



9th International Interdisciplinary Congress on Renewable Energies, Industrial Maintenance, Mechatronics and Informatics

Booklets



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - Google Scholar DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID - V|LEX

Title: Experimental investigation of FFF process parameters using carbon fiber reinforced PETG material by Taguchi analysis

Authors: Martinez-Cervantes, J. Alana, Sánchez-Luis, Javier and Aguilar-Duque, Julian-I

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BCIERMMI Control Number: 2024-01
BCIERMMI Classification (2024): 241024-0001
RNA: 03-2010-032610115700-14
Pages: 18

Universidad Autónoma de Baja California LBI-1040-2024 0009-0003-3153-7521 1198704
 Universidad Autónoma de Baja California LBI-6376-2024 0000-0002-4275-5298 59140
 Universidad Autónoma de Baja California AAJ-1993-2020 0000-0002-6549-3040 279962

CONAHCYT classification:

Area: Engineering

Field: Engineering

Discipline: Industrial Engineering

Subdiscipline: Mechanical design

ECORFAN-México, S.C.

Park Pedregal Business. 3580,
Anillo Perif., San Jerónimo
Aculco, Álvaro Obregón,
01900 Ciudad de México, CDMX,
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

PRESENTATION CONTENT

Introduction

Methodology

Results

Annexes

Conclusions

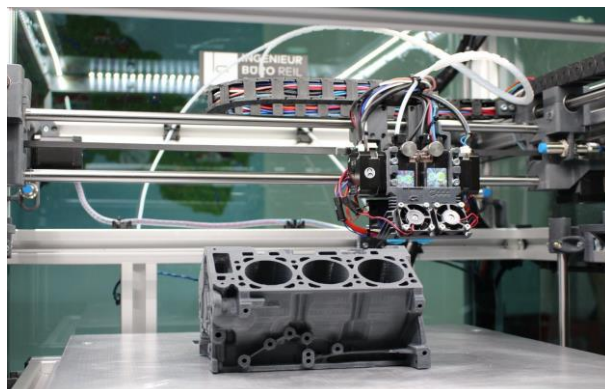
References



INTRODUCCIÓN

¿Qué es la manufactura aditiva?

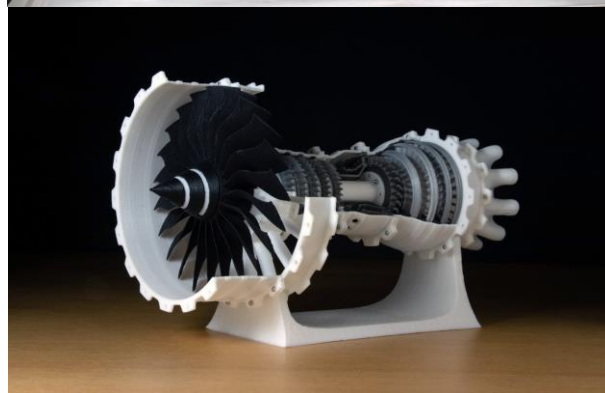
Automotriz
18%



Médica
52%



Aeroespacial
21%



Maquinaria y herramientas
37%



FACTORES QUE AFECTAN LAS CARACTERISTICAS DE IMPRESIÓN PARA LA RESISTENCIA DEL MODELO IMPRESO

Kechagias, John y Chaidas (2021) Estudiaron los principales indicadores de los objetos impresos en FFF para obtención de precisión dimensional. Los parámetros definidos fueron: temperatura de boquilla y altura de capa.

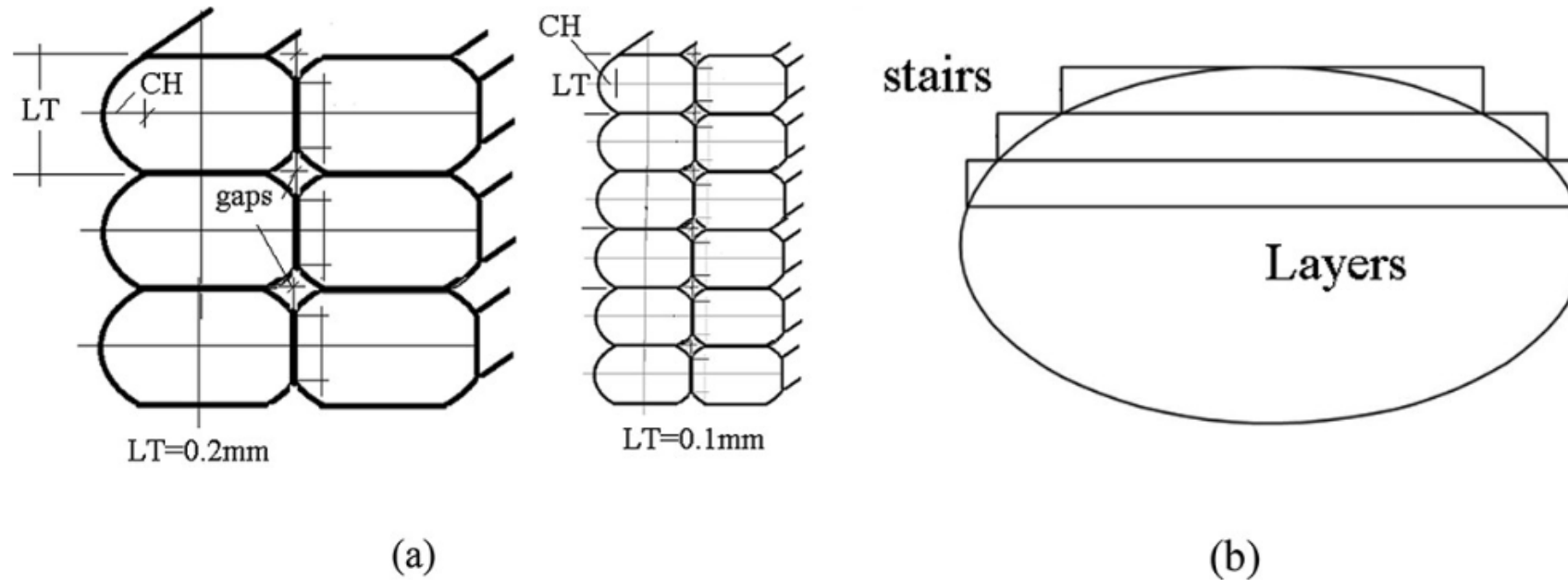


Figura 2: Kechagias, John y Chaidas (2021) (a) Espacios entre capas y (b) Fenómeno de escalera. Una investigación de la calidad de las piezas PLA/W fabricadas por FFF.



FACTORES QUE AFECTAN LAS CARACTERÍSTICAS DE IMPRESIÓN PARA LA RESISTENCIA DEL MODELO IMPRESO

Dey, Arup y Yodo (2019) Mencionaron que el espesor de la capa, la temperatura de impresión, la orientación de la construcción, la velocidad de impresión, el número de capas y el patrón de relleno son algunos de los parámetros FFF más comunes para mayor efecto en la precisión dimensional.

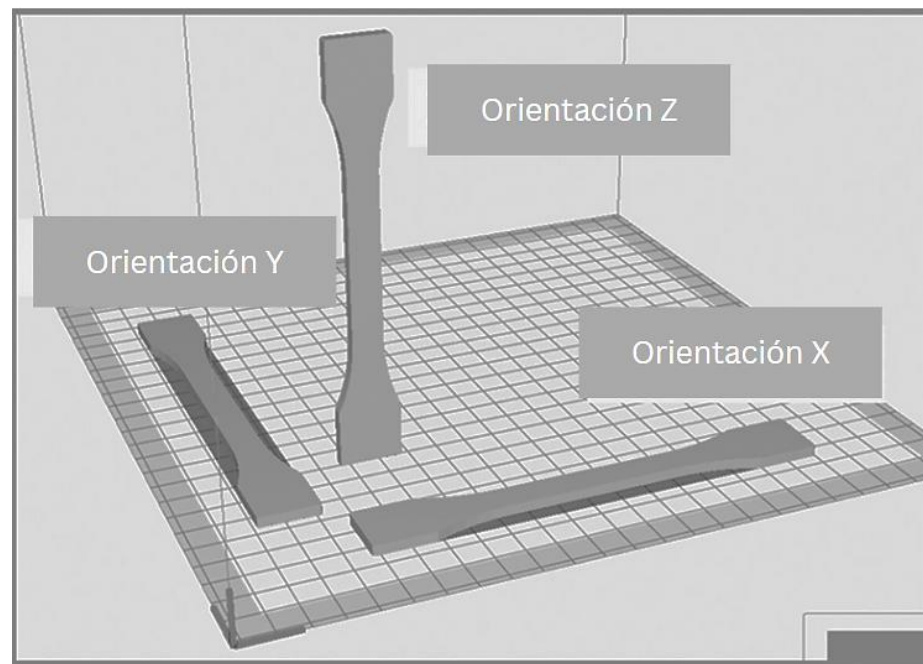


Figura 3: Orientación de construcción de la pieza, probetas ASTM D638



FACTORES QUE AFECTAN LAS CARACTERISTICAS DE IMPRESIÓN PARA LA RESISTENCIA DEL MODELO IMPRESO



Dey, Arup y Yodo (

***Figura 4:** Orientación de construcción de la
pieza, probetas ASTM D638*

FACTORES QUE AFECTAN LAS CARACTERISTICAS DE IMPRESIÓN PARA LA RESISTENCIA DEL MODELO IMPRESO

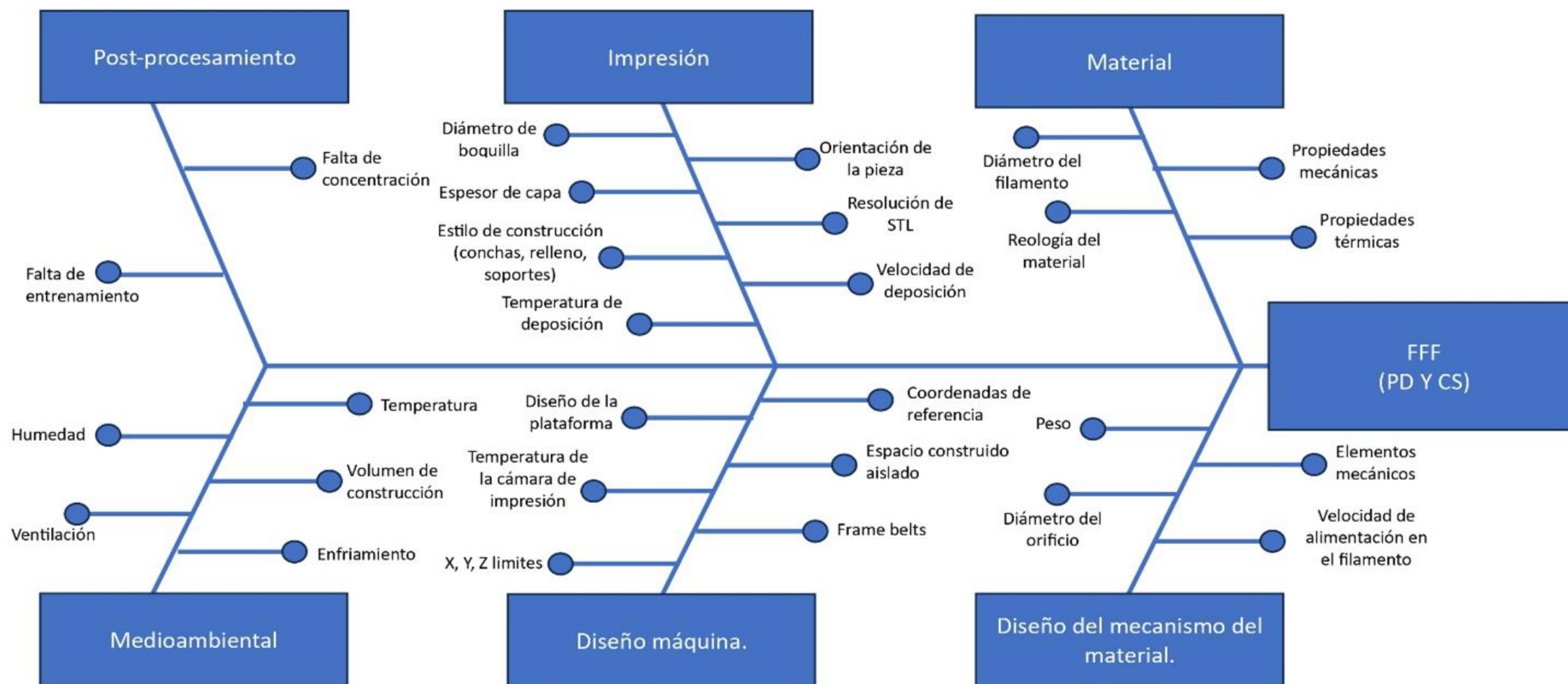


Figura 5: Diagrama de causa y efecto en el proceso FFF para mejorar la PD y CS.

METODOLOGÍA

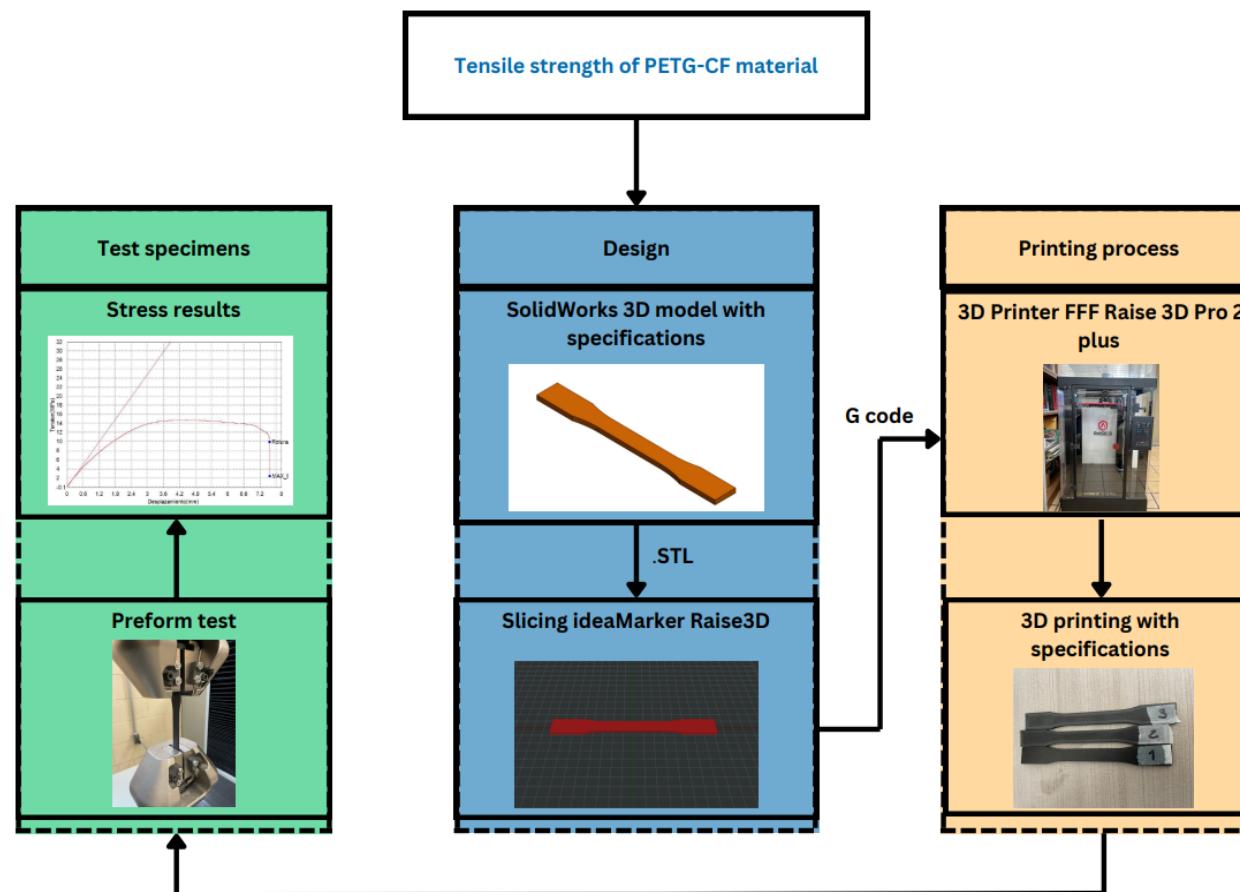


Figura 6: Metodología para la optimización de parámetros de resistencia a la tensión



RESULTADOS



Optimización de parámetros para la resistencia de tensiones para el PETG-CF

- El objetivo es optimizar los parámetros de impresión FFF para las resistencias de tensiones mecánicas aplicando el material (PETG-CF), con 80 % de Tereftalato de polietileno y 20 % de fibra de carbono.
- Se utilizó el software SolidWorks para realizar un diseño que cumpla con la norma ASTM D638-22. Figura 12

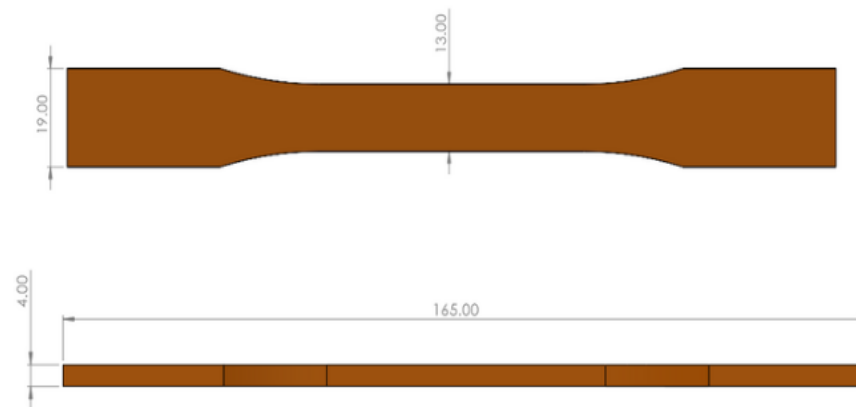


Figura 7: Modelo CAD de ASTM D638-22 tipo 1



RESULTADOS



Optimización de parámetros para la resistencia de tensiones para el PETG-CF

- Para estudiar los parámetros del proceso FFF se utilizó el diseño ortogonal de Taguchi para proporcionar un enfoque estructurado.
- Se realizó una prueba piloto para determinar varios parámetros de impresión FFF que influyen en la tensión y esfuerzos del modelo impreso en 3D.
- Se han considerado son el patrón de relleno, y y la densidad de, la altura de capa, la temperatura de boquilla, orientación de construcción θ . Tabla 4

Tabla 1: Parámetros de control de impresión FFF con 4 niveles cada uno

T= Triangulo, P= Panal, G= Giroide, L= Líneas.

Parámetros	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Patrón de relleno	T	P	G	L
Temp de boquilla (°C)	245	250	255	260
Orientación de trama (θ)	0	30	60	90
Altura de capa (mm)	0,3	0,25	0,2	0,15
Densidad de relleno (%)	25	50	75	100



RESULTADOS



Optimización de parámetros para la resistencia de tensiones para el PETG-CF

- En la tabla 2 se muestran los parámetros fijos, estos parámetros se seleccionaron conforme el fabricante del material específica.
- El grado de libertad apropiado para este experimento será la matriz ortogonal L16
- La relación señal-ruido es un parámetro de calidad que se utiliza para evaluar el efecto de factores de entrada en las respuestas.

Tabla 2: Parámetros de control de impresión FFF fijos.

Parámetros	Valor
Temperatura de cama	100 °C
Velocidad de impresión	50mm/s
Adhesión de construcción	Borde
Velocidad de superposición	100%
Velocidad de ventilador de capa	50%
Espesor de capa de relleno	0,1 mm
Espesor de pared	0,8 mm



RESULTADOS



Optimización de parámetros para la resistencia de tensiones para el PETG-CF

- La tabla 3 incluye el diseño experimental de los parámetros de fabricación FFF seleccionados para este experimento.
- Para evaluar las relaciones S/N, se ha utilizado el tipo de características de calidad, cuanto más grande, es mejor, que se muestra en la ecuación 1.

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left(\sum \frac{1}{n} \right) \quad [1]$$

Relación de señal a ruido: Mas grande mejor.

Tabla 3: Diseño experimental de los parámetros de impresión FFF utilizando la matriz ortogonal L16.

(EXP)= Experimento, (P.R)= Patrón de relleno, (TEMP)= Temperatura (°C), (O.T)= Orientación de trama (°), (A.C)= Altura de capa (mm), (D.R)= Densidad de relleno (%).

EXP.	P.R	TEMP	O.T	A.C	D.R
1	T	245	0	0,30	25
2	T	250	30	0,25	50
3	T	255	60	0,20	75
4	T	260	90	0,15	100
5	P	245	30	0,20	100
6	P	250	0	0,15	75
7	P	255	90	0,30	50
8	P	260	60	0,25	25
9	G	245	60	0,15	50
10	G	250	90	0,20	25
11	G	255	0	0,25	100
12	G	260	30	0,30	75
13	L	245	90	0,25	75
14	L	250	60	0,30	100
15	L	255	30	0,15	25
16	L	260	0	0,20	50

RESULTADOS

Optimización de parámetros para la resistencia de tensiones para el PETG-CF

- Obteniendo el archivo STL el modelo se divide en capas individuales y convierte el STL en código G usando el cortador ideaMaker 4.1.1 Raise3D como se muestra en la figura 17.

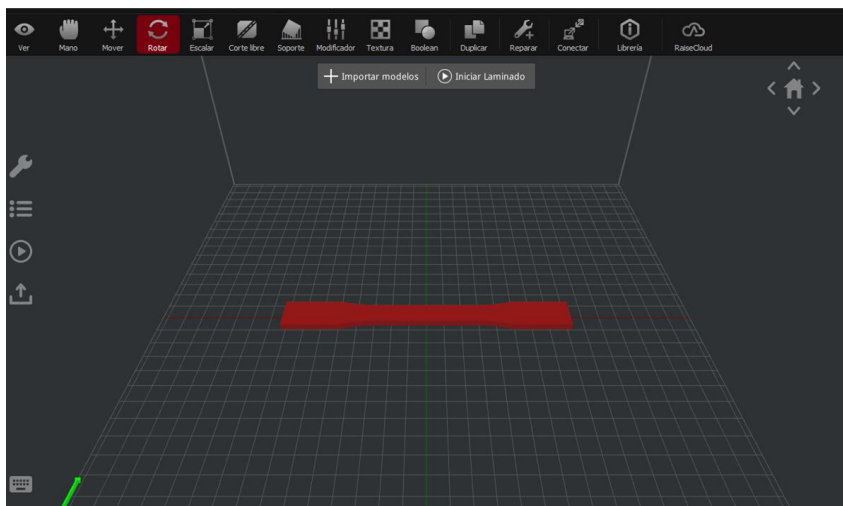


Figura 8: Modelos de la ASTM D638 en el cortador ideaMaker 4.1.1 Raise3D.

- El código G hace que las herramientas de la impresora 3D se muevan según la información de capa generada durante el proceso de corte. Se imprimieron 16 modelos de probetas con distintos parámetros.



Figura 9: Modelos de la ASTM D638 impresos en FFF con PETG-CF según el DOE de la matriz ortogonal L 16

RESULTADOS

Pruebas de ensayo de tensión

- Las pruebas se realizan en muestras con forma de mancuerna bajo pruebas de tracción estáticas para los distintos patrones de relleno líneas, triangulo, panal y giroide a diferentes densidades de relleno 25%, 50%, 75% y 100%. En la figura 10 se muestra cómo se sujeta la probeta en la máquina de tensión.
- La figura 11 muestra todas las probetas que fueron analizadas después de la fractura. La mayoría de las rupturas de los polímeros son dúctiles debido a la reorientación y el estiramiento del plástico en filiformes, esto hace que el material se deforme de una manera considerable.



Figura 10: Máquina de tensión realizando el trabajo de tracción en probeta.



Figura 11: Modelos de la ASTM D638 impresos en FFF con PETG-CF según el DOE de la matriz ortogonal L 16

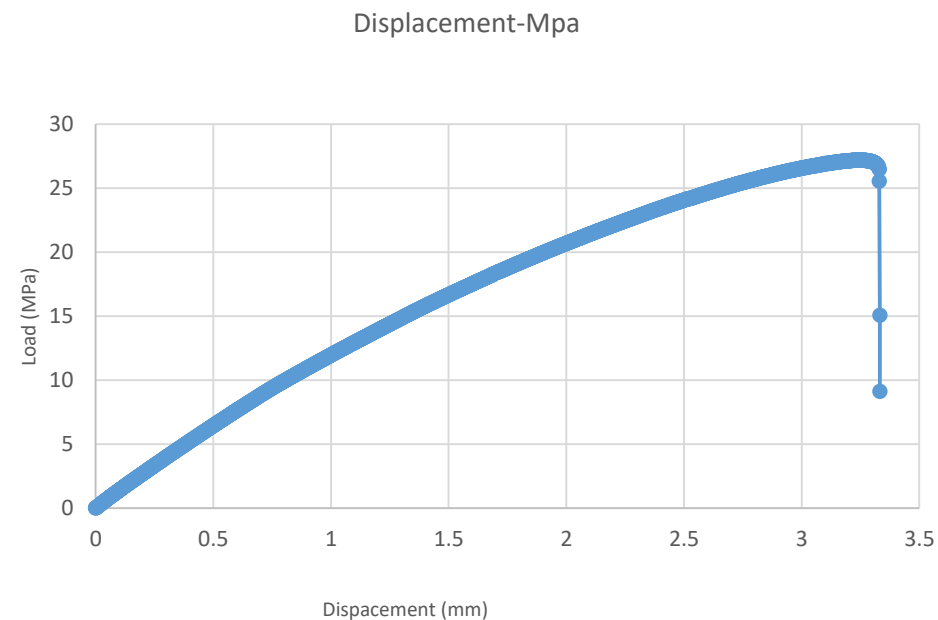


RESULTADOS



Mecanismos de daño en probetas

- Los resultados de las pruebas muestran que el comportamiento mecánico del material es elástico plástico.
- En la gráfica 1 se muestra la curva de fuerza desplazamiento de la probeta numero 4 con 27.19 MPa y con los siguientes parámetros; patrón de relleno “triangulo”, Temperatura de boquilla 260° C, Orientación de trama 90°, altura de capa 0,15 mm, Densidad de relleno 100%.



Grafica 1: Curvas de fuerza desplazamiento probeta 4.



RESULTADOS

Optimización de los parámetros de impresión para las resistencias de esfuerzos de tensión

Table 4

Resultados de tensión de probetas.

(EXP)= Experimento, (P.R)= Patrón de relleno, (TEMP)= Temperatura (°C), (O.T)= Orientación de trama (°), (A.C)= Altura de capa (mm), (D.R)= Densidad de relleno (%). (MPa)= Megapascuales.

EXP.	P.R	TEMP	O.T	A.C	D.R	MPa
1	T	245	0	0,30	25	15.94
2	T	250	30	0,25	50	24.46
3	T	255	60	0,20	75	24.66
4	T	260	90	0,15	100	27.19
5	P	245	30	0,20	100	23.20
6	P	250	0	0,15	75	19.45
7	P	255	90	0,30	50	18.28
8	P	260	60	0,25	25	17.65
9	G	245	60	0,15	50	17.38
10	G	250	90	0,20	25	15.50
11	G	255	0	0,25	100	22.94
12	G	260	30	0,30	75	21.65
13	L	245	90	0,25	75	18.29
14	L	250	60	0,30	100	26.58
15	L	255	30	0,15	25	13.94
16	L	260	0	0,20	50	15.98

- Los parámetros seleccionados para cada probeta fueron distintos y ciertos factores de ellos influyen en la zona en la que se rompe en las muestras. En la tabla 4 se muestran los resultados de tensión de las probetas impresas en 3D.

RESULTADOS

Optimización de los parámetros de impresión para las resistencias de esfuerzos de tensión

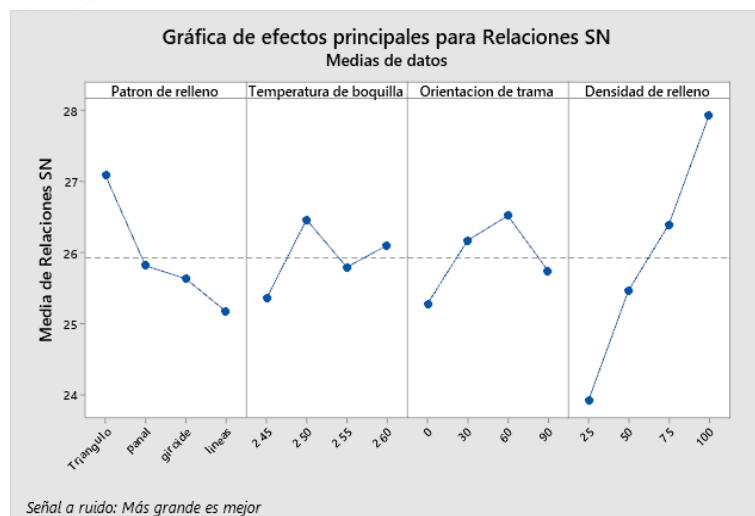


Figura 12: Grafica de efectos principales para relaciones (S/N).

- El parámetro óptimo para una mayor resistencia y es cuando el patrón de relleno triangular, la temperatura de la boquilla es de 250° C, la orientación de trama es de 60°, la altura de capa de 0,30 mm y la densidad de relleno es del 100%.

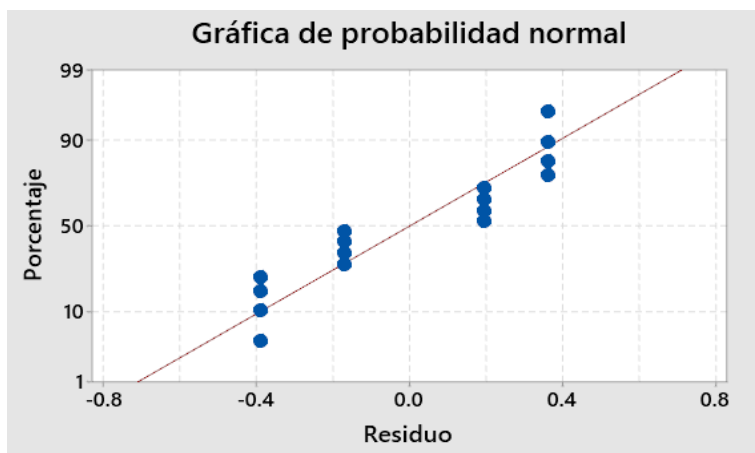


Figura 13: Grafica de probabilidad normal

Table 5

Respuesta para relaciones de señal a ruido (S-N).

(EXP)= Experimento, (P.R)= Patrón de relleno, (TEMP)= Temperatura (°C), (O.T)= Orientación de trama (°), (A.C)= Altura de capa (mm), (D.R)= Densidad de relleno (%).

	P.R	TEMP	O.T	A.C	D.R
1	26.56	25.36	25.26	26.06	23.94
2	25.74	26.20	25.91	26.00	25.11
3	25.59	25.40	26.23	25.47	26.11
4	25.17	26.10	25.66	25.53	27.90
Delta	1.39	0.84	0.97	0.59	3.95
Rango	2	4	3	5	1



RESULTADOS

Optimización de los parámetros de impresión para las resistencias de esfuerzos de tensión

Table 6

Tabla del resultado ANOVA

FUENTE	GL	SC Sec.	SC Ajust	MC Ajust	F	P
P.R	3	45.809	45.809	15.270	9.46	0.049
TEMP	3	16.641	16.641	5.547	3.44	0.169
O.T	3	20.103	20.103	6.701	4.15	0.136
D.R	3	178.404	178.404	59.468	36.84	0.007
ERROR	3	4.842	4.842	4.842		
TOTAL	15	265.799				

- Los datos se analizan de una manera mas a fondo utilizando el ANOVA cual resultado se muestra en la tabla 6

Table 7

Parámetros óptimos de impresión con respecto a la resistencia de tensión.

P.R	TEMP	O.T	A.C	D.R
T	250	60	0,30	100

- El parámetro de impresión 3D optimo obtenido mediante el método de Taguchi con mayor característica que se muestra en la tabla 7.



Conclusiones



El desarrollo de un nuevo material compuesto PETG-CF mediante la fabricación aditiva mediante pruebas experimentales fue un éxito.

- Utilizando la característica “mas grande es mejor” del método Taguchi, se observó el esfuerzo de tensión máximo cuando la densidad de relleno es de 100%; el patrón de relleno es triangular; la orientación de trama es de 60°; la temperatura de la boquilla es de 250°C; la altura de capa es de 0.3mm.
- El análisis ANOVA de los datos ha demostrado que 4 de los parámetros seleccionados influyen bastante y son importantes para la resistencia a la tensión, ya que su valor p es muy cercano a 0. La resistencia a la tensión estuvo altamente influenciada por la densidad de relleno con una contribución de 178.404, seguida del patrón de relleno con una contribución del 45.809.



ECORFAN®

© Ecorfan-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162, 163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169, 209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of Ecorfan-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)