



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE
INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS ESCUELA DE
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

TEMA:

**“CARACTERIZACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS
MATERIALES DE IMPRESIÓN 3D SOMETIDOS A
QUÍMICOS ABRASIVOS”**

AUTOR: Christian Mauricio Ushiña Vela

DIRECTOR: MSc. Cosme Damián Mejía Echeverría

IBARRA – ECUADOR

2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040157935-4		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Ushiña Vela Christian Mauricio		
DIRECCIÓN:	Dr. Cristóbal Tobar Subia, Dr. Luis Madera (Sector el Olivo)		
EMAIL:	cmushinav@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	022644230	TELÉFONO MÓVIL:	0979210288

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Caracterización de la resistencia de los materiales de impresión 3D sometidos a químicos abrasivos.
AUTOR (ES):	Ushiña Vela Christian Mauricio
FECHA: DD/MM/AAAA	03/06/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	MSc. Mejía Echeverría Cosme Damián



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 3 días del mes de junio de 2021

EL AUTOR:

(Firma) *Christian Ushiña*

Nombre: Ushiña Vela Christian Mauricio



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

Msc. Cosme Mejía director de la tesis de grado desarrollado por el señor estudiante Ushiña Vela Christian Mauricio.

CERTIFICA

Que el proyecto de tesis de grado con el título "**CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE IMPRESIÓN 3D SOMETIDOS A QUÍMICOS ABRASIVOS**", ha sido realizado por el señor estudiante Ushiña Vela Christian Mauricio, para obtener el título de Ingeniería en Mecatrónica. Se ha revisado que el trabajo se encuentra concluido para ser presentado en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Mecatrónica, y fue juzgado por el tribunal correspondiente.



COSME DAMIAN
MEJIA
ECHEVERRIA

Msc. Cosme Mejía

DIRECTOR DE GRADO

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a Dios por llenarme de muchas bendiciones que alegran mi día a día, mi profundo agradecimiento a mis padres Cristina y Eduardo que son un pilar fundamental de cada logro y meta cumplida, agradecerle a mi hermano Jeans Carlo y mis hermanas Paola, Johana y Alison, sin dejar de lado a mis abuelitos maternos Carlos y Etelvina, mis abuelitos paternos Ángel y Fanny, que han sido personas que siempre me apoyaron y nunca me han dejado solo en cada paso que he dado siempre he contado con su bendición.

Un agradecimiento muy especial a mis tíos Carlos (Cachito) y Polo por su preocupación, apoyo y sobre todo el cariño que me brindan sin ustedes hubiese sido más complejo lograr mis metas mil gracias y siempre estaré agradecido por todo. Son muchos para mencionarlos, pero agradezco a toda mi familia que con altos y bajos siempre me han dado una mano cuando más la he necesitado.

A Hugo, Fernando y Daniel que llegaron a ser como mis hermanos por todo el tiempo, anécdotas que pudimos compartir en todo el trayecto de nuestra vida universitaria y sobre todo por el apoyo, la ayuda que me brindaron para poder lograr esta grande hazaña muchas gracias.

Finalmente quiero agradecer a mis tutores que confiaron en mí, en mis capacidades y me apoyaron en todo momento para cumplir y realizar un buen trabajo.

Christian U.

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mis padres, hermanas, hermano abuelitos, tíos y sobrinos que el sacrificio y apoyo que todos realizaron por verme triunfar y culminar una meta en mi vida no ha sido en vano; de manera especial a mi madre que todo esfuerzo que ha dedicado por guiarme y apoyarme para cumplir mis sueños que ahora podremos decir lo logramos.

A mis abuelitos maternos que me siempre me supieron aconsejar y guiar en todo momento y sobre todo que nunca me han desamparado, siempre he caminado con su bendición, este triunfo lo dedico y comparto con ustedes.

A mis grandes y buenos amigos que siempre han estado para brindarme su apoyo y compartir de sus conocimientos que han sido de mucha importancia para poder logra este trabajo.

Christian U.

RESUMEN

Como objetivo principal de este trabajo es la caracterizar las propiedades mecánicas del PLA utilizado para la impresión 3D, realizando impresión de probetas que son expuestas a diferentes químicos abrasivos entre ellos tenemos el alcohol, hipoclorito y amonio cuaternario durante un determinado tiempo para que al finalizar someter las probetas a un ensayo mecánico de tracción.

El diseño de las probetas se las ha realizado utilizando SolidWorks®, tomando como referencia la norma ASTM D638-14 que es para ensayos a tracción. Los parámetros que se han utilizado para la impresión de las probetas han sido en las mismas condiciones en que se ha fabricado los visores de protección facial, para ello se utilizó la impresora 3D Ender 3 Pro, se imprimieron un total de 140 probetas que se distribuyeron 5 probetas para realizar los ensayos en condiciones estándar y 45 probetas para alcohol, hipoclorito y amonio respectivamente.

Las probetas luego de ser impresas y sometidas por un lapso de 9 semanas a los diferentes químicos y secado de las mismas se proceden a realizar los ensayos mecánicos de tracción para lo cual se utilizó la maquina Titan James Heal 10. Una vez obtenido todos los datos de los ensayos realizados se analizó las curvas características y se graficaron las tablas de resultados de esfuerzo-semana y deformación-semana.

Finalmente, una vez que se analizó estos resultados se pudo determinar que el alcohol es el químico más abrasivo y que la vida útil del material expuesto a estos químicos será de cuatro semanas.

ABSTRACT

The main objective of this investigation work is to characterize the mechanical properties of PLA used for 3D printing, printing test tubes that are exposed to different abrasive chemicals, including alcohol, hypochlorite, and quaternary ammonium for a certain time so that at the end of submitting the specimens to a mechanical tensile test.

The design of the specimens has been made using SolidWorks®, taking as reference the ASTM D638-14 standard, which is for tensile tests. The parameters that have been used for the printing of the test tubes have been in the same conditions in which the face protection visors have been manufactured, for this, the Ender 3 Pro 3D printer was used, a total of 140 test tubes were printed and distributed 5 test tubes for testing under standard conditions and 45 test tubes for alcohol, hypochlorite, and ammonia, respectively.

After being printed and subjected to different chemicals and drying for a period of 9 weeks, the specimens were carried out with mechanical tensile tests, for which the Titan James Heal 10 machine was used. Once all the data had been obtained from the tests carried out, the characteristic curves were analyzed, and the tables of stress-week and strain-week results were plotted.

Finally, once these results were analyzed, it was possible to determine that alcohol is the most abrasive chemical and that the useful life of the material exposed to these chemicals will be four weeks.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
Problema	1
Objetivos	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	2
Alcance del Proyecto	2
Justificación	3
CAPÍTULO 1	4
1. MARCO REFERENCIAL	4
1.1. Marco Teórico	4
1.1.1. Manufactura Aditiva	4
1.1.2. Métodos de fabricación aditiva	4
1.1.2.1. Binder Jetting (Inyección Aglutinante)	5
1.1.2.2. Material Jetting (Polyjet)	5
1.1.2.3. Deposición directa de energía	6
1.1.2.4. Estereolitografía	6
1.1.2.5. Fusión por lecho de polvo	7
1.1.2.6. Material de extrusión	8
1.1.3. Materiales de impresión	9
1.1.3.1. Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)	9
1.1.3.1.1. Estructura del ABS	10
1.1.3.2. Ácido Poliláctico (PLA)	10
1.1.3.2.1. Estructura del PLA	11
1.1.4. Métodos de Caracterización	12
1.1.4.1. Ensayo de Tracción	12
1.1.5. Químicos abrasivos	14
1.1.5.1. Alcohol Antiséptico	14
1.1.5.2. Cloro	14
1.1.5.3. Amonio cuaternario	14
CAPÍTULO 2	16

2.	METODOLOGÍA	16
2.1.	Procedimiento para ensayos y diseño de probetas	16
2.1.1.	Ensayo a tracción	16
2.1.2.	Diseño de probetas	17
2.1.3.	Características de impresora 3D	18
2.1.4.	Impresión de probetas	19
2.1.5.	Químicos abrasivos para desinfección	20
2.2.	Configuración del experimento	21
2.2.1.	Detalle de exposición de probetas frente a químicos	21
2.2.2.	Etiquetado de probetas	21
2.3.	Ejecución del experimento	22
2.3.1.	Proceso de secado de probetas	23
2.4.	Ensayo mecánico a tracción	24
CAPÍTULO 3		25
3.	PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	25
3.1.	Diagramas de deformación – semana	25
3.2.	Diagramas de esfuerzo – semana	28
CAPÍTULO 4		31
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
4.1.	Conclusiones	31
4.2.	Recomendaciones	32
Bibliografía		33
ANEXOS		36
Anexo 1. Plano de probeta		37
Anexo 2. Hoja de Procesos		38
Anexo 3. Datasheet filamento PLA		39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Métodos de Fabricación Aditiva.....	4
Figura 2. Esquema de Fabricación con el Método Binder Jetting.....	5
Figura 3. Esquema de una Impresora 3D Material Jetting	6
Figura 4. Proceso de Deposición Directa de Energía.....	6
Figura 5. Esquema de la Técnica de Estereolitografía Láser	7
Figura 6. Proceso de Fusión de Lecho de Polvo	8
Figura 7. Esquema del Proceso de Fabricación con Material de Extrusión [18].....	8
Figura 8. Deposición de Material Termoplástico	9
Figura 9. Estructura del ABS	10
Figura 10. Estructura del Ácido Poliláctico	11
Figura 11 Esquema de Máquina para Ensayo a Tracción	12
Figura 12 Tipos de probetas para ensayos a tracción.....	13
Figura 13 Probeta según norma ASTM D638-14	16
Figura 14 Probeta Tipo I, según norma ASTM D638-14.....	17
Figura 15 Diseño de CAD de probeta	18
Figura 16 Probetas sumergidas en químicos abrasivos	23
Figura 17 Proceso de secado de probetas.....	23
Figura 18 Almacenamiento de probetas secas	24
Figura 19 Máquina Titan James Heal 10.....	24
Figura 20 Diagrama deformación-semana probetas de alcohol	25
Figura 21 Diagrama deformación-semana probetas de hipoclorito	26
Figura 22 Diagrama deformación-semana probetas de amonio.....	27
Figura 23 Resumen de análisis de curvas de deformación - semana	27
Figura 24 Diagrama esfuerzo-semana probetas de alcohol.....	28
Figura 25 Diagrama esfuerzo-semana probetas de amonio.....	29
Figura 26 Diagrama esfuerzo-semana probetas de hipoclorito	29
Figura 27 Resumen de análisis de curvas de esfuerzo– semana	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	13
Dimensiones de especímenes, mm (in.) [28]	13
Tabla 2.....	17
Dimensiones de especímenes, Tipo I [28].....	17
Tabla 3.....	18
Especificaciones técnicas de impresora 3D Ender 3 Pro [30].....	18
Tabla 4.....	19
Características de impresión de probetas	19
Tabla 5.....	20
Características de químicos [29]	20

INTRODUCCIÓN

Problema

La impresión 3D se ha venido utilizando desde hace algunos años por lo que ha ganado gran importancia en los procesos de fabricación y modelado en 3 dimensiones. Este proceso se lleva a cabo mediante la deposición de hilo fundido (FDM) utilizando filamentos el PLA y ABS. [1]

Previamente se han realizado ensayos sobre probetas impresas en 3D, comprobando así las propiedades mecánicas cuando son sometidas a tracción y a flexión, actualmente se ha observado que este tipo de materiales han sido utilizados para la fabricación de los protectores visuales que se vienen manejando por motivo de la pandemia, estos protectores han sido expuestos a químicos abrasivos como son el alcohol, cloro, hipoclorito, amonio cuaternario que por lo general se los utiliza para la desinfección de superficies. [2]

Conforme ha ido aumentando la crisis sanitaria por el COVID-19 muchas instituciones educativas y empresas tanto a nivel local, nacional e internacional se han visto en la necesidad de elaborar y desarrollar equipos de protección individual cómo son Los protectores faciales que ayudan a evitar el alto riesgo de contagio causado por diferentes factores que afectan a la salud de las personas. [3] [4]

Conociendo el área en la que se han visto sometidos estos tipos de materiales se ha planteado este proyecto de investigación con la finalidad de realizar ensayos sobre probetas impresas en 3D con la diferencia de qué éstas probetas serán sometidas a diferentes tipos de químicos antes de ejecutarse los ensayos mecánicos, y así poder verificar el cambio de sus propiedades mecánicas.

Objetivos

Objetivo General

Caracterizar la resistencia mecánica de los materiales de impresión 3D mediante pruebas experimentales del material sometido a diferentes soluciones químicas.

Objetivos Específicos

- Identificar los materiales de impresión 3D más utilizados en los prototipos de protección personal, así como los químicos empleados para su desinfección.
- Plantear una metodología adecuada para los ensayos experimentales que se van a realizar en materiales de impresión 3D expuestos a químicos.
- Realizar ensayos mecánicos requeridos para la caracterización del material en las condiciones de operación planteadas.

Alcance del Proyecto

Para esta investigación se realizarán ensayos mecánicos en materiales de impresión 3D más utilizados; además se fabricará probetas en estos materiales siguiendo las normas de fabricación para realizar este tipo de ensayos mecánicos.

La elaboración de las probetas se realizará con diferentes tramados los diferentes tipos de probetas serán sometidos a ensayos en seco y a continuación se las pondrá en químicos abrasivos para determinar valores de las propiedades mecánicas frente al tiempo de exposición.

Justificación

En la actualidad los protectores faciales son de mucha importancia por qué estos brindan una protección total sobre el rostro de las personas es decir ofrece protección por debajo del mentón, sobre la frente y zona de las orejas; al utilizar este tipo de equipos de protección personal ayuda a reducir la transmisión de bacterias, virus y otros microbios, al proporcionar una barrera física entre el usuario y la persona potencialmente infecciosa. [4]

Se ha observado que a nivel local y mundial existe una gran demanda en la elaboración de estos protectores faciales y para la fabricación de estos la mayor parte han sido utilizando impresión 3D como una de las pocas soluciones en el proceso de fabricación de este tipo de objetos, los diseños. Estos protectores han tenido un gran resultado y han sido reconocidos como un elemento recomendado por la Organización Mundial de la Salud, porque se ha visto que en muchos países el uso de estos ha sido utilizados dentro y fuera de los hospitales. [4]

El objetivo de esta investigación se enfoca en el tiempo de vida que tienen o que tendrán estos protectores faciales por qué, estos son sometidos frecuentemente a diferentes tipos de químicos con el fin de desinfectar las superficies expuestas y evitar cualquier tipo de contagio que se puede originar por algún virus. Debido a esto hay que comparar estas propiedades mecánicas tienen los materiales de impresión en 3D antes y después de ser sometidos a estos químicos.

CAPÍTULO 1

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Marco Teórico

1.1.1. Manufactura Aditiva

Manufactura aditiva o como también se la conoce impresión 3D, se puede definir como la elaboración de objetos en 3 dimensiones, mediante la adición de capas sucesivas de material para construir objetos sólidos y con un diseño específico [5].

La impresión 3D en la actualidad es una de las más utilizadas y que generan un gran interés por sus procesos de producción de prototipos rápidos para pruebas funcionales de bajo costo, componentes complejos, piezas y accesorios, fabricados a partir de modelos digitales [1], [6].

1.1.2. Métodos de fabricación aditiva

Como en todo tipo de fabricación existirán diferentes métodos y para el caso de la fabricación aditiva existen varios métodos, como se observa en la *Figura 1*:

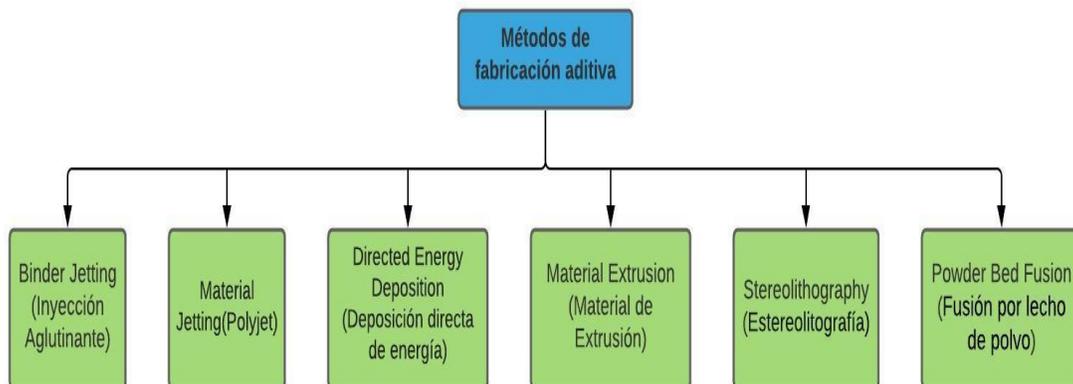


Figura 1. Métodos de Fabricación Aditiva [7]

1.1.2.1. Binder Jetting (Inyección Aglutinante)

Este proceso de fabricación aditiva consiste en una mezcla que se obtiene con la inyección de un material líquido aglutinante sobre un lecho de polvo para poder conseguir una pieza deseada. El proceso de inyección se indica en el esquema de la *Figura 2* [8].

Una de las principales características que tiene este proceso es la rapidez que destaca dentro de la fabricación aditiva, pero las piezas obtenidas por este método no tendrán propiedades mecánicas útiles, necesita otros procesos para darle algún tipo de propiedad [9].

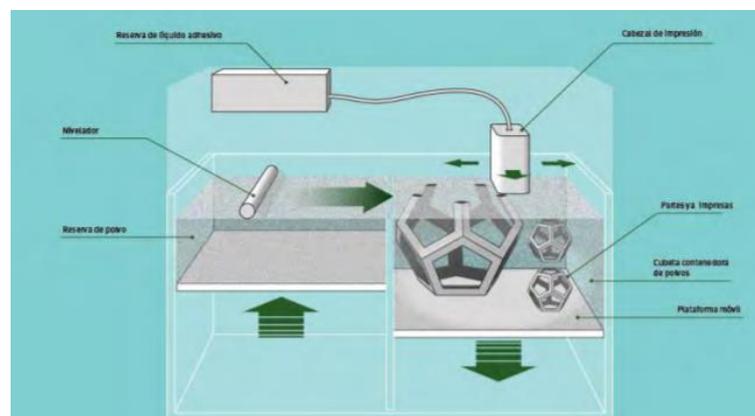


Figura 2. Esquema de Fabricación con el Método Binder Jetting [10]

1.1.2.2. Material Jetting (Polyjet)

El Material Jetting se caracteriza por ser un proceso de fabricación que funciona de manera similar a las impresoras 2D, es decir, deposita chorros dirigidos de material de fotopolímeros (*Figura 3*) y a su vez serán expuestos a rayos de luz ultravioleta [11], [12].

Con este proceso se puede obtener piezas con una alta precisión dimensional, teniendo un acabado superficial muy suave y esto hace que sea una opción muy atractiva para la creación de prototipos visuales.

Las piezas que son creadas con Material Jetting tiene sus propiedades mecánicas y técnicas homogéneas propias [11].

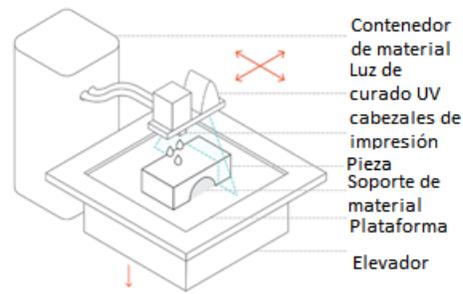


Figura 3. Esquema de una Impresora 3D Material Jetting [11]

1.1.2.3. Deposición directa de energía

Este método consiste en aplicar un rayo de energía directamente a la pieza, realizando un baño de material fundido, se aplica simultáneamente con material nuevo que está en contacto con el haz de energía, *Figura 4* [8].

El proceso es similar en principio a la extrusión de materiales, pero el molde puede moverse en múltiples direcciones y no está fijo en un eje específico, este método se puede usar con polímeros, cerámicos, pero generalmente se usa con metales en forma de polvo o alambre [9].

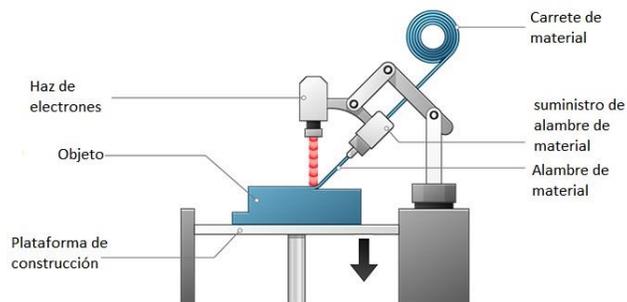


Figura 4. Proceso de Deposición Directa de Energía [13]

1.1.2.4. Estereolitografía

Este proceso se basa en la solidificación de una resina acrílica líquida por medio de un láser ultravioleta, que dibuja una sección transversal en la superficie del tanque de resina

curando esta primera capa; posteriormente el ascensor disminuye el espesor que se indica en dicha sección y luego se repite el mismo proceso capa a capa [14].

En la *Figura 5* se presenta este proceso de fabricación aditiva que utiliza un cabezal que se desplaza y utiliza un mecanismo de espejos el mismo que permite proyectar el haz de luz ultravioleta que irá curando la resina [15].

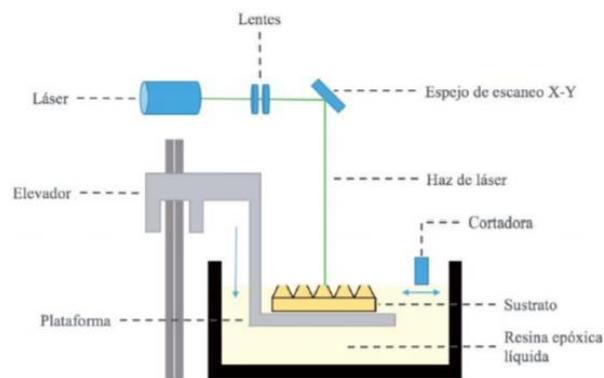


Figura 5. Esquema de la Técnica de Estereolitografía Láser [16]

1.1.2.5. Fusión por lecho de polvo

El método de fusión en lecho de polvo utiliza un rayo láser o de electrones para fundir y fusionar polvos de material, en la *Figura 6* se observa que este método requiere vacío, pero se puede utilizar con metales y aleaciones para crear piezas funcionales. Todos estos tipos de proceso implican esparcir material en polvo sobre la capa anterior [9].

Permite el desarrollo de diferentes componentes geométricos de alta complejidad debido a que este polvo ejerce como material de soporte siendo así la mayor facilidad de construcción [8].

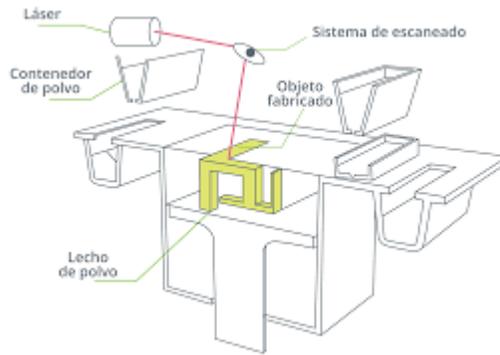


Figura 6. Proceso de Fusión de Lecho de Polvo [17]

1.1.2.6. Material de extrusión

Este proceso es uno de los más extendidos a nivel de consumo ya que consiste en extruir material termoplástico fundido depositándolo sobre una superficie de construcción donde se enfría y se solidifica [8], [14], [15].

El depósito de este material lo realiza selectivamente según el desplazamiento que se haya programado el cabezal, ira generando diferentes capas según vaya construyendo la geometría deseada, en la *Figura 7* se ilustra el esquema de este proceso [8], [14], [15].

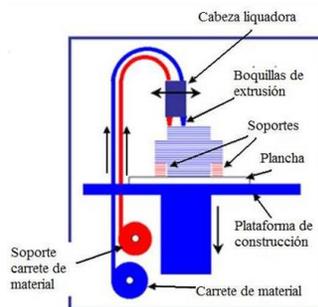


Figura 7. Esquema del Proceso de Fabricación con Material de Extrusión [18]

Para la fabricación de piezas o prototipos por medio de este proceso se utiliza filamentos de material termoplástico, donde los más utilizados son ABS y PLA, los mismos

que serán extruidos por una boquilla caliente de una impresora 3D, haciendo que las piezas que se obtengan presenten propiedades mecánicas, *Figura 8* [19].



Figura 8. Deposición de Material Termoplástico [19]

1.1.3. Materiales de impresión

1.1.3.1. Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)

El ABS es un polímero termoplástico que es muy utilizado a nivel industrial gracias a su gran resistencia mecánica, resistencia al impacto combinado. Este material se lo puede encontrar en su mayoría en la fabricación de componentes de vehículos, piezas de lego, en el sector de electrodomésticos, etc [20].

Una de sus características principales es que se puede realizar procesos de mecanizado en las piezas elaboradas con ABS, es decir se puede pulir, lijar, limar, etc., y el acabado sigue siendo bueno [21].

Este material es uno de los más resistente en comparación a otros materiales termoplásticos ya existentes en el mercado, siendo considerado como plástico de ingeniería [21].

Una de sus desventajas del ABS al momento de realizar una impresión 3D es la producción de gases contaminantes que son peligrosos cuando estamos en un ambiente cerrado [22].

1.1.3.1.1. Estructura del ABS

La estructura del acrilonitrilo butadieno estireno es el compuesto por tres diferentes tipos de monómeros como se observa en la Figura 9, el resultante de esta combinación química da lugar a una gran resistencia química, resistencia a la fatiga, dureza y rigidez debido al acrilonitrilo [23].

El butadieno ayuda en la buena tenacidad y resistencia al impacto, y el estireno aporta en este compuesto resistencia al calor [23].

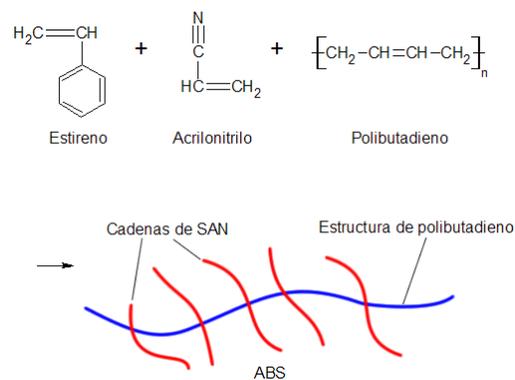


Figura 9. Estructura del ABS [23]

1.1.3.2. Ácido Poliláctico (PLA)

El ácido Poliláctico PLA es un polímero termoplástico que está conformado por materiales reciclados, que a su vez tiene propiedades y características similares e incluso mejores que otros plásticos derivados de petróleo [21].

El PLA tiene como característica principal que no produce gases nocivos por lo que se puede trabajar con tranquilidad en espacios cerrados, además este material tiene una gran variedad de colores [20].

Para realizar algún diseño con el PLA no es necesario tener una base de impresión caliente, no soportan altas temperaturas y se complica al momento de querer realizar un postproceso de mecanizado, pintado, etc [20].

1.1.3.2.1. Estructura del PLA

La composición de este polímero se lo obtiene por medio de recursos naturales como féculas y almidones de caña de azúcar, maíz, convirtiéndole al PLA como un material biodegradable, su composición química está compuesta por ácido láctico, el mismo que tiene la siguiente forma molecular ($C_3H_4O_2$), *Figura 10* [24].

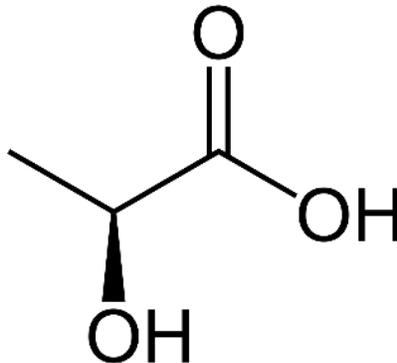


Figura 10. Estructura del Ácido Poliláctico [25]

Al tener diferentes características los materiales para el proceso de impresión 3D, uno de los detalles más importantes a ser analizados es el tiempo de impresión y la facilidad de obtención de piezas. Si comparamos los tiempos de impresión entre el PLA y ABS, se obtiene un menor tiempo y menos dificultades en el proceso de impresión al utilizar el PLA.

1.1.4. Métodos de Caracterización

1.1.4.1. Ensayo de Tracción

Los ensayos a tracción son los más utilizados al momento de obtener características mecánicas de los materiales y se dispone de las normas para la implementación de estos ensayos mecánicos dependiendo del tipo de material [26].

El ensayo a tracción consiste en aplicar a una probeta una fuerza en dirección axial que genera un esfuerzo que irá creciendo hasta llegar a la rotura. En base a la curva obtenida, esfuerzo – deformación, se puede determinar las diferentes características mecánicas de la probeta [27].

Existen diferentes máquinas para realizar este tipo de ensayos mecánicos, en la *Figura 11* se puede observar el esquema básico de la máquina para ensayo a tracción.

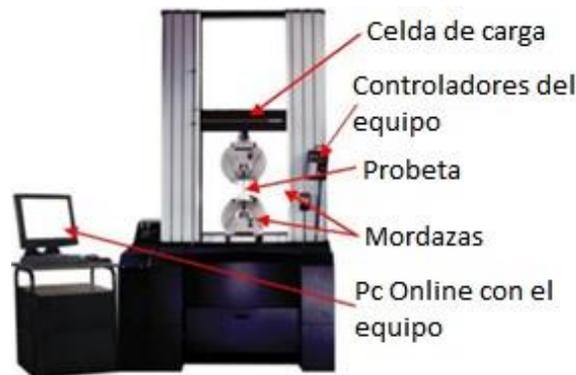


Figura 11 Esquema de Máquina para Ensayo a Tracción [27]

Para los ensayos a tracción en materiales plásticos se tiene la norma ASTM D638-14 la misma que indica la forma de la probeta para pruebas estándar y las condiciones definidas en que se debe encontrar la probeta para este ensayo, temperatura, humedad y velocidad de la aplicación de la carga en la máquina de pruebas [28].

Las muestras para estos ensayos se ajustarán a las siguientes dimensiones, Figura 12 [28].

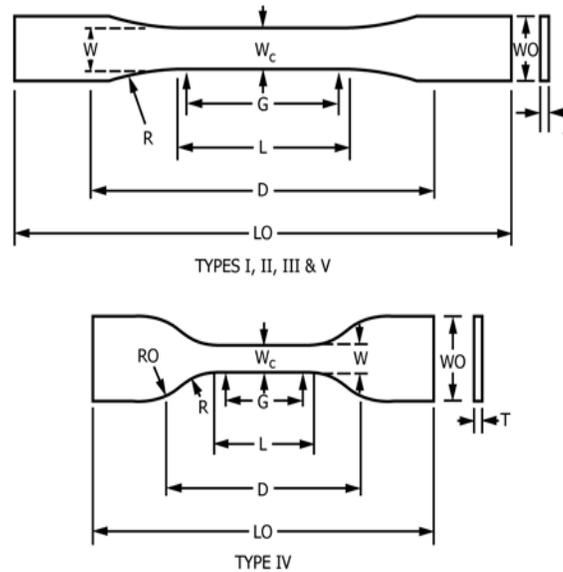


Figura 12 Tipos de probetas para ensayos a tracción [28]

El espécimen que más se ha utilizado para ensayos a tracción en materiales plásticos es el TIPO I, y se lo utiliza cuando el espesor de la probeta del material es de 7mm o menos, según se indica en la *Tabla 1* se puede encontrar las dimensiones para cada espécimen dependiendo del espesor [28].

Tabla 1

Dimensiones de especímenes, mm (in.) [28]

Dimensiones (ver Figura 12)	7 (0,28) o menos		Más de 7 a 14 (0,28 a 0,55), incl	4 (0,16) o menos		Tolerancias
	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V	
W: anchura de la sección estrecha ^{EF}	13 (0.50)	6 (0.25)	19 (0.75)	6 (0.25)	3.18 (0.125)	±0,5 (±0,02)
L: longitud de la sección estrecha	57 (2.25)	57 (2.25)	57 (2.25)	33 (1.30)	9.53 (0.375)	±0,5 (±0,02)
WO: ancho general, min ^G	19 (0.75)	19 (0.75)	29 (1.13)	19 (0.75)	...	+6,4(+0,25)
WO: ancho general, min ^G	...	...	...	...	9.53 (0.375)	+3,18(+0,125)

LO: longitud total, min ^G	165 (6.5)	183 (7.2)	246 (9.7)	115 (4.5)	63.5 (2.5)	no max
G— Longitud del medidor	50 (2.00)	50 (2.00)	50 (2.00)	...	7.62 (0.300)	±0,25 (±0,010)
G— Longitud del medidor	...	...	...	25 (1.00)	...	±0,13 (±0,005)
D: distancia entre pinzamientos	115 (4.5)	135 (5.3)	115 (4.5)	65 (2.5)	25.4 (1.0)	±5 (±0,2)
R: radio de redondeo	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	14 (0.56)	12.7 (0.5)	±1 (±0,04)
RO— Radio exterior (Tipo IV)	...	...	...	25 (1.00)	...	±1 (±0,04)

1.1.5. Químicos abrasivos

1.1.5.1. Alcohol Antiséptico

El alcohol es una de las sustancias más utilizadas desde la antigüedad en la medicina como un antiséptico de limpieza y desinfección de heridas, posee una acción rápida ante la presencia de diferentes bacterias, hongos y virus [29].

El alcohol es más utilizado en la desinfección de la piel y también actúa en la desinfección de superficies o elementos médicos que se utilizan antes de un proceso quirúrgico [29].

1.1.5.2. Cloro

El cloro es uno de los químicos más utilizados en el ámbito de limpieza y desinfección de superficies debido a su efecto bactericida, este químico se puede aplicar para desactivar la actividad en su gran mayoría de microorganismos y es de bajo costo [29].

1.1.5.3. Amonio cuaternario

Tiene una composición básica de un catión amonio (NH_4^+) la misma que contiene una acción desinfectante que por lo general tiene usos en desinfección de superficies

hospitalarias, ya que se lo puede mezclar con soluciones acuosas y detergentes para poder realizar al mismo tiempo una limpieza y desinfección de la zona [29].

El Amonio cuaternario no se lo ha reconocido como el químico más efectivo al momento de desinfectar superficies, pero por su composición tiene un costo elevado en comparación a los productos clorados [29].

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1. Procedimiento para ensayos y diseño de probetas

En la ejecución de este trabajo se ha realizado el diseño y ejecución de ensayos mecánicos que se los explica a continuación.

2.1.1. Ensayo a tracción

Para esta investigación se va a realizar ensayos mecánicos de tracción utilizando el diseño y procedimiento según la norma ASTM D638-14; las dimensiones y el tipo de probeta se muestra en la *Figura 13*.

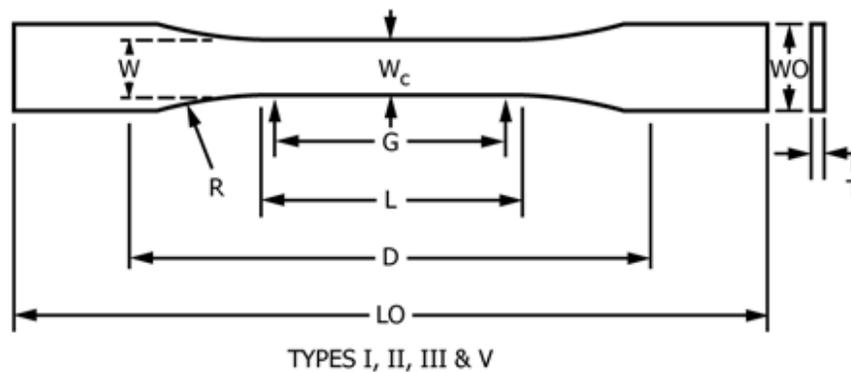


Figura 13 Probeta según norma ASTM D638-14 [28]

Una vez analizado y estudiado los diferentes tipos de probetas que existen para realizar los ensayos a tracción, se definió la implementación de la probeta Tipo I cuyas características se observa en la *Tabla 2* y en la *Figura 14* se observa las dimensiones con las que se dibujó esta probeta siguiendo las especificaciones de la norma expuesta.

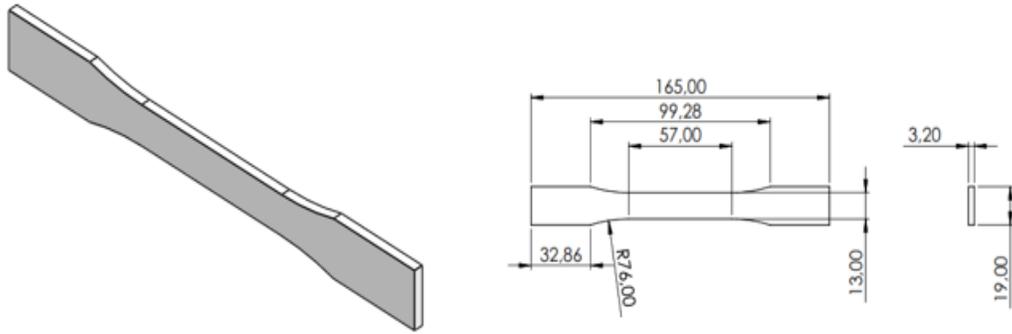


Figura 14 Probeta Tipo I, según norma ASTM D638-14

Tabla 2

Dimensiones de especímenes, Tipo I [28]

Dimensiones (ver Figura 12)	7 (0,28) o menos
	Tipo I
W: anchura de la sección estrecha ^{EF}	13 (0.50)
L: longitud de la sección estrecha	57 (2.25)
WO: ancho general, min ^G	19 (0.75)
WO: ancho general, min ^G	...
LO: longitud total, min ^G	165 (6.5)
G— Longitud del medidor	50 (2.00)
G— Longitud del medidor	...
D: distancia entre pinzamientos	115 (4.5)
R: radio de redondeo	76 (3.00)
RO— Radio exterior (Tipo IV)	...

2.1.2. Diseño de probetas

Mediante el uso de software de ingeniería SolidWorks® se realizó el diseño asistido por computadora (CAD) de las probetas con la orientación adecuada para el proceso de impresión, para que una vez finalizado su diseño poder generar el STL respectivo, en la

Figura 15 se observa el diseño del CAD de la probeta realizada y en el Anexo 1 se presenta el plano de esta.

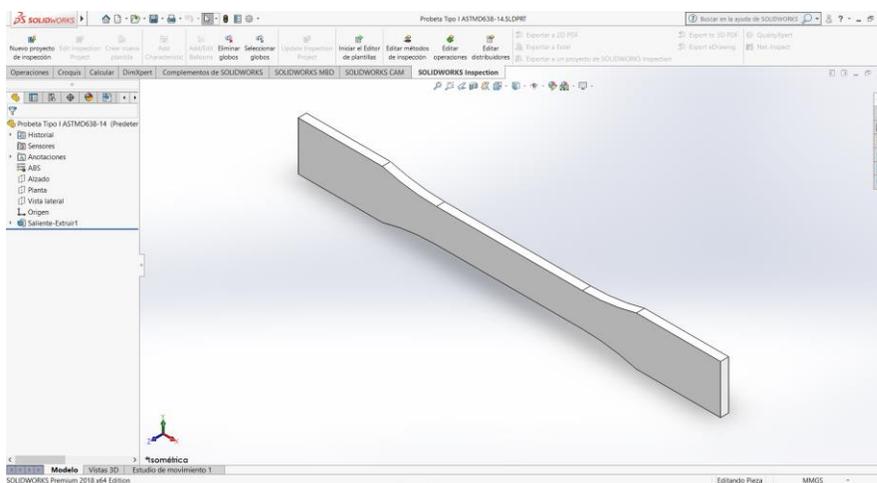


Figura 15 Diseño de CAD de probeta

2.1.3. Características de impresora 3D

Para este trabajo se utilizó la impresora 3D Ender 3 Pro, que permite la fabricación de piezas a través de FDM, esta impresora presenta las siguientes características, *Tabla 3*:

Tabla 3

Especificaciones técnicas de impresora 3D Ender 3 Pro [30]

Especificaciones técnicas	
Modelo:	Ender 3 pro
Tipo de extrusión:	FDM (Sistema Bowden)
Volumen de construcción:	220 x 220 x 250 mm.
Diámetro filamento:	1,75 mm.
Diámetro boquilla:	0.4 mm.
Espesor de capa:	0.1 – 0.35 mm.
Precisión:	+/-0.1 mm.
Temperatura máxima extrusor:	255 °C.

Temperatura máxima de cama:	110 °C.
Velocidad máxima de trayecto:	180 mm/s.
Formatos modelo 3D:	STL, OBJ, G-Code
Conectividad:	Tarjeta SD y cable USB.
Sistemas operativos compatibles:	Windows/ Mac/ Linux.
Chasis:	Perfiles V-Slot de aluminio.
Dimensiones de la impresora 3D:	440 x 410 x 465 mm.
Peso:	8.6 Kg.
Peso neto:	10 kg.
Embalaje Dimensiones:	600 x 350 x 160 mm.
Entrada:	AC 100-265V 50-60Hz.
Salida:	DC 24V 15A 360W.

2.1.4. Impresión de probetas

Para este proceso se utilizó una impresora 3D Ender 3 Pro, siguiendo el proceso establecido en el *Anexo 2*, donde se observa las características y estados para la impresión de las probetas de PLA y ABS. En la *Tabla 4* se puede encontrar los parámetros de manufactura aditiva con los que se procedió a imprimir las probetas.

Tabla 4

Características de impresión de probetas

<i>Características de impresión</i>	
	PLA
<i>Altura de capa:</i>	0.28mm
<i>Ancho de línea:</i>	0.8mm
<i>Ancho de línea superior:</i>	0.8mm
<i>Ancho de línea inferior:</i>	0.8mm
<i>Relleno:</i>	20%

<i>Patrón de relleno:</i>	Concéntrico
<i>Temperatura de fusión:</i>	215 °C
<i>Temperatura de la cama:</i>	60 °C
<i>Diámetro de filamento:</i>	1.75mm
<i>Diámetro de boquilla:</i>	0.4mm
<i>Velocidad:</i>	50 mm/s

2.1.5. Químicos abrasivos para desinfección

Los químicos que más se ha utilizado en la parte médica para desinfección, de acuerdo con lo especificado en el *Capítulo 1*, se indican en la *Tabla 5* con sus relaciones de concentración.

Tabla 5

Características de químicos [29]

CARACTERÍSTICAS DE DESINFECTANTES QUÍMICOS		
COMPUESTO	CONCENTRACIÓN	USOS HOSPITALARIOS
Alcoholes	60a 90% por volumen	Antisepsia (fricción aséptica de las manos)
		Desinfección de equipos y superficies.
Cloro y compuestos clorados	100 a 5000 ppm	Desinfección de alto nivel
		Desinfección de superficies.
		Lavandería
		Tratamiento de agua de desechos
Compuestos de amonio cuaternario	0.4 – 1.6 %	Limpieza de superficies no críticas.

2.2. Configuración del experimento

Como se indicó en el capítulo anterior, los equipos de protección fabricados utilizando impresoras 3D son desinfectados diariamente con diferentes químicos, por lo tanto, es necesario configurar un experimento que permita analizar la resistencia mecánica por exposición frente a estos químicos.

2.2.1. Detalle de exposición de probetas frente a químicos

Para el experimento se utilizarán los químicos indicados en la Tabla 5 y se plantea sumergir las probetas durante un tiempo máximo de 9 semanas en estos.

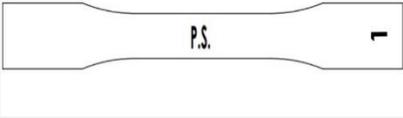
Las probetas sumergidas en el químico se extraerán 5 por semana, que luego pasarán al proceso de secado al ambiente. Este proceso se repite para cada una de las probetas a distintas semanas, hasta la semana 9.

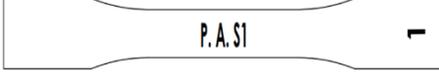
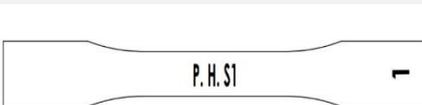
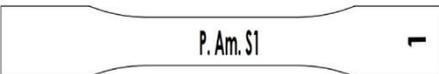
2.2.2. Etiquetado de probetas

Se procede a etiquetar las probetas bajo la siguiente configuración mostrado en la *Tabla 6*.

Tabla 6

Etiquetado de Probetas

Nomenclatura de etiquetado de probetas		
Probetas No Expuestas a Químicos.		
Nomenclatura	Significado	Gráfico
<i>P.S.</i>	P	Probeta
	S	Seca
	#	Número de probeta
#		

Probetas Expuestas a Químicos.			
<i>Nomenclatura</i>	Significado	Gráfico	
P.A.S#	P	Probeta	
	A	Alcohol	
	S#	Número de semana	
	#	Número de probeta	
Nomenclatura	Significado	Gráfico	
P.H.S#	P	Probeta	
	H	Alcohol	
	S#	Número de semana	
	#	Número de probeta	
Nomenclatura	Significado	Gráfico	
P.Am.S#	P	Probeta	
	Am	Alcohol	
	S#	Número de semana	
	#	Número de probeta	

2.3.Ejecución del experimento

Se utilizó recipientes herméticos de plásticos de polipropileno, en los que se coloca por separado 2 litros de alcohol, hipoclorito y amonio cuaternario de quinta generación, respectivamente.

En cada recipiente que contiene el químico seleccionado y composición según lo definido en la Tabla 5, se sumergió 50 probetas; finalmente es sellado y colocado en un cuarto oscuro para evitar la influencia de los rayos de luz a una temperatura ambiente , *Figura 16*.



Figura 16 Probetas sumergidas en químicos abrasivos

2.3.1. Proceso de secado de probetas

Las probetas que son extraídas de los diferentes químicos son colocadas sobre un mantel de algodón por ambas caras, para que absorba el fluido excedente de las probetas durante 12 horas, *Figura 17*.



Figura 17 Proceso de secado de probetas

Una vez finalizado el tiempo de secado de las probetas, se procede al etiquetado de cada una tal como se indicó en 3.3.2; se finaliza con el almacenamiento en una caja de cartón en un ambiente seco a temperatura ambiente, *Figura 18*.



Figura 18 Almacenamiento de probetas secas

2.4. Ensayo mecánico a tracción

Para la aplicación de este ensayo a tracción se utilizó la máquina Titan James Heal 10, esta máquina es un comprobador de tracción adecuado para probar la resistencia de nuestro material de estudio PLA, en la *Figura 19* se muestra la máquina con la probeta lista para que pueda ser sometida al ensayo a tracción, utilizando la norma ASTM D638-14.



Figura 19 Máquina Titan James Heal 10.

CAPÍTULO 3

3. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez realizado los ensayos en todas las probetas propuestas para este trabajo y en las diferentes condiciones de exposición a los diferentes químicos, se ha procedido a realizar el ensayo mecánico a tracción que nos permitió obtener la curva esfuerzo deformación de cada una de las probetas y estos resultados nos permitirán determinar cuál es el efecto en la resistencia.

3.1. Diagramas de deformación – semana

Las propiedades de deformación en las probetas expuestas en alcohol cambian con el paso del tiempo, haciendo una comparación a partir de la primera semana hasta la cuarta semana con relación a una probeta seca existe una disminución de 16.06%; esto representa que el material expuesto a este químico después de la semana 4 ya no sirve debido a que su decrecimiento aumenta a partir de este tiempo, en la *Figura 20* se observa el comportamiento de la deformación con respecto a la semana de exposición.

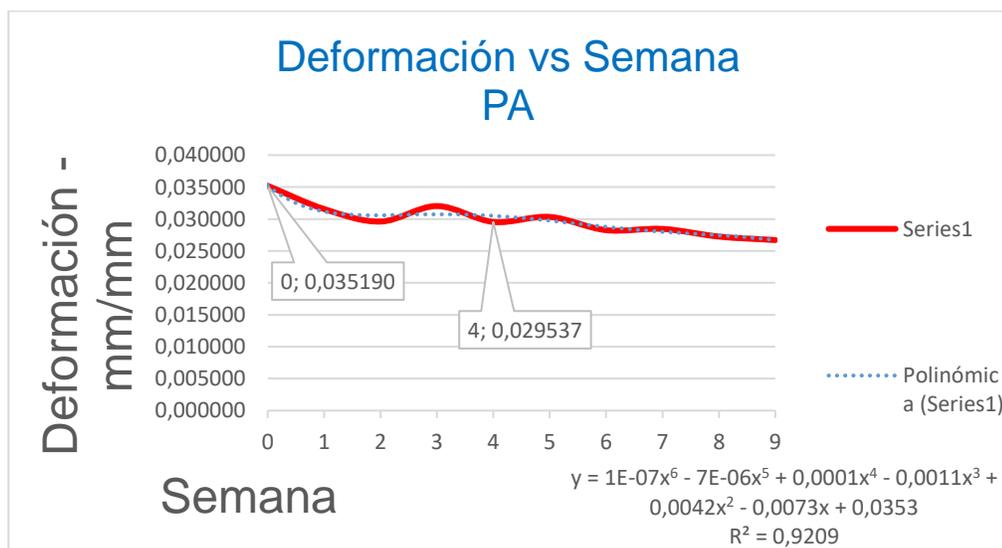


Figura 20 Diagrama deformación-semana probetas de alcohol

La reacción de la deformación en las probetas al ser expuestas a hipoclorito tiene como resultado una caída del 17.14% haciendo referencia desde la semana 0 hasta la semana 4, ya que a partir de este tiempo su deformación permanece constante, como se observa en la línea de tendencia de la *Figura 21*.

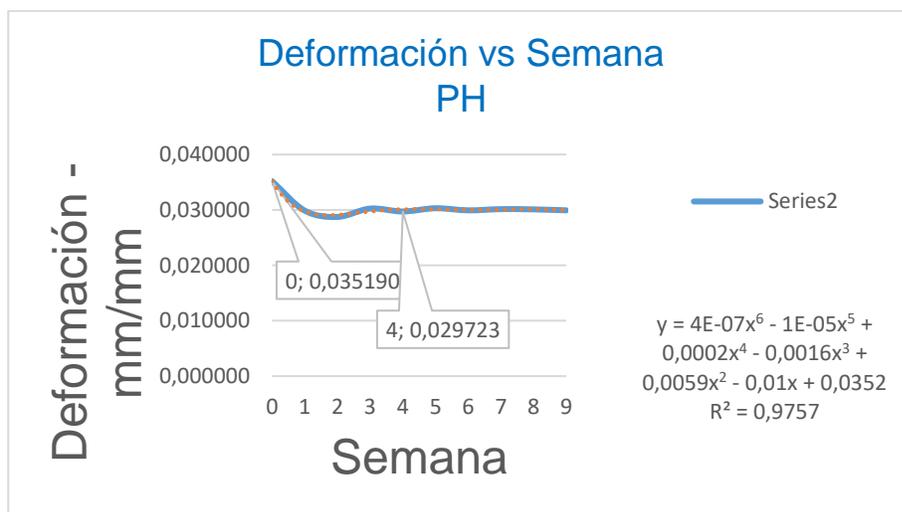


Figura 21 Diagrama deformación-semana probetas de hipoclorito

El amonio hace que la deformación en las probetas actúe de forma diferente con respecto a los otros químicos, en este caso se puede observar en la *Figura 22* que la deformación cae en un 9.14% en relación con la curva promedio, que se evalúan de la semana 0 hasta la semana 4 que son los puntos donde se observa una continuidad y estabilidad en su deformación, hay que tener en cuenta que este químico origina una inestabilidad en la deformación obtenida.

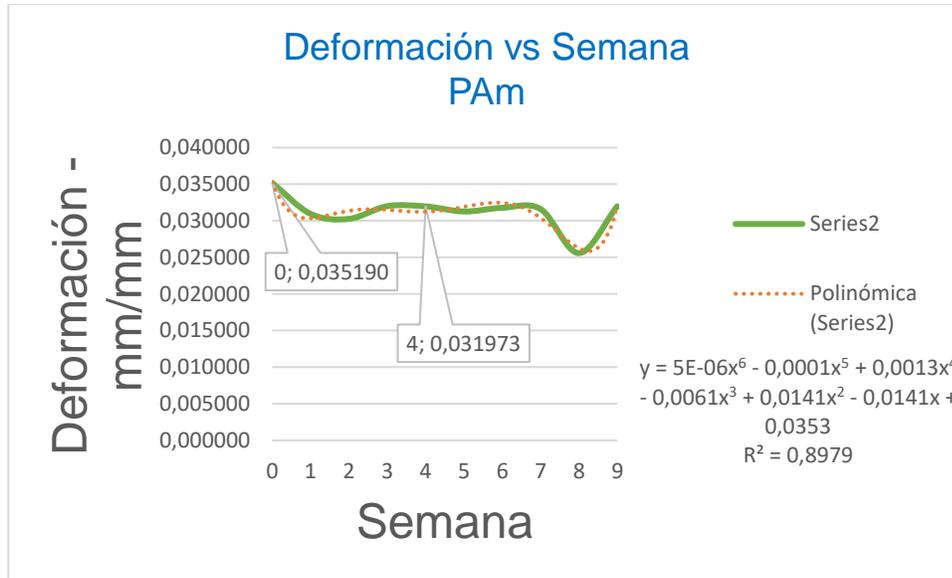


Figura 22 Diagrama deformación-semana probetas de amonio

En la *Figura 23* se muestra el resumen del comportamiento de la deformación de las probetas, teniendo como resultado que las probetas expuestas a alcohol son las que sufren un mayor cambio en la deformación.

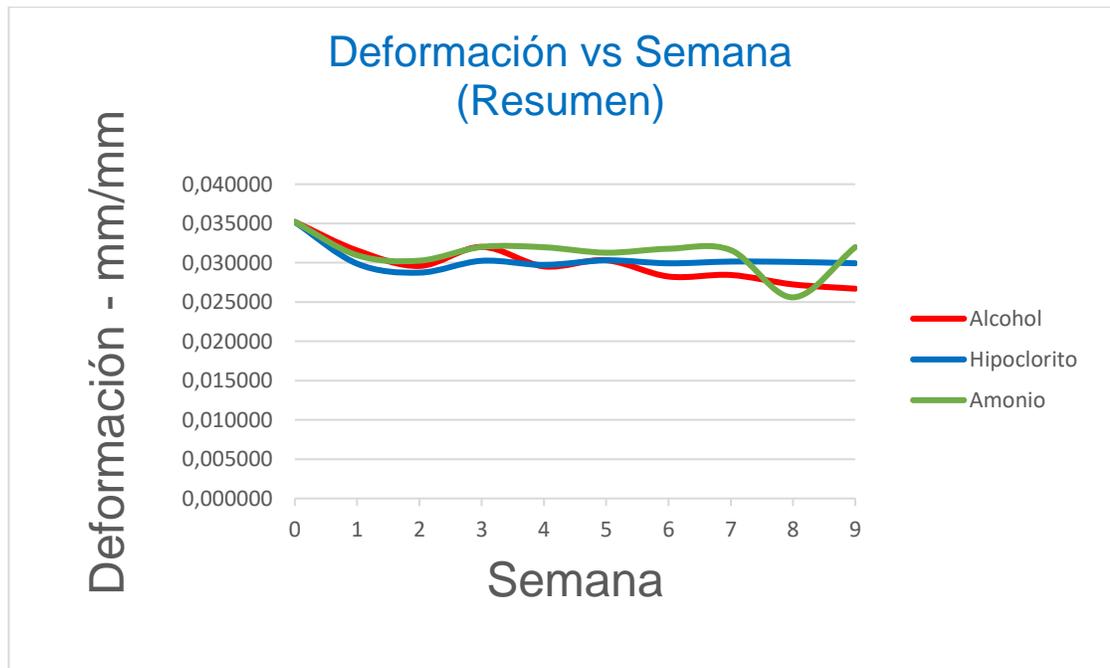


Figura 23 Resumen de análisis de curvas de deformación - semana

3.2. Diagramas de esfuerzo – semana

Para poder comparar los esfuerzos, se utiliza los resultados de los ensayos para cada probeta sometida a los diferentes tipos de químicos en relación con el tiempo en semanas.

Las probetas que son expuestas a alcohol presentan diferentes cambios; en la semana 1 y 3 aumentan su esfuerzo es decir que no existe una afectación en el esfuerzo, mientras que a partir de la semana 4 disminuye continuamente obteniendo una tendencia del 11.98% lo que nos indica una pérdida en las propiedades físicas, *Figura 24*.

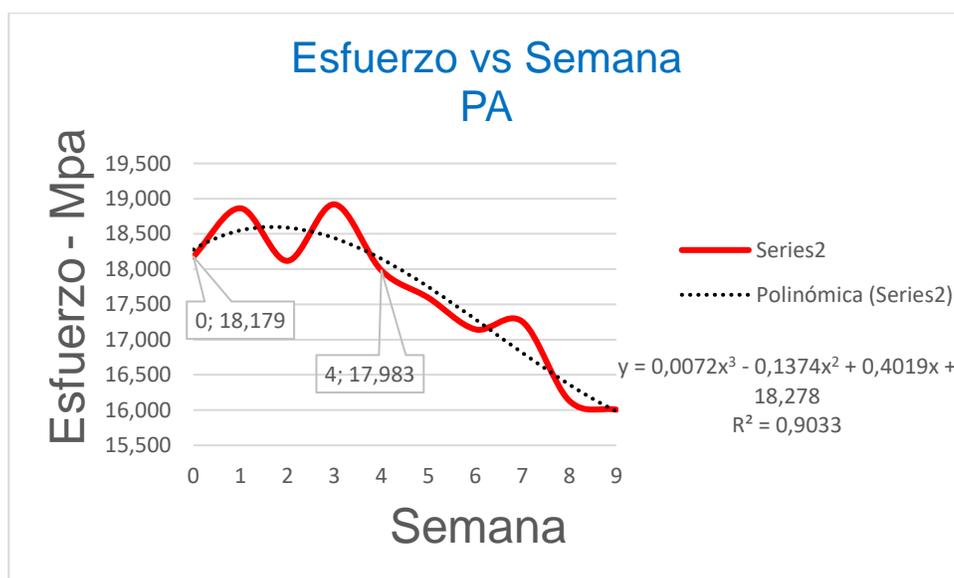


Figura 24 Diagrama esfuerzo-semana probetas de alcohol

La curva de esfuerzo vs semana que se observa en la *Figura 25* de las probetas que fueron expuestas en amonio no es constante debido a que en diferentes semanas aumenta y disminuye obteniendo diferentes picos en la gráfica, pero la tendencia de disminución del esfuerzo promedio es de un 7.29%. ando como resultado que el material a partir de la cuarta semana ya no se encuentra en buenas condiciones para su uso.

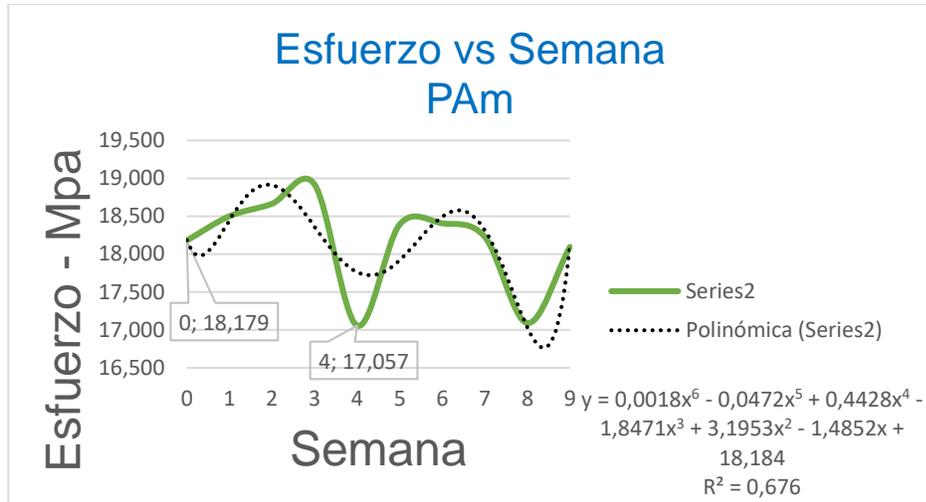


Figura 25 Diagrama esfuerzo-semana probetas de amonio

En la *Figura 26* se muestra la curva de los esfuerzos de las probetas expuestas en hipoclorito en función de las semanas que han estado sometidas al químico, observando que existen muchos picos tanto de aumento y disminución en el esfuerzo con respecto a las semanas siendo los picos más altos en la semana 3 y 7 donde el esfuerzo aumenta drásticamente, pero a su vez disminuye, siendo la tendencia promedio a disminuir en un 2.08%, en este caso el material a partir de la semana 7 ya no se puede utilizar.

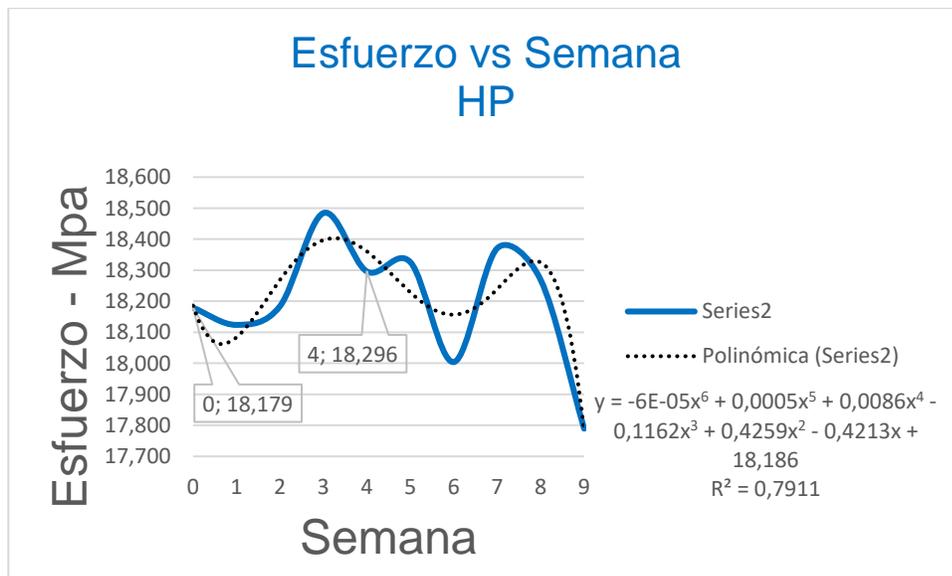


Figura 26 Diagrama esfuerzo-semana probetas de hipoclorito

Para comprender la variación de la resistencia de las probetas en función del tiempo de permanencia sumergidas en los químicos se realiza el análisis que se muestra en la *Figura 27*, donde el comportamiento de las probetas expuestas con el alcohol el esfuerzo tiende a disminuir de forma continua y drásticamente con respecto a los otros químicos que prácticamente tienen un rango de estabilidad.

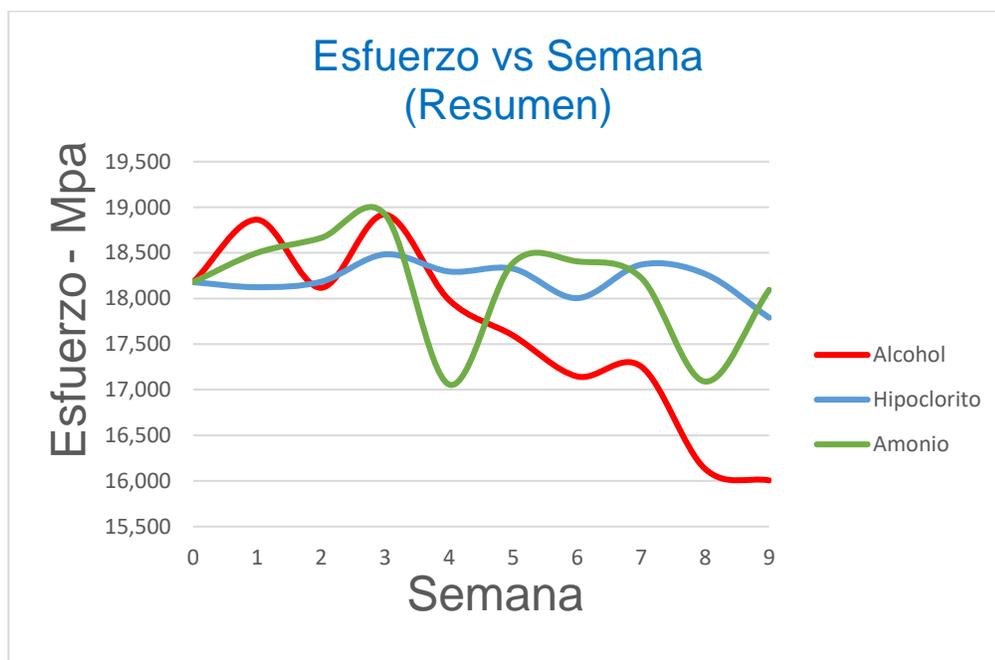


Figura 27 Resumen de análisis de curvas de esfuerzo– semana

Una vez que se ha analizado el comportamiento de las probetas de PLA sometidas a los diferentes químicos se puede observar que el alcohol viene a ser el químico que afecta en gran medida la resistencia del material, donde claramente se evidencia una caída disminución constante de esfuerzo y deformación. Además, se tiene que el hipoclorito es el químico que menos afecta a las probetas de PLA, porque la deformación disminuye hasta un cierto punto y a partir de ese tiempo ya entra en un rango donde permanece estable. Por consiguiente, se puede decir que la vida útil del material sometido a los diferentes químicos es de 4 semanas expuestos constantemente.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- El material que más se utiliza en la fabricación de los protectores faciales es el PLA, el mismo que tiene una facilidad y rapidez de impresión por lo que se puede fabricar una gran cantidad en poco tiempo a comparación de otros materiales de impresión 3D. Además, se pudo determinar que para la desinfección en la parte hospitalaria se utiliza el alcohol, hipoclorito y amonio cuaternario de quinta generación; estos químicos son muy fáciles de conseguir y también son muy eficaces al momento de limpiar y desinfectar.
- En la exposición de las probetas a los diferentes químicos se pudo observar que con el pasar del tiempo el PLA utilizado para impresión 3D pierde su forma original y es por lo que al momento de realizar los ensayos mecánicos a tracción existe diferentes resultados en comparación con cada químico al que han sido expuestos en el mismo tiempo de exposición.
- Los ensayos dieron como resultado que el químico que más afecta a la resistencia del material es el alcohol motivo por el que se observó cómo afecta en su resistencia al esfuerzo y a la deformación, existe una disminución continua, que se puede decir que la vida útil de este material al ser expuesto a químicos abrasivos es de máximo 4 semanas.

4.2.Recomendaciones

- Realizar investigaciones sobre cómo realizar los procesos de impresión 3D de forma rápida sin perder propiedades mecánicas del material que se va a implementar para este proceso.
- Desarrollar una investigación experimental en los diferentes tipos de material de polímeros que existe actualmente para poder determinar que material puede proporcionar una gran resistencia en las mismas condiciones que se ha trabajado este trabajo.
- Diseñar probetas de impresión 3D para la realización de ensayos mecánicos de flexión que las mismas cumplan con el mismo proceso que se expusieron las probetas para esta investigación.

Bibliografía

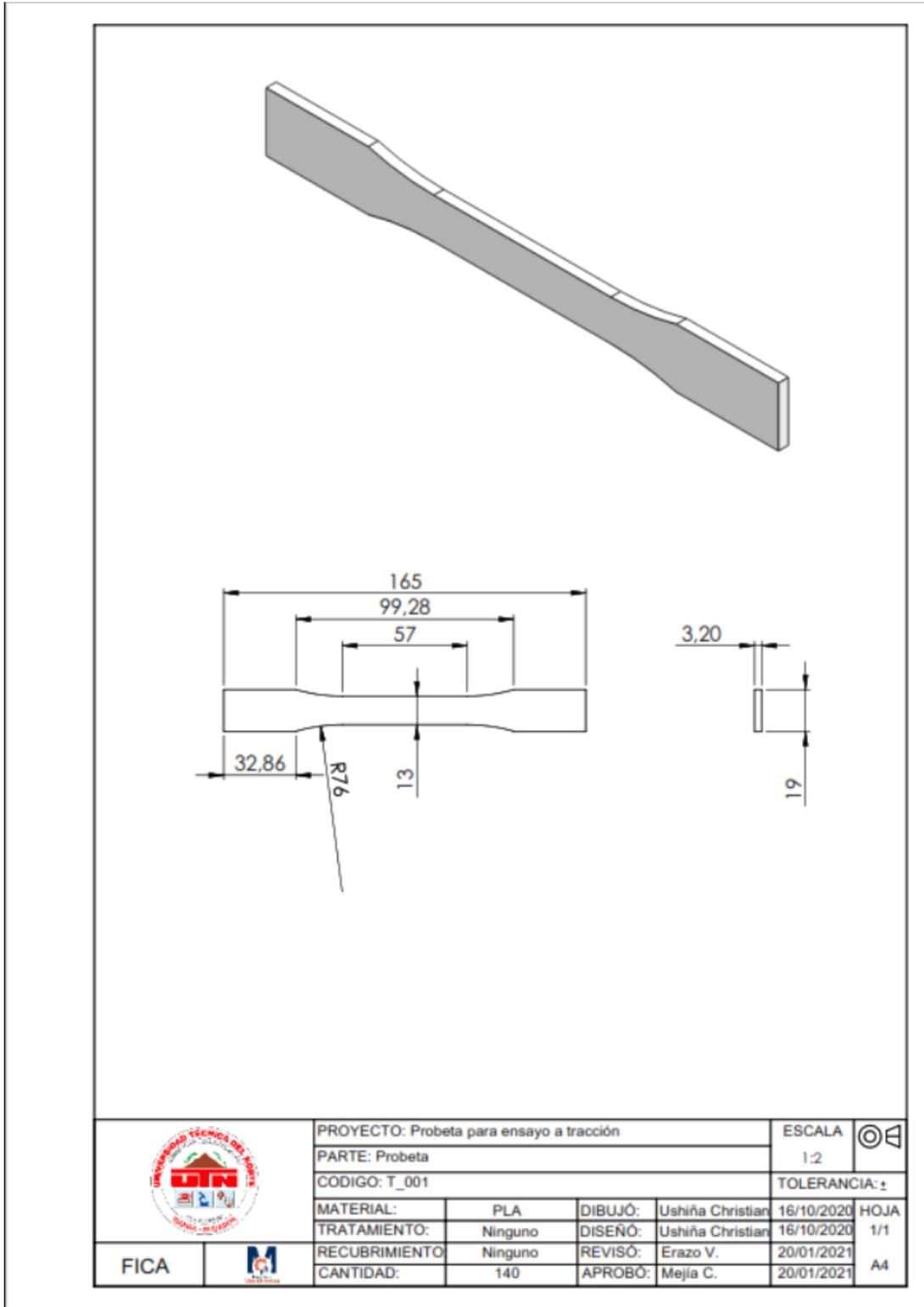
- [1] G. I. P. Carpio, *Análisis de tracción de porbetas impresas en 3D mediante deposición de hilo fundido de PLA, ABS y PLA/MLO*, Cuenca, 2019.
- [2] D. m. y. herramientas, «Demaquinasyherramientas,» 26 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://www.demaquinasyherramientas.com/seguridad-elementos-de-proteccion-epp/mascara-protector-facial-para-uso-profesional>. [Último acceso: 02 Julio 2020].
- [3] O. Urbanas, «Obras Urbanas portal lider del sector técnico,» 21 abril 2020. [En línea]. Available: <https://www.obrasurbanas.es/genie-ayuda-a-combatir-el-covid-19/>. [Último acceso: 10 07 2020].
- [4] P. Presente, «PRESENTE,» Editorial Acción, 02 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://presenterse.com/la-importancia-de-las-mascaras-faciales-para-hacer-frente-al-covid-19/>. [Último acceso: 21 Julio 2020].
- [5] A. E. F. Poblano, *Desarrollo de un proceso de manufactura aditiva 3D para aplicación de metales*, México, 2018.
- [6] H. M. Vargas, *Estudio de la resistencia a la tracción y a la flexión de materiales compuestos de matriz polimérica fabricados mediante impresión 3D*, Lima, 2018.
- [7] Y. B. Elif Karayel, *Additive manufacturing method and different welding applications*, Estambul , 2020.
- [8] S. R. Fuentes, *Estudio Comparativo de los Métodos de Fabricación Aditiva para el Titanio y sus Aleaciones*, Barcelona, 2017.
- [9] «Loughborough University,» 2020. [En línea]. Available: <http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/binderjetting/>. [Último acceso: 25 Septiembre 2020].
- [10] D. T. Díaz, *Tecnologías de Fabricación Digital Aditiva, ventajas ara la construcción de modelos, prototipos y series cortas en el proceso de diseño de productos*, Medellín, 2016.
- [11] A. B. Varotsis, «3D HUBS,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-material-jetting-3d-printing/>. [Último acceso: 25 Septiembre 2020].
- [12] E. M. R. Wicker, «Additive Manufacturing,» Kirtland, 2018, p. 25.
- [13] L. C., «3D Natives,» 10 Septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.3dnatives.com/es/guia-deposicion-de-energia-directa-100920192/#!>. [Último acceso: 15 Noviembre 2020].

- [14] A. J. D. M. Bravo, *PROPIEDADES MECÁNICAS DE COMPONENTES FABRICADOS MEDIANTE MODELADO POR DEPOSICIÓN FUNDIDA*, San Cristóbal de La Laguna, Tenerife, 2017.
- [15] A. G. B. Pedro Manuel Hernández Castellano, *TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN ADITIVA*, Las Palmas: Servicio de Publicaciones y Difusión Científica., 2018.
- [16] A. D. L. Q. L. J. L. E. Ely Dannier V. Niño, *Caracterización microscópica de texturas superficiales fabricadas aditivamente mediante estereolitografía láser*, Cúcuta, 2016.
- [17] MIZAR, «MIZAR,» 27 Julio 2017. [En línea]. Available: <http://mizaradditive.com/fabricacion-aditiva-powder-bed-fusion/>. [Último acceso: 15 Noviembre 2020].
- [18] C. Invitado, «NAUKAS,» 8 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://naukas.com/2019/04/08/impresion-3d-reformulacion-sostenible-de-alimentos/>. [Último acceso: 15 Noviembre 2020].
- [19] Susana Sanchez Restrepo, «3Dnatives,» 10 Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://www.3dnatives.com/es/modelado-por-deposicion-fundida29072015/#!>. [Último acceso: 25 Septiembre 2020].
- [20] IMPRESORAS3D.COM, «IMPRESORAS3D.COM,» 12 Enero 2017. [En línea]. Available: <https://www.impresoras3d.com/abs-y-pla-diferencias-ventajas-y-desventajas/>. [Último acceso: 01 Octubre 2020].
- [21] J. V. M. Osejos, *Caracterización de materiales termoplásticos de ABS y PLA semi-rígido impresos en 3D con cinco mallados internos diferentes.*, Quito, 2016.
- [22] J. C. S. Díaz, *ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES A TRACCIÓN DE PRODUCTOS FABRICADOS DE MATERIAL FUNDIDO ABS UTILIZANDO UNA IMPRESORA 3D*, Quito, 2018.
- [23] A. A. R. Pastor, *Estudio comparativo de piezas de ABS y PLA procesadas mediante modelado por deposición fundida.*, Madrid, 2013.
- [24] M. V. Adrián Ñauta, *Simulación de Termofluidos de PLA Natural y ABS en el Proceso de Impresión en 3D*, Cuenca, 2017.
- [25] S. G. Grau, *Funcionalización y caracterización de Ácido Poliláctico (PLA) aditivado con Graphene Nanoplatelets (GNP's) y Carbon Black para el desarrollo de filamentos utilizados en la impresión 3D*, Valencia, 2019.
- [26] X. R. Campillo, *Proyecto de diseño de piezas modeladas con una impresora 3D para la realización de prácticas de laboratorio de la asignatura de resistencia de materiales y teoría de estructuras*, Barcelona, 2018.
- [27] A. Balvantín, *Ensayos y Propiedades Mecánicas de los Materiales*, Guanajuato, 2016.

- [28] A. International, *Standard test method for tensile properties of plastics (D638-14)*, Estados Unidos, 2015.
- [29] E. C. L. D. B. H. Alexis Diomedi, *Antisépticos y desinfectantes: apuntando al uso racional. Recomendaciones del Comité Consultivo de Infecciones Asociadas a la Atención de Salud, Sociedad Chilena de Infectología*, Chile, 2017.
- [30] CREALITY, «CREALITY,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.creality.com/es/goods-detail/ender-3-pro-3d-printer>. [Último acceso: 10 Noviembre 2020].
- [31] T. U. S. Tester, «James Heal,» 14 Agosto 2013. [En línea]. Available: <http://jamesao1.miniserver.com/testwise2013>. [Último acceso: 15 Febrero 2021].
- [32] D. R. R. W. Angel Torrado Pérez, *Fracture Surface Analysis of 3D-Printed Tensile Specimens of Novel ABS-Based Materials*, Texas, 2014.
- [33] E. D. Valbuena-Niño, J. L. Endrino-Armenteros, H. A. Estupiñan-Duran, B. Pérez-Gutiérrez y A. Díaz-Lantada, « Caracterización microscópica de texturas superficiales fabricadas aditivamente mediante estereolitografía láser,» *Respuestas*, vol. 21, nº 2, pp. 37-47, 2016.

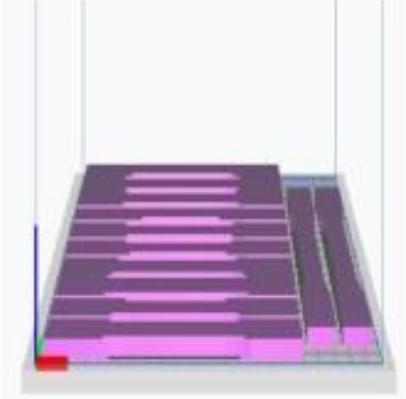
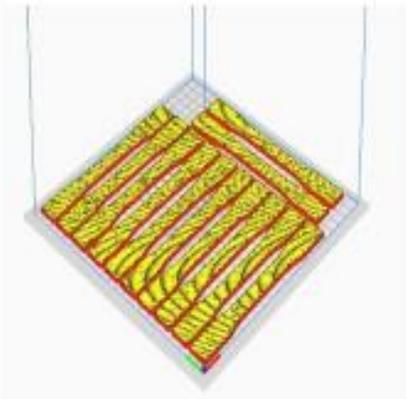
ANEXOS

Anexo 1. Plano de probeta



Anexo 2. Hoja de Procesos

Hoja de procesos para la pieza 1

Proyecto	Caracterización de la resistencia de los materiales de impresión 3D sometidos a químicos abrasivos.			Máquina	Ender 3 Pro	Fecha: 05/11/2020
Pieza	Probeta	Plano Nro.		Hoja:	1/1	
Material	PLA	Dimensiones en bruto:		165 x 19 x 3.20 mm		
Realizado por:	Christian Ushiña	Observaciones:				
						
						
Altura de capa	0.28 mm	Ancho de línea	0.8 mm			
Nozzle	0.4 mm	Ancho de línea superior	0.8 mm			
Velocidad	50 mm/s	Ancho de línea inferior	0.8 mm			
Temperatura Nozzle	215°C	Densidad de relleno	20%			
Temperatura cama	60°C	Patrón de relleno	Concéntrico			

Anexo 3. Datasheet filamento PLA

3R3Dtm.com

PLA ÁCIDO POLILÁCTICO POLYLACTIC ACID

El PLA (ácido poliláctico) es uno de los dos filamentos de impresión 3D FDM más utilizados (siendo el otro el filamento ABS). Es el material recomendado "por defecto" para la mayoría de impresoras 3D de escritorio, y con muy buen criterio - El PLA es útil en una amplia gama de aplicaciones de impresión, tiene la virtud de ser inodoro, de tener un bajo warping, y no requiere cama calefactada. El filamento de PLA también es uno de los materiales disponibles más amigables con el medio ambiente; Está fabricado con recursos renovables (almidón de maíz) y requiere menos energía para procesarlo, en comparación con los plásticos tradicionales (derivados del petróleo). Aparte de en la impresión 3D, el plástico PLA se utiliza a menudo en recipientes de alimentos, como envoltorios de dulces e implantes médicos biodegradables, tales como suturas.

Nuestros filamentos de PLA para impresión 3D están disponibles en una amplia gama de colores tanto en 1,75 mm como en 2,85 mm. La gama de filamentos de PLA de 3R3Dtm ha sido desarrollada por nuestros Ingenieros expertos que utilizan la última tecnología y materia prima virgen de primera calidad.



CARACTERÍSTICAS

- Bajo punto de fusión para una impresión más fácil.
- Libre de materiales dañinos o peligrosos.
- Menor índice de encogimiento.
- Alta rigidez con mínima flexión.
- Produce impresiones de mayor calidad.
- Adecuado para imprimir piezas grandes sin casi deformaciones.
Puede ser impreso sin cama caliente.
- No se producen olores químicos durante la impresión.

ESPECIFICACIONES

Material del filamento : PLA

Densidad : 1,25 gr/cm³

Diámetro : 1,75 mm. +/- 0,05 mm.
2,85 mm. +/- 0,05 mm.

Información de impresión : Extrusor : 190-220°C
Cama : 40-60°C
(sólo para grandes impresiones)

Temperatura de trabajo : Empez a perder fuerza mecánica a los 60°C

OPCIONES

Diámetro : 1,75 mm. +/- 0,05 mm.
2,85 mm. +/- 0,05 mm.

Color : Amplia gama de colores

Formato : 0,75 Kg.
1 Kg.
2,5 Kg.
5 Kg.

GUÍA DE UTILIZACIÓN

(Escala de 1 a 10)

Resistencia a la tensión	9
Dureza	7
Flexibilidad	4
Resistencia térmica	3
Calidad de impresión	10
Resistencia a la deformación	10
Facilidad de impresión	10



Facilidad de impresión
Resistencia al Warping
Calidad de impresión
Resistencia térmica
Flexibilidad
Dureza
Resistencia a la tensión

