

## APLICACIONES PARA IMPRESIÓN 3D EN EL ÁMBITO DE LA MANUFACTURA

**César Antonio Trujillo Pérez**

*Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Azcapotzalco,  
Instituto Politécnico Nacional  
cesarantonio.1@hotmail.com*

**Felipe de Jesús García Monroy**

*Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Azcapotzalco,  
Instituto Politécnico Nacional  
fjgarcia@ipn.mx*

**Ricardo Cortez Olivera**

*Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Azcapotzalco,  
Instituto Politécnico Nacional  
rcortez@ipn.mx*

### Resumen

*Diariamente la tecnología aplicada a las impresoras 3D es cada vez más avanzada, logrando una alta calidad en las piezas impresas, además de ocupar materiales novedosos, económicos, y con un amplio rango de aplicaciones. Desde materiales estéticos, hasta materiales prácticos, la impresión 3D es una tecnología que está permitiendo realizar no solamente prototipos, sino piezas completamente funcionales. El objetivo de esta investigación es crear un antecedente sólido de que este tipo de tecnología se puede aplicar más allá de un simple prototipado. La forma más clara de demostrarlo, es a través del cálculo de las propiedades físicas de algún material de impresión 3D, especialmente el PLA reforzado con fibra de carbono, y, basado en estas propiedades, señalar una aplicación directa y benéfica de este material.*

*Palabras clave: Impresión 3D, Fibra de carbono*

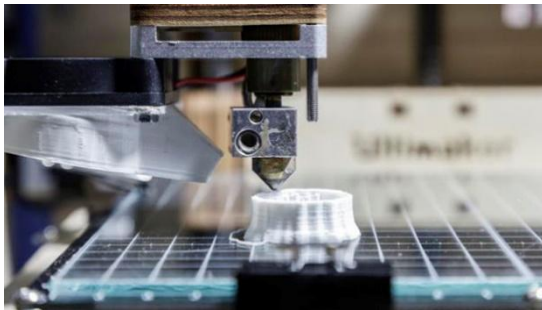
La impresión 3D es una tecnología aplicada a la fabricación de un objeto

sólido a través de un diseño digital realizado en algún programa CAD. Esta tecnología aparece en varias presentaciones, ya sea por medio de estereolitografía, sintetizado selectivo por láser, o por moldeo por deposición fundida, siendo esta última la más conocida.

Luzadder (1994), establece que:

las compañías manufactureras han demostrado un interés cada vez mayor en relacionar el diseño con la manufactura a fin de reducir el tiempo de producción, reducir los costos del departamento de dibujo simplificar la producción y aumentar la precisión.

Esta tecnología consta del uso de varios motores a pasos para trasladar un extrusor sobre la superficie de una mesa caliente, a la vez que éste extruye plástico fundido en forma de líneas sobre la mesa, realizando una pieza capa por capa, línea por línea.



*Ilustración 1. Extrusor de impresora 3D*

Esta tecnología se ha empleado casi exclusivamente para el desarrollo de piezas estéticas o prototipos, desde su creación en 1984, pero no fue sino hasta hace unos años que empezó a expandirse a ámbitos aplicativos.

Esta expansión nos lleva a preguntar; ¿La impresión en 3D será suficiente para crear una pieza funcional que realmente se aplique dentro de un automóvil, o máquina?

En la actualidad existe una gran variedad de materiales para impresión 3D, con propiedades especializadas, uno de estos materiales es el PLA reforzado con fibra de carbono.

¿Podrá este material ser utilizado para crear una refacción automovilística, o alguna pieza de trabajo pesado?

Para poder contestar satisfactoriamente esta pregunta, primero se realizarán diferentes ensayos destructivos sobre este material, con fin de obtener sus propiedades mecánicas, y con éstas, se podrá delimitar en que aplicaciones resulta ser útil.

“La mecánica de materiales constituye una rama de mecánica aplicada que estudia el comportamiento de los cuerpos sólidos sometidos a varios tipos de cargas”, como lo establece Timoshenko (1986).

Como fue mencionado anteriormente, se realizarán ensayos destructivos sobre el material para determinar sus propiedades físicas, las cuales abarcan tensión, compresión, dureza, impacto y desgaste, entre otros.

Las dimensiones de las probetas de tensión e impacto son las indicadas por la norma

NMX-B-310-1981. Métodos de prueba a la tensión para productos de acero.

“Deformación es el cambio en forma y tamaño de un cuerpo cuando se le aplican fuerzas”, según Gamio (2014).

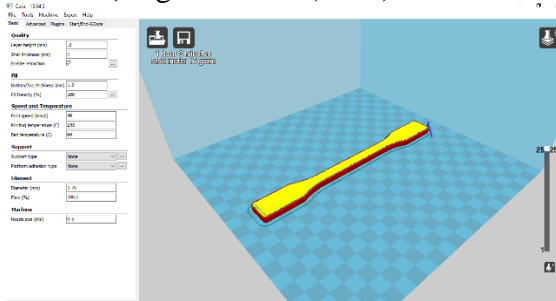


Ilustración 2. Interfaz de CURA para la impresión de una probeta de tensión.

Cada una de las probetas se imprimió al 100% de relleno, con una altura de capa de 0.2mm, un espesor de pared de 1.5mm, un espesor superior e inferior de 1.2mm, a una temperatura de 245°C.

Las probetas fueron impresas en una impresora Prusa i3 Anet A8, con una boquilla de acero inoxidable de 0.5mm de diámetro de extrusión.



Ilustración 3. Impresión de una probeta de tensión.

Las características que este material posee complican su correcto análisis, ya que no

es un material *homogéneo*, debido a que es un material compuesto por PLA con incrustaciones de fibra de carbono, y no es un material *isoentrópico*, esta característica no se debe precisamente al material, sino al proceso de impresión; las piezas se realizan capa por capa, por lo que sus propiedades son diferentes según la *dirección y orientación* de las cargas que se le apliquen, por lo que es muy diferente su comportamiento frente a una carga paralela a sus capas que a una carga que este perpendicular a estas.

Tomando en consideración este conjunto de características, todas las probetas serán impresas en diferentes orientaciones, para poder determinar sus diferentes propiedades en diferentes orientaciones.

Todos los ensayos fueron realizados dentro de las instalaciones de ESIME Unidad Azcapotzalco

## TENSIÓN

Para los ensayos de tensión, se imprimieron 9 probetas, 3 en orientación horizontal, 3 lateral, y 3 verticales.

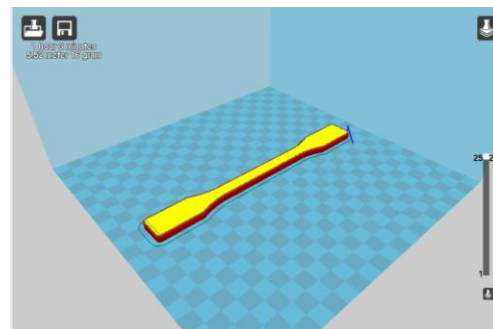
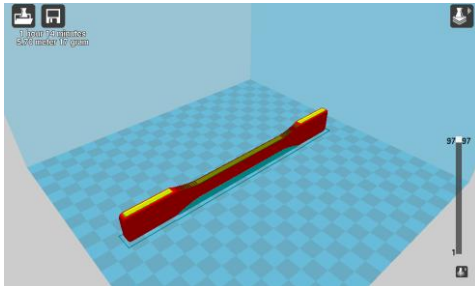
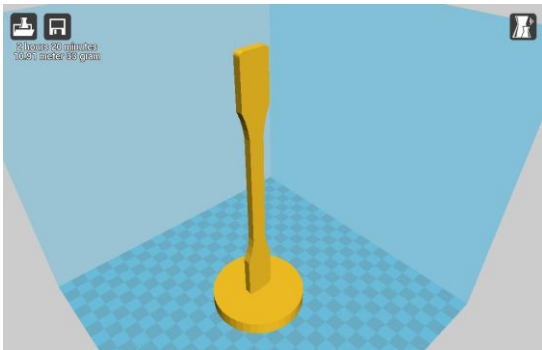


Ilustración 4. Probeta de tensión en orientación horizontal.

Mott (1996), establece que “el momento flexionante, que actúa en el interior de un elemento, hace que éste se flexione y desarrolle esfuerzos en sus fibras”.



*Ilustración 5. Probeta de tensión en orientación lateral.*



*Ilustración 6. Probeta de tensión en orientación vertical.*

Estos ensayos se realizaron en una máquina shimadzu, ubicada en el laboratorio de ciencias de materiales de ESIME Azcapotzalco.

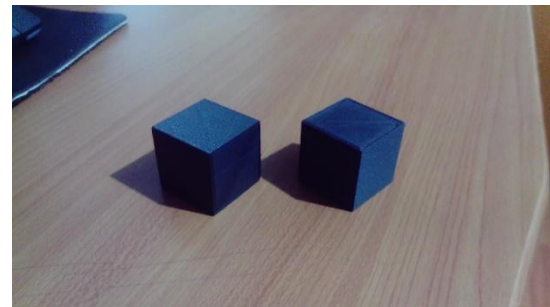


*Ilustración 7. Realización del ensayo a tensión.*

Los ensayos se realizaron aumentando la carga aplicada a la probeta hasta el fallo de esta, midiendo la carga aplicada y la deformación que esta producía.

## COMPRESIÓN

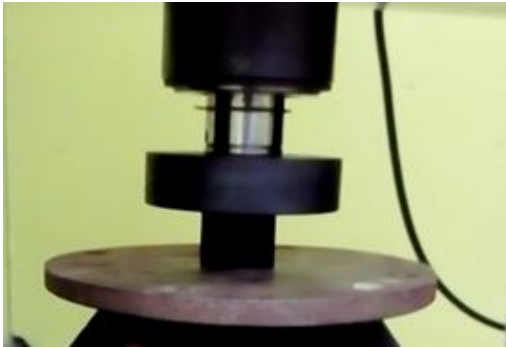
Para los ensayos de compresión se imprimieron 4 probetas cúbicas de 3cm por lado, estas probetas son exactamente iguales entre sí, solo que la carga a compresión se aplicará en diferentes direcciones. (Perpendicular y paralelo a las capas de la probeta.)



*Ilustración 8. Probetas para compresión.*

Los ensayos se realizaron en la misma máquina shimadzu donde se realizaron los ensayos a tensión, de igual forma midiendo carga y deformación, con la

condición de ser 9500 Kg la carga máxima.



*Ilustración 9. Realización del ensayo a compresión.*

### **DUREZA**

Los ensayos de dureza fueron realizados en la vocacional número 8, en el laboratorio de plásticos, con el uso de un durómetro escala Shore A y un durómetro Shore D. Estos ensayos fueron realizados sobre otras probetas cúbicas, esta vez de 2.5cm por lado. La dureza fue medida en orientación tanto paralela como perpendicular a sus capas.



*Ilustración 10. Realización de ensayo de dureza.*

### **DESGASTE**

Los ensayos de desgaste fueron realizados en una máquina de desgaste en el laboratorio de ciencias de materiales en ESIME Unidad Azcapotzalco. Las dimensiones de las probetas de desgaste están basadas en la norma ASTM G65.



*Ilustración 11. Probetas para ensayo de desgaste.*

El ensayo se realizó con la carga mínima de 5Kg de contacto, sin ocupar ningún tipo de abrasivo o lubricante original.





*Ilustración 12. Ensayo de desgaste.*

El ensayo terminó sin conclusión, debido a que las probetas del ensayo alcanzaron temperatura suficiente para ser maleables, por lo que, en vez de desgastarse, se deformaron.



*Ilustración 13. Probetas de desgaste deformadas.*

El ensayo se repitió con un termómetro infrarrojo presente, con el objetivo de determinar la temperatura máxima de trabajo del material.

### IMPACTO

Para los ensayos de impacto, se imprimieron 9 probetas, de la misma manera que se imprimieron las probetas para los ensayos de tensión, siendo 3 en orientación lateral, 3 en orientación horizontal, y 3 en orientación vertical. Las dimensiones de estas probetas están dadas por la norma ISO -179 -1. Los ensayos son del tipo Charpy.



*Ilustración 14. Probetas para impacto.*

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de ciencias materiales en ESIME Unidad Azcapotzalco, con el fin de medir la tenacidad que posee el material. Estos mismos ensayos se realizaron empleando un péndulo, calibrado para generar un impacto de 15J, y graduado para medir la energía absorbida por la probeta.



*Ilustración 15. Péndulo para ensayos de impacto.*

### RELACIÓN DE POISSON

Para esta propiedad, se repitieron los ensayos de compresión, con probetas cúbicas de 2.5cm por lado, aplicando la

carga máxima que se encuentra en su límite elástico. Se toman las medidas antes del ensayo, y las medidas durante el ensayo, para así realizar los cálculos necesarios para definir su relación de Poisson.

## DENSIDAD

La densidad del material fue medida de forma sencilla, imprimiendo un cubo de 1cm por lado y pesándolo en una báscula de precisión.

## RESULTADOS

Ocupando los resultados obtenidos por los ensayos anteriores, se realizó el cálculo de diferentes propiedades mecánicas, y todas se listaron en la siguiente tabla:

## CONCLUSIONES

Las propiedades presentadas por el material son definitivamente sobresalientes, aunque no coinciden con la hoja de datos ofrecida por el fabricante del mismo.

La más grande ventaja que ofrece este material, reside en su uso en la impresión 3D, la cual puede de forma sencilla darle forma a este material para generar una pieza de geometrías complejas, o bien, generar una pieza que sería demasiado difícil o caro reproducir en algún otro método de manufactura.

Su más grande limitante es su temperatura máxima de trabajo, la cual, aunque es

bastante alta para un polímero de impresión 3D, resulta ser ineficiente en el uso de máquinas de trabajo pesado, o bien, en el interior de un motor de combustión interna, que maneja temperaturas suficientemente altas para volver inestable y maleable al material.

Tabla 1. Características del material.

COLORFABB XT-CF20		
MÓDULO ELÁSTICO(GPa)		
	TENSIÓN	COMPRESIÓN
HORIZONTAL	1.045	.7342
LATERAL	1.441	.7342
VERTICAL	.823	.6335
ESFUERZO DE SEDENCIA(MPa)		
	TENSIÓN	COMPRESIÓN
HORIZONTAL	24	38
LATERAL	35	38
VERTICAL	12	20
DUREZA		
	SHORE A	SHORE D
PERPENCICULAR	156.3	58.2
PARALELA	156.4	57.9
TEMPERATURA DE TRABAJO		
TEMPERATURA ESTABLE DE TRABAJO	60-75°C	
TEMPERATURA DE FALLO	87°C	
TENACIDAD (KJ/m <sup>2</sup> )		
HORIZONTAL	5.555	
LATERAL	7.142	
VERTICAL	2.777	
RELACIÓN DE POISSON		
	$\gamma_{xz}$	$\gamma_{yz}$
PARALELO	.052	.222
PERPENDICULAR	.11	.11
DENSIDAD = 1.13g/cm <sup>3</sup>		

La impresión 3D es una tecnología que contiene un gran potencial, el cual aún no ha sido completamente explotado, pero continúa siendo un tema sobre el cual se puede hacer mucha investigación, con la promesa de encontrar aplicaciones sumamente útiles, que resulten en la fabricación más económica y accesible, de piezas que de otra forma, se encuentran fuera del presupuesto de una persona de la vida cotidiana.

#### REFERENCIAS

Gamio Arisnabarreta Luis Eduardo (2014). *Resistencia de materiales Teoría y aplicaciones*. Perú: Macro EIRL.

Luzadder Warren J. Duff Jon M. (1994). *Fundamentos de dibujo en ingeniería*. México: Pearson.

Mott, P. E. Robert L. (1996). *Resistencia de materiales aplicada*. México: Prentice Hall Hispanoamericana, S. A.

Timoshenko Stephen P. Gere James M. (1996), *Mecánica de Materiales*. México: Grupo Editorial Iberoamérica.

A pesar de la incapacidad del material de poder trabajar dentro de un motor, o bien, sustituir piezas que normalmente serían de aluminio, la tecnología de la impresión 3D ya se ha utilizado anteriormente de manera exitosa para la impresión de tableros de auto, salpicaderas para tráileres, faros, calaveras, y refacciones automovilísticas de fines estéticos en general.

Para estos fines refaccionarios, se debe tener en mente la existencia de muchos otros materiales de impresión 3D, tales como materiales flexibles, que podrían servir como cobertura para los pedales de los frenos, o materiales texturizados, que podrían utilizarse para los aditamentos internos de un automóvil, refacciones de ventiladores, palancas, marcos para retrovisores, etc.