuado para aplicaciones en el exterior.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	210°C
Temperatura de base/cama	20-50°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	40 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	Shore 90A
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	-
Temperatura de fusión	-

Resumen:

Nombre	Resumen
Filamento Conductivo de Grafeno	Filamento revolucionario que permite imprimir componentes conductores de electricidad.
Filamento G6-Impact™ (HIPS-Fibra de Carbono-Grafeno)	Formado por HiPS, fibra de carbono y grafeno para una excepcional amortiguación de choques y vibraciones.
Filamento Conductivo Flexible TPU	Ofrece dos de las propiedades más codiciadas de la impresión 3D: flexibilidad y conductividad.

3.1.6 FILAFLEX TPE

El TPE (Termoplastic Elastomers), también conocido como caucho termoplástico, es el resultado de la mezcla de polímeros, un plástico como base y caucho como aleación, que dan como resultado un material con propiedades termoplásticas y elastómeras. El grado de encruzamiento crítico de la estructura molecular del TPE es el causante del elevado nivel de elasticidad, encruzamiento producido por la unión dipolo-dipolo (puentes de hidrógeno o fuerzas de Vander Waals). Pero al calentar este material se puede procesar como un termoplástico, lo que permite soldarse y reutilizar con sencillez.

Este material es mucho más fácil de conformar y económico que las siliconas y cauchos convencionales, ya que, por el contrario, a los citados anteriormente, el TPE no necesita largos tiempos de producción ni instalaciones especializadas. Su aplicación se extiende a un sin fin de sectores, destacando su empleo en la construcción (juntas de expansión o aislamiento de ventanas) y en la industria del automóvil (manguitos, guardapolvos, arandelas elásticas o piezas anti-vibratorias).

El Filaflex presenta una gran elasticidad, un acabado superficial suave y un alto coeficiente de fricción, conjunto de propiedades que lo convierten en un material muy empleado en la impresión 3D. Este material permite la fabricación de piezas que combinan partes rígidas y partes elásticas en una sola impresión 3D gracias al gran poder de adherencia del FilaFlex con otros materiales como PLA, ABS, HiPS, Nylon, etc.

FilaFlex es un plástico no tóxico, pero no cuenta con el certificado de aprobación para estar en contacto con alimentos (certificado FDA). Durante la fabricación de la pieza, este material no desprende olores ni gases tóxicos, lo que permite tener la impresora 3D funcionando en espacios cerrados, como en oficinas o estudios. Debido a la elasticidad del FilaFlex, hay que tener en cuenta que no todas las impresoras 3D son válidas para su uso, ya que estas necesitan un sistema de extrusor tipo directo para evitar errores durante la fabricación.

FilaFlex UltraSoft 70A: Filaflex UltraSoft 70A se trata del filamento más elástico del mercado, llegando a alcanzar un 900% de estiramiento hasta la rotura. El filamento Filaflex UltraSoft se trata de un filamento TPE (Termoplástico Elastómero) con base de poliuretano y ciertos aditivos.

El filamento Filaflex UltraSoft 70A presenta una elasticidad y suavidad aún superior que el Filaflex Original 82A (Filaflex), con una dureza Shore 70A y con una resistencia a la abrasión de 45mm³, siendo el filamento más elástico y suave del mercado. Igual que el Filaflex, el Filaflex UltraSoft 70A es resistente a disolventes, acetona y combustibles, pero con menor resistencia a la tracción y menor temperatura de reblandecimiento. El Filaflex UltraSoft 70A tiene buenas propiedades de unión con otros tipos de materiales usados en el campo de la impresión 3D, como PLA, ABS, HiPS y algunos Nylons, dando lugar a piezas compuestas de distintas propiedades y durezas. Gracias a todas las cualidades mencionadas anteriormente, este material tiene una infinidad de aplicaciones en todo tipo de campos.

FilaFlex UltraSoft no es tóxico, pero no está aprobado para uso médico o alimenticio. Este material no desprende olores, es totalmente inodoro y no produce gases tóxicos. Debido a su gran elasticidad, es un material complejo de utilizar, ya que, en ciertos tipos de extrusores, es probable que se enrolle alrededor del piñón del motor del extrusor o directamente se doble el filamento ya antes de entrar en el HotEnd, algo que ocurre si se utiliza un sistema de accionamiento Bowden. Por eso, este material es recomendado sólo para usuarios avanzados y con impresoras 3D con el extrusor Recreus Extruder v3 o con un extrusor preparado para imprimir filamentos elásticos (Siempre deberá ser de accionamiento directo, nunca bowden o indirecto). El "Recreus Extruder v3" es un extrusor de accionamiento directo y con componentes de alta calidad creado por el propio fabricante del Filaflex UltraSoft 70A, para poder utilizar este y otros materiales flexibles sin ningún problema y a velocidades altas en comparación al resto de extrusores del mercado. Otro extrusor compatible con este material, pero no recomendado por el fabricante, es el E3D Titan Aero.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	215-235°C
Temperatura de base/cama	40°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	20-40 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (DIN 53504-S2)	900%
Resistencia a la tracción (DIN 53504-S2)	32 MPa
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	Shore 70A
Resistencia a la abrasión	46 mm ³
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM E2092)	90°C
Temperatura de fusión	195°C

FilaFlex 82A: Filaflex 82A se trata del filamento más elástico del mercado, llegando a alcanzar un 700% de estiramiento hasta la rotura. El filamento Filaflex blanco se trata de un filamento TPE (Termoplástico Elastómero) con base de poliuretano y ciertos aditivos.

El filamento Filaflex presenta una gran elasticidad, un alto coeficiente de fricción y una gran suavidad que lo convierten en un material flexible con unas excelentes propiedades para impresión 3D. El FilaFlex Blanco tiene excelentes propiedades de unión con PLA, ABS, HiPS, Nylon y casi cualquier material de impresión. Esto permite la creación de piezas compuestas que combinan materiales duros y blandos en una sola impresión. Además, el filamento FilaFlex blanco es resistente a la gasolina, disolventes y a la acetona.

FilaFlex no es tóxico, pero no está aprobado para uso médico o alimenticio. FilaFlex no desprende olores, es totalmente inodoro y no produce gases tóxicos. Además, el filamento FilaFlex es compatible con la mayoría de las impresoras 3D del mercado.

Aunque es cierto que es más complicado de imprimir que un filamento rígido, con una configuración apropiada lo podrás imprimir en cualquier impresora 3D. Si buscas un material flexible, pero a la vez con cierta resistencia debes elegir el filamento PLA Soft-Flexible.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	215-250°C
Temperatura de base/cama	No necesaria
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	20-60 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (DIN 53504-S2)	600%
Resistencia a la tracción (DIN 53504-S2)	45 MPa
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	Shore 82A
Resistencia a la abrasión	23 mm ³
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM E2092)	105°C
Temperatura de fusión	220°C

Flexfill TPE 90A / 96A: Flexfill TPE (elastómero termoplástico) es un filamento de impresión 3D muy flexible, único en sus propiedades en comparación con los materiales TPU. Se trata de un material de impresión 3D de alta calidad, con muy buenas propiedades de impresión, de superficie y mecánicas. Cuenta con dos tipos de dureza, 90A y 96A, y constituye una gran apuesta de Fillamentum por ampliar las posibilidades en el mercado de filamentos flexibles.

A diferencia del Flexifill TPU (poliuretano termoplástico), que tiene un acabado brillante, el TPE tiene un acabado mate y suave, que resulta agradable al tacto y no es pegajoso, lo que ayuda a lograr un acabado perfecto, resistente a la suciedad y lavable.

La primera diferencia que existe en comparación con otros filamentos flexibles es su resistencia química, que consigue una gran resistencia contra una amplia gama de sustancias como agua, ácidos, álcalis o alcoholes incluso a altas temperaturas. Además, es resistente a la abrasión, tiene un grado de absorción de humedad bajo y una muy baja permeabilidad a los gases.

Cuenta con una buena calidad gracias a mantener su estabilidad dimensional con una gran adhesión entre capas, lo que le proporciona una gran resistencia al desgarro y un encadenamiento bajo que le concede ese acabado mate.

Se trata de un filamento reciclable, que prácticamente no desprende olores y está libre de Bisfenol A (BPA). No contiene sustancias restringidas, y es seguro para aplicaciones de contacto con alimentos (posee la certificación FDA), con la piel o con la membrana mucosa. Asimismo, es un material que se puede utilizar para la producción de equipos eléctricos y electrónicos.

Además, el polímero base en el caso del TPE son poliolefinas, en lugar del poliuretano del TPU. Esto implica unas propiedades distintas, que a continuación se resumen en la tabla comparativa entre los distintos materiales con cierta flexibilidad que existen.

A nivel teórico, se determina que el TPU (Poliuretano Termoplástico) se obtiene gracias a la modificación de un TPE (Termoplástico Elastómero), dando como resultado un material con menor flexibilidad. Si bien a efectos prácticos se consideran dos tipos de materiales totalmente independientes hoy en día. Hasta el momento estaba establecida la regla de diferenciación que evidenciaba que un TPE siempre era flexible, y un TPU semi-flexible o rígido. En la actualidad, esta diferenciación ha dejado de tener sentido debido al gran desarrollo de variantes en materiales TPE y TPU, y se encuentran filamentos TPE muy flexibles (con durezas Shore 70A, 82A y 90A) y semi-flexibles como el 96A.

-90A

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	215-250°C
Temperatura de base/cama	No necesaria
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	20-60 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	> 250 %
Resistencia a la tracción	> 5 MPa
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	Shore 90A / Shore 30D
Resistencia a la abrasión	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	-
Temperatura de fusión	-

-96A

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	225 - 245°C
Temperatura de base/cama	50 - 60°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	15 - 25 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	> 150 %
Resistencia a la tracción	> 5 MPa
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	Shore 96A / Shore 40D
Resistencia a la abrasión	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	-
Temperatura de fusión	-

Resumen:

Nombre	Resumen
FilaFlex UltraSoft 70A	El filamento más elástico y suave del mercado, llegando a alcanzar un 900% de estiramiento.
FilaFlex 82A	Filamento más elástico del mercado, con hasta un 700% de estiramiento.
Flexfill TPE 90A	Filamento flexible con dureza Shore 90A de alta calidad, gran resistencia química y certificación FDA.
Flexfill TPE 96A	Filamento semi-flexible con dureza Shore 90A de alta calidad, gran resistencia química y acabado mate y suave.

3.1.7 FLEXFILL TPU

El TPU (Poliuretano Termoplástico) es un termoplástico, más concretamente un polímero elastómero lineal perteneciente a la familia de los poliuretanos. Este material se caracteriza por su alta resistencia a la abrasión, a ciertos elementos químicos, a los rayos UV y a las bajas temperaturas. Este conjunto de propiedades hace que el uso del TPU esté extendido por toda la industria.

Este plástico de ingeniería es empleado en aplicaciones que necesitan alta resistencia al desgaste y a la abrasión, como protecciones de piezas, piezas con buena absorción de impactos, resistencia a elementos químicos (grasa, aceites, oxígeno y ozono) o resistencia los rayos UV. Gracias a todo el conjunto de propiedades del TPU consiguen que este termoplástico sea empleado en infinidad de sectores.

El Flexfill 98A es un filamento de comportamiento similar al TPE (FilaFlex) pero presenta mayor rigidez. Esta mayor rigidez hace que sea más fácil de imprimir en impresoras 3D que no dispongan de un tipo de extrusor apropiado para imprimir filamentos muy flexibles (TPE), como extrusores tipo bowden o extrusores que tenga una distancia inadecuada entre el piñón de empuje del filamento y el nozzle.

Además, este filamento en comparación con materiales tipo TPE, muestra mayor resistencia a la abrasión, mayor resistencia a los rayos UV, mejores propiedades elásticas en condiciones de baja temperatura y tiene una mayor resolución de impresión que el TPE por lo que es más indicado para piezas técnicas que necesiten mayor exactitud.

Flexfill 98A TPU Natural: El filamento para impresora 3D Flexfill 98A TPU Natural (Poliuretano Termoplástico) es un material flexible y con cierta elasticidad. Se trata de un filamento muy parecido al PLA Soft-Flexible, pero con unas propiedades añadidas como son resistencia a grasas, aceites y disolventes que lo convierten en más útil para aplicaciones industriales. Además, otra ventaja con respecto al PLA Soft es su mayor adhesión entre capas.

Otro de los filamentos flexibles parecidos a este filamento TPU es el filamento Filaflex-TPE (Elastómero termoplástico) el cuál debido a su mayor flexibilidad y elasticidad presenta una mayor complejidad de impresión que el propio Flexfil 98A TPU. El filamento para impresión 3D Flexfil 98A (Dureza Shore 98A) TPU es más duro que el Filaflex-TPE (Dureza Shore 82A) y muy similar al PLA Soft-Flexible (Dureza Shore 92A). Esta mayor rigidez del filamento Flexfill 98A TPU Natural (1.75mm o 2.85mm) hace que sea más fácil de imprimir en impresoras 3D sin el extrusor adaptado que hace que normalmente de problemas al imprimir los filamentos muy flexibles como el TPE. A pesar de esto probablemente filamentos TPE como el Filaflex sigan siendo todavía los filamentos flexibles más usados debido a su mayor similitud al caucho y a su mayor elasticidad y suavidad, si bien cabe resaltar que el filamento Flexfill 98A TPU Natural está aditivado con el fin de conseguir una mayor suavidad.

Otras de las principales ventajas de un filamento TPU como el Flexfill 98A frente a otro filamento TPE como el Filaflex son por ejemplo que presenta una mayor resistencia a la abrasión y los rayos UV, conserva mejor las propiedades elásticas a temperaturas más bajas y tiene una mayor resolución de impresión que el TPE por lo que es más indicado para piezas técnicas que necesiten mayor exactitud.

En cuanto a la temperatura de impresión, de cama y densidad (1,20-1,22 g/cm³), tanto el Flexfill 98A como el Filaflex son muy similares si bien, la principal diferencia es que con el filamento Flexfill 98A TPU Natural se puede imprimir a mayor velocidad (20-30mm/s) que con el Filaflex (15 mm/s).

Por tanto, si lo que buscas es imprimir piezas elásticas y flexibles, pero no habías conseguido imprimirlas con un filamento TPE este es el filamento ideal. Además, en impresoras con dos cabezales se puede utilizar el Flexfill para añadir una capa adicional sobre el material rígido base para crear una superficie que sea suave al tacto.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	220-240°C
Temperatura de base/cama	50-60°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	20-30 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (DIN 53504)	318%
Resistencia a la tracción (DIN 53504)	53.7 MPa
Módulo de tracción (ISO 6721)	444 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	Shore 98A / Shore 60D
Resistencia a la abrasión (ISO 4649)	23 mm ³
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM E2092)	90°C
Temperatura de fusión	215°C

MDFlex Copper3D - Antibacteriano: opper3D es una empresa chilena nacida por la unión de ingenieros, fisioterapeutas y médicos para solucionar los problemas dérmicos que sufren pacientes que utilizan prótesis. Más del 40% de los amputados y también muchos otros pacientes que utilizan prótesis, sufren algún trastorno dérmico debido a la alta carga bacteriana que presentan estos productos médicos en contacto con la piel, que derivan en dermatitis, foliculitis, infecciones fúngicas y más. Este problema es debido a que los materiales empleados en dispositivos médicos son difíciles de mantener limpios y esterilizados. Para cubrir esta cadencia, Copper3D ha desarrollado nuevos polímeros para impresión 3D con un aditivo que contiene nanopartículas de cobre, altamente efectivas para eliminar hongos, virus y bacterias, pero seguro para los humanos en las concentraciones correctas.

MD1 Flex es un innovador nanocompuesto desarrollado con un TPU98A de alta calidad y un aditivo de nanocobre patentado, científicamente validado y altamente efectivo. Esta combinación única de tecnologías aporta las siguientes características a este innovador filamento:

La acción antibacteriana consigue eliminar el 99.9% de los hongos, virus y una gran gama de microorganismos.

Se han conseguido excelentes resultados en prótesis para amputados, aplicaciones médicas donde es esencial la eliminación de bacterias, como prótesis postoperatorias, equipos quirúrgicos y otras aplicaciones.

El nanoaditivo mantiene todas las propiedades mecánicas del material TPU98A, como su dureza y flexibilidad, alta resistencia al calor (138 °C), 450 % de alargamiento en la rotura y facilidad de impresión en velocidades superiores a 75 mm/s.

Este filamento es respetuoso con el medio ambiente y no produce residuos tóxicos.

Para mostrar al mundo el poder del MD1 Flex, Copper3D ha enviado muestras de su producto a dos laboratorios de microbiología. Ambas instituciones confirman que las Unidades de Formación de Colonias (CFU) de *Estafilococos aureus* MRSA y *Escherichiacoli* DH5 α , descienden drásticamente durante las 6 primeras horas de exposición al MD1 Flex (>95%), eliminando también cepas bacterianas hasta el 98% en las 8 primeras horas y el 99.99% a partir de las 24 horas.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	225 - 245°C
Temperatura de base/cama	0 - 60°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	75 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	450 %
Resistencia a la tracción (ISO 527)	50 MPa
Módulo de tracción (ISO 527)	150 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial (ISO 7619)	Shore 98A
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM D1525)	138°C
Temperatura de fusión (ISO 294)	225°C

Filamento Conductivo Flexible TPU: Este revolucionario filamento conductivo flexible TPU fabricado por los creadores del filamento conductivo de Grafeno para impresión 3D ofrece dos de las más codiciadas propiedades en la impresión 3D: Flexibilidad y conductividad.

El filamento Conductivo Flexible TPU ofrece una resistividad volumétrica de $<1.25 \Omega\text{-cm}$ (Un poco más del doble que el propio filamento conductivo de grafeno que es de $0,6 \Omega\text{-cm}$). La resistividad de volumen es la medida de la resistencia de un material a la electricidad dentro de un centímetro cúbico de material. Con el fin de determinar si el material va a cumplir las funciones en su proyecto, se tendrá que tener en cuenta que la resistencia va a cambiar dependiendo de su impresión.

Este material flexible y conductivo de electricidad amplía las capacidades de la fabricación aditiva o impresión 3D y permite acortar el camino del desarrollo a la aplicación comercial.

Las principales aplicaciones del filamento Conductivo Flexible TPU son:

- Trazas Conductivas Flexibles y Electrodo

Las principales aplicaciones son en la creación de circuitos eléctricamente conductores utilizados para electrónica flexible. Algunos ejemplos de proyectos son:

- Interfaz de ordenadores, arduino y otros componentes
 - Alimentación de los LED
 - Teclados digitales (Digital Keyboards), Trackpads
 - Botones sensibles a la presión
 - Electrónica Wearable
 - Dispositivos médicos, electrodos para electrocardiograma (ECG o EKG)
 - Electrodo de superficie neural
- Blindaje electromagnético y de radiofrecuencia

La excelente conductividad y flexibilidad del Filamento Conductivo Flexible TPU 1.75mm resulta ser una gran solución en aplicaciones de blindaje o apantallamiento EMI (Interferencia electromagnética) y RF (Interferencia de radiofrecuencia) en una amplia gama de industrias, como, por ejemplo:

- Telecomunicaciones
- Equipamiento Hospitalario
- Carcasas y embalajes
- Aeroespacial y Automotriz
- Acolchado absorbente de golpes
- Cinturones de conducción y correas de distribución, tubos flexibles y conectores.

El apantallamiento EMI / RF se utiliza para bloquear el campo y la radiación electromagnéticos de radiofrecuencia dentro de un espacio; es importante utilizar EMI y protección de RF en un hospital, laboratorio, o en configuraciones de la industria aeroespacial para proteger contra las señales de la competencia, ya que pueden conducir al equipamiento propio a dar falsas mediciones.

El apantallamiento EMI / RF logra esto mediante el bloqueo de AM, FM, TV, servicios de emergencia, y las señales celulares. El Filamento Conductivo Flexible TPU es ideal para el diseño de escudos de RF / EMI utilizados en elementos altamente personalizados.

El acabado de las piezas fabricadas con el filamento Conductivo Flexible TPU presentan un acabado negro mate. En cuanto a la dureza superficial es de Shore 90A en piezas impresas y además presentan una mayor estabilidad frente a los rayos UV lo que lo convierte en más adecuado para aplicaciones en el exterior

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	210°C
Temperatura de base/cama	20-50°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	40 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	Shore 90A
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	-
Temperatura de fusión	-

Smartfil TPU 93A: Smartfil TPU 93A es un filamento desarrollado por SmartMaterials para todo tipo de impresoras 3D FDM. Sus principales ventajas son la combinación de flexibilidad y elasticidad, con una gran resistencia al desgaste.

Este Poliuretano Termoplástico se obtiene gracias a modificar el Termoplástico Elastómero (TPE), dando como resultado un filamento con mayor rigidez, compatible con la mayoría de las impresoras 3D FDM del mercado, tanto si disponen de un sistema de extrusión directo o bowden, siendo una ventaja clara frente al TPE.

Smartfil TPU 93A es un material ideal para aplicaciones donde se necesita flexibilidad, cierta elasticidad y buena adherencia entre capas para que las piezas soporten golpes sin romperse. Otra ventaja que presenta es la gran resistencia a la abrasión y un acabado superficial suave, que minimiza el rozamiento entre elementos en contacto. Al igual que FilaFlex, este material muestra una buena resistencia química en contacto con grasas, aceites y disolventes.

Como es común en todos los productos de SmartMaterials, este filamento está desarrollado específicamente para que la impresión 3D sea sencilla y no provoque problemas indeseados, como atascos en el HotEnd o se enrede en el piñón del extrusor.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	215 - 235°C
Temperatura de base/cama	0 - 60°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	20-30 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción (ISO 37)	40 MPa
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial (ISO 868)	Shore 93A
Resistencia a la abrasión (ISO 4649)	35 mm ³
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	-
Temperatura de fusión	-

Resumen:

Nombre	Resumen
Flexfill 98A TPU Natural	Material flexible con cierta elasticidad, resistencia a UV y gran resolución, de color natural.
MDFlex Copper3D - Antibacteriano	Formado por TPU98A de alta calidad y un aditivo de nanocobre patentado, científicamente validado.
Filamento Conductivo Flexible TPU	Ofrece dos de las propiedades más codiciadas de la impresión 3D: flexibilidad y conductividad.
Smartfil TPU 93A	Material flexible y de relativa elasticidad con buena resistencia a UV y gran acabado superficial.

3.1.8 NYLON (PA)

El nylon es un polímero sintético perteneciente al grupo de las poliamidas. Su descubrimiento en forma de fibra desbancó rápidamente a la seda del mercado textil. La fibra de nylon es elástica y resistente, propiedades que son claves para la confección de ropa. Con el paso del tiempo se desarrolló el uso del nylon como un sólido para conseguir piezas resistentes, duraderas y con la elasticidad justa para amortiguar golpes entre piezas y soportar cargas.

El nylon es muy empleado actualmente en la gran mayoría de sectores de la industria, independientemente de la aplicación. Por este motivo se pueden encontrar nylon en los hilos de pesca y cuerdas de guitarras, maquinaria industrial, productos para alimentación, cremalleras, tornillos, productos de cirugía y muchos más.

En el mundo de la impresión 3D existen distintos tipos de nylons, cada uno con aplicaciones distintas, entre las que destacan las aplicaciones en la automoción y en el sector alimentario (nylon FDA). Entre los nylons sin alear destaca alguno como el PA12, una poliamida utilizada en automoción, maquinaria e industria ya que combina resistencia mecánica, flexibilidad y resistencia química (aceites, grasas, gasolina...) y térmica superior. Su deformación por tracción ante rotura es mayor al 50 % lo que lo convierte en uno de los filamentos con mayor resistencia a la fatiga. Las principales aplicaciones suelen ser en elementos de remplazo de metal, tales como cojinetes, engranajes, poleas, ruedas dentadas y en maquinaria industrial de amortiguación.

Dentro de los nylons reforzados con fibras destacan los reforzados con fibra de carbono y fibra de vidrio. El Nylon-Fibra de Carbono CF15 es un filamento que utilizan la gran mayoría de usuarios de la impresión 3D que necesitan realizar piezas resistentes, duras, resistentes al desgaste y con cierta elasticidad. Otro material que destaca en esta categoría es el XSTRAND GF30-PA6, una poliamida con un 30 % de fibra de vidrio que tiene uno de los mayores módulos de tensión de todos los filamentos existentes actualmente.

XSTRAND GF30-PA6: El GF30-PA6 es un filamento para impresoras 3D con base de PA6 (Poliamida 6) reforzada en un 30% por fibras de vidrio desarrollado por Owens Corning.

El GF30-PA6 es un material de elevada resistencia mecánica, con resistencia al desgaste, alta resistencia a productos químicos y a luz UV. Con un Módulo de tensión de 7400 MPa es uno de los más altos en la actualidad, siendo un 250% más resistente que los materiales comunes dentro de los materiales para la impresión 3D FDM, como es el ABS. Esta alta resistencia unida a la resistencia al desgaste y a un alto umbral de temperaturas de trabajo (-20°C hasta 120°C) hacen del GF30-PA6 el material ideal y más común para fabricar herramientas industriales que serán utilizadas en ambientes duros.

Pero aquí no terminan las ventajas de este material. Al incorporar las fibras de vidrio, el GF30-PA es más sencillo de imprimir que la PA6 (Poliamida 6) por sí sola, aumenta la unión entre capas, se reduce el efecto warping entre las piezas y la base, y la absorción de humedad se reduce significativamente.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	220-280°C
Temperatura de base/cama	80-110°C
Temperatura de cámara	No necesario. (Recomendable)
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	30-100 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	2.1%
Resistencia a la tracción (ISO 527)	102 MPa
Módulo de tracción (ISO 527)	7400 MPa
Resistencia a la flexión (ISO 178)	170 MPa
Módulo de flexión (ISO 178)	6100 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 75)	124°C
Temperatura de fusión (ISO 11357)	206°C

PolyMide PA-GF: Los materiales de Polymaker con base de poliamida (PA6 y PA12) reforzados con fibra de vidrio son filamentos realmente resistentes a nivel mecánico, térmico y abrasivo. La fibra de vidrio le aporta un comportamiento más isotrópico, ya que cuenta con las mismas propiedades a lo largo y ancho de las fibras.

PA6 y PA12 son poliamidas muy utilizadas en todos los sectores industriales actuales. La nomenclatura deriva del número de átomos de carbono existentes en la diamina y los monómeros de ácido dibásico necesarios para producirlos. PA6 es un nylon que destaca por su elevada tenacidad, resistencia al calor a corto y largo plazo, calidad superficial, resistencia a la fluencia y a los rayos UV. Por otro lado, PA12 es una poliamida realmente resistente incluso en ambientes con temperaturas bajas (inferiores a 0 °C), alta resistencia al agrietamiento y a mantener la forma con aplicación de esfuerzos durante largos tiempos. Otra ventaja que ofrece es su baja concentración de amidas, lo que se traduce en muy baja absorción de humedad y excelente resistencia a una gran cantidad de productos químicos (fluidos hidráulicos, aceites, combustibles, grasas, agua salada y solventes)

Polymide PA6-GF y PA12-GF presenta las características del nylon, las ventajas de las tecnologías de desarrollo propio de Polymaker y las propiedades de la fibra de vidrio (resistencia mecánica, térmica, a la abrasión y gran rigidez) para obtener piezas resistentes a todos los niveles, aplicables a la mayoría de los trabajos industriales y con suma facilidad de impresión.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	280 - 300°C
Temperatura de base/cama	25 - 50°C
Temperatura de cámara	50°C
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	60 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy (ASTM D256)	16.5 kJ/m ²
Alargamiento a la rotura (ASTM D638)	19.4 %
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	84.5 MPa
Módulo de tracción (ASTM D638)	4431 MPa
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	136.4 MPa
Módulo de flexión (ASTM D790)	2232 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 75 0.45 MPa)	191°C
Temperatura de fusión	215°C

Nylon PolyMide™ CoPA (PA6.6): El filamento para impresión 3D PolyMide™ CoPA está basado en un copolímero de Nylon 6 y Nylon 6,6.

La Poliamida 6 (PA6) se trata de la poliamida extruida más común. Destaca en la industria por ofrecer unas buenas propiedades de amortiguación y resistencia al impacto, así como una buena tenacidad a bajas temperaturas. Es ideal por ejemplo para cojinetes y engranajes ya que trabajarían de forma silenciosa.

Este filamento fabricado por Polymaker destaca por su excelente resistencia mecánica, dureza y resistencia térmica de hasta 180 °C. Por tanto, se equipará en resistencia térmica al Nylon 180°C y se sitúa a tan solo 30°C de resistencia del NylonStrong que soporta hasta 210°C de temperatura sin reblandecer. Por tanto, el filamento PolyMide™ CoPA se convierte en uno de los materiales actuales del mercado con mayor resistencia a la temperatura.

La principal ventaja de esta mezcla de Poliamidas 6 y 6.6 es que está diseñado para proporcionar una excelente estabilidad dimensional durante la impresión, con deformaciones cercanas a cero, lo que implica que el efecto warping es mínimo. Uno de los principales problemas de impresión de todos los filamentos nylon es precisamente el elevado efecto warping que presentan, de ahí que el principal esfuerzo de desarrollo por parte de Polymaker haya sido el de lanzar al mercado un nylon orientado a la facilidad de impresión.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	250-270°C
Temperatura de base/cama	25-70°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	30-50 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy (ASTM D256)	9.6 KJ/m2
Alargamiento a la rotura (ASTM D638)	9.9%
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	66.2 MPa
Módulo de tracción (ASTM D638)	2223 MPa
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	97 MPa
Módulo de flexión (ASTM D790)	1667 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM D1525)	180°C
Temperatura de fusión	260°C

PolyMide PA-CF: PolyMide PA6-CF y PA12-CF son filamentos con base de PA (Nylon) reforzados con fibra de carbono. La fibra de carbono le aporta al nylon rigidez, resistencia mecánica y resistencia al calor, todo esto unido a una excelente unión entre capas.

PA6 y PA12 son poliamidas muy utilizadas en todos los sectores industriales actuales. La nomenclatura deriva del número de átomos de carbono existentes en la diamina y los monómeros de ácido dibásico necesarios para producirlos. PA6 es un nylon que destaca por su elevada tenacidad, resistencia al calor a corto y largo plazo, calidad superficial, resistencia a la fluencia y a los rayos UV. Por otro lado, PA12 es una poliamida realmente resistente incluso en ambientes con temperaturas bajas (inferiores a 0 °C), alta resistencia al agrietamiento y a mantener la forma con aplicación de esfuerzos durante largos tiempos. Otra ventaja que ofrece es su baja concentración de amidas, lo que se traduce en muy baja absorción de humedad y excelente resistencia a una gran cantidad de productos químicos.

Polymaker ha desarrollado Polymide PA6-CF y PA12-CF utilizando la tecnología "Warp-Free" y "Fiber Adhesion". La tecnología "Warp-Free" permite la fabricación de filamentos con base de nylon (PA6 y PA12) con excelente estabilidad dimensional y una deformación en la base de las piezas prácticamente nula. El funcionamiento de esta tecnología se logra mediante un exhaustivo control de la microestructura y del proceso de cristalización del Nylon, para conseguir que el material libere completamente la tensión interna antes de la solidificación.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	280 - 300°C
Temperatura de base/cama	25 - 50°C
Temperatura de cámara	50°C
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	60 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy (ASTM D256)	13.34 kJ/m ²
Alargamiento a la rotura (ASTM D638)	3 %
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	105 MPa
Módulo de tracción (ASTM D638)	7453 MPa
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	169 MPa
Módulo de flexión (ASTM D790)	8339 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 75 0.45 MPa)	215°C
Temperatura de fusión	220°C

Nylon Taulman 230: El filamento para impresora 3D Nylon Taulman 230 es el primero de los filamentos para impresora 3D desarrollado por Taulman, que está pensado para imprimir a baja temperatura. Este filamento se imprime con una temperatura que oscila entre 225 y 235°C.

Además, para imprimir este filamento no es necesario usar cama caliente, se puede imprimir perfectamente en cama fría, sobre la que se debe colocar Blue Tape.

Gracias a esto el filamento Nylon Taulman 230 se puede usar en cualquier impresora 3D. De esta forma, con el filamento Nylon Taulman 230 se pone al alcance de cualquier usuario de impresora 3D la posibilidad de imprimir pieza de alta resistencia usando Nylon Taulman.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	228-235°C
Temperatura de base/cama	No necesaria (Recomendable a 45°C)
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendado
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	417%
Resistencia a la tracción	34 MPa
Módulo de tracción	73 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	68°C
Temperatura de fusión	195°C

Taulman Alloy 910: Taulman Alloy 910 es el primer filamento para impresora 3D fabricado a partir de una aleación de polímeros que presenta una alta resistencia al impacto y durabilidad. Este nuevo filamento de Taulman para impresión 3D tiene una resistencia a la tracción de 8100 PSI al igual que los Taulman Copoliésters (Tritan-BluPrint, TechG y T-Glase) pero a diferencia de ellos tiene la diferencia de que es un nylon y por tanto tiene mayor durabilidad.

Taulman Alloy 910 es un filamento especialmente recomendado para aquellas aplicaciones en las que se vaya a someter a las piezas fabricadas mediante impresión 3D a temperaturas elevadas, y se necesite una alta resistencia y durabilidad de dicha pieza.

Por tanto, teniendo en cuenta las características anteriormente mencionadas, el filamento Taulman Alloy 910 es indicado para usar en la fabricación de moldes, componentes de robots o de otro tipo de máquinas. En definitiva, cualquier aplicación que requiera una alta resistencia a la tracción y durabilidad.

Gracias a la composición química del Taulman Alloy 910 presenta una capacidad de absorción de agua muy baja, en comparación con cualquier otro filamento de la familia de los Nylon Taulman. Es el filamento perfecto para la impresión 3D de alto rendimiento.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	250-255°C
Temperatura de base/cama	30-65°C
Temperatura de cámara	No necesaria (Recomendado 30-100°C)
Ventilador de capa	No recomendado
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	32%
Resistencia a la tracción	55 MPa
Módulo de tracción	502 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	82°C
Temperatura de fusión	210°C

Taulman PCTPE: El novedoso Taulman PCTPE es un filamento extremadamente flexible y resistente. Es un material basado en la combinación de TPE (elastómero termoplástico) y con una base de nylon (copolímero). Esta combinación única permite que el material sea altamente flexible, con una gran durabilidad y con una gran unión entre capas. A diferencia de otros materiales de nylon, Taulman PCTPE tiene una temperatura de impresión baja, lo que provoca que sea muy fácil de imprimir con él en cualquier impresora 3D.

Taulman PCTPE combina la alta flexibilidad con una mínima elasticidad. Es realmente un gran avance debido a que es el primer material de estas características con unas propiedades que facilitan la impresión a cualquier usuario con una impresora 3D común (FDM/FFF), ya que reduce drásticamente el warping.

Taulman PCTPE es extremadamente resistente debido a que forma excelentes uniones entre capas, y es por eso por lo que pueden soportar ser flexionados de múltiples formas sin perder sus propiedades de resistencia. A todas estas ventajas se une que mantiene los valores de durabilidad del nylon. Además, el acabado final es similar a la textura brillante suave del nylon.

Las principales ventajas del Taulman PCTPE son las siguientes:

- Flexibilidad: La mayoría de los filamentos flexibles que se ofrecen en el mercado son filamentos verdaderamente complicados de imprimir con ellos debido a la gran variabilidad de la flexibilidad al depender de muchos parámetros. El revolucionario filamento que acaba de sacar al mercado Taulman PCTPE proporciona al usuario una amplia gama de flexibilidad de diseño basado principalmente en el tamaño de la boquilla, el número de perímetros y porcentaje de relleno interno. Taulman PCTPE es un material fácil de imprimir cumplir una larga lista de requisitos de los usuarios.
- Facilidad de uso: La nueva fórmula de Taulman basada en la adición de TPE con un nuevo nylon de temperatura más baja, sitúa al Taulman PCTPE como un filamento tan fácil de imprimir como el propio ABS, con una configuración verdaderamente simple y a una temperatura de impresión de 230°.
- Gran unión entre capas: Taulman PCTPE asegura una excelente adherencia entre las capas de las piezas.
- Textura usable: Tal y como es conocida la textura del nylon por ser un material agradable al tacto, el Taulman PCTPE mejora aún más esta textura suave al tacto que es la clave de la utilización de este material en las actuales prendas de ropa, que hacen que sean verdaderamente cómodas al entrar en contacto con el cuerpo.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	235-242°C
Temperatura de base/cama	50°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendado
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	497%
Resistencia a la tracción	34 MPa
Módulo de tracción	73 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	74°C
Temperatura de fusión	203°C

Nylon FX256 (PA12): El Nylon FX256 (PA12) es creación del potente fabricante Fillamentum, el cual destaca por una gran variedad de materiales y colores, por su perfecto embobinado y por la calidad de sus productos. El Nylon FX256 presenta una gran resistencia al impacto, flexibilidad y gran estabilidad dimensional.

Este tipo de poliamida es ampliamente utilizada en automoción, maquinaria e industria ya que combina resistencia mecánica, flexibilidad y resistencia química (aceites, grasas, gasolina...) y térmica superior. Su deformación por tracción ante rotura es mayor al 50% lo que lo convierte en uno de los filamentos con mayor resistencia a la fatiga. Por otra parte, presenta una baja densidad en comparación al resto de materiales de la impresión 3D, dando una gran ventaja de peso a todas las piezas que se fabriquen con este material. Las principales aplicaciones suelen ser en aplicaciones de remplazo de metal, tales como cojinetes, engranajes, poleas, ruedas dentadas y en maquinaria industrial de amortiguación.

La característica más destacada del filamento para impresión 3D Nylon FX256 es que soporta hasta los 140°C de temperatura sin reblandecerse sin carga y hasta 110°C con una carga de 0.45MPa lo cual es una gran ventaja con respecto al resto de filamentos empleados en impresión 3D. Otra cualidad que destaca de este nylon es la alta resistencia al impacto, incluso a temperatura muy bajas (-40°C) que, combinada con una baja absorción de humedad, permite realizar piezas para ambientes fríos.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	235-260°C
Temperatura de base/cama	80-105°C
Temperatura de cámara	No necesaria (Recomendable)
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	20-30 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy (ISO 179)	7 KJ/m ²
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	>50%
Resistencia a la tracción (ISO 527)	45 MPa
Módulo de tracción (ASTM 527)	1400 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 306)	140°C
Temperatura de fusión	-

Nylon AF80 Aramid: El filamento Nylon AF80 Aramid es el nuevo material con base de nylon desarrollado por Fillamentum. En su catálogo también podemos encontrar el Nylon-fibra de carbono CF15, con fibras de carbono, o el Nylon FX256, con una composición íntegra de poliamida (PA 12). El filamento Nylon AF80 Aramid es un material creado para la impresión 3D FDM compuesto por fibras de aramida y una mezcla de poliamidas (nylon AF80), que conforman un material autolubricado y con propiedades tribológicas.

Las piezas fabricadas en Nylon AF80 están indicadas para aplicaciones que requieran soportar deslizamientos continuos y resistencia a fricción. Gracias a las propiedades de autolubricado se logran movimientos con baja fricción y por tanto rápidos y precisos, lo que redundará en un menor desgaste. Esto permite en ciertos entornos industriales la sustitución de ciertas piezas fabricadas en materiales inapropiados desde el punto de vista tribológico, aumentando la productividad en determinados procesos donde intervienen las piezas impresas en Nylon AF80 debido al aumento de vida de las piezas, que origina una menor sustitución de las piezas en dicho proceso. Por este motivo es un material idóneo para piezas que se enfrentan a un rozamiento constante especialmente en entornos industriales (rodamientos, guías, cojinetes, etc.).

La aramida es una fibra sintética robusta y resistente a los impactos, la abrasión, los disolventes orgánicos y al calor. Por su naturaleza, es muy utilizada en los sectores militar, aeronáutico o naval entre otros (compuestos balísticos, chalecos antibalas, equipos de protección contra incendios, etc.). En muchos casos se utiliza como sustituto al amianto. Las fibras de aramida, sin embargo, son sensibles a la humedad y los rayos UV. El refuerzo de estas fibras, unido a las propiedades del nylon AF80, confieren al filamento Nylon AF80 Aramid las siguientes propiedades:

Se trata de un filamento muy útil para distintos ámbitos de la ingeniería, en las que pueden utilizarse para crear prototipos, así como para imprimir en 3D piezas que se someterán a una tensión, impactos, o rozamiento constante con otros elementos.

- Propiedades tribológicas
- Gran resistencia a la tracción
- Alta resistencia al calor
- Resistencia a los impactos

Además, no contiene sustancias restringidas (no es nocivo para el medio ambiente), aunque no es recomendable utilizarlo para piezas que vayan a estar en contacto con alimentos.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	235 - 255°C
Temperatura de base/cama	90 - 110°C
Temperatura de cámara	No necesaria (recomendable)
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	30 - 50 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy (ISO 179)	53,2 kJ/m ²
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	5,8 %
Resistencia a la tracción (ISO 527)	50,4 MPa
Módulo de tracción (ISO 527)	510 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	-
Temperatura de fusión	-

NylonStrong: Al contrario que el resto de los filamentos de nylon disponibles actualmente en el mercado, este filamento NylonStrong se trata de un filamento muy duro.

Al tratarse de un nylon con mucha dureza es ideal para aplicaciones industriales donde se necesiten grandes propiedades mecánicas de fuerza, de resistencia al impacto o soportar altas temperaturas.

La Poliamida 6 (PA6) se trata de la poliamida extruida más común. Destaca en la industria por ofrecer unas buenas propiedades de amortiguación y resistencia al impacto, así como una buena tenacidad a bajas temperaturas. Es ideal por ejemplo para cojinetes y engranajes ya que trabajarían de forma silenciosa.

Este filamento Smartfil NylonStrong está diseñado para obtener los mejores resultados en impresión 3D con un filamento nylon, ya que la mayoría de los filamentos de nylon presentan un elevado efecto warping.

Además, es el material rígido capaz de soportar hasta los 210°C (temperatura de reblandecimiento) lo cual abre una enorme oportunidad de fabricación de piezas industriales mediante impresión 3D FDM/FFF. Además, el filamento NylonStrong está diseñado para imprimir a un rango de temperaturas similar al de otros filamentos nylon. ($\pm 250^\circ\text{C}$).

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	$\pm 250^\circ\text{C}$
Temperatura de base/cama	90-110°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ISO 180)	11.52 KJ/m ²
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción (ISO 527)	160 MPa
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial (ISO 868)	Shore 70D
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 75)	212°C
Temperatura de fusión	-

Taulman 680 FDA: El Nylon Taulman 680 FDA es un filamento para impresora 3D hecho con un polímero desarrollado específicamente para cumplir con la normativa FDA 21 CFR 177.1500. En esta norma se regula los materiales con los que se pueden fabricar recipientes para estar en contacto con alimentos (con excepción de alimentos con más del 8% de alcohol).

El Nylon Taulman 680 FDA está diseñado para imprimir en el mismo rango de temperatura que otros Nylons Taulman. El Nylon Taulman 680 FDA es más transparente que el nylon 645, lo que permite realizar inspecciones visuales no destructivas de la parte impresa. El Nylon Taulman 680 FDA es menos flexible que el nylon 645, ya que tiene por objeto apoyar una larga lista de usos médicos.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	250-252°C
Temperatura de base/cama	30-65°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendado
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	34%
Resistencia a la tracción	47 MPa
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	93°C
Temperatura de fusión	210°C

Nylon 180 (PA12): El filamento para impresora 3D Nylon 180 Negro se trata de una Poliamida 12 (PA12) de alto rendimiento semi-flexible y dura, con una alta resistencia a la tracción. Este tipo de poliamida es ampliamente utilizada en automoción, maquinaria e industria ya que combina resistencia mecánica, flexibilidad y resistencia química (aceites, grasas, gasolina...) y térmica superior. Su elongación es de entre 100 y 350 % lo que lo convierte en uno de los filamentos con mayor resistencia a la fatiga. Por otra parte, presenta una buena resistencia a inserciones a presión y es un plástico muy ligero. Las principales aplicaciones suelen ser en aplicaciones de remplazo de metal, tales como cojinetes, engranajes, poleas, ruedas dentadas y en maquinaria industrial de amortiguación.

La característica más destacada del filamento para impresión 3D Nylon 180 es que soporta hasta los 180°C de temperatura sin reblandecerse lo cual es una gran ventaja con respecto al resto de filamentos empleados en impresión 3D.

El Nylon 180 (PA12) se trata de un filamento de rendimiento superior solo recomendado para usuarios con amplia experiencia en la impresión 3D debido a que es un filamento complicado de imprimir debido al alto efecto warping que presenta, de ahí que solo sea posible imprimirlo utilizando en la base de la impresora sobre el cristal una mezcla de cola y agua.

El acabado de este filamento es bastante liso lo que le confiere unas bajas propiedades de fricción (gran deslizamiento).

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	260°C
Temperatura de base/cama	110°C
Temperatura de cámara	No necesaria (recomendable)
Ventilador de capa	No necesario
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción	42 MPa
Módulo de tracción	1400 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	180°C
Temperatura de fusión	-

Taulman nylon Bridge: El Taulman nylon Bridge (o poliamida) es un plástico de alta calidad disponible para la impresión 3D. Nace con el fin de ser un filamento “puente o unión” entre la alta resistencia y flexibilidad del Taulman Nylon 645 y el precio reducido del ABS y los termoplásticos PLA. Es prácticamente igual de resistente que el Taulman Nylon 645 pero a su vez es muy flexible. Permite a cualquier usuario imprimir piezas con estas características de resistencia y flexibilidad a un precio asequible superando las actuales barreras de otros filamentos de nylon. Este filamento de nylon es producido por Taulman 3D especialmente para la impresión en 3D.

Las principales características del Taulman nylon Bridge son las siguientes:

- Mayor adherencia de la capa a la base de impresión: Una de las grandes ventajas con respecto a otros filamentos nylon de otros fabricantes es que presenta una gran adherencia a la base de impresión.
- Disminución de la absorción de humedad: Aunque no es posible eliminar del todo la captación de humedad en la impresión 3D con Nylon, Taulman localiza esta humedad en la superficie de la pieza, de forma que la pieza no requiere ser sometida a procesos de secado después de la impresión.
- Reducción del warping: El mismo proceso que reduce la captación de humedad ayuda a reducir el warping. Esto es especialmente importante ya que el Nylon tiene una sensibilidad al encogimiento mayor que el ABS, por lo que el warping será uno de los mayores factores a vigilar cuando se imprime con Nylon. El Taulman nylon Bridge reduce considerablemente ese efecto.
- Transparencia: Taulman nylon Bridge tiene una opacidad del 68%. Al igual que Taulman Nylon 645, Taulman nylon Bridge permite, gracias a su transparencia, la inspección visual de partes impresas. Al ser transparente, Taulman nylon Bridge y Taulman 645, permiten la evaluación no destructiva de la pieza, incluso en su interior. Si lo que se busca es una transparencia total se debe elegir el Taulman T-Glase ya que es su principal virtud.

Además, presenta una contracción prácticamente nula, por lo que es además un buen material para imprimir grandes piezas.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	250-255°C
Temperatura de base/cama	30-65°C
Temperatura de cámara	No necesaria (Recomendado 30-100°C)
Ventilador de capa	No recomendado
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	248%
Resistencia a la tracción	33 MPa
Módulo de tracción	183 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	52°C
Temperatura de fusión	217°C

Taulman Nylon 645 Natural: El nylon o también denominado poliamida (PA) es un plástico sintético muy común en gran variedad de productos. Taulman Nylon 645 está diseñado específicamente para aplicaciones de impresión 3D siendo sencillo de imprimir a diferencia de otros filamentos genéricos de nylon que se pueden encontrar en el mercado.

Taulman Nylon 645 tiene una excelente adherencia a la superficie, reduce la absorción de agua y la resistencia al desgarro. Taulman Nylon 645 tiene un acabado de color blanco natural brillante contando con una superficie translúcida (65% de transparencia). Con Taulman Nylon 645 podrás obtener objetos flexibles, pero que a la vez tengan una gran resistencia. Además, a este filamento se le puede aplicar color directamente con un tinte para ropa, de esta forma se pueden obtener figuras incluso en múltiples colores combinados.

Si deseas obtener acabados realmente espectaculares puedes aplicar el recubrimiento específicamente diseñado para impresión 3D como es el XTC-3D. Taulman Nylon 645 tiene unas propiedades de resistencia superiores al Taulman Nylon 618 a costa de ser un 20% menos flexible. Se pueden conseguir piezas tan fuertes como las piezas moldeadas por inyección.

Además, no emite humos en la impresión y es mecanizable. Cuenta con la misma resistencia química que el Taulman Nylon 618 pero además es un 20% más resistente al Cloro. Es un polímero muy utilizado en la industria por su alta durabilidad.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	230-265°C (Ideal 245°C)
Temperatura de base/cama	30-65°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendado
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	186%
Resistencia a la tracción	35 MPa
Módulo de tracción	212 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	52°C
Temperatura de fusión	217°C

Resumen:

Nombre	Resumen
XSTRAND GF30-PA6	Filamento con base de poliamida 6 y fibra de vidrio, alto módulo de tensión y resistencia a la temperatura.
PolyMide PA-GF	Ideal para realizar piezas resistentes mecánicamente para ambientes con temperaturas muy bajas.
Nylon PolyMide™ CoPA (PA6.6)	El filamento para impresión 3D PolyMide™ CoPA está basado en un copolímero de Nylon 6 y Nylon 6,6.
PolyMide PA-CF	Materiales de nylon con fibra de carbono de gran resistencia y fácil impresión 3D.
Nylon Taulman 230	Primer filamento de nylon para imprimir a bajas temperaturas sin necesidad de disponer base caliente.
Taulman Alloy 910	Presenta una elevada resistencia al impacto y durabilidad. Se denomina un nylon de alto rendimiento.
Taulman PCTPE	Filamento extremadamente flexible y resistente basado en una combinación de TPE y nylon.
Nylon FX256 (PA12)	Poliamida 12 de alto rendimiento con una resistencia a la tracción de 45MPa.
Nylon AF80 Aramid	Material autolubricado y con propiedades tribológicas compuesto de fibras de aramida y mezcla de poliamidas.
NylonStrong	PA6 con gran dureza y resistencia térmica ya que soporta hasta los 210 °C sin reblandecerse.
Taulman 680 FDA	Desarrollado específicamente para cumplir con la normativa FDA 21 CFR 177.1500 (contacto con alimentos).
Nylon 180 (PA12)	Poliamida 12 de alto rendimiento semiflexible que resiste temperaturas de hasta 180°C.
Taulman nylon Bridge	Filamento de nylon altamente mejorado, con alta resistencia y flexibilidad, y a un precio reducido.
Taulman Nylon 645 Natural	Presenta una mayor resistencia que el filamento Taulman Nylon 618 a costa de una menor flexibilidad.

3.1.9 COPOLIÉSTERES (PET)

El PET (Polyethylene terephthalate) nace a mediados del siglo XX como polímero para la fabricación de fibras, que sustituirían a las fibras de algodón. Poco después de la aparición este material, en forma de fibra, se asentó en la industria, y su uso en el sector textil sigue siendo puntero en la actualidad. Con la evolución de la tecnología de procesado, el PET comienza a utilizarse en forma de película para envasar alimentos y en 1976, este polímero sufrió su mayor auge con la fabricación de botellas rígidas para bebidas poco sensibles al oxígeno, como refrescos carbonatados, cerveza y agua mineral.

Como evolución del PET surge el PETG, un material con el que se consiguen objetos más translúcidos y con un punto de fusión menor, características ideales para crear piezas resistentes y fáciles de termoformar o extruir. Debido a la facilidad de extrusión y estabilidad térmica, el PETG y otros derivados del PET son muy utilizados en el mundo de la impresión 3D FDM / FFF.

El PETG como material utilizado en la impresión 3D se caracteriza por una funcionalidad muy similar al ABS (buena resistencia a la temperatura, duradero y resistente) y la facilidad de ser impreso como el PLA. Además, muestra buena adhesión entre capas, poca deformación durante la impresión, resistencia a ambientes con temperaturas bajas durante prolongados intervalos de tiempo, resistencia química (bases y ácidos) y la ausencia de olor durante su impresión.

Dentro de esta categoría destaca el CPE HG100, un copoliéster termoplástico que presenta una alta resistencia al impacto (sin rotura), gran dureza, resistencia a la tracción y resistencia térmica entre otras muchas cualidades. Al igual que otros muchos materiales, el PETG también se puede encontrar reforzado con fibras (carbono o aramida) para aumentar su resistencia mecánica y elevar el empleo de estos materiales a niveles industriales.

CPE HG100 (PETG avanzado): El CPE HG100 es un copoliéster termoplástico (Co-PolyEster) mejorado con un monómero de base biológica. Este filamento presenta una alta resistencia al impacto (sin rotura), gran dureza, resistencia a la tracción y resistencia térmica entre otras muchas cualidades.

Este filamento CPE HG100 está libre de BPA (Elemento químico industrial que en contacto con alimentos es tóxico para las personas), ha superado todas las certificaciones oficiales y ha sido aprobado como filamento válido para contacto directo con alimentos (FDA). Esto incluye la posibilidad de uso en vasos, tazas y otros recipientes, así como en utensilios de cocina. Aunque no es un bioplástico, el CPE HG100 es considerado respetuoso con el medio ambiente ya que es 100% recuperable. No produce olores ni vapores cuando se imprime con él. Otro punto fuerte de este filamento es el acabado translúcido y brillante que se puede conseguir, sobre todo cuando se imprimen piezas con paredes de bajos espesores.

Las piezas obtenidas con el filamento CPE HG100 tienen unas propiedades mecánicas similares o incluso superiores al ABS, sobre todo en dureza y en elongación a la rotura, pero con la facilidad de impresión similar a la del PLA.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	±260°C (255 - 275°C)
Temperatura de base/cama	70-85°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión recomendada	50 mm/s
Condiciones de secado	60°C, 3 - 4 horas
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ASTM D638)	150%
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	47 MPa
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	71 MPa
Módulo de flexión (ASTM D790)	1860 MPa
Dureza superficial	Rockwell 115
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 306)	80°C
Temperatura de fusión	-

CPE CF112 Carbon: El CPE CF112 es un copoliéster termoplástico reforzado con fibras de carbono. Destaca especialmente por su gran durabilidad y resistencia al desgaste, por su gran dureza (comparable al Vinyl 303) y una elevada resistencia a los agentes químicos.

Las piezas obtenidas con el filamento CPE CF112 contarán con un acabado liso y mate y unas propiedades mecánicas similares o incluso superiores al ABS, pero con la facilidad de impresión similar a la del PLA, con una excelente adhesión entre capas y una baja deformación. Posee propiedades abrasivas, por lo que se recomienda utilizar nozzles de acero endurecido.

Sus propiedades hacen del CPE CF112 un filamento ideal para aplicaciones que deban soportar grandes cargas durante largos períodos, así como para ser utilizado en la producción de equipos electrónicos. No se recomienda su uso para aplicaciones en contacto con alimentos. Es un material reciclable, de base biológica, que no contiene sustancias restringidas y libre de BPA. También es una excelente opción para prototipos funcionales de cualquier aplicación sobre los que realizar pruebas de fuerza y de utilidad que los filamentos básicos como PLA y ABS no permitirían.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	255-275°C
Temperatura de base/cama	70-85°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendado (máx. 15%)
Velocidad de impresión recomendada	20-40 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy (ISO 179)	105,9 kJ/m ²
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	8 %
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión (ISO 527)	52.4 MPa
Módulo de flexión (ISO 527)	2200 MPa
Dureza superficial (ISO 7619)	77 Shore D
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	80°C
Temperatura de fusión	-

PETG Smartfil: El filamento PETG Smartfil es un copoliéster termoplástico (Copolyéster de polietilentereftalato glicol de extrusión). A diferencia de los filamentos PET no cristaliza al calentarlo, por lo que presenta una gran dureza y flexibilidad además de su ya conocida resistencia química y de su transparencia.

Los filamentos PETG son una versión modificada de los más sencillos PET; se trata de un polímero termoplástico no tóxico utilizado en la fabricación de ropa y productos como los recipientes. Los filamentos PETG están ganando mucha popularidad debido a su baja temperatura de fusión y su durabilidad, por lo que es una buena alternativa a cualquier ABS o Nylon.

El filamento PETG Smartfil tiene un 91% de transparencia en estado natural similar al vidrio y muy resistente. Además, es un filamento fácil de imprimir, que tiene una baja contracción y que no requiere cama caliente.

El filamento PETG Smartfil está aceptado para su utilización en contacto con productos de uso alimentario (FDA) y además no emite olores al ser impreso.

Las piezas obtenidas con el filamento PETG Smartfil tienen unas propiedades mecánicas similares al ABS tanto a flexión como a tracción o a impacto, pero con la facilidad de impresión similar a la del PLA. Por otra parte, el filamento PETG Smartfil presenta una elevada resistencia a los agentes químicos y se pueden obtener una gran resolución de impresión con un amplio rango de temperaturas de impresión.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	±235°C (215-245°C)
Temperatura de base/cama	60-90°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	40 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ASTM D256)	105 J/m
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	50 MPa
Módulo de tracción (ASTM D638)	-
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	69 MPa
Módulo de flexión (ASTM D790)	2100 MPa
Dureza superficial (ASTM D785)	Rockwell 108
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM D1525)	85°C
Temperatura de fusión	-

Taulman T-lyne: El filamento para impresión 3D T-lyne es un logro alcanzado por la cooperación de dos empresas cada una referente en su ámbito. Por un lado, Taulman3D, empresa referencia a nivel mundial en innovación en filamentos de impresión 3D, y por otro lado la empresa referencia en industrias químicas DuPont Packaging & Industrial Polymers (DuPont).

Ambas empresas han desarrollado el nuevo material flexible y durable conocido como T-lyne que utiliza DuPont™ Surlyn® ionómero (Material utilizado para el recubrimiento de pelotas de golf y bolos debido a su alta resistencia al impacto y durabilidad). T-lyne es un copolímero único de polietileno cristalino (PET) desarrollado específicamente para lograr una alta durabilidad, flexibilidad, una viscosidad única y un amplio rango de temperaturas de impresión. Para lograr el acabado cristalino se debe imprimir con tamaños de capa altos y con una baja velocidad a temperaturas entre el rango 185-242°C.

El filamento para impresión 3D T-lyne cumple con la normativa FDA 21CFR 177.1330(a) y puede ser utilizado potencialmente en prótesis donde la característica más peculiar es la capacidad de adaptabilidad al sumergir una parte en agua caliente, hacer algunos ajustes menores, luego volver a enfriar la pieza y la parte ajustada mantendrá las modificaciones realizadas como si fueran impresos con esa forma definitiva.

Durante muchos años las clínicas han utilizado dispositivos de polietileno, moldes temporales y componentes de posicionamiento correctivo para satisfacer las necesidades exactas del usuario final. La transparencia de T-lyne permite ver hasta un máximo de 5-8 perímetros de espesor y por tanto determinar donde se deben realizar ajustes en la prótesis. T-lyne tiene una superficie que no es resbaladiza, lo que hace que las herramientas de mano realizadas con el filamento T-Lyne no se deslicen de la mano.

El filamento Taulman T-Lyne es ideal si estás buscando un material durable, con flexibilidad similar a la del Nylon PCTPE y con acabado cristalino para realizar piezas en la impresora 3D. Se trata del primer filamento copoliéster PET con una flexibilidad tan elevada y al mismo tiempo resistente.

Además, el filamento para impresión 3D T-lyne se imprime fácilmente en superficies de impresión frías y calientes (40°C), tales como vidrio con Magigoo, 3DLac, BuildTak, PEI, vidrio borosilicato, acrílico, GeckoTek, etc. por lo que el efecto warping es muy reducido.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	220°C (185-242°C)
Temperatura de base/cama	20-60°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	20 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ASTM D638 - ISO 527-2)	320%
Resistencia a la tracción (ASTM D638 - ISO 527-2)	31 MPa
Módulo de tracción	490 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial (ASTM D2240 - ISO 868)	Shore 65D
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM D1525 - ISO 306)	53°C
Temperatura de fusión	84°C

Taulman Guideline (PETG): El filamento Taulman guideline es un material PETG (Polietileno avanzado) de alta resistencia con excelentes capacidades de impresión a alta temperatura. Se trata de un material ideal para imprimir pequeños y finos detalles sin distorsión en las piezas ya que es mucho menos susceptible a la acumulación térmica durante la impresión que otros materiales. (Por ejemplo, se pueden imprimir pequeños tubos huecos sin que se deformen por acumulación de calor)

El filamento para impresión 3D Taulman Guideline es ideal también para aquellos usuarios que quieran obtener la eventual certificación FDA/CE para un dispositivo sabiendo que la materia prima ha superado las pruebas por la FDA. (La materia prima es apta y el propio filamento se extruye y enfría sin contaminantes. En el proceso de enfriamiento es donde los contaminantes y bacterias suelen incrustarse en los filamentos estándares). Además, el pH y los niveles de ORP se controlan y se ajustan para mantener niveles aceptables. Todo esto no significa que una pieza impresa con filamento para impresión 3D Guideline esté certificada. El proceso de certificación para equipos médicos y componentes es otra parte de la certificación totalmente diferenciada.

Además el filamento Guideline es ideal para ser utilizado como material de soporte para el Nylon 680 FDA (u otro nylon cualquiera), tanto por la proximidad de temperaturas de impresión como por estar aprobados por la FDA.

Además se podrá registrar la bobina de Guideline enviando un email a accounts@taulman3d.com con el número de serie y además el propio Taulman3D proporcionará toda la información necesaria para poder obtener la certificación COA (Certificado de autenticidad) y así facilitar la tramitación de la certificación FDA de la pieza final.

El filamento Guideline tiene una resistencia a la tracción superior al propio Tech-G, llegando a 6850 PSI. Su elongación es 5,9 y un módulo de 281,469 PSI. Además el filamento Taulman Guideline reblandece a una temperatura de 100°C y su temperatura de distorsión de calor es de 70°C.

Además el filamento para impresión 3D Guideline es muy fácil de imprimir a 250°C con un pequeña cantidad de retracción.

Este filamento cuenta con las siguientes certificaciones de los EE. UU referidas a las materias primas:

- ISO 11607-1: 2006
- ISO 10993
- USP Clase VI
- USP 661
- Nº 16525 DMF (Drug Máster File)
- FDA

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	250°C (244-252°C)
Temperatura de base/cama	45-68°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	40 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	5.9%
Resistencia a la tracción	47 MPa
Módulo de tracción	1938 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	77°C
Temperatura de fusión	220°C

PETG con Fibra de carbono (PETG CF): El PETG es una versión modificada de los anteriores PET. El Polietileno Tereftalato de Glicol (PETG) se trata de un polímero termoplástico no tóxico utilizado en la fabricación de ropa y en productos como los recipientes. Los filamentos PETG han ganado mucha popularidad debido a su baja temperatura de moldeo y su durabilidad, por lo que no es de extrañar que los fabricantes desarrollen nuevos materiales a partir del PETG.

Por otro lado, el desarrollo de este filamento también ha logrado obtener valores de resistencia mecánica (Módulo de tracción: 4700 MPa) tan altos que sólo son superados por materiales realmente. Debido a su alto contenido en fibra de carbono el PETG CF presenta una resistencia muy alta a la rotura frágil y una alta rigidez.

La gran estabilidad dimensional que se obtiene con la fusión del PETG con la fibra de carbono, resulta en un material extremadamente duradero incluso en ambientes adversos para otros muchos materiales empleados en la impresión 3D.

El PETG CF (PETG con fibra de carbono) de Nanovia es un material ideal para sustituir piezas funcionales provisionales o permanentes metálicas con cargas medias, al cual se le puede realizar un post-procesado (lijado, pintado, etc) con total tranquilidad.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	200-240°C
Temperatura de base/cama	80-100°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	30-70 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy (ISO 179)	20 kJ/m ²
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	2%
Resistencia a la tracción (ISO 527)	42 MPa
Módulo de tracción (ISO 527)	4700 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión (ISO 178)	3800 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 306)	85°C
Temperatura de fusión	-
Inflamabilidad	HB UL 94 @ 1.6mm

PETG con Fibra de aramida (PETG AF): El PETG es una versión modificada de los anteriores PET. El Polietileno Tereftalato de Glicol (PETG) se trata de un polímero termoplástico no tóxico utilizado en la fabricación de ropa y en productos como los recipientes. Los filamentos PETG han ganado mucha popularidad debido a su baja temperatura de moldeo y su durabilidad, por lo que no es de extrañar que los fabricantes desarrollen nuevos materiales a partir del PETG.

El PETG AF de Nanovia sobresale sobre los demás del mercado por un tamaño de fibra de aramida optimizado para la impresión 3D FDM. A parte de eso, el PETG AF junto con el PLA es uno de los materiales más fáciles y estables para imprimir piezas y modelos sin importar su tamaño.

Por otro lado, el desarrollo de este filamento también ha logrado obtener valores de resistencia mecánica (Módulo de tracción: 3700 MPa) tan altos que sólo son superados por materiales realmente avanzados (PETG CF, PEI CF, GF30-PP, GF30-PA6 y pocos más). Debido a su alto contenido en fibra de aramida el PETG AF presenta una alta resistencia a la fricción y a los impactos. Es tal su resistencia a los golpes que elementos de seguridad, como chalecos antibalas y equipamientos de las fuerzas armadas (ejército), están fabricados con fibras de aramida, más conocido como Kevlar.

La gran estabilidad dimensional que se obtiene con la fusión del PETG con la fibra de aramida, resulta un material con una baja inflamabilidad, clasificado con la categoría HB. Un material se clasifica HB cuando una muestra de un espesor de 1.6 mm (en este caso) se quema a una velocidad máxima de 76 mm/minuto.

El PETG AF es un material orientado para usuarios que necesitan realizar piezas estructurales y expuestas a altos esfuerzos mecánicos. Por esto muchas ramas de la ingeniería emplean este material para realizar sus prototipos y piezas finales. En concreto para aplicaciones donde las piezas están expuestas a fuertes impactos (la fibra de aramida absorbe y disipa la energía producida por los golpes) o en continuo rozamiento con otros elementos. Pero las fibras de aramida son sensibles a la humedad y a los rayos UV, algo que se soluciona gracias a la gran resistencia del PETG a estos elementos ambientales.

El PETG AF (PETG con fibra de aramida) de Nanovia es un material ideal para sustituir piezas funcionales provisionales o permanentes con cargas medias combinadas con desgastes o golpes, al cual se le puede realizar un post-procesado (lijado, pintado, etc) con total tranquilidad.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	200-240°C
Temperatura de base/cama	80-100°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	30-70 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy (ISO 179)	20 kJ/m ²
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	2%
Resistencia a la tracción (ISO 527)	42 MPa
Módulo de tracción (ISO 527)	3700 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión (ISO 178)	3800 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 306)	85°C
Temperatura de fusión	-
Inflamabilidad	HB UL 94 @ 1.6mm

PETG MDT (Detectable magnéticamente): Dentro del mundo de la impresión 3D FDM el fabricante Smart Materials 3D es conocido por sus filamentos especiales, como el ABS Fireproof y el ABS Medical, desarrollados con gran detenimiento consiguiendo así ser los punteros en sus campos de aplicación. En este caso, este fabricante español presenta el PETG MDT (Termoplástico detectable magnéticamente).

El PETG es un material que nace al mejorar el PET, un polímero termoplástico no tóxico utilizado en la fabricación de ropa y productos como los recipientes. El PETG ofrece la posibilidad de fabricar piezas resistentes y ligeras, al nivel de materiales utilizados comúnmente en la industria, como el ABS. En ciertos sectores de la industria se necesitan estas propiedades, pero con una peculiaridad a mayores, que sean detectables magnéticamente. Esta propiedad cada vez está más demandada por el sector alimentario y otros que deben controlar la contaminación de sus productos de forma exhaustiva.

El PETG MDT cumple las propiedades citadas con anterioridad al ser un filamento para la impresión 3D diseñado para ser detectado por un detector magnético, incluso en los casos que la cantidad de material es muy pequeña. Uno de los motivos por los que más destaca el PETG MDT, que no suele ser habitual en este tipo de filamentos, es por ser detectado por todo tipo de detectores de metales disponibles en el mercado, tanto aquellos que utilizan un imán permanente como los más actuales, que funcionan con bobinas balanceadas.

Para conseguir la función de ser detectado magnéticamente, el PETG MDT no necesita incluir en su composición elementos tóxicos como fibras de acero o polvos metálicos, ni elementos que aparte de ser perjudiciales, desgastan el HotEnd como fibras de carbono, grafito o negro de humo. Por este motivo, el PETG MDT no desprende polvos, partículas o humos a la atmósfera de trabajo durante su impresión ni contamina los procesos que se realizan con las piezas fabricadas con este material.

Todo lo anteriormente comentado unido a ser apto al contacto con alimentos, resistencia a la humedad (hongos, moho, etc) y a su gran estabilidad dimensional hacen del PETG MDT un filamento ideal para la industria alimentaria, sector que cada día está empleando más la tecnología de la impresión 3D para realizar piezas finales (herramientas, utillajes, contenedores, etc) y donde la ausencia de contaminantes de cualquier tipo es clave para pasar todos los controles de calidad de los alimentos. También hay otras aplicaciones muy interesantes, como la fabricación de sensores, embalajes inteligentes o cualquier otro tipo de elemento que necesite ser detectable magnéticamente.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	220-240°C
Temperatura de base/cama	70-90°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendable
Velocidad de impresión recomendada	40-60 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy (ISO 179/1eU)	2.9 kJ/m ²
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	3.6%
Resistencia a la tracción (ISO 527)	35 MPa
Módulo de tracción (ISO 527)	2450 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 75)	64°C
Temperatura de fusión	-

Smartfil GLACE: Smartfil Glace es un filamento que ofrece lo que muchos usuarios de una impresora 3D FDM buscan, piezas casi 100 % translúcidas.

Este polímero termoplástico muestra resistencia al impacto, alta flexibilidad y otras propiedades mecánicas superiores al ABS y PLA. Smartfil Glace no presenta el problemático efecto warping, dando la posibilidad de realizar piezas realmente grandes sin errores y con un acabado excelente.

Smartfil Glace es un filamento que se puede post-procesar con alcohol, como el PolySmooth, para conseguir distintos acabados. Dentro de estos acabados destaca la posibilidad de conseguir una translucidez muy elevada, cercana al 100 %, o pulir la superficie para eliminar rugosidades, obteniendo como resultado final un acabado perlado. Además, este pulido con alcohol aumenta la resistencia estructural al reforzar la unión entre capas y asegura la estanqueidad de la pieza.

La unión de todas las propiedades citadas anteriormente, afirman que Smartfil Glace es un filamento ideal para realizar piezas resistentes y translúcidas, recomendado para imprimir recipientes y carcasas para aplicaciones industriales, donde se necesita comprobar el correcto funcionamiento del sistema que se encuentra en su interior.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	205 - 235°C
Temperatura de base/cama	0 - 70°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	20-30 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ASTM D256)	45 J/m
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción (ASTM D882)	54 MPa
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	76 MPa
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM D1505)	68°C
Temperatura de fusión	-

Resumen:

Nombre	Resumen
CPE HG100 (PETG avanzado)	Poliétileno Clorado que destaca por su aplicación en recipientes que está en contacto con alimentos.
CPE CF112 Carbon	Filamento reforzado con fibra de carbono que destaca por su resistencia al desgaste y su gran dureza.
PETG Smartfil	Copoliéster termoplástico que destaca por su gran resistencia química, dureza y transparencia.
Taulman T-lyne	Copoliéster (PET) que destaca por su flexibilidad, durabilidad y su acabado cristalino.
Taulman Guideline (PETG)	PETG ideal para imprimir pequeños detalles, dirigido a aplicaciones médicas y clínicas (cumple ISO 10993).
PETG con Fibra de carbono (PETG CF)	Todas las ventajas y facilidad de impresión de PETG con la alta resistencia mecánica de la fibra de carbono.
PETG con Fibra de aramida (PETG AF)	Todas las ventajas del PETG con la alta resistencia al impacto y a la fricción de la fibra de aramida.
PETG MDT (Detectable magnéticamente)	PETG MDT es detectado por todo tipo de detectores de metales, sin ningún elemento contaminante.
Smartfil GLACE	Material con buenas propiedades mecánicas y que permite un acabado casi 100 % translúcido.

3.1.10 HIPS

El HiPS (High impact Polystyrene) es un termoplástico obtenido por polimerización de alta resistencia al impacto. Conocido comúnmente como “Poliestireno de alto impacto”, es un material resistente al calor y con propiedades físicas ideales para su uso en la industria del envasado, alimentaria, etc.

Este poliestireno es un material indicado para realizar piezas técnicas ligeras y de alta calidad debido a la alta resolución de impresión y su alta resistencia al impacto. Además, el HiPS presenta una muy buena estanqueidad por lo que es ideal para contener líquidos sin que se produzcan fugas. Esta propiedad se debe a la elevada inercia térmica del propio HiPS, lo que posibilita una muy buena adhesión entre capas de impresión.

Aunque la mayoría de sus propiedades mecánicas y físicas (rigidez, resistencia a tracción y a impacto, estabilidad térmica...) son similares a las del ABS, hay una propiedad que lo hace diferente respecto a todos los demás, su solubilidad en D-Limoneno. El D-Limoneno es un disolvente natural biodegradable que se extrae del aceite de las cáscaras de los cítricos, en el cual se disuelve el HiPS.

Con la ayuda del HiPS es muy sencillo conseguir piezas con geometrías complejas en ABS. El HiPS se utiliza como material de soporte en todas esas zonas en las que es necesario un apoyo para lograr la forma correcta de la pieza. Una vez terminada la fabricación se sumerge la pieza en D-Limoneno para disolver todo el HiPS y así obtener la pieza final sin ningún resto de material de soporte y con una gran calidad superficial.

HiPS Premium (Poliestireno): El filamento HiPS Premium Negro (Poliestireno) (High impact Polystyrene) es un termoplástico obtenido por polimerización de alta resistencia al impacto. Es conocido como “Poliestireno de alto impacto” y se utiliza como material de soporte en impresiones de ABS o PLA.

Aunque la mayoría de sus propiedades mecánicas y físicas (rigidez, resistencia a tracción y a impacto, estabilidad térmica, ...) son a las del ABS.

Es un material indicado para realizar piezas técnicas ligeras y de alta calidad. El filamento HiPS Premium Negro (Poliestireno) es un poco más ligero que el ABS, es por eso por lo que se puede imprimir a una temperatura ligeramente inferior. La temperatura de impresión óptima es de 230°C. Al imprimirse a esta temperatura es necesario que la temperatura de cama sea de 90-110°C para minimizar efecto warping.

El filamento HiPS Premium Negro (Poliestireno) es resistente a los aceites, grasas y álcalis, pero no al combustible. En cuanto a su post-procesado y acabado se puede cromar, pintar, pegar y lijar. El HiPS soporta mal los rayos UV, por lo que largas exposiciones al sol lo decoloran y vuelven quebradizo. Presenta una baja conductividad eléctrica, por lo que puede utilizarse como aislante. Por sus propiedades suele usarse en instalaciones de alta frecuencia. En cuanto a la temperatura de reblandecimiento el HiPS soporta hasta 95°C.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	230-235°C
Temperatura de base/cama	90-110°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendado
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	13 KJ/m ²
Alargamiento a la rotura	20-65 %
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción	2250 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	2250 MPa
Dureza superficial	Shore 65D
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	95°C
Temperatura de fusión	-

HiPS Extrafill (Poliestireno): El filamento HiPS Extrafill Natural 1,75mm o 2,85mm (Poliestireno) (High impact Polystyrene) es un termoplástico obtenido por polimerización de alta resistencia al impacto. Es conocido como “Poliestireno de alto impacto” y se utiliza como material de soporte en impresiones de ABS o PLA, aunque para el PLA es más recomendado el PVA como material de soporte. El filamento HiPS Extrafill Natural (Poliestireno) es un material resistente al calor y con propiedades físicas ideales para su uso en la industria del envasado, alimenticia, etc.

Aunque la mayoría de sus propiedades mecánicas y físicas (rigidez, resistencia a tracción y a impacto, estabilidad térmica,...) son similares a las del ABS, hay una característica que lo hace diferente respecto a todos los demás que es su solubilidad en D-Limoneno, permitiendo realizar formas irrealizables con un material de soporte soluble y que se harán realidad una vez se sumerja la pieza en D-Limoneno y el HiPS desaparezca, quedando la pieza sin ningún material de soporte y con una gran calidad superficial.

Es un material indicado para realizar piezas técnicas ligeras y de alta calidad (debido a la alta resolución de impresión y su alta resistencia al impacto). El filamento HiPS Extrafill Natural (Poliestireno) es un poco más ligero que el ABS. La temperatura de impresión óptima es de 245°C. Al imprimirse a esta temperatura es necesario que la temperatura de la base sea de 90-100°C para minimizar el efecto warping.

Además, el filamento HiPS Extrafill Natural presenta una muy buena estanqueidad por lo que es ideal para contener líquidos sin que se produzcan fugas. Esta propiedad se debe a la elevada inercia térmica del propio HiPS Extrafill Natural lo que posibilita una muy buena adhesión entre capas de impresión.

El filamento HiPS Extrafill Natural es resistente a los aceites, grasas y álcalis, pero no al combustible. En cuanto a su post-procesado y acabado se puede cromar, pintar, pegar y lijar. El HiPS soporta mal los rayos UV, por lo que largas exposiciones al sol lo decoloran y lo vuelven quebradizo. Si necesitas un material que resista bien los rayos de luz UV debes elegir el filamento ASA. El HiPS Extrafill Natural presenta una alta resistencia eléctrica (1014 $\Omega \cdot \text{cm}$) y una resistencia dieléctrica de 44kV/mm, por lo que puede utilizarse como aislante eléctrico. Por sus propiedades suele usarse en instalaciones de alta frecuencia. En cuanto a la temperatura de reblandecimiento el HiPS soporta hasta 88°C.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	230 - 250°C
Temperatura de base/cama	90 - 105°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendado
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ASTM D256)	180 J/m
Resistencia al impacto Charpy (ISO 179)	17 kJ/m ²
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	40%
Resistencia a la tracción (ISO 527)	26 MPa
Módulo de tracción (ISO 527)	2000 MPa
Resistencia a la flexión (ISO 178)	40 MPa
Módulo de flexión (ISO 178)	2100 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 306)	89°C
Temperatura de fusión	-

Filamento G6-Impact™ (HiPS-Fibra de Carbono-Grafeno): G6-Impact™ se trata de un innovador filamento para impresión 3D lanzado por Gaphene 3D Lab dentro de su línea de materiales FDM funcionales con grafeno. El filamento G6-Impact™ es un compuesto formado por una matriz de HiPS con fibra de carbono y Grafeno. De este modo se ha conseguido obtener un filamento fuerte con un cierto grado de flexibilidad y un excepcional rendimiento en amortiguación de choques y vibraciones.

Este nuevo material para impresión 3D FDM /FFF nace para ocupar un hueco inexistente hasta el momento en materiales industriales como es el de materiales con alta resiliencia y buena amortiguación o absorción de impactos. Esta propiedad única llena perfectamente el nicho donde el fallo instantáneo o catastrófico no es una opción por motivos de seguridad. Además, sus propiedades de amortiguación se expanden a través de un amplio rango de temperaturas (Desde -40°C hasta +90°C) que lo convierten en ideal para condiciones extremas.

La mezcla de HiPS (Poliestireno) con Fibra de Carbono y con Grafeno ha hecho posible obtener un rendimiento sinérgico único que amplía las capacidades individuales de cada uno por separado hasta el punto de obtener un material con un excelente rendimiento de amortiguación de vibraciones manteniendo la capacidad de carga y la alta resistencia al impacto.

El material de impacto G6-Impact™ es altamente mecanizable ya que se puede perforar, cortar, pulir o atornillar. Soporta una gran cantidad de impactos y deformaciones bajo presión de una manera muy similar a los metales antes de entrar en estado de fallo instantáneo. Se puede utilizar el filamento G6-Impact™ como material de protección de otros materiales que presentan delaminación debido a las vibraciones, logrando así mejora la vida útil de la pieza resultante.

Con estas propiedades las principales aplicaciones para las que se utiliza el filamento G6-Impact™ son las siguientes:

- Amortiguación vibratoria y protección contra choques

El amortiguamiento es la propiedad de disipación de energía del material que refleja su capacidad para convertir energía mecánica en energía térmica. La cantidad de energía disipada es la medida de la capacidad de amortiguamiento del material. Esta capacidad del G6-Impact™ es muy beneficiosa para eliminar el ruido de los componentes estructurales, ópticos y electrónicos. Por ejemplo, proporciona beneficios en múltiples aparatos cotidianos como smartphones, cámaras y ordenadores portátiles donde las interconexiones pueden ser destruidas o debilitadas debido a vibraciones causadas por partes internas en movimiento o por estrés externo y choque. Del mismo modo, G6-Impact™ se puede utilizar para la estabilización de instrumentos científicos sensibles, soportes ópticos, microscopios y montajes de láser.

- Industria aeronáutica, automotriz, robótica y militar

El filamento para impresión 3D G6-Impact™ (Compuesto por HiPS, Fibra de Carbono y Grafeno) puede reducir las vibraciones en piezas y componentes de vehículos de automoción, aeroespaciales o drones y puede utilizarse como material base para montajes y plataformas de cables y equipos. G6-Impact™ es también útil en entornos industriales para reducir las vibraciones en cojinetes y en estructuras. Las baldosas termoformadas pueden utilizarse para reducir el ruido y las vibraciones de la maquinaria pesada, etc. También puede emplearse en manijas de herramientas, sellos protectores, esteras y calzado de construcción.

Tras añadir el nano-relleno de Grafeno y la Fibra de carbono (20%) a la matriz de HiPS (Poliestireno) han posibilitado obtener un incremento de la rigidez del compuesto en un 300% y la resistencia al impacto en un 100% en comparación con la matriz polimérica original de HiPS.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	210-230°C
Temperatura de base/cama	20-80°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	40 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ASTM D256)	85.9 J/m
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	34 MPa
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	Shore 65D
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	-
Temperatura de fusión	-

Resumen:

Nombre	Resumen
HiPS Premium (Poliestireno)	Termoplástico de alta resistencia al impacto que se puede utilizar como material de soporte.
HiPS Extrafill Natural (Poliestireno)	Filamento con una alta resistencia mecánica y que puede ser utilizado como material de soporte.
Filamento G6- Impact™ (HIPS- Fibra de Carbono- Grafeno)	Formado por HiPS, fibra de carbono y grafeno para una excepcional amortiguación de choques y vibraciones.

3.1.11 PC (POLICARBONATO)

El policarbonato es un plástico transparente y amorfo, con buenas propiedades mecánicas y temperatura admisible de funcionamiento hasta 135°C descubierto por H. Schnell (Bayer) a mediados del siglo XX. Su empleo se extendió rápidamente por la industria, sobre todo por la industria eléctrica, gracias al desarrollo de propiedades orientadas hacia el sector eléctrico.

En la actualidad es común encontrarse piezas realizadas en PC en hogares, industria o arquitectura gracias a su gran resistencia a impactos, a la temperatura y su acabado superficial transparente. Los principales campos de aplicación del PC son: electrónica y electricidad, alimenticia, juguetes, material de oficina e ingeniería.

El PC tiene características de resistencia mecánica e incluso de acabado superficial, superiores a los materiales que se utilizan habitualmente en el ámbito de la impresión 3D (ABS o PLA) pero con un inconveniente, su temperatura de impresión suele ser de 300 - 320°C, lo que limita su uso solamente a impresoras 3D industriales, las cuales son capaces de conseguir esas temperaturas en el HotEnd, pero al mismo tiempo éstas son inaccesibles por el precio para muchos usuarios típicos como son diseñadores, arquitectos y aficionados.

Este problema queda totalmente resuelto gracias al PC-Max, un policarbonato de alta calidad que puede ser utilizado por la mayoría de las impresoras 3D de escritorio (temperatura de extrusión: 250 - 270°C). Esto ha sido posible gracias a que Covestro (antiguo Bayer, creador del policarbonato) ha colaborado con PolyMaker, transmitiéndole sus conocimientos, así como el policarbonato en forma primaria, a partir del cual, PolyMaker ha mejorado la fórmula para ajustarla a los requisitos de la impresión 3D.

PC (Policarbonato): El filamento de Policarbonato (PC) es extremadamente fuerte, duradero y resistente al impacto. Hoy en día es uno de los termoplásticos más extendidos en la fabricación de aparatos electrónicos, carcasas de electrodomésticos, CD's, juguetes, etc. Una de las mayores barreras del PC hasta el momento a la hora de introducirse en la impresión 3D FDM era su elevado punto de fusión. Sin embargo, con este filamento de Policarbonato podrás imprimir a una temperatura de entre 250 y 285°C que lo hacen accesible para multitud de impresoras 3D FDM

El PC es un termoplástico muy rígido y resistente, con alta resistencia a los impactos, con buena resistencia al fuego, que soporta considerablemente el contacto con aceites, grasas y disolventes, con baja deformación y que soporta temperaturas de aproximadamente 100°C sin deformarse.

Además, presenta una buena transparencia, se considera un buen aislante eléctrico y soporta bien estar expuesto a la intemperie y a los rayos solares.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	250-285°C
Temperatura de base/cama	100-110°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendado
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	6 %
Resistencia a la tracción	66 MPa
Módulo de tracción	2400 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 306)	145°C
Temperatura de fusión	-

PolyMax PC: El policarbonato (PC) es un material muy utilizado en una infinidad de sectores como automoción, aviación, electrónica, construcción, etc. El PC tiene características de resistencia mecánica e incluso de acabado superficial superiores a los materiales que se utilizan habitualmente en el ámbito de la impresión 3D (ABS o PLA), pero con un inconveniente, su temperatura de impresión suele ser de 300 - 320°C, lo que limita su uso solamente a impresoras 3D industriales, las cuales son capaces de conseguir esas temperaturas en el HotEnd, pero resultan inaccesibles debido a su elevado precio para muchos usuarios.

Este problema queda totalmente resuelto gracias a Polymaker, que ha desarrollado un PC de alta calidad, llamado PolyMax PC (anteriormente PC-Max), que puede ser utilizado por la mayoría de las impresoras 3D de escritorio o desktop, pues la temperatura de extrusión necesaria para su impresión es de 250 - 270°C. Esto ha sido posible gracias a la colaboración de Polymaker con Covestro (nuevo nombre del conocido fabricante Bayer, creador del policarbonato), transmitiéndole sus conocimientos y el policarbonato en forma primaria, a partir del cual Polymaker ha mejorado la fórmula para ajustarla a los requisitos de la impresión 3D.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	250 - 270°C
Temperatura de base/cama	90 - 105°C
Temperatura de cámara	No necesaria (80°C ideal)
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	30 - 50 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy (ASTM D256)	25.1 kJ/m ²
Alargamiento a la rotura (ASTM D638)	12.2 %
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	59.7 MPa
Módulo de tracción (ASTM D638)	2048 MPa
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	94.1 MPa
Módulo de flexión (ASTM D790)	2044 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM D1525)	113°C
Temperatura de fusión	-

PC-ABS Proto-Pasta: El PC-ABS es creación de Proto-Pasta, una experimentada empresa dedicada a la fabricación de filamentos especiales como el PLA Conductivo, el PLA-Fibra de Carbono, PLA-Acero Inoxidable, PLA Magnético o el HTPLA Cobre.

El PC-ABS mezcla lo bueno de cada material que lo compone, para obtener un material de altas prestaciones. Por un lado, el Policarbonato (PC) le ofrece una alta resistencia al impacto y una gran rigidez, cualidades típicas de este material. Por otro lado, el ABS le transmite a este filamento mayor facilidad de procesado que el PC (Policarbonato). Por último, la unión de los dos materiales mejora la resistencia al calor, siendo uno de los filamentos más resistentes a la deformación por la temperatura del mercado.

El PC-ABS es muy sensible a la absorción de la humedad, por eso es necesario secarlo antes de utilizarlo. Para realizar el secado se puede utilizar la PolyBox, una caja de almacenamiento de filamentos que elimina la humedad de forma semi-automática. En caso de no disponer de esta herramienta se debe secar el filamento de otro modo (horno doméstico) durante 1 hora a 85-95°C.

Este ABS mejorado es increíblemente resistente, siendo ideal para piezas que necesiten soportar grandes impactos durante largos períodos de tiempo. Es un material muy utilizado por esto en la industria de la automoción y de la electrónica.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	260-280°C
Temperatura de base/cama	120°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	20-80 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	-
Temperatura de fusión	-

PC-ABS Polymaker: PC-ABS es un filamento formado por los dos polímeros más empleados en la industria: PC y ABS. Polymaker presenta este material dentro de su gama de filamentos industriales donde los usuarios de impresoras 3D FDM pueden encontrar materiales con las mayores propiedades mecánicas del mercado. Otros filamentos industriales de Polymaker son: PC-Flame Retardant, PA-Carbon Fiber o PA-Glass Fiber.

Polymaker PC-ABS une las mejores propiedades de estos polímeros para ofrecer un producto final con aplicaciones industriales. Justo en este sector, Polymaker destaca por su filamento de PC, un policarbonato con excelente resistencia mecánica, buena resistencia al calor, gran dureza y sobre todo una mayor facilidad de impresión que el resto de sus competidores al reducir su temperatura de impresión (250 - 270°C), temperatura que puede alcanzar la mayoría de las impresoras 3D FDM de escritorio. A todo lo comentado anteriormente se debe añadir las ventajas que aporta el ABS, como mayor facilidad de procesado, resistencia a los rayos UV y mayor resistencia al impacto.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	250 - 270°C
Temperatura de base/cama	90 - 105°C
Temperatura de cámara	90 - 100°C
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	30 - 50 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy (ASTM D256)	25.8 kJ/m ²
Alargamiento a la rotura (ASTM D638)	4.2 %
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	39.9 MPa
Módulo de tracción (ASTM D638)	1832 MPa
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	66.3 MPa
Módulo de flexión (ASTM D790)	2081 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM D1525)	135°C
Temperatura de fusión	-

PC-FR (Ignífugo) Polymaker: PolyMax PC-FR es un filamento desarrollado por Polymaker para obtener un material con las ventajas del policarbonato (elevadas propiedades mecánicas) e ignífugo. Este filamento está probado por la normativa UL94V-0/1.5 mm para asegurar a los usuarios de una impresora 3D FDM que las piezas creadas con este material son ignífugas.

Todos los plásticos típicos tienen una escasa resistencia al fuego, lo que dificulta la impresión de piezas que sean compatibles con ambientes en los que se puede originar alguna llama. Por este motivo Polymaker ha desarrollado PolyMax PC-FR, un policarbonato de gran calidad aditivado para retrasar la propagación del fuego y extinguirlo sin producir goteo de plástico.

Underwriters Laboratories (UL) es una organización independiente que proporciona tests y pruebas de seguridad de productos, así como su certificación. Sus procedimientos UL94 de prueba y calificación para determinar la inflamabilidad de termoplásticos son el estándar generalmente aceptados en prácticamente todo el mundo.

Esta prueba mide el tiempo de quema de una muestra del polímero fijada verticalmente (el espesor se especifica en la prueba) después de que se haya puesto en contacto con la llama de un quemador Bunsen durante 10 segundos. Las pruebas V-0, V-1 y V-2 determinan el grado de auto-extinción de un polímero.

Según UL94 de quema vertical un material se clasifica como V-0 cuando el fuego se extingue en 10 segundos sin goteo, como V-1 cuando el fuego se extingue en 30 segundos sin goteo y V-2 cuando el fuego se extingue en 30 segundos con goteo.

Las pruebas de seguridad realizadas ante la presencia de fuego con el filamento PolyMax PC-FR con una pieza de espesor de pared de 1.5 mm son capaces de extinguir la llama en menos de 10 segundos sin producir goteo de plástico por lo que se correspondería con la categoría V-0 según la norma UL94. Además, las pruebas realizadas con piezas en PolyMax PC-FR con un espesor de 1.5 mm no extiende la llama a las piezas que están en contacto con las ensayadas.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	250 - 270°C
Temperatura de base/cama	90 - 105°C
Temperatura de cámara	90 - 100°C
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	30 - 50 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy (ASTM D256)	11.7 kJ/m ²
Alargamiento a la rotura (ASTM D638)	3.9 %
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	67 MPa
Módulo de tracción (ASTM D638)	2634 MPa
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	96.6 MPa
Módulo de flexión (ASTM D790)	2743 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM D1525)	116°C
Temperatura de fusión	-

PC-PBT Polymaker: PC-PBT de Polymaker es un filamento formado por una mezcla de ambos polímeros (copoliéster y tereftalato de polibutileno). El PBT (tereftalato de polibutileno) es un termoplástico semicristalino de la familia de polímeros de poliéster, muy conocido en la industria alimentaria debido a la resistencia al cloro. Además, se caracteriza por su alta resistencia, rigidez y resistencia a la deformación térmica. Estas propiedades conjugadas con las del PC (policarbonato) consiguen un material con una gran resistencia al impacto (incluso en bajas temperaturas) y con buena resistencia química.

Gracias a su gran resistencia química (hidrocarburos, alcoholes, ácidos orgánicos, sales acuosas inorgánicas y soluciones diluidas de base y ácido), el PC-PBT de Polymaker es un filamento ideal para aplicaciones que requieran resistencia al contacto intermitente con lubricantes, disolventes, combustibles, aceites y otros productos químicos.

Se debe tener en cuenta que el PC-PBT no es resistente a los álcalis fuertes o disolventes clorados, aromáticos, que contienen cetonas o ésteres. Además de la propia resistencia a elementos químicos, hay ciertos parámetros de influencia adicionales de la propia resistencia química, como son la composición de los medios circundantes, la temperatura a la que está expuesta la pieza y la duración de exposición de esta.

Este filamento también destaca por su alta resistencia al impacto, con una excelente tenacidad a bajas temperaturas, manteniendo más del 70 % de su resistencia al impacto a -30 °C.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	260 - 270°C
Temperatura de base/cama	100 - 115°C
Temperatura de cámara	100 - 110°C
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	40 - 60 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy (ASTM D256)	21.4 kJ/m ²
Alargamiento a la rotura (ASTM D638)	4.6 %
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	41.8 MPa
Módulo de tracción (ASTM D638)	1986 MPa
Resistencia a la flexión (ASTM D790)	64.4 MPa
Módulo de flexión (ASTM D790)	1933 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM D1525)	139°C
Temperatura de fusión	-

PC/PTFE: El reconocido fabricante de filamentos para impresión 3D Nanovia ha juntado dos de los materiales plásticos más resistentes que existen en el ámbito industrial, el policarbonato (PC) y el PTFE (PolyTetraFluoroEthylene) para obtener un material final realmente avanzado.

Este material tiene como base el PC aleado con un gran porcentaje de PTFE. El policarbonato aporta su propiedad de alta resistencia mecánica y el PTFE lo complementa reduciendo el desgaste y el rozamiento. A mayores el PC/PTFE es resistente a altas temperaturas (130°C), convirtiéndose en una apuesta segura a la hora de realizar piezas mecánicas móviles como engranajes y cojinetes.

El coeficiente de rozamiento del PC/PTFE es realmente bajo (en estático 0.18 y en dinámico 0.14), valores que muy pocos materiales del mundo de la impresión 3D tienen. El rozamiento de la madera contra sí misma presenta unos valores superiores (en estático 0.37 y en dinámico 0.2), y el de la madera encerada contra la nieve húmeda presenta valores inferiores pero muy próximos (en estático 0.14 y en dinámico 0.10). Tal y como reflejan los datos anteriores el PC/PTFE es ideal para realizar piezas en contacto con elementos rodantes.

La propiedad anterior está directamente complementada con el bajo coeficiente de desgaste ($4 \cdot 10^{-7}$ mm³/Nm). Esta cualidad es esencial para realizar piezas duraderas sin preocuparse del correcto funcionamiento de la pieza fabricada. Además, el filamento PC/PTFE soporta altas temperaturas de funcionamiento incluso con elevadas cargas de presión (130°C con una presión de 1.8 MPa) y se considera un material autolubricante. En caso de necesitar un material con valores de desgaste incluso menores se recomienda utilizar el Tribo Plus.

El PC/PTFE también destaca por ser el único filamento hidrófobo existente para la impresión 3D, esto significa que este material repele el agua. Esto es debido a que no es un material miscible con el agua, las moléculas del PC/PTFE no son capaces de interactuar con las moléculas de agua ni por interacciones ión-dipolo ni mediante puentes de hidrógeno. Un ejemplo claro de este caso sería mezclar agua con aceite.

El PC/PTFE es recomendado para usuarios experimentados que poseen impresoras 3D con cámara cerrada y extrusores de alta potencia (285-295°C). Igual que en el caso de utilizar filamento de PC (PC-MAX), se recomienda base caliente (100-110°C) con una lámina adhesiva BuildTak.

En resumen, la fusión del PC con el PTFE da como resultado un material con una alta resistencia mecánica, con una alta resistencia a la temperatura y con una alta resistencia a la humedad, lo que lo convierte en un material avanzado para impresión 3D FDM/FFF.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	285-295°C
Temperatura de base/cama	100-110°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	40-70 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy (ISO 179)	50 kJ/m ²
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	8%
Resistencia a la tracción (ISO 527)	55 MPa
Módulo de tracción (ISO 527)	2200 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 306)	140°C
Temperatura de fusión	-
Inflamabilidad (HB/V1)	UL 94 @1.5mm/UL94 @ 3.0mm

XSTRAND GF30-PC: El fabricante internacional de compuestos con fibra de vidrio, Owens Corning, ha ampliado la gama de filamentos XSTRAND con el nuevo XSTRAND GF30-PC. Este filamento está compuesto por una matriz de policarbonato y como refuerzo la fibra de vidrio (30%). Owens Corning está presente en 37 países, cuenta con 19000 empleados y ha revolucionado la impresión 3D FDM con sus filamentos con fibra de vidrio, el XSTRAND GF30-PP y el XSTRAND GF30-PA6.

El filamento XSTRAND GF30-PC no presenta el típico color negro, sino que es de color gris oscuro. Sus propiedades mecánicas son realmente altas, aproximadamente un 250% más resistente que el ABS y una resistencia térmica 3 veces mayor que el PLA (HDT: 137°C). Pero estos no son los puntos más destacados de este material. El XSTRAND GF30-PC cuenta con el certificado de extinción de llama UL94 (V0), el que asegura que el fuego se extingue en 10 segundos y sin goteo. Este certificado es el mejor dentro de los termoplásticos y el que más seguridad ofrece gracias a sus propiedades de auto-extinguibilidad y de no goteo, que evitan la propagación de la llama a los elementos que estén próximos. Gracias a la matriz de PC, este material es un buen aislante eléctrico, muestra bajos valores de absorción de humedad y alta resistencia química, siendo un material ideal para fabricar carcasas para componentes eléctricos y electrónicos. Si estas carcasas u otros productos fabricados con el XSTRAND GF30-PC se encuentran expuestos al sol, mantendrán la tonalidad de forma uniforme gracias a su alta resistencia a los rayos UV.

Al igual que los filamentos de PC, el XSTRAND GF30-PC cuenta con temperaturas de impresión un poco superiores a los materiales convencionales, con una temperatura de base de 100°C y una temperatura de nozzle de 320-330°C. Estos valores de temperatura de extrusión son algo superiores a los máximos alcanzados por algunas impresoras tipo Desktop. Para solucionar este problema existe el PT100 Upgrade Kit, que permite aumentar la temperatura hasta los 400°C. Para asegurar la adhesión a la base se recomienda la utilización de una base microperforada, DimaFix o Magiggo PC, un adhesivo especial para el PC. Al contener fibras de vidrio el desgaste del nozzle es muy acusado y se recomienda la utilización de un nozzle de acero endurecido o del Nozzle Olsson Ruby. El Nozzle Olsson Ruby es la boquilla más resistente y con mayor calidad de impresión 3D del mercado gracias a tener una punta de rubí integrada en una boquilla de latón.

El XSTRAND GF30-PC ha sido desarrollado para la fabricación de prototipos funcionales para los sectores más exigentes, como ingeniería mecánica, eléctrica, electrónica y automotriz. Además, este filamento permite realizar piezas finales gracias a su acabado superficial de alta calidad.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	320-330°C
Temperatura de base/cama	80-110°C
Temperatura de cámara	90°C (ideal)
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	20-25 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	2.5%
Resistencia a la tracción (ISO 527)	65 MPa
Módulo de tracción (ISO 527)	5400 MPa
Resistencia a la flexión (ISO 178)	113 MPa
Módulo de flexión (ISO 178)	5500 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 75)	137°C
Temperatura de fusión (ISO 11357)	270°C

Resumen:

Nombre	Resumen
PC (Policarbonato)	Filamento de policarbonato duradero, resistente al impacto y buen aislante eléctrico.
PolyMax PC	Policarbonato negro con una temperatura de impresión para todo tipo de impresoras 3D (250-270°C).
PC-ABS Proto-Pasta	Material altamente resistente a grandes impactos durante largos períodos de tiempo y resistente al calor.
PC-ABS Polymaker	Material de gran resistencia mecánica y capacidad para ser directamente cromado.
PC-FR (Ignífugo) Polymaker	Material ignífugo (UL94V-0/1.5 mm) y de gran resistencia mecánica.
PC-PBT Polymaker	Mezcla de polímeros PC/PBT que ofrece buena resistencia al calor y gran resistencia química.
PC/PTFE	Material avanzado con bajos valores de coeficiente de rozamiento y desgastes (autolubricante).
XSTRAND GF30-PC	Filamento con base de policarbonato y 30% de fibra de vidrio, con el certificado de extinción de llama UL94.

3.1.12 PP (POLIPROPILENO)

El PP (Polipropileno) es un polímero termoplástico, perteneciente al grupo de las poliolefinas con estructura parcialmente cristalina que se forma a través de la polimerización del propileno. Sus propiedades son similares a las de un polietileno, pero con ciertas ventajas: menor peso específico y uno de los menores de todos los materiales utilizados en la impresión 3D, alta temperatura de reblandecimiento y gran resistencia a la rotura acompañada con altas propiedades mecánicas generales.

Sectores de la industria están utilizando piezas realizadas con filamento de PP, ya que, estas destacan por su resistencia a la abrasión, por su capacidad de absorber los choques (resistencia al impacto), resistencia a fatiga (fabricación de bisagras) y además consta de una relativa flexibilidad.

Pero los filamentos comunes de PP (Polipropileno) presentan un elevado efecto warping que lo convierten en un plástico prácticamente imposible de imprimir en una impresora 3D que no sea industrial. Debido a esta problemática, Smart Materials 3D ha desarrollado un filamento de Polipropileno especialmente aditivado con el fin de mejorar su adherencia a la superficie de impresión y así reducir el efecto warping. Con este filamento se pueden conseguir piezas que ofrecen flexibilidad, elevada resistencia mecánica y química, así como una excelente resistencia a la flexión, conjunto de propiedades que reafirman que este material es ideal para gran cantidad de aplicaciones industriales. PPprint es otro fabricante especializado en filamento de PP, ofreciendo una solución ideal para evitar el efecto warping gracias a un sistema de base de adherencia específica para el filamento de polipropileno.

PP (Polipropileno) Natural: Se han realizado muchos intentos por fabricar filamentos de Polipropileno si bien nunca han fructificado debido a la dificultad de impresión de este material. Los filamentos comunes de PP (Polipropileno) presentan un elevado efecto warping que lo convierten en un plástico prácticamente imposible de imprimir en una impresora 3D. Debido a esta problemática la empresa española "Smart Materials 3D" ha estado desarrollando el nuevo filamento de Polipropileno PP Natural Smartfil (1,75mm o 2,85mm) que se trata de un filamento de PP especialmente aditivado con el fin de mejorar su adherencia a la superficie de impresión y así reducir el efecto warping.

Las piezas impresas con el filamento de Polipropileno PP Natural Smartfil (1,75mm o 2,85mm) ofrecen flexibilidad, una excelente resistencia mecánica y química, así como una excelente resistencia a la flexión que lo hacen ideal para gran cantidad de aplicaciones industriales. También ofrece una buena barrera al vapor y presenta una buena procesabilidad ya que es el material plástico con menor peso específico ya que este es de 0,90 g/cm³ (Ideal para reducir el peso en piezas y componentes aplicados al mundo de la automoción y aeronáutica).

Por otra parte, las piezas realizadas con el filamento de Polipropileno destacan por su resistencia a la abrasión y por su capacidad de absorber los choques (resistencia al impacto), resistencia a fatiga (De ahí que se utilice en bisagras) y además consta de una relativa rigidez y flexibilidad. Por contra, uno de los principales inconvenientes es su sensibilidad ante los rayos UV. Si bien ya existe un material en impresión 3D para paliar este punto débil de la mayoría de plásticos que es el filamento ASA.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	±220°C
Temperatura de base/cama	60-100°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ASTM D256)	85,4 KJ/m ²
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	20.98 MPa
Módulo de tracción (ISO 6721)	444 MPa
Resistencia a la flexión (ISO 178)	63.54 MPa
Módulo de flexión	-
Dureza superficial (ISO 2019-1)	Rockwell 80
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 75)	62°C
Temperatura de fusión	215°C

XSTRAND GF30-PP: El GF30-PP es un filamento para impresoras 3D desarrollado por Owens Corning. Owens Corning es una empresa multinacional instaurada en 37 países de todo el mundo con más de 60 años de experiencia en compuestos de aislamiento, techado y fibra de vidrio. Gracias al gran conocimiento en este último campo han creado el GF30-PP, un filamento con base de polipropileno con un 30% de fibras de vidrio.

El GF30-PP es un material que presenta una alta rigidez y resistencia mecánica, resistencia a productos químicos y a luz UV. Con un Módulo de tensión de 6500 MPa es uno de los más altos en la actualidad dentro de los materiales para la impresión 3D FDM, mejorando un 200% las propiedades mecánicas de materiales convencionales, como el ABS. Esta alta resistencia unida a un alto umbral de temperaturas de funcionamiento (-20°C hasta 120°C) hacen del GF30-PP un material ideal para ser empleado en aplicaciones industriales como herramientas o como piezas finales.

Pero aquí no terminan las ventajas de este material. Al incorporar las fibras de vidrio, el GF30-PP es más sencillo de imprimir que el PP por sí sólo, aumenta la unión entre capas, se reduce el efecto warping entre las piezas y la base, y la absorción de humedad se reduce significativamente. Todo esto se traduce en un acabado liso, continuo y con gran estabilidad dimensional, que unido a las propiedades mecánicas de gran nivel que presenta, hacen de este material el ideal para la gran mayoría de aplicaciones.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	220-280°C
Temperatura de base/cama	80-110°C
Temperatura de cámara	No necesario
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	30-100 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	1.6%
Resistencia a la tracción (ISO 527)	60 MPa
Módulo de tracción (ISO 527)	6500 MPa
Resistencia a la flexión (ISO 178)	78 MPa
Módulo de flexión (ISO 178)	4300 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 75)	120°C
Temperatura de fusión (ISO 11357)	167°C

PP (Polipropileno) PPprint 721: El polipropileno es un material técnico muy empleado en la industria por presentar unas propiedades realmente destacables en su conjunto. Su bajo peso unido a propiedades mecánicas interesantes como buena resistencia a la rotura, alta resistencia química y ser semi-flexible, hacen que el PP sea muy empleado en aplicaciones técnicas. Además, es un material totalmente reciclable al final de su vida útil, esterilizable, apto para lavavajillas y no higroscópico (no absorbe humedad). Después de ver todo el conjunto de propiedades avanzadas de este material, es normal que la industria utilice el PP en el sector automotriz, eléctrico y para fabricar electrodomésticos, envases de alimentos, productos textiles, así como en la arquitectura y construcción, arte y moda, deportes y ocio, y atención médica.

Pero el polipropileno tiene un inconveniente en el caso de la impresión 3D FDM, su dificultad de impresión. Esto se debe a su falta de adherencia con otros materiales, a su coeficiente de dilatación térmica elevada y a la necesidad de tener una cabina o ambiente controlado, además de no poder utilizar el ventilador de capa. Pero el fabricante alemán PPprint ha desarrollado un filamento que evita todos esos problemas y que, además, se comporta de forma estable en la gran mayoría de impresoras 3D FDM del mercado, llamado PPprint 721.

Los usuarios ya pueden realizar sin problema piezas de polipropileno gracias a este filamento. Esto ayuda a muchos profesionales a mejorar su producción al conseguir piezas realmente resistentes, complejas y con infinidad de aplicaciones con suma facilidad. Su facilidad de impresión es tal, que necesita una temperatura de extrusión de tan sólo 200-220°C, temperatura alcanzable por la mayoría de impresoras 3D FDM del mercado, incluso las de uso no profesional. Además, PPprint ha desarrollado una base de impresión especial, para imprimir el PPprint 721 sin tener problemas de warping en ningún caso y sin importar el tamaño de la pieza.

Aunque el Polipropileno como material está certificado para el contacto con alimentos (FDA), el PPprint 721 no lo está, ya que al realizar la formulación para obtener unas mejores propiedades de impresión, deja de cumplir esta propiedad que sí cumple el material genérico.

Con este filamento se pueden conseguir piezas finales funcionales con resistencia a la rotura, resistencia química, no higroscópicas y translúcidas, características ideales para realizar piezas tan complejas como conductos a medida para cualquier tipo de fluido.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	200-220°C
Temperatura de base/cama	50-80°C
Temperatura de cámara	65-80°C
Ventilador de capa	Recomendado
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	>600%
Resistencia a la tracción (ISO 527)	19.6 MPa
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión (ISO 527)	35.1 MPa
Módulo de flexión (ISO 527)	660 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	-
Temperatura de fusión (ASTM D3418)	137°C

PP 2320 (Polipropileno): PP 2320 es un filamento de polipropileno que pertenece a la gama de Fillamentum Industrial. Fillamentum Industrial es la división de Fillamentum que desarrolla materiales para la impresión 3D FDM con finalidad industrial. Todos filamentos que se encuentran en su gama buscan aportar al sector profesional un aumento de la eficiencia de producción para ahorrar tiempo y costes.

PP 2320 muestra la resistencia mecánica y química ideal para realizar prototipos de forma sencilla con la mayoría de impresoras 3D. En comparación con otros filamentos de polipropileno, PP 2320 presenta el triple de resistencia a la tracción, el triple de módulo de tracción y una elongación de rotura diez veces superior. Otras características de este material son: gran energía de recuperación ante una deformación (resiliencia), dureza superficial elevada y resistencia térmica, incluso con valores de - 40 °C. En el apartado de resistencia química, PP 2320 cuenta con una extensa lista de fluidos a los cuales es resistente: ácidos, bases, salados, aceites, agua y algunos más.

Como la mayoría de PP, este material es ligero (0.96 g/cm³) en comparación al resto de filamentos empleados en esta tecnología. Esto unido a una baja absorción de la humedad y del agua, aislante eléctrico y el certificado RoHS, hacen que sea un filamento ideal para imprimir equipamientos para seguridad eléctrica y electrónica. Pero las ventajas que presenta PP 2320 no terminan aquí, ya que es un material válido para estar con contacto con alimentos, reciclable y no tóxico.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	225 - 245°C
Temperatura de base/cama	90 - 105°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	20 - 40 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ISO 179 1eU)	No rompe (sin muesca)
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	20 %
Resistencia a la tracción (ISO 527)	23 MPa
Módulo de tracción (ISO 527)	1400 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
temperatura reblandecimiento	110°C
Temperatura de fusión (ISO 1133)	230°C

Resumen:

Nombre	Resumen
PP (Polipropileno) Natural	Filamento de polipropileno natural, uno de los materiales más versátiles y utilizados en la industria.
XSTRAND GF30-PP	Filamento con base de polipropileno y 30% de fibra de vidrio, con un módulo de tensión muy alto.
PP (Polipropileno) PPprint 721	Piezas finales funcionales con resistencia a la rotura, resistencia química, no higroscópicas y translúcidas.
PP 2320 (Polipropileno)	Filamento ideal para imprimir prototipos y piezas finales de forma sencilla.

3.1.13 CASTABLE

La fabricación a la cera perdida es una técnica milenaria que ha evolucionado desde tener que realizarla pieza original en cera de forma artesanal, a hacer moldes ligeros para la cera y poder fabricar series cortas, hasta finalmente fabricar piezas por impresión 3D. Gracias a filamentos especializados para la cera perdida, que presentan una alta precisión y acabado superficial excelente, este tipo de fabricación ha sufrido una revolución.

Dentro de esta categoría se encuentra el MoldLay, un filamento que permite imprimir moldes tanto para fundición a la cera perdida como para el moldeo permanente de modo doméstico. Por otro lado, también existe el PolyCast, un material fácil de imprimir como el PLA, que no deja residuos y se descompone por completo a partir de 600°C ofreciendo un acabado superficial liso y brillante ideal para que las piezas metálicas finales sean de gran calidad.

MoldLay: MoldLay es un nuevo filamento con propiedades similares a la cera. Es muy rígido a temperatura ambiente, pero se convierte en extruible cuando se calienta a 170-180°C. Este filamento fue diseñado por el conocido desarrollador alemán de nuevos filamentos para impresión 3D Kai Parthy de Lay-Filaments.

El MoldLay es un filamento que permite imprimir moldes tanto para fundición a la cera perdida como para el moldeado permanente. Es extremadamente estable dimensionalmente y permanece rígido a temperatura ambiente.

Las principales características de este filamento son:

- Prácticamente cero deformación.
- Se puede imprimir sin cama caliente.
- Se imprime con él a temperaturas de 170 a 180°C
- Los moldes deben ser tratados a 270°C en un horno de cocción (Es válido un horno de cocina que alcance esta temperatura).

En primer lugar, se debe diseñar e imprimir en 3D el modelo que deseemos obtener a través de un molde. Una vez impresa con el filamento MoldLay, a continuación, debemos rodear esta pieza con una arcilla u hormigón que se endurezca. Una vez que el bloque de arcilla se ha endurecido, se colocará en un horno a unos 270°C. Esto derretirá el MoldLay dentro del hormigón y provocará que este fluya hacia fuera del molde como la cera de parafina caliente dejando el molde con la forma perfecta para hacer la colada. Esto deja un molde perfecto dentro del bloque de hormigón, que puede ser llenado con el metal deseado a continuación. Una vez enfriado dicho metal es el momento de romper el molde y recuperar el objeto dentro, que será una copia similar a la que se imprimió inicialmente con el filamento MoldLay, la única diferencia es que es de metal en lugar de cera y siempre puede quedar algo de arcilla u hormigón unido al objeto de metal, esto se puede eliminar por inmersión del objeto en ácido cítrico durante unas horas.

Es un proceso bastante largo, pero ahorra bastante dinero al no tener que realizar la pieza a sacrificar en el molde como se hace artesanalmente. MoldLay da un paso más en el mundo de la impresión 3D, abriendo las puertas del molde de piezas en metal partiendo de una pieza impresa en una impresora 3D de escritorio, posibilitando la fabricación en masa.

MoldLay no requiere temperaturas tan altas y además no emite humos tóxicos al fundirse. Con MoldLay podrás utilizar tu horno de la cocina. MoldLay es un tipo de plástico con propiedades similares a la cera. A temperatura ambiente es muy rígido y sólido y se convierte extruible cuando se calienta hasta los 170-180°C. Cuando se calienta en un horno a 270°C, este se convierte en líquido con una viscosidad de aceite fino.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	175-180°C
Temperatura de base/cama	<40°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	-
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento	-
Temperatura de fusión	170°C

PolyCast: PolyCast es un filamento desarrollado por el internacionalmente conocido fabricante de filamentos Polymaker. PolyCast está diseñado específicamente para aplicaciones de fundición por cera perdida y para ser utilizado por cualquiera impresora 3D FFF / FDM del mercado, ya que, presenta parámetros de impresión similares al PLA.

La fundición por cera perdida se emplea para producir piezas metálicas con alta precisión dimensional y un excelente acabado superficial. En este tipo de fabricación se emplean diferentes metales y aleaciones, tales como acero, acero inoxidable, aleaciones de aluminio, bronce y muchos más. Los procesos convencionales de la fundición por cera perdida utilizan patrones de cera moldeada por inyección, siendo necesario para ello, maquinaria y intervalos de tiempo muy costosos, especialmente para series de producción de poco volumen. Por este motivo, la parte de la industria que se dedica a la fundición apuesta cada vez más por la impresión 3D para producir los patrones. Además, esta tecnología proporciona mayor libertad de diseño debido a que, la impresión 3D permite realizar formas geométricas complejas, muy superiores a las del proceso de moldeo por inyección.

Todo lo mencionado anteriormente se traduce en una reducción drástica del coste y del tiempo de creación de los patrones para la fundición por cera perdida. La fabricación de moldes de manera tradicional necesita 2-4 semanas y un coste elevado (miles de euros). En cambio, con el empleo de PolyCast y una impresora 3D FFF / FDM el tiempo de fabricación se reduce a 2-3 días, con un coste sumamente inferior y patrones con geometrías mucho más complejas.

Las dos características más importantes de PolyCast son:

- Gran acabado superficial: PolyCast puede ser post-procesado con la PolySher (a través de la tecnología patentada Micro-Droplet Polishing de Polymaker), esta máquina consigue un acabado liso y brillante de cada pieza realizada con este filamento o un filamento PVB, en un intervalo de tiempo corto y de forma muy sencilla. Este gran acabado superficial es esencial para garantizar la calidad de las piezas metálicas finales.
- Quemado limpio, sin cenizas: Para evitar defectos en las piezas realizadas con fundición por cera perdida es necesario que el patrón se descomponga por completo. Por este motivo, Polymaker ha invertido todos sus conocimientos para conseguir un filamento que no deje residuos y que se descomponga por completo a partir de 600°C, dejando el molde limpio y listo para la fundición.

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	190-230°C
Temperatura de base/cama	30-70°C
Temperatura de cámara	No necesaria
Ventilador de capa	Recomendado
Velocidad de impresión	40-60 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy (ASTM D256)	9.6 kJ/m ²
Alargamiento a la rotura (ASTM D638)	5.8%
Resistencia a la tracción (ASTM D638)	35.7 MPa
Módulo de tracción (ASTM D638)	1745 MPa
Resistencia a la flexión (ASTMD790)	60.2 MPa
Módulo de flexión (ASTMD790)	1198 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ASTM D1525)	67°C
Temperatura de fusión	-

Resumen:

Nombre	Resumen
MoldLay	Permite imprimir moldes tanto para fundición a la cera perdida como para el moldeado permanente.
PolyCast	Diseñado específicamente para fundición por cera perdida y para ser utilizado por cualquiera impresora 3D.

3.1.14 Avanzados

PEI (ULTEM 1010) / PEI CF (JNM 0803) / PEKK (PolyEtherKetoneKetone) / PEKK con Fibra de Carbono: El PEI (ULTEM 1010) / PEI CF (JNM 0803) / PEKK (PolyEtherKetoneKetone) / PEKK con Fibra de Carbono se considera un termoplástico avanzado de la ingeniería que contiene enlaces éter y grupos de imida en su cadena de polímero. La poliéterimida (PEI) se ha ganado un puesto entre los materiales más potentes.

Apoyándose en la gran experiencia y en sus muchos años de investigación, el gran fabricante francés Nanovia ha obtenido el PEI JNM 0803. El JMN 0803 se comporta de manera estable en todos los ámbitos lo que permite su utilización en una impresora 3D FDM.

El filamento PEI (ULTEM 1010) / PEI CF (JNM 0803) / PEKK (PolyEtherKetoneKetone) / PEKK con Fibra de Carbono presenta todas las cualidades que un material avanzado requiere. La resistencia térmica es una de las más alta del mercado, teniendo una temperatura de transición vítrea de 215°C y una temperatura máxima de trabajo constante con una presión de 0.45MPa de 200°C. La principal ventaja, con respecto a otros materiales (NylonStrong), es que a estas temperaturas las propiedades mecánicas casi no varían. Esto es debido a que su gran estabilidad dimensional mantiene la forma estructural incluso al elevar la temperatura, algo impensable con la mayoría de los materiales existentes en la impresión 3D FDM/FFF. Estas cualidades son utilizadas para realizar herramientas de moldeo por inyección de ciclo corto, herramientas de laminado de fibra de carbono y otro tipo de moldes que están sometidos a elevados valores de presión y temperatura (Autoclave). Dentro de este tipo de moldes de alta resistencia están los utilizados para el proceso de vulcanización de plásticos, como el caucho. Gracias al PEI (ULTEM 1010) / PEI CF (JNM 0803) / PEKK (PolyEtherKetoneKetone) / PEKK con Fibra de Carbono se pueden realizar moldes de manera más rápida, sencilla y barata que los actuales moldes de acero.

Otra cualidad destacable es la resistencia química que tiene este material a una gran lista de fluidos: hidrocarburos halógenos (benceno), fluidos de la automoción (líquido refrigerante), alcohol y soluciones acuosas (agua del mar). Esta cualidad junto a su baja densidad (1.27 g/cm³) y a ser un material ignífugo, hace que el PEI sea un material muy común para realizar piezas finales de partes de motores en el

campo de la aeronáutica y la automoción por las que transcurren líquidos, aceites y gases.

Algo muy importante a la hora de fabricar piezas para la ingeniería es que no interfiera ni produzca derivaciones de corrientes eléctricas. El PEI (ULTEM 1010) / PEI CF (JNM 0803) / PEKK (PolyEtherKetoneKetone) / PEKK con Fibra de Carbono presenta una gran estabilidad dieléctrica (resistencia a transformarse en conductor un material aislante de la electricidad) pudiendo fabricar piezas aislantes para circuitos electrónicos o carcasas para tomas de corriente eléctrica. En particular, la aplicación de este material en circuitos electrónicos es ideal para asegurar el funcionamiento, ya que el PEI es un material con una gran capacidad de disipación del calor y de la frecuencia.

- PEI (ULTEM 1010)

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	370-400°C
Temperatura de base/cama	150°C
Temperatura de cámara	80°C
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	40-100 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ISO 1780/1A)	5 KJ/m ²
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	60%
Resistencia a la tracción (ISO 527)	105 MPa
Módulo de tracción (ISO 527)	3200 MPa
Resistencia a la flexión (ISO 178)	160 MPa
Módulo de flexión (ISO 178)	3300 MPa
Dureza superficial (ISO 2039-1)	H358/30: 140 MPa
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 306)	215°C
Temperatura de fusión	340°C
Inflamabilidad (UL 94 @1.5mm)	Clase V-0

– PEI con Fibra de Carbono (Ultem CF)

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	390°C
Temperatura de base/cama	>120°C
Temperatura de cámara	80°C
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	30-50 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	3.5%
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción (ISO 527)	4685 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión (ISO 178)	4950 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 306)	215°C
Temperatura de fusión	370°C
Inflamabilidad (UL 94 @3mm)	Clase V-0

– PEKK

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	370-400°C
Temperatura de base/cama	150°C
Temperatura de cámara	80°C
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	40-100 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	5.4%
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción (ISO 527)	2900 MPa
Resistencia a la flexión	128 MPa
Módulo de flexión (ISO 178)	3000 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 75F)	139°C
Temperatura de fusión	305°C
Inflamabilidad (UL 94 @0.8 mm)	Clase V-0

– PEKK con Fibra de Carbono

Propiedades de impresión	
Temperatura de impresión	395°C
Temperatura de base/cama	165°C
Temperatura de cámara	80°C
Ventilador de capa	No recomendado
Velocidad de impresión	20-40 mm/s
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ASTM D256)	5.5 KJ/m ²
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ISO 527)	80%
Resistencia a la tracción	-
Módulo de tracción (ASTM D638)	3850 MPa
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión (ASTM D790)	4747 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura reblandecimiento (ISO 75F)	139°C
Temperatura de fusión	-
Inflamabilidad (UL 94 @0.8 mm)	Clase V-0

3.2 Resinas

3.2.1 Estándar

Basic Resin - HARZ Labs: HARZ Labs Basic Resin está desarrollada para ofrecer propiedades mecánicas estables con una gran facilidad para ser impresa. Uno de los puntos a destacar de esta resina es la baja contracción, menor del 1 %, contracción que sufren las piezas durante el proceso de fabricación, obteniendo así modelos con buena precisión. HARZ Labs Basic Resin cuenta con una dureza Shore 82D combinada con una superficie no quebradiza, propiedades que aseguran que nunca se dañarán las piezas al retirarlas de la plataforma de fabricación.

Las propiedades vistas anteriormente se complementan con una gran estabilidad del proceso de curado, manteniendo el mismo comportamiento mecánico incluso cuando se sobrepasa el tiempo máximo. Esto, la ausencia de olor y la baja toxicidad hacen que HARZ Labs Basic Resin sea una resina ideal para ser usada en oficinas, escuelas, universidades y por usuarios que se están formando en el empleo de una impresora 3D de resina.

Propiedades de impresión	
Altura de capa	100-50-25µm
Tiempo de exposición de capa	Ver ANEXO
Tiempo de enfriamiento de capa	
Altura de elevación	
Exposición capas inferiores	
Propiedades de curado y lavado	
Tiempo de lavado	5 - 15 min
Tiempo de curado	Recomendado: 15 - 30 min Curado total: 60 min
Temperatura de curado	40 - 60°C
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	6 - 7 %
Resistencia a la tracción	20 MPa
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	80 - 85 Shore D
Propiedades térmicas	
Temperatura de reblandecimiento	-

zABS (UniZ): El ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) es el plástico más utilizado en el sector industrial a la hora de crear partes externas que serán manipuladas constantemente. Sus buenas propiedades mecánicas, dureza, resistencia a ciertos elementos químicos, estabilidad térmica y rigidez son aprovechadas para realizar piezas con un gran abanico de aplicaciones, como carcasas de herramientas eléctricas.

En la resina zABS están presentes todas las ventajas comentadas anteriormente. Además, están presentes otras como la rápida fabricación de piezas manteniendo las propiedades mecánicas y superficiales. Las piezas realizadas con la resina zABS presentan un acabado superficial liso y mate, ideal para analizar con detalle los prototipos. Por otro lado, ese acabado facilita un post-procesado de pintado de forma directa.

La tecnología LED-LCD que utiliza UniZ se suma a las otras dos tecnologías de impresoras 3D de resina ya conocidas, SLA y DLP. Su funcionamiento es similar a DLP, solidificando cada capa en un sólo haz de luz, pero en el caso de las impresoras 3D LED-LCD, un conjunto de LEDs con una longitud de onda de 405 nm ilumina una pantalla LCD que deja pasar el haz de luz con la forma que tiene la capa que se está fabricando.

Propiedades de impresión	
Altura de capa	10-25-50-75-100-150-200-300 micras
Tiempo de exposición de capa	Ver ANEXO II
Tiempo de enfriamiento de capa	
Altura de elevación	
Exposición capas inferiores	
Propiedades de curado y lavado	
Tiempo de lavado	10 minutos
Tiempo de curado	10 minutos
Temperatura de curado	25°C
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ASTM D 256-10)	30.28 J/m / 17.47 J/m
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ASTM D 638-14)	45.5% / 26.17%
Resistencia a la tracción (ASTM D 638-14)	24.85 MPa / 55.51 MPa
Módulo de tracción (ASTM D 638-14)	899.64 MPa / 1812.55 MPa
Resistencia a la flexión (ASTM D 790-15)	25.91 MPa / 53.08 MPa
Módulo de flexión (ASTM D 790-15)	899.64 MPa / 1812.55 MPa
Propiedades térmicas	
Temperatura de reblandecimiento	-

Resina de fotopolímero ELEGOO: La resina de fotopolímero ELEGOO es un tipo de polímero que cambia sus propiedades físicas cuando se introduce en la luz y su resina libre de VOC. En el caso de la impresión 3D, estas son típicamente resinas plásticas líquidas que se endurecen cuando se exponen a una fuente de luz, como un láser, una lámpara, un proyector o diodos emisores de luz (LED) y la mayoría de estas fuentes de luz irradian ultravioleta (UV) La luz, que funciona perfectamente con nuestra resina fotocuradora.

Propiedades de impresión	
Altura de capa	10-25-50-75-100-150-200-300 micras
Tiempo de exposición de capa	Ver ANEXO
Tiempo de enfriamiento de capa	
Altura de elevación	
Exposición capas inferiores	
Propiedades de curado y lavado	
Tiempo de lavado	10 minutos
Tiempo de curado	10 minutos
Temperatura de curado	25°C
Propiedades mecánicas	
Dureza	84D
Contracción	7.1%
Viscosidad (25 ° C)	150-200mPa.s
Densidad del Líquido	1.100 g / cm ³
Densidad de Sólidos	1.195 g / cm ³
Resistencia a la Flexión	59-70Mpa
Fuerza de la Extensión	36-53Mpa
Alargamiento a la Rotura	14.2%
Propiedades térmicas	
Temperatura de reblandecimiento	-

Resumen:

Nombre	Resumen
Basic Resin - HARZ Labs	Ideal para imprimir piezas diariamente en todo tipo de impresoras 3D de resina LCD o DLP.
zABS (UniZ)	Rápida fabricación de piezas manteniendo las propiedades mecánicas y superficiales.
Resina de fotopolímero ELEGOO	La resina de fotopolímero ELEGOO contiene monómeros de metacrilato para reducir la contracción del volumen durante el proceso de fotocurado, lo que garantiza la alta precisión del modelo de impresión con acabado liso.

3.2.2 Avanzadas

Model Resin - HARZ Labs: HARZ Labs Model Resin está desarrollada para ofrecer las mejores propiedades mecánicas manteniendo una gran facilidad para ser impresa. Uno de los puntos a destacar de esta resina es la baja contracción, menor del 0.5 %, contracción que sufren las piezas durante el proceso de fabricación, obteniendo así modelos muy precisos de forma sencilla. HARZ Labs Model Resin cuenta con una dureza Shore D de 85-92 pero al mismo tiempo muestra elasticidad, propiedades realmente útiles para imprimir modelos duraderos y no frágiles, como moldes semipermanentes para fundir caucho. Esto también es posible gracias a su gran resistencia al calor, soportando largos intervalos de trabajo con temperaturas hasta 100°C o 180°C a trabajos de corto plazo.

En el apartado propiedades de impresión destaca su relativamente baja densidad, que proporciona una gran precisión para cortos tiempos de impresión, además de facilitar el tiempo invertido en la limpieza de la impresora. A diferencia de otras resinas universales existentes en el mercado, HARZ Labs Model Resin es inodora y no produce irritación, así, se puede emplear en cualquier espacio que tenga una ventilación natural, sin la necesidad de una ventilación forzada.

Propiedades de impresión	
Altura de capa	100-50-25µm
Tiempo de exposición de capa	Ver ANEXO
Tiempo de enfriamiento de capa	
Altura de elevación	
Exposición capas inferiores	
Propiedades de curado y lavado	
Tiempo de lavado	5 - 15 min
Tiempo de curado	Recomendado: 15 - 30 min Curado total: 60 min
Temperatura de curado	40 - 60°C
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod	-
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura	4 - 6 %
Resistencia a la tracción	45 MPa
Módulo de tracción	-
Resistencia a la flexión	-
Módulo de flexión	-
Dureza superficial	87 - 92 Shore D
Propiedades térmicas	
Temperatura de reblandecimiento	100°C

zWAX (UniZ): La resina zWAX para impresión 3D LED-LCD de UniZ está disponible en dos versiones para cubrir las distintas demandas de los usuarios. Las versiones disponibles son: Amber y Purple. La zWAX Amber es ideal para realizar pequeños elementos de joyería al no dejar restos después de la fabricación por inversión directa. Por otro lado, la zWAX Purple presenta un 10% de cera, gracias a la cual ofrece una alta precisión y baja expansión térmica durante la colada, muy importante cuando se realizan piezas de joyería de gran espesor superficial.

Propiedades de impresión	
Altura de capa	10-25-50-75-100-150-200-300 micras (Amber) 25-50-100 micras (Purple)
Tiempo de exposición de capa	Ver ANEXO
Tiempo de enfriamiento de capa	
Altura de elevación	
Exposición capas inferiores	
Propiedades de curado y lavado	
Tiempo de lavado	10 min
Tiempo de curado	10 min
Temperatura de curado	25°C
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ASTM D 256-10)	Amber: 12.37 J/m / 11.07 J/m Purple: 13.83 J/m / 11.62 J/m
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ASTM D 638-14)	Amber: 11.3% / 15.0% Purple: 29.73% / 29.28%
Resistencia a la tracción (ASTM D 638-14)	Amber: 2.81 MPa / 8.48 MPa Purple: 7.10 MPa / 9.56 MPa
Módulo de tracción (ASTM D 638-14)	Amber: 27.91 MPa / 71.91 MPa Purple: 26.75 MPa / 38.28 MPa
Resistencia a la flexión (ASTM D 790-15)	Amber: 2.79 MPa / 5.39 MPa Purple: 4.77 MPa / 7.11 MPa
Módulo de flexión (ASTM D 790-15)	Amber: 54.62 MPa / 121.24 MPa Purple: 102.5 MPa / 186.12 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura de reblandecimiento	-

zENG (UniZ): La resina zENG presenta una alta ductilidad y resistencia al impacto sin sacrificar la calidad superficial. Estas propiedades mecánicas avanzadas son perfectas para llevar a cabo piezas finales dentro de cualquier industria, como, por ejemplo: herramientas, utillajes, conductos, carcasas y protecciones.

La tecnología LED-LCD que utiliza UniZ se suma a las otras dos tecnologías de impresoras 3D de resina ya conocidas, SLA y DLP. Su funcionamiento es similar a DLP, solidificando cada capa en un sólo haz de luz, pero en el caso de las impresoras 3D LED-LCD, un conjunto de LEDs con una longitud de onda de 405 nm ilumina una pantalla LCD que deja pasar el haz de luz con la forma que tiene la capa que se está fabricando.

La resina zENG para impresión 3D LED-LCD de UniZ está disponible en color Amber, un amarillo fuerte con cierto porcentaje de translucidez, el cual ofrece al usuario una visión de lo que acontece en el interior de una pieza. Esta aplicación es muy común a la hora de fabricar moldes en dos partes, tal o como se puede apreciar en la siguiente imagen.

Propiedades de impresión	
Altura de capa	25-50-75-100-150-200-300 micras
Tiempo de exposición de capa	Ver ANEXO
Tiempo de enfriamiento de capa	
Altura de elevación	
Exposición capas inferiores	
Propiedades de curado y lavado	
Tiempo de lavado	10 min
Tiempo de curado	10 min
Temperatura de curado	25°C
Propiedades mecánicas	
Resistencia al impacto Izod (ASTM D 256-10)	38.54 J/m / 18.38 J/m
Resistencia al impacto Charpy	-
Alargamiento a la rotura (ASTM D 638-14)	39.5% / 11.1%
Resistencia a la tracción (ASTM D 638-14)	15.3 MPa / 35.4 MPa
Módulo de tracción (ASTM D 638-14)	107.44 MPa / 389.69 MPa
Resistencia a la flexión (ASTM D 790-15)	15.23 MPa / 56.18 MPa
Módulo de flexión (ASTM D 790-15)	570.44 MPa / 1937.61 MPa
Dureza superficial	-
Propiedades térmicas	
Temperatura de reblandecimiento	-

Resina Castable XYZ (SLA/DLP): Las resinas castables de XYZ para impresión 3D de tecnología SLA han sido desarrolladas para las impresoras Nobel 1.0 y Nobel 1.0.A, para aplicaciones de moda y joyería especialmente. Existen dos tipos diferenciados de resina castable ó moldeable (C1 y F1).

Con las resinas castable todo usuario (joyero o diseñador) podrá realizar sus creaciones directamente desde su diseño 3D. A partir de un software CAD se puede imprimir el diseño deseado y a las pocas horas disponer de prototipo para realizar la fundición directamente.

Los dos tipos de resina de los que dispone XYZ para su impresora SLA son:

- Resina castable/moldeable (C1)

Con esta resina se pueden conseguir piezas con acabados de alta resolución. Dichas piezas pueden usarse directamente para moldear sin tener que tratar superficialmente la pieza previamente. El proceso de fundición no deja residuos, lo que la convierte en idea para la impresión de accesorios de moda. Esta resina es compatible con la impresora 3D XYZ Nobel 1.0.A y está disponible en color naranja.

- Resina castable/moldeable (F1)

La resina moldeable F1 emplea garantiza resultados de fundición perfectos, con un bajo coeficiente de expansión térmica. Las impresiones tienen una superficie lisa y con alta resolución de impresión, lo que le permite crear joyas de manera más eficiente. La combinación de diseño digital y procesos de fundición a la cera perdida en la impresión en 3D es la tendencia de joyería, artesanía y accesorios personalizados. Esta resina es compatible con la impresora 3D XYZ Nobel 1.0.A y Superfine y está disponible en color amarillo.

Instalar la botella de resina es realmente sencillo y se hace en solo tres pasos: Se debe reemplazar la tapa, insertar la botella en la impresora 3D y, finalmente, conectar el tubo. Automáticamente se detectará el material, color, y nivel restante de resina, y se llenará automáticamente el tanque.

Resumen:

Nombre	Resumen
Model Resin - HARZ Labs	Desarrollada para todo tipo de impresoras 3D de resina, para soportar grandes esfuerzos mecánicos.
zWAX (UniZ)	Diseñadas para ser utilizadas directamente en el proceso de fundición, reducen el tiempo de fabricación.
zENG (UniZ)	Material con buenas propiedades mecánicas que se ajusta a la gran mayoría de aplicaciones industriales.
Resina Castable XYZ (SLA/DLP)	La resina SLA castable/moldeable de XYZ es ideal para aplicaciones de joyería o aplicaciones textiles.

3.3 Guía rápida de aplicación

“Tabla 4: guía rápida de aplicación”

A continuación, repasaremos cada uno de los materiales con un breve ejemplo de aplicación.

Para crear la tabla se usó la siguiente división:

- Compatibilidad:
 - Alta: Cualquier impresora puede trabajar este material sin ningún problema.
 - Media: La mayoría de las impresoras pueden trabajar este material, pero presenta algún problema menor que impide a las básicas trabajar con este material.
 - Baja: Presenta necesidades que solo las impresoras más profesionales pueden cubrir por lo que no es recomendable para su uso fuera de un ambiente industrial.
- Acabado superficial:
 - Alto: Acabado indistinguible o prácticamente indistinguible de una inyección de plástico.
 - Medio: Presenta las características capas de la impresión, pero se pueden disimular con algún tratamiento superficial.
 - Bajo: El acabado superficial requiere un tratamiento de postprocesado obligatorio.
- Dificultad de impresión:
 - Alta: Presenta muchos problemas para realizar un impresión optima.
 - Media: Presenta problemas menores para realizar un impresión optima que en la mayoría de los casos se resuelven con aditivos.
 - Baja: No presenta ninguna dificultad para ser impreso.

Nombre	Tipo	Compatibilidad	Acabado Superficial	Dificultad Impresión	Ejemplo Fabricación	PVP*
PLA básico	PLA	Alta	Medio	Nula	Figuras artísticas	20,99€ 1000g
PLA Smartfil	PLA	Alta	Medio	Nula	Piezas de soporte para cosas de poco peso	19,90€ 750g
PLA Premium	PLA	Alta	Medio	Nula	Piezas mecánicas con poca necesidad mecánica	20,99€ 750g
HTPLA Cobre, Latón o Bronce	PLA	Alta	Medio	Baja	Piezas que busquen imitar metales	24,14€ 125g
PLA Conductivo	PLA	Alta	Medio	Baja	Factible para controlar cualquier elemento a través de una resistencia de 1Kohm	24,14€ 125g
PLA Fibra de Carbono	PLA	Alta	Medio	Baja	Piezas que requieran más resistencia estructural que el PLA básico	24,14€ 125g
PLA Acero Inoxidable	PLA	Alta	Medio	Baja	Permite piezas con efecto brillante	24,14€ 125g
PLA Magnético	PLA	Alta	Medio	Baja	Un interruptor piezoeléctrico	24,14€ 125g
PLA Ferro-Magnético	PLA	Alta	Medio	Baja	Sensores magnéticos	91,90€ 350g
PLA SOFT-Flexible	PLA	Alta	Medio	Baja	Fundas para móviles	39,26€ 750g

Nombre	Tipo	Compatibilidad	Acabado Superficial	Dificultad Impresión	Ejemplo Fabricación	PVP*
PLA 3D850 Natural	PLA	Alta	Medio	Baja	Piezas biodegradables	28,98€ 750g
PolyMax PLA	PLA	Alta	Medio	Baja	Piezas con ciertas exigencias mecánicas	44,71€ 750g
PLACTIVE AN1 Copper3D Antibacteriano	PLA	Alta	Medio	Baja	Piezas para ambientes esterilizados	99,95€ 750g
HR-PLA 3D870	PLA	Alta	Medio	Baja	Permite ser templado por lo que puede llegar a igualar en propiedades mecánicas al ABS	30,19€ 1000g
ABS básico	ABS	Alta	Medio	Media	Piezas que requieren cierta resistencia estructural	20,99€ 1000g
ABS Smartfil	ABS	Alta	Medio	Media	Dos piezas que requieran ser pegadas con pegamento	19,90€ 750g
ABS Premium	ABS	Alta	Medio	Media	Piezas que necesiten ser taladradas	20,99€ 750g
PC-ABS	ABS	Alta	Medio	Media	Piezas que no estén en ambientes de humedad	24,14€ 125g
ABS FIREPROOF (Ignífugo)	ABS	Alta	Medio	Media	Sujeciones de salidas de humos	32,55€ 750g

Nombre	Tipo	Compatibilidad	Acabado Superficial	Dificultad Impresión	Ejemplo Fabricación	PVP*
ABS Medical Smartfil	ABS	Alta	Medio	Media	Material medico	44,10€ 750g
ABS ESD	ABS	Alta	Medio	Media	Soporte de trabajo electrónico	77,38€ 500g
ABS con fibra de carbono (ABS CF)	ABS	Alta	Medio	Media	Soporte de una maquina	61,65€ 500g
ABS con fibra de carbono y de aramida (ABS CAF)	ABS	Alta	Medio	Media	Soporte de un soldador	66,49€ 500g
ABS MDT (Detectable magnéticamente)	ABS	Alta	Medio	Media	Embalajes inteligentes	53,78€ 750g
PC-ABS Polymaker	ABS	Alta	Medio	Media	Piezas para galvanizar	50,15€ 1000g
PC-FR (Ignífugo) Polymaker	ABS	Alta	Medio	Media	Carcasa de un motor	60,44€ 1000g
BendLay	ABS	Alta	Medio	Media	Piezas de gran tamaño	40,47€ 750g
ASA	ASA	Alta	Medio	Media	Piezas para exterior	25,35€ 750g

Nombre	Tipo	Compatibilidad	Acabado Superficial	Dificultad Impresión	Ejemplo Fabricación	PVP*
Filamento Conductivo de Grafeno	Grafeno	Alta	Medio	Baja	Controladores MIDI	240,79€ 100g
Filamento G6-Impact™ (HIPS-Fibra de Carbono-Grafeno)	Grafeno	Alta	Medio	Baja	Cojinete de amortiguación	91,90€ 350g
Filamento Conductivo Flexible TPU	Grafeno	Alta	Medio	Baja	Botones sensibles a la presión	91,90€ 100g
FilaFlex UltraSoft 70A	FILAFLEX TPE	Alta	Medio	Media-alta	Creación de piezas compuestas juntándolo con otros materiales	45,86€ 500g
FilaFlex 82A	FILAFLEX TPE	Alta	Medio	Media-alta	Contenedor de productos corrosivos	33,76€ 500g
Flexfill TPE 90A	FILAFLEX TPE	Alta	Medio	Media-alta	Bandejas de fruta o alimentos varios	35,99€ 500g
Flexfill TPE 96A	FILAFLEX TPE	Alta	Medio	Media-alta		35,99€ 500g
Flexfill 98A TPU Natural	FILAFLEX TPU	Alta	Alta	Media	Piezas flexibles de gran precisión	33,95€ 500g
MDFlex Copper3D Antibacteriano	FILAFLEX TPU	Alta	Medio	Media	Prótesis para gente amputada	99,95€ 500g

Nombre	Tipo	Compatibilidad	Acabado Superficial	Dificultad Impresión	Ejemplo Fabricación	PVP*
Filamento Conductivo Flexible TPU	FILAFLEX TPU	Alta	Medio	Media	Interfaz de ordenadores, arduino y otros componentes	91,90€ 100g
Smartfil TPU 93A	FILAFLEX TPU	Alta	Medio	Baja-Media	Topes de puerta	27,95€ 750g
XSTRAND GF30-PA6	NYLON (PA)	Media	Medio	Media-Alta	Soportes para circuitos hidráulicos	91,90€ 500g
PolyMide PA-GF	NYLON (PA)	Media-Baja	Medio	Media-Alta	Piezas de depósitos de combustible	162,02€ 2000g
Nylon PolyMide™ CoPA (PA6.6)	NYLON (PA)	Alta	Medio	Media	Engranajes con una cierta carga de trabajo	69,94€ 750g
PolyMide PA-CF	NYLON (PA)	Media-Baja	Medio	Media-Alta	Piezas para cámaras frigoríficas	193,48€ 2000g
Nylon Taulman 230	NYLON (PA)	Alta	Medio	Baja	Tensor de correa	50,76€ 450g
Taulman Alloy 910	NYLON (PA)	Alta	Medio	Media	Fabricación de moldes para fundición inferior a 82°C	50,76€ 450g
Taulman PCTPE	NYLON (PA)	Alta	Medio	Media	Piezas plásticas en prendas de ropa	78,59€ 1000g
Nylon FX256 (PA12)	NYLON (PA)	Alta	Medio	Media	Cojinetes, engranajes, poleas, ruedas dentadas y en maquinaria industrial de amortiguación	55,60€ 750g

Nombre	Tipo	Compatibilidad	Acabado Superficial	Dificultad Impresión	Ejemplo Fabricación	PVP*
Nylon AF80 Aramid	NYLON (PA)	Alta	Medio	Media	Guía de barillas	81,00€ 600g
NylonStrong	NYLON (PA)	Alta	Medio	Media	Fabricación de moldes para fundición inferior a 212°C	37,45€ 750g
Taulman 680 FDA	NYLON (PA)	Alta	Medio	Media	Recipientes para estar en contacto con alimentos (con excepción de alimentos con más del 8% de alcohol)	84,64€ 450g
Nylon 180 (PA12)	NYLON (PA)	Alta	Medio	Media	Ruedas dentadas para maquinaria	58,02€ 750g
Taulman nylon Bridge	NYLON (PA)	Alta	Medio	Media	Piezas que requieran cierta transparencia para su inspección rápida	32,61€ 450g
Taulman Nylon 645 Natural	NYLON (PA)	Alta	Medio	Media	Piezas con varios colores	36,24€ 450g
CPE HG100 (PETG avanzado)	COPOLIÉSTER (PET)	Media	Medio	Media- Alta	Uso en vasos, tazas y otros recipientes, así como en utensilios de cocina	34,99€ 750g
CPE CF112 Carbon	COPOLIÉSTER (PET)	Media	Medio	Media- Alta	Pata de una maquina	52,00€ 600g
PETG Smartfil	COPOLIÉSTER (PET)	Alta	Medio	Media	Prendas de vestir	30,79€ 750g
Taulman T-lyne	COPOLIÉSTER (PET)	Alta	Medio	Media	Utilizado potencialmente en prótesis	50,76€ 450g

Nombre	Tipo	Compatibilidad	Acabado Superficial	Dificultad Impresión	Ejemplo Fabricación	PVP*
Taulman Guideline (PETG)	COPOLIÉSTER (PET)	Alta	Medio	Media	Material de soporte	68,91€ 450g
PETG con Fibra de carbono (PETG CF)	COPOLIÉSTER (PET)	Alta	Medio	Media	Sustituir piezas funcionales provisionales o permanentes metálicas con cargas medias	68,91€ 500g
PETG con Fibra de aramida (PETG AF)	COPOLIÉSTER (PET)	Alta	Medio	Media		75,63€ 500g
PETG MDT (Detectable magnéticamente)	COPOLIÉSTER (PET)	Alta	Medio	Media	Filamento ideal para la industria alimentaria	53,78€ 750g
Smartfil GLACE	COPOLIÉSTER (PET)	Alta	Medio	Media	Piezas que requieran un translucidez cercana al 100%	38,90€ 750g
HiPS Premium (Poliestireno)	HIPS	Alta	Medio	Media	Piezas aislantes por su baja capacidad conductiva	38,66€ 750g
HiPS Extrafill Natural (Poliestireno)	HIPS	Alta	Medio	Media	Ideal para contener líquidos por su buena estanqueidad	28,98€ 750g
Filamento G6-Impact™ (HIPS-Fibra de Carbono-Grafeno)	HIPS	Alta	Medio	Media	Estabilización de instrumentos científicos sensibles	91,90€ 350g
PC (Policarbonato)	PC (POLICARBONATO)	Media	Medio	Media	Piezas aislantes por su baja capacidad conductiva	44,65€ 750g

Nombre	Tipo	Compatibilidad	Acabado Superficial	Dificultad Impresión	Ejemplo Fabricación	PVP*
PolyMax PC	PC (POLICARBONATO)	Media	Medio	Media-Alta	Piezas de absorción de golpes	53,85€ 750g
PC-ABS Proto-Pasta	PC (POLICARBONATO)	Media-Baja	Medio	Media-Alta	Soportes de piezas de impacto	24,14€ 125g
PC-ABS Polymaker	PC (POLICARBONATO)	Media-Baja	Medio	Media-Alta	Soporte de zonas calientes	50,15€ 1000g
PC-FR (Ignífugo) Polymaker	PC (POLICARBONATO)	Media-Baja	Medio	Media-Alta	Cortafuegos de maquinaria	60,44€ 1000g
PC-PBT Polymaker	PC (POLICARBONATO)	Media-Baja	Medio	Media-Alta	Piezas de trabajo en temperaturas bajas	59,90€ 1000g
PC/PTFE	PC (POLICARBONATO)	Baja	Medio	Alta	Cojinetes funcionales	84,64€ 500g
XSTRAND GF30-PC	PC (POLICARBONATO)	Baja	Medio	Alta	Carcasas para componentes eléctricos y electrónicos	91,90€ 500g
PP (Polipropileno) Natural	PP (POLIPROPILENO)	Media	Medio	Media	Componentes aplicados al mundo de la automoción y aeronáutica	35,03€ 700g
XSTRAND GF30-PP	PP (POLIPROPILENO)	Media	Medio	Media	Herramientas o piezas finales	89,48€ 500g
PP (Polipropileno) PPprint 721	PP (POLIPROPILENO)	Media-Baja	Medio	Media	Piezas finales con resistencia a la rotura, resistencia química, no higroscópicas y translúcidas	44,10€ 600g

Nombre	Tipo	Compatibilidad	Acabado Superficial	Dificultad Impresión	Ejemplo Fabricación	PVP*
PP 2320 (Polipropileno)	PP (POLIPROPILENO)	Media	Medio	Media	Equipamientos para seguridad eléctrica y electrónica	42,35€ 600g
MoldLay	CASTABLE	Alta-Media	Medio	Baja-Media	Moldes tipo cera perdida	24,74€ 250g
PolyCast	CASTABLE	Media	Medio	Media		72,54€ 750g
PEI (ULTEM 1010)	Avanzados	Baja	Medio	Alta	Se pueden realizar moldes de manera más rápida, sencilla y barata que los actuales moldes de acero, este material en circuitos electrónicos es ideal para asegurar el funcionamiento, ya que el PEI es un material con una gran capacidad de disipación del calor y de la frecuencia	349,69€ 500g
PEI con Fibra de Carbono (Ultem CF)	Avanzados	Baja	Medio	Alta		470,69€ 500g
PEKK	Avanzados	Baja	Medio	Alta		346,69€ 500g
PEKK con Fibra de Carbono	Avanzados	Baja	Medio	Alta		543,29€ 500g
Basic Resin - HARZ Labs	Resina Estándar	Alta	Alto	Baja	Figuras de exposición para ser pintadas	81,07€ 1000ml
zABS (UniZ)	Resina Estándar	Alta	Alto	Baja	Rápida fabricación de piezas manteniendo las propiedades mecánicas y superficiales	116,16€ 500ml
Resina de fotopolímero ELEGOO	Resina Estándar	Alta	Alto	Baja	Figuras para juegos de mesa	44,99€ 1000ml

Nombre	Tipo	Compatibilidad	Acabado Superficial	Dificultad Impresión	Ejemplo Fabricación	PVP*
Model Resin - HARZ Labs	Resina Avanzada	Alta	Alto	Baja	Moldes semipermanentes para fundir caucho	127,05€ 1000ml
zWAX (UniZ)	Resina Avanzada	Alta	Alto	Baja	Pequeños elementos de joyería	116,16€ 500ml
zENG (UniZ)	Resina Avanzada	Alta	Alto	Baja	Herramientas, utillajes, conductos, carcasas y protecciones	152,46€ 500ml
Resina Castable XYZ (SLA/DLP)	Resina Avanzada	Alta	Alto	Baja	Para aplicaciones de moda y joyería especialmente	259,00€ 2000ml

*Precio venta al público a mayo del 2020

3.4. Guía técnica rápida

Tabla 5: datos técnicos de materiales															
Material	Propiedades de impresión					Propiedades mecánicas								Propiedades térmicas	
	Temperatura de impresión	Temperatura de base/cama	Temperatura de cámara	Ventilador de capa	Velocidad de impresión recomendada	Resistencia al impacto Izod	Resistencia al impacto Charpy	Alargamiento a la rotura	Resistencia a la tracción	Módulo de tracción	Resistencia a la flexión	Módulo de flexión	Dureza superficial	Temperatura reblandecimiento	Temperatura de fusión
PLA básico	190-220°C	20-60°C	No necesaria	Recomendado	-	118 J/m	-	3.31 %	50 MPa	2315 MPa	-	-	-	80-90°C	175°C
PLA Smartfil	190-220°C	20-60°C	No necesaria	Recomendado	-	20 KJ/m2	-	6%	53 MPa	3309 MPa	83 MPa	3800 MPa	Rockwell I 85	55-60°C	175°C
PLA Premium	190-210°C	40-50°C	No necesaria	Recomendado	30-40 mm/s	16 J/m	-	6%	53 MPa	3600 MPa	83 MPa	3800 MPa	-	55-60°C	145-160°C
HTPLA	185-215°C	30-60°C	No necesaria	Recomendado	20-80 mm/s	-	-	-	-	-	-	-	-	55°C	150°C
PLA Conductivo	185-215°C	30-60°C	No necesaria	Recomendado	20-80 mm/s	-	-	-	-	-	-	-	-	55°C	150°C
PLA Fibra de Carbono	185-215°C	30-60°C	No necesaria	Recomendado	20-80 mm/s	-	-	-	-	-	-	-	-	55°C	150°C
PLA Acero Inoxidable	185-215°C	30-60°C	No necesaria	Recomendado	20-80 mm/s	-	-	-	-	-	-	-	-	55°C	150°C
PLA Magnético	185-215°C	30-60°C	No necesaria	Recomendado	20-80 mm/s	-	-	-	-	-	-	-	-	55°C	150°C
PLA Ferro-Magnético	215-225°C	60°C	No necesaria	Recomendado	40 mm/s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PLA SOFT-Flexible	215-230°C	90-100°C	No necesaria	Recomendado	10-30 mm/s	-	-	300%	17 MPa	390 MPa	-	-	Shore 92A	90°C	160°C

datos técnicos de materiales

datos técnicos de materiales															
	Propiedades de impresión					Propiedades mecánicas								Propiedades térmicas	
Material	Temperatura de impresión	Temperatura de base/cama	Temperatura de cámara	Ventilador de capa	Velocidad de impresión recomendada	Resistencia al impacto Izod	Resistencia al impacto Charpy	Alargamiento a la rotura	Resistencia a la tracción	Módulo de tracción	Resistencia a la flexión	Módulo de flexión	Dureza superficial	Temperatura reblandecimiento	Temperatura de fusión
PLA 3D850 Natural	190-230°C	20-60°C	No necesaria	Recomendado	-	20 KJ/m2	-	-	65.5 MPa	-	126 MPa	4357 MPa	70 MPa	85°C	-
PolyMax PLA	190-230°C	25-60°C	No necesaria	Recomendado	60 mm/s	-	12.2 kJ/m2	1.4%	28.1 MPa	1879 MPa	48 MPa	2119 MPa	-	62°C	149°C
PLACTIVE AN1 Copper3D - Antibacteriano	190-210°C	0-60°C	No necesaria	Recomendado	40-50 mm/s	16 J/m	-	6%	53 MPa	3600 MPa	83 MPa	3800 MPa	-	55°C	145-160°C
HR-PLA 3D870	205-225°C	20-60°C	No necesaria	Recomendado	-	223 J/m	-	-	40 MPa	2865 MPa	73 MPa	2414 MPa	-	85°C	120°C
ABS básico	220-240°C	90-120°C	No necesaria	No recom.	-	442 J/m	-	40 %	42 MPa	-	68 MPa	2255 MPa	Rockwell I 110	105°C	200°C
ABS Smartfil	±240°C	60-100°C	No necesaria	No recom.	-	26 KJ/m2	22 KJ/m2	-	44.8 MPa	2300 MPa	65 MPa	-	Rockwell I 97	105°C	200°C
ABS Premium	220-240°C	80-105°C	No necesaria	No recom.	30-40 mm/s	24 KJ/m2	25 KJ/m2	20%	32 MPa	-	60 MPa	1900 MPa	Rockwell I 94	103°C	200°C
PC-ABS	260-280°C	120°C	No necesaria	Recomendado	20-80 mm/s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ABS FIREPROOF (Ignífugo)	±240°C	80-105°C	No necesaria	No recom.	-	24 KJ/m2	-	-	38 MPa	-	56 MPa	-	Rockwell I 101	93°C	200°C
ABS Medical Smartfil	±240°C	80-100°C	No necesaria	No recom. (máx. 20%)	-	15 KJ/m2	124 KJ/m2	-	36.5 MPa	2550 MPa	75 MPa	2600 MPa	Rockwell I 106	98°C	200°C

datos técnicos de materiales

datos técnicos de materiales															
	Propiedades de impresión					Propiedades mecánicas								Propiedades térmicas	
Material	Temperatura de impresión	Temperatura de base/cama	Temperatura de cámara	Ventilador de capa	Velocidad de impresión recomendada	Resistencia al impacto Izod	Resistencia al impacto Charpy	Alargamiento a la rotura	Resistencia a la tracción	Módulo de tracción	Resistencia a la flexión	Módulo de flexión	Dureza superficial	Temperatura reblandecimiento	Temperatura de fusión
ABS ESD	250-270°C	90-110°C	No necesaria	No recom.	30-70 mm/s	-	-	10%	-	-	-	1900 MPa	Shore 77D	100°C	-
ABS CF	250-270°C	90-110°C	No necesaria	No recom.	30-70 mm/s	-	-	10%	-	2700 MPa	-	2700 MPa	-	101°C	-
ABS CAF	250-270°C	90-110°C	No necesaria	No recom.	30-70 mm/s	-	-	7.5%	-	2300 MPa	-	2200 MPa	-	101°C	-
ABS MDT (Detectable magnéticamente)	±270°C	80-100°C	No necesaria	No recom.	-	8.5 kJ/m2	-	8.5%	20 MPa	1800 MPa	-	-	-	87°C	200°C
PC-ABS Polymaker	250 - 270°C	90 – 105°C	90 – 100°C	No recom.	30 - 50 mm/s	-	25.8 kJ/m2	4.2 %	39.9 MPa	1832 MPa	66.3 MPa	2081 MPa	-	135°C	-
PC-FR (Ignifugo) Polymaker	250 - 270°C	90 – 105°C	90 – 100°C	No recom.	30 - 50 mm/s	-	11.7 kJ/m2	3.9 %	67 MPa	2634 MPa	96.6 MPa	2743 MPa	-	116°C	-
BendLay	235°C	20-40°C	No necesaria	No recom.	-	-	-	-	27 MPa	1550 MPa	-	-	-	80°C	-
ASA	240-255°C	90-105°C	No necesaria	No recom.	-	441 J/m	-	35%	40 MPa	1726 MPa	62 MPa	1814 MPa	Rockwell I 92	64°C	-
Filamento Conductivo de Grafeno	220°C	50°C	No necesaria	Recomendado	40 mm/s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Filamento G6-Impact™	210-230°C	20-80°C	No necesaria	Recomendado	40 mm/s	85.9 J/m	-	-	34 MPa	-	-	-	Shore 65D	-	-

datos técnicos de materiales

datos técnicos de materiales															
	Propiedades de impresión					Propiedades mecánicas								Propiedades térmicas	
Material	Temperatura de impresión	Temperatura de base/cama	Temperatura de cámara	Ventilador de capa	Velocidad de impresión recomendada	Resistencia al impacto Izod	Resistencia al impacto Charpy	Alargamiento a la rotura	Resistencia a la tracción	Módulo de tracción	Resistencia a la flexión	Módulo de flexión	Dureza superficial	Temperatura reblandecimiento	Temperatura de fusión
Filamento Conductivo Flexible TPU	210°C	20-50°C	No necesaria	Recomendado	40 mm/s	-	-	-	-	-	-	-	Shore 90D	-	-
FilaFlex UltraSoft 70A	215-235°C	40°C	No necesaria	Recomendado	20-40 mm/s	-	-	900%	32 MPa	-	-	-	Shore 70A	90°C	195°C
FilaFlex 82A	215-250°C	No necesaria	No necesaria	Recomendado	20-60 mm/s	-	-	600%	45 MPa	-	-	-	Shore 82A	105°C	220°C
Flexfill TPE 90A	215-250°C	No necesaria	No necesaria	Recomendado	20-60 mm/s	-	-	> 250 %	> 5 MPa	-	-	-	Shore 90A	-	-
Flexfill TPE 96A	225 - 245°C	50 - 60°C	No necesaria	Recomendado	15 - 25 mm/s	-	-	> 150 %	> 5 MPa	-	-	-	Shore 90A	-	-
Flexfill 98A TPU Natural	220-240°C	50-60°C	No necesaria	Recomendado	20-30 mm/s	-	-	318%	53.7 MPa	444 MPa	-	-	Shore 98A	90°C	215°C
MDFlex Copper3D - Antibacteriano	225 - 245°C	0 - 60°C	No necesaria	Recomendado	75 mm/s	-	-	450 %	50 MPa	150 MPa	-	-	Shore 98A	138°C	225°C
Filamento Conductivo Flexible TPU	210°C	20-50°C	No necesaria	Recomendado	40 mm/s	-	-	-	-	-	-	-	Shore 90A	-	-
Smartfil TPU 93A	215 - 235°C	0 - 60°C	No necesaria	Recomendado	20-30 mm/s	-	-	-	40 MPa	-	-	-	Shore 93A	-	-
XSTRAND GF30-PA6	220-280°C	80-110°C	No necesaria	No recom.	30-100 mm/s	-	-	2.1%	102 MPa	7400 MPa	170 MPa	6100 MPa	-	124°C	206°C

datos técnicos de materiales

datos técnicos de materiales															
	Propiedades de impresión					Propiedades mecánicas								Propiedades térmicas	
Material	Temperatura de impresión	Temperatura de base/cama	Temperatura de cámara	Ventilador de capa	Velocidad de impresión recomendada	Resistencia al impacto Izod	Resistencia al impacto Charpy	Alargamiento a la rotura	Resistencia a la tracción	Módulo de tracción	Resistencia a la flexión	Módulo de flexión	Dureza superficial	Temperatura reblandecimiento	Temperatura de fusión
PolyMide PA-GF	280 - 300°C	25 - 50°C	50°C	No recom.	60 mm/s	-	16.5 kJ/m2	19.4 %	84.5 MPa	4431 MPa	136.4 MPa	2232 MPa	-	191°C	215°C
Nylon PolyMide™ CoPA (PA6.6)	250-270°C	25-70°C	No necesaria	No recom.	30-50 mm/s	-	9.6 KJ/m2	9.9%	66.2 MPa	2223 MPa	97 MPa	1667 MPa	-	180°C	260°C
PolyMide PA-CF	280 - 300°C	25 - 50°C	50°C	No recom.	60 mm/s	-	13.34 kJ/m2	3 %	105 MPa	7453 MPa	169 MPa	8339 MPa	-	215°C	220°C
Nylon Taulman 230	228-235°C	No necesaria	No necesaria	No recom.	-	-	-	417%	34 MPa	73 MPa	-	-	-	68°C	195°C
Taulman Alloy 910	250-255°C	30-65°C	No necesaria	No recom.	-	-	-	32%	55 MPa	502 MPa	-	-	-	82°C	210°C
Taulman PCTPE	235-242°C	50°C	No necesaria	No recom.	-	-	-	497%	34 MPa	73 MPa	-	-	-	74°C	203°C
Nylon FX256 (PA12)	235-260°C	80-105°C	No necesaria	No recom.	20-30 mm/s	-	7 KJ/m2	>50%	45 MPa	1400 MPa	-	-	-	140°C	-
Nylon AF80 Aramid	235 - 255°C	90 - 110°C	No necesaria	No recom.	30-50 mm/s	-	53,2 kJ/m2	5,8 %	50,4 MPa	510 MPa	-	-	-	-	-
NylonStrong	±250°C	90-110°C	No necesaria	No recom.	-	11.52 KJ/m2	-	-	160 MPa	-	-	-	Shore 70D	212°C	-
Taulman 680 FDA	250-252°C	30-65°C	No necesaria	No recom.	-	-	-	34%	47 MPa	-	-	-	-	93°C	210°C

datos técnicos de materiales

datos técnicos de materiales															
	Propiedades de impresión					Propiedades mecánicas								Propiedades térmicas	
Material	Temperatura de impresión	Temperatura de base/cama	Temperatura de cámara	Ventilador de capa	Velocidad de impresión recomendada	Resistencia al impacto Izod	Resistencia al impacto Charpy	Alargamiento a la rotura	Resistencia a la tracción	Módulo de tracción	Resistencia a la flexión	Módulo de flexión	Dureza superficial	Temperatura reblandecimiento	Temperatura de fusión
Nylon 180 (PA12)	260°C	110°C	No necesaria	No recom.	-	-	-	-	42 MPa	1400 MPa	-	-	-	180°C	-
Taulman nylon Bridge	250-255°C	30-65°C	No necesaria	No recom.	-	-	-	248%	33 MPa	183 MPa	-	-	-	52°C	217°C
Taulman Nylon 645 Natural	230-265°C	30-65°C	No necesaria	No recom.	-	-	-	186%	35 MPa	212 MPa	-	-	-	52°C	217°C
CPE HG100 (PETG avanzado)	±260°C (255 - 275°C)	70-85°C	No necesaria	Recomendado	50 mm/s	-	-	150%	47 MPa	-	71 MPa	1860 MPa	Rockwell I 115	80°C	-
CPE CF112 Carbon	255-275°C	70-85°C	No necesaria	No recom.	20-40 mm/s	-	105,9 kJ/m2	8 %	-	-	52.4 MPa	2200 MPa	Shore 77D	80°C	-
PETG Smartfil	±235°C (215-245°C)	60-90°C	No necesaria	Recomendado	40 mm/s	105 J/m	-	-	50 MPa	-	69 MPa	2100 MPa	Rockwell I 108	85°C	-
Taulman T-lyne	220°C (185-242°C)	20-60°C	No necesaria	Recomendado	20 mm/s	-	-	320%	31 MPa	490 MPa	-	-	Shore 65D	53°C	84°C
Taulman Guideline (PETG)	250°C (244-252°C)	45-68°C	No necesaria	Recomendado	40 mm/s	-	-	5.9%	47 MPa	1938 MPa	-	-	-	77°C	220°C
PETG CF	200-240°C	80-100°C	No necesaria	Recomendado	30-70 mm/s	-	20 kJ/m2	2%	42 MPa	4700 MPa	-	3800 MPa	-	85°C	-
PETG AF	200-240°C	80-100°C	No necesaria	Recomendado	30-70 mm/s	-	20 kJ/m2	2%	42 MPa	3700 MPa	-	3800 MPa	-	85°C	-

datos técnicos de materiales

datos técnicos de materiales															
	Propiedades de impresión					Propiedades mecánicas								Propiedades térmicas	
Material	Temperatura de impresión	Temperatura de base/cama	Temperatura de cámara	Ventilador de capa	Velocidad de impresión recomendada	Resistencia al impacto Izod	Resistencia al impacto Charpy	Alargamiento a la rotura	Resistencia a la tracción	Módulo de tracción	Resistencia a la flexión	Módulo de flexión	Dureza superficial	Temperatura reblandecimiento	Temperatura de fusión
PETG MDT (Detectable magnéticamente)	220-240°C	70-90°C	No necesaria	Recomendado	40-60 mm/s	-	2.9 kJ/m2	3.6%	35 MPa	2450 MPa	-	-	-	64°C	-
Smartfil GLACE	205 - 235°C	0 - 70°C	No necesaria	Recomendado	20-30 mm/s	45 J/m	-	-	54 MPa	-	76 MPa	-	-	68°C	-
HiPS Premium (Poliestireno)	230-235°C	90-110°C	No necesaria	No recom.	-	-	13 KJ/m2	20-65 %	-	2250 MPa	-	2250 MPa	Shore 65D	95°C	-
HiPS Extrafill Natural (Poliestireno)	230 - 250°C	90 - 105°C	No necesaria	No recom.	-	180 J/m	17 kJ/m2	40%	26 MPa	2000 MPa	40 MPa	2100 MPa	-	89°C	-
Filamento G6-Impact™	210-230°C	20-80°C	No necesaria	Recomendado	40 mm/s	85.9 J/m	-	-	34 MPa	-	-	-	Shore 65D	-	-
PC (Policarbonato)	250-285°C	100-110°C	No necesaria	No recom.	-	-	-	6 %	66 MPa	2400 MPa	-	-	-	145°C	-
PolyMax PC	250 - 270°C	90 - 105°C	No necesaria	No recom.	30 - 50 mm/s	-	25.1 kJ/m2	12.2 %	59.7 MPa	2048 MPa	94.1 MPa	2044 MPa	-	113°C	-
PC-ABS Proto-Pasta	260-280°C	120°C	No necesaria	Recomendado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC-ABS Polymaker	250 - 270°C	90 - 105°C	90 - 100°C	No recom.	30 - 50 mm/s	-	25.8 kJ/m2	4.2 %	39.9 MPa	1832 MPa	66.3 MPa	2081 MPa	-	135°C	-
PC-FR (Ignifugo) Polymaker	250 - 270°C	90 - 105°C	90 - 100°C	No recom.	30 - 50 mm/s	-	11.7 kJ/m2	3.9 %	67 MPa	2634 MPa	96.6 MPa	2743 MPa	-	116 C	-

datos técnicos de materiales

datos técnicos de materiales															
	Propiedades de impresión					Propiedades mecánicas								Propiedades térmicas	
Material	Temperatura de impresión	Temperatura de base/cama	Temperatura de cámara	Ventilador de capa	Velocidad de impresión recomendada	Resistencia al impacto Izod	Resistencia al impacto Charpy	Alargamiento a la rotura	Resistencia a la tracción	Módulo de tracción	Resistencia a la flexión	Módulo de flexión	Dureza superficial	Temperatura reblandecimiento	Temperatura de fusión
PC-PBT Polymaker	260 - 270°C	100 - 115°C	100 - 110°C	No recom.	40 - 60 mm/s	-	21.4 kJ/m2	4.6 %	41.8 MPa	1986 MPa	64.4 MPa	1933 MPa	-	139°C	-
PC/PTFE	285-295°C	100-110°C	No necesaria	No recom.	40-70 mm/s	-	50 kJ/m2	8%	55 MPa	2200 MPa	-	-	-	140°C	-
XSTRAND GF30-PC	320-330°C	80-110°C	90°C (ideal)	No recom.	20-25 mm/s	-	-	2.5%	65 MPa	5400 MPa	113 MPa	5500 MPa	-	137°C	270°C
PP (Polipropileno) Natural	±220°C	60-100°C	No necesaria	Recomendado	-	85,4 KJ/m2	-	-	20.98 MPa	444 MPa	63.54 MPa	-	Rockwell I 80	62°C	215°C
XSTRAND GF30-PP	220-280°C	80-110°C	No necesaria	No recom.	30-100 mm/s	-	-	1.6%	60 MPa	6500 MPa	78 MPa	4300 MPa	-	120°C	167°C
PP (Polipropileno)	200-220°C	50-80°C	65-80°C	Recomendado	-	-	-	>600%	19.6 MPa	-	35.1 MPa	660 MPa	-	-	137°C
PP 2320 (Polipropileno)	225 - 245°C	90 - 105°C	No necesaria	No recom.	20 - 40 mm/s	No rompe (sin muesca)	-	20 %	23 MPa	1400 MPa	-	-	-	110°C	230°C
MoldLay	175-180°C	<40°C	No necesaria	Recomendado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	170°C
PolyCast	190-230°C	30-70°C	No necesaria	Recomendado	40-60 mm/s	-	9.6 kJ/m2	5.8%	35.7 MPa	1745 MPa	60.2 MPa	1198 MPa	-	67°C	-
PEI (ULTEM 1010)	370-400°C	150°C	80°C	No recom.	40-100 mm/s	5 KJ/m2	-	60%	105 MPa	3200 MPa	160 MPa	3300 MPa	H358/30: 140 MPa	215°C	340°C

datos técnicos de materiales

datos técnicos de materiales															
	Propiedades de impresión					Propiedades mecánicas								Propiedades térmicas	
Material	Temperatura de impresión	Temperatura de base/cama	Temperatura de cámara	Ventilador de capa	Velocidad de impresión recomendada	Resistencia al impacto Izod	Resistencia al impacto Charpy	Alargamiento a la rotura	Resistencia a la tracción	Módulo de tracción	Resistencia a la flexión	Módulo de flexión	Dureza superficial	Temperatura reblandecimiento	Temperatura de fusión
PEI con Fibra de Carbono (Ultem CF)	390°C	>120°C	80°C	No recom.	30-50 mm/s	-	-	3.5%	-	4685 MPa	-	4950 MPa	-	215°C	370°C
PEKK	370-400°C	150°C	80°C	No recom.	40-100 mm/s	-	-	5.4%	-	2900 MPa	128 MPa	3000 MPa	-	139°C	305°C
PEKK con Fibra de Carbono	395°C	165°C	80°C	No recom.	20-40 mm/s	5.5 KJ/m2	-	80%	-	3850 MPa	-	4747 MPa	-	139°C	-

datos técnicos de materiales

datos técnicos de materiales																			
	Propiedades de impresión					Propiedades de curado y lavado			Propiedades mecánicas								Propiedades térmicas		
Material	Altura de capa	Tiempo de exposición de capa	Tiempo de enfriamiento de capa	Altura de elevación	Exposición capas inferiores	Tiempo de lavado	Tiempo de curado	Temperatura de curado	Resistencia al impacto Izod	Resistencia al impacto Charpy	Alargamiento a la rotura	Resistencia a la tracción	Módulo de tracción	Resistencia a la flexión	Módulo de flexión	Dureza superficial	Temperatura reblandecimiento		
Basic Resin - HARZ Labs	100-50-25µm	Ver ANEXO				5 - 15 min	Recomen: 15 - 30 min Curado fin: 60 min	40 - 60°C	-	-	6 - 7 %	20 MPa	-	-	-	Shore 80 - 85 D	-		
zABS (UniZ)	10-25-50-75-100-150-200-300 micras					10 minutos	10 minutos	25°C	30.28 J/m / 17.47 J/m	-	-	45.5% / 26.17%	24.85 MPa / 55.51 MPa	899.64 MPa / 1812.5 MPa	25.91 MPa / 53.08 MPa	899.64 MPa / 1812.55 MPa	-	-	
Resina de fotopolímero ELEGOO	10-25-50-75-100-150-200-300 micras					10 minutos	10 minutos	25°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Model Resin - HARZ Labs	100-50-25µm					5 - 15 min	Recomen: 15 - 30 min Curado fin: 60 min	40 - 60°C	-	-	-	4 - 6 %	45 MPa	-	-	-	-	Shore 87 - 92 D	100°C
zWAX (UniZ)	10-25-50-75-100-150-200-300 micras (Amber) 25-50-100 micras (Purple)					10 minutos	10 minutos	25°C	Amber: 12.37 J/m / 11.07 J/m Purple: 13.83 J/m / 11.62 J/m	-	-	Amber: 11.3% / 15.0% Purple: 29.73% / 29.28%	Amber: 2.81 MPa / 8.48 MPa Purple: 7.10 MPa / 9.56 MPa	Amber: 27.91 MPa / 71.91 MPa Purple: 26.75 MPa / 38.28 MPa	Amber: 2.79 MPa / 5.39 MPa Purple: 4.77 MPa / 7.11 MPa	Amber: 54.62 MPa / 121.24 MPa Purple: 102.5 MPa / 186.12 MPa	-	-	
zENG (UniZ)	25-50-75-100-150-200-300 micras					10 minutos	10 minutos	25°C	38.54 J/m / 18.38 J/m	-	-	39.5% / 11.1%	15.3 MPa / 35.4 MPa	107.44 MPa / 389.69 MPa	15.23 MPa / 56.18 MPa	570.44 MPa / 1937.61 MPa	-	-	
Resina Castable XYZ (SLA/DLP)	-					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4 SOFTWARES

El software para impresión 3D se usa para procesar las piezas para que la maquina pueda trabajar en ello, estos pueden realizar el fileteado de las piezas (programa de corte), programar los movimientos de las maquinas (host de impresora 3D) o realizar pequeñas modificaciones (Editor de archivos STL y reparación de STL).

EL formato más usado es el STL (STereoLithography) aunque hay empresas que usan formatos propios.

4.1 Softwares más usados

Tabla 6: softwares más usados			
Software	Función	Nivel	Sistema operativo
Cura	Programa de corte, host de impresora 3D	Principiante	Windows, Mac, Linux
PrusaSlicer	Programa de corte	Principiante	Windows, Mac, Linux
MatterControl 2.0	Programa de corte, host de impresora 3D	Principiante	Windows, Mac, Linux
3DPrinterOS	Edición de archivos STL, reparación de archivos STL, programa de corte, host de impresora 3D	Principiante	Windows, Mac, Ubuntu, Raspberry Pi
KISSlicer	Programa de corte	Intermedio	Windows, Mac, Linux
Slic3r	Programa de corte	Intermedio	Windows, Mac, Linux
SliceCrafter	Programa de corte	Intermedio	Navegador
IceSL	Programa de corte	Intermedio	Windows, Linux
OctoPrint	Programa de corte, host de impresora 3D	Intermedio	Windows, Mac, Linux, Raspbian
Repetier-Host	Programa de corte, host de impresora 3D	Intermedio	Windows, Mac, Linux
AstroPrint	Programa de corte, host de impresora 3D	Principiante	Navegador
3D-Tool Free Viewer	Análisis de archivos STL	Intermedio	Windows
MakePrintable	Editor de archivos STL, reparación de archivos STL	Intermedio	Navegador
Meshmixer	Editor de archivos STL, reparación de archivos STL	Intermedio	Windows, Mac
MeshLab	Editor de archivos STL, reparación de archivos STL	Profesional	Windows, Mac, Linux
Netfabb	Reparación y corte de archivos STL	Profesional	Windows

5 APLICACIONES PRÁCTICAS

En este apartado se pondrán ejemplos prácticos de diferentes situaciones y usos de lo expuesto en los anteriores apartados, se partirá desde la idea hasta la obtención de la pieza final pasando por la elección de tecnología y maquinas, la elección de materiales y el proceso de fabricación y postprocesado.

5.1 Fabricación desde cero

5.1.1 Introducción

Para este ejemplo se ha decidido coger un engranaje como pieza a fabricar (ver Anexo(planos)).

Esta pieza incluye unos rebajes para introducir unos rodamientos que le permitan girar con facilidad, los agujeros ayudan a ahorrar material.

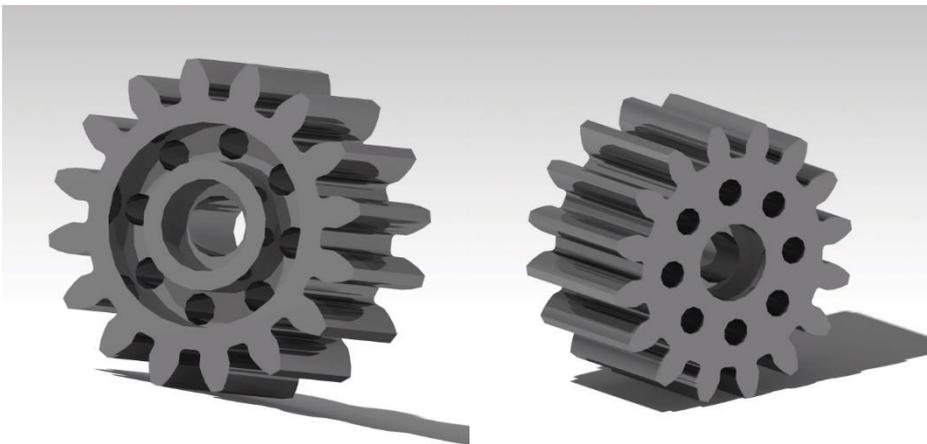


Imagen nº27; engranaje a fabricar.

5.1.2 Decisión a partir de usos

Esta pieza fue diseñada para ser parte de un juguete infantil de baja tirada de fabricación, por lo que por normativa tienen que estar fabricados de un plástico no tóxico (ver normativa(buscar)), con una durabilidad media y un bajo coste de fabricación.

A partir de estos parámetros podemos decidir un material, por la necesidad de ser un material no tóxico la mejor elección es el PLA ya que es un material orgánico y no tóxico, El *PLA Premium* ofrece lo que necesitamos y a un bajo coste por lo que es ideal (PVP 20,99€ 750g).



Imagen nº28; carrete PLA premium.

5.1.3 Preprocesado antes de fabricar

Para preparar la pieza para imprimirla necesitamos guardar la pieza en formato .STL lo que permitirá al programa de procesado leer la pieza.

El programa usado sería Ultimaker Cura 4.6.

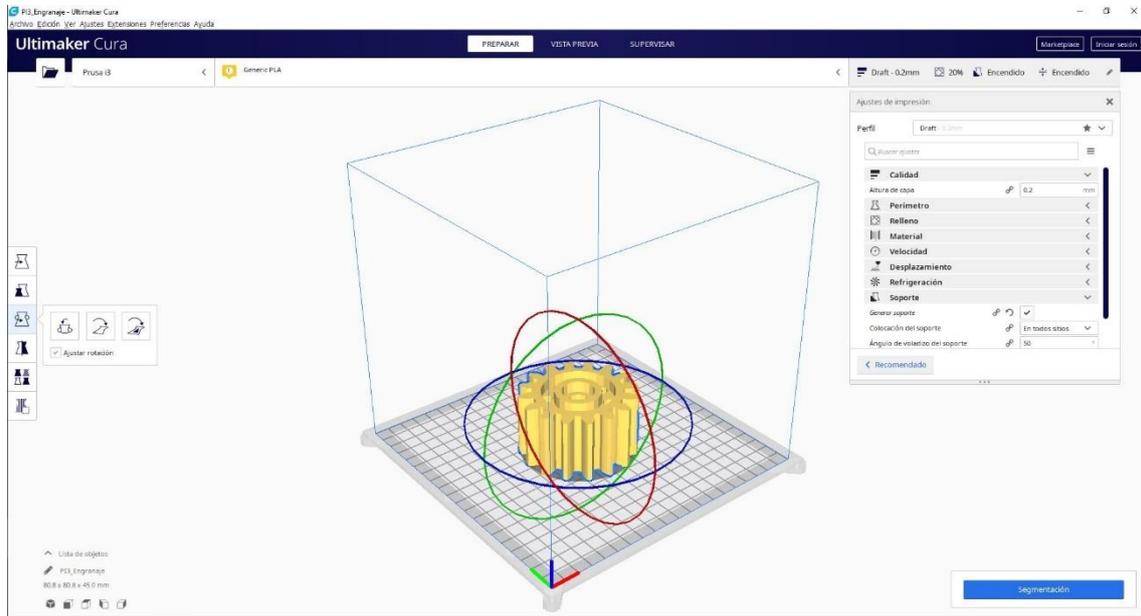


Imagen nº29; imagen del Cura.

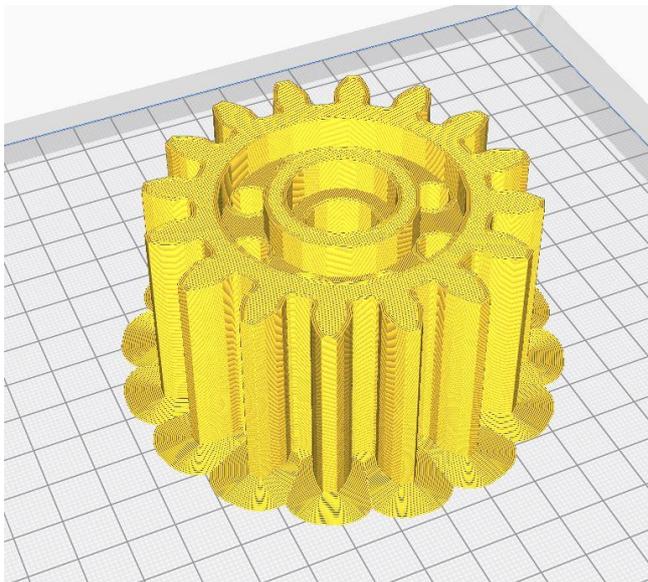


Imagen nº30; engranaje fileteado.

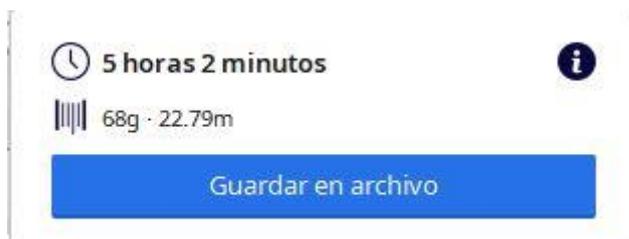


Imagen nº31; tiempos y uso de material.

El tiempo final por engranaje son 5 horas y 2 minutos y usaría 68 gramos lo que sería 1,903€ de material por pieza por pieza.

5.1.4 Fabricación

Para esta pieza se usará una prusa i3 personalizada, esta máquina permite usar casi cualquier material por lo que no tendría problema para imprimir este material.



Imagen nº32; maquina utilizada.

Para facilitar la impresión se puede aplicar laca a la cama caliente para mejorar la adherencia de esta.

Temperatura extrusor: 190-210°C

Temperatura cama caliente: 40-50°C

5.1.5 Postprocesado

Con la calidad que nos proporciona la maquina es suficiente, solo hay que tener cuidado al despegar la pieza de la superficie de trabajo.

Para ello se puede usar una espátula como ayuda.

Si se quisiera un acabado más parecido a un acabado de inyección se le puede aplicar un tratamiento superficial.



Imagen nº33; ejemplos de acabado superficial.

5.1.6 Resultado final

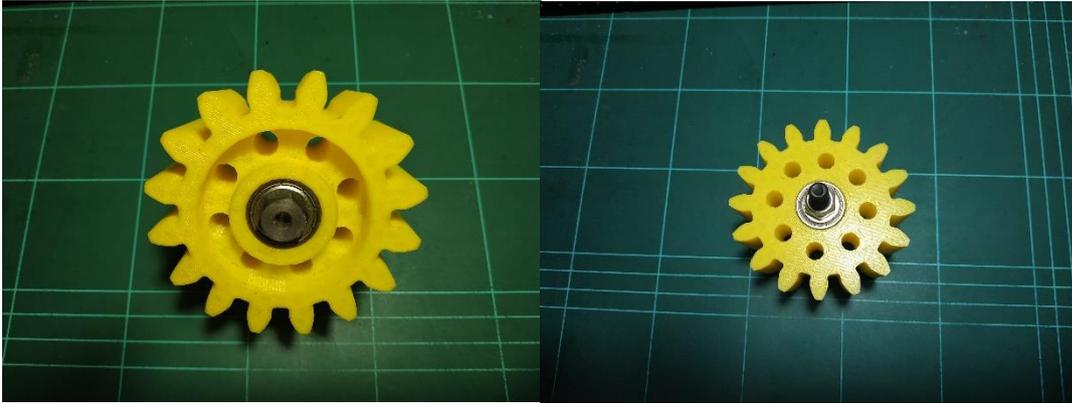


Imagen nº34; pieza ya impresa y acabada.

Como se ven en las fotos, los rodamientos encajaron a la perfección y los dientes tienen la forma correcta.



Imagen nº35; detalle de los dientes.

En la anterior imagen podemos ver un detalle de los dientes de los engranajes y también se aprecia que para ahorrar material los engranajes no son sólidos sino con un entramado de panal de abeja.

5.2 Fabricación de un rediseño

5.2.1 Introducción

Para este ejemplo vamos a comparar una maneta de puerta la cual en el caso original se fabrica en bronce macizo con un recubrimiento, el objetivo es comparar el diseño original y los rediseños en su material original y con fabricación 3D.

5.2.2 Pieza para rediseñar

Para este apartado usaremos la maneta antes mencionada, posteriormente se rediseñará primeramente en forma hueca y segundamente en forma hueca, pero con soportes interiores.



Imagen nº36; maneta sólida.



Imagen nº37; maneta vacía.



Imagen nº38; maneta vacía con soportes.

5.2.3 Pruebas de esfuerzo y comparativa entre diferentes fabricaciones

Para ver la diferencia entre las diferencias se usará la prueba normalizada bajo la norma UNE-EN 1906 (ver Anexo) la cual nos dice que la prueba se realiza con una fuerza de 20N aplicados a 50 mm del acople al mecanismo, obtenemos los siguientes resultados.

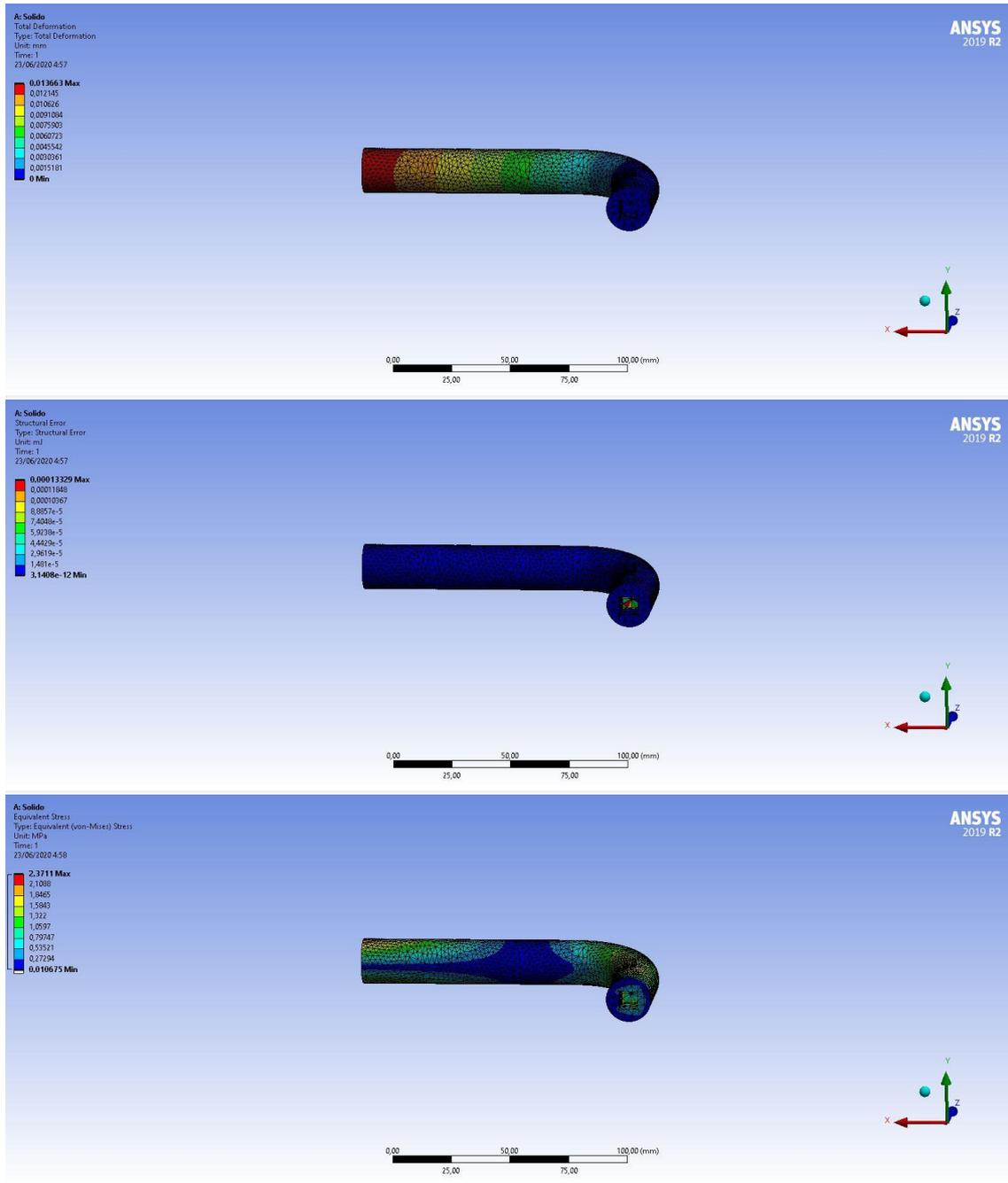


Imagen nº39; pruebas maneta solida en bronce.

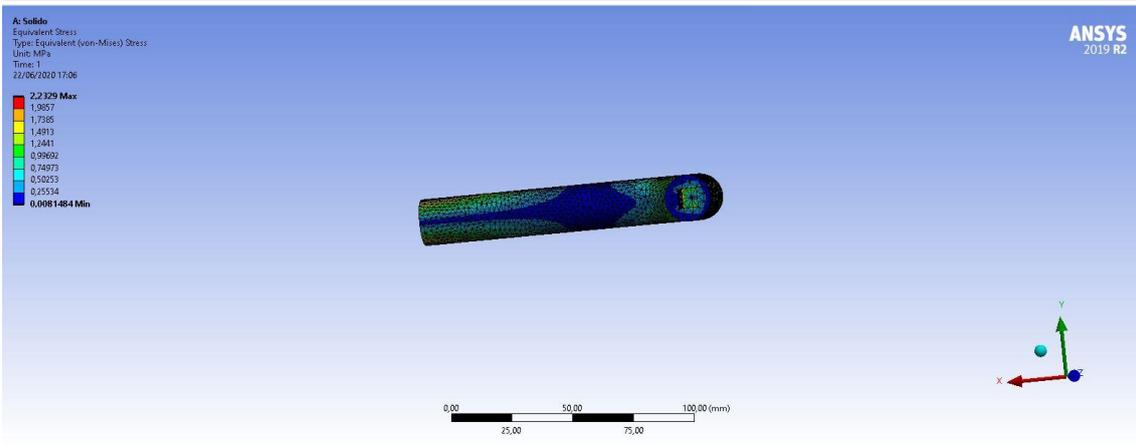
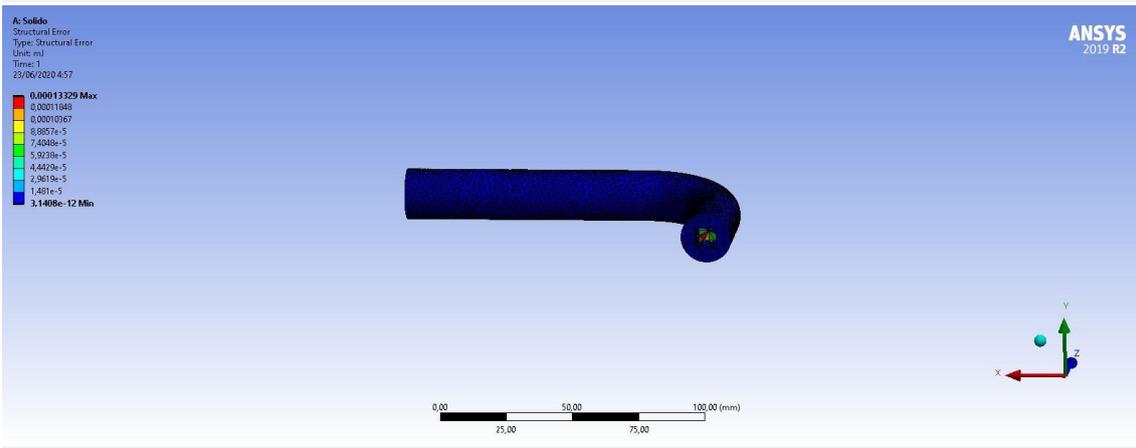
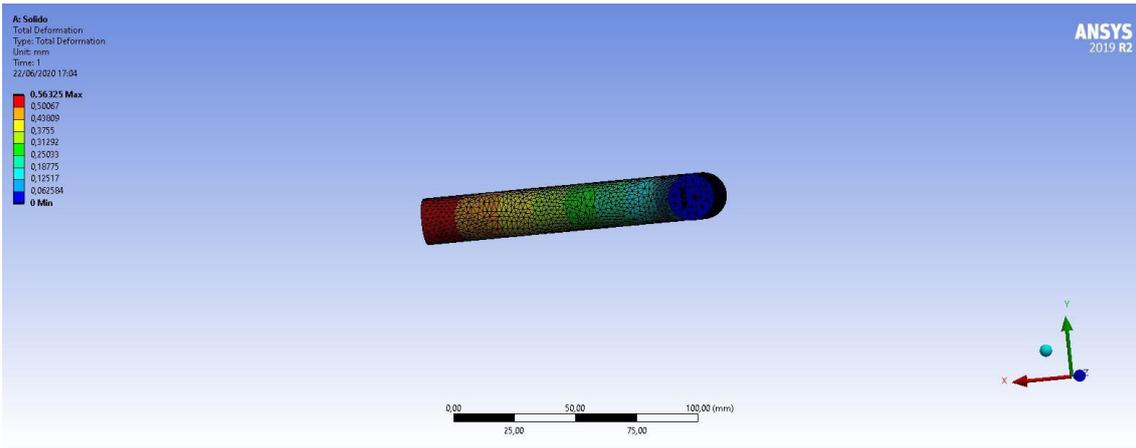


Imagen nº40; pruebas maneta solida en ABS.

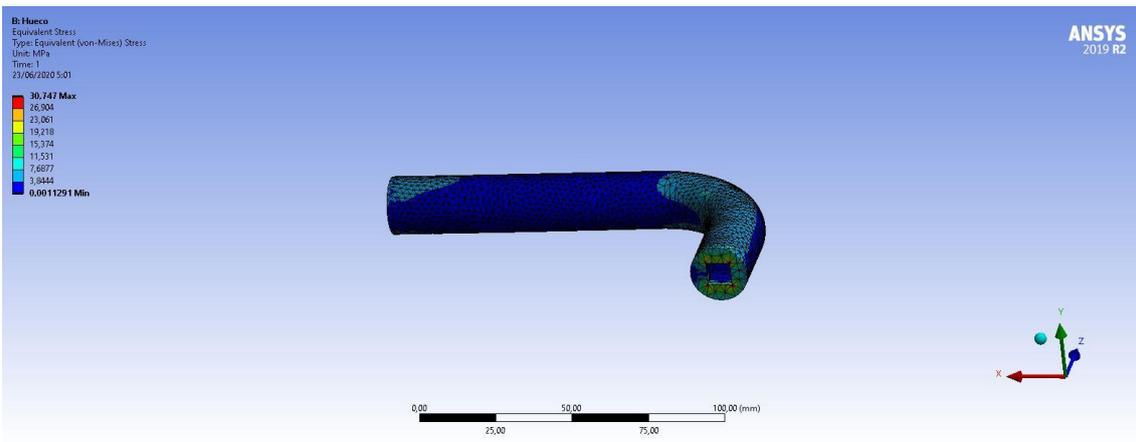
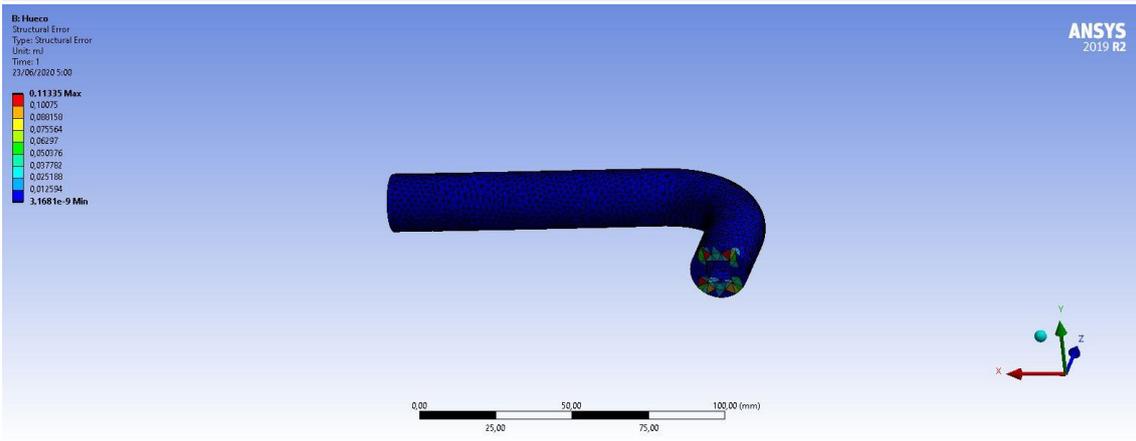
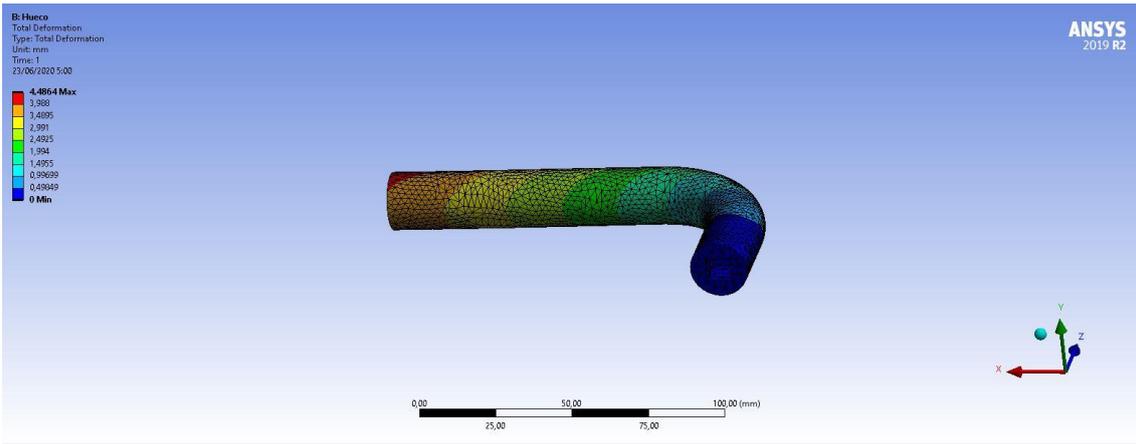


Imagen nº41; pruebas maneta hueca en ABS.

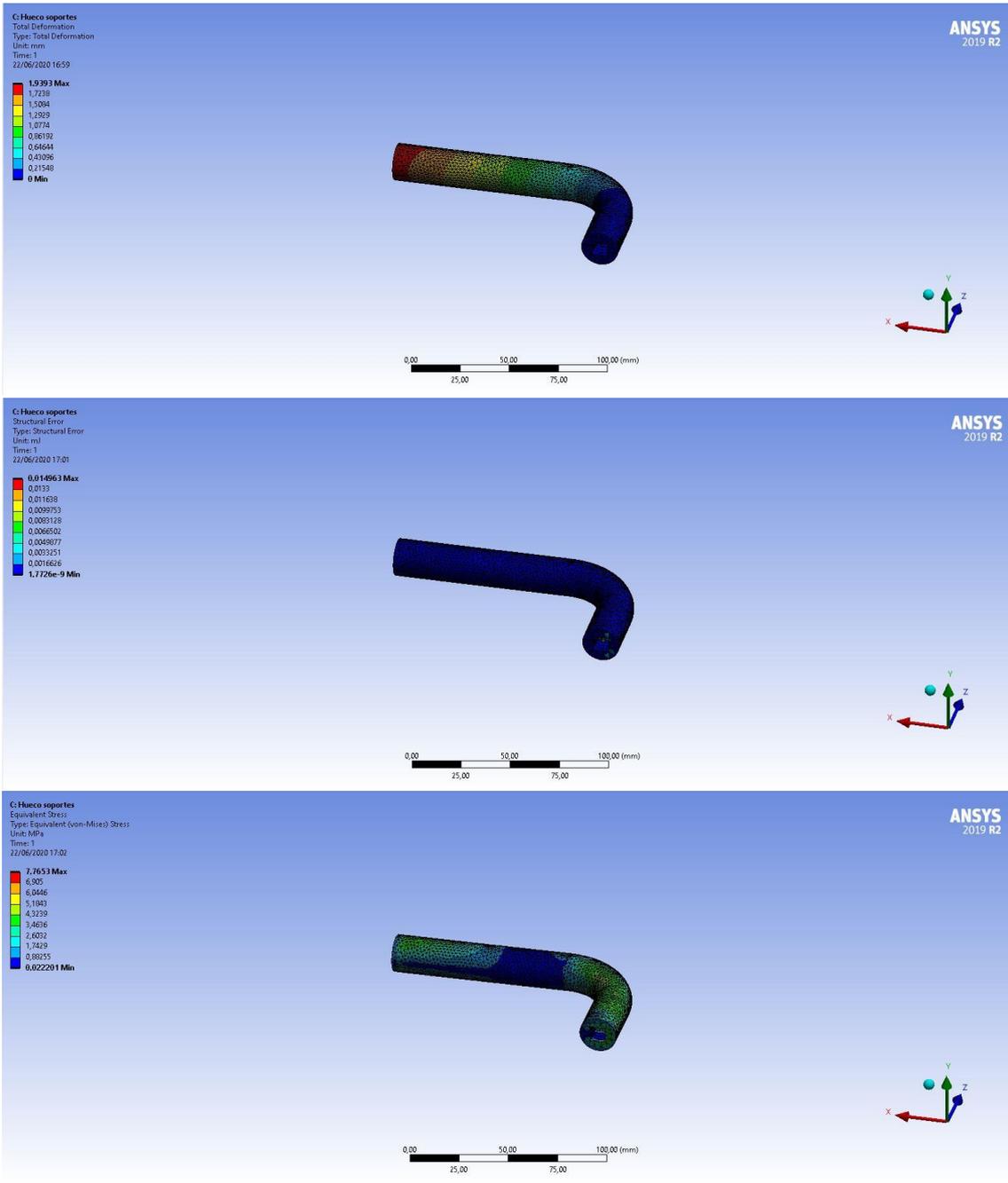


Imagen nº42; pruebas maneta hueca con soportes en ABS.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Test	Bronce solido	ABS solido	ABS hueco	ABS hueco con soportes
Error estructural	0,00013329 mJ	0,0050415 mJ	0,11335 mJ	0,014963 mJ
Deformación total	0,013663 mm	0,56325 mm	4,4864 mm	1,9393 mm
Tensión	2,3711 MPa	2,2329 MPa	30,747 MPa	7,7653 MPa

Analizando la tabla podemos deducir, que los que son sólidos tienen mejor resultados, pero tiene un mayor gasto de material, el hueco como es lógico las características decaen, pero el ahorro de material es mucho mayor, pero si observamos, si añadimos los soportes interiores las características vuelven a aumentar, pero se pierde la posibilidad de fabricación por inyección, pero si mediante fabricación aditiva 3D.

5.2.4 Conclusión

Tras lo expuesto antes podemos llegar a la conclusión de que si se desea empezar una producción desde cero es viable comenzarla con medios de impresión 3D.

Teniendo en cuenta el coste de la maquinaria necesaria para una máquina de inyección de plástico y una máquina de inyección soplado de plástico, comparado con el coste de una máquina de impresión 3D podemos sacar conclusiones.

- Máquina de inyección con el molde (coste aproximado):

Entre 17000 y 20000 € la máquina + entre 2700 y 3000 € el molde.

Esto deja unos costes iniciales de aproximadamente entre 19700 y 23000 €

- Máquinas de impresión 3D:

Entre 600 y 2000 € la máquina.

Costes iniciales entre 600 y 2000€

A la hora de comparar tiempos de fabricación, las máquinas de inyección tienen un tiempo de fabricación individual más rápida pero un coste de máquina mucho superior respecto a una máquina de impresión 3D permite comprar un mayor número de máquinas.

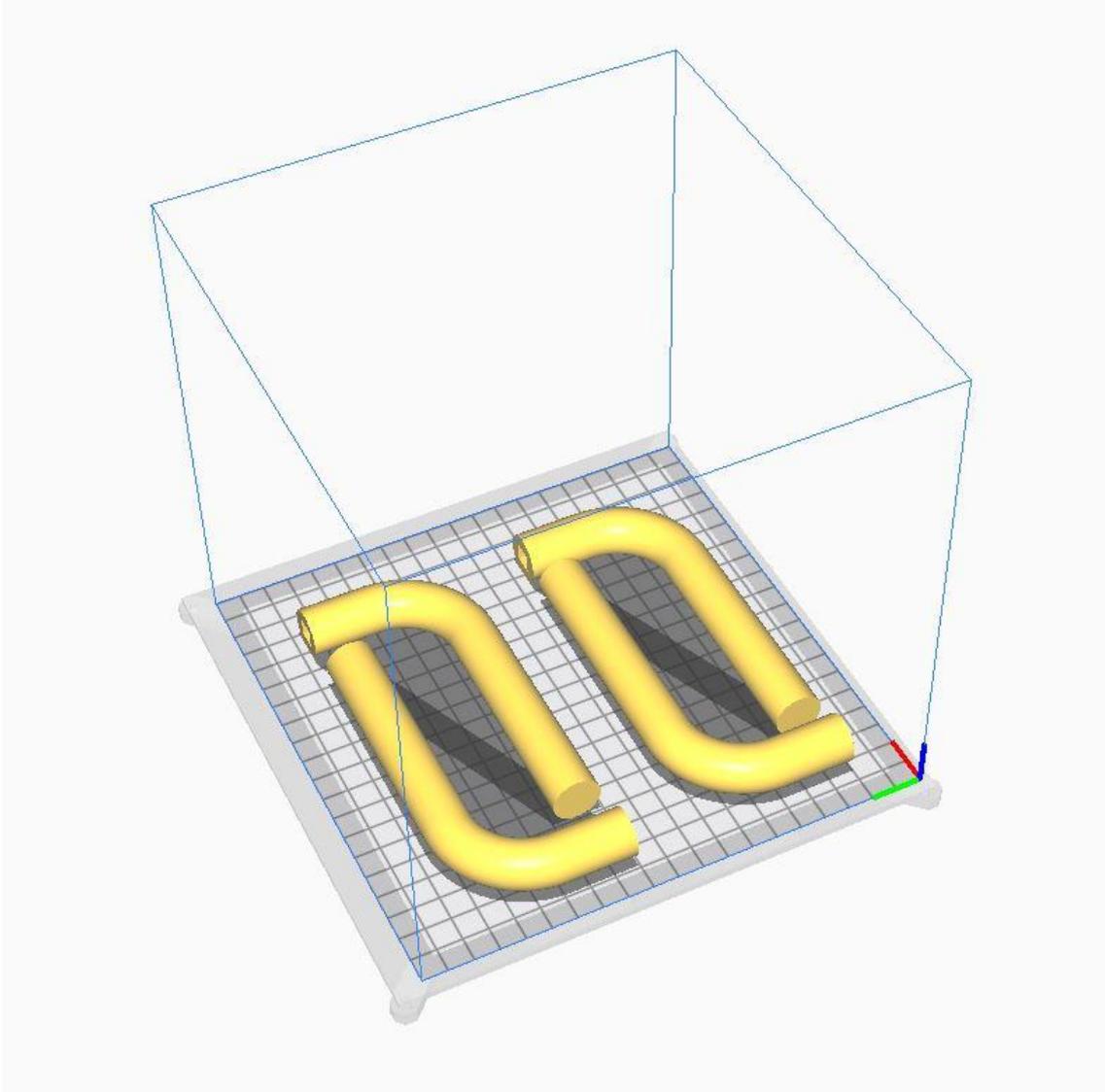


Imagen nº43; piezas colocadas en la impresora 3D.

En la imagen anterior podemos observar que por tirada de fabricación podemos observar que entran 4 piezas en la base.

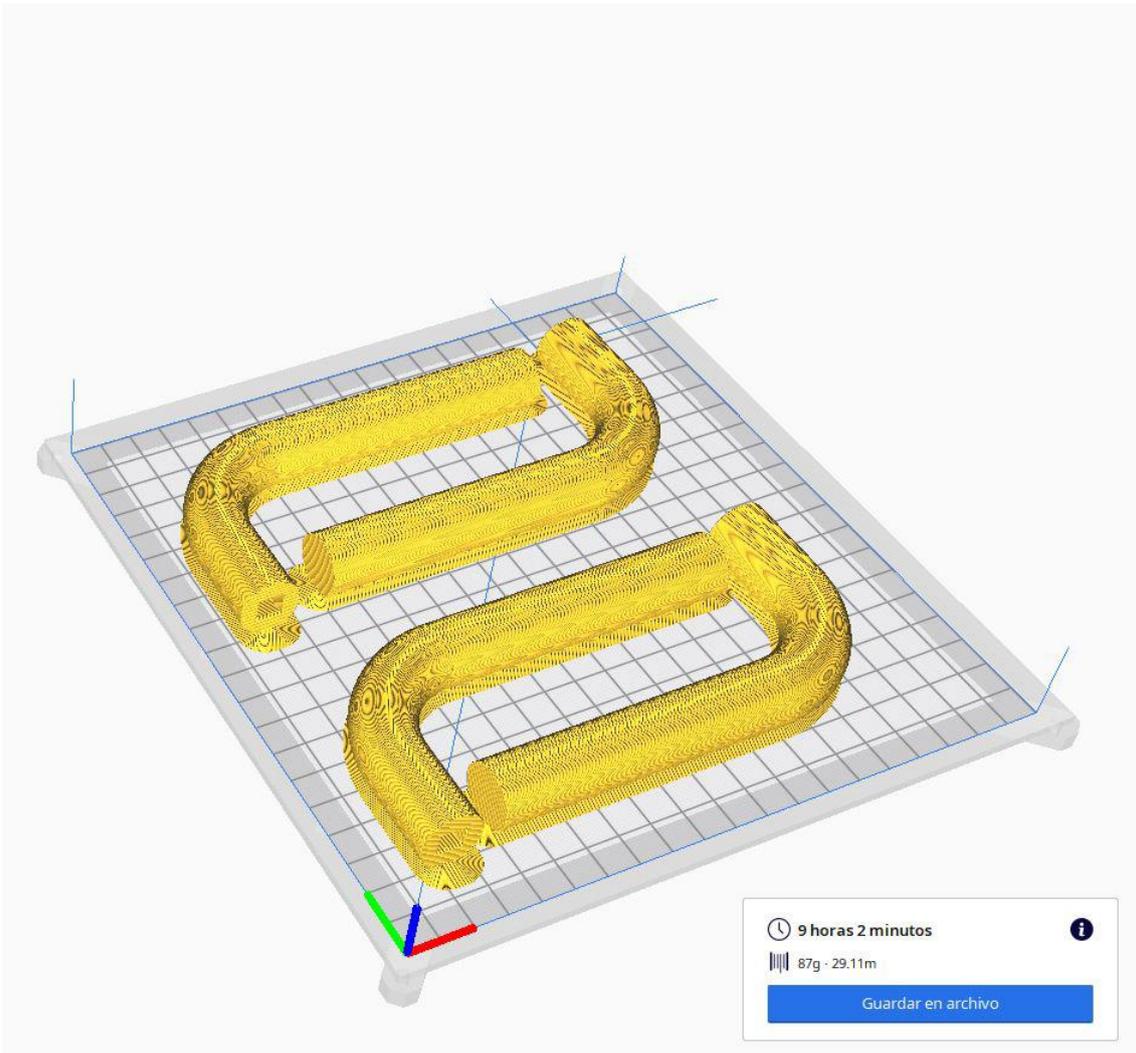


Imagen nº44; piezas procesadas con tiempos.

Por lo que en el mismo tiempo y el mismo con los mismos costes iniciales, es posible la viabilidad del proyecto incluso con el postprocesado si se desea dejar una calidad igual a la inyección.

5.3 Otras aplicaciones

5.3.1 Uso de pieza para moldes

En el mercado existen filamentos y resinas que son capaces de resistir las temperaturas necesarias para ejercer la función de molde por lo que se puede ahorrar pasos intermedios.

Empresas están empezando a comercializar máquinas que pueden imprimir moldes dentro de soportes de acero directamente (ver anexo).

También existen filamento y resinas castables, lo que permite imprimir piezas y a partir de estas crear moldes del tipo cera perdida.

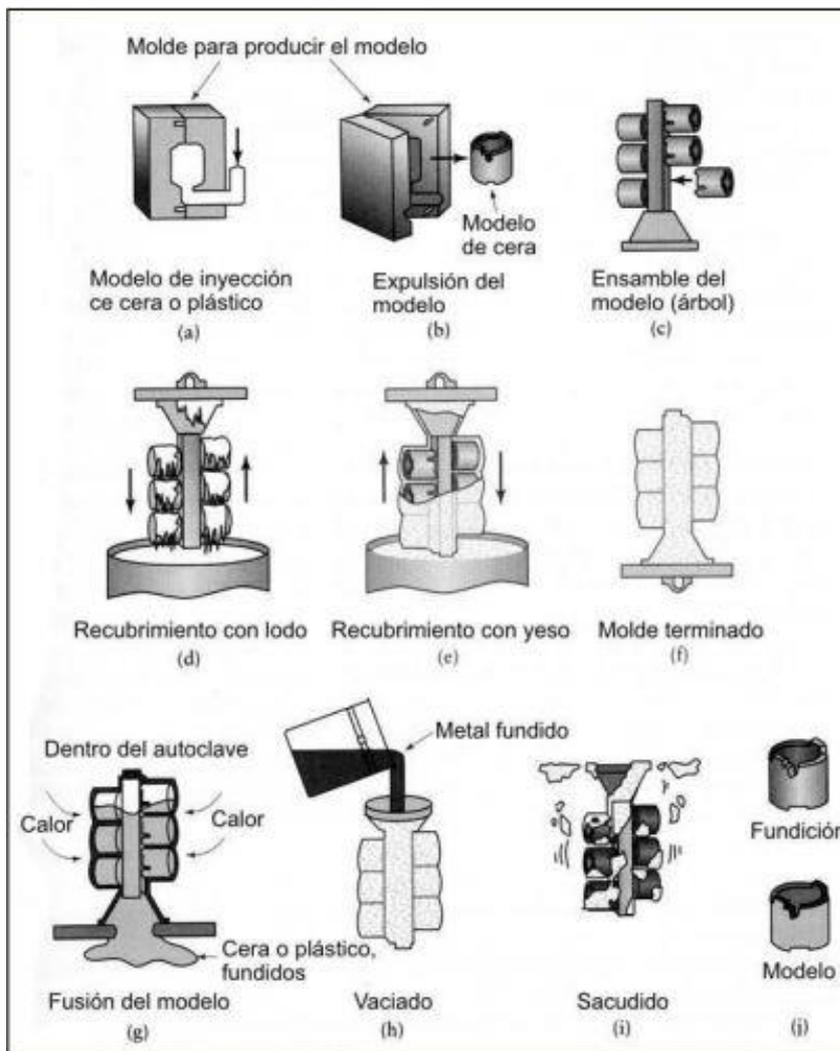


Imagen nº45; pasos cera perdida.

5.3.2 Uso de piezas para mecanizado

Ciertos materiales de impresión 3D permiten pasar por un proceso de mecanizado una vez que estos están acabados.

Para este proceso hay que tener en cuenta que los materiales deben tener la suficiente resistencia térmica como para aguantar la subida de temperatura que produce el mecanizado por arranque de viruta, para que podamos realizar mecanizados óptimamente tendremos dos opciones, o imprimir con varias capas exteriores para no llegar al relleno o imprimir piezas solidas.



Imagen nº46; diferencia entre los rellenos.

6 CONCLUSIÓN

Como conclusión la fabricación aditiva 3D se ha convertido en una opción más que viable ya que la expansión del mercado ha permitido que los precios de las máquinas, como hemos visto en el apartado “IMPRESORAS 3D”, bajen mucho llegando al nivel adquisitivo de la persona de a pie.

La variedad de materiales que inundan el mercado permiten una gran variedad de aplicaciones, desde de oración hasta piezas de gran rendimiento pasando por materiales quirúrgicos y prótesis.



Imagen nº47; prótesis impresa en 3D.

En el apartado de software cabe destacar que gracias a la comunidad tenemos una gran cantidad de programas gratuitos que nos permiten un excelente trabajo de procesamiento de las piezas ya sean de diseño propio a descargadas de una base de datos.

La variedad de piezas que se pueden fabricar es infinita ya que la fabricación aditiva permite fabricar piezas que otros métodos de fabricación no pueden.

7 BIBLIOGRAFIA

- Tipos de impresoras 3D, la guía definitiva de Bitfab

<https://bitfab.io/es/blog/tipos-de-impresoras-3d/>

-Impresoras 3D de Fusión selectiva por láser (SLM) | ComprarImpresoras-3D.com!

<https://comprarimpresoras-3d.com/tipo/slm/>

-Electron-beam freeform fabrication – Wikipedia

https://en.wikipedia.org/wiki/Electron-beam_freeform_fabrication

-Los 11 tipos de impresoras – Guía 2020 | All3DP

<https://all3dp.com/es/1/tipos-de-impresoras-3d-tecnologia-de-impresion-3d/>

-(PDF) Electron beam freeform fabrication: A rapid metal deposition process

<https://url2.cl/9MrIK>

-Blueprinter presenta su nueva impresora 3D con tecnología SHS - impresoras3d.com

<https://www.impresoras3d.com/blueprinter-presenta-su-nueva-impresora-3d-con-tecnologia-shs/>

-SLS 3D Printer Buyer's Guide | All3DP

<https://all3dp.com/1/best-sls-3d-printer-desktop-industrial/>

-AM Powder – Tool Steel (1.2709) | Spare Parts | DMG MORI Online Shop for business customers

<https://url2.cl/rf3J6>

-3D Printer Solido Solido SD300 Pro: Compare and find the best prices | 3Dnatives

<https://www.3dnatives.com/en/3D-compare/imprimante/solido-sd300-pro>

-LASERTEC 12 SLM - ADDITIVE MANUFACTURING Machines by DMG MORI

<https://url2.cl/Pf5Is-3D-Printing-Processes-Sheet-Lamination-Part-8-8/>

https://www.engineersgarage.com/article_page/3d-printing-processes-sheet-lamination-part-8-8/

-Impresora 3D Matrix 300+ de Mcor | Precios y características en Imprimalia 3D

imprimalia3d.com/services/matrix-300

-ULTRA ONE MAKERGEAR, Impresora 3D, Filamento 1.75mm, Capa 0.35mm | Farnell ES

<https://es.farnell.com/makergear/ultra-one/3d-printer-406mm-x-356mm-x-330mm/dp/3058869>

-Electron Beam Freeform Fabrication – YouTube

<https://www.youtube.com/watch?v=TIY2BoAmKpQ>

-Electron Beam Melting, EBM | Find suppliers, processes & material

<https://www.manufacturingguide.com/en/electron-beam-melting-ebm>

-New M3 Blueprinter Features "SHS Printing" Technology

<https://3dprintingindustry.com/news/new-m3-blueprinter-features-shs-printing-technology-50412/>

-The Types Of 3D Printing - All About 3D Printing

allabout3dprinting.com/types-of-3d-printing/#Selective_Heat_Sintering_SHS

-What is 3D printing? The definitive guide | 3D Hubs

<https://www.3dhubs.com/guides/3d-printing/#technologies>

-Cambesa ESSEN Juego de manillas para puerta, Inoxidable: Amazon.es: Bricolaje y herramientas

<https://url2.cl/3dizK>

-Catálogo de fabricantes de Moldes De Soplado Para La Venta de alta calidad y Moldes De Soplado Para La Venta en Alibaba.com

<https://spanish.alibaba.com/g/blow-molds-for-sale.html>

-Breve historia de la impresión 3D - impresoras3d.com

<https://www.impresoras3d.com/breve-historia-de-la-impresion-3d/>

-Mega tutorial de Ultimaker Cura. Revisión a fondo y opinión.

<https://of3lia.com/ultimaker-cura/>

-Manual Básico de impresión 3D (NetFabb+Slic3r) | Impresoras 3D - Impresion 3D | Imprimaria 3D

imprimaria3d.com/recursos/manual-b-sico-impresi-n-3d-netfabbslic3r

-Impresión 3D: El futuro de las prótesis – TRESDE

<https://tresde.pe/impresion-3d-el-futuro-de-las-protesis/>

-Materiales de impresión y máquinas de impresión 3D con información técnica

<https://filament2print.com/es/>

8 ANEXOS

8.1 Anexo I: Tabla resumen tecnologías aditivas

8.2 Anexo II: Propiedades impresión con resina fotopolimérica

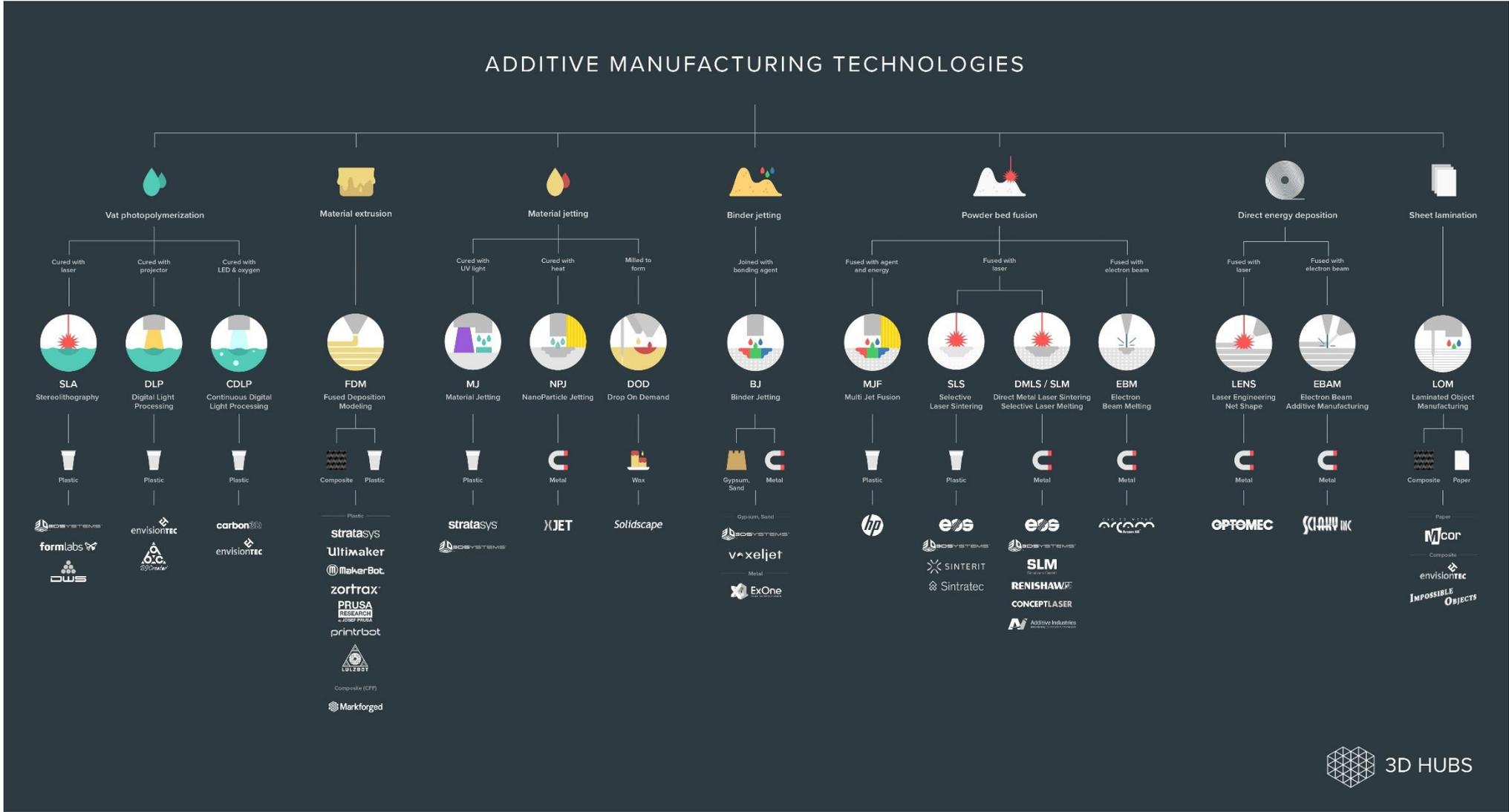
8.3 Anexo III: Manuales de software

8.4 Anexo IV: Planos

8.5 Anexo V: Calculo de engranajes

8.6 Anexo V: Páginas de interés

8.1 Anexo I: Tabla resumen tecnologías aditivas



8.2 Anexo II: Propiedades impresión con resina fotopolimérica

El siguiente enlace contiene una tabla de Excel con una gran cantidad de tipos de resinas y fabricantes los cuales tiene sus propias propiedades de impresión.

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1crvzMnt_8NJXAsABinoIhcOjE8I3h7s0L82Zlh1vkL8/edit#gid=0

8.3 Anexo III: Manuales de software

- Manual online para uso del programa Ultimaker Cura

<https://of3lia.com/ultimaker-cura/>

- Manual de uso del programa Repetier-Host

Ver manual Anexado

- Manual Básico de impresión 3D (NetFabb+Slic3r)

Ver manual Anexado

- Manual de uso del programa Slic3r

Ver manual Anexado

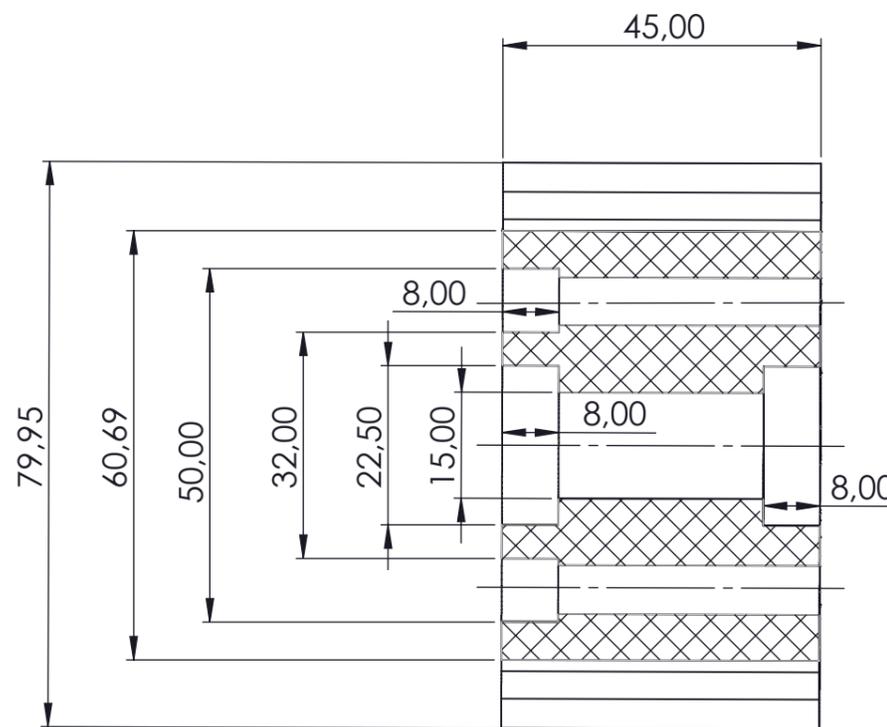
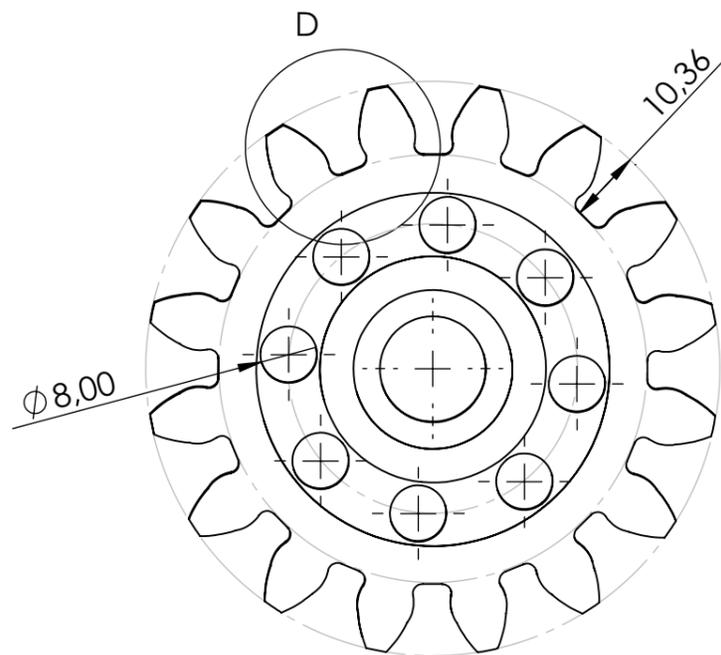
8.4 Anexo IV: Normativa

Se anexan todas las normas mencionadas en este trabajo.

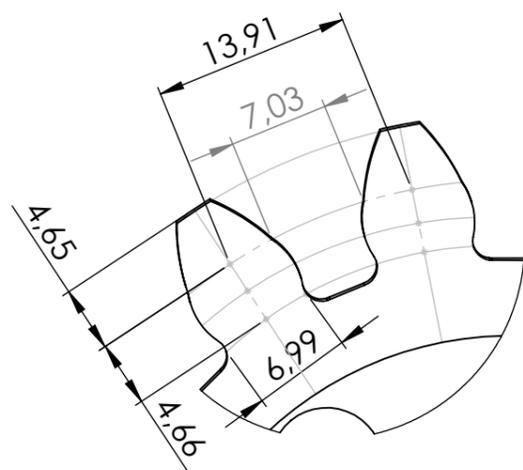
8.5 Anexo V: Planos

Plano 1: Engranaje

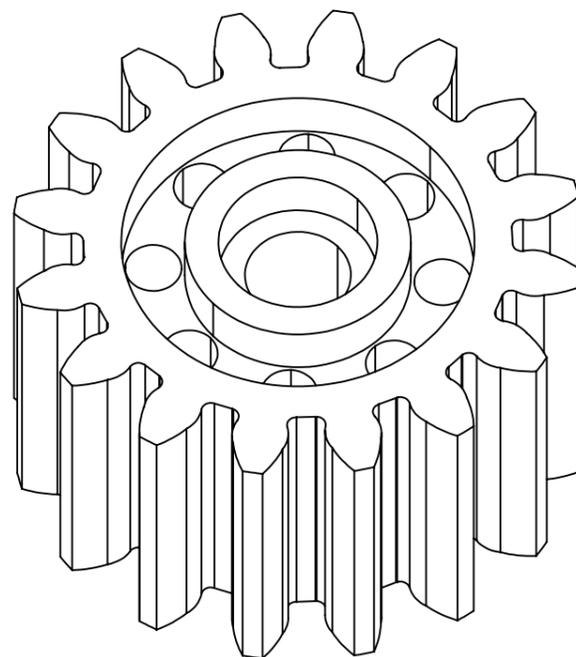
Plano 2: Maneta puerta



SECCIÓN C-C



DETALLE D
ESCALA 2 : 1



m	1,026
z	16
α (Helicoidal)	-
Helicoidal α ...	-
dp	77,95
a	4,65
Altura del diente	10,36
α (Ang. de presión)	-

Tipo de documento:
Plano

DEPARTAMENTO:
Ingeniería en diseño industrial y desarrollo de productos

Ref. técnica:
Creado por: Alberto Blanco Prieto

Aprobado por:

TÍTULO DEL TRABAJO:

Estudio comparativo entre la obtención de piezas mediante impresoras 3D y su obtención mediante moldes u otros procesos de fabricación

TÍTULO DEL DIBUJO:
Engranaje

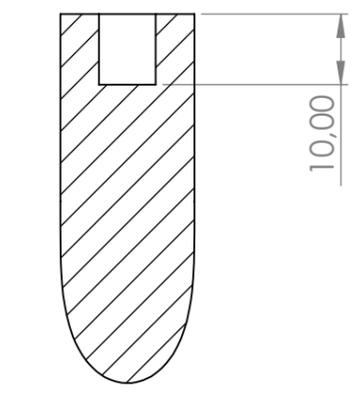
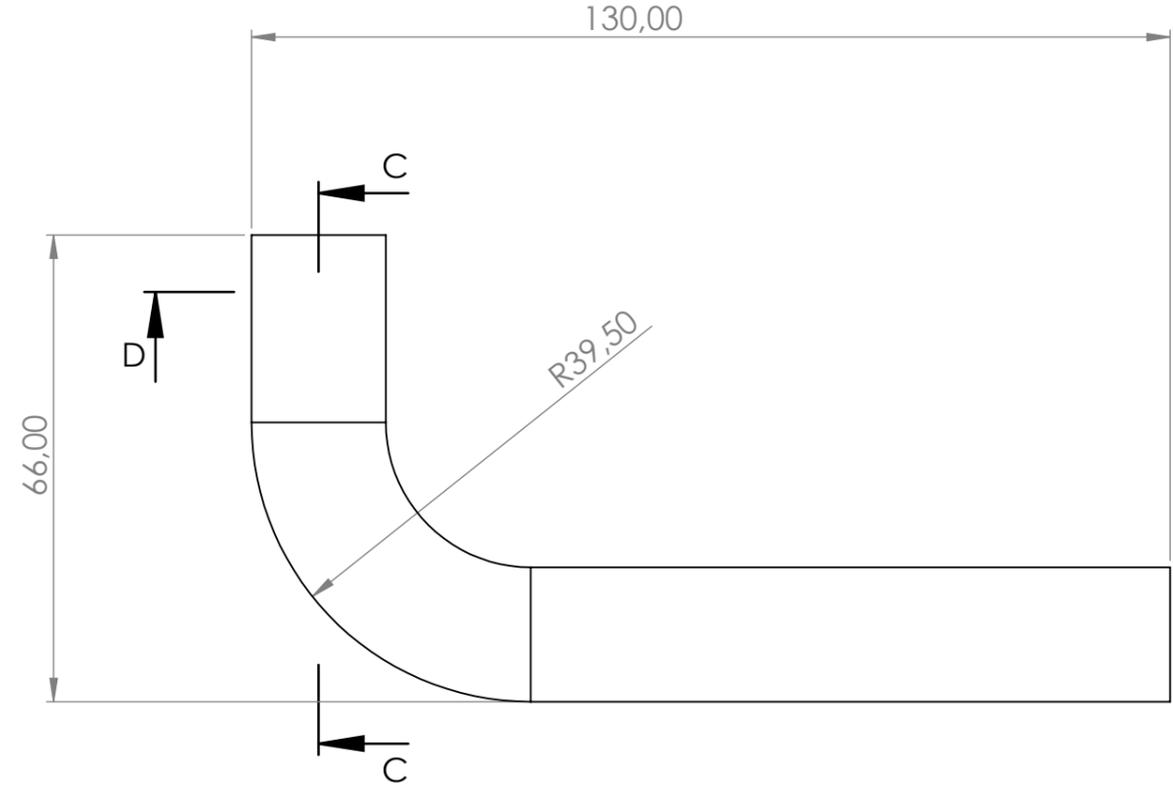
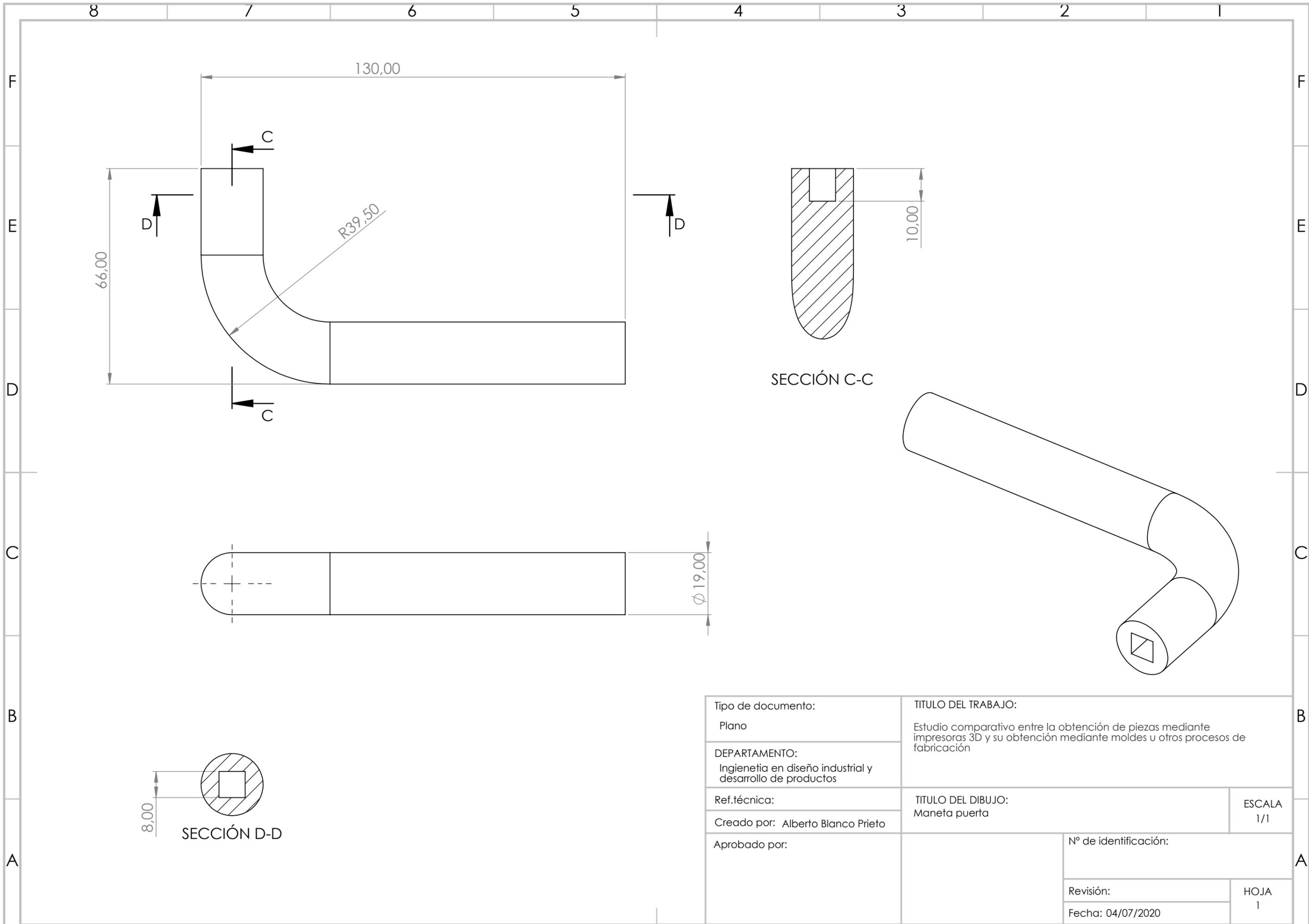
ESCALA
1/1

Nº de identificación:

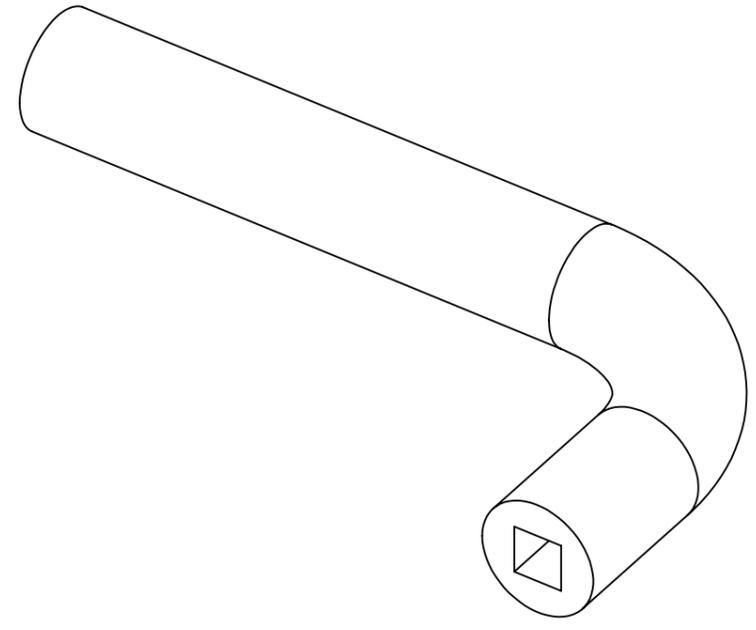
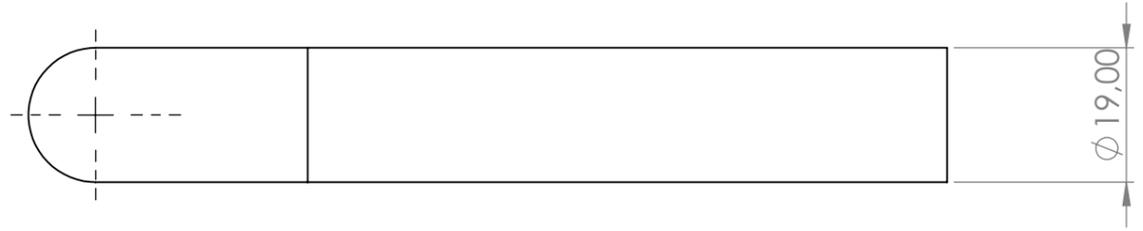
Revisión:

Fecha: 04/07/2020

HOJA
1



SECCIÓN C-C



SECCIÓN D-D

Tipo de documento: Plano		TITULO DEL TRABAJO: Estudio comparativo entre la obtención de piezas mediante impresoras 3D y su obtención mediante moldes u otros procesos de fabricación	
DEPARTAMENTO: Ingeniería en diseño industrial y desarrollo de productos		TITULO DEL DIBUJO: Maneta puerta	
Ref.técnica:		ESCALA 1/1	
Creado por: Alberto Blanco Prieto		N° de identificación:	
Aprobado por:		Revisión:	HOJA 1
		Fecha: 04/07/2020	

8.6 Anexo VI: Calculo de engranajes

Se anexan unos PDF donde se da la información necesaria para calcular engranajes y un ejercicio resuelto.

8.7 Anexo VI: Páginas de interés

-Thingiverse: Base de datos de STL

<https://www.thingiverse.com/>

-Yeggi: Base de datos de STL

<https://www.yeggi.com/>

-MyMiniFactory: Base de datos de STL orientado a miniaturas

<https://www.myminifactory.com/es/>

-Help Prusa i3: Soluciones de problemas en impresoras de resina

https://help.prusa3d.com/en/tag/s1/print-quality-troubleshooting_225

-The Maker 3D Printing: Canal especializado en impresión 3D

<https://www.youtube.com/c/TheMaker3DP/featured>

-Leon3D: Tienda especializada en impresión 3D

<https://www.leon-3d.es/>

-Filament2Print: Tienda especializada en impresión 3D

<https://filament2print.com/es/>