



INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniera Automotriz

Autor: Danicsa Nayelly Vargas Guayano
Tutor: Ing. Edgar Gustavo Vera Puebla, MSc.

**Aplicación de Proceso de Ingeniería Inversa y
Fabricación Aditiva en Rediseño de Autopartes del
Vehículo**

Certificación de Autoría

Yo, Danicsa Nayelly Vargas Guayano, con C.I.: 1206923979, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis 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.

Danicsa Nayelly Vargas Guayano

C.I.: 1206923979

Aprobación del Tutor

Yo, Edgar Vera Puebla, certifico que conozco al autor del presente trabajo, siendo responsable exclusivo tanto de su seguridad y autenticidad como de su contenido.

Ing. Edgar Vera Puebla, MSc.

C.I.: 1715264105

Director del Proyecto

Dedicatoria

Dedico este logro a mis padres por enseñarme el valor del esfuerzo, por creer en mi promesa y mis capacidades; a ellos les debo cada paso que he dado y cada meta que logro alcanzar; a mis hermanas, mi familia y a los que ya no están, cuya fortaleza y apoyo incondicional han sido mi mayor inspiración de mi día a día.

Este trabajo es para quienes sí creyeron en mí cuando yo pensaba que no lo lograría, para quienes estuvieron junto a mí en mis más significativos desafíos y a su vez celebración.

Con todo mi amor y respeto, esta dedicatoria es para ustedes.

Danicsa Nayelly Vargas Guayano

Agradecimiento

Quiero empezar dando primero gracias a Jehová por permitirme lograr culminar una de mis metas más significativas en mi vida, por darme vida, salud, entendimiento y fortaleza.

A mis padres, que siempre han sido un pilar fundamental en mi vida, porque sin la ayuda de ellos no hubiese llegado a esta etapa. Ellos siempre confiaron en cada paso que daba durante este tiempo que no fue fácil, pero tampoco difícil de lograr. Gracias, Javier Vargas y Erika Guayano, mis padres, por hacer que todo esto sea posible; a mis hermanas, porque siempre son mi motivación de triunfar en la vida.

Extiendo mi gratitud a mi familia por el apoyo que me dieron, por confiar en mí; cada palabra de aliento me hizo más fuerte y me ayudó a salir adelante. Agradezco a mi tía Rosa y a Serio por brindarme su apoyo durante una parte de mi camino académico. A mis abuelos, que siempre estaban cuando más los necesitaba y creyeron en mi palabra y por sus consejos.

A los que ya no están, gracias por formar parte de este largo viaje.

A mis docentes, quienes con orientación y conocimiento me guiaron y motivaron a seguir adelante; su dedicación y compromiso han sido fundamentales en mi historial académico. A mi tutor de tesis, quien con su ayuda y guía pudo concluir este proyecto final de titulación.

A todas mis amistades quiero darles las gracias por todo el tiempo compartido, por ser parte de mi crecimiento profesional, porque fueron apoyo en momentos complicados, por cada experiencia compartida y reuniones que quedan grabadas en mi memoria, futuros ingenieros.

Danicsa Nayelly Vargas Guayano

Índice General

Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice General.....	vii
Índice de Figuras.....	x
Resumen	xii
Abstract.....	xiii
Capítulo I	1
Problema de la Investigación.....	1
1.1. Tema de Investigación	1
1.2. Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema	1
1.2.1. Planteamiento del Problema	1
1.2.2. Formulación del Problema.....	2
1.3. Sistematización del Problema	2
1.4. Objetivos de la Investigación	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3
1.5. Justificación y Delimitación de la Investigación	3
1.5.1. Justificación Teórica.....	3
1.5.2. Justificación Metodológica.....	5
1.5.3. Justificación Práctica	6
1.5.4. Delimitación Temporal.....	7
1.5.5. Delimitación Geográfica.....	8
1.5.6. Delimitación del Contenido	8

1.6. Alcance.....	8
Capítulo II.....	10
2. Marco Referencial.....	10
2.1. Proceso de Ingeniería Inversa en el Sector Automotriz.....	10
2.1.1. Historia y sus Aplicaciones	11
2.1.2. Tecnología de Escaneo 3D	11
2.1.3. Beneficios de los Escáneres Láser 3D	12
2.1.4. Historia de la Impresión 3D.....	13
2.1.5. Tipos de Impresión 3D	14
2.1.6. Proceso de Sintetizado Selectivo por Láser - SLS.....	15
2.1.7. Aplicaciones en el Sector Automotriz	16
2.1.8. Proceso de la Fabricación de Herramientas y Accesorios	16
2.1.9. Procesos de Fabricación de Componentes Finales	17
2.1.10. Comparativa de Métodos Tradicionales y Modernos.....	18
2.2. Proceso de Fabricación Aditiva	18
2.2.1. Proceso de Escaneado 3D	19
2.2.2. Proceso de Modelado CAD	19
Capítulo III	21
3. Desarrollo Metodológico	21
3.1. Selección del Componente Automotriz	21
3.2. Proceso de Escaneo 3D	22
3.2.1. Preparación de la Pieza y Condiciones de Escaneo	22
3.2.2. Equipos y Programa Computacional Utilizados para la Digitalización	23
3.2.3. Obtención y Procesamiento de la Nube de Puntos	24
3.2.4. Limpieza y Reparación de la Malla Tridimensional.....	27

3.3.	Proceso de Fabricación Mediante Impresión 3D	31
3.4.	Proceso de Impresión 3D y Curado	34
	Capítulo IV	37
4.	Análisis de Resultados	37
4.1.	Análisis de los Resultados del Escaneo 3D	37
4.2.	Análisis de los Resultados del Modelado CAD	38
4.3.	Análisis de la Impresión 3D.....	38
4.4.	Análisis del Postprocesamiento y Acabados.....	39
	Conclusiones.....	40
	Recomendaciones	41
	Bibliografía.....	42

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Ingeniería Inversa Automotriz</i>	10
Figura 2 <i>Beneficios de Proceso de Escaneado 3D</i>	13
Figura 3 <i>Impresión de Elementos Automotrices en 3D</i>	14
Figura 4 <i>Fabricación de Componentes Automotrices con Impresión 3D</i>	17
Figura 5 <i>Modelado de Componentes Automotrices</i>	20
Figura 6 <i>Palanca de Ajuste del Asiento del Lado Izquierdo</i>	22
Figura 7 <i>Preparación de Pieza y Condiciones de Escaneo</i>	23
Figura 8 <i>Programa Creality Slicer 4.1.3.7</i>	24
Figura 9 <i>Proceso de Escaneado y Generación de Nube de Puntos</i>	25
Figura 10 <i>Configuración de Tiempo de Escaneo</i>	26
Figura 11 <i>Fase de Escaneo de Pieza</i>	26
Figura 12 <i>Nube de Puntos en Proceso Semi Listo de Escaneo</i>	27
Figura 13 <i>Alineación de Nube de Puntos Frontal y Posterior</i>	28
Figura 14 <i>Generación de Sólido Tridimensional</i>	29
Figura 15 <i>Verificación de Errores en el Modelado</i>	29
Figura 16 <i>Reparación de Imperfecciones en el Modelado</i>	30
Figura 17 <i>Obtención de Modelo Tridimensional</i>	31
Figura 18 <i>Configuración de Dimensiones</i>	32
Figura 19 <i>Configuración de Soportes</i>	33
Figura 20 <i>Obtención de la Impresión 3D</i>	34
Figura 21 <i>Lijado de Superficie</i>	35
Figura 22 <i>Masillado de Superficie</i>	35
Figura 23 <i>Fondeado de Superficie</i>	36
Figura 23 <i>Pintado de Superficie</i>	36

Figura 25 <i>Comparación de Piezas Original y Generada por Impresión 3D</i>	39
---	----

Resumen

El presente proyecto investigativo se desarrolló basándose en la aplicación integral de la ingeniería inversa de forma globalizada. Dentro de este contexto, se procede a la aplicación de métodos como la fabricación aditiva para el rediseño y reproducción de una autoparte automotriz. Para el presente estudio, se toma como ejemplo una palanca de ajuste del asiento izquierdo de un vehículo. El proceso comienza con la elección del componente y su digitalización usando un escáner 3D Creality Raptor Pro, que genera una nube de puntos precisa. Esto permite crear una malla tridimensional que refleja la geometría original. Luego, el modelo entra a una fase de refinado con la ayuda de un software CAD, corrigiendo cada una de las imperfecciones y asegurando la funcionalidad del mecanismo. Una vez que se completa el modelado, se procede a generar un archivo, el cual permite realizar la impresión, y de esta manera se fabrica la pieza utilizando tecnología 3D en resina, logrando una alta resolución y estabilidad dimensional. Posteriormente a la fase de impresión, se realiza una fase importante que es la de preparación de la superficie, en la que constan las etapas de curado, eliminación de soportes, lijado, masillado y aplicación de pintura especializada para obtener un acabado estético y resistente. Finalmente, se evalúan los resultados obtenidos en cada fase, verificando la precisión geométrica, la calidad superficial y la funcionalidad del componente. El estudio demuestra que combinar ingeniería inversa y fabricación aditiva es una buena manera de recrear y mejorar piezas de automóviles, ofreciendo una opción accesible, precisa y flexible para la industria automotriz.

Palabras Clave: Ingeniería inversa, escaneo 3D, impresión 3D, diseño automotriz.

Abstract

The present research project was developed based on the comprehensive application of reverse engineering in a globalized manner. Within this context, methods such as additive manufacturing are applied for the redesign and reproduction of an automotive spare part. For this study, a left seat adjustment lever of a vehicle is taken as an example. The process begins with the selection of the component and its digitization using a Creality Raptor Pro 3D scanner, through which an accurate point cloud is obtained, allowing the reconstruction of a three-dimensional mesh faithful to the original geometry. Subsequently, the model enters a refinement phase with the aid of CAD software, correcting each imperfection and ensuring the proper functionality of the mechanism. Once the modeling is completed, a file is generated that enables the printing process, and the part is manufactured using resin-based 3D printing technology, achieving high resolution and dimensional stability. After the printing phase, an important post-processing stage is carried out, which includes curing, support removal, sanding, putty application, and the application of specialized paint to obtain an aesthetic and durable finish. Finally, the results obtained at each stage are evaluated by verifying geometric accuracy, surface quality, and component functionality. The research project demonstrates that combining reverse engineering and additive manufacturing is an effective way to recreate and improve automotive parts, providing an accessible, precise, and flexible option for the automotive industry.

Keywords: Reverse engineering, 3D scanning, 3D printing, automotive design.

Capítulo I

Problema de la Investigación

1.1. Tema de Investigación

Aplicación de proceso de ingeniería inversa y fabricación aditiva en rediseño de autopartes del vehículo.

1.2. Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

Uno de los mayores problemas de la ingeniería automovilística es la dificultad de encontrar piezas, sobre todo para los vehículos inauditos o antiguos, lo que complica su mantenimiento. Ante esta situación, la ingeniería inversa y la fabricación aditiva, como la impresión 3D con modelado por deposición fundida, ofrecen una forma viable de rediseñar o replicar piezas. Sin embargo, los talleres diminutos siguen siendo los únicos lugares en los que se utiliza esta técnica en la actualidad. Con el fin de evaluar la viabilidad técnica y funcional del proceso como sustituto viable para el mantenimiento de vehículos, este estudio pretende aplicarlo de forma efectiva al rediseño de un componente de automóvil.

1.2.1. Planteamiento del Problema

Debido al uso habitual, a factores medioambientales o a errores de diseño, muchas piezas de vehículos de la industria automovilística sufren desgaste o daños. En ocasiones, estas piezas pueden ser complejas de encontrar, costosas de reparar o, simplemente, el fabricante ya no las fabrica. El mantenimiento y el funcionamiento de los vehículos se ven directamente afectados por esta circunstancia, sobre todo en el caso de los coches que llevan varios años en uso (CarExamer, 2024).

Una técnica innovadora para rediseñar y replicar componentes de automoción es la mezcla de fabricación aditiva con ingeniería inversa. Gracias a esta tecnología, ahora es posible escanear piezas existentes, crear modelos digitales, mejorar diseños y construirlos con materiales modernos de forma más veloz y asequible que con métodos anticuados.

Sin embargo, estas tecnologías aún no se han utilizado a nivel local para la optimización y el mantenimiento de los componentes de los automóviles. La falta de estudios reales que demuestren su viabilidad técnica, funcional y financiera ha restringido su adopción. Para evaluar su eficacia y promover su adopción en el sector automovilístico nacional, estas herramientas deben emplearse experimentalmente en el rediseño de un producto automovilístico concreto (Anchundia, 2025).

El uso de técnicas de fabricación aditiva e ingeniería inversa ofrece un remedio creativo y práctico en esta situación. Nos permite rediseñar y fabricar piezas de vehículos de forma ágil y rentable mediante escáneres 3D, software de modelado CAD y tecnología de impresión 3D FDM.

1.2.2. *Formulación del Problema*

¿Cómo se puede utilizar la ingeniería inversa y la fabricación aditiva para rediseñar una pieza de automóvil, optimizando su funcionalidad y reduciendo costes?

1.3. *Sistematización del Problema*

- ¿Qué criterios se deben considerar para seleccionar una autoparte adecuada para ser rediseñada mediante ingeniería inversa y fabricación aditiva?
- ¿Qué materiales de impresión 3D ofrecen la mejor relación entre resistencia mecánica, costo y facilidad de manufactura para la pieza seleccionada?
- ¿Qué diferencias funcionales, estructurales y económicas existen entre la autoparte original y la fabricada mediante impresión 3D?
- ¿Qué grado de precisión puede alcanzarse con el escaneado 3D en la captura de geometrías complejas de piezas automotrices?
- ¿Cuáles son las limitaciones técnicas o funcionales de la fabricación aditiva en comparación con los métodos tradicionales de fabricación de automóviles?

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. *Objetivo General*

- Aplicar el proceso de ingeniería inversa y fabricación aditiva en el rediseño de autopartes del vehículo.

1.4.2. *Objetivos Específicos*

- Investigar el proceso de ingeniería inversa y fabricación aditiva aplicando al rediseño de autopartes del vehículo.
- Usar el escáner 3D en la extracción del modelado de una autoparte de vehículo.
- Utilizar una impresora de modelado por deposición fundida (FDM) en la elaboración del rediseño de una autoparte.

1.5. Justificación y Delimitación de la Investigación

Definidos los objetivos de la investigación, se responde la pregunta de por qué investiga a este interrogante. Se puede dar respuesta desde la perspectiva teórica, metodológica y práctica.

1.5.1. *Justificación Teórica*

Los conceptos de fabricación aditiva e ingeniería inversa son técnicas de notable influencia en la industria automovilística moderna; sirven de base teórica para este estudio. Cuando las piezas mecánicas son difíciles de obtener o ya no están disponibles comercialmente, estos enfoques permiten llevar a cabo análisis, rediseños y réplicas eficaces. Con la utilización de distintas fuentes bibliográficas, sobre todo de carácter técnico y actualizadas sobre el proceso de escaneado 3D, modelado CAD y tecnología FDM, proporciona al proyecto una base científica y sobre todo un sólido respaldo académico para su avance.

Para la presentación de la justificación del presente estudio y teniendo en cuenta su importancia, así como la validación de esta, se exponen a continuación algunos de los proyectos

de estudios realizados dentro de esta área de la ingeniería inversa y de lo correspondiente a la impresión aditiva:

Un estudio con referencia a la manufactura digital e industria realizado por (Carro, Flores, Flores, & Hernández, 2019) indica que “las condiciones, particularidades y costos de los nuevos procesos aplicados por la Industria 4.0 hacen necesario que se planteen nuevos modelos que generen beneficios a las empresas para ser más competitivas, rentables y sustentables”. Por lo tanto, los autores indican que la manufactura digital en definitiva es una gran alternativa en el área del diseño. A pesar de su evolución, es cada vez mayor su aplicación, siendo así una nueva tendencia tecnológica. Por lo tanto, es pertinente y necesaria en cualquier línea de la industria del diseño.

Otro de los estudios que fundamentan el presente lo es el realizado por (Jácome, Ramirez, Laureano, Márquez, & Bravo, 2024); demuestran que “con la aplicación de la ingeniería inversa, apoyada con el análisis de elementos finitos, se optimiza y mejora estructuras y ciertos componentes automovilísticos de una forma compacta”; claro está que depende de aplicar una correcta metodología, así como el análisis, para de esta manera evaluar aspectos de resistencia del componente y su comportamiento mecánico.

En el estudio referente a la Impresión 3D y el impacto en la industria automotriz realizado por (Durazo, Salcido, & González, 2015), determinan que “la impresión 3D es una tecnología de punta de proporciones gigantescas, con efectos sobre el uso de la energía, residuos, personalización, disponibilidad del producto, arte, medicina, construcción, las ciencias y de fabricación de carros”; con esto fundamenta el presente estudio en cuanto a las áreas de aplicación a nivel general, llegando a poseer un enorme potencial dentro de cualquier rama de la industria.

Así mismo, hay que tener en cuenta que la presente investigación se fundamenta en la búsqueda de manuales y fichas técnicas, sobre todo del uso y aplicación de los elementos a ser

utilizados en el proceso de ingeniería inversa. Esto incluye el escáner 3D, programas computacionales de procesamiento de diseño como lo son SolidWorks o Inventor. Finalmente, se consideran las impresoras 3D, juntamente con los filamentos o material a ser utilizados en la metodología de elaboración de los elementos a producir.

1.5.2. Justificación Metodológica

Para el desarrollo del presente proyecto de titulación, se plantea aplicar una metodología basada sobre todo en un proceso de ingeniería inversa y fabricación aditiva con el propósito de conocer y aplicar el procedimiento para rediseñar una autoparte del vehículo, ya sea funcional o accesorio, optimizando su desempeño utilitario y estructural del componente. La elección de esta metodología básicamente responde a una necesidad de disponer de un proceso sistemático que ayude a reconstruir, rediseñar, reproducir, mejorar y fabricar componentes vehiculares cuando los repuestos originales sean de costos elevados, presenten dificultades en conseguirlos en el mercado o que presenten fallas recurrentes en su funcionamiento dentro del vehículo u otros mecanismos paralelos aplicados al área de la industria automotriz o industrial.

Uno de los aspectos fundamentales por los que se aplica la ingeniería inversa en el área del diseño automotriz es que posibilita la obtención precisa de la geometría y características de un elemento o pieza original mediante escaneo tridimensional de este y modelado paramétrico. Esto garantiza de forma eficiente la fidelidad del diseño base al cual se va a aplicar esta metodología. Con esta información, se llevan a cabo algunos procesos, como análisis estructurales y optimizaciones topológicas, que garantizan la resistencia, rigidez y reducción de peso del elemento que se va a usar.

Por otra parte, el proceso metodológico de la fabricación aditiva permite sin duda alguna materializar prototipos de manera eficaz, rápida y económica, facilitando iteraciones y pruebas físicas sin necesidad de elevados costos en lo concerniente a generación de moldes o herramientas. Esta combinación de métodos integra principalmente captura digital, diseño por

computadora usando programas, simulación en ingeniería y manufactura digital, creando un flujo de trabajo eficiente y reproducible de elementos. De esta manera, se confirma un enfoque moderno y que combina varias disciplinas, útil para el rediseño funcional y sostenible de autopartes de vehículos, lo que impulsa la innovación en la industria automotriz.

1.5.3. Justificación Práctica

La justificación práctica de este proyecto investigativo se fundamenta en la necesidad de ofrecer una de tantas soluciones técnicas innovadoras ante la problemática de la discontinuidad, desgaste, obsolescencia y escasa disponibilidad de autopartes en el mercado nacional e internacional, sobre todo de vehículos clásicos o modelos nuevos, pero denominados como desechables, en lo que las propias marcas no solventan con un stock adecuado de respaldo de autopartes en sus modelos comercializados. Muchos vehículos en circulación presentan componentes de distintos materiales, como lo son polímeros o metálicos, los mismos que, con el tiempo, presentan un alto nivel de deterioro, fisuras, roturas o pérdida de funcionalidad, y cuyos repuestos originales son descontinuados, poseen un elevado costo o son de importación, en los que el tiempo en que el cliente lo tenga es extenso. Bajo este fundamento, la aplicación del proceso de ingeniería inversa y la fabricación aditiva se presenta como una excelente alternativa viable para reconstruir, optimizar y producir piezas de reemplazo con altos estándares de precisión y desempeño. Así mismo, aplicando procesos de reingeniería, se puede hasta mejorar su estructura y desempeño.

La metodología propuesta para el presente proyecto es que permite reproducir una pieza a partir de su geometría original con base en el diseño propio del fabricante. También permite rediseñarla para mejorar su resistencia y finalmente adaptar su forma a nuevas necesidades funcionales o estéticas del mecanismo o sistema en el que actúa el elemento. Además, mediante tecnologías de impresión 3D, es posible fabricar uno o varios prototipos y versiones finales con distintos materiales o los más adecuados según la finalidad o aplicación

de la autoparte, reduciendo de esta manera tiempos y recursos frente a los métodos tradicionales de mecanizado, fundición o moldeo por inyección.

Bajo este enfoque de forma práctica esta metodología favorece la autonomía tecnológica en el área del diseño automotriz, impulsando de esta manera el desarrollo de capacidades locales en manufactura avanzada y contribuye a la sostenibilidad de este tipo de procesos, al permitir la recuperación de piezas en lugar de su desecho, deterioro de los mismo o suplantación con otros elementos o condonación. En definitiva, el presente proyecto demuestra la aplicabilidad real de esta metodología en lo correspondiente a las tecnologías digitales de diseño y fabricación o generación de dar la solución a problemas concretos del sector automotriz ecuatoriano.

Un aspecto por justificar dentro de la metodología del proyecto lo es la aplicación práctica el cual se centra básicamente en demostrar la viabilidad del uso de ingeniería inversa y fabricación aditiva en cuanto a la reconstrucción de una autoparte sobre todo plástica, como lo puede ser, como ejemplo, un soporte o base de un mecanismo, estos elementos comúnmente son afectados directamente por fracturas debido a cambios climáticos, deshidratación, vibraciones, impactos o envejecimiento del material. Este tipo de autopartes, como lo son los accesorios del interior de un vehículo, lo que toca es tener en cuenta que cumpla su funcionabilidad, ergonomía y resistencia, con una sencilla reparabilidad y precisión.

1.5.4. Delimitación Temporal

El proyecto estará en marcha desde el mes de octubre de 2025 a febrero de 2026. La investigación, la elección de la pieza de automóvil que se va a rediseñar, el uso de instrumentos técnicos, la producción de la pieza acabada y el análisis de los resultados serán posibles durante este tiempo.

1.5.5. Delimitación Geográfica

El estudio se llevará a cabo en la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE), que cuenta con la sala de diseño, las herramientas, equipos para llevar a cabo el presente estudio y el ambiente de aprendizaje necesarios para el avance del proyecto. Adicionalmente, el concepto será probado en este escenario con fines educativos.

1.5.6. Delimitación del Contenido

En el primer módulo se tratarán los fundamentos teóricos de la fabricación aditiva y la ingeniería inversa, así como su utilización en el rediseño de componentes o autopartes automotrices. También se tratarán la historia y la evolución técnica de escaneo 3D y de la impresión 3D.

El segundo módulo se centrará en la caracterización de las tecnologías empleadas, como los distintos tipos de escáneres 3D, sus principios de funcionamiento, ventajas e inconvenientes, así como el uso de software CAD para el modelado de piezas.

La selección automática de piezas, el escaneo, el rediseño digital, la impresión FDM, la comparación con la pieza original, el análisis técnico, funcional y económico, así como el presupuesto y el calendario del proyecto, se tratarán en el tercer módulo.

1.6. Alcance

El objetivo de este proyecto de investigación es crear un nuevo diseño de una pieza de plástico de un vehículo. Esto se logrará utilizando ingeniería inversa y fabricación aditiva, que incluyen escaneo 3D e impresión 3D. Así que el proceso comienza eligiendo una pieza o autoparte, dando prioridad a una parte de un accesorio que no es estructural, que suele desgastarse, secarse o romperse, como un soporte o una carcasa de plástico. Después, se hará un escaneo 3D del componente original usando un escáner 3D o fotogrametría. Se cuidarán bien los parámetros para asegurar que se obtenga la geometría exacta del elemento.

Posteriormente, cada uno de los datos capturados por el escáner 3D se procesará en un software especializado, donde se llevará a cabo la reconstrucción paramétrica, optimización geométrica y validación del diseño a través de un análisis computacional dentro de la fase de rediseño. Una vez definido el modelo final con el cuidado de sus características geométricas, se procederá a la impresión 3D del prototipo funcional, elegido el material adecuado correspondiente al tipo de filamento de fundición y de la tecnología seleccionada y apropiado según las exigencias mecánicas. Finalmente, se ejecutará el postprocesamiento, incluyendo algunos procesos como lo son la limpieza, lijado, ensamblaje y evaluación de ajuste en el vehículo, completando así el ciclo de validación práctica.

Capítulo II

Marco Referencial

Este capítulo ofrece las ideas fundamentales para entender cómo se integran las tecnologías actuales en este estudio. Se presenta como un proceso de innovación que se puede usar para rediseñar, optimizar y producir autopartes personalizadas de diferentes materiales, especialmente plásticos, en el sector automotriz.

2.1. Proceso de Ingeniería Inversa en el Sector Automotriz

Según (Calvo, 2018) indica que “en los procesos de metodología en ingeniería automotriz, la ingeniería inversa se basa en obtener y trabajar con datos tridimensionales de la forma de un objeto físico”. Para recopilar estos datos se utilizan técnicas de escaneo 3D y la reconstrucción de superficies de esos datos, como se puede apreciar de manera clara en la figura 1, en la que se aplica a la tapa frontal de un motor de combustión interna. Se crea un modelo digital tridimensional con herramientas CAD que puede modificarse para diversos usos, como el análisis técnico, el diseño y la fabricación (Rodríguez, 2021).

Figura 1

Ingeniería Inversa Automotriz



Fuente: (Amaral, 2021)

2.1.1. Historia y sus Aplicaciones

En el ámbito de la tecnología, en los años ochenta Compaq utilizó técnicas de ingeniería inversa para analizar la BIOS de los ordenadores IBM y reproducir su funcionamiento. Desde la antigüedad se han desmontado artefactos en los que se aplicaron el proceso de ingeniería inversa para conocer sus mecanismos internos (Campuseas, 2021).

Según (Calletano, 2022) define que “la ingeniería inversa adquirió mayor importancia en el siglo XX, sobre todo durante las Guerras Mundiales, cuando las naciones examinaron la tecnología militar de sus adversarios, y no se diga también en el sector de la industria automotriz de la época”.

Con el fin de reforzar sus propias capacidades armamentísticas, tanto Estados Unidos como la URSS desmontaron vehículos militares incautados, incluidos tanques y aviones, durante la Guerra Fría.

En lo correspondiente a la aplicación de la ingeniería inversa se mencionan los siguientes:

- La ingeniería inversa puede utilizarse para replicar o mejorar cualquier producto, pero se emplea con más frecuencia en las industrias informática y electrónica.
- Las empresas de la industria electrónica estudian con frecuencia los diseños de sus competidores para intentar mejorarlos.

En las bases de datos, la ingeniería inversa se emplea con frecuencia para rediseñar o restaurar datos dañados o inexistentes o para proporcionar una base sólida para las tareas de migración de información. La creación de interfaces entre aplicaciones de varios desarrolladores es otro de sus usos (Rivas, 2020).

2.1.2. Tecnología de Escaneo 3D

Según (Berral, 2016) define que “Un escáner 3D es un dispositivo que utiliza el análisis de superficies y mediciones exactas basadas en referencias espaciales para capturar la forma de

un objeto y algunas de sus características físicas”. Los escáneres de contacto y los sin contacto son los dos tipos principales, aunque estos últimos se utilizan con frecuencia debido a su utilidad (Nieto, 2016).

En los últimos años, los escáneres denominados de triangulación suelen ser los más utilizados en procesos de reingeniería y extracción de geometría para luego ser aplicados en procesos de impresión 3D. Estos dispositivos disparan un rayo láser sobre un objeto sin hacer contacto físico. Una cámara detecta la luz reflejada y transmite las imágenes a un software especializado. La geometría del objeto escaneado se representa mediante una nube de puntos creada por esta aplicación (Nieto, 2016).

El siguiente avance de esta tecnología es la impresión 3D, que permite crear modelos digitales, incluso con formas complejas que antes eran imposibles de fabricar en una sola pieza sin ensamblar. La fabricación digital se define como un proceso computacional que convierte la información digital en objetos físicos.

Existen dos aproximaciones a la fabricación digital: la sustractiva, que elimina material y está vinculada a máquinas CNC; y la aditiva, que solidifica capas de material, como ocurre en los equipos de prototipado veloz (García, 2019).

Además, últimamente se ha empezado a emplear la construcción directa a partir de modelos digitales mediante robots industriales programados por ordenador. Utilizando una gran variedad de herramientas y materiales, estos robots operan con extrema precisión y adaptabilidad, creando nuevas oportunidades para la ingeniería y el diseño arquitectónico.

2.1.3. Beneficios de los Escáneres Láser 3D

El uso de escáneres 3D en diversos ámbitos de aplicación presenta numerosas y significativas ventajas, como las siguientes:

- Versatilidad: La capacidad de funcionar bien en diversos entornos y condiciones es una de las muchas cualidades que definen a los escáneres láser 3D.

- Mayor productividad: A menudo es necesario reproducir o rediseñar componentes existentes en los procesos de fabricación.

Esta tecnología también permite confirmar que los productos fabricados cumplen con cada una de las características geométricas de la pieza original, como se puede observar en la figura 2.

Figura 2

Beneficios de Proceso de Escaneado 3D



Fuente: (Contreras, 2017)

2.1.4. Historia de la Impresión 3D

La idea de la impresión 3D se propuso inicialmente en 1945, pero se ejecutó en 1971 cuando se crearon las primeras aplicaciones útiles, aunque todavía rudimentarias, con la intención de mejorar los procesos de fabricación mediante técnicas más expeditivas y eficaces (Autodesk, 2021).

Según (Calle G. I., 2023) indica que “con el tiempo, la impresión 3D se ha desarrollado simultáneamente en los ámbitos comercial e industrial, permitiendo su uso tanto a particulares como a empresas”. Esta expansión ha facilitado su incorporación a sectores como la arquitectura, el diseño, la construcción y otros campos productivos.

La constante expansión de esta industria está siendo impulsada por el continuo desarrollo de la tecnología de fabricación aditiva, así como por las innovaciones en los

materiales imprimibles, especialmente las nuevas aleaciones metálicas. Se prevé que en el futuro la impresión 3D cobre aún más importancia en sectores como la electrónica, la energía y por ende en la industria de la movilidad (Johannes, 2023).

2.1.5. Tipos de Impresión 3D

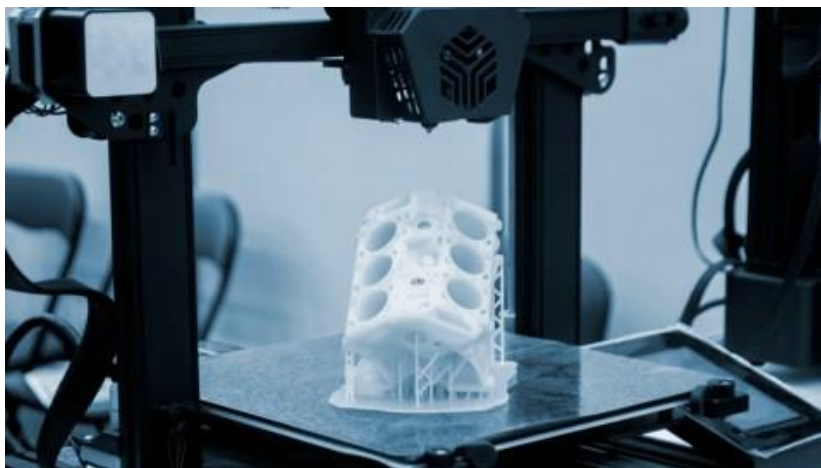
Básicamente, se presentan dos tipos de impresión 3D, las cuales en la actualidad son las más utilizadas las siguientes:

Modelado por deposición fundida. – Este tipo de impresión también es denominada de fabricación con filamento fundido, esta es una de las técnicas que iniciaron este tipo de proceso o sistema de impresión 3D, por lo que entre las personas o empresas que se dedican a este tipo de procedimientos es la más popular entre los usuarios principiantes y profesionales, lo cual se puede apreciar en la figura 3.

Para el caso de las impresoras de este tipo también suelen ser caracterizadas o conocidas por su funcionamiento. Este es muy similar a una pistola de silicón o pegamento de barra caliente, donde se funde un filamento de material plástico. Este filamento en un hilo que genera una capa y continúa con mayor número de capas, las cuales permitirán formar el elemento a ser fabricado (Formlabs, 2020).

Figura 3

Impresión de Elementos Automotrices en 3D



Fuente: (Argento, 2024)

Estereolitografía. - En el caso de las impresoras 3D denominadas de manera, fue con lo que inició el mundo de la técnica de impresión 3D a nivel mundial, la misma que dio sus inicios por la década de los años ochenta. Es importante destacar que, a diferencia de las impresoras FDM y SLA, estas utilizan una fuente de luz. Originalmente, esta fuente era un láser, pero hoy en día puede ser un proyector digital o luces LED.

Esto permite curar y solidificar una resina líquida, que se crea capa por capa.

Esta tecnología permite elaborar cada una de las piezas con una alta precisión, óptima resolución y sin duda algunos elementos con superficies suaves, lo cual la hace ideal para prototipos funcionales, herramientas personalizadas y productos de uso final (Sicnova, 2022).

Uno de sus extraordinarios beneficios es la amplia variedad de resinas disponibles, que ofrecen propiedades físicas comparables a plásticos industriales: desde resistencia térmica y mecánica hasta materiales especializados como biocompatibles, ignífugos o antiestáticos. Esto hace que la SLA sea aplicable en sectores como la medicina, odontología, automoción, aeroespacial y productos de consumo.

2.1.6. Proceso de Sintetizado Selectivo por Láser - SLS

El sinterizado selectivo por láser emplea un láser de alta potencia para fundir partículas de polvo, habitualmente nylon, formando piezas sólidas sin necesidad de estructuras de soporte, ya que el propio polvo actúa como base (Formlabs, 2020).

Esta tecnología es ideal para piezas con formas complejas, cavidades internas, paredes finas y detalles precisos. Además, permite aprovechar al máximo el volumen de impresión, ya que múltiples piezas pueden colocarse juntas en el mismo lote. Las piezas fabricadas mediante SLS destacan por su resistencia mecánica, comparable a las piezas moldeadas por inyección, lo que las hace adecuadas para prototipos finales y producción a pequeña escala.

Entre los materiales usados están el nylon puro, compuestos reforzados, polipropileno y poliuretano termoplástico, conocidos por su flexibilidad, resistencia al impacto y durabilidad frente a factores como productos químicos, calor o humedad.

2.1.7. Aplicaciones en el Sector Automotriz

El desarrollo ágil de prototipos es uno de los usos más pertinentes de la impresión 3D en la industria del automóvil. Ingenieros y diseñadores pueden producir rápidamente modelos funcionales con este método, lo que facilita la evaluación de diseños y permite realizar diversas variaciones antes de llegar a una versión final. Como resultado, antes de comenzar la producción en serie, componentes como las cubiertas de los motores o los componentes aerodinámicos pueden optimizarse mediante pruebas en entornos reales (RAISE, 2025).

En este campo, empresas como Ford Motor Company han liderado el uso de la impresión 3D, utilizándola para producir herramientas auxiliares, así como prototipos de trabajo. Los plazos de desarrollo y los gastos de diseño y validación se han reducido considerablemente gracias a este enfoque.

2.1.8. Proceso de la Fabricación de Herramientas y Accesorios

Según (Carro, Flores, Flores, & Hernández, 2019) dice que “uno de los aspectos de alta importancia es que, por medio de este proceso, se pueden crear o generar herramientas personalizadas o de uso común; también se pueden producir dispositivos de sujeción de diversas aplicaciones, moldes para procesos de manufactura, plantillas y guías; todo esto en la actualidad se lo fabrica con alta frecuencia a través de este tipo de metodología de fabricación aditiva”.

En muchas ocasiones, este tipo de componentes son necesarios básicamente para las líneas de producción o montaje, y su fabricación lo es por medio de la aplicación de la impresión 3D, lo cual permite versatilidad al momento de realizar modificaciones rápidas en el diseño y a la vez deja reducir significativamente varios tipos de recursos, como lo son sobre

todo los precios y los plazos de entrega, en comparación con otro tipo de técnicas convencionales de mecanizado o fundición (GoPrint, 2020).

2.1.9. Procesos de Fabricación de Componentes Finales

Hay que tener en cuenta que en la actualidad el proceso de impresión 3D ha llegado a un punto en el cual se realiza fabricación directa de cualquier tipo de piezas finales con un alto nivel de detalles y de geometría. Por ejemplo, (Calle G. I., 2023) dice que “se puede mencionar a BMW, el cual, al ser una marca automotriz, en la actualidad fabrica un alto porcentaje de piezas de forma personalizada para la mayoría de sus coches de alto rendimiento utilizando este tipo de técnica o bajo ciertas sugerencias de los clientes”.

Cabe tener en cuenta que esta metodología y aplicación del procedimiento permite generar una acción versátil en el proceso de diseño automotriz, con lo que se logra personalizar más cada uno de los elementos o componentes automotrices a realizar, como se puede apreciar en la figura 4, en la que se ve una forma orgánica en la carrocería de un vehículo, reduciendo significativamente la dependencia de herramientas y moldes caros y fabricar lotes pequeños o unidades únicas (Pacheco, 2020).

Figura 4

Fabricación de Componentes Automotrices con Impresión 3D



Fuente: (FACFOX, 2023)

2.1.10. Comparativa de Métodos Tradicionales y Modernos

En los procesos de diseño y rediseño en el sector automotriz, los métodos tradicionales para reproducir y fabricar partes de vehículos se basan en varias técnicas manuales, incluyendo medición, modelado y mecanizado.

Cada uno de estos procesos suele requerir estrictamente de moldes que simultáneamente son de un costo elevado, requieren de un tiempo prolongado en el proceso de desarrollo y una alta dependencia de las habilidades con que cuenta el operario. Además, se debe tener muy en cuenta que la precisión geométrica y la repetitividad son muy limitadas, lo que dificulta significativamente la reproducción exacta de piezas que suelen ser complejas o a su vez son normalmente discontinuadas por los fabricantes.

A diferencia de en la actualidad, los métodos que están basados en procesos de ingeniería inversa integran varios métodos, como lo son el escaneo 3D y la impresión 3D. De esta forma, se puede capturar con alta precisión toda la geometría de un sistema, mecanismo o elemento o autoparte existente y generar lo que se logra, que es un modelo digital editable. Este proceso de digitalización permite hacer análisis estructurales y mejorar el diseño y la producción directamente, usando tecnologías de fabricación llamadas aditivas.

El uso de esta metodología, que incluye el escaneo 3D y la impresión 3D en el sector automotriz, reduce significativamente recursos valiosos como el tiempo de desarrollo. También mejora la precisión dimensional y permite la personalización, lo que facilita el proceso. Además, se debe tener en cuenta que esta metodología promueve la sostenibilidad de recursos al minimizar el desperdicio de material y, sobre todo, que posibilita la reconstrucción expedita de componentes discontinuados, obsoletos o de compleja importación.

2.2. Proceso de Fabricación Aditiva

Añadir capas de material una tras otra para crear objetos tangibles se denomina fabricación aditiva o impresión 3D. A diferencia de las técnicas de fabricación convencionales

que requieren la eliminación de material, esta tecnología crea piezas directamente a partir de datos digitales. Esto minimiza en gran medida el desperdicio de material y ofrece a los diseñadores un enorme margen de maniobra a la hora de crear formas intrincadas (Calvo, 2018).

La fabricación aditiva se ha convertido en una potente herramienta para la creación de prototipos, componentes de repuesto y piezas personalizadas en la industria del automóvil. Cuando se utiliza junto con la ingeniería inversa, permite una veloz validación del diseño, la optimización estructural y un importante recorte de los gastos y el tiempo de desarrollo. Resulta especialmente útil en proyectos que requieren modificar o reparar piezas de automóvil que no se encuentran fácilmente en el mercado.

2.2.1. Proceso de Escaneado 3D

Un método importante en el proceso de ingeniería inversa es el escaneado 3D. Consiste en emplear luz estructurada, láseres o sensores ópticos para registrar la geometría tridimensional de un objeto físico. El resultado es una malla o nube de puntos que captura fielmente la geometría de la pieza original, permitiendo la producción de un duplicado digital (Koneva, 2025).

Para la digitalización de piezas desgastadas o complicadas sin documentación técnica, esta tecnología es especialmente útil. El escaneado 3D ofrece una base precisa para el rediseño de piezas, la evaluación estructural y la integración con los sistemas actuales de la industria del automóvil. Además, cuando se combina con el modelado CAD, acelera la creación de respuestas viables a problemas del mundo real en la línea de fabricación o en el taller.

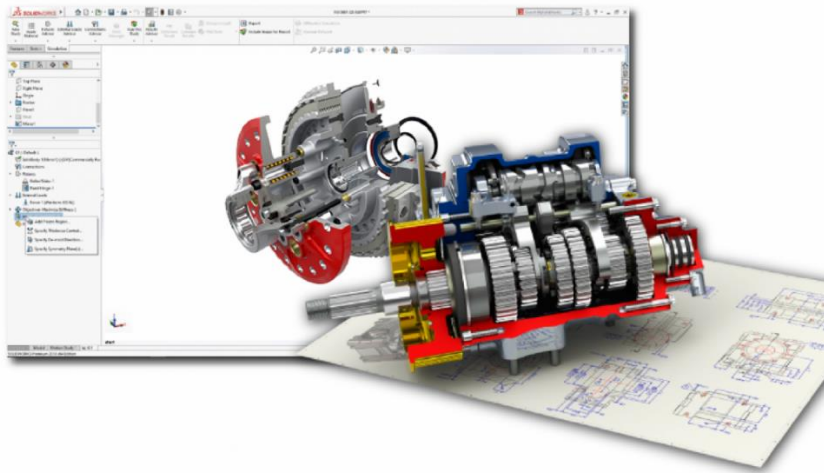
2.2.2. Proceso de Modelado CAD

Una pieza puede representarse digitalmente en dos o tres dimensiones mediante modelado CAD, lo que facilita su posterior rediseño y fabricación. Se puede verificar visualmente el funcionamiento de la pieza, cambiar las formas, ajustar las dimensiones y realizar simulaciones de tensión mediante software especializado. En la figura 5 podemos

visualizar un modelado de una pieza automotriz que nos permite ver un mejor acabado y funcionamiento de la pieza (Calle J. C., 2022).

Figura 5

Modelado de Componentes Automotrices



Fuente: (UNCUYO, 2021)

El CAD es una herramienta esencial para pasar de la digitalización a la fabricación en las iniciativas de rediseño de vehículos. El modelo producido se utiliza como base para exportar archivos compatibles con impresoras 3D, añadir mejoras estructurales y llevar a cabo pruebas virtuales. Su aplicación garantiza la precisión y calidad del producto acabado, además de optimizar el tiempo de desarrollo (Calle G. I., 2023).

Capítulo III

Desarrollo Metodológico

En este capítulo del proyecto de investigación, se describe de manera detallada la metodología utilizada. Se basa en la combinación de ingeniería inversa y fabricación aditiva para crear piezas de automóviles. Esta metodología permite crear, rediseñar y reproducir una pieza de plástico del vehículo a través de un proceso organizado que mezcla herramientas digitales y técnicas de fabricación modernas.

El procedimiento se da inicio con la selección del componente automotriz, para luego extraer la captura tridimensional de la geometría del componente mediante escaneo 3D. Posteriormente, cada uno de los datos obtenidos son procesados y reconstruidos en un software de modelado CAD, que por ejemplo puede ser SolidWorks, Inventor, NX, entre otros, donde se realizan cada uno de los ajustes y optimizaciones del diseño del modelado. Una vez validado el modelo, se procede a la impresión 3D del prototipo utilizando materiales adecuados, así como la selección del material correcto para piezas funcionales. Finalmente, se ejecutan las etapas de postprocesamiento y acabado superficial, garantizando la calidad estética y dimensional del componente automotriz reconstruido.

3.1. Selección del Componente Automotriz

Para empezar el trabajo práctico en este proyecto, se elige un elemento de demostración: una palanca de ajuste del asiento en el lado izquierdo de un vehículo, como se muestra en la figura 6. Esta palanca en la actualidad es fabricada en material plástico, la cual cumple una función ergonómica esencial para el conductor, ya que le permite regular la posición del respaldo del asiento y así lograr una postura cómoda y segura al momento de conducir. La elección de este elemento se da por su alta frecuencia de roturas, que se presenta comúnmente debido a esfuerzos mecánicos de gran intensidad y también por el envejecimiento del material, lo que dificulta su reemplazo en vehículos, sobre todo de modelos discontinuados o antiguos.

Además, su forma geométrica presenta un nivel de complejidad moderado. Esto es ideal para aplicar procesos de ingeniería inversa y fabricación aditiva. Esto permite demostrar la efectividad de estas tecnologías en la reconstrucción y optimización de autopartes plásticas de uso común en el sector de la industria automotriz.

Figura 6

Palanca de Ajuste del Asiento del Lado Izquierdo



3.2. Proceso de Escaneo 3D

En el proceso de escaneo 3D de la palanca de ajuste del asiento, se comienza con el fin de obtener una representación digital exacta de la forma original del elemento. Mediante un escáner 3D del tipo de luz estructurada, el cual permite la captura de cada una de las dimensiones y las formas complejas de la pieza, generando una nube de puntos tridimensional. Con esta información, se establece claramente la base para modelar y rediseñar más adelante, asegurando así la precisión geométrica que se necesita para la fabricación aditiva del nuevo prototipo funcional.

3.2.1. Preparación de la Pieza y Condiciones de Escaneo

Una vez seleccionado el tipo de pieza a escanear, se pasa al proceso de preparación del ambiente de escaneo y esto consiste en el alistamiento de la palanca de ajuste para asegurar una

correcta captura de su geometría. Se debe proceder a la limpieza cuidadosa del elemento para de esta manera eliminar residuos o partículas que pudieran interferir o contaminar el proceso de escaneo. Debido a que la superficie tenía un ligero brillo, se aplica un aerosol mate sobre ella. Esto es temporal y ayuda a reducir los reflejos y a mejorar la precisión del sensor óptico del escáner. Luego, en el área donde se dispondrá el elemento a escanear, se colocan adhesivos de contraste o marcadores de referencia en puntos estratégicos de la superficie, permitiendo de esta forma al software identificar la orientación espacial durante el escaneo. Así mismo se debe tener muy en cuenta la libertad de espacio para la maniobrabilidad, el tipo de iluminación y la limpieza del espacio. Esto garantiza condiciones estables para la obtención de una nube de puntos de alta resolución y fidelidad geométrica, como se puede observar en la figura 7.

Figura 7

Preparación de Pieza y Condiciones de Escaneo



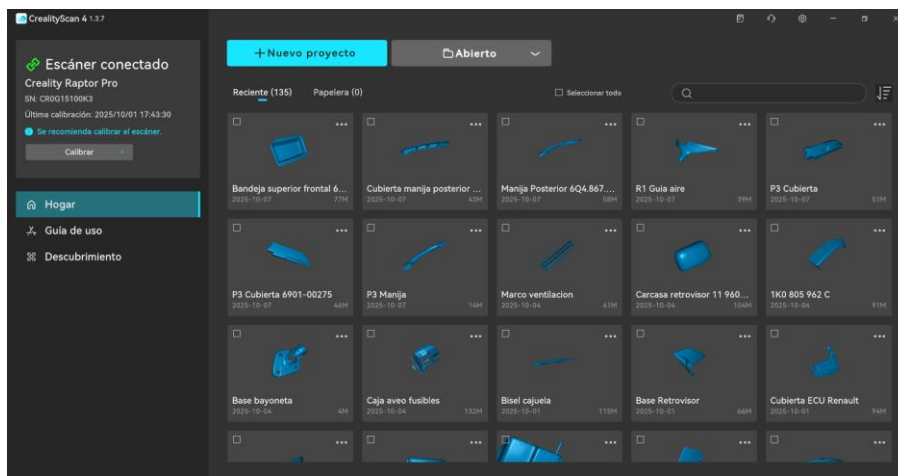
3.2.2. Equipos y Programa Computacional Utilizados para la Digitalización

Para obtener la geometría tridimensional del elemento a escanear, el cual para este estudio lo es la palanca de ajuste del asiento, se emplea el escáner 3D de la marca Creality con su modelo Raptor Pro, el cual es un dispositivo del tipo de luz estructurada azul de alta precisión de acuerdo con sus características, el mismo que es ideal para capturar superficies de tamaño

medio con gran nivel de detalle, lo que ayuda para todas las autopartes de un vehículo e incluso todo el vehículo. Este escáner ofrece una resolución de hasta 0,05 mm y una velocidad de captura de alta eficiencia para piezas con geometrías regulares y complejas. Para la realización del proceso de digitalización, se lo genera con la utilización del software propio de la marca, como lo es el Creality Slicer versión 4.1.3.7. Este software permite la configuración de cada uno de los parámetros del proceso de escaneo, para el alineamiento automático de cada una de las capturas y de la generación de la nube de puntos inicial, como se puede apreciar en la figura 8. Además, este tipo de programa proporciona herramientas para la previsualización del elemento escaneado y verificación de la calidad de los datos, asegurando de esta manera una digitalización de alta precisión y confiabilidad del componente seleccionado.

Figura 8

Programa Creality Slicer 4.1.3.7



3.2.3. Obtención y Procesamiento de la Nube de Puntos

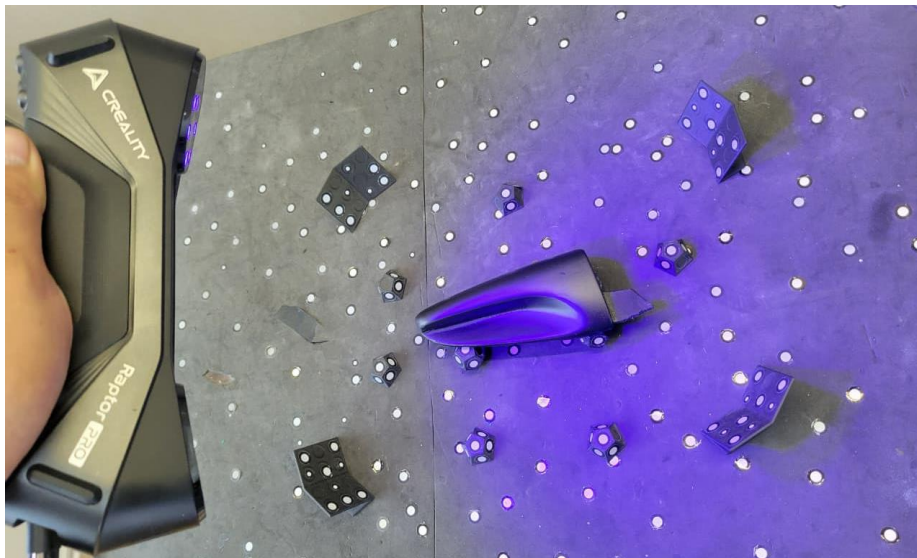
Se debe tener en cuenta que durante el proceso de escaneo 3D con el uso del escáner Creality Raptor Pro, se procede a la realización de múltiples tomas desde diferentes ángulos para capturar completa la geometría de la palanca de ajuste del asiento. Se debe tener muy en cuenta la distancia de separación entre el escáner y el objeto, lo cual me indica el propio programa de escaneado. Cada captura procede a generar una nube de puntos de forma parcial, la misma que se alinea de forma automática por el equipo de escaneo mediante los marcadores

de referencia colocados previamente en la pieza y en la mesa de escaneo, como se puede observar en la figura 9. Una vez que se completa la adquisición, el software Creality Slicer 4.1.3.7 integra todas las vistas capturadas, produciendo de esta manera una nube de puntos global con alta densidad y precisión dimensional en el proceso.

Después, se realiza un proceso de filtrado y limpieza para eliminar el ruido, puntos flotantes y duplicados de la misma pieza o de piezas cercanas al objeto. Esto mejora la definición de los bordes y contornos del elemento.

Figura 9

Proceso de Escaneado y Generación de Nube de Puntos



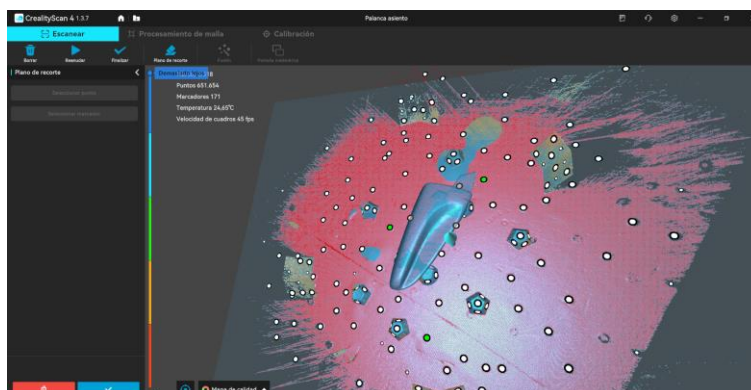
La nube de puntos resultante se exporta en formato PLY para su posterior tratamiento en software de modelado 3D, como es el caso de Inventor Pro, SolidWorks, Siemens NX, entre otros, sirviendo como base para la reconstrucción del elemento en CAD y el rediseño de la pieza que se encuentra escaneada.

Uno de los aspectos a considerar al momento de escanear el elemento o pieza automotriz y generar la nube de puntos tridimensional es la distancia de escaneado entre el lente con el objeto y la velocidad en tiempo real, lo cual se configura con un tiempo de 0.3 mm, como se puede observar en la figura 10.

Figura 10*Configuración de Tiempo de Escaneo*

A continuación se procede a realizar el escaneado de la pieza, teniendo muy en cuenta la velocidad de desplazamiento del escáner, así como la separación del objeto con respecto a sus cámaras, para lo cual se tiene en cuenta que en esta fase se inicia con líneas cruzadas, la misma que nos ayuda para las superficies con mayor planitud; en cambio, para las zonas de la pieza que son más pequeñas o que sus detalles son de mayor complejidad, se procede a la aplicación del proceso de escaneo con líneas paralelas; esto se puede apreciar claramente en la figura 11.

Se continúa con el proceso con la selección del plano de corte, para lo cual se seleccionan 3 puntos de marcación, los cuales se encuentran en el mismo plano, y se procede a aceptar.

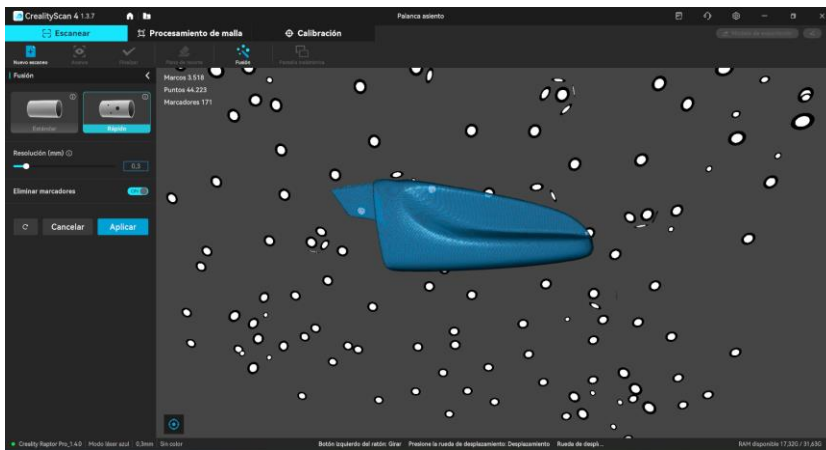
Figura 11*Fase de Escaneo de Pieza*

3.2.4. Limpieza y Reparación de la Malla Tridimensional

Una vez conseguido el proceso de escaneado, lo que se obtiene es una nube de puntos conectados tridimensionalmente o también denominada malla. Sin embargo, esta se encuentra semilista, como se puede observar en la figura 12. Para ello, se requiere el siguiente proceso de limpieza de los puntos de contraste o referencia. Esto se realiza directamente solo con el programa computacional de procesamiento.

Figura 12

Nube de Puntos en Proceso Semi Listo de Escaneo



Una vez que se ha generado la nube de puntos tridimensionales de la palanca de ajuste del asiento de un vehículo, se procede a generar la malla tridimensional por medio del software CreaScan 4.1.3.7, con la aplicación de la función de mallado automático el cual nos brinda un proceso correcto y eficiente. Así mismo, esta malla, la cual está compuesta por una red de triángulos tridimensionales, luego se somete a un proceso que se denomina de limpieza y reparación para de esta forma garantizar la calidad geométrica del elemento escaneado. Una vez aplicado el proceso de limpieza, se logra la eliminación de los puntos denominados como ruido; también se quitan los triángulos superpuestos y las áreas que poseen defectos superficiales originados por reflejos o, a su vez, zonas ocultas durante el proceso de escaneo.

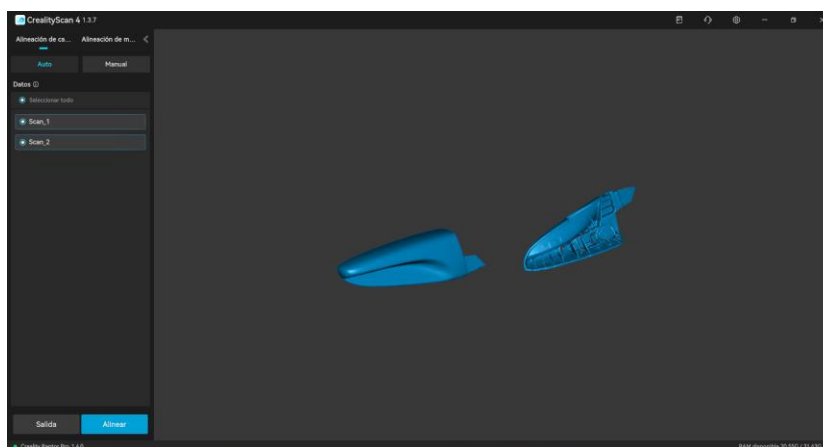
Para continuar con el proceso y garantizar una digitalización completa y precisa del elemento, para de esta manera escanear la parte posterior de la palanca repitiendo y siguiendo el mismo proceso ya indicado con la frontal.

Para lo cual se gira la pieza de forma cuidadosa, manteniendo cada una de las condiciones de iluminación, puntos de referencia o contraste y preparación superficial. Durante este proceso, de manera análoga se realizan nuevas capturas con el escáner 3D desde varios ángulos, generando una nueva nube de puntos tridimensionales que posteriormente se alinean y fusionan con la de la parte frontal.

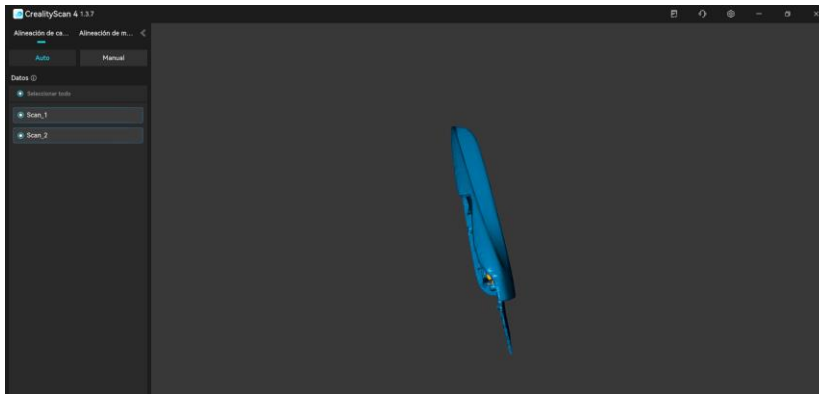
Este procedimiento lo que permite es obtener una representación tridimensional integral del objeto; asegurando de esta manera que todas las superficies y detalles geométricos queden correctamente registrados para la siguiente fase, la cual corresponde al modelado tridimensional de la parte posterior de la palanca. Esto se puede apreciar de una forma clara y precisa en la figura 13.

Figura 13

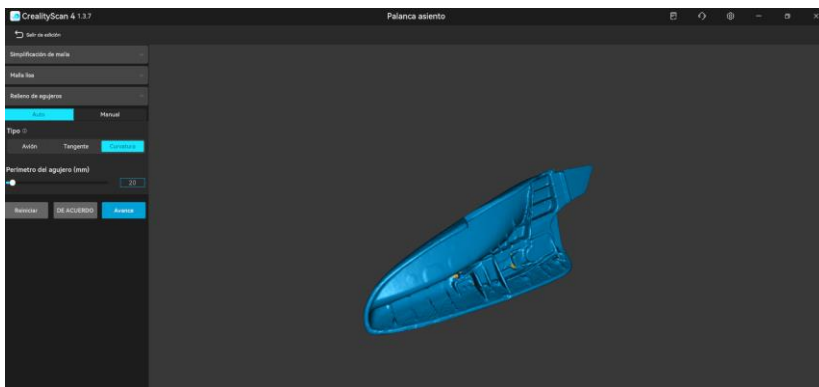
Alineación de Nube de Puntos Frontal y Posterior



Una vez completado el escaneo de las dos partes del elemento, se procede en el software a unir las nubes a través de su alineación. De esta manera se genera el sólido completo. Esto se realiza con la opción de alineación automática o alinear, como se muestra en la figura 14.

Figura 14*Generación de Sólido Tridimensional*

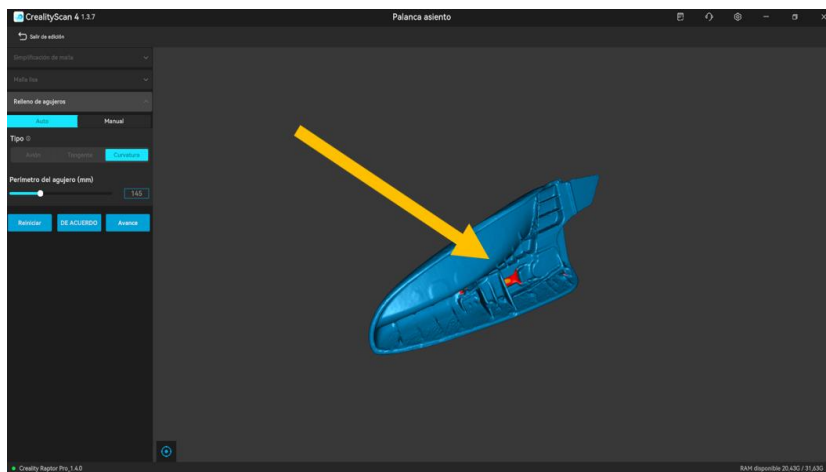
Luego de haber colocado los dos conjuntos de nubes generados por el escaneo, se procede a verificar con mucho cuidado cada una de las geometrías del elemento que se obtuvo. Este elemento se procede a comparar de forma visual con el componente físico real, así como verificar cada una de las medidas principales. Esta fase tiene mucha importancia dentro del proceso, por lo que asegura que no se presenten deformaciones o errores por áreas que falten del elemento que se produzcan en el momento en el que se escaneó. Una vez que se asegure de la verificación de estos detalles de la fase de digitalización, se procede a finalizar el proceso con lo correspondiente al software, para luego continuar con la fase denominada de procesamiento, como se aprecia en la figura 15. Este control visual previo garantiza que el elemento digital sea confiable y de esta manera sea apto para las siguientes fases del proyecto.

Figura 15*Verificación de Errores en el Modelado*

Luego se procede en el software a escoger la parte de Procesamiento de Malla, donde se seleccionan cada uno de los parámetros adecuados para el elemento escaneado. La malla generada se optimiza mediante la configuración de suavizado. Esto reduce el ruido y ajusta la densidad de nodos y triángulos, con el propósito de que la superficie del componente sea continua y libre de imperfecciones. Concluida esta parte del proceso, se procede a seleccionar la herramienta Editar, la cual permite realizar de forma automática la reparación geométrica del modelo ya tridimensional, como se puede apreciar en la figura 16.

Figura 16

Reparación de Imperfecciones en el Modelado



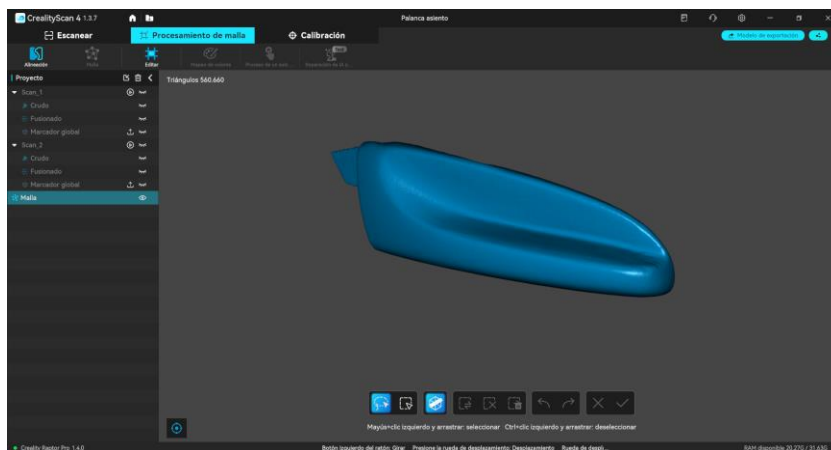
En esta fase del proceso, el programa lo que realiza es el relleno automático de cada uno de los agujeros e imperfecciones que existan, así como pequeñas áreas faltantes, por lo que reconstruye de forma precisa cada una de las zonas que no se capturaron durante el proceso de escaneo.

Para finalizar con este proceso y una vez que la malla de la superficie del modelado de la pieza escaneada se encuentra reparada y optimizada, se puede indicar que se logró obtener una réplica tridimensional de forma exacta del elemento automotriz original, la cual se encuentra lista para ser utilizada en el procedimiento de manufactura, el cual es el proceso de fabricación aditiva o también conocido como impresión 3D, como se puede observar en la figura 17.

Una vez que se llega a este punto, lo que se realiza es que se procede a exportar el modelado a través de la creación de un archivo, el cual debe estar en formato STL, estándar para impresión 3D, garantizando compatibilidad con diversos programas de laminado. Este archivo es posteriormente importado al software Creality Slicer, donde se configurarán los parámetros de impresión necesarios para producir el prototipo físico con la calidad y precisión requeridas.

Figura 17

Obtención de Modelo Tridimensional



El modelo final se guarda en formato STL, que es el estándar para impresión 3D. Esto asegura que sea compatible con diferentes programas de laminado y programas de diseño asistido por ordenador, que también permiten hacer cambios o mejoras en el diseño. Este archivo es posteriormente importado al software Creality Slicer, donde se configurarán cada uno de los parámetros de impresión necesarios para producir el prototipo físico con la calidad y precisión requeridas.

3.3. Proceso de Fabricación Mediante Impresión 3D

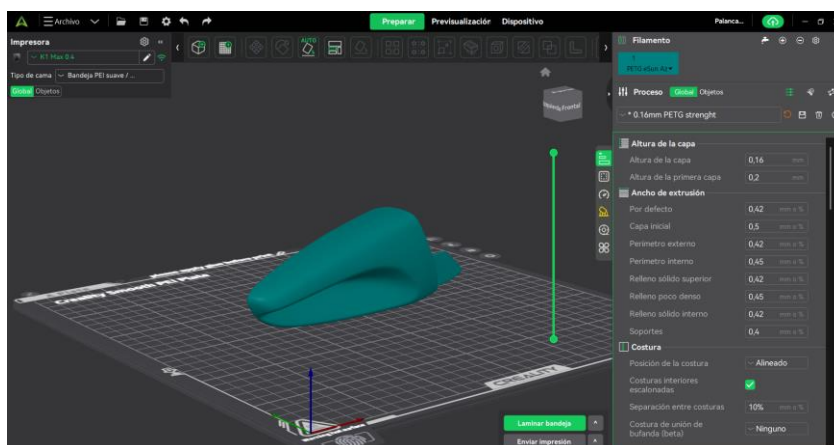
En la presente fase, como lo es la fabricación del prototipo de la palanca de ajuste del asiento de forma real, se procede a seleccionar una impresora 3D de resina de la marca Creality, debido a su alta precisión y por ser uno de los equipos que a la actualidad de esta investigación brinda un excelente trabajo en cuanto a tiempo y bajo costo.

De la misma manera, con este equipo se obtiene un excelente acabado superficial y capacidad para reproducir detalles finos esenciales en piezas que requieren aspectos ergonómicos y que sean funcionales. Este tipo de impresora 3D de resina usa tecnología de fotopolimerización con luz UV. Esto permite crear piezas automotrices de alta calidad y poca textura, perfectas para pruebas de tamaño y para hacer ensamblajes. Por medio de esta tecnología de creación de piezas automotrices, permite validar de forma real el elemento y aplicar el método de ingeniería inversa.

Una vez que se ha importado el archivo en formato STL, el cual se obtuvo del proceso de escaneado con la ayuda de este nuevo software, se procede a determinar nuevamente las dimensiones con las que se procederá a imprimir en sus medidas reales, como se puede ver en la figura 18.

Figura 18

Configuración de Dimensiones

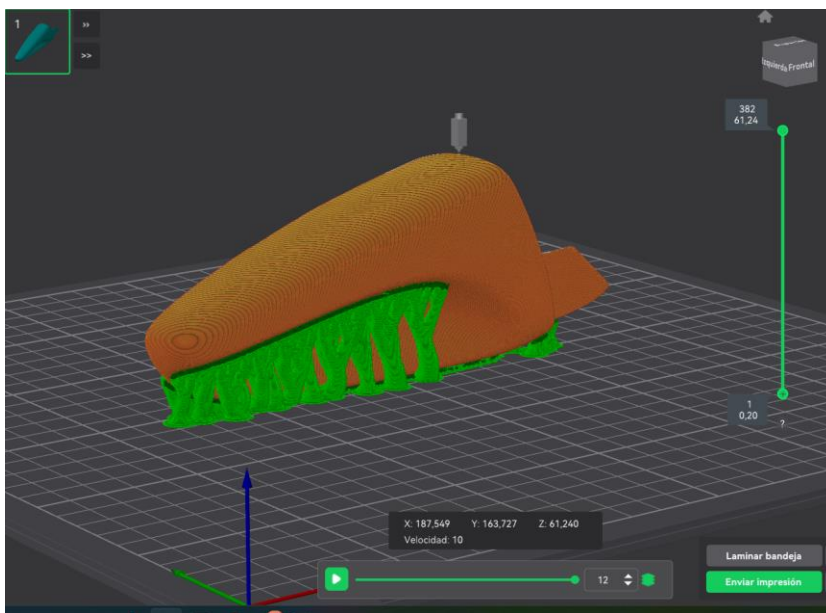


Con el software de laminado de Creaform, se revisa la orientación del objeto. Se ajusta la inclinación para disminuir mucho la necesidad de soportes en las áreas visibles y así minimizar las distorsiones durante el curado de la pieza. Esta fase es de mucha importancia para garantizar que la geometría final mantenga fidelidad con el diseño digital y que se eviten defectos, los cuales se derivan de una ubicación inadecuada en la plataforma o cama de impresión.

Luego se procede a la configuración de cada uno de los parámetros técnicos de la impresión. En este se ajusta la altura de capa de impresión, el tiempo de exposición, la velocidad de elevación al momento de generarse la impresión, el grosor de las paredes y finalmente el relleno interno. Todos estos parámetros se establecen según el tipo de resina que se utiliza y cada uno de los requisitos mecánicos del elemento. Siguiendo con el proceso de configuración, se colocan los soportes automáticos y manuales en lugares estratégicos. Esto se hace para evitar deformaciones y mantener el acabado superficial del componente, como se muestra en la figura 19. Cada uno de estos soportes es importante en tecnología de resina, por el motivo de que estabiliza la pieza durante el curado capa por capa.

Figura 19

Configuración de Soportes



Finalmente, con cada uno de los parámetros configurados según los criterios de preparación, el software genera un archivo final en formato PLTG, el cual es compatible con la impresora de resina Creality utilizada. Este archivo generado por el programa contiene todas las instrucciones de impresión, como coordenadas, capas laminadas, soportes y secuencias de exposición.

Una vez guardado el archivo, se procede a transferir a la impresora para iniciar la fabricación del elemento. Con esta fase, se concluye la etapa de preparación digital, quedando lista la pieza para su posterior proceso de impresión y curado.

3.4. Proceso de Impresión 3D y Curado

Una vez finalizado el proceso de modelado y con el archivo PLTG, se procede a una de las fases más importantes: la configuración de la impresora 3D de resina Creality, para que comience a imprimir. Es importante tener en cuenta que el proceso de fabricación se genera por capas a través de fotocurado.

En el transcurso en el que se genera la impresión, la resina líquida se solidifica de manera progresiva; esto se da por una exposición controlada a la luz UV, lo que permite obtener una pieza con alta precisión en su geometría digital.

Concluida la impresión, se procede a retirar la pieza con mucho cuidado del área de impresión para de esta forma evitar daños, obteniendo el elemento, como se puede observar en la figura 20, para darle posteriormente un baño en alcohol isopropílico. Este proceso hace que se elimine cualquier tipo de residuo de resina no curada que se quede adherida a la superficie de la pieza.

Figura 20

Obtención de la Impresión 3D



Posteriormente, se inicia un proceso de postprocesamiento de la pieza impresa que se denomina curado final, lo que garantiza una resistencia mecánica y dimensional del elemento.

Una vez curada la pieza y eliminados los soportes, se procede a la preparación de superficie, en la que se corrigen imperfecciones a través del uso de lija fina, como se puede observar en la figura 21.

Figura 21

Lijado de Superficie



Con la finalización del proceso de lijado, se procede a iniciar con el masillado de retoque, el cual permite rellenar cada una de las áreas que contengan microdefectos generados durante el proceso de impresión o remoción de soportes. Con este procedimiento lo que se logra es una superficie más uniforme y apta para recibir tratamientos posteriores, como se puede observar en la figura 22.

Figura 22

Masillado de Superficie



Luego de la fase de masillado, se procede a colocar sobre la superficie del elemento una capa de fondo para plásticos el cual está diseñada para mejorar la adherencia de la pintura sobre

el elemento impreso, teniendo en cuenta que su material base es el de un sustrato polimérico, seguido de un lijado muy suave para asegurar una terminación homogénea, y esto se puede observar en la figura 23.

Figura 23

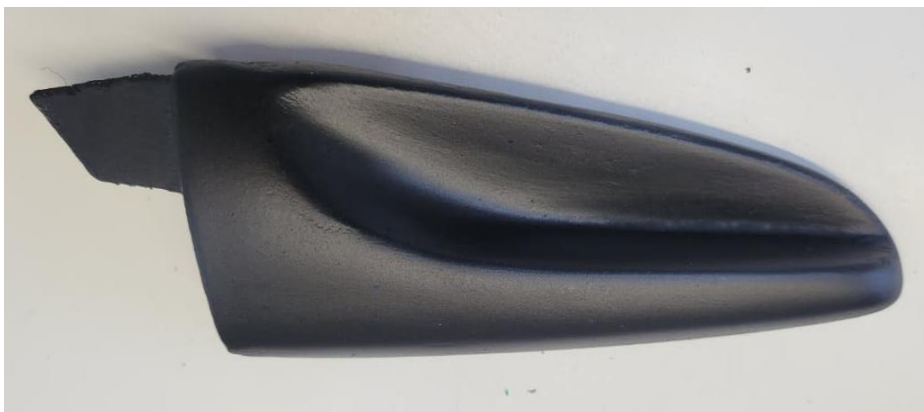
Fondeado de Superficie



Una vez que se finaliza la colocación del fondo y corregidas todas las imperfecciones, finalmente se procede a la aplicación de la pintura especializada para molduras plásticas automotrices. Esta pintura debe tener características que brinden resistencia al desgaste, rayos UV y condiciones ambientales, como se ve en la figura 24.

Figura 24

Pintado de Superficie



Con este proceso de acabado no solo mejora la estética del elemento, sino que adicionalmente garantiza durabilidad y funcionalidad similar a las piezas originales.

Capítulo IV

Análisis de Resultados

El presente capítulo se basa finalmente en el análisis integral de cada uno de los resultados obtenidos en el proceso de ingeniería inversa y fabricación aditiva de componentes automotrices. Por lo tanto, la finalidad es la de evaluar la eficacia de cada una de las etapas o fases que se han desarrollado, desde la digitalización a través del proceso de escaneo 3D hasta la obtención final de la pieza fabricada y postprocesada, con el objetivo de determinar el grado de satisfacción del procedimiento aplicado y de su pertinencia dentro del sector de la industria automotriz.

De la misma forma, se permite identificar cada una de las ventajas, limitaciones y posibles áreas de mejora detectadas durante cada una de las fases realizadas. A través de una comparación sensorial entre la pieza original y la creada en este proyecto, se establecen criterios técnicos que respaldan la validez del proceso y su habilidad para repetir este método con otros elementos automotrices.

4.1. Análisis de los Resultados del Escaneo 3D

El análisis de los resultados del escaneo 3D permite revisar la precisión geométrica con la que se trabaja y se digitaliza la palanca de ajuste del asiento. El equipo de escáner de la marca y modelo Creality Raptor Pro permite la creación de una nube de puntos densa y bien distribuida, lo que brinda la facilidad de la reconstrucción adecuada de superficies tanto curvas, bordes y transiciones presentes en la superficie de la pieza original. En cuanto a la calidad del registro de datos, permite evidenciar una correcta captación de los detalles dimensionales, especialmente en cada una de las zonas críticas de acople y funcionalidad del elemento.

Después de procesar la nube de puntos en el software CrealityScan 4.1.3.7, se ve que las desviaciones en tamaño son muy pequeñas. Esto permite crear una malla tridimensional continua y sólida, que es lo más importante en esta etapa del proceso. Con la aplicación de

filtros de suavizado y herramientas de alineación se mejora la uniformidad del modelo con el cuidado de no comprometer la precisión del elemento. Cada uno de estos resultados ayuda a generar confianza en que el sistema de escaneo elegido es adecuado para la digitalización de piezas de automóviles, asegurando una base confiable para el modelado CAD y la fabricación aditiva posteriores.

4.2. Análisis de los Resultados del Modelado CAD

En el análisis de los resultados de la fase de modelado CAD, se nota que la reconstrucción digital del componente es muy similar a la pieza escaneada. A partir del mallado procesado, se llevan a cabo ajustes en cada uno de los bordes, radios y superficies internas, logrando una mejora de la continuidad y la corrección de pequeñas imperfecciones heredadas del proceso de escaneo. El modelo obtenido finalmente logra definir con precisión cada una de las zonas de acople, lo que garantiza un ajuste adecuado con el mecanismo del asiento. Ahora, en cuanto a la comparación entre la pieza original y el modelo digital, se muestra que las dimensiones coinciden correctamente. Esto asegura que el archivo creado es adecuado para la impresión 3D sin necesidad de cambiar nada más.

4.3. Análisis de la Impresión 3D

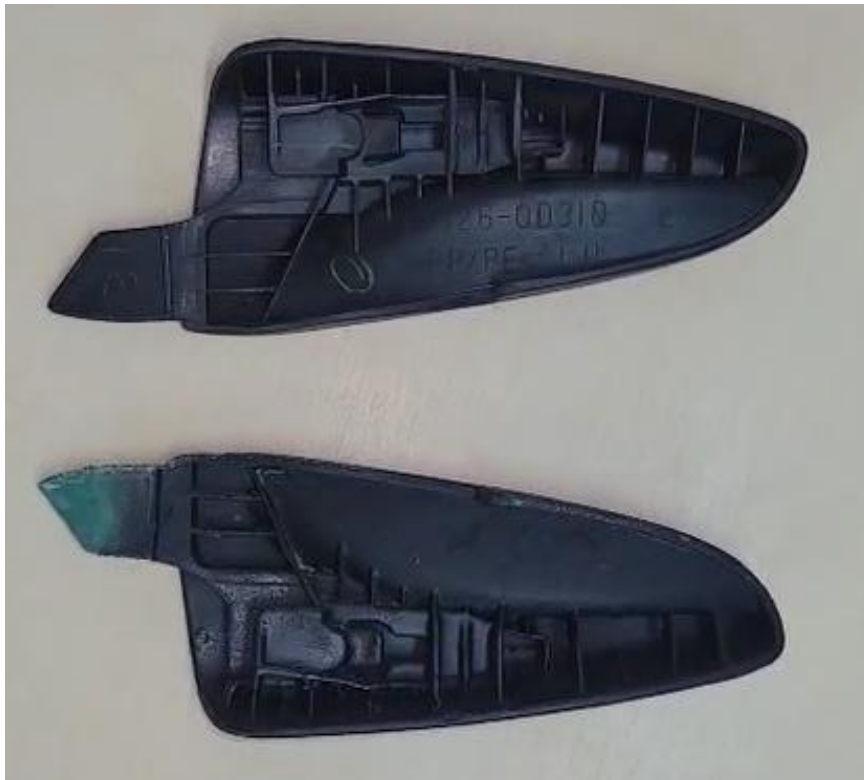
El análisis de esta fase es uno de los más importantes porque es con la que se obtiene el elemento de forma física, el componente. Por lo tanto, la evaluación de la impresión 3D muestra claramente que la pieza fabricada en resina mantiene y presenta una alta precisión dimensional respecto al modelo CAD. Cada una de las capas que se forma en este proceso es uniforme y no presenta deformaciones ni fallas de adhesión. Esto garantiza una buena estabilidad estructural del componente. Hay que tener en cuenta que en esta fase se presentaron ligeras marcas generadas por los soportes, pero estas fueron mínimas y propias del proceso de impresión. De manera general, la impresión reprodujo fielmente la geometría del componente automotriz con un acabado óptimo.

4.4. Análisis del Postprocesamiento y Acabados

Finalmente, el análisis del postprocesamiento y acabados permite observar que la pieza alcanzó una calidad superficial adecuada tras cada una de las etapas, como lo son la limpieza, curado y lijado. Con la aplicación de masilla, esta permite eliminar microdefectos generados por la remoción de soportes, logrando una superficie más homogénea, para aplicar posteriormente un fondo para plásticos, lo que mejora la adherencia de la pintura final, garantizando de esta manera un acabado uniforme y resistente para el elemento. El recubrimiento especializado otorga a la pieza una apariencia similar a la original, cumpliendo con los estándares estéticos y funcionales requeridos para su integración en el vehículo, como se observa en la figura 25.

Figura 25

Comparación de Piezas Original y Generada por Impresión 3D



Conclusiones

Por medio del presente estudio se aplicó el proceso de ingeniería inversa y fabricación aditiva en el rediseño de autopartes del vehículo, demostrando que la digitalización mediante escaneo 3D, el modelado CAD y la impresión 3D confirmando de esta manera la viabilidad técnica del método, así como su utilidad como alternativa eficiente para la reconstrucción de repuestos automotrices, especialmente en piezas de difícil adquisición o descontinuadas.

Se investigó el proceso de ingeniería inversa y fabricación aditiva aplicado al rediseño de autopartes del vehículo, comprobando que esta metodología permite reproducir componentes plásticos con alta precisión geométrica y funcional, lo que contribuye en una técnica viable en la creación de réplicas de componentes automotrices.

Se usó el escáner 3D como una herramienta en la extracción del modelado de autopartes, brindando de esta manera una solución técnica eficiente para reproducir componentes automotrices; demostrando que la ingeniería inversa, permite obtener las dimensiones y geometría precisas con un bajo consumo de recursos, constituyéndose en una alternativa viable para la recuperación y rediseño de repuestos en el sector automotriz.

Se utilizó el enfoque de ingeniería inversa y fabricación aditiva como una solución técnica viable para el rediseño de autopartes en el campo automotriz, obteniendo una réplica funcional y precisa del componente estudiado. Cabe aclarar que no se empleó el tipo de impresión FDM, ya que a la actualidad la impresora de resina ofreció mejores prestaciones en calidad dimensional y acabado superficial, garantizando un resultado final más adecuado para aplicaciones automotrices.

Recomendaciones

Ampliar el proceso de ingeniería inversa y fabricación aditiva a otros tipos de autopartes y mecanismos automotrices, con el fin de consolidar esta metodología como una alternativa técnica permanente para la reconstrucción de repuestos automotrices discontinuados o de difícil adquisición.

Profundizar en nuevos proyectos investigativos, el estudio de materiales y tecnologías de fabricación aditiva, evaluando su comportamiento mecánico y durabilidad, para optimizar la reproducción de componentes plásticos con mayores exigencias funcionales dentro la industria automotriz.

Incorporar herramientas de control metrológico complementarias al escaneo 3D, como comparaciones en modelados CAD de piezas automotrices, para mejorar la precisión dimensional y garantizar una mayor confiabilidad el uso de procesos aplicados en este estudio.

Finalmente se recomienda analizar de manera comparativa tecnologías de impresión 3D como FDM y resina, en las que se consideren el costos, tiempos y calidad final, con el objetivo de seleccionar la técnica más adecuada según el tipo de autoparte y su aplicación específica en el sector automotriz.

Bibliografía

- Amaral, L. (16 de Agosto de 2021). *ESSS*. Obtenido de ESSS:
<https://www.esss.com/es/blog/que-es-la-ingenieria-inversa/>
- Anchundia, J. C. (2025). *Mejoras en la calidad del mantenimiento vehicular empleando herramientas de la Industria 4.0*. Obtenido de
<https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/finibus/article/view/1446>
- Argento, F. (29 de Julio de 2024). *Siempre Auto*. Obtenido de siempreauto.com:
<https://siempreauto.com/impresion-3d-revoluciona-industria-automotriz/>
- Autodesk. (2021). *History of 3D printing: It's older than you think*. Obtenido de
<https://www.autodesk.com/design-make/articles/history-of-3d-printing>
- Berral, I. (2016). *Equipos microinformáticos*. Madrid: Paraninfo.
- Calle, G. I. (2023). *Diseño, Análisis y optimización de una estructura de seguridad para un vehículo rally*. Obtenido de
<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/5225/fichero/1.+Memoria+Proyecto+Final+de+Carrera.pdf>
- Calle, J. C. (2022). *Diseño y construcción de modelo de un vehículo a escala para la enseñanza de conceptos básicos en la ingeniería automotriz*.
- Calletano, J. (2022). *Ingeniería inversa*. Madrid: RA-MA.
- Calvo, A. B. (2018). *Últimos avances en la fabricación aditiva con materiales metálicos*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/6139/613964506005/html/>
- Campuseas. (2021). *Qué es la ingeniería inversa y para qué sirve*. Obtenido de
<https://www.seas.es/blog/produccion-mantenimiento/que-es-la-ingenieria-inversa-y-para-que-sirve/>
- CarExamer. (2024). *Definición de desgaste en la industria automotriz*. Obtenido de
<https://carexamer.com/blog/wear-and-tear-definition-in-the-automotive-industry/>

- Carro, J., Flores, F., Flores, I., & Hernández, R. (2019). Industria 4.0 y Manufactura Digital: Un método de diseño aplicando ingeniería inversa. *Dialnet*, 6-28.
- Contreras, L. (20 de Septiembre de 2017). *3Dnatives*. Obtenido de 3dnatives.com: <https://www.3dnatives.com/es/expertos-elegir-un-escaner-3d-200920172/#!>
- Durazo, E., Salcido, G., & González, J. (2015). Impresión 3D - Impacto en la industria automotriz. *Academia*, 1-15.
- FACFOX. (16 de Enero de 2023). *Insta3Dm*. Obtenido de Insta3Dm.com: <http://es.insta3dm.com/info/how-is-3d-printing-transforming-the-automotive-79275015.html>
- Formlabs. (2020). *FDM vs. SLA vs. SLS: Comparación de tecnologías de impresión 3D*. Obtenido de https://formlabs.com/latam/blog/fdm-sla-sls-como-elegir-tecnologia-impresion-3d-adeuada/?srsltid=AfmBOooyVF626nE5AKwUQEapmAf1loQY0spDv2C_iNkRt9AbCcd0CEJd
- García. (2019). *Innovación en Diseño 3D: Revolución en la Fabricación*. Obtenido de <https://www.learningheroes.com/blog/aprende-sobre-tecnologias-disruptivas/la-revolucion-de-la-impresion-3d-innovacion-en-la-fabricacion>
- GoPrint. (2020). *Impresión3d vs métodos tradicionales de fabricación*.
- Jácome, P., Ramirez, R., Laureano, C., Márquez, G., & Bravo, K. (2024). Aplicación de Análisis de Elemento Finito en la Ingeniería Inversa del Tablero Frontal de un Automóvil Compacto. *Dialnet*, 5758-5780.
- Johannes. (2023). *Manufactura aditiva: la impresión 3D está cambiando a la industria*. Obtenido de <https://tecscience.tec.mx/es/negocios-innovacion/manufactura-aditiva/>
- Koneva, V. (2025). *¿Qué es el escaneo láser 3D?* Obtenido de <https://www.artec3d.com/es/learning-center/laser-3d-scanning>

- Nieto. (2016). *USE OF 3D SCANNING AND REVERSE ENGINEERING FOR THE PROTOTYPING*. Obtenido de http://dspace.aepro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/816/CIDIP2016_03006.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pacheco, V. (2020). *Guía para la mejora de la calidad de fabricación en impresoras 3D*. Obtenido de https://oa.upm.es/57873/1/TFG_VICTOR_FERNANDEZ_PACHECO_MENDEZ.pdf
- RAISE. (2025). *3D Printing in the Automotive Industry: Applications, Examples and Benefits*. Obtenido de <https://www.raise3d.com/blog/3d-printing-automotive-industry/>
- Rivas, E. S. (2020). *La tecnología como eje*. Obtenido de <https://edutec.es/wp-content/uploads/2023/02/PDF-Tecnologia-como-Eje-Cambio-Metodologico.pdf>
- Rodríguez, B. (2021). *Ingeniería Inversa en la fabricación de piezas de repuesto*. Obtenido de <https://rein.umcc.cu/bitstream/handle/123456789/1856/TD21%20Jorge.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sicnova. (2022). *Tecnologías de escaneo 3D: ventajas y limitaciones*. Obtenido de <https://sicnova3d.com/blog/experiencias-3d/tecnologias-de-escaneo-3d-ventajas-y-limitaciones/>
- UNCUYO. (29 de Marzo de 2021). *Universidad Nacional de Cuyo*. Obtenido de <https://www.uncuyo.edu.ar/prensa/ensenaran-diseno-mecanico-en-3d-con-solidworks>
- Vera, E., & Peralta, D. (2017). *Propuesta de diseño ergonómico en butaca de vehículos monoplaça , para equipos ecuatorianos participantes de la Formula Student*. Quito: UISEK.

