



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AUTOMOTRIZ**

TEMA:

**“Desarrollo de una metodología de digitalización 3D aplicado en la
ingeniería inversa para componentes polímeros automotrices”**



AUTOR: Silvia Lorena Veintimilla Cabrera

DIRECTOR: Ing. Erik Paul Hernández Rueda MSc.

Ibarra-Ecuador

2025



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	2100705785	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Veintimilla Cabrera Silvia Lorena	
DIRECCIÓN:	Cotacachi	
EMAIL:	slveintimilla@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:	TELF. MOVIL	0980146761

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Desarrollo de una metodología de digitalización 3D aplicado en la ingeniería inversa para componentes polímeros automotrices
AUTOR (ES):	Silvia Lorena Veintimilla Cabrera
FECHA: AAAAMMDD	2025/11/21
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
CARRERA/PROGRAMA:	GRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Automotriz
DIRECTOR:	Ing. Erik Paul Hernández Rueda MSc.



CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 21 días, del mes de Noviembre del 2025

EL AUTOR:

Silvia Lorena Veintimilla Cabrera



CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 21 de Noviembre de 2025

Ing. Erik Paul Hernández Rueda MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f) Ing. Erik Paul Hernández Rueda MSc.

NOMBRE DEL DIRECTOR

C.C.: 1002978060



APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificador del trabajo de Integración Curricular “**Desarrollo de una metodología de digitalización 3D aplicado en la ingeniería inversa para componentes polímeros automotrices**” elaborado por Silvia Lorena Veintimilla Cabrera , previo a la obtención del título del Ingeniera Automotriz, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f): Ing. Erik Paul Hernández Rueda MSc.

Nombre del Director

C.C.: 1002978060

(f): Ing. Jorge Luis Melo Obando MSc.

Nombre del Asesor

C.C.: 1718346529



AGRADECIMIENTO

A mi abuela María Inés Guerrero, quien en vida fue mi guía y fortaleza para alcanzar mis metas. Aunque hoy se encuentre en el cielo, su recuerdo, enseñanzas y apoyo incondicional permanecen como una inspiración constante que me impulsó a culminar esta etapa de mi vida.

A mi padre, Mario Veintimilla, le expreso un reconocimiento especial por ser el pilar fundamental en este logro. Sus palabras de motivación, orientación y apoyo han sido determinantes en la toma de decisiones y en la perseverancia necesaria para llegar hasta aquí.

De igual manera, manifiesto un agradecimiento sincero a mi tía Sarita Veintimilla, quien con dedicación y cariño se convirtió en una guía durante todo mi camino universitario. Su apoyo constante, aliento y compañía, tanto en los momentos de dificultad como en los de éxito, fueron esenciales para la culminación de esta etapa académica, convirtiéndose en una segunda madre para mí.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi tutor de tesis, MSc Paúl Hernández, por su guía académica, su paciencia y dedicación durante todo este proceso de investigación, su acertada dirección fue fundamental para el desarrollo y culminación de este trabajo. Asimismo, agradezco a mi asesor de tesis, MSc Jorge Melo, por su aporte y apoyo constante.

Silvia Lorena Veintimilla Cabrera



RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación desarrolla una metodología de digitalización 3D aplicada a la ingeniería inversa de componentes poliméricos automotrices, fundamentada en la necesidad de disponer de soluciones eficientes para la reproducción de piezas de difícil acceso o discontinuadas. El objetivo principal consistió en establecer un procedimiento sistematizado que permita capturar con precisión la geometría de repuestos, garantizando su posterior reproducción mediante impresión 3D. Para ello, se seleccionaron componentes de alta rotación del concesionario ASSA, se utilizó un escáner Revopoint MIRACO PRO 3D y equipos de impresión con resina y filamento, bajo parámetros de digitalización optimizados según las características de cada sólido. Los resultados evidencian que las mediciones entre los modelos reales y los digitalizados presentan un margen de error inferior al 1 %, demostrando la validez del proceso para obtener réplicas confiables. Además, se elaboró un manual metodológico que integra criterios técnicos para la preparación, digitalización, procesamiento y validación de piezas. Se concluye que la digitalización 3D constituye una herramienta viable y precisa para la reposición de componentes poliméricos automotrices, aportando a la reducción de costos, tiempos de fabricación y dependencia de proveedores externos, al mismo tiempo que abre nuevas oportunidades para la innovación y sostenibilidad en la industria automotriz.

Palabras clave: Digitalización 3D, ingeniería inversa, componentes polímeros, impresión 3D.



ABSTRACT

This research develops a 3D scanning methodology applied to the reverse engineering of automotive polymer components, based on the need for efficient solutions for the reproduction of hard-to-reach or discontinued parts. The main objective was to establish a systematic procedure that allows for the accurate capture of spare parts geometry, ensuring their subsequent reproduction through 3D printing. To this end, high-rotation components from the ASSA dealership were selected, using a Revopoint MIRACO PRO 3D scanner and resin and filament printing equipment, under scanning parameters optimized according to the characteristics of each solid. The results show that measurements between the real and scanned models have a margin of error of less than 1%, demonstrating the validity of the process for obtaining reliable replicas. In addition, a methodological manual was developed that integrates technical criteria for part preparation, scanning, processing, and validation. It is concluded that 3D scanning is a viable and accurate tool for the replacement of automotive polymer components, contributing to reduced costs, manufacturing times, and dependence on external suppliers, while opening up new opportunities for innovation and sustainability in the automotive industry.

Keywords: 3D scanning, reverse engineering, polymer components, 3D printing.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	18
1. INTRODUCCIÓN.....	18
1.1 Problemas De Investigación	18
1.2 Objetivos.....	18
1.2.1 Objetivo General	18
1.2.2 Objetivos Específicos	18
1.3 Alcance	19
1.4 Justificación	19
2. MARCO TEÓRICO	21
2.1 Antecedentes	21
2.2 Archivo STL	22
2.3 Código G.....	23
2.4 Diseño Asistido por Computadora (CAD).....	23
2.5 Manufactura Asistida Por Computador (CAM).....	24
2.6 Ingeniería Asistida Por Computadora (CAE)	24
2.7 Introducción a la Manufactura	24



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



2.7.1	Concepto de Manufactura	24
2.7.2	Proceso De Manufactura.....	25
2.8	Manufactura En La Industria Automotriz.....	25
2.9	Clasificación De Los Procesos De Manufactura.....	25
2.9.1	Operaciones De Procesamiento.....	26
2.9.1.1	Procesos de formado.....	27
2.9.1.2	Procesos De Mejoramiento De Propiedades	27
2.9.1.3	Procesamiento De Superficies.....	27
2.9.2	Operaciones De Ensamble	28
2.9.2.1	Procesos De Unión Permanente	28
2.9.2.2	Ensamble Mecánico.....	28
2.10	Tecnologías De Manufactura	29
2.10.1	Manufactura Aditiva	29
2.10.2	Manufactura Sustractiva.....	30
2.11	Tipos De Impresión 3D.....	31
2.11.1	Estereolitografía (SLA).....	31
2.11.2	Sinterización por láser (SLS)	32
2.11.3	Deposición de material compuesto (FDM)	33



2.11.4	Modelado por deposición fundida (FDM)	33
2.12	Etapas Del Proceso De Impresión 3D.....	34
2.13	Uso De Escáner 3D.....	37
2.13.1	Por Contacto	37
2.13.2	Sin Contacto	38
CAPÍTULO III.....		39
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	39
3.1	Materiales y Equipos	39
3.1.1	Resina Uv Tough Anycubic.....	39
3.1.2	Escáner Revopoint Miraco Pro 3d	40
3.1.3	Impresora Anycubic Photon Mono X 6k.....	41
3.1.4	Impresora 3D Artillery Genius Pro	42
3.2	Metodología	43
3.2.1	Selección de los sólidos a digitalizar.....	43
3.2.2	Selección del equipo de digitalización 3D.....	44
3.2.3	Preparación del sólido a digitalizar	45
3.2.4	Proceso de digitalización 3D	46
3.2.5	Procesamiento del sólido	49



3.2.5.1	Manija interior de la puerta.....	49
3.2.5.2	Seguro de la manija interior.....	52
3.2.5.3	Carca de la manija interior.....	53
3.2.5.4	Manubrio del vidrio.....	54
3.2.5.5	Botón del manubrio.....	56
3.2.5.6	Perillas A/C.....	57
3.2.5.7	Carcasa de las rejillas A/C.....	59
3.2.5.8	Rejillas A/C.....	60
3.2.6	Impresión 3D.....	62
CAPÍTULO IV.....		64
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	64
4.1	Mediciones reales de los componentes polímetros automotrices.....	64
4.1.1	Manubrio del levanta vidrio.....	64
4.1.2	Perilla de Climatización.....	66
4.1.3	Perilla de control de ventilación.....	67
4.1.4	Manija interior del vehículo.....	69
-	Manija interior.....	71
4.1.5	Sistema de ventilación y aire acondicionado.....	73



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



- Subcuerpo de las rejillas.....74
- Vincha corrediza.....76
- Cuerpo del sistema.....77
- Soportes de las rejillas.....79
- Rejillas.....81

- CAPÍTULO V83**
- 5. Conclusiones y recomendaciones.....83
 - 5.1 Conclusiones83
 - 5.2 Recomendaciones.....84

- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS85**

- ANEXOS92**



ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Especificaciones Técnicas Resina Uv Tough Anycubic.....</i>	40
<i>Tabla 2. Especificaciones Técnicas del Escáner.....</i>	41
<i>Tabla 3. Especificaciones Técnicas limpresora Anycubic Photon Mono X 6K.....</i>	41
<i>Tabla 4. Especificaciones Técnicas de la impresora Genius Pro.....</i>	42
<i>Tabla 5. Parámetros de la manija interior.....</i>	50
<i>Tabla 6. Parámetros de la nube de puntos del seguro de la manija interior.....</i>	53
<i>Tabla 7. Parámetros de la nube de puntos de la carcasa de manija interior.....</i>	54
<i>Tabla 8. Parámetros de la nube de puntos del manubrio del vidrio.....</i>	56
<i>Tabla 9. Parámetros de la nube de puntos del botón del manubrio.....</i>	57
<i>Tabla 10. Parámetros de la fusión de nubes de la perilla A/C.....</i>	59
<i>Tabla 11. Parámetros de la carcasa de las rejillas A/C.....</i>	60
<i>Tabla 12. Parámetros de las rejillas A/C.....</i>	62
<i>Tabla 13. Comparación de medidas del manubrio.....</i>	65
<i>Tabla 14. Comparación de medidas de la perilla de climatización.....</i>	67
<i>Tabla 15. Comparación de medidas de la perilla de control de ventilación.....</i>	69
<i>Tabla 16. Comparación de medidas del cuerpo de la manija interior.....</i>	71
<i>Tabla 17. Comparación de medidas de la manija interior.....</i>	73
<i>Tabla 18. Comparación de medidas del subcuerpo de la rejilla.....</i>	75
<i>Tabla 19. Comparación de medidas de la vincha corrediza.....</i>	77
<i>Tabla 20. Comparación de medidas del cuerpo de las rejillas.....</i>	79
<i>Tabla 21. Comparación de medidas del soporte de las rejillas.....</i>	80
<i>Tabla 22. Comparación de medidas de las rejillas.....</i>	82



ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Modelo de diseño utilizando CAD</i>	23
<i>Figura 2. Clasificación de los procesos de manufactura.....</i>	26
<i>Figura 3. Proceso de manufactura como proceso técnico.....</i>	27
<i>Figura 4. Las cuatro M (4Ms) de la fabricación aditiva: Materiales, Fabricación, Metrología y Mercado.....</i>	29
<i>Figura 5. Diagrama esquemático de la configuración del SLA.....</i>	31
<i>Figura 6. Proceso de sinterización selectiva por láser.....</i>	32
<i>Figura 7. Modelado por deposición fundida.....</i>	33
<i>Figura 8. Etapas del proceso de fabricación aditiva.....</i>	34
<i>Figura 9. Diagrama esquemático del sistema de ingeniería inversa.....</i>	35
<i>Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de diseño de producto mediante ingeniería inversa.....</i>	36
<i>Figura 11. Escaneo por contacto.....</i>	37
<i>Figura 12. Escaneo mediante triangulación.....</i>	38
<i>Figura 13. Resina Uv Tough Anycubic.....</i>	39
<i>Figura 14. Escáner Revopoint.....</i>	40
<i>Figura 15. Kardex de ventas de autopartes plásticas.....</i>	44
<i>Figura 16. Configuración de la digitalización.....</i>	46
<i>Figura 17. Exposición de la luz en la digitalización.....</i>	47
<i>Figura 18. Captura del solido.....</i>	48
<i>Figura 19. Distancia correcta de digitalización.....</i>	49
<i>Figura 20. Manija interior cubierta con talco industrial.....</i>	49
<i>Figura 21. Nube de puntos de la manija interior.....</i>	50
<i>Figura 22. Fusión de la manija interior.....</i>	51



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Figura 23. Seguro de la manija interior cubierta con talco industrial..... 52

Figura 24. Nube de puntos del seguro de la manija interior. 52

Figura 25. Carcasa de la manija interior cubierta con talco industrial..... 53

Figura 26. Nube de puntos de la carcasa de la manija interior..... 54

Figura 27. Manubrio del vidrio cubierto con talco industrial. 55

Figura 28. Nube de puntos del manubrio del vidrio..... 55

Figura 29. Botón del manubrio cubierto con talco industrial..... 56

Figura 30. Nube de puntos del botón del manubrio 57

Figura 31. Perilla A/C cubierta con talco industrial..... 58

Figura 32. Nube de puntos de la perilla A/C 58

Figura 33. Carcasa de las rejillas A/C cubierta con talco industrial..... 59

Figura 34. Nube de puntos de la carcasa de las rejillas A/C..... 60

Figura 35. Rejillas A/C cubierta con talco industrial..... 61

Figura 36. Nube de puntos de las rejillas A/C 61

Figura 37. Archivo STL 62

Figura 38. Coordenadas X, Y, Z del sólido..... 63

Figura 39. Soportes del sólido. 63

Figura 40. Medida real del manubrio del levanta vidrio 64

Figura 41. Medidas del manubrio del levanta vidrio digitalizado. 65

Figura 42. Medidas reales de la perrilla de climatización 66

Figura 43. Medidas de la perilla de climatización digitalizadas. 66

Figura 44. Medidas reales de la perilla de control de ventilación..... 68

Figura 45. Medidas de la perilla de control de ventilación digitalizada..... 68



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



<i>Figura 46. Medidas reales del cuerpo de la manija interior.</i>	70
<i>Figura 47. Medidas del cuerpo de la manijlla interior digitalizadas.</i>	70
<i>Figura 48. Medidas reales de la manija interior.....</i>	71
<i>Figura 49. Medidas de la manija interior digitalizada.....</i>	72
<i>Figura 50. Medidas reales del subcuerpo de las rejillas.</i>	74
<i>Figura 51. Medidas del subcuerpo de la rejilla digitalizadas.....</i>	74
<i>Figura 52. Medidas reales de la vincha corrediza.</i>	76
<i>Figura 53. Medidas de la vincha corrediza digitalizada.</i>	76
<i>Figura 54. Medidas reales del cuerpo del sistema.</i>	77
<i>Figura 55. Medidas del cuerpo del sistema digitalizadas.....</i>	78
<i>Figura 56. Medidas reales de los soportes de las rejillas.....</i>	79
<i>Figura 57. Medidas del soporte de la rejilla digitalizada.....</i>	80
<i>Figura 58. Medidas reales de las rejillas.</i>	81
<i>Figura 59. Medidas de la rejilla digitalizadas.....</i>	81



CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Problemas De Investigación

La ingeniería inversa ha surgido como una herramienta importante dentro del diseño y la innovación de componentes mecánicos en diversas industrias, especialmente en el sector automotriz.

Sin embargo, a pesar de los avances significativos en la tecnología de la digitalización 3D, existen problemáticas que limitan su aplicación efectiva dentro del sector automotriz. Estos problemas incluyen la precisión y resolución limitada de los escáneres disponibles comercialmente, la dificultad de capturar geometrías internas y detalles superficiales de componentes complejos, de igual manera rugosidades y tolerancias entre dos componentes mecánicos, así como el alto costo de la utilización de equipos de digitalización 3D de alta gama.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Desarrollo de una metodología de digitalización 3D aplicado en la ingeniería inversa para componentes polímeros automotrices.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar las piezas elegibles para el desarrollo de la metodología.
- Determinar el tipo de equipo de digitalización 3D propicio para el desarrollo de la metodología.



- Desarrollar la metodología apropiada en función del tipo de pieza a ser digitalizada 3D.
- Implementar un manual de procedimiento para el óptimo desarrollo del proceso de digitalización 3D de sólidos.

1.3 Alcance

En el sector automotriz, la reposición de componentes poliméricos se ve limitada por la obsolescencia, escasa disponibilidad y altos costos de fabricación. Esta situación afecta tanto a usuarios como a talleres, quienes deben recurrir a soluciones poco precisas o costosas. Aunque la digitalización 3D y la ingeniería inversa ofrecen alternativas viables, aún no existe una metodología clara y sistematizada que garantice resultados eficientes en este tipo de piezas. Por ello, se plantea la necesidad de desarrollar una metodología de digitalización 3D aplicada a la ingeniería inversa que permita reproducir componentes poliméricos automotrices con precisión, eficiencia y accesibilidad.

1.4 Justificación

Esta investigación proporcionará una metodología de digitalización 3D, útil para la ingeniería inversa en la industria automotriz. El método de digitalización 3D ayudará a simplificar y optimizar el proceso de ingeniería inversa, permitiendo una rápida reproducción y mejora de los componentes mecánicos.

Esta metodología solucionará los problemas relacionados con la falta de precisión y los largos tiempos en el proceso de ingeniería inversa. Actualmente, la falta de datos precisos sobre componentes viejos o dañados puede provocar retrasos y aumentar los costes de fabricación. La



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



implementación de la digitalización 3D proporcionará una solución rápida y precisa para obtener estos datos, mejorando la eficiencia y reduciendo costos.



CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

El escáner 3D es un equipo utilizado para digitalizar un objeto físico en un formato digital. Durante el proceso de digitalización, el dispositivo recopila información sobre la forma y el tamaño del objeto escaneado utilizando diversas tecnologías. Dependiendo de la tecnología empleada, también puede capturar datos sobre el color del objeto, entre otras características[1].

Dentro de la industria automotriz se utilizan procesos de ingeniería inversa y creación rápida de prototipos. Desde los inicios del desarrollo y producción de automóviles, aunque no se denominan con los términos antes mencionados. A medida que la tecnología informática se introdujo en el proceso de diseño y fabricación de automóviles, la ingeniería inversa y la creación rápida de prototipos comenzaron a tomar forma en la forma que conocemos hoy. Gracias a la digitalización establecida en las actividades de diseño y fabricación, estas tecnologías se han convertido en herramientas comunes capaces de acortar diversas etapas del desarrollo de un vehículo [2].

Estos sistemas pueden proporcionar la precisión necesaria para trabajar con tintes y piezas grandes y complejas en la industria automotriz. Debido a sus grandes ventajas, se han desarrollado diversos tipos de escáneres ópticos 3D con distintas especificaciones y capacidades. Recientemente, los escáneres portátiles que utilizan láser y luz blanca se han convertido en algunas de las tecnologías de digitalización más populares [3].



Los avances acelerados en la ingeniería inversa y la tecnología de impresión 3D han creado grandes retos para la industria manufacturera tradicional. Sin embargo, es especialmente crucial integrar de manera efectiva ambas tecnologías y utilizarlas en el desarrollo de nuevos productos [4]. Además, la ingeniería inversa es esencial para desarrollar nuevos componentes y trabajar con diseños antiguos que no tienen acceso a los archivos CAD originales. Por ejemplo, permite fabricar piezas nuevas que respetan el diseño original de los componentes, o utilizar técnicas de ingeniería inversa para integrar superficies complejas de elementos existentes en moldes impresos en 3D, lo que es muy útil para realizar modificaciones [5].

Actualmente existen innumerables estudios acerca del escáner 3D dentro de la industria automotriz. Por ejemplo, en el estudio "Escaneo 3D del cuerpo de un carburador utilizando tecnología de escaneo 3D compatible con software especializado: problemas y soluciones" [6], se destaca que esta tecnología permite crear piezas personalizadas, fabricar bajo demanda y producir formas extremadamente complejas. Software de Diseño

Un software de diseño es una herramienta que permite materializar ideas y conceptos en interfaces digitales, facilitando la creación de modelos, gráficos o estructuras en dos o tres dimensiones, tomando en cuenta parámetros importantes para la realización de lo antes mencionado.

2.2 Archivo STL

El formato STL permite plasmar ideas y conceptos en interfaces digitales, representando modelos 3D mediante facetas triangulares que definen la forma de un objeto de manera sencilla. Estos



archivos, que guardan la geometría como un modelo de contorno, pueden almacenarse en diferentes extensiones o imprimirse en formatos pequeños y grandes [7].

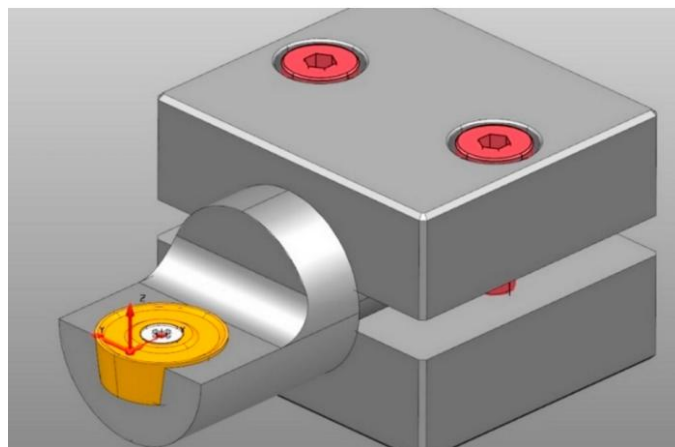
2.3 Código G

El código G indica a las máquinas CNC cómo moldear materiales mediante curvas precisas y complejas. Estas instrucciones definen los desplazamientos, velocidades y cambios de herramientas.

2.4 Diseño Asistido por Computadora (CAD)

El diseño asistido por computadora utiliza sistemas informáticos para ayudar en la creación, modificación, análisis y optimización de un diseño permitiendo la generación de sólido. Este software se utiliza para aumentar la productividad del diseñador, mejorar la calidad del diseño, facilitar la comunicación mediante documentación y crear una base de datos para la fabricación [8].

Figura 1. *Modelo de diseño utilizando CAD*



Tomado de: [9]



Este sistema permite crear diseños utilizando curvas, superficies o sólidos. La forma de construcción más eficaz es la sólida porque es fácil y rápido realizar modificaciones, rayos, solapas tal y como se muestra en la Figura 1[9].

2.5 Manufactura Asistida Por Computador (CAM)

La manufactura asistida por computadora se introdujo en la década de 1960 y desde entonces ha sido ampliamente adoptado [10]. El software CAM considera la geometría de la herramienta, la geometría del material inicial y la geometría del componente final para generar la trayectoria de la herramienta más adecuada. A medida que los diseños de los componentes se vuelven más complejos, garantizar el alcance de la herramienta se convierte en un desafío mayor. En el mecanizado de componentes de alto valor, donde el acabado superficial es crítico, el movimiento dinámico de la herramienta es tan importante como su posición en el espacio [11].

2.6 Ingeniería Asistida Por Computadora (CAE)

En las últimas décadas el software CAE, ha adquirido una importancia creciente en el diseño y la ingeniería de diversas industrias [12]. La ingeniería asistida por computadora es el uso de software para simular fenómenos físicos que ocurren en trabajos en ingeniería, esta tecnología permite a los ingenieros evaluar el desempeño del diseño antes de realizar un prototipo físico [13].

2.7 Introducción a la Manufactura

2.7.1 Concepto de Manufactura

La manufactura es una fase del proceso de producción de un producto o bien, que generalmente implica la transformación de diversas materias primas en artículos con un propósito y utilidad



específicos. A continuación, se presenta el concepto de manufactura y sus aplicaciones en el ámbito de la industria automotriz.

2.7.2 Proceso De Manufactura

El proceso de fabricación consiste en una serie de actividades organizadas de manera sistemática que emplean diversas tecnologías y métodos para producir un producto. La información del proceso de fabricación abarca múltiples aspectos necesarios para crear un producto, como los procesos operativos elegidos, el equipo y las herramientas empleadas, así como la secuencia de operaciones necesarias para transformar la materia prima en un producto final [14].

2.8 Manufactura En La Industria Automotriz

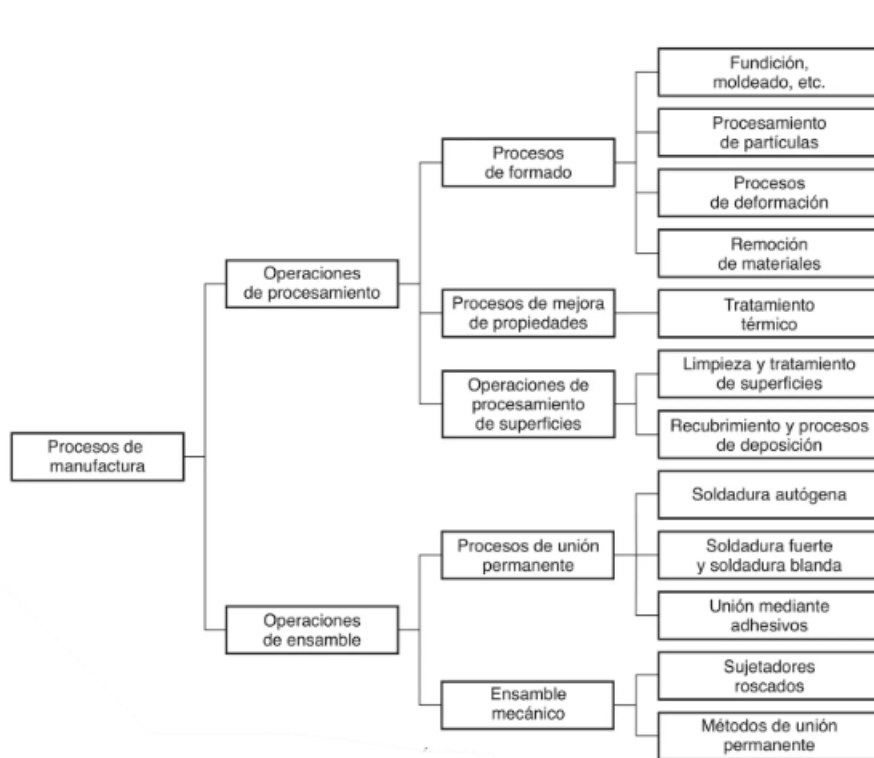
La manufactura ha transformado la industria automotriz, ofreciendo soluciones más rápidas, flexibles y personalizadas, mientras reduce costos. Esta tecnología facilita la producción en serie de piezas ligeras y de diseño complejo, impulsando la creación de vehículos que no solo son más eficientes en el uso de energía, sino también más respetuosos con el medio ambiente [15].

2.9 Clasificación De Los Procesos De Manufactura

En la clasificación de los procesos de manufactura, se distinguen dos grandes grupos: las operaciones de procesamiento, que transforman materias primas en piezas mediante técnicas como fundición o maquinado, y las operaciones de ensamble, que unen componentes para formar productos finales como se indica en la Figura 2. Ambos son esenciales para optimizar la producción, garantizar calidad, reducir costos y mantener la competitividad en un sector altamente tecnológico [16].



Figura 2. Clasificación de los procesos de manufactura.



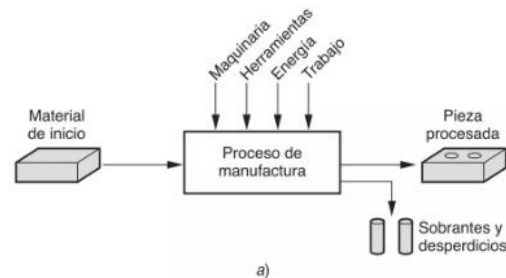
Tomado de: [16].

2.9.1 Operaciones De Procesamiento

Las operaciones de procesamiento transforman un material aplicando energía (mecánica, térmica, eléctrica o química) para modificar su forma, propiedades o apariencia, agregándole valor. Esta energía se controla mediante maquinaria y herramientas, mientras los operarios supervisan, manejan las máquinas y gestionan la carga y descarga de piezas. En resumen, el material ingresa al proceso, se transforma con la energía aplicada, y sale como un producto terminado, como se muestra en la Figura 3[3],[17].



Figura 3. *Proceso de manufactura como proceso técnico.*



Tomado de: [16].

2.9.1.1 Procesos de formado

Estos procesos aplican calor, fuerzas mecánicas o una combinación de ambas para alterar la geometría del material de trabajo. Se clasifican en cuatro categorías principales: procesos de moldeado, procesamiento de partículas, procesos de deformación y procesos de remoción de material. Cada uno de estos métodos se utiliza para transformar el material de manera específica, adaptándose a las necesidades de fabricación [16] [18].

2.9.1.2 Procesos De Mejoramiento De Propiedades

El procesamiento de una pieza se realiza para mejorar sus propiedades mecánicas o físicas sin alterar su forma. Entre los métodos más destacados para lograr estas mejoras se encuentran los tratamientos térmicos, que incluyen procesos como el recocido y el templado, aplicados tanto a metales como a vidrios [16] [19].

2.9.1.3 Procesamiento De Superficies

Las operaciones de procesamiento de superficies abarcan la limpieza, que elimina químicos, suciedad y aceites mediante métodos mecánicos o químicos. También incluyen tratamientos



superficiales, como el granallado y el chorro de arena, que mejoran las propiedades de la superficie. Además, se realizan procesos de recubrimiento y deposición de películas delgadas, que aplican una capa de material sobre la superficie exterior de la pieza para modificar sus características [16].

2.9.2 Operaciones De Ensamble

Es el proceso en el que dos o más piezas se unen para formar un nuevo conjunto. Las operaciones de ensamble incluyen métodos como soldadura, adhesión, atornillado y remachado, y pueden ser manuales o automatizadas. Son clave en industrias como la automotriz, donde la precisión y durabilidad son esenciales [17].

2.9.2.1 Procesos De Unión Permanente

Los procesos de unión permanente son métodos empleados en la manufactura para unir componentes de forma irreversible, garantizando una conexión resistente y duradera. Entre estas técnicas se encuentran la soldadura homogénea, las soldaduras fuertes, la soldadura blanda y la unión mediante adhesivos [17],[6].

2.9.2.2 Ensamble Mecánico

Para unir dos o más partes de una pieza de manera que puedan desmontarse cuando sea necesario, se utilizan métodos como tornillos, remaches y otros sujetadores mecánicos. Estos métodos son tradicionalmente importantes en la fabricación y ensamblaje de componentes [19],[16].

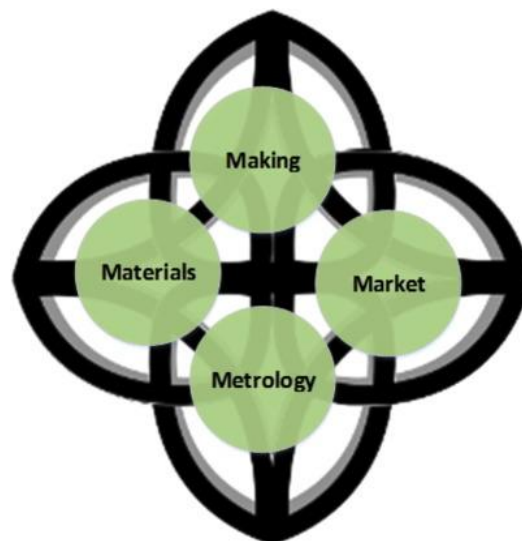


2.10 Tecnologías De Manufactura

2.10.1 Manufactura Aditiva

Desde sus comienzos en la década de 1980, la fabricación aditiva ha despertado un creciente interés por su enfoque innovador en la producción de objetos[20]. Según Gibson , la fabricación aditiva ofrece capacidades únicas que incluyen: la posibilidad de crear formas complejas, permitiendo la construcción de prácticamente cualquier diseño; la capacidad de desarrollar estructuras jerárquicas multiescalar, desde la microestructura hasta la meso estructura geométrica y la macroestructura; la capacidad de procesar materiales de manera individualizada; y la posibilidad de fabricar ensamblajes y mecanismos completamente funcionales directamente mediante procesos de fabricación aditiva [21].

Figura 4. *Las cuatro M (4Ms) de la fabricación aditiva: Materiales, Fabricación, Metrología y Mercado.*



Tomado de:[22].



En la Figura 4 se indica las cuatro M (4Ms) de la fabricación aditiva que representan los pilares esenciales de esta tecnología. Los materiales incluyen los polímeros, metales, cerámicas y composites utilizados para crear piezas funcionales. La metrología se enfoca en medir y garantizar la precisión, calidad y propiedades mecánicas de las piezas fabricadas. Finalmente, el mercado engloba las aplicaciones industriales y comerciales, como la automoción, aeronáutica y medicina, así como las oportunidades de negocio que impulsan la adopción de esta tecnología [22].

2.10.2 Manufactura Sustractiva

La fabricación sustractiva consiste en un conjunto de procesos de modelado que crean la forma deseada de una pieza tridimensional al ir eliminando material de manera sucesiva de la superficie de un bloque sólido [23].

Las tecnologías convencionales de fabricación sustractiva, como el fresado CNC, son ampliamente empleadas en la producción de piezas metálicas debido a sus múltiples ventajas, tales como la posibilidad de alcanzar una precisión dimensional superior, alta exactitud, mayor repetibilidad, acabados superficiales de calidad, mayor confiabilidad y una madurez tecnológica consolidada, entre otros beneficios [24].

Sin embargo, cuando se trata de fabricar geometrías complejas, los métodos convencionales requieren eliminar grandes cantidades de material, lo que reduce la eficiencia del uso de materiales y afecta negativamente su sostenibilidad en la fabricación [25].

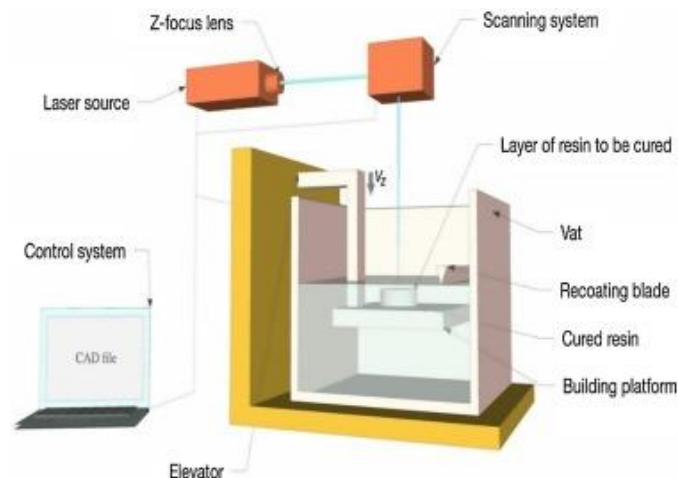


2.11 Tipos De Impresión 3D

2.11.1 Estereolitografía (SLA)

Los objetos SLA se producen en base a la solidificación de resinas líquidas por polimerización de luz. El láser se concentra a una profundidad específica en el barril de resina para provocar la solidificación, que se repite capa por capa hasta que se crea un objeto 3D sólido [26]. Los objetos tienen características de mayor resolución, mayor velocidad de proceso y un rango de selección de material más amplio que los producidos por otras técnicas [27].

Figura 5. Diagrama esquemático de la configuración del SLA.



Tomado de: [28]

En la Figura 5 se indica el esquema de configuración de la estereolitografía se describe de la siguiente manera: en la parte inferior, un tanque contiene resina foto polimérica líquida, la cual actúa como reactivo para la fotopolimerización al ser expuesta a rayos ultravioleta. Sobre este tanque se ubica una plataforma móvil perforada, también llamada cuba, que puede elevarse o descender según las etapas del proceso de impresión. Un láser UV de alta energía es el encargado



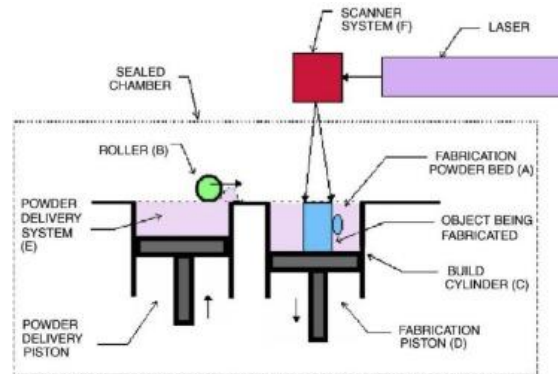
de activar la fotopolimerización, mientras que una computadora de procesamiento de imágenes funciona como interfaz entre el láser y la cuba, controlando y coordinando todo el proceso [28].

2.11.2 Sinterización por láser (SLS)

Este proceso se utiliza un láser para consolidar de manera precisa el material capa por capa, dando forma a objetos tridimensionales sólidos con diseños variados y complejos, incluidos aquellos con estructuras huecas. [29].

Una de las ventajas del SLS es que el polvo no sinterizado en el lecho de impresión actúa como soporte natural, permitiendo la fabricación de piezas sin necesidad de estructuras adicionales de apoyo. Gracias a su versatilidad, esta tecnología es ampliamente utilizada en distintos sectores y es compatible con una gran variedad de materiales, como metales, compuestos y polímeros [30].

Figura 6. *Proceso de sinterización selectiva por láser*



Tomado de: [31].

En el proceso de Sinterizado Selectivo por Láser (SLS), inicialmente se extiende una capa fina de polvo desde un cilindro de construcción elevado hacia el área de trabajo, como se indica en la Figura 6 . Un rayo láser, dirigido por espejos galvanométricos, se desplaza sobre áreas



específicas del polvo según el diseño de la pieza. La fusión del material ocurre en la capa de polvo seleccionada. La energía térmica proporcionada por el láser se regula de manera que alcance una temperatura cercana al punto de fusión del material, asegurando un sinterizado preciso y controlado [31].

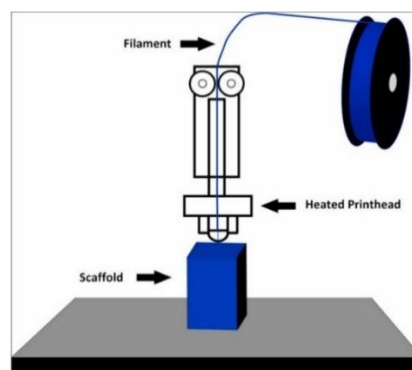
2.11.3 Deposición de material compuesto (FDM)

Se introduce un filamento de materiales poliméricos o metálicos, el cual se calienta y luego se deposita capa por capa a través de una boquilla sobre una plataforma, siguiendo el modelo de la pieza previamente dividido en múltiples capas 2D para definir la trayectoria de la boquilla [32].

2.11.4 Modelado por deposición fundida (FDM)

Es una técnica de impresión 3D basada en extrusión, ampliamente utilizada para modelar, desarrollar prototipos y ejecutar procesos de fabricación. Al igual que en otras tecnologías de fabricación aditiva, una vez que se completa el diseño en el ordenador, se realiza un corte transversal para identificar el área de la sección que se depositará durante la impresión.

Figura 7. *Modelado por deposición fundida.*



Tomado de: [33].

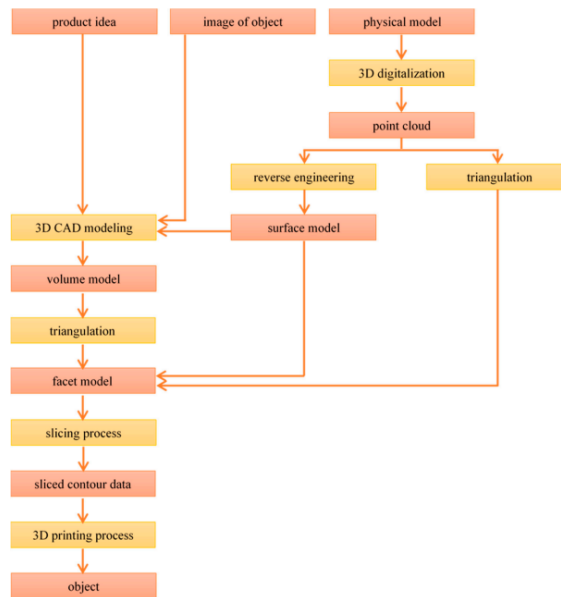


En este proceso representando en la Figura 7 se introduce un material filamentos, generalmente un polímero, se introduce en una boquilla, donde se calienta hasta alcanzar su punto de fusión. Posteriormente, el material fundido se extruye y se deposita capa por capa siguiendo un patrón predefinido. Los materiales más adecuados para este método son aquellos con una temperatura de fusión baja y propiedades reológicas favorables [33].

2.12 Etapas Del Proceso De Impresión 3D

La creación de objetos físicos a través de la impresión 3D implica un proceso compuesto por múltiples etapas. No obstante, los pasos específicos son prácticamente los mismos en la gran mayoría de las técnicas de fabricación aditiva [34].

Figura 8. *Etapas del proceso de fabricación aditiva*



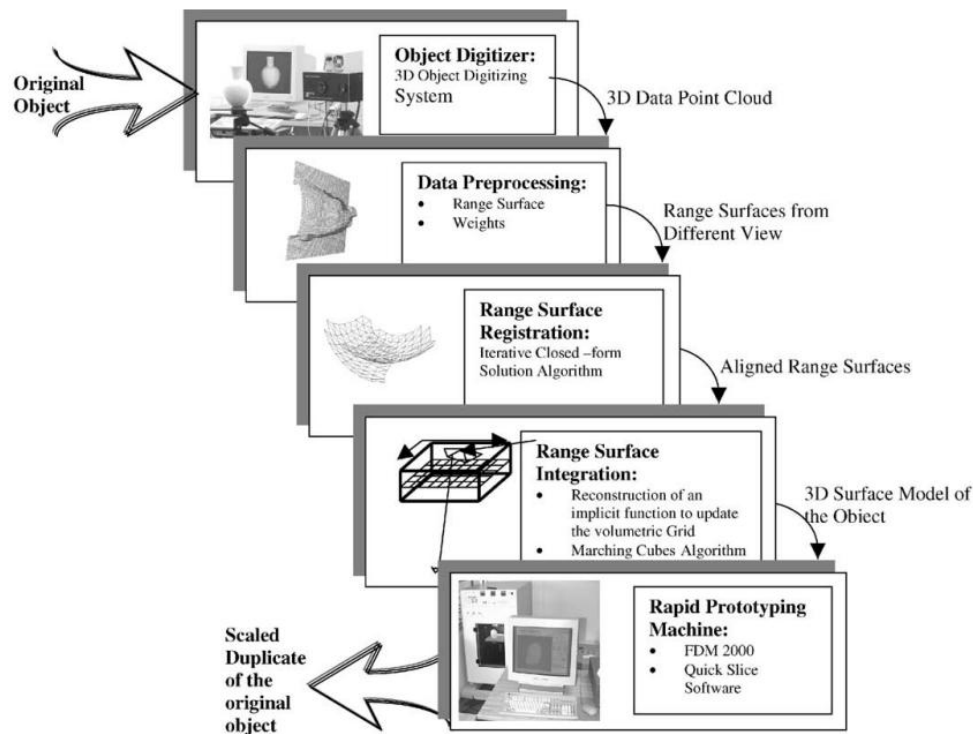
Tomado de: [34].



En la Figura 8 se describe el proceso de creación de un objeto 3D a partir de una idea de producto. Comienza con una idea del producto y una imagen del objeto, a la que se le puede aplicar digitalización 3D, generando una nube de puntos.

La ingeniería inversa es un proceso mediante el cual se analiza y se descompone un producto existente para comprender su diseño y funcionamiento. Este análisis detallado permite crear un modelo CAD (diseño asistido por computadora) que sea geoméricamente idéntico al producto original. Es una técnica valiosa en la ingeniería porque permite reproducir, mejorar o estudiar un objeto sin necesidad de contar con los planos o la documentación original [35].

Figura 9. Diagrama esquemático del sistema de ingeniería inversa

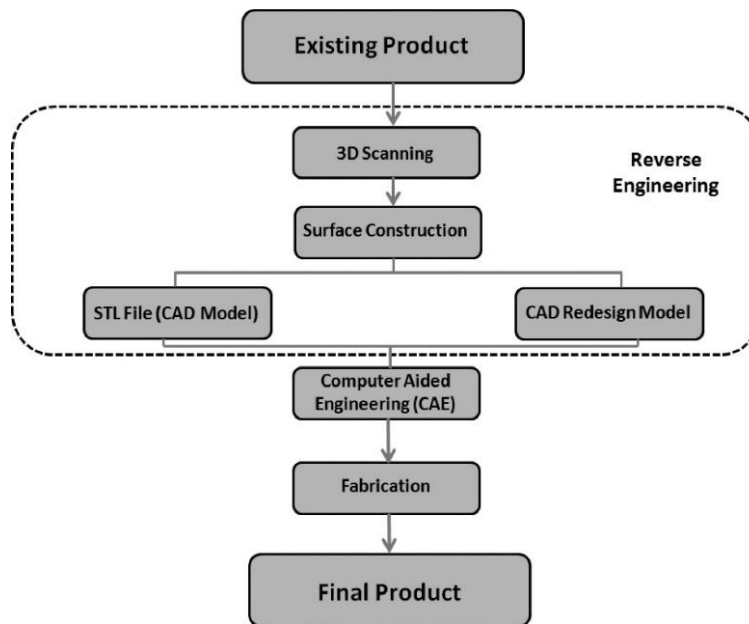


Tomado de: [35].



Como se visualiza en la Figura 9 indica como el sistema de ingeniería inversa permite la fabricación rápida de objetos complejos. Primero, el objeto se escanea utilizando un digitalizador 3D, capturando todos sus detalles. Luego, estos datos se procesan en un software especializado que crea un modelo digital con superficies suaves y precisas. Este modelo digital se utiliza para fabricar el objeto mediante una máquina de prototipado rápido. Dos tecnologías clave en este proceso son el escáner óptico 3D y los algoritmos que reconstruyen las superficies del modelo.

Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de diseño de producto mediante ingeniería inversa



Tomado de: [36].

Como se visualiza en la Figura 10 el gráfico ilustra un proceso de ingeniería inversa para crear un producto final a partir de uno existente. Comienza con el escaneo 3D del producto actual para capturar su forma y dimensiones. Luego, se reconstruye digitalmente su superficie, generando un archivo STL o rediseñando el modelo CAD. Posteriormente, se utiliza ingeniería asistida por



computadora (CAE) para optimizar el diseño. Finalmente, se fabrica el producto, resultando en una réplica exacta o mejorada del original [36].

2.13 Uso De Escáner 3D

En la actualidad, existen diversos sistemas de digitalización, los cuales se clasifican principalmente en dos categorías: sistemas de digitalización por contacto y sistemas de digitalización sin contacto. A continuación, se detallará cada uno de estos sistemas.

2.13.1 Por Contacto

Los escáneres 3D de contacto son una de las tecnologías más antiguas en este campo. Su operación se fundamenta en la captura de coordenadas de puntos a través del movimiento de una punta o palpador que recorre la superficie del objeto a digitalizar como se indica en la Figura 11 [37].

Figura 11. *Escaneo por contacto.*



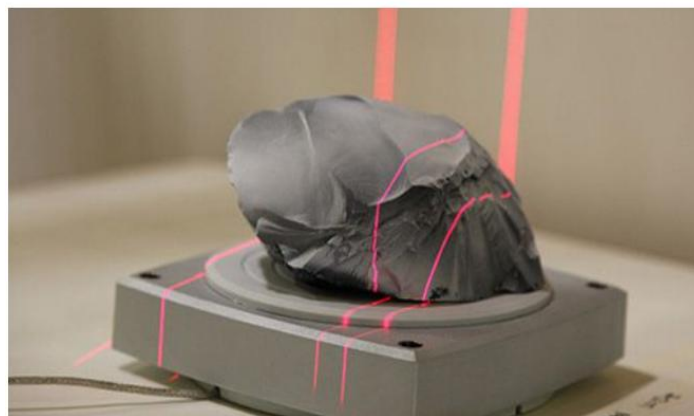
Tomado de: [37].



2.13.2 Sin Contacto

Estos escáneres no necesitan contacto físico con el objeto y se clasifican en dos categorías: activos y pasivos. Los escáneres pasivos no emiten radiación alguna, sino que captan la radiación reflejada del entorno; algunos utilizan radiación infrarroja o técnicas estereoscópicas. Por otro lado, los escáneres activos emiten algún tipo de señal, como ondas electromagnéticas, haces de luz, ondas de radio, rayos X o ultrasonidos, que se utilizan para reconstruir la geometría del objeto [38].

Figura 12. *Escaneo mediante triangulación*



Tomado de: [39].

Además, el método de triangulación es una técnica eficaz para determinar la distancia entre el sensor (cámara) y un punto específico del objeto. Sin embargo, medir múltiples puntos de manera individual para obtener información de un perfil o área resultaría en un proceso lento y poco práctico. Para optimizar este tipo de aplicaciones, se utilizan sistemas que proyectan una o varias líneas láser sobre la superficie del objeto como es indica en la Figura 12.



CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales y Equipos

En esta investigación, se detallan los materiales y equipos utilizados, junto con sus respectivas especificaciones y características técnicas

3.1.1 Resina Uv Tough Anycubic

Las propiedades de la resina son determinantes en las características finales de las piezas impresas, influyendo directamente en su desempeño y funcionalidad. Por ello, la selección de la resina debe ajustarse al propósito específico de la pieza. En el caso de la reproducción de componentes, se utilizará resina de la marca Anycubic, como se muestra en la Figura 13. *Resina Uv Tough Anycubic*

Figura 13. *Resina Uv Tough Anycubic*



Tomado de:[40].



Tabla 1. Especificaciones Técnicas Resina Uv Tough Anycubic

ESPECIFICACIONES DE LA RESINA UV TOUGH ANYCUBIC			
Densidad	1.10-1.15g/cm ³	Módulo de elasticidad en tracción	800-1200MPa
Viscosidad	150-250MPa·s (25°C)	Resistencia a la flexión	35-45MPa
Temperatura de deflexión térmica	>60-65°C	Resistencia a la tracción	50-60 MPa
Resistencia al impacto Izod	>50-60J/m	Temperatura de deflexión bajo carga	60°C (0.45MPa)
Longitud de onda UV	365-405nm	Elongación en rotura	30-50%

Tomado de: [40].

3.1.2 Escáner Revopoint Miraco Pro 3d

El escáner que se indica en la utiliza tecnología de luz estructurada y sensores avanzados para capturar texturas y geometrías con rapidez y precisión.

Figura 14. Escáner Revopoint



Tomado de: [42].



Para llevar a cabo el proceso de ingeniería inversa, se empleó un escáner modelo Revopoint Miraco Pro 3D cuyas características técnicas corresponden a las proporcionadas por el fabricante de acuerdo con la Tabla 2.

Tabla 2. *Especificaciones Técnicas del Escáner*

Características	Especificación
Modo de escaneo	Escaneo de luz estructurada
Distancia de punto	0,05 mm
Distancia de trabajo	100-1000 mm
Campo de visión máxima	975 x 775 mm
Velocidad de escaneo	15 fps
Memoria	16 GB o 32 GB DDR4
Capacidad de batería	Batería interna de litio de 5.000 mAh

Tomado de: [42]

3.1.3 Impresora Anycubic Photon Mono X 6k

Esta impresora 3D emplea resina para fabricar objetos, destacándose por su alta resolución y precisión en las impresiones, las características técnicas de la impresora más importantes se pueden visualizar en la Tabla 3.

Tabla 3. *Especificaciones Técnicas Impresora Anycubic Photon Mono X 6K*

Característica	Especificación
Potencia	80W



Volumen de impresión	195,84 x 122,4 x 200 mm
Altura de capa	10 micrones (0,01 mm)
Resolución en el plano XY	35 micrones (5760 x 3600 píxeles)
Dimensiones de la LCD	Monocromática de 9.1 pulgadas
Fuente de luz	Fuente mejorada Anycubic LighTurbo Matrix
Transmitancia de luz	6,5%
Relación de contraste	380:1
Precisión de posicionamiento en el eje Z	Doble riel lineal con precisión de 0,01 mm
Velocidad de impresión	15 – 60 mm/h
Nivelación de cama	Manual de 4 puntos
Materiales compatibles	Resinas UV 405 nm

Tomado de: [43].

3.1.4 Impresora 3D Artillery Genius Pro

Es una impresora 3D que tiene mayor estabilidad y precisión en impresiones altas tomando en cuenta precio- calidad, a continuación, se detallan en la Tabla 4, las características técnicas más importantes.

Tabla 4. Especificaciones Técnicas de la impresora Genius Pro

Características	Especificación
------------------------	-----------------------



Tecnología de impresión	FDM (Fused Deposition Modeling)
Volumen de impresión	220 x 220 x 250 mm
Diámetro de filamento	1.75 mm
Materiales compatibles	PLA, ABS, PETG, TPU, etc.
Diámetro de la boquilla	0.4 mm (intercambiable)
Temperatura de la boquilla	Hasta 240°C
Temperatura de la cama caliente	Hasta 120°C
Velocidad de impresión	Hasta 150 mm/s (recomendada 60-80 mm/s)
Precisión de capa	0.1 - 0.32 mm
Resolución de impresión	±0.1 mm
Conectividad	USB, Tarjeta MicroSD
Fuente de alimentación	100-240V, 50/60Hz
Potencia	350W
Dimensiones de la impresora	430 x 390 x 590 mm
Peso	9.6 kg

Tomado de: [44].

3.2 Metodología

3.2.1 Selección de los sólidos a digitalizar

Para la selección de los componentes polímeros automotrices que fueron objeto de digitalización 3D mediante ingeniería inversa, se consideraron criterios técnicos y comerciales basados en datos



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



reales de rotación y demanda del concesionario ASSA - Automotores de la Sierra, ubicado en la ciudad de Ibarra. La información se obtuvo del Kardex de ventas correspondiente al año 2023, en el cual se registraron los repuestos plásticos con mayor rotación.

Figura 15. Kardex de ventas de autopartes plásticas

AUTOPARTES PLÁSTICAS	Suma de Cantidad	Máx. de Costo Unitario	Suma de Costo Total
ACABADO INFERIOR PANEL CUARTO TRAS RH	5	12,52	55,88
CENICERO TAPIZADO PUERTA RH / LH	17	65,48	1023,6
CUBIERTA CARCASA ESPEJO EXTERIOR DER. (PARA PINTAR)	24	9,2	186,73
CUBIERTA NEBLINERO RH	17	43,85	719,53
MANIJA INTERIOR LH TAPIZADO(JALADERA)	8	10,36	78,74
MANIJA INTERIOR PUERTA DELANTERA	5	10,63	50,24
MANIJA LEVANTA VIDRIO (NEGRO)	112	3,01	312,75
PARACHOQUE DELANTERO INFERIOR LH	24	46,73	1049,57
PERILLA TEMP CNTRL CALFCTR Y AC	39	5,67	209,33
REJILLA VENTILACION	6	53,07	287,92
SWITCH PARQUEO	28	11,02	281,07
TAPA INF. GUARDACHOQUE RH	14	2,55	33,13
TAPACUBO RUEDA	5	11,21	52,36
VINCHA GUARDACHOQUE DELANTERO LH	45	12,79	509,21
Total general	349	65,48	4850,06

Tomada de: [45].

La Figura 15 presenta el resumen de los ítems más comercializados, donde se evidenció una alta frecuencia de ventas en autopartes plásticas utilizadas principalmente en interiores de vehículos. Esta alta demanda indicó una necesidad constante de reposición, por lo que estos componentes se consideraron adecuados para procesos de digitalización 3D con fines de reproducción o rediseño.

3.2.2 Selección del equipo de digitalización 3D

Una vez definidos los componentes automotrices a digitalizar, se procedió a determinar el equipo de digitalización 3D más adecuado para el desarrollo de la metodología. Esta selección se fundamentó en los criterios teóricos establecidos previamente, donde se diferenciaron los sistemas de escaneo por contacto y sin contacto, siendo estos últimos los más utilizados en la industria debido a su rapidez y precisión.



Dentro de los sistemas sin contacto, se optó por un escáner 3D ya que este tipo de equipos emite luz estructurada o radiación infrarroja para capturar con precisión la geometría del sólido. Luego de un análisis comparativo entre distintas opciones disponibles en el mercado, se seleccionó el escáner Revopoint MIRACO PRO 3D, el cual cumplió con las características técnicas requeridas para trabajar con componentes polímeros de tamaño medio y geometrías complejas.

Entre las principales características técnicas que respaldaron la elección del escáner Revopoint MIRACO PRO 3D se destacó su diseño compacto e inalámbrico, el cual permitió una manipulación eficiente. Adicionalmente, el equipo ofreció una precisión de hasta 0.05 mm, lo que resultó adecuado para capturar con alta resolución las geometrías complejas.

3.2.3 Preparación del sólido a digitalizar

Primero se verificó que la pieza seleccionada no presentara superficies altamente reflectantes, ya que este tipo de acabado dificulta la correcta captura de la geometría, además se escogió un entorno con baja iluminación, ya que la digitalización 3D mediante luz estructurada requiere condiciones lumínicas estables y homogéneas para minimizar errores de lectura causados por sombras o brillos indeseados.

Después de lo indicado se procedió con la limpieza del sólido para eliminar cualquier residuo de polvo o grasa que pueda afectar en la digitalización. A continuación, se aplica una capa uniforme de taco industrial para minimizar reflejos y mejorar la detección de superficies, evitando el exceso de material para no alterar la geometría del sólido, la pieza debe posicionarse sobre una base estable o una plataforma giratoria para garantizar una captura completa desde distintos ángulos.

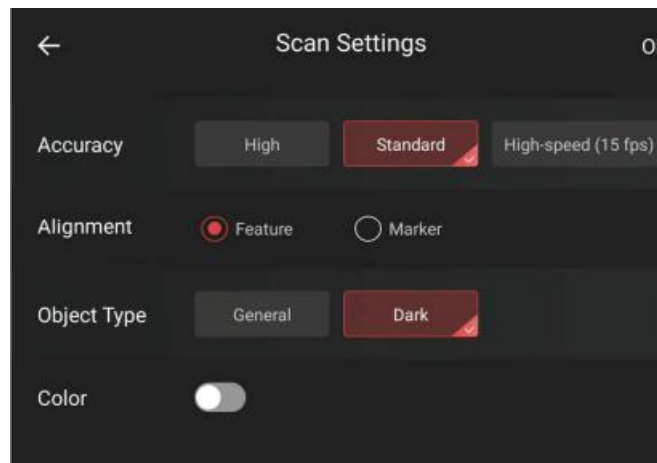


3.2.4 Proceso de digitalización 3D

El escáner se contó con dos modalidades de operación: la primera se utilizó el escáner para capturar el elemento, y la segunda se conectó el escáner a la computadora por medio de USB/WIFI, tomando en cuenta que ambos dispositivos debían estar conectados a la misma red WIFI.

Para la digitalización del sólido, se tomaron en cuenta diversas características esenciales, considerando especialmente el color y el brillo de sus componentes. Estos aspectos son fundamentales para garantizar una correcta digitalización. Asimismo, las configuraciones iniciales necesarias para lograr una digitalización precisa se pueden visualizar en la Figura 16.

Figura 16. Configuración de la digitalización



Se puede observar en la Figura 16 tres aspectos esenciales: precisión, seguimiento y tipo de objeto. Dado que los objetos presentan dimensiones relativamente grandes, se considera una precisión estándar. Esto se debe a que el dispositivo de digitalización 3D puede procesar un máximo de 10 000 fotogramas por escaneo. Si se opta por una precisión elevada, el escáner debe moverse más lentamente, lo que incrementa la cantidad de fotogramas y dificulta completar el escaneo del



objeto. Por otro lado, si se elige una precisión de alta velocidad, los detalles no son tomados en cuenta.

Se optó por el seguimiento de características en lugar de marcadores, ya que en este proceso de escaneo los objetos presentaban diversas características geométricas que el escáner podía reconocer y seguir con precisión.

En cuanto al tipo de objeto, se consideró fundamental seleccionar la opción de tipo oscuro, debido al color predominante en la mayoría de los elementos escaneados. Esta elección es clave, ya que facilita al escáner la captura de una mayor superficie en comparación con el tipo general.

Otro aspecto relevante antes de iniciar el escaneo es la exposición de luz. Para la presente investigación, se configuró este parámetro de manera automática, ya que realizar el escaneo en un entorno con luz ambiente controlada mejora la captura precisa de la nube de puntos en la superficie del objeto. Este ajuste es crucial para obtener una representación óptima del objeto escaneado, como se indica en la Figura 17.

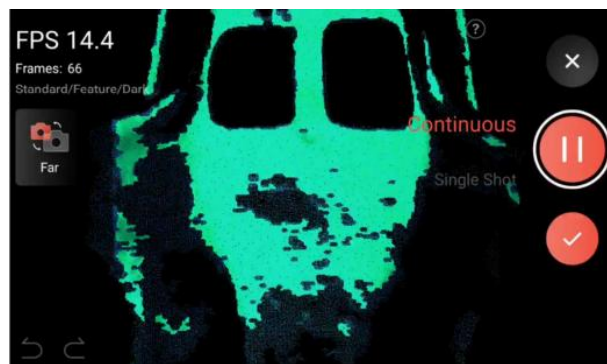
Figura 17. *Exposición de la luz en la digitalización*





En la Figura 17 se muestra el objeto digitalizado de forma automática, presentando tonalidades azul y roja. El color azul indica una subexposición de luz, es decir, una iluminación insuficiente, mientras que el color rojo señala una sobreexposición, es decir, un exceso de luz. Para una captura óptima, la superficie del objeto debe presentar un equilibrio entre las áreas de tonalidad azul y roja, lo que sirve como referencia para obtener el mayor número de puntos superficiales posibles.

Figura 18. Captura del solido

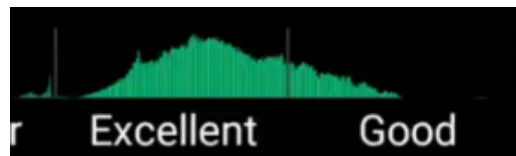


En la Figura 18 se representa el método de captura de objeto, indicando si el proceso se realizará mediante digitalización continuo o disparo único. En el caso de la digitalización continuo, basta con seleccionarlo y presionar reproducir, lo que permite que la digitalización se ejecute automáticamente, requiriendo únicamente un movimiento geométrico constante y pausado.

Por otro lado, en la opción de disparo único, el funcionamiento del escáner 3D es similar al de una cámara fotográfica, donde cada disparo corresponde a un fotograma. Para asegurar que el escáner identifique y siga correctamente la geometría del objeto, cada nuevo disparo único debe incluir al menos un 30% de la superficie del fotograma anterior.



Figura 19. *Distancia correcta de digitalización*



Por último, En la Figura 19 se observa la distancia correcta de digitalización, la cual está segmentada en varias secciones para representar la proximidad entre el lente del escáner y el objeto a digitalizar. Cuando la distancia es óptima o adecuada, se muestra en color verde; en cambio, si el escáner está demasiado cerca o demasiado lejos del objeto, cambia a rojo.

3.2.5 Procesamiento del sólido

3.2.5.1 Manija interior de la puerta

El material de la manija interior comúnmente es de ABS, siendo un material común para la fabricación de estos elementos debido a su ligereza, moldeado y costo, para la digitalización fue importante la utilización del talco industrial en la superficie como se indica en la, la finalidad del talco fue opacar la superficie del sólido a digitalizar y que se forme de manera correcta la nube de puntos.

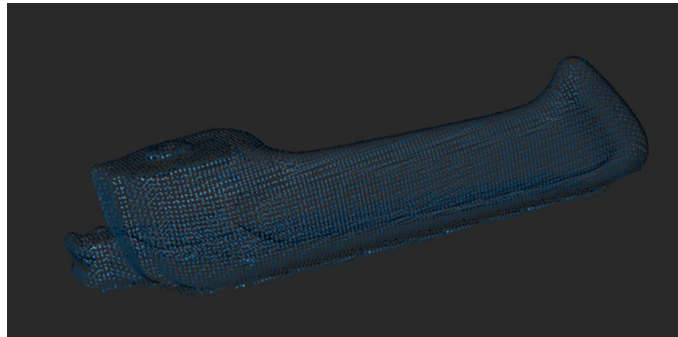
Figura 20. *Manija interior cubierta con talco industrial.*





Una vez digitalizada la manija interior de un vehículo con las configuraciones antes ya mencionadas, se obtuvo una nube de puntos como se indicará en la Figura 21.

Figura 21. *Nube de puntos de la manija interior.*



En la Figura 21 se observa una nube de puntos capturada mediante el escáner, un elemento clave en el procesamiento del sólido. Cuanto mayor sea la distancia entre los puntos de la nube, más uniforme será la estructura del sólido obtenido.

La manija interior cumplió con los parámetros especificados en la Tabla 5 correspondiente. Durante el proceso de digitalización 3D, fue fundamental ajustar dichos parámetros con precisión, ya que su variación podría afectar la captura de las superficies donde se requería una mayor definición en la geometría del componente.

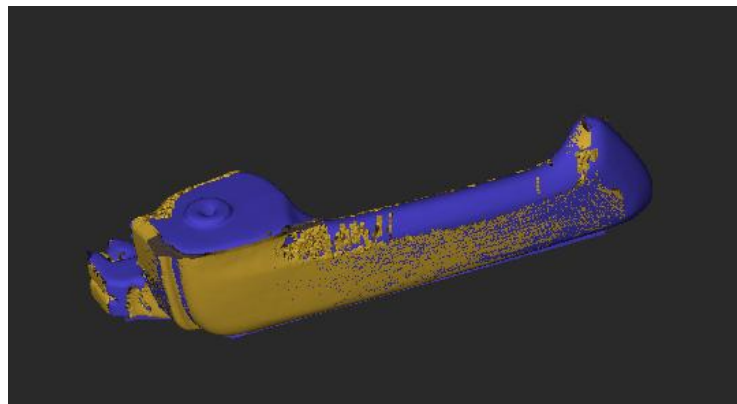
Tabla 5. *Parámetros de la manija interior*

Fusión de nube de puntos	0.15 mm
Aislamiento	20 %
Detección de superposición	0,50 mm
Suavizado	10
Simplificación	10%



Se procedió a realizar la unión de la manija tanto la parte superior e inferior, la función que se utilizó es la fusión de modelos, esta función permite combinar dos o más objetos distintos que compartan al menos un 10% de área en común. La fusión de modelos se puede realizar mediante dos métodos: fusión por características o fusión por marcador. La diferencia entre estos métodos radica en el proceso automático o manual de integración. Mientras que el método por características une automáticamente los modelos seleccionados, el método por marcador requiere identificar y marcar manualmente puntos similares para alinear correctamente los modelos, como se muestra en la Figura 22.

Figura 22. *Fusión de la manija interior*



Como paso adicional, se empleó la herramienta de suavizado para mejorar la continuidad superficial de la nube. Esta operación consistió en la aplicación controlada de una fuerza de alisado sobre áreas específicas, eliminando rugosidades sin comprometer detalles geométricos relevantes. El suavizado fue aplicado de forma localizada mediante el uso de un pincel digital, lo que permitió mantener áreas críticas del diseño.



3.2.5.2 Seguro de la manija interior

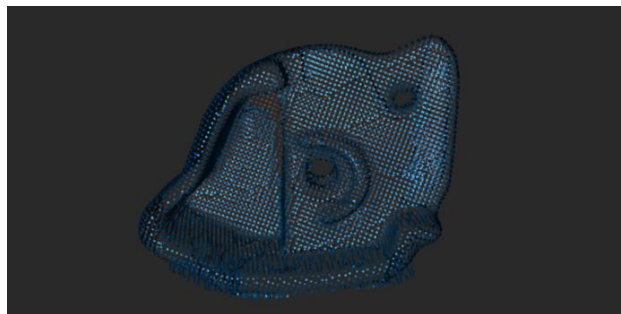
El material del seguro de la manija interior es del mismo material que la manija interior, lo que se procedió a colocar el talco industrial como se indica Figura 23, con el propósito de disminuir la exposición del brillo y obtener una buena digitalización.

Figura 23. Seguro de la manija interior cubierta con talco industrial.



La nube de puntos obtenida en el seguro de la manija interior se puede visualizar en la Figura 24, la calidad superior de la nube de puntos se obtuvo gracias a los parámetros previos a la digitalización 3D.

Figura 24. Nube de puntos del seguro de la manija interior.



Dado que es un componente de menor tamaño en comparación con la manija interior, se aplicaron distintos parámetros durante la edición de la nube de puntos. Los criterios considerados para la digitalización 3D se presentan en la Tabla 6.



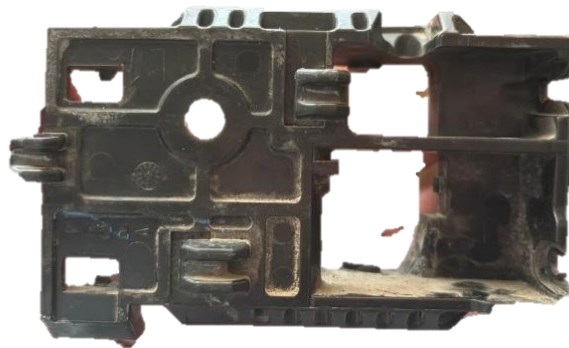
Tabla 6. *Parámetros de la nube de puntos del seguro de la manija interior.*

Fusión de nube de puntos	0.12 mm
Aislamiento	15 %
Detección de superposición	0,50 mm
Suavizado	10
Simplificación	10%

3.2.5.3 Carca de la manija interior

Para optimizar el proceso de digitalización 3D, se aplicó una capa de talco industrial como se puede visualizar en la sobre la carcasa de la manija interior como se indica en la Figura 25. Esta medida se implementó debido a la presencia de detalles estructurales que requerían una superficie homogénea para una captura eficiente y precisa de la geometría del sólido.

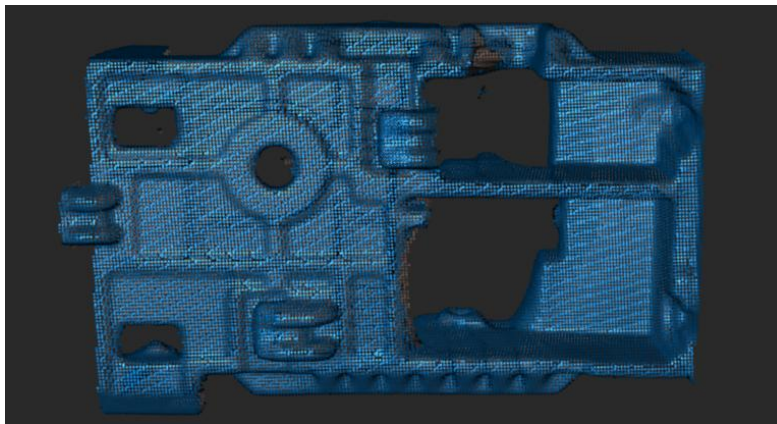
Figura 25. *Carcasa de la manija interior cubierta con talco industrial.*



La nube de puntos generada a partir de la carcasa de la manija interior se presenta en la Figura 26. Para garantizar una digitalización 3D precisa, fue necesario realizar múltiples capturas, dado que la geometría de la pieza presentaba irregularidades superficiales que dificultaban una nube de puntos uniforme.



Figura 26. *Nube de puntos de la carcasa de la manija interior.*



La carcasa de la manija interior cumplió con los parámetros especificados en la Tabla 7 correspondiente. Durante el proceso de digitalización 3D, fue fundamental ajustar dichos parámetros con precisión, ya que su variación podría afectar la captura de las superficies donde se requería una mayor definición en la geometría del componente.

Tabla 7. *Parámetros de la nube de puntos de la carcasa de manija interior.*

Fusión de nube de puntos	0.15 mm
Aislamiento	10 %
Detección de superposición	1,32 mm
Suavizado	10
Simplificación	5%

3.2.5.4 Manubrio del vidrio

El manubrio del vidrio está fabricado con material polímero y presenta una superficie de color negro uniforme. Debido a las propiedades ópticas de este material, se aplicó un recubrimiento de talco industrial como se muestra en la Figura 27, con el objetivo de optimizar el proceso de digitalización 3D y garantizar una captura precisa de su geometría.

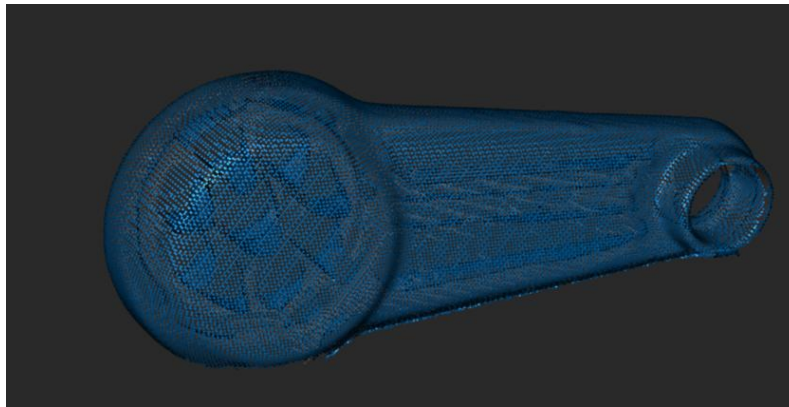


Figura 27. *Manubrio del vidrio cubierto con talco industrial.*



La nube de puntos generada durante el proceso de digitalización se presenta en la Figura 28 . Se observó que los estriados del manubrio no fueron capturados con precisión en la primera etapa de la digitalización, por lo que se requirió realizar múltiples capturas adicionales para garantizar la correcta representación de dichos detalles. Este procedimiento resulta fundamental, ya que una captura incompleta podría afectar la precisión del ensamblaje del manubrio en la estructura de la puerta

Figura 28. *Nube de puntos del manubrio del vidrio.*



Para la digitalización 3D del manubrio del vidrio, se aplicaron los parámetros establecidos en la Tabla 8,. La correcta selección y ajuste de estos criterios resultó fundamental para garantizar la



obtención de una nube de puntos de alta calidad, permitiendo una representación precisa de la geometría.

Tabla 8. *Parámetros de la nube de puntos del manubrio del vidrio.*

Fusión de nube de puntos	0.14 mm
Aislamiento	15 %
Detección de superposición	1,08 mm
Suavizado	10
Simplificación	10 %

3.2.5.5 Botón del manubrio

El botón del manubrio del vidrio, al estar compuesto de material polimérico con una superficie de color uniforme, requiere un tratamiento previo para mejorar la digitalización. Se aplicó una capa de talco industrial como se puede evidenciar en la Figura 29 para reducir la reflectividad y optimizar la adquisición de la nube de puntos.

Figura 29. *Botón del manubrio cubierto con talco industrial.*

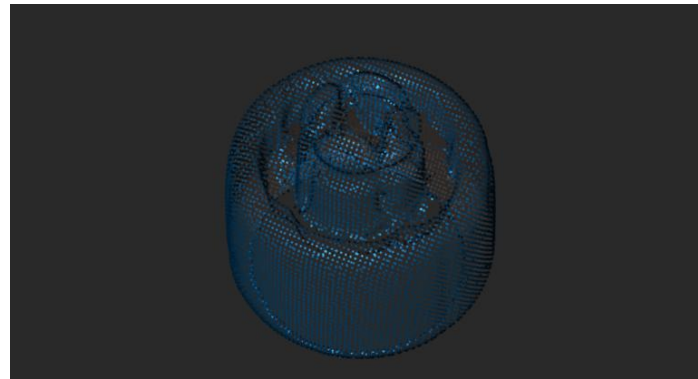


La nube de puntos fue generada conforme al procedimiento establecido y se presenta en la Figura 30 . Para garantizar una digitalización 3D completa y precisa, se realizó una digitalización desde



la parte superior del componente, permitiendo así la captura detallada de las estructuras internas del elemento.

Figura 30. *Nube de puntos del botón del manubrio*



Para la fase de edición de la digitalización 3D, se consideraron diversos parámetros establecidos en la Tabla 9 . Estos valores fueron ajustados y optimizados con el objetivo de refinar la precisión del modelo, permitiendo así la generación de un sólido con un mayor nivel de detalle.

Tabla 9. *Parámetros de la nube de puntos del botón del manubrio.*

Fusión de nube de puntos	0.10 mm
Aislamiento	12 %
Detección de superposición	0,63 mm
Suavizado	10
Simplificación	5 %

3.2.5.6 Perillas A/C

Las perillas de control del sistema A/C están fabricadas con material polímero, presentando una superficie superior de color oscuro y una parte inferior transparente. Esta configuración generó una alta reflectividad en la zona translúcida, lo que dificultó la captura precisa de su geometría



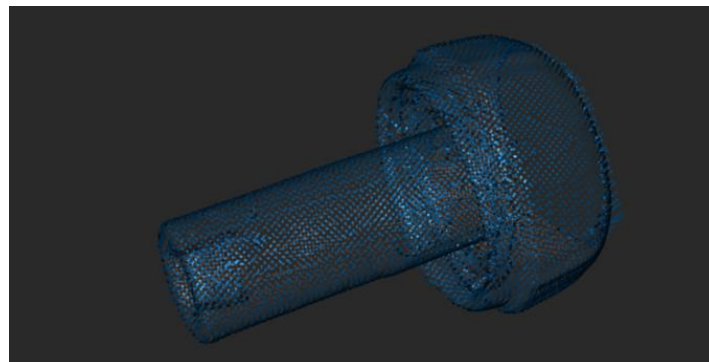
durante el proceso de digitalización 3D. Para mitigar este efecto y optimizar la adquisición de datos, se aplicó un recubrimiento de talco industrial que se muestra en la, permitiendo así una representación más uniforme y detallada del componente.

Figura 31. *Perilla A/C cubierta con talco industrial*



Una vez digitalizada las perillas A/C se obtuvo una nube de puntos como se indica en la Figura 32.

Figura 32. *Nube de puntos de la perilla A/C*



En la Tabla 10 se presentó los parámetros fundamentales considerados para la optimización del sólido.



Tabla 10. *Parámetros de la fusión de nubes de la perilla A/C*

Fusión de nube de puntos	0.12 mm
Aislamiento	18 %
Detección de superposición	0,50 mm
Suavizado	10
Simplificación	5 %

3.2.5.7 Carcasa de las rejillas A/C

La carcasa de las rejillas constituye el compartimiento que alberga los componentes responsables del mecanismo de apertura y cierre de las rejillas. Debido a su superficie oscura y brillante, se requirió la aplicación de talco industrial, conforme a lo indicado en la Figura 33, con el propósito de reducir la reflectividad y optimizar la captura de nube de puntos en el proceso de digitalización 3D, garantizando así una representación precisa de la geometría del componente.

Figura 33. *Carcasa de las rejillas A/C cubierta con talco industrial*

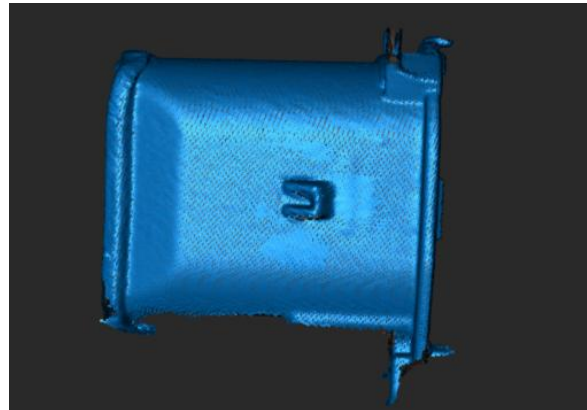


La generación de la nube de puntos se muestra en la Figura 34 donde se evidencian áreas con ausencia de nube de puntos en ciertas secciones pequeñas del modelo. Para corregir estas deficiencias, se realizaron capturas adicionales con el fin de complementar la información



geométrica. Posteriormente, se aplicó un proceso de fusión de datos para integrar las regiones faltantes, asegurando así una reconstrucción precisa y la continuidad estructural del sólido digitalizado.

Figura 34. *Nube de puntos de la carcasa de las rejillas A/C*



Los parámetros aplicados en la fase de edición de la digitalización 3D están detallados en la Tabla 11. Estos criterios fueron esenciales para optimizar la precisión del modelo, permitiendo ajustes en la geometría y refinando la calidad de la representación tridimensional del componente.

Tabla 11. *Parámetros de la carcasa de las rejillas A/C*

Fusión de nube de puntos	0.15 mm
Aislamiento	15 %
Detección de superposición	0,50 mm
Suavizado	10
Simplificación	8 %

3.2.5.8 Rejillas A/C

Las rejillas del sistema A/C presentan una geometría compleja con superficies delgadas y estructuras internas que pueden dificultar la captura de la nube de puntos. Para mitigar estos desafíos, se realizó una limpieza previa de las superficies y se aplicó una capa de talco industrial



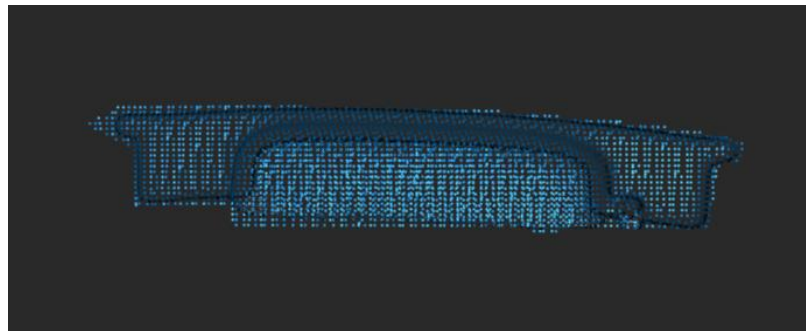
en las áreas de mayor reflectividad que se puede evidenciar en la, optimizando la absorción de luz del escáner

Figura 35. *Rejillas A/C cubierta con talco industrial.*



En la Figura 36 se presenta la nube de puntos obtenida durante el proceso de digitalización 3D. Dado que la geometría del objeto es compleja, se ha maximizado la nube de puntos para garantizar una representación detallada y precisa de su estructura. Este resultado refleja la efectividad del proceso de la digitalización.

Figura 36. *Nube de puntos de las rejillas A/C*





Los parámetros considerados en el proceso de digitalización 3D se detallan en la Tabla 12. Estos criterios fueron aplicados de manera consistente en las 12 rejillas para de esta manera la misma geometría

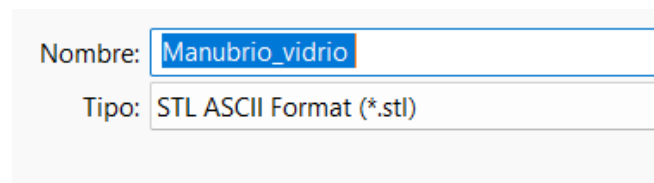
Tabla 12. Parámetros de las rejillas A/C

Fusión de nube de puntos	0.15 mm
Aislamiento	15 %
Detección de superposición	0,50 mm
Suavizado	10
Simplificación	8 %

3.2.6 Impresión 3D

El proceso comenzó con la digitalización del modelo 3D, asegurando su correcta generación y exportación en formato STL como se evidencia en la Figura 37 , ya que este formato es ampliamente reconocido por los softwares de impresión en resina. Se verificó la integridad geométrica del modelo mediante herramientas de análisis de malla para corregir posibles errores topológicos que pudieran afectar la impresión.

Figura 37. Archivo STL.

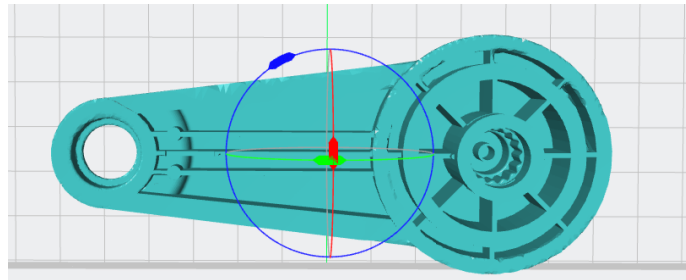


Una vez importado el modelo en el software de impresión, se procedió con la orientación óptima de la pieza en los ejes X, Y y Z como se indica en la Figura 38 . Este ajuste fue clave para mejorar



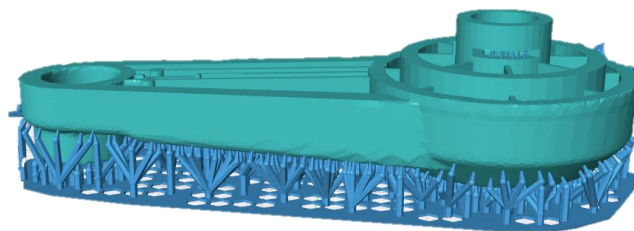
la adherencia a la plataforma de impresión, reducir el consumo de material y minimizar defectos asociados al proceso de curado.

Figura 38. *Coordenadas X, Y, Z del sólido.*



Además, se realizó la generación de soportes de impresión como se muestra en la Figura 39, los cuales se distribuyeron estratégicamente en zonas críticas del modelo. Los soportes cumplen la función de proporcionar estabilidad estructural a la pieza durante la impresión y evitar deformaciones debido a la gravedad.

Figura 39. *Soportes del sólido.*





CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Mediciones reales de los componentes polímeros automotrices

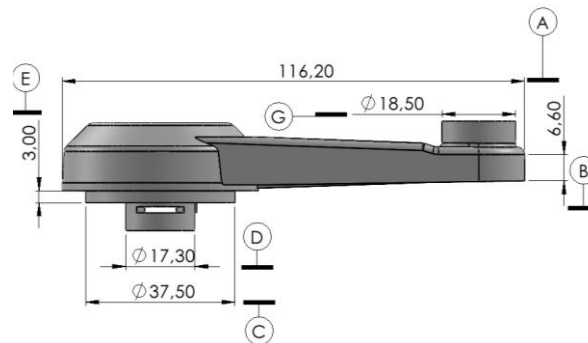
Para la ejecución del presente proyecto se seleccionaron diversos componentes poliméricos pertenecientes al habitáculo de una camioneta Chevrolet D-Max 2010. A continuación, se detalla el análisis técnico de cada componente considerado en el estudio.

4.1.1 Manubrio del levanta vidrio

Este componente se encarga de transmitir el movimiento rotacional ejercido manualmente por el usuario hacia el sistema mecánico que eleva o desciende el vidrio de la puerta. Está sometido a esfuerzos constantes de torsión, desgaste por.

Como se indica en la Figura 40 se tomaron medidas más relevantes dentro del sólido real, tales como distancias y diámetros.

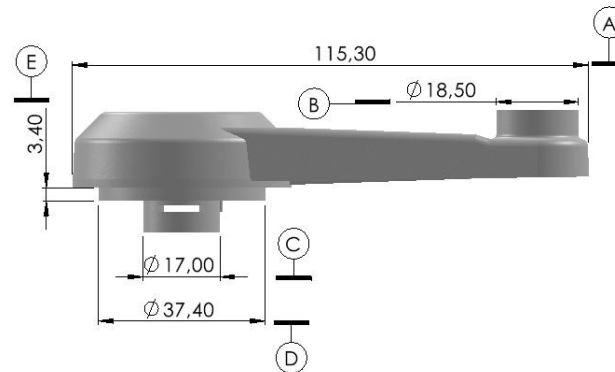
Figura 40. *Medida real del manubrio del levanta vidrio*



Para el sólido digitalizado se realizaron las mismas medidas como se puede ver en la Figura 41, para llevar a cabo la comparación del sólido tanto real como digitalizado.



Figura 41. Medidas del manubrio del levanta vidrio digitalizado.



Para la comparación entre el modelo digitalizado y las medidas reales, se analizaron las dimensiones clave, como se muestra en la Tabla 13. La mayor variación se encontró en la sección A (largo total), con una diferencia de 0.90 mm. En las secciones C y D, las diferencias fueron de 0.30 mm y 0.10 mm, respectivamente. Aunque estas diferencias son pequeñas, representan un promedio de error del 0.56%, lo que resalta la necesidad de mejorar la precisión en los procesos de digitalización 3D.

Tabla 13. Comparación de medidas del manubrio.

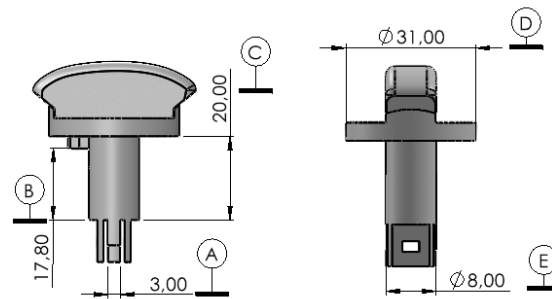
LETRA	Medidas Reales (mm)	Medidas Digitalizadas (mm)	Diferencia (mm)	Porcentaje %
A	116,20	115,30	0,90	0,78
B	18,50	18,50	0,00	0,00
C	17,30	17,00	0,30	1,75
D	37,50	37,40	0,10	0,27
E	3,00	3,00	0,00	0,00
Promedio			0,26	0,56



4.1.2 Perilla de Climatización

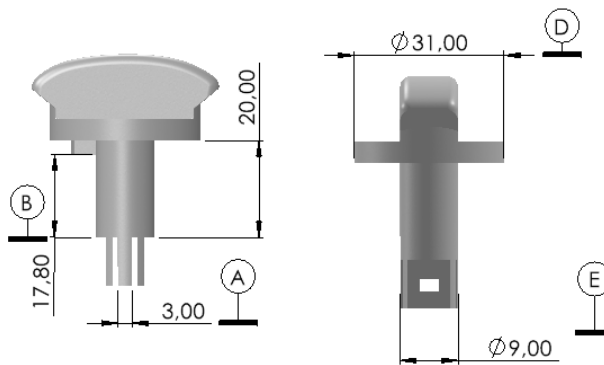
Es un elemento de control giratorio como se indica en la Figura 42 ubicado en el tablero del vehículo, cuya función es permitir la selección de parámetros del sistema de climatización, tales como temperatura, velocidad del ventilador y distribución del flujo de aire. Está fabricada generalmente en polipropileno o ABS. Está expuesta a esfuerzos rotacionales moderados y debe garantizar durabilidad, precisión de ajuste y buen agarre.

Figura 42. *Medidas reales de la perrilla de climatización*



En la Figura 43 se indica las medidas de la perilla de ventilación digitalizadas cada una indicada con letras para mayor facilidad de lectura de cada una de las medidas.

Figura 43. *Medidas de la perilla de climatización digitalizadas.*





Para la siguiente comparativa, se han tomado como referencia las dimensiones reales y las obtenidas mediante digitalización, como se muestra en la Tabla 14. Los resultados reflejan una correspondencia adecuada entre ambas mediciones, excepto en la sección E, donde se registra una diferencia de 0,20 mm. Esta variación se debe a una imprecisión en la toma de referencia dimensional durante el proceso de reconstrucción del sólido. No obstante, dicha variación no compromete la funcionalidad del componente.

Tabla 14. *Comparación de medidas de la perilla de climatización.*

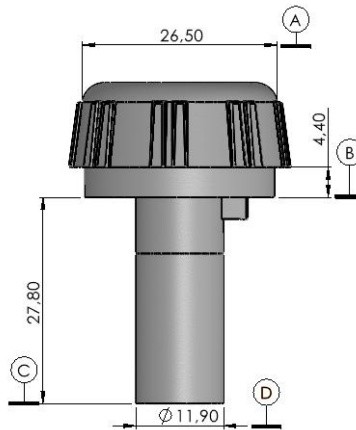
LETRA	Medidas Reales (mm)	Medidas Digitalizadas (mm)	Diferencia (mm)	Porcentaje %
A	3,00	3,00	0,00	0
B	17,80	17,80	0,00	0
C	20,00	20,00	0,00	0
D	31,00	31,00	0,00	0
E	9,30	9,10	0,20	2,15
Promedio			0,04	0,43

4.1.3 Perilla de control de ventilación

Similar a la perilla de climatización como se muestra en la Figura 44, este componente específico permite ajustar el caudal de aire que ingresa al sistema de ventilación. La digitalización de esta pieza permite restaurar sistemas de ventilación que han perdido funcionalidad por daño físico, sin necesidad de reemplazar toda la consola central.

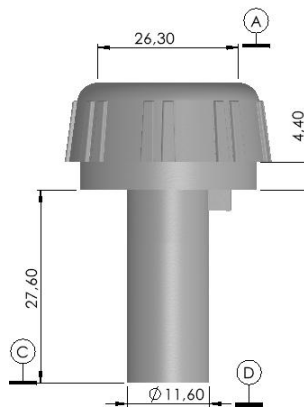


Figura 44. *Medidas reales de la perilla de control de ventilación.*



En la Figura 45 se indica cuáles fueron las medidas digitalizadas que se tomaron como referencia para las comparaciones correspondientes.

Figura 45. *Medidas de la perilla de control de ventilación digitalizada.*



Para realizar la comparativa, se tomaron como referencia las dimensiones obtenidas a partir de las mediciones reales y las digitalizadas, como se muestra en la Tabla 15. En varias secciones se identificaron variaciones en las medidas, con diferencias de 0.20 mm en la sección A, 0.20 mm en la sección B y 0.30 mm en la sección D. Estas variaciones pueden atribuirse al proceso de



reconstrucción de la pieza en el software, dado que, durante la digitalización, múltiples detalles de geometría reducida no fueron capturados completamente, lo que afectó la precisión del modelo final.

Tabla 15. *Comparación de medidas de la perilla de control de ventilación.*

LETRA	Medidas Reales (mm)	Medidas Digitalizadas (mm)	Diferencia (mm)	Porcentaje %
A	26,50	26,30	0,20	0,75
B	4,40	4,40	0,00	0,00
C	27,80	27,60	0,20	0,72
D	11,90	11,60	0,30	2,52
Promedio			0,18	1,00

4.1.4 Manija interior del vehículo

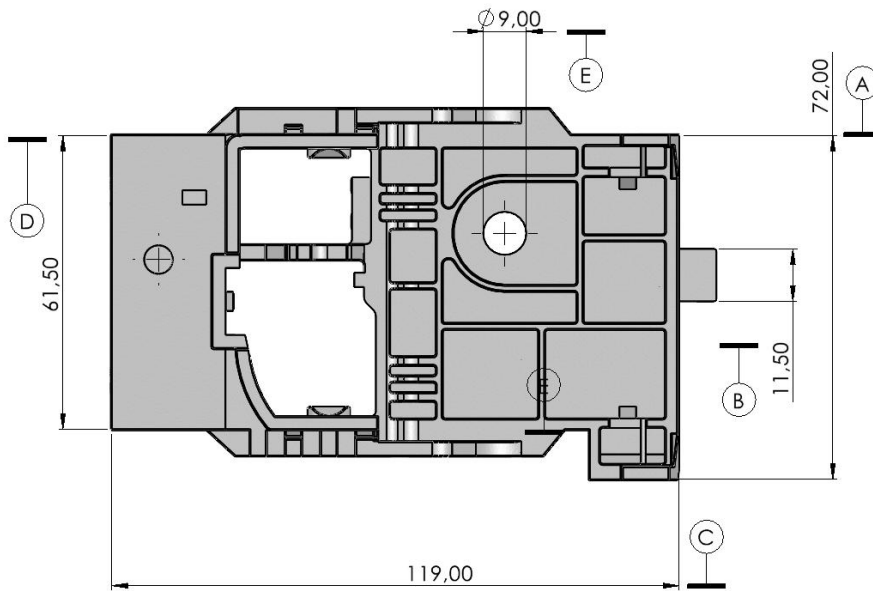
Este sistema incluye el cuerpo de la manija, el seguro y el mecanismo interior que permite la apertura de las puertas desde el habitáculo. Los polímeros utilizados deben ofrecer resistencia al impacto y durabilidad. La ingeniería inversa de esta pieza permite generar una réplica precisa que garantice el correcto ensamblaje con el mecanismo de cierre, lo que es crucial en vehículos de uso intensivo o modelos descontinuados.

- **Cuerpo de la manija interior**

Es la estructura de soporte que aloja los mecanismos internos y fija el conjunto a la puerta como se indica en la Figura 46. Para cumplir su función, debe poseer alta rigidez, tolerancias geométricas ajustadas y resistencia al envejecimiento térmico, asegurando una operación duradera y estable.

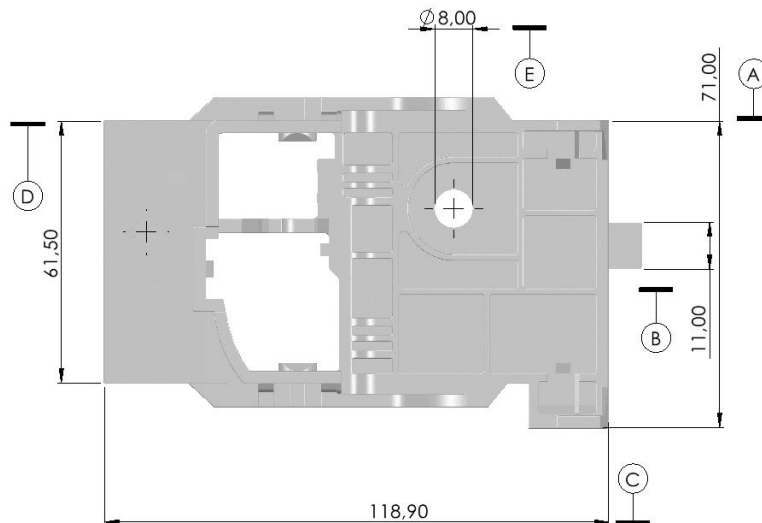


Figura 46. Medidas reales del cuerpo de la manija interior.



Como se indica Figura 47 se encuentra las medidas de la manilla interior digitalizadas, tomando en cuenta las medidas más importantes que se pueden ver afectadas en la digitalización.

Figura 47. Medidas del cuerpo de la manilla interior digitalizadas.





En la Tabla 16 presenta la comparativa entre las dimensiones reales y las obtenidas mediante digitalización, evidenciando diferencias en distintas secciones. Las mayores diferencias se observan en la sección A, con 1.00 mm, y en la sección E, correspondiente al diámetro, también con 1.00 mm de variación. Estas desviaciones pueden deberse a imprecisiones en el proceso de digitalización, como una captura insuficiente de detalles geométricos. Asimismo, factores externos como contraluces durante la digitalización pueden haber influido en la calidad del escaneo.

Tabla 16. *Comparación de medidas del cuerpo de la manija interior.*

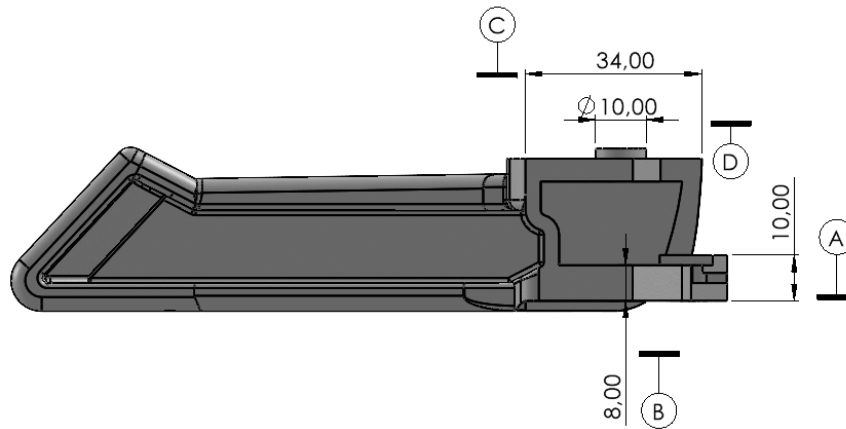
LETRA	Medidas Reales (mm)	Medidas Digitalizadas (mm)	Diferencia (mm)	Porcentaje %
A	72,00	71,00	1,00	1,39
B	11,50	11,00	0,50	4,35
C	119,00	118,90	0,10	0,08
D	61,50	61,50	0,00	0,00
E	9,00	8,00	1,00	11,11
Promedio			0,52	3,39

- Manija interior

Es el elemento móvil que, al ser accionado por el usuario, transmite el movimiento al mecanismo de apertura de la puerta como se muestra en la Figura 48. Está sometida a esfuerzos de tracción repetitivos, por lo que se fabrica en polímeros como ABS o poliamida, materiales que ofrecen alta resistencia al impacto y estabilidad dimensional.

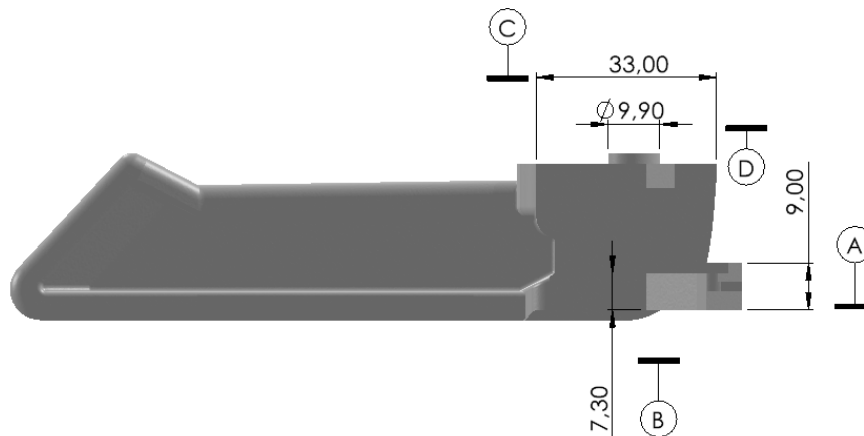


Figura 48. *Medidas reales de la manija interior.*



En la Figura 49 se puede visualizar las medidas digitalizadas de la manija interior, considerando las más importantes debido que al momento de digitalización había interferencia en la captura del sólido.

Figura 49. *Medidas de la manija interior digitalizada.*



En la Tabla 17 muestra la comparación entre las medidas reales y las digitalizadas de la manija interior. Se observan diferencias en todas las secciones, destacando variaciones de 1.00 mm en las



secciones A, C y D, posiblemente debido a la forma compleja de la pieza, que tiene varias superficies y detalles. Durante la digitalización, el escáner tuvo dificultades para capturar ciertas áreas con precisión, por lo que fue necesario reconstruir el modelo digital. En la sección B, la diferencia es de 0.70 mm, menor en comparación con las otras. Esto se debe a que esta parte estuvo más visible para el escáner, permitiendo una mejor captura, aunque aún presenta ligeras variaciones, posiblemente por efectos de iluminación durante el proceso.

Tabla 17. *Comparación de medidas de la manija interior.*

LETRA	Medidas Reales (mm)	Medidas Digitalizadas (mm)	Diferencia (mm)	Porcentaje %
A	10,00	9,00	1,00	10
B	8,00	7,30	0,70	8,75
C	34,00	33,00	1,00	2,94
D	10,00	9,00	1,00	10
Promedio			3,70	7,92

4.1.5 Sistema de ventilación y aire acondicionado

Su función es canalizar y orientar el flujo de aire dentro del habitáculo. Estos componentes, fabricados en polímeros como ABS o polipropileno, están expuestos a manipulación constante, polvo y fatiga mecánica, lo que puede provocar desgaste o fractura. Las rejillas presentan geometrías complejas con elementos móviles, lo que dificulta su reemplazo convencional. La digitalización 3D permite replicar estos componentes con alta precisión, facilitando su restauración mediante técnicas de manufactura aditiva y reduciendo costos operativos.

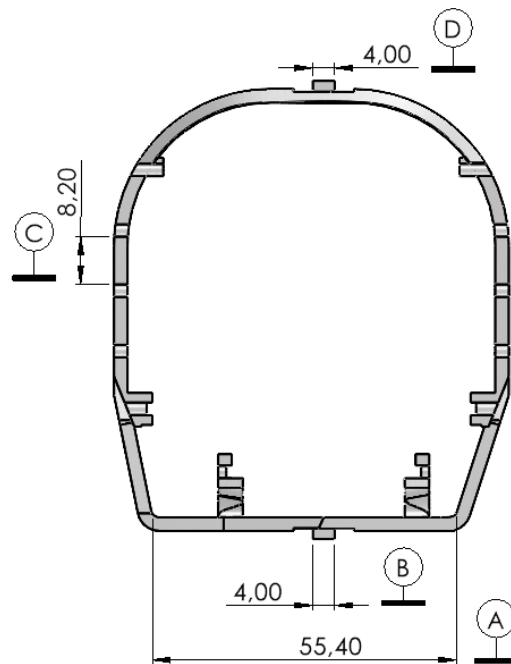


- Subcuerpo de las rejillas

Estructura que aloja las rejillas frontales, permitiendo la canalización y distribución del flujo de aire, se puede evidenciar en la

Figura 50. Debe ofrecer estabilidad dimensional y resistencia a deformaciones para garantizar un ajuste preciso.

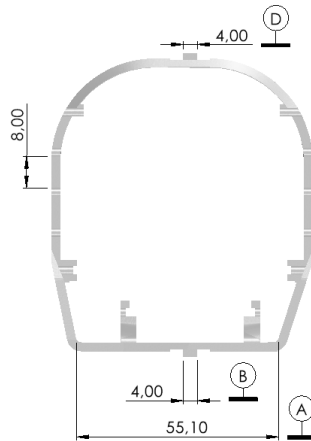
Figura 50. *Medidas reales del subcuerpo de las rejillas.*



En la Figura 51 se puede observar las medidas digitalizadas de la subcuerpo de la rejilla, considerando las medidas con mayor relevancia las cuales se vieron afectadas dentro de la digitalización.



Figura 51. Medidas del subcuerpo de la rejilla digitalizadas.



En la Tabla 18 se puede evidenciar las secciones analizadas A, B, C y D presentaron variaciones dimensionales específicas: en la sección A se registró una diferencia de 0.30 mm, en la sección C una diferencia de 0.20 mm, mientras que en las secciones B y D no se observaron diferencias. El promedio general de diferencia fue de 0.12 mm, con un margen de error porcentual promedio de 0.75%. Estas desviaciones, aunque mínimas, se atribuyen a la pérdida de detalles geométricos durante el proceso de digitalización.

Tabla 18. Comparación de medidas del subcuerpo de la rejilla

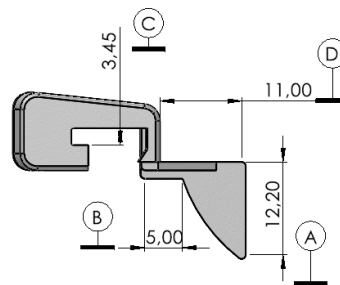
LETRA	Medidas Reales (mm)	Medidas Digitalizadas (mm)	Diferencia (mm)	Porcentaje %
A	55,40	55,10	0,30	0,54
B	4,00	4,00	0,00	0,00
C	8,20	8,00	0,20	2,44
D	4,00	4,00	0,00	0,00
Promedio			0,12	0,75



- **Vincha corrediza**

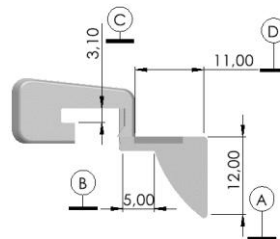
Mecanismo móvil que permite la apertura y cierre de las rejillas, regulando la dirección y el caudal de aire. Su diseño debe garantizar un desplazamiento fluido con baja fricción, evitando bloqueos o desgastes prematuros, se puede evidenciar en la Figura 52.

Figura 52. *Medidas reales de la vincha corrediza.*



En la Figura 53 se puede visualizar las medidas digitalizadas de la vincha corrediza del sistema de ventilación y aire acondicionado, donde se podría visualizar las diferencias de medidas en relación a las reales.

Figura 53. *Medidas de la vincha corrediza digitalizada.*



En la Tabla 19 se presenta la comparación entre las medidas digitalizadas y las dimensiones reales de la vincha corrediza. Se observa que la única diferencia dimensional corresponde al punto C, con una diferencia de 0,20 mm. Las demás mediciones coinciden, lo que representa un resultado



favorable. En consecuencia, se obtiene un margen de error total del 0,75 % en el proceso de impresión.

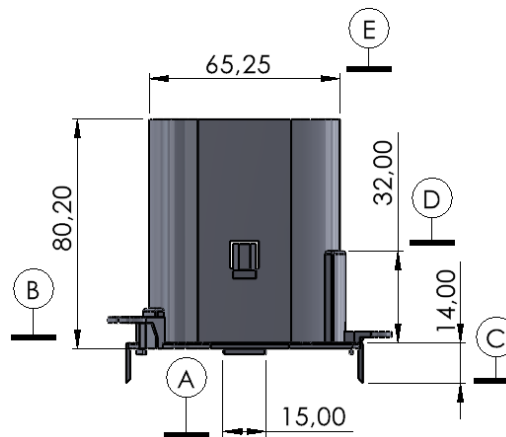
Tabla 19. *Comparación de medidas de la vincha corrediza*

LETRA	Medidas Reales (mm)	Medidas Digitalizadas (mm)	Diferencia (mm)	Porcentaje %
A	55,40	55,10	0,30	0,54
B	4,00	4,00	0,00	0,00
C	8,20	8,00	0,20	2,44
D	4,00	4,00	0,00	0,00
Promedio			0,12	0,75

- Cuerpo del sistema

Elemento principal que alberga todos los componentes internos del sistema de ventilación se indica en la Figura 54. Debe contar con rigidez estructural adecuada y tolerancias de ensamblaje precisas para evitar fugas de aire y asegurar la correcta operación del sistema.

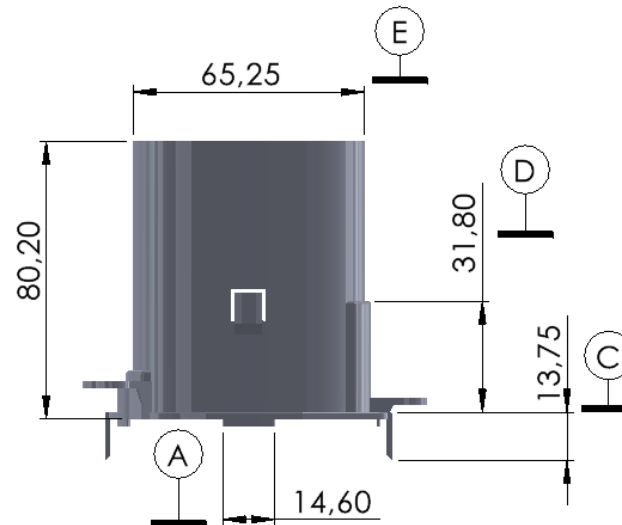
Figura 54. *Medidas reales del cuerpo del sistema.*





Se puede evidenciar en la Figura 55 se presentan las dimensiones obtenidas directamente a partir de la pieza impresa, utilizando como referencia las zonas susceptibles a distorsión durante el proceso de digitalización del sólido.

Figura 55. *Medidas del cuerpo del sistema digitalizadas.*



En la Tabla 20 se observan las medidas correspondientes a las geometrías reales y digitalizadas del sólido. Se evidencia una diferencia de 0,40 mm en la sección A, 0,25 mm en la sección B y 0,20 mm en la sección C. En el resto de las secciones no se identifican diferencias significativas, registrando un valor de 0 mm. Este análisis arroja un porcentaje de error global del 1,02 %, atribuible principalmente a la complejidad morfológica del sólido. Como resultado, fue necesario aplicar ciertas modificaciones durante el proceso de edición, las cuales influyeron en la precisión dimensional al momento de la impresión.



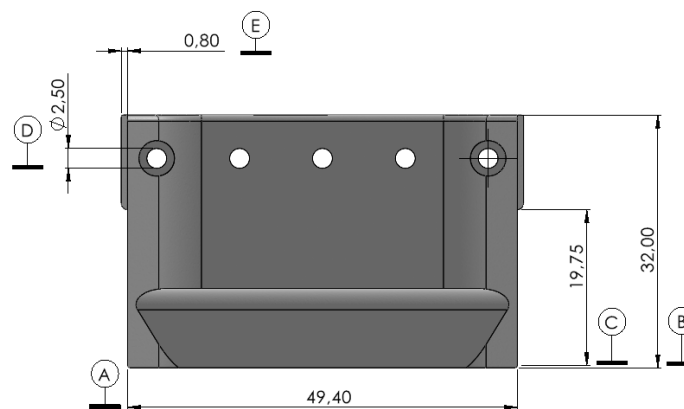
Tabla 20. Comparación de medidas del cuerpo de las rejillas.

LETRA	Medidas Reales (mm)	Medidas Digitalizadas (mm)	Diferencia (mm)	Porcentaje %
A	15,00	14,60	0,40	2,67
B	80,20	80,20	0,00	0,00
C	14,00	13,75	0,25	1,79
D	32,00	31,80	0,20	0,62
E	65,25	65,25	0,00	0,00
Promedio			0,17	1,02

- Soportes de las rejillas

Encargadas de sostener y posicionar las rejillas traseras como se indica en la Figura 56 . Requieren alta precisión en su geometría para evitar vibraciones o desajustes durante el funcionamiento, asegurando una distribución eficiente del flujo de aire.

Figura 56. Medidas reales de los soportes de las rejillas

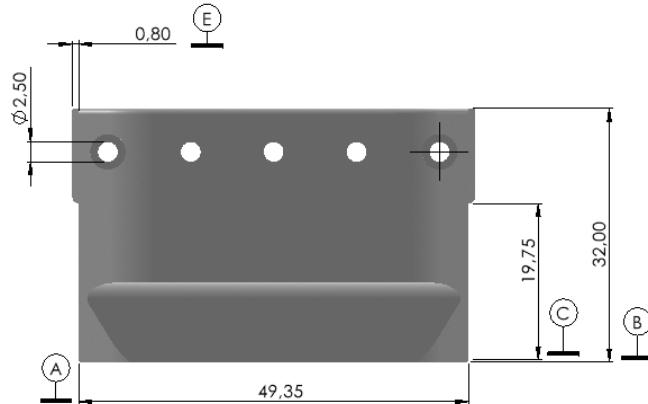


En la Figura 57 se presentan las dimensiones digitalizadas de la rejilla, esta vez considerando específicamente el diámetro de los agujeros. Esta métrica reviste gran importancia, ya que en dicha zona deben encajar con precisión los pines de sujeción de las rejillas. La correcta alineación y



tolerancia dimensional de estos elementos es crucial para garantizar la estabilidad estructural y el funcionamiento adecuado del ensamblaje

Figura 57. Medidas del soporte de la rejilla digitalizada.



Se evidencia en la Tabla 21 la comparación entre las medidas reales y digitalizadas que la única diferencia detectada corresponde a la sección A, con un valor de 0,05 mm. En el resto de las secciones, no se registran diferencias dimensionales, manteniéndose en 0,00 mm. Este resultado representa un margen de error global de apenas 0,02 %, lo cual refleja una alta fidelidad en el proceso de digitalización geométrica del modelo.

Tabla 21. Comparación de medidas del soporte de las rejillas.

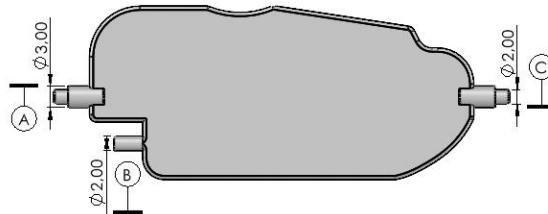
LETRA	Medidas Reales (mm)	Medidas Digitalizadas (mm)	Diferencia (mm)	Porcentaje %
A	49,40	49,35	0,05	0,10
B	32,00	32,00	0,00	0,00
C	19,75	19,75	0,00	0,00
D	2,50	2,50	0,00	0,00
E	0,80	0,80	0,00	0,00
Promedio			0,01	0,02



- Rejillas

Superficie perforada que permite la salida y distribución del aire en el habitáculo como se muestra Figura 58. Su diseño influye en la aerodinámica del flujo de aire, por lo que deben presentar una estructura optimizada que minimice turbulencias y maximice el confort térmico.

Figura 58. *Medidas reales de las rejillas.*



En la Figura 58 se visualizan las medidas digitalizadas del modelo, tomando como referencia tres puntos críticos cuya geometría puede verse alterada durante el proceso de digitalización. Estos puntos han sido seleccionados por su relevancia estructural y funcional dentro del componente, ya que cualquier variación en sus dimensiones podría afectar la precisión del modelo final. La evaluación de estos puntos permite identificar posibles desviaciones generadas por factores como la resolución del escaneo, el ángulo de captura o el procesamiento posterior de la nube de puntos.

Figura 59. *Medidas de la rejilla digitalizadas.*





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



En la Tabla 22 se evidencia que, en todas las secciones de referencia empleadas para la comparación de medidas, se obtuvo una diferencia de 0,00 mm. Este resultado implica un error porcentual de 0,00 %, lo cual refleja una concordancia exacta entre las medidas reales y las digitalizadas. Dicha ausencia de diferencia dimensional confirma la viabilidad técnica del proceso de digitalización, asegurando una alta precisión en la reproducción geométrica del modelo.

Tabla 22. *Comparación de medidas de las rejillas*

LETRA	Medidas Reales (mm)	Medidas Digitalizadas (mm)	Diferencia (mm)	Porcentaje %
A	3,00	3,00	0,00	0,00
B	2,00	2,00	0,00	0,00
C	2,00	2,00	0,00	0,00
Promedio			0,00	0,00



CAPÍTULO V

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Se identificaron y seleccionaron adecuadamente los componentes poliméricos de una camioneta Chevrolet D-Max 2010, priorizando aquellos con mayor rotación y demanda comercial según datos reales del concesionario ASSA. Esta selección garantizó un enfoque práctico y replicable, fundamentado en necesidades reales del mercado automotriz local.
- La elección del escáner Revopoint MIRACO PRO 3D fue validada por su capacidad de capturar geometrías complejas con precisión de hasta 0.05 mm. Su portabilidad, bajo costo y facilidad de uso lo convierten en una herramienta viable y efectiva para la digitalización de componentes automotrices de tamaño pequeño y mediano, especialmente los fabricados en polímeros.
- La metodología desarrollada permitió obtener modelos digitales con un alto grado de precisión geométrica. El porcentaje de error promedio entre las medidas reales y digitalizadas fue inferior al 1% en la mayoría de componentes, destacando incluso algunos con 0% de variación, como las rejillas A/C. Esto valida la fiabilidad del proceso y su aplicabilidad para la reproducción técnica de autopartes poliméricas automotrices.
- Se documentaron los parámetros críticos de digitalización, edición y exportación para cada pieza procesada, estructurando un procedimiento técnico que puede ser replicado por otros profesionales o aplicado en nuevos casos con necesidades similares.



5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar los procesos de digitalización en entornos controlados en cuanto a iluminación, fondo y estabilidad del objeto. La presencia de luz ambiental excesiva, sombras o superficies reflectivas afecta significativamente la calidad de la nube de puntos. La aplicación de agentes matificantes, como talco industrial debe mantenerse como una práctica estándar para superficies brillantes o translúcidas.
- Es fundamental adaptar de forma precisa los valores de fusión, suavizado, aislamiento y simplificación según la geometría de cada componente. Una parametrización incorrecta puede alterar detalles críticos o generar errores acumulativos en la reconstrucción del modelo. Se sugiere crear una base de datos de parámetros recomendados según tipo y tamaño de pieza, para facilitar futuras digitalizaciones.
- En componentes que presentan cavidades internas, ranuras estrechas o detalles de alta resolución como estriados, pestañas de anclaje o acoples internos, se recomienda complementar la digitalización estructurada con tecnologías de mayor precisión, como escáneres láser 3D de alta definición o técnicas de fotogrametría digital multivista. Estas tecnologías permiten capturar topologías complejas con un mayor nivel de detalle superficial, reduciendo las zonas de sombra o pérdida de información que pueden presentarse con escáneres ópticos de gama media.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] T. Tóth and J. Živčák, “A Comparison of the Outputs of 3D Scanners,” *Procedia Eng*, vol. 69, pp. 393–401, Jan. 2014, doi: 10.1016/J.PROENG.2014.03.004.
- [2] M. Fabian, R. Huňady, and F. Kupec, “Reverse Engineering and Rapid Prototyping in the Process of Developing Prototypes of Automotive Parts,” *Manufacturing Technology*, vol. 22, no. 6, pp. 669–678, Jan. 2022, doi: 10.21062/mft.2022.084.
- [3] W. Ameen, A. M. Al-Ahmari, and S. H. Mian, “Evaluation of handheld scanners for automotive applications,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 8, no. 2, p. 217, Jan. 2018, doi: 10.3390/app8020217.
- [4] P. Wang, J. Yang, Y. Hu, J. Huo, and X. Feng, “Innovative design of a helmet based on reverse engineering and 3D printing,” *Alexandria Engineering Journal*, vol. 60, no. 3, pp. 3445–3453, Jun. 2021, doi: 10.1016/J.AEJ.2021.02.006.
- [5] A. Haleem *et al.*, “Exploring the potential of 3D scanning in Industry 4.0: An overview,” *International Journal of Cognitive Computing in Engineering*, vol. 3, pp. 161–171, Jun. 2022, doi: 10.1016/J.IJCCE.2022.08.003.
- [6] A. Haleem, P. Gupta, S. Bahl, M. Javaid, and L. Kumar, “3D scanning of a carburetor body using COMET 3D scanner supported by COLIN 3D software: Issues and solutions,” *Mater Today Proc*, vol. 39, pp. 331–337, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.MATPR.2020.07.427.
- [7] J. Serrat, F. Lumbreras, and A. M. López, “Cost estimation of custom hoses from STL files and CAD drawings,” *Comput Ind*, vol. 64, no. 3, pp. 299–309, Apr. 2013, doi: 10.1016/J.COMPIND.2012.11.009.



- [8] Y. H. Lin and F. J. Lin, “An assessment framework for the purchase of 3D CAD software in manufacturing industries,” *Technol Forecast Soc Change*, vol. 192, p. 122573, Jul. 2023, doi: 10.1016/J.TECHFORE.2023.122573.
- [9] T. Mikolajczyk, H. Latos, T. Paczkowski, D. Y. Pimenov, and T. Szynka, “Using CAD CAM system for manufacturing of innovative cutting tool,” *Procedia Manuf*, vol. 22, pp. 160–165, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.PROMFG.2018.03.025.
- [10] I. E. Sutherland, “Sketch pad a man-machine graphical communication system,” *Proc Des Autom Conf*, Jan. 1964, doi: 10.1145/800265.810742.
- [11] T. Feldhausen *et al.*, “Review of Computer-Aided Manufacturing (CAM) strategies for hybrid directed energy deposition,” *Addit Manuf*, vol. 56, p. 102900, Aug. 2022, doi: 10.1016/J.ADDMA.2022.102900.
- [12] S. Otarawanna *et al.*, “An educational software suite for comprehensive learning of Computer-Aided Engineering,” *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 28, no. 5, pp. 1083–1109, Sep. 2020, doi: 10.1002/CAE.22285.
- [13] Pramote. Dechaumphai, *Finite element method: fundamentals and applications*. Alpha Science International, 2010.
- [14] L. Qiao, S. Kao, and Y. Zhang, “Manufacturing process modelling using process specification language,” *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 55, no. 5–8, pp. 549–563, Jul. 2011, doi: 10.1007/S00170-010-3115-3.



- [15] OMAR LÓPEZ, “Transformando la industria automotriz con la manufactura aditiva | Modern Machine Shop Mexico.” Accessed: Feb. 12, 2025. [Online]. Available: <https://www.mms-mexico.com/columnas/transformando-la-industria-automotriz-con-la-manufactura-aditiva>
- [16] M. Groover, “Materiales e Ingeniería. El Cobre y sus Aleaciones.,” *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas*, pp. 12–19, 1997.
- [17] Alonso Pirela Añez, Nelia González González, Fausto Calderón Pineda, and Wilson Toro Álava, “Procesos Especiales Manufactura,” *Universidad Estatal Península De Santa Elena* , 2021.
- [18] O. E. Guerrero, “PROCESOS DE MANUFACTURA,” *Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD*, Feb. 2008.
- [19] A. Ortiz Prado, O. Ruiz Cervantes, and J. A. Ortiz Valera, “MODELADO DE PROCESOS DE MANUFACTURA,” Oct. 2013, Accessed: Feb. 20, 2025. [Online]. Available: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/2548>
- [20] D. Saloni and N. Mervine, “Investigation of bioplastics for additive manufacturing,” *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 975, pp. 365–376, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-20216-3_34.
- [21] I. Gibson, D. Rosen, and B. Stucker, “Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing, second edition,” *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing, Second Edition*, pp. 1–498, Jan. 2015, doi: 10.1007/978-1-4939-2113-3/COVER.
- [22] S. A. M. Tofail, E. P. Koumoulos, A. Bandyopadhyay, S. Bose, L. O’Donoghue, and C. Charitidis, “Additive manufacturing: scientific and technological challenges, market uptake and



opportunities,” *Materials Today*, vol. 21, no. 1, pp. 22–37, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.MATTOD.2017.07.001.

[23] A. Iqbal, G. Zhao, H. Suhaimi, N. He, G. Hussain, and W. Zhao, “Readiness of subtractive and additive manufacturing and their sustainable amalgamation from the perspective of Industry 4.0: a comprehensive review,” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2020 111:9, vol. 111, no. 9, pp. 2475–2498, Oct. 2020, doi: 10.1007/S00170-020-06287-6.

[24] T. Wohlers and T. Grimm, “Is CNC Machining Really Better Than RP?,” 2006, Accessed: Jul. 13, 2024. [Online]. Available: <http://www.moldmakingtechnology.com/articles/060306.html>

[25] S. Kokare, J. P. Oliveira, and R. Godina, “A LCA and LCC analysis of pure subtractive manufacturing, wire arc additive manufacturing, and selective laser melting approaches,” *J Manuf Process*, vol. 101, pp. 67–85, Sep. 2023, doi: 10.1016/J.JMAPRO.2023.05.102.

[26] J. Wang, A. Goyanes, S. Gaisford, and A. W. Basit, “Stereolithographic (SLA) 3D printing of oral modified-release dosage forms,” *Int J Pharm*, vol. 503, no. 1–2, pp. 207–212, Apr. 2016, doi: 10.1016/J.IJPHARM.2016.03.016.

[27] J. R. C. Dizon, C. C. L. Gache, H. M. S. Cascolan, L. T. Cancino, and R. C. Advincula, “Post-Processing of 3D-Printed Polymers,” *Technologies (Basel)*, vol. 9, no. 3, p. 61, Sep. 2021, doi: 10.3390/technologies9030061.

[28] N. Divakaran, J. P. Das, A. K. P V, S. Mohanty, A. Ramadoss, and S. K. Nayak, “Comprehensive review on various additive manufacturing techniques and its implementation in electronic devices,” *J Manuf Syst*, vol. 62, pp. 477–502, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.JMSY.2022.01.002.



- [29] G. Pandav, T. Karanwad, and S. Banerjee, “Sketching feasibility of additively manufactured different size gradient conventional hollow capsular shells (HCSs) by selective laser sintering (SLS): From design to applications,” *J Mech Behav Biomed Mater*, vol. 151, p. 106393, Mar. 2024, doi: 10.1016/J.JMBBM.2024.106393.
- [30] A. H. Alami *et al.*, “Progress in 3D printing in wind energy and its role in achieving sustainability,” *International Journal of Thermofluids*, vol. 20, p. 100496, Nov. 2023, doi: 10.1016/J.IJFT.2023.100496.
- [31] N. Ahmed, “Direct metal fabrication in rapid prototyping: A review,” *J Manuf Process*, vol. 42, pp. 167–191, Jun. 2019, doi: 10.1016/J.JMAPRO.2019.05.001.
- [32] J. Agnelli, C. Pagano, I. Fassi, L. Treccani, F. Bignotti, and F. Baldi, “Mechanical behaviour of ductile polymer cellular model structures manufactured by FDM,” *Mechanics of Materials*, vol. 190, p. 104882, Mar. 2024, doi: 10.1016/J.MECHMAT.2023.104882.
- [33] T. Sfetsas, S. Patsatzis, and A. Chioti, “A review of 3D printing techniques for bio-carrier fabrication,” *J Clean Prod*, vol. 318, p. 128469, Oct. 2021, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2021.128469.
- [34] E. Bogdan and P. Michorczyk, “3D Printing in Heterogeneous Catalysis—The State of the Art,” *Materials 2020, Vol. 13, Page 4534*, vol. 13, no. 20, p. 4534, Oct. 2020, doi: 10.3390/MA13204534.
- [35] L. Li, N. Schemenauer, X. Peng, Y. Zeng, and P. Gu, “A reverse engineering system for rapid manufacturing of complex objects,” *Robot Comput Integr Manuf*, vol. 18, no. 1, pp. 53–67, Feb. 2002, doi: 10.1016/S0736-5845(01)00026-6.



- [36] A. Haleem *et al.*, “Exploring the potential of 3D scanning in Industry 4.0: An overview,” *International Journal of Cognitive Computing in Engineering*, vol. 3, pp. 161–171, Jun. 2022, doi: 10.1016/J.IJCCE.2022.08.003.
- [37] Carlos Morón Alguacil, “METODOLOGÍA DE TRABAJO CONJUNTO DE ESCANEADO E IMPRESIÓN 3D,” Universidad Politécnica De Madrid , Madrid , 2018.
 Accessed: Feb. 17, 2025. [Online]. Available: https://oa.upm.es/50348/1/TFG_CARLOS_MORON_ALGUACIL.pdf
- [38] David Del Castillo Vivanco, David Loza, Byron Cortez, and Víctor Erazo, “Desarrollo de un escáner 3D de bajo costo implementado por el método de triangulación espacial.,” *Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE,”* 2018.
- [39] L. Menendez, M. Domínguez- Somonte, and M. del M. Espinosa-Escudero, “Escáneres ópticos 3D de mano en ingeniería inversa,” *Proyecta56, an Industrial Design Journal*, no. 1, pp. 8–19, 2021, doi: 10.25267/P56-IDJ.2021.II.3.
- [40] “Anycubic Resina Resistente: Flexibilidad duradera para impresiones 3D robustas.”
 Accessed: Mar. 29, 2025. [Online]. Available: <https://www.anycubic.es/products/resina-resistente>
- [41] “Filamento Control 3D Básico Blanco - Control 3D - Cursos online de diseño 3D e impresión 3D.” Accessed: Mar. 29, 2025. [Online]. Available: <https://control3d.net/producto/filamento-control-3d-basico-blanco/>
- [42] “Revopoint MIRACO: Standalone 3D Scanner.” Accessed: Mar. 29, 2025. [Online].
 Available: <https://www.revopoint3d.com/products/standalone-3d-scanner-miraco?srsId=AfmBOorgol35fJaHKvfH6Q1-qfepM2xM0uDVzLpeSlgjXuHrKBtD6jAv>



- [43] “Anycubic Photon Mono X 6K - Impresora 3D resina | Monocromática 6K | Velocidad rápida de impresión | Impresión 3D ANYCUBIC.” Accessed: Mar. 30, 2025. [Online]. Available: <https://www.anycubic.es/products/photon-mono-x-6k>
- [44] “Impresora 3D Artillery Sidewinder SW-X2 – Artillery3d.” Accessed: Mar. 30, 2025. [Online]. Available: <https://artillery3d.com/es/products/artillery-sw-x2-fdm-3d-printer-larger-printed-size-300x300x400mm>
- [45] Marcelo Francisco Benavides Escobar, “DESARROLLO DE UN PLAN DE NEGOCIOS PARA LA FABRICACIÓN DE AUTOPARTES PLÁSTICAS CON IMPRESIÓN 3D – CASO DE ESTUDIO IBARRA,” UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, IBARRA , 2025.

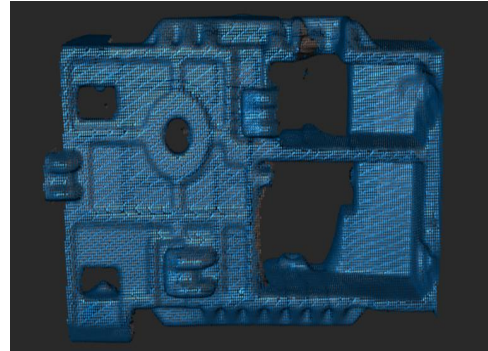
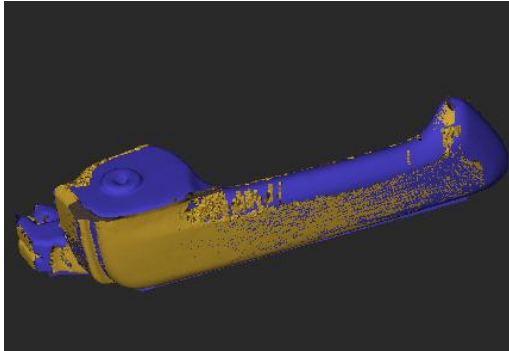


ANEXOS

SOLIDOS A DIGITALIZAR



PROCESO DE DIGITALIZACIÓN



IMPRESIÓN 3D

