

# TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**Diseño Industrial-FAyD-UNaM**

## 16-D1161 | PRODUCCIÓN DIGITAL ABIERTA

GUÍA PARA FABRICACIÓN  
DIGITAL: IMPRESIÓN 3D  
FDM

---

©

Guía de como proyectar-modelar para la producción digital.

*Trabajo de Investigación*



tamaño de la pieza: 30mm altura, 3mm espesor  
diámetro de boquilla: 0,6mm  
altura de capa: 0,125mm  
pared: 1,2mm, conteo: 2 capas  
top: grosor 1,2mm; patrón líneas  
relleno: 30%  
soporte: no  
adherencia: raft

## INTRODUCCIÓN DE GUÍA PARA FABRICACIÓN DIGITAL: IMPRESIÓN 3D FDM

La impresión 3D es un proceso de fabricación aditiva, a partir de superponer capas de material hasta lograr la forma del objeto, en todos los casos las capas son paralelas a su base, lo que hace muy importante el primer momento elegir la posición de la pieza a fabricar.

Estas capas se definen a partir de un software que lo conocemos como laminador o slicer y lo que hace es cortar en fetas paralelas a la base al objeto.

El material que conforma cada capa se deposita en un estado fundido, en este caso es un polímero termoplástico y el proceso se denomina FDM -fused deposition material- deposición de material fundido. La materia prima es un filamento termoplástico que se alimenta por medio de una boquilla que contiene una resistencia para cambiarlo de estado. Dicha boquilla se mueve por el plano paralelo a la cama donde se comienza a depositar el material en el plano XY, que al moverse en el eje Z y por medio de la solidificación del material alcanza la forma final del objeto.

Una buena configuración de los parámetros del software laminador es esencial para obtener un buen resultado, detallaremos las diferentes posibilidades en función del software de uso libre ULTIMAKER CURA.

## INDICE

- 1. Generar u obtener el objeto a fabricar.
- 2. Software de laminación
  - 2.1.1 Que es el GCODE
  - 2.1.2 Estrategias para disponer la pieza en la cama...
  - 2.1 CALIDAD
  - 2.2 PAREDES
  - 2.3 SUPERIOR O INFERIOR
  - 2.4 RELLENO
  - 2.5 MATERIAL
  - 2.6 VELOCIDAD
  - 2.7 DESPLAZAMIENTO
  - 2.8 REFRIGERACION
  - 2.9 SOPORTE
  - 2.10 ADHERENCIA A LA PLACA DE IMPRESION
- 3 Pieza impresa

Primer paso, obtener un MODELO 3D CAD, representado de un software CAD paramétrico y/o NURBS:

- **Fusion360**
- **SolidWorks**
- **Rhino**
- **FreeCad**

Guardar en formato:

- **.GBL**
- **.3MF**
- **.GCODE**
- **.OBJ**
- **.STL**

[Estereolitografía] [el mas usado]

\*verificación de la calidad del archivo .STL:

- **que es determinada por el número de polígonos.**

Segundo paso, con el archivo .STL listo preparamos el g-code para insertar en la impresora 3D.

Para esta tarea es necesario un laminador o slicer, es el software que produce la SEPARACIÓN EN CAPAS PARA IMPRIMIR 3D.

Los software más conocidos son:

- **Cura**
- **PrusaSlicer**
- **Simplify3D**

Este software va a crear el archivo G-CODE necesario para comunicarnos con la maquina y que la misma pueda ejecutar las operaciones para fabricar la pieza.

Guardar en formato:

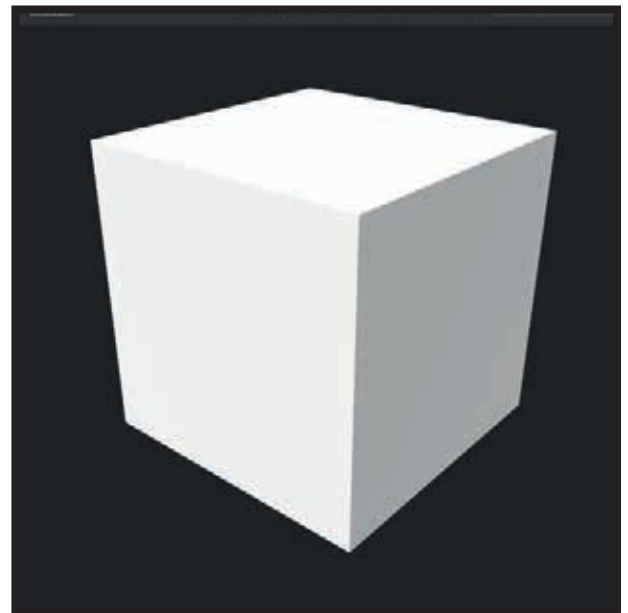
- **G-code**

### G-CODE; EL LENGUAJE DEL CONTROL NUMERICO Y PROCESOS CAD/CAM

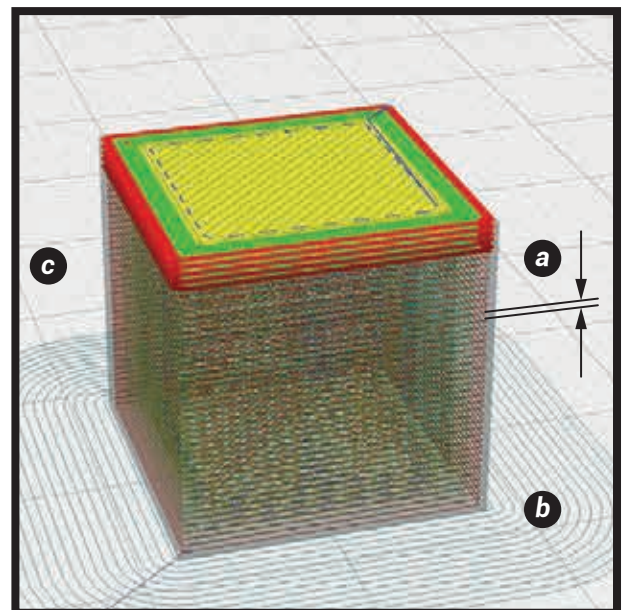
El control numérico es un sistema de gobierno automatizado para máquinas, en el cual la secuencia de operaciones se introduce en forma de código alfanumérico. Esta información puede clasificarse en dos categorías:

- Informaciones dimensionales, relativa al recorrido de la herramienta (**G**). Se emplea a través del sistema de coordenadas cartesiano o polar.
- Informaciones tecnológicas relativas a las condiciones del mecanizado (**M**). Velocidades de corte y avance, selección y control de herramientas, control de refrigerantes.

Las operaciones se suministran a la máquina en forma de bloques de información. Un bloque es un grupo de comandos u ordenes suficientes para llevar a cabo una operación de mecanizado específica. Un conjunto de



**Pieza representada tridimensionalmente en un software CAD.**



**Pieza laminada mediante el uso de un software laminador o slicer.**

La fabricación aditiva se realiza mediante la sumatoria de capas, una arriba de la otra, por este motivo es necesario los software laminadores

- **a. Altura de capa.**
- **b. borde, adherencia a la cama caliente.**
- **c. cama caliente**

## 16-D1161 | PRODUCCIÓN DIGITAL ABIERTA

En el proceso de laminado, además de determinar la altura de las capas con que vamos a cortar el modelo tridimensional, se van a definir los atributos de la fabricación digital de la pieza. Como ser calidad superficial, resistencia, estabilidad en la producción, tiempo del proceso, etc..

Por ejemplo, es posible agregar comandos G-code al inicio y final del programa.

En la ventana de setting podemos encontrar la pestaña impresora donde encontramos las dimensiones y ajustes básicos de la impresora. En esta pestaña podemos agregar condiciones de inicio y final:

### INICIO

```
G28 ;Home  
G1 Z15.0 F6000 ;Move the platform down 15mm  
;Prime the extruder  
G92 E0  
G1 F200 E3  
G92 E0
```

### FINAL

```
M104 S0  
M140 S0  
;Retract the filament  
G92 E1  
G1 E-1 F300  
G28 X0 Y0  
M84
```

Con el fin de como va a empezar a fabricar la pieza y como va a terminar.

En la ventana de setting podemos encontrar la pestaña extruder 1, donde verificamos el diametro de la boquilla.



**CALIDAD**

Esta determinada por:

- **Diámetro de boquilla.**

**[VERIFICAR EL DIÁMETRO DE BOQUILLA DE LA MÁQUINA]**

La altura de capa define la resolución, la calidad superficial; se encuentra relacionada con el diámetro de la boquilla, Se recomienda que siempre la altura de capa sea un 10% menor al diámetro de la boquilla.

{Altura de Capa: Determina la altura de cada capa que la impresora 3D imprimirá. Capas más finas proporcionan mayor detalle, pero también aumentan el tiempo de impresión.}

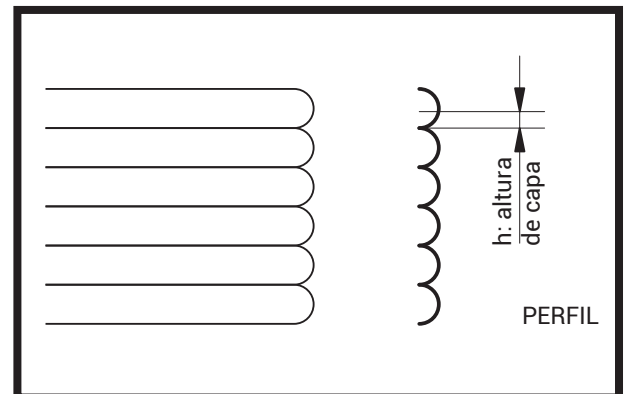
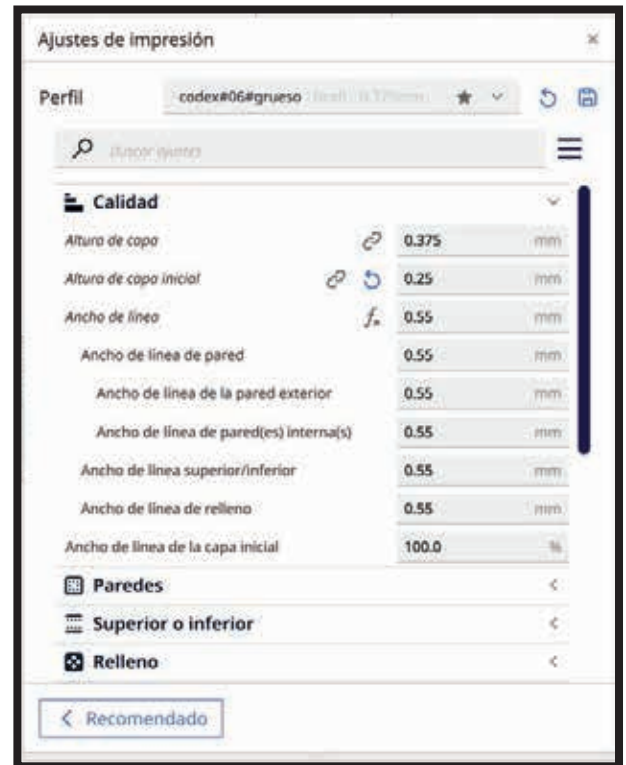
Define:

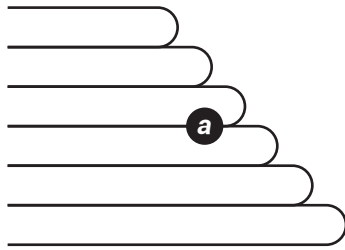
- **Altura de capa.**
- **Ancho de línea.**

Hay que tener en cuenta el contorno de los perfiles en la altura, a menor altura de capa:

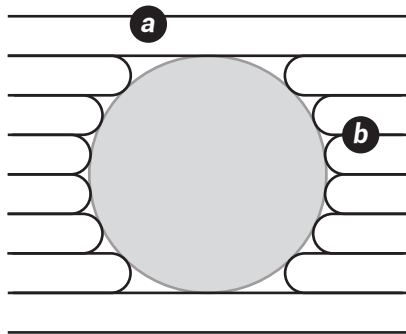
- **Mayor definición.**
- **Mayor tiempo de impresión.**
- **Altura de capa inicial [mejora la adherencia a la placa de impresión].**
- **Máxima altura de capa, siempre tiene que ser menor al diámetro del hotend, aproximadamente un 10%: para una boquilla 0,6mm; máxima altura de capa 0,54mm.**

- **Mayor altura de capa, mayor resistencia mecánica de la pieza.**

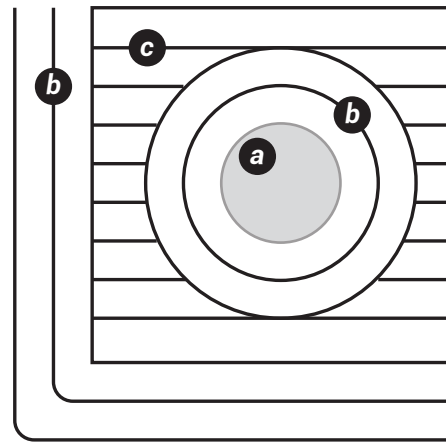




- **a** Hay que intentar que la altura total de la pieza sea múltiplo de la altura de capa (la altura inicial de impresión (punto Z=0), la altura de la primera capa y la altura de capa normal)



- **a** Cuando el círculo se conforma en la pared la resolución del mismo va a depender de la superposición de las capas;
- **b** Superposición de las capas: en muchos casos hay que emplear soporte ya que en la parte superior se pueden generar hilos o desmoronamiento, ya que no posee material donde apoyarse. Para una mejor resolución de la superficie cilíndrica es necesario emplear una altura de capa mejor, además de que ayuda a la superposición de las capas.



- **a** Cuando el círculo se conforma en la base o plantado de la pieza, la resolución del mismo no tendrá inconvenientes ya que el recorrido de la boquilla define el círculo
- **b** Siempre conviene definir una pared con dos omas líneas, para que la resistencia sea más adecuada.
- **c** Relleno.

**Alturas de capas recomendadas según el sistema de tracción del eje "Z".**

Pasos (A)	Altura de capa	pasos (B)	paso de de capa
200	1.25	200	4
100	0.625	100	2
80	0.5	80	1.6
60	0.375	60	1.2
52	0.325	50	1
40	0.25	40	0.8
28	0.175	30	0.6
20	0.125	20	0.4
10	0.0625	10	0.2
1	0.00625	1	0.02

- (A) Varilla roscada Metrica 8; paso 1,25mm; 1 hilo.  
 (B) Varilla roscada ACME; 8mm de diam.; paso 4mm; 4 hilos.

**PAREDES**

En esta pestaña se define como va a comenzar la pieza y como va a cerrar la pieza, es importante para configurar la resistencia y terminación de la pieza.

Vamos a ver que las capas, tanto la inferior como la superior, se definen por el grosor y por el relleno o patrón.

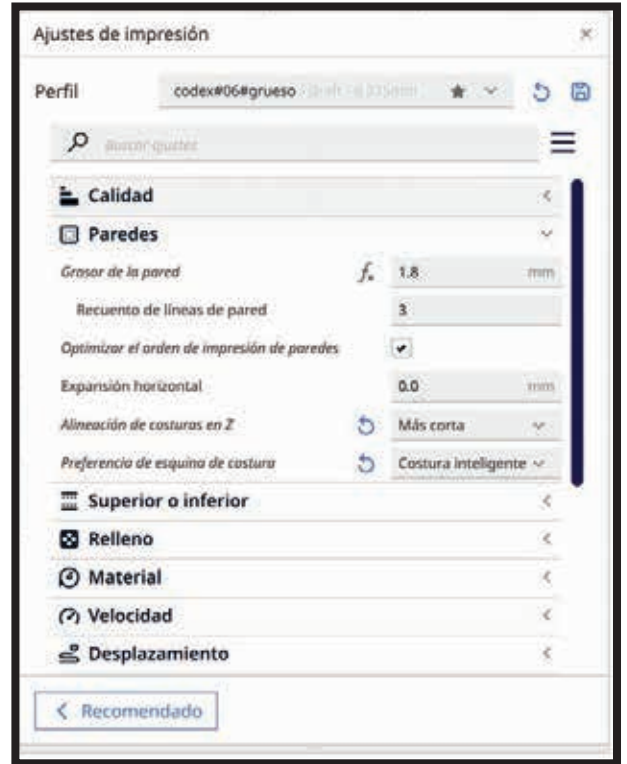
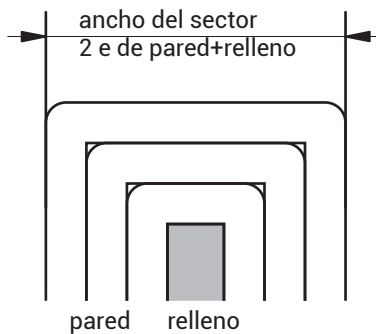
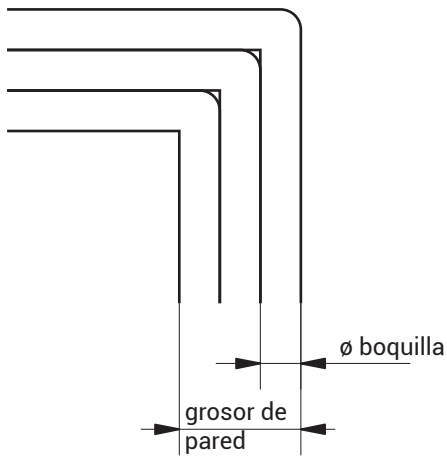
grosor de pared [dos o tres veces el grosor de línea es suficiente]

el grosor de línea esta relacionado con el diametro de la boquilla

hay que dimensionar los sectores en relación a los espesores de pared

con el fin que no se superponga material////

expansion horizontal>>>>



no hay que dejar sectores muy delgados donde no puedan caber por lo menos 2 paredes

costuras



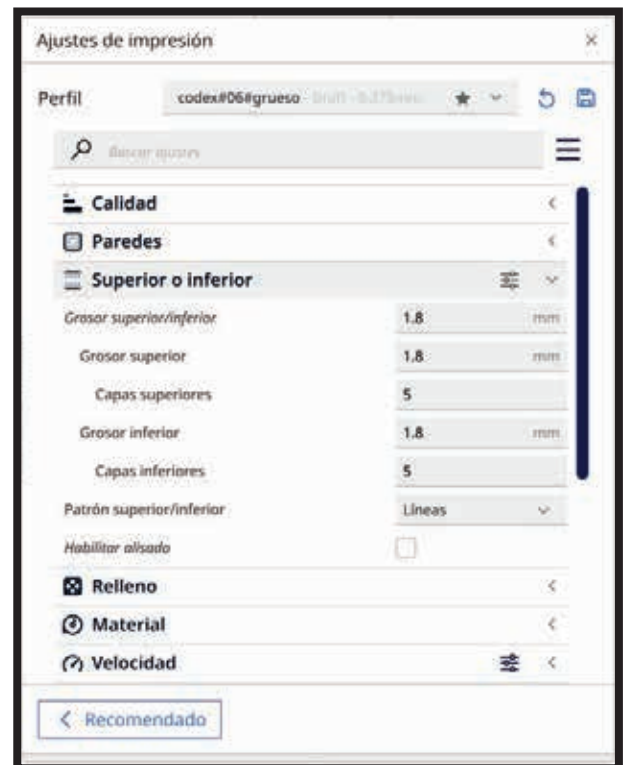
### CAPAS SUPERIOR/INFERIOR

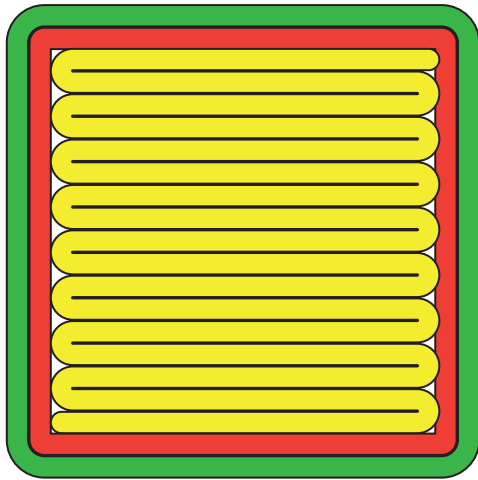
En esta pestaña se define como va a comenzar la pieza y como va a cerrar la pieza, es importante para configurar la resistencia y terminación de la pieza.



Vamos a ver que las capas, tanto la inferior como la superior, se definen por el grosor y por el relleno o patrón.

- Espesor superior
- Mejora la terminación de la pieza.
- Mejora la resistencia.
- Espesor inferior
- Ayuda a la adherencia en la cama.
- Mejora la resistencia.
- Bajar la velocidad para mejorar adherencia.

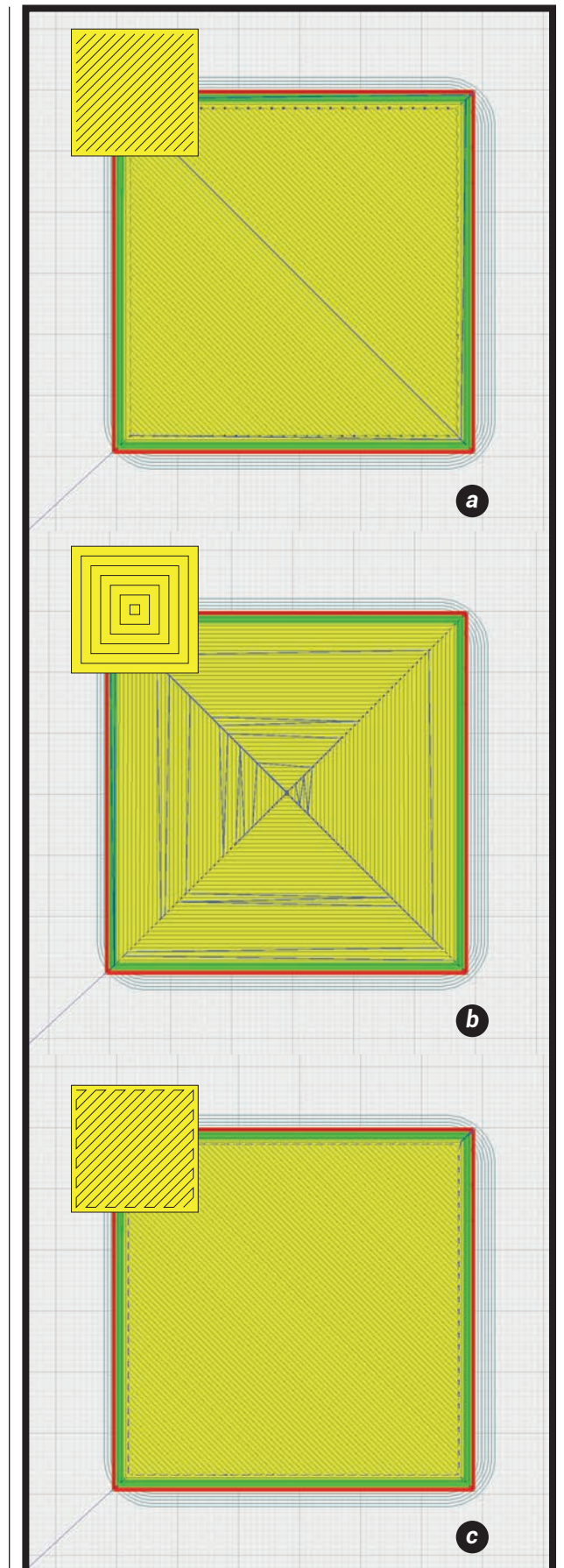
La opción de alisado generalmente no genera una buena terminación.





-  Tapa superior/inferior
-  Grosor

- PATRÓN**
- a LÍNEAS
  - b CONCÉNTRICO
  - c ZIGZAG



**RELLENO**

Define la densidad del interior del objeto y por lo tanto la resistencia y peso (cantidad de material) del mismo. Por lo que aumentar este valor va a aumentar dichas prestaciones, además del tiempo de fabricación.

**TIPO** [los más usados]

• **Rectangular**

Resistencia en sus tres ejes.  
Rápido de producir.

• **Triangular**

Máxima resistencia en las paredes.  
(ya que descompone los vectores de esfuerzos)

• **Wiggle**

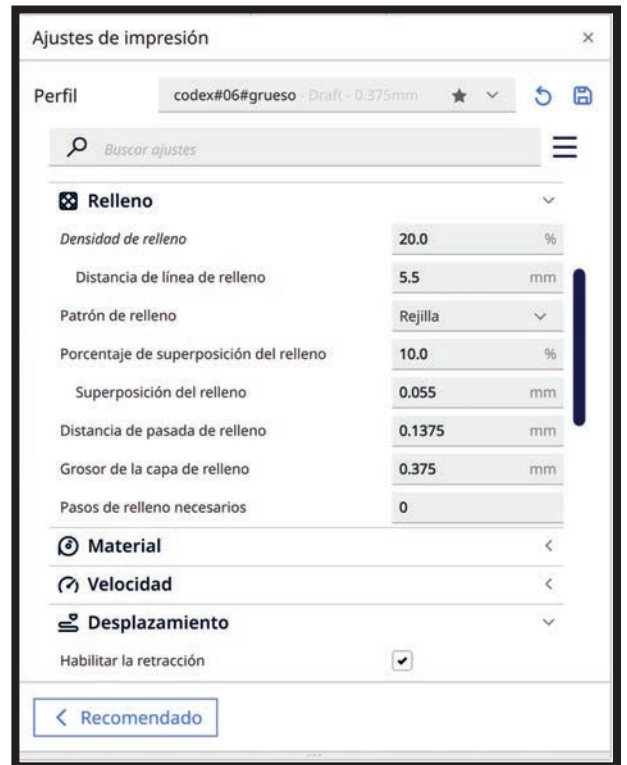
zigzag  
Pieza mas flexible.  
Mejora la calidad de las capas superiores e inferiores.

• **Honeycomb**

panal de abejas  
Piezas mas robustas  
Mayor tiempo de impresión

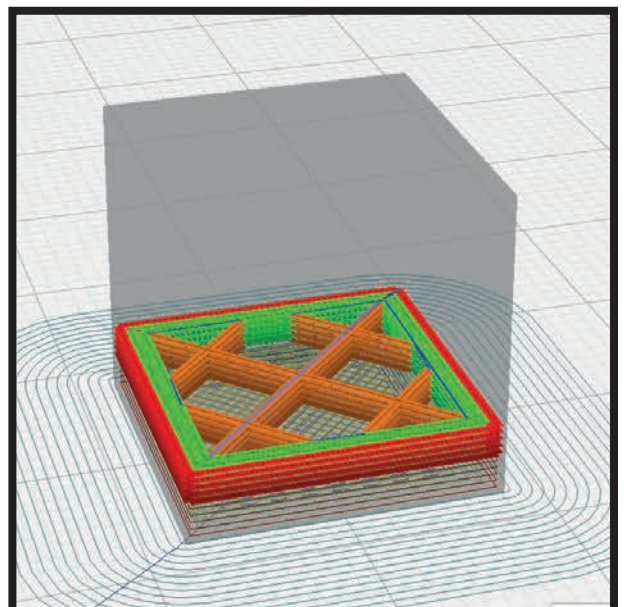
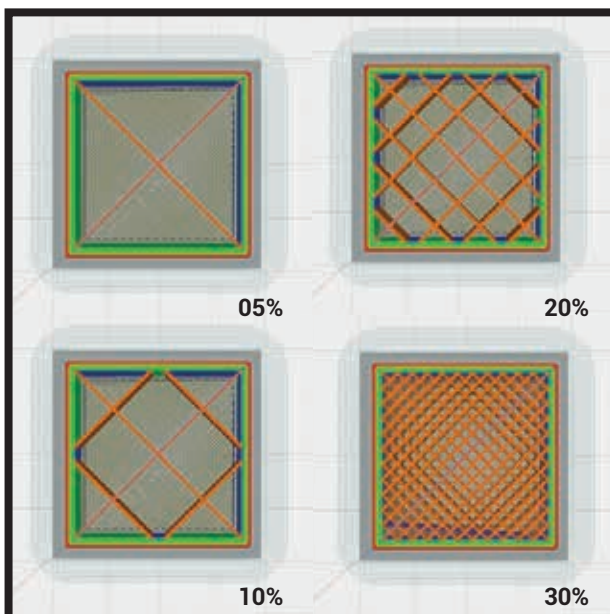
• **Cubic**

Piezas mas robustas  
Mayor tiempo de impresión



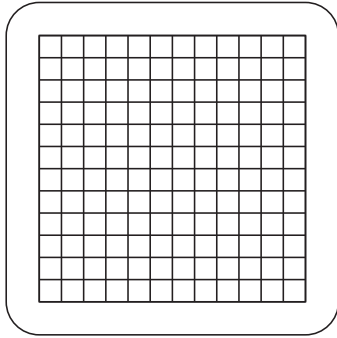
**DENSIDAD**

Cantidad de material que ocupa la parte interna de la pieza a imprimir, entre las paredes internas.  
0% es una pieza hueca  
100% es una pieza maciza  
Para prototipos no funcionales se recomienda un bajo porcentaje de densidad de relleno (10%)  
Para obtener una pieza con resistencia aceptable y un costo bajo se recomienda una densidad de relleno entre 20% a 30%.

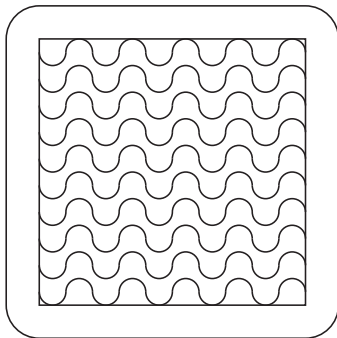


**PATRÓN**

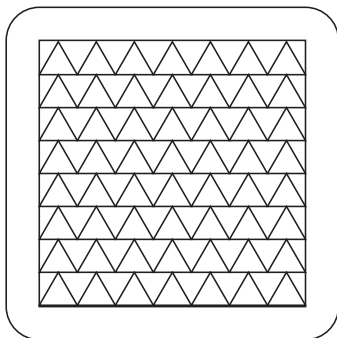
*rectangular*



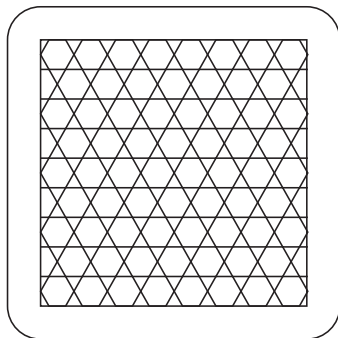
*wiggle*



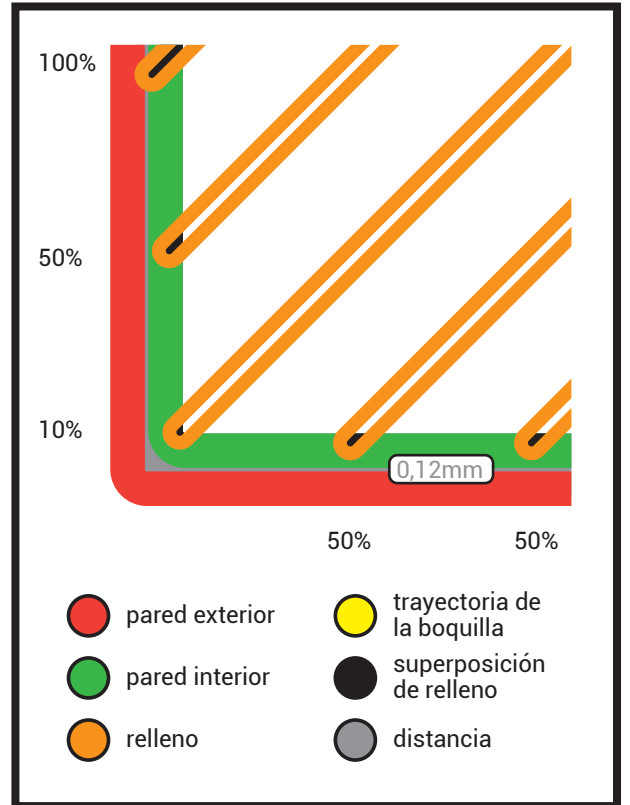
*triangular*



*honeycomb*



*cubic*



**OVERLAP \_ SUPERPOSICIÓN**

La superposición de relleno aplica una superposición adicional entre relleno y perímetros para conseguir una mejor unión.

## 16-D1161 | PRODUCCIÓN DIGITAL ABIERTA

### MATERIALES

Selección del material a utilizar y las temperaturas.

#### PLA

TEMPERATURA	Facil uso.	RESISTENCIA
Hotend: 180°C cama: 0-50°C uso: 50°C	Higroscopico en el guardado. Necesita impresora abierta y usar fan de capa. Bioplastico.	• fragil • duro • Se puede terminar con pintura y masilla.

#### PETG

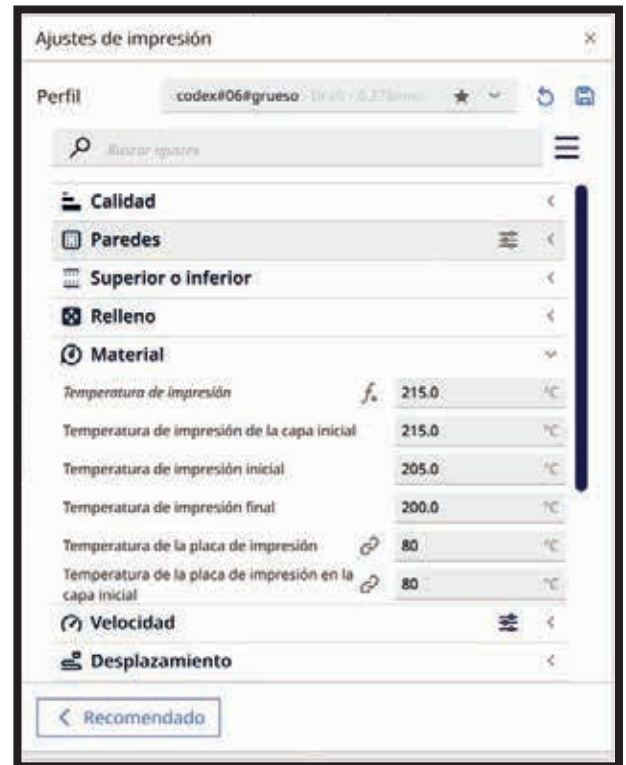
TEMPERATURA	Dificultad media.	RESISTENCIA
Hotend: 230-250°C cama: 80-110°C uso: 98°C	Higroscopico. Encordado. Versatil.	• química • a la fatiga • impermeable • Acepta pulido.

#### ABS

TEMPERATURA	Dificultad alta.	RESISTENCIA
Hotend: 215-250°C cama: 75-90°C uso: 70°C	Warping Craking. Se puede solucionar con mayor brim o raft. Necesita impresora cerrada Buena resistencia mecanica.	• termica • al impacto • mecanizable • Acepta pulido, pin tura y masilla. Se puede aplicar vapor de acetona para mejorar terminacion.

#### NYLON

TEMPERATURA	Dificultad alta.	RESISTENCIA
Hotend: 220-270°C cama: 70-90°C uso: 80-95°C	Warpi Encordado Se puede solucionar con mayor brim o raft. Necesita impresora cerrada. Excelente resistencia mecanica	• al impacto • elastico



#### PP

TEMPERATURA	Dificultad alta.	.RESISTENCIA
Hotend: 220-250°C cama: 85-100°C uso: 100°C	Se puede solucionar con mayor brim o raft. Necesita impresora cerrada y usar fan de capa. Liviano	• al impacto. • Blando. • Impermeable.

#### PC

TEMPERATURA	Dificultad alta.	.RESISTENCIA
Hotend: 260-310°C cama: 80-120°C uso: 120°C	Warping Higroscopico. Necesita impresora cerrada. Resistente/duro.	• al impacto. • Temperatura. • Fatiga. • Dureza alta. Acepta pulido.

## 16-D1161 | PRODUCCIÓN DIGITAL ABIERTA

### TPU

TEMPERATURA	Dificultad	RESISTENCIA
Hotend: 225-245°C cama: 0-60°C uso: 60-75°C	media/alta. Encordado Extrusor directo. Uso de fan de capa.  Flexible	<ul style="list-style-type: none"><li>• elastico.</li><li>• blando.</li><li>• Fatiga.</li></ul>

### PVA

TEMPERATURA	Dificultad media.	RESISTENCIA
Hotend: 185-200°C cama: 45-60°C uso: 75°C	Higroscopico. Necesita de impresora abierta.  Soluble en agua.	<ul style="list-style-type: none"><li>• blando.</li></ul>

### HIPS

TEMPERATURA	Dificultad media..	RESISTENCIA
Hotend: 230-245°C cama: 100°C uso: 100°C	Necesita de impresora cerrada.  Soluble en limoneno.	<ul style="list-style-type: none"><li>• termica.</li></ul>

### ASA

TEMPERATURA	Dificultad alta..	RESISTENCIA
Hotend: 220-245°C cama: 90-110°C uso: 95°C	Warping Se puede solucionar con mayor brim o raft.	<ul style="list-style-type: none"><li>• luz ultravioleta.</li><li>• termica.</li><li>• al impacto.</li><li>• dureza.</li></ul> Buena mecanica.

### WARPING [despegue de la cama]

Establecer la temperatura correcta de la cama.  
Mejorar la adherencia a la cama, agarandando la superficie de contacto, usando "balsa" o agregando un material adhesivo (no recomendable).  
Reducir % densidad de relleno.  
NO GENERAR UN VOLUMEN CONTINUO QUE FACILITE LA CONTRACCION DEL MATERIAL Y POR LO TANTO GENERE TENSIONES PARA DESPEGARSE.  
\*CRACKING: despegue de la capa en el cuerpo

### STRINGING [encordado]

Activar la retracción.  
Establecer la temperatura correcta.  
Ajustar la velocidad de impresión.  
Limpiar minuciosamente el cabezal antes de imprimir.  
Asegurarse de que los filamentos no estén húmedos.

**VELOCIDAD**

Es la velocidad de desplazamiento en los ejes x, y, z, Mucha velocidad produce vibraciones en la superficie de la pieza.

Se recomienda entre 40mm/s a 60mm/s. Se pueden alcanzar mayores velocidades con mejor resultado en impresoras core XY.

**ESTIMACIÓN DE TIEMPOS**

Desplazamiento:	00:19	9%
Falda:	00:03	1%
Forro:	00:01	1%
Interfaz de soporte:	00:00	0%
e:		
Pared exterior:	01:32	44%
Paredes interiores:	01:23	40%
:		
Relleno:	00:01	1%
Retracciones:	00:07	4%
Soporte:	00:00	0%

**ESTIMACIÓN DE MATERIAL**

ABS	33.99	89.9 g	\$ 0.00
		m	

**3 horas 30 minutos**

0g · 33.99m

[Guardar en disco](#)

Ajustes de impresión

Perfil: **codex#06#grueso** - 0.2mm - 0.27mm

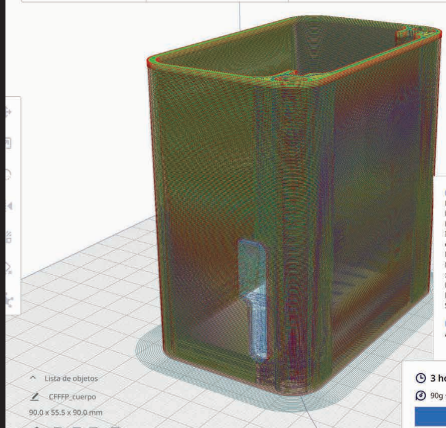
Buscar ajustes

**Velocidad**

Velocidad de impresión	50.0	mm/s
Velocidad de relleno	50.0	mm/s
Velocidad de pared	25.0	mm/s
Velocidad de pared exterior	25.0	mm/s
Velocidad de pared interior	50.0	mm/s
Velocidad superior/inferior	25.0	mm/s
Velocidad de soporte	50.0	mm/s
Velocidad de desplazamiento	120.0	mm/s
Velocidad de capa inicial	25.0	mm/s
Velocidad de falda/borde	25.0	mm/s
Activar control de aceleración	<input checked="" type="checkbox"/>	
Activar control de impulso	<input checked="" type="checkbox"/>	

[Recomendado](#)

Ver tipo: Vista de ca... Combinación de colores: cod...5mm 20% Encendida Encendido



**ESTIMACIÓN DE TIEMPOS**

Desplazamiento:	00:19	9%
Falda:	00:03	1%
Forro:	00:01	1%
Interfaz de soporte:	00:00	0%
e:		
Pared exterior:	01:32	44%
Paredes interiores:	01:23	40%
:		
Relleno:	00:01	1%
Retracciones:	00:07	4%
Soporte:	00:00	0%

**ESTIMACIÓN DE MATERIAL**

ABS	33.99	89.9 g	\$ 0.00
		m	

**3 horas 30 minutos**

0g · 33.99m

[Guardar en disco](#)

## DESPLAZAMIENTO

con el desplazamiento se activa la opción de retracción,

que se emplea para que no se produzca el encordado (cuando

el hotend se mueve de un punto a otro sin depositar material,

el material en el hotend se encuentra a una temperatura de

fusión, por lo que tiende a dejar un hilo, en ese caso la

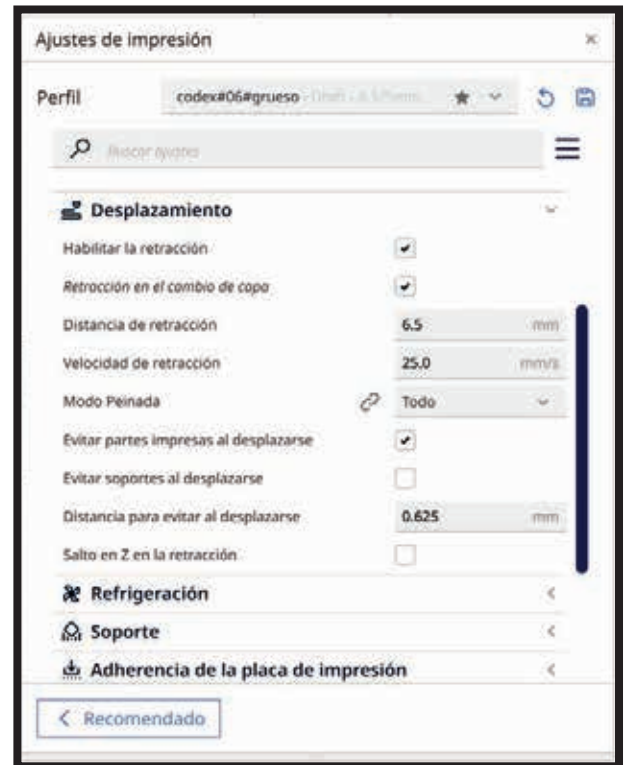
retracción retira el filamento y no provoca la salida del mismo

en sectores que no debe depositar material).

También hay que sumarle la inercia producto del empuje del

filamento.

[Velocidad de Impresión: Indica la rapidez con la que la boquilla se mueve durante la impresión. Ajustar la velocidad puede afectar la calidad y el tiempo de impresión.]



Configuraciones de Retracción: Evitan problemas como "stringing" al retraer el filamento cuando no se está extruyendo.



## REFRIGERACIÓN

###



**SOPORTE**

Algunas piezas necesitan de estructuras que soporten o contengan el material que se va a depositar, ya sea por falta de material o por una estructura en voladizo o un techo o superficie que en la parte inferior no contiene material. El laminador puede generar estas estructuras automáticamente en piezas con voladizos o geometrías complejas. Hay que tener cuidado en la distancia en Z del soporte para que no se adhiera en demasía a la pieza final.

el soporte se emplea cuando la pieza posee voladizos.

Si los ángulos de los voladizos son superiores a 45-50°

es necesario activar los soportes sino el hotend deposita

el material en el vacío y por lo tanto la forma se pierde.

ángulo de voladizo de soporte

patrón de soporte

§ LÍNEAS

§ REGILLA

§ ZIGZAG (el más usado)

§ CONCÉNTRICO

densidad de soporte

los soportes muchas veces son difíciles de retirar y producen

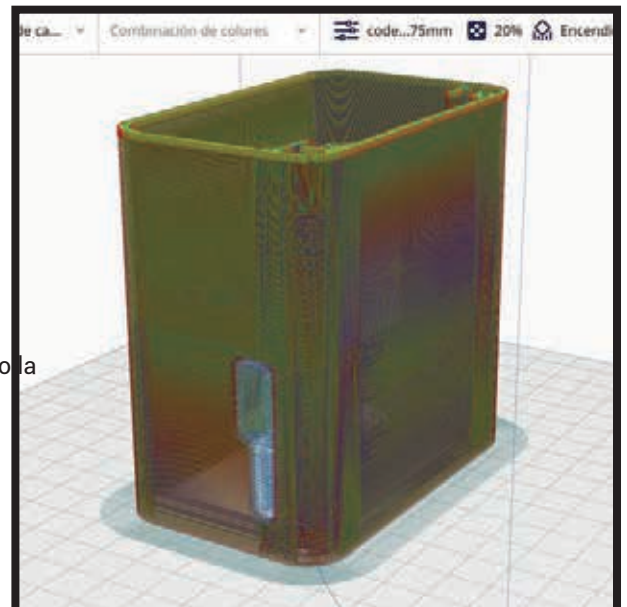
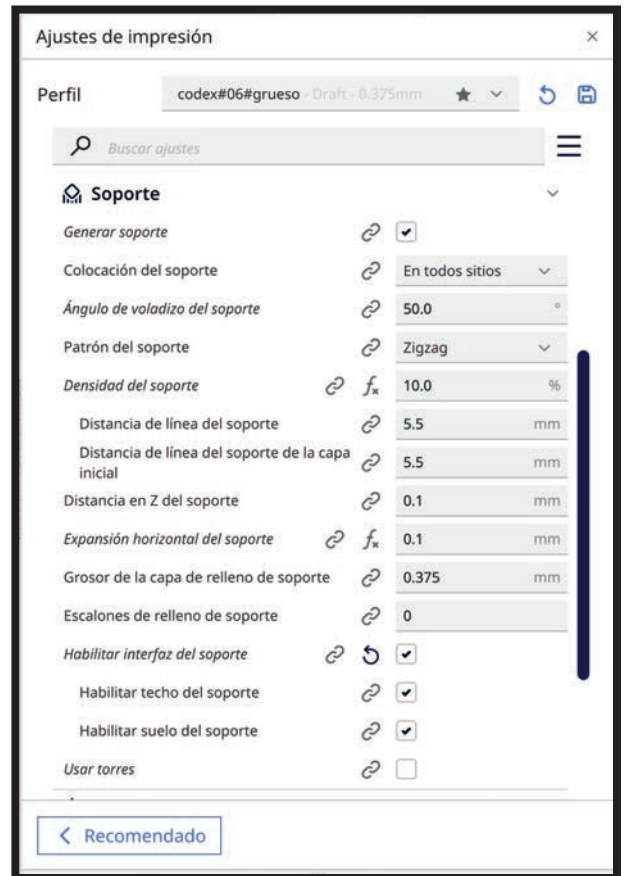
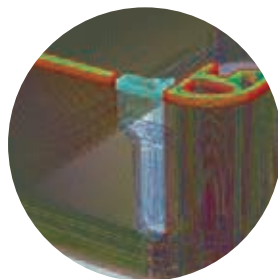
un acabado no deseado en la superficie de la pieza.

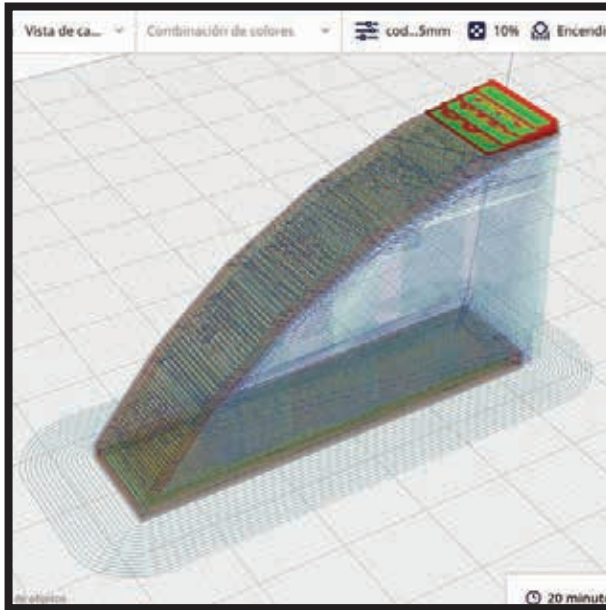
habilitar torres

ese emplea cuando hay pequeñas áreas en voladizo.



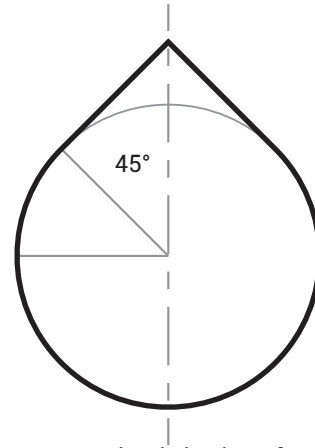
en este sector se queda sin sustentado la capa, por tal motivo hay que aplicar soportes



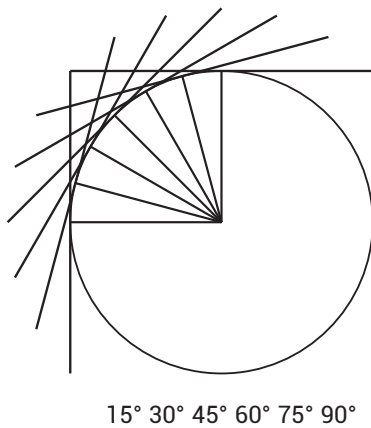


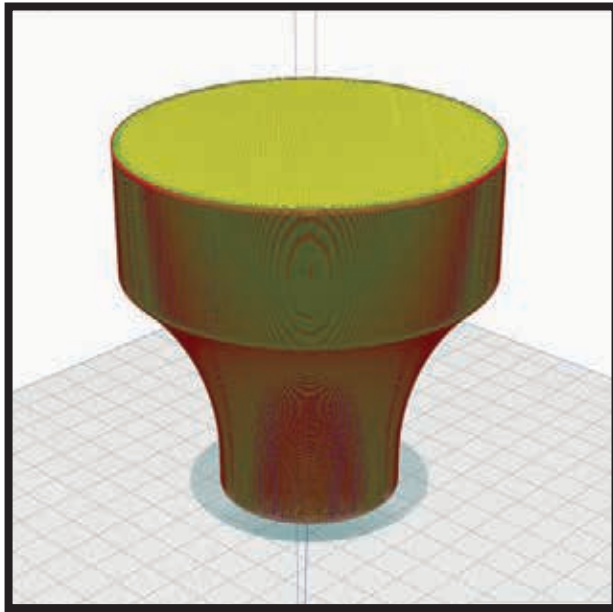
**TEST DE ÁNGULO DE VOLADIZO**

Se recomienda realizar la prueba de ángulo de voladizo para establecer el valor empíricamente, se realiza a través de "PART FOR CALIBRATION" en extensiones.

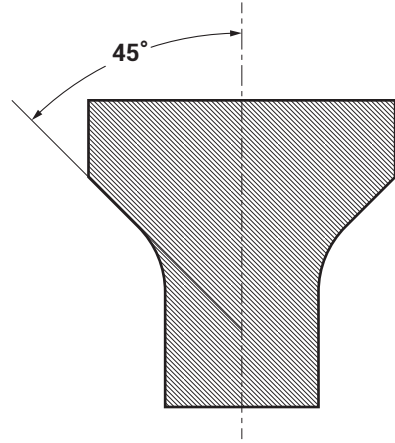


Si en el sector superior de la circunferencia, trazamos la tangente a la radio que forma 45 grados respecto el eje vertical, y la proyectamos hasta que se encuentre con la opuesta, tenemos una forma de gota que nos permite imprimir superficies cilíndricas verticales sin el empleo de soportes. Ya que siempre las capas superiores tienen donde apoyarse.

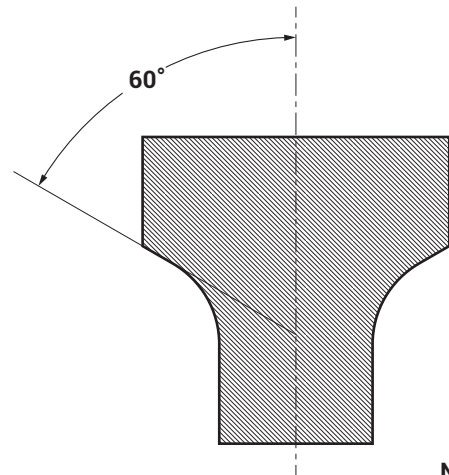
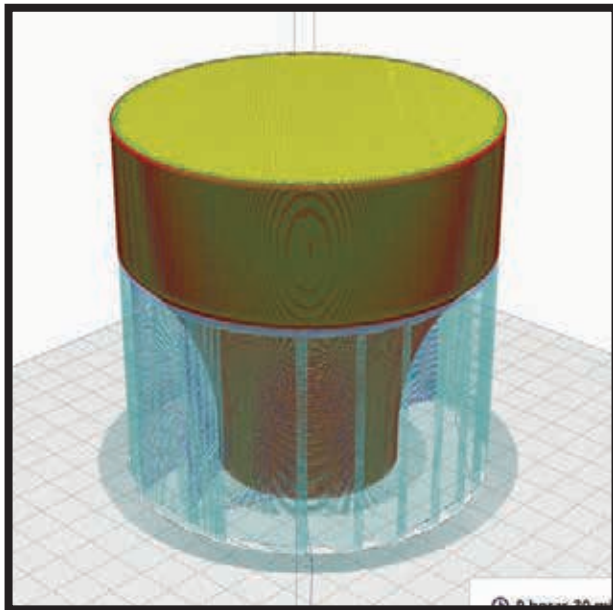




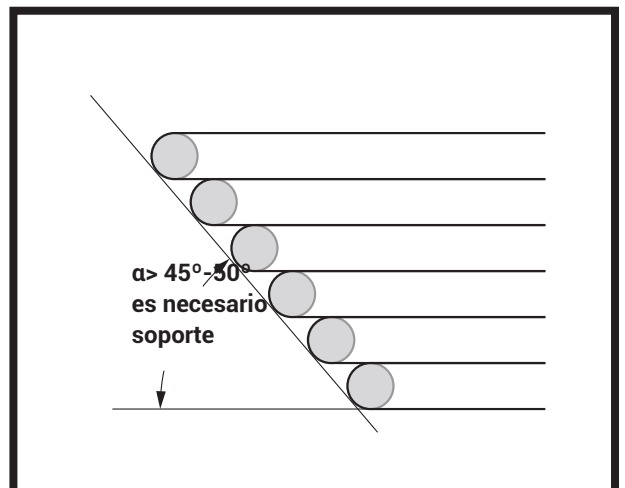
Ángulo de voladizo de soporte



No necesita soporte



Necesita soporte



## ADHERENCIA

Opera sobre como la pieza se fija a la cama caliente (base), para mantenerla estable y unida a la base durante el proceso de deposición de material.

Es muy necesario cuando trabajamos con materiales que poseen una contracción importante, por ejemplo: ABS. Siempre es necesario verificar la planitud de la cama en relación a la boquilla y el cero (0).

Podemos encontrar varios tipos de fijaciones; Tipo:

- SKIRT [FALDA]

Genera un muro perimetral a una distancia preestablecida, con el fin de proteger de las corrientes de aire. Ayuda a imprimir cuando la impresora es abierta.

- BRIM [BORDE]

Genera un borde perimetral con el fin de mejorar la adherencia de la pieza a la cama. No es fácil de extraer.

- RAFT [BALSA]

Genera una superficie en la cual posteriormente imprime la pieza. Ayuda cuando la cama no está bien nivelada. Es fácil de retirar.

