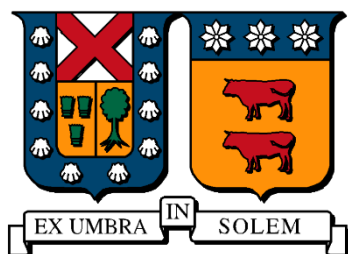


UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR –
JOSÉ MIGUEL CARRERA



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

**ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL EN PROTESIS DE MUÑECAS
IMPRESAS EN 3D CON MATERIAL RECICLADO.**

Trabajo de Titulación para optar al Título
de INGENIERO EN FABRICACIÓN Y
DISEÑO INDUSTRIAL

Trabajo de Titulación para optar al grado
de Licenciado en INGENIERÍA EN
FABRICACIÓN Y DISEÑO
INDUSTRIAL

Alumno:

Chrystopher Josef Alexander Solar Suárez

Profesor Guía:

Ing. Mario Salinas Psijas

RESUMEN

KEYWORDS: IMPRESIÓN 3D - PROTESIS -
FILAMENTO PET.

El polímero PET es uno de los materiales más desechados a lo largo del día. Esto se debe a que se utiliza principalmente como contenedor portátil de agua potable, ya que las personas no conocen los métodos de reciclaje de este material. Chile es considerado uno de los países que más desechan este material de Sudamérica. Una de las soluciones a sus residuos es introducir un material industrial para impresoras 3D. Con este material se realizarán prótesis de bajo costo para las personas que poseen un estatus socioeconómico bajo, que no puede pagar una prótesis de alto costo.

Existen varias formas de transformar el PET en filamento para impresoras FDM la primera es convertir el PET en pellets para obtener filamento para impresión 3d mediante un proceso industrial y la otra es una forma DIY que todo pueden realizar con las botellas que se desechan a lo largo del día.

Para la comparación de estos se realizará la investigación de cómo se comportarán o reaccionarán los filamentos de PET y PLA. Se fabricarán probetas normadas en base a impresión 3d con cada material PET o PLA, con estos se realizarán estudios de comportamiento estructural que indicará si la elaboración de prótesis en base a PET es el filamento adecuado para la creación de prótesis 3d de bajo coste.

ÍNDICE

Contenido

ÍNDICE	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	11
SIGLA Y SIMBOLOGÍA	12
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES DEL PROYECTO	3
1.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	5
1.2. CONTEXTO Y VIABILIDAD DEL PROYECTO.....	6
1.3. TECNICA PARA EL ESTUDIO DE MATERIAL.....	7
1.4. ESTUDIO COMPARATIVAS DE MATERIALES PARA IMPRESIÓN 3D 7	
1.4.1. PLA.....	7
1.4.2. ABS.....	8
1.4.3. HIPS.....	8
1.4.4. HDPE	9
1.4.5. PVA	9
1.4.6. NYLON.....	10
1.4.7. EPET	10
1.5. DEFINICIÓN OPORTUNIDAD DE ESTUDIO	13
1.6. CONTEXTO DE LA OPORTUNIDAD.....	13
1.7. ANALISIS ESTRATÉGICOS	14
1.8. POSICIONAMIENTO DEL PRODUCTO	15
1.9. DIMENSIÓN TECNOLÓGICA	15
1.10. OBJETIVOS DEL PROYECTO	19
1.10.1. Objetivo General	19

1.10.2.	Objetivos específicos	19
CAPÍTULO 2: DISEÑO DE INGENIERÍA		20
2.1	DISEÑO DE ENSAYOS	22
2.1.1	Metas cualitativas:	22
2.1.2	Definiciones en términos de rendimiento:.....	22
2.1.3	Meta que lograr con el producto:	23
2.2.	ANÁLISIS Y DEFINICION DE ALTERNATIVAS MORFOLOGICAS Y TECNOLÓGICAS	23
2.3.	DESARROLLO DE PIEZAS Y COMPONENTES	25
2.3.1	Análisis y detallado de procesos de manufactura y/o fabricación.....	25
2.3.2	Proceso de Fabricación de las piezas y componentes:	27
2.4.	ANÁLISIS TÉCNICO Y ESTRUCTURAL	28
2.5.	DISEÑO PARA FABRICABILIDAD RESUELTO EN BASE A MODELAMIENTO TRIDIMENSIONAL.....	29
	Puntas de los 5 dedos.	29
	Falanges de los 5 dedos.....	30
	Palma	30
	Ante brazos (modelos: cerrado o abierto).....	31
	Tensoros	32
	Pin`s	32
	Moldes para aletas y ante brazos abiertos	33
2.6.	ANÁLISIS DE PROCESOS DE FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN.....	35
2.6.1	Proceso general (ideal)	35
2.6.2	Estimación de tiempos productivos y costos de manufactura.....	36
2.7.	MVP O PROPUESTA DE FABRICACIÓN DE PRODUCTO O PROTOTIPO SEGÚN OBJETIVOS.....	36
CAPÍTULO 3: DISEÑO DE INGENIERÍA		37
3.1.	EVALUACION FUNCIONAL DEL PRODUCTO - PROTOTIPO	39
3.3.1	Evaluación funcional según TRL	39
3.3.2	Composición Básica.	41
3.3.3	Composición tecnológica.	42
3.3.4	Prototipo piloto.....	48

3.3.5	Producto/prototipo completo	62
3.2.	EVALUACIÓN DE COSTOS.....	63
3.3.	ANÁLISIS Y CONCLUSIONES.....	64
	RECOMENDACIONES:	65
	LINKOGRAFIA Y BIBLIOGRAFIA	67
	ANEXO	69

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1.	PRÓTESIS CREADAS POR "FUNDACIÓN PRÓTESIS 3D"	5
FIGURA 1.2.	PRÓTESIS DE MUÑECA	5
FIGURA 1.3.	BOBINAS DE PLA	7
FIGURA 1.4.	BOBINAS DE ABS	8
FIGURA 1.6.	PELLET DE HDPE.....	9
FIGURA 1.7.	BOBINA DE PVA	9
FIGURA 1.8.	BOBINAS DE NYLON	10
FIGURA 1.10.	TIPOS DE PROBETAS.....	16
FIGURA 1.11.	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO ISO 527-2:2012.....	16
FIGURA 1.12.	DIMENSIONES EN MM DE PROBETA SELECCIONADA.....	16
FIGURA 1.13.	DENSIDADES DE RELLENO.	17
FIGURA 1.14.	MODELO PRÓTESIS DE MUÑECA A UTILIZAR.....	17
FIGURA 1.15.	LAMINADO POSICIÓN HORIZONTAL DE PROBETA.....	18
FIGURA 1.16.	LAMINADO POSICIÓN VERTICAL DE PROBETA.....	18
FIGURA 2.1.	PRÓTESIS DE MUÑECA DE "E - NABLE"	24
FIGURA 2.2.	PRÓTESIS DE MUÑECA DE "AUTOFABRICANTES".....	24
FIGURA 2.3.	PRÓTESIS DE MUÑECA DE "FUNDACIÓN PRÓTESIS 3D".	24
FIGURA 2.4.	HILO TRENZADO PE.	25

FIGURA 2.5. SILICONA RTV.....	26
FIGURA 2.6. TORNILLOS PARA MADERA AUTORROSCANTE.....	26
FIGURA 2.7. BANDAS ELÁSTICAS.	26
FIGURA 2.8. ESPUMA ADHESIVA.	26
FIGURA 2.9. ZONA CRITICA DEDOS.	28
FIGURA 2.10. ZONA CRITICA ANTEBRAZO CORTO.	28
FIGURA 2.11. ZONA CRÍTICA TENSOR.	29
FIGURA 2.12. DEDOS SUPERIORES.	29
FIGURA 2.13. DEDOS ISOMÉTRICOS.....	29
FIGURA 2.14. FALANGES TRASERO.	30
FIGURA 2.15. FALANGES ISOMÉTRICO.....	30
FIGURA 2.16. PALMA ISOMÉTRICO.	30
FIGURA 2.18. ANTEBRAZO CORTO ISOMÉTRICO.....	31
FIGURA 2.19. ANTEBRAZO CORTO SUPERIOR.....	31
FIGURA 2.20. ANTEBRAZO CORTO FRONTAL.....	31
FIGURA 2.21. TENSOR FRONTAL.....	32
FIGURA 2.22. TENSOR ISOMÉTRICO.	32
FIGURA 2.24. PIN'S DEDOS ISOMÉTRICO.....	33
FIGURA 2.25. PIN'S MUÑECA ISOMÉTRICO	33
FIGURA 2.26. PIN'S MUÑECA SUPERIOR.....	33
FIGURA 2.27. MOLDE ANTEBRAZO CORTO SUPERIOR.....	33
FIGURA 2.28. MOLDE MOLDE ANTEBRAZO FRONTAL.....	34
FIGURA 2.29 MOLDE MOLDE ANTEBRAZO ISOMÉTRICA.....	34
FIGURA 3.1. FILAMENTO AZUL EPET 3N3.....	41
FIGURA 3.2. ARTILLERY X1 SIDEWINDER.....	42
FIGURA 3.3. PROBETA EN LAMINADOR CURA.....	43

FIGURA 3.4. ESQUEMA PLANIMETRÍA PROBETA EPET ISO 527.	43
FIGURA 3.5. RESULTADO IMPRESIÓN PROBETAS CON NORMA ISO 527	43
FIGURA 3.6. PROBETAS POSICIONADAS EN MÁQUINA DE ENSAYOS... 	44
FIGURA 3.7. ROTURAS EN PROBETAS	44
FIGURA 3.8. MÁXIMO ESFUERZO EN N.	45
FIGURA 3.9. IMPRESIÓN DE PINES PARA MUÑECA CON BALSA.....	48
FIGURA 3.10. IMPRESIÓN DE PINES DE DEDOS PALMAS.	49
FIGURA 3.11. FLASHFORGE CREATOR 3.....	49
FIGURA 3.12. COMPONENTES IMPRESOS DE PRÓTESIS DE MUÑECA..	50
FIGURA 3.13. PROCESO MOLDAJE DE MUÑECA CORTA.....	50
FIGURA 3.14. ABLANDE DE MUÑECA CORTA.	50
FIGURA 3.15. MOLDEADO DE MUÑECA CORTA CON MOLDE.....	51
FIGURA 3.16. PRÓTESIS TERMINADA Y ENSAMBLADA.....	51
FIGURA 3.17. PRÓTESIS ENSAMBLADA DE COSTADO.	52
FIGURA 3.18. PRÓTESIS HORIZONTAL PALMA ARRIBA.	52
FIGURA 3.19. PRÓTESIS HORIZONTAL PALMA ABAJO.	52
FIGURA 3.20. PRÓTESIS VERTICAL.	53
FIGURA 3.21 AGARRE VERTICAL.....	53
FIGURA 3.22. AGARRE HORIZONTAL HACIA ABAJO.....	53
FIGURA 3.23. PRÓTESIS DE PLA PARA COMPARAR.....	54
FIGURA 3.24. ANÁLISIS DE ESFUERZOS DE ZONA DE PIVOTES.	55
FIGURA 3.25. DCL FALANGES EN AGARRE.	56
FIGURA 3.26. CÁLCULOS DE ANÁLISIS DE ESFUERZO EN FALANGE.	57
FIGURA 3.27. ESQUEMA PLANIMÉTRICO PIEZA ESTUDIADA PARA DESGASTE.	58
FIGURA 3.28. PIEZAS IMPRESAS PARA PRUEBA DE DESGASTE.	59

FIGURA 3.29. TESTO 810 MEDIDOR DE TEMPERATURA.....	59
FIGURA 3.30. TEMPERATURAS ALCANZADAS DESPUÉS DEL DESGASTE.	60
FIGURA 3.31. DIFERENCIAS ENTRE MATERIALES PREVIA PRUEBA....	60
FIGURA 3.32. DESGASTE DE TENSOR PLA.....	61
FIGURA 3.33. PRÓTESIS A BASE DE FILAMENTO EPET.	62
FIGURA 3.34. PRÓTESIS A BASE DE FILAMENTO EPET FINALIZADA... 	62

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 VENTAJAS DE LOS MATERIALES PARA IMPRESIÓN POR FDM.	12
TABLA 1.2 DESVENTAJAS DE LOS MATERIALES PARA IMPRESIÓN POR FDM.	12
TABLA 1.3 PROPIEDADES MECANICAS PLA IMPRESO EN 3D DE 5MM.	13
TABLA 2.1. PROPIEDADES MECÁNICAS PET IMPRESO EN 3D DE 5MM	23
TABLA 2.2 SOPORTE MAXIMO DE CARGAS DE PROTESIS EPET IMPRESA EN 3D.	23
TABLA 2.3. COSTOS DE MATERIAL.....	36
TABLA 3.1. PROPIEDADES MECÁNICAS PET IMPRESO EN 3D DE 5MM	48
TABLA 3.2. RESULTADOS COMPARATIVA DE ESFUERZOS DE PRÓTESIS EPET VS PLA	54
TABLA 3.3. RESULTADOS PRUEBAS DE DESGASTE.	61
TABLA 3.4. TABLA EVALUACIÓN ECONÓMICA FABRICACIÓN PRÓTESIS.	63
TABLA 3.5. TABLA EVALUACIÓN ECONÓMICA PROTESIS REALIZADA CON PLA.....	63
TABLA 3.6. TABLA RESUMEN PLA VS EPET	64

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 3.1. GRÁFICO ENSAYO PROBETA 1 N VS DESPLAZAMIENTO.	45
GRÁFICO 3.2. GRÁFICO ENSAYO PROBETA 2 N VS DESPLAZAMIENTO.	45
GRÁFICO 3.4. GRÁFICO ENSAYO PROBETA 3 N VS DESPLAZAMIENTO.	46
GRÁFICO 3.5. GRÁFICO ENSAYO PROBETA 4 N VS DESPLAZAMIENTO.	46
GRÁFICO 3.6. GRÁFICO GENERAL DE ENSAYO DE PROBETAS N VS DESPLAZAMIENTO.....	46
GRÁFICO 3.7. LIMITE ELÁSTICO DE PROBETA 1.....	47

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

PLA	:	Ácido poliláctico
PET	:	Tereftalato de polietileno
ABS	:	Acrilonitrilo Butadieno Estireno
NYLON	:	Polímero de la familia de las poliamidas
FDM	:	Modelado por Deposición Fundida
HIPS	:	High Impact Polystyrene
PP	:	Polipropileno
FP3D	:	Fundación Prótesis 3D
ISO	:	International Organization for Standardization
RTV	:	Room Vulcanizing Temperature
MPa	:	Megapascal
DIY	:	Do It Yourself
HUM	:	Hágalo Usted Mismo
mm	:	milímetro
E	:	Modulo de elasticidad
N	:	Newton
Kg	:	Kilogramo.
σ	:	Tensión
RPM	:	Revoluciones por minuto
T	:	TAU
F	:	Fuerza
D.C.L	:	Diagrama de Cuerpo Libre

INTRODUCCIÓN

El siguiente estudio será realizado a partir de la comparativa entre los distintos materiales que se encuentran en el mercado para la impresión 3D específicamente en las máquinas FDM (Modelado por Deposición Fundida), con el progreso de los años se encuentra una gran variedad de materiales para imprimir en estas máquinas, por lo que, dependiendo de lo que cada industria o usuario en específico necesite, existe un material para satisfacer su necesidad, en este caso nos enfocaremos concretamente en la comparativa entre el material más vendido para FDM que es el PLA y el nuevo material EPET, este es un producto/material que se ha estado integrando recientemente a nuestro mercado ya que este es a base de botellas PET recicladas. Estos materiales serán sometidos a varias pruebas de “Análisis Estructurales” para comprobar si con este material cumple con los requisitos para lograr fabricar y utilizar prótesis mecánicas en impresión 3D.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

En la Fundación Prótesis 3D (FP3D) se realizan prótesis con el material PLA a base de impresión 3D, por ende, se realizará un estudio en el que se pueda realizar la creación de prótesis a base de filamento PET.

Figura 1.1. Prótesis creadas por "Fundación prótesis 3D"



Fuente: Fundación Prótesis 3D

El estudio basa su desarrollo en base a estudios realizados con anterioridad sobre el filamento para impresión 3D (FDM) PLA junto a sus especificaciones, para lograr una comparativa entre el PLA y el PET.

Obteniendo así resultados en los cuales se apreciará si el PET es un material viable para realizar la fabricación de una "Prótesis de Muñeca" (se refiere a prótesis de muñeca cuando esta realiza la acción de la zona para la cual fue realizada la prótesis) también conocida como prótesis de mano a partir de Impresión 3D.

Figura 1.2. Prótesis de Muñeca



Fuente: Computerhoy.com

1.2. CONTEXTO Y VIABILIDAD DEL PROYECTO

En el mundo de la impresión 3D ha habido diversas maneras de avanzar en la tecnología, logrando así utilizar o crear materiales que sean más amigables con el medio ambiente, o directamente siendo reciclables como es el caso del PLA y el ABS.

Con la apertura de la impresión 3D al campo industrial, esta se ha adaptado al mercado y a las necesidades de las personas, aportando también al campo de las prótesis, siendo así mucho más versátiles a la hora de optar por alguna función o forma.

Problemática:

Teniendo en cuenta que la fabricación de prótesis en impresión 3D abunda mayormente en material PLA, la gran parte del material que conforma la prótesis que termina “desechado” evitando que esta sea 100% reciclable por ende, nos encontramos con que el material PET, el cual lograremos obtener en cualquier envase de bebestible, esto nos permite poseer gran capacidad de aprovechamiento de material en la fabricación de filamento para impresión 3D. Realizando el proceso de elaboración a partir del reciclado del material PET con el objetivo de modificarlo a filamento para el método de impresión en FDM.

En este último año 2022 se ha estado utilizando esta metodología para impresión recreacional, pero, lo que no se ha tenido claro es, que tan duradero o que tanta usabilidad podría tener este material a la hora de realizar trabajos técnicos o con un estudio detrás. En esta oportunidad realizaremos un estudio de análisis estructural del material y prótesis en base al material PET.

1.3. TÉCNICA PARA EL ESTUDIO DE MATERIAL

La técnica que se aplicará para el estudio de la utilización del material en impresión 3D, será a través de ensayo de probetas junto a su vez un análisis estructural de la misma ante situaciones cotidianas, ya que se logrará estudiar las propiedades mecánicas del material que serán la Elasticidad y Rotura de los materiales a estudiar.

El estudio será una comparativa entre el Filamento de impresión 3D ‘PLA’ y el nuevo material que se está incorporando en el mercado este último año 2022 a las impresoras FDM, este es el EPET.

1.4. ESTUDIO COMPARATIVAS DE MATERIALES PARA IMPRESIÓN 3D

Se investigará sobre los materiales populares dentro del área de la impresión 3D por FDM, considerando PLA, ABS, HIPS, HDPE, PVA, NYLON, y EPET.

1.4.1. PLA

De entre todos estos materiales dedicados a la impresión de diseños, el más comercializado es el llamado PLA. Este polímero es biodegradable, ya que se produce a Partir de recursos 100% renovables como el almidón.

El PLA es un polímero permanente e inodoro. Entre sus características más importantes esta su buena resistencia a la humedad, la creación de una barrera del sabor y del olor y su módulo de elasticidad es comparable al polietileno, con 900 N/mm².

Figura 1.3. Bobinas de PLA



Fuente: all3dp.com

1.4.2. ABS

Este polímero está compuesto por tres bloques por lo que se le llama terpolímero. El Acrilonitrilo le aporta rigidez, resistencia a ataques químicos, dureza y estabilidad a altas temperaturas. El Butadieno le proporciona tenacidad a baja temperatura y mayor resistencia al impacto; y el Estireno, resistencia mecánica, rigidez, brillo y dureza. Esta mezcla de propiedades hace que el producto final sea de gran aplicación en la fabricación aditiva. Este material puede ser extruido, moldeado, solapado y prensado.

Figura 1.4. Bobinas de ABS



Fuente: all3dp.com

1.4.3. HIPS

El denominado HIPS (High Impact Polystyrene o poliestireno de alto impacto) es un polímero termoplástico basado en una mezcla de poliestireno y caucho de polibutadieno, este obtiene propiedades similares al ABS, pero el HIPS es un material más duro y resistente a los impactos, este se caracteriza principalmente por su solubilidad a ciertos productos químicos, lo que se utiliza más como estructura soporte para apoyar al material ABS.

Figura 1.5. HIPS y su función como soporte para ABS

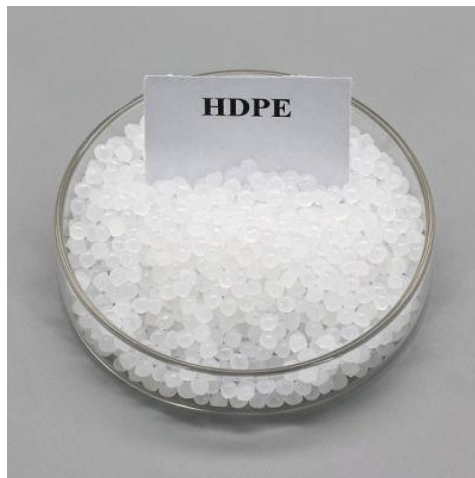


Fuente: 3Dnatives.com

1.4.4. HDPE

Polietileno de alta densidad este está emparentado con el PP (polipropileno), este material resiste especialmente al os disolventes y Pegamentos, el punto negativo de este material es que este tiende a encogerse y no es reciclable.

Figura 1.6. Pellet de HDPE



Fuente: Made-in-china.com

1.4.5. PVA

El filamento PVA (Alcohol polivinílico) es quizás mejor conocido por ser confundido con acetato de polivinilo (pegamento blanco), ya que ambos usan el mismo acrónimo a su vez también es un material Biodegradable. Tal vez su segunda característica más definitoria entonces, Como resultado, a menudo se utiliza como soporte soluble para el filamento PLA.

Figura 1.7. Bobina de PVA



Fuente: Amazon.com

1.4.6. NYLON

El Nylon empleado en las impresoras 3D suele ir cargado con un 30% de fibras cortas de vidrio. Estas fibras facilitan el proceso de impresión, mejoran la adherencia entre las capas de la pieza, reducen las deformaciones térmicas del objeto y minimizan la tendencia que la poliamida tiene a absorber humedad del ambiente (“Impresión 3D en Nylon | Addimen”). El NYLON es perfecto para la creación de Objetos Geométricos Complejos de los cuales requieran una resistencia mecánica, térmica o química.

Figura 1.8. Bobinas de Nylon

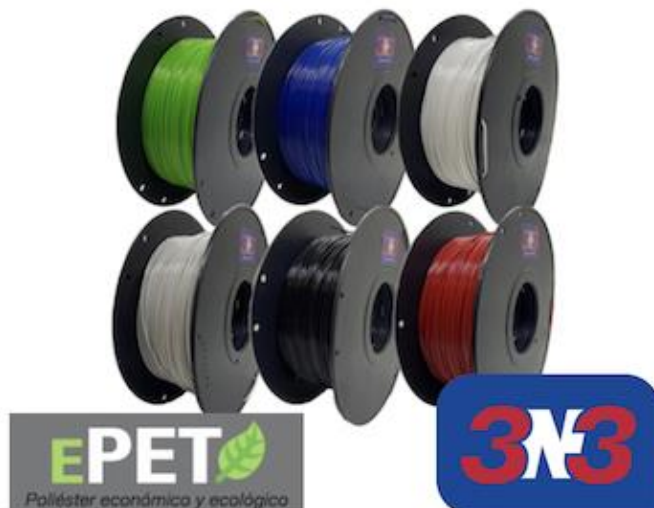


Fuente: 3dneworld.com

1.4.7. EPET

Cabe aclarar que, si bien el nombre es similar a PETG, el material es poliéster de origen ecológico (Polietileno tereftalato -PET-) y el comportamiento más diferente que similar, aunque conserva algunas similitudes. La principal motivación para fabricar y usar EPET es poder usar un poliéster a precio de PLA e inferior incluso con prestaciones diferentes, en muchos casos mejores, con un circuito más limpio, ayudando a la economía y al ambiente. (“Filamento Epet 3n3 1.75mm 1kg Impresora 3d - 3d Parts”).

Figura 1.9. Bobinas de EPET



Fuentes: 3Dparatodos.cl

Este material aun no consta de un estudio de propiedades mecánicas o cualidades las cuales pueda ser comparables con el resto de materiales, por ende, se realizaran estudios de que ventajas y desventajas podran obtener tambien estos a la hora de ser impresos.

Tabla 1.1 Ventajas de los materiales para impresión por FDM.

		VENTAJAS (más promedio mejor)					
Material características	PLA	ABS	HIPS	HDPE	PVA	NYLON	EPET
Facilidad de impresión	3	1	2	2	1	1	1
Resistencia térmica	2	2	3	3	2	3	3
Resistencia mecánica	2	3	2	2	1	3	3
Resistencia a la humedad	1	2	2	1	1	2	2
Capacidad de mecanizado	1	3	3	1	2	3	2
Reciclabilidad	3	1	3	2	1	1	3
Vida útil	2	2	1	3	1	3	3
Material estable	3	3	2	3	2	1	3
PROMEDIO	2.13	2.13	2.25	2.13	1.38	2.13	2.50

Fuente: Características de materiales Ventajas.

Tabla 1.2 Desventajas de los materiales para impresión por FDM.

		DESVENTAJAS (más promedio peor)					
Material características	PLA	ABS	HIPS	HDPE	PVA	NYLON	EPET
Dificultad de impresión	1	3	2	3	3	3	2
Experiencia en impresión 3D	2	3	3	2	2	3	3
Adherencia por cama caliente	1	3	1	3	1	3	2
Emisión de gases nocivos	2	3	1	1	1	2	2
Fallos a la hora de imprimir	2	3	1	2	3	3	2
PROMEDIO	1.60	3.00	1.60	2.20	2.00	2.80	2.20

Fuente: Características de materiales Desventajas.

Tabla 1.3 Propiedades mecánicas PLA Impreso en 3D de 5mm.

Propiedades mecánicas	Impresión 3D		
	Valor típico	Método de ensayo	Velocidad
Módulo de elasticidad a la tracción	2346,5 MPa	ISO 527	(1 mm/min)
Esfuerzo de tracción a la deformación	49,5 MPa	ISO 527	(50 mm/min)
Esfuerzo de tracción a la rotura	45,6 MPa	ISO 527	(50 mm/min)
Alargamiento a la deformación	3,3 %	ISO 527	(50 mm/min)
Alargamiento a la rotura	5,2 %	ISO 527	(50 mm/min)
Resistencia a la flexión	103,0 MPa	ISO 178	-
Módulo de flexión	3150,0 MPa	ISO 178	-

Fuente: Ficha de datos técnicos ULTIMAKER

1.5. DEFINICIÓN OPORTUNIDAD DE ESTUDIO

Con la implementación de la reutilización de botellas PET para formar filamento EPET en el mercado, se comparará con el material más cotizado para las impresoras FDM, el PLA, con tal de estudiar si es realmente factible utilizar el material PET para la creación de Prótesis de muñecas (también conocidas como prótesis de manos), por lo que estas serán expuestas a través de los Análisis estructurales de la prótesis incluyendo probetas, los que indicaran si estos son capaces de resistir los esfuerzos a los que serán sometidos junto a resistencia del material frente al desgaste.

1.6. CONTEXTO DE LA OPORTUNIDAD

Como anteriormente se menciona la realización de análisis estructural para medir las características de cada material, para lo que es en caso de probetas fabricadas con EPET se utilizara lo que es ensayo de Tracción, también se apreciará el hecho de que estos cumplan con las normativas de una probeta Normada con el fin de que no exista diferencias de medidas logrando que no varíen demasiado los resultados de los ensayos, teniendo en consideración que el ambiente en el que se fabricaran las probetas van a estar en un ambiente controlado y en condiciones óptimas.

Al obtener un resultado con los análisis, se procederá a realizar una ‘‘prótesis de muñeca’’, que, si bien en el mercado hay diversos tamaños, y diversos modelos, esto comenzaría un nuevo mercado en el que se incluyan prótesis de bajo costo y sobre todo a partir de material reutilizado, con el que se creará la necesidad de seguir innovando a base de material reciclado en el ámbito de la impresión 3D por FDM.

1.7. ANÁLISIS ESTRATÉGICOS

- Análisis FODA

- Fortalezas
 1. Marca reconocible "FP3D"
 2. Material consolidado dentro del mercado.
- Oportunidades
 1. Desarrollo de nuevos Proyectos con Material Reutilizado.
 2. Innovación incremental en el mercado nacional.
 3. Contribuir a las personas de bajos recursos.
- Debilidades
 1. Posibles averías de maquinaria por falta de experiencia en impresión 3D.
 2. Posible alza de costos al desarrollo de innovación incremental.
 3. Desconocimiento del comportamiento del material.
- Amenazas
 1. Trazabilidad de las materias primas recicladas.
 2. Comportamientos de estas probetas en el largo plazo.

1.8. POSICIONAMIENTO DEL PRODUCTO

Se basa en la comparativa entre el PLA y el EPET, por ende, este se estudiará si obtiene mejora mecánica en la aplicación del ámbito de la impresión 3D, en el caso de ser así dependerá de:

- Las personas que necesitan prótesis.
- Los clientes que donarán para fabricar prótesis.
- Los beneficiados que testearan las prótesis.

La visión de obtener buenos resultados con el filamento PET reutilizado para la fabricación de prótesis de muñecas se basa en ayudar a las personas que no pueden costearse una prótesis mucho más tecnológica.

Se opta por la opción de reutilizar plástico para la generación de filamento para impresoras FDM, para que estas personas puedan obtener prótesis accesibles. Para realizar estas prótesis pasaremos por los siguientes pasos:

- Estudio del material.
- Prótesis de muñeca a utilizar.
- Fabricación de la prótesis.
- Testeo de prótesis.

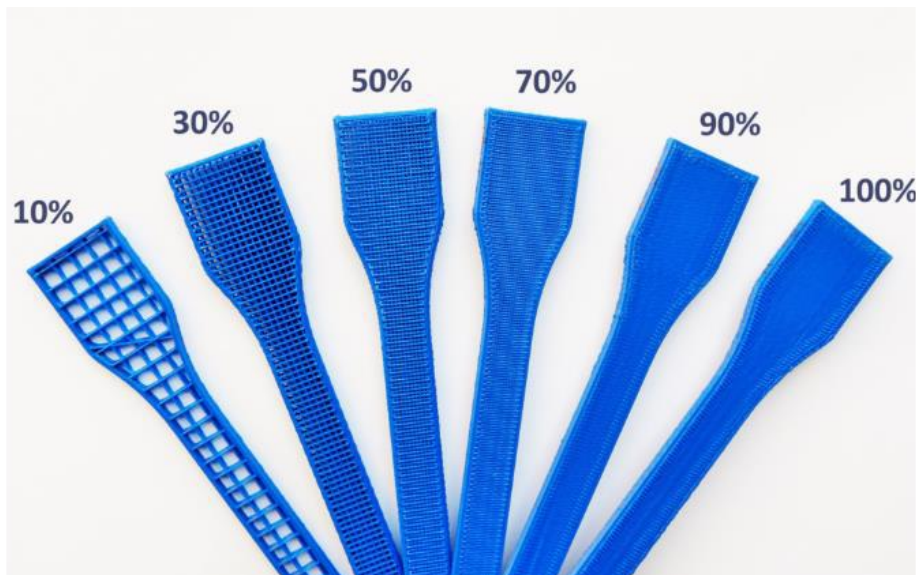
1.9. DIMENSIÓN TECNOLÓGICA

Para el estudio de ensayo de probetas se utilizará el modelo de probetas normadas y estandarizadas, existen 3 tipos de probetas normalizadas:

1. Probetas redondas con cabeza roscada.
2. Probetas redondas con cabeza lisa.
3. Probeta plana con cabeza.

Junto a la impresión 3D, estas constan de densidades de relleno los cuales existen varios tipos de relleno, pero en este caso utilizaremos el relleno tipo rectilíneo ya que este posee características rápidas a la hora de imprimir, por ende, se testeará con un relleno del 25% de relleno junto a esto también compararemos las características que tienen entre el PLA y el PET.

Figura 1.13. Densidades de relleno.



Fuente: 3dworks.

Por otro lado, la prótesis el tipo de modelo que se realizara, será de tipo muñeca con utilidad con esta se estaría utilizando todo el sistema de agarre de la palma y palanca para que esta se accione optando así por estos modelos.

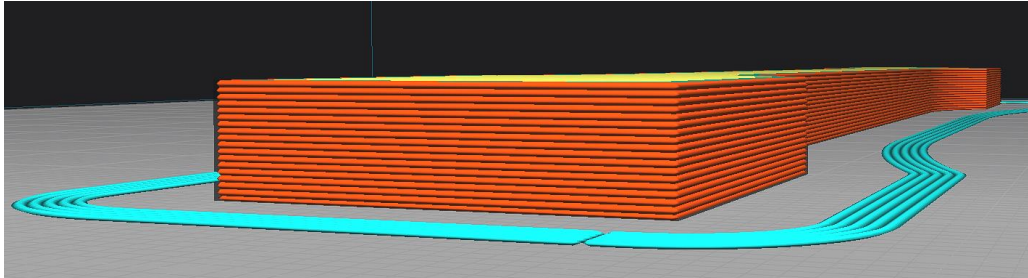
Figura 1.14. Modelo prótesis de muñeca a utilizar



Fuente: Tresde.pe

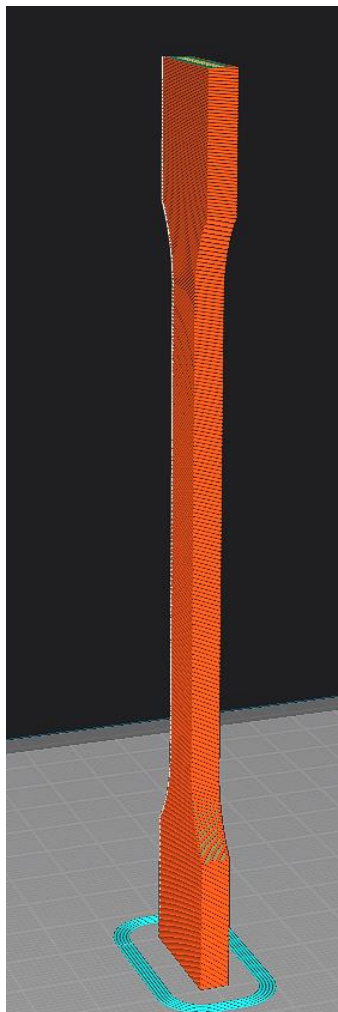
El método de impresión puede variar, a que se refiere esto, en las posiciones que se colocaran las probetas y los componentes de la prótesis para ser impresos, esto puede concretarse mayormente de forma horizontal o vertical, si bien esta la posibilidad de forma oblicua, esta generaría soportes para lograr imprimir la pieza, lo cual generaría un gasto innecesario de material.

Figura 1.15. Laminado posición horizontal de probeta.



Fuente: Laminador CURA

Figura 1.16. Laminado posición vertical de probeta.



Fuente: Laminador CURA

Se optará por realizar las probetas y los componentes que conforman la prótesis de forma horizontal, ya que estas al tener las deposiciones de filamento extendidas, estas resistir al esfuerzo mucho más que si el depósito de material fuera vertical ya que estos se separarían de forma inmediata.

1.10. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Considerando que el material EPET es comercializado por una marca reconocida de filamentos se realizara la fabricación de Prótesis de muñeca para realizar los análisis estructurales a la que serán sometidas estas pruebas.

1.10.1. Objetivo General

Realizar análisis comparativo de prótesis de muñeca impresa en 3D a base de Filamento EPET Contra filamento PLA.

1.10.2. Objetivos específicos

- Analizar comportamiento de EPET al realizar la Impresión en 3D.
- Analizar propiedades mecánicas del EPET.
- Realizar prótesis 3D a base de EPET en función de ambientes de laboratorio y en ambientes funcionales.
- Comparar puesta a prueba de Prótesis a base de filamento EPET contra PLA.

CAPÍTULO 2: DISEÑO DE INGENIERÍA

2.1 DISEÑO DE ENSAYOS

Se busca estudiar el comportamiento del nuevo material reciclado EPET para impresión 3D ante el análisis estructural con las probetas que se fabricaran con impresoras FDM, con la intención de fabricar Prótesis de Muñeca con un bajo coste para la clase trabajadora. Optando por un material viable para la fabricación evitando el aumento en la cantidad de residuos.

2.1.1 Metas cualitativas:

Para desarrollar esta propuesta se necesita dirigir a los siguientes puntos:

- Comparativo de funcionamiento mecánico.
- Comparativo de funcionamiento estético.
- Comparativo de uso por desgaste.

Para el agarre de objetos se utilizará un sistema mecánico el cual accionará el cierre de la palma para poder sujetar objetos, esto se efectuará a través de la flexión del codo, haciendo que genere tensión en piolas que van amarradas a la punta de los dedos traspasando dentro de las falanges y la palma.

Para realizar un sistema claro para las personas, es con la intención de verlas y simplemente realizando un gesto, estos puedan comprender de inmediatamente el cómo funcionan estas prótesis ``si mantiene extendido el codo la prótesis no cerrará su palma, pero si flexiona el codo podrá ya sostener objetos``.

2.1.2 Definiciones en términos de rendimiento:

Con anterioridad se menciona que al realizar esta prótesis se utilizara el nuevo filamento EPET que se ha estado incorporando al mercado de forma comercial este año 2022. Para realizar la prótesis pasara por análisis a la hora de imprimir verificando si es que este presenta problemas al realizar la impresión de las probetas, análisis estructurales de las probetas y de la prótesis ya fabricada para entregar a la persona que posee amputación en zonas del ante brazo.

Tabla 2.1. Propiedades mecánicas PET Impreso en 3D de 5mm

Propiedades mecánicas	Impresión 3D		
	Valor típico	Método de ensayo	Velocidad
Módulo de elasticidad a la tracción	133.11Mpa	ISO 527	(10 mm/min)
Esfuerzo de tracción a la deformación	87.52MPa	ISO 527	(10 mm/min)
Esfuerzo de tracción a la rotura	82.35MPa	ISO 527	(10 mm/min)
Alargamiento a la deformación	2.9%	ISO 527	(10 mm/min)
Alargamiento a la rotura	4.6%	ISO 527	(10 mm/min)

Fuente: Tabla comparativa de CNC kitchen.

Tabla 2.2 Soporte maximo de cargas de protesis EPET Impresa en 3D.

Tipo de carga	Peso máximo soportado	
	PLA	EPET
Carga vertical	10.2 kg	10.3 kg
Carga Horizontal (palma hacia abajo)	12.3 kg	12.3 kg
Carga Horizontal (palma hacia arriba)	12.3 kg	12.3 kg
Agarre vertical	1.5	2.3 kg
Agarre horizontal	1	1.5 kg

Fuente: Comparación de PLA y EPET.

2.1.3 Meta que lograr con el producto:

La meta principal de este producto consiste en verificar que el Filamento EPET en impresión 3D para fabricar prótesis de muñeca sea factible a la hora de su puesta a prueba junto a su vez lograr que el cliente/usuario de esta prótesis logre sentirse de manera confortable, permitiendo que esta prótesis le ayude en su día a día con el propósito de que también esta logre ayudar a la persona se sienta de igual manera tranquila consigo misma.

2.2. ANÁLISIS Y DEFINICION DE ALTERNATIVAS MORFOLOGICAS Y TECNOLÓGICAS

Existen distintos modelos de prótesis de muñecas en el mercado, tanto mecánicas como biónicas (realizadas con motores y sensores). En esta situación se busca las prótesis mecánicas para la Fundación Prótesis 3D.

Figura 2.1. Prótesis de muñeca de ‘e – Nable’.



Fuente: Fundación e-nable

Estas prótesis son fabricadas por una fundación estado anídense, esta prótesis está destinada a los que poseen la muñeca y una parte de la palma.

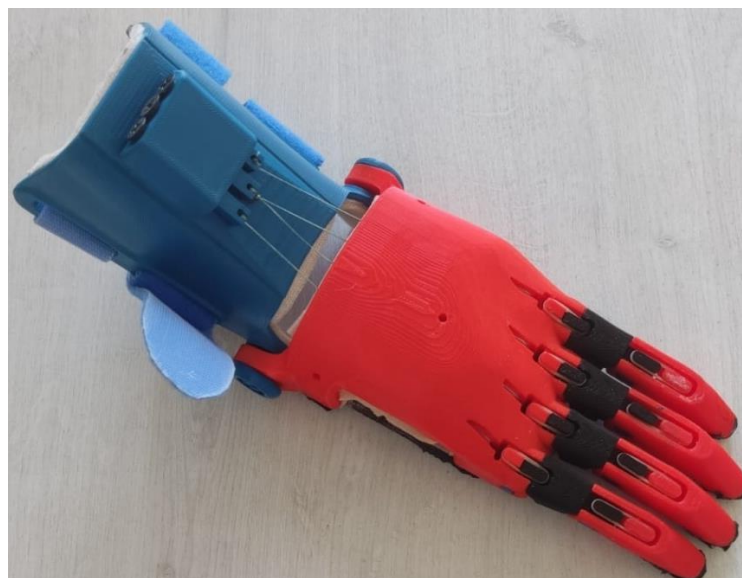
Figura 2.2. Prótesis de muñeca de ‘Autofabricantes’.



Fuente: Autofabricantes.com

Estas prótesis son realizadas por la empresa ‘Autofabricantes’ estas se dedican a la fabricación y programación de las prótesis Mioelectricas (controladas por medio de un poder externo) y mecánicas.

Figura 2.3. Prótesis de muñeca de ‘Fundación Prótesis 3D’.



Fuente: Prótesis de muñeca FP3D

Esta muñeca es realizada por la “Fundación Prótesis 3D” es totalmente mecánica con ajustes en sus dedos, estas son sujetadas con velcros a la zona de la muñeca y así efectuar el agarre.

Se basa en el modelo “Tradicional” de prótesis de muñeca como base para nuestro proyecto con ciertas mejoras en las que nos enfocaremos en realizar la prótesis base de muñeca que hemos realizado en “Fundación Prótesis 3D” manteniendo en si la misma función mecánica, en la cual se estima que esta posea métodos de impresión simples, optimizando los procesos de producción.

El realizar una prótesis de muñeca mecánica es una buena opción para dirigirse a la clase trabajadora que no se podrá costear una prótesis “Premium” ya que estas poseen materiales más ligeros como la fibra de vidrio o fibra de carbono, como así también estas son accionadas por sensores y a través de programación. Estas al ser mecánicas son accionadas a través del torque y la tensión que este generará en la zona del codo para lograr accionar la palma a través de piolas delgadas que traspasan por las zonas internas de la prótesis.

2.3. DESARROLLO DE PIEZAS Y COMPONENTES

2.3.1 Análisis y detallado de procesos de manufactura y/o fabricación

La prótesis estará casi en su totalidad fabricada con material reciclado EPET para impresión 3D el cual es el EPET, pero si bien esta conforma mayor parte de la prótesis a su vez se utilizarán también de otros materiales, como estos:

- Hilo trenzado PE de 0,5mm.

Figura 2.4. Hilo trenzado PE.



Fuente: Aliexpress.com

- Silicona RTV.

Figura 2.5. Silicona RTV.



Fuente: Mercadolibre.com

- Tornillos para madera autorroscante.

Figura 2.6. Tornillos para madera autorroscante.



Fuente: aliexpress.com

- Velcro.
- Bandas elásticas pequeñas.

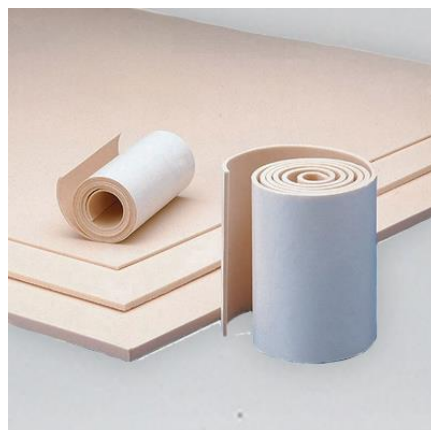
Figura 2.7. Bandas elásticas.



Fuente: aliexpress.com

- Espuma adhesiva.

Figura 2.8. Espuma adhesiva.



Fuente: aliexpress.com

2.3.2 Proceso de Fabricación de las piezas y componentes:

Se realizarán impresiones 3D de las siguientes piezas que compondrán la estructura de la prótesis:

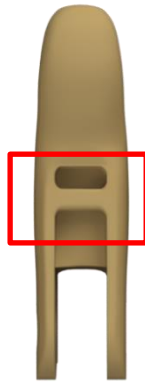
- Puntas de los 5 dedos – Piezas que permiten el agarre firme de los objetos.
- Falanges de los 5 dedos – Piezas que permiten la ayuda a los dedos para que estas posean un cierre “natural”.
- Palma – Pieza que permite el sostener objetos que a su vez es la unión de la muñeca con los dedos.
- Ante brazos (modelos: cerrado o abierto) – Piezas que cumplen la función de realizar la palanca con el muñón para accionar el funcionamiento de la prótesis, esta va unida con la aleta.
- Aletas – Pieza fundamental que se ubica en la zona del tríceps.
- Tensores – Pieza dedicada para amarrar y regular la tensión del hilo trenzado PE.
- Sostenedor de tensores – Pieza que se ubicara en la aleta para sostener los tensores y lograr regularlos a través de los tornillos para madera.
- Pin`s – Estas son las uniones de las piezas que hay entre las piezas impresas y estas posean movilidad.
- Moldes para aletas y ante brazos abiertos – Como estas piezas se imprimen de forma plana se utilizarán moldes a través de calor para que estos logren ser moldeados con una correcta apertura para la comodidad de la persona.

Los componentes ya mencionados serán fabricados a base de filamento EPET y a su vez comparados con el filamento convencional PLA.

2.4. ANÁLISIS TÉCNICO Y ESTRUCTURAL

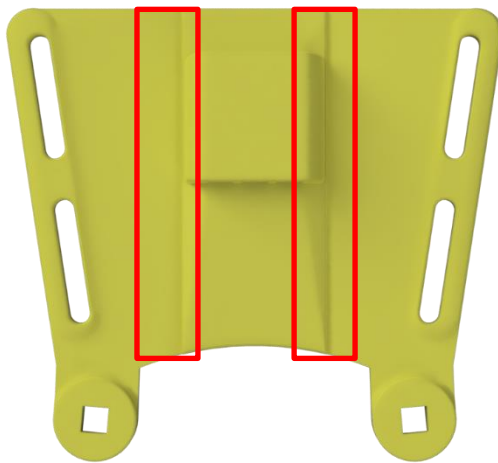
Como bien se menciona con anterioridad el análisis estructural se llevará a cabo a través de estudios físicos en donde se aplicaran tanto el ensayo de probetas impresas con el material EPET comparándose a su vez con los análisis del PLA, para verificar la factibilidad de estas en los ensayos de tracción y compresión, luego una vez realizada la prótesis a base de EPET esta será sometida a análisis estructurales, analizando las zonas críticas de las prótesis de muñeca impresas en 3D, en esta situación se tiene entendido que en las siguientes zonas la prótesis a base de PLA posee zonas donde es más habitual la ruptura o degeneración del material.

Figura 2.9. Zona critica dedos.



Fuente: Diseño a base de FP3D

Figura 2.10. Zona critica Antebrazo Corto.



Fuente: Diseño a base de FP3D

Figura 2.11. Zona crítica Tensor.

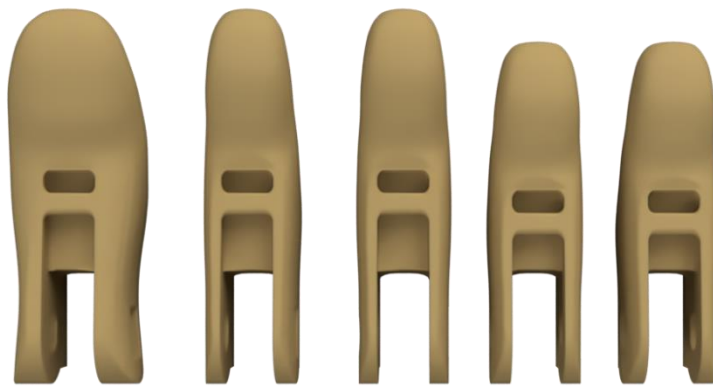


Fuente: Diseño a base de FP3D

2.5. DISEÑO PARA FABRICABILIDAD RESUELTO EN BASE A MODELAMIENTO TRIDIMENSIONAL

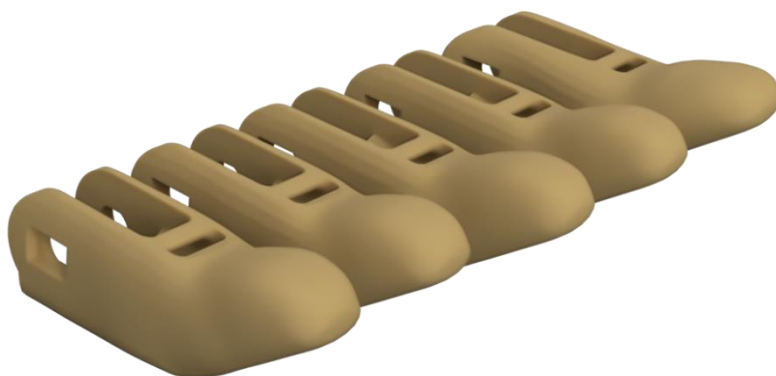
Puntas de los 5 dedos.

Figura 2.12. Dedos superiores.



Fuente: Diseño a base de FP3D

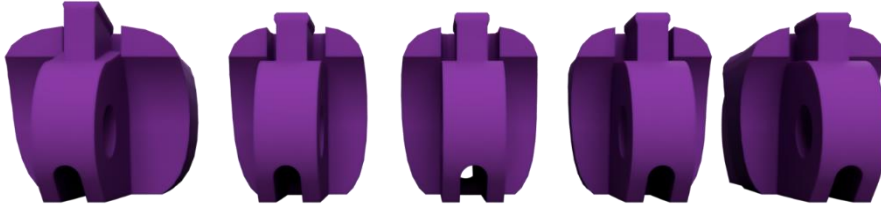
Figura 2.13. Dedos isométricos.



Fuente: Diseño a base de FP3D

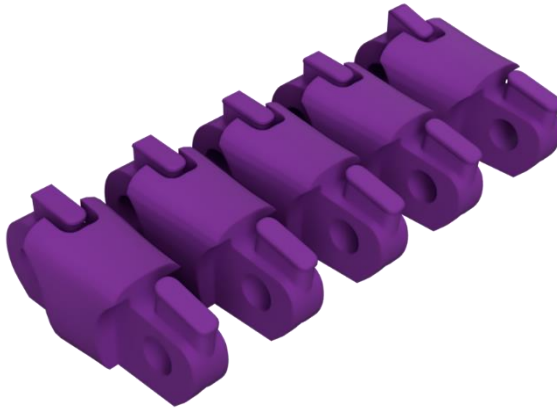
Falanges de los 5 dedos

Figura 2.14. Falanges Trasero.



Fuente: Diseño a base de FP3D

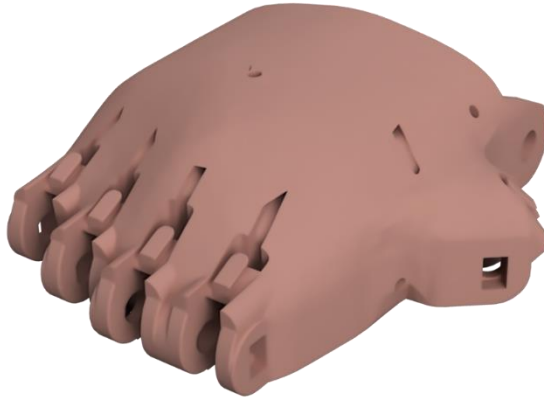
Figura 2.15. Falanges Isométrico.



Fuente: Diseño a base de FP3D

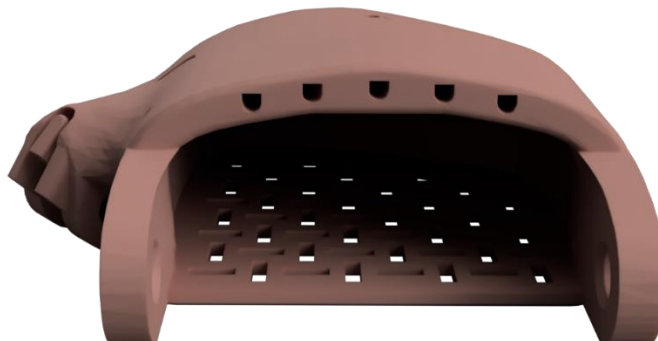
Palma

Figura 2.16. Palma Isométrico.



Fuente: Diseño a base de FP3D

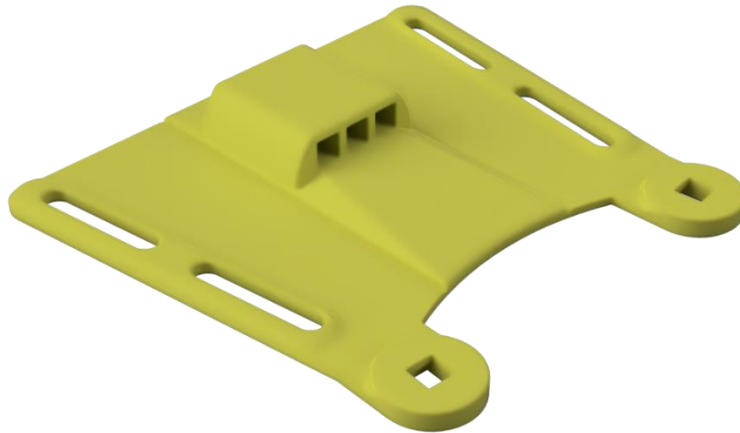
Figura 2.17. Palma Trasera.



Fuente: Diseño a base de FP3D

Ante brazos (modelos: cerrado o abierto)

Figura 2.18. Antebrazo Corto isométrico



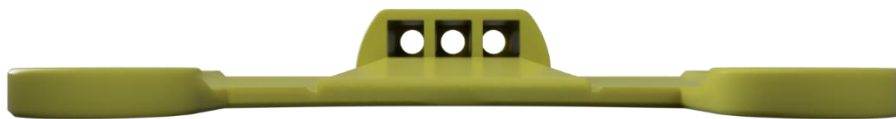
Fuente: Diseño a base de FP3D

Figura 2.19. Antebrazo Corto Superior



Fuente: Diseño a base de FP3D

Figura 2.20. Antebrazo Corto Frontal



Fuente: Diseño a base de FP3D

Tensores

Figura 2.21. Tensor Frontal.



Fuente: Diseño a base de FP3D

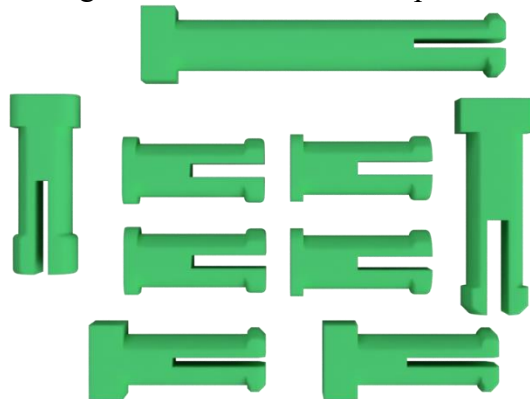
Figura 2.22. Tensor Isométrico.



Fuente: Diseño a base de FP3D

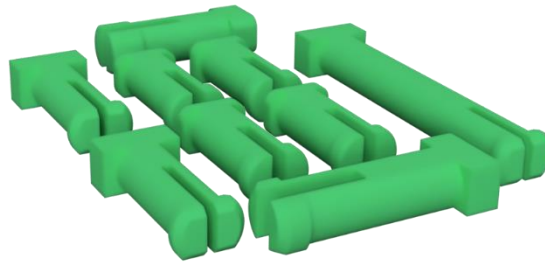
Pin`s

Figura 2.23. Pin`s Dedos Superior



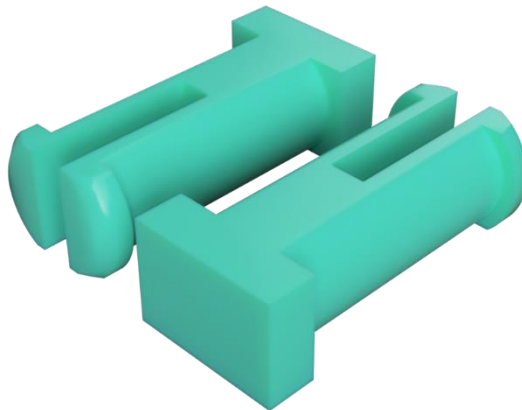
Fuente: Diseño a base de FP3D

Figura 2.24. Pin's Dedos Isométrico



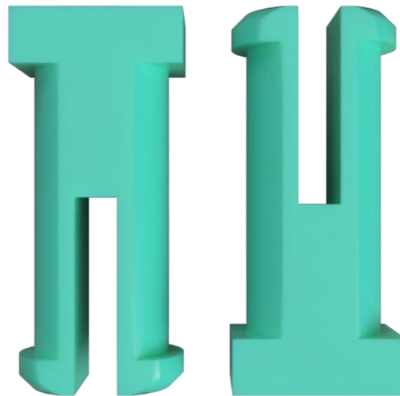
Fuente: Diseño a base de FP3D

Figura 2.25. Pin's Muñeca Isométrico



Fuente: Diseño a base de FP3D

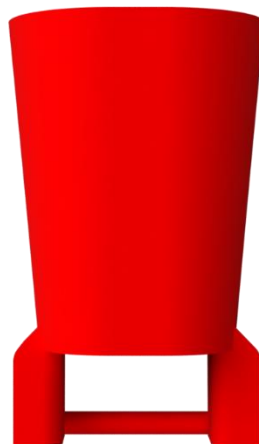
Figura 2.26. Pin's Muñeca Superior



Fuente: Diseño a base de FP3D

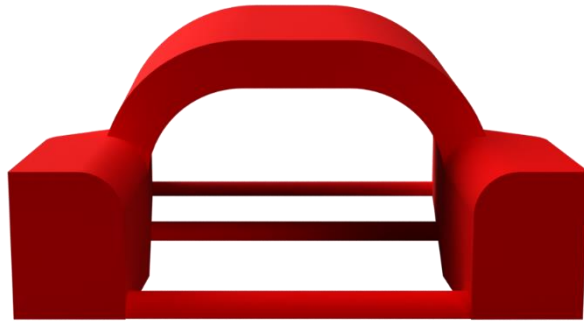
Moldes para aletas y ante brazos abiertos

Figura 2.27. Molde Antebrazo Corto Superior



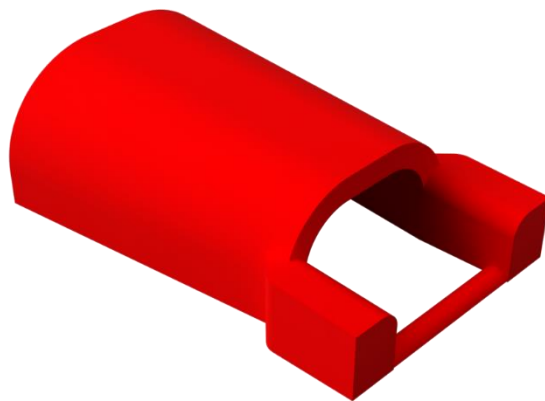
Fuente: Diseño a base de FP3D

Figura 2.28. Molde Molde Antebrazo Frontal



Fuente: Diseño a base de FP3D

Figura 2.29 Molde Molde Antebrazo isométrica



Fuente: Diseño a base de FP3D

2.6. ANÁLISIS DE PROCESOS DE FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN

2.6.1 Proceso general (ideal)

Se Procede a revisar el proceso de cómo será llevada a cabo la fabricación de la Prótesis.

- Encargo de filamento.
- Recepción del filamento.
- Modelación 3d o diseño 3d
- Comprobar componentes
- Realizar STL.
- Enviar a Cura.
- Calibrar archivo.
- Realizar Gcode.
- Guardar en SD.
- Enviar a Maquina.
- Precalear máquina.
- Insertar filamento con el que se trabajara.
- Calibrar Maquina.
- Imprimir.
- Quitar imperfecciones.
- Contacto con el Beneficiado.
- Enviar fotos.
- Llegada del Beneficiado.
- Entrega del producto final.

2.6.2 Estimación de tiempos productivos y costos de manufactura

Tabla 2.3. Costos de Material

Prótesis de medida estándar.		
Todas las piezas son impresas con 20% de relleno		
Piezas	Horas	Material en gr
Antebrazo	4	20
Pin muñeca	0.1	40
Falanges	2	16
Dedos	2	20
Pin's	1	10
Palma	6	60
Tensores	1	20
Molde	3	25
Total	19.1	211

Fuente: Estimaciones de tiempos y utilización de material en CURA.

Teniendo en consideración que la Fundación Prótesis 3D posee un coste de 1700 pesos chilenos, por hora de impresión, esto se aplicara a la hora total de las impresiones, considerando a su vez un aumento del 10% del valor total por posibles fallas de impresión.

2.7. MVP o propuesta de fabricación de producto o prototipo según objetivos

Este Proyecto consta de los siguientes criterios en los cuales nos estamos enfocando:

- Diseño

Optando por un diseño sencillo y de fácil impresión.

- Usabilidad

Usabilidad simple para el usuario.

- Fiabilidad

Estudio de factibilidad para lograr que el proyecto sea de viabilidad segura.

- Funcionalidad

El producto debe contar con la seguridad de sentir confortable al usuario en su uso asegurando que este no generará inestabilidad.

CAPÍTULO 3: DISEÑO DE INGENIERÍA

3.1. EVALUACION FUNCIONAL DEL PRODUCTO - PROTOTIPO

3.3.1 Evaluación funcional según TRL.

Nuestra metodología y/proyecto será evaluado bajo la condición que el producto resultante es mínimo viable, es decir, cumple con los requisitos mínimos necesarios para cumplir las necesidades del cliente o en este caso, cumple con los objetivos del de la metodología propuesta, cada nivel de los TRL se refiere a:

Según Mincotur.gob.es (2014 – 2020) indica lo siguiente:

TRL 1: Principios básicos observados y reportados.

TRL 2: Concepto y/o aplicación tecnológica formulada.

TRL 3: Función crítica analítica y experimental y/o prueba de concepto característica.

TRL 4: Validación de componente y/o disposición de estos en entorno de laboratorio.

TRL 5: Validación de componente y/o disposición de estos en un entorno relevante.

TRL 6: Modelo de sistema o subsistema o demostración de prototipo en un entorno relevante

TRL 7: Demostración de sistema o prototipo en un entorno real.

TRL 8: Sistema completo y certificado a través de pruebas y demostraciones.

TRL 9: Sistema probado con éxito en entorno real.

En esta situación se están cumpliendo los siguientes TRL:

TRL 1: Idea básica.

En primera instancia se realiza una investigación sobre el material PET sobre si este es utilizable dentro de las impresoras 3D que son FDM, se logra identificar que este material se ha utilizado anteriormente con un nombre distinto y un aditivo que se le agrega a este material, es conocido como PETG, este material lleva dentro del mercado unos años para la impresión por FDM y el aditivo que se le agrega es el "glicol", el cual ofrece mejor apariencia, resistencia o flexibilidad.

En el estudio se realizará la comparativa entre Filamento PLA y PET reciclado principalmente de contenedores de bebestibles, esta comparativa parte con ensayos de probetas y un análisis estructural general aplicado en Prótesis fabricadas en impresión 3D, en el modelo que utiliza actualmente, "Fundación Prótesis 3D".

TRL 2: Concepto o Tecnología Formuladas.

Para realizar el filamento PET, se puede fabricar de 2 formas, de forma industrial o de forma DIY, se utilizó la forma industrial que es comprarlo directamente ya fabricado, este producto testeado fue conseguido por la empresa argentina 3N3, asegurando así este cumpliendo con los estándares de calidad para lograr competir con el filamento PLA.

TRL 3: Prueba de concepto.

Se utilizarán Impresoras de FDM para realizar las probetas y la prótesis a base de filamento PET, para realizar los ensayos de probetas se utilizará una máquina de ensayo electromecánica de sobremesa, y eventualmente otros análisis para realizar la comparativa.

TRL 4: Validación a nivel de componentes en laboratorio.

Se realizará pruebas de impresión y cómo se comporta este material a la hora de ser impreso con las impresoras de FDM y cuáles son los resultados finales de cada parte de la prótesis cuando las impresiones terminen en el caso de las probetas serán sometidas a ensayos de tracción.

TRL 5: Validación a nivel de componentes en un entorno relevante.

En este punto se observará el comportamiento de la prótesis a través de las cargas que será sometida esta, siendo cargas verticales, horizontales, con palma hacia arriba o hacia abajo, y por último resistencia de cargas de forma oblicua, esto serán ejercidos directamente en la zona de la palma, por otro lado, se identificara cuanto peso soportara con la presión que ejercen los dedos para asir objetos.

TRL 7: Validación de sistema en un entorno real.

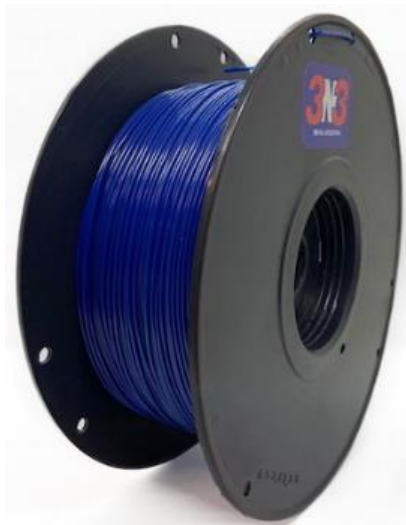
Con el fin de realizar las prótesis 3D a base de material reciclado estas se utilizarán con los beneficiados que se encuentran dentro de la lista de la Fundación Prótesis 3D, ellos darán el veredicto para el uso diario que estas le darán, mayormente son niños los beneficiados, por ende, esta prótesis tendrá que ir actualizándose.

Cumpliendo a su vez lo que sería el TRL 8 y TRL 9.

3.3.2 Composición Básica.

En este caso se utilizará lo que es Filamento creado en industria, en este caso realizado por la empresa argentina 3N3, estos poseen distintos colores de filamento EPET para lograr más estilos de colores estéticamente, en este caso se opta por un filamento EPET de color azul para realizar los ensayos de probetas y el análisis estructural de la misma Prótesis.

Figura 3.1. Filamento azul EPET 3N3.



Fuente: 3dparatodos.cl

3.3.3 Composición tecnológica.

A continuación, se demostrará el proceso de como este Filamento se comporta ante los distintos entornos en los que se utilizó tanto en proceso de impresión, en proceso de utilización y el proceso de aplicación.

Para la configuración de este material dentro de una máquina que, en este caso, se utilizó una ‘Artillery x1 Sidewinder’ junto al laminador para impresión 3D CURA.

Figura 3.2. Artillery x1 Sidewinder.

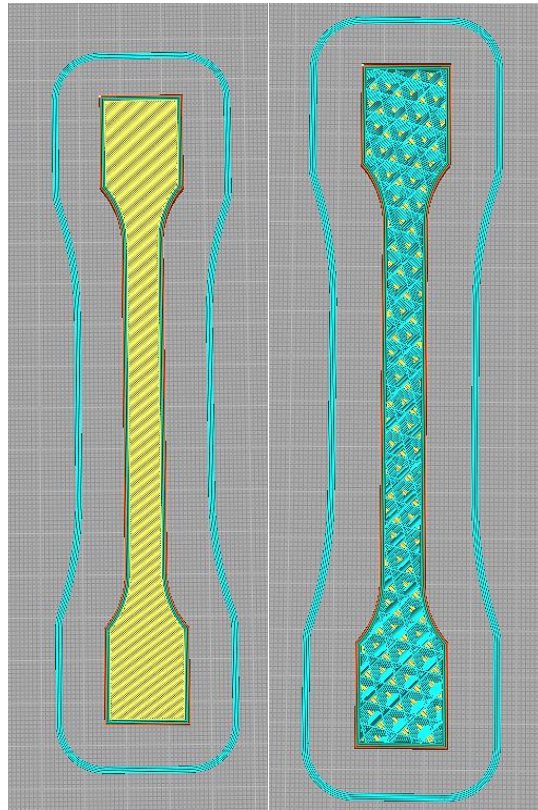


Fuente: artillery3d.cl

Parámetros utilizados para la fabricación de probetas a base de EPET de la marca 3N3 en el Laminador Cura:

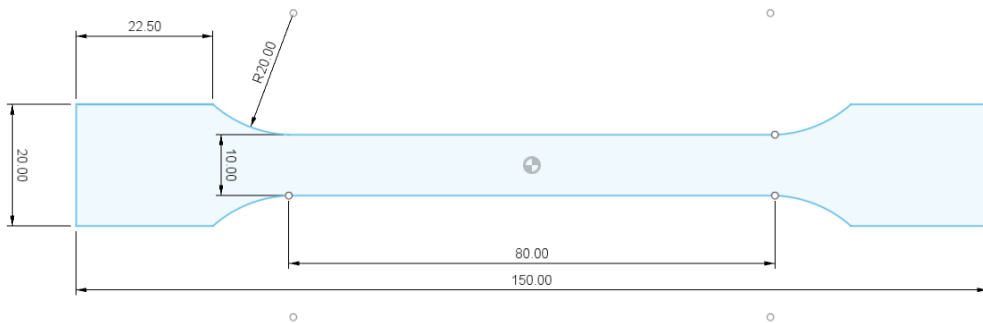
- Altura de capa: 0.2
- Recuento de paredes: 3
- Relleno: 25%
- Patrón de relleno: Cúbico
- Temperatura de impresión: 260°C (valor puede cambiar dependiendo del ambiente)
- Ventilación: 50%

Figura 3.3. Probeta en laminador Cura.



Fuente: Laminador CURA.

Figura 3.4. Esquema planimetría probeta EPET ISO 527.



Fuente: Norma ISO.

Se procederá a realizar unos análisis en los ensayos de probetas teniendo en consideración cuanto resiste este material y cuáles serían sus Respectivas zonas de roturas.

Figura 3.5. Resultado impresión Probetas con norma ISO 527



Fuente: Elaboración propia en impresión 3D

Figura 3.6. probetas posicionadas en máquina de ensayos.



Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar los respectivos ensayos en 4 probetas, estos son los resultados que se obtuvieron al final (considerando este orden de izquierda a derecha 1-2-3-4).

Cada probeta tuvo ruptura en distintas zonas considerando 3 en la zona de en medio.

Figura 3.7. Roturas en probetas



Fuente: Elaboración propia

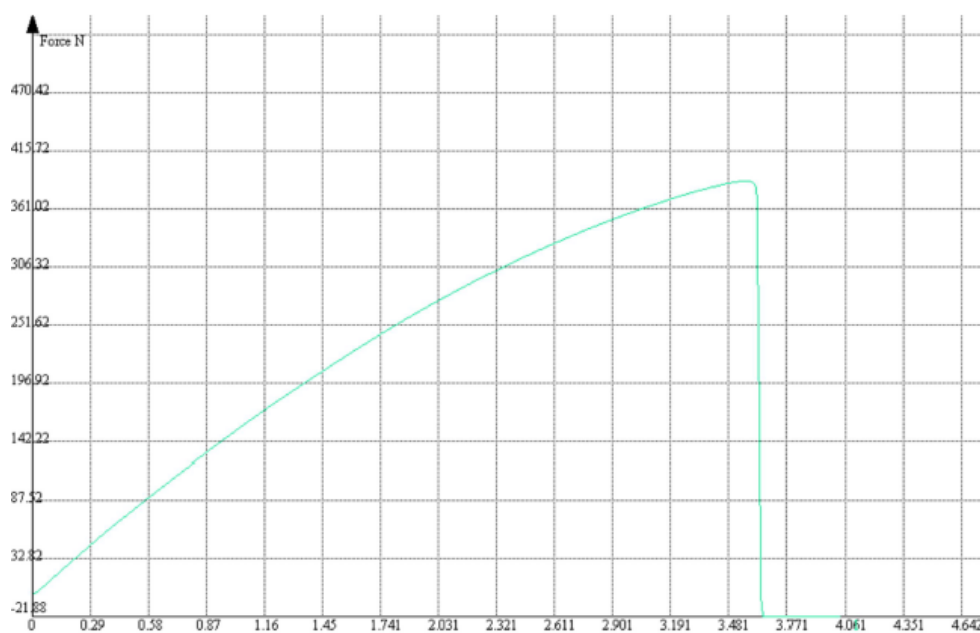
Se puede observar en las probetas que estas tuvieron una ruptura por fragilidad, esto significa que a la hora de realizarles ensayos de compresión estas resistirán mucho más que a los ensayos de tensión.

Figura 3.8. máximo esfuerzo en N.

Seri...	Max. for...
1	387.24
2	424.08
3	384.01
4	449.38

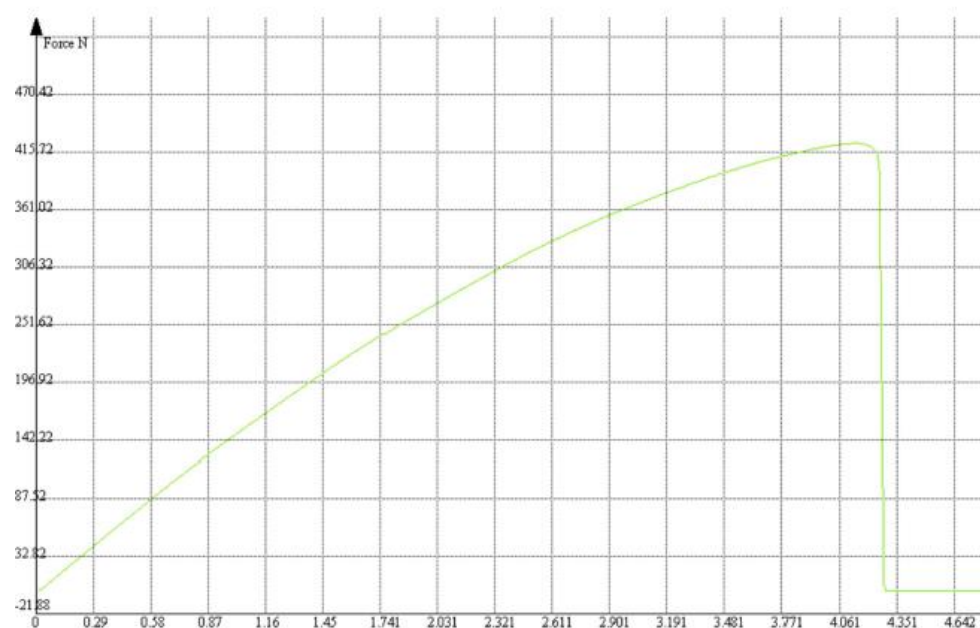
Fuente: Elaboración propia con maquinaria de ensayos

Gráfico 3.1. Gráfico Ensayo Probeta 1 N vs desplazamiento.



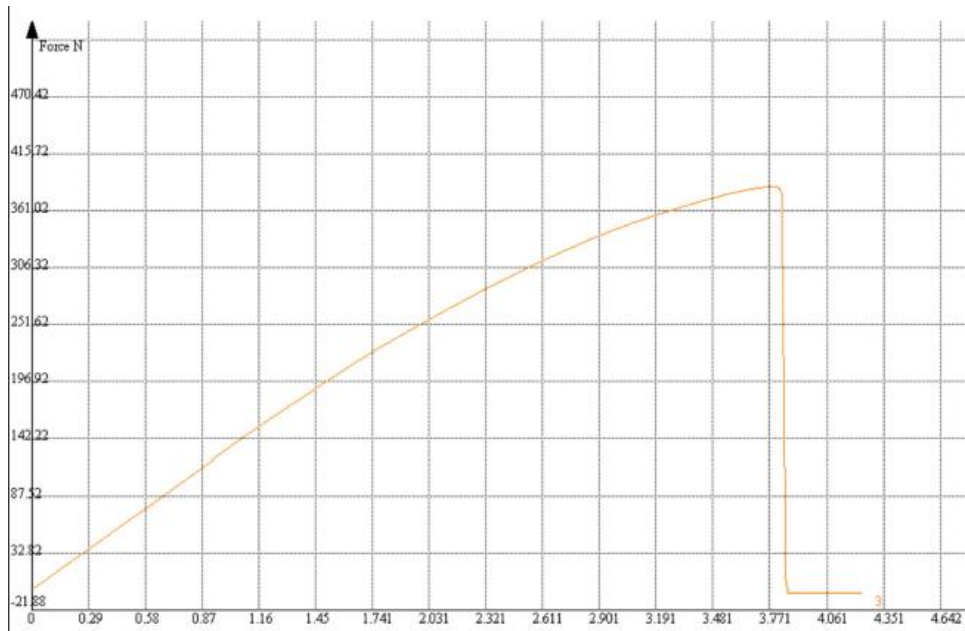
Fuente: Elaboración propia con maquinaria de ensayos

Gráfico 3.2. Gráfico Ensayo Probeta 2 N vs desplazamiento.



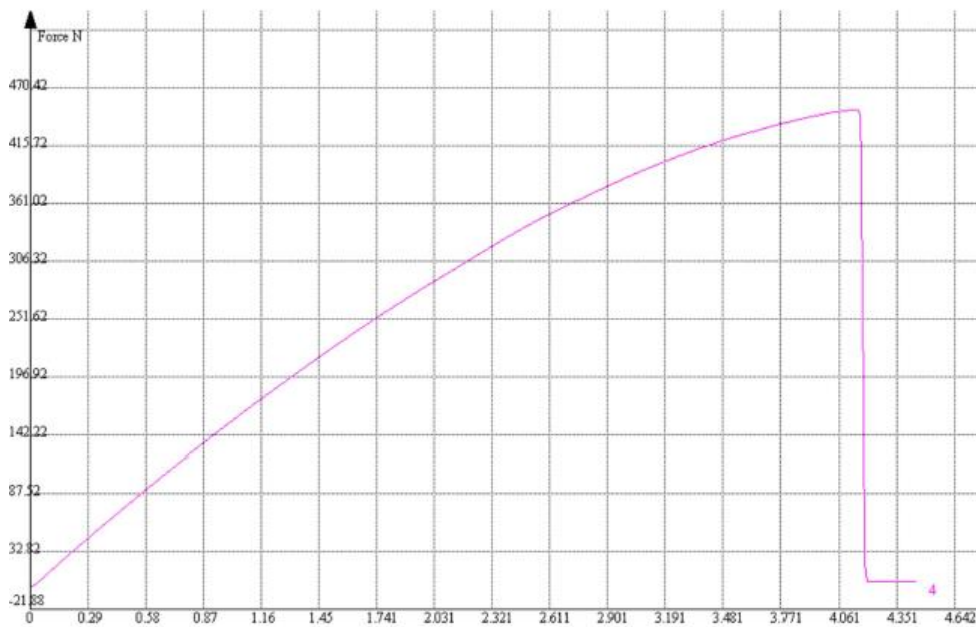
Fuente: Elaboración propia con maquinaria de ensayos

Gráfico 3.4. Gráfico ensayo probeta 3 N vs desplazamiento.



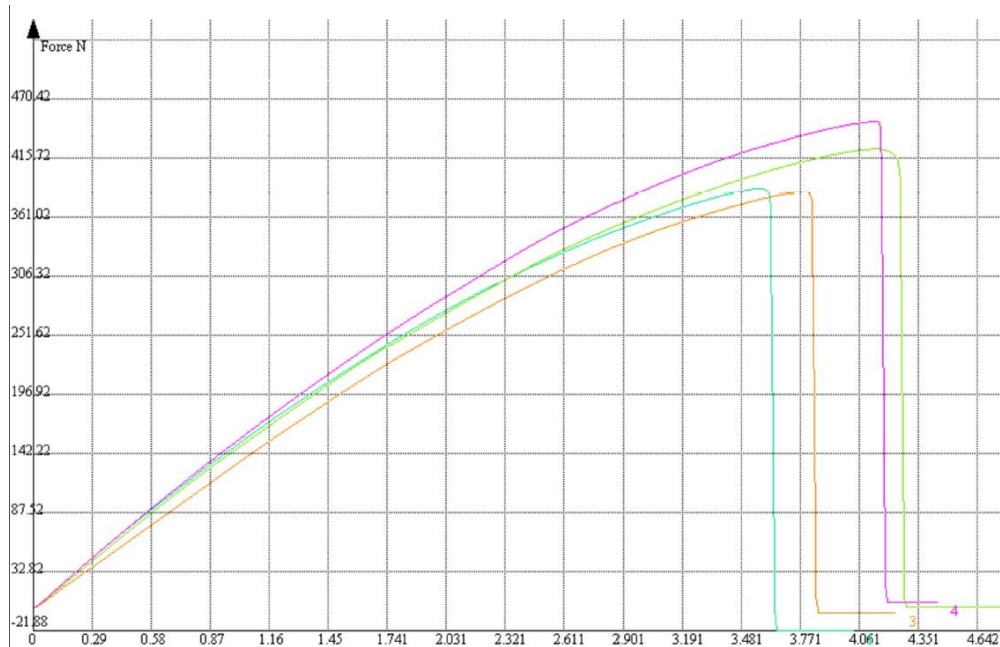
Fuente: Elaboración propia con maquinaria de ensayos

Gráfico 3.5. Gráfico ensayo probeta 4 N vs desplazamiento.



Fuente: Elaboración propia con maquinaria de ensayos

Gráfico 3.6. Gráfico general de Ensayo de probetas N vs desplazamiento.



Fuente: Elaboración propia con maquinaria de ensayos

Se logra observar que los resultados son de Fuerza Vs Desplazamiento estas logran soportar tracción al ser realizadas con un 25%, todas cumplen dentro de un rango de fuerza máxima promedio de 409.67N/mm² con un desplazamiento máximo promedio de 4.0075mm² y por último una rotura promedio de 404.5N/mm².

Si consideramos el área bajo la curva mínima y máxima para medir el esfuerzo del módulo de elasticidad nos fijaríamos en la probeta 3 y 4. Teniendo así el siguiente calculo.

Probeta 3

$$E = 251.62\text{N} / 2.031 = 123.88\text{N}$$

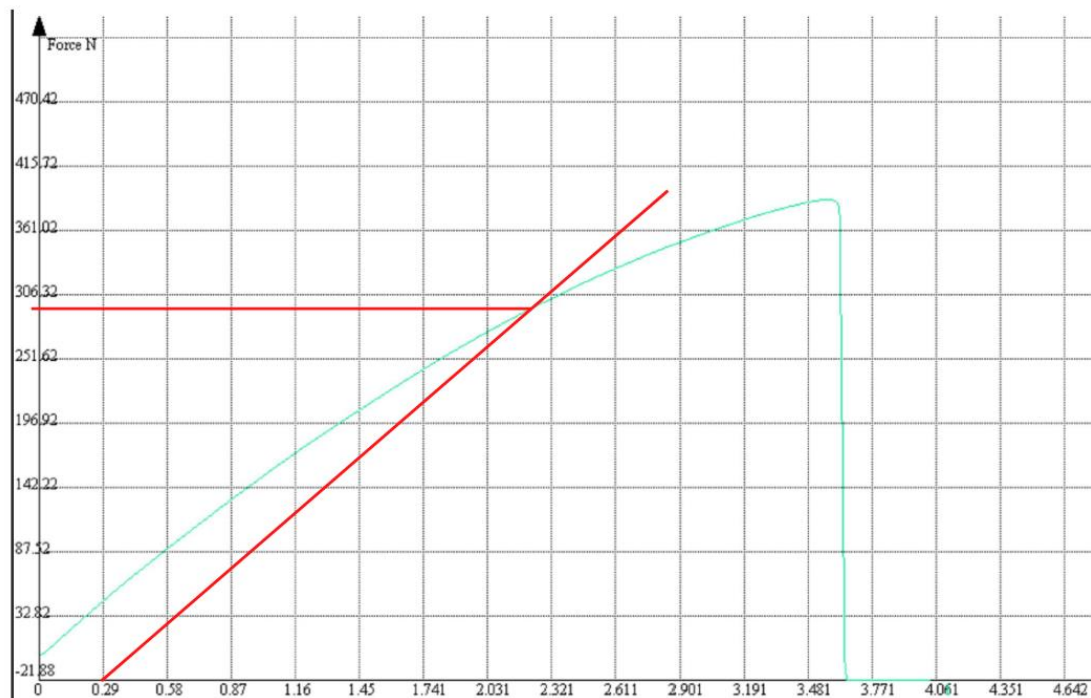
Probeta 4

$$E = 306.32\text{N} / 2.152 = 142.34\text{N}$$

Esto en promedio del módulo de elasticidad de probeta fabricada en EPET es: 133.11N/mm²

El límite elástico lo podríamos calcular con una de las probetas que se encuentra dentro del promedio del límite elástico en este caso escogemos la probeta número 1.

Gráfico 3.7. limite elástico de probeta 1.



Fuente: Elaboración propia con maquinaria de ensayos

En este caso esta paralela al desplazamiento de 0.29 donde empieza a ocurrir deformación plástica aproximadamente a los 290N. Dándonos así un porcentaje de σ (limite elástico) de 2.9%

Tabla 3.1. Propiedades mecánicas PET Impreso en 3D de 5mm

Propiedades mecánicas	Impresión 3D		
	Valor típico	Método de ensayo	Velocidad
Módulo de elasticidad a la tracción	133.11Mpa	ISO 527	(10 mm/min)
Esfuerzo de tracción a la deformación	87.52MPa	ISO 527	(10 mm/min)
Esfuerzo de tracción a la rotura	82.35MPa	ISO 527	(10 mm/min)
Alargamiento a la deformación	2.9%	ISO 527	(10 mm/min)
Alargamiento a la rotura	4.6%	ISO 527	(10 mm/min)

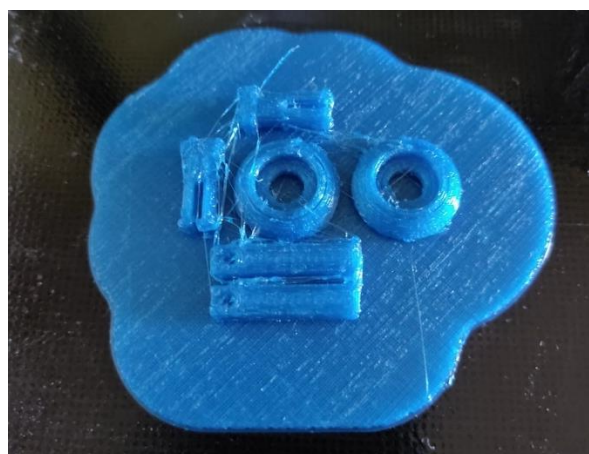
Fuente: Tabla comparativa de CNC kitchen.

3.3.4 Prototipo piloto

Ya que estamos trabajando con el diseño que se utiliza normalmente en la Fundación prótesis 3D se iniciara con la fabricación de lo que es la prótesis a base del material EPET y observar cómo es el comportamiento de este material a la hora de imprimir piezas más complejas que una probeta junto a esto corroborar cuanto peso logra soportar la palma.

Observaciones: El filamento posee la cualidad de que se enfría rápidamente, por ende, este al no estar en una cama de impresión bien calibrada o con poca adherencia tiende a despegarse, lo mismo sucede con impresiones pequeñas que tienen un tiempo de enfriamiento menor al de una pieza mayor como en este caso sería la palma, para esto recurrimos a los que es tipo de adherencia por balsa.

Figura 3.9. Impresión de Pines para muñeca con balsa.



Fuente: Elaboración propia, solución a despegue de piezas.

Figura 3.10. Impresión de pines de dedos palmas.



Fuente: Elaboración propia, solución a despegue de piezas.

Se puede observar una cantidad de hilos que salen de las piezas, es por la configuración del software del laminador, pero estos perfectamente se pueden quitar en el proceso de ensamblaje de la prótesis. La terminación que posee la impresión es de un producto brillante.

Más allá de los problemas de hilillos y que este material al enfriarse rápido se despegue, los problemas son fácilmente solucionables, tanto por el laminador como el comportamiento de la máquina, siempre mantener el entorno a una temperatura no tan variable, si es necesario realizarla en impresoras cerradas, como en el caso de las FlashForge que se utilizan en Fundación Prótesis 3D.

Figura 3.11. Flashforge Creator 3.



Fuente: Flashforge.com

Una vez tenemos todos los componentes Impresos en 3D el cual se demora aproximadamente 16 horas y media, estas son ensambladas para comprobar el correcto funcionamiento entre ellas.

Figura 3.12. Componentes impresos de prótesis de muñeca.



Fuente: Elaboración propia, componentes posicionados para ensamblaje.

Siguiente a ello se realizará el moldaje del componente de muñeca corta para así lograr ensamblar todos los componentes, el moldaje se realiza a través de agua caliente alrededor de los 90°C - 98°C. para lograr que el PET se ablande sin tener que perder sus propiedades. Este proceso tiene que ser realizado en no más de 10 segundos:

Figura 3.13. Proceso moldaje de muñeca corta.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.14. Ablande de muñeca corta.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.15. Moldeado de muñeca corta con molde.



Fuente: Elaboración propia

Se procede al ensamblaje de la prótesis, siguiente a ello se realizará el testeo de peso que este logra soportar.

Figura 3.16. Prótesis terminada y ensamblada.



Fuente: Prótesis EPET modelo FP3D

Figura 3.17. Prótesis ensamblada de costado.



Fuente: Prótesis EPET modelo FP3D

Se realizaron las siguientes cargas comparando directamente la prótesis fabricada con EPET con una prótesis de PLA.

Figura 3.18. Prótesis horizontal palma arriba.



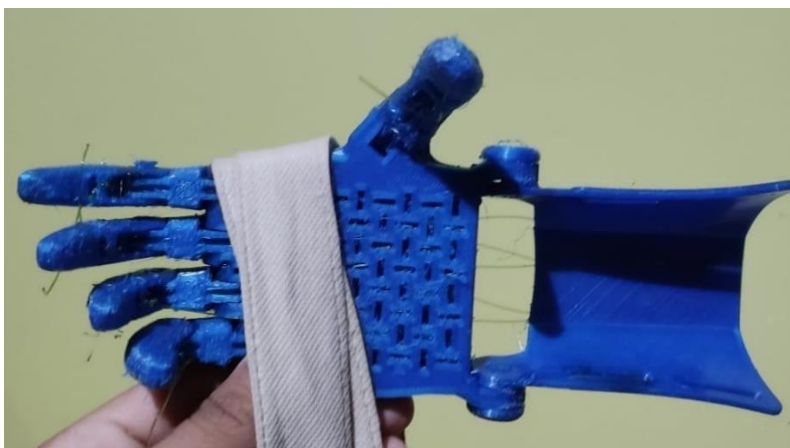
Fuente: Prótesis aplicada a carga real.

Figura 3.19. Prótesis horizontal palma abajo.



Fuente: Prótesis aplicada a carga real.

Figura 3.20. Prótesis Vertical.



Fuente: Prótesis aplicada a carga real.

Figura 3.21 agarre vertical.



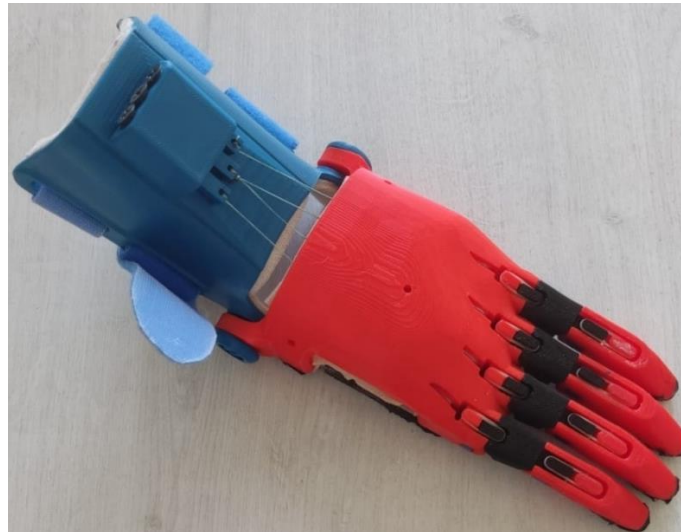
Fuente: Prótesis en agarre sometida a carga real

Figura 3.22. agarre horizontal hacia abajo.



Fuente: Prótesis en agarre sometida a carga real

Figura 3.23. Prótesis de PLA para comparar



Fuente: Prótesis realizada en FP3D.

Tabla 3.2. Resultados comparativa de esfuerzos de prótesis EPET vs PLA

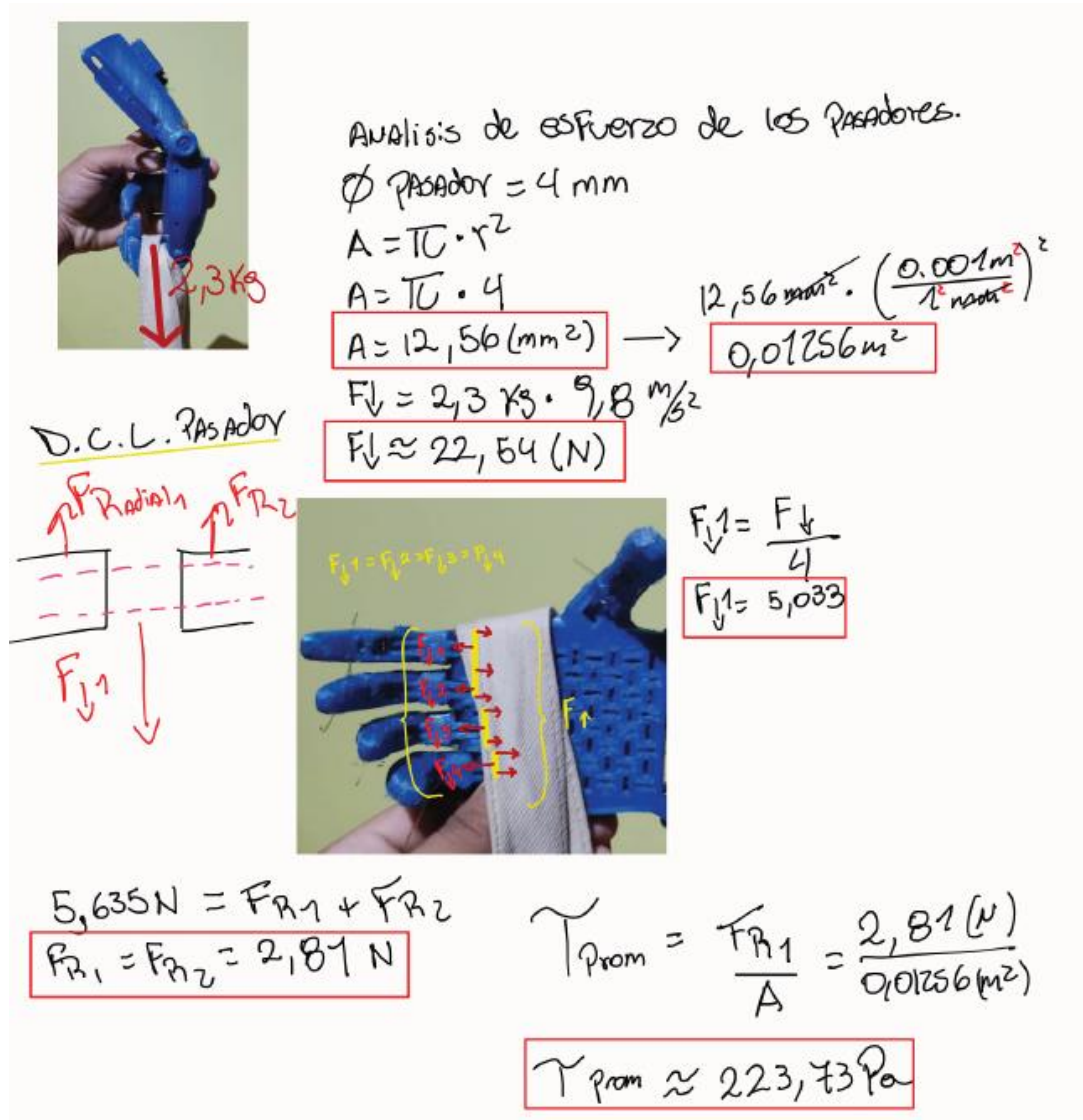
Tipo de carga	Peso máximo soportado	
	PLA	EPET
Carga vertical	10.2 kg	10.3 kg
Carga Horizontal (palma hacia abajo)	12.3 kg	12.3 kg
Carga Horizontal (palma hacia arriba)	12.3 kg	12.3 kg
Agarre vertical	1.5	2.3 kg
Agarre horizontal	1	1.5 kg

Fuente: Comparación de PLA y EPET.

Junto a estos datos se procede a realizar análisis de esfuerzos de las piezas críticas como serían las falanges y pines de la palma.

Se realiza un DCL el cual se estudia en la zona de pivotes los cuales son sometidos a una carga de 2,3 Kg.

Figura 3.24. Análisis de esfuerzos de zona de pivotes.



Fuentes: Calculo de esfuerzos en zona de pivotes.

Si relacionamos los datos obtenidos junto con la realización de ensayos de probetas, en la zona de pivotes estos indican que se encuentran dentro del margen de resistencia a la tracción y son totalmente utilizables ante la carga en la prótesis.

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 4$$

$$A = 12.56 \text{ (mm}^2\text{)} \rightarrow 12.56 \text{ mm}^2 * \left(\frac{0.001\text{m}}{1\text{mm}}\right)^2 \rightarrow 0.01256\text{m}^2$$

$$F_{\downarrow} = 2.3 \text{ Kg} * 9.8 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$F_{\downarrow} \approx 22.54 \text{ (N)}$$

$$F_{\downarrow 1} = \frac{F_{\downarrow}}{4}$$

$$F_{\downarrow 1} = 5.033$$

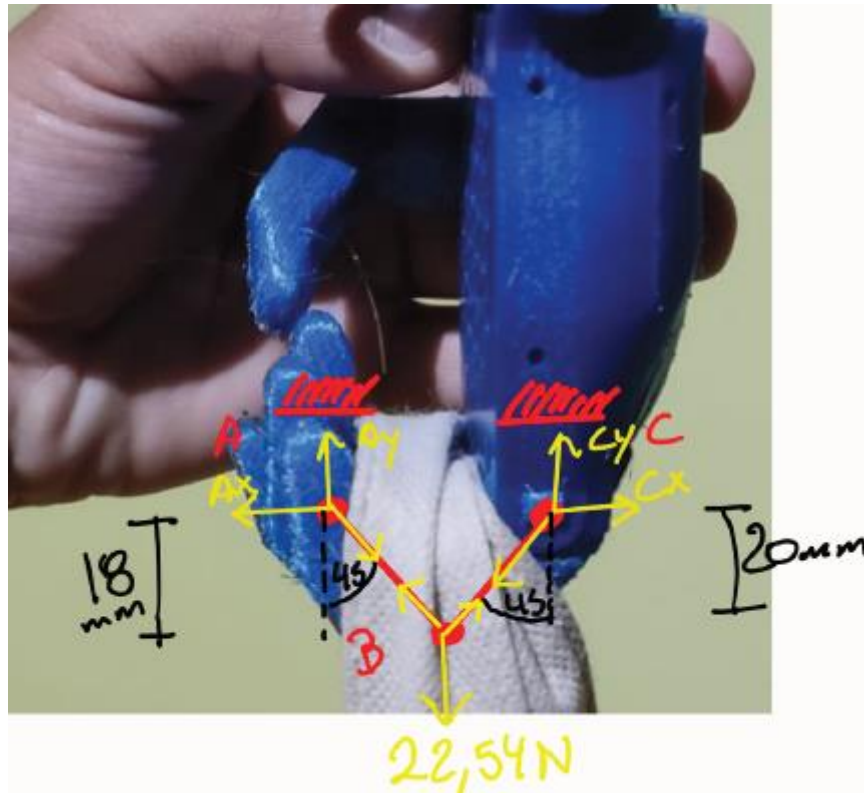
$$5.635N = FR1 + FR2$$

$$FR1 = FR2 = 2.81(N)$$

$$\tau_{prom} = \frac{FR1}{A} \rightarrow \frac{2.91(N)}{0.01256(m^2)}$$

$$\tau_{prom} \approx 223,73(Pa)$$

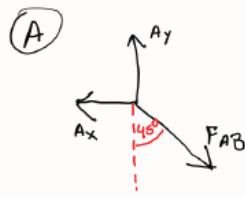
Figura 3.25. DCL Falanges en agarre.



Fuente: elaboración Propia.

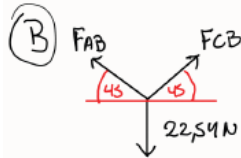
Figura 3.26. Cálculos de análisis de esfuerzo en falange.

ANÁLISIS de esfuerzos MANO.



$$\sum x = 0 = Ax = FAB \cdot \text{sen}(45)$$

$$\sum y = 0 = Ay = FAB \cdot \text{cos}(45)$$



$$\sum x = 0 = FAB \cdot \text{cos}(45) = FCB \cdot \text{cos}(45)$$

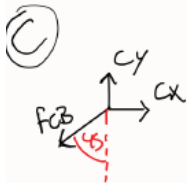
$$FAB = FCB$$

$$\sum y = 0 = -22,54 \text{ N} = FAB \cdot \text{sen}(45) + FCB \cdot \text{sen}(45)$$

$$\frac{-22,54}{2} = FAB \cdot \text{sen}(45) = FCB \cdot \text{sen}(45)$$

$$\frac{-11,27}{\text{sen}(45)} = FAB = FCB$$

$$FAB = FCB = 15,94 \text{ N}$$



$$\sum x = 0 = Cx = FAB \cdot \text{sen}(45)$$

$$\sum y = 0 = Cy = FAB \cdot \text{cos}(45)$$

$$A: Ax = 15,94 \cdot \text{sen}(45) \approx 11,27 \text{ N}$$

$$Ay = 15,94 \cdot \text{cos}(45) \approx 11,27 \text{ N}$$

$$C: Cx = 15,94 \cdot \text{sen}(45) \approx 11,27 \text{ N}$$

$$Cy = 15,94 \cdot \text{cos}(45) \approx 11,27 \text{ N}$$

Fuente: Calculo esfuerzo total en falanges.

A)

$$\sum X = 0 = Ax = Fab * \text{sen}(45^\circ)$$

$$\sum Y = 0 = Ay = Fab * \text{cos}(45^\circ)$$

B)

$$\sum X = 0 = Fab * \text{cos}(45^\circ) = Fcb * \text{cos}(45^\circ)$$

$$Fab = Fcb$$

$$\sum Y = 0 = -22.54 \text{ (N)} = Fab * \text{sen}(45^\circ) + Fcb * \text{sen}(45^\circ)$$

$$-\frac{22.54}{2} = Fab * \text{sen}(45^\circ)$$

$$-\frac{11.27}{\text{sen}(45^\circ)} = Fab = Fcb$$

$$Fab = Fcb = 15.94 \text{ (N)}$$

C)

$$\sum X = 0 = Cx = Fcb * \text{sen}(45^\circ)$$

$$\sum Y = 0 = CY = Fcb * \text{cos}(45^\circ)$$

A.-

$$Ax = 15.94 * \text{sen}(45^\circ) \approx 11.27(N)$$

$$Ay = 15.94 * \text{cos}(45^\circ) \approx 11.27(N)$$

C.-

$$Cx = 15.94 * \text{sen}(45^\circ) \approx 11.27(N)$$

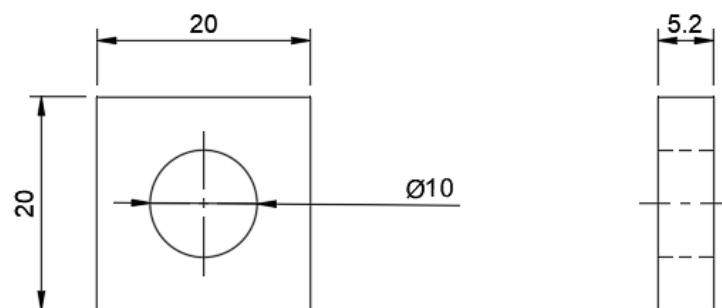
$$Cy = 15.94 * \text{cos}(45^\circ) \approx 11.27(N)$$

Cada falange se mantiene dentro del margen de carga máxima, manteniendo el orden de impresión tal cual como fue fabricada la probeta.

Prueba de desgaste

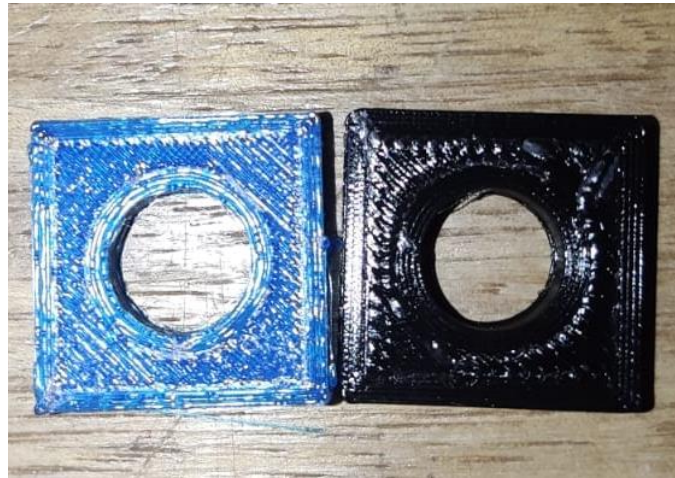
Se realizó una prueba de desgaste, el cual consiste en piezas fabricadas con los materiales que se trabajaron PLA VS EPET, estas serán referencias de piezas que serán sometidas a roce mediante un elemento rotativo velocidad máxima de 1500 RPM, junto a ello utilizar un medidor de temperatura, con tal de distinguir en cuanto tiempo y a cuanta temperatura empieza el desgaste.

Figura 3.27. Esquema planimétrico Pieza estudiada para desgaste.



Fuente: Componente para prueba de desgaste medidas en mm.

Figura 3.28. Piezas impresas para prueba de desgaste.



Fuente: Componentes en impresión 3D

En este caso la pieza de color azul es realiza con el filamento EPET y la pieza de color negro es fabricada a base de PLA.

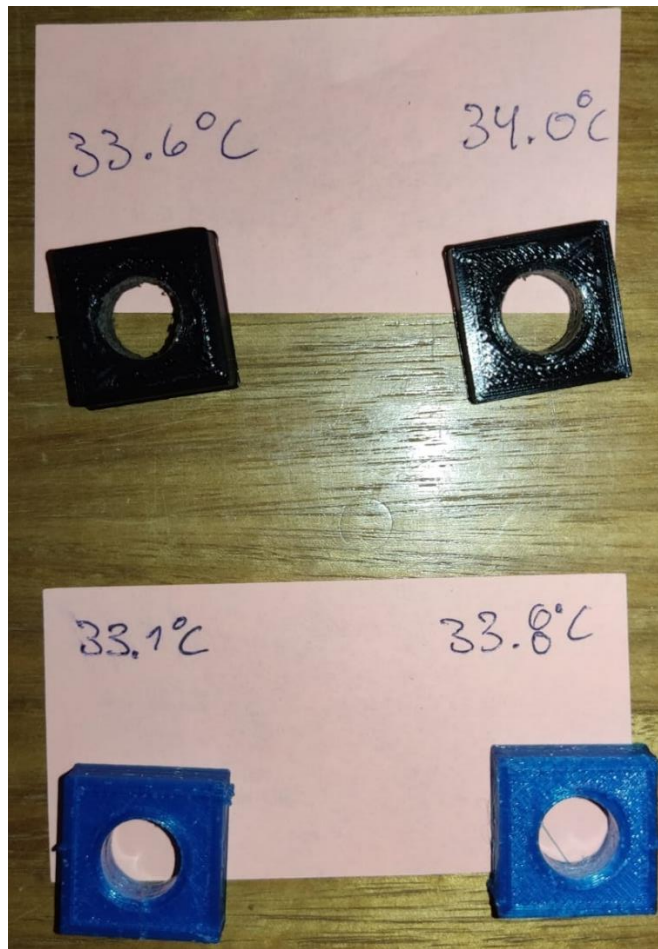
Figura 3.29. Testo 810 medidor de temperatura



Fuente: Testo 810.

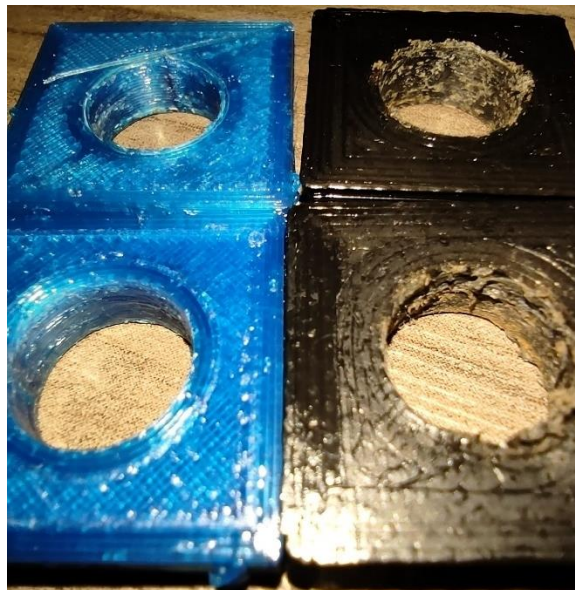
El proceso para realizar esta prueba consiste en acelerar al máximo el taladro con tal de alcanzar las 1500 RPM, una vez alcanzada esta velocidad, se introduce en el hueco de la pieza para la prueba de desgaste. Una vez traspasado el agujero en donde no haga algún tipo de roce, este se medirá inmediatamente la temperatura de la zona interna de la pieza.

Figura 3.30. Temperaturas alcanzadas después del desgaste.



Fuente: Elaboración propia previa la prueba.

Figura 3.31. Diferencias entre materiales post prueba.



Fuente: Elaboración propia previa prueba de desgaste.

Tabla 3.3. Resultados pruebas de desgaste.

Prueba de desgaste	PLA	EPET
Prueba rápida		
Segundos	9.88	8.54
Temperatura	34	33.1
Prueba lenta		
Segundos	16.26	15.04
Temperatura	33.6	33.8
Promedio seg.	13.07	11.79
Promedio temp.	33.8	33.45

Fuente: Elaboración propia junto a datos obtenidos

Al realizar unas pruebas de desgaste se puede observar que, si bien las resistencias del material PLA soporta un 1% mayor de temperatura ante el EPET en desgaste, pero este a su vez posee la desventaja de que se deforma con mayor facilidad, en cambio, el EPET si bien resiste un poco menos en temperatura, este a la hora de recibir desgaste no posee mayor deformación, incluso este se logra observar que se mantiene de manera “homogénea”.

Estas prótesis no están realizadas para soportar demasiado peso, solo para realizar algunas tareas básicas como asir objetos de bajo peso, ya que esto podría influir en el muñón de la persona. La prótesis de PLA bajo su rendimiento a medida que se le aplicaban esfuerzos teniendo así un desgaste en la zona del tensor, este al recibir cargas se desplazaba eliminando el hilo que le generaba el tornillo. En cambio, la prótesis de EPET sufrió un pequeño des encaje en la zona del pin de muñeca en el lado izquierdo.

Figura 3.32. Desgaste de Tensor PLA.



Fuente: Desgaste interno en tensor PLA.

3.3.5 Producto/prototipo completo

La prótesis fabricada a base de EPET está lista para utilizarse en terreno, será donada a los beneficiados que cumplan con los requisitos para utilizar esta prótesis de muñeca, podrá optar por tener variaciones, ya sea con combinación de materiales, distintas formas, etc., ya que este material es versátil en términos de utilización de prótesis impresas en 3D.

Figura 3.33. Prótesis a base de Filamento EPET.



Fuente: Prótesis EPET modelo FP3D

Figura 3.34. Prótesis a base de Filamento EPET Finalizada.



Fuente: Prótesis EPET modelo FP3D

3.2. EVALUACIÓN DE COSTOS

Para lograr realizar esta prótesis se pueden optar por 2 métodos en los que se podrían generar un gasto y a la vez un ahorro.

Tabla 3.4. Tabla evaluación económica Fabricación Prótesis.

evaluación económica fabricación de prótesis EPET	
Insumos	costo
Filamento EPET 3N3	10990
Hilo Trenzado PE 0.5 mm	3764
Tornillo madera autorroscante 50U.	1564
Espuma adhesiva 2M	12500
Silicona RTV	9590
Bandas elásticas pequeñas	1500
TOTAL	39908

Fuente: Precios establecidos a través de distintas páginas.

El comprar todos los insumos no rendiría solo para una prótesis sino para unas 4 prótesis, algunos insumos rendirán para más prótesis.

Tabla 3.5. Tabla evaluación económica prótesis realizada con PLA

Evaluación económica fabricación de prótesis PLA	
Insumos	costo
Filamento Esun	19990
Hilo Trenzado PE 0.5 mm	3764
Tornillo madera autorroscante 50U.	1564
Espuma adhesiva 2M	12500
Silicona RTV	9590
Bandas elásticas pequeñas	1500
TOTAL	48908

Fuente: Precios establecidos a través de distintas páginas.

También está la opción de fabricar nuestra propia maquina DIY recicladora de Botellas PET para fabricar filamento para impresión por FDM.

3.3. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

Tabla 3.6. Tabla resumen PLA VS EPET

	Material			
	PLA	EPET		
VENTAJAS	Facilidad de impresión	3	1	
	Resistencia térmica	2	3	
	Resistencia mecánica	2	3	
	Resistencia a la humedad	1	2	
	Capacidad de mecanizado	1	2	
	Reciclabilidad	3	3	
	Vida útil	2	3	
	Material estable	3	3	
	PROMEDIO	2.13	2.50	
	DESVENTAJAS	Dificultad de impresión	1	2
		Experiencia en impresión 3D	2	2
Adherencia por cama caliente		1	2	
Emisión de gases nocivos		2	1	
Fallos a la hora de imprimir		2	2	
PROMEDIO		1.60	1.80	

Fuente: Elaboración propia junto a propiedades del PLA

En la comparación entre el PLA y el EPET (donde 1 no aplica; 2 aplica medianamente; 3 si aplica) se puede observar que, en dificultad de impresión, este es realizado con una leve dificultad adicional sobre el PLA para imprimir, no obstante, es destacable que para ser un material que posee una leve dificultad de impresión, este obtiene mejora en sus características, igualando en la forma que se trabaja con el PLA.

Si bien las prótesis de EPET resisten similar a las prótesis de PLA en estas situaciones, el PLA a la hora de someterlas a una tarea común, como el asir una bolsa con peso, el PLA tiende a ceder y desgastarse más rápido, esto se observa en la zona de los tensores, donde hubo un desgaste en la zona de los tornillos, donde estos lograron resbalar sin permitir que estos sigan ajustándose para generar más presión con menor palanca.

Por otro lado, la prótesis de EPET logro soportar más a los esfuerzos aplicados en comparación a la prótesis de PLA si bien estas prótesis no están destinadas para cargar peso, se concluye que las prótesis de filamento impresos con material PET SI son factibles para la producción de estas, ya que, poseen una positiva resistencia a los esfuerzos o cargas a las que se someten, seguido de esto con la capacidad de lograr ahorrar en insumos y generar un gran impacto medioambiental en la que se podrá enfocar la reutilización de botellas PET dándole una segunda oportunidad u otro sentido a las botellas que serán recicladas, empleando este material que es 100% reutilizable, teniendo el mínimo de perdidas en sus propiedades mecánicas, logrando así que este proyecto sea factible a la hora de utilizar prótesis de impresión 3D a base de filamento EPET.

Se analizo el comportamiento del material EPET a la hora de imprimir en un ambiente controlado y este otorga un resultado positivo, ya que este a pesar de que requiere "Balsa" a la hora de ser impreso, el método de impresión es el mismo que el del PLA.

El material EPET es un buen candidato tanto en términos mecánicos o medioambientales en la fabricación por impresión 3D, ya que, este posee la particularidad de la baja deformación ante el calor y resistencia ante las cargas de tracción, incluyendo su bajo costo de venta, lo que lo vuelve un material útil y beneficiario en el área de Fabricación de prótesis 3D, como en la industria que busca reducir costos en la utilización de maquinaria por FDM.

RECOMENDACIONES:

Este material si bien está dirigido para el ámbito de la impresión 3D no es para todos los que utilizan esta maquinaria, ya que este material al poseer problemas o complicaciones al a hora de imprimirse, requiere una persona con experiencia que tenga conocimiento de cómo tratar cada error que pudiera ocurrir.

Al trabajar en impresión 3D por FDM es importante permanecer en un lugar ventilado con temperaturas controladas ya que los materiales en este caso, polímeros que son fundidos emiten gases que son nocivos para la salud.

LINKOGRAFIA Y BIBLIOGRAFIA

- <https://dryfil.com/filamento/hdpe/>
- <https://descubrearduino.com/pva/>
- <https://www.addimen.com/impresion-plastico/nylon/#:~:text=El%20Nylon%20empleado%20en%20las,a%20absorber%20humedad%20del%20ambiente.>
- <https://www.ibertest.es/products/dispositivos-de-ensayo-para-probetas-normalizadas/>
- <https://www.zwickroell.com/es/sectores/plasticos/termoplasticos-y-materiales-termoendurecibles/ensayo-de-traccion-iso-527-1-2/>
- <https://autofabricantes.org/wp-content/uploads/2019/08/TFG-Iván-Perez-Martin.pdf>
- <https://www.redalyc.org/pdf/2570/257021014005.pdf>
- <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/393/NOTAS.pdf>
- <https://www.fp3d.cl/#:~:text=Fundacin%20Prtesis%203D%20nace%20por,construir%20un%20Chile%20ms%20inclusivo.>
- <https://marketingcocreador.wordpress.com/2017/01/16/compresion-del-mercado/#:~:text=Comprender%20el%20mercado%20y%20las,%2C%20;,%20cuales%20son%20sus%20necesidades%3F>
- <https://docs.rs-online.com/7ade/0900766b81698006.pdf>
- <https://www.seepsa.com.mx/blog/ingenieria/ductilidad-y-fragilidad/>
- <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/393/NOTAS.pdf>
- <https://www.zwickroell.com/es/sectores/ensayo-de-materiales/ensayo-de-traccion/resistencia-a-la-traccion/>
- <https://docplayer.es/64134592-Diseno-y-montaje-de-una-extrusora-de-filamento-para-el-reciclaje-de-residuos-plasticos-de-impresion-3d.html>
- <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2043-1.pdf>

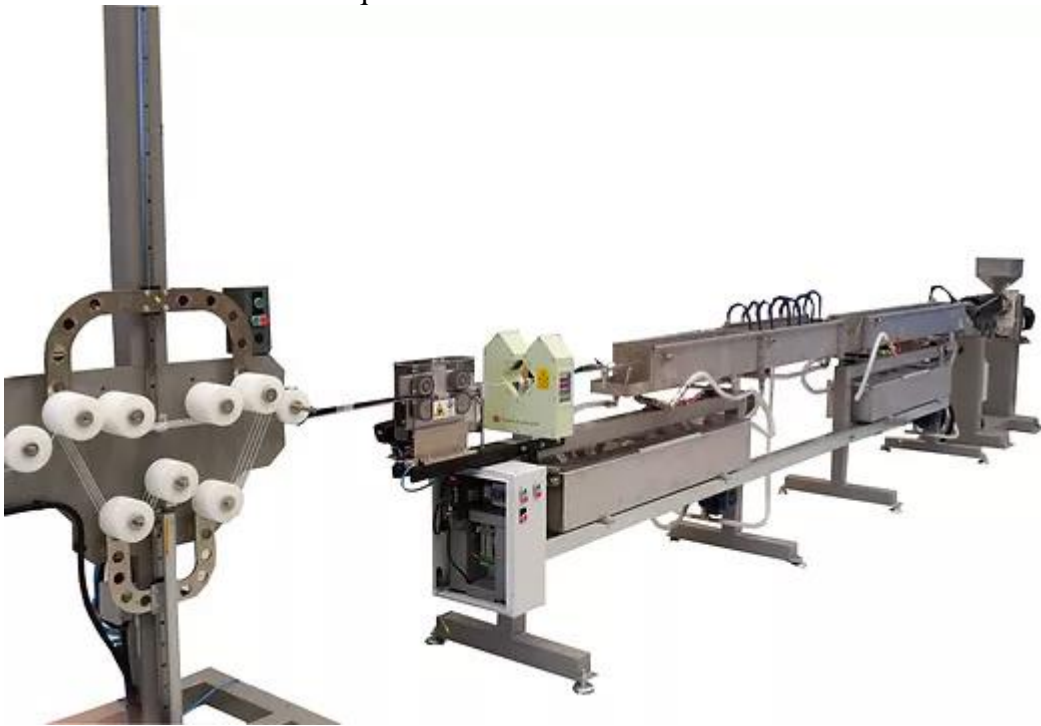
- <https://autofabricantes.org/wp-content/uploads/2019/08/TFG-Iván-Perez-Martin.pdf>
- <https://dryfil.com/filamento/nylon/>
- <https://www.3dnatives.com/es/pva-impresion-3d-filamento-soluble-230520222/#!>

ANEXO

Fabricación Maquinaria

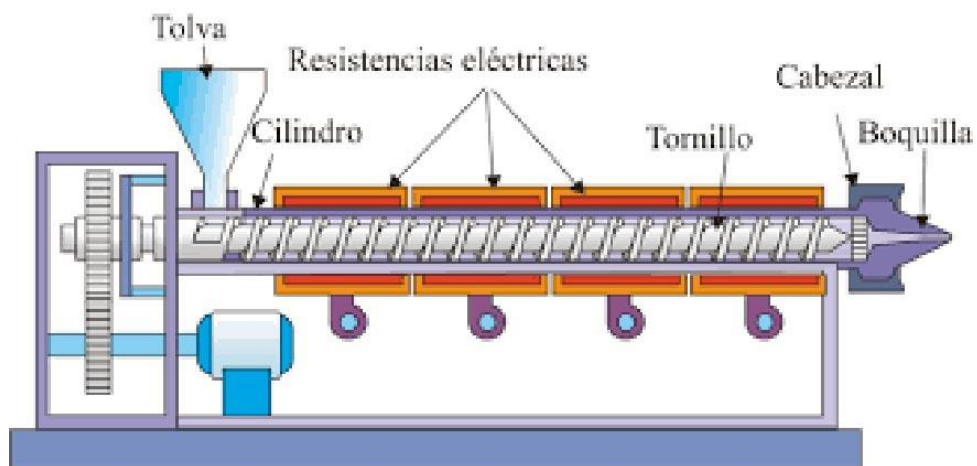
Antes de lograr fabricar la prótesis a base del filamento EPET, el filamento que se ocupara es fabricado a través de una maquinaria llamada ‘‘maquina extrusora de filamento’’.

Maquina extrusora de filamento.



Fuente: Fdtecsl.com

Partes Maquina extrusora de filamento.



Fuente: DocPlayer.

Esta es conocida por utilizar el polímero (plástico) en forma de Pellet que es introducido en la tolva para luego en el cilindro ser calentado por las resistencias eléctricas que rodona el Cilindro, este material es transportado y empujado por el Tornillo que se encuentra dentro del Cilindro, llegando a la zona del cabezal donde se encuentra con la Boquilla, la boquilla es una pieza de suma importancia, ya que, esta debe ser capaz de mantener su temperatura para la extrusión del plástico con una medida standard para las impresoras de FDM de 1.75mm de diámetro.

Si bien existen alternativas de venta en el mercado que son para fabricar uno mismo el filamento en casa con kits DIY o también conocido como HUM (hágalo usted mismo), para fabricar el filamento a base de Botellas PET en este momento existen las 2 posibilidades, tanto de forma Industrial como de forma DIY, esta máquina al ser casera deberá contar con los siguiente componentes y materiales:

- Fuente de Poder 12V.

Fuente de poder 12V.



Fuente: Mercadolibre.com

- Motor paso a paso Nema.

Motor paso a paso Nema.



- Fuente: aliexpress.com

- Hot End con bloque Calefactor.

Hot end modelo Mk7.



Fuente: aliexpress.com

- Brocas de 8mm, 7mm, 6mm y 1.7mm

- Escuadra punta redonda

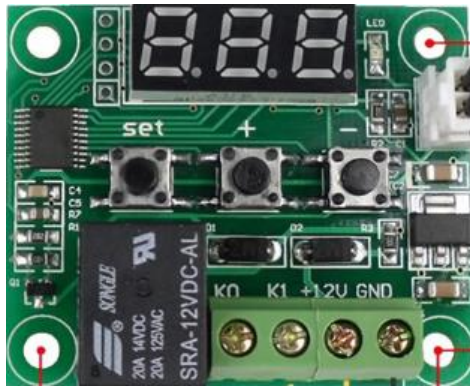
Brocas y escuadra punta redonda.



Fuente: Function.3D

- Placa Control de Temperatura W1209 Digital.

W1209 Digital temperatura control.



Fuente: aliexpress.com

- Placa RAMPS 1.4

Placa RAMPS 1.4



Fuente: aliexpress.com

- Pantalla LCD 12864

Pantalla LCD 12864.



Fuente: aliexpress.com

- Placa Mega 2560

Placa Mega 2560.



Fuente: aliexpress.com

- Estructura maquina recicladora de botellas PET "The Recreator 3D"
(creada por Joshua R. Taylor).

The Recreator 3D.



Fuente: Recreator3d.com