



ING. AUTOMOTRIZ

Trabajo de Integración Curricular

Artículo Investigación para la obtención del Título de Ingeniera en Mecánica Automotriz

Diseño topológico y construcción de piezas en carrocerías de vehículos M1 con el uso de termoplásticos

Autor:

Wilmer Patricio Chasipanta Ango

Juan Diego Muñoz Romero

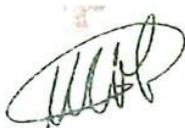
Director:

Ing. Gabriela Stefany Tapia Chávez

CERTIFICACIÓN

Nosotros, **Wilmer Patricio Chasipanta Ango, Juan Diego Muñoz Romero**, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Wilmer Patricio Chasipanta Ango
1721492005



Juan Diego Muñoz Romero
1722905724

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Gabriela Stefany Tapia Chávez**, certifico que conozco a los autores del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Firma
0502486376

ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

La Biblioteca de la Universidad Internacional del Ecuador se compromete a:

1. No divulgar, utilizar ni revelar a otros la **información confidencial** obtenida en el presente trabajo, ya sea intencionalmente o por falta de cuidado en su manejo, en forma personal o bien a través de sus empleados.
2. Manejar la **información confidencial** de la misma manera en que se maneja la información propia de carácter confidencial, la cual en ninguna circunstancia podrá estar por debajo de los estándares aceptables de debida diligencia y prudencia.



Gorky Reyes
Coordinador Académico

Escuela de Ingeniería Automotriz



Gabriela Fernández
Gestora Cultural

Dedicatoria

A mis queridos padres, Consuelo Romero y Fabián Muñoz, cuyo amor incondicional, sacrificio y apoyo inquebrantable han sido la base sobre la cual he construido todos mis sueños y logros. Su dedicación y esfuerzo constante para brindarme las mejores oportunidades son invaluable y siempre estaré profundamente agradecido. Esta investigación es una humilde muestra de mi gratitud por todo lo que han hecho por mí y el reflejo de su fe inquebrantable en mi potencial. Sus enseñanzas y valores me han guiado en cada paso del camino, proporcionándome la fortaleza y el coraje necesarios para enfrentar los desafíos y superar los obstáculos. Mama, gracias por tu amor y cuidado incansables, por ser siempre mi refugio y mi fuente de ánimo. Papa, gracias por ser mi ejemplo de integridad y perseverancia, por enseñarme el valor del trabajo duro y por siempre estar ahí para apoyarme. Les dedico este logro con todo mi amor y agradecimiento, sabiendo que sin ustedes, nada de esto habría sido posible.

Juan Diego Muñoz

Agradecimiento

Quisiera expresar mi más sincero y profundo agradecimiento a mis padres, Consuelo Romero y Fabián Muñoz. Mamá, gracias por tu amor infinito, tu paciencia inagotable y tu sabiduría que me ha guiado en cada paso de mi vida. Tu dedicación y tus sacrificios han sido el motor que me ha impulsado a alcanzar mis metas. Gracias por ser siempre mi apoyo incondicional, por escucharme, aconsejarme y brindarme el aliento necesario en los momentos más difíciles.

Papá, gracias por ser mi modelo a seguir y mi mayor defensor. Tu ejemplo de trabajo duro, perseverancia y honestidad ha sido una de las mayores lecciones de mi vida. Tu fe en mí y tu apoyo constante me han dado el valor para perseguir mis sueños con determinación y confianza. Ambos, gracias por creer en mí, por hacer innumerables sacrificios para que pudiera tener las mejores oportunidades y por estar siempre a mi lado. Esta tesis es tanto su logro como mío, y les dedico este trabajo con todo mi amor y gratitud.

Juan Diego Muñoz

Dedicatoria

A mi querida madre, Maria Anjo y hermanos, cuyo amor incondicional, sacrificio y apoyo inquebrantable han sido la base sobre la cual he construido todos mis sueños y logros. Su dedicación y esfuerzo constante para brindarme las mejores oportunidades son invaluable y siempre estaré profundamente agradecido. Esta investigación es una humilde muestra de mi gratitud por todo lo que han hecho por mí y el reflejo de su fe inquebrantable en mi potencial. Sus enseñanzas y valores me han guiado en cada paso del camino, proporcionándome la fortaleza y el coraje necesarios para enfrentar los desafíos y superar los obstáculos. Mama, gracias por tu amor y cuidado incansables, por ser siempre mi refugio y mi fuente de ánimo. Hermanos, gracias por ser mi ejemplo de integridad y perseverancia, por enseñarme el valor del trabajo duro y por siempre estar ahí para apoyarme. Les dedico este logro con todo mi amor y agradecimiento, sabiendo que sin ustedes, nada de esto habría sido posible.

Wilmer Chasipanta

Agradecimiento

Quisiera expresar mi más sincero y profundo agradecimiento a mi madre, Maria Ango y hermanos. Mamá, gracias por tu amor infinito, tu paciencia inagotable y tu sabiduría que me ha guiado en cada paso de mi vida. Tu dedicación y tus sacrificios han sido el motor que me ha impulsado a alcanzar mis metas. Gracias por ser siempre mi apoyo incondicional, por escucharme, aconsejarme y brindarme el aliento necesario en los momentos más difíciles.

Hermanos, gracias por ser mi modelo a seguir y mi mayor defensor. Tu ejemplo de trabajo duro, perseverancia y honestidad ha sido una de las mayores lecciones de mi vida. Su fe en mí y tu apoyo constante me han dado el valor para perseguir mis sueños con determinación y confianza. A ustedes, gracias por creer en mí, por hacer innumerables sacrificios para que pudiera tener las mejores oportunidades y por estar siempre a mi lado. Esta tesis es tanto su logro como mío, y les dedico este trabajo con todo mi amor y gratitud.

Wilmer Chasipanta

DISEÑO TOPOLOGICO Y CONSTRUCCION DE PIEZAS EN CARROCERIAS DE VEHICULOS M1 CON EL USO DE TERMOPLASTICOS

Ing. Gabriela Chávez T. Msc¹, Wilmer Chasipanta A.², Juan Diego Muñoz P.³.

¹ Magister Avanced manufacturinig technology and Systems management- The University of Mancherster, gachave@uide.edu.ec, Quito – Ecuador

² Universidad Internacional del Ecuador, wichasipantaan@uide.edu.ec, Quito - Ecuador

³ Universidad Internacional del Ecuador, jumunozro@uide.edu.ec, Quito –Ecuador

RESUMEN

Introducción: Hoy en día en el mundo automotriz existe una gran variedad de partes de vehículos clásicos, convencionales y modernos obtenidos por procesos de manufactura mediante inyección en la presente investigación se va a rediseñar y mejorar diversas partes para un vehículo de carrocería M1, para esto se utilizó un escáner 3D y se realizarauna optimización de la malla topológica solventando el problema referente a existencia de puntos frágiles mediante la optimización del diseño. **Metodología:** En la presente investigación se realizó con la ayuda del método comparativo con el fin de revisar si el diseño topológico con la optimización realizada al 19% en los puntos frágiles se realiza vaciados con la finalidad de colocar botones de accesorios sin comprometer su estructura exterior y su funcionalidad. **Resultados:** los resultados demostraron que el uso del escáner 3D, es fundamental en la digitalización de los objetos y la optimización medianteel uso del software de elementos finitos se logró determinar la estructura de la malla topológica delobjeto. **Conclusión:** El análisis demostró que el material PLA soporta unaoptimización efectiva al 19%. Esto indica que, bajo las condiciones especificadas, él apoya brazo mantiene su integridad estructural y se comporta adecuadamente dentro de los límites esperados es decir cumple su funcionalidad.

Palabras clave: Escáner 3D, Malla topológica, Ingeniería inversa, Carrocería M1

ABSTRACT

Introduction: Nowadays, in the automotive world, there is a wide variety of parts for classic, conventional, and modern vehicles obtained through manufacturing processes involving injection molding. In this research, various parts for an M1 vehicle body will be redesigned and improved. A 3D scanner was used for this purpose, and topological mesh optimization will be carried out to address issues related to the existence of weak points by optimizing the design. **Methodology:** This research was conducted using the comparative method to review whether the topological design with optimization applied to 19% of the weak points is effective. This involved creating voids to place accessory buttons without compromising the exterior structure and functionality of the parts. **Results:** The results demonstrated that the use of a 3D scanner is essential in the digitization of objects. Through optimization using finite element analysis software, the structure of the object's topological mesh was determined. **Conclusion:** The analysis showed that PLA material supports effective optimization at 19%. This indicates that, under the specified conditions, the support arm maintains its structural integrity and performs adequately within the expected limits, thus fulfilling its functionality.

Keywords: 3D scanner, Topological mesh, Reverse engineering, Chassis M1

1. INTRODUCCION

Hoy en día existen diversos vehículos clásicos convencionales y modernos cuyas piezas o componentes de la carrocería de tipo M1 que son frágiles en los puntos de sujeción, pero a su vez la tecnología 3D dentro del mercado se está posicionando como una herramienta principal en la fabricación de componentes automotrices ya que es una alternativa innovadora comparados con los otros métodos tradicionales de manufactura ofreciendo la posibilidad de escanear piezas complejas o a su vez mejorar sus características con rapidez.

Con el uso del escanear se realiza un levantamiento al objeto y a través del software de elementos finitos realizar una optimización al objeto manteniendo su funcionalidad y dando uso a la información entregada por la simulación en la malla topológica realizar los arreglos respectivos con perforaciones de formas de figuras geométricas justificando el uso de ellas para el control de accesorios con el uso de material termoplástico PLA que es un material renovable versátil y sostenible contribuyendo a la reducción de la dependencia de materiales plásticos derivados del petróleo y a la mitigación del impacto ambiental.

Según (Creaform, 2021) la ingeniería inversa consta de diferentes pasos como son en el análisis y la recreación del diseño de un producto, para ello deber ser precisa y eficiente, las formas de la pieza a crear y extraer la información necesaria del barrido resultante a efectos de recrear el modelo conforme a su propósito un archivo CAE perfecto que no incluya imperfecciones

Logrando simplificar la fabricación de componentes complejos de encontrar, facilitando a la industria automotriz la recreación de piezas existentes con la ayuda de diseños hechos a través de softwares facilitando el uso del escaner3D y con la impresión con una alta eficiencia y flexibilidad proporcionando una solución de ingeniería y diseño de nivel profesional para el diseño mecánico en 3D logrando crear una representación virtual del producto final que les permita validar la forma, el ajuste y la función del producto antes de crearlo. (Ingenierosasesores, 2022)

La presente investigación ofrece beneficios prácticos dentro de la industria automotriz detallando información preliminar de las características aplicativas del escáner 3D y el uso del software de elementos finitos.

Se realiza el levantamiento de puntos mediante el escáner 3D y en su diseño de malla topológica se trabajara con esfuerzos para revisar cuales son los puntos más frágiles y poder analizar su refuerzo y fabricación del componente interno del vehículo en este caso se realizó el apoya brazos , con el fin de solventar y determinar los puntos débiles para reforzar la malla topológica y analizarlos, se va a revisar y analizar con el software fusión 360 después se exportara obteniéndose un archivo STL el cual nos brindara la facilidad de visualizar la pieza antes del proceso de impresión 3D y la tecnología FDM utilizando el filamento de impresión como es el material ABS.

Las exigencias que se realiza a este componente serán de suma importancia debido a que mediante el programa se realizara los esfuerzos en el objeto y en la malla topológica

podremos optimizar los puntos débiles con la finalidad de prolongar la vida útil del objeto y reforzar sus características, con el uso del escáner que nos permite copiar el objeto y minimizar el tiempo de diseño, para después poder replicar el objeto o pieza.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 INGENIERIA INVERSA

La ingeniería inversa como se observa en la figura 1, es un proceso que generalmente se lleva a cabo para obtener conocimientos faltantes, ideas y filosofía de diseño cuando dicha información no está disponible. En algunos casos, la información es propiedad de alguien que no está dispuesto a compartirla. En otros casos, la información se ha perdido o destruido. Tradicionalmente, la ingeniería inversa consistía en tomar productos empacados y disectarlos físicamente para descubrir los secretos de su diseño. Dichos secretos se utilizaban luego para fabricar productos similares o mejores. (Reversing Secrets of Reverse Engineering Pag27)

Figura 1.
Ingeniería Inversa



Fuente:MONSUTON 3D

El objetivo principal de la ingeniería inversa es optimizar los procesos de fabricación en recuperación de superficies, reparación de datos obtenidos por escaneado en 3D, en la industria automotriz es uno de los principales usuarios de la tecnología, aporta en la modificación de diseños, modelado 3D para simulación digital, construcción virtual, inspección de estructuras, permitiéndonos realizar el seguimiento real de su comportamiento estructural gracias a la toma de datos mediante escaneado 3D y tratamiento de la nube de puntos y análisis, así como los cálculos estructurales. (Romero, 2019)

2.2 Escáner 3D

Un escáner 3D es un dispositivo tecnológico que utiliza diferentes métodos, como luz estructurada, láser o fotogrametría, para capturar la geometría tridimensional de objetos físicos. Esta tecnología permite obtener modelos digitales precisos y detallados

que representan fielmente la forma y textura de los objetos escaneados. Los escáneres 3D son ampliamente utilizados en campos como la ingeniería, la arquitectura, el diseño industrial, la medicina y la conservación del patrimonio cultural. Son esenciales para la creación de modelos virtuales, el análisis de diseños, la inspección de calidad y la fabricación de prototipos. (Cervitec, 2024)

2.3 Tipos de Escáner 3D

Existen varios tipos de escáneres 3D, cada uno con sus propias características y aplicaciones específicas:

Tabla 1

Tabla de tipos de escáner

TIPO DE ESCÁNER 3D AUTOMOTRIZ	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ESCÁNER LASER	<ul style="list-style-type: none"> Alta precisión y detalle. Rápido en la captura de datos. Funciona bien en condiciones de luz variable. 	<ul style="list-style-type: none"> Costoso. Requiere experiencia para operarlo. Puede ser pesado y poco portátil.
ESCÁNER DE LUZ ESTRUCTURADA	<ul style="list-style-type: none"> Muy preciso para superficies complejas. Captura rápida de grandes áreas. Menos sensibles a la reflectividad. 	<ul style="list-style-type: none"> Puede ser afectado por la luz ambiental. Más caro que otros tipos de escáneres.
ESCÁNER DE BRAZO ARTICULADO	<ul style="list-style-type: none"> Gran Precisión y versatilidad. Ideal para piezas de diferentes tamaños. Permite movimiento flexible. 	<ul style="list-style-type: none"> Caro y voluminoso. Requiere calibración frecuente. No es ideal para escaneos en campo.
ESCÁNER PORTÁTIL DE MANO	<ul style="list-style-type: none"> Muy portátil y fácil de usar en el campo. Adecuado para escanear en espacios reducidos. Rápido de configurar. 	<ul style="list-style-type: none"> Menos preciso que los escáneres estacionarios. Puede necesitar múltiples escaneos para alta precisión.
ESCÁNER FOTOGRAMÉTRICO	<ul style="list-style-type: none"> Ideal para capturar detalles finos. Relativamente económico. Utiliza cámaras estándar. 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere mucho tiempo para procesos datos. Precisión dependiente de la calidad de las fotos y el software.

Fuente: Asorcad

Por las ventajas que presenta, por modo de escañero rápido, la velocidad de la cámara el escáner y la versatilidad de llegar a zonas de complicada visualización que se elige es el shining 3D.

2.5 Diseño y Análisis en Software CAE

El diseño y análisis en software CAE (Ingeniería Asistido por Computadora) es fundamental en el proceso de desarrollo de productos y componentes. Este tipo de software permite crear modelos digitales en 2D y 3D, realizar modificaciones, simular el comportamiento de los diseños y optimizar su rendimiento. Algunas consideraciones clave en este punto incluyen:

- **Análisis de Ingeniería:** Los programas CAE ofrecen herramientas de análisis que permiten evaluar la resistencia, la rigidez, la distribución de tensiones y otros aspectos de rendimiento de los diseños. Esto ayuda a identificar posibles problemas y realizar mejoras antes de la fabricación física. (Adeva, 2023)
- **Optimización de Diseños:** Mediante simulaciones y pruebas virtuales, es posible optimizar los diseños para cumplir con requisitos específicos de rendimiento, costo, peso, manufactura y otros criterios. Esto incluye la optimización topológica para reducir el peso manteniendo la resistencia estructural necesaria la investigación tiene como objetivo optimizar el objeto sometiendo a esfuerzos mediante cargas y revisar la malla topológica para reforzar puntos débiles. (Cabrera, 2024)
- **Validación de Diseños:** Mediante la simulación de situaciones de carga, condiciones ambientales y uso del producto, el software CAE ayuda a validar y verificar la funcionalidad y seguridad de los diseños antes de la fabricación física. (Creaform, 2021)

2.6 Topología del Diseño

La topología del diseño se refiere a la estructura y disposición de los elementos en un modelo digital, considerando aspectos clave como la resistencia mecánica, la distribución de material, la optimización de peso y la facilidad de fabricación. Algunos puntos relevantes sobre la topología del diseño incluyen:

- **Eficiencia en la Distribución de Material:** La topología del diseño busca optimizar la distribución de material en un componente o producto. Esto implica eliminar material innecesario, reducir el peso total y mantener la integridad estructural para cumplir con los requisitos de resistencia y durabilidad. (Amaral, 2021)
- **Optimización de Peso:** Se busca minimizar el material utilizado sin comprometer la resistencia, logrando así una optimización del peso. Esto es especialmente importante en aplicaciones donde el peso es crítico, como en la industria aeroespacial, automotriz y de dispositivos médicos. (Cervitec, 2024)
- **Resistencia y Rigidez:** La topología del diseño se enfoca en garantizar la resistencia y rigidez necesarias para el buen funcionamiento del producto. Se utilizan técnicas como la optimización estructural para mejorar la capacidad de carga y la respuesta a las condiciones de trabajo. (Cia, 2022)

2.7 Análisis y Rediseño en Elementos

La importancia del análisis y rediseño de elementos de sujeción en el contexto de ingeniería y diseño de productos. Los elementos de sujeción son componentes esenciales

que se utilizan para unir, sujetar o fijar partes y componentes dentro de un sistema o estructura. Aquí se detallan algunos puntos relevantes sobre el análisis y rediseño de estos elementos:

- **Funcionalidad y Eficiencia:** Los elementos de sujeción deben diseñarse y seleccionarse considerando su funcionalidad específica, asegurando una sujeción segura y eficiente de las partes y componentes. Esto incluye factores como la resistencia a la carga, la durabilidad, la facilidad de montaje y desmontaje, y la compatibilidad con el entorno de trabajo. (Cervitec, 2024)
- **Selección de Tipos de Sujeción:** Existen diversos tipos de elementos de sujeción, como tornillos, tuercas, pernos, remaches, grapas y clips, entre otros. La selección del tipo adecuado depende de la aplicación, el material de las piezas a unir, las condiciones de carga y la accesibilidad para la instalación. (Cabrera, 2024)
- **Optimización de Diseño:** Mediante simulaciones y análisis, se busca optimizar el diseño de los elementos de sujeción para mejorar su rendimiento y eficiencia. Esto puede implicar cambios en la geometría, el material, el tratamiento superficial y otros aspectos para cumplir con los requisitos de aplicación y seguridad. (All3DP, 2021)

2.8 Carrocerías de tipo M1

Esta clasificación de vehículos por criterios de homologación se rige por una directiva comunitaria. Las categorías se diferencian por letras, son varias las categorías principales, aunque también hay excepciones con determinados modelos de vehículos que se asimilan a los de categoría M, a los vehículos que cuentan con dos o tres ruedas, vehículos especiales... Por ello os vamos a explicar la clasificación general de los vehículos recogidos en la siguiente categoría (Amaral, 2021):

- **Categoría M:** se tratan de los vehículos de motor fabricados para el transporte de personas y su equipaje. Dentro de esta categoría se lleva a cabo la siguiente diferenciación (Bolaños, 2019):
- **Categoría M1:** vehículos para el transporte de personas que cuentan con nueve plazas, incluida la del conductor. (Erick, 2023)

Tabla 2

Tabla de especificación Tipos de Carrocerías M1

Categoría	Clasif. Especial	Descripción
M1		Vehículos de 8 asientos o menos sin contar el asiento del conductor.
M1	SA	Casas rodantes de la categoría M1.
M1	SC	Ambulancias de la categoría M1.
M1	SD	Vehículos funerarios de la categoría M1.
M1	SE	Vehículos bomberos de la categoría M1.
M1	SF	Vehículos celulares de la categoría M1.

Fuente: Amaral, 2021

2.9 Termoplásticos

Los termoplásticos son una clase de polímeros que pueden ser moldeados y reformados repetidamente mediante la aplicación de calor y presión. Esta capacidad, conocida como termoelasticidad, permite que los termoplásticos sean rehechos y reutilizados múltiples veces sin experimentar cambios químicos irreversibles en su estructura molecular. A diferencia de los polímeros termoestables, que no pueden volver a fundirse sin descomponerse, los termoplásticos pueden alternar entre estados sólido y líquido de manera controlada. Esta propiedad facilita su procesamiento y reciclaje, lo que los convierte en materiales esenciales para diversas aplicaciones industriales, desde la fabricación de envases y componentes automotrices hasta productos electrónicos y bienes de consumo. (Cia, 2022)

Termoplásticos que normalmente se usan en las carrocerías M1 es el PLA (Ácido Poliláctico)

- **Características:** presenta rigidez y estabilidad dimensional. Ofrece superficies de calidad y buena resistencia frente a agentes químicos.
- **Obtención:** combina biotecnología y química para transformar recursos renovables en material versátil y sostenible reduciendo la dependencia de plásticos derivados del petróleo y contribuyendo a la reducción del impacto ambiental.
- **Ejemplos de uso:** spoilers, rejillas, tapacubos, interiores de salpicadero, etc.

Tabla 3

Tabla comparativa de materiales termoplásticos

MATERIAL	TEMPERATURA DE TRANSICIÓN		OPORTUNIDAD DE IMPRESIÓN 3D	RESISTENCIA	FLEXIBILIDAD	DUREZA	RESISTENCIA A LA TEMPERATURA	SOLUBLE	SEGURIDAD ALIMENTARIA	RESISTENCIA A LA QUÍMICA	BIODEGRADABLE	BIOPROTECTOR	BIOPROTECTOR	BIOPROTECTOR	BIOPROTECTOR
	°C	°F													
PLA	200	392	100%	●●●●●	●●●●●	●●●●●	60	×	✓	×	✓	✓	×	×	×
PLA 3D850	200	392	100%	●●●●●	●●●●●	●●●●●	75	×	✓	×	✓	✓	×	×	×
PLA 3D870	200	392	100%	●●●●●	●●●●●	●●●●●	75	×	✓	×	✓	×	×	×	×
EASY PRINT	190	374	100%	●●●●●	●●●●●	●●●●●	95	×	✓	×	✓	×	×	×	×
WOOD	200	392	100%	●●●●●	●●●●●	●●●●●	60	×	×	×	✓	×	×	×	×
BOUN	200	392	100%	●●●●●	●●●●●	●●●●●	95*	×	×	×	✓	×	×	×	×
ABS	210	402	100%	●●●●●	●●●●●	●●●●●	105*	ACETONA	✓	×	✓	×	×	×	×
ASA	220	428	100%	●●●●●	●●●●●	●●●●●	95*	ACETONA	×	✓	✓	×	×	×	×
ABS FP	210	402	100%	●●●●●	●●●●●	●●●●●	93*	ACETONA	×	×	✓	×	✓	×	×
ABS MEDICAL	210	402	100%	●●●●●	●●●●●	●●●●●	101*	ACETONA	✓	×	✓	✓	×	✓	×
FLEX	215	415	100%	●●●●●	●●●●●	●●●●●	105	×	×	×	✓	×	×	×	×
HIPS	215	415	100%	●●●●●	●●●●●	●●●●●	100*	DILUENTE	✓	×	×	×	×	×	×
PETG	215	415	100%	●●●●●	●●●●●	●●●●●	85*	×	✓	×	✓	×	×	×	✓***
PP	210	402	100%	●●●●●	●●●●●	●●●●●	102*	×	✓	×	✓	×	×	×	×
NYLSTRONG	245	473	100%	●●●●●	●●●●●	●●●●●	212*	×	×	×	✓	×	×	×	×
GLACE	200	392	100%	●●●●●	●●●●●	●●●●●	64*	ALCOHOL	×	×	✓	×	×	×	×
PETG MDT	220	428	100%	●●●●●	●●●●●	●●●●●	80**	×	✓	×	×	×	×	×	×
PVA	190	374	100%	—	—	—	—	AGUA	×	×	×	×	×	×	×
SUPPORT	210	402	100%	—	—	—	—	DILUENTE	×	×	✓	×	×	×	×
PLA ANTIBACTERIAL	200	392	100%	●●●●●	●●●●●	●●●●●	60	×	×	×	✓	×	×	×	×

Fuente: Smartfil

En la tabla 3 se puede observar la comparación de los diferentes termoplásticos la investigación de basa en el material de PLA el cual, por la composición y obtención, son los que se usan en las partes de las carrocerías de tipo M1, se adquiere en filamentos en rollo o alambre continuo para su uso en impresoras 3D.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 MÉTODO

Método Cuantitativo

El método cuantitativo es fundamental porque la investigación implica la recopilación y análisis de datos numéricos precisos obtenidos a través de escaneos 3D y simulaciones de optimización de objetos por medio de elementos finitos. Este enfoque te permitirá:

Analizar los resultados de simulaciones: Cuantificar el porcentaje de optimización de las piezas.

Realizar comparaciones objetivas: Comparar datos de mallas topológicas antes y después de la optimización.

En este proyecto, se utiliza la normativa ISO 25178 para caracterizar superficies mediante el uso de un escáner 3D láser, capturando la topografía de piezas fabricadas con termoplásticos PLA. El procedimiento incluye la preparación y escaneo de las piezas, seguido del procesamiento de datos para generar mallas topológicas. Las piezas analizadas son componentes estructurales y prototipos funcionales. El equipo de medición incluye un escáner 3D de alta resolución, y el material generado incluye informes detallados con visualizaciones de la malla y resultados de simulaciones. Las simulaciones se realizan con software de elementos finitos, evaluando la resistencia, rigidez y optimización de diseño de las piezas bajo diferentes condiciones de carga. Para la interpretación de resultados, se analizan parámetros clave como la rugosidad y ondulación de la superficie, así como la respuesta de las piezas bajo cargas simuladas, permitiendo la mejora estructural y reducción de material.

En la presente investigación para su desarrollo se realizarán por medio de ingeniería inversa mediante un escaneo se obtiene información la cual se procede a arreglar la malla por medio del diseño topológico se realizará un análisis de carga y se podrá determinar los puntos más débiles para con el programa Fusión 360 trabajar en la malla topológica y se obtiene un CAD mejorado detallando específicamente su funcionamiento y características del modelo original incluyendo la disgregación del componente para su fabricación de la misma manera se obtendrá un documento STL compatible para un proceso diferente como es la impresión 3D para fabricación del prototipo.

Figura 2.
Proceso de escaneo 3D



Fuente: (ZEISS Optotechnik, n.d.)

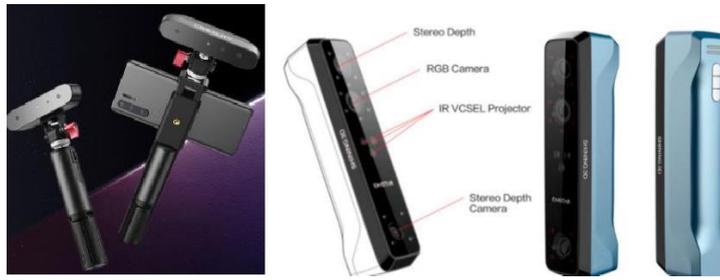
3.2 ESCANER 3D

Para ello en la investigación se va a realizar, la normativa ISO 25178 para caracterizar superficies mediante el uso de un escáner 3D, que escanea objetos con luz azul y ofrece una visualización detallada de la nube de puntos con un rango de error de 0.03 mm. Este escáner se eligió por su alta precisión y su capacidad para capturar detalles finos, lo que es crucial para mejorar la malla topológica y optimizar el uso de termoplásticos PLA. El procedimiento incluye la preparación y escaneo de piezas fabricadas con termoplásticos PLA, seguido del procesamiento de datos para generar mallas topológicas. Las piezas analizadas son componentes estructurales y prototipos funcionales.

Para garantizar que el **Shining 3D** es la mejor opción, se compararán los resultados con otros escáneres en el mercado, como el **CR-Scan Ferret 3D Scanner**, conocido por su portabilidad y precisión de hasta 0.1 mm, y el **FARO Focus 3D**, un escáner láser con una precisión de hasta 0.05 mm y un mayor alcance de escaneo. La comparación se basará en criterios como precisión, facilidad de uso, versatilidad y costo. Esta evaluación determina que el Shining 3D es el escáner más adecuado para esta investigación.

El material generado incluye informes detallados con visualizaciones de la malla y resultados de simulaciones. Las simulaciones se realizan con software de elementos finitos, evaluando la resistencia, rigidez y optimización de diseño de las piezas bajo diferentes condiciones de carga. Para la interpretación de resultados, se analizan parámetros clave como la rugosidad y ondulación de la superficie, así como la respuesta de las piezas bajo cargas simuladas, permitiendo la mejora estructural y reducción de material. (3D scanner, 2024)

Figura 3.
Anatomía de los escaner 3D



Fuente: Bstar y Creality

El EinStar 3D también puede utilizarse para escanear con éxito personas, rasgos faciales e incluso el cabello, en la investigación se centra en el escaneo de objetos. El escáner no proyecta ninguna luz durante el proceso de escaneo, lo que lo hace seguro y cómodo para el escaneo de objetos. La interfaz se compone de dos indicadores y tres botones. Los indicadores muestran la distancia de trabajo y el estado del escáner, y los tres botones permiten al usuario acercar/aclarar y alejar/oscurer (los mismos botones), así como previsualizar/escanear/pausar. (3D scanner, 2024)

Tabla 4
Especificaciones de los escáneres

Características del Escáner 3D	EinScan	CR-Scan Ferret 3D Scanner
Tecnología de Escaneo	Luz estructurada/Laser	Laser
Precisión	Alta	Hasta 0.1 mm
Resolución máxima	Detalles finos	Detalles precisos
Tipo de escaneo	Portátil	Portátil
Software incluido	Windows 10/11 64-bit Intel Core i7-1180h o Superior	Android/Win 10/11 (64-bit)/Mac OS
Formato de Archivo	OBJ/STL/PLY/P4/PMF	OBJ/STL/PLY
Dimensiones máximas de escaneo	Amplio rango	Compacto
Velocidad de escaneo	Rápido	Preciso
Aplicaciones típicas	Industria y educación	Inspección y diseño

3.3 Software

De elementos finitos es el programa que se utiliza en la investigación para medir y revisar la forma, una vez verificado el objeto ya reducido los polígonos sin distorsionar su forma ni estructura, se procede someter al objeto al esfuerzo para revisar las deformaciones y dependiendo de los colores del software de elementos finitos nos indica donde se encuentran las áreas débiles para reforzar aún la malla y de esta manera prolongar su vida útil mediante la optimización es decir el objeto debe mantener su funcionalidad. (3D scanner, 2024)

Proceso

En este proyecto, se utiliza la normativa ISO 25178 para caracterizar superficies con un escáner Shining 3D, que utiliza luz azul para capturar una nube de puntos detallada con un rango de error de 0.03 mm. El proceso se estandariza asegurando la limpieza del objeto y la ausencia de reflejos, además de colocar marcadores para facilitar el escaneo. Este enfoque permite generar mallas topológicas precisas y realizar simulaciones de elementos finitos para evaluar la resistencia y optimización de diseño de piezas fabricadas con termoplástico PLA, contribuyendo a mejorar la estructura y reducir el material utilizado.

Figura 4.

Preparación de objeto y entorno



Fuente: Autores

Escaneo del objeto posicionar el escáner 3D a una distancia adecuada del objeto.

Figura 5.

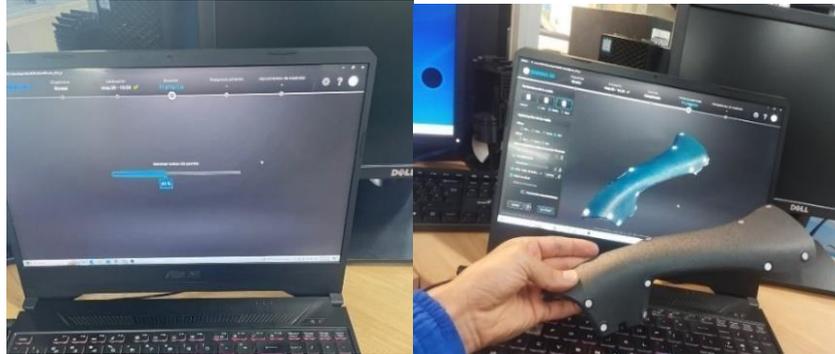
Escaneo del objeto marcado



Fuente: Autores

Postprocesamiento del escaneo importar la nube de puntos o malla

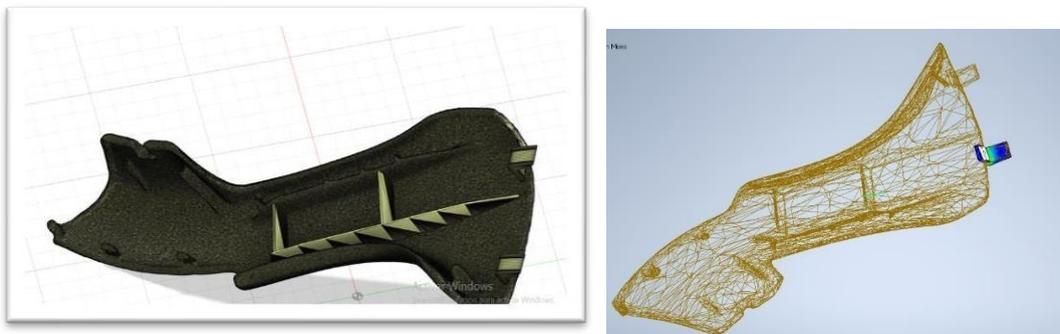
Figura 6.
Postprocesamiento de puntos



Fuente: Autores

En la figura 6 se puede visualizar el objeto, gracias a los marcadores, la imagen no se distorsiona y tiene una mejor apreciación en este estado, se puede trabajar con las herramientas en el caso de no salir el objeto completo, hay que aumentar los marcadores y realizar nuevamente el escaneo del objeto apoya brazos de las carrocerías de tipo M1, para después unir por puntos de coincidencia, pero mientras más nube de puntos tiene el procesamiento tardará más. El número de nodos de 97.000 puntos y su reducción a 14.000 puntos, una vez revisado el documento se lo puede guardar en el formato OBJ, STL que son formatos estándar y compatibles con diversos softwares de diseño.

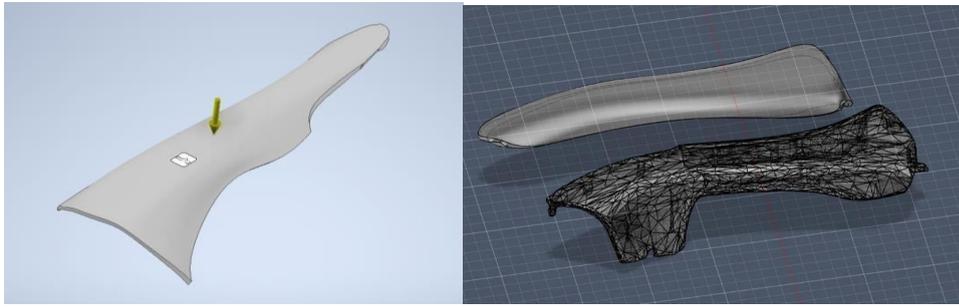
Figura 7.
Visualización en el software de elementos finitos



Fuente: Autores

Visualización del objeto en el software de elementos finitos y reconstrucción punto a punto

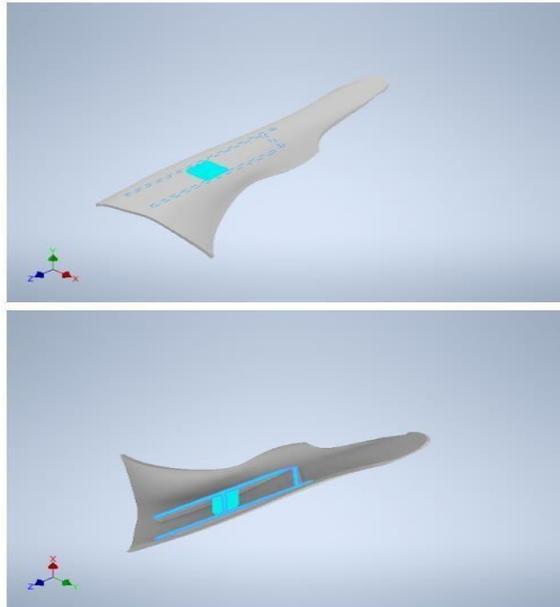
Figura 8.
Revisión de la Apoya Brazo:



Fuente: Autores

En la figura 8 se revisa las formas del objeto y principales características

Figura 9.
Grafica de Restricciones



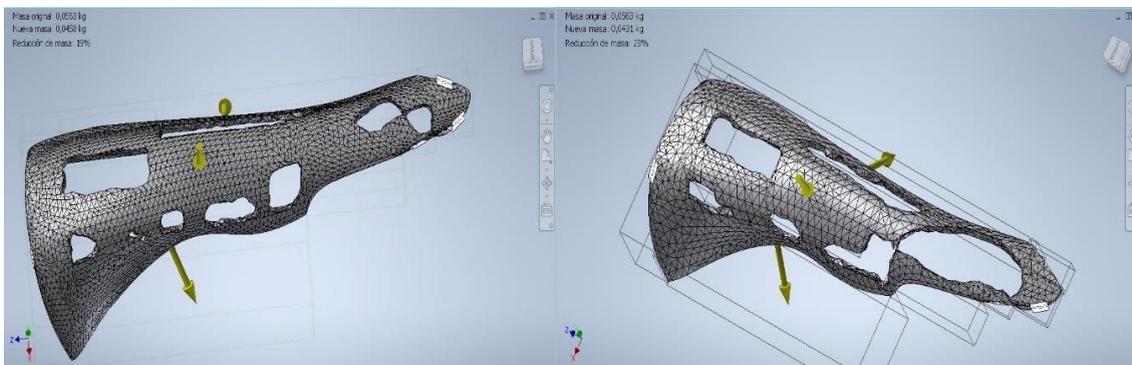
Fuente: Autores

En el figura 9 se coloca las restricciones en los puntos en los cuales encaja el objeto, para no tener inconvenientes en su funcionalidad.

2 RESULTADOS Y DISCUSION

Figura 10.

Revisión de porcentaje de optimización



Fuente: Autores

Resultados de optimizaciones en porcentajes

En el figura 10 se revisa el porcentaje adecuado de optimización ya que si la elección mas del 23% el vaciado generado por la optimización, comprometerá al objeto y como resultado tendremos puntos más frágiles.

Tabla 5.

Propiedades físicas

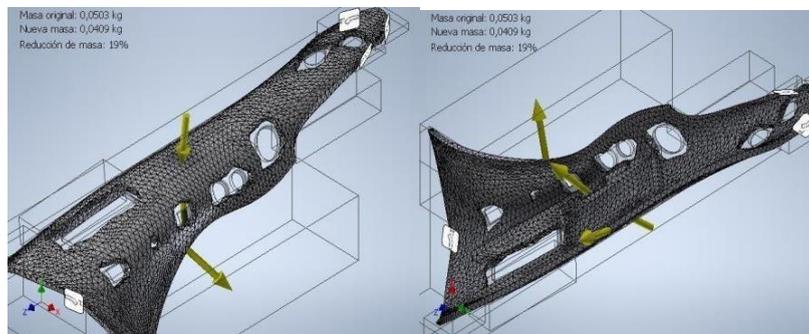
Objeto apoya brazos	Sin optimización	Optimización al 19%	Optimización al 23%
Material	PLA	PLA	PLA
Masa original	0,0502937 kg	0,0502937 kg	0,0502937 kg
Nueva masa	0,0502937 kg	0,0409054 kg	0,0384885 kg
Reducción de masa	Sin variación	18.67%	23.47%
Fuerza externa 1	40 N	40 N	40 N
Fuerza externa 2	10 N	10 N	10 N
Desplazamiento X	0,0013482mm	0,0015711mm	0,00999092mm

Desplazamiento Y	0,0000239455 mm	0,000037866m	0,00613409mm
Desplazamiento Z	0,000763133 mm	0,000766022m	0,00172671mm
Deformación Equivalente	0,0001559su	0,0002354su	0,0004179su

Fuente: Autores

En la tabla 5 de propiedades se puede visualizar el porcentaje de optimización del 19% es el recomendado porque no distorsiona al objeto, con una masa de 0,0409054 kg con valores en los planos X: 0,0015711mm,Y: 0,000037866mm, Z:0,000766022mm teniendo como deformación equivalente 0,0002354su, manteniendo el contorno de la estructura ya que tiene que sujetarse e a una base

Figura 11.
Pulir puntos de optimización



1. Fuente: Autores
Pulimentos de espacios de optimización

En el figura 11 revisar en boceto las figuras geométricas que calzarían en la optimización del 19% para dar un buen acabado de optimización.

Figura 12.
Resultado de la optimización al 19%



Fuente: Autores

En el figura 12 Grafica de optimización al 19% terminada

Figura 13.

Resultado de la optimización al 19% impreso en material PLA



Fuente: Autores

En el figura 13 El objeto impreso con la optimización del 19% para dar un buen acabado de optimización en material PLA amigable con el medio ambiente.

Resultado de la optimización aplicada al 19%

El análisis realizado sobre la pieza de apoya brazo de material plástico PLA con el 19% de optimización indican que, bajo las condiciones como puntos fijos del objeto, el contorno de base ya que debe conservar porque tiene que encajar, la pieza de apoya brazo experimentó un vaciado que proporciona un soporte óptimo, como resultado de la optimización se pueden colocar botones para accesorios, manteniendo la integridad estructural de la pieza dentro de los límites aceptables.

3 CONCLUSIONES

El escaneo de objetos es la mejor opción del proceso de la ingeniería inversa ya que a través de un escáner 3D nos permite capturar con alta precisión la geometría de los objetos físicos, lo que facilita la creación de modelos digitales, este proceso es muy valioso para la replicación de piezas difíciles de obtener, la mejora de diseño y análisis a través de los componentes, de esta manera se puede obtener ventajas como la optimización de los objetos.

La optimización de la malla topológica es una herramienta muy versátil del programa de elementos finitos y permite realizar estudios detallados como ejercer fuerzas y revisar los efectos que causa en el objeto sus deformaciones vaciado para el uso de botones de accesorios, con la finalidad de mejorar la eficiencia y calidad de los objetos sin comprometer su funcionalidad.

El análisis de los datos muestra que una optimización del 19% es adecuada para el material PLA en términos de desplazamiento y deformación. Con una masa de 0,0409054 kg, los desplazamientos en los planos son los siguientes: X: 0,0015711 mm, Y: 0,000037866 mm, Z: 0,000766022 mm, y la deformación equivalente es de 0,0002354 su. Estos valores indican que el objeto mantiene su integridad estructural y funcionalidad

sin distorsión significativa, permitiendo que se sujete adecuadamente a una base.

4 REFERENCIAS

- 3D, C. (02 de Enero de 2024). *Caballer0 3D*. Obtenido de Caballer0 3D:
<https://www.caballero3d.com/tipos-de-impresoras-3d-2/>
- Adeva, R. (09 de Marzo de 2023). *TD SYNnex*. Obtenido de TD SYNnex:
<https://www.datech.es/software/impresion-3d-presente-y-futuro/>
- All3DP. (16 de Febrero de 2022). *All3D*. Obtenido de <https://all3dp.com/es/1/tipos-de-impresoras-3d-tecnologia-de-impresion-3d/>
- Amaral. (16 de Agosto de 2021). *Esss.com*. Obtenido de
<https://www.esss.com/es/blog/que-es-la-ingenieria-inversa/>
- Bolaños, C. A. (2019). *Alternativa para la construcción de Autopartes Vehicular por medio de la Ingeniería Inversa e Impresión 3D. Caso de estudio tapa de distribución inferior del Chevrolet Spark 2015 (Tesis de maestría Univesidad Internacional SEK)*. repositorio.uisek.edu.ec. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3303>
- Briceño-Martínez, B. J. (2019). *Tecnologías de impresión 3D: evaluaciones de FDM y Polyjet en la fabricación de autopartes de automóviles*. senescyt.gob.ec. Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-65422019000300013&script=sci_arttext
- C, L. (13 de Diciembre de 2017). *3D natives* . Obtenido de <https://www.3dnatives.com/es/fdm-o-sla-impresion-3d-131220172/>
- Cabrera. (02 de Mayo de 2024). *Servitec3D*. Obtenido de Servitec3D:
<https://servitec3d.com/blog/pla-y-abs-comparativa/>
- Cervitec. (2 de Febrero de 2024). *Cervitec 3D*. Obtenido de <https://servitec3d.com/blog/tipos-de-impresoras-3d/>
- Cia. (20 de Abril de 2022). *FacFox 3D*. Obtenido de FacFox 3D:
<http://es.insta3dm.com/info/introduction-to-material-jetting-3d-printing-71990374.html>
- Creaform. (27 de Abril de 2021). *Metex*. Obtenido de Metex:
<https://www.creaform3d.com/blog/es/como-aplicar-ingenieria-inversa-a-las-piezas-de-automovil-clasico/>
- Erick, G. (05 de 04 de 2023). *Capterra*. Obtenido de Capterra:
<https://www.capterra.ec/software/174020/inventor#:~:text=Utilizar%20Inventor%20es%20muy%20fácil,pieza%20que%20conformaría%20el%20objeto.>
- Formlabs. (23 de Marzo de 2024). *Formlabs*. Obtenido de <https://formlabs.com/latam/blog/materiales-impresion-3d/>
- Gayá, C. (09 de Diciembre de 2020). *Domestika*. Obtenido de Domestika:
<https://www.domestika.org/es/blog/4197-que-es-la-impresion-3d>

- Ingenierosasesores. (26 de Julio de 2022). *Ingenierosasesores.com*. Obtenido de <https://ingenierosasesores.com/actualidad/ingenieria-inversa-concepto-aplicaciones/>
- Kevin, M. H. (2021). *Estudio de las aplicaciones y ventajas que ofrece la impresión 3D en el ámbito de la automoción (Tesis de Ingeniería Universitat Politècnica de Catalunya - Barcelona TECH)*. upc.edu. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/342961>
- Lisandro, V. (2020). *Optimización experimental de los parámetros de fabricación sobre las propiedades mecánicas de piezas de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) impresas en 3D (Artículo científico Revista espacios)*. revista espacios.com. Obtenido de <http://www.ifac.portafolio.revistaespacios.com/a20v41n41/a20v41n41p02.pdf>
- Martínez, B. J. (2017). *Evaluación de las tecnologías de impresión 3d, modelado de fusión por deposición (fdm) y tecnología polyjet, aplicada a la fabricación de conductos de aire de la camioneta Toyota Stout 2200 (Tesis maestría Universidad Internacional SEK)*. uisek.edu.ec. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2628>
- NTH, G. (30 de Mayo de 2022). *Grilon3 NTH*. Obtenido de Grilon3 NTH: <https://grilon3.com.ar/el-abs-en-la-impresion-3d/>
- Prusa. (24 de Noviembre de 2023). *Prusa*. Obtenido de <https://www.prusa3d.com/es/producto/impresora-3d-original-prusa-i3-mk3s-3/>
- Romero. (25 de Octubre de 2019). *Canal diseño y arquitectura*. Obtenido de <https://www.inesem.es/revistadigital/disenio-y-artes-graficas/tecnologias-de-impresion-3d/>
- Sitchenko, D. B. (2020). *Propuesta para la incorporacion de modelado 3 impresion 3D a cursos seleccionados del plan de estudios de Ingeniería Civil en la Universidad de Costa Rica (Tesis de licenciatura Universidad de Costa Rica)*. repo.sibdi.ucr.ac.cr. Obtenido de <https://repo.sibdi.ucr.ac.cr/bitstream/123456789/17662/1/46541.pdf>
- Susana. (07 de Octubre de 2019). *3D natives*. Obtenido de 3D natives : <https://www.3dnatives.com/es/fusion-por-haz-de-electrones-les-explicamos-todo/#!>
- Systèmes, D. (10 de Febreo de 2023). *3DEXPERIENCE Make*. Obtenido de 3DEXPERIENCE Make: <https://www.3ds.com/es/make/solutions/industries/automotive-3d-printing>
- Systems, D. (31 de Marzo de 2024). *3DS*. Obtenido de <https://www.3ds.com/es/make/service/3d-printing-service/fdm-fused-deposition-modeling>
- Tenologia. (2024 de Marzo de 2023). *Markforged*. Obtenido de <https://markforged.com/es/resources/learn/3d-printing-basics/3d-printing->

introduction/3d-printer-types-technologies

Valades, B. (9 de Julio de 2020). *globa plast*. Obtenido de <https://globaplast.com.mx/caracteristicas-del-nylon/>

Vargas, J. (2021). *Taiced*. Obtenido de <https://www.taiced.com/prusa>

Vukasovic Herrero, T. V. (2018). *Caracterización de Probetas de Termoplástico Fabricadas Mediante Impresión 3D(Tesis de maestria Pontifice Universidad Catolica de Chile)*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://www.proquest.com/openview/d216e1cb3b9f3f28e3c4ab1824e3f448/1?q-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=yG>